



The American Society of
Mechanical Engineers

ASME B31.3-2004 版
(ASME B31.3-2002 的修订版)

美国国家标准
An American National Standard

工 艺 管 道

Process Piping

ASME 压力管道规范B31

ASME Code For Pressure Piping, B31

中国兵器工业企业管理协会



The American Society of
Mechanical Engineers

ASME B31.3-2004 版
(ASME B31.3-2002 的修订版)

美国国家标准

An American National Standard

工 艺 管 道

Process Piping

ASME 压力管道规范B31

ASME Code For Pressure Piping, B31

中国兵器工业企业管理协会

版权所有 侵权必究

ASME 规范标准中译本 编译出版委员会

主 任：陆洪洲

常务副主任：庚保章

副 主 任：江哲生 张 强 王成孝 郭元亮

委 员：(以姓氏笔画为序)

王成孝 王国平 吕 翔 朱华英 江哲生

沈幼庭 沈 钢 陆洪洲 陈景山 张 强

张凤英 张英俊 欧阳鹏翱 庚保章 庚 力

贺世华 郭元亮 郭传江 范 铮 韩肇俊

主 编：庚保章

1999 版 翻 译：范 铮

校 对：夏德楷

2004 版 翻 译：罗 颖
(修改部分)

校 对：余 辉

翻译出版说明

为满足广大读者和企业(事业)单位的需要,经美国 ASME 规范标准部授权,我们翻译出版了 ASME 规范 VI、VII 卷和 B 系列的一些相关标准。B 系列标准是美国国家标准学会(ANSI)批准的标准,是 ASME 锅炉及压力容器规范的套用标准,具有广泛的用途,在国际工程投标和进口设备维修、保养以及按国际标准建设的工程中都要采用。它们又是美国石油学会(API)标准的套用标准,是目前许多单位急需的标准资料。翻译出版 ASME 规范和相关标准,将大大有利于取得或即将取得 ASME 授权证书的单位按 ASME 规范设计、制造、检验和安装规范产品,同时可为有关制造厂的生产提供方便,也将对锅炉和压力容器的教学、研究、设计和检验等工作有重要参考价值。

本中心翻译出版的 B31.1-2001, B31.3-1999(含 A99, A00, A01) 中译本系由中国兵器工业企业管理协会/北京北方资讯服务中心(COEA/BNIISC)组织有经验的专家范铮、夏德楷翻译校对,2004 版修改部分由罗颖翻译、余辉校对。

对于 ASME 规范(包括在我国授权出版的美国锅炉和压力容器规范各卷,以及 ASTM 和 ANSI 标准等出版物)中的物理量单位及符号,我们严格与原文保持一致。这是因为该规范是一部"国际性规范",物理量单位及符号的使用与制造单位的授权认证检验、制造单位零部件数据报告单的注册和打印标志符号钢印等都有密切关系,物理量单位及符号的变动将直接影响其应用价值。

关于有些单位符号的使用规定,中、美两国有所不同。例如内压力单位,美国用 psig(表压)或 psia(绝对),它的量值是 lbf/in^2 ,正如我国用 MPa,它的量值是 N/mm^2 ;还有些单位及符号,我国还没有相似的表示方法,如:1bm 表示磅质量,1bf 表示磅力;对于这一类单位及符号就不能随意变动。出于上述种种原因,经与出版社认真研究,决定在组织出版的中文翻译本中,物理量单位及符号严格与原文保持一致,不做变动。

ASME 授权声明

中国兵器工业企业管理协会/北京北方资讯服务中心(COEA/BNIISC)在事先取得 ASME 规范标准部书面许可的条件下翻译出版了以下 1998 版 ASME 锅炉及压力容器规范与相关标准:

第 VI 卷——采暖锅炉维护和运行的推荐规则

第 VII 卷——动力锅炉的推荐导则

B16. 5-1996(含 A1998)(管法兰和法兰管件)、B16. 47-1996(大直径管钢制法兰)、B36. 10M-1996(焊接和无缝轧制钢管)等 ASME B 系列相关标准。

COEA/BNIISC 翻译的由美国机械工程师学会(ASME)编写的 1998 版 ASME 锅炉及压力容器规范,是经由 ASME 规范标准部事先书面授权同意的。

ASME 授予 COEA/BNIISC 对此版本的翻译,但 ASME 不负责译书中的句法错误和由于对标准的误解而引起的矛盾。

凡未取得 ASME 事先书面许可,任何组织和机构不得对此标准进行翻译和出版。

AUTHORIZED BY ASME

COEA/BNIISC has translated the following portions of the ASME Boiler & Pressure Vessel Code copyright ©1998 by the American Society of Mechanical Engineers with the prior written consent of the ASME Codes & Related Standards Department.

Section VI——Recommended Rules for the Care and Operation of Heating Boilers

Section VII——Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers

B16. 5-1996(including A1998)(Pipe Flange and Flange Pipe Fitting)、B16. 47-1996(Large Diameter Steel Flange)、B36. 10M-1996(Welding and Seamless Wrought Steel Pipe)and other relevant B series standards

COEA / BNIISC has translated portions of the ASME Boiler & Pressure Vessel Code copyright ©1998 by the American Society of Mechanical Engineers with the prior written consent of the ASME Codes & Standards Department. ASME has licensed COEA/BNIISC to make this translation and takes no responsibility for any syntax errors or conflicts in understanding that arise from the standard being referenced out of context. No additional translation or reproduction may be made of this material without the prior written consent of the ASME.

发布日期:2005年4月29日

强制执行日期:2005年10月31日

本版本由美国国家标准研究所批准
并于2004年6月24日指定为ASME B31.3-2004版

ASME 是美国机械工程师学会的注册商标

本规范或标准是按照符合美国国家标准准则的认可程序制定的。批准本规范或标准的“标准委员会”的组成经过协调,以保证权威部门和利益相关部门人士都有机会参加,规范或标准草案经过公开征求意见和评议,以便产业界、学术界、检察机关和公众提出补充意见。

ASME 不对任何项目、结构、专用器件或活动进行“批准”、“定级”或“认可”。

ASME 对与本文件涉及的任何项目有关的任何专利权的有效性不作任何表态;不保证任何人在使用任何标准时不侵犯任何有关专利证书违反法律、也不承担这种责任。明确正告规范或标准的使用者:确定专利权是否有效及侵犯专利引致风险,完全由他们自己负责。

联邦政府代表或产业界人士的参与不意味着联邦政府或产业界对本规范或标准的认可。

ASME 只对那些按照 ASME 管理程序和政策所发布的解释负责,不允许以个人名义发布解释。

美国机械工程师学会

Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990

2004年的版权属美国机械工程师学会

版权所有 不得翻印

前 言

美国标准学会应日益明显的需求和美国机械工程师学会的请求,并以该学会作为唯一的主办机构于1926年3月开始着手B31项目。由于该项目涉及范围广泛,B31专业委员会由约40个不同的工程学会、行业、政府管理部门、学院和商业团体的代表组成。

1935年出版《美国压力管道规范试行标准》第1版。1942-1955年以美国标准ASA B31.1出版了《压力管道规范》的多个修订本。以后决定编写和出版用于各工业部门的卷册,开始是ASA B31.8-1955《煤气输送和分配管道系统》。第1部《炼油管道规范》卷代号是SAS B31.3-1959。SAS B31.3的修订本是1962年和1966年出版的。

1967~1969年,美国标准学会先是改名为美利坚合众国标准研究所,以后又改名为美国国家标准研究所。卷册委员会变为美国国家标准B31委员会,规范改名为美国国家标准《压力管道规范》。接着B31.3修订版以标准号ANSI B31.3-1973出版新版本。1975年出版增补。

B31.6卷委员会编写《化工厂管道》规范卷草案,当1974年提交批准时,决定将密切相关的B31.3和B31.6合并成新的B31.3,定名为《化工厂和炼油厂管道》,而不再将其分成两本规范。新版本以ANSI B31.3-1976出版第1版。

在本规范中,管道设计的责任从概念上是结合着全工艺过程的流畅、作为有效安全手段考虑的安全防护。要识别3类流体工

况,M类流体工况作为单独一章。引入了非金属管道。5次增补中较完好地定义了一些新概念,第5次增补增加附录M,提供选择合适流体工况的曲线。

1978年,美国国家标准B31委员会根据美国机械工程师学会提出并经美国国家标准研究所认可的程序,改组为现今的ASME压力管道规范B31委员会。卷册委员会的结构基本保持未变。

《化工厂和炼油厂管道》第二版是1976版加5次增补,其中对非金属要求编辑成单独章。新代号为ANSI/ASME B31.3-1980。

1981年B31.10卷委员会准备提交《低温管道规范》草案审批时,再次决定合并B31.10和B31.3卷委员会,并用同一标题编写一本范围更广泛的规范。合并的工作,部分地完成在ANSI/ASME B31.3-1984版中。

显著的改变是在1984版增补中:完成了低温管道要求的并入;新增单独的高压管道章;包括制作、检验、测试和许用应力等内容都重做整理。新版代号为ASME/ANSI B31.3-1987。

在以后每3年换版的增补中,基本一直保持着现今规范的框架。然后在1990和1993版增加了新的附录,对弯头膨胀节的要求、评估运行寿命、技术咨询的编制以及铝法兰。所有的代号为ASME B31.3。

在阐明压力管道规范所有卷应用的大纲中,B31.3的引言和应用范围声明有变化,同时B31.3的标题改为《工艺管道》。

在 ASME 规范和标准管理部的指导下,着重强调公制计量单位。除去某些例外,1996 版首先列出 SI 公制单位,并指定为标准。在不能得到公制数据处,给出换算说明,也给出美国常用单位。按照协议,两种单位制都可以用。

在本规范版本中,SI 米制计算单位放在第一位,美国常用单位放在圆括号内,但附录 H 和 X、附录 A 和 K 的表以及附录 C 中的表 C-1、C-3 和 C-6 例外。米制计量单位的数值作为标准,除非双方另有约定。对于那些表

格数据没有将美国常用单位换算成相当 SI 单位的,给出了说明。

条款解释出版于 ASME 网站(登陆 www.asme.org,检索“规范和标准”,检索“委员会”页,检索“B31 压力管道规范”,然后检索“B31 Process Piping Section Committee”。

规范案例出版于 ASME 网站(登陆 www.asme.org,检索“规范和标准”,检索“委员会”页,检索“B31 压力管道规范”,然后检索“B31 Process Piping Section Committee”。

ASME 压力管道规范, B31

(以下为本规范批准时的委员会名单)

常务成员

主席: A. D. Nance, Jr
副主席: L. E. Hayden
秘书: P. D. Stumpf

总委员会

H. A. Ainsworth, Consultant
R. J. Appleby, Exxonmobil Development Co.
A. E. Beyer, Fluor Daniel, Inc.
K. C. Bodenhamer, Enterprise Products Co.
P. A. Bourquin, Consultant
J. S. Chin, El Paso Corp.
D. L. Coym, Parsons E&C
P. D. Flenner, Consumers Energy Co., Flenner Engineering Services
D. M. Fox, Oncor
J. W. Frey, Reliant Resources, Inc.
D. R. Frikken, Becht Engineering Co.
P. H. Gardner, Consultant
R. A. Grichuk, Fluor Daniel, Inc.
R. W. Haupt, Pressure Piping Engineering Associates, Inc.
L. E. Hayden, Jr., Consultant
G. A. Jolly, Vogt Valves/Flowserve
J. M. Kelly, Consultant

W. J. Koves, UOP LLC
K. K. Kyser, York International Frick
W. B. McGehee, Consultant
J. E. Meyer, Middough Consulting, Inc.
E. Michalopoulos, General Engineering and Commercial Co.
A. D. Nance, A D Nance Associates, Inc.
T. J. O'Grady, Veco Alaska, Inc.
R. G. Payne, Alstom Power
J. T. Powers, Parsons Energy & Chemicals
W. V. Richards, Consultant
E. H. Rinaca, Dominion/Virginia Power
M. J. Rosenfeld, Kiefner & Associates, Inc.
R. J. Silva, Process Engineers and Constructors, Inc.
W. J. Sperko, Sperko Engineering Services, Inc.
G.W. Spohn III, Coleman Spohn Corp.
P. D. Stumpf, The American Society of Mechanical Engineers
A. L. Watkins, The Pery Nuclear Power Plant
R. B. West, State of Iowa

B31.3 工艺管道卷委员会

W. J. Koves, *Chair*, UOP LLC
C. Becht IV, *Vice Chair*, Becht Engineering Co.
M. Aranzamendez, *Secretary*, The American Society of Mechanical Engineers
B. L. Agee, GE Gas Turbines
J. J. Ardner, Consultant
D. D. Christian, Victaulic Co. of America
D. L. Coym, Parsons Energy & Chemicals Group
J. A. D'Avanzo, Dupont Engineering
C. E. Davila, Crane Valves
D. W. Diehl, COADE, Inc.
D. R. Edwards, Conoco Phillips
J. P. Ellenberger, Consultant
R. W. Engle, The Dow Chemical Co.
W. H. Eskridge, Jr., Aker Kvaerner E&C
D. J. Fetznier, BPX Alaska, Inc.
D. R. Frikken, Becht Engineering Co.
P. H. Gardner, Consultant
D. C. Glover, Halliburton Tech Service Co.
O. R. Greulich, NASA Ames Research Center
R. A. Grichuk, Fluor Daniel, Inc.
B. S. Harris, Consultant
R. W. Haupt, Pressure Piping Engrg. Associates, Inc.
R. C. Hawthorne, PT&P US Bellows
R. B. Hinkley, Consultant

R. D. Hookway, Hookway Engineering
T. W. Johnson, ABB Lummus Global, Inc.
D. B. Kadakla, TD Williamson, Inc.
J. C. Luf, Black and Veatch Corp.
W. N. McLean, Newco Valves
R. A. McLeod, General Electric Gas Turbine
R. J. Medvick, Swagelok
J. E. Meyer, Middough Consulting, Inc.
T. M. Miller, Eastman Kodak Co. Materials Laboratory
V. B. Molina III, Air Products and Chemicals, Inc.
R. G. Nichols, Consultant
J. R. Offutt, Chevron Texaco
D. W. Rahl, CCM 2000
A. P. Rangus, Bechtel
R. W. Rapp, Jr., Consultant
G. C. Reinhardt, II, Team Industries, Inc.
R. A. Sierra, Fluor Daniel
R. J. Silva, Process Engineers and Constructors, Inc.
A. R. Simmons, Pipe Fabricating and Supply Co.
J. L. Smith, Jacobs Engineering Group
F. W. Tatar, FM Global
Q. N. Truong, Refinery Technology, Inc.
G. E. Woods, Technip USA
R. J. Young, Consultant
C. G. Zhu, Orion Fittings, Inc.
J. T. Wier, *Honorary Member*

B31.3 业务分组

B. C. Bassett, Consultant
 R. K. Broyles, SR Flexonix, Inc., Pathway Division
 G. Burnett, IPEX, Inc.
 M. A. Clark, NIBCO, Inc.
 R. B. Davis, Ershigs, Inc.
 G. Guerra, J. Ray McDermott Engineering

D. A. McGriff, ISCO Industries, LLC
 C. Moore, Fibercast
 C. Nath, DuPont
 J. M. Prawdzik, BP, Carson Business Unit
 D. O. Rogell, Solutia, Inc.
 K. E. Seil, The Shaw Group

B31.3 国际专家评审网

D. Salle, Shell Global Solutions International B. V.
 R. W. Temple, Consultant

F. Zezula, BP Exploration

B31 行政委员会

A. D. Nance, *Chair*, AD Nance Assoc., Inc.
 L. E. Hayden, Jr. *Vice Chair*, Consultant
 P. D. Stumpf, *Secretary*, The American Society of
 Mechanical Engineers
 K. C. Bodenhamer, Enterprise Products Co.
 P. D. Flenner, Flenner Engineering Services
 D. M. Fox, Oncor
 D. R. Frikken, Becht Engineering Co.

R. W. Haupt, *Ex-Officio Member*, Pressure Piping Engineering
 Assoc., Inc.
 R. R. Hoffmann, Federal Energy Regulatory Commission
 B. P. Holbrook, Babcock Power, Inc.
 W. B. McGehee, *Ex-Officio Member*, Consultant
 E. Michalopoulos, General Engineering and Commercial Co.
 R. B. West, State of Iowa

B31 制造和检测委员会

P. D. Stumpf, *Secretary*, The American Society of
 Mechanical Engineers
 W. G. Scruggs, DuPont

R. I. Seals, Consultant
 R. J. Silvia, Process Engineering & Constructors, Inc.
 W. J. Sperko, Sperko Engineering Services, Inc.

B31 材料技术委员会

M. L. Nayyar, *Chair*, Bechtel Power Corp.
 N. Lobo, *Secretary*, The American Society of
 Mechanical Engineers
 P. S. Barham, City Public Services
 M. H. Barnes, Sebesta Blomberg & Associates
 J. A. Cox, Consultant
 R. P. Deubler, BGA LLC
 R. A. Grichuk, Fluor Daniel, Inc.

C. L. Henley, Black and Veatch
 R. A. Mueller, Dynege Midstream Services
 D. W. Rahol, CCM 2000
 W. V. Richards, Consultant
 D. Rogell, Solutia, Inc.
 R. A. Schmidt, Trinity-Ladish
 J. L. Smith, Foster Wheeler
 R. J. Young, Consultant

B31 机械设计技术委员会

R. W. Haupt, *Chair*, Pressure Piping Engineering Assoc., Inc.
 S. J. Rossi, *Secretary*, The American Society of
 Mechanical Engineers
 G. A. Antaki, Washington Group
 C. Becht IV, Becht Engineering Co.
 J. P. Breen, John J. McMullen Assoc.
 J. P. Ellenberger, Consultant
 D. J. Fetzner, BPX Alaska, Inc.
 J. A. Graziano, Tennessee Valley Authority
 J. D. Hart, SSD, Inc.
 B. P. Holbrook, Babcock Power, Inc.
 W. J. Koves, UOP LLC

G. Mayers, Anteon Corp.
 T. Q. McCawley, TQM Engineering, PC
 E. Michalopoulos, General Engineering and Commercial Co.
 J. C. Minichiello, Framatome ANP
 T. J. O'Grady II, Veco Alaska, Inc.
 A. W. Paulin, Paulin Research Group
 R. A. Robleto, Robert A. Robleto
 M. J. Rosenfeld, Kiefner & Associates, Inc.
 G. Stevick, Berkeley Engineering & Research, Inc.
 E. A. Wais, Wais and Associates, Inc.
 G. E. Woods, Technip USA
 E. C. Rodabaugh, *Honorary Member*, Consultant

B31 评议组

- | | |
|--|---|
| T. A. Bell , Bonneville Power Admin. | R. F. Mullaney , Boiler and Pressure Vessel Safety Branch |
| G. Bynog , State of Texas, TDLS-Boiler Division | P. Sher , State of Connecticut |
| R. A. Coomes , State of Kentucky, Dept. of Housing/Boiler Section | M. E. Skarda , Department of Labor |
| D. H. Hanrath , Consultant | D. A. Starr , Nebraska Department of Labor |
| C. J. Harvey , Alabama Public Service Commission | D. J. Stursma , Iowa Utilities Board |
| D. T. Jagger , Ohio Department of Commerce | R. P. Sullivan , The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors |
| M. Kotb , Regie du Batiment du Quebec | J. E. Troppman , Division of Labor/State of Colorado Boiler Inspections |
| K. T. Lau , Alberta Boilers Safety Association | C. H. Walters , National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors |
| R. G. Marini , New Hampshire Public Utilities Commission | W. A. West , Lighthouse Assistance, Inc. |
| I. W. Mault , Manitoba Department of Labour | T. F. Wickham , Rhode Island Department of Labor |
| A. W. Meiring , Fire and Building Boiler and Pressure Vessel Division | |

B31 国家同行评审组

- | | |
|--|--|
| American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers — H. R. Kornblum | Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry — R. A. Schmidt |
| Chemical Manufacturers Association — D. R. Frikken | National Association of Plumbing-Heating-Cooling Contractors — R. E. White |
| Copper Development Association — A. Cohen | National Certified Pipe Welding Bureau — D. Nikpourfard |
| Ductile Iron Pipe Research Association — T. F. Stroud | National Fire Protection Association — T. C. Lemoff |
| Edison Electric Institute — R. L. Williams | Valve Manufacturers Association — R. A. Handschumacher |
| International District Heating Association — G. M. Von Bargaen | |

引言

ASME B31 压力管道规范由几个独立出版卷组成,每卷都是美国国家标准,受 ASME B31 压力管道规范委员会的指导。

每卷的规则是根据不同类型压力管道应用的特殊要求制定的。各规范卷考虑的应用条件如下:

B31.1 动力管道 典型基于发电站、工业设备和公共设施电厂、地热系统以及集中及分区的供热和制冷系统的管道。

B31.3 工艺管道 典型基于炼油、化工、制药、纺织、造纸、半导体和制冷工厂,以及相关的工艺装置和终端设备的管道。

B31.4 液态烃和其它液体的输送管线系统 工厂与终端设备间以及终端设备、泵站、控制站和计量站内输送主要为液体产品的管道。

B31.5 制冷管道 制冷和二次冷却剂的管道。

B31.8 气体输送和分配的管道系统 生产厂与终端设备(包括压气机、控制站和计量站)间输送主要为气体产品的管道;气体收集管线。

B31.9 建筑管道 典型基于工业设备、公共设施、商业和市政建筑以及多单元住宅内的管道,但不包括 B31.1 覆盖的规格、压力和温度所要求的范围。

B31.11 浆液输送管道系统 工厂与终端设备间以及终端设备、泵站和控制站内输送含水浆液的管道。

本卷为 B31.3 工艺管道规范卷。本引言下文和规范 B31.3 卷正文中凡使用“规范”一词时,若无特别注明即指本规范卷。

业主应负责选择最接近于需采用管道装置的规范卷。业主需考虑的因素为:规范卷的应用限制,管辖要求以及其他与规范和标准的匹配性。应满足所选择规范卷的所有适用的要求。对于某些装置,可能要根据装置的不同部分采用一个以上的规范卷。必要时,业主还应对所选择规范卷必需补充的要求负责,以保证所采用装置的管道安全。

一个装置内的某些管道可能需满足其他规范和标准的要求,包括但不限于下面所列:

ANSI 2223.1 国家燃气规范 从供应站至各使用燃料装置接头的可燃气体管道;

NFPA 防火标准 采用水、二氧化碳、卤代烃、泡沫、干燥和潮湿化合物的防火系统;

NFPA 99 健康保护设备 医疗和实验室供气系统;

建筑物和管道规范,如用于饮用热水和冷水以及下水道和排水系统;

本规范对压力管道的安全设计和建造所需的工程要求做出规定。安全性是基本考虑因素,仅考虑这一因素不一定能控制任何管道系统的最终技术条件。设计人员需注意本规范不是设计手册,它不能替代对设计人员或对工程能力的判断的需要。

规范最大可能地对设计要求用基本设计原则和公式予以陈述。必要时补充具体要求以确保原则应用的统一性和指导选用管道元件。本规范禁止采用明知不安全以及虽不是禁止但需有警告条文作为注意事项的

设计和措施。

本规范卷内容包括:

- (a) 允许采用的材料技术条件和组件标准,包括尺寸要求和压力—温度额定级的资料;
- (b) 部件和组件,包括管道支架的设计要求;
- (c) 对压力、温度变化和其它力产生的应力、反作用力和位移的评价和限制的要求和数据;
- (d) 材料、部件和连接方法的选用和应用导则及限制;
- (e) 管道制作、装配和安装要求;
- (f) 管道检查、检验和试验要求。

ASME B31“压力管道规范”委员会按美国国家标准研究所授权的 ASME 程序进行组织和工作。委员会是常设机构,将材料、建造和工业实践的新发展不断反映至所有规范卷中。增补定期颁布出版。新版本每二年出版一次。

规范使用者将会注意到规范中的节号不一定是连续编号。这种不连续性主要是为了使所有各卷规范可能具有相同的结构。这样,在大多数规范卷中相应内容都具有相对应编号,便于有时要使用超过一卷规范的使用者参照。

本版 B31.3 规范卷与以后任何增补是不希望违反的。除非合同各方专门订立协议使用另一版本或管辖机构明文规定使用另一版本,否则对整个管道或系统的起始业务流动应该以原合同日期前至少 6 个月所颁布的最近版本和增补作为管道所有设计、材料、制作、安装、检查和试验直至完工和初始运行的控制性执行文件。

规范使用者注意:没有得到管道安装地区相应管辖机构有关方面的同意,不能拒绝使用修订版本。

B31 委员会已制定规定的程序来考虑申请对规范要求的解释和修订。询问必须按强制性附录 Z,用书面提供全部详细内容,才能接受考虑。

对询问的正式答复将直接寄给询问者。此外,问题和答复将作为条款解释出版附于有关的规范卷。

当研究表明规范用语需澄清或所作的答复修改了本规范现行要求或允许使用新材料或替代结构时,“实例”是答复询问的一种规定形式。推荐的实例登载于《机械工程》杂志上公开征求意见。此外,“实例”将作为“实例补充”出版附于相应的规范卷。

通常,“实例”发行有一定限期。如果它在发布期终反映到规范中去或预计其条款不再需要时它将被终止。否则,它将被更新为新限期。

修改规范的请求将被列入委员会议程。当考虑修改建议时,可能对建议部分提出进一步信息或邀请积极参与。批准后的修改出版为规范的增补。

材料通常只有在规范适用范围内已充分用作管道后,方可列入应力表,材料也可以包含在实例中。请求列入应力表时,应有满意使用的证据和允许建立许用应力的具体数据和最大、最小温度范围以及其他限制。附加的准则可参见 ASME 锅炉与压力容器规范第 II 卷和第 VIII 卷第 1 册附录 B 中的添加新材料规则(为开发用途和取得经验未列入的材料可按第 323.1.2 节使用)。表 A-1 和表 A-2 的米制版本正在准备中,请登陆 B31.1 工艺管道网站,网址:<http://cstools.asme.org/csconnect/commtee> 页(pages.cfm)。

修改一览表

下面给出的更改在页面上靠近修改影响的段落，以页边黑体标准(04)识别。

中文版页码	英文版页码	部位	更改内容
10	xvi, xvii	引言	最后一段修改
·3·	2, 3	300.2	(1) 第一段修改 (2) 增加脚注 3 (3) 取消“钎焊接”的定义
·10·	8	表 300.4	(1) 表中增加附录 P 和附录 S (2) 注(4)和(5)重新指定为注(6)和(4), 新增注(5)
·12·	10	301.5.2	修改
		301.5.3	修改
·13·	11	302.2.2	增加最后一句
·15·	12, 13	302.3.2(a)(3)	修改
·17·	14, 16, 17	302.3.5	全部修改
·19·		图 302.3.5	代替表 302.3.5
·18·		302.3.6(a)	修改
·20·		303	修改
·20·	18	304.1.1(b)	增加术语“W”
·20·		304.1.2(a)	修改公式(3b)
·21·		304.2.1	修改公式(3c)
·21·	19	304.2.2	修改
·21·		304.2.3	(1) 改公式(4a)、(4b)和(4c) (2) 条款(a)中, 增加术语“W”
·22·	20, 22	304.3.3(a)	修改术语“t”
·24·	24	304.3.4(f)(3)	修改公式(12)的错误
·27·	25	304.4.1(b)	修改术语“S”
·28·	26	304.5.1(b)	修改术语“S _y ”
·28·		304.5.3	修改术语“W”
·31·	28, 29	306.2.1	(1) 原文指定为(a) (2) 增加(b)
·31·		306.4.1(c)	修改
·31·		306.4.2(a)	修改

中文版页码	英文版页码	部位	更改内容
· 39 ·	33, 34	319.1.2	最后一段修改
· 47 ·	44	表 323.2.2	注(3)中“0.3 倍”纠正为“0.3”
· 51 ·	48	表 323.3.1	“A-5(a)”栏修改
· 54 ·	51	323.5	修改
· 55 ·	53, 54	表 326.1	全部修改
· 61 ·	57	328.4.2(b)(6)	增加
· 75 ·	71	表 341.3.2	在“焊缝缺陷”栏,纠正 “渣”和注(5)
· 75 ·	72	表 341.3.2 下的注	最后一行取消
· 81 ·	77	345.3.1	修改
· 81 ·	78	345.4.1	修改
· 86 ·	82	A302.3.4(a)	修改
· 90 ·	85	A314.2.1	修改条款(b)和(d)
· 94 ·	89	A323.4.2(a)(1)	修改
· 94 ·	90	表 A323.4.3	注(1)中[原注(2)] 纠正为 A326.4
· 98 ·	92	表 A326.1	(1) 对于“AWWA C950”取消星号 和相应的注 (2) 增加 ASTM F1498
· 100 ·	94	A328.5.3(a)	修改
· 116 ·	108	MA341.1	增加
		MA341.2	增加
		MA345	全部修改
· 119 ·	110, 111	K302.3.1(d)	修改
· 120 ·		K302.3.2	全部修改
		K302.3.5(c)	修改
· 120 ·	112	K302.3.6(a)	修改
· 121 ·	113	K304.1.2	(1) 将“K304.1.1(b)”末尾的术 语位置纠正到本条款 (2) 修改注脚(4)
· 123 ·、· 124 ·	114, 115	K304.8	全部修改
· 132 ·	123	K328.2.1(d)	修改
		K328.2.5(a)	修改
· 131 ·	124	表 K326.1	取消星号和相应的注
· 133 ·	125	K330	K330 至 K330.1.1 修改
· 138 ·	130	K344.6.2	第 1 段修改
· 139 ·		K345.2.1(a)	注脚(10)修改

中文版页码	英文版页码	部位	修改内容
·140·	135	附录 A 的索引	增加 ASTM B423. B424 和 B425
·160·	154	表 A-1	对 ASTM A202 二栏, 材料纠正为“Cr-Mn-Si”
·168·	162	表 A-1	(1) 对于 ASTM A451 CPE20N 级, 材料纠正为: “24Cr-9Ni-N” (2) 对于最后一栏, 等级纠正为“430”
·170·	164	表 A-1	在“锻件和管件”下, 第 3 等级栏纠正为: WP304L
·180· ·181·	174, 175	表 A-1	增加 ASTM B423 和 B705
·182· ·183·	176, 177	表 A-1	增加 ASTM B424
·184·	178	表 A-1	对于 ASTM B564, UNS NO. 纠正为“N08811”
·186· ·187·	180, 181	表 A-1	增加 ASTM B366 N008825, B564 N08825 和 B425 N08825
·202·	194	表 A-2	在“不锈钢”下, 第 5~8 材料栏和第 3 尺寸范围栏纠正
·236·	229	表 D300	注(11)中纠正 ($T_s \geq 1.5T$)
·237·	230-234	附录 E	(1) 参考标准更新 (2) 删去 ICBO 的地址
·242·	236	F300	修改
·245·	238, 239	F323.4(b)(6)	在正文中列出参照 NACE, 脚注(1)中纠正为: MR0175 和 RP0472
		F323.4(c)(2)	脚注(1)中列出参照 NACE 正文中纠正为: PR0170
		F345.4.1	增加
·253·~·262·	247-256	附录 J	(1) 增加术语 f_m 和 P_f (2) 更新术语 R_T (3) 修改术语 S (4) 增加术语 S_{yt} , T_i 和 W 增加
·264·	257	附录 K 的标准索引	修改 ASTM A210 的名称
·265·	258	附录 K 表的注表	增加注(21)
·266·	260, 261	表 K-1	对于 8 个 API 5L, 增加参照“注(21)”, 取消 200~400 °F 的应用

中文版页码	英文版页码	部位	修改内容
·268·	262, 263	表 K-1	(1) 对于 9Ni 的 A333 和 A334, 修改应力 (2) 对 9Ni 的 A420, 修改“规定的最小抗拉强度”的应用 (3) 在“不锈钢管”下, 纠正(英文)263页中全部 4 行应力及第 1、5 和 6 行的等级
·272·	269	表 K-1	(1) 在“管子”下, 最后 1 个 ASTM A165, 在 700°F 的条材处取消重复的 1 行 (2) 在“锻件和管件”下, 纠正加 ASTM B564 N10276
·279·	276	图 M300	第 5 栏第 2 例, 第 2 个温度纠正为 186 °C
·280·	277, 278	附录 P	增加
·283·~·286·	280~284	附录 S	增加
·288·	286, 287	V304	增加
·290·	288	附录 X	在标题下取消第 2 句
·291·	289~291	X302.1.2(c)	修改
		X302.1.2(e)	修改脚注(1)
		X302.1.3(c)	修改
·294·		图 X302.1.3	修改
·292·		X302.2.2(b)	修改

目 录

前言		302.3 许用应力和其他应力的限制	(14)
人员名单		302.4 裕量	(19)
引言		第2部分 管道组件的压力设计	(20)
修改一览表		303 概述	(20)
第 I 章 应用范围和定义		304 组件的压力设计	(20)
300 总说明	(1)	304.1 直管	(20)
300.1 应用范围	(2)	304.2 管道的弯曲管段和斜接管段	(21)
300.2 定义	(3)	304.3 支管连接件	(22)
300.3 符号	(10)	304.4 管道封头	(27)
300.4 附录情况	(10)	304.5 法兰和插板的压力设计	(28)
图		304.6 异径管	(28)
300.1.1 B31.3 管道应用范围图示	(3)	304.7 其他组件的压力设计	(28)
表		第3部分 流体工况对管道组件的要求	(29)
300.4 B31.3 中附录的情况	(10)	305 管道	(29)
第 II 章 设计		305.1 概述	(30)
第 1 部分 条件和准则	(11)	305.2 特殊要求	(30)
301 设计条件	(11)	306 管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和 支管连接件	(30)
301.1 设计师资格评定	(11)	306.1 管件	(30)
301.2 设计压力	(11)	306.2 管道弯管	(31)
301.3 设计温度	(12)	306.3 斜接弯管	(31)
301.4 环境影响	(12)	306.4 翻边接头	(31)
301.5 动载影响	(12)	306.5 预制的支管连接件	(32)
301.6 重载影响	(12)	307 阀门和专用组件	(32)
301.7 热膨胀和收缩的影响	(12)	307.1 概述	(32)
301.8 支架、固定架和管端位移的 影响	(13)	307.2 特殊要求	(32)
301.9 韧性降低的影响	(13)	308 法兰、插板、法兰密封面和垫片	(32)
301.10 循环载荷的影响	(13)	308.1 概述	(32)
301.11 空气冷凝的影响	(13)	308.2 对法兰的特殊要求	(32)
302 设计准则	(13)	308.3 法兰密封面	(33)
302.1 概述	(13)	308.4 垫片	(33)
302.2 压力-温度的设计准则	(13)	309 螺栓连接件	(33)

309.1 概述	(33)	321.2 固定件	(43)
309.2 特殊的螺栓连接件	(33)	321.3 结构附件	(43)
309.3 攻螺纹的孔	(34)	321.4 结构连接件	(44)
第4部分 流体工况对管道接头的要求	(34)	第6部分 系统	(44)
310 概述	(34)	322 特殊管道系统	(44)
311 焊接接头	(34)	322.3 仪表管道	(44)
311.1 概述	(34)	322.6 泄压系统	(44)
311.2 特殊要求	(34)	图	
312 法兰接头	(35)	302.3.5 应力范围降低系数 f	(19)
312.1 使用不同额定级的法兰接头	(35)	304.2.1 管道弯管的符号	(21)
312.2 金属与非金属的法兰接头	(35)	304.2.3 斜接弯管的符号	(21)
313 胀接接头	(35)	304.3.3 支管连接的符号	(25)
314 螺纹接头	(35)	304.3.4 挤压引出口集管的符号	(26)
314.1 概述	(35)	304.5.3 插板	(29)
314.2 特殊要求	(35)	319.4.4A 弯管内的力矩	(40)
315 管子接头	(35)	319.4.4B 支管连接件中的力矩	(41)
315.1 概述	(35)	表	
315.2 符合表列标准的接头	(35)	302.3.3C 提高的铸件质量系数 E_c	(16)
315.3 不符合表列标准的接头	(36)	302.3.3D 铸件的合格标准	(16)
316 填缝接头	(36)	302.3.4 纵向焊接接头质量系数 E_j	(17)
317 软钎焊和硬钎焊接头	(36)	304.1.1 系数 Y 之值 ($t < D/6$)	(20)
317.1 软钎焊接头	(36)	304.4.1 BPV 规范中关于封头的参 考资料	(27)
317.2 硬钎焊和钎接焊接头	(36)	308.2.1 对滑套法兰用作翻边法兰 允许的规格/额定级	(33)
318 特殊接头	(36)	314.2.1 外螺纹组件的最小厚度	(36)
318.1 概述	(36)	第三章 材料	
318.2 特定要求	(36)	323 一般要求	(46)
第5部分 柔性和支架	(37)	323.1 材料和技术条件	(46)
319 管道柔性	(37)	323.2 温度限制	(46)
319.1 要求	(37)	323.3 冲击试验方法和验收准则	(51)
319.2 概念	(37)	323.4 流体工况对材料的要求	(53)
319.3 柔性分析特点	(38)	323.5 材料在使用中的变质	(54)
319.4 柔性分析	(39)	325 其他材料	(54)
319.5 反作用力	(41)	325.1 连接和辅助材料	(54)
319.6 位移的计算	(41)	图	
319.7 增加柔性的方法	(41)	323.2.2A 碳钢材料无需冲击试验	
321 管道支架	(41)		
321.1 概述	(42)		

的最低温度	(48)	332.4 要求的热处理	(67)
323.2.2B 碳钢材料无需冲击试验时最		333 硬钎焊和软钎焊	(70)
低设计金属温度的降低量 ...	(49)	333.1 评定	(70)
表		333.2 硬钎焊和软钎焊钎料	(70)
323.2.2 金属材料低温冲击韧性试验的		333.3 焊前准备	(70)
要求	(47)	333.4 要求	(70)
323.2.2A 不要求冲击试验时碳钢材		335 装配和安装	(70)
料的最低温度列表值	(50)	335.1 概述	(70)
323.3.1 金属的冲击试验要求	(51)	335.2 法兰接头	(70)
323.3.4 夏比冲击试验温度降低值	(52)	335.3 螺纹接头	(71)
323.3.5 夏比 V 形缺口的最低冲击功 ...	(52)	335.4 管子接头	(71)
		335.5 填缝接头	(71)
		335.6 胀接和特殊接头	(71)
		335.9 管道清理	(72)
		图	
第 IV 章 管道组件标准		328.3.2 典型的垫环和熔化性嵌条	(60)
326 组件的尺寸和额定级	(55)	328.4.2 典型的对接焊端部制备	(60)
326.1 尺寸要求	(55)	328.4.3 修整加工和允许错边量	(61)
326.2 组件的额定级	(55)	328.4.4 支管接口的制备	(62)
326.3 参考文件	(55)	328.5.2A 角焊缝尺寸	(62)
表		328.5.2B 双面平焊和承插焊法兰连	
326.1 组件标准	(55)	接焊缝典型详图	(63)
		328.5.2C 除法兰外的承插焊组件的	
第 V 章 制作、装配和安装		最小焊接尺寸	(63)
327 概述	(58)	328.5.4A,B,C 典型的焊接支管连	
328 焊接	(58)	接件	(63)
328.1 焊接责任	(58)	328.5.4D 支管附件焊缝的允许节点	
328.2 焊接评定	(58)	详图	(64)
328.3 焊接材料	(59)	328.5.4E 适用于 100% 射线照相的支	
328.4 焊接准备	(59)	管附件允许节点详图	(64)
328.5 焊接要求	(61)	328.5.5 典型的预制翻边	(64)
328.6 焊缝返修	(63)	335.3.3 典型的直螺纹接头	(71)
330 预热	(64)	表	
330.1 概述	(64)	330.1.1 预热温度	(65)
330.2 特定要求	(65)	331.1.1 热处理要求	(68)
331 热处理	(65)		
331.1 概述	(65)	第 VI 章 检验、检查和试验	
331.2 特定要求	(66)	340 检验	(73)
332 弯曲和成形	(67)		
332.1 概述	(67)		
332.2 弯曲	(67)		
332.3 成形	(67)		

340.1 概述	(73)	表	
340.2 检验师的责任	(73)	341.3.2 焊缝验收准则和评价焊缝缺陷	
340.3 业主检验师的权利	(73)	的检测方法	(75)
340.4 业主检验师的资格评定	(73)	第七章 非金属管道和非金属	
341 检查	(73)	材料衬里管道	
341.1 概述	(73)	A300 总说明	(84)
341.2 检查的责任	(73)	第1部分 条件和准则	(84)
341.3 检查要求	(73)	A301 设计条件	(84)
341.4 要求检查的范围	(75)	A301.2 设计压力	(84)
341.5 补充检查	(77)	A301.3 设计温度	(84)
342 检查人员	(78)	A302 设计准则	(84)
342.1 人员评定和证书	(78)	A302.1 概述	(84)
342.2 特定要求	(78)	A302.2 压力-温度设计准则	(84)
343 检查工艺	(78)	A302.3 非金属的许用应力和其他设	
344 检查类型	(78)	计限制	(85)
344.1 概述	(78)	A302.4 裕量	(86)
344.2 目视检查	(78)	第2部分 管道组件的压力设计	(86)
344.3 磁粉检查	(78)	A303 概述	(86)
344.4 液体渗透检查	(79)	A304 管道组件的压力设计	(86)
344.5 射线照相检查	(79)	A304.1 直管	(86)
344.6 超声波检查	(79)	A304.2 管道的弯曲管段和斜接管段	(87)
344.7 制作过程中检查	(79)	A304.3 支管连接件	(87)
345 试验	(80)	A304.4 封头	(87)
345.1 要求的泄漏试验	(80)	A304.5 法兰的压力设计	(87)
345.2 泄漏试验的总要求	(80)	A304.6 异径管	(88)
345.3 泄漏试验的准备工作	(81)	A304.7 其他组件的压力设计	(88)
345.4 水压泄漏试验	(81)	第3部分 流体工况对管道组件的要求	(88)
345.5 气压泄漏试验	(82)	A305 管道	(88)
345.6 水压-气压、泄漏试验	(82)	A306 管件、弯管、斜接弯管、翻边接头	
345.7 初始运转的泄漏试验	(82)	和支管连接件	(88)
345.8 敏感泄漏试验	(82)	A306.1 管件	(88)
345.9 替代泄漏试验	(83)	A306.2 管道弯管	(88)
346 记录	(83)	A306.3 斜接弯管	(88)
346.2 责任	(83)	A306.4 预制或扩口翻边接头	(88)
346.3 记录的保存	(83)	A306.5 预制支管接头	(89)
图		A307 阀门和特制组件	(89)
341.3.2 典型的焊缝缺陷	(74)	A308 法兰、插板、法兰密封面和垫片	(89)

A308.1 概述	(89)	A322 特定管道系统	(93)
A308.2 法兰	(89)	A322.3 仪表管道	(93)
A308.3 法兰密封面	(89)	A322.6 泄压系统	(93)
A308.4 对垫片的限制	(89)	第7部分 材料	(93)
A309 螺栓连接件	(89)	A323 一般要求	(93)
A309.1 概述	(89)	A323.1 材料和技术条件	(93)
A309.2 特定的螺栓连接件	(89)	A323.2 非金属的温度限制	(93)
A309.3 非金属组件的螺孔	(89)	A323.4 流体工况对非金属材料的 要求	(94)
第4部分 流体工况对管道连接的要求	(89)	A323.5 材料在运行中的变质	(95)
A310 概述	(89)	A325 其他材料	(95)
A311 塑料粘结接头	(89)	第8部分 管道组件、标准	(95)
A311.1 概述	(89)	A326 组件的尺寸和额定级	(95)
A311.2 特定要求	(89)	A326.1 要求	(95)
A312 法兰接头	(90)	A326.4 表 A326.1 和附录 B 使用的 缩写	(95)
A313 胀接接头	(90)	第9部分 制作、装配和安装	(95)
A314 螺纹接头	(90)	A327 概述	(95)
A314.1 概述	(90)	A328 塑料的粘结	(96)
A314.2 特定要求	(90)	A328.1 粘结责任	(96)
A315 管子接头	(90)	A328.2 粘结评定	(96)
A316 填缝接头	(90)	A328.3 粘结材料和设备	(100)
A318 特殊接头	(90)	A328.4 粘结准备工作	(100)
A318.1 概述	(90)	A328.5 粘结要求	(100)
A318.2 特定要求	(90)	A328.6 粘结修补	(101)
A318.3 非金属衬里管道	(90)	A328.7 密封粘结	(101)
A318.4 柔性合成橡胶密封接头	(90)	A329 非金属衬里管道的制作	(101)
第5部分 柔性和支架	(91)	A329.1 金属管道焊接	(101)
A319 非金属管道的柔性	(91)	A329.2 非金属衬里扩口	(102)
A319.1 要求	(91)	A332 弯曲和成形	(102)
A319.2 概念	(91)	A332.1 概述	(102)
A319.3 柔性分析的特性	(92)	A332.2 弯曲	(102)
A319.4 分析	(92)	A332.3 成形	(103)
A319.5 反作用	(92)	A334 非塑料管道连接	(103)
A319.6 位移	(92)	A334.1 硼硅玻璃管道	(103)
A319.7 增加柔性的方法	(92)	A334.2 缺陷修复	(103)
A321 管道支架	(92)	A335 装配和安装	(103)
A321.5 非金属管道的支架	(92)		
第6部分 系统	(92)		

A335.1 概述	(103)	A328.5.4 热塑性塑料热熔接头	(101)
A335.2 法兰和机械接头	(103)	A328.5.5 热塑性电熔接头	(102)
A335.3 螺纹接头	(103)	A328.5.6 全锥度热固性粘结接头	(102)
A335.4 管子接头	(103)	A328.5.7 热固性包覆接头	(102)
A335.5 填缝接头	(103)	表	
A335.6 特殊接头	(103)	A323.2.2 非金属低温韧性试验要求对	
A335.8 脆性管道装配	(104)	材料技术条件要求的补充	(94)
A335.9 管道清洗	(104)	A323.4.2C 热固性增强树脂管推荐的温	
第 10 部分 检验、检查和试验	(104)	度范围	(94)
A340 检验	(104)	A323.4.3 用作衬里的热塑性塑料推荐温	
A341 检查	(104)	度范围	(95)
A341.1 概述	(104)	A326.1 组件标准	(97)
A341.2 检查的责任	(104)	A341.3.2 粘缝验收准则	(104)
A341.3 检查要求	(104)	第 VIII 章 M 类流体工况管道	
A341.4 要求检查的范围	(104)	M300 总体说明	(107)
A341.5 补充检查	(105)	第 1 部分 条件和准则	(107)
A342 检查人员	(105)	M301 设计条件	(107)
A343 检查工艺	(105)	M301.3 金属管道的设计温度	(107)
A344 检查类型	(105)	M301.5 动载影响	(107)
A344.1 概述	(105)	M302 设计准则	(107)
A344.2 目视检查	(105)	M302.1 概述	(107)
A344.5 射线照相检查	(105)	M302.2 压力-温度设计准则	(107)
A344.6 超音频检查	(105)	M302.3 金属管道的许用应力和其他	
A344.7 制作过程中检查	(105)	应力范围	(107)
A345 试验	(105)	M302.4 裕量	(108)
A345.1 泄漏试验要求	(105)	第 2 部分 金属管道组件的压力设计	(108)
A345.2 泄漏试验的一般要求	(105)	M303 概述	(108)
A345.3 泄漏试验的准备工作	(106)	M304 金属管道组件的压力设计	(108)
A345.4 静水压泄漏试验	(106)	第 3 部分 流体工况对金属管道组件	
A345.5 气压泄漏试验	(106)	的要求	(108)
A345.6 水压-气压泄漏试验	(106)	M305 管道	(108)
A345.7 初始运转泄漏试验	(106)	M305.1 概述	(108)
A345.8 敏感泄漏试验	(106)	M305.2 对金属管道的特定要求	(108)
A346 记录	(106)	M306 金属管件、弯管、斜接弯管、翻边	
图		接头和支管连接件	(108)
A328.5(3~7) 典型的塑料管道接头		M306.1 管件	(108)
A328.5.3 热塑性塑料溶剂粘结接头	(100)	M306.2 管道弯管	(108)

M306.3 斜接弯管	(108)	M323.1 材料和技术条件	(111)
M306.4 预制或扩口翻边	(108)	M323.2 温度限制	(111)
M306.5 预制支管连接件	(108)	M323.3 冲击试验方法和验收准则	(111)
M306.6 封头	(109)	M323.4 流体工况对金属材料的要求	(111)
M307 金属阀门和特殊组件	(109)	M323.5 材料在使用中变质	(111)
M307.1 概述	(109)	M325 其他材料	(111)
M307.2 特定要求	(109)	M325.1 连接和辅助材料	(111)
M308 法兰、插板、法兰密封面和垫片	(109)	第 8 部分 管道组件标准	(111)
M308.2 金属法兰的特定要求	(109)	M326 组件的尺寸和额定级	(111)
M308.3 法兰密封面	(109)	M326.1 尺寸要求	(111)
M308.4 垫片	(109)	M326.2 组件的额定级	(111)
M308.5 插板	(109)	M326.3 参考文件	(111)
M309 螺栓连接件	(109)	第 9 部分 金属管道的制作、装配和	
第 4 部分 流体工况对金属管道接头		安装	(111)
的要求	(109)	M327 概述	(111)
M310 金属管道,概述	(109)	M328 金属焊接	(112)
M311 金属管道中的焊接接头	(109)	M328.3 焊接材料	(112)
M311.1 概述	(110)	M330 金属预热	(112)
M311.2 特定要求	(110)	M331 金属热处理	(112)
M312 金属管道中的法兰接头	(110)	M332 金属弯曲和成形	(112)
M313 金属管道中的胀接接头	(110)	M335 金属管道装配和安装	(112)
M314 金属管道中的螺纹接头	(110)	M335.1 概述	(112)
M314.1 概述	(110)	M335.2 法兰接头	(112)
M314.2 特定要求	(110)	M335.3 螺纹接头	(112)
M315 金属管道中的管接头	(110)	M335.4 管子接头	(112)
M316 填缝接头	(110)	M335.6 特殊接头	(112)
M317 软钎焊和硬钎焊接头	(110)	M335.9 管道清理	(112)
M318 金属管道中的特殊接头	(110)	第 10 部分 金属管道的检验、检查和	
第 5 部分 金属管道的柔性和支架	(110)	试验	(112)
M319 金属管道的柔性	(110)	M340 检验	(112)
M321 管道支架	(110)	M341 检查	(112)
第 6 部分 系统	(110)	M341.4 要求检查的范围	(112)
M322 特定管道系统	(110)	M342 检查人员	(113)
M322.3 仪表管道	(110)	M343 检查工艺	(113)
M322.6 泄压系统	(110)	M344 检查类型	(113)
第 7 部分 金属材料	(111)	M345 试验	(113)
M323 一般要求	(111)	M346 记录	(113)

第 11 ~ 20 部分 对应第八章	(113)	第 15 部分 非金属管道的柔性和支架	(115)
MA300 总说明	(113)	MA319 管道柔性	(115)
第 11 部分 条件和准则	(113)	MA321 管道支架	(115)
MA301 设计条件	(113)	第 16 部分 非金属和非金属衬里系统	(115)
MA302 设计准则	(113)	MA322 特定管道系统	(115)
MA302.2 压力-温度设计准则	(113)	第 17 部分 非金属材料	(115)
MA302.3 许用应力和其它设计限制	(113)	MA323 一般要求	(115)
MA302.4 裕量	(113)	MA323.4 流体工况对非金属材料 的要求	(115)
第 12 部分 非金属管道组件的压力 设计	(113)	第 18 部分 非金属和非金属衬里管道组 件的标准	(115)
MA303 概述	(113)	MA326 组件的尺寸和额定级	(115)
MA304 非金属组件的压力设计	(114)	第 19 部分 非金属和非金属衬里管道的制 作、装配和安装	(115)
第 13 部分 流体工况对非金属管道组件 的要求	(114)	MA327 概述	(115)
MA305 管道	(114)	MA328 塑料粘结	(115)
MA306 非金属管件、弯管、斜接弯管、翻 边接头和支管连接件	(114)	MA329 非金属衬里管道的制作	(115)
MA306.3 斜接弯管	(114)	MA332 弯曲和成形	(115)
MA306.4 预制的翻边接头	(114)	MA334 非塑料管道的连接	(115)
MA306.5 预制的支管连接件	(114)	MA335 装配和安装	(115)
MA307 非金属阀门和特殊组件	(114)	第 20 部分 非金属管道的检验、检查和 试验	(115)
MA308 法兰、插板、法兰密封面和垫片	(114)	MA340 检验	(115)
MA308.2 非金属法兰	(114)	MA341 检测	(115)
MA309 螺栓连接件	(114)	MA342 检查人员	(116)
第 14 部分 流体工况对非金属管道接头 的要求	(114)	MA343 检查程序	(116)
MA310 概述	(114)	MA344 检查类型	(116)
MA311 粘结接头	(114)	MA345 试验	(116)
MA311.1 概述	(114)	MA346 记录	(116)
MA311.2 特定要求	(114)		
MA312 法兰接头	(114)	第 IX 章 高压管道	
MA313 胀接接头	(114)	K300 总说明	(117)
MA314 螺纹接头	(114)	K300.1 应用范围	(117)
MA314.1 概述	(114)	K300.2 定义	(117)
MA315 非金属管道中的管接头	(114)	K300.3 符号	(117)
MA316 填缝接头	(114)	K300.4 附录情况	(117)
MA318 特殊接头	(114)	第 1 部分 条件和准则	(117)
		K301 设计条件	(117)

K301.1 概述	(117)	K309 螺栓连接件	(125)
K301.2 设计压力	(117)	第4部分 流体工况对管道接头的要求 ...	(125)
K301.3 设计温度	(118)	K310 概述	(125)
K301.5 动力效应	(118)	K311 焊接接头	(125)
K302 设计准则	(118)	K311.1 概述	(125)
K302.1 概述	(118)	K311.2 特定要求	(125)
K302.2 压力-温度设计准则	(118)	K312 法兰接头	(126)
K302.3 许用应力和其他设计限制	(119)	K312.1 用不同额定级法兰接头	(126)
K302.4 裕量	(120)	K313 胀接接头	(126)
第2部分 管道组件的压力设计	(120)	K314 螺纹接头	(126)
K303 概述	(120)	K314.1 概述	(126)
K304 高压组件的压力设计	(120)	K314.2 特殊螺纹接头	(126)
K304.1 直管	(121)	K314.3 其它螺纹接头	(126)
K304.2 管道的弯曲管段和斜接管段 ...	(121)	K315 管子接头	(126)
K304.3 支管接头	(122)	K316 填缝接头	(126)
K304.4 封头	(122)	K317 软钎焊和硬钎焊接头	(126)
K304.5 法兰和插板的压力设计	(122)	K317.1 软钎焊接头	(126)
K304.6 异径管	(122)	K317.2 硬钎焊接头	(126)
K304.7 其他组件的压力设计	(122)	K318 特殊接头	(126)
K304.8 疲劳分析	(123)	K318.1 概述	(126)
第3部分 流体工况对管道组件的要求 ...	(124)	K318.2 特定要求	(126)
K305 管道	(124)	第5部分 柔性和支架	(127)
K305.1 要求	(124)	K319 柔性	(127)
K306 管件、弯管和支管连接件	(124)	K321 管道支架	(127)
K306.1 管件	(124)	第6部分 系统	(127)
K306.2 管道弯管	(124)	K322 特定管道系统	(127)
K306.3 斜接弯管	(124)	K322.3 仪表管道	(127)
K306.4 预制的或扩口翻边接头	(125)	K322.6 泄压系统	(127)
K306.5 预制的支管接头	(125)	第7部分 材料	(127)
K307 阀门和特殊组件	(125)	K323 一般要求	(127)
K307.1 概述	(125)	K323.1 材料和技术条件	(127)
K308 法兰、插板、法兰密封面和垫片	(125)	K323.2 温度限制	(128)
K308.1 概述	(125)	K323.3 冲击试验方法及验收准则	(128)
K308.2 特殊法兰	(125)	K323.4 对材料的要求	(130)
K308.3 法兰密封面	(125)	K323.5 材料在运行中的变质	(131)
K308.4 垫片	(125)	K325 其他材料	(131)
K308.5 插板	(125)	第8部分 管道组件标准	(131)

K326 组件的尺寸和额定级	(131)	K344.1 概述	(137)
第9部分 制作、装配和安装	(131)	K344.2 目视检查	(137)
K327 概述	(131)	K344.3 磁粉检查	(137)
K328 焊接	(131)	K344.4 液体渗透检查	(137)
K328.1 焊接责任	(131)	K344.5 射线照相检查	(137)
K328.2 焊接评定	(131)	K344.6 超声波检查	(138)
K328.3 材料	(132)	K344.7 “制作过程中”检查	(138)
K328.4 焊接准备	(132)	K344.8 涡流检查	(138)
K328.5 焊接要求	(133)	K345 试验	(138)
K328.6 焊缝返修	(133)	K345.1 要求的泄漏试验	(138)
K330 预热	(133)	K345.2 泄漏试验的总要求	(139)
K330.1 概述	(133)	K345.3 泄漏试验准备工作	(139)
K330.2 特定要求	(133)	K345.4 静水压泄漏试验	(139)
K331 热处理	(134)	K345.5 气压泄漏试验	(139)
K331.1 概述	(134)	K345.6 组件与焊缝的静水压-气压	
K331.2 特定要求	(135)	试验	(139)
K332 弯曲和成形	(135)	K346 记录	(139)
K332.1 概述	(135)	K346.1 责任	(139)
K332.2 弯曲	(135)	K346.2 要求的记录	(139)
K332.3 成形	(135)	K346.3 记录的保存	(139)
K332.4 要求的热处理	(135)	图	
K333 硬钎焊和软钎焊	(135)	K323.3.3 可接受的冲击试验试样	
K335 装配和安装	(135)	举例	(130)
K335.1 概述	(135)	K328.4.3 管子镗孔以利对准:修整和	
K335.2 法兰接头	(135)	允许错边	(133)
K335.3 螺纹接头	(136)	K328.5.4 一些适合于100%射线照相的	
K335.4 特殊接头	(136)	允许的焊接支管连接件	(134)
K335.5 管道清洗	(136)	表	
第10部分 检验、检查和试验	(136)	K302.3.3D 铸钢件验收级别	(120)
K340 检验	(136)	K305.1.2 管道或管子对纵向缺陷要求	
K341 检查	(136)	的超声波或涡流检查	(124)
K341.3 检查要求	(136)	K323.3.1 冲击试验要求	(129)
K341.4 要求检查的范围	(136)	K323.3.5 要求的最低夏比V形缺口冲	
K341.5 补充检查	(137)	击值	(130)
K342 检查人员	(137)	K326.1 组件标准	(131)
K343 检查工艺	(137)	K341.3.2 焊缝验收准则	(136)
K344 检查类型	(137)	K341.3.2 准则值注释	(136)

附录	J 符号	(253)
A 金属管道和螺栓连接件材料的 许用应力和质量系数	k 高压管道的许用应力	(263)
(140)	L 铝合金管法兰	(276)
B 非金属材料的应力表和许用 压力表	M 流体工况分类导则	(279)
(212)	P 用于高应力范围的另一规则	(280)
C 管道材料的物理性能	Q 质量体系程序	(282)
(217)	S 管道系统应力分析举例	(283)
D 柔性系数和应力增强系数	V 超温工况允许的变动	(287)
(233)	X 金属波纹管膨胀节	(290)
E 参照标准	Z 技术咨询的编制	(295)
(237)		
F 预防性措施		
(242)		
G 安全防护		
(247)		
H 支管补强的计算实例		
(249)		

第 I 章 应用范围和定义

300 总说明

(a) 识别

本《工艺管道规范》是美国机械工程师学会《压力管道规范》ASME B31 中的一卷。为了规范使用者方便,本卷以独立的文件出版。

(b) 责任

(1) 业主

管道装置业主,应对遵守本规范负全面责任,并负责确定包含管道在内的影响整个流体处理或工艺装置的设计、建造、检查、检验和试验的要求。业主也负责指定管道用于特定的流体工况并决定是否采用规定的质量体系〔见第 300 (d) (4)、(5) 节和附录 Q〕。

(2) 设计者

设计者应对业主负责,保证管道工程设计符合本规范的要求及业主规定的任何附加要求。

(3) 制造者、制作者和安装者

管道的制造者、制作者和安装者应负责使提供的材料、组件和成品符合本规范及工程设计的要求。

(4) 业主检验师

业主检验师(见第 340 节)应对业主负责,保证满足规范对检验、检查和试验的要求。如果业主采用规定的质量体系,业主的检验师负责验证其实施完成。

(c) 规范的意图

(1) 本规范的目的是提出管道装置的安全设计和建造必要的工程要求。

(2) 本规范不考虑用于对已装置好并在运行中的管道进行施工、检查、检验、试验、维护或修理。本规范的条款可以有选择地用于上述目的,不过其它考虑也可能是必要的。

(3) 在考虑到安全设计所必要和适用的情况下,本规范的工程要求通常采用简化的方法。一位具有更严密分析能力的设计者,他应有这样做的自由,然而,在工程设计中必须用文字表明这种方法,其有效性应为业主所接受。所用的方法,应提供按第 301 节设计条件的设计、建造、检查、检验和试验的细节。

(4) 管道元件宜在切实可行的范围内符合本规范所列的各项技术条件和标准。那些在本规范中既没有明文认可也没有明文禁止的管道元件,只要能证明符合本规范有关章节的规定,仍可以采用。

(5) 工程设计应对特殊用途规定特殊要求。当特殊工况需要采取超出本规范要求的措施时,这些措施应由工程设计予以规定。凡有规定处,本规范均要求予以完成。

(6) 材料是否适合于工况和管道内流体的不稳定性所引起的危害,均不在本规范的应用范围内,见第 F323 节。

(d) 确定规范要求

(1) 对于设计和建造的规范要求包括影响材料、组件和接头的选择和应用的流体工况的要求。流体工况的要求包括某些禁止、限制和条件,如温度限制或安全防护要求(见第 300.2 节和附录 G)。规范对管道系统的要求是按该系统中要求最严格的元件的限制范围。

(2) 对于非 M 类或高压流体工况的金属管道,规范要求见第 I ~ IV 章(基础规范),流体工况要求见:

- a) 材料,第三章;
- b) 组件,第二章第 3 节;
- c) 接头,第二章第 4 节。

(3) 对非金属管道和非金属衬里管道的所有要求见第Ⅶ章(节号以“A”开头。)

(4) 业主确定流体工况为 M 类的管道(见第 300.2 节和附录 M), 所有要求见第Ⅶ章(节号以“M”开头)。

(5) 业主确定流体工况为 D 类(见第 300.2 节和附录 M)的管道, 可以使用限于第 I 章中 D 类流体工况的管道元件和适用于其它流体工况的元件。

(6) 适用于第 I ~ VI 章中常规流体工况的金属管道元件, 如没有对剧烈的循环条件的特定要求, 也可用于剧烈的循环条件。

(e) 高压管道

第 IX 章规定被业主确定为高压流体工况管道的另一设计和建造规则。

(1) 这些规则仅用于当业主指定时, 而且只能整体应用, 不能只采用一部分。

(2) 第 IX 章规则不适用于 M 类流体, 见第 K300.1.4 节。

(3) 节号以“K”开头。

(f) 附录

本规范附录包含规范要求、补充指南或其它资料, 对每个附录的说明见第 300.4 节。

300.1 应用范围

B31.3^①《工艺管道规范》卷的规则已经发展到考虑在炼油、化工制药、纺织、造纸、半导体和低温工厂以及相关的工艺工厂装置和设备方面的典型配管。

300.1.1 内容和范围

(a) 本规范规定了管道的材料、设计、制作、装配、安装、检查、检验和试验的要求。

(b) 本规范适用于所有流体的管道, 包括:

- (1) 化工产品的原料、中间产品和最终产品;
- (2) 石油产品;
- (3) 气体、蒸汽、空气和水;
- (4) 流体化的固体;
- (5) 制冷剂;
- (6) 低温流体。

(c) 见图 300.1.1 中所示的设备上 B31.3 管道的应用。连接设备的管道都在 B31.3 应用范围内。

300.1.2 成组设备的管道

在成组设备总成范围内连接各个单体或装置的管道也包括在 B31.3 的应用范围内。

300.1.3 不管辖范围

本规范不管辖范围如下:

(a) 管道系统设计管内表压 ≥ 0 , 但 < 105 kPa (15 psi) 的, 如果管内输送的流体符合第 300.2 节的规定是不可燃的、无毒的和对人体无害的, 且其设计温度为 -29 °C (-20 °F) ~ 186 °C (366 °F);

(b) 按 BPV 规范^②第 I 卷《动力锅炉》和要求符合 B31.1 规定的锅炉范围内管道*;

(c) 火焰加热器内的管子、集箱、跨越管和总管;

(d) 压力容器、换热器、泵、压缩机和其它输送或加工流体设备, 包括内部管道及连接外部管道的接口。

^①本处和本规范中其它地方所引用的 B31 是指 ASME B31 压力管道规范及其各卷, 在引言中有识别和简述。

^②本处和本规范中其它地方所引用的 BPV 规范是指美国机械工程师学会 (ASME) 《锅炉及压力容器规范》及其如下各卷:

- 第 I 卷 动力锅炉
- 第 II 卷 材料 D 篇 性能
- 第 V 卷 无损检测
- 第 VIII 卷 压力容器 第 1 册和第 2 册
- 第 IX 卷 焊接和钎焊评定

* 在 B31.1《动力管道》的第 100.1.2 节中, 管道区分为: 锅炉本体、锅炉范围内管道 (BEP) 和非锅炉范围内管道 (NBEP)。锅炉范围内管道原文为 Boiler External Piping, 按字面直译是: “锅炉外部管道”。这样 NBEP 就要译成“非锅炉外部管道”, 逻辑上反而成了“锅炉内部管道”。按 GB 2900.48 和 3.8.2: “锅炉范围内管道 (boiler external piping) ……”。故将 BEP 译为“锅炉范围内管道”、NBEP 译为“非锅炉范围内管道。”——译注

04 300.2 定义

有关管道的术语定义如下。本规范中所使用的焊接术语,在这里没有列出的,均按照 ANSI/AWSA 3.0⁽³⁾中的定义。

空淬钢 (air-hardened steel)——加热、保温温度高于相变温度范围,在空气中冷却时能硬化的钢。

退火热处理 (anneal heat treatment)——见“热处理”。

电弧切割 (arc cutting)——利用电极和母材间的电弧热的熔化作用来割离或去除金属的一组切割方法的总称(包括碳弧切割、金属弧切割、气体保护金属弧切割、气体保护钨极弧切割、等离子弧切割和空气碳弧切割)。也见“氧弧切割”。

电弧焊 (Arc Welding) (AW)——利用一个或多个电弧加热金属以实现结合的一组焊接方法。焊接时可施加或不施加压力,可使用或不使用填充金

属。

装配 (assembly)——按照工程设计的规定将 2 个以上管道组件用螺栓、焊接、粘结、螺纹、硬钎焊、软钎焊、胶粘或使用密封元件的方法连接在一起。

自动焊 (automatic welding)——采用施焊时无需焊接操作工调节控制钮的机器进行的焊接。这类焊机可以执行、也可以不执行装卸工件的工作。

衬垫性填充金属 (backing filler metal)——见“熔化性嵌条”。

衬环 (bacing ring)——用于衬托熔化焊缝金属的环形材料。

平衡的管道系统 (balanced piping system)——见第 319.2.2(a)节。

母材 (base material)——被硬钎焊、软钎焊或焊接的材料或其它方法中被熔化的材料。

基本许用应力 (basic allowable stress)——见“常用应力术语”。

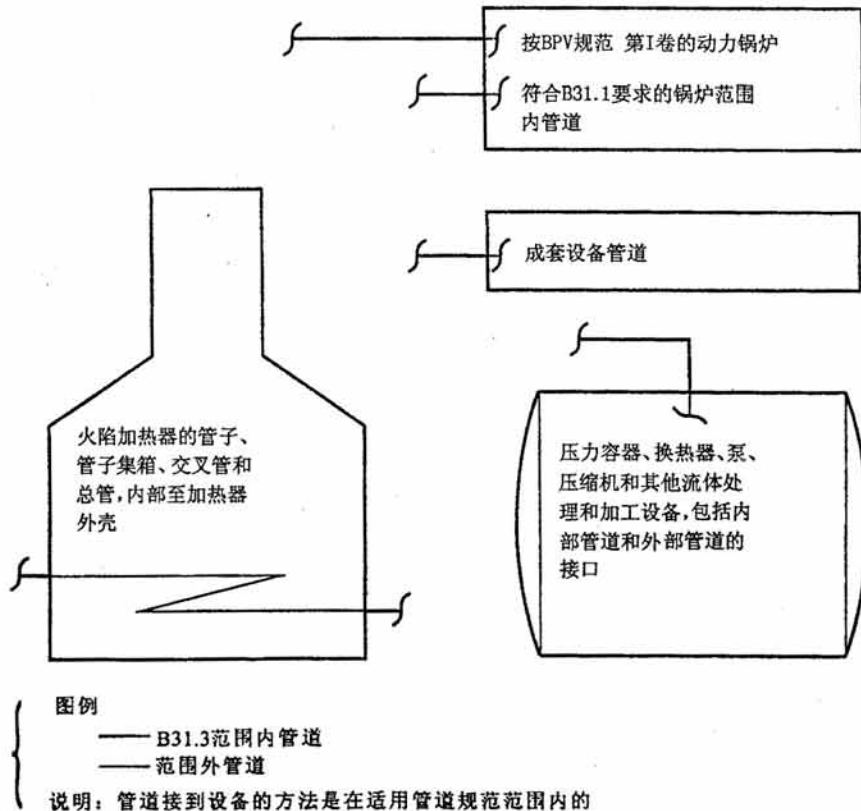


图 300.1.1 B31.3 管道应用范围图示

⁽³⁾AWS A3.0“标准焊接术语和定义”,包括了粘接、硬钎接、软钎接、热压合和热喷涂的术语。

螺栓设计应力 (**bolt design stress**)——见“常用应力术语”。

粘接接头 (**bonded joint**)——用下列方法之一永久地结合在一起的非金属管道接头。

(a) 胶粘接头 (**adhesive joint**)——在接头表面施以胶粘剂并加压形成的接头。

(b) 对接-缠绕接头 (**butt-and-wrapped joint**)——使接头端面靠紧,并在其上面缠绕以多层浸透树脂的加强纤维织物形成接头。

(c) 热熔接头 (**heat fusion joint**)——对接头表面加热并加压达到熔合形成的接头。

(d) 热风焊接接头 (**hot gas welded joint**)——用热空气或热的情性气体同时加热被连结的表面和填充金属,然后将两表面压在一起并施加填充材料达到熔合形成的接头。

(e) 溶剂粘接接头 (**solvent cemented joint**)——在接头上施加能使连结表面软化的溶剂并加压形成的接头。

(f) 电熔接头 (**electrofusion joint**)——用电阻线圈加热被连接表面形成的接头,线圈留置在接头中。

粘接工 (**bonder**)——完成手工或半自动粘接操作的工人。

粘接操作工 (**bonding operator**)——操纵机器或自动粘接设备的工人。

粘接工艺 (**bonding procedure**)——生产粘接接头的详细方法和操作。

粘接材料说明书 (**Bonding Procedure Specification**) (**BPS**)——列出构造符合本规范的要求的粘接接头所用参数的文件。

支管连接管件 (**branch connection fitting**)——一种焊到主管道上的整体补强管件,通过对插焊、承接焊、螺纹连接或法兰连接来连接支管,包括符合 MSS SP-9 丁的支管出口管件。

硬钎焊 (**brazing**)——用熔点高于 427°C (800°F)、但低于母材熔点的非铁基填充金属产生结合的金属连接方法。填充金属通过毛细作用扩散

分布到接头间紧密配合的表面。

对接接头 (**butt Joint**)——在近乎同一砷面内装在一起的两个元件之间的接头。

D 类 (**category D**)——见“流体工况”。

M 类 (**category M**)——见“流体工况”。

填缝接头 (**caulked joint**)——使用工具将适当的一种或几种材料注入或压入喇叭口(或套)和塞子(或平头)的环形表面之间,以构成接头密封。

化工厂 (**chemical plant**)——制造或加工化工产品或这些化工产品用的原料或中间产品的工业生产厂。化工厂可能包括辅助性和服务性的设施,如仓库、公用工程和废物处理装置。

冷紧 (**cold spring**)——见第 319.2.4 节。

外部管道连接件 (**connections for external piping**)——指设备上那些设计为与外部管道相连接用的、与设备各部分成整体的零件。

熔化性嵌条 (**consumable insert**)——与接头根部完全熔合,并成为焊缝一部分的预置性填充金属。

对人体有害 (**damaging to human tissues**)——本规范中,这一词组指的是一种流体,在规定操作条件下如有泄漏,可能伤害皮肤、眼睛或外露的粘膜,不及时采取康复措施,则伤害难以治愈(康复措施包括用水冲洗、服用解毒药或用药物治疗等)。

最低设计温度 (**design minimum temperature**)——见第 301.3.1 节。

设计压力 (**design pressure**)——见第 301.2 节。

设计温度 (**design temperature**)——见第 301.3 节。

设计者 (**designer**)——负责工程设计的个人或组织。

位移应力范围 (**displacement stress range**)——见第 319.2.3 节。

要素 (**elements**)——见“管道要素”。

工程设计 (**engineering design**)——决定一个管道系统的详细设计,根据工艺过程和机械要求而制定,并符合本规范要求,包括全部必要的技术条

件、图样和支持文件。

设备的连接件 (equipment connection)——见“外部管道用连接件”。

安装 (erection)——根据工程设计的规定,将一个管道系统完整地安装在指定位置和支架上,包括该系统按规范要求的所有现场装配、制作、检查、检验和试验。

检查, 检查员 (examination, examiner)——见第 341.1 和 341.2 节。

检查的类型 (examination, type of)——见第 3 生淫.1.3 节,有下列几种:

- (a) 100% 检查;
- (b) 随机抽样 (random) 检查;
- (c) 局部 (spot) 检查;
- (d) 随机局部抽查 (random spot) 检查。

挤压出口集箱 (extruded outlet header)——见第 304.3.4 节。

制作 (fabrication)——管道装配前的准备工作,包括切割、加工螺纹、开坡口、成形、弯曲和将组件装成部件。制作可以在车间或现场进行。

焊缝表面 (face of weld)——从焊件施焊侧见到的焊缝外露表面。

填充材料 (filler material)——形成金属或非金属接头时加入的材料。

角焊缝 (fillet weld)——在搭接、T 形和角接头中,连接大体互成直角的两个表面的焊缝,焊缝的横截面近似于三角形(也见“焊缝尺寸”和“角焊缝的厚度”)。

易燃性 (flammable)——本规范中系指流体在周围环境或操作条件下是蒸汽或产生蒸汽,能被点燃并在空气中连续燃烧。因此,对其他场合,此术语可按工况条件,定义流体具有“易燃性”(flammable)或“可燃性”(combustible)。

流体工况 (fluid service)——涉及管道系统应用的一个综合性术语,它综合考虑了流体性质、操作条件以及其他因素,这些构成管道系统设计的基础,见附录 M。

(a) D 类流体工况 (category D fluid service)——符合下列全部条件的流体工况:

- (1) 输送的流体不易燃、无毒和按第 300.2 节中定义为对人体无害者;
- (2) 设计表压 ≤ 1035 kPa (150 psi);
- (3) 设计温度为 -29 °C (-20 °F) ~ 186 °C (366 °F)。

(b) M 类流体工况 (category M fluid service)——流体泄漏可能接触到人,当一处有极少量的有毒流体泄漏,被人吸入或与人体接触时,即使迅速采取治疗措施也可能造成严重的和难以治愈的伤害。

(c) 高压流体工况 (high pressure fluid service)——业主规定按第 IX 章进行设计和建造的工况,也见第 K300 节。

(d) 常规流体工况 (normal fluid service)——本规范管辖的大部分管道,即不受 D 类、M 类或高压流体工况管辖的管道。

满角焊缝 (full fillet weld)——角焊缝尺寸等于较薄焊件厚度的焊缝。

熔合 (fusion)——填充金属与母材熔化在一起,或仅仅是母材间互相熔化在一起,从而达到结合的目的。

熔化极气体保护电弧焊 (Gas Metal - Arc Welding) (GMAW)——以连续送进的填充金属极(熔化极)和工件之间的电弧加热,从而获得结合的弧焊方法。保护完全靠单一气体或混合气体。这种方法有时被称为 MIG 焊或 CO₂ 焊(不推荐使用的术语)。

钨极气体保护电弧焊 (Gas Tungsten - Arc Welding) (GTAW)——以钨极(非熔化极)和工件之间的电弧加热金属,从而获得结合的弧焊方法,保护方法是采用单一气体或混合气体。焊接时可以施加或不施加压力,可用或不用填充金属(此法有时被称为 TIG 焊)。

气焊 (gas welding)——用一个或几个气体火焰加热来形成连接的一组焊接方法,焊接时可以施

加或不施加压力,可用或不用填充金属。

坡口焊缝 (groove weld)——在两个被焊构件之间的坡口内形成的焊缝。

热影响区 (heat affected zone)——母材中由于焊接、硬钎焊、软钎焊、成形或切割热量的影响,其力学性能或显微组织已经变化、但并未熔化的那一部分。

热处理 (heat treatment)——各种类型和过程的热处理(有时也称焊后热处理)定义如下:

(a) **退火 (annealing)**——加热至适当的温度并保持适当的时间,然后以适当的冷却速率冷却,以达到降低硬度、改善切削性能、便于冷加工、形成要求的显微组织或获得理想的力学、物理及其它性能等。

(b) **正火 (normalizing)**——将铁基金属加热到相变范围以上的适当温度,然后在室温下静止的空气中冷却的方法。

(c) **预热 (preheating)**——见单独的术语“预热”。

(d) **淬火 (quenching)**——将已加热的金属急速冷却*。

(e) **推荐或要求的热处理 (recommended or required heat treatment)**——对切割、成形或焊接后的局部金属进行加热,见第 331 节。

(f) **固熔热处理 (solution heat treatment)**——将合金加热到适当温度,并在此温度保持足够长时间,使一种或多种组分熔入固熔体中,然后快速冷却,使这些组分存留在固熔体中。

(g) **消除应力 (stress - relief)**——将构件或其一部分均匀加热到足够的温度,以消除大部分残余应力,随后进行缓慢均匀冷却,使新的残余应力的形成减少到最低的程度。

(h) **回火 (tempering)**——将淬硬的金属再次加热到相变范围以下的温度,以改善金属的韧性。

(i) **相变范围 (transformation range)**——从相变开始至完成的温度范围。

(j) **相变温度 (transformation temperature)**——

开始发生相变的温度。

高压流体工况 (high pressure fluid service)——见“流体工况”。

线性显示 (indication, linear)——在磁粉检查、液体渗透检查或类似的检查中,一个封闭的表面积,它标志或指示出需评定的缺陷,其长度方向尺寸 ≤ 3 倍宽度。

圆形显示 (indication, rounded)——在磁粉检查、液体渗透检查或类似的检查中,一个封闭的表面积,它标志或指示出需评定的缺陷,其长度方向尺寸, < 3 倍宽度。

工序间检查 (in - process examination)——见第 344.7 节。

检验,检验师 (inspection, Inspector)——见第 340 节。

接头设计 (joint design)——要求的焊接接头尺寸及几何形状。

表列的 (listed)——在本规范内,它说明一种材料或组件是符合附录 A、B 或 K 中的一个技术条件或符合表 326.1、A326.1 或 K326.1 中的一项标准。

手工焊 (manual welding)——全部以手进行操作和控制的焊接。

可 (may)——表示对条款既非强制、也不禁止的术语。

机械接头 (mechanical joint)——以保证机械强度或防止泄漏或两者兼有为目的的接头。机械强度是由螺纹、沟槽、滚压、扩口或翻边的管端或用螺栓、销钉、套环或卡环来达到的;防止泄漏是通过螺纹和密封填料、垫片、滚轧端面、捻缝或加工的配合表面来实现的。

斜接接头 (miter)——在平面上,两个或多个直管段配接在接合角平分线上以实现改变其走向的接头形式。

公称的 (nominal)——一种数字标记,作为尺寸、容积、额定参数或其它特征的标称,不是精确的

* 此处“加热”应是:将铁基金属加热到相变范围以上的适当温度(同正火)。——译注

度量。

公称管道规格 (NPS)——公称管道规格(后面跟着不带 in 符号的特定规格代表数)。

常规流体工况 (normal fluid service)——见“流体工况”。

正火 (normalizing)——见“热处理”。

缺口敏感性 (notch - sensitive)——指金属在有应力集中存在时出现的强度减弱。缺口敏感度一般以缺口试样强度与无缺口试样强度之比来表示,其数值可从静态或动态试验中获得。

氧气电弧切割 (Oxygen - Arc Cutting) (OAC)——是氧气切割方法之一,利用可熔化的管状电极与母材间发生电弧、氧气直接送到工件上。对抗氧化金属常用化学熔剂或金属粉来促进反应。

氧气切割 (Oxygen Cutting) (OC)——组利用氧气和母材在高温下起化学反应而使金属分离或去除的切割方法。维持必要的温度或利用电弧、氧燃气火焰或其它热源。

氧气刨削 (oxygen gouging)——使用氧气切割加工坡口和凹槽的方法。

成组设备 (packaged equipment)——指将设备的单体或几级装在一起的装配部件,完成单体之间管道的连接和外部管道的接口。交货前可以安装在一撬装块或其它结构架上。

炼油厂 (petroleum refinery)——处理或加工石油和直接从石油制得产品的工厂。这种工厂可以是独立的汽油再生工厂、处理工厂、天然气加工厂(包括液化天然气)或是设有各种加工装置和附属设备的综合性精炼厂。

管道 (pipe)*——用于输送液体或传递流体压力的密封圆柱体,在适用材料技术条件中定名为“pipe”。材料标准中称为管子“tube”或“tubing”,当用于承压用途时,视同“pipe”。管道按其制造方法

分类定义如下:

(a) **电阻焊管 (electric resistance - welded pipe)**——按特定长度生产或是以盘绕的管坯连续焊接、随后再切成一定长度的管道,有一条纵向对接焊缝,靠管本身作为电流回路的一部分,利用管材阻抗产生的热量加热金属并施加压力而焊成。

(b) **对接锻焊管,连续焊 (furnace butt welded pipe, continuous welded)**——用盘绕管坯制成的连续长管,然后切割成特定长度,其纵缝是由连续加热成形和对管接口边加热的管坯通过一组焊接用滚子施加机械压力将接口锻焊而成。

(c) **电熔焊管 (electric fusion welded pipe)**——其纵向对接接头是采用手弧焊或自动电弧焊在预成形的管坯上焊成的管子。焊缝可以是单面焊(从一面焊接)或双面焊(从内外两面焊接),填充金属可加也可不加。

(d) **双面埋弧焊管 (double submerged - arc welded pipe)**——具有一条纵向对接接头的管子。其接头至少由内外两道焊道形成,用一根或多根焊丝与工件之间的电弧加热以形成熔合。并利用在焊道的一层可熔粒状物产生保护,不加压力,内、外焊缝的填充金属由焊丝供给。

(e) **无缝管 (seamless pipe)**——钢坯经穿孔后再加以轧制或拉拔或两者都采用而制成的管道。

(f) **螺旋焊管 (spiral welded pipe)**——具有螺旋形接缝,可以是对一接、搭接或锁底缝焊接头,它们可以采用电阻焊、电熔焊或双面埋弧焊方法焊成。

管道支撑件 (pipe-supporting elements)——包括如下的固定件和结构附件。

(a) **固定件 (fixtures)**——指将荷载从管道或管附件传递到结构或设备上去的元件,它包括悬挂式固定件,如吊杆、弹簧吊架、斜拉杆、平衡锤、松紧螺栓、支撑杆、链条、导轨和固定架以及负荷式固定件,

* 管类材料在 ASME 规范中是有区分的。姑且译为管道(pipe)和管子(tube),在 ASME B31.1(1 动力管道)第 100.2 节中有更详细定义。管道是有圆形截面的空心制品;管子是具有连续周圆形或任何其他截面形状的空心制品。在规格表示上,管子的外径、内径和壁厚可用 2 个独立参数表示,即国内常用的外径×壁厚($\phi \times t$),内径可推算出。管道规格则用公称管道规格 NPS x 表示,更完善的表示应是: NPS x sch y 其中 x 表示直径, y 表示壁厚,它们仅是规格代号而非实际尺寸。当壁厚是标准规格 sch 40 时,可省略。具体内、外径及壁厚尺寸数值要查表(ASME B36.10 表 2、A 4 及 ASME B36.19 表 1)相应的译法:管道或配管(piping)、管子(tubing)。在不需区分时,则译为“管材”。——译注

如鞍座、底座、滚柱、托座和滑动支座。

(b) 结构附件 (structural attachments)——指用焊接、螺栓连接或夹紧方法附装在管道上的元件,如管吊、吊耳、卡环、管夹、U形夹、坚固夹板和裙座。

管道* (piping)——用于输送、分配、混合、分离、排放、计量、控制或截止流体流动的管道组件的总成。管道包括其支撑件,但不包括支撑建筑物,如建筑框架、排架和基础,也不包括本规范中规定不予考虑的任何设备(见第 300.1.3 节)。

管道组件 (piping components)——适用于连接或装配成压力密封、内含流体的管道系统的机械元件。包括管道、管系子、管件、法兰、垫片、螺栓、阀门,以及诸如膨胀节、挠性接头、耐压软管、活门、过滤器、管线中的仪表和分离器等设施。

管道要素 (piping element)——规划和安装一个管道系统所需的任何材料或工作,包括设计技术条件、材料、组件、支架、制作、检查、检验和试验。

管道装置 (piping installation)——标明符合所选规范版本和增补的管道系统。

管道系统 (piping system)——受相同设计条件制约的互相连接的管道。

等离子弧切割 (Plasma Arc Cutting (PAC))——利用一股高温离子弧气流来熔化金属将其分离或去除的一组切割方法。

预热 (preheating)——在进行成形、焊接或切割过程前或中间,对母材的加热,见第 330 节。

焊后热处理 (postweld heat treatment)——见“热处理”。

工艺评定记录 (Procedure Qualification Record (PQR))*——用于记录评定一个焊接工艺时所涉及的数据、包括应用的重要变素和试验结果的文件。

加工单元 (process unit)——由工程设计规定

边界的区域,在该区域内进行反应、分离和其经加工过程。不包括在加工单元内的装置的例子有装运区或转运基地、油库、配料车间、罐区和堆场等。

急冷退火** (quench annealing)——见“热处理”条下“固熔热处理”。

淬火 (quenching)——见“热处理”。

余高 (reinforcement)——见第 304.3 和 A304.3 节,也见“焊缝余高”。

根部间隙 (root opening)——两个待连接的接头根部的间距。

安全防护 (safeguarding)——附录 G 中规定的各类必要的保护措施条款。详见附录 G。

密封粘结 (seal bond)——在非金属管道中为防止泄漏而提供密封的粘结。

密封焊缝 (seal weld)——在金属管道中为防止泄漏而提供密封的焊缝。

半自动电弧焊 (semiautomatic arc welding)——采用只控制填充金属送进的焊机进行的电弧焊,焊接的推进由手工控制。

剧烈循环条件 (severe cyclic conditions)——按第 319.4.4 节计算出的 $S_E > 0.8 S_A$ (规定在第 302.3.5 节)和当量循环数(第 302.3.5 节中的 N) > 7000 ,或其它由设计者确定将产生相等效果的条件。

手工电弧焊 (Shielded Metal-Arc Welding (SMAW))——以涂料焊条和工件之间的电弧加热金属,从而达到结合的一种弧焊方法,以涂料的分解物对电弧进行保护。施焊时无需外加压力,填充金属来自焊条。

应 (shall)*——此术语表明条文是规范要求

宜 (should)——此术语表明该条文是作为好附作法推荐的,但不是规范要求。

焊缝尺寸 (size of weld)

* PQR 在国内多译为“工艺评定报告”,似欠妥。PQR 在 ASME 规范中已专有名词化,国际上也已通用,故下文将直接引用 PQR。——译注

** 对奥氏体钢而言,加热到奥氏体化温度以上保温,待全部奥氏体化后冷却,保持纯奥氏体组织,使材料软化(类似退火结果)。——译注

* Shall 和 Should 是美国规范、标准语言,有严格区分,故给出定义。在 ASME B31.1 和 B31.3 中都有定义。在其它 ASME 锅炉压力容器 (BPV) 规范产品卷和通用卷中都没有定义,但应该是通用的。在 B31.1 和 B31.3 中,我们参照 GB/T 1.1-2000 附录 E,把 Shall 译作“应”,should 译作“宜”,以资区别,提请读者注意。——译注

(a) 角焊缝 (fillet weld)——对于等焊脚的角焊缝,焊缝尺寸为角焊缝横截面内最大内接等腰三角形的边长。对于两工件互相垂直的角焊缝定义,见图 328.5.2A 所示。

注:当两工件交角超过 105° 角焊缝的尺寸不如角接缝的有效厚度正(也见“角似缝的 1 暇度”)。

(b) 坡口焊 (groove weld)——为接头的熔深(坡口深度加根部熔深,当规定熔深时)。坡口焊缝尺寸与共有有效厚度是相同的。

夹渣 (slag inclusion)——在焊缝金属内部或焊缝金属与母材之间包住的固态非金属物质。

软钎焊 (soldering)——连接金属的一种方法,它通过加热工件到适当温度,并加热一种非铁基合金的钎料,其熔点低于母材且低于 427°C (800°F),钎料靠毛细作用扩散到接头紧密相接的表面之间,以达到结合。钎料一般为铅锡合金,可含铋、钼和其它元素

固熔化热处理 (solution heat treatment)——见“热处理”。

应力比 (stress ratio)——见图 323.2.2B。

消除应力 (stress relief)——见“热处理”。

常用应力术语 (stress terms frequently used):

(a) 基本许用应力 (basic allowable stress)——符号为 S ,是指以在第 302.3.2 节中适用的应力基础所确定的材料应力值。

(b) 螺栓设计应力 (bolt design stress)——螺栓连接中用以确定所需的螺栓截面积用的设计应力。

(c) 流体静力设计基础 (hydrostatic design basis)——按 ASTM D2837 或 D2992 选用的塑性管道材料的特性,以确定材料的 HDS(见下述(d)款)。

(d) 流体静力设计应力 (hydrostatic design stress)——在塑性管道设计中用工况(设计)系数按流体静力设计基础所确定的由内压产生的最大连续应力。

埋弧焊 (Submerged Arc Welding) (SAW)——以一个(或多个)金属裸电极与工件之间形成的一个(或多个、电弧加热金属,使工件得到结合的弧焊

方法。熔化的金属和电弧被一层铺在工件上的粒状可燃性材料加以保护不施加压力,填充金属取自电极,有时可从焊条、焊剂或金属粒等得到补充性的填充金属。

定位焊缝 (tack weld)——在完成最终焊缝以前,用以保持焊接件各部分正确定位的焊缝。

回火 (tempering)——见“热处理”。

热塑性塑料 (thermoplastic)——能反复随温度上升而软化和随温度下降而变硬的塑料。

热固性树脂 (thermosetting resin)——一种树脂,它能在室温下或用加热或化学方法固化成一种坚实且不熔化或不溶解的物质。

角焊缝厚度 (throat of a fillet weld)

(a) 理论厚度 (theoretical throat)——从接头的根部开始到角焊缝横截面内最大内接直角三角形斜边的垂直距离。

(b) 实际厚度 (actual throat)——从角焊缝的根部到其表面的最短距离。

(c) 有效厚度 (effective throat)——从焊缝根部到其表面的最短距离减去余高。

焊趾 (toe of weld)——焊缝表面与母材的连接处。

管子 (tube)——见“pipe”。

钨极 (tungsten electrode)——在电弧焊接或切割中使用的、主要由钨制成的非填充性金属电极。

不平衡的管道系统 (unbalanced piping system)——见第 319.2.2(b)节。

咬边 (undercut)——靠近焊缝的焊趾或根部的、在母材上熔陷的且未被焊缝金属所填满的沟槽。

目视检查 (visual examination)* 见第 344.2.1 节。

焊缝 (weld)——在采用或不采用填充材料的情况下,加热金属到适当温度(可施加或不施加压力)或者仅采用压力的办法使材料产生的局部结合。

焊缝余高 (weld reinforcement)——超过规定

* 在无损检测 (NDT) 中缩写代号为 VT。——译注

的焊缝尺寸的部分焊缝。

焊工 (welder)——进行手工焊或半自动焊操作的工人(半自动焊操作有时错误地指为焊接机器)。

焊接操作工 (welding operator)——操作焊接机器或自动焊机的工人。

焊接工艺 (welding procedure)——焊件生产过程中的具体焊接方法及其实施细则。

焊接工艺说明书 (Welding Procedure Specification) (WPS)**——按照本规范要求列出用于焊件制造所用全部参数的文件。

焊件 (weldment)——将零部件以焊接方法连接成的组件。

300.3 符号

附录 J 中列出了本规范中使用的尺寸和公式中的数学符号,并附各自的定义和所在章节,按英文字母小写和大写顺序列出,然后是希腊字母。

300.4 附录情况

表 300.4 表明本规范各个附录,不管它是规范要求、指导性文件还是补充资料。详见每个附录的首页。

表 300.4 B31.3 中附录的情况

附录	名称	情况
A	金属管道和螺栓材料的许用应力和质量系数	规范要求
B	非金属材料的应力表和许用压力表	规范要求
C	管道材料的物理性能	规范性 ^①
D	柔性系数和应力增强系数	规范性 ^①
E	参照标准	规范要求
F	预防性注意事项	指导性 ^②
G	安全防护	指导性 ^②
H	支管补强的计算实例	指导性
J	符号	资料
K	高压管道的许用应力	规范性 ^③
L	铝合金管道法兰	技术条件 ^④
M	流体工况的分类导则	指导性 ^②
P	用于高应力范围的另一规则	规范性 ^⑤
Q	质量体系大纲	指导性 ^②
S	管道系统应力分析举例	指导性 ^②
V	高温工况下允许的变动	指导性 ^②
X	金属波纹管膨胀节	规范要求
Z	技术咨询的准备	规范性 ^⑥

注: ① 包括不执行的要求,除非得到更直接的应用数据才执行。

② 无规范要求,但规范的使用者要负责考虑适用项目。

③ 当规定要使用第Ⅷ章时,规范要求才适用。

④ 含有行政管理方面的要求。

⑤ 包括锻造铝合金法兰的压力-温度级、材料、尺寸及标记。

** 国内有译为“焊接工艺规程”,其实就是焊接工艺。用于焊接受压件,必须经过评定验证方可实施。在 BPV 规范中,由于国际化趋向,已将其缩写专用化。以后将直接用 WPS,不一定再译成中文。——译注

第Ⅱ章 设计

第1部分 条件和准则

301 设计条件

第301节指出对设计师的资格评定,定义适用于管道设计中的温度、压力和各种作用力,并指出应考虑对各种影响及其引起的各种荷载。也见附录F第F301节。

A301.1 设计师资格评定

设计师是管道系统工程设计的责任人员,并应对本规范有实践经验。

设计师的资格评定和要求的经验取决于系统的复杂和严重程度以及个人经验的体现。如果个人的经历不符合任何下列准则之一,就要求业主认可、批准。

(a)完成 ≥ 4 年的全日制工程师级学习加上 ≥ 5 年有关压力管道的设计经验。

(b)当地执法部门承认的专业工程师注册以及相关压力管道设计经验。

(c)完成 ≥ 2 年的全日制助理工程师级学习加上 ≥ 10 年有关压力管道的设计经验。

(d)有关压力管道设计经验 ≥ 15 年。具有丰富的配管设计经验以及符合相关压力管道的设计经验,包括对压力、持续和临时荷载及管道柔性的设计计算。

301.2 设计压力

301.2.1 总则

(a)管道系统的每个组件的设计压力应不小于在操作中可能遇到的最大内压或外压与温度最低或最高的最严酷组合情况下的压力。但第302.2.4节

规定除外。

(b)最严酷的使用条件导致组件有最大厚度和最高组件定级。

(c)当管道系统存在1种的压力—温度的组合时,决定符合所列标准的组件额定的条件可与决定第304节设计的组件额定级的条件有所不同。

(d)当管道被分离列入单独的承压室(包括夹套管道、插板等),隔板壁厚设计应基于最严重的存在温度(最低或最高)和预期运行时相邻承压室之间的压差,第302.4节例外。

301.2.2 要求的保压或泄压

(a)对管道可能遭遇的任何压力应作出安全保压或泄压的规定(见第322.6.3节)。没有压力泄放装置保护或与压力泄放装置隔离的管道,至少应按其可能产生的最大压力来设计。

(b)应考虑的压力源包括环境影响、压力脉动和骤增、误操作、不稳定流体的分解、静压头和控制装置的失效。

(c)如满足第302.2.4节的其他要求,则第302.2.4(f)节的变动范围是允许的。

301.3 设计温度

管道系统中每个组件的设计温度是指在同时存在的压力、按第301.2节要求有最大厚度或最高额定级的温度(为满足第301.2节的要求,同一管道中不同的组件可以有不同的设计温度)。

在确定设计温度时,至少要考虑流体温度、环境温度、阳光辐射、加热或冷却介质的温度和第301.3.2、301.3.3及301.3.4节的有关规定。

301.3.1 设计的最低温度

设计的最低温度是组件预期工况中的最低温度,按此温度可能确定特殊设计要求和材料评定要

求,并参见第 301.4.4 和 323.2.2 节。

301.3.2 不保温的组件

(a) 流体温度 $< 65^{\circ}\text{C}$ (150°F) 时,应取组件温度与流体温度相同,除非太阳辐射或其它影响使温度较高。

(b) 流体温度 $\geq 65^{\circ}\text{C}$ (150°F) 时,除非通过试验或传热计算确定平均壁温较低,不保温组件的温度应不低于下列数值:

(1) 阀门、管道、翻边端部、焊接管件和其它壁厚与管道相似的组件:为 95% 流体温度。

(2) 法兰(翻边连接的法兰除外),包括管件和阀门上的法兰:为 90% 流体温度。

(3) 翻边连接的法兰:为 85% 流体温度。

(4) 螺栓:为 80% 流体温度。

301.3.3 外部保温的管道

除了经计算、试验或根据测量所得的使用经验证明可以使用其它温度之外,组件的设计温度应是流体温度。如管道采用伴管或夹套加热或冷却,在确定设计温度时应将这种影响考虑在内。

301.3.4 内部保温的管道

组件设计温度应按传热计算或试验来确定。

301.4 环境影响

见附录 F 中第 F301.4 节。

301.4.1 冷却:对压力的影响

在管道系统中,气体或蒸汽的冷却,可以使压力下降,甚至产生内部真空。在这种情况下,管道应能承受低温下的外压,或应采取制止真空的措施。

301.4.2 流体膨胀的影响

在设计中应采取措施,使管道组件能承受或消除因静止流体加热而增加的压力。也见第 322.6.3 (b)(2) 节。

301.4.3 大气下的结冰现象

当管道系统的设计最低温度 $< 0^{\circ}\text{C}$ 时,应考虑湿气凝结和结冰的可能性,并在设计中采取措施以防止因此而出现故障。这种情况适用于截止阀、控制阀、包括排放管道在内的泄压装置和其它组件的

活动部分的表面。

301.4.4 低环境温度

对低环境温度条件应考虑位移应力分析。

301.5 动载影响

见附录 F 中第 F301.5 节。

301.5.1 冲击

在管道设计中应考虑由于外部或内部条件引起的冲击力(包括流体流速的变化、水击、液体或固体的猛击、暴涨和喷发)。

301.5.2 风

设计室外管道时,应考虑风载的影响。其分析方法可按 ASCE 7《建筑物和其他结构件的最小设计荷载》。

301.5.3 地震

设计管道时应考虑由地震引起的水平力。其分析方法可按 ASCE 7。

301.5.4 振动

管道应设计、布置和支撑好,以消除过度和有害的振动影响,振动可能由冲击、压力脉动、紊流旋涡、压缩机的共振和风载所引起。

301.5.5 排放的反作用

在管道设计、布置和支撑方面,应考虑能承受由于流体的减速或排放而产生的反作用力。

301.6 重载影响

管道设计中应考虑下述重载影响,结合由于其它原因产生的荷载和作用力。

301.6.1 活荷载

活荷载包括输送的或试验用的介质重量。应考虑由于环境和操作条件造成的雪和冰的荷载。

301.6.2 静荷载

静荷载包括管道组件、保温材料以及加在管道上由管道支撑的其它永久性荷载的重量。

301.7 热膨胀和收缩的影响

下述影响、结合其他原因产生的荷载和作用力,

04

04

在管道设计中应考虑。并见附录 F 中的第 F301.7 节。

301.7.1 由于约束而产生的热荷载

这些荷载包括由于被约束和固定而使管道不能自由热膨胀和收缩而引起轴向力和力矩。

301.7.2 由于温度梯度形成的荷载

这些荷载是由于温度发生急剧的变化,或由于温度分布不均匀而在管壁中产生的应力所形成的,如由于一股高温流体通过一根比较厚的管道或由于两相层流而产生管线的弯曲。

301.7.3 由于膨胀特性不同而产生的荷载

这些荷载是由于材料的热膨胀性能不同而产生的。如两种具有不同热膨胀系数的材料结合在一起的双金属管、有衬里的管道、带夹套的管道或金属与非金属结合的管道。

301.8 支架、固定架和管端位移的影响

管道设计中应考虑管道支架、固定架和连接设备位移的影响。这些位移可由设备、支架或固定架的柔性 and/或热膨胀,和由下沉、潮汐的运动或风吹造成的。

301.9 韧性降低的影响

管道设计中应考虑韧性降低的有害影响。例如这些影响可由焊接、热处理、成形、弯曲或低温操作,包括高挥发性流体内突然减压而产生的致冷作用所造成的。应考虑在操作期间预期的低温环境。

301.10 循环载荷的影响

管道设计中应考虑由于应力循环、热循环和其它循环而产生的疲劳。

301.11 空气冷凝的影响

当在大气中操作温度低于 -191°C (-312°F) 时,会发生冷凝和氧的富集,因而在选择材料包括保温材料时应予考虑,并应采取适当的保护和或处理的措施。

302 设计准则

302.1 概述

第 302 节说明在管道设计中适用的压力-温度的额定级、应力准则、设计裕度、最小设计值及这些参数的允许变动范围。

302.2 压力-温度的设计准则

302.2.1 有规定额定级的表列组件

表 326.1 所列管道组件标准中的压力-温度额定级,除在本规范中其它地方另有限制外,可作为按本规范的设计压力和温度。本规范允许在业主负责的前提下,一个管道组件的压力-温度额定可超过表列标准的额定。

302.2.2 没有规定额定级的表列组件

表 326.1 中所列组件的一些标准(如 AS-MEB16.9、B16.11 和 B16.28)阐明的压力-温度额定级是按直无缝管确定的。除了在该标准或本规范中另有限制者外,由具有与管道相同许用应力的材料制成的组件,应该用不大于与管件壁厚表示号(Sch. No.)、重量或压力等级相应的无缝管公称厚度的 87.5% 减去所有的裕量(如螺纹深度和/或腐蚀裕量)来确定组件的额定级。

对于有直纵焊缝和螺旋形纵焊缝的承压组件,由上述方法确定的压力额定参数应再乘以 302.3.5 中的定义的系统 W。

302.2.3 非表列的组件

(a) 未列入表 326.1 中的组件,当它符合某一已颁布的技术条件或标准时,可在下列限制条件下使用:

(1) 设计者应使组件的化学成分、力学性能、制造方法和质量控制与相应的表列组件的特性相符合。

(2) 压力设计应按第 304 节进行校核。

(b) 其它非表列组件应按第 304.7.2 节的要求对应力设计进行评定。

302.2.4 压力和温度的允许变动范围

有时管道系统运行时可能发生压力和温度偶然变动。在选择设计压力(按第 301.2 节)和设计温度(按第 301.3 节)应考虑这些变动。除非所有下列准则都得到满足,否则应以压力和温度在变动过程中最严格的组合来确定设计条件。

(a)管道系统内应没有承压的铸铁或其他非韧性金属的组件。

(b)公称压力产生的力不应超过在该温度下的屈服强度(见本规范的第 302.3 节和 BPV 规范第 II 卷 D 篇表 Y-1 中的 S_y)。

(c)纵向合成应力不应超过第 302.3.6 节规定的极限。

(d)在管道系统寿命期内,超过设计条件的温度-压力变化的总次数应 ≤ 1000 。

(e)在任何情况下,增高的压力不应超过第 345 节规定的管道系统的试验压力。

(f)超过设计条件的偶然变动应保持在下列任何一条压力设计限制内:

(1)经业主的批准,压力设计在超过设计条件温度下的压力额定级或许用应力允许超过但不大于下列数值:

a) 33%,任何次不超过 10 h,且每年累计不超过 100 h 时;

b) 20%,任何次不超过 50 h,且每年累计不超过 500 h 时。

(2)当变动为自限(self-limiting)(例如由于压力释放作用)和任何次持续时间不超过 50h,每年累计不超过 500h 时,允许超过其压力额定级,或在超过设计条件的温度下压力设计的许用应力不大于 20%。

(g)持续和周期性的变动对系统中所有组件使用可靠性的联合影响应已作出判断。

(h)温度变动到低于附录 A 规定的最低温度是不允许的,除非在变动期间的最低温度满足第 323.

2.2 节的要求。

(i)使用的压力超过阀门的压力-温度额定级,在一定的条件下会导致阀座的密封失效或操作困难。作用在阀门密封元件上的分压不宜超过阀门制造厂规定的分压额定级。这种超压使用由业主负责。

302.2.5 不同工况下连接处的额定级

当两个在不同压力-温度条件下操作的流体工况连接在一起时,分隔两个流体工况的阀门额定级应按较苛刻的工况条件规定。如果阀门由于远离集装箱或设备而在不同温度下操作时,只要阀门能够经受住阀门两侧的压力试验,该阀门(连同其匹配法兰)可以据此不同温度选用。但是,位于阀门任一侧的管道均应按其连接的工况条件来设计。

302.3 许用应力和其他应力的限制

302.3.1 总则

除了在本规范的其他条款有修正外,在设计计算中应使用第 302.3.1(a)、(b)和(c)节规定的许用应力。

(a)拉应力 分别列于表 A-1 和表 A-2 中的金属许用拉应力 S 和螺栓连接件的设计应力 S ,是按第 302.3.2 节来确定的。

在规范的公式中如出现 SE ,则 SE 等于 S 乘以下列的质量系数⁽¹⁾之一:

(1)铸件质量系数 E_c :定义见第 302.3.3 节,各种牌号材料的 E 列于表 A-1A,对于各种等级的补充检查列于表 302.3.3C;

(2)纵向焊接接头系数 E_j :定义见第 302.3.4 节,各种牌号和等级材料的 E_j 列于表 A-1B,各种形式接头和进行补充检查的 E_j 列于表 302.3.4。

表 A-1 和 A-2 所列应力值系按材料和制品形式分组,并按第 323.2.1(a)节只列到温度极限的应力值。允许在温度之间采用直线内插法。表中所指温度为设计温度(见第 301.3 节)。

⁽¹⁾如组件是由带纵焊缝的铸件制成,应同时使用铸件质量系数和焊接接头质量系数。公式中的质量系数 E 应为表 A-1A 中的 E_c 与表 A-1B 中的 E_j 的乘积。

(b) 剪切和承重 许用剪切应力应为表 A-1 和 A-2 所列许用拉应力乘以 0.80 许用承重应力应为表列许用拉应力乘以 1.60。

(c) 压应力 许用压应力不应大于附录 A 表中所列许用拉应力,且应考虑结构的稳定性。

302.3.2 设计应力的基础⁽²⁾

本规范中规定螺栓材料的设计应力值和其它材料的许用应力值的基础如下:

(a) 螺栓材料 在给定温度下螺栓材料的设计应力值不应超过下列各项中的最低值:

(1) 除下述条款(3)另有规定外, $\frac{1}{4}$ 室温下规定的最小抗拉强度 (S_T) 的和 $\frac{1}{4}$ 给定温度下抗拉强度中的较低值;

(2) 除下述条款(3)另有规定外, $\frac{2}{3}$ 室温下规定的最小屈服强度 (S_g) 和 $\frac{2}{3}$ 给定温度下屈服强度中的较低值;

04 (3) 在低于蠕变范围的温度下,对于用热处理或形变硬化提高其强度的螺栓材料,为该温度下 S_T 的 $\frac{1}{2}$ 、抗拉强度的 $\frac{1}{4}$ 和屈服强度的 $\frac{2}{3}$ 中的最低值。(但如此值小于退火状态的许用应力值,则应取退火状态的许用应力);

(4) $\frac{2}{3}$ 给定温度下屈服强度(见第 302.3.2 (f)节);

(5) 100% 每 1000 h 的蠕变速率为 0.01% 时的平均应力;

(6) 67% 在 100000 h 终了时的平均断裂应力;

(7) 80% 在 100000 h 终了时的最小断裂应力。

(b) 铸铁 在给定温度下铸铁的基本许用应力不应超过下列两项中的较低值:

(1) $\frac{1}{2}$ 室温下规定最小抗拉强度;

(2) $\frac{1}{2}$ 给定温度下抗拉强度(见第 302.3.2 (f)节)。

(c) 可锻铸铁 在给定温度下可锻铸铁基本许用应力不应超过下列两项中的较低值:

(1) $\frac{1}{2}$ 室温下规定最小抗拉强度;

(2) $\frac{1}{2}$ 给定温度下抗拉强度(见第 302.3.2 (f)节)。

(d) 其他材料 除了螺栓材料、铸铁和可锻铸铁外的材料的许用应力值不应超过下列各项中的最低值。

(1) $\frac{1}{2}S_T$ 和 $\frac{1}{2}$ 给定温度下抗拉强度两者中的较低值;

(2) 除下述条款(3)另有规定外, $\frac{2}{3}S_y$ 和 $\frac{2}{3}$ 给定温度下屈服强度两者中的较低值;

(3) 奥氏体不锈钢和有相似应力-应变特性的镍合金, $\frac{2}{3}S_y$ 和 90% 给定温度下屈服强度的两者中的较低值;

(4) 100% 每 1000 h 的蠕变速率为 0.01% 时平均应力;

(5) 67% 在 100000 h 终了时的平均断裂应力;

(6) 80% 在 100000 h 终了时最小断裂应力;

(7) 对于结构钢级材料,许用应力应为上述 (1) ~ (6) 节中的最低值乘以 0.92。

(8) 这些准则的应用中,室温屈服强度被考虑为 $S_T R_T$ 。

(e) 应用限制 按第 302.3.2 (d) (3) 节所确定的应力值不推荐用于法兰接头或有微量变形将会引起泄漏或失灵的其它组件[如附录 A 表的注(4)所述,这些数值在表 A-1 中以斜体字或粗体字表示]。作为替代,宜使用表 A-1 应力值的 75% 或 BPV 规范第 II 卷 D 篇表 Y-1 所列温度下屈服强度的 $\frac{2}{3}$ 。

(f) 非表列的材料 符合第 323.1.2 节的材料,给定温度下的抗拉(屈服)强度应取该温度下的

⁽²⁾ 这些基础与 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册中由第 II 卷 D 篇给出的基础相同 B31.3 附录 A 中的应力值在温度低于蠕变范围以下时通常是与第 II 卷 D 篇表 2A 和 2B 以及对应于那些基础的螺栓的表 3 中所列的值相等。必要时,已校正包含铸件质量系数或纵向焊接接头质量系数。通常温度在蠕变范围内的应力值是与第 II 卷 D 篇表 1A 和 1B 对应于第 VIII 卷 1 册的应力值相同。对于那些温度高于上述范围在 BPV 规范中列有应力值而材料没有列入 BPV 规范技术条件的,则取 1966 年版 ASA B31.3 附录 A 中所列应力值。当委员会掌握高温和/或附加材料力学性能数据时,即将修改那些应力值。

预期平均抗拉(屈服)强度乘上一个比值求得。此比值为室温下的 $S_T(S_T)$ 与室温下的预期平均抗拉(屈服)强度之比。

302.3.3 铸件的质量系数 E_c

(a) 概述 这里所述的铸件质量系数 E_c 应采用表 326.1 的标准中未规定压力-温度级的铸造组件。

(b) 基本质量系数 对于符合表列技术条件的灰铸铁和可锻铸铁铸件,基本的铸件质量系数 $E_c = 1.00$ 。由于对它们给出了保守的许用应力,对于大多数其它金属,符合材料技术条件并根据 MSS SP-55《用于阀门、法兰、管件和其它管道组件的钢铸件的质量标准——目视检查法》的要求已经过目视检查的静态浇铸件,其基本的铸件质量系数 = 0.80;对于只满足材料技术条件中的化学分析、抗拉试验、液压试验、展平试验和目视检查的离心浇铸铸件,其基本的铸件质量系数 = 0.80。基本的铸件质量系数按各材料技术条件列于表 A-1A。

(c) 提高的质量系数 如对每一铸件进行补充检查,铸件的质量系数可以提高。表 302.3.3C 中列出了对于进行各种补充检查后提高的铸件质量系数 E_c 。表 302.3.3D 表明在表 302.3.3C 注中规定的检查方法的验收准则。进行 2a 和 2b 或 3a 和 3b 的联合试验不会产生高于表 302.3.3C 中所列的质量系数。在任何情况下,应有质量系数 $E_c \leq 1.00$ 。

附录 A 中的一些技术条件要求对所有表面都进行机械加工和/或进行一项或几项补充检查。在这种情况下,适当提高的质量系数已示于表 A-1A 中。

表 302.3.3C⁽⁴⁾ 提高的铸件质量系数 E_c

根据下列注释的补充检查	系数 E_c
(1)	0.85
(2)(a)或(2)(b)	0.85
(3)(a)或(3)(b)	0.95
(1)和(2)(a)或(2)(b)	0.90

根据下列注释的补充检查	系数 E_c
(1)和(3)(a)或(3)(b)	1.00
(2)(a)或(2)(b)和(3)(a)或(3)(b)	1.00

- 注:(1) 所有表面机械加工到 $6.3 \mu\text{m } R_a$ (按 ASME B46.1 规定的粗糙度为 $250 \mu\text{m } R_a$),以增加表面检查的有效性。
- (2) (a) 对每一铸件(仅限磁性材料)的全部表面按 ASTM E709 进行磁粉检验。按 MSS SP-53,使用 ASTM E125 的参照图,判断合格与否。
 (b) 对每一个铸件的全部表面按 ASTM E165 进行液体渗透检验。按 MSS SP-53 表 1,参照 ASTM E125 以判断表面缺陷及返修焊缝是否合格。
- (3) (a) 对每一个铸件按 ASTM E114 进行充分的超声检验,只有当缺陷深度都没有超过 5% 壁厚,这一铸件才是合格的。
 (b) 对每一个铸件按 ASTM E142 进行充分的射线照相检验,合格标准按表 302.3.3D 的规定。
- (4) 本表引用标准的全称如下:
 ASTM
 E114 接触法脉冲反射式直射波超声检验的推荐操作方法
 E125 铁素体铸件上磁粉显示的参考照片
 E142 射线照相检验的质量控制方法
 E165 液体渗透检验的推荐操作方法
 E709 磁粉检验的推荐操作方法
 ASME
 B46.1 表面结构(表面粗糙度、波纹和状态)
 MSS
 SP-53 用于阀门、法兰、管件和其它管道组件的钢铸件的质量标准——磁粉检验法。

表 302.3.3D⁽¹⁾ 铸件的合格标准

被检材料厚度, T	适用标准	合格标准(或等级)	容许的缺陷
钢 $T \leq 25 \text{ mm (1 in)}$	ASTM E446	1	A、B、C 型
钢 $25 < T \leq 51 \text{ mm}$ ($1 < T \leq 2 \text{ in}$)	ASTM E446	2	A、B、C 型
钢 $51 < T \leq 114 \text{ mm}$ ($2 < T \leq 4 \frac{1}{2} \text{ in}$)	ASTM E186	2	A、B、C 类
钢 $114 < T \leq 305 \text{ mm}$ ($4 \frac{1}{2} < T \leq 12 \text{ in}$)	ASTM E280	2	A、B、C 类
铝和镁	ASTM E155	...	见参考射线照片
铜、镍-铜	ASTM E272	2	标号 A、Ba、Bb
青铜	ASTM E310	2	标号 A 和 B

注:(1) 本表引用标准的全称如下:

ASTM

- E155 用于铝和镁铸件检查的参考射线照片
- E186 用于厚壁[2~4½ in(51~114 mm)]钢铸件的参考射线照片
- E272 用于高强度铜基和镍基铸件的参考射线照片
- E280 用于厚壁[4½~12 in(114~305 mm)]钢铸件的参考射线照片
- E310 用于锡青铜铸件的参考射线照片
- E446 用于厚度≤2 in(51 mm)的钢铸件的参考射线照片

302.3.4 焊接接头的质量系数 E_j

(a) 基本的质量系数 表 A-1B 所表明的焊接接头的质量系数 E_j 是指表 302.3.4 所示的承压的直的或螺旋形的纵向焊接接头的基本系数。

(b) 提高的质量系数 如果进行了超过产品技术条件要求的附加检查,则可以使用表 302.3.4 的较高的质量系数以代替表 A-1B 中的某些焊接接头

的质量系数。







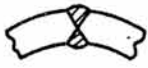
302.3.5 由于持续荷载和位移应变引起的计算应力的范围 04

(a) 内压应力 如果管道组件的壁厚及其补强满足第 304 节的要求,则由于内压而产生的应力应认为是安全的。

(b) 外压应力 如果管道组件的壁厚及刚性加强满足第 304 节的要求,则由于外压而产生的应力应认为是安全的。

(c) 纵向应力 S_L 管道系统组件由于压力、重量和其他持续荷载而产生的纵向应力的总和 S_L 应不超过下面(d)中的 S_h 与 W 的乘积, S_h 和 W 定义于下面(d)和(c)中。焊接接头的强度降低系数 W 对于纵缝可取为 1.0。对于在考虑中的负载,在计算 S_L 中使用的管壁厚度应为公称壁厚 T 减去加工

表 302.3.4 纵向焊接接头质量系数 E_j

序号	接头型式	焊缝型式	检查	系数 E_j
1	锻焊对接焊缝,连续焊缝		直缝	按表列技术条件要求 0.60 ⁽¹⁾
2	电阻焊缝		直缝或螺旋缝	按表列技术条件要求 0.85 ⁽¹⁾
3	(a) 单面对接焊缝 (不加填充金属)		直缝或螺旋缝	按表列技术条件或本规范要求 0.80
	(加填充金属)			按第 341.5.1 节增加抽样 RT 按第 344.5.1 节和表 341.3.2 进行 100%RT 0.90 1.00
	(b) 双面对接焊缝 (不加填充金属)		直缝或螺旋缝 〔除下述 4(a) 有规定外〕	按表列技术条件或本规范要求 0.85
	(加填充金属)			按第 341.5.1 节增加抽样 RT 按第 344.5.1 节和表 341.3.2 进行 100%RT 0.90 1.00
4	按专用技术条件			
	(a) API 5L	埋弧焊缝(SAW) 熔化极气体保护焊缝(GMAW) 熔化极气体保护焊+埋弧焊 	一条或两条直缝 螺旋缝	按技术条件要求 0.95

注: (1) 对于接头序号 1 或 2, 不允许以补充检查提高接头的质量系数。

、腐蚀和磨蚀的裕量 c 。自重荷载宜基于整个系统组件的公称壁厚,除非作出更精确分析后的判断。

(d) 许用的位移应力范围 S_A 一管道系统计算得出的位移应力范围 S_E (见第 319.4.4 节) 不应超过由下式(1a)计算出的许用位移应力范围 S_A (见第 319.2.3 和 319.3.4 节):

$$S_A = f(1.25S_c + 0.25S_h) \quad (1a)$$

当 $S_h > S_L$ 时,它们之间的差可加到公式(1a)中的 $0.25S_h$ 项上。在此情况下,许用应力范围按公式(1b)计算:

$$S_A = f[1.25(S_c + S_h) - S_L] \quad (1b)$$

在公式(1a)和(1b)中:

f = 应力范围减小系数⁽³⁾由公式(1c)⁽⁴⁾计算得到,当使用 f 值 > 1.0 时, S_c 及 S_h 最大值应不超过 138MPa(20ksi)。

$$f \text{ (见图 302.3.5)} = 6.0[N]^{-0.2} \leq f_m \quad (1c)$$

f_m = 应力范围系数的最大值,对于规定最小抗拉强度 $\leq 517\text{MPa}$ (75ksi) 和在金属温度 $\leq 371^\circ\text{C}$ (700 °F) 时的铁基材料,为 1.2;其他的 $f_m = 1.0$ 。

N ——管道系统在预期的寿命期内全位移循环的当量数⁽⁵⁾。

S_c ——所分析的位移循环期间,预计最低金属温度下的基本许用应力⁽⁶⁾;

S_h ——所分析的位移循环期间,预计最高金属温度下的基本许用应力⁽⁶⁾;

当由于热膨胀或其它条件导致计算的应力范围变化时, S_E 作为最大的计算位移应力范围,此时 N 值由公式(1d)计算出:

$$N = N_E + \sum[r_i^5 N_i] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1d)$$

式中:

N_E ——计算的最大位移应力范围(S_E)的循环数;

N_i ——位移应力范围 S_i 的循环数;

r_i —— S_i/S_E ;

S_i ——小于 S_E 的计算位移应力范围;

(e) 焊缝接头强度降低系数 W 在高温下,焊缝接头的持久强度可能比母材的持久强度低。对于焊接管(即非无缝管),当的安 304 确定承受内压要求的壁厚时,许用应力和焊缝质量系数的乘积 SE 还应乘以焊缝接头强度降低系数 W 来调整。当按 302.3.5(c) 评价持续负荷产生的纵向应力时,在环焊缝上的许用应力 S_h 要乘以 W 。当评价临时负荷如风和地震负荷或当按 302.2.4 评价允许的变动时,不要求采用焊缝接头强度降低系数。对于临时负荷或变动条件下的额定压力或许用应力不要求使用焊缝接头强度降低系数而降低。当按 302.3.5(d) 计算许用的位移应力范围 S_A 时,也不要采用焊缝接头强度降低系数。它的应用只取决于焊缝位置。

焊缝接头强度降低系数是引起焊缝接头失效的名义应力与相同持久时间母材失效的名义应力的比,在缺少更多可用数据的情况下(如蠕变试验),对于所有材料,在温度不大于 510°C (950°F) 时,应取为 1.0,在温度 815°C (1500°F) 时,应取为 0.5。中间温度的强度降低系数应使用线性内插法取得。对于温度高于 815°C (1500°F) 的情况,由设计者负责确定强度降低系数。

使用焊缝接头的蠕变试验来确定强度降低系数时,宜使用全厚度横截面焊缝试样试验,其持久时间不低于 1000 h。除非设计者考虑由于横穿焊缝应力重新分配的影响,应使用全厚度焊缝试样。

302.3.6 由于临时荷载引起计算应力的限制

(a) 操作

由于压力、重量和其它持续荷载产生的纵向应力 S_L ,以及诸如风或地震等临时荷载所产生的应力之总和,可以是附录 A 中给出的应力的 1.33 倍。

在温度大于 427°C (800°F) 时,可选有别于使用 1.33 倍表 A-1 所列基本许用应力的另一种应力限制。持续时间短的偶然载荷(如振荡、大风或地震)

⁽³⁾用于基本上不腐蚀的管道。腐蚀能急剧地降低循环寿命,因此,如预计有大量的主应力循环次数的地方,应考虑用耐腐蚀的材料。

⁽⁴⁾对于一个不确定的大数值循环数,从允许的位移应力范围 S_A 的结果产生的 f 的最小值为 0.15。

⁽⁵⁾设计者应了解当材料使用于高温时其疲劳寿命会降低。

⁽⁶⁾对于铸件,基本的许用应力应乘以相应的铸件质量系数 E_c ;对于纵焊缝,基本许用应力不需去乘焊缝质量系数 E_j 。

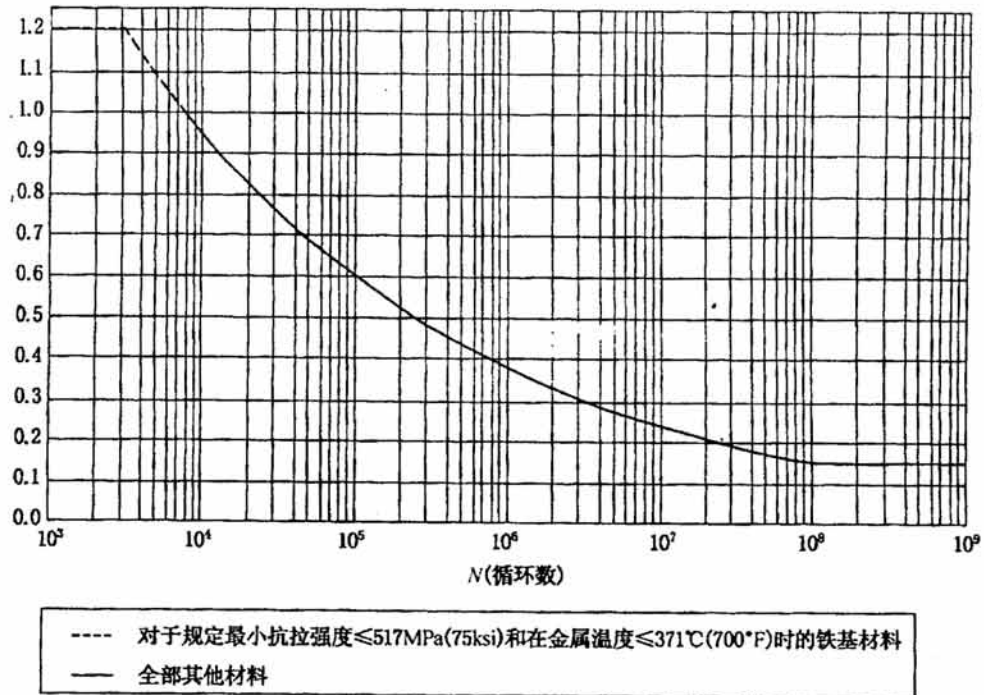


图302.3.5 应力范围降低系数f

所产生的应力,对于除了铸铁、可锻铸铁或无延展性之外的材料,许用应力可取为应力降低系数乘以屈服强度的90%,该屈服强度应见列出于BPV规范第II章,D部分,表Y-1或Y-2中,或按302.3.2(f)确定。对于长期暴露于高温,并在缺少更多相应数据情况下的材料,代表屈服强度降低的应力降低系数,对奥氏体不锈钢,取为1.0,其他材料,取0.8。

对于铸件,基本许用应力应乘以铸件的质量系数 E_c 。当在给定温度下的许用应力值超过该温度下屈服强度时,则许用应力值必须按第302.3.2(e)节的规定予以降低。不需考虑风和地震的作用力同时发生。

(b) 试验

由于试验条件产生的应力不受第302.3节的限制,无需要考虑其它诸如风和地震临时性荷载,会与

试验荷载同时发生。

302.4 裕量

在确定一个管道组件中要求的最小厚度时,应包括腐蚀、磨蚀*、螺纹深度或沟槽深度所需的裕量。见第304.1.1(b)节中c的定义。

302.4.1 机械强度

当需要时,应增加管壁厚度以防止由于支架、结冰、回填、运输、处理或其他原因引起的叠加荷载而造成超载应力、损坏、倒塌或弯曲等现象。如果增加厚度会产生过大的局部应力或增加脆断的危险或不切实际时,则可通过外加支架、拉杆或采用其他不增加壁厚的方法,以获得所需要的强度。对于与管道或设备相连接的小型管道连接件的机械强度,宜予以特殊考虑。

* 腐蚀(corrosion)与磨蚀(erosion)是不同的,在实际情况中常相伴发生。按美国《冶金辞典》(J. G. Henderson: Metallurgical Dictionary 1953),腐蚀是由于化学和或电化学作用造成的材料损伤;而磨蚀则是由于流体,或含有固体微粒的液体或气体对材料的磨耗作用(abrasive action)造成的损伤,故译为磨蚀。——译注

第 2 部分 管道组件的压力设计

04 303 概述

按表 326.1 所列标准制造的组件,应认为适于按第 302.2.1 节的压力-温度级。下述第 304 节的规则,适用于表 326.1 所不包括的组件压力设计,但也可用于对表列组件作特殊的或更精确的设计,或满足 302.2.2 的要求。这些设计应校核在承受第 301 节列举的合适的荷载下是否有足够的机械强度。

304 组件的压力设计

304.1 直管

304.1.1 概述

(a) 管道的直管部分所要求的厚度应按公式 (2) 确定:

$$t_m = t + c \quad (2)$$

考虑到钢厂的负偏差,应选用管道最小壁厚 $T \geq t_m$ 。

04 (b) 直管的压力设计公式中的代号意义如下:

c ——机械裕量(螺纹或沟槽深度)与腐蚀和磨蚀裕量的总和。对于带螺纹的组件,应采用公称螺纹深度(ASME B1.20.1 的尺寸 h 或相当的尺寸);对于没有规定公差的车加工表面或槽,应在规定的切削深度加上 0.5 mm(0.02 in) 的公差。

d ——管道内径。对于压力设计计算时,管道内径应是采购技术条件下的最大值

D ——管道的外径,如标准或技术条件表列或实测;

E ——表 A-1A 或 A-1B 所列质量系数;

P ——设计内压(表压);

S ——材料的许用应力,查表 A-1;

T ——管壁厚(实测或按采购技术条件中的最小壁厚);

t_m ——包括机加工、腐蚀和磨蚀裕量在内的所

需最小厚度;

t ——压力设计厚度,内压按第 304.1.2 节计算,外压按第 304.1.3 节确定;

W ——按 302.3.5(e) 的焊缝结构强度降低系数。

Y ——从表 304.1.1 查得的系数,但限于 $t < D/6$ 和表列材料。对于中间温度, Y 值可用内插法求得。

$$\text{当 } t \geq D/6 \text{ 时: } Y = \frac{d + 2c}{D + d + 2c}$$

表 304.1.1 系数 Y 之值 ($t < D/6$)

材料	温度 °C (°F)					
	≤482 (900)	510 (950)	538 (1000)	566 (1050)	593 (1100)	≥621 (1150)
铁素体钢	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
奥氏体钢	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
其他韧性材料	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
铸铁	0.0	...	...	...	...	...

304.1.2 承受内压的直管

(a) 当 $t < D/6$ 时,直管的内压设计厚度,应不小于公式(3a)或(3b)计算出的厚度:

$$t = \frac{PD}{2(SE + PY)} \quad (3a)$$

$$t = \frac{P(d + 2c)}{2[SEW - P(1 - Y)]} \quad (3b)$$

(b) 当 $t \geq D/6$ 或 $P/SE > 0.385$ 时,直管的内压设计厚度要对诸如失效机理、疲劳影响和热应力等因素予以特殊考虑。

304.1.3 承受外压的直管

确定承受外压的直管的壁厚和刚性加强要味时,应遵照 BPV 规范 VIII 卷第 1 册 UG-28 ~ UG-30 规定的程序,使用 UG-29 规定的两刚性加强圈断面中心线间长度作为设计长度 L_0 作为例外的是当 $D_0/t < 10$ 时,用于确定 P_{a2} 的 S 值应是在设计温度下管道材料下列数值中较小值:

(a) 1.5 倍本规范附录表 A-1 的许用应力;

(b) 0.9 倍列于第 n 卷 D 篇表 Y-1 相应材料屈

服强度。

(第VIII卷中的符号 D_0 相当于本规范中的 D)

304.2 管道的弯曲管段和斜接管段

04 304.2.1 管道弯管

弯管经弯曲后所需的最小厚度 t_m 样,按公式(2)和公式(3c)来确定。

$$t = \frac{PD}{2[(SEW/I) + PY]} \quad (3c)$$

在内弧面(变管半径内侧)

$$I = \frac{4(R_1/D) - 1}{4(R_1/D) - 2} \quad (3d)$$

在外弧面(变管半径外侧)

$$I = \frac{4(R_1/D) + 1}{4(R_1/D) + 2} \quad (3e)$$

在弯管中心线半径的侧壁 $I^* = 1.0$

R_1 = 焊接弯头或弯管的弯曲半径。

从内弧面到外弧面及沿弯管长度方向的壁厚变化应是逐渐的。这种厚度要求适用于弯管中跨 $\gamma/2$ 、内弧面、外弧面和弯管中心线半径。在端部切线外的最小壁厚不应小于第304.1节对直管道的要求(见图304.2.1)。

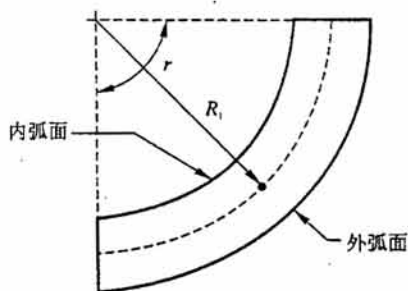


图 304.2.1 管道弯管的符号

04 304.2.2 弯头

不按第303节制造的弯头应按第304.7.2节的要求评定。或按第304.2.1节来设计,但328.4.2(b)(6)的规定除外。

04 304.2.3 斜接管

一个偏斜角(图304.2.3中的 α 角) $\alpha \leq 3^\circ$ 的管段,不要求设计作为斜接管来考虑。用于多弯和

单弯斜接管压力设计允许的方法见下述(a)和(b)。

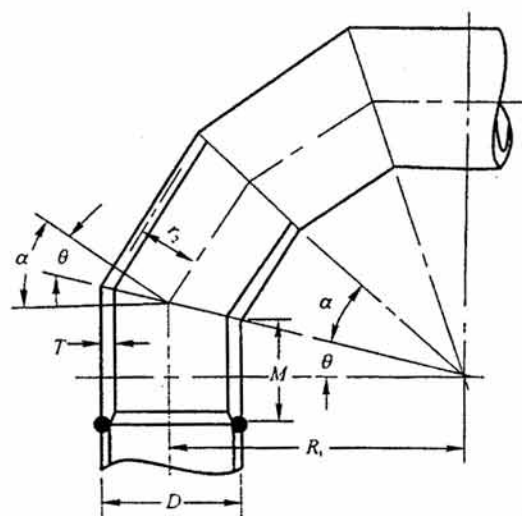


图 304.2.3 斜接弯管的符号

(a) 多弯的斜接管

最大允许内压应等于用公式(4a)和(4b)计算出来的较小值。这些公式不适用于 $\theta > 22.5^\circ$ 。

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \times \left[\frac{T-c}{(T-c) + 0.643 \tan \theta \sqrt{r_2(T-c)}} \right] \quad (4a)$$

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \times \left(\frac{R_1 - r_2}{R_1 - 0.5r_2} \right) \quad (4b)$$

(b) 单弯的斜接管

(1) $\theta \leq 22.5^\circ$ 的单弯斜接弯管的最大允许内压应用公式(4a)计算出。

(2) $\theta > 22.5^\circ$ 的单弯斜接弯管的最大允许内压应按公式(4c)计算出:

$$P_m = \frac{SEW(T-c)}{r_2} \times \left[\frac{T-c}{(T-c) + 1.25 \tan \theta \sqrt{r_2(T-c)}} \right] \quad (4c)$$

(c) 用于公式(4a)、(4b)和(4c)各式中的斜接管壁厚 T 应延伸不小于从斜接管焊缝的内岔口至直管段对接焊缝的距离范围 M 、 M 为 $2.5(r_2 T)^{0.5}$ 和 $\tan \theta (R_1 - r_2)$ 两者中的较大值。斜接管末端斜度的长度可包括于 M 内。

(d) 斜接弯管的压力计算公式(4a)、(4b)和(4c)使用下列符号:

c ——与第304.1.1节中定义相同;

E ——与第 304.1.1 节中定义相同;

P_m ——斜接弯管的最大允许内压;

r_2 ——用公称壁厚 T 的管道平均半径;

R_1 ——斜接弯管的有效半径,即从管子中心线到相邻斜接接头平面交点的最短距离;

S ——与第 304.1.1 节中定义相同;

T ——斜接管壁厚(实测或按采购技术条件的最小值);

W ——与在 304.1.1 中的定义相同;

θ ——斜接处切角;

α —— 2θ ,斜接接头的变方向角。

按本规范要求, R_1 值应符合公式(5):

$$R_1 \geq \frac{A}{\tan\theta} + \frac{D}{2} \quad (5)$$

式中 A 具有下列经验值:

(1) SI 制单位值

$(T-c)$ mm	A
≤ 13	25
$13 < (T-c) < 22$	$2(T-c)$
≥ 22	$[2(T-c)/3] + 30$

(2) 美国常用单位

$(T-c)$ in	A
≤ 0.5	1.0
$0.5 < (T-c) < 0.88$	$2(T-c)$
≥ 0.88	$[2(T-c)/3] + 1.17$

304.2.4 承受外压管道的弯曲管段和斜接管段

承受外压管道的弯曲管段和斜接管段的壁厚可按第 304.1.3 节关于确定直管壁厚相同的方法确定。

304.3 支管连接件

304.3.1 概述

(a) 除下面(b)规定外,第 304.3.2 ~ 304.3.4 节的要求适用于按下列方法制成的支管连接件:

(1) 管件(三通、挤压出口管件、按 MSS SP-97 制造的支管出口管件斜三通、四通)。

(2) 未列表的铸造或锻造的接管(见第 300.2 节、和 \leq DN 80(NPS 3)的管接头。这些管件与主管用焊接相连。

(3) 支管直接与主管焊接,均包括在第 328.S.4 节。

(b) 第 304.3.2 ~ 304.3.4 节规则是对支管连接的最低要求,仅在下述条件下有效(符号按图 304.3.3):

(1) 主管直径与厚度比(D_h/T_h) < 100 且支管与主管的直径比(D_b/D_h) ≤ 1.0 ;

(2) 主管的(D_h/T_h) ≥ 100 ,且(D_b/D_h) $< 1/2$;

(3) $\beta > 45^\circ$;

(4) 支管轴线与主管轴线相交。

(c) 如不满足上述(a)和(b)的规定,则压力设计应按第 304.7.2 节的要求评定。

(d) 其它有关支管连接的设计考虑见第 304.3.5 节。

304.3.2 支管连接的强度

有支管连接的管道由于必须开孔而使强度降低,除非管道的壁厚比承压所需的厚度大得多,否则必须采取补强措施。承受压力所需的补强量应按第 304.3.3 或 30.3.4 节确定。但是,有些支管连接在结构上已有足够的耐压强度或补强,如满足以下条件,则可认为支管连接可不经计算而足以承受内、外压力:

(a) 支管连接采用第 303 节规定的管件。

(b) 支管连接是按第 328.5.4 节所述,将一个螺纹或承插焊的管接头或半管接头直接焊于主管上而制成,且支管的直径 \leq DN 50(NPS 2)和 $1/4$ 主管直径。管接头在补强区内任何一处的最小壁厚(如在补强区内有螺纹,则壁厚从螺纹根部量到最小外径)不应小于无螺纹支管的最小壁厚。管接头或半管接头在任何情况下其额定级 ≥ 2000 级(按 ASME B16.11)。

(c) 支管连接可利用未列表的支管连接管件(见第 300.2 节),若管件是由表 A-1 所列材料制成而且该支管连接按第 304.7.2 节要求评定。

304.3.3 焊接支管连接件的补强

当支管连接的组件不满足补强要求时,需要外加补强,以满足下述(b)和(c)提出的准则。附录 H 给出支管补强计算实例。

(a) 符号

以下符号用于支管连接的压力设计,表示于图 304.3.3,该图没有表示制作或焊接的细节。附录 J 中的一些术语在这里作了进一步的限定或变动如下:

b ——支管的下标;

d_1 ——在支管处从主管上去掉的有效长度。

对支管交叉处,支管开孔是支管道内径的投影(即管—管制作的支管), $d_1 = [D_b - 2(T_b - c)] / \sin\beta$ 。

d_2 ——补强区半宽度,为 d_1 或 $(T_b - c) + (T_h - c) + d_1/2$ 两者中较大值,但在任何情况下 $d_2 \leq D_h$;

h ——主管或集管的下标;

L_4 ——主管外补强区的高度,为 $2.5(T_h - c)$ 或 $2.5(T_b - c) + T_r$ 中较小值;

T_b ——支管连接管件(见第 300.2 节)以外的支管壁厚(测量的或按采购技术条件是最小厚度)。对这种连接用于计算 L_4 、 d_2 和 A_3 的 T_b 值是叨强圈的厚度(按采购技术条件最小厚度),若圈厚是均匀的(见图 K328.5.4)同时至少延伸到 L_4 的极限(见图 304.3.3)。

T_r ——由管制成的补强圈或补强鞍板的最小厚度(由板制成时则为其公称厚度)如没有补强圈或补强鞍板,则 $T_r = 0$ 。

t ——按适当的壁厚公式或第 304.1 节程序确定的管道压力设计厚度—对焊制管,当支管不与主管的纵焊缝相交时,为求取 t_h 可使用管材的基本许用应力 S ,但仅限于补强计算用当支管与王管纵焊缝相交时,则在计算中应采用主管的 SEW (应力 S 和表 A-1B 中相应焊缝质量系数 E_j 和焊缝接头强度降低系数 W (见 302.3.5)的乘积)计算 t_b 时应使用支管的 SEW 的乘积。

β ——支管和主管轴线间的较小夹角。

(b) 所需的补强面积

在内压下,支管连接所需的补强面积 A_1 为:

$$A_1 = t_h d_1 (2 - \sin\beta) \quad (6)$$

外压下支管连接所需的补强面积 A_1 为按公式 (6) 计算内压所需面积的一半。

(c) 有效的补强面积

有效的补强面积规定为:

$$A_1 + A_3 + A_4 \geq A_1 \quad (6a)$$

这些面积均在补强区之内,并进一步定义如下:

(1) 面积 A_2 是主管壁多余厚度产生的面积:

$$A_2 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_h - c) \quad (7)$$

(2) 面积 A_3 是支管壁多余厚度产生的面积:

$$A_3 = 2L_4(T_b - t_b - c) / \sin\beta \quad (8)$$

假如支管壁的许用应力低于主管道的,它的计算面积必须按支管对主管许用应力比值相应减小以确定对 A_3 面积的分配。

(3) 面积 A_4 是由焊缝和适当的外加补强提供其他金属的面积[见第 304.3.3(f) 节]。焊缝面积应基于第 328.5.4 节规定的最小尺寸,除非焊工已被明确指令焊成较大的尺寸,则可使用该较大的尺寸。

(d) 补强区

补强区是一个平行四边形,其长度为从支管中心线向两侧延伸至 d_2 距离,其宽度为从主管的内表面(在已腐蚀情况下)开始,延伸到距主管的外表面 L_4 垂直距离。

(e) 多个支管

当 ≥ 2 个支管连接于同一主管距离很小以至补强区重叠时,两开孔中心线之间的距离应 $\geq 1\frac{1}{2}$ 倍两孔平均直径,任意两孔之间的补强面积应 $\geq 50\%$ 该两孔所需补强面积之和。每个开孔均应按第 304.3.3(b) 和 (c) 节的要求有足够的补强。补强截面内的金属只能用于一个开孔的补强,而不能在重叠区重复使用一次以上(详见 PFI 标准 ES-7 关于焊接接管间距的规定)。

(f) 外加的补强

(1) 作为面积 A_4 的一部分以补强圈或补强鞍板形式外加的补强应有适当的固定宽度。

(2) 强材料可与主管不同,但其焊接性、热处理要求、电化腐蚀和热膨胀等性能应与主管和支管的性能相匹配。

(3) 如果外加补强材料的许用应力小于主管

材料的许用应力,在确定其面积 A_4 时必须按其许用应力的比值相应地减少。

(4) 当外加补强材料的许用应力比主管的更大时,增加的强度可不计入。

304.3.4 挤压引出口集管的补强

(a) 第 304.3.3 节所述的补强原则基本上适用于挤压引出口集管一个挤压引出口集管是一段由一个或多个用于与支管连接、由挤压形成引出口的管道,其引出口系用一个或多个压模控制其挤压半径挤压而成。挤压引出口在集管表面以上的伸出高度 h_x ,应不小于引出口的外轮廓的曲率半径(即 $h_x \geq r_x$)。

(b) 第 304.3.4 节的规则是最低要求,仅适用于图 304.3.4 所示的几何极限和引出口的轴线与集管轴线垂直相交的情况。如不满足上述要求。或增加了如补强圈、补强板或鞍件等非整体补强材料,则压力设计应按第 304.7.2 节的要求来评定。

(c) 符号

此处使用的符号表示在图 304.3.4 中,注意下标 x 表示“挤压引出口”,下面未列的其它符号参见第 304.3.3(a) 节。

d_x ——挤压引出口的设计内径,系在集管的外表面的水平面上测量。该尺寸应除去所有的加工和腐蚀裕量及厚度公差;

h_x ——挤压引出口的高度,必须 $h_x \geq r_x$ (图 304.3.4(b) 除外);

L_s ——补强区的高度, $L_s = 0.7\sqrt{D_b T_x}$;

T_x ——除去腐蚀裕量后挤压引出口的厚度,从集管外表面以上高度为 r_x 处测得的厚度;

d_2 ——补强区半宽度 = d_x ;

r_x ——引出口外轮廓部分的曲率半径,在集管和支管轴线的平面上测得。

(d) 半径 r_x 的限制

外轮廓的半径 r_x 受下列限制:

(1) $r_{x\min}$: $0.05D_b$ 或 $38\text{mm}(1.50\text{ in})$ 中的较小者;

(2) $r_{x\max}$ 应不大于:

a) 对于 $D_b < DN 200$ (NPS 8) 者,为 32mm (1.5 in);

b) 对于 $D_b \geq DN 200$ (NPS 8) 者,为 $0.1D_b + 13\text{ mm}(0.50\text{ in})$;

(3) 当外轮廓由一个以上半径相组成时,超过 45° 弧的最佳配合半径作为最大半径并符合上述 (1) 和 (2) 的要求;

(4) 为满足上述要求,不应采用机械加工的方法。

(e) 所需的补强面积

所需的补强面积用下式求得:

$$A_1 = K L_s d_x \quad (9)$$

式中 K 按下述条件确定:

(1) $D_b/D_h > 0.60$ 时, $K = 1.00$

(2) $0.60 \geq D_b/D_h > 0.15$ 时, $K = 0.6 + \frac{2}{3}(D_b/D_h - 0.15)$

(3) $D_b/D_h \leq 0.15$ 时, $K = 0.70$

(f) 有效的补强面积

有效的补强面积规定为:

$$A_2 + A_3 + A_4 \geq A_1 \quad (9a)$$

这些面积均在补强区之内,进一步定义如下:

(1) A_2 是从集管壁多余厚度部分取得:

$$A_2 = (2d_2 - d_x)(T_h - t_h - c) \quad (10)$$

(2) A_3 是从支管壁多余厚度部分取得:

$$A_3 = 2L_s(T_b - t_b - c) \quad (11)$$

(3) A_4 是从挤压引出口凸缘部分的多余厚度取得:

$$A_4 = 2r_x[T_x - (T_b - c)] \quad (12)$$

(g) 多个开孔的补强

除补强区和补强面积应按第 304.3.4 节外,其余规定应按第 304.3.3 (e) 节的要求。

(h) 标志

制造者应规定设计压力和设计温度并应在每个挤压引出口集管上作出上述标记,同时还应标出符号“B31.3”(指明适用规范卷)和制造厂名称或商标。

304.3.5 补充的设计考虑

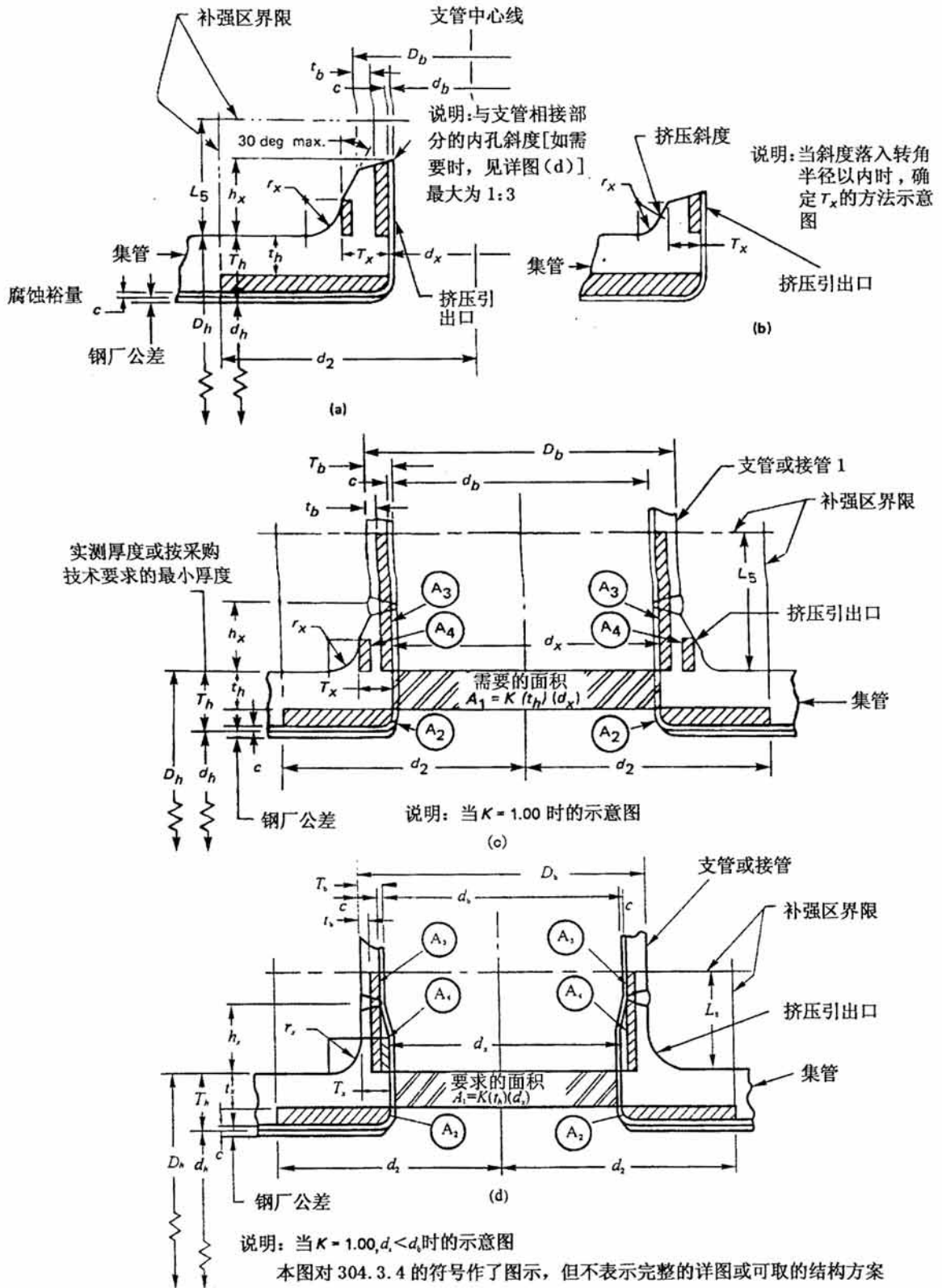


图 304.3.4 挤压引出口集管的符号

第 304.3.1 ~ 304.3.4 节的要求系考虑支管连接件仅承受压力时能保证具有满意的性能,设计者还应考虑下列方面:

(a) 除压力荷载外,由于热膨胀、收缩、固定的和活动的荷载及管道的端部和支架的位移所引起的外力和位移作用于支管连接上。在设计支管连接时应对承受这些作用力和位移予以特殊考虑。

(b) 在下列情况下,应避免将支管直接焊在主管上形成的支管连接:

(1) 当支管尺寸接近主管尺寸时,特别是用变形超过 1.5% 的冷胀法成形的管子,或是使用具有冷作硬化倾向的材料胀制的管子作主管时;

(2) 由于振动、脉动压力、温度循环等可使连接部位受到反复应力的管路。对这些情况建议采用较保守的设计,并考虑采用三通或用整圆周式的补强。

(c) 从大直径主管分支出来的小直径管线,应具有足够的柔性以适应大管线的热膨胀和其它位移(见第 319.6 节)。

(d) 若采用了加强筋、角撑板或夹板以加固支管连接,则它们的面积不能计算在第 304.3.3(c) 或 304.3.4(f) 节规定的补强面积内,但若设计是按第 304.7.2 节要求评定的,则加强筋或角撑可以代替第 304.3.3 和 304.3.4 节所规定的补强,用以增加支管连接的承压强度。

(e) 对不满足第 304.3.1(b) 节要求的支管连接,宜考虑整体补强,完整围绕补强或其它方法补强。

304.3.6 承受外压的支管连接件

承受外压的支管连接件的压力设计可按第 304.3.1 节的要求,用第 304.3.3(b) 中规定的补强面积。

304.4 管道封头

304.4.1 概述

(a) 不按照第 303 或 304.4.1(b) 节设计的封头应按第 304.7.2 节的要求评定。

04 (b) 对于本节所包括的材料和设计条件,封头可按 BPV 规范第Ⅷ卷第 1 册的规则设计,按公式(13)计算:

$$t_m = t + c \quad (13)$$

式中:

t_m ——包括加工、腐蚀和磨蚀裕量在内所需的最小厚度;

t ——压力设计厚度,按封头形式和受力面根据表 30.1.4.1 所列条款的公式计算。用于确定 t 的符号则按下列:

E ——第 304.1.1 节定义相同;

P ——设计表压;

S —— S 乘以 W , S 和 W 定义于 304.1.1

c ——第 304.1.1 节规定的裕量之总和。

表 304.4.1 BPV 规范中关于封头的参考资料⁽¹⁾

封头的形式	凹面受压	凸面受压
椭圆形封头	UG-32(d)	UG-33(d)
蝶形封头	UG-32(e)	UG-33(e)
半球形封头	UG-32(f)	UG-33(e)
锥形(不翻边)封头	UG-32(g)	UG-33(f)
带翻边的锥形封头	UG-32(h)	UG-33(f)
平封头(任一面受压)	UG-34	

注: (1) 节号按 BPV 规范第Ⅷ卷第 1 册

304.4.2 封头开孔

(a) 第 304.4.2(b) ~ (g) 节中的规则适用于封头的开孔,其尺寸不大于(BPV 规范)第Ⅷ卷第 1 册 UG-36 规定的封头内径之半。更大的开孔封头宜按第 304.3 节要求作为异径管设计;如为平封头,则按第 304.2 节作为法兰设计。

(b) 封头由于开孔而使强度降低需补强,封头的厚度比所需厚度有足够的多余量者除外。封头是否需要补强及所需补强量应按下列条款确定,除非封头开孔处的引出口连接已满足第 304.3.2(b) 和 (c) 节的要求,则可认为开孔已补强。

(c) 封头上一个开孔的补强面积分布,应使位于开孔每一边的补强面积(指通过开孔中心垂直于封头表面的任意平面内),至少等于在该平面内所需面积之半。

(d) 通过开孔中心的任意给定平面上补强所需

的总截面积应不小于 UG-37(b)、UG-38 和 UG-39 的规定。

(e) 补强面积和补强区应按第 304.3.3 或 304.3.4 节的规定计算, 仅需将式中原来适用于主管或集管的下标 h 视作适用于封头。如果封头是曲面的, 则补强区的界限应随封头轮廓而定, 而补强区的尺寸应在平行于和垂直于封头的表面上测量。

(f) 如果有 ≥ 2 个开孔位于一个封头上, 则第 304.3.3 和 304.3.4 节关于多个开孔的补强的规则亦适用于封头。

(g) 第 304.3.5 节关于支管连接的补充设计条件同样适用于封头的开孔。

304.5 法兰和插板的压力设计

304.5.1 法兰——概述

(a) 不按第 303 或 304.5.1 (b) 或 (c) 节设计的法兰应按第 304.7.2 节的要求评定。

04 (b) 法兰可用 B31.3 规范的许用应力和温度范围按 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册强制性附录 2 来设计。符号定义应按附录 2, 下列符号除外:

P ——设计表压;

S_a ——在环境温度下的螺栓设计应力;

S_b ——在设计温度下的螺栓设计应力;

S_f ——法兰或管道材料的 SEW (应力值 S 和从表 A-1 A 或 A-1B 查得的相应质量系数 E 和焊缝接头强度系数 W 的乘积)。见第 302.3.2(e) 节。

(c) 前款 (b) 的规则不适用于那些垫片延伸至螺栓外侧 (通常是延伸至法兰外径处) 的法兰连接。对于螺栓圆外法兰面相接触的法兰设计, 宜用第 VIII 卷第 1 册附录 Y 的规则设计。

(d) 对考虑采用螺栓连接装配, 见第 VIII 卷第 1 册附录 S。

304.5.2 法兰盖

(a) 不按第 303 或 304.5.2 (b) 节设计的法兰盖应按第 304.7.2 节的要求来评定。

(b) 法兰盖可按公式 (14) 计算, 其包括钢厂负公差在内的最小厚度应 $\geq t_m$:

$$t_m = t + c \quad (14)$$

计算 t 可使用第 VIII 卷第 1 册 UG-34 的规则, 但其中的符号按下列定义:

t ——压力设计厚度, 根据法兰盖的类型, 使用 UG-34 中螺栓连接的平盖板的相应公式计算出;

c ——第 304.1.1 节规定的裕量的总和;

P ——设计的内压或外压 (表压);

S_f ——法兰材料的 SE (应力值 S 和从表 A-1A 或 A-1B 查得的相应质量系数 E 的乘积)。见第 302.3.2(e) 节。

304.5.3 插板 (盲板)

永久性插板 (代表性外形见图 304.5.3) 所需的最小厚度应按公式 (15) 进行计算:

$$t_m = d_g \sqrt{\frac{3P}{16SE}} + c \quad (15)$$

式中:

c ——第 304.1.1 节规定的裕量的总和;

d_g ——凸面或平面法兰的垫片内径, 或环槽式连接和垫片完全卡住的法兰的垫片平均直径;

E ——与第 304.1.1 节的定义相同;

P ——设计表压;

S ——与第 304.1.1 节的定义相同;

W ——与 304.1.1 节的定义相同。

304.6 异径管

304.6.1 同心异径管

(a) 不按第 303 或 304.6.1 (b) 节设计的同心异径管应按第 304.7.2 节的要求评定。

(b) 圆锥或反向曲线的同心异径管或这两种形式组合的同心异径管, 可按第 304.4.1 节所述的锥形或翻边锥形封头的规则进行设计。

304.6.2 偏心异径管

不按第 303 节规则设计的偏心异径管, 应按第 304.7.2 节的要求评定。

304.7 其他组件的压力设计

304.7.1 表列组件

按表 326.1 所列标准制造的其它承压组件, 可

按第 303 节的规定使用。

304.7.2 非表列组件和元件

不适用于第 304 节规则的非表列组件和其它管道元件的压力设计,应按与本规范的设计准则一致的原则计算。计算应在考虑第 301.4 ~ 301.10 节提及的动荷载、热荷载、循环荷载的影响及热冲击的情况下。按第 304.7.2(a)、(b)、(c)和(d)节的一个或多个方法进行论证。表明符合第 304.7.2(a)、(b)、(c)或(d)和(e)的计算和文件应得到业主的认可批准:

(a) 用同样或类似材料制作的相似比例的组

件,在类似条件下所获得的广泛而成功的使用经验;

(b) 按 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册附录 6 中所述的实验应力分析;

(c) 按 ASME B16.9、MSS SP-917 或 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册 UG-101 规定的验证试验。

(d) 附有按第 VIII 卷第 2 册附录 4 的 4-1 评述的结论的详细应力分析(如有限元法)。第 2 册设计温度下的 S_m 值用本规范表 A-1 中的基本许用应力代替。在蠕变范围的设计温度下,可能需要额外考虑超出第 2 册范围的条件。

(e) 按上述条款确定尺寸、壁厚和压力等级时,

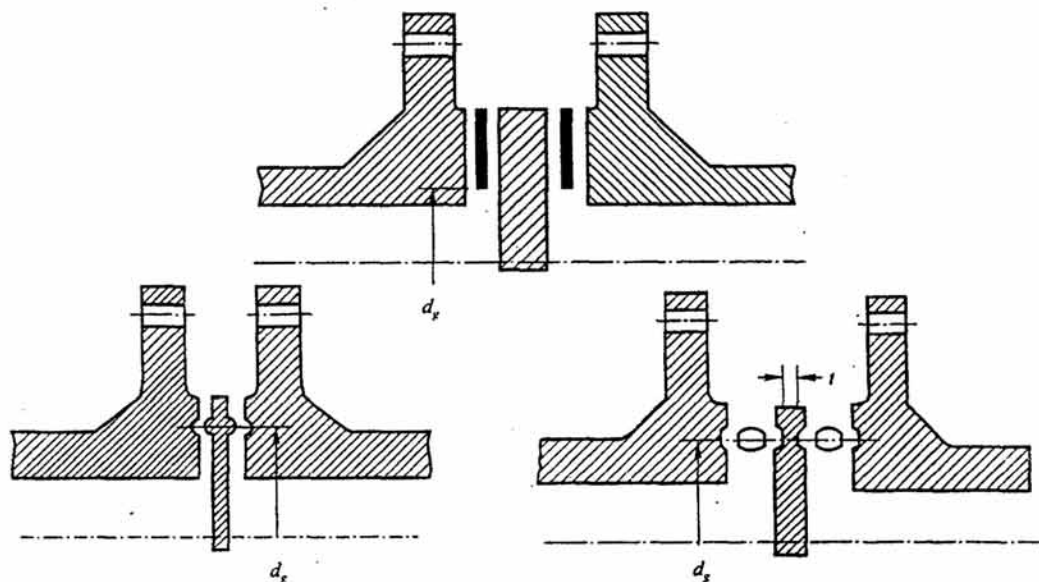


图 304.5.3 插板

设计者可用内插法,并可在有关材料中确定任何类似的材料。

304.7.3 带有非金属承压件的金属组件

表 326.1 所列标准中未包括的组件且这些组件同时有承压的金属和非金属零件时,应按第 A304.7.2 和 304.7.2 节的有关要求确定。

304.7.4 膨胀节

(a) 金属波纹管膨胀节

金属波纹管膨胀节应按附录 X 的要求设计,进一步的设计考虑参见附录 F 中的第 F304.7.4 节

(b) 滑动型膨胀节

(1) 承压件应符合第 318 节和本规范其它有关要求。

(2) 外部的管道负荷不应膨胀节施加过大

的弯曲力。

(3) 有效的轴向压力面积应按管道外径计算。

(c) 其他形式的膨胀节

其他形式膨胀节的设计应按第 304.7.2 节的要求评定。

第 3 部分 流体工况对管道组件的要求

305 管道

用于压力工况时,管道(pipe)包括材料技术条件中称为管子(“tube”或“tubing”)的组件。

305.1 概述

列出的管道可用于除第 305.2.1 和 305.2.2 节以外的常规流体工况,非表列的管道仅可用于第 302.2.3 节规定的情况。

305.2 特殊要求

305.2.1 D 类流体工况的管道

下列碳钢管仅可用于 D 类流体工况:

API 5L 加热炉对接焊管

ASTM A53 F 型

ASTM A134 用除 ASTM A285 外的其他板制造的管道

305.2.2 要求安全防护的管道

当用于非 D 类流体工况时,下列碳钢管应进行安全防护:

ASTM A134 从 ASTM A285 板制造的管道

ASTM A139

305.2.3 使用于剧烈循环条件下的管道

仅限下列管道⁽⁷⁾可用于剧烈的循环条件:

(a) 碳钢管道

API 5L, 等级 A 或 B, 无缝

API 5L, 等级 A 或 B, 埋弧焊直缝 $E_j \geq 0.95$

API 5L, 等级 X42, 无缝

API 5L, 等级 X46, 无缝

API 5L, 等级 X52, 无缝

API 5L, 等级 X56, 无缝

API 5L, 等级 X60, 无缝

ASTM A53, 无缝

ASTM A106

ASTM A333, 无缝

ASTM A369

ASTM A381, $E_j \geq 0.90$

ASTM A524

ASTM A671, $E_j \geq 0.90$

ASTM A672, $E_j \geq 0.90$

ASTM A691, $E_j \geq 0.90$

(b) 低、中合金钢管道

ASTM A333, 无缝管

ASTM A335

ASTM A369

ASTM A426, $E_j \geq 0.90$

ASTM A671, $E_j \geq 0.90$

ASTM A672, $E_j \geq 0.90$

ASTM A691, $E_j \geq 0.90$

(c) 不锈钢合金管道

ASTM A268, 无缝

ASTM A312, 无缝

ASTM A358, $E_j \geq 0.90$

ASTM A376,

ASTM A451, $E_j \geq 0.90$

(d) 铜及铜合金管道

ASTM B42

ASTM B466

(e) 镍及镍合金管道

ASTM B161

ASTM B165

ASTM B167

ASTM B407

(f) 铝合金管道

ASTM B210, 0 和 H112 状态

ASTM B241, 0 和 H112 状态

306 管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件

管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件可按第 306.1 ~ 306.5 节的要求使用。用于这些组件中的管道和其他材料应适合于制造或制作过程和流体工况。

306.1 管件

306.1.1 表列管件

⁽⁷⁾与表 A-1A 或表 A-1B 的系数 E 不符的铸造或焊接管的质量系数 E_c 或 E_j 是按第 302.3.3 和 302.3.4 节定的。

表列管件可按第 303 节的要求用于常规流体工况。

306.1.2 非表列管件

非表列管件只能按第 302.2.3 节要求使用。

306.1.3 特殊管件

(a) 已按 ASME B16.9, MSS SP-97, 或 BPV 规范第Ⅷ卷第 1 册 UG-101 的规定成功地通过设计验证试验的专有的焊接引出口支管管件,可在其规定的额定级范围内应用。

(b) 专有的“C型”翻边管接头对接焊管件的翻边厚度,应符合第 306.4.2 节对扩口翻边的要求。

306.1.4 用于剧烈循环条件的管件

(a) 仅限下列管件可用于剧烈循环条件:

- (1) 锻造的;
- (2) 轧制的,其 $E_s \geq 0.90$ 者⁽⁸⁾。
- (3) 铸造的,质量系数为 $E_c \geq 0.90$ 者⁽⁸⁾。

(b) 在剧烈循环条件下不应使用 MSS SP-43MSS SP-119 和专有的“C型”翻边管接头对接焊管件。

306.2 管道弯管

04 306.2.1 概述

(a) 按第 332.2.1 和 332.2.2 节要求制作并按第 304.2.1 节进行了压力设计校核的管道弯管适用于与制成该弯管的管道相同的工况。

(b) 按 332.2.2 要求制作,但不满足 332.2.1 的压扁极限的管子接头可按 304.7.2 进行了压力设计校核,并不超过与制成该弯头相同的直管的额定值。

306.2.2 波状弯管和其他弯管

其他形式的弯头(如折皱或波状的)的压力设计应按第 304.7.2 节的要求评定。

306.2.3 剧烈循环条件下的弯管

设计成折皱或波纹的弯管不应使用于剧烈循环条件。

306.3 斜接弯管

306.3.1 概述

除了第 306.3.2 节所述外,按第 304.2.3 节制作并按第 311.1 节焊接的斜接弯管适用于常规流体工况。

306.3.2 D 类流体工况的斜接弯管

斜接弯管在其一个接头处的方向改变 $>45^\circ$ 者(图 304.2.3 中 α 角)或按第 311.2.1 节焊接者,仅可用于 D 类流体工况。

306.3.3 剧烈循环条件下的斜接弯管

用于剧烈循环条件的斜接弯管应按第 304.2.3 节的要求制作并按第 311.2.2 节要求焊接且 $\alpha \leq 22.5^\circ$ (见图 304.2.3)。

306.4 翻边接头

以下要求不适用于第 306.1 节规定的管件,特别是符合 ASME B16.9 的有凸出端翻边接头;也不适用于在管端上整体热锻造的翻边接头。除去第 306.4.3 节和 306.4.4 节(a)所指出的。

306.4.1 预制的翻边接头

如满足下列的所有条件,预制的接头适用于常规流体工况。

(a) 翻边的外径应按 ASME B16.9 中翻边管接头的尺寸。

(b) 翻边接头的厚度大于或等于与其相连接的管子的公称壁厚。

(c) 翻边接头的材料应至少具有与管子同样大的许用应力。 04

(d) 焊接应按第 311.1 节要求,制作应按第 328.5.5 节要求。

306.4.2 扩口的翻边接头

如满足下列的所有条件,扩口的翻边接头适用常规流体工况。

(a) 使用的管子应适宜于成形,不会产生裂缝、 04

⁽⁸⁾见第 302.3.3 和 302.3.4 节。

(b) 翻边的外径应按 ASME B16.9 中翻边管接头的尺寸;

(c) 扩口翻边的内圆角半径应 $\leq 3 \text{ mm} (\frac{1}{8} \text{ in})$;

(d) 在任一点上测得的翻边厚度,至少应为 95% 最小管壁厚度(T)乘以管道的外半径与翻边厚度测量点处的半径之比;

(e) 压力设计应按第 304.7.2 节的要求评定。表面翘曲或其他缺陷的技术条件和等级的钢材;

306.4.3 锻造的翻边接头 只有当满足 332 的要求时,管端整体热锻造的翻边接头才适用于常规流体工况,其尺寸应符合 ASME B16.9 中翻边管头的规定。

306.4.4 剧烈循环条件下的翻边接头

(a) 符合 306.1 的锻造翻边管头或符合 306.4.3 的在管端上整体热锻造的翻边管头可以用于剧烈循环条件下。

(b) 除焊接应按 311.2.2 要求、制作限于相当于图 328.5.5 中的(d)或(e)的结构,用于剧烈循环条件下的预制翻边接头,应符合 306.4.1 的要求。

(c) 扩口翻边接头不允许用剧烈循环条件下。

306.5 预制的支管连接件

下列要求不适用于符合第 306.1 节的管件。

306.5.1 概述

按第 304.3 节要求进行压力设计校核和制作并按第 311.1 节要求焊接的支管连接件,适用于常规流体工况。

306.5.2 剧烈循环条件下的预制支管连接件

除焊接应按第 311.2.2 节要求、制作限于相当于图 328.5.4D 中的(2)或(4),或图 328.5.4E 的结构外,用于剧烈循环条件下的预制支管连接件应符合第 306.5.1 节的要求。

307 阀门和专用组件

其他承压管道组件,例如捕集器、过滤器和分离器,也应遵照下列对阀门的要求,并参见附录 F 中的第 F301.4 和 F307 节。

307.1 概述

307.1.1 表列的阀门

除第 307.2 节指出的之外,表列的阀门适用于常规流体工况。

307.1.2 非表列的阀门

非表列的阀门仅可按第 302.2.3 节的规定使用。除非其压力-温度额定级按附录 F 中提出的方法确定并符合 ASME B16.34 的要求,压力设计应按第 304.7.2 节要求评定。

307.2 特殊要求

阀盖用少于 4 个螺栓或用 U 形螺栓固定在阀体上的用螺栓连接阀盖的阀,仅可用于 D 类流体工况。

308 法兰、插板、法兰密封面和垫片

308.1 概述

308.1.1 表列组件

除了第 308 节所述外,表列的法兰、插板或垫片适用于常规流体工况。

308.1.2 非表列组件

非表列的法兰、插板和垫片仅可按第 302.2.3 节的要求使用

308.2 对法兰的特殊要求

见附录 F 中的第 F308.2 和 F312 节。

308.2.1 滑套法兰

(a) 当滑套法兰用于下列工况时,应为双面焊,如图 328.5.2B 所示。

- (1) 受到严重磨蚀、缝隙腐蚀或循环荷载;
- (2) 输送易燃或对人体有毒或有害的流体;
- (3) 在剧烈循环操作条件下;
- (4) 在温度 $< -101 \text{ }^{\circ}\text{C} (-150 \text{ }^{\circ}\text{F})$ 时。

(b) 在预计有频繁的大幅度温度变化、特别是当法兰不保温时,不宜采用滑套法兰。

(c) 滑套法兰用作翻边法兰

滑套法兰可以用作翻边法兰仅限于如表 308.2.1 所示。除非应力设计是按第 304.5.1 节评定。圆弧半径或半坡口应符合下列适用条件之一:

(1) 对 ASME B16.9 的翻边接头凸缘短节或锻制翻边(见第 306.4.3 节),圆弧半径应按 ASME B16.5 中表 9 和表 12 规定的尺寸 r 。

(2) 对预制翻边,转角坡口应至少为翻边接触(见图 328.5.5)的管道公称壁厚的 $\frac{1}{2}$ 。

(3) 对扩口翻边见第 308.2.5 节。

表 308.2.1 对滑套法兰用作翻边法兰允许的规格/额定级⁽¹⁾

额定级		最大法兰规格	
DN	级	DN	NPS
20	150	300	12
50	300	200	8

注 1:在螺栓周围处法兰实际厚度应至少等于 ASME B16.5 中要求的法兰厚度最小值。

308.2.2 胀接法兰

带胀接嵌条的法兰按第 313 节对膨胀节的要求使用。

308.2.3 承插焊法兰和螺纹法兰

承插焊法兰应满足第 311.2.4 节对承插焊缝的要求。螺纹法兰应满足第 314.4 节对螺纹接头的要求。

308.2.4 剧烈循环条件下的法兰

除非有适当的安全防护,在剧烈循环条件下的法兰应为 ASME B16.5 或 ASME B16.47 的对焊法兰,或是按第 304.5.1 节设计的有相似比例的法兰。

308.2.5 扩口的金属翻边接头用法兰

对于带扩口的金属翻边接头用的法兰(见 306.4.2),在其内孔与法兰面交接处应加工成约 3 mm($\frac{1}{8}$ in)的斜边或圆角半径。并见第 308.2.1(c)节。

308.3 法兰密封面

法兰密封面应适合于使用的工况及所用的垫片和螺栓连接件。

308.4 垫片

选用的垫片应使所需的密封荷载与法兰的额定级、密封面、法兰强度及螺栓连接相适应。垫片材料应适应工况条件。见附录 F 中的第 F308.4 节。

309 螺栓连接件

螺栓连接件包括螺栓、双头螺柱、螺柱、带头螺钉、螺母和垫圈。并见附录 F 中第 F309 节。

309.1 概述

309.1.1 表列的螺栓连接件

除第 309 节所述外,表列的螺栓连接件适用于常规流体工况。

309.1.2 非表列的螺栓连接件

非表列的螺栓连接件仅可按第 302.2.3 节的规定使用。

309.1.3 组件用螺栓连接件

符合表列标准的组件上的螺栓连接件,如该标准已作出规定,则按标准规定。

309.1.4 选择的准则

选择的螺栓连接件应能使垫片充分密合,并在所有设计条件下保持接头的密封性。

309.2 特殊的螺栓连接件

309.2.1 低屈服强度的螺栓连接件

除非计算已表明强度足以保持连接的密封性外,规定的最低屈服强度 ≤ 207 MPa(30 ksi)的螺栓连接件不应使用于 ASME B16.5 PN 68(400 级)及更高或使用金属垫片的法兰连接。

309.2.2 碳钢制螺栓连接件

除本规范中其它条款另有限制外,碳钢螺栓连接件可带非金属垫片用于螺栓金属温度为 -29 °C ~ 204 °C(-20 ° ~ 400 °F), ASME B16.5 PN 50(300 级)或更低磅级的法兰连接。如螺栓是镀锌的,则应采用有相互配制螺纹的加厚六角螺母。

309.2.3 用于各种金属法兰组合的螺栓连接件

任何满足第 309 节要求的螺栓连接件可用于任何法兰材料和密封面的组合。但如其中一个法兰符合 ASME B16.1、ASME B16.24、MSS SP-42 或 MSS SP-51 技术条件,则螺栓连接件不应使用强度大于低屈服强度的螺栓连接件材料,除非:

(a) 法兰均为平面法兰且采用宽垫片;

(b) 考虑到持续荷载、位移应变、临时荷载(见第 302.3.5 和 302.3.6 节)及法兰强度,对拧紧螺栓的顺序和扭矩规定限制。

309.2.4 在剧烈循环条件下的螺栓连接件

在剧烈循环条件下的法兰接头不应使用低屈服强度的螺栓连接件(见第 309.2.1 节)。

309.3 攻螺纹的孔

金属管道组件上的承压螺栓连接用的螺纹孔应有足够深度,以使螺纹的啮合长度至少为 7/8 倍螺纹公称直径。

第 4 部分 流体工况对管道接头的要求

310 概述

管道接头的选择应考虑在预期工况和压力、温度和外加荷载的试验条件下的接头紧密性和机械强度,使选择的接头与管道材料和流体工况相适应。

311 焊接接头

能通过第 V 章规则规定的焊接工艺、焊工和焊接操作工评定的任何材料制成的接头均可采用焊接。

311.1 概述

除第 311.2.1 和 311.2.2 节的规定外,焊缝应符合下列要求:

(a) 焊接应按第 328 节要求进行;

(b) 预热和热处理应分别按第 330 和 331 节要

求进行;

(c) 检查应按第 341.4.1 节要求进行;

(d) 验收准则应按表 341.3.2 中对于常规流体工况的规定。

311.2 特殊要求

311.2.1 用于 D 类流体工况的焊缝

如焊缝满足第 311.1 节要求,但检查是按第 341.4.2 节要求,采用表 341.3.2 中 D 类流体工况的验收准则,则仅可用于该类流体工况。

311.2.2 用于剧烈循环条件下的焊缝

用于剧烈循环条件下的焊缝应满足第 311.1 节的要求,但其检查应按第 341.4.3 节的要求,验收准则应为表 341.3.2 中对剧烈循环条件的规定。

311.2.3 衬环和熔化性嵌条

(a) 由于使用衬环造成缝隙是有害的场合(即受腐蚀、振动或剧烈循环条件下),则宜除去衬环并磨光接头内表面。当在不可能除去衬环的情况下,应考虑使用不带衬环的焊接或使用可熔化的嵌条或能除去的非金属衬环。

(b) 在剧烈循环条件下不应使用开口的衬环。

311.2.4 承插焊焊缝

(a) 在可产生缝隙腐蚀或严重的磨蚀的工况中宜避免使用承插焊接头(见第 328.5.2 节)。

(b) 承插焊接头应符合下列要求:

(1) 法兰的插口尺寸应符合 ASME B16.5 的规定,其它承插焊组件的插口尺寸应符合 ASME B16.11 或 MSS SP-119 的规定。

(2) 焊缝尺寸应不小于图 328.5.2B 和 328.5.2C 所示尺寸。

(c) 在剧烈循环条件下不应使用大于 DN50 (NPS 2) 的承插焊焊缝。

(d) 组件的排水孔和旁通管可用承插焊焊接连接,但其尺寸应符合 ASME B16.5 中图 4 的要求。

311.2.5 角焊缝

(a) 符合第 328.5.2 节的角焊缝,可用作连接承插焊组件和平焊法兰的主要焊缝。

(b)角焊缝也用来连接补强元件和结构附件以增加强度或减少主焊缝的应力集中和防止接头拉开。

311.2.6 密封焊缝

密封焊缝(第328.5.3节)仅可用于防止螺纹接头的泄漏,不应要求它能承担接头的任何强度。

312 法兰接头

312.1 使用不同额定级的法兰接头

当不同额定级的法兰以螺栓紧固在一起时,此接头的额定级应不超过法兰中较低额定级。上螺栓扭矩应加以限制,获得接头的紧密时不致将过大的荷载强加到低额定级的法兰上。

312.2 金属与非金属的法兰接头

当金属法兰与非金属法兰用螺栓连接时,两者均宜为平面法兰,且以采用全平面垫片为好。如所用垫片只伸至螺栓的内边缘,则应限制上紧螺栓的扭矩,以防止非金属法兰超载。

313 胀接接头

(a)在剧烈循环操作条件下,不应使用胀接接头。对于其它工况,应采取适当的措施防止接头分离。如流体有毒或对人体有害时,则要求安全防护。

(b)当受到振动、温度循环造成不同的膨胀或收缩或外部机械荷载时,应考虑胀接接头的紧密度。

314 螺纹接头

314.1 概述

除了第314节所述外,螺纹接头适用于常规流体工况。只有当其符合第314.2.1(c)和314.2.2节的规定时,才可用于剧烈循环条件。

(a)在可能发生缝隙腐蚀、严重磨蚀或循环荷载的地方,宜避免采用螺纹接头。

(b)当螺纹接头要进行密封焊时,不应使用螺纹密封填料。

(c)敷设使用螺纹接头的管道时,宜尽可能降低接头中的应力,特别要考虑由于热膨胀和在操作阀门时(尤其是安装在自由端的阀门)所引起的应力,宜采取预防措施抵消那些可能会导致螺纹接头松动的作用力。

(d)除特别设计的带透镜垫或类似垫圈的接头外,管道端部从法兰中伸出作为垫圈表面的螺纹法兰,仅可用于D类流体工况。

314.2 特殊要求

314.2.1 锥管螺纹接头

下述(a)~(c)的要求应用于两个配合组件符合ASME B1.20.1的螺纹接头。

(a)外螺纹组件可按表314.2.1及其注使用。

(b)内螺纹组件应至少具有与表326.1所列螺纹组件相当的强度和韧性,且在其它方面适用于流体工况。

(c)不承受外力矩荷载的专用螺纹组件,如温度计套管,可用于剧烈循环条件。

(d)带直螺纹的管接头仅可用于D类流体工况,且与其匹配的仅限锥管螺纹组件。

314.2.2 直管螺纹接头

可以使用靠一对接触座面(例如一副活接头中利用接头螺母将内、外螺纹的两端面连接在一起,或如图335.3.3所示的其它典型结构)而不是靠螺纹来达到密封的螺纹接头。若这种接头在剧烈循环条件下使用和受到外力矩荷载作用时,要求采取安全防护。

315 管子接头

315.1 概述

在选择和应用扩口、不扩口以及压合型的管件时,设计者应考虑到诸如装拆、循环荷载、振动、冲击、热膨胀和收缩等因素可能给接头带来的反作用。

315.2 符合表列标准的接头

表列标准中的扩口、不扩口或压合型管接头,如

符合下列要求,可用于常规流工况。

(a) 管件和接头系与其所使用的管子相适应(考虑最大和最小壁厚),并在管件和接头的额定压力-温度范围内;

(b) 当用于剧烈循环条件时,接头有安全防护。

315.3 不符合表列标准的接头

未列入表 326.1 的扩口、不扩口或压合型接头,如所选择的管件型式也能满足压力或其它荷载时,则可按第 315.2 节要求使用,但设计应按第 304.7.2 节要求评定。

表 314.2.1 外螺纹组件的最小厚度⁽¹⁾

流体 工况	缺口敏感 的材料	规格范围 ⁽²⁾		最小壁厚 ⁽³⁾
		DN	NPS	
常规	是 ⁽⁴⁾	≤40	≤1 ½	Sch. 80
		65~150	2 ½~6	Sch. 40 Sch. 40
常规	否 ⁽⁵⁾	≤50	≤2	Sch. 40S
		65~150	2 ½~6	Sch. 40S
D类	均可	≤300	≤12	按第 304.1.1 节

注: (1) 按第 304.1.1 节或本表所示厚度选取较大值。

(2) 在易燃、有毒或有害于人体的流体的工况中,规格 DN 50 (NPS 2) 的接头应加安全防护。

(3) Sch. 40 和 80 的公称壁厚规定于 ASME B36.10M, Sch. 40S 的公称壁厚规定于 ASME B36.19M。

(4) 例如碳钢。

(5) 例如奥氏体不锈钢。

316 填缝接头

填缝接头如钟形接头应限于温度不超过 93 °C (200 °F) 的 D 类流工况。它们应使用于接头和管子的额定压力-温度范围内;为防止接头松开,管道弯折及承受由于支管连接或其它原因造成的侧向反作用力,应采取一定的预防措施。

317 软钎焊和硬钎焊接头

317.1 软钎焊接头

软钎焊接头应按第 333 节要求制作,仅可用于 D 类流工况。不允许采用填角式的软钎焊接头在可能接触火或高温的场合,应考虑软钎料低熔点的特性。

317.2 硬钎焊和钎接焊接头

(a) 按第 333 节要求制作的硬钎焊和钎接焊接头适用于常规流工况,如使用于易燃、有毒或对人体有害的流工况时,应采取防护措施这类接头不应使用于剧烈循环条件。在有可能遇到明火的情况下,应考虑硬钎料的熔点。

(b) 不允许采用填角式的硬钎焊接头。

318 特殊接头

特殊接头是指第 II 章第 4 节不包括的接头,如钟形接头和填料接头。

318.1 概述

318.1.1 表列接头

表列的接头适用于常规流工况。

318.1.2 非表列接头

如使用非表列的接头,其压力设计应按第 304.7.2 节评定。

318.2 特定要求

318.2.1 接头的完整性

接头应有足够的强度以防止在预期的工况条件下接头脱开。

318.2.2 接头的联锁

当接头用于流工况为易燃、有毒或对人体有害或使用于剧烈循环条件下,或可能在蠕变温度范围下使用时,则应对该类接头提供机械和焊接的联锁措施以防止接头脱开。

318.2.3 钟形和填料型接头

如不是第 316 节所述的情况,使用于剧烈循环

条件的钟形和填料型接头需要防护措施。

第5部分 柔性和支架

319 管道柔性

319.1 要求

319.1.1 基本要求

管道系统应具有足够的柔性,以防止由于热膨胀或收缩或管道支架和管端的位移而产生下列情况:

(a) 因过度的应力或疲劳而引起管道或支架的损坏;

(b) 接头处的泄漏;

(c) 由于管道中的推力和力矩过大,以致在管道和阀门内或与之相连的设备内(例如泵和透平机)产生有害的应力或变形。

04 319.1.2 特殊要求

在第319节中给出了用以确定管道系统内的柔性要求和保证管道系统符合这些要求的概念、数据和方法,简而言之,这些要求是:

(a) 在管道系统内任一处由于位移而产生的计算应力范围应不超过第302.3.5节规定的许用应力范围;

(b) 按第319.15节计算的反作用力不应对支架或连接设备起有害的作用;

(c) 计算的管道位移应限制在预定范围内,并在柔性计算中予以适当考虑。

如果确认管道系统缺乏足够的内在柔性,则应按第319.7节的方法增加其柔性。

319.2 概念

管道柔性分析的概念特点在下列各节中论述,特别需要考虑的是管道系统的位移(应变)及由此产生的弯曲和扭转应力。

319.2.1 位移应变

(a) 热位移 管道系统会随其温度的变化而

产生尺寸的改变。如果管道系统由于连接设备的约束和诸如导向装置及固定架的抑制而不能自由膨胀或收缩时,则管道将从没有被约束的位置上移动。

(b) 约束的柔性

如考虑约束不是刚性的,在确定位移应力范围和反作用力时可考虑其柔性。

(c) 外部施加的位移

在管道上,除了热影响的位移外,由于外部原因引起的约束移动,也使管道产生位移,这种移动可以是由潮汐的变化(港口管道)、风吹的摇摆(例如高而细的塔支撑的管道)或与其相连接设备的温度变化而产生的。

由于地面沉降而引起的移动是一种单循环作用,因而不会显著的影响管道的疲劳寿命。如果对避免过量的局部应变和端部反作用力进行了适当的考虑,则位移应力范围可大于第302.3.5(d)节允许的范围。

(d) 总的位移应变

热位移、反作用力位移及外部施加的位移对管道系统都有同等的影响,在确定管道系统各个不同部分的总位移应变(比例变形)时,应予以一起考虑。

319.2.2 位移应力

(a) 弹性状态

在一个应变分布均匀、且在任何一点上无过量应变的管道系统里(一个平衡系统),可以认为应力与总位移应变是成比例的,管道的布置宜力求达到这样一种状态,即本规范提出的柔性分析中所假设的状态。

(b) 过应变状态

在系统的某些局部区域可能发生过量应变的管道系统里(一个不平衡系统),应力不能被认为在全系统内是与位移应变成比例的,不平衡系统在蠕变范围内使用时,由于在系统的最敏感区域发生蠕变应变积累,会造成较大的有害影响。系统的不平衡可能由于下列的一个或几个原因产生:

(1) 高应力小直径的管路与大直径或刚性大

的管路相串连；

(2) 直径或壁厚的局部减少,或局部使用了较低屈服强度的材料(例如很多环焊缝的强度比母材低)；

(3) 在尺寸均匀的管道系统内的某一段管线配置,这里的膨胀和收缩大部分必须要由从主管上主要部分引出的一段短的偏心弯管来吸收；

(4) 管线中管道材料或温度的变化。当在管道系统内弹性模量是有差异而明显影响到应力分配时,计算造成位移应力应基于对系统的每一管段在预期运行温度下的实际弹性模量,然后乘以该管段在室温下对预期温度下弹性模量的比例系数。

在管道系统的设计和布置中,宜避免或减少出现不平衡状态,特别是当采用低延性材料时。许多不平衡的影响可以有选择地采用冷拉的方法加以减轻。如果不能避免不平衡现象,设计者应根据第 319.4 节的规定采用适当的分析方法,以保证有第 319.1 节所述的足够的柔性。

319.2.3 位移应力范围

(a) 与持续荷载诸如内压和重量所引起的应力相反,位移应力允许达到管道系统各个部分引起局部屈服的高数值。当管道系统一开始就从其安装状态到达最大的位移状态(最高或最低温度,或最大的外加移动)下操作时,任何屈服或蠕变都会导致应力的减少或松弛,以后系统又回复至原来的状态(或相反的位移状态)时,就发生应力的反向和再分布,这就是所谓的“自平衡”,其作用与冷拉作用相似。

(b) 尽管由于产生屈服和蠕变而使来自位移应变的应力会随着时间而逐渐减小,但极端位移状态和原始(安装时)位移状态(或预计有更大差值作用的状态)之间位移应变的代数差,在一个操作循环中实际上是不变的,由于应力差值产生的应变差值,称为位移应力范围,用作管道柔性设计的准则。参阅第 302.3.5(d)节的许用应力范围 S_A 和第 319.4.4(a)节的计算应力范围 S_E 。

(c) 由位移应变引起的纵向力产生的平均轴向

应力(通过管道横截面)在确定位移应力范围中不属于常规考虑的,因此这种应力在典型管道敷设中不是明显的。然而在特殊情况下,考虑平均轴向位移应力是必要的。实例包括内容热液体的地埋管线、双壁管道和具有不同操作温度的平行管线,超过 1 点的多点接触。

319.2.4 冷拉

冷拉是在安装管道时有意造成的管道变形,以产生一个要求的初始位移和应力。冷拉有利于平衡初始位移和极端位移状态下的应力值。如能恰当地利用冷拉作用,则在初始运转中发生过应变的可能性小,因此它特别被推荐用于延性有限的管道材料中,在初始运转中,管道偏离原来的安装尺寸也较小,因此吊挂装置不会从原来的位置处移得较远。

由于管道系统的使用寿命受应力变化范围的影响大于受在给定时间内应力值大小的影响,因此在应力范围的计算中不应考虑冷拉的作用,但在计算推力和力矩中,此时实际的反作用力和它们的变化范围都有重要意义,应考虑冷拉的作用。

319.3 柔性分析特点

下列各节涉及管道材料的性质及其在管道柔性分析中的应用。

319.3.1 热膨胀数据

(a) 应力范围值

在计算应力范围时用以确定总位移应变的热位移值,即在分析的热循环内,最高金属温度下的数值和最低金属温度下的数值之间的代数差,应根据附录 C 确定。

(b) 反作用力的数值

在计算支架和连接设备上的反作用力中,用以确定曾、位移应变的热位移值,应根据分析中的热循环的最高(或最低)温度下的数值和安装时预期温度下的数值之间的代数差来确定。

319.3.2 弹性模量

在 21 °C(70 °F)的参照弹性模量 E_a 和最大或最小温度的弹性模量 E_m 应分别取附录 C 中在第

319.3.1(a)或(b)节中所确定温度下的数值,对于附录 C 中未包括的材料,应参考有权威性的数据,如国家标准局公布的资料。

319.3.3 泊松比

所有金属的泊松比,在所有温度下均可取为 0.3。但如有可能,也可采用更精确和可靠的数据。

319.3.4 许用应力

(a)对于具有初始弯曲和/或扭转应力的系统,其许用位移应力范围 S_A 和允许的附加应力应按第 302.3.5(d)节的规定。

(b)在附录 D 中的应力增强系数,是通过用铁基塑性材料制成的有代表性的管道组件和装配件的疲劳试验得到的。许用的位移应力范围是基于对碳钢和奥氏体不锈钢的试验而得。当对某些非铁基材料(例如某些铜和铝合金)和非低循环条件下用第 302.3.5 节的公式(1a)和(1b)确定位移应力范围时,宜谨慎运用。

319.3.5 尺寸

在柔性计算中应使用管道和管件的公称壁厚和外径。

319.3.6 柔性和应力增强系数

在缺乏更直接的适用数据时,按第 319.4 节进行柔性计算时应使用附录 D 中所示的柔性系数 k 和应力增强系数 i 。对于未列入表中的管道组件或附件(如阀门、拉紧器、固定环或带箍),可将其主要几何形状与表列组件的几何形状相比,假设出适当的应力增强系数。

319.4 柔性分析

319.4.1 不要求正式分析的管道系统

下列管道系统不要求作正式的柔性分析。

(a)与有成功的使用记录的管道系统完全相同或未作重大改变的管道;

(b)与以前分析过的系统相比较,能容易地判断其具有适当的柔性;

(c)系统具有统一的尺寸、不多于两个固定点、无中间约束并且符合经验公式(16)^⑨的限制范围者:

$$\frac{D_y}{(L-U)} \leq K_1 \quad (16)$$

式中:

D ——管道外径,mm(in);

y ——由管道系统吸收的全部位移应变的总和,mm(in);

L ——管道固定点间的展开长度,m(ft);

U ——固定点间的直线距离,m(ft);

K_1 —— $208000, S_A/E_a$ (mm/m)²
 $= 30 S_A/E_a$ (in/ft)²

式中:

S_A ——按公式(1a)的许用位移应力范围 MPa (ksi);

E_a —— 21°C (70°F) 的参照弹性模量 MPa (ksi)

319.4.2 要求正式分析的管道系统

(a)凡不满足第 319.4.1 节准则的管道系统,都应采用适当简化的、近似的或综合的分析方法进行分析。

(b)简化的或近似的分析方法,只能用于那些已证明具有足够柔性的管道。

(c)可用的综合分析方法包括分析法和图解法,为位移应变所引起的作用力、力矩和应力提供一种评估方法(参见第 319.2.1 节)。

(d)对于直管以外的管道组件,在综合分析时,应将其应力增强系数考虑进去,这种组件的额外柔性可用为有利因素。

319.4.3 基本的假设和要求

^⑨注意:无法提供全面的证据来说明这个公式将会得出准确的或一贯保守的结果。本式不适用于剧烈循环条件下的系统。使用时宜注意管系的形状,如不等腿的 U 形弯管($L/U > 2.5$)或近似直线的“锯齿”管,或大直径的薄壁管($i \geq 5$),或外部(不在连接固定点的方向内的)构成大部分总位移的管段。即使管道系统满足公式(16)的限制,也不能保证其端部反作用力将能低到可以接受的数值。

在所有情况下都应遵照第 319.3 节中规定的标准假设。在计算管道系统固定点之间的柔性时,应将系统看成为一个整体。应该认识到管线上所有的零部件,和为减少设备上或小支管线上的力矩和作用力而设置的所有约束,以及由支架摩擦力形成的约束的重要性。应考虑第 319.2.1 节列出的、在第 319.3.1 节中规定的温度范围内的所有位移。

319.4.4 柔性应力

(a) 弯曲和扭转应力应采用 21 °C (70 °F) 下的参照弹性模数 E_a 来计算,第 319.2.2(b)(4) 节规定例外,然后用公式(17)将这两种应力合并,来确定计算的位移应力范围 S_E ,此应力范围不得超过第 302.3.5(d) 节中的许用应力范围 S_A 。

$$S_E = \sqrt{S_b^2 + 4S_i^2} \quad (17)$$

式中:

S_b ——合成弯曲应力;

S_i —— $M_i/2Z$ 扭转应力;

M_i ——扭转力矩;

Z ——管道的截面模数。

(b) 对于弯头、斜接弯头和等径的引出支管接头(支线 1、2 和 3)而言,公式(17)中使用的合成弯曲应力 S_b ,应使用图 319.4.4A 和 B 所示的力矩用公式(18)计算:

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{Z} \quad (18)$$

式中:

S_b ——合成弯曲应力;

i_i ——由附录 D 查得的平面内应力增强系数;

i_o ——由附录 D 查得的平面外应力增强系数;

M_i ——平面内的弯矩;

M_o ——平面外的弯矩;

Z ——管道的截面模数。

(c) 对于异径管引出的支管接头而言,公式(17)中使用的合成弯曲应力 S_b ,应使用图 319.4.4B 所示的力矩用公式(19)和(20)计算。

对于集管(支线 1 和 2):

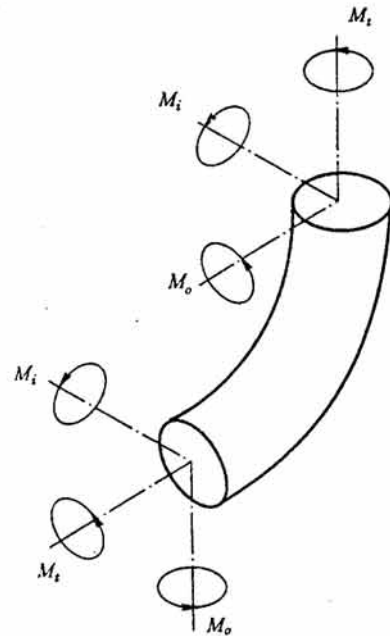


图 319.4.4A 弯管内的力矩

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{Z} \quad (19)$$

对于支管(支线 3):

$$S_b = \frac{\sqrt{(i_i M_i)^2 + (i_o M_o)^2}}{Z_e} \quad (20)$$

式中:

S_b ——合成弯曲应力;

Z_e ——支管有效的截面系数,

$$\pi T_2^2 T_1$$

T_2 ——支管平均横截面半径;

T_1 ——支管有效壁厚,为 \bar{T}_h 和 $(i_i \bar{T}_b)$ 中的较小值;

\bar{T}_h ——与三通的主管或集管相配的管道壁厚,不包括补强件厚度;

\bar{T}_b ——与支管相配的管道壁厚;

i_o ——平面外应力增强系数(按附录 D);

i_i ——平面内应力增强系数(按附录 D)。

319.4.5 焊缝质量保证的要求

任何焊缝,如其 $S_E > 0.8 S_A$ (按第 302.3.5 节定义),且其当量循环数 $N > 7000$,节规定对焊缝进行充分检查。

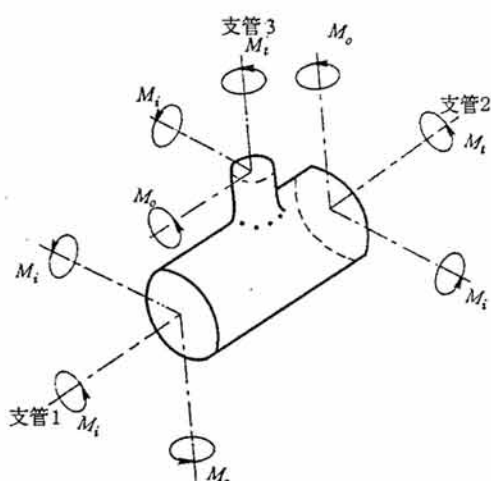


图 319.4.4B 支管连接件中的力矩

319.5 反作用力

在管道系统的约束和支架的设计中,以及在评估管道位移对相连接设备的影响中,采用的反作用力和力矩应以极限位移条件下的反作用力范围 R 为基准,同时考虑第 319.3.1(b) 节规定的温度范围,并使用 E_a 。设计者在进行这些计算时,应考虑在初始和极限位移状态下力和力矩的瞬时最大值(见第 319.2.3 节),并考虑其反作用力范围。

319.5.1 简单系统中的最大反作用力

对于无中间约束只有两个固定点的管道系统,其反作用力和力矩的瞬时最大值可以从公式(22)和(23)中求得。

(a) 极限位移状态下的 R_m

这个计算中的温度为第 319.3.1(b) 节中规定的最高或最低金属温度,取两者中产生较大反作用力者:

$$R_m = R \left(1 - \frac{2C}{E_a} \right) \frac{F_m}{E_a} \quad (22)$$

式中:

C ——冷拉系数,其数值的变化自无冷拉时的 0 到 100% 冷拉时 1.0 (2/3 系数是根据经验取的,因为实际表明即使采用了最好的措施也不可能取得规定的冷拉效果);

E_a ——21 °C (70 °F) 的弹性模量;

E_m ——最高或最低温度下的弹性模量;

R ——与全位移应力范围相对应,并以 E_a 为基础反作用力或力矩范围(从柔性分析中推导出);

R_m ——在最高或最低金属温度下估算出的瞬时最大反作用力或力矩。

(b) 初始状态下的 R_a

这个计算中的温度是管道装配时的预期温度。

$R_a = CR$ 或 C_1R 两者中的较大值

式中术语除第 319.5.1(a) 节外,尚有:

$$C_1 = 1 - \frac{S_h E_a}{S_E E_m} \quad (23)$$

= 估计的自平衡或松弛系数,如 C_1 值为负数,取为 0;

R_a ——安装温度下估算出的瞬时反作用力或力矩;

S_E ——计算出的位移应力范围(见第 319.4.4 节);

S_h ——见第 302.3.5(d) 节中定义。

319.5.2 复杂系统中的最大反作用力

公式(22)和(23)不适用于有多个固定点的管道系统和两个固定点约束的系统。对以上每种情况都必须进行研究,以估计局部过应变的位置、性质和程度,以及它对应力分布和反作用力的影响。

319.6 位移的计算

当涉及间隙问题时,就可能要计算具体位置上的位移和转动。如要对连接在刚性较大的主管线上的小尺寸支管管线单独进行计算,为了对支管作出恰当的分析,必须计算或估算出连接点上的直线位移和角位移。

319.7 增加柔性的方法

管道布置通常因改变方向本身就具有柔性,这样可使位移主要产生规定范围以内的弯曲和扭转应变。其轴向拉伸和压缩应变(它将产生大的反作用力)的量通常是很小的。

如果系统缺少内在的方向变化或当系统不平衡时[见第 319.2.2(b) 节],就有可能遇到大的反作用

力或有害的过度应变。设计者宜考虑采用下列一种或几种措施来增加其柔性;弯管、环形管或偏心管;旋转接头;波纹管;波纹管滑动连接式膨胀节;或其它允许有角向、旋转或轴向移动的装置。必要时应采用合适的固定架、拉杆或其它设施,以承受由于流体压力、移动时的摩擦阻力和其它原因而产生的端部作用力。当使用了膨胀节或其它相似的装置时,在对任何管道进行柔性分析时宜考虑该接头或装置的刚度。

321 管道支架

321.1 概述

支撑结构(不包括在本规范内)和支撑元件(见第300.2节有关管道和管道支撑元件的定义)的设计应以所有同时传递至这些支撑上的作用荷载为基础。这些荷载已在第301节中阐述,包括重量影响,由于操作压力和温度造成的荷载、振动、风力、地震、冲击和位移应变(见第319.2.2节)。

对于介质为气体或蒸汽的管道,如果设计者已采取了特殊预防措施以防止液体进入管道内,且管道在初次建造或以后的检查中都不进行水压试验,则在计算重量时不需将液体的重量包括在内。

321.1.1 目标

管道及其支撑元件的布置和设计,应针对防止发生下列情况:

- (a) 超过本规范允许的管道应力;
- (b) 接头处泄漏;
- (c) 在与管道连接的设备上(如泵和透平)产生过大的推力和力矩;
- (d) 在支撑(或约束)元件上产生过大的应力;
- (e) 与外加的或流体引起的振动发生共振;
- (f) 在原有足够柔性的管道中,受到过度的热膨胀和收缩的影响;
- (g) 管道与其支架发生意外的脱离;
- (h) 在需要有排泄坡度的管道中出现管道的过度下垂;

(i) 在反复热循环条件下,管道(如热塑性塑料)受到蠕变而产生过度的变形或下垂;

(j) 过度的热流,导致支撑元件超过其设计温度极限。

321.1.2 分析

一般说来,管道支撑元件的位置和设计可以基于简化计算和工程判断来进行。但当要求更精确的分析和进行包括支撑件刚性的管道分析时,就应采用确定的应力、力矩和反作用力在支撑元件的设计中。

321.1.3 管道支撑元件的应力

除弹簧外,用于管道支撑元件的材料许用应力应按第301.3.1节规定。但用于管子支撑元件的焊接组件,在计算许用应力时不需应用纵焊缝系数 E_j 。

321.1.4 材料

(a) 永久性支架和约束件的材料应适合其工况条件。当钢材采用冷成形时,若中心线弯曲半径 <2 倍厚度,则成形后应进行退火或正火。

(b) 铸铁、球墨铸铁和可锻铸铁可用作滚柱、滚柱底座、固定底座以及其它主要受压缩荷载的支撑元件。如管道有可能受到由于脉冲或振动引起的冲击型荷载时,则不推荐使用铸铁。球墨铸铁和可锻铸铁可用作管夹、梁夹、吊钩法兰、压板、托架和可旋式吊环。

(c) 牌号不明的钢材可用作不与承压的管道组件直接相焊的管道支撑元件(已知牌号的适当的中等强度材料可直接焊于此类组件上)。这种材料的基本许用拉伸或压缩应力应 <82 MPa (12 ksi),且支架的温度应在 $-29^{\circ}\text{C} \sim 343^{\circ}\text{C}$ ($-20^{\circ}\text{F} \sim 650^{\circ}\text{F}$)之间。剪切和承重应力值见第302.3.1(b)节所述。

(d) 如果考虑了温度、强度和耐久性并进行恰当的设计,木材和其他材料可用作管道支撑元件。

(e) 焊接或粘结于管道的附件,其材料应与管道和工况相适应,其他要求见第321.3.2节。

321.1.5 螺纹

除了用于重荷载下调节需要采用其它螺纹外,一般螺杆的螺纹应符合 ANSI B1.1 的规定,松紧螺柱和调节螺母应在螺母内螺纹的全长上啮合。除非用其它方法锁紧,任何螺纹调节器都应配备防松螺母。

321.2 固定件

321.2.1 固定架和导向架

(a) 用作固定的支撑元件,应设计成能保持基本的固定位置。

(b) 为了保护系统的末端设备或其他较弱的部分,在需要控制其移动的地方或需要将膨胀引导到系统中设计为吸收膨胀的那些部分的地方,应设置约束装置(如固定架和导向架)。约束的设计、排列和位置应保证膨胀节接头的移动发生在接头所设计的方向。在设计这些固定架和导向架时,除了考虑其它热作用力和力矩外,还应考虑系统其他支架内摩擦力的影响。

(c) 用于各种型式膨胀节的管道布置、固定架、约束件、导向架和支架应按附录 X 中的第 301.2 节要求来设计。

321.2.2 除固定架和导向架外的不可伸展的支架⁰⁾

(a) 支撑元件应设计成允许管道在热膨胀和收缩时能自由移动。

(b) 吊架,包括管夹、梁夹、压板、托架,吊杆、吊带、链条和其它装置。它们应能承受所要求的荷载,螺纹件的安全荷载应根据螺纹的根部面积计算。

(c) 滑动支架。滑动支架(或滑轨)和托架应设计成能承受所支撑的荷载及由于摩擦而产生的力。支架尺寸应考虑所支撑管道的预期移动量。

321.2.3 弹性支架⁰⁾

(a) 弹簧支架的设计应使其与管道连接点的承载力等于用重量平衡计算确定的荷载。支架应具有防止弹簧发生错位、弯折或偏心荷载和预防荷载意

外脱离的措施。

(b) 恒力支架的弹簧吊架能在整个弹簧行程范围内保持基本均匀的支撑力。在有温度变化而产生明显移动的地方,使用这种类型的弹簧吊架是有利的。选用这种类型吊架时,宜使弹簧的行程范围超过其预计的移动距离。

(c) 应采取措施预防由于过度变形而使弹簧吊架产生过应力。建议所有弹簧吊架都设有位置指示器。

321.2.4 平衡锤支架

平衡锤应备有挡块以限制其行程。重锤应切实拴牢。连接平衡锤荷载到管道上所用的链条、钢索、吊钩、摇臂或其他装置应符合第 321.2.2 节的要求。

321.2.5 液压支架

一种利用液压缸的装置可用来提供恒定的支撑力。但它应备有安全装置和挡块,以备在液压失效时支撑荷载。

321.3 结构附件

连接在管道上的内外附件应设计成不致使管子产生过分的压扁、过度的局部弯曲应力或在管壁上产生有害的温度梯度。其附件的设计要考虑减少应力集中,尤其是在循环操作条件下更为重要。

321.3.1 非整体的附件

非整体的附件与管道之间靠接触产生反作用力,这些附件包括夹子、吊环、托架、U形螺栓、鞍座、夹环和 U 形夹。如果夹子装在垂直管道上以支撑其重量时,推荐将夹子装于法兰、管件或焊到管子上的支耳下面,以防滑动。

321.3.2 整体附件

整体附件包括焊接或铸造到管道上的管塞、吊耳、管托、平板和角架。采用焊接的整体附件的材料应具有良好的焊接性(见第 321.1.4(e) 节对材料的要求),其预热、焊接和热处理应附合第 V 章的规定。在管道组件中应考虑减少由于焊接整体附件引起局部应力。

(a) 在合金管道中整体补强、完整围绕补强或

⁰⁾各种形式的不可伸展(刚性的)和有弹性的支架图示于 MSS SP-58 中。

适用合金的中间垫板和设计都可能用来减少污染或不希望有的热影响。

(b) 中间垫板整体补强、完整围绕补强或其它补强方法都可用来分散应力。

321.4 结构连接件

从管道和管道支撑元件(包括约束件和支柱)来的荷载适当地传递到压力容器、建筑物、平台、支架结构、基础或能承受这种荷载又不致产生有害影响的其他管道上去。

第 6 部分 系 统

322 特殊管道系统

322.3 仪表管道

322.3.1 定义

本规范范围内的仪表管道,包括用来将仪表连接到其他管道或设备上的所有管道和管道组件,以及用来连接空气和液压操作控制装置的控制管道。它不包括仪表或与仪表安装在一起的永久密封、充满液体的管子系统,这种系统用作反映温度或压力的装置。

322.3.2 要求

仪表管道应满足本规范的相应要求和下列要求:

(a) 仪表管道的设计压力和温度应按第 301 节确定。如在管道泄放期间出现更严重的状况,则可按第 302.2.4 节关于异常变动的情况来处理。

(b) 对于连接到管道或仪器装置上去的小型仪表连接件,应考虑其机械强度(包括疲劳)(见第 304.3.5 节)。

(c) 含有通常是静止的和容易凝固的液体的仪表管道,应采用热伴管或其他加热方法并加保温层。

(d) 如需放泄(或排放)仪表管道中的有毒或可燃流体,应考虑安全处置问题。

322.6 泄压系统

本规范范围内的压力泄放系统应符合下列要求,并参见附录 F 中的第 F322.6 节。

322.6.1 在压力泄放管道中的切断阀

除下述情况外,在被保护的管道与它的一个或几个保护装置之间,或是在一个或几个保护装置与排放点之间,不应装设中间的切断阀。它们应满足下述(a)和(b)或(c)的要求。

(a) 全截面的切断阀可以安装在泄压装置进口的一侧。当一个泄压装置的排放管与其它泄压装置的排放管一起连接到公用的集管上时,则也可以在该泄压装置的排出口侧安装全截面切断阀。如果切断阀是属于这样一种形式和尺寸,它在压力降增大的情况下,不会使其排量降低到要求排量以下,也不致对泄压装置的正常操作造成不利影响,则小于全截面的切断阀可如前所述,安装在泄压装置的进口侧和排出口侧。

(b) 在压力泄放管道中使用切断阀,应在结构或可靠控制上能在大多数连锁阀同时关闭时,不会使那些未受到影响的泄压装置的泄压排量降低到所要求的泄压排量以下。

(c) 作为上述(b)的变通办法,切断阀应安装在打开或关闭位置都能被锁住或封闭。见附录 F 中的第 F322.6 节。

322.6.2 泄压排放管道

从泄压安全装置引出的排放管线应设计成便于排放。当直接向大气中排放时,不得使排放物冲击其它管道或设备,并应导离供人使用的平台和其它区域。应考虑由于安全泄压装置动作在管道系统上引起的反作用力,并应力系统设计足够的强度以承受这些反作用力。

322.6.3 泄压装置

(a) 第 301.2.2(a) 节要求的泄压装置应按 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册 UG-125(c), UG-126 ~ UG-128 和 UG-1320 ~ UG-136,但不包括 UG-135(e) 和 UG-136(c),其中的术语“最大许用工作压力”和

“容器”应分别以“设计压力”⁰¹和“管道系统”代替。泄压装置所要求的排放量应考虑所保护的全部管道系统。

(b) 除下面(1)和(2)所述外,泄放的整定压力⁰²,应按第Ⅷ卷第1册所述。

(1) 如业主批准,整定压力可超过第Ⅷ卷第1册的极限,但不能超过下面(c)款规定的最大泄放

压力。

(2) 对泄放液体热膨胀压力的,仅保护管道系统中的一封闭段的泄压装置,整定压力不应超过系统试验压力或120%环设计压力。

(c) 如满足第302.2.4节的全部要求,最大泄放压力⁰³应按第Ⅷ卷第1册的规定加上第302.2.4(f)节所允许的变动范围。

⁰¹泄压的“设计压力”是指考虑了管道系统的全部组件所允许的最大设计压力。

⁰²“整定压力”是指泄压装置开始泄放的压力,例如弹簧启动泄放阀的开启压力,安全膜装置的爆破压力或安全销装置的破碎压力。

⁰³“最大泄放压力”是指在泄压过程中最大的系统压力。

第三章 材 料

323 一般要求

第三章基于材料的固有特性对其提出了使用限制和评定要求。这些材料用于管道时,还应符合本规范中其它部分所提出的要求和限制〔见第 300.(d)节〕。支架材料见第 321.1.4 节。注意事项见附录 F 的第 F323 节。

323.1 材料和技术条件

323.1.1 表列材料

除了第 323.1.2 节的规定外,用于管道承压组件的材料应符合表列的材料技术条件。

323.1.2 非表列材料

如果非表列的材料符合公布的技术条件要求,包括化学成分、物理性能、力学性能、制造方法和工艺、热处理和质量控制,并满足本规范的其它要求,则也可使用。其许用应力可按本规范确定许用应力的原则或更保守的原则来确定。

323.1.3 牌号不明的材料

牌号不明的材料不应使用于管道承压组件。

323.1.4 回收的材料

回收的管道和其它管道组件如能识别其符合表列或公布的技术条件(第 323.1.1 或 323.1.2 节)并满足本规范的其它要求,则可使用。但应对其进行充分的清理和检验,以确定最小壁厚和没有对预期用途规定为不合格的缺陷。

323.2 温度限制

设计者应核实那些符合规范其他要求的材料,是否在整个操作温度范围内都适用。应注意附录 A 中的注(7),它解释了在表 A-1 和 A-2 中确定注意事项和温度限制的方法。

323.2.1 表列材料的温度上限

表列材料可用于与表列应力值或额定值相对应的最高温度以上的设计温度。但仅限于:

(a) 如果附录 A 或本规范其他部分未予禁止。

(b) 设计者按第 323.2.4 节要求核实材料的使用可靠性。

323.2.2 表列材料的温度下限

(a) 表列材料可用于表 A-1 所示最低温度以上的任何温度,只要其母材、焊缝熔敷层和热影响区(HAZ 按表 323.2.2 中 A 栏的相应要求评定合格。

(b) 对表 A-1 最低温度栏中有字母代号的碳钢,最低温度是由图 323.2.2A 中的应用曲线和注确定的。如果设计的最低金属温度-厚度组合是在曲线上或上部,则不要求做冲击试验。

(c) 如表 323.2.2,表 A-1 或本规范其它部分未予禁止,则表列材料可用表 A-1 或图 323.2.2A 包含注)所示最低温度以下的温度,但其母材、焊缝熔敷层和 HAZ 应按表 323.2.2 中 B 栏的相应要求评定合格。

(d) 在图 323.2.2B 中定义应力比 < 1 的区域,图 323.2.2B 则对使用第 323.2.2 (a) 和 (b) 节包括的没有做冲击试验的碳钢提供进一步的基础。

(1) 对设计最低温度 $\geq -48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-55\text{ }^{\circ}\text{F}$) 毋需冲击试验的最低设计金属温度按第 323.2.2 (b) 节确定,对已给定材料及厚度,可以降低的温度降低量按图 323.2.2B 适用的应力比去查。如果得出的温度 $<$ 最低设计金属温度,则该材料不要求冲击试验。应用这点时,管道系统还应符合下列要求:

a) 管道应承受 ≥ 1.5 倍设计压力的水压试验;

b) 除非管道公称壁厚 $\leq 13\text{ mm}$ ($\frac{1}{2}\text{ in}$),管道系统应对维护荷载、冲击荷载及热冲击等外荷载有安全防护(见附录 G)。

(2) 除表 323.2.2 注(3)外,所有材料在设计最低温度 $< -48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-55\text{ }^{\circ}\text{F}$) 下,都要求冲击试验。

(e) 低于表 A-1 或图 323.2.2A 所示的最低温度的任何温度的许用应力或组件额定级,不应超过表 A-1 或组件标准中该材料或组件规定的最低温度下的许用应力值或额定级。

(f) 对下列焊缝金属和设计最低温度的组合,不

要做冲击试验：
 (1) 没有填充金属、C ≤ 0.10% 的奥氏体不锈钢焊缝，设计最低温度 ≥ -101 °C (-150 °F)。
 (2) 奥氏体焊缝金属：
 (a) 填充金属 C ≤ 0.10% 并按 AWS A5.4、A5.9、A5.11 或 A5.22⁽¹⁾ 生产，设计最低温度 ≥ -101 °C (-155 °F)。
 (b) 填充金属 C > 0.10% 并按 AWS A5.4、A5.9、A5.11 或 A5.22⁽¹⁾ 生产，设计最低温度 ≥ -48 °C (-55 °F)。

表323.2.2 金属材料低温冲击韧性试验的要求

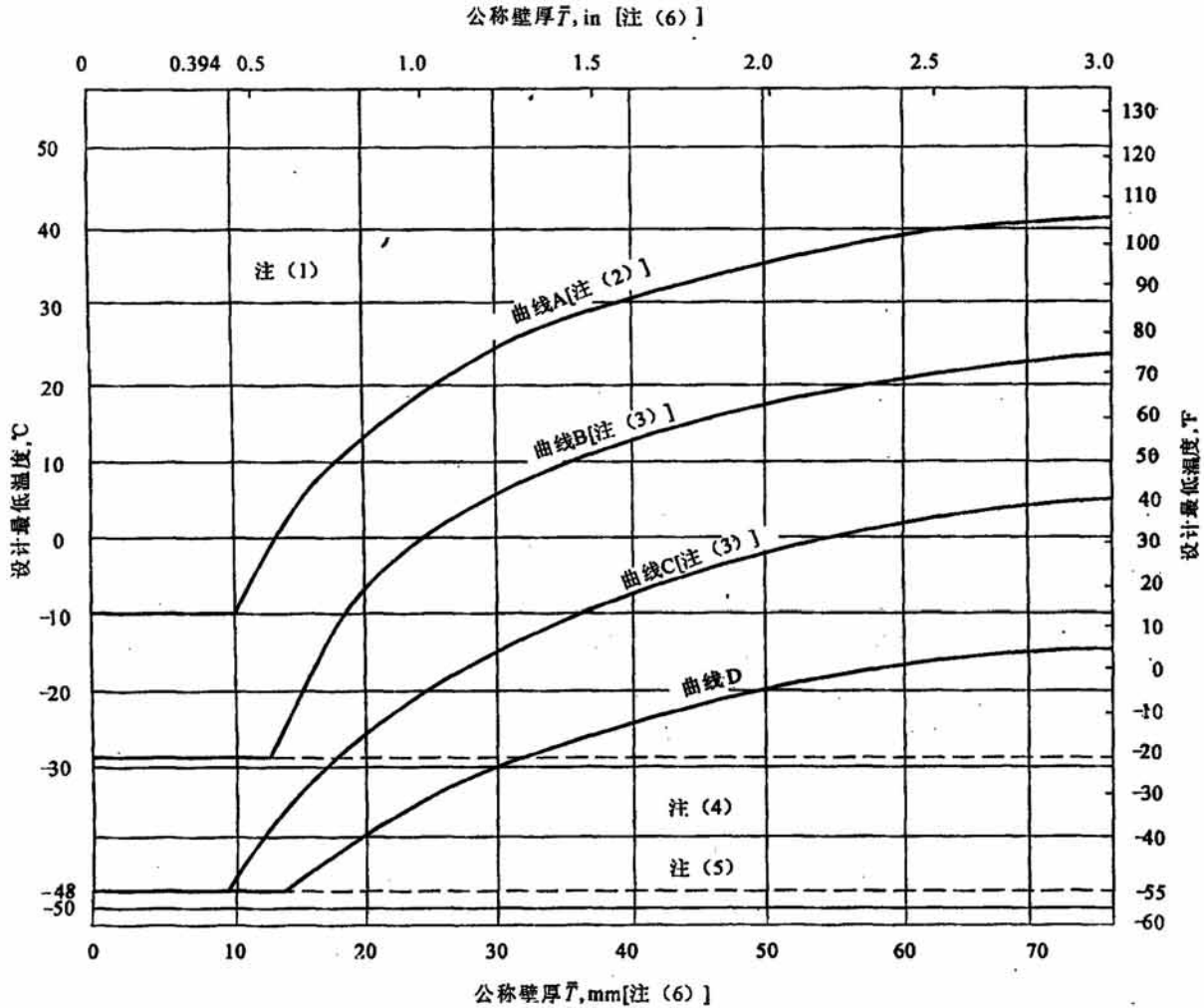
(这些冲击试验要求是对材料技术条件要求的试验以外的附加要求)

材料类型	A 栏 设计最低温度 ≥ 表A-1或图323.2.2A所示的最低温度		B 栏 设计最低温度 < 表A-1或图323.2.2A所示的最低
	(a) 母材	(b) 焊缝金属和 HAZ ⁽²⁾	温度
1. 灰铸铁	A-1 无附加要求		B-1 无附加要求 温度
2. 可锻和球墨铸铁；碳钢	A-2 无附加要求		B-2 不应使用方框 2 材料
3. 其它碳钢；低、中合金钢；高合金铁素体钢双炼不锈钢	A-3(a) 无附加要求	A-3(b) 除了注(3)和(5)规定外，如最低设计温度 < -29 °C (-20 °F)，则应按第 323.3 节要求对焊缝熔敷金属进行冲击试验，还除了下列对图 323.2.2A 曲线 C 和 D 的表列材料，相应的焊接材料，按图用的 AWS 技术条件，在温度 ≤ 设计最低温度下进行过冲击试验评定，则没有附加试验要求。	B-3 除了注(3)和(5)规定外，母材按相应的 ASTM 技术条件(见第 323.3.2 节)热处理，然后，母材、焊缝熔敷金属和 HAZ 按第 323.3.3 节 ⁽²⁾ 进行冲击试验；当材料用于设计最低温度低于图 323.2.2A 的注(2)和(3)所允许的代表曲线时，焊缝熔敷金属和 HAZ 应进行冲击试验 ⁽²⁾ 。
4. 奥氏体不锈钢	A-4(a) 如果 (1) 分析的 C > 0.1%。 (2) 材料未经固熔热处理，则除注(3)和(6)规定外，当最低设计温度 < -29 °C (-20 °F) 时，按第 323.3 节进行冲击试验。	A-4(b) 除了第 323.2.2 节和注(3)和(6)规定外，如最低设计温度 < -29 °C (-20 °F)，则应按第 323.3 节要求对焊缝金属进行冲击试验。	B-4 母材和焊缝金属应按第 323.3 节要求进行冲击试验，见注(2)、(3)和(6)。
5. 奥氏体球墨铸铁 ASTM A571	A-5(a) 无附加要求	A-5(b) 不允许焊接	B-5 母材应按第 323.3 节要求进行冲击试验。不能用于温度 < -196 °C (-320 °F)。不允许焊接
6. 铝、铜、镍及其合金非合金钛	A-6(a) 无附加要求	A-6(b) 无附加要求，但如填充金属成分超出母材成分范围，则应按 B-6 栏进行试验	B-6 设计者应采用适当的试验 ⁽⁴⁾ 来确认母材、焊缝和 HAZ 适用于设计最低温度
非表列材料	7. 非表列材料应符合公布的技术条件，如其成分、热处理和制品形式与某一表列材料类似，应满足相应表列材料的要求。其它非表列材料应按 B 栏相应段落的要求评定。		

04 注：(1) 符合下列的碳钢均受方框 B-2 的限制：ASTM A36、A283 和 A570 的板；ASTM A134 管道管，当用这些板制造管时；ASTM A53F 型和 API 5L Gr. 25 对接焊的管道管。

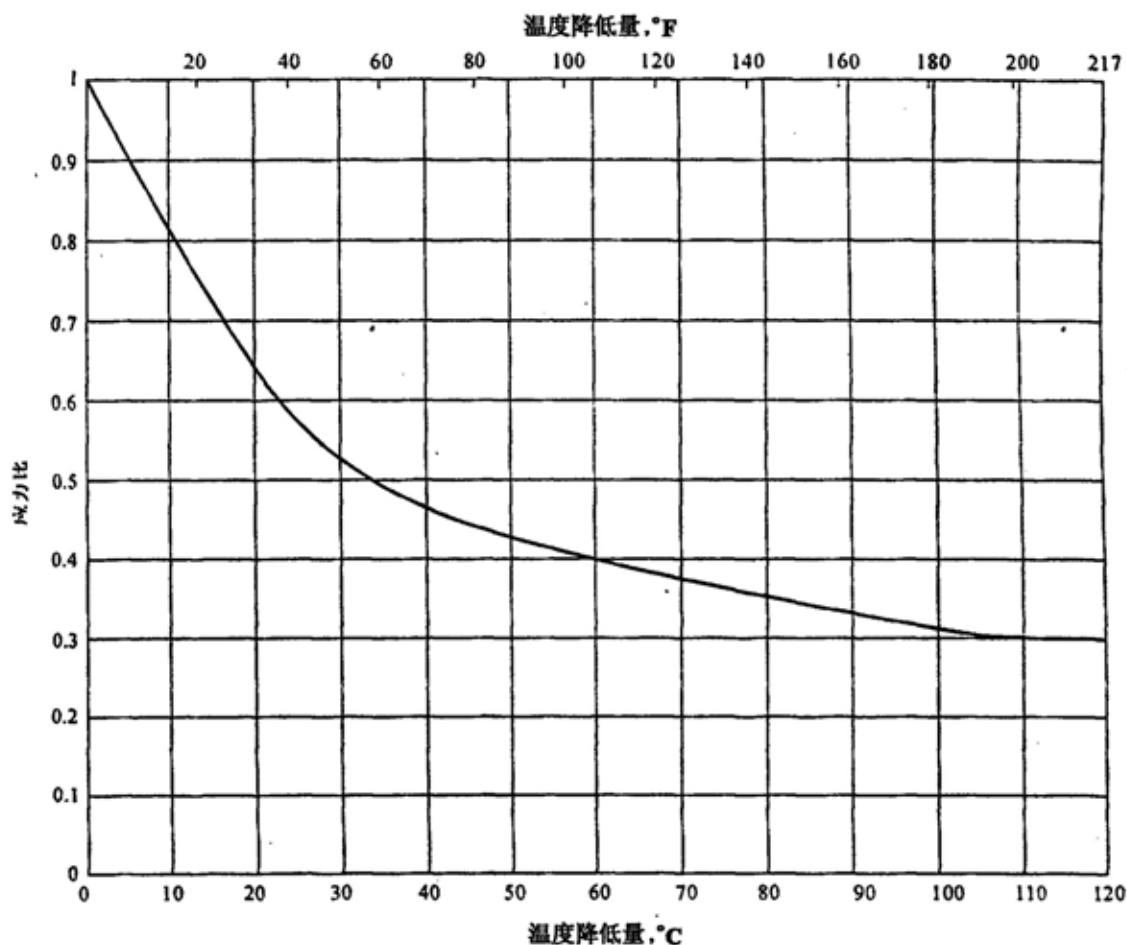
(1) 参考的 AWS 标准标题如下：AWS A5.4《不锈钢手工电弧焊焊条》；AWS A5.9《不锈钢焊丝和填充丝》；AWS A5.11《镍和镍基金手工电弧焊焊条》；AWS A5.14《镍及镍合金填充丝和焊丝》；AWS A5.22《弧焊用不锈钢药芯焊丝和钨极气体保护焊用不锈钢药芯填充丝》。

- (2) 符合表 323.3.1 要求的冲击试验,它是作为焊接工艺评定的一部分进行的,要符合第 323.2.2 节的全部要求,不需要对产品焊缝重复试验。
- (3) 如设计最低温度 $< -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{F}$),但 $\geq -104\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-150\text{ }^{\circ}\text{F}$),并且按图 323.2.2B 的应力系数不超过 0.3,则不要求冲击试验。
- (4) 试验在 \leq 设计最低温度下进行可包括拉伸延伸率、尖缺口抗拉强度(与无缺口的抗拉强度比较)和/或其它试验,(并参见第 323.3.4 节)。
- (5) 当夏比冲击试样可获得沿缺口宽度 $< 2.5\text{ mm}$ (0.098 in) 时,不要求作冲击试验。在这些条件下,设计最低温度不应 $< -48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-55\text{ }^{\circ}\text{F}$) 或表 A-1 中材料的最低温度(二者取低值)。
- (6) 当夏比冲击试样沿缺口宽度 $< 2.5\text{ mm}$ (0.098 in) 时,不要求做冲击试验。



- 注: (1) 任何碳钢材料对 D 类流体工况都可使用的最低温度 $\geq -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20\text{ }^{\circ}\text{F}$)。
- (2) API 5L Gr. X 和 ASTM A381 材料,如果正火或淬火后回火,可以按曲线 B 使用。
- (3) 下列材料如果经过正火,可按曲线 D 使用:
 - (a) ASTM A516 板,所有等级;
 - (b) ASTM A671 管道管 Gr. CE55、CE60 及用 A516 板所有等级;
 - (c) ASTM A672 管道管 Gr. CE55、E60 及用 A516 板所有等级。
- (4) 制造管道或组件的焊接工艺应包括对任何设计最低温度 $< -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20\text{ }^{\circ}\text{F}$) 的焊缝和 HAZ 都应做冲击试验,表 323.2.2A-3(b) 例外。
- (5) 对任何设计最低温度 $< -48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-55\text{ }^{\circ}\text{F}$) 都要求按第 323.3 节做冲击试验;表 323.2.2 注(3)允许的例外。
- (6) 法兰盖和插板应取 $\bar{T}=1/4$ 法兰厚度。

图 323.2.2A 碳钢材料无需冲击试验的最低温度(见表 A-1 表列材料的指定曲线)



说明: (a) 应力比定义为下列的最大值:

- (1) 公称压应力(基于最小管道壁厚公差)除以设计最低温度时的 S_t ;
 - (2) 对有压力级的管道组件,在所考虑条件下的压力除以设计最低温度下的压力级;
 - (3) 由压载、自重和应变位移(在这个计算中不包括应力强度因子)引起的组合纵向应力除以设计最低温度下的 S_t 。在计算纵向应力中,管道系统的力和力矩都应该用公称尺寸计算,而且应力应该用基于无腐蚀、磨蚀和机械允差的公称尺寸的截面特征值计算。
- (b) 在确定上述定义的应力比时应采用与所考虑温度同时发生的荷载。

图 323.2.2B 碳钢材料无需冲击试验时最低设计金属温度的降低量

323.2.3 非表列材料的温度下限

按第 323.1.2 节允许使用的非表列材料,应按第 323.2.4 节要求,从设计的最低温度到设计(最高)温度的全工况温度范围进行评定。

323.2.4 使用可靠性的核实

(a) 当使用非表列材料或使用表列材料于高于附录 A 表列应力值相对应的最高温度以上的温度,设计者应负责论证许用应力和其它设计极限的正确性和在选用材料中所用方法的正确性,包括应力数

据的推导和温度极限的建立。

(b) 对材料和预期的工况条件,拟定设计极限的数据应该用按公认的技术进行的完善科学程序来获得。需考虑的因素包括:

- (1) 数据的适用性和可靠性,尤其是对温度范围极限值;
- (2) 材料对流体工况和整个温度范围环境产生的有害影响的抵抗力;
- (3) 按第 302.3 节确定许用应力。

表323.2.2A 不要求冲击试验时碳钢材料的最低温度列表值

公称厚度 [注(6)]		最低设计温度							
		曲线A[注(2)]		曲线B[注(3)]		曲线C[注(3)]		曲线D	
mm	in.	℃	℉	℃	℉	℃	℉	℃	℉
6.4	0.25	-9.4	15	-28.9	-20	-48.3	-55	-48.3	-55
7.9	0.3125	-9.4	15	-28.9	-20	-48.3	-55	-48.3	-55
9.5	0.375	-9.4	15	-28.9	-20	-48.3	-55	-48.3	-55
10.0	0.394	-9.4	15	-28.9	-20	-48.3	-55	-48.3	-55
11.1	0.4375	-6.7	20	-28.9	-20	-41.7	-43	-48.3	-55
12.7	0.5	-1.1	30	-28.9	-20	-37.8	-36	-48.3	-55
14.3	0.5625	2.8	37	-21.7	-7	-35.0	-31	-45.6	-50
15.9	0.625	6.1	43	-16.7	2	-32.2	-26	-43.9	-47
17.5	0.6875	8.9	48	-12.8	9	-29.4	-21	-41.7	-43
19.1	0.75	11.7	53	-9.4	15	-27.2	-17	-40.0	-40
20.6	0.8125	14.4	58	-6.7	20	-25.0	-13	-38.3	-37
22.2	0.875	16.7	62	-3.9	25	-23.3	-10	-36.7	-34
23.8	0.9375	18.3	65	-1.7	29	-21.7	-7	-35.6	-32
25.4	1.0	20.0	68	0.6	33	-19.4	-3	-34.4	-30
27.0	1.0625	22.2	72	2.2	36	-18.3	-1	-33.3	-28
28.6	1.125	23.9	75	3.9	39	-16.7	2	-32.2	-26
30.2	1.1875	25.0	77	5.6	42	-15.6	4	-30.6	-23
31.8	1.25	26.7	80	6.7	44	-14.4	6	-29.4	-21
33.3	1.3125	27.8	82	7.8	46	-13.3	8	-28.3	-19
34.9	1.375	28.9	84	8.9	48	-12.2	10	-27.8	-18
36.5	1.4375	30.0	86	9.4	49	-11.1	12	-26.7	-16
38.1	1.5	31.1	88	10.6	51	-10.0	14	-25.6	-14
39.7	1.5625	32.2	90	11.7	53	-8.9	16	-25.0	-13
41.3	1.625	33.3	92	12.8	55	-8.3	17	-23.9	-11
42.9	1.6875	33.9	93	13.9	57	-7.2	19	-23.3	-10
44.5	1.75	34.4	94	14.4	58	-6.7	20	-22.2	-8
46.0	1.8125	35.6	96	15.0	59	-5.6	22	-21.7	-7
47.6	1.875	36.1	97	16.1	61	-5.0	23	-21.1	-6
49.2	1.9375	36.7	98	16.7	62	-4.4	24	-20.6	-5
50.8	2.0	37.2	99	17.2	63	-3.3	26	-20.0	-4
51.6	2.0325	37.8	100	17.8	64	-2.8	27	-19.4	-3
54.0	2.125	38.3	101	18.3	65	-2.2	28	-18.9	-2
55.6	2.1875	38.9	102	18.9	66	-1.7	29	-18.3	-1
57.2	2.25	38.9	102	19.4	67	-1.1	30	-17.8	0
58.7	2.3125	39.4	103	20.0	68	-0.6	31	-17.2	1
60.3	2.375	40.0	104	20.6	69	0.0	32	-16.7	2
61.9	2.4375	40.6	105	21.1	70	0.6	33	-16.1	3
63.5	2.5	40.6	105	21.7	71	1.1	34	-15.6	4
65.1	2.5625	41.1	106	21.7	71	1.7	35	-15.0	5
66.7	2.625	41.7	107	22.8	73	2.2	36	-14.4	6
68.3	2.6875	41.7	107	22.8	73	2.8	37	-13.9	7
69.9	2.75	42.2	108	23.3	74	3.3	38	-13.3	8
71.4	2.8125	42.2	108	23.9	75	3.9	39	-13.3	8
73.0	2.875	42.8	109	24.4	76	4.4	40	-12.8	9
74.6	2.9375	42.8	109	25.0	77	4.4	40	-12.2	10
76.2	3.0	43.3	110	25.0	77	5.0	41	-11.7	11

323.3 冲击试验方法和验收准则

求进行冲击试验时,应按表 323.3.1 的要求进行,其试验方法和验收准则按第 323.3.2 ~ 323.3.5 节所述。

323.3.1 概述

当按表 323.2.2 本规范其他部分或工程设计要

04

表 323.3.1 金属的冲击试验要求

试验特点	A 栏 材料制造厂已进行试验的材料 ⁽¹⁾ ,或表323.2.2中仅要求对焊缝进行冲击试验的材料	B 栏 材料制造厂未进行过试验的材料或虽经过试验但在制作期间或制作后进行过热处理的材料	
材 料 的 试 验	试验的数量	A-1 下述两者中较多者: (a) 材料技术条件规定的; (b) 第 323.3.2 节相应技术条件规定的 ⁽³⁾ 。	B-1 第 323.3.2 节所列相应技术条件规定的数量 ⁽²⁾ 。
	试样的位置 and 方向	A-2 按第 323.3.2 节所列技术条件的要求。	B-2 * 按第 323.3.2 节所列技术条件的要求。
	试验进行者	A-3 材料制造厂	B-3 制作者或安装者
制 作 或 装 配 焊 缝 的 试 验	制备冲击试样的试件	A-4 对使用的每种焊接工艺、每种填充金属类型(即 AWS E-XXXX 分类号),每种焊剂均要进行一套试验。试件应与安装管道基本相同的热处理(包括处理温度、保温时间和冷却速率)。	
	试件的数量 ⁽³⁾	A-5 (a) 试件厚度为 T,每一个材料厚度范围为 T/2~T+6.4 mm(1/4 in)者,每一厚度范围 1 个试件。 (b) 如焊缝已按 A-4 要求对每一相同类型和等级的材料(或 BPV 规范第 K 卷中相同的 P-No. 和组号)、相同的厚度范围进行过试验且能提供试验记录,则不要求对每一批材料或每一件制备试件,但工程设计有要求时除外。	B-5 (a) 从每个技术条件和等级的每批材料,包括不同热处理条件,制备一个试件 ⁽⁴⁾ 。 (b) 如材料是由制作者或安装者按上述 B-1 和 B-2 的要求进行评定,则应用 A-5 的要求。
	试样的位置 and 方向	A-6 (a) 焊缝金属:横穿焊缝,其缺口在焊缝金属上,缺口轴线应垂直于材料表面且试样的一个面距材料表面 ≤ 1.5 mm(1/16 in)。 (b) 热影响区(HAZ):横穿焊缝,要有足够长度,以使浸蚀后缺口位于热影响区内,缺口的切取应近似垂直材料表面并使试样的最终断裂处应包括尽可能多的热影响区。	
试验进行者	A-7 制作者或安装者		

- 注: (1) 当冲击试验由材料制造厂完成时(指在表 323.2.2 的 B-3 项要求的适当的热处理已完成后的试验),应从材料制造厂处取得一个合格的冲击试验报告,作为材料(包括用于制造中的焊缝)已满足本规范要求和下述条件的证据。
 (a) 试验是从供给制作者或安装者并由其使用的代表性材料上取试样进行的。
 (b) 试验是在材料的试件上取样进行的,该试件受到单独的但与材料相同方式的热处理(包括由材料制造厂进行的热处理),以代表完工的管道。
 (2) 如在制造、制作和安装中使用了焊接,则对 HAZ 的试验已足以代表母材的试验。
 (3) 试件的尺寸应足够大,以允许按第 323.3 节要求从焊缝和 HAZ(如需要时)各取 3 个试样,如不能满足此要求,则需制备额外的试件。
 (4) 本要求中的“批”是指第 323.3.2 节所列技术条件中相应的制品形式(即板、管等)“试验的数量”项下的材料数量。

*“B-2”为译者所加。原文中没有,但 B-5 中提到 B-2。——译注

323.3.2 程序

对任一材料技术条件的每种制品形式(包括组件上的焊缝)的冲击试验均应按 ASTM A370 的规定程序和试验设备进行试验,并符合下列技术条件中的冲击试验要求。但当本规范的特殊要求与这些技术条件有矛盾时,应遵照本规范要求。

制品形式	ASTM Spec. No.
管道	A 333
管子	A 334
管件	A 420
锻件	A 350
铸件	A 352
螺栓连接件	A 320
板材	A 20

说明:未列于附录 A 的技术条件索引中的参照标准标题如下:A20《压力容器用钢板通用技术条件》和 A370《钢材力学性能试验方法和定义》。

323.3.3 试样

每组冲击试样应由 3 个试样组成。所有的冲击试验应使用标准的 10mm(0.394 in)正方形截面的夏比 V 形缺口试样,除非材料的形状或厚度不允许。夏比冲击试验可用全材料厚度试样也可用加工方法除去表面不平或减小材料厚度以制备最大可能尺寸的夏比试样,见表 323.3.4。

表 323.3.4 夏比冲击试验温度降低值⁽¹⁾

材料实际厚度[见第323.3.4(b)节]或夏比冲击试样沿缺口的宽度 ⁽²⁾		相对于最低设计温度的温度降低值	
mm	in	°C	F
10(全尺寸标准试棒)	0.394	0	0
9	0.354	0	0
8	0.315	0	0
7.5(¾试棒)	0.295	2.8	5
7	0.276	4.4	8
6.67(⅔试棒)	0.262	5.6	10
6	0.236	8.3	15
5(½试棒)	0.197	11.1	20
4	0.157	16.7	30
3.33(⅓试棒)	0.131	19.4	35
3	0.118	22.2	40
2.5(¼试棒)	0.098	27.8	50

注:(1)当表 323.3.5 规定使用横向膨胀最小值时,不用表列的温度降低值。

(2)中间值允许用直线内插头。

323.3.4 试验温度

所有夏比冲击试验的试验温度都应遵守第 323.3.4(a)或(b)节的规定。试样和夹钳都应冷却足够长的时间以达到试验的温度。

表 323.3.5 夏比 V 形缺最低冲击功

规定的最小抗拉强度	试样的数量 ⁽¹⁾	冲击功 ⁽¹⁾			
		完全脱氧钢		非完全脱氧钢	
		J	ft-lb	J	ft-lb
(a) 碳钢和合金钢					
≤448 MPa (65 ksi)	3 个试样 平均值	18	13	14	10
	1 个试样 最低值	14	10	10	1
>65~517 MPa (75 ksi)	3 个试样 平均值	20	15	18	13
	1 个试样 最低值	16	12	14	10
>517~656 MPa (95 ksi)	3 个试样 平均值	27	20		
	1 个试样 最低值	20	15		
≥656 MPa ⁽²⁾	3 个试样的 最小值	0.38 mm(0.015 in)			
	(b) P-No. 6, 7.8 的钢	3 个试样的 最小值	0.38 mm(0.015 in)		
横向膨胀量					

注:(1)本表所示冲击功系用于标准尺寸试样,对于小尺寸试样,应将此值乘以实际试样宽度与全尺寸试样宽度 10 mm(0.394 in)之比。

(2)允许的重试,见第 323.3.5(d)节。

(3)对于此强度等级内的螺栓材料,如其公称尺寸≤M52(2 in)时,则可用 ASTM A320 的冲击要求;如其公称尺寸>M52,应采用本表要求。

在 \leq 设计最低温度下进行;如最大可取试样沿缺口宽度 $<8\text{mm}$ 时,则试验应按表 323.3.4 所示,根据该试样宽度在设计最低温度下再降低一个值的温度下进行。

(b) 对于厚度 $<10\text{ mm}$ (0.394 in) 的材料 如能得到的最大夏比 V 型缺口试样的宽度至少为 80% 材料厚度时,使用这种试样的夏比试验应在 \leq 最低设计温度下进行;如最大可取试样沿缺口宽度 $<80\%$ 材料厚度时,其试验温度比设计最低温度所降低的值,等于实际材料厚度对应温度降低数与实际试验的夏比试样宽度对应的温度降低数之差(参见表 323.3.4)。

323.3.5 验收准则

(a) 最低冲击功要求

除螺栓连接材料外,对于规定的最小抗拉强度 $<656\text{ MPa}$ (95 ksi)的碳钢和低合金钢,适用的最低冲击功要求应如表 323.3.5 所示。

(b) 横向膨胀量要求

规定的最小抗拉强度 $\geq 656\text{ MPa}$ (95 ksi)的其它碳钢和低合金钢、所有的螺栓连接材料和所有的高合金钢(P-No. 6、7 和 8),对于所有的试样尺寸都应在缺口的对面具有 $\geq 0.38\text{ mm}$ (0.015 in)的横向膨胀量,它是指冲击试样断裂后的宽度超过其未断裂时宽度的增量,测量部位在受压一侧并平行于 V 形缺口底线处(见 ASTM A370)。

(c) 焊缝冲击试验的要求

当两种具有不同冲击功要求值的母材焊接在一起时,焊缝冲击功要求应按具有规定最小抗拉强度焊缝金属最接近匹配的规定最小抗拉强度的母材的要求。

(d) 重试

(1) 吸收冲击功的准则

当 3 个试样的平均冲击功 \geq 单个试样的最小允许值,但有多于 1 个试样的数值低于需要的平均值时,或是 1 个试样的数值低于单个试样的最小允许值时,应另增加 3 个试样重复进行试验,而重试的 3 个试样的每一个试验数值都应 \geq 要求的平均值。

(2) 横向膨胀量的准则

如一组 3 个试样中的 1 个试样的横向膨胀量 $<0.38\text{ mm}$ (0.015 in),但 $\geq 0.25\text{ mm}$ (0.10 in),且 3 个试样的平均值 $\geq 0.38\text{ mm}$ (0.015 in)时,则可另取 3 个试样重试,重试的每个试样的值均应 \geq 规定的最小值 0.38 mm (0.15 in)。对于经过热处理的材料,如在重试中未能获得要求的数值,或如果在初试时的数值低于允许重试的最低值,则可对材料重新热处理后重试。在重新热处理后,应再制取一组 3 个试样,这组试样的每一个试样的横向膨胀值必须 $\geq 0.38\text{ mm}$ (0.15 in),方为合格。

(3) 对于反常的试验结果

当试样因缺陷或试验不可靠而产生反常的结果时,允许重试。

323.4 流体工况对材料的要求

323.4.1 概述

第 323.4 节的要求适用于承压零部件,不适用于支架、垫片、密封填料或螺栓连接件的材料。也可参见附录 F 中的第 F323.4 节。

323.4.2 特殊要求

(a) 球墨铸铁

球墨铸铁不得用于温度 $< -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20\text{ }^{\circ}\text{F}$) (奥氏体球墨铸铁除外)或 $>343\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($650\text{ }^{\circ}\text{F}$)的承压零部件。符合 ASTM A571 的奥氏体球墨铸铁可用于温度 $< -29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-20\text{ }^{\circ}\text{F}$)直到按该技术条件要进行冲击试验的温度,但不得低于 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($320\text{ }^{\circ}\text{F}$)。

阀体和阀盖或盖板用 ASTM A395 规定的材料制成,并满足 ASME B16.42 的要求和满足 ASME B16.34 标准级别,API 594, API 599 或 API 609 的所有附加要求的阀门,可以在 ASME B16 中给出的压力—温度额定参数范围内使用。

无论在球墨铸铁组件的制作或返修中,或是在管道系统中装配这类组件时,都不得使用焊接。

(b) 其他铸铁

下述各项不适用于剧烈循环操作条件。如果对过热、热冲击、机械冲击和误操作采取了适当的防护

措施,满足下列要求时,可用于其它工况条件:

(1) 铸铁不得用于温度 $> 149^{\circ}\text{C}$ (300°F) 和表压 $> 1035\text{ kPa}$ (150 psi) 的烃类或其它可燃性流体工况的工艺单元的地面以上部位。在其它位置内,压力极限应为 2760 kPa (400 psi)。

(2) 可锻铸铁不得用于温度 $< -29^{\circ}\text{C}$ (-20°F) 或 $> 343^{\circ}\text{C}$ (650°F) 的任何流体工况;也不得用于温度 $> 149^{\circ}\text{C}$ (300°F) 或表压 $> 2760\text{ kPa}$ (400 psi) 的可燃性流体工况。

(3) 高硅铸铁(14.5% Si)不得用于可燃性流体工况。当使用这种材料时,宜与制造者磋商其压力—温度额定级和防护措施。

(c) 其他材料

(1) 如在铝铸件上使用了焊接或热切割,则附录 A 中的许用应力和表 326.1 中的组件额定值均不适用。设计者有责任确定这些应力和额定值,并与本规范要求取得一致。

(2) Pb、Sn 及其合金不得用于可燃性流体工况。

323.4.3 复层和衬里材料

带金属复层或金属衬里的材料可按下列规定使用:

(a) 如管道组件由下列标准的整体复合板制成:

(1) ASTM A263《耐腐蚀铬钢复合板材、薄板和带材》;

(2) ASTM A264《不锈钢镍钢复合板材、薄板和带材》;

(3) ASTM A265《镍及镍基合金复合板材、薄板和带材》。只要基层金属和复层金属都是本规范第 323.1 节允许的且复合板已经过剪切试验并满足相应的 ASTM 标准关于剪切试验的全部要求,则按第 304 节规则的压力设计可基于扣除腐蚀裕量后的基层和复层的总厚度。其各自许用应力(基层和复

层)应取自附录 A 或按第 302.3 节规则确定,但设计厚度内复层部分的许用应力决不应大于基层部分的许用应力。

(b) 对于所有其他金属复合或衬里的管道组件,其基层金属应是符合第 323.1 节规定的可接受的规范材料,第 304 节压力设计中所采用的厚度,不应包括复层或衬里的厚度。其许用应力应是基层金属在设计温度下的许用应力。对于这类组件,使用者可根据拟用于的工况和管道组件的制造与装配方法作出判断,选用合适的复层或衬里材料。

(c) 除按第 323.4.3(a) 节设计的组件外,本规范对材料的流体工况要求不应限制这些材料用作管道或其它组件的复层或衬里。除了在确定温度限制范围时,应对内部和外部材料及它们之间的连结同时予以考虑外,本规范对外部材料(包括对组件和接头)的流体工况要求应予限制。

(d) 复合或衬里的管道组件采用焊接制作及对这些组件的检验和试验应按 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册中的 UCL-30 ~ UCL-52,或本规范的第 V 章和第 VI 章,两者中较严格的规定。

323.5 材料在使用中的变质

选择材料以抵抗其在使用中变质不属本规范的范围,见 300(c)(6)。基于经验的推荐性导则列于附录 F 中的第 F323 节。

325 其他材料

325.1 连接和辅助材料

当选择诸如胶粘剂、结合剂、溶剂、软钎料、硬钎料、密封填料和 O 形环等用以制作或密封接头时,设计者应考虑它们对流体工况的适用性(同时也宜考虑连接和辅助材料对处理的流体可能产生的影响)。

第IV章 管道组件标准

326 组件的尺寸和额定级

326.1 尺寸要求

326.1.1 表列管道组件

管道组件的尺寸标准^{(1)*} 列于表 326.1 中。附录 A 所列技术条件的尺寸要求亦应视为本规范的要求。

326.1.2 非表列管道组件

表 326.1 或附录 A 中未列入的管道组件,在可能范围内其尺寸应与相似的表列组件的尺寸相一致。除第 303 和 304 节规定外,它应能提供与标准组件相等的强度与性能。

326.1.3 螺纹

凡未包括在主控的组件标准或技术条件内的管道连接螺纹,其尺寸应符合表 326.1 或附录 A 中相关标准的要求。

326.2 组件的额定级

326.2.1 表列组件

303 节规定可用于压力设计。

326.2.2 非表列组件

非表列管道组件的压力-温度额定级应符合第 304 节中有关条款。

326.3 参考文件

表 326.1 中所列文件包含未列入表 326.1 的规范、标准和技术条件的参考资料。那些非表列规范、标准和技术条件应仅用于它们出现的表列文件的上下文中。

本规范的设计、材料、制作、装配、检查、检验和试验要求都不适用于按表 326.1 所列文件制造的组件,除非本规范或表列文件有特别声明。

表 326.1 组件标准⁽¹⁾

04

标准或技术条件	代号 ⁽²⁾
螺栓连接件	
方头、六角头螺栓及螺钉,英制系列,包括六角头螺钉和方头螺钉	ASME B18.2.1
四方和六角螺母(英制系列)	ASME B18.2.2
金属管件、阀门和法兰	
铸铁管法兰和法兰管件	ASME B16.1
可锻铸铁螺纹管件	ASME B16.3
灰铸铁螺纹管件	ASME B16.4
管法兰和法兰管件	ASME B16.5
工厂制造的轧制对接焊管件	ASME B16.9
阀门面对面和端至端的尺寸	ASME B16.10
承插焊式和螺纹锻造管件	ASME B16.11
钢管螺纹的管塞、内外螺纹缩节和锁紧螺帽	ASME B16.14
铸青铜螺纹管件(125和250磅级) ⁽¹⁾⁽²⁾	ASME B16.15
铸铝合金钎焊连接的受压管件	ASME B16.18

(1)* 此处注①与表 326.1 注(1)相同,从略。——译注

表 326.1 (续) 04

标准或技术条件	代号 ⁽²⁾
锻造铜和铜合金钎焊连接的受压管件	ANSI B16.22
150、300、400、600、900、1500 级青铜管法兰和 150 和 300 法兰管件	ANSI B16.24
扩口铜管用铸造铜合金管件	ANSI B16.26
锻钢对接焊小半径弯头和 180°弯头 ⁽³⁾	ASME B16.28
法兰、螺纹和焊接端连接的阀门	ASME B16.34
300、600、900、1500 和 2500 级孔板法兰	ASME B16.36
150、250、和 300 级可锻铸铁螺纹管接头	ASME B16.39
150 和 300 级球墨铸铁法兰和法兰管件	ASME B16.42
大直径钢法兰, NPS 26~60	ASME B16.47
钢制管线盲板	ASME B16.48
法兰连接的钢制安全泄压阀	API 526
对夹型和対夹凸耳型止回阀	API 594
法兰和焊接连接的金属旋塞阀	API 599
法兰和对焊连接、螺栓连接和压力密封阀盖的钢制闸阀	API 600
紧凑型钢闸阀	API 602
150 级铸造耐腐蚀法兰端闸阀	API 603
法兰、螺纹和焊接端连接的金属球阀	API 608
凸耳型和対夹型蝶阀	API 609
用于水和其他液体 3~48 in(75~1200 mm)球墨铸铁和灰铸铁管件	AWWA C110
带球墨铸铁或灰铸铁螺纹法兰的铸铁管	AWWA C115
水厂用 4~144 in(100~3600 mm)钢管道法兰	AWWA C207
钢制水管管件尺寸	AWWA C208
供水系统用金属阀座闸阀	AWWA C500
橡胶座蝶阀	AWWA C504
管道法兰接触面和阀门及管件法兰的连接端部的粗糙度标准	MSS SP-6
青铜、铁和钢法兰的端面	MSS SP-9
阀门、管件、法兰和管接头标准标记体系	MSS SP-25
150 级(PN 20)带法兰和对接焊端部的耐腐蚀闸阀、球阀、角阀和止回阀	MSS SP-42
不锈钢锻制对焊管件包括参照其他耐腐蚀材料	MSS SP-43
钢制管路法兰	MSS SP-44
旁路和排放连接标准	MSS SP-45
150LW 级耐腐蚀铸造法兰管件	MSS SP-51
使用透镜垫的高压化工用法兰和螺纹短节	MSS SP-65
法兰连接和螺纹连接的铸铁闸阀	MSS SP-70
法兰连接和螺纹连接的灰铸铁旋启式止回阀	MSS SP-71
一般用途的法兰或对焊连接的球阀	MSS SP-72
优质锻制对焊管件技术条件	MSS SP-75
承插焊异径管插入件	MSS SP-79
青铜闸阀、球阀、角阀和止回阀	MSS SP-80
无阀盖法兰连接不锈钢刀形闸阀	MSS SP-81
3000 级承插焊和螺纹连接的碳钢管接头	MSS SP-83

表 326.1 (续)

04

标准或技术条件	代号 ⁽²⁾
法兰连接和螺纹连接的铸铁球阀和角阀	MSS SP-85
隔膜阀	MSS SP-88
模锻螺纹接头和大管塞	MSS SP-95
承插焊、螺纹和对焊连接的整体补强锻制支管出口管件	MSS SP-97
规范用仪表阀	MSS SP-105
不锈钢、铜镍钟形端承插焊管件 ⁽⁷⁾	MSS SP-119
制冷管件通用技术条件	SAE J513
液压管管件	SAE J514
带法兰液压管和软管接口,4 螺栓剖分式法兰	SAE J518
金属管材 ⁽⁶⁾	
焊接和无缝锻钢管	ASME B36.10M
不锈钢管	ASME B36.19M
带球墨铸铁或灰铸铁螺纹法兰的球墨铸铁管	AWWA C115
球墨铸铁管的厚度设计	AWWA C150
用于输送水和其他液体的离心浇注球墨铸铁管	AWWA C151
6 in(150 mm)及6 in 以上的钢制水管	AWWA C200
其他	
统一英制螺纹(UN 和 UNR 螺纹型)	ASME B1.1
通用管螺纹(英制)	ASME B1.20.1
干密封管道螺纹(英制)	ASME B1.20.3
软管接头螺纹(英制)	ASME B1.20.7
管道法兰用环形垫接头式、绕带式 and 夹套式	ASME B16.20
管道法兰用非金属平垫	ASME B16.21
对接焊端部	ASME B16.25
表面特征(粗糙度、波浪度和纹理)	ASME B46.1
套管、管子和管道管的螺纹加工、测量和检验技术条件	API 5B
球墨铸铁压力管道和管件橡胶垫接头	AWWA C111
柔性金属软管[注(1)、(6)和(7)]	BS6501, 第1部分
管道吊架和支架—材料、设计和制造	MSS SP-58
用于锻造和铸造铜合金钎焊连接管件的软钎焊接头	MSS SP-73
消防软管接头标准	NFPA 1963

注: (1) 在整篇规范文本中引证每个标准的具体版本号是不可行的,因而只将批准的版本号连同归口组织的名称和地址列于附录 E 中。
 (2) 代号前面的星号(*)表示该标准已经美国国家标准学会批准为美国国家标准。
 (3) 注意:见本标准有关压力额定级的专门条款。本标准允许使用非表列材料,见第 323.1.2 节。
 (4) 本标准允许尺寸≤DN 15 (NPS 1/2)的直管螺纹,参见第 314.2.1(d)节。
 (5) 警告注:按本标准 1994 版以前制造的组件压力额定级都下降为当量无缝管的 80%。这种下降额定级不久就要求按照 1994 版制造组件。
 (6) 见附录 A。
 (7) MSS SP-119 包括 3 级管件:MP、MARINE 和 CR。只有 MP 级是本规范考虑为“表列组件”的目的。警告注:对特殊条款有关的额定级见 MSS SP-119(第 6 章)(按照 MSS SP-119,MP 级管件的额定级是 87.5%对直无缝管计算的最小壁厚)。

第 V 章 制作、装配和安装

327 概述

金属管材和组件使用第 328、330、331、332 和 333 等节中所述一种或几种制作方法进行装配和安装。任何上述方法用于装配和安装时,其要求与制作相同。

328 焊接

按第 311.2 节有关要求,焊接应符合第 328.1 ~ 328.6 节规定。

328.1 焊接责任

每个雇主对其单位所属人员焊制的成品负责,除第 328.2.2 和 328.2.3 节规定者外,应进行要求的试验,以评定焊接工艺和评定(包括必要时的重新评定)焊工和焊接操作工。

328.2 焊接评定

328.2.1 评定要求

(a) 除本文中更动者外,所用的焊接工艺评定和焊工及焊接操作工技能评定均应符合 BPV 规范第 IX 卷规定要求。

(b) 母材不能承受第 IX 卷所要求 180° 导向弯曲试验时,要有一个焊接评定试样进行与母材弯曲角度相同的弯曲试验,误差为 $\pm 5^\circ$ 。

(c) 第 330 和 331 节中预热和热处理要求以及在工程设计中的这些要求,均应采用于焊接工艺评定。

(d) 当规范或工程设计要求冲击试验时,焊接工艺评定亦应满足此项要求。

(e) 若使用熔化嵌条[图 328.3.2(d)、(e)、(f)

或(g)]或其整体机械加工的等同物或垫环时,其适用性应经焊接工艺评定进行验证,但单面焊的对焊接头,不带垫环评定的工艺也应用带垫环的工艺评定。

(f) 为了减少要求的焊接工艺评定数量,一般根据化学成分、焊接性和力学性能,在实用范围内,按 BPV 规范第 IX 卷规定将金属用 P-No. 或 S-No. 和组号进行分类。多数金属的 P-No. 或 S-N。为了本规范使用者方便在表 A-1 中单独列栏。

相应的 P-No. 和 S-No. 的组号见第 IX 卷 QW/QB-422。本规范要求使用第 IX 卷 QW-420.2。

328.2.2 其他组织进行的工艺评定

每位雇主负责对其单位使用的任何焊接工艺进行评定。如果下列条件得到满足,经检验师特别批准,可使用其它雇主评定的焊接工艺:

(a) 检验师确信:

(1) 提出的焊接工艺说明书*(WPS)由一负责的、公认的焊接专业单位制定、评定和实施;

(2) 雇主对焊接工艺未作任何更改。

(b) 母材 P-No. 为 1,3,4Gr, No. 1 ($Cr \leq 1\frac{1}{4}$) 或 8 的,并且不要求冲击试验。

(c) 除 P-Nos. 1,3 和 4 Gr. No. 1. 按第 IX 卷允许进行相互焊接外,被焊的母材应具有相同的 P-No.

(d) 被焊接材料的厚度 $\leq (\frac{3}{4}in)$,不要求焊后热处理。

(e) 材料在设计温度下设计压力不得超过 ASME B16.5 PN 50(300 级)额定级,且设计温度为 $-29^\circ C \sim 399^\circ C$ ($-20^\circ F \sim 750^\circ F$) (含这些温度)。

(f) 焊接方法为 SMAW 或 GTAW 或为两者的结合。

(g) SMAW 所用焊条由下列类别中选择:

AWS A5.1 ⁽¹⁾	AWS A5.4 ⁽¹⁾	AWS A5.5 ⁽¹⁾
E6010	E308-15, -16	E7010-A1
E6011	E308L-15, -16	E7018-A1
E7015	E309-15, -16	E8016-B1
E7010	E310-15, -16	E8018-B1
E7018	E-16-8-2-15, -16	E8015-B2L
	E316-15, -16	E8016-B2
	E316L-15, -16	E8018-B2
	E347-15, -16	E8018-B2L

(h) 雇主对 WPS 和焊接工艺评定记录* (PQR) 两者均负责并签名。

(i) 雇主至少有 1 名现行雇用的焊工或焊接操作工,在其受雇期内使用 WPS 中规定的工艺和 P-No. 材料满意地通过技能评定试验。为此,应使用第 IX 卷 QW-302 要求的弯曲试验,不能用射线照相来评定。

328.2.3 其他人员进行的技能评定

为避免重复劳动,经检验师特别批准,雇主可以接受已为另一雇主所进行的技能评定。但只限于使用相同或相当的焊接工艺,其主要变素均在第 IX 卷规定的范围内的管道评定。雇主应从前一雇主那里得到一份技能评定试验记录的复制件,其上标明雇主姓名、焊工或焊接操作工姓名、工艺编号、评定通过日期以及在这次评定后焊工在受压管道上进行焊接的最后日期。

328.2.4 评定记录

雇主应保留 1 份由他证明的所使用工艺和所雇用焊工或焊接操作工的记录以备业主(和业主的代理人)和检验师查阅,记录上标明工艺和技能评定的结果和日期以及对每名焊工和焊接操作工指定的识别代号。

⁽¹⁾ AWS A5.1 碳钢手工电弧焊焊条;AWS A5.4 不锈钢手工电弧焊焊条;A5.5 低合金钢手工电弧焊焊条。

328.3 焊接材料

328.3.1 填充金属

填充金属应符合第 IX 卷的要求。未编入第 IX 卷的填充金属,在通过工艺评定的前提下,经业主批准后可以使用的。

328.3.2 焊接衬垫材料

使用垫环时,垫环应符合下列要求:

(a) 铁基金属垫环 品质应为可焊接材料, $S \leq 0.05\%$ 。

(b) 如果两个相邻的表面要焊接到作为垫环用的第三构件上去,而这三个构件中的一个或两个是铁素体的,其余的是奥氏体的,满意地使用这些材料应采用第 328.2 节要求的焊接工艺评定来进行验证。

垫环可以是机械加工的整环或开口带环。常用的一些形式如图 328.3.2 所示。

(c) 非铁和非金属垫环

经设计师批准,可以使用非铁或非金属垫环,其焊接工艺评定按第 328.2 节要求进行。

328.3.3 可熔化嵌条

如果可熔化嵌条与填充金属的公称化学成分相同,不致使焊缝金属产生有害的合金化,并经过第 328.2 节要求的焊接工艺评定则可使用。几种常用的形式如图 328.3.2 所示。

328.4 焊接准备

328.4.1 清理

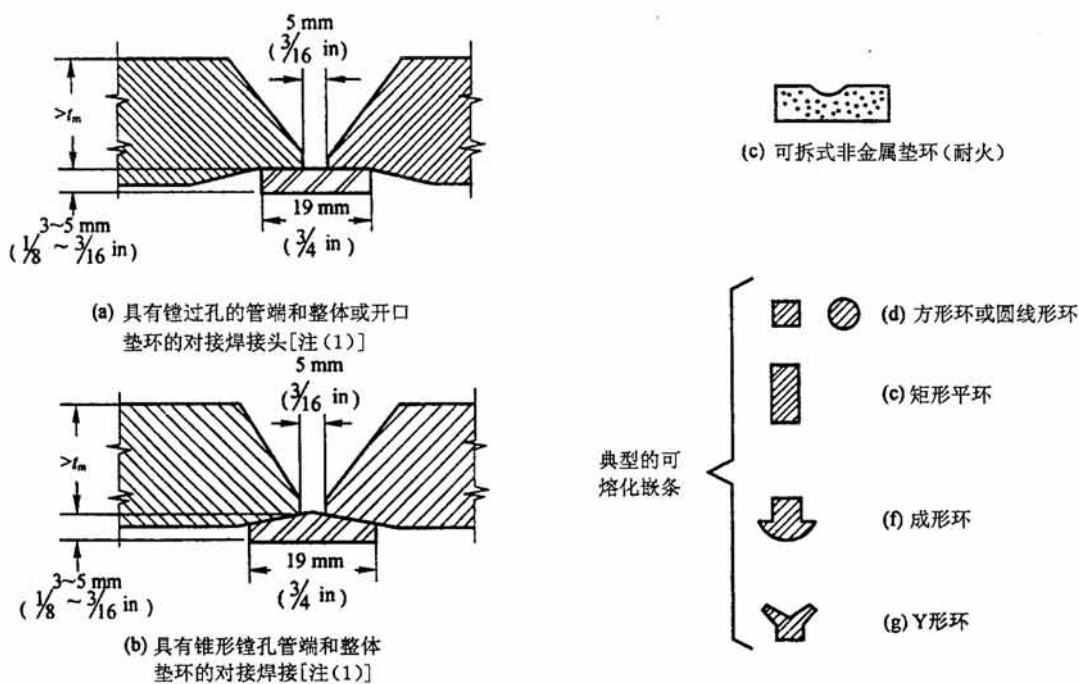
需进行热切割或焊接的内外表面应清理干净,去除油漆、油污、锈斑、氧化皮以及在加热时对焊缝或母材都有害的其他物质。

328.4.2 端部制备

(a) 概述

(1) 只有当表面合理光滑并为真实金属面、氧气切割或电弧切割所产生的熔渣从切割表面上清

* 请见第 300.2 节译注。——译注



注：(1) 管子锪孔尺寸的资料参阅 ASME B16.25

图 328.3.2 典型的垫环和熔化性嵌条

除干净时才算合格,留存在热切割面的变色层可不作为有害的氧化物。

(2) ASME B16.25 中规定的坡口焊缝以及其它符合 WPS 的端部制备均可采用[为方便起见,将 ASME B16.25 中的基本坡口角度以及另外的几种 J 形坡口角度示于图 328.4.2(a) 及(b)中。]

(b) 环焊缝

(1) 如组件的端部为了安装垫环或可熔化嵌条而加工成如图 328.3.2 (a) 及(b) 或为了校正内部错边而加工成如图 328.4.2(a) 或(b)。这种焊前的修整加工不得使加工后的壁厚 $< t_m$ (要求的最小壁厚)。

(2) 如加工后端头剩余净壁厚 $\geq t_m$, 组件的端部孔可以锪大, 以便垫环完全放入。

(3) 如果壁厚要求可以保持, 为了便于对准, 允许对相同公称尺寸的管端进行加工。

(4) 必要时, 可在组合件的内侧或外侧堆熔焊缝金属使其对准或为加工创造条件以保证垫环或嵌条有合适的安放位置。

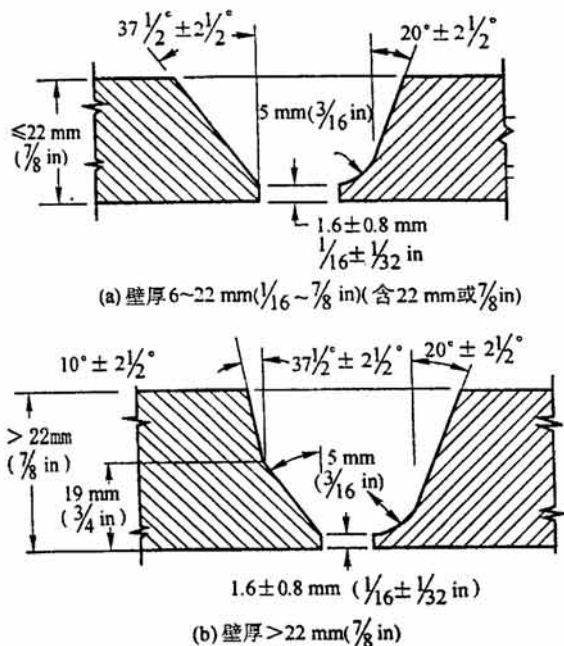


图 328.4.2 典型的对接端部制备

(5) 当采用坡口环焊缝或斜接焊缝连接不等壁厚的组件, 厚件的壁厚 > 1.5 倍薄件壁厚时, 端部的制备和几何形状应按 ASME B16.25 不等壁厚的

设计规定进行。

- 04 (6) 按 ASME B16.9 制造的对接焊管件, 在连接到管子或其他对接焊管件时, 可以被修整而产生接头角偏移, 当二个接头之间总的角偏移不超过 3° 时, 不要求按 304.7.2 进行设计校核。

328.4.3 对准

(a) 环焊缝

(1) 待连接的组件环缝或斜接缝端部的内表面应在 WPS 和工程设计尺寸限制范围内对准。

(2) 如果组合件的外表面不成一直线, 则焊缝应制成坡形。

(b) 纵缝

纵向坡口焊接的对准(未按表 A-1 或表 326.1 中所列标准制作者)应符合第 328.4.3(a) 节要求。

(c) 支管接口焊缝

(1) 紧坐在主管外表面的支管接口, 应按轮廓形状加工符合 WPS 要求的坡口[见图 328.4.4(a) 和 (b)]。

(2) 插入主管开孔内的支管接口应至少在所有各点上都插入到主管内表面处[见图 328.4.4(c)], 另外尚应符合第 328.4.3(c)(1) 节。

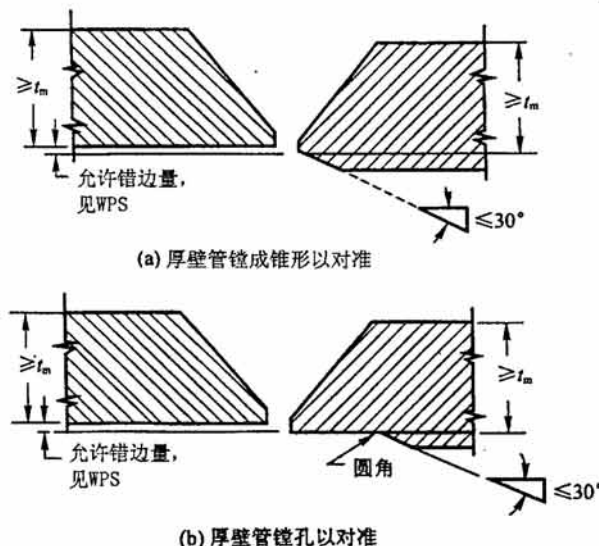


图 328.4.3 修整加工和允许错边量

(3) 为连接支管的主管开孔外形不得与所要求的轮廓偏差超过图 328.4.4 内尺寸 m 。在任何情

况下, 开口形状的偏差决不能超过 WPS 中规定的根部间隙公差极限。为了达到上述要求, 必要时可以加焊焊缝金属, 再重新加工。

(d) 间隙

接头的根部间隙应在 WPS 中允许范围内。

328.5 焊接要求

328.5.1 概述

(a) 焊缝, 包括为对准而加焊的焊缝金属已第 328.4.2 (b) (4) 和 328.4.3 (c) (3) 节]应由经评定合格的焊工或焊接操作工按业经评定的工艺进行焊接。

(b) 对每个焊工或焊接操作工均应指定识别代号。除非在工程中另有规定, 每条受压焊缝或其邻近区域应标有焊工或焊接操作工的识别代号。不在焊缝上打标记时, 应有相应的记录存档。

(c) 接头根部的定位焊缝, 应采用与根部焊道使用的相同填充金属进行焊接。定位焊缝应由评定合格的焊工或焊接操作工焊接。除了有裂纹的定位焊缝应清除外, 定位焊缝应与根部焊缝熔化成一体。焊缝上面的桥形定位块应去掉。

(d) 在根部焊道和焊缝最后的焊道上禁止用锤敲击。

(e) 不得在雨、雪、雨夹雪或大风侵袭焊接部位的场所或在潮湿或霜冻的焊接部位进行焊接。

(f) 焊接端阀门

焊接端阀门时所采用的焊接顺序、工艺以及任何热处理都应能保持阀座的紧密性不被破坏。

328.5.2 角焊缝和承插焊焊缝

角焊缝(包括承插焊焊缝)可是凹面或凸面, 其尺寸可按图 328.5.2A 确定。

(a) 平焊法兰和承插焊法兰的典型焊接详见图 328.5.2B, 其它承插焊组合件的最小焊接尺寸见图 328.5.2C 或 MSS SP-119。

(b) 如平焊法兰是单面焊接, 焊缝则应位于颈部。

328.5.3 密封焊

密封焊应由评定合格的焊工进行。密封焊缝应覆盖全部露出的螺纹。

328.5.4 焊接的支管连接

(a)图 328.5.4A ~ 图 328.5.4E 是带或不带补强的支管直接连接在主管上的连接详图。这些都是典型的图例,并无意排除其它未示出的结构形式。

(b)图 328.5.4D 是支管连接中所用的几种基本捍接形式,焊缝的位置及最小尺寸应符合本节的要求。焊缝应按第 304.3.3 节规定进行计算,但不

得小于图 328.5.4D 所示的尺寸。

(c)本节和图 328.5.4D 中所用的术语符号如下:

t_c —— $0.7\bar{T}_b$ 或 6.4 mm (1/4 in) 两者中的较小者;

\bar{T}_b ——支管的公称厚度;

\bar{T}_a ——集管的公称厚度;

\bar{T}_r ——补强板或鞍件的公称厚度;

\bar{T}_{min} —— \bar{T}_b 或 \bar{T}_r 两者中的较小者。

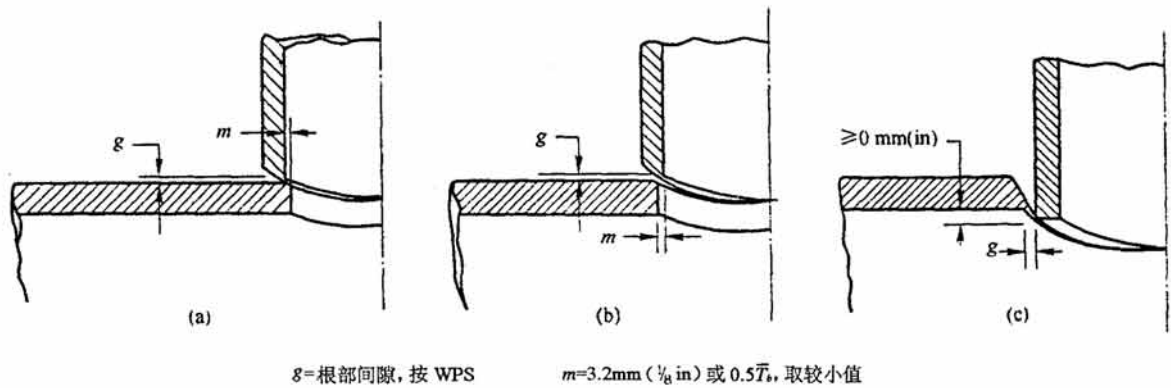


图 328.4.4 支管接口的制备

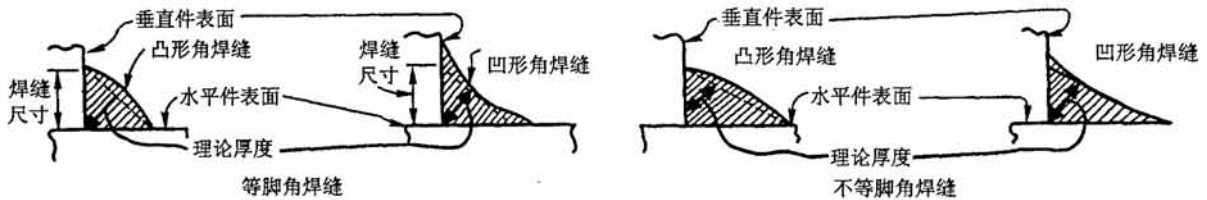


图 328.5.2A 角焊缝尺寸

(d)紧装在主管外表面上的或插入主管开孔内的支管连接件,包括专有的整体补强支管连接管件(见第 300.2 和 304.3.2 节),应采用完全焊透的坡口焊缝来连接。最后用焊缝厚度 $\geq t_c$ 的角焊缝将焊缝加以覆盖。参见图 328.5.4D(1)和(2)。

(e)补强板或鞍座应按下列任一种方法连接到支管上去:

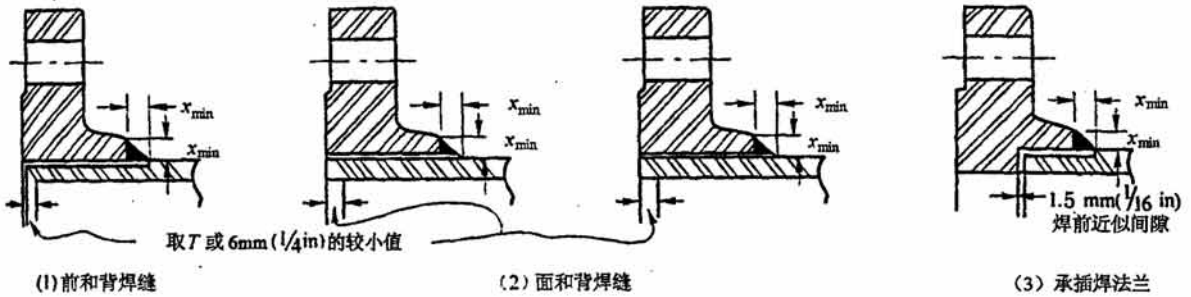
(1)完全焊透的坡口焊缝,焊缝上覆盖焊缝厚度 t 的角焊缝。

(2)焊缝厚度) $0.7 t$ ~ 的角焊缝,参见图 328.

5.4d(5)。

(f)补强板或鞍座的外缘应采用厚度 $\geq 0.5\bar{T}_r$ 的角焊缝与主管相连接,参见图 328.5.4D(3),(4),和(5)。

(g)加强板和鞍座应与其相连接的零件很好地贴合。在任一加补强板或鞍座的边上(不在主管轴线处)开一通气孔,以显示支管和主管间的焊缝的泄漏,并使在焊接和热处理时可以通气补强板或鞍座可以由几块组成,只要块与块间的接头具有与补强板或鞍座母材相当的强度,同时每块上均有一通气孔。



$x_{min} = 1.4T$ 或颈部厚度、二者中较小值

图 328.5.2B 双面平焊和承插焊法兰连接焊缝典型详图

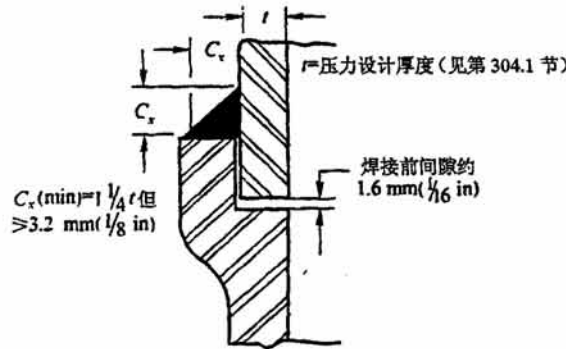


图 328.5.2C 除法兰外的承插焊组件的最小焊接尺寸

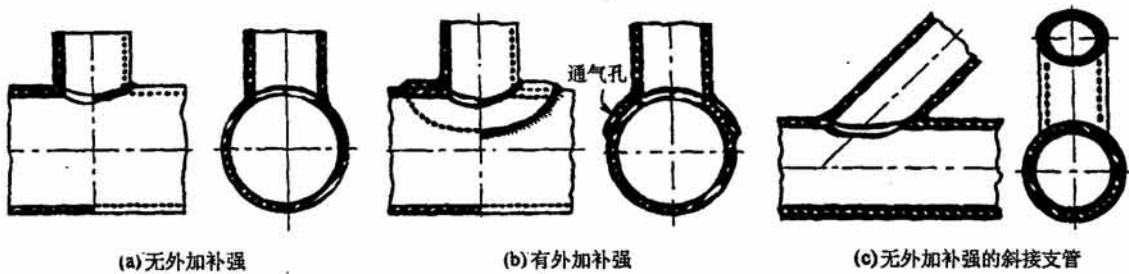


图 328.5.4A、B、C 典型的焊接支管连接件

(h) 在加补强板或鞍座前,应对已竣工的支管与主管间的焊缝进行检查和必要的修补。

328.5.5 预制的翻边接头

图 328.5.5 为典型的预制翻边接头。制作应符合第 328.5.4 节要求。

328.5.6 剧烈循环工作条件下的焊接

应采用一种能使内表面光滑、规整、完全焊透的焊接工艺。

328.6 焊缝返修

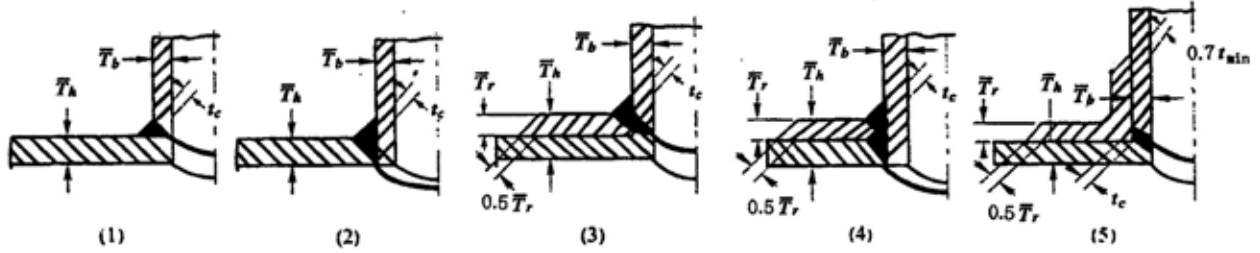
待返修的焊缝缺陷应清除直到完好金属。补焊应使用按第 328.2.1 节规定评定过的工艺进行,待补焊的空穴在轮廓及尺寸大小方面均可与原来的接头有所不同。补焊应由按第 328.2.1 节规定评定过的焊工或焊接操作工来进行。预热和热处理应与原焊接要求相同。也可见第 341.3.3 节。

330 预热

330.1 概述

预热以及热处理是用来将高温和焊接中固有的

急剧热梯度的有害影响减少至最小程度。预热的必要性和使用的温度应在工程设计中予以规定并经工艺评定验证。本节中提出的要求和推荐内容适用于所有类型的焊接,包括定位焊、补强和螺纹接头的密封焊。



说明: 图中所示为最小允许焊缝尺寸, 焊缝可大于图中所示。

图 328.5.4D 支管附件焊缝的允许节点详图

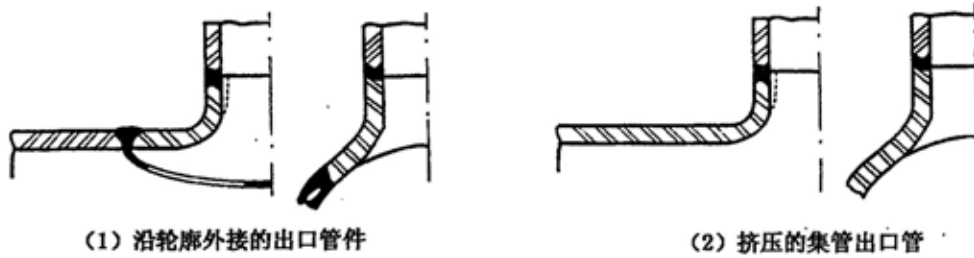
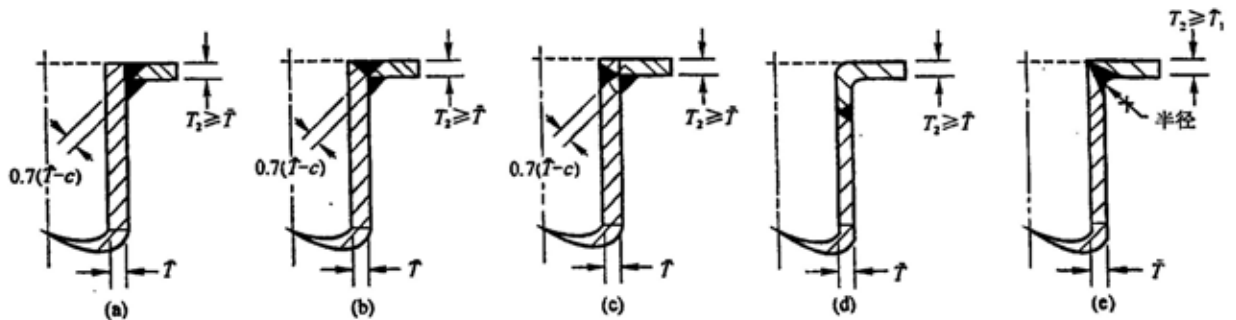


图 328.5.4E 适用于 100%射线照相的支管附件允许节点详图



说明: 焊接后应对翻边进行机械加工(前面和后面)或校正。可使用第 304.5 节的平板法兰或 ASME B16.5 规定的翻边接头法兰。如需与 ASME B16.5 翻边接头法兰相匹配,可将焊缝加工至图(e)中所示的半径尺寸。

图 328.5.5 典型的预制翻边

330.1.1 要求和推荐

各种 P-No. 材料所要求和推荐的最低预热温度列于表 330.1.1 中。如果环境温度 $< 0^{\circ}\text{C}$ (32°F), 表中推荐温度就成为规定要求。表 330.1.1 中的厚

度是指接头中较厚组件的厚度。

330.1.2 非表列材料

对非表列材料的预热要求应在 WPS 中予以规定。

表 330.1.1 预热温度

母材 P-No. 或 S-No. (1)	焊缝金属 成分 A-No. (2)	母材 组别	公称壁厚		规定的母材 最小抗拉强度		最低温度			
			mm	in	MPa	ksi	要求的		推荐的	
							°C	°F	°C	°F
1	1	碳钢	<25	<1	≤490	≤71	...	...	10	50
			≥25	≥1	全部	全部	...	...	79	175
			全部	全部	>490	>71	...	...	79	175
3	2.11	合金钢 Cr≤0.5%	<13	<1/2	≤490	≤71	...	...	10	50
			≥13	≥1/2	全部	全部	...	...	79	175
			全部	全部	>490	>71	...	...	79	175
4	3	合金钢 0.5% < Cr ≤ 2%	全部	全部	全部	全部	149	300	...	...
5A, 5B, 5C	4, 5	合金钢 2.25% ≤ Cr ≤ 10%	全部	全部	全部	全部	177	350	...	...
6	6	马氏体高合金钢	全部	全部	全部	全部	...	...	149 ⁴	300 ⁴
7	7	铁素体高合金钢	全部	全部	全部	全部	...	...	10	50
8	8, 9	奥氏体高合金钢	全部	全部	全部	全部	...	...	10	50
9A, 9B	10	镍合金钢	全部	全部	全部	全部	...	...	93	200
10	...	Cr-Cu 钢	全部	全部	全部	全部	149~204	300~400	...	...
10I	...	27Cr 钢	全部	全部	全部	全部	149 ³	300 ³	...	...
11A SG1	...	8Ni, 9Ni 钢	全部	全部	全部	全部	...	...	10	50
11A SG2	...	5Ni 钢	全部	全部	全部	全部	10	50	...	...
21-52	...	...	全部	全部	全部	全部	...	...	10	50

注: (1) P-No. 或 S-No. 取自 BPV 规范第Ⅹ卷 QW/QB-422。

(2) A-No. 取自 BPV 规范第Ⅹ卷 QW/QB-442。

(3) 层间最高温度 316 °C (600 °F)。

(4) 层间温度保持在 177 °C ~ 232 °C (350 °F ~ 450 °F)。

330.1.3 温度验证

(a) 预热温度应采用测温笔、热电偶高温计或其它合适方法进行测量,以保证在焊接前和焊接过程中达到和保持 WPS 中规定的温度。

(b) 热电偶可用电容储能焊接法临时直接焊到受压零件上,无需焊接工艺和技能评定。当热电偶移去后,该部位应进行目视检查是否有要返修的缺陷。

330.1.4 预热区域

预热区域应伸出焊缝每侧至少 25 mm (1 in)。

330.2 特定要求

330.2.3 不同材料

预热温度要求不同的材料焊接时,建议使用表 330.1.1 中较高的预热温度。

330.2.4 中断焊接

如果焊接中断时,冷却速率应予控制或采用其它措施防止对管道的有害影响。恢复焊接前应进行 WPS 中规定的预热。

331 热处理

热处理是用来防止或清除高温和焊接中固有的剧烈温度梯度的有害影响以及清除弯曲和成形过程中产生的残余应力。第 331 节所述为适用于大多数焊接、弯曲和成形等操作的基本做法,未必对所有操作条件都适用。

331.1 概述

331.1.1 热处理要求

(a) 热处理应按表 331.1.1 中材料组号和厚度范围,第 331.2.1 和 331.2.2 节中规定除外。

(b) 产品焊接后所采用的热处理应在 WPS 中规定并用于评定焊接工艺。

(c) 工程设计应规定检查和其他的产品质量控制(不低于本规范要求)以保证最终焊缝的高质量。

(d) 弯曲和成形的热处理应按第 332.4 节。

331.1.3 控制厚度

组件由焊接连接时,使用表 331.1.1 中热处理要求所采用的厚度应是接头处较厚组件的厚度,下列情况除外:

(a) 在支管连接时,作为补强用的金属(焊缝除外),不论它是管件的一个整体件或是补强板或鞍座,在确定热处理要求时均不应考虑。但是,在整个支管的任何平面内,穿过焊缝的厚度 > 2 倍要求热处理的材料厚度时,尽管接头处各组件的厚度小于最小厚度,仍需进行热处理,穿过焊缝的厚度详见图 328.5.4D 所示并按下述公式计算:

$$\text{图(1)} = \bar{T}_b + t_c$$

$$\text{图(2)} = \bar{T}_h + t_c$$

$$\text{图(3)} = \bar{T}_b + t_c \text{ 或 } \bar{T}_r + t_c \text{ 两者中较大者}$$

$$\text{图(4)} = \bar{T}_h + \bar{T}_r + t_c$$

$$\text{图(5)} = \bar{T}_b + t_c$$

(b) 对平焊法兰和承插焊法兰以及 ≤ UN 50 (NPS 2) 管道接口的角焊缝, ≤ DN 50 的管道上螺纹接头的密封焊缝以及装在各种尺寸管道外表面的非受压部件,如吊耳或其它管道支撑件,只要在任一平面内穿过焊缝的厚度 > 2 倍需热处理的最小材料厚度时(即使组件在接合处的厚度小于此最小厚度),就需要进行热处理,但下述情况除外:

(1) 对于 P-No. 1 的材料,当焊缝厚度 ≤ 16mm (5/8 in),不管母材的厚度,都不需要进行热处理。

(2) 对于 P-No. 3、4、5 或 10A 的材料,当焊缝厚度 ≤ 13 mm (1/2 in) 时,如果采用了不低于推荐的最低预热温度,且母材规定的最小抗拉强度 < 490MPa (71 ksi),不管母材的厚度,都不需要进行热

处理。

(3) 对于铁素体材料,当其焊缝不是用空冷硬化的填充金属焊成时,不需进行热处理。奥氏体焊接材料可用作铁素体材料的焊缝,只要操作条件的作用诸如由于高温产生的不同热膨胀或腐蚀等,不致对焊缝产生有害的影响。

331.1.4 加热和冷却

加热方法应能提供要求的金属温度、金属温度的均匀性和温度控制,可包括封闭炉中加热、局部火焰加热、电阻、电感应或放热化学反应加热。冷却方法应能提供要求和或期望的冷却速率,可包括在炉中冷却、在空气中冷却、使用局部加热或绝热或采用其它合适的方法来控制冷却速率。

331.1.6 温度验证

热处理温度应采用热电偶高温计或其它合适的方法进行检查以保证符合 WPS 规定要求。采用电容器储能焊接的热电偶可参阅第 330.1.3(b) 节。

331.1.7 硬度试验

产品焊缝和热弯以及热成形管道的硬度试验,目的是验证所进行的热处理是否令人满意。硬度范围适用于焊缝及热影响区,热影响区的硬度试验应尽可能接近焊缝的边缘。

(a) 凡表 331.1.1 中有规定硬度范围要求时,每一热处理炉次处理的焊缝、热弯以及热成形的组件至少抽验 10%,而局部热处理者应 100% 的进行试验。

(b) 不同金属材料焊接时,每种材料均应达到表 331.1.1 中母材和焊接材料规定的硬度范围。

331.2 特定要求

如凭经验或对工况条件的判断可以保证的话,可采用第 332.2.1 和 331.2.2 节中的规定作为第 331.1 节中热处理基本条款中热处理方法的替代和作为其特例来处理。

331.2.1 替代热处理

正火、正火加回火或退火可用来代替焊接、弯曲或成形后的热处理,条件是经过上述处理后,任何受

影响的焊缝和母材的力学性能满足规范的要求;同时这种代替得到设计者的批准。

331.2.2 基本要求的特例

正如第 331 节所指出,其中提出的基本做法在某些情况下可能需要改变以适应具体的工况条件。设计师在工程设计中可以规定更为严格的要求,包括对较薄材料的热处理和硬度范围;也可规定较宽的热处理和硬度要求,包括取消这些要求。

(a)当工程设计中规定的要求不如第 331 节严格时,设计师必须用类似操作经验向业主证明采用这些规定是恰当的,使他感到满意。在引用类似操作经验时,必须考虑到操作温度及其影响、热循环频率及其强度、挠性应力水平、脆性破坏以及其它有关的因素。此外,还应进行包括 WPS 评定试验在内的有关的试验。

331.2.3 不同的材料

(a)不同铁基金属间或使用不同的铁基填充金属的铁基金属焊接接头的热处理应采用表 331.1.1 接头材料中较高的温度范围。

(b)包括铁素体及奥氏体组件和填充金属的焊接接头的热处理,除在工程设计中另有规定外,应按铁素体材料的要求。

331.2.4 延后热处理

如焊接件允许在热处理前进行冷却,则应控制冷却速率或采用其它措施以防止对管道的有害影响。

331.2.5 部分热处理

当要热处理的已组装焊接完的管道不能整个放入热处理炉内时,可允许进行一次以上的热处理,但在两次处理的连接处应有宽度 ≥ 300 mm(1 ft)的搭接带,同时对炉外的部分需进行保护,防止有害的温度梯度。

331.2.6 局部热处理

进行局部热处理时,应对主管(支管需局部热处理时亦同)的一环形带进行加热,直到整个管截面达到规定的温度范围。从加热环带的边缘起,温度逐渐向外减低。加热环带应包括焊缝、弯曲或成

形部分以及距其边缘两侧至少 25 mm(1 in)的部分。

332 弯曲和成形

332.1 概述

根据材料、输送流体工况以及弯曲程度和成型方法,管道可进行热弯或冷弯,管道元件可热成型或冷成型。完工后的表面应无裂纹,基本上无折皱。弯曲或成型后的厚度应 \geq 设计所要求的厚度。

332.2 弯曲

332.2.1 弯曲压扁度

弯曲的压扁度用任一截面上最大和最小直径之差来量度,对内压管而言应 $\leq 8\%$ 管道公称外径,对外压管应 $\geq 3\%$,不应去除金属来达到此要求。

332.2.2 弯曲温度

(a)铁基材料的冷弯应在低于相变范围以下的温度进行。

(b)热弯应在相变范围以上的温度并在与材料和所用工况相符的温度范围内进行。

332.2.3 波纹和其他弯头

其尺寸和轮廓外形应符合按第 306.2.2 节评定的设计。

332.3 成形

成形的温度范围应与材料、所用的工况以及规定的热处理相符合。

332.4 要求的热处理

当有下述要求时,应按第 331.1.1 节进行热处理。

332.4.1 热弯和热成形

热弯或热成形后对 P-No. 3、4、5、6 和 10A 所有厚度的材料均要求进行热处理,热处理温度和时间应按第 331 节规定。

332.4.2 冷弯及冷成形

表 331.1.1 热处理要求

母材 P-No. 或 S-No. [注(1)]	焊缝金属 成分 A-No. [注(2)]	母材组别	公称壁厚		母材最小规定 抗拉强度		金属温度范围		保温时间			布氏硬度 [注(4)] ≤
			mm	in	MPa	ksi	°C	F	公称壁厚 [注(3)]		最短 时间 h	
									min/mm	h/in		
1	1	C 碳钢	≤19 >19	≤¾ >¾	全部	全部	无 593~649	无 1100~1200	... 2.4	1 1	... 1	......
3	2,11	合金钢 Cr≤½%	≤19 >19 全部	≤¾ >¾ 全部	≤490 全部 >490	≤71 全部 >71	无 593~718 593~718	无 1100~1325 1100~1325	... 2.4 2.4	1 1 1	... 1 1	... 225 225
4 (注5)	3	合金钢 ½% < Cr ≤ 2%	≤13 >13 全部	≤½ >½ 全部	≤490 全部 >490	≤71 全部 >71	无 704~746 704~746	无 1300~1375 1300~1375	... 2.4 2.4	1 1 1	... 2 2	... 225 225
5A, 5B, 5C (注5)	4,5	合金钢, (2 ¼% ≤ Cr ≤ 10%) ≤3% Cr 和 ≤0.15% C ≤3% Cr 和 ≤0.15% C >3% Cr 或 >0.15% C	≤13 >13 全部	≤½ >½ 全部	全部	全部	无 704~760 704~760	无 1300~1400 1300~1400	... 2.4 2.4	1 1 1	... 2 2	... 241 241
6	6	马氏体高合金钢 A 240 Gr. 429	全部	全部	全部	全部	732~788 621~663	1350~1450 1150~1225	2.4 2.4	1 1	2 2	241 241
7	7	铁素体高合金钢	全部	全部	全部	全部	无	无	...	...	...	...
8	8,9	奥氏体高合金钢	全部	全部	全部	全部	无	无	...	...	...	...
9A,9B	10 ...	镍合金钢	≤19 >19	≤¾ >¾	全部	全部	无 593~635	无 1100~1175	... 1.2	1 1	... 1	......

表 331.1.1 (续)

母材 P-No. 或 S-No. [注(1)]	焊缝金属 成分 A-No. [注(2)]	母材组别	公称壁厚		母材最小规定 抗拉强度		金属温度范围		保温时间			布氏硬度 [注(4)] ≤
			mm	in	MPa	ksi	°C	°F	公称壁厚 [注(3)]		最短 时间 h	
									min/mm	h/in		
10	...	Cr-Cu 钢	全部	全部	全部	全部	760~816 注(6)	1400~1500 注(6)	1.2	1/2	1/2	...
10H	...	双相不锈钢	全部	全部	全部	全部	注(7)	注(7)	1.2	1/2	1/2	...
10I	...	27Cr 钢	全部	全部	全部	全部	663~704 注(8)	1225~1300 注(8)	2.4	1	1	...
11A SG1	...	8Ni, 9Ni 钢	≤51	≤2	全部	全部	无	无	...	...	...	...
			>51	>2	全部	全部	552~585 注(9)	1025~1085 注(9)	2.4	1	1	...
11A SG2	...	5Ni 钢	>51	>2	全部	全部	552~585 注(9)	1025~1085 注(9)	2.4	3.1	1	...
62	...	Zr R60705	全部	全部	全部	全部	538~593 注(10)	1000~1100 注(10)	注10	注10	1	...

注:

(1) P-No. 或 S-No. 取自 BPV 规范第Ⅱ卷表 QWVQB-422.

(2) A-No. 取自 BPV 规范第Ⅱ卷表 QW-442.

(3) 保温时间对 SI(米制)单位用 min/mm(每 mm 厚度分钟数),对美制单位用 h/in(每 in 厚度小时数).

(4) 参阅第 331.1.7 节.

(5) 见附录 F, 第 F331.1 节.

(6) 保温时间到达后尽快冷却.

(7) 焊后热处理既不要求也不禁止,但采用任何热处理都应按照材料技术条件要求.

(8) 温度 ≥ 649 °C (1200 °F), 冷却速率应 < 56 °C (100 °F)/h, 此后, 冷却速率应足够快以防止脆化出现.

(9) 应以 > 167 °C (300 °F)/h 的冷却速率冷至 316 °C (600 °F).

(10) 焊后 14 天内进行热处理. 板厚 > 1 in. 时, 每 25 mm (1 in) 应增加保温时间 1/2 h. 以冷却速率 ≤ 278 °C (500 °F)/h. 每 25 mm (1 in) 公称板厚冷至 427 °C (800 °F). 427 °C (800 °F) 以下在静止空气中冷却.

冷弯和冷成形后,当存在下列任何一种情况时均需进行热处理(包括所有厚度,热处理温度及时间见表 331.1.1 所示)。

(a)对 P-No. ~6 的材料,弯兹或成形后,最大计算纤维延伸率超过该材料相应技术条件、等级和厚度所规定的最小延伸率的 5% 时。但如能证明所选用的管道和弯曲或成形的方法能保证在弯曲或成形后,应变最大的材料仍保持有至少为 10% 的延伸率就可不热处理;

(b)任何要求冲击试验的材料,弯曲或成形后其最大计算纤维延伸率超过 5% 者;

(c)工程设计中规定者。

333 硬钎焊和软钎焊

333.1 评定

333.1.1 硬钎焊评定

硬钎焊工艺、钎焊工和钎焊操作工的评定应符合 BPV 规范 IX 卷 QB 篇的规定要求。对于设计温度 ≥ 93 °C (200 °F) 时 D 类流体工况的管道是否评定由业主定。

333.2 硬钎焊和软钎焊钎料

333.2.1 填充金属

硬钎焊合金或软钎料应能在规定或需要的温度范围内熔化并自由流动,与适当的钎剂或控制气氛相结合后,应能浸湿和粘附到被连结的表面上。

333.2.2 钎剂

钎剂在硬钎焊或软钎焊温度下是一种流体并具有化学活性,需要消除填充金属和被连结表面的氧化和改善钎焊合金或软钎料的自由流动性时应使用钎剂。

333.3 焊前准备

333.3.1 表面准备

要进行硬钎焊或软钎焊的表面应是清洁的和无油脂、氧化物、油漆、锈皮及其它任何污物。要得到一个清洁的能浸润的表面,应使用适当的化学或机

械的清理方法。

333.3.2 接头间隙

用硬钎焊或软钎焊连接时,应使表面之间的间隙小于等于填充金属达到完全毛细分布所必需需要的间隙。

333.4 要求

333.4.1 软钎焊工艺

软钎焊工应遵照铜业开发协会的《铜管手册》规定的工艺进行钎焊。

333.4.2 加热

接头应在尽可能短的时间内加热至钎焊温度以减少氧化,并且无局部欠热或过热。

333.4.3 钎剂的去除

残余钎剂如有害应予去除。

335 装配和安装

335.1 概述

335.1.1 对准

(a) 管道扭曲

在接头装配中,禁止采用任何扭曲管道来对准的做法,因扭曲在设备或管道组件中产生有害的残余应变。

(b) 冷拉

在装配需作冷拉的接头之前,应检查导向架、支架和固定架是否有误以免妨碍所需要的移动或导致不希望的位移。安装前应对照图纸检查管道的间隙或互相重叠量,必要时予以校正。不应采用加热的方法来缩小间隙,因为这样会失去冷拉的作用。

(c) 法兰接头

在上紧螺栓前,法兰面应与设计平面对齐,在任一直径上测量与设计平面的偏差 ≤ 1 mm/200 mm ($\frac{1}{8}$ in/ft), 法兰螺栓孔应对准,孔与孔的偏移 ≤ 3 mm ($\frac{1}{8}$ in)。

335.2 法兰接头

335.2.1 装配准备

垫片接触平面上的任何损伤将会妨碍垫片的密封,应予修理或更换法兰。

335.2.2 螺栓扭矩

(a) 安装法兰接头时,应将垫片均匀地压缩到正确的设计荷载。

(b) 当装配法兰接头时,如其中一个法兰的力学性能与其它法兰的力学性能有很大差别时,应特别注意予以注意,并建议将螺栓拧紧至预定的扭矩。

335.2.3 螺栓长度

所有螺母应全部拧入螺栓。如果达不到此要求,但未完全啮合的螺纹 ≤ 1 牙时,仍可认为合格。

335.2.4 垫片

装配法兰接头时,接触面间不应使用 > 1 个垫片。

335.3 螺纹接头

335.3.1 螺纹保护剂或润滑剂

用于螺纹的保护剂或润滑剂应适用于工况条件,并对输送的流体或管道材料均不应产生不良的反应。

335.3.2 密封焊接头

要密封焊接的螺纹接头不得采用螺纹保护剂。带有螺纹保护剂的螺纹接头试压时出现泄漏,而所有的保护剂已从外露螺纹上清除干净,则可按第

328.5.3 节进行密封焊接。

335.3.3 直螺纹接头

用表面密封(不是用螺纹)的典型直螺纹接头示于图 335.3.3(a)、(b)和(c)中将这种接头用焊接、钎焊或粘结在管道装配中连接时,应注意防止密封面变形。

335.4 管子接头

335.4.1 扩口管接头

安装前,对扩口的密封面应进行缺陷检查。有缺陷的扩口应予报废。

335.4.2 非扩口和压合管接头

如制造厂的说明书要求将螺母拧到某一规定的圈数时,应从用手将螺母拧紧时开始计算。

335.5 填缝接头

填缝接头的安装和装配应按照制造厂的说明书(按工程设计制定)进行。应小心注意保证连接件之间良好的结合。

335.6 胀接和特殊接头

335.6.1 概述

胀接和特殊接头(定义见第 318 节)的安装和

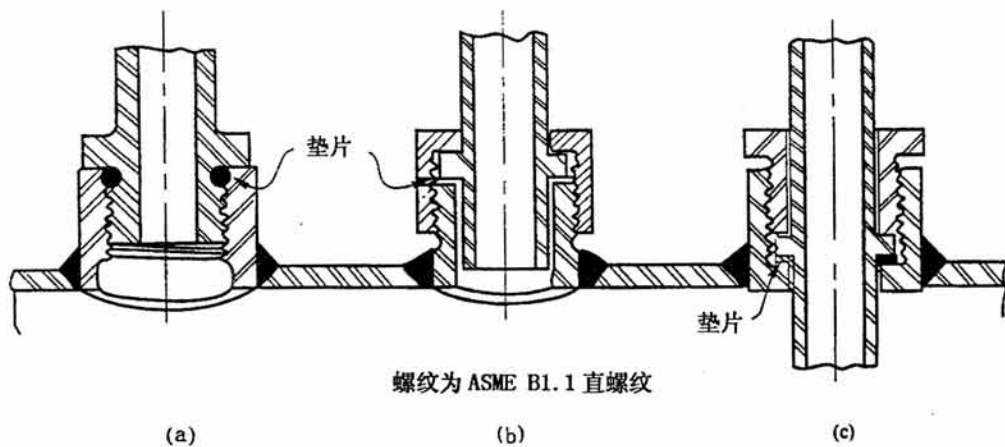


图 335.3.3 典型的直螺纹接头

装配应按制造厂的说明书(按工程设计制定)进行。
应小心注意保证连接件之间良好的结合。

留有适当的间隙以供膨胀时移动。

335.6.2 填料接头

用于吸收热膨胀的填料接头,在承接口底部应

335.9 管道清理

参见附录 F 第 F335.9 节。

第VI章 检验、检查和试验

340 检验

340.1 概述

在本规范中检查(见第341节)和检验是有区别的。检验系指由业主的检验师或检验代表为业主履行职责本规范中所提到的“检验师”是业主的检验师或其代表。

340.2 检验师的责任

证实所有要求的检查和试验业已完成,按照规范和工程设计全部有关的检查要求来检验管道是业主的责任(通过业主的检验师来执行)。

340.3 业主检验师的权利

业主检验师和其代表有权进入任何有关管道安装正在进行的地方,其中包括管道制造、制作、热处理、装配、安装、检查和试验的场所。他们有权审查任何检查;可用工程设计中规定的任何检查方法检验管道;有权审查为满足第340.2节所述业主的责任所需的全部证书和记录。

340.4 业主检验师的资格评定

(a) 业主的检验师由业主指定,他可以是业主本人、也可以是业主的雇员、工程或科学机构的雇员、或作为业主代理人的正式保险公司或检验公司的雇员。业主的检验师不得作为管道制造、制作或安装单位的代表,也不应是他们的雇员,除非业主本身就是制造厂厂主、安装单位或制作单位的负责人。

(b) 业主检验师在工业压力管道的设计、制作或检验方面至少应有10年的经验。对于获得工程与技术评审部(Three Park Avenue, New York,

NY10016)授予工程学位的人,圆满完成工作的每20%作可折算为1年的实际经验。总共最多折算5年。

(c) 委托别人进行检验工作,业主检验师对他所确定履行检验职责的人是否合格胜任负责。

341 检查

341.1 概述

检查系指制造厂(仅对组件而言)、制作或安装单位所履行的质量控制职责。本规范中所提到的“检查员”是指执行质量控制的检查人员。

341.2 检查的责任

检查并不能使制造厂、制作或安装单位免除下列责任:

- (a) 按本规范和工程设计[参见第300(b)(3)节]要求供应材料、组件以及加工技艺;
- (b) 进行全部必需的检查;
- (c) 为检验师准备合适的检查和试验记录。

341.3 检查要求

341.3.1 概述

在初始操作前,每个管道的安装,包括各个组件和加工技艺应按第341节有关要求进行检查。任何工程设计要求的附加检查的类型和范围以及使用的验收准则均应予以规定。第341.4节工程设计中要求检查的接头,如果通过第345节要求的渗漏试验即可算为合格。

(a) 对于P-NO. 3、4、和5的材料,检查应在全部热处理结束后再进行。

(b) 对于焊接的支管接头,承压焊缝必要的返

修都应在装补强板或鞍座之前完成。

341.3.2 验收准则

验收准则应在工程设计中说明,并应至少满足下述有沪关要求,第 344.6.2 节焊缝超声波检查以及规范其他处的有关要求。

(a) 表 341.3.2 为焊缝验收准则(缺陷的范围),典型焊缝缺陷见图 341.3.2。

(b) 铸件验收准则规定在第 302.3.3 节中。

341.3.3 有缺陷的组件和工作质量

受检件有 ≥ 1 个缺陷(类型或大小超过本规范验收准则的缺陷)时应予返修或更换。新件应按原件的要求用相同的方法,在相同的范围按相同的验收准则重新检查。

341.3.4 累进检查

局部或抽样检查发现缺陷时,则:

(a) 应另加 2 个相同件(如为焊接或粘结焊接头,应为同一焊工、粘结工或焊接操作工所制成)进行相同的检查;

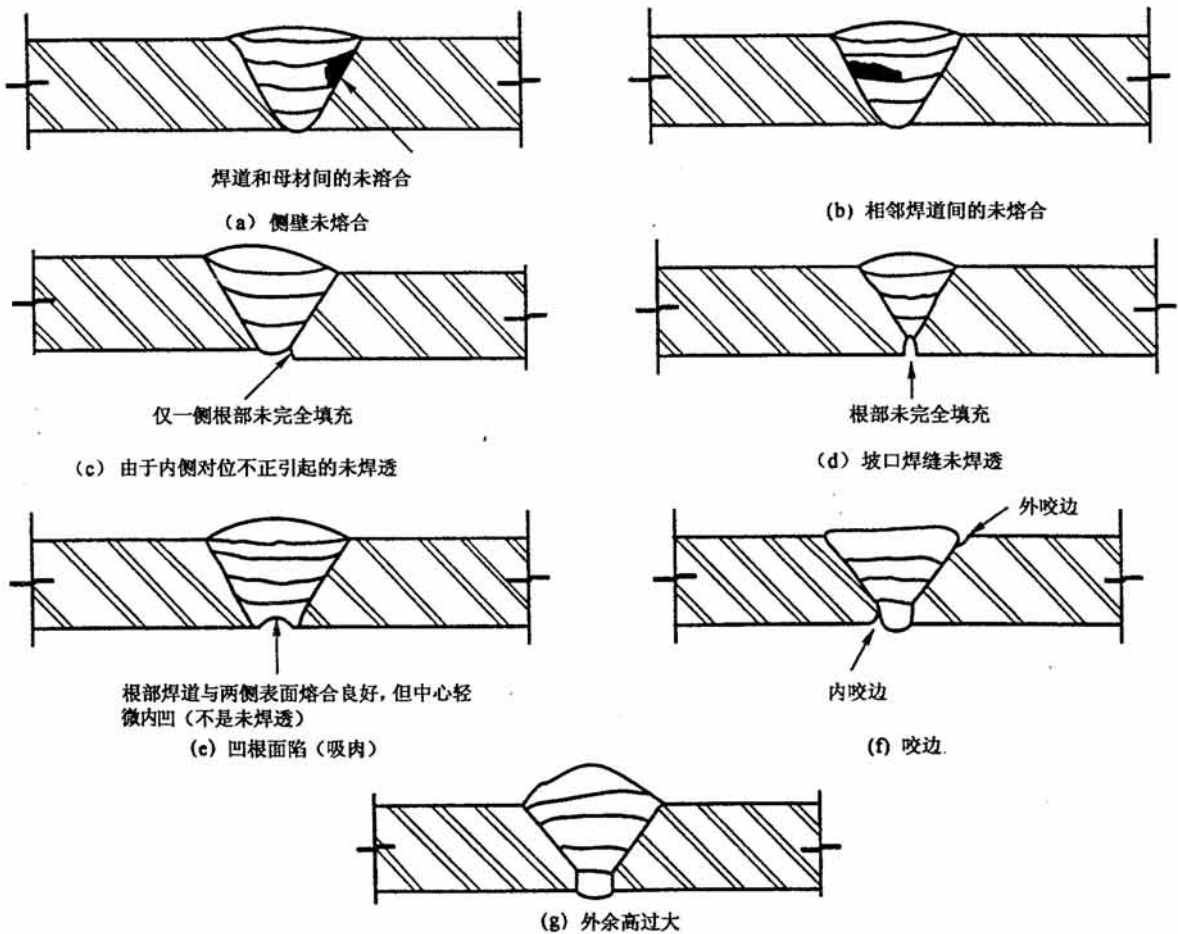


图 341.3.2 典型的焊缝缺陷

(b) 如(a)要求的被检件检查合格,则有缺陷的件应予返修或更换并按第 341.3.3 节规定重新检查,而附加检查所代表的全部件数均应为合格;

(c) 如(a)要求的被检件中任何一件发现有缺陷,则每个缺陷件应再加 2 个相同件进行检查;

(d) 如所有(c)要求的被检件都合格,则有缺陷

的件应予返修或更换并按第 341.3.3 节规定重新检查,而附加检查所代表的全部件数均应为合格;

(e) 如(c)要求的被检件中任何一件发现有缺陷,则累进检查代表的全部件都应:

(1) 返修或更换并按要求重新检查;

(2) 全部进行检查,进行必要的返修或更换,再

表341.3.2 焊缝验收准则和评价焊缝缺陷的检测方法

04

焊缝类型和工况条件(A-M)要求的验收准则[注(1)]										检测方法				
常规和M类流体工况			剧烈循环条件			D类流体工况				焊缝缺陷	目视检测	射线检测	磁粉检测	渗透检测
焊缝类型			焊缝类型			焊缝类型								
环向、斜接坡口和支管连接 [注(4)]	纵向坡口 [注(2)]	角接 [注(3)]	环向、斜接坡口和支管连接 [注(4)]	纵向坡口 [注(2)]	角接 [注(3)]	环向、斜接坡口和支管连接 [注(4)]	纵向坡口 [注(2)]	角接 [注(3)]	支管连接 [注(4)]					
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	裂缝	√	√	√	√
A	A	A	A	A	A	C	A	N/A		未熔合	√	√	...	...
B	A	N/A	A	A	N/A	C	A	N/A		未焊透	√	√	...	...
E	E	N/A	D	D	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	内部气孔	...	√	...	...
G	G	N/A	F	F	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	内部夹渣、夹钨或条状显示	...	√	...	...
H	A	H	A	A	A	I	A	H	H	咬边	...	√	...	...
A	A	N/A	A	A	A	A	A	A	A	表面气孔或暴露的夹渣 [注(5)]	√	...	...	...
N/A	N/A	N/A	J	J	J	N/A	N/A	N/A	N/A	表面粗糙度	√	...	...	...
K	K	N/A	K	K	N/A	K	K	N/A	K	根部表面凹陷 (缩进)	√	√	...	...
L	L	L	L	L	L	M	M	M	M	焊缝余高或根部凸出	√	...	...	...

通注：(a) 焊缝缺陷通过一个或几个检测方法来评价，按 341.4.1、341.4.2、341.4.3 和 M341.4.1 或由工程设计规定；

(b) “N/A” 表示对于这种类型的缺陷，规范没有规定验收准则或不要求评价；

(c) “√” 表示对于评价这种类型的焊缝缺陷，通常使用的检测方法；

(d) “...” 表示对于评价这种类型的焊缝缺陷，通常不使用的检测方法。

04

进行必要的重检以满足本规范的要求。

341.4 要求检查的范围

341.4.1 常规要求的检查

常规流体工况的管道应按本规定的范围或工程设计中规定的更大的范围进行检查。验收准则除另有规定外见第 341.3.2 节所述及表 341.3.2 中对常规流体工况的规定。

(a) 目视检查

按第 344.2 节规定，至少应对以下项目进行检查：

(1) 随机选择足够数量的材料和组件，使检查人员满意地认为它们都符合技术条件要求且无缺陷。

(2) 至少 5% 制品。对于焊缝，应包括每一焊工或焊接操作工所焊的焊缝。

(3) 100% 的纵缝，但按表列规范制作的组件中的纵缝除外。见第 341.5.1(a) 节接头系数 $E_j = 0.90$ 的纵缝检查。

(4) 抽样检查螺纹、螺栓连接和其它接头的组件，使检查员满意地认为它们符合第 335 节中的有关要求。进行气压试验时，所有螺纹、螺栓连接及其它机械接头均应进行检查。

(5) 管道安装时抽样检查，包括对准、支架和冷紧的检查。

(6) 已安装管道的检查，找出需返修或更换的缺陷以及其它违背设计意图的明显偏差。

(b) 其他检查

(1) 对接和斜接坡口环缝应按第 344.5 或 344.6 节规定进行全面地射线照相抽查或超声波抽查。被检焊缝的选择应保证包括每个参加产品焊接的焊工或焊接操作工所焊制的焊缝在内。同时也应

表 341.3.2 的准则值注

符号	准 则 量 度	可验收值范围 ⁽⁶⁾										
A	缺陷范围	0(无明显缺陷)										
B	未焊透深度 未焊透累积长度	$\leq 1 \text{ mm}(1/32 \text{ in})$ 和 $\leq 0.2\bar{T}_w$ 在任 150 mm(6 in)焊缝长度内 $\leq 38 \text{ mm}(1.5 \text{ in})$										
C	未熔合及未焊透深度 未熔合及未焊透累积长度 ⁽⁷⁾	$\leq 0.2\bar{T}_w$ 在任 150 mm(6 in)焊缝长度内 $\leq 38 \text{ mm}(1.5 \text{ in})$										
D	内部气孔尺寸大小及分布	参见 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册附录 4										
E	内部气孔尺寸大小及分布	$\bar{T}_w \leq 6 \text{ mm}(1/4 \text{ in})$, 范围与 D 同 $\bar{T}_w \geq 6 \text{ mm}(1/4 \text{ in})$ 范围为 $1.5 \times D$										
F	夹渣, 夹钎或条形显示 单个长度 单个宽度 累积长度	$\leq \bar{T}_w/3$ $\leq 2.5 \text{ mm}(3/32 \text{ in})$ 和 $\leq \bar{T}_w/3$ 在任何 12 \bar{T}_w 焊缝长度内, $\leq \bar{T}_w$										
G	夹渣、夹钎或条形显示 单个长度 单个宽度 累积长度	$\leq 2\bar{T}_w$ $\leq 3 \text{ mm}(1/8 \text{ in})$ 和 $\leq \bar{T}_w/2$ 在任何 150 mm(6 in)焊缝长度内, $\leq 4\bar{T}_w$										
H	咬边深度	$\leq 1 \text{ mm}(1/32 \text{ in})$ 和 $\leq \bar{T}_w/4$										
I	咬边深度	$\leq 1.5 \text{ mm}(1/16 \text{ in})$ 和 $\leq \bar{T}_w/4$ 或 $1 \text{ mm}(1/32 \text{ in})$										
J	表面粗糙度	$\leq 500 \text{ min } R_a$, 按 ASME B46.1 规定										
K	根部凹陷深度	接头总厚, 包括焊缝补强, $\geq \bar{T}_w$										
L	通过焊缝任一平面内余高或内凸起的高度 ⁽⁸⁾ 应在右表中相应高度值范围内。焊缝金属应平滑过渡到组件表面	<table border="1"> <thead> <tr> <th>\bar{T}_w mm(in)</th> <th>高度, mm(in)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 6(1/4)$</td> <td>$\leq 1.5(1/16)$</td> </tr> <tr> <td>$> 6(1/4), \leq 13(1/2)$</td> <td>$\leq 3(1/8)$</td> </tr> <tr> <td>$> 13(1/2), \leq 25(1)$</td> <td>$\leq 4(5/32)$</td> </tr> <tr> <td>$> 25(1)$</td> <td>$\leq 5(3/16)$</td> </tr> </tbody> </table>	\bar{T}_w mm(in)	高度, mm(in)	$\leq 6(1/4)$	$\leq 1.5(1/16)$	$> 6(1/4), \leq 13(1/2)$	$\leq 3(1/8)$	$> 13(1/2), \leq 25(1)$	$\leq 4(5/32)$	$> 25(1)$	$\leq 5(3/16)$
\bar{T}_w mm(in)	高度, mm(in)											
$\leq 6(1/4)$	$\leq 1.5(1/16)$											
$> 6(1/4), \leq 13(1/2)$	$\leq 3(1/8)$											
$> 13(1/2), \leq 25(1)$	$\leq 4(5/32)$											
$> 25(1)$	$\leq 5(3/16)$											
M	余高或内凸起高度 ⁽⁸⁾ 如 L 中所述 ⁽⁹⁾ , 不适用	范围为上述 L 相应值的 2 倍										

× = 要求检查 NA = 不适用 --- = 不要求

- 注: (1) 所列准则是针对所要求的检查。更严的准则可在工程设计中规定。参见第 341.5 和 341.5.3 节。
 (2) 纵向坡口焊缝包括直缝和螺旋缝。准则不适用于按表 A-1 或表 326.1 中所列标准制作的焊缝。
 (3) 角焊缝包括承插焊和密封焊以及平焊法兰、支管补强和支架的连接焊缝。
 (4) 支管接头焊缝包括支管和圆边接口的受压焊缝。
 (5) 仅评定公称厚度 $\leq 5 \text{ mm}(3/16 \text{ in})$ 焊缝的缺陷。
 (6) 两个极限数值用“和”分开时, 其中较小的数值确定合格, 两组数值用“或”分开时, 则较大的数值是合格值。 \bar{T}_w 是对焊接头中两个连接件厚度较薄者的公称厚度。
 (7) 紧密对接未熔合的钝边为不合格。
 (8) 对于坡口焊缝, 高度是指从两相邻连接件表面所测得的较小者, 余高和内凸起在焊缝中是允许的。对于角焊缝, 高度是从理论焊缝厚度测得, 见图 328.5.2A, 内凸起不适用。
 (9) 仅对 Al 合金, 内凸不应超过下列值:
 (a) 厚度 $\leq 2 \text{ mm}(5/64 \text{ in}), 1.5 \text{ mm}(1/16 \text{ in})$;
 (b) 厚度 $> 2 \text{ mm}$ 和 $\leq 6 \text{ mm}(1/4 \text{ in}), 2.5 \text{ mm}(3/32 \text{ in})$;

在最大范围内包括与纵缝的交叉点。当环缝与纵缝相交时最少应检查 38 mm (1½ in) 长的相邻纵缝。如在工程设计中有规定或检验师特别授权,按第 344.7 节的制作过程中检查可在逐条焊缝检查的基础上,全部或部分代替射线照相检查或超声波检查。

(2) ≥5% 硬钎焊接头总数应进行第 344.7 节的制作过程中检查。所选择的检接头应保证包括每个制作产品接头的钎焊工所焊的接头在内。

(c) 合格证和记录

检查人员应通过审阅合格证、记录和其它证明文件确信,材料和组件均为规定等级并经过要求的热处理、检查和试验。检查人员应向检验师提交一份说明规范和工程设计规定的全部质量控制要求已经执行的证明文件。

341.4.2 检查——D 类流体工况

在工程设计中指定用于 D 类流体工况的管道和管道元件应按第 344.2 节规定在所需的范围内进行目视检查,使检查人员满意地认为组件、材料以及加工技艺均符合本规范和工程设计的要求。除另有规定外,验收准则见第 341.3.2 节和表 341.3.2 “D 类流体工况”栏。

341.4.3 检查——剧烈循环条件

用于剧烈循环条件下的管道应按本节规定的范围或工程设计中规定的更大范围进行检查。除另有规定外,验收准则见第 341.3.2 节及表 341.3.2 “剧烈循环条件”栏。

(a) 目视检查

第 341.4.1(a) 节的要求除下列外均适用:

- (1) 全部制品应予检查。
- (2) 全部螺纹、螺栓连接和其它接头应予检查。
- (3) 所有安装管道应进行检查以校核尺寸和 (99) 对准度。支架、导向件和冷紧点都应检查以保证管道的移动能适应开车、运行和停车等所有的情况,而不会发生咬住和意外拘束的现象。

(b) 其他检查

所有环缝对接和斜接坡口焊缝以及类似图

328.5.4E 所示的已制的支管连接焊缝都应按第 344.5 节进行 100% 的射线照相检查或(如工程设计有规定时)按第 344.6 节进行 100% 的超声波检查。不进行射线照相的承插焊缝和支管连接焊缝应按第 344.3 或 334.4 节进行磁粉检查或液体渗透检查。

(c) 如工程设计中有规定或经检验师特别授权时,第 344.7 节的制作过程中检查,补充适当的无损检查后,可在逐条焊缝检查的基础上代替(b)中所要求的检查。

(d) 合格证和记录

按第 341.4.1(c) 节中的要求。

341.5 补充检查

第 344 节中所述的任何检查方法,都可由工程设计规定作为第 341.4 节中所要求检验的补充。需要进行的补充检查的范围和验收准则,若与第 341.3.2 节中规定不同时,应在工程设计中予以规定。

341.5.1 局部射线照相

(a) 纵缝

纵缝接头系数 $E_j = 0.90$ 的坡口焊缝的局部射线照相,要求每个焊工或焊接操作工每 30 m (100ft) 焊缝中至少有 300 mm (1 ft) 按第 344.5 节进行射线照相检验,验收准则见表 341.3.2 常规流体工况射线照相栏。

(b) 对接环缝和其他焊缝

建议检查的范围为,在每一名焊工或焊接操作工每 20 条焊缝中 ≥1 条焊缝进行射线照相检查。除另有规定外,验收准则见表 341.3.2 中“被检接头类别”“局部或抽样射线照相”栏。

(c) 累进检查

按第 341.3.4 节条款规定。

(d) 待检焊缝

局部射线照相检查的焊缝位置及检查点应由检验师选择或经他批准。

341.5.2 硬度试验

除工程设计中另有规定外,要求的硬度试验范围应符合第 331.1.7 节规定。

341.5.3 解决检查中未定结论的方法

任何方法均可用来解决有怀疑的显示。验收准则应随采用的检查方法而定。

342 检查人员

342.1 人员评定和证书

检查人员应具有与各项具体检查所需相称的训练和经验^①。业主应审定标明人员评定结果及日期的雇用检查人员的记录,妥为保存以备检验师查阅。

342.2 特定要求

对制作过程中检查,检查工作应由不是从事产品制作的人员来进行。

343 检查工艺

检查应按第 344 节中规定的一个方法、包括专门方法(参见第 344.1.2 节)的书面工艺来进行。工艺应按照 BPV 规范第 V 卷第 1 章 T-150 要求编写。业主应审定表明工艺评定结果及日期的所用检查工艺的记录,妥为保存以备检验师查阅。

344 检查类型

344.1 概述

344.1.1 方法

除第 344.1.2 节规定外,本规范、工程设计或检验师要求的任何检查均应按本节规定的诸方法之一进行。

344.1.2 专门方法

如使用本节中未予规定的方法,应在工程设计中将它及其验收准则详细规定以便对所需工艺及检

查人员进行评定。

344.1.3 定义

下列术语适用于任何检查类型:

100%检查(100% examination):在指定的一批管道^②中,对某一具体项目进行全部检查。

抽样检查(random examination)^③:在指定的一批管道^②中,对某一具体项目的某一百分数,进行全部检查。

局部检查(spot examination)^③:在指定的一批管道^②中,对某一具体项目的每一件,进行规定的部分检查。例如,在一批套管中,只检查车间已焊好的焊缝长度的一部分。

抽样局部检查(random spot examination)^③:在指定的一批管道^②中,对某一百分数的具体项目,进行规定的部分检查。

344.2 目视检查

344.2.1 定义

目视检查是对组件、接头及其它管道元件的一部分进行观察,它们在制造、制作、装配、安装、检查或试验之前、进行中或之后能够暴露看得见。这种检查包括核实规范和工程设计对材料、组件、尺寸、接头的制备,对准、焊接、粘接、钎焊、螺栓连接、螺纹或其它连接方法、支承件、装配以及安装等的要求是否达到。

344.2.2 方法

目视检查应按 BPV 规范第 V 卷第 9 章规定进行。除第 344.7 节规定制作过程中检查的记录外,各目视检查不要求记录。

344.3 磁粉检查

铸件的磁粉检查见第 302.3.3 节。焊缝及非铸

^①为此目的可用 SNT-TC-1A《无损检测人员评定和资格证书》作为指南。

^②指定批是本规范中用于检查要求考虑的管道数量。指定批的数量和程度宜由合同方协商在开始工作前确定。对不同管道工作,可以建立不只 1 个指定批。

^③抽样或局部检查将不保证制造产品预定质量水平。在被代表检查的一批管道中,未检查项目可能含有进一步检查会暴露的缺陷。特别是,如果要对一批管道消除所有射线照相显像的缺陷,就必须规定 100% 射线照相检查。

造的组件的磁粉检查应按 BPV 规范第 V 卷第 7 章规定进行。

344.4 液体渗透检查

铸件的液体渗透检查见第 302.3.3 节。焊缝及非铸造组件的液体渗透检查应按 BPV 规范第 V 卷第 6 章规定进行。

344.5 射线照相检查

344.5.1 方法

铸件的射线照相见第 302.3.3 节。焊缝及非铸造组件的射线照相见 BPV 规范第 V 卷第 2 章。

344.5.2 射线照相范围

(a) 100% 射线照相

除工程设计中另有规定外,只适用于环向和斜接坡口焊缝以及与图 328.5.4E 相类似的支管连接焊缝。

(b) 抽样射线照相

只适用于环向和斜接坡口焊缝。

(c) 局部射线照相

在规定焊接范围内的一点上,要求按第 344.5.1 节进行射线一次曝光。对于环向、斜接和支管坡口焊缝。最低要求为:

(1) 规格 \leq DN 65 (NPS 2 $\frac{1}{2}$) 的管道中,覆盖整个焊缝圆周的一次椭圆曝光。

(2) 规格 $>$ DN 65 的管道中 25% 内圆周或 152 mm (6 in), 取两者中的较小值。

对纵缝焊,要求 \geq 152 mm (6 in) 焊缝长度。

344.6 超声波检查

344.6.1 方法

铸件的检查见第 302.3.3 节;不包括其他类型的组件。焊缝的超声波检查按 BPV 规范第 V 卷第 5 章规定进行,但下述(a)和(b)中规定的允许按 T-542.2.1 和 T-542.8.1.1 规定的基本校准块方法代替。

(a) 当基本校准块未按 T-542.1.1(c) 和 T-542.

8.1.1 规定进行热处理时,应使用修正方法将来自基本校准块和组件的反射波相互联系起来,修正是藉记录下从相同参照反射体的基准校准块和组件接收来的反射波之间的差异并将其进行校正来完成的。

(b) 参照反射体可以是 V 形铁(随后必须移去);也可将斜探头用作发射源或任何其它有助于完成修正的发射源。

(c) 当选用修正法作为替代方法时,最少检查次数应为:

(1) 规格 \leq DN 50 (NPS 2) 时,每 10 个焊接接头检查 1 次;

(2) DN 50 $<$ 规格 \leq DN 450 (NPS 18) 时,每 1.5 m (5 ft) 检查焊缝 1 次;

(3) 规格 $>$ DN 450 时,每 1 个焊接接头检查 1 次。

(d) 每种材料的类型以及每种规格和壁厚在应用修正法时均应分别考虑,此外,对每种类型的焊接接头,应使用 \geq 2 次修正方法。

(e) 使用修正方法时,检查不连续的参照级应予修改以反映出修正校正。

344.6.2 验收准则

如果指示幅度超过参照级别且其长度超过以下规定时,线型不连续缺陷为不合格:

(a) $\bar{T}_w \leq 19$ mm ($\frac{3}{4}$ in) 时: 6 mm ($\frac{1}{4}$ in)

(b) $19 < \bar{T}_w \leq 57$ mm ($2 \frac{1}{4}$ in) 时: $\bar{T}_w/3$;

(c) $\bar{T}_w > 57$ mm 时: 19 mm。

344.7 制作过程中检查

344.7.1 定义

制作过程中检查包括下列有关检查:

(a) 接头的制备和清洗;

(b) 预热;

(c) 连结前的装配、连接间隙以及内侧对准;

(d) 连结工艺规定的变素,包括填充材料;

(1) 位置和焊条(焊接);

(2) 位置、钎剂、钎焊温度、适度浸润以及毛

细管作用(钎焊)。

(e)焊接时:清洁后的根部焊道(包括外侧及够得到的内侧)状况,当工程设计有规定时,可辅之以液体渗透和磁粉检查;

(f)焊接时:焊渣的清除和焊道间焊缝情况;

(g)完工后接头外观。

334.7.2 方法

除在工程设计中另有规定外,按第 344.2 节进行目视视查。

345 试验

345.1 要求的泄漏试验

在初次运转前以及按第 341 节要求完成适用的检查后,每个管道系统应进行试验以保证其紧密性除下述情况外,应按第 345.4 节规定进行静水压泄漏试验。

(a)根据业主的意见,D类流体工况的管道可用按第 345.7 节进行的初始运转泄漏试验代替静水压泄漏试验。

(b)当业主认为水压泄漏试验不切实际时,可用第 345.5 节中的气压试验或考虑到贮存在压缩气体中能量的危险性而用第 345.6 节中的水压—气压试验来代替。

(c)当业主认为水压和气压泄漏试验都不切合实际时,如果下述两种情况都存在时,则可用第 345.9 节规定的替代办法:

(1)水压试验会损害衬里或内部保温,或会污染生产流程(该流程会由于有湿气而变为危险的、腐蚀的或无法工作)或在试验中,由于低的金属温度而出现脆性断裂的危险;

(2)气压试验会出现贮存在系统中的能量可能释放的巨大危险性或在试验时由于金属温度低而出现脆性断裂的危险性。

345.2 泄漏试验的总要求

第 345.2 节中的要求适用于多种类型的泄漏试

验。

345.2.1 压力的限制

(a)应力超过屈服强度

如果试验压力会产生公称压应力或纵向应力超过试验温度下的屈服强度的应力,试验压力可减至在该温度下不会超过屈服强度的最大压力(参见第 302.3.2(e)和(f)节)。

(b)试验流体的膨胀

如试验压力需保持一段时间,且系统中的试验流体会受热膨胀,应小心注意避免超压。

(c)初始气压试验

在水压试验之前,可先用空气在 ≤ 170 kPa (25psi)表压下进行试验以找出主要泄漏点。

345.2.2 其他试验要求

(a)泄漏试验

泄漏试验应保压 ≥ 10 min 并应检查所有接头和连接处有无泄漏。

(b)热处理

泄漏试验应在全部热处理都已进行完毕后进行。

(c)低试验温度

当泄漏试验在接近金属延性—脆性转变温度下进行时,应该考虑到脆性破坏的可能性。

345.2.3 试验的专门条款

(a)管道部件

管道部件可以单独进行试验,也可装配在管道上与管道一起进行试验。

(b)法兰接头

在试验时如将其它设备隔开而插入插板的法兰接头,不需进行试验。

(c)封闭焊缝

如果焊缝按第 344.7 节进行制造过程中检查,而又按第 344.5 节进行 100% 射线照相检查或按第 344.6 节进行 100% 超声波检查合格,管系或组件已按第 345 节通过泄漏试验,则连接这种管系或组件的最终的内焊缝不需进行泄漏试验。

345.2.4 外压管道

受外压的管道应以 1.5 倍内外压差进行内压试验,且压力 ≥ 105 kPa (15 psi)。

345.2.5 套管

(a)内套管应根据内或外设计压力(以较大者为准)进行泄漏试验。如果需要按照第 345.3.1 节要求对内管接头作目视检查,此渗漏试验必须在套管完成之前进行。

(b)除工程设计中另有规定外,外套管应根据套管设计压力按第 345.1 节规定进行泄漏试验。

345.2.6 泄漏试验后的修补或增添物件

如果泄漏试验后进行修补或增添物件,则受影响的管道应重新进行试验,对采取了预防措施保证结构完好的一些小修补或增添物件,业主不坚持重新试验者除外。

345.2.7 试验记录

试验时,应对每一管道系统作好试验记录,它们包括:

- (a)试验日期;
- (b)受试管道系统的标志;
- (c)试验流体;
- (d)试验压力;
- (e)检查人员出具的检查结果合格证。

如果管道满意地通过本规范要求的压力试验并保存有检验师出具的合格证,则上述记录在试验完成后无需保存。

345.3 泄漏试验的准备工作

04 345.3.1 接头外露

除按本规范预先已进行过试验的接头可以包覆绝热层或覆盖层外,所有接头、焊缝(包括结构与承压组件的连接焊缝)和粘接缝均不得包覆绝热层,应使其外露以便泄漏试验时进行检查。如果要进行灵敏泄漏试验(第 345.8 节),所有接头均不应上底漆和油漆。

345.3.2 临时支架

输送蒸汽或气体的管道,必要时应加装临时架件,以支撑试验流体的重量。

345.3.3 带膨胀节的配管

(a)依靠外部主固定架去约束压力端荷载的膨胀节,应在管道系统现场试验。

(b)由制造商进行预先车间试验的自约束膨胀节[见附录 X 第 X302.2.3(a)节],试验时可从系统隔断,但按第 345.8 节要求做敏感泄漏试验时,这种膨胀节应装在系统中者除外。

(c)带有膨胀节的管道系统应在没有临时接买或固定架约束的情况下按下列较小者进行泄漏试验:

- (1)对波纹管膨胀节为 150% 设计压力;
- (2)按第 345 节决定系统试验压力。

任何情况下,波纹管膨胀节都不应承受大于制造商的试验压力。

(d)当系统泄漏试验压力大于上述(c)规定的试验压力或 150% 设计压力而没有第 345.2.1(a)要求的限制时,膨胀节应从管道系统移开或必要时应采用临时约束以限制主固定架荷载。

345.3.4 试验管道的限制

不拟进行试验的设备在压力试验进行期间应与管道脱离,或用插板或其它方法将它与管道隔开。亦可采用适合试验压力的阀门(包括其闭合机构)。

345.4 水压泄漏试验

345.4.1 试验流体

试验流体应为水,由于冰冻或水对管道或工艺有不良影响而有可能损坏管道的情况除外(见 F345.4.1),这时可使用其他合适的无毒液体。如果使用液体是可燃性的,则其闪点应 ≥ 49 °C (120 下)且应考虑到试验周围的环境。

345.4.2 试验压力

除第 345.4.3 规定外,在金属管道系统中任何一点的水压试验压力均应按下述规定:

- (a) ≥ 1.5 倍设计压力;
- (b)设计温度高于试验温度时,最小试验压力应按方程(24)计算,但 $S_T/S \leq 6.5$;

$$P_T = \frac{1.5PS_T}{S}; \quad (24)$$

式中:

P_T ——最小试验压力,表压;

P ——设计内压,表压;

S_T ——试验温度下的应力值;

S ——设计温度下的应力值(见表 A-1)。

(c) 如果上述规定试验压力,在设计温度下会产生公称内压应力或纵向应力超过屈服强度的应力,则可将试验压力减低到试验温度下不致超过屈服强度的最大压力(见第 302.3.2(e)和(f)节)。对金属波纹膨胀节,见附录 X 的第 X302.2.3(a)节。

345.4.3 与容器⁽⁴⁾为一个系统的管道水压试验

(a) 如果连接到容器的管道的试验压力 \leq 容器的试验压力,则管道可与容器一起在管道试验压力下进行试验。

(b) 当管道压力超过容器的试验压力,同时要将管道与容器隔开也不切合实际时,则在业主同意下,且容器试验压力 $\geq 77\%$ 按第 345.4.2(b)节计算的管道试验压力时,管道和容器可一起在容器试验压力下进行试验。

345.5 气压泄漏试验

345.5.1 预防措施

由于具有储存在压缩气体中的能量释放的危险性,因而必须特别注意,使气压试验时脆性破坏机会减至最小程度。在这方面试验温度是很重要的,设计师在选择结构材料时必须考虑到。参见第 345.2.2(c)节和附录 F 第 F323.4 节。

345.5.2 泄压装置

试验时应有泄压装置,其整定压力 \leq 试验压力加上 345 kPa(50 psi)或 10% 试验压力、两者中的较小者。

345.5.3 试验流体

用作试验的流体(如果不是空气)应是不易燃和无毒的气体。

345.5.4 试验压力

试验压力应为 110% 设计压力。

345.5.5 程序

应逐渐加压至表压为 1/2 试验压力或 170 kPa (25 psi)两者中的较小者,这时应进行初始检查,包括按第 341.4.1(a)节规定的接头检查。此后压力应分级逐渐增加直至试验压力,每级均应有足够的保压时间以平衡管道的应变。然后再降至设计压力,按第 345.2.2(a)节检查有无泄漏。

345.6 水压-气压泄漏试验

如果使用水压-气压结合渗漏试验,则第 345.5 节中要求应予满足,且管道被液体充填部分的压力不应超过第 345.4.2 节中规定的范围。

345.7 初始运转的泄漏试验

如业主选此试验,本试验仅适用于 D 类流体工况的管道。见第 345.1(a)节。

345.7.1 试验流体

试验流体为工况流体。

345.7.2 程序

在管道初始运转时或运转前,压力应分级逐渐增加至操作压力,每级应有足够的保压时间以平衡管道应变。如果工况流体是气体或蒸汽,则应按第 345.5.5 节所述进行初检。

345.7.3 泄漏检查

代替第 345.2.2(a)节,允许省去对已按本规范规定进行过试验的接头和连接处的泄漏检查。

345.8 敏感泄漏试验

试验应按 BPV 规范第 V 卷第 10 节中规定的《气泡试验方法》或用其它经验证明具有相同灵敏度的方法进行。在试验条件下试验灵敏度 $\geq 10^{-3}$ atm ml/s。

(a) 试验压力应 ≥ 105 kPa (15 psi)(表压)或 25% 设计压力两者中较小值。

(b) 压力应逐渐增加至 1/2 试验压力或 170 kPa

⁽⁴⁾第 345.4.3 节不影响任何有关容器规范的压力试验要求。

(25 psi)(两者中的较小值)。这时应进行初检。然后压力应分级逐渐增加至试验压力。每级应有足够的保压时间以平衡管道应变。

345.9 替代泄漏试验

下述程序和泄漏试验方法仅在第 345.1(c)节所述的条件下可以使用。

345.9.1 焊缝检查

凡未经过本规范规定的水压或气压泄漏试验的焊缝,包括制作管道和管件的焊缝,均应按下述进行检查:

(a) 环向、纵向以及螺旋坡口焊缝均应按第 344.5 节要求进行 100% 的射线照相检查或按第 344.6 节进行 100% 超声波检查;

(b) 所有未包括在上述(a)中的焊缝,包括结构的连接焊缝,应使用液体渗透法第 344.4 节进行检查,对于磁性材料则用磁粉方法第 344.3 节进行检查。

345.9.2 柔性分析

管道系统的柔性分析应按第 319.4.2 (b) 节进行,如果适用或者按(c)和(d)进行。

345.9.3 试验方法

系统应按第 345.8 节规定进行敏感泄漏试验。

346 记录

346.2 责任

按本规范和工程设计要求的记录由管道设计者、制造厂以及制作和安装单位分别负责准备。

346.3 记录的保存

除工程设计中另有规定外,下述记录应保存 ≥ 5 年。

(a) 检查工艺;

(b) 检查人员评定资料。

第 VII 章 非金属管道和非金属材料衬里管道

A300 总说明

(a) 第 VII 章适用于非金属管道和非金属衬里管道。

(b) 本章的编排、内容以及章节代号均与前六章(基本规范)相一致,章节代号前使用前缀“A”。

(c) 基本规范中的各条款及要求在本章有说明方为适用。

(d) 作为非金属衬里管道中受压组件的金属管道应符合第 I ~ VI 章以及第 VII 章中不局限于对非金属材料的要求。

(e) 本章对在剧烈循环条件下使用的管道无条款。

(f) 除上所述,第 I 章全部适用。

第 1 部分 条件和准则

A301 设计条件

第 301 节全部适用,但第 301.2 和 301.3 节除外,见下述。

A301.2 设计压力

除第 A302.2.4 和 A304 节分别代替第 302.2.4 和 304 节外,第 301.2 节全部适用。

A301.3 设计温度

除下述外,第 301.3 节全部适用。

A301.3.1 设计最低温度

第 302.3.1 节适用。但参见第 A301.3.1 节,而不是第 323.2.2 节。

A301.3.2 未保温组件

组件设计温度应为流体温度,除非由太阳辐射

或其它热源造成更高温度。

A302 设计准则

设计裕量以及最小设计值并连同它们用于管道设计时的允许偏差。

A302.1 概述

设计人员至少应考虑以下几方面,以确信所用的非金属材料及其制造是恰当的:

(a) 设计温度下的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度和弹性模量(长时及短时的);

(b) 设计条件下的蠕变速率;

(c) 设计应力及其基础;

(d) 延性和塑性;

(e) 冲击和热冲击性能;

(f) 温度限制;

(g) 转变温度:熔化和气化;

(h) 气孔和渗透性;

(i) 试验方法;

(j) 接头的制作方法及其有效系数;

(k) 使用中损坏的可能性。

A302.2 压力-温度设计准则

A302.2.1 规定有额定级的表列组件

除表 A326.1 替表 326.1 外,第 302.2.1 节全部适用。

A302.2.2 未规定额级的表列组件

设计应力已按第 A302.3 节确定,但尚无规定的压力-温度级的非金属管道组件,应按第 A304 节中压力设计规则,以本规范中其它规则加以适当修正,并在附录 B 中所示应力的温度范围内规定其级。

未确定许用应力或压力-温度额定级的管道组件,应按第 A304.7.2 节要求,评定其设计压力。

A302.2.3 非表列组件

除表 A326.1 和第 A304 及 A304.7.2 节分别代替表 326.1 和第 304 及 304.7.2 节外,第 302.2.3 节均适用。

A302.2.4 压力和温度偏差的容限

(a) 非金属管道

超过设计条件的压力或温度或两者的偏差都是不允许的。应使用压力和温度重叠最苛刻的条件来确定管道系统的设计条件,见第 301.2 和 301.3 节。

(b) 非金属衬里的金属管道

第 302.2.4 节规定的压力和温度偏差的容限只有在通过以前使用的成功经验或在相似条件下的试验,确定衬里材料在提高温度和压力情况下是适用的,才允许使用。

A302.2.5 不同工况连接处的额定级

不同压力-温度的两种工况连接在一起时,隔开两种工作条件的阀门的额定级应按较苛刻的工况来确定。

A302.3 非金属的许用应力和其他设计限制

A302.3.1 概述

(a) 表 B-1 列出了静压设计应力(HDS)。表 B-2 和 B-3 分别列出符合第 A302.3.2(b)和(c)节中准则的技术条件。表 B-4 和 B-5 列出了许用压力这些 HDS 数值、许用应力准则和许用压力应按附录 B

中注释使用并可用于设计计算(其中许用应力 S 为恰当的设计应力),本规范其它条款修改者除外。除压力设计外,静压设计应力的应用尚未得到验证。第 A302.3.2 节概述了确定许用应力和许用压力的基础。

(b) 应力和许用压力按材料分类并按温度用表列出。允许在温度之间采用内插法。

A302.3.2 许用应力和压力的基础^①

(a) 热塑性塑料

ASTM F2837 叙述确定 HDS 的方法。表 B-1 中列出了那些材料和温度的 HDS 值,对这些材料和温度已收集足够的数据来证明所确定应力的正确性。

(b) 热固性增强树脂(层压的)

表 B-2 列出材料的设计应力(DS)值应为 ASTM C582 表 1 中规定的最小抗拉强度的 $\frac{1}{6}$,并仅在 -29°C (-20°F) $\sim 82^{\circ}\text{C}$ (180°F) 的温度范围内有效。

(c) 热固性增强树脂和增强塑料胶泥(缠绕法和离心浇注法)

表 B-3 列出的材料的静压设计基本应力(HD-BS)值应按 ASTM D2992 中的方法求得,并仅在 23°C (73°F) 时有效。HDS 应按 ASTM D2992 所述的方法,将 HD-BS 乘以一个按使用要求选择的工况(设计)系数^②,并在下列范围内:

(1) 当使用循环的 HD-BS 时,应有工况(设计)系数 $F \leq 1.0$;

(2) 当使用静态 HD-BS 时,应有工况(设计)系数 $F \leq 0.5$ 。

(d) 其他材料

^①引用的 ASTM 技术条件和 AWWA 标准名称如下:

ASTM C14 水泥污水管道、雨水管道及下水管道

ASTM C301 陶瓷粘土管试验方法

ASTM C582 抗蚀设备用接触压制热固性强化塑料(RTP)层压片 ASTM D2321 柔性热塑性塑料管道地下安装方法

ASTM D2837 热塑性塑料管道取得静压设计基础的试验方法

ASTM D2992 “玻璃纤维”(玻璃纤维—RTR)管道和管件取得静压或压力设计基础方法

ASTM D3839 玻璃纤维管道的地下安装

AWWA C900 4~12 in PVC 压力管道

AWWA C950 玻璃纤维-增强的热固性树脂压力管道

^②工况(设计)系数宜在充分估量工况条件和具体材料的工程性能后由设计人员加以选择。除 A302.3.2 (c) (1) R (2) 中的规定范围之外,本规范无规定工况(设计)系数。

表 B-4 和表 B-5 中的许用压力是用表列技术条件材料的物理性能比较保守地确定的,并经广泛经验证实。采用其它材料应按第 A304.7.2 节要求来评定。

A302.3.3 由持续荷载所产生的计算应力的限制⁽¹⁾

(a) 内压应力

由内压产生应力的限制包括在第 A304 节中。

(b) 外压应力

当组件壁厚及其加强方法按第 A304.7.2 节规定已进行评定时,由均匀外压产生的应力应认为是安全的。

(c) 外荷载应力

外荷载下管道的设计应根据下述进行:

(1) 热塑性塑料管道 ASTM D2321 或 AWWA C900;

(2) 热固性增强树脂 (RTR) 和增强塑料胶泥 (RPM) 管道 ASTM D3839 或 AWWA C950 附录 A;

(3) 确定上述(1)和(2)中最大许用挠度时,应考虑到应变及可能产生的皱折,在任何情况下许用径向挠度应毛 5 少。管内径;

(4) 上述(1)或(2)中未包括的非金属管道应按 ASTM C14 或 C301 的规定,进行压碎或三刃口支撑试验:许用荷载应为 25% 试验所得最小值。

A302.3.4 由临时荷载所产生的计算应力的限制

04 (a) 操作

运行期间由于压力、重量和其他持续荷载以及如风、地震等临时荷载在管道系统的组件中产生的应力总和,不应超过第 A302.3.3 节中有关部分的范围。无需考虑风和地震力同时发生的可能性。

(b) 试验

由于试验条件产生的应力不受第 A302.3.3 节的限制,因而无需考虑其它临时荷载(如风和地震)会与试验荷载同时发生。

A302.4 裕量

第 302.4 节全部适用

第 2 部分 管道组件的压力设计

A303 概述

除查阅表 326.1 和第 302.2.1 节改为查阅表 A326.1 和第 A302.2.1 节外,其余第 303 节全部适用。非金属组件则将查阅第 304 节改为查阅第 A304 节。

A304 管道组件的压力设计

A304.1 直管

A304.1.1 概述

(a) 管道直管部分要求厚度按公式(25)确定:

$$t_m = t + c \quad (25)$$

考虑到制造厂的负公差,所选管道的最小厚度 T 应 $\geq t_m$ 。

(b) 在直管压力设计公式中采用下述符号:

t_m ——包括机械、腐蚀、磨蚀裕量在内所需的最小厚度;

t ——压力设计厚度,对于内压按第 A304.1.2 节、对于外压按第 A304.1.3 节的公式计算;

c ——机械裕量(螺纹或切槽深度)加腐蚀和磨蚀裕量之和。对于螺纹元件,采用公称螺纹深度(ASME Bl.20.1 中的尺寸 h 或相当的尺寸)。对于未规定公差的机械加工面或切槽,其公差可假定为:在规定的切槽深度以外再加 0.5 mm (0.02 in);

T ——管壁厚度(测量的或按采购技术条件的最小值);

F ——工况(设计)系数,见第 A302.3.2(c)节;

P ——设计内压力(表压);

D ——管道外径;

S ——附录 B 相应表中的设计应力。

A304.1.2 承受内压的直管

承受内压管的设计厚度 t 应不小于由下列公式之一所计算的厚度,计算时使用列于附录 B 相应表中的应力值,或由其推导出的应力值。

(a) 热塑性塑料管〔见第 A302.3.2(a) 节〕

$$t = \frac{PD}{2S + P} \text{ (表 B-1)} \quad (26a)$$

(b) RTR(层压)管〔见第 A302.32(b) 节〕

$$t = \frac{PD}{2S + P} \text{ (表 B-2)} \quad (26b)^{(3)}$$

(c) RTR(缠绕)和 RPM 离心浇注)管〔见第 2(c) 节〕

$$t = \frac{PD}{2SF + P} \text{ (表 B-3)} \quad (26c)^{(3)}$$

A304.1.3 承受外压的直管

(a) 非金属管

承受外压管设计厚度应按第 A304.7.2 节确定。

(b) 非金属材料衬里的金属管

(1) 基层(外部)材料的外压设计厚度 t 应按第 304.1.3 节确定。

(2) 衬里材料的外压设计厚度 t 应按第 A304.7.2 节的要求确定。

A304.2 管道的弯曲管段和斜接管段

A304.2.1 弯管

弯曲后,弯管的最小要求厚度 t_m 应按第 A304.1 节对直管的规定来确定。

A304.2.2 弯头

不按第 A303 节规定制造的弯头应按第 A304.7.2 节要求进行评定。

A304.2.3 斜接弯管

斜接弯管应按第 A304.7.2 节要求进行评定。

A304.3 支管连接件

A304.3.1 概述

有支管连接件的管道本身必须开孔,故强度有所降低。除非管道的壁厚超过承受压力所需的厚度足够多,否则就需另加补强。除第 A304.3.2 节规定者外,所需补强量应按第 A304.7.2 节要求时行

⁽³⁾ 设计内压厚度 t 不应包括用小于补强纤维重量 20% 补强的管壁厚度。

评定。

A304.3.2 采用管件的支管连接件

如果支管连接件系根据第 A303 节采用了管件(三通、斜三通或四通),则可不经过计算认定该支管连接件具有能承受内压和外压的足够强度。

A304.3.3 设计附加考虑

第 A304.3.1 和 A304.3.2 节的要求是为保证仅承受内压和外压的支管连接件的满意性能而规定的。设计者还应考虑第 304.3.5(a)、(c) 和 (d) 节的要求。

A304.4 封头

不符合第 A303 节规定的封头应按第 A304.7.2 节要求进行评定。

A304.5 法兰的压力设计

A304.5.1 概述

(a) 不符合第 A303 或 A304.5.1(b) 或 (c) 节规定的法兰按第 A304.7.2 节要求进行评定。

(b) 使用平的环形垫片的法兰可按 BPV 规范第 VIII 第 1 册附录 2 进行设计,但应使用本规范规定的许用应力和温度限制。除下列符号的定义外,其余均按 BPV 规范的规定:

P ——设计压力(表压);

S_a ——常温下的螺栓设计应力⁽⁴⁾;

S_b ——设计温度下的螺栓设计应力⁽⁴⁾;

S_f ——表 B-1、B-2 或 B-3 中法兰材料的许用应力。

力。

(c) 第 A304.5.1(b) 节中的法兰设计规则不适用于采用全平面垫片的法兰设计,这种全平面垫片延伸到螺栓外面,通常达到法兰的外径边缘或其法兰在螺栓以外与法兰实体接触,这样接头上的作用力和反作用力与使用环形平垫片接头上的是不相同的,因而法兰的设计应按 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册附录 Y 的要求进行。

⁽⁴⁾ 螺栓设计应力不应超过表 A-2 中规定的设计应力。

A304.5.2 法兰盖

不符合第 A303 节规定的法兰盖可按第 304.5.2 节进行设计,但其许用应力 S 应取自附录 B 各表中。否则应按第 A304.7.2 节要求进行评定。

A304.6 异径管

不符合第 A303 节要求的异径管,应按第 A304.7.2 节进行评定。

A304.7 其他组件的压力设计**A304.7.1 表列组件**

按照表 A326.1 中标准制造但未包括在 A304 中的其它承压组件,可按第 A303 节规定予以使用。

A304.7.2 非表列组件和元件

对第 A304 节中的规则不适用的非表列组件和接头,其压力设计应根据与本规范设计准则相符的计算,并在考虑第 301.4 ~ 301.11 节中有关周围环境和动力影响的同时,应由下述(a)或(b)中的 1 种或 2 种方法进行验证:

(a)在相似的设计条件下,由同样或类似材料制作的比例相似的组件所获得的广泛而又成功的使用经验;

(b)在包括相关的动载及蠕变影响在内的设计条件下的运行试验,继续进行至足够的时间以确定组件或接头是否能达到设计寿命。

(c)对于上述(a)或(b),在尺寸、壁厚和压力级别之间,设计人员可用内插法,在有关材料之间,可以此类推。

A304.7.3 带金属受压零件的非金属组件

未包括在表 A326.1 标准中的组件,其中金属及非金属零件均受压,应按第 304.7.2 及 A304.7.2 节有关要求评定。

第 3 部分 流体工况对管道组件的要求

A305 管道

由于受到承压材料的限制,表列非金属管道可

以用于常规流体工况。非表列管道仅可按第 A302.2.3 节规定使用。

A306 管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件

概述 管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件,可按第 A306.1 ~ A306.5 节规定使用。用于这种组件的管道和其他材料应适合于制造方法和流体工况。

A306.1 管件**A306.1.1 表列管件**

由于受材料的限制,表列管件可用于常规流体工况。

A306.1.2 非表列管件

非表列管件仅可按第 A302.2.3 节规定使用。

A306.2 管道弯管**A306.2.1 概述**

按第 A332 节规定制造并按第 A304.2.1 节规定验证其压力设计的弯头,应适用于与用来制作它的管道一样的工况。

A306.2.2 波纹和其他弯头

其它设计的弯头(如皱折或波纹)应按第 304.7.2 节要求进行压力设计评定。

A306.3 斜接弯管

除第 306.3.2 节规定外,符合第 A304.2 规定的斜接弯管,可用于常规流体工况。

A306.4 预制或扩口翻边接头

下列要求不适用于符合第 A306.1 节规定的管件。

A306.4.1 预制翻边接头

(a)第 306.4.1(a)和(b)节中的要求应予满足。

(b)翻边接头材料应适合于工况条件。压力设计应按第 A304.7.2 节要求进行评定。

A306.4.2 扩口翻边接头

扩口翻边接头不应使用于非金属管道中。

A306.5 预制支管接头

下列要求不适用于符合第 A306.1 节要求的管件：

A306.5.1 概述

直接将支管粘结到主管上的预制支管接头，带或不带外加补强，如第 328.6.4 节所述和图 328.5.4 所示，如压力设计按第 A304.7.2 节要求进行评定，则可用于常规流体工况：

A306.5.2 特定要求

预制支管接头应按第 A328.5 节规定制作。

A307 阀门和特制组件

除第 307.1.2 节中参照第 302.2.3 和 304.7.2 节分别改为参照第 A302.2.3 和 A304.7.2 节外，第 307 节全部适用。

A308 法兰、插板、法兰密封面和垫片**A308.1 概述**

除第 308.1.2 节中参照第 A302.2.3 节代替参照第 302.2.3 节外，第 308.1 节均适用。

A308.2 法兰**A308.2.1 概述**

(a) 法兰应具有合适的密封面、垫片和螺栓连接件使其能充分发挥接头的最大额定级并承受预期的外部荷载。

(b) 设计者宜与制造厂商议法兰的额定级。

A308.2.2 螺纹法兰

螺纹法兰遵守第 A314 节螺纹接头的要求。

A308.3 法兰密封面

第 308.3 节完全适用。

A308.4 对垫片的限制

见附录 F 第 F308.4 节。

A308.4.1 用作密封面或垫片的衬里

衬里材料延伸至法兰而且作为垫片使用，应符合第 308.4 节规定。

A309 螺栓连接件

螺栓连接件包括螺栓、螺栓螺柱(bolt studs)、双头螺柱、有头螺钉、螺母及垫圈。见附录 F 第 F309 节。

A309.1 概述

第 313 节全部适用。

A309.2 特定的螺栓连接件

满足第 309.1 节要求的螺栓连接件可用于任何法兰材料和法兰密封面的组合。连接装配应符合第 A335.2 节要求。

A309.3 非金属组件的螺孔

如果压力设计按 A304.7.2 要求进行评定，则非金属管道组件可使用拧入承压螺栓的螺孔。

第 4 部分 流体工况对管道连接的要求**A310 概述**

第 310 节全部适用。

A311 塑料粘结接头**A311.1 概述**

粘结应符合第 A328 节规定并按第 A341.4.1 节受材料限制，按常规流体工况的规定进行检查。

A311.2 特定要求**A311.2.1 填角粘结**

填角粘结仅能用于采用经评定的热风焊接工艺进行的粘结连接中(见第 A328.5.2 节)。

A311.2.2 密封粘结

密封粘结仅可用于防止螺纹接头泄漏以及经证实对粘结材料无有害影响才可使用。

A311.2.3 限于D类流体工况的接头

按照第341.4.2节规定检查过的接头才可用于D类工况。

A312 法兰接头

设计者宜向制造厂问清非金属管道和非金属衬里管道中法兰接头额定级。

A313 胀接接头

第313节全部适用。

A314 螺纹接头

A314.1 概述

螺纹接头适用于常规流体工况,但遵守材料限制及第A314节中要求。不应使用符合第314.1(d)节的接头。

A314.2 特定要求

04 A314.2.1 热塑性塑料管道

螺纹接头应符合下列全部规定:

(a)管壁厚度应 \geq ASTM D1785中规定的Sch.80;

(b)外螺纹应为NPT、符合ASME B1.20或ASTM F1498中的;

(c)螺纹应符合表A326.1中相应的标准;

(d)应使用合适的螺纹润密封剂。

A314.2.2 热固性增强树脂管道

热固性增强树脂(RTR)管道中的螺纹接头应符合下列规定:

(a)外螺纹应在专门的厚壁管端上,在工厂内切制成或用模压法制成;

(b)相匹配的内螺纹应在工厂内切制或在管件用模压法制成;

(c)不允许在RTR管子的一般管端上切制外螺纹,除非这种螺纹只起将匹配的内螺纹机械锁紧的作用,而内螺纹又系在工厂内切制或模压在深承插管件的底部上;

(d)工厂切制或模压的螺纹短节、管接头或粘结在RTR管道和管件平端的接头,可以用于需与金

属螺纹管道相连接的接口。

A314.2.3 增强塑料胶泥管道

螺纹接头不允许用于增强塑料胶泥(RPM)管道。

A315 管子接头

第315节全部适用,但受材料的限制,除去剧烈循环工作条件的第315.2(b)节,并用参照表A326.1和第A304.7.2节分别代替参照表326.1和第304.7.2节。

A316 填缝接头

第316节全部适用。

A318 特殊接头

特殊接头是指那些不包括在第III章第4节中的接头,如钟型及填料压盖型接头。

A318.1 概述

除第318.1.2节中参照第304.7.2节用参照第A304.7.2节替代外,其余全部适用。

A318.2 特定要求

除第318.2.3节外,第318.2节均适用。

A318.3 非金属衬里管道

A318.3.1 金属管道的焊接

(a)概述

按第A329.1节规定制作的接头可用于常规流体工况,但受材料的限制。

(b)特殊要求

焊缝应限制在不影响衬里的使用性能下才能使用。

A318.3.2 扩口衬里

(a)概述

按第A329.2节规定制作的衬里扩口端可用于常规流体工况,但受材料的限制。

(b)特殊要求

扩口只有在在不影响衬里的使用性能时方可使用。

A318.4 柔性合成橡胶密封接头

柔性合成橡胶密封在符合下列条件时可用于常

规流体工况,但受材料的限制:

(a) 热塑性管道中接头的密封应符合 ASTM D3139 规定;

(b) RTR 和 RPM 管道中接头的密封应符合 ASTM D4161。

第 5 部分 柔性和支架

A319 非金属管道的柔性

A319.1 要求

A319.1.1 基本要求

管道系统的设计应能防止由于热膨胀或收缩、压力膨胀或管道支架及端头的移动造成的:

(a) 由于应变过度或疲劳引起的管道或支架的破坏;

(b) 接头处泄漏;

(c) 管道内过高的推力和力矩,导致管道内或连接设备(例如泵)的有害应力或变形。

A319.1.2 特定要求

(a) 第 A319 节中提供了有助于设计者保证管道系统具有足够的柔性的导则、概念和数据。没有提供具体的应力限制准则或应力分析方法,因为大部分非金属的应力-应变行为与第 319 节中所述的金属的应力-应变行为有很大的不同,且不易用数学分析来确定。

(b) 管道系统的设计和布置宜使由于膨胀、收缩和其它移动而产生的位移所引起的挠性应力达到最小。这个概念要求对支架、管端和其它约束件以及第 A319.7 节所概括的技术予以特别注意。见第 A319.2.2 (b) 节。

(c) 关于热塑性塑料管道设计的进一步资料可由 PPI 技术报告 TR-21 中查得。

A319.2 概念

A319.2.1 位移应变

由热膨胀或收缩的约束,以及如第 319.2.1 节

中所述由外部移动引出的应变概念,原则上适用于非金属管道。但是,因为管道材料具有完全的弹性行为,从而认为整个管道系统内的应力可以从这些应变中预测出来的概念,对非金属管道不是普遍适用的。

(a) 在热塑性塑料和某些 RTR 和 RPM 管道中,位移应变不一定会造成管道立即破坏,但可产生有害的变形。特别在热塑性塑料管道中,反复的热循环或长时间处于高温下都可能使它发生进一步的变形。

(b) 在脆性管道(如陶瓷、玻璃等)和某些 RTR 和 RPM 管道中,这些材料呈现出刚性行为并会由于过度的应变而产生高位移应力,直到发生突然破断。

A319.2.2 位移应力

(a) 弹性行为

弹性应力分析认为,"位移应变将在一个足够宽的范围内产生与之成比例的应力"的假设,对于非金属常常是不适用的。在脆性管道中,应变一开始就产生相当大的弹性应力。由于过度应变会导致管道破坏而不是产生塑性变形,所以必须保持小的总位移应变。在热塑性塑料和热固性树脂管道中,即使其总位移应变值相当低,一般也会产生过量应变(塑性)型的应力。如果设计者选择以弹性行为为假设的柔性分析方法,他一定要能证实这种方法是合适于所考虑的管道系统、并应确定计算应力的安全范围。

(b) 过应变行为

当管道的局部区域有可能出现过应变(不平衡系统,见第 319.2.2(b) 节)时;或是不能假设管道材料为弹性行为时,应力不能被认为是与位移应变成比例的。应该利用管道的布置使过量变形减至最小,并采用特殊接头或膨胀元件使过量位移减至最小(见第 A319.7 节)。

A319.2.3 冷拉

冷拉是在安装时有意造成的管道变形以产生所需的初始位移或应力。冷拉有利于平衡初始和最大位移下的应力值。如能适当地利用冷拉,初始运转

中就很少可能发生过度应变的情况。同时在初始运转过程中,管道偏离原来的安装尺寸也较小,因此,吊挂装置不会从原来位置移动较远。在计算应力范围或计算推力和力矩中不应考虑冷拉的作用。

A319.3 柔性分析的特性

A319.3.1 热膨胀数据

某些非金属的热膨胀系数列于附录 C 中。在某些情况下,更为精确的数值可从组件的制造厂取得。如果这些数值要用于应力分析时,热位移应按第 319.3.1 节确定。

A319.3.2 弹性模量

附录 C 列出某些非金属的有代表性的拉伸弹性模量 E 的数据,这些数据是在典型的实验室应变 1 加载)速率条件下获得的。由于其粘弹性的作用,塑料在实际使用条件下的有效模量取决于应变(或荷载)与时间的具体过程及塑料具体特性。更为精确的短期数值以及在给定的荷载和温度条件下,有效弹性模量的使用估算值,可以从制造厂取得。弹性模量随试样方位的不同而变化,特别对于对纤维缠绕增强的树脂尤其如此。对于非表列材料和温度,参考 ASTM 或 PPI 文件或制造厂的资料。

A319.3.3 泊松比

泊松比随材料和温度的不同变化很大。因此用于金属应力分析的简化公式可能不适用于非金属。

A319.3.4 尺寸

在柔性计算时,应采用管道和管件的公称厚度和外径。

A319.4 分析

A319.4.1 不要求正式分析

下述管道系统不要求作正式分析:

(a)按运转有成功记录的系统复制或无重大变化的更换的管道;

(b)与以前分析过的系统相比较,能立即作出具有足够柔性的判断者;

(c)按制造厂的指导,管道系统的布置采用了

较保守的内在柔性裕度、采用了连接方法或膨胀元件、或同时采用这些方法。

A319.4.2 要求正式分析

在不符合上述规定的系统,设计者应采用适合具体情况的方法,进行简化的、近似的或综合的应力分析,以证实系统具有足够的柔性。如管道系统能被证明具有充分的弹性行为时[见第 A319.2.2 (a) 节],可以采用第 319.4 节中所述的方法。

A319.5 反作用

如果能表明正式的应力分析对于具体情况有效,则可采用第 319.5 节。

A319.6 位移

应特别注意管道相对于支架和只有很小间隙的点之间的位动(线位移或转动)。在确定支管所需要的柔性时,应考虑主管在与小支管连接处位移。

A319.7 增加柔性的方法

布置管道时,常常利用改变方向的方法使之具有足够的内在柔性。此时,线位移将主要产生少量的弯曲和扭转应变。拉伸或压缩应变(它将产生大的反作用力)通常很小。

在管道缺少内在的柔性或是不平衡处,就应采用下列一种或几种措施来增加其柔性:弯管、环形管或偏心管或柔性接头;皱纹的、波纹管或滑动连接式的膨胀节或其它允许有角位移、旋转位移或轴向移动的设施。必要时应采用合适的固定架、拉杆或其它设施,以承受由于流体压力、移动的摩擦阻力和其它原因而产生的端部作用力。

A321 管道支架

第 321 节全部适用。

A321.5 非金属管道的支架

A321.5.1 概述

除第 321 节中其它有关要求外,支架、导向架和

固定架的选择和采用,还应符合第 A319 节中的原则和要求以及下述规定:

(a) 管道的支撑、导向和固定方式应防止对管道的损坏。应避免点荷载和管道与支架间的窄面积接触。在会发生管道损坏处,应在管道与支架之间放置衬垫。

(b) 会给管道增加过大荷载的阀门和设备,应独立支撑以防止此过大荷载。

(c) 交通繁忙地区应考虑装设机械防护设施。

(d) 应考虑制造厂对支撑的建议。

A321.5.2 热塑性塑料, RTR 和 RPM 管道的支架

支架间距应避免管道系统在设计使用寿命内在设计温度下过分的下垂或变形。应考虑弹性模量随温度的增高而减小和材料因时间而产生的蠕变。在设计和安排支架的位置时,应考虑热膨胀系数。

A321.5.3 脆性管道的支撑

脆性管道(如玻璃)应很好地支撑,但不得阻碍膨胀或其它移动。在任何无膨胀节的直管上不得安装 > 1 个的固定点。

第 6 部分 系统

A322 特定管道系统

A322.3 仪表管道

除用参照第 A301 和 A302.2.4 节分别代替参照第 301 和 302.2.4 节外,第 322.3 节全部适用。

A322.6 泄压系统

除第 322.6.3 节外(见下述第 322.6 节全部适用)。

A322.6.3 过压保护

除最大泄放压力应按第 A302.2.4 节规定外,第 322.6.3 节适用。

第 7 部分 材料

A323 一般要求

A323.1 材料和技术条件

除第 323.1.4 节外,第 323.1 节适用,见下述第 A323.1.4 节。

A323.1.4 回用材料

如果回用管道组件真正被认为符合表列的或已出版的技术条件(见第 323.1.1 节),也满足本规范的要求,则可以使用。需方应证实该组件适合于要求的工况。回用管道应进行充分清洗、检查和试验,以确定最小有效厚度,且所有下列情况均未达到工况所不允许的程度。

(a) 缺陷;

(b) 力学性能的降低;

(c) 吸收有害的物质。

A323.2 非金属的温度限制

设计者应证实符合规范其它要求的材料在整个操作温度范围内均适合其工况。见附录 B 中表 B-1 ~ B-5 的注。

A323.2.1 表列材料的温度上限

(a) 除下述(b)中所提外,表列材料不应使用于设计温度高于标有应力值或额定的最高温度或高于表 A323.4.2C (RTR 材料)和表 A323.4.3 热塑性塑料)用作衬里的最高推荐温度。

(b) 如果附录 B 中或本规范其它处没有禁止;同时设计者又按第 323.2.4 节证实材料能用于这种工况,则表列材料可以用于高于上述(a)的最高温度。

A323.2.2 表列材料的温度下限

(a) 在低于某一限度的设计最低温度下使用的材料,通常必须进行试验以确定它们具有合适的韧性用于规范管道中。表 A323.2.2 列出了要求。

表 A323.2.2 非金属低温韧性试验要求
对材料技术条件要求的补充

材料型号	A 栏 ≥表列 最低温度	B 栏 <表列 最低温度
表列 非金属材料	未增加要求	设计者应有在≤最低预期使用温度下的试验结果,保证材料和粘剂具有足够的韧性并适合在最低设计温度下工作。
非表列材料	非表列材料应符合已出版的技术条件。成分、性能、制品形式等与表列材料类似者,也应满足相应的表列材料的要求。其他非表列材料应按 B 栏要求进行评定。	

(b) 当材料经评定用于低于附录 B 中所列最低温度时,许用应力或压力不应超过所示最低温度的数值。

(c) 用作衬里的热固性增强树脂和热塑性塑料的推荐温度范围见表 A323.4.2C 和表 A323.4.3。

A323.2.3 非表列材料的温度限制

第 323.2.3 节适用。

A323.2.4 使用可靠性的鉴定

如欲使用非表列材料时或表列材料打算在附录 B 或表 A323.4.2C 或表 A323.4.3 规定温度范围以外使用时,设计者应遵从第 323.2.4 节的要求。

A323.4 流体工况对非金属材料的要求

A323.4.1 概述

(a) 对于非金属材料,应在所有流体工况中防止超温、冲击、振动、脉动以及机械损伤等。

(b) 第 A323.4 节的要求适用于受压零件,不适用于作支架、垫片或填料的材料。见附录 F 第 FA323.4 节。

A323.4.2 特定要求

(a) 热塑性塑料

04 (1) 除满足下列全部要求外,不得用于在地面上输送可燃性流体:

- a) 管道直径不超过 DN25(NPSI);
- b) 获得雇主的批准;
- c) 按附录 G 提供安全防护;
- d) 考虑了附录 F, F323.1(a) 至(c) 的防护

措施。

(2) 当用于 D 类流体工况以外的工况时应采取安全防护措施。

(3) PVC 和 CPVC 不应使用于压缩空气或其它压缩气工况。

(b) 增强塑料胶泥(RPM)管道

当用于 D 类流体工况以外的工况时,管道应采取安全防护措施。

(c) 热固性增强树脂(RTR)管道

当用于有毒或可燃流体工况时,应采取安全防护措施。表 A323.4.2C 给出热固性增强树脂的推荐温度范围。

(d) 硼硅玻璃和陶瓷

(1) 当用于有毒或可燃流体工况时,应采取安全防护措施。

(2) 应防止流体工况的大的、迅速的温度变化。

A323.4.3 非金属衬里管道

(a) 非金属衬里的金属管道

除下述(d)外,应按第 323.4 节基体(外层)材料对流体工况的要求。

(b) 非金属衬里的非金属管道

除下述(d)外,应按第 A323.4.2 节基体(外层)材料对流体工况的要求)。

(c) 非金属衬里材料

表 A323.4.2C 热固性增强树脂
管推荐的温度范围⁽¹⁾

材 料		推荐温度范围			
		最低		最高	
树脂	强化剂	°C	°F	°C	°F
聚 酯 环氧树脂	玻璃纤维	-29	-20	149	300
	玻璃纤维				
咪 喃 咪 喃	碳	-29	-20	149	200
	玻璃纤维				

注: (1) 表中温度范围仅适用于表列材料, 它不说明能在这些温度下成功地用于某一具体的流体工况。设计者宜就材料的具体使用向制造厂请教, 特别是当接近温度极限时。

根据使用者的判断, 对适合预定流体工况及适合管道制造和安装方法的, 可以是任何一种材料。

第 A323.4.2 节流体工况要求不适用于用作衬里的材料。

(d) 在制定温度范围时,基体和衬里材料和它们之间粘结剂的性能应予考虑。表 A323.4.3 给出用作衬里的热塑性塑料推荐温度限制。

04 表 A323.4.3 用作衬里的热塑性塑料推荐温度范围⁽¹⁾

材料 ⁽²⁾	最低		最高	
	℃	F	℃	F
PFA	-198	-325	260	500
PTFE				
FEP	-198	-325	171	340
ECTFE				
ETFE				
PVDF	-18	0	135	275
PP				
PVDC				

注: (1) 这些温度范围是以材料试验为根据的,不一定证明能在这些温度下作为管道组件的衬里成功地用于特定的流体工况。设计者宜就材料的具体使用向制造厂请教,特别是当接近推荐温度极限时。

(2) 材料定义见第 A326.4 节。

A323.5 材料在运行中的变质

第 323.5 节全部适用。

A325 其他材料

第 325 节全部适用。

第 8 部分 管道组件、标准

A326 组件的尺寸和额定级

A326.1 要求

除用参照表 A326.1 和附录 B 分别替代参照表 326.1 和附录 A 外,第 326 节全部适用。

A326.4 表 326.1 和附录 B 使用的缩写

下表所列缩写系本章中用来代替文中和表 A326.1 标准名称中以及附录 B 技术条件索引中冗长的词组。标有“*”的缩写符合 ASTM D1600《有

关缩写、简称的术语》和《有关塑料的术语规范》。

缩写	术语
* ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯
* CAB	醋酸-丁酸纤维素
CP	氯化聚醚
* CPVC	氯化聚氯乙烯
ECTFE	乙烯-氯三氟乙烯
ETFE	乙烯-四氟乙烯
* FEP	全氟化乙丙烯
PB	聚丁烯
* PE	聚乙烯
PFA	聚全氟烷基醚
* POM	聚缩醛,聚甲醛
POP	聚苯氧
* PP	聚丙烯醇酯
* PPS	聚苯
PR	额定压力
* PTFE	聚四氟乙烯
* PVC	聚氯乙烯
* PVDC	聚偏二氯乙烯
* PVDF	聚偏二氟乙烯
RPM	增强塑料胶泥
RTR	热固性增强树脂
SDR	标准尺寸比

第 9 部分 制作、装配和安装

A327 概述

管道材料和组件按第 A328、A329、A332 和 A334 节所述一种或几种制作工艺制备、装配和安装。任何上述方法用于装配和安装时,其要求与制作相同。

A328 塑料的粘结

第 A328 节仅适用于热塑性塑料、RTR 和 RPM 管道中的接头。粘结应符合第 A328.1-A328.7 和 A311 节的有关要求。

A328.1 粘结责任

每个业主对其组织所属人员粘结的成品负责,除第 A328.2.2 和 A328-2.3 节规定者外,还应进行要求的技能评定试验,以评定粘结工艺说明书(BPS)和粘结工或粘结操作工。

A328.2 粘结评定

A328.2.1 评定要求

(a)所用的 BPS 和粘结工或粘结操作工的技能均要求进行评定。为了评定 BPS,本节和第 A328.5.2 节规定的全部试验和检查均应满意地完成。

(b)除制作粘结接头的工艺外,BPS 中至少还应规定下列内容:

- (1)所有材料及供应(包括存放要求);
- (2)工具和夹具(包括正确的管理和维护);
- (3)环境要求(例如温度、湿度以及测量方法);
- (4)接头的制备;
- (5)尺寸要求及公差;
- (6)固化时间;
- (7)工件保护;
- (8)除第 A328.2.5 节要求外的试验和检查;
- (9)已完工试件的验收准则。

A328.2.2 其他组织进行的工艺评定

如满足下述条件,经检验师的特别批准,可使用由其它组织进行评定的 BPS:

- (a)检验师本人确信,提出评定的 BPS 已由负责的、公认的粘结专长单位进行制定和实施;
- (b)雇主验收 BPS 和工艺评定记录(PQR)并签名作为他自己的文件;
- (c)雇主至少有 1 名现行雇用的粘结工,在其

雇用期内,使用经评定的 BPS 满意地通过技能评定试验。

A328.2.3 其他组织进行的技能评定

未经检验师的特别批准,雇主不得接受另一名雇主为粘结工或粘结操作工所作的技能评定试验如获得批准,也仅限于使用相同的或相当的 BPS 进行管道粘结工作。接受此种技能评定试验的雇主,应从前一位雇主那里得到一份技能评定试验记录的复印件,其上标明评定粘结工或粘结操作工的雇主姓名,评定日期以及在这次评定后粘结工或粘结操作工粘结受压管道的最后日期。

A328.2.4 评定记录

雇主应保留一份由他证明的所使用的 BPS 和他雇用的粘结工或粘结操作工的记录,以备业主或业主代理人 and 检验师查阅,记录上标明 BPS 评定和粘结工或粘结操作工评定的日期和结果。

A328.2.5 评定试验

应对每一份 BPS 和对每一位粘结工或粘结操作工进行按第 A328.2.1(a)节规定的试验评定。试验的试件应符合下述(a),而试验方法应符合下述(b)或(c)。

(a) 试验试件

试件应按 BPS 的 1 种管道规格制作并应包含至少 1 种在 BPS 中标识的各种不同类型接头。超过 1 个试验的试件可以准备成:有必要适应所有接头形式或保证每种接头型式至少有 1 种是承受环向和纵向荷载。试件中管道和管件规格应如下:

(1)待连接的最大规格 \leq DN 100(NPS 4)时,试件应是被连接的最大规格。

(2)待连接的最大规格 $>$ DN 100(NPS 4)时,试件规格应为 100% 或 25% 被连接的最大管道规格之间,但应 \geq DN 100(NPS:4)。

(b) 爆破试验方法

试验试件应承受按 ASTM-1 D 1599⁽⁵⁾适用章节的爆破试验爆破时间在本标准中可以扩展,如果爆

⁽⁵⁾参考标准和技术条件列于表 A326.1 中,ASTM D 1599 和 ASTM D 2855(PVC 管道和管件溶剂粘结接头制作方法)除外。

表 A326.1 组件标准

标准或技术条件	代号
非金属管件:	
Process Glass Pipe and Fittings 工艺玻璃管道和管件	ASTM C 599
Threaded PVC Plastic Pipe Fittings, Sch 80 螺纹 PVC 塑料管道管件, Sch 80	ASTM D 2464
PVC Plastic Pipe Fittings, Sch 40 PVC 塑料管道管件, Sch 40	ASTM D 2466
Socket-Type PVC Plastic Pipe Fittings, Sch 80 承插型 PVC 塑料管道管件, Sch 80	ASTM D 2467
Socket-Type ABS Plastic Pipe Fittings, Sch 40 承插型 ABS 型塑料管道管件, Sch 40	ASTM D 2468
Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings 热塑性气体压力管道、管子和管件	ASTM D 2513
Reinforced Epoxy Resin Gas Pressure Pipe and Fittings 增强环氧树脂气体压力管道和管件	ASTM D 2517
Plastic Insert Fittings for PE Plastic Pipe PE 塑料管用塑料插入管件	ASTM D 2609
Socket-Type PE Fittings for Outside Diameter-Controlled PE Pipe and Tubing 控制外径 PE 管材用承插型 PE 管件	ASTM D 2683
CPVC Plastic Hot and Cold Water Distribution Systems CPVC 塑料热水和冷水分配系统	ASTM D 2846
Butt Heat Fusion PE Plastic Fittings for PE Plastic Pipe and Tubing PE 塑料管材用热熔对接 PE 塑料管件	ASTM D 3261
PB Plastic Hot-Water Distribution Systems PE 塑料热水分配系统	ASTM D 3309
Fiberglass RTR Pipe Fittings for Nonpressure Applications 非承压用玻璃纤维 RTR 管道管件 ⁽¹⁾	ASTM D 3840
RTR Flanges RTR 法兰	ASTM D 4024
Contact Molded Fiberglass RTR Flanges 接触模玻璃纤维 RTR 法兰 ⁽¹⁾	ASTM D 5421
PTFE Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PTFE 衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 423
Threaded CPVC Plastic Pipe Fittings, Sch 80 螺纹 CPVC 塑料管道管件, Sch 80	ASTM F 437
Socket-Type CPVC Plastic Pipe Fittings, Sch 40 承插型 CPVC 塑料管道管件, Sch 40	ASTM F 438
Socket-Type CPVC Plastic Pipe Fittings, Sch 80 承插型 CPVC 塑料管道管件, Sch 80	ASTM F 439
PVDF Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PVDF 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 491
Propylene and PP Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings 丙烯和塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 492
FEP Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings FEP 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 546
PVDC Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PVDC 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 599
PFA Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PFA 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2),(3)}	ASTM F 781
Electrofusion Type Polyethylene Fittings for Outside Diameter Controlled Polyethylene Pipe and Tubing 控制外径 聚乙烯管材用电熔型聚乙烯管件	ASTM F 1055
Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe, Fittings, and Flanges 塑料衬里铁金属管道管件和法兰 ^{(2),(3)}	ASTM F 1545
非金属管材:	
PE Line Pipe PE 衬里的管道	API 15LE
Low Pressure Fiberglass Line Pipe 低压玻璃纤维线路管道	API 15LR
Reinforced Concrete Low-Head Pressure Pipe 增强混凝土低压头管道	ASTM C 361
Process Glass Pipe and Fittings 工艺玻璃管道和管件	ASTM C 599

表 326.1 (续)

标准或技术条件	代号
ABS Plastic Pipe, Sch 40 and 80 ABS 塑料管道, Sch 40 和 80	ASTM D 1527
PVC Plastic Pipe, Sch 40, 80 and 120 PVC 塑料管道, Sch 40, 80 和 120	ASTM D 1785
PE Plastic Pipe, Sch 40 PE 塑料管道, Sch 40	ASTM D 2104
PE Plastic Pipe (SIDR-PR) Based on Controlled Inside Diameter 基于控制内径的 PE 塑料管道 (SIDR-PR)	ASTM D 2239
PVC Plastic Pressure-Rated Pipe (SDR Series) PVC 塑料额定压力管道 (SDR 系列)	ASTM D 2241
ABS Plastic Pipe (SDR-PR) ABS 塑料管道 (SDR-PR)	ASTM D 2282
Classification for Machine-Made RTR Pipe 机械加工 RTR 管道分类	ASTM D 2310
PE Plastic Pipe, Sch 40 & 80, Based on Outsied Diameter 基于外径的 PE 塑料管道, Sch 40 和 80	ASTM D 2447
Thermoplastic Gas Pressure Pipe, Tubing, and Fittings 热塑性气体压力管道管子和管件	ASTM D 2513
Reinforced Epoxy Resin Gas Pressure Pipe and Fittings 增强环氧树脂气体压力管道和管件	ASTM D 2517
PB Plastic Pipe (SDR-PR) PB 塑料管道 (SDR-PR)	ASTM D 2662
PB Plastic Tubing PB 塑料管子	ASTM D 2666
Bell End PVC Plastic Pipe 钟形端 PVC 塑料管道	ASTM D 2672
PE Plastic Tubing PE 塑料管子	ASTM D 2737
CPVC Plastic Hot and Cold Water Distribution System CPVC 塑料热水和冷水分配系统	ASTM D 2846
Filament-Wound Fiberglass RTR Pipe 长丝缠绕玻璃纤维 RTR 管道 ⁽¹⁾	ASTM D 2996
Centrifugally Cast RTR Pipe 离心浇注 RTR 管道	ASTM D 2997
PB Plastic Pipe (SDR-PR) Based on Outside Diameter 基于外径的 PB 塑料管道 (SDR-PR)	ASTM D 3000
PE Plastic Pipe (SDR-PR) Based on Controlled Outsied Diameter 基于控制外径的 PE 塑料管道 (SDR-PR)	ASTM D 3035
PB Plastic Hot-Water Distribution Systems PB 塑料热水分配系统	ASTM D 3309
Fiberglass RTR Pressure Pipe 玻璃纤维 RTR 压力管道 ⁽¹⁾	ASTM D 3517
Fiberglass RTR Sewer and Industrial Pressure Pipe 玻璃纤维 RTR 排污和工业压力管道 ⁽¹⁾	ASTM D 3754
PTFE Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PTFE 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 423
CPVC Plastic Pipe CPVC 塑料管道	ASTM F 441
CPVC Plastic Pipe (SDR-PR) CPVC 塑料管道 (SDR-PR)	ASTM F 442
PVDF Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PVDF 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 491
Propylene and P P Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings 丙烯和 PP 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 492
FEP Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings FEP 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 546
PVDC Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PVDC 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 599
PFA Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe and Fittings PFA 塑料衬里铁金属管道和管件 ^{(2), (3)}	ASTM F 781
Standard Specification for Polyolefin Pipe and Fittings for Corrosive waste Drainage System 腐蚀废物排放系统用聚烯烃管道和管件标准技术条件 ^{(4), (5)}	ASTM F 1412
Plastic-Lined Ferrous Metal Pipe, Fittings, and Flanges 塑料衬里铁金属管道、管件和法兰 ^{(2), (3)}	ASTM F 1545
Standard Specification for Polyvinylidene Fluorine (PVDF) Corrosive Water Drainage System 聚偏二氟乙烯腐蚀性水排放系统标准技术条件	ASTM F 1673

表 A326. 1 (续)

04

标准或技术条件	代号
Reinforced Concrete Pressure Pipe, Steel Cylinder Type, for Water and Other Liquids 水或其它液体用钢柱形增强 混凝土压力管道	AWWA C300
Prestressed Concrete Pressure Pipe, Steel Cylinder Type, for Water and Other Liquids 水或其它液体用钢柱形预应力 混凝土压力管道	AWWA C301
Reinforced Concrete Pressure Pipe, Noncylinder Type, for Water and Other Liquids 水或其它液体用非圆柱形增强 混凝土压力管道	AWWA C302
PVC Pressure Pipe, 4-inch through 12-inch, for Water 输水用 4~12 in PVC 压力管道	AWWA C900
Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting Resin Pressure Pipe 玻璃纤维增强热固性树脂压力管道	AWWA C950
其 他	
Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion Resistant Equipment 抗腐蚀设备 用接触模层压增强热固性塑料 (RTP)	ASTM C 582
Threads for Fiberglass RTR Pipe (60 deg stub) 玻璃纤维 RTR 管道螺纹 ⁽¹⁾	ASTM D 1694
Solvent Cements for ABS Plastic Pipe and Fittings ABS 塑料管道和管件用溶解粘合剂	ASTM D 2235
Solvent Cements for PVC Plastic Pipe and Fittings PVC 塑料管道和管件用溶解粘合剂	ASTM D 2564
Bell End PVC Plastic Pipe 钟形端 PVC 塑料管道	ASTM D 2672
Joints for Plastic Pressure Pipes using Flexible Elastomeric Seals 塑料压力管道接头用柔性强力密封	ASTM D 3139
Fiberglass RTR Pipe Joints Using Flexible Elastomeric Seals 玻璃纤维 RTP 管道接头用柔性弹力密封 ⁽¹⁾	ASTM D 4161
Design and Construction of Nonmetallic Enveloped Gaskets for Corrosive Service 腐蚀工况用非金属 包封垫片设计与结构	ASTM F 336
Solvent Cements for CPVC Plastic Pipe and Fittings CPVC 塑料管道和管件用溶解粘合剂	ASTM F 493
Taper Pipe Threads for 60° Thermoplastic Pipe and Fittings 用于 60° 热塑性塑料管和管件的锥管螺纹	ASTM 1498

通注：在整篇规范中列出引用的每个标准的具体版本号是不现实的，因而只将批准的版本号连同归口组织的名称和地址列于附录 E 中。

注：(1) “玻璃纤维 RTR”术语替代 ASTM 中的“玻璃纤维”(玻璃纤维增强的热固性树脂)。

(2) 本标准允许用于非表列材料，见第 323.1.2 节。

(3) 本标准包含无压力-温度级。

* 此处 60°C 没有说明是温度还是角度。——译注

破是在任何粘结接头之外，则试验成功。

(c) 静水压试验方法

试验试件应承受静水压 $\geq P_T$ 、时间 ≥ 1 h 而无接头泄漏或分离。

(1) 对热塑性材料， P_T 应按公式(27)确定：

$$P_T = 0.80\bar{T} \left(\frac{S_s + S_H}{D - \bar{T}} \right) \quad (27)$$

式中：

D ——管道外径；

\bar{T} ——管道公称厚度；

S_s ——按 ASTM D 1599⁽⁶⁾ 的平均短时爆破应力。

可从表 B-1 所列查得，否则由制造商提供数据。

S_H ——按 ASTM D 2837 的平均长时静水压强

度(LTHS)。如果表 B-1 列有，用 2 倍 23 C (73 OF) HDB 设计应力或用制造商数据。

(2) 对 RTR(分层的和丝绕的)和 RPM 材料，对被连接组件 P 应为 3 倍制造商给定的许用应力。

(3) 试验应使接头承受环向和纵向的双向荷载。

A328.2.6 技能试验重评

下列情况时要求重新评定粘结技能：

(a) 粘结工或粘结操作工 ≥ 6 个月未使用规定的粘结方法；

(b) 有具体的理由怀疑粘结工制作符合此 P 苏

⁽⁶⁾ 见前页注。——译注

的接头的能力。

A328.3 粘结材料和设备

A328.3.1 材料

在空气中暴露或长期存放引起变质或不能龙涓镇开的粘结材料,不应使用于制作接头。

A328.3.2 设备

用于制作接头的夹具和工具应保持良好则状态,满意地显示其功能。

A328.4 粘结准备工作

准备工作应由此 PS 中规定,并应规定以下要求:

- (a) 切割;
- (b) 清理;
- (c) 预热;
- (d) 粘结端头的制备;
- (e) 装配。

A328.5 粘结要求

A323.5.1 概述

(a) 生产接头应只按第 A328.2 节进行评定的羚面粘结工艺说明书(BPS)制作制定 BPS 时,宜问管道材料、粘结材料及粘结设备的制造厂商咨询。

(b) 生六、产接头应只由经评定合格的粘结工或粘结操作工来制作,他们在使用 BPS 方面有相当的能力和经,顺利地通过了按业经评定的 BPS 所进行的技能评定试验。

(c) 每个评定合格的粘结工或粘结操作工都应指定识别代号除非在压力设计中另有规定,每个受压粘缝或其近邻区域应模印或用其它方法标志上粘结工或粘结操作工的识别代号,不应使用打钢印的方法,标志用的油漆或墨水不应有害于管道材料。可用保存相应的记录代替接缝的标志。

(d) 按某一 BPS 进行评定的粘结工或粘结操作工不能认为有资格进行别的粘结工艺。

(e) 纵向接头未包括在第 A328 节中。

A328.5.2 热塑性塑料管道中的热风焊接头⁽⁵⁾

(a) 制备

待进行热风焊合的表面,应将任何外来材料清除干净。对于对接焊缝,连接端应开 20°~40°钝边及根部间隙为 1 mm ($\frac{1}{32}$ in)的坡口;

(b) 工艺

接头应按经评定的 BPS 制作。

(c) 支管连接件

支管连接时,应将支管插入主管的孔中接决尺寸应符合图 328.4.4(c)。主管上的孔应开 45°坡口替代的方法是采用一种制成的带有整体支管承拙座的完全补强鞍座。

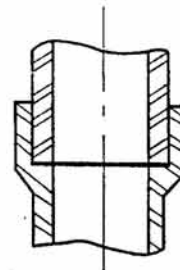
A328.5.3 热塑性塑料管道中的溶剂粘结接头⁽⁵⁾

(a) 制备

热塑性塑料管道和管件应进行表面制备:PVC 按 ASTM D2855,CPVC 按 ASTM F493,ABS 按 ASTM D2235。在溶剂粘接前,要求对每个接头进行适当的干燥试验。当用手进行装配时,管子应进入管件插座整个深度 $\frac{1}{8}$ ~ $\frac{3}{8}$ 。

(b) 工艺

接头应按经评定的 BPS 制作。ASTM D2855 示为此种工艺的拟定提供了适合的基础。PVC、CPVC 和 ABS 的溶剂粘结应分别符合 ASTM D 2364、D2846 及 D2235。粘接剂在两粘结面上的涂敷和两表面的装配应在其中产生一连续的粘缝并在接头的外部范围生成一个小圆角。见图 A328.5.3。



承插接头

图 A328.5.3 热塑性塑料溶剂粘结接头

⁽⁵⁾ 见前页注。——译注

(c) 支管连接件

支管连接应采用带有整体支管承插座的预制的完全补强鞍座。补强鞍座应采用溶剂粘结在整个接触面上涂敷到主管上去。

A328.5.4 热塑性管道中的热熔接头⁽⁵⁾

(a) 制备

待进行热熔接合的表面,应清除所有外来物质。

(b) 工艺

接头应按照经评定的 BPS 制作。ASTM D2657 中的通用工艺:工艺 I—承插熔接、工艺 II—对接熔接和工艺 III—鞍座熔接为拟定此种工艺提供合适的基础。两被连接装配的表面均匀加热,在它们中间应产生一连续均匀粘缝并在接头外部范围生成一个熔接材料的小圆角。典型的热熔接头见图 A328.5.4。制作接头时,应采用夹具使组件对准。

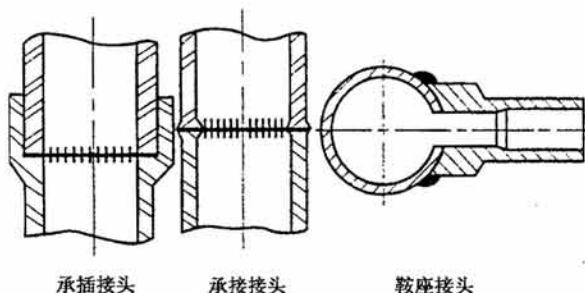


图 A328.5.4 热塑性塑料热熔接头

(c) 支管连接件

预制支管连接件只有当模制管件无法得到时才允许采用。

A328.5.5 热塑性管道中的电熔接头

(a) 制备

热熔在一起的表面应清除异物。

(b) 工艺

接头应按经评定的 BPS 制作。ASTM F 1290 中的通用工艺 I—管接头工艺和工艺 II—鞍座工艺为拟定此种工艺提供合适的基础。见图 A328.5.5。

A328.5.6 RTR 和 RPM 管道中的粘结接头

(a) 工艺

接头应按经评定的 BPS 制作。被连接表面上

粘结剂的涂敷和粘结面的装配应在其间产生一连续的粘缝并应密封所有的切口,以保护补强不受输送流体的浸蚀。见图 A328.5.6。

(b) 支管连接件

支管连接应使用一制成的具有适合接管或管接头的承插座或整个支管长度的完全补强鞍座。主管上的孔应使用孔锯制成,切口边缘在鞍座粘结在主管上时应使用粘结剂密封。

A328.5.7 RTR 和 RPM 管道中的对接包覆接头⁽⁵⁾

(a) 工艺

接头应按经评定的 BPS 制作。被连接的表面上敷上浸透催化树脂的补强层,应在其间产生一连续的结构。切口应予密封以保护补强不受输送流体浸蚀参见图 A328.5.7。

(b) 支管连接件

支管连接时,将支管插入主管上的孔中,该孔应孔锯制成。

A328.6 粘结修补

有缺陷的材料、接头以及其它不满足本规范和工程设计要求的加工技艺均应予修补或更换。亦见第 341.3.3 节。

A328.7 密封粘结

如果螺纹接头按第 A311.2.2 节规定进行密封粘结,此工作应由评定合格的粘结工完成,所有暴露的螺纹应被密封粘缝覆盖住。

A329 非金属衬里管道的制作

A329.1 金属管道焊接

A329.1.1 概述

(a) 第 A329.1 节仅适用于焊接事先已用非金属衬里的金属管道的次级组件。

(b) 符合第 A329.1 节规定的焊接可以按第 A318.3.1 节采用。

A329.1.2 特定焊接要求

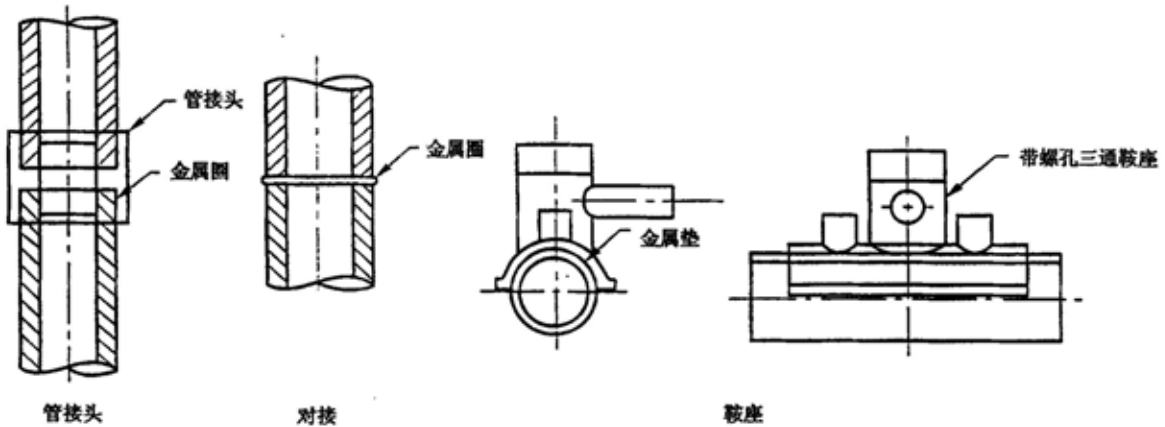


图 A328.5.5 热塑性电熔接头

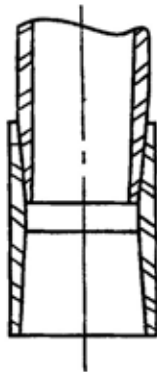
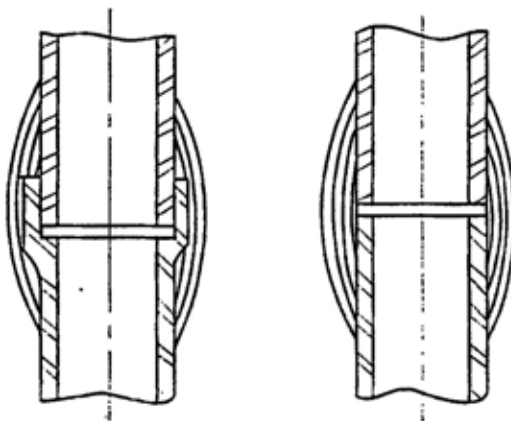


图 A328.5.6 全锥度热固性粘接接头



过包覆钟形接头 对接和包覆接头

图 A328.5.7 热固性包覆接头

改,应在工程设计中予以规定。

(b) 进行的焊接应能保持衬里的连续性及其使用的可靠性。

(c) 如衬里已经损坏则应进行修补或更换。

(d) 通过某一衬里材料 WPS 评定的焊工或焊接操作工,不能进行其他衬里材料的焊接工艺的操作。

A329.2 非金属衬里扩口

A329.2.1 概述

(a) 第 A329.2 节仅适用于事先已用非金属材料衬里管道的衬里的扩口。

(b) 按第 A318.3.2 节规定,可以使用符合第 A329.2 节规定的扩口。

(c) 扩口仅能按照一书面扩口工艺规程进行,而且只能由在使用相应的扩口工艺规程方面有相当技术和经验的操作工来进行。

A332 弯曲和成形

A332.1 概述

第 332.1 节全部适用。

A332.2 弯曲

除第 332.2.2 节外,第 332.2 节全部适用。

焊接应符合第 328 节要求和下列附加要求:

(a) 适应制造者建议而作的焊接准备工作的修

A332.3 成形

除热处理外,第 332.3 节全部适用。

A334 非塑料管道连接**A334.1 硼硅玻璃管道**

用来校正制造图纸与现场尺寸差别的无法兰短管,可以切成需要长度并在现场进行精加工。

A334.2 缺陷修复

在非塑料管道中,凡不符合第 A334 节或工程设计要求的有缺陷材料、接头以及其它加工工艺均应修复或更换。

修复完成和更换后,应采用与原工件相同的缺陷验收准则进行检查。

A335 装配和安装**A335.1 概述**

第 335.1 节全部适用。

A335.2 法兰和机械接头

第 335.2 节全部适用。

A335.2.5 螺栓连接的非金属接头

(a)除了不使用非平面法兰和宽平面垫片外,非金属管道中螺栓连接接头可用法兰材料和法兰密封面的任意结合进行装配:

(1)法兰的强度、持续荷载、位移应变以及第 A302.3.4 和 A302.3.5 节中所述的临时荷载等均应予以考虑。

(2)应规定恰当的上螺栓顺序。

(b)应规定上螺栓扭矩的适当范围并不得超过。

(c)在螺栓头及螺母下面应使用平垫圈。

A335.2.6 非金属衬里的金属管道

在非金属衬里的金属管道中装配机械接头时,在静电火花会点燃易燃蒸气的地方,应考虑保持管段间导电连续性的措施。附录 F 第 FA323.4(a)节。

A335.3 螺纹接头

除第 335.3.2 节外,第 335.3 节适用。见第 A335.3.2 节

A335.3.2 密封粘结接头

待密封粘结的螺纹接头应不用螺纹涂料制成泄漏试验中发生泄漏的含有螺纹涂料的接头,可按第 A328.6 节进行密封粘结,但所有涂料应从露出的螺纹上清除掉。

A335.3.4 非金属管道—概述

不论是带状扳手或其它环形扳手都可用来拧紧螺纹管接头,用来夹紧或施力于管道的工具或其它器械,均不应刻伤管道表面或使管道留下较深的划痕。

A335.3.5 RTR 和 RPM 管道

在 RTR 和 RPM 管道中装配螺纹接头时,螺纹会暴露在会浸蚀补强材料的流体中,螺纹应用足够的树脂包覆起来,同时将管道与管件间的缝隙用树脂完全填充好。

A335.4 管子接头**A335.4.1 热塑性塑料管道中的扩口接头**

除按第 335.4.1 节中的准备工作外,扩口接头应按 ASTM D 3140(《聚烯烃扩口接头》)规定制作。

A335.4.2 非扩口压合管接头

第 335.4.2 节适用。

A335.5 填缝接头

第 335.5 节适用。

A335.6 特殊接头

除胀接接头不允许外,第 335.6 节适用。

A335.6.3 柔性合成橡胶密封接头

柔性合成橡胶密封接头的安装应按照制造厂的推荐意见和下列要求进行:

- (a) 密封面和支承面应无有害缺陷;
- (b) 用来便于接头装配的润滑剂都应连接组件和工况相匹配;
- (c) 应提供适当的接头间隙和管道约束(如果不汇集在接头设计中),以防止由于热和/压力的影响发生热膨胀时接头的分离。

A335.8 脆性管道装配

在装卸和支撑时,应注意防止划伤脆性非金属管道。任何划伤或碎裂的组件都应更换在搬运玻璃衬里和水泥衬里钢管时,应特别小心,因为碰撞虽不会压凹或撞坏管道,但可能会损坏或弄破衬里。

A335.8.1 硼硅玻璃管道

除了第 A335.8 节中应注意的事项外,还应仅护硼硅玻璃组件不受焊接飞溅的损伤—任何遭受此种损伤的组件都应更换。法兰和软垫应仔纸地安装并与管道、管件和阀门的端部对准。垫片应采用对接头推荐的结构形式。螺栓的安装和扭矩应按照制造厂的建议。

A335.9 管道清洗

见附录 F 第 F335.9 节。

第 10 部分 检验、检查和试验

A340 检验

第 304 节全部适用。

A341 检查

A341.1 概述

第 341.1 节全部适用。

A341.2 检查的责任

第 341.2 节全部适用。

A341.3 检查要求

A341.3.1 检查的责任

除(a)和(b)仅适用于金属外,第 341.3.1 全部适用。

A341.3.2 验收准则

验收准则应在工程设计中予以规定并应至少满足表 A341.3.2 对粘缝的有关要求以及本规范中的要求。

A341.3.3 有缺陷的组件和加工工艺

第 341.3.3 节完全适用。

A341.3.4 累进检查

第 341.3.4 节完全适用。

A341.4 要求检查的范围

表 A341.3.2 粘缝验收准则

缺陷类别	热塑性塑料			RTR 和 RPM ⁽¹⁾
	热风焊接	溶剂粘结	热熔合	粘 结
裂 纹	不允许	不适用	不适用	不适用
接头中未充填面积	不允许	不允许	不允许	不允许
接头中未粘结面积	不适用	不允许	不允许	不允许
材料烧焦的夹杂物	不允许	不适用	不适用	不适用
未熔填充材料夹杂物	不允许	不适用	不适用	不适用
材料凸进管孔占管壁厚度的%	不适用	粘结剂,50%	熔化材料,25%	粘结剂,25%

注:(1) RTR——热固性增强树脂;RPM——增强塑料胶泥。

A341.4.1 常规要求的检查

常规流体工况管道应检查的范围规定如下,更大范围的检查在工程设计中规定。除另有规定外,验收准则按第 A341.3.2 节规定。

(a) 目视检查

按第 344.2 节至少应检查下列项目:

(1) 材料和组件按第 341.4.1(a)(1) 节;

(2) 最少 5% 制品。对于粘缝,应代表每个粘结工和粘结操作工所粘结的每种形式的粘缝;

(3) 对非环向的制品为 100%,按表列技术条件制作的组件除外;

(4) 按第 341.4.1(a)(4)、(5) 和 (6) 节进行管道装配和安装。

(b) 其他检查

不少于全部粘结接头的 5% 应按第 344.7 节规定进行“制作过程中”检查,被检接头的选择应保证制作产品接头的每个粘结工或粘结操作工都有其制作的接头被检查。

(c) 证明书和记录

第 341.4.1(c) 节适用。

A341.4.2 检查——D 类流体工况

工程设计中指定用来输送 D 类流体的管道和管道元件应进行目视检查,检查的范围需使检查人员能相信,组件、材料以及加工技艺均符合本规范和工程设计的不要求。

A341.5 补充检查

A341.5.1 概述

第 344 节所述的任何有关检查方法均可由工程设计规定作为第 A341.4 节要求检查的补充。补充检查的范围和验收准则 M,若与第 A341.3.2 节中规定不同时,应在工程设计中规定。

A341.5.2 解决检查中未定结论的方法

第 341.5.3 节适用。

A342 检查人员

第 342 节全部适用。

A343 检查工艺

第 343 节全部适用。

A344 检查类型

A344.1 概述

第 344.1 节全部适用。

A344.2 目视检查

第 344.2 节全部适用。

A344.5 射线照相检查

按第 344.1.2 节规定,可以采用射线照相检查。

A344.6 超声波检查

按第 344.1.2 节规定,可以采用超声波检查。

A344.7 制作过程中检查

第 344.7 节全部适用。

A345 试验

A345.1 泄漏试验要求

(a) 在初次运转前,每个管道系统都应进行试验以保证其紧密性。除本节提出外,应按第 A345.4 节进行静水压泄漏试验。

(b) 第 345.1(a) 和 (b) 节均适用。

A345.2 泄漏试验的一般要求

第 A345.2 节中的要求适用于多种类型的泄漏试验。

A345.2.1 压力的限制

第 345.2.1(b) 和 (c) 节均适用。

A345.2.2 其他试验要求

(a) 第 345.2.2(a) 节适用。

(b) 对脆性材料或在低温进行泄漏试验时,应

考虑脆性破坏的可能性。

(c)第 345.2.3 ~ 345.2.7 节均适用。

A345.3 泄漏试验的准备工作

第 345.3 节全部适用,只是用粘缝代替焊缝并去掉膨胀节。

A345.4 静水压泄漏试验

A345.4.1 试验流体

第 345.4.1 节适用。

A345.4.2 试验压力

(a) 非金属管道

除第 345.4.3(b)节提出外,非金属管道系统中任何一点的水压试验压力均应 ≥ 1.5 倍设计压力,但不应超过该系统最低额定组件的最高额定压力的 1.5 倍。

(b) 热塑性塑料管道

对设计温度在试验温度之上的管道系统,除去 S 和 S_r 应取自表 B-1 来代替表 A-1 外,第 345.4.2 (b)适用。

(c) 非金属衬里金属管道

第 345.4.2 节适用。

A345.4.3 管道与容器作为一个系统的静水压试验

第 345.4.3 节适用。

A345.5 气压泄漏试验

A345.5.1 预防措施

除第 345.5.1 节要求外,非金属管道气压试验仅在业主的批准下方允许进行,此外,附录 F 第 F A323.4 节中的预防措施宜予考虑。

A345.5.2 其他要求

(a)第 345.5.2 ~ 345.5.5 节适用。

(b) PVC 和 CPVC 管道不应进行气压试验。

A345.6 水压-气压泄漏试验

如采用水压-气压相结合的试验,第 A345.5 节中的要求应予满足,管道中液体充填部分的压力不应超过按第 A345.4.2 或 345.4.2 节计算的数值。

A345.7 初始运转泄漏试验

第 345.7 节的全部针对 D 类流体工况管道适用。

A345.8 敏感泄漏试验

第 345.8 节适用。

A346 记录

第 346 节全部适用。

第八章 M类流体工况管道

M300 总说明

(a) 第八章适用于由业主指定作为 M 类流体工况的管道。亦见附录 M。

(b) 本章的编排、内容以及章节代号均与基本规范(I~VI章)和第八章的相一致,章节代号前使用前缀“M”。

(c) 基本规范和第八章各条款及要求仅在本章中说明者方为适用。

(d) 除已提到的安全防护(第 G300.1 和 G300.2 节)外,对工程安全防护可能的需要(见附录 G,第 G300.3 节)应予考虑。

(e) 本章不含在剧烈循环条件下使用的管道的条款这种情况的发生,一般可通过管道的布置、组件的选择以及其他的措施得到防止,如果这样行不通,工程设计则应按第 300(c)(5)节规定必要条款。

(f) 第 I 章全部适用。

第 1 部分 条件与准则

M301 设计条件

第 301 节全部适用,但第 301.3 和 301.5 节除外,见下面第 M301.3 和 M301.5 节。

M301.3 金属管道的设计温度

使用流体温度以外的任何温度作为设计温度,应由试验或实验测定确认的热交换计算予以验证。

M301.5 动载影响

除第 301.5.1 和 301.5.4 节外,第 301.5 节全部适用。见第 M301.5.1 和 M301.5.4 节。

M301.5.1 冲击

管道的设计、布置和操作都应使冲击和震动负荷减至最小程度。但当这种荷载无法避免时,应采用第 301.5.1 节条款规定。

M301.5.4 振动

在管道中引起有害的振动、脉冲或共振影响的各种情况有必要避免或将其减至最小程度,应进行例如计算机模拟那样的合适的动载分析。

M302 设计准则

M302.1 概述

第 M302 节适用于压力-温度额定级、应力准则、设计裕量以及最小设计值并连同它们用于管道设计时的允许偏差。

第 302 节全部适用,但第 302.2 节和 302.3 节除外。见下面第 M302.2 和 M302.3 节。

M302.2 压力-温度设计准则

第 302.2 节全部适用,但第 302.2.4 节和 302.2.5 节除外。见下面第 M302.2.4 和 M302.2.5 节。

M302.2.4 金属管道压力和温度偏差的容限

不允许使用第 302.2.4 节中的容限值。设计温度和压力应根据需要最大壁厚或最高组件额定级的压力-温度组合的条件来确定。

M302.2.5 金属管道不同工况下连接点的额定级

不同压力-温度条件下工件的两管道连接时,隔开两种工况的阀门,应按其较恶劣的工况来确定其额定级。

M302.3 金属管道的许用应力和其他应力范围

302.3 全部适用,但第 302.3.2 节除外。见下面第 M302.3.2 节。

M302.3.2 许用应力的根据

对于使用任何与附录 A 中应力表相一致的应力范围,设计者应充分用文件说明其使用根据。

M302.4 裕量

第 302.4 节全部适用。

第 2 部分 金属管道组件的压力设计

M303 概述

第 303 节全部适用。

M304 金属管道组件的压力设计

第 304 节全部适用。

第 3 部分 流体工况对金属管道组件的要求

M305 管道

M305.1 概述

按第 M305.2 节要求可使用表列管道。非表列管道仅按第 302.2.3 节的规定方可使用。

M305.2 对金属管道的特定要求

概述 不应使用第 305.2.2 节中所列管道。对第 305.2.3 节中剧烈循环条件的条款不采用(见第 M300(e)节)。

M306 金属管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件

按第 M306.1 ~ M306.6 节可使用管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件。组件中使用的管道和其它材料应适合于制造方法和流体工况。

M306.1 管件

第 306.1 节全部适用,但第 306.1.3 节外。见下面第 M306.1.3 节。对第 306.1.4 节中剧烈循环条件的条款不采用(见第 M300(e)节)。

M306.1.3 特殊管件

下列管件不应使用:

- (a)符合 MSS SP-43 和 MSS SP-119 的管件;
- (b)专有的“C 型”翻边管接头对焊管件。

M306.2 管道弯管

第 306.2 节适用,但符合第 306.2.2 节的弯管不应使用,同时第 306.2.3 节也不用(见第 M300(e)节)。

M306.3 斜接弯管

斜接弯管应符合第 306.3.1 节规定,不应在单个接头处(图 304.2.3 中角 α)方向改变 $\alpha > 22.5^\circ$ 。第 306.3.3 节不用(见第 M300(e)节)。

M306.4 预制或扩口翻边

M306.4.1 概述

下述要求不适用于符合第 M306.1 节规定的管件,也不适用于在管端整段的翻边。第 306.4.1 节适用。

M306.4.2 扩口翻边

除下述外,扩口翻边尚应满足第 306.4.2 节要求:

- (a)管道规格 \geq DN 100(NPS 4),扩口前壁厚 $\geq T$ 管表号 10S 的值;
- (b)额定压力-温度级应 \leq ASME B16.5 PN 20 (150 级)1.1 组法兰的额定压力-温度级;
- (c)工况温度应 $\leq 204^\circ\text{C}$ (400 $^\circ\text{F}$)。

M306.5 预制支管连接件

下列要求不适用于符合第 M306.1 节规定的管

件。除下列所述外,第 306.5.1 节全部适用:

(a) 第 304.3.1(a) 节所列方法中,仅在(1)和(2)不行时才能使用(3)中的一个。

(b) 第 304.3.2(b) 和(c) 节所述支管连接件中,只有符合第 M314 节规定,才允许使用有螺纹的出口;只有符合第 M311.2 节规定,才允许使用有承插焊接口的出口。

M306.6 封头

下列要求不适用于法兰盖或符合第 M306.1 节的管件。第 304.4 节中所述的封头中,符合 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册 UG-34 和 UW-13 的平封头和无过渡段的锥形封头[UG-32(g) 和 UG-33(f)],仅在其它形式封头无法取得时才可使用。第 M306.5 节中要求适用于封头中的开孔[见第 304.4.2(b) 节]。

M307 金属阀门和特殊组件

下列对阀门的要求也应适用于其它受压管道组件,如过滤器和分离器。见附录 F 第 F307 节。

M307.1 概述

第 307.1 适用,并遵守第 M307.2 节要求。

M307.2 特定要求

(a) 不应使用具有螺纹阀盖接头的阀门(管接头除外)。

(b) 只有符合下列要求的金属阀门方可使用:

(1) 阀门设计应特别考虑如何防止由阀杆间外泄漏;

(2) 阀盖或盖板封头密封应为法兰结构,用至少 4 个螺栓和符合第 308.4 节规定的垫片卡紧;或专有结构,用螺栓、支耳或其它可靠方法连接,且垫片的设计可使垫片压缩力随流体压力增加而增加;或采用按第 M311 节的全焊透焊缝;或采用具有足够强度的直螺纹卡紧结构,金属对金属的接触面,并按第 M311 节进行密封焊接,这些串在一起使用。

(3) 阀盖或盖板接头以外的阀体接头应符合

第 M307.2(b)(2)。

M308 法兰、插板、法兰密封面和垫片

第 308.1 节全部适用。

M308.2 金属法兰的特定要求

不用第 308.2.4 节(见第 300(e) 节)。下列法兰不应使用:

(a) 单侧焊平焊法兰;

(b) 胀接接头的法兰;

(c) 用作翻边接头法兰的平焊法兰,除非满足第 308.2(c) 节要求。

(d) 带螺纹的金属法兰,但使用透镜垫或类似垫圈的法兰以及那些在衬里管道上使用的、衬里材料延伸到垫片平面上的法兰例外。

M308.3 法兰密封面

第 308.4 节全部适用。

M308.4 垫片

第 308.4 节全部适用。

M308.5 插板

所有插板均应标明材料、额定级和规格。

M309 螺栓连接件

第 309 节全部适用,除去第 309.2.4 节(见第 M300(e) 节)。

第 4 部分 流体工况对金属管道接头的要求

M310 金属管道,概述

第 310 节全部适用。

M311 金属管道中的焊接接头

焊接接头可用可能按照第 M328 节评定焊接工

艺、焊工和焊接操作工的金属制成。

M311.1 概述

第 311.1 节全部适用,下列除外:

- (a) 不应使用分块垫环;
- (b) 承插焊接头不允许 $> DN 50 NPS 2$;
- (c) 检查应符合第 M341.4.1 节规定。

M311.2 特定要求

第 311.2.3(a), 311.2.4(a)、(b)和(d), 311.3 和 311.2.6 节均适用。

M312 金属管道中的法兰接头

第 312 节全部适用。

M313 金属管道中的胀接接头

不应使用胀接接头。

M314 金属管道中的螺纹接头

M314.1 概述

第 314.1(a), (b)和(c)节均适用。

M314.2 特定要求

M314.2.1 锥度螺纹接头

第 314.2.1 节适用。但适合于常规流体工况, 规格为 $8 \leq DN \leq 25$ ($\frac{1}{4} \leq NPS \leq 1$) 的组件(见第 314.2.1)除外。规格 $< DN 20$ ($NPS \frac{3}{4}$) 应有安全防护(见附录 G)。

M314.2.2 直螺纹接头

第 314.2.2 节适用。此外,组件应具有足够的机械强度,并且还应有一个人能操作到的切断阀,以便将信号管子与管道切断;

第 314.2.2 节适用。此外,组件应具有足够的机械强度,并且还应有一个人能操作到的切断阀,以便将信号管子与管道切断; [许用结构见图 335.3.3(b)和(c)]。

M315 金属管道中的管接头

除第 315.2(b)节外,第 315 节全部适用。

M316 填缝接头

不应使用填缝接头。

M317 软钎焊和硬钎焊接头

不应使用软钎焊、硬钎焊和钎接焊接头。

M318 金属管道中的特殊接头

除不应使用粘结接头和钟型接头外,第 318 节全部适用。

第 5 部分 金属管道的柔性和支架

M319 金属管道的柔性

除第 319.4.1(c)节的简化规则不适用外,第 319 节全部适用。

M321 管道支架

除支承元件应为表列材料外,第 321 节全部适用。

第 6 部分 系 统

M322 特定管道系统

M322.3 仪表管道

除下列各条规定外,第 322.3 节适用于与工艺流体和工艺温度-压力条件相接触的信号管道:

- (a) 管子外径应 $\leq 16 \text{ mm}$ ($\frac{5}{8} \text{ in}$) 并应适合工况;
- (b) 应设置一个人能操作到的切断阀,以便将信号管子与管道切断;
- (c) 连接方法应符合第 315.1 和 315.2 节的要求。

M322.6 泄压系统

除第 322.6.3 节外,第 322.6 节全部适用。见

第 M322.6.3 节。

M322.6.3 过压保护

对于金属管道,泄压系统动作时,压力可超过 \leq 10%设计压力。

第 7 部分 金属材料

M323 一般要求

M323.1 材料和技术条件

第 323.1.1 和 323.1.2 节适用。见第 M323.1.3 和 M323.1.4 节。

M323.1.3 不明材料

不应使用技术条件不明的材料。

M323.1.4 回用金属材料

当已用过材料的合格证明还保存着,且设计人员也确信材料完好无有害缺陷时,则可以使用这些回收材料。

M323.2 温度限制

除对于温度下限表 323.2.2 注(3)中所述最低温度限制的放宽不允许外,第 323.2 节全部适用。

M323.3 冲击试验方法和验收准则

第 323.3 节全部适用。

M323.4 流体工况对金属材料的要求

第 323.4.1 节完全适用。

M323.4.2 特定要求

除铸铁而不是球墨铸铁不应使用于受压件外,第 323.4.2 节全部适用铅和锡仅能用作衬里。

M323.4.3 金属复层和衬里材料

除第 323.4.3 节要求外,还应考虑第 323.4.2 (c)(2)和 323.4.3 节中所包括的材料用作复层和衬里,其中复层及衬里也同时用作垫片或法兰密封面的一部分时,法兰接头的设计应考虑怎样防止向外泄漏。

M323.5 材料在使用中变质

第 323.5 节全部适用。

M325 其他材料

M325.1 连接和辅助材料

采用第 325 节时,诸如溶剂、硬钎料、软钎料不应使用,用作垫片和填料的非金属材料应适合于流体工况。

第 8 部分 管道组件标准

M326 组件的尺寸和额定级

第 326.1.3 节全部适用。

M326.1 尺寸要求

M326.1.1 表列管道组件

除第八章规定的禁止和限制外,凡按表 326.1 所列标准和技术条件制作的组件均可用于 M 类流体工况。

M326.1.2 非表列管道组件

非表列组件的尺寸应遵从第 303 和 304 节要求。

M326.2 组件的额定级

第 326.2 节全部适用。

M326.3 参考文件

第 326.3 节全部适用。

第 9 部分 金属管道的制作、装配和安装

M327 概述

金属管道材料和组件使用第 M328、M330、M331

和 M332 节中一种或几种方法进行制作,以备装配和安装。任何上述方法用于装配和安装时,其要求与制作相同。

M328 金属焊接

除见下面第 M328.3 节外,焊接应符合第 M311.1 和 328 节的规定。

M328.3 焊接材料

除分块垫环不应使用外,第 328.3 节全部适用,可拆垫环和可溶性嵌块只有当其适用性被工艺评定验证后方可使用。

M330 金属预热

第 330 节全部适用。

M331 金属热处理

除不应规定比表 331.1.1 还低的要求外,第 331 节全部适用。

M332 金属弯曲和成形

除按第 332.2.3 节进行的弯曲不允许外,第 332 节全部适用。

M335 金属管道装配和安装

M335.1 概述

M335.1.1 对准

除第 335.1.1 节要求外,如第 332.4 节有要求,对准和装配所需的弯曲和成形应进行热处理。

M335.2 法兰接头

第 335.2 节全部适用。

M335.3 螺纹接头

第 335.3.1 和 335.3.2 节适用。见下面第 M335.3.3 和 M335.3.4 节。

M335.3.3 直螺纹接头

第 335.3.3 节的要求服从第 M322 节中的限制。

M335.3.4 螺纹状况

第 M314.2.1 节所允许的螺纹组件和螺纹管端,装配前应检查螺纹是否清洁、螺线是否连续,如不符合 ASME B1.20.1 或其它相关标准时,应予拒收。

M335.4 管子接头

M335.4.1 扩口管接头

第 335.4.1 节的要求适用;然而特殊管道系统见第 M322 节的限制。

M335.4.2 非扩口压合接头

第 335.4.2 节的要求适用;然而特殊管道系统见第 M322 节的限制:

M335.6 特殊接头

特殊接头应符合第 M318 和 335.6.1 节的要求。

M335.9 管道清理

见附录 F 第 F335.9 节。

第 10 部分 金属管道的检验、 检查和试验

M340 检验

第 340 节全部适用。

M341 检查

第 341.1、341.2、341.3 和 341.5 适用。见下面第 M341.4 节。

M341.4 要求检查的范围

第 341.4.1 节适用,下列规定除外:

(a) 目视检查;

(1) 所有制作应实行检查;

(2) 所有螺纹、螺栓以及其它机械接头均应进行检查。

(b) 其他检查

(1) 除类似图 328.5.4E 和 328.5.5(d) 和 (e) 所示的环向对接和斜接焊缝以及预制翻边和支管连接焊缝至少 20% 应进行检查外, 第 341.4.1(b) (1) 节射线照相和超声波抽样检查的要求适用。

(2) 第 341.4.1(b)(1) 节中允许的“制作过程中”检查替代法, 在逐条焊缝检查的基础上, 可在工程设计中或由检验师规定。它应由其它有关的无损检查相补充。

M342 检查人员

第 342 节适用。

N1343 检查工艺

第 343 节适用。

M344 检查类型

第 344 节全部适用。

M345 试验

第 345 节全部适用, 下列规定除外:

(a) 符合第 345.8 节的敏感泄漏试验应包括在要求的泄漏试验中(第 345.1 节);

(b) 初始运转泄漏试验[第 345.7 节]不适用。

M346 记录

第 346 节全部适用。

第 11 ~ 20 部分 对应第八章

见第 M300(b) 节。

MA300 总说明

根据第七章第 A300(d) 节适用, 第 MA300 ~

MA346 节适用于非金属管道和非金属衬里金属管道。

第 11 部分 条件和准则**MA301 设计条件**

第 A301 节全部适用。

MA302 设计准则

第 A302.1 和 A302.4 节适用。见下面第 MA302.2 和 MA302.3 节。

MA302.2 压力-温度设计准则

除第 A302.2.4 节外, 第 A302.2 节适用。见下面第 MA302.2.4 节。

MA302.2.4 压力和温度偏差容限

第 A302.2.4(a) 节对非金属管道和非金属衬里金属管道均适合。

MA302.3 许用应力和其他设计限制

除第 A302.3.2 节外, 第 A302.3 节均适用。见下面第 MA302.3.2 节。

MA302.3.2 许用应力的根据

设计者应充分说明使用任何不符合第 A302.3.2 节和附录 B 中表格规定的应力和许用压力范围的依据。

MA302.4 裕量

第 302.4 节全部适用。

第 12 部分 非金属管道组件的压力设计**MA303 概述**

第 A303 节适用。

MA304 非金属组件的压力设计

第 A304 节全部适用。

第 13 部分 流体工况对非金属管道组件的要求

MA305 管道

第 A305 节适用,无进一步限制。

MA306 非金属管件、弯管、斜接弯管、翻边接头和支管连接件

第 A306.1 和 A306.2 节适用,无进一步的限制。见以下第 MA306.3 节。

MA306.3 斜接弯管

不应使用不符合第 A306.1 节管件的斜接弯头。

MA306.4 预制的翻边接头

不应使用预制的翻边接头。

MA306.5 预制的支管连接件

不应使用非金属预制的支管接头。

MA307 非金属阀门和特殊组件

不应使用非金属阀门和特殊组件。

MA308 法兰、插板、法兰密封面和垫片

第 A308.1、308.3 和 A308.4 节适用,无进一步限制。以下见第 MA308.2 节。

MA308.2 非金属法兰

不应使用非金属螺纹法兰。

MA309 螺栓连接件

第 A309 节适用,无进一步限制。

第 14 部分 流体工况对非金属管道接头的要求

MA310 概述

第 310 节全部适用。

MA311 粘结接头

MA311.1 概述

第 A311.1 节全部适用。

MA311.2 特定要求

除衬里外,不允许使用热风焊、热熔、溶剂粘结和粘结接头。

MA312 法兰接头

第 312 节完全适用。

MA313 胀接接头

不应使用胀接接头。

MA314 螺纹接头

MA314.1 概述

非金属管道中不应使用螺纹接头。

MA315 非金属管道中的管接头

第 A315 节全部适用。

MA316 填缝接头

不应使用填缝接头。

MA318 特殊接头

第 A318 节全部适用。

第 15 部分 非金属管道的 柔性和支架

MA319 管道柔性

第 A319 节全部适用。

MA321 管道支架

第 A321 节全部适用。

第 16 部分 非金属和非金属 衬里系统

MA322 特定管道系统

第 A322 节全部适用。

第 17 部分 非金属材料

MA323 一般要求

第 A323.1 和 A323.2 节全部适用。见以下第 MA323.4 节。

MA323.4 流体工况对非金属材料的要求

第 A323.4.1 节适用。见以下第 MA323.4.2 和 MA323.4.3 节。

MA323.4.2 特定要求

除热塑性塑料可按第 M325.1 和 MA323.4.3 节用作垫片外,第 A323.4.2(a)和(h)节所列材料只能用作内衬。

MA323.4.3 非金属衬里材料

第 A323.4.2 节中某一材料用作内衬,该内衬又同时作为垫片或法兰密封面的一部分时,法兰接头的设计应考虑防止其向外泄漏。

第 18 部分 非金属和非金属衬里

管道组件的标准

MA326 组件的尺寸和额定级

第 A326 节全部适用。除本章中禁止或限制的组件或系统外,表 A326.1 适用。

第 19 部分 非金属和非金属衬里 管道的制作、装配和安装

MA327 概述

第 A327 节适用。

MA328 塑料粘结

第 A328 节全部适用。

MA329 非金属衬里管道的制作

第 A329 节全部适用。

MA332 弯曲和成形

第 A332 节适用。

MA334 非塑料管道的连接

第 A334 节全部适用。

MA335 装配和安装

第 A335 节全部适用。

第 20 部分 非金属管道的检 验、检测和试验

MA340 检验

第 340 节全部适用。

MA341 检测

04 **MA341.1 总则**

341.1、341.2、A341.3 和 341.5 全部适用,见 MA341.2。

04 **MA341.2 要求检测的范围**

除下列规定外,A341.4.1 适用:

(a) 目视检测

(1) 全部制作应进行目视检测;

(2) 全部螺栓连接和机械连接的接头应进行检测。

MA342 检查人员

第 342 节适用。

MA343 检查程序

第 343 节适用。

MA344 检查类型

第 A344 节全部适用。

MA345 试验

04

除下列规定外,A345 全部适用:

(a) 要求的泄漏试验(A345.1)应包括按 345.8 的敏感泄漏试验;

(b) 不要求 A345.7 的初始运转泄漏试验。

MA346 记录

第 346 节全部适用。

第 IX 章 高压管道

K300 总说明

(a) 适用性

本章适用于由业主指定用于高压流体工况的管道。这些要求全面适用于按此类用途设计的管道。本章中所指的高压系指超过 ASME B16.5 PN 420 (2500 级) 额定级, 规定设计温度和材料组别所允许的压力。但是对于这些规则的应用无规定的压力限制。

(b) 责任

除第 300(b) 节所述责任外, 尚有以下几点:

(1) 对于被指定用于高压流体工况的每个管道系统, 业主应提供进行本章要求的分析和试验所必需的全部资料;

(2) 设计者应向业主作一书面报告, 包括设计计算并证明设计符合本章规定。

(c) 第 300(a), (c)、(d), (e) 和 (f) 节中标志、意图以及规范要求均适用;

(d) 本章的编排、内容, 并尽可能地包括节号, 均与前六章(基本规范)相一致。节号前使用前缀“K”;

(e) 基本规范的各项条款和要求, 在本章中述明者方为适用。

K300.1 应用范围

K300.1.1 内容和范围

除第 K300.1.3 和 K300.1.4 节外, 第 300.1.1 节适用。

K300.1.2 成组设备管道

第 300.1.2 节所述的设备间连接管道应符合本章要求。

K300.1.3 不包括

除第 300.1.2 节所述不包括部分外, 本章还不包括非金属和非金属衬里管道。

K300.1.4 M 类流体工况

本章对 M 类流体工况管道未辟章节。如业主要求此类管道时, 工程设计应按第 300(e)(5) 节予以扩充。

K300.2 定义

除仅与非金属和剧烈循环条件有关术语外, 第 300.2 节均适用。

用术语许用应力替代基本许用应力。

安全保护以及其它表征危险的流体工况的术语, 在本章中均不使用, 但在设计中宜予考虑。

K300.3 符号

第 300.3 节适用。

K300.4 附录情况

除附录 A、B、H、L、V 及 X 外, 第 300.4 节及表 300.4 均适用。

第 1 部分 条件和准则

K301 设计条件

除第 301.1、301.2、301.3 和 301.5 节外, 第 301 节全部适用。

K301.1 概述

第 301.1 节适用; 第 K301 节代替第 301 节。

K301.2 设计压力

K301.2.1 概述

第 301.2.1 (a) 适用;第 302.2.4 不适用;第 301.2.1(b)和(c)适用;第 K304 节代替第 304 节。

K301.2.2 要求的保压和卸压

第 301.2.2 (a)和(b)适用;第 K322.6.3 节代替第 322.6.3 节;第 301.2.2(c)不适用。

K301.3 设计温度

第 301.3 节适用,但第 301.3.1 和 301.3.2 节及下列除外:

(a)第 K301.2 节代替第 301.2 节

(b)第 K301.2.2 节代替 301.3.2 节

K301.3.1 设计最低温度

第 301.3.1 节适用;第 K323.2.2 节代替第 323.2.2 节。

K301.3.2 无隔热组件

流体温度应作为组件温度。

K301.5 动力效应

第 301.5 节适用,但第 301.5.4 节除外。

K301.5.4 振动

必要时,应进行适当的动力分析,避免那些会导致管道中有害的振动、脉冲式共振影响的情况或使其减至最小程度。

K302 设计准则

K302.1 概述

在第 K302 节中,说明了压力-温度额定级、应力准则、设计裕量及最小设计值,并规定了这些因素用于高压管道系统设计时的允许偏差。

设计者应确信设计、材料及其制造都是适当的,至少应考虑到以下几方面:

(a)设计温度下的抗拉、抗压、弯曲及剪切强度;

(b)疲劳强度;

(c)设计应力及其基础;

(d)延性和韧性;

(e)力学性能在运行过程中可能的减小;

(f)热性能;

(g)温度限制;

(h)腐蚀和磨蚀抗力;

(i)制作方法;

(j)检查和试验方法;

(k)水压试验条件;

(l)管口缺陷。

K302.2 压力-温度设计准则

K302.2.1 具有确定额定级的表列组件

某些管道组件的压力-温度额定级已经确定并纳入表 K326.1 中某些标准。除非本章有限制外,这些额定级用作设计压力和温度,本章均予认可。经业主批准,本章的规则和限制可以用于压力-温度额定级超过表列标准、但不超过第 K323.2 节所述额定级范围的组件。

K302.2.2 无规定额定级的表列组件

(a)设计应力已按第 K302.3 节确定,但无规定的压力-温度额定级的管道组件,应按第 K304 节压力设计规则在表 K-1 中所示应力的温度范围内研究其额定级,并按本章其它规则进行适当的修正。

(b)无许用应力或压力-温度额定级的管道组件,应按第 K304.7.2 节要求进行压力设计评定。

K302.2.3 非表列组件

(a)未列入表 K326.1 或表 K-1 的管道组件,但符合已出版的技术条件或标准者,按下述要求可以使用:

(1)设计者应确定:成分、力学性能、制造方法以及质量控制均与表列组件对应相似。

(2)压力设计应按第 K304 节进行验证,包括第 K304.8 节所要求的疲劳分析。

(b)其他非表列组件应按第 K304.7.2 节要求进行压力设计评定。

K302.2.4 压力和温度偏差的容限

高于在对应温度下设计压力的压力偏差,对任何管道系统都是不允许的。卸压时(见第 K322.6.3

节)的累积除外。

K302.2.5 不同工况连接点的额定级

第 302.2.5 节适用。

K302.3 许用应力和其他设计限制

K302.3.1 概述

除非经本章其他条款修改,在设计计算中应采用下述定义的许用应力:

(a) 拉伸

按本章设计的拉伸应力列于表 K-1,但列于 BPV 规范第 II 卷 D 篇表 3 和表 4 中的螺栓最大许用应力值和设计应力强度值除外。

表 K-1 中所列应力值系按材料和产品形式分类,并按所述温度列出,直到第 K323.2.1 节提出的对材料的限制温度。允许在各温度间用直线内插法确定某一具体设计温度的许用应力。不允许外推。

(b) 剪切和承重

剪切许用应力应为表 K-1 中 0.80 倍拉伸许用应力,承重许用应力应为 1.60 倍拉伸许用应力。

(c) 压缩

压缩许用应力应镇表 K-1 中的拉伸许用应力。对结构的稳定性应予考虑。

04 (d) 疲劳

许用的应力幅值,它在 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册附录 5 或第 3 册 KD-3 章中图示为设计寿命的函数,按第 K304.8 节可用于疲劳分析中。

04 K302.3.2 许用应力的基础

确定本章中材料许用应力值的基础有下述几个方面:

(a) 螺栓连接件材料

第 II 卷 D 篇附录 2 第 2-120 和 2-130 节或第 VIII 卷第 3 册 KD-6 章第 KD-620 节的准则适用。

(b) 其他材料

除螺栓材料外的其他材料,适用下列规则:

(1)除以下(b)(2)中所提外,设计温度下金属的许用应力值不超过下述两者中的较小值: S_y

的 $\frac{2}{3}$ 和 S_{yt} 的 $\frac{2}{3}$, S_{yt} 按公式(31)确定:

$$S_{yt} = S_y R_r \quad (31)$$

式中:

R_r = 屈服强度曲线值的平均温度与室温下屈服强度的比率;

R_y = 室温下规定的最小屈服强度;

S_{yt} = 设计温度下的屈服强度。

(2)对固熔热处理的奥氏体不锈钢和某些具有相似应力-应变行为的镍合金,许用应力应不超过后述两者中的较小值: S_y 的 $\frac{2}{3}$ 和 S_{yt} 的90%。

如此确定的应力值应用,对法兰连接和其他有轻微变形可能造成泄漏或故障的组件都不推荐使用。[这些值在表 K-1 中用斜体或黑体字表示,解释见附录 K 表注(5)]。代替它,宜用 75% 表 K-1 的应力值或第 B 卷 D 篇表 Y-1 或 Y-3 所列温度下屈服强度的 $\frac{2}{3}$ 。

(c) 非表列材料

对符合第 K323.1.2 节的材料,在设计温度下的许用应力值应不超过下述两者中的较小值: S_y 的 $\frac{2}{3}$ 和 S_{yt} 的 $\frac{2}{3}$ 。

(1)除了(c)(2)的规定外, S_{yt} 应按公式(31)确定;

(2)如果非表列材料在规定温度下的屈服强度包含于第 II 卷 D 篇部分表 Y-1 或 Y-3,则在规定温度下屈服强度值可直接确定为许用应力。

(d) 循环应力

交变应力的许用值应符合 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册附录 4 和 5 或第 3 册 KD-3 章的规定。

K302.3.3 铸件质量系数⁽¹⁾

如符合下列全部附加要求,应有铸件的质量系数 $E_c = 1.00$:

(a)所有表面的表面粗糙度均不低于 $6.3 \mu\text{m}Ra$ (ASME B46.1 为 $250 \mu\text{in} Ra$)。

(b)所有表面均应经符合 ASTM E 165 的液体渗透法或符合 ASTM E 709 的磁粉法检查。缺陷和焊补应按 MSS SP-53、参照 ASTM E 125 进行判断

⁽¹⁾见表 302.3.3C 和 D 中关于参照标准的名称的注。

收。

(c) 每个铸件均应按 ASTM E 114 用超声波法或按 ASTM E 142 用射线照相法进行全面检查。裂纹或热撕裂(按表 K302.3.3D 所列标准属 D 和 E 类缺陷)及深度超过 3% 公称壁厚的缺陷均不允许。铸件射线照相验收级别应按表 K302.3.3D 规定。

表 K302.3.3D 铸钢件验收级别

检查的壁厚 mm(in)	适用标准	验收级别	可验收的 缺陷类别
$\bar{T} \leq 51(2)$	ASTM E 446	1	A,B,C
$51 < \bar{T} \leq 114$ (4.5)	ASTM E 186	1	A,B,C
$114 < \bar{T} \leq 305$ (12)	ASTM E 280	1	A,B,C

K302.3.4 焊接接头质量系数

含有焊缝的管道组件应有焊接接头质量系数 $E_j = 1.00$ (要求见表 302.3.4), 否则, 这些焊缝应按第 K341.3.2 节规定验收。不允许使用螺旋焊缝。

K302.3.5 由于持续荷载和位移应变产生的计算应力的限制

(a) 内压应力

当管道组件的壁厚及其加强方法满足第 K304 节要求时, 由于内压产生的应力应认为是安全的。

(b) 外压应力

当管道组件的壁厚及其加强方法满足第 K304 节要求时, 由于外压产生的应力应认为是安全的。

(c) 纵向应力 S_L

由于压力、重量和其他持续荷载产生的管道系统内任何组件的纵向应力总和 S_L 不应超过下述 (d) 中的 S_A 。用于计算 S_L 的管道厚度应为公称厚度减去机械、腐蚀和磨蚀裕量 c 。

(d) 许用位移应力范围 S_A

在管道系统中(见第 319.4.4 节)计算的位移

应力范围 S_E 应不超过按下式计算的许用位移应力范围 S_A , (见第 319.2.3 节)。

$$S_A = 1.25S_c + 0.25S_h \quad (32)$$

式中:

S_c ——在所分析的位移循环中预期的最低金属温度下, 表 K-1 中的许用应力;

S_h ——在所分析的位移循环中预期的最高金属温度下, 表 K-1 中的许用应力;

K302.3.6 由于临时荷载产生的计算应力限制

(a) 运行期间

由于压力、重量以及其他持续荷载 S_L 产生的纵向应力与由诸如风或地震产生的应力的总和可以大至表 K-1 中所给的许用应力的 1.2 倍。无需考虑风力和地震力同时发生。

(b) 试验期间

由于试验条件产生的应力, 不受第 K302.3 节的限制, 无需考虑其它(诸如风和地震)临时荷载与试验荷载同时发生。

K302.4 裕量

在确定管道组件所需最小壁厚时, 裕量应包括腐蚀、磨蚀以及螺纹或切口深度。见第 K304.1.1 (b) 节中定义 c 。

K302.4.1 机械强度

第 302.4.1 节适用。此外, 对于任何用来增加管道组件强度的方法, 均应按第 K304.8 节要求进行疲劳分析。

第 2 部分 管道组件的压力设计

K303 概述

凡按表 K326.1 所列标准制造的组件应认为是适用于第 K302.2 节中规定的压力-温度额定级。

K304 高压组件的压力设计

K304.1 直管**K304.1.1 概述**

(a) 管道直管段所需壁厚应按(33)式确定。

$$t_m = t + c$$

考虑到制造厂的负公差,所选管子的最小壁厚应 $\geq t_0$ 。

(b) 下列符号用于直管道压力设计的公式:

t_m ——所需最小壁厚,包括机械、腐蚀和磨蚀裕量;

t ——压力设计壁厚,内压按第 K304.1.2 节计算或外压按 K304.1.3 节所列程序计算。

$$c = c_1 + c_0$$

= 机械裕量⁽²⁾(螺纹或切口深度)加腐蚀和磨蚀裕量的总和(其中 c_1 = 内裕量总和; c_0 = 外裕量总和)。对于螺纹组件,应采用公称螺纹深度(ASME B1.20.1 中的 h 或相当者),但对直螺纹接头、如下列情况符合,则外螺纹槽深度无需考虑:

- 螺纹槽深度 $\leq 20\%$ 壁厚的;
- 动外径与内径比 $D/d > 1.1$;
- 内螺纹连接提供足够的补强;
- 螺纹加上退刀部分长度超出补强的距离 \leq 管道的公称壁厚。

藉连接而获得的足够补强定义是:为保证接头的静爆破压力 \geq 管道无螺纹部分的爆破强度所需的补强补强是否足够应按第 K304.7.2 节要求予以验证。

04 K304.1.2 内压直管

内压设计壁厚 t 应不小于按具有规定外径和最小壁厚管道的公式(34a)计算的厚度或按具有规定内径和最小壁厚管道的公式(34b)计算的厚度。

$$t = \frac{D - 2c_0}{2} \left[1 - \exp\left(\frac{-1.55P}{S}\right) \right] \quad (34a)^{(3)(4)(5)}$$

$$\text{或} \quad t = \frac{d - 2c_1}{2} \left[\exp\left(\frac{1.55P}{S}\right) - 1 \right] \quad (34b)^{(3)(4)(5)}$$

另外,管内设计表压 P 可按(35a)或(35b)式计算:

$$P = \frac{S}{1.155} \ln \left[\frac{D - 2c_0}{D - 2(T - c_1)} \right] \quad (35a)^{(4)(5)}$$

$$\text{或} \quad P = \frac{S}{1.155} \ln \left[\frac{d + 2(T - c_0)}{d + 2c_1} \right] \quad (35b)^{(4)(5)}$$

T ——管道壁厚(实测的或按采购技术条件中最小值);

P ——设计内压(表压);

D ——管道外径,对于按本章进行的设计计算,管道外径是技术条件允许的最大值;

d ——管道内径,对于按本章进行的设计计算,管道内径是技术条件允许的最大值;

S ——取自表 K-1 的许用应力。

K304.1.3 外压直管

对于 $D/t < 3.33$ 的管道,若管道至少一端暴露在完全的外压中而产生轴向外压应力者,外压直管压力设计厚度应按第 K304.1.2 节确定对 $D/t \geq 3.33$ 和 $D/t < 3.33$ 两端都不承受外压的管道,其压力设计壁厚应按第 30.1.3 节确定,但应力值应取自表 K-1。

K304.2 管道的弯曲管段和斜接管段**K304.2.1 弯管**

如果管子中心线的弯曲半径 ≥ 10 倍管子公称外径且满足第 K332 节公差和应变范围时,弯管在弯曲后,最小要求壁厚 t_m 可按第 K304.1 节规定作为直管来确定,否则设计应按第 K304.7.2 节要求进行评定。

K304.2.2 弯头

⁽²⁾ 对于未规定公差的机械加工表面或切槽,除规定的切槽深度外,公差应设定为 0.5mm(0.02 in)。

⁽³⁾ 指数[例如 $\exp(1.155P/S)$],代表自然对数 e 的底自乘到所示次幂(即 $-1.155P/S$)。

⁽⁴⁾ 本式目的系根据 von Mises 理论对所要求的压力提供一个系数 ≥ 2.0 ,以便当材料的许用应力基于屈服强度的%时,使由完全弹-塑性材料制成的圆筒体的外表面首先开始屈服;当材料的许用应力基于屈服强的 90%时,系数由 2.0 降低至近似 1.5。

⁽⁵⁾ 任何不规定为内部的 c_1 或外部 c_0 的机械、腐蚀或磨蚀裕量应设定为内部的,即 $c = c_1$ 和 $c_0 = 0$ 。

未按第 K303 节要求制造的弯头和未按 K304.

2.1 制造的弯管应按 K304.7.2 要求进行评定。

K304.2.3 斜接弯管

不允许使用斜接弯管。

K304.2.4 外压管道弯曲管段

承受外压的管道弯曲管段,若设计长度 L 是任意两管段间主管中心线长度,且两管段均按第 304.

1.3 节加强时,其壁厚可按第 K304.1.3 节规定作为直管来确定。

K304.3 支管接头

K304.3.1 概述

合格的支管接头包括:符合第 K303 节要求的管件;符合第 304.3.4 节要求的挤压出口或类似图 K328.0.4 所示的支管接头管件(见第 300.2 节)。

K304.3.2 支管接头的强度

(a)为支管连接制作的开孔减弱主管的静强度和疲劳强度。支管连接中应有足够的材料以承受压力和满足补强的要求。

(b)不符合第 K303 节的支管接头,其静压设计应按第 304.3.4 节凸出支管出口的要求进行,或应按第 K304.7.2 节要求进行评定。

K304.3.3 焊接支管接头的补强

不允许使用按第 304.3.3 节要求制作的支管接头。

K304.4 封头

(a)不符合第 K303 节或下述(b)的封头应按第 K304.7.2 节要求进行评定。

(b)封头可按 BPS 规范第 VIII 卷第 2 册或第 3 册和第 II 卷 D 篇规定的规则、许用应力及温度限制进行设计。

K304.5 法兰和插板的压力设计

K304.5.1 法兰——概述

(a)不符合第 K303 节或下述(b)要求的法兰应按第 K304.7.2 节进行评定。

(b)法兰可按 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册附录 3 (或附录 4、5 和 6)或第 3 册第 KD-6 章和第 II 卷 D 篇的规则、许用应力和温度限制进行设计。

K304.5.2 法兰盖

(a)不符合第 K303 节或下述(b)或(c)要求的法兰盖应按第 K304.7.2 节要求进行评定。

(b)法兰盖可按(36)式设计。考虑到制造厂的负公差,应选择法兰盖的最小厚度 $\geq t$, (见第 K304.1.1 节符号说明)

$$t_m = t + c \quad (36)$$

可使用 BPV 规范第 VIII 卷第 2 册,AD-700 的规则、许用应力和温度限制计算 t_m 术语有下列变化:

t ——压力设计厚度(代替 T),对给定型式的法兰盖使用 AD-700 近似公式计算。

c ——按第 K304.1.1 节定义的机械裕量总和计算。

(c)法兰盖可以按 BPV 规范第 VIII 卷第 3 册第 KD-6 章和第 II 卷 D 篇的规则、许用应力及温度限制进行设计。

K304.5.3 插板

插板的设计应符合第 304.5.3 节规定,但应有 $E = 1.00$, S 和 c 的定义应按第 K304.1.1 节。

K304.6 异径管

不符合第 K303 节要求的异径管应按第 K304.7.2 节要求进行评定。

K304.7 其他组件的压力设计

K304.7.1 表列组件

按照第 K303 节凡符合表 K326.1 中标准制造的其他受压组件均可使用。

K304.7.2 非表列组件和元件

对于第 K304.1 ~ K304.6 节中的规则不适用的非表列组件和其他管道元件,其静压设计应根据与本章设计思路相一致的计算进行。考虑到第 301.4 ~ 301.11 节中有关的环境和动载影响,这些计算应经下述(a)、(b)和(c)的 1 个或多个方法进行验证:

(a) 相类似的设计条件下,用相同或类似材料制成相似比例的组件所取得的广泛成功的使用经验;

(b) 进行了足够多的验证。在预期运行条件下的静压设计和疲劳寿命的试验。静压设计可以在2P(设计内压)压力下不发生破坏或过量塑性变形的例证来加以验证。试验压力应是2倍设计压力乘以试验温度下的许用应力与设计温度下的许用应力的比值,再乘以实际屈服强度与室温下规定的最小屈服强度(取自表K-1)的比值。

(c) 具有评估结论的详细应力分析(如有限元法)见第1M卷第3册第KD-2章所述。

(d) 对于上述(a)、(b)和(c),不但在具有可靠材料性能数据的有关材料中,允许进行合理的类比;在规格、壁厚、和压力级别中,根据分析,也允许采用合理的内插。不允许外推。

K304.7.3 具有非金属零件的组件

除垫片和填料外,不允许使用非金属零件。

K304.7.4 钟型膨胀接头

不允许使用钟型膨胀接头。

04 K304.8 疲劳分析

K304.8.1 概述

对每条管道、包括其中的所有组件⁽⁶⁾和接头都应进行疲劳分析,同时考虑由附件引起的应力,以确定它对工程设计中规定的循环工作条件⁽⁷⁾的适用性。除下述(a)和(b)或第K304.8.5和K304.8.6节所允许的外,上述疲劳分析应符合BPV规范第VIII卷第2册⁽⁸⁾的规定。循环条件应包括压力变化以及热变化或位移应力,第K304.8节的要求是对第K319节对柔性分析要求的补充。凡属下述情况的系统,不要求正规的疲劳分析:

(a) 具有满意的成功操作设备的复制物或更换无重大改变的系统替换物;

(b) 通过与以前分析过的系统进行比较很容易地判断出来。

K304.8.2 交变应力幅

(a) 基于第VIII卷第2册的疲劳分析

为了与设计疲劳曲线相比较,应按第VIII卷第2册附录4和5确定交变应力幅值,许用的交变应力幅值应按附录5中的相应的设计疲劳曲线来确定。

(b) 基于第VIII卷第3册的疲劳分析

(1) 交变应力强度、相应的平均应力和当量交变应力强度的值,应按KD-2和KD-3章确定。许用的当量交变应力幅值应从KD-3章相应的设计疲劳曲线来确定。

(2) 如果能表明管道组件的失效模式是爆前漏,其设计循环数(设计疲劳寿命)可按KD-3章或KD-4章计算:如果不能表明管道组件的失效模式是爆前漏,应使用KD-4章中所述的断裂力学评价来确定组件的设计循环数。

(c) 附加考虑 提醒设计者K302.1所列的考虑可能会降低组件的疲劳寿命到上述(a)或(b)预计的值之下。

K304.8.3 疲劳分析压力应力评估

(a) 对于直管的疲劳分析,(37)式可用来计算仅压力在内表面引起的应力强度⁽⁹⁾。

$$S = \frac{PD^2}{2(T-c)[D-(T-c)]} \quad (37)$$

(b) 对于弯管的疲劳分析,如果中心线弯曲半径 ≥ 10 倍管道公称外径,且能满足第K332节公差和应变限制,则可以制成弯管的直管尺寸用(37)式来计算只是由于内压在内表面产生的最大应力强度。半径较小的弯管应按第K304.7.2节要求进行评定。

(c) 如果在循环荷载平均温度下,由(37)式计算所得的S值超过表K-1许用应力值3倍时,则需进行非弹性分析。

K304.8.4 由试验进行疲劳评估

有业主的批准,组件设计疲劳寿命可由第

⁽⁶⁾ 孔口缺陷可降低疲劳寿命。

⁽⁷⁾ 如果温度变动范围变化,相当的全温度循环周期h,可按第302.3.5节注⑥进行计算。

⁽⁸⁾ 按第VIII卷第2册中进行疲劳分析,要求计算循环应力时使用应力集中系数。

⁽⁹⁾ “应力强度”术语定义见第VIII卷第2册。

K304.7.2 节规定的破坏试验确定,以代替上述分析要求。

K304.8.5 延长疲劳寿命

如果组件是按 K304.7.2 规定进行评定的话,采用下述方法之一管道组件的设计疲劳寿命可延长超过由第Ⅷ卷第 2 册附录 5 疲劳曲线确定的设计疲劳寿命:

- (a) 表面处理,例如提高表面光洁度;
- (b) 预应力处理,例如自增强、喷丸或热套。

设计人员应注意到:预应力处理所带来的好处会由于热、应变软化或其他影响而减少。

第 3 部分 流体工况对管道组件的要求

K305 管道

当用于压力工况时,管道(pipe)包括在材料技术条件中称为“管子”(tube 或 tubing)的组件。

K305.1 要求

K305.1.1 概述

管道和管子应为无缝管或接头质量系数 $E_j = 1.0$ 的纵向直缝焊接管,并按表 K341.3.2 注(2)进行检查。

K305.1.2 附加检查

管道和管子应按表 K305.1.2 通过对纵向缺陷的检查。这种检查是按材料技术条件作为附加的验收试验。

K305.1.3 热处理

如有要求,热处理应按第 K331 节进行。

K305.1.4 非表列管道和管子

非表列管道和管子只在按第 K302.2.3 节规则才可使用。

K306 管件、弯管和支管连接件

用于管件、弯管和支管连接件的管道或其它材料应适合于制造或制作方法,同时,还应适合于工

况。

表 K305.1.2 管道或管子对纵向缺陷要求的超声波或涡流检查

直径 mm (in)	要求的检查	参考节数
$d < 3.2 (1/8)$ 或 $D < 6.4 (1/4)$	无	
$3.2 \leq d \leq 17.5 (1/16)$ 和 $6.4 \leq D \leq 25.4 (1)$	ET(1)或 UT	K344.8 K344.6
$d > 17.5$ 或 $D > 25.4$	UT	K344.6

注:(1) 这种检查对冷拉奥氏体不锈钢管道和管子受限制。

K306.1 管件

K306.1.1 概述

所有铸件应有质量系数 $E_j = 1.00$, 检查及验收准则按第 K302.3.3 节规定。所有焊缝应有质量系数 $E_j = 1.00$, 检查及验收准则按第 K341 ~ 344 节规定。表列管件可按第 K303 节使用。非表列管件只能按第 K302.2.3 节使用。

K306.1.2 特殊管件

- (a) 不允许使用承插焊管件。
- (b) 螺纹管件仅能按第 K314 节允许使用。
- (c) 支管连接出口管件(见第 300.2 节),其设计已按 K304.7.2(b) 要求成功地进行性能试验者,可在其规定级的额定级内使用。

K306.2 管道弯管

K306.2.1 概述

按第 K332.2 节制造并按第 K-304.2.1 节压力设计进行验证的弯管,可以适用于与制成弯管的管道相同的工况。

K306.2.2 波纹或其他弯管

不允许使用其他设计(如皱纹或波纹)的弯管 K306.3 斜接弯管。

K306.3 斜接弯管

不允许使用斜接弯管。

K306.4 预制的或扩口翻边接头

仅允许使用锻造翻边接头。

K306.5 预制的支管接头

由焊接制造的预制支管接头应按第 K328.5.4 节制作并按第 K341.4 节检查。

K307 阀门和特殊组件

其它受压管道组件如收集器、过滤器和分离器等,如适用,也应满足下列对阀门的要求。

K307.1 概述

非表列阀门的压力设计应按 K304.7.2 要求进行评定。

K308 法兰、插板、法兰密封面和垫片**K308.1 概述**

非表列法兰的压力设计应按第 K304.5.1 节进行验证或按第 K304.7.2 节要求进行评定。

K308.2 特殊法兰**K308.2.1 螺纹法兰**

螺纹法兰仅可在第 K314 节螺纹接头限定范围内使用。

K308.2.2 其他法兰类型

不允许使用平焊、承插焊和胀接接头法兰以及扩口翻边法兰。

K308.3 法兰密封面

法兰密封面应适合工况和所用的垫片及螺栓连接件。

K308.4 垫片

垫片的选择应使要求的压紧荷载与法兰额定级和密封面、法兰的强度和螺栓连接件相匹配。材料

应适合于工况。在垫片选择和接头设计中应考虑垫片破坏的形式。

K308.5 插板

插板应有一识别材料、压力-温度额定级和规格的标志,安装后亦可看到。

K309 螺栓连接件

螺栓连接件包括螺栓、螺柱、双头螺栓、有头螺钉、螺帽和垫圈,应满足 BPV 规范第Ⅷ卷第 2 册第 M-5 章的要求。亦见本规范附录 F 第 F309 节。

第 4 部分 流体工况对管道接头的要求

K310 概述

接头应适合于输送的流体及操作中预期的压力-温度和其它机械荷载。

K311 焊接接头**K311.1 概述**

焊缝应符合以下要求:

(a) 焊接应符合第 K328 节;

(b) 预热和热处理应分别符合第 K330 和 K331 节;

(c) 应按第 K341.4 节检查,验收准则见表 K341.3.2。

K311.2 特定要求**K311.2.1 垫环和熔化性嵌条**

不应使用垫环。熔化性嵌条除当工程设计中规定外,不应使用于对接焊接头。

K311.2.2 角焊缝

角焊缝仅可用在按第 K321 和 K328.5.2 节要求的结构附件上。

K311.2.3 其他焊缝类型

不允许使用承插焊缝和密封焊缝。

K312 法兰接头

应考虑第 K303 节的要求、法兰密封面粗糙度以及连接方法来选择法兰接头,达到不泄漏。亦见第 F312 节。

K312.1 用不同额定级法兰接头

第 312.1 节适用。

K313 胀接接头

不允许使用胀接接头。

K314 螺纹接头

K314.1 概述

除第 K311. 和 K314.3 节所提外,螺纹接头不允许用作管道装配接头。

(a)管道的布置宜使螺纹接头上的应变减至最小,因这种应变对密封可能有不良的影响。

(b)设计支架应能控制螺纹接头和密封上的应变和振动,或使它们减至最小。

K314.2 特殊螺纹接头

特殊螺纹接头可用来连接接头的法兰或管件,在此接头中,管端伸出法兰或管件且经机械加工,与透镜垫、锥形垫、相匹配的管端或其它密封装置形成一密封表面。

K314.3 其他螺纹接头

不符合 K314.2 的螺纹接头只能用于仪表、排气、排水以及其它类似用途且应规格 \leq DN 15 (NPS $\frac{1}{2}$)。这类接头不应经受弯曲或振动荷载。

K314.3.1 锥螺纹接头

为了机械强度,外螺纹组件壁厚至少应为 160 管表号。管表号 160 的公称厚度列于 ASME B36. 10M \geq [D 15 (NPS $\frac{1}{2}$) 和 ASME B16. 11 [\leq DN 15 (NPS $\frac{1}{2}$)]。

K314.3.2 直螺纹接头

接头的严实性靠密封表面而不是靠螺纹来保证的螺纹接头(结构见图 335.3.3 所示)应按第 K304. 7.2 节要求进行评定。

K315 管子接头

不允许使用扩口、无扩口和压合形接头。

K316 填缝接头

不允许使用填缝接头。

K317 软钎焊和硬钎焊接头

K317.1 软钎焊接头

不允许使用软钎焊接头。

K317.2 硬钎焊接头

(a)不允许使用硬钎焊接头和硬钎焊填充金属的填角接头。

(b)符合第 K333 节规定且按第 K304.7.2 节要求进行评定时,允许进行硬钎焊。采用此类钎接属业主的责任钎焊合金的熔点当其可能暴露在火焰中时应予考虑。

K318 特殊接头

特殊接头包括管接头、机械及锁紧螺帽和轴衬形接头。

K318.1 概述

当符合第 318.2 节规定和本章对材料及组件要求时,可以使用特殊接头。

K318.2 特定要求

K318.2.1 原型试验

原型接头应经受第 K304.7.2(b)节规定的性能试验以确定在模拟所有预期运行条件的试验条件下接头的安全性。试验应包括循环模拟。

K318.2.2 禁用接头

不允许使用钟形和粘结接头。

第 5 部分 柔性和支架**K319 柔性**

每个管道系统均应进行柔性分析,除第 319.4.1(c)和 319.4.5 节外,其余第 319.1~319.7 节均适用。计算的位移应力范围应在第 K302.3.5 节的许用位移应力范围之内且应包括在第 K304.8 节的疲劳分析之内。

K321 管道支架

除下述修改外,管道支架及连接方法应符合第 321 节规定,且应在工程设计中详细说明。

K321.1.1 对象

第 321.1.1 节适用,仅用“章”代替(1)中的“规范”。

K321.1.4 材料

第 321.1.4 节适用,仅(e)款用下文代替:

(e)焊接到管道上的连接件材料应与管道和工况相匹配。其它要求在第 K321.3.2 和 K323.4.2 (b)节中。

K321.3.2 整体连接件

第 321.3.2 节适用,仅用“K321.1.4(e)”代替“321.1.4(e)”;用“第Ⅸ章”代替“第 V 章”。

第 6 部分 系统**K322 特定管道系统****K322.3 仪表管道****K322.3.1 定义**

在本章范围内,仪表管道包括用来连接仪表至高压管道或设备的全部管道和管道组件。仪器、始终密封的、充满流体并装有温度或压力响应装置的

仪器的管子系统、以及空气或水力操作的控制仪器(不直接连接到高压管道或设备上)的控制管道均不包括在本章范围内。

K322.3.2 要求

本章范围内的仪表管道应符合第 322.3.2 节规定,只是设计压力和温度应按第 K301 节规定,同时第 K310 节要求亦应适用。不在本章范围内的仪器和控制管道,应按第 322.3 节规定进行设计。

K322.6 泄压系统

第 322.3 节适用,但第 322.6.3 节除外。

K322.6.3 过压保护

高压管道的过压保护应符合下列要求:

(a)泄压装置的累积排放量应足够大,以防止在操作温度下单台泄放装置泄放时压力升高超过管道设计压力的 10% 或多台装置泄放时超过 16%。下述(c)除外。

(b)系统保护必须有 1 台泄放装置将压力整定为 \leq 在泄放条件的工作温度下的设计压力,且无泄放装置被整定在压力 $>105\%$ 设计压力时启动,下述(c)除外。

(c)设置附加泄压装置是为了防止由于火情或其它意外的热源引起的超压,它应整定在 $\leq 110\%$ 管道系统设计压力下启动并应能在泄放时限制最高压力 $\leq 121\%$ 设计压力。

第 7 部分 材料**K323 一般要求**

(a)第 K323 节根据金属的固有性能,叙述材料的使用范围及评定要求。材料的使用亦应遵照第Ⅸ章及表 K-1 的要求。

(b)对制造方法宜予特别注意,以保证每个管道组件性能的均匀一致。

(c)支架材料见第 K321.1.4 节。

K323.1 材料和技术条件**K323.1.1 表列材料**

用于受压管道组件的材料应符合表列的技术条件,第 K323.1.2 节除外。

K323.1.2 非表列材料

如符合已出版技术条件的要求,包括化学成分、物理和力学性能、制造方法和工艺、热处理和质量控制,另外还满足本章的要求,则非表列材料可以使用。许用应力应按本章相应的许用应力基础或另外较为保守的基础来确定。

K323.1.3 不明材料

不允许使用不明技术条件、类型或级别的材料。

K323.1.4 回用材料

如能正确地识别出符合表列的技术条件,具有材料使用历史和疲劳寿命评估的文件资料,另外还满足本章的要求,则可使用回用管道和其它管道组件回用材料应仔细清理和检查,以确定其最小壁厚,并保证没有在使用工况中不允许的缺陷存在。

K323.1.5 成品分析

材料与相应技术条件的化学成分成品分析要求是否相一致应予证实并应提供证明。成品分析要求在相应材料技术条件中规定。

K323.1.6 材料的焊补

如果下列条件全部得到满足,材料缺陷可进行焊补:

- (a) 材料技术条件规定可以焊补;
- (b) 焊接工艺和焊工或焊接操作工均按第 K328.2 节要求进行评定;
- (c) 修补及其检查得到业主的书面同意。

K323.2 温度限制

设计者应验证材料对满足本章其它要求是否适合于工况的整个运行温度范围附录 K 注(4)和下面第 K323.2.1 节直接给出注意事项[附录 A 注(7)解释用于建立材料的警告和严格的温度限制的含意]。

K323.2.1 表列材料温度上限

表列材料可以用于高于最高温度,其应力值见表 K-1,但仅限于下列情况:

- (a) 在附录 K 或本章其它地方没有禁止条款;
- (b) 设计者按第 K323.2.4 节验证材料的工况能力;
- (c) 上限温度应低于按第 302.3.2 节确定许用应力的蠕变或应力破坏温度。

K323.2.2 表列材料温度下限

(a) 组件或焊缝最低允许使用温度应为按第 K323.3.4(a) 节所确定的冲击试验温度,下述(b)或(c)所提者除外。

(b) 承受纵向或周向应力 ≤ 41 MPa(6 ksi)的组件或焊缝,最低使用温度应为 -46 °C(-50 °F)或由第 K323.3.4(a) 节所确定的冲击试验温度中的较低温度。

(c) 按表 K323.3.1 注(6)免做夏比试验的材料,使用温度应为 -46 °C(-50 °F)。

K323.2.3 非表列材料温度限制

第 K323.1.2 节认可的非表列材料,应从设计最低温度至设计最高温度范围内的所有温度,按第 K323.2.4 节要求进行使用评定。第 K323.2.1(c) 的要求也适用。

K323.2.4 使用可靠的鉴定

(a) 使用非表列材料或表列材料用于出现在附录 K 的最高温度应力值以上时,设计者有责任证实许用应力及其它设计限制以及使用材料所采用的途径,包括应力数据的来源及温度限制的确定等在内的正确性。

(b) 除许用应力值应按第 K302.3 节确定外,第 323.2.4(b) 节均适用。

K323.3 冲击试验方法及验收准则

K323.3.1 概述

冲击试验应采用第 K323.3.2、K323.3.3 及 K323.3.4 节所述试验方法,按表 K323.3.1 规定在代表性试样上进行。验收准则见第 K323.3.5 节。

K323.3.2 程序

第 323.3.2 节适用。

K323.3.3 试验试样

(a) 每组冲击试样应由 3 个试样组成。所有冲击试验均应使用截面为 10 mm (0.394 in) 见方标准夏比 V 型缺口横向试样。

(b) 组件规格形状和/或不允许制成上述(a)试样,可以制成 10 mm 见方的标准夏比 V 型缺口纵向试样。

(c) 组件规格和/或形状不允许制成上述(a)或(b)规定的试样时,可以制成小尺寸纵向夏比试样。试验温度应按表 323.3.4 降低。亦见表 K323.3.1 注(6)。

(d) 上述(a)、(b)或(c)试样如有必要,试样缺口对面平行缺口的角可如图 K323.3.3 所示。

K323.3.4 试验温度

对于所有的夏比冲击试验,均应遵守下述(a)或(b)的试验温度准则。

(a) 夏比冲击试验应在温度不高于管道组件或焊缝承受应 >41 MPa (6 ksi) 的金属最低温度的温度下进行。在规定要求的试验温度时,下述情况应予以考虑:

表 K323.3.1 冲击试验要求

试验特征	A 栏 管材和由管材制成的组件	B 栏 其他组件、管件等	C 栏 螺栓
试验数量	按材料技术条件要求或每批 1 组试验 ⁽¹⁾ ,以数量大者为准,注(6)允许者除外		
材料试验 试样位置及方向 ⁽²⁾	(a) 横向(对纵轴),缺口与轴平行 ⁽³⁾ ; (b) 如组件规格和/或形状不允许制作上述(a)要求试样,按需选用第 K323.3.3(b)、(c)和(d)节。	(a) 横向(与轧制最大延伸方向或锻造主要加工方向垂直),缺口应与最大延伸方向或主要加工方向平行。 (b) 如果不可识别轴,例如铸件或三维锻件,试样应满足表 323.3.5 的纵向值,或制备 3 组相互垂直的试样,从任一组获得的最低冲击值应满足表 323.3.5 的横向值。 (c) 如组件规格和/或形状不允许制作上述(a)或(b)中要求试样,则按需选用第 K323.3.3(c)和(d)节。	(a) 按 ASTM A320 制成的公称规格 ≤52 mm (2 in) 的螺栓应符合该技术条件的冲击要求。 (b) 对于其它螺栓应取纵向试样,所得到的冲击值应满足表 K323.3.5 横向值。
制作或装配中焊缝试验 试板 ⁽⁵⁾	制作冲击试样的试板应按每份焊接工艺、每个牌号的焊条或填充金属(即 AWS E-XXXX 分类)和每种使用的焊剂来制备。所有试板应经过与成品组件相同的热处理,包括冷却速率和总的保温时间。		
试板数量 ⁽⁴⁾	(1) 材料厚为 T 时,每一材料厚度范围 1 块试板。厚度范围为 1/2 T ~ T + 6 mm (1/4 in)。 (2) 除本章 ⁽³⁾ 或工程设计中另有规定外,如其它相同厚度范围、相同技术条件(同型号和等级,而不是同炉或同批)的合格材料中的焊缝已按要求进行过试验,且保留有试验的记录,则不需要从每批材料或每项工件的材料中制作试板。		
试样的位置及方向	(1) 焊缝金属冲击试样应横跨焊缝切取,缺口应位于焊缝金属中。每个试样的缺口应垂直于材料的表面,而且试样的 1 个表面应位于材料表面 1.5 mm (1/16 in) 之内。 (2) 热影响区冲击试样应横跨焊缝切取,并有足够长度使试样缺口在经浸蚀后位于热影响区内,缺口的加工应近似垂直材料表面,使得试样在最终断裂后,断口上尽可能多的包括热影响区材料。 (3) 从焊缝及热影响区获得的冲击值应与表 K323.5 中的横向值相比较,以确定验收准则。		

注: (1) 一批应包括相同公称规格、由相同炉号的材料制成和同炉热处理的管道或组件,如使用连续式或在相同炉子条件下在单一连续时间中处理的管道或组件可以认为是同炉热处理。
(2) 冲击试验应在全部热处理和成形处理和成形操作完成后(包括塑性变形)在代表试样上进行,按第 K304.2.1 节规定进行的冷弯、在冷弯后不需试验者除外。
(3) 纵向焊接管,试样应取自焊缝金属、母材及热影响区。
(4) 试板应足够大,可以制备按第 K323.3 节要求数量的试样。否则,应准备附加试板。
(5) 对于在制作或装配的管道或组件的焊缝,包括焊补。
(6) 当制得的最大纵向夏比试样沿缺口宽度 < 2.5 mm (0.098 in) 时,则不要求作冲击试验。见第 K323.2.2(c) 节。

- (1) 操作条件范围;
- (2) 异常情况;
- (3) 极端环境温度;
- (4) 要求的渗漏试验温度。

(b) 当最大可能的试样沿缺口宽度 < 80% 材料厚度或 8 mm (0.315 in) 两者中较小者时, 试验应在表 323.3.4 规定的降低温度下进行, 同时考虑上述 (a) 要求降至试验温度以下的温度。

K323.5 验收准则

(a) 非螺栓材料的最低能量要求

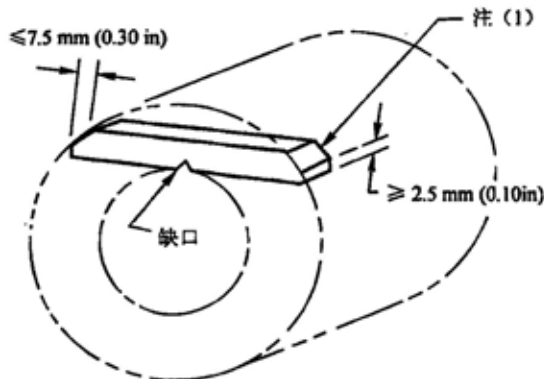
材料的最低能量要求见表 K323.3.5 所示。侧向膨胀应按 ASTM A 370 (标题见第 323.3.2 节) 进行测量, 结果应包括在冲击试验报告中。

(b) 螺栓材料最低能量要求

有关最低能量要求见表 K323.3.5 所示, 表 K323.3.1 所提者除外。

(c) 焊缝冲击试验要求

两种要求不同冲击能量值的材料焊接时, 冲击试验能量要求应 ≥ 要求较低冲击能量母材的要求。



说明: 本图表明可接受的横向夏比试样能够从管子或形状太小的组件获得按 ASTM A370 的全长度标准试样。纵向试样缺角可以平行缺口并在缺口侧对面, 如图所示。

注: (1) 夏比试样的棱角 (见第 K323.3.3(d)) 可以在所示尺寸限制内随组件轮廓而定。

图 K323.3.3 可接受的冲击试验试样举例

(d) 重试

(1) 吸收能量准则的重试 当 3 个试样的平均值 ≥ 单个试样允许最小值, ≥ 1 个试样低于要求

的平均值, 或当 1 个试样的值低于单个试样允许的最低值时, 应进行 3 个附加试样的重试。3 个重试试样中, 每个试样的冲击值均应 ≥ 要求的平均值。

表 K323.3.5 要求的最低夏比 V 形缺口冲击值

试样方向	管壁或组件厚度 mm (in)	试样数量 ⁽¹⁾	能量, J (ft-lbf) ⁽²⁾ 规定最小屈服强度 Mpa (ksi)	
			≤ 932 (135)	> 932 (> 135)
横向	≤ 25 (≤ 1)	3 个试样平均 单个试样最低	27 (20)	34 (25)
	> 25 和 ≤ 51 (> 1 和 ≤ 2)	3 个试样平均 单个试样最低	20 (15)	27 (20)
	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	34 (25)	41 (30)
纵向	≤ 25 (≤ 1)	3 个试样平均 单个试样最低	27 (20)	33 (24)
	> 25 和 ≤ 51 (> 1 和 ≤ 2)	3 个试样平均 单个试样最低	41 (30)	47 (35)
	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	33 (24)	38 (28)
纵向	≤ 25 (≤ 1)	3 个试样平均 单个试样最低	54 (40)	68 (50)
	> 25 和 ≤ 51 (> 1 和 ≤ 2)	3 个试样平均 单个试样最低	41 (30)	54 (40)
	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	68 (50)	81 (60)
纵向	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	54 (40)	65 (48)
	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	81 (60)	95 (70)
纵向	> 51 (> 2)	3 个试样平均 单个试样最低	65 (48)	76 (56)

注: (1) 允许的重试见第 K323.3.5(c) 节。

(2) 表中能量值系对标准尺寸试样, 对于小尺寸试样, 表中数值应乘以试样实际宽度与全尺寸试样宽度 10 mm (0.394 in) 的比值。

(2) 反常试验结果的重试 当反常的试验结果是由有缺陷的试样或试验不稳定所引起, 允许重试, 试验报告应特别说明原来试样为什么被认为有缺陷或试验程序中那一步进行不正确。

K323.4 对材料的要求

K323.4.1 概述

第 K323.4 节适用于受压零件, 不适用于用作支架、垫片、填料或螺栓连接件的材料。亦见附录 F 第 F323.4 节。

K323.4.2 特定要求

(a) 不允许使用球墨铸铁或其它铸铁。

(b) 镀锌材料不允许用于受压组件, 也不能用焊接方法连接到受压组件上去。

K323.4.3 金属复层和衬里材料

符合下列条款, 可以使用带有金属复层或衬里的材料:

(a) 对于金属复层或衬里管道组件, 母材应为第 K323 节规定的认可材料, 按第 K304 节压力设计

的厚度不应包括复层或衬里层的厚度。所用的许用应力应为母材在设计温度的许用应力,对于这类组件,复层及衬里层可以是任何材料,按使用者的判断,适合于预期的工况和制造方法以及管道组件的安装。

(b)复层或衬里管道组件的焊接加工、检查及试验应按 BPV 规范第Ⅷ卷第 1 册 UCL-30 ~ UCL-52 和本章有关条款规定进行。

(c)如金属衬里也用作垫片或作为法兰密封面的一部分,则第 K308.4 节的要求和限制均适用。

K323.5 材料在运行中的变质

第 323.5 节适用。

K325 其他材料

第 325 节适用。

第 8 部分 管道组件标准

K326 组件的尺寸和额定级

第 326 节完全适用,下列除外:

- (a)表 K326.1 代替表 326.1。
- (b)附录 K 代替附录 A。
- (c)第 K303 节代替第 303 节。
- (d)第 K304 节代替第 304 节。

第 9 部分 制作、装配和安装

K327 概述

管道材料和组件使用第 K328、K330、K331、K332 和 K333 节所述的一种或几种方法进行制作,以备装配和安装。任何上述方法用于装配和安装时,其要求与制作相同。

K328 焊接

符合第 K328 节要求的焊接,可按第 K311 节规定使用。

表 K326.1 组件标准

04

标准或技术条件	代号
连接螺栓	
方头和六角螺栓及螺钉,英制系列; 包括六角头螺钉和方头螺钉.....	ASME B18. 2. 1
四方和六角螺母.....	ASME B18. 2. 2
金属管件、阀门和法兰	
管法兰和法兰管件 ⁽¹⁾	ASME B16. 5
工厂制造的锻钢对接焊管件 ⁽¹⁾	ASME B16. 9
承插焊和螺纹连接锻钢管件 ⁽¹⁾	ASME B16. 11
法兰、螺纹和对接焊端阀门 ⁽¹⁾	ASME B16. 34
阀门、管件、法兰和管接头标准标记 体系.....	MSS SP-25
使用透镜垫的高压化工用法兰和螺纹 短节.....	MSS SP-65
金属管材	
焊接和无缝锻钢管道 ⁽¹⁾	ASME B36. 10M
不锈钢管道 ⁽¹⁾	ASME B36. 19M
其 他	
统一英制螺纹(UN 和 UNR 螺纹型) ...	ASME B1. 1
套管,油管和管线管的螺纹加工、测量和 检查技术条件.....	API 5B
管道法兰用金属垫片.....	ASME B16. 20
对接焊端部.....	ASME B16. 25
表面特征(粗糙度、波洩度和纹理)	ASME B46. 1

通注: 在规范正文各处都列出引用标准的具体版本号是不可行的,只将有效版本号连同归口组织的名称和地址列于附录 E 中。

(1) 按照这些标准制造的组件,如果它们满足本章中全部要求则允许使用。

K328.1 焊接责任

每个业主对其单位所属人员焊制的成品负责,并应进行所要求的试验,以评定焊接工艺和评定(包括必要时的重新评定)焊工和焊接操作工。

K328.2 焊接评定

K328.2.1 评定要求

除本文有更改外,所用的焊接工艺评定和焊工和焊接操作工技能评定均应符合 BPV 规范第 IX 卷要求。

(a)所有工艺评定,均应按第 K323.3 节规定进行冲击试验。

(b)试验焊件应使用与产品焊接相同规范和型号或等级的母材和相同技术条件和类别的填充金属制成。

(c)试验焊件应经过与产品焊件基本相同的热处理,包括冷却速率及累积保温时间。

04 (d)当第 IX 卷要求拉伸试样时,也应使用母材要求的方法测定屈服强度。每个试样的屈服强度均不应低于母材的最低规定屈服强度(S_y)。两种不同 S_y 值的金属焊接时,每个试样的屈服强度应 \geq 两个母材 S_y 值中的较小者。

(e)所有的技能评定试验均要求力学性能试验。

(f)对管道或管子的评定也是评定板材,但对板材的评定不算评定管道或管子。

(g)厚度 $> 51 \text{ mm}$ (2 in)时,工艺试件应 $\geq 75\%$ 产品焊接连接件厚度。

K328.2.2 其他组织进行的工艺评定

不允许使用由其他组织进行的工艺评定。

K328.2.3 其他组织进行的技能评定

不允许使用由其他组织进行的技能评定。

K328.2.4 评定记录

第 328.2.4 节适用。

K328.2.5 技能试验的重新评定。

下列情况下,要求对焊工或焊接操作工按第 K328.2.1 节进行重新评定:

04 (a)焊工或焊接操作工 6 个月或更长时间未使用规定的焊接方法。

(b)有具体的理由怀疑某个焊工或焊接操作工具备制作符合本章要求的焊缝的能力。

K328.3 材料

K328.3.1 填充金属

填充金属应在工程设计中予以规定,并应符合 BPV 规范第 A 卷要求。未包括在第 IX 卷内的填充金属,如包括全焊缝金属试验在内的工艺评定试验

首先获得通过. 经过业主批准,也可以使用。

K328.3.2 焊接衬垫材料

不应使用垫环。

K328.3.3 熔化性嵌条

第 328.3.3 节适用,但工艺应按第 K328.2 节要求进行评定。

K328.4 焊接准备

K328.4.1 清理

第 328.4.1 节适用。

K328.4.2 端部制备

(a)概述

(1)对接焊端部只有当表面进行机加工或打磨至光亮金属般时才能验收。

(2) ASME B16.25 中的对接焊端部制备或任何满足工艺评定的其它端部制备均能验收[为方便起见,取自 B16.25 的基本坡口角度以及一些附加 J 形坡口角度列示于图 328.4.2 (a)和(b)]。

(b)环缝

(1)如组件端部加工成如图 328.4.2 (a)或 (b)形状以容纳熔化性嵌条或如图 K328.4.3 所示形状以校正内错边时,应使加工后的壁厚在焊接前 \geq 要求的最小壁厚 t_m 。

(2)如果能保持壁厚要求,允许将相同公称规格的管端加工到规定尺寸以便提高对准度。

(3)必要时,焊缝金属可以堆焊在组件的内侧或外侧以便对准或便于加工以保证嵌条有合适的安放座。

(4)当用对接焊连接不等壁厚的管段且较厚者壁厚大于另一个的 $1\frac{1}{2}$ 倍时,则端部制备和几何形状应符合 ASME B16.5 不等壁厚所允许的设计。

K328.4.3 对准

(a)对接环缝

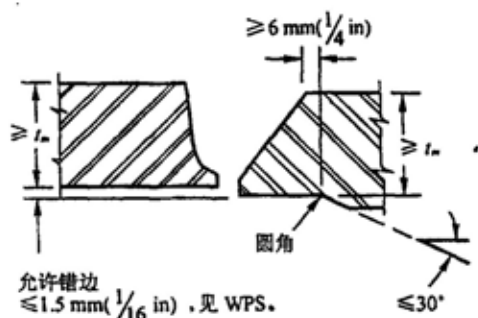
(1)组件两连接端的内径应在焊接工艺和工程设计规定的尺寸范围内,但不允许错边 $> 1.6 \text{ mm}$ ($\frac{1}{16} \text{ in}$),如图 K328.4.3 所示。

(2)如两组件的外表面未对准,则两表面间

的焊缝应带有锥度,斜度应 $<1:40$ 。

(b) 纵向对接接头

纵向对接焊缝的制备(未按表 K-1 或表 K326.1 所列标准制作者)应符合第 K328.4.3 (a) 节要求。



图K328.4.3 管子镗孔以利对准:修整和允许错边

(c) 支管连接焊缝

(1) 应有图 K328.5.4 中尺寸 $m \leq \pm 1.5 \text{ mm}$ ($\frac{1}{16} \text{ in}$)。

(2) 图 K328.5.4 中尺寸 g 应在工程设计和焊接工艺中予以规定。

K328.5 焊接要求

K328.5.1 概述

第 328.5.1(b)、(d)、(e) 及 (f) 节适用,另加要求如下:

(a) 所有焊缝,包括定位焊缝、补焊焊缝以及对准用附加焊缝金属[第 K328.4.2 (b) (3) 和 K328.4.3(c) (1) 节]应由评定合格的焊工或焊接操作工按评定工艺进行焊制。

(b) 接头根部的定位焊缝应采用与根部焊道所用相当的填充金属来焊制,定位焊缝应与根部焊道焊缝相熔合,只是有裂纹的应予去除。过桥定位焊缝(根部上面)应予去除。

K328.5.2 角焊缝

允许的角焊缝(见第 K311.2.2 节)应与组件表面相熔合且平滑过渡到组件表面。

K328.5.3 密封焊缝

不允许使用密封焊缝。

K328.5.4 焊接支管接头

唯一可允许的设计形式是平滑地沿轮廓全焊透坡口焊缝连接的支管接头管件(见第 300.2 节),其焊缝能进行 100% 评片的射线照相检查。

图 K328.5.4 所示为允许的焊接支管接头详图。图中所示为典型接头,但无意排斥其它未示允许结构。

K328.5.5 预制翻边接头

不允许使用预制翻边接头。

K328.6 焊缝返修

第 328.6 节适用,只是工艺、技能应按第 K328.2.1 节要求进行评定。亦见第 K341.3.3 节。

K330 预热

04

K330.1 概述

K330 的要求应用于各种类型的焊接,包括定位焊和返修焊。

K330.1.1 要求

工程设计应规定焊前所需的预热和预热温度,但是,对于不同的 P-No. 材料的预热温度应不得低于表 330.1.1 所列温度,包括表中表明为“推荐的”。预热温度的适宜性也应经工艺评定证实。对于不同厚度的接头,表 330.1.1 所列公称厚度应为组件在接头处较厚一侧的厚度。

K330.1.2 非表列材料

非表列材料的预热要求应在 WPS 中予以规定。

K330.1.3 温度验证

预热温度应采用测温笔、热电偶高温计或其它合适的方法进行检查,以保证在焊前达到规定的温度,并在焊接过程中保持,指示温度的材料和技术不应对母材有不良的影响。

K330.1.4 预热区域

预热区域应在焊缝每侧 $\geq 25 \text{ mm} (1 \text{ in})$ 。

K330.2 特定要求

第 330.2 节全部适用。

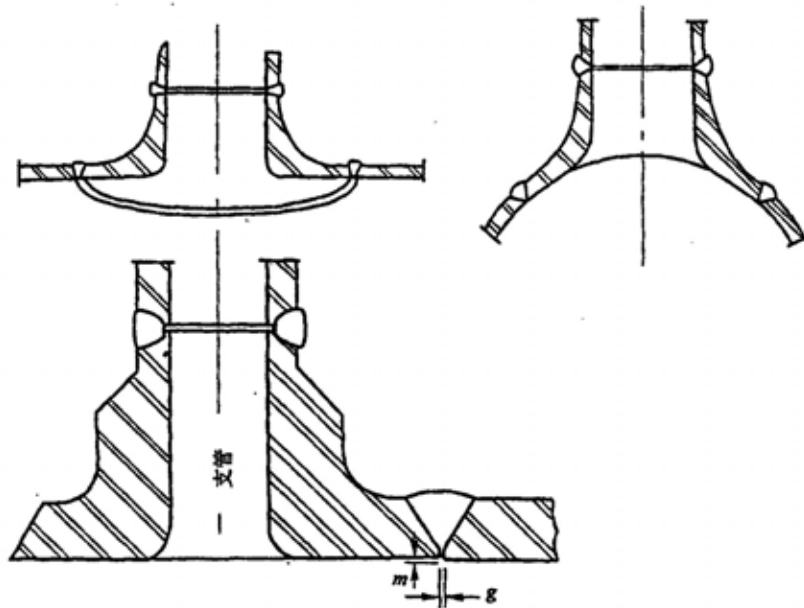


图 K328.5.4 一些适合于 100%射线照相的允许的焊接支管连接件

K331 热处理

第 331 节部分适用。

K331.1 概述

K331.1.1 热处理要求

除下列规定外,第 331 节及表 331.1.1 均适用:

(a) P-No. 4 和 P-No. 5 材料所有厚度均需进行热处理。

(b) 调质材料中非纵向焊缝,如工程设计要求热处理时,应有温度 \leq 材料回火温度 28°C (50°F)。

(c) 调质材料中的纵向焊缝应按相应的材料技术条件的规定进行热处理。

K331.1.3 控制厚度

组件由焊接连接时,使用表 331.1.1 中热处理要求所规定的厚度(应是接头处测得较厚组件的厚度),下列情况除外。

用来连接外部非受压零件的角焊缝,如吊耳或其它管道支撑元件,当在任一平面内,穿过焊缝和母材的厚度 > 2 倍要求热处理材料最小厚度时,就需

进行热处理(即使接头处理件的厚度小于该最小厚度时,仍需热处理),下列情况除外:

(a) 对于 P-No. 1 材料,当焊缝厚度 $\leq 16\text{ mm}$ ($\frac{5}{8}\text{ in}$),不管母材厚度多少,不需要热处理。

(b) 如加热温度 \geq 最低推荐预热温度,且母材的最小规定抗拉强度 $< 490\text{ MPa}$ (71 ksi),当焊缝厚度 $\leq 6\text{ mm}$ ($\frac{1}{4}\text{ in}$)时,对于 P-No. 3、4、5、10A 和 10B 材料,不管母材厚度多少,不需要热处理。

(c) 对于铁素体材料,当焊缝系用非空气淬硬填充材料制成时,不需要进行热处理。当使用条件(如由于温度升高而产生的不同膨胀或腐蚀等)对焊接件无有害影响时,奥氏体焊材可用来焊铁素体材料。

K331.1.4 加热和冷却

第 331.1.4 节适用。

K331.1.6 温度验证

热处理温度应由热电偶高温计或其它合适的方法来检查,以保证满足 WPS 的要求。指示温度的材料和技术对母材应无不良的影响。

K331.1.7 硬度试验

第 331.1.7 节适用

K331.2 特定要求

第 331.2 节全部适用。

K332 弯曲和成形**K332.1 概述**

管道可按书面工艺进行任何半径的热弯和冷弯而不应产生裂纹或折皱,工艺中至少应写明下述有关内容:

- (a) 材料技术条件和规格及厚度范围;
- (b) 弯曲半径和纤维延伸率的范围;
- (c) 弯曲时金属最低和最高温度;
- (d) 加热方法及最长保温时间;
- (e) 所用弯曲设备和工艺的说明;
- (f) 所用芯棒或用来填孔的材料及工艺;
- (g) 螺纹和机加工表面的保护方法;
- (h) 需进行的检查;
- (i) 要求的处理;
- (j) 热处理后尺寸校正工艺。

K332.2 弯曲**K332.2.1 弯曲椭圆度**

弯管任何截面上最大和最小直径之差,对内压管应 $\leq 8\%$ 公称外径;对外压管则应 $\leq 3\%$ 公称外径。

K332.2.2 弯曲温度

第 332.2.2 节适用。但铁素体调质材料冷弯时,该温度至少比回火温度低 28°C (50°F)。

K332.3 成形

管道组件应按书面工艺成形。成形温度范围应与材料特性、最终用途及规定的热处理相一致。应有成形后的厚度 \geq 设计规定厚度。工艺中应至少写明下述有关内容:

- (a) 材料技术条件和尺寸及厚度范围;
- (b) 成形时预期的最大纤维延伸率;
- (c) 弯曲时金属最低和最高温度;

- (d) 加热方法和最长保温时间;
- (e) 所用成形设备和工艺的说明;
- (f) 成形时,提供内部支撑所用材料及工艺;
- (g) 需进行的检查;
- (h) 要求的热处理。

K332.4 要求的热处理**K332.4.1 热弯和成形**

未进行调质的 P-No. 3、4、5、6、10A 和 10B 所有厚度的材料,热弯和成形后均应进行热处理。时间和温度应符合第 331 节的规定。调质材料按原材料技术条件重新热处理。

K332.4.2 冷弯和成形

(a) 当工程设计中规定或最大计算纤维延伸率 $> 5\%$ 应变或对 P-No. 1 ~ 6 材料超过相应技术条件等级和厚度的基本最小规定纵向延伸率的 50% 时,不管厚度多少,在冷弯和成形后,均应按下述(b)进行热处理。(除非已说明管道的选择和制作组件的工艺提供保证,保持材料成形最严重部分的延伸率 $\geq 10\%$)。

(b) 不管厚度多少,均需进行热处理并应按照表 331.1.1 所给定的温度和时间,但对于调质材料,消除应力温度不得比材料回火温度低 28°C (50°F)。

K333 硬钎焊和软钎焊

硬钎焊应符合第 333 节规定。业主应规定硬钎焊接头的检查要求。

K335 装配和安装**K335.1 概述**

第 335.1 节适用。

K335.2 法兰接头

第 335.2 节适用,只是螺栓应完全伸出螺母。

K335.3 螺纹接头

第 335.3 节适用,只是螺纹接头不应采用密封焊接。

K335.4 特殊接头

特殊接头(如第 K318 节所规定)应按照经工程设计修正过的制造厂指南进行安装和装配。安装和装配时应注意,保证连接各元件完全啮合。

K335.5 管道清洗

见附录 F 第 F335.9 节。

第 10 部分 检验、检查和试验

K340 检验

第 340.1 ~ 340.4 节适用。

K341 检查

第 341.1 和 341.2 节适用

K341.3 检查要求

K341.3.1 概述

初始运转之前,每条管道的安装,包括组件和加工技艺,均应按第 K341.4 节和工程设计进行检查。如进行热处理,检查应在热处理后进行。

K341.3.2 验收准则

验收准则应在工程设计中规定,并应至少满足以下(a)和(b)及本章的有关要求。

(a)表 K341.3.2 规定焊缝的验收准则(对缺陷的限制)。典型焊接缺陷见图 341.3.2。

(b)铸件验收准则规定在第 K302.3.3 节。

K341.3.3 有缺陷的组件和加工技艺

(a)缺陷(第 K341.3.2 节中准则不允许的缺陷类型和大小)应予修复或应将缺陷零件更换。

(b)返修或更换的零件应按照原件要求进行检查。

表 K341.3.2 焊缝验收准则

缺陷类型	焊缝类型和要求检验方法准则 (A-E) ⁽¹⁾					
	方法		焊缝类型			
	目视	100% RT	坡口环缝	坡口纵缝 ⁽²⁾	角缝 ⁽³⁾	支管接头 ⁽⁴⁾
裂纹	X	X	A	A	A	A
未熔合	X	X	A	A	A	A
未焊透	X	X	A	A	A	A
内部气孔	...	X	B	B	NA	B
夹渣或条形显示	...	X	C	C	NA	C
咬边	X	X	A	A	A	A
表面气孔或 外露夹渣	X	...	A	A	A	A
根面凹陷(上缩)	X	X	D	D	NA	D
表面光洁度	X	...	E	E	E	E
余高或内凸起	X	...	F	F	F	F

注: X——要求检查;NA——不适用;...——不要求。

K341.4 要求检查的范围

管道应检查至本章规定的范围或工程设计中规定的更大范围。

K341.4.1 目视检查

(a)第 341.4.1(a)节的要求适用,下列有关检查范围除外:

- (1)材料和组件 100%;
- (2)制作 100%;
- (3)螺纹的螺栓的和其它接头 100%;

(4)管道安装所有管道安装应验证尺寸和对中。应检查支架、导架和冷拉点以保证管道的移动

表 K341.3.2 准则值注释

符号	准 则 量 度	验收值范围 ⁽⁵⁾
A	缺陷范围	零(无明显缺陷)
B	内部气孔尺寸及分布	参见 BPV 规范第 VIII 卷第 1 册,附录 4
C	夹渣或条形显示	
	单个长度	$\leq \bar{T}_w/4$ 和 $\leq 4 \text{ mm} (5/32 \text{ in})$
	单个宽度	$\leq \bar{T}_w/4$ 和 $\leq 2.5 \text{ mm} (3/32 \text{ in})$
	累计长度	在任何 $12\bar{T}_w$ 焊缝长度内, $\leq \bar{T}_w$
D	表面凹陷深度	包括焊缝补强在内的接头总厚度, $\geq \bar{T}_w$
E	表面粗糙度	$\leq 12.5 \mu\text{m } R_a (500 \mu\text{in } R_a$ 按 ASME B46.1)

表 K341.3.2 (续)

准 则		验收值范围 ⁽⁵⁾	
符号	量 度		
F	在通过焊缝任一平面内,余高或内凸起高度 ⁽⁶⁾ 应在右方表中相应高度数值内。焊缝金属应与组件表面熔合并平滑过渡到组件表面	壁厚 \bar{T}_w mm(in)	焊缝外部余高 或内部凸起
		$\leq 13(\frac{1}{2})$	1.5($\frac{5}{16}$)
		$> 13, \leq 51(2)$	3($\frac{1}{8}$)
		> 51	4($\frac{5}{32}$)

注: (1) 所列准则是针对所要求的检查,更严格的准则可在工程设计中规定。

(2) 纵向焊缝仅包括第 K302.3.4 和 K305 节允许者,射线照相准则应为所有焊缝所满足,包括按表 K326.1 和附录 K 中所列标准所制作的焊缝。

(3) 角焊缝仅包括第 311.2.5(b) 节所允许者。

(4) 支管接头焊缝仅包括第 K328.5.4 节所允许者。

(5) 给出两个限制数值时,以较小者为控制合格数值。 \bar{T}_w 为对接焊接连接的两组件中较薄者的公称壁厚。

(6) 对坡口焊缝,高度是指从两相邻主件中所测得的较小者,对于角焊缝是从理论厚度所测得者;内凸起不适用。要求厚度 t_m 不应包括余高或内凸起。

所有起、运行和关闭条件下都是适当的而没有合理的连接和非预期的约束。

(b) 受压螺纹光洁度和啮合需 100% 检查。凡螺纹有可见缺陷或有下列缺陷者应予拒收:

(1) 锥度螺纹不能满足 API Std 5B 测量要求者;

(2) 直螺纹轻压配合时过松或过紧者。

K341.4.2 射线照相检查

(a) 所有环缝、纵缝和支管连接焊缝均应按第 K344.5 节规定 100% 检查。

(b) 超声波检查不应代替射线照相检查,但可作为其补充。

(c) “制作过程中”检查(见第 344.7 节)不应代替射线照相检查。

K341.4.3 证书和记录

第 341.4.1(c) 节适用。

K341.5 补充检查

第 K344 节中的任何检查方法均可由工程设计

规定作为第 K341.4 节要求检查的补充。补充检查的范围和任何不同于第 K341.3.2 节中规定的验收准则均应在工程设计中予以规定。

K341.5.1 硬度试验

第 341.5.2 节适用。

K341.5.2 解决未定结论的检查

第 341.5.3 节适用。

K342 检查人员

第 342 节全部适用。

K343 检查工艺

第 343 节适用。另见第 344.6.1 节。

K344 检查类型

K344.1 概述

第 344.1.1 和 344.1.2 节适用。第 344.1.3 节中,除“100% 检查”外,其余术语仅适用于补充检查。

K344.2 目视检查

第 344.2 节全部适用。

K344.3 磁粉检查

磁粉检查方法应规定在:

(a) 第 K302.3.3(b) 节中(铸件);

(b) BPV 规范第 V 卷第 7 章中(焊缝及其它组件)。

K344.4 液体渗透检查

液体渗透检查应规定在:

(a) 第 K302.3.3(b) 节(铸件);

(b) BPV 规范第 V 卷第 6 章(焊缝及其它组件)。

K344.5 射线照相检查

射线照相检查方法应规定在:

(a) 第 K302.3.3(c) 节(铸件);

(b) BPV 规定第、卷第 2 章(焊缝和其它组件)。

K344.6 超声波检查

K344.6.1 方法

超声波检查方法应规定在:

(a) 第 K302.3.3(c) 节(铸件);

(b) 第 344.6.1 节(焊缝及其它组件);

(c) 第 K344.6.2 节(管道)。

04 K344.6.2 管材检查

按表 K305.1.2 要求的或选择的接受超声检查的管材,纵向缺陷应 100% 通过 ASTM E 213《金属管的超声波检验》,下列特定要求应予满足。

(a) 校准(参考)标准块应从有代表性的样品上制取。纵(轴)向参考缺口应按 E 213 图 2(c) 要求,在内外两表面上开一缺口,其深度为 0.1 mm (0.004 in) 或 4% 试样厚度、其中大者为准;长度 ≤ 10 倍缺口深度。

(b) 管材应按 E 213 SI 补充要求,沿两个周向方向进行检查(检查前,可能有必要将焊接管的焊缝外部余高去掉)。

K344.6.3 验收准则

任何大于校准缺口所产生的显示代表 1 个缺陷,有缺陷的管材应予拒收。

K344.6.4 记录

凡通过检查的管材,应制备 E 213 补充要求 S5 规定的记录[见第 K346.2(g) 节]。

K344.7 “制作过程中”检查

第 344.7 节全部适用。

K344.8 涡流检查

K344.8.1 方法

管材的涡流检查方法应遵守 ASME BPV 规范第 V 卷第 8 章的通用导则,根据下列特定要求:

(a) 冷拉奥氏体不锈钢管材按表 K305.1.2 选

择涡流检查应对纵向缺陷 100% 通过检查。

(b) 校准(参考)标准块应从有代表性的样品上制取。纵(轴)向参考缺口应开在内表面上,深度 ≤ 0.1 mm (0.004 in) 或 5% 试样厚度、以其中大者为准,长度 ≤ 6.4 mm (0.25 in)。

K344.8.2 验收准则

任何大于校准缺口所产生的显示代表 1 个缺陷,有缺陷的管材应予拒收。

K344.8.3 记录

凡通过涡流检查的管材,应制备至少包括下列信息的报告:

(a) 材料型号、规格、炉号、批号等识别标志;

(b) 列举检查设备和附件;

(c) 检查技术细节(包括检查速度和频率)如果有、还有端部效应;

(d) 说明校准标准,包括缺口的实测尺寸;

(e) 检查结果。

K345 试验

K345.1 要求的泄漏试验

初始运转以前,每个管道系统均应进行泄漏试验。

(a) 每个组件和焊缝,均应分别按第 K345.4 或 K345.5 节进行水压或气压泄漏试验,进行试验的单位应保证在泄漏试验进行中,有充分的保护措施以防止由于飞出的碎片、震动波以及在压力系统中可能发生的其它后果所引起的人员伤亡和财产损失。

(b) 除上述(a)中要求外,已安装好的管道系统还应进行 1 次压力 ≥ 110% 设计压力的泄漏试验,下述(c)中所提者除外。

(c) 如(a)中要求的泄漏试验已在安装好的管道系统中进行过,则上述(b)中附加试验无需进行。

(d) 对于全焊接系统,封闭焊缝可按第 345.4.3 (b) 节进行泄漏试验。

(e) 下列各泄漏试验均不能代替第 K345.1 节中所要求的泄漏试验:

- (1)初始运转泄漏试验(第 345.7 节);
- (2)敏感泄漏试验(第 345.8 节);
- (3)替代泄漏试验(第 345.9 节)。

K345.2 泄漏试验的总要求

第 345.2.3 ~ 345.2.7 节适用。另见以下第 K345.2.1 和 K345.2.2 节。

K345.2.1 压力限制

04 (a)全厚度屈服

如试验压力在试验温度下,在组件全厚度范围⁰⁴内产生的应力超过规定的〔由计算或按第 K304.7.2(b)节进行的试验所确定的(最小屈服强度时)〕,试验压力可降低至不导致超过规定最小屈服强度的最大压力。

(b)第 345.2.1(b)和(c)节适用。

K345.2.2 其他试验要求

第 345.2.2 节适用。此外,试验时金属最低温度应不低于冲击试验温度(见第 K323.3.4 节)。

K345.3 泄漏试验准备工作

第 345.3 节全部适用。

K345.4 静水压泄漏试验

第 345.4.1 节适用。另见以下第 K345.4.2 和 K345.4.3 节。

K345.4.2 组件和焊缝的试验压力

静水压试验压力应按第 345.4.2(a)和(b)节计算,不包括 $S_r/S \leq 6.5$ 的限制,(24)式中使用表 K-1 中许用应力,不用表 A-1 中应力值。

K345.4.3 管道与容器作为一个系统的静水压试验

第 345.4.3(a)节适用。

K345.5 气压泄漏试验

除第 345.5.4 节外,第 345.5 节适用。见下述第 K345.5.4 节。

K345.5.4 试验压力

组件与焊缝气压试验压力应与第 K345. 对水压试验所要求的压力完全相同。

K345.6 组件与焊缝的静水压-气压试验

如果使用静水压-气压相结合的泄漏试验,则第 K345.5 节要求应予满足,且管道为液体填充部分的压力应不超过第 K345.4.2 节中规定的范围。

K346 记录

K346.1 责任

按本章和工程设计要求的记录由管道设计者、制造厂以及制作和安装单位分别负责准备。

K346.2 要求的记录

至少下列有关记录应由负责准备者提供给业主或检验师。

- (a)工程设计;
- (b)材质证书;
- (c)所采用的制作、焊接、热处理、检查及试验的工艺;
- (d)材料的修复,包括对每次返修所采用的工艺以及修复部位;
- (e)焊工和焊接操作工的技能评定;
- (f)检查人员的资格评定;
- (g)管材按第 K344.6.4 和 K344.8.3 节规定的纵向缺陷检查记录。

K346.3 记录的保存

业主应保存一套需要的记录,收到后保存 ≥ 5 年。

⁰⁴ 见第 K304.1.2 节脚注⁽⁴⁾。

附录 A 金属管道和螺栓连接件材料的 许用应力和质量系数

附录 A 金属管道和螺栓连接件材料的许用应力和质量系数

04

附录 A 的技术条件索引

Spec. No.	标题	Spec. No.	标题
ASTM		ASTM(续)	
A36	碳素结构钢	A302	压力容器用锰-铝和锰-铝-镍合金钢板
A47	铁素体可锻铸铁件	A312	无缝和焊接奥氏体不锈钢管道
A48	灰铸铁件	A333	低温用无缝和焊接钢管道
A53	无镀层及热浸镀锌焊接及无缝钢管道	A334	低温用无缝和焊接碳钢和合金钢管子
		A335	高温用无缝铁素体合金钢管道
A105	管道组件用碳钢锻件	A350	要求缺口韧性试验的管道组件用碳钢和低合金钢锻件
A106	高温用无缝碳钢管道	A351	承压零件用奥氏体、奥氏体-铁素体(双相)钢铸件
A126	阀门、法兰和管件用灰铸铁铸件	A352	低温承压零件用铁素体和马氏体钢铸件
A134	电熔(弧)焊钢管道(≥NPS 16)	A353	压力容器用二次正火加回火 9%镍合金钢板
A135	电阻焊钢管道	A358	高温用电熔焊奥氏体铬-镍合金钢管道
A139	电熔弧焊钢管道(≥NPS 4)	A369	高温用碳钢和铁素体合金钢锻造并穿孔管道
A167	不锈钢和镍铬耐热钢板、薄板和钢带		
A179	换热器及冷凝器用无缝冷拔低碳钢管子	A376	高温中央电站用无缝奥氏体钢管道
A181	一般管道用碳钢铸件	A381	高压输送系统用金属弧焊钢管道
A182	高温用锻制或轧制合金钢管道法兰、锻制管件、阀门和零件	A387	压力容器用铬-钼合金钢管
A197	冲天炉可锻铸铁	A395	高温用铁素体球墨铸铁承压铸件
		A403	锻制奥氏体不锈钢管件
A202	压力容器用铬-锰-硅合金钢板	A409	耐蚀和高温用焊接大直径奥氏体钢管道
A203	压力容器用镍合金钢板	A420	低温用锻制碳钢和合金钢管件
A204	压力容器用钼合金钢板	A426	高温和离心铸造铁素体合金钢管道
A216	可熔焊高温用碳钢铸件	A451	高温用离心铸造奥氏体钢管道
A217	高温承压零件用马氏体不锈钢和合金钢铸件	A479	锅炉和其它压力容器用不锈钢和耐热钢棒材和型材
A234	中、高温用锻制碳钢和合金钢管件	A487	承压用钢铸件
A240	压力容器用耐热铬及铬-镍不锈钢板、薄板和钢带	A494	镍和镍合金铸件
A268	一般用途无缝和焊接铁素体和马氏体不锈钢管子		
A269	一般用途无缝和焊接奥氏体不锈钢管子	A515	中、高温压力容器用碳钢板
A278	温度≤650F 承压零件用灰口铸铁件	A516	中、低温压力容器用碳钢板
A283	中、低强度碳素钢板、型材和棒材	A524	常温和低温用无缝碳钢管道
A285	压力容器用中低、强度碳素钢板	A537	压力容器用经热处理的碳-锰-硅钢板
A299	压力容器用碳-锰-硅钢板		

Spec. No.	标题	Spec. No.	标题
ASTM(续)		ASTM(续)	
A553	压力容器用淬火加回火 8%和 9%镍合金钢板	B161	无缝镍管道和管子
A570	结构级热轧碳钢薄板和钢带	B162	镍板、薄板和带材
A571	低温承压零件用奥氏体韧性铸铁	B164	镍-铜合金条、棒和线材
A587	化工用电阻焊低碳钢管道	B165	镍-铜合金(UNS N04400)无缝管道和管子
		B166	镍-铬-铁合金(UNS N06600)条、棒和线材
A645	压力容器用特殊热处理 5%镍合金钢板	B167	镍-铬-铁合金(UNS N06600~N06690)无缝管道和管子
A671	常温和低温用电熔焊钢管道		
A672	中温高压用电熔焊钢管道	B168	镍-铬-铁合金(UNS N06600~N06690)板、薄板和带材
A691	高温、高压用电熔焊钢管道	B169	铝青铜板、薄板、带和轧制棒材
A789	一般用途无缝和焊接铁素体/奥氏体不锈钢管子	B171	冷凝器用铜合金管板
A790	无缝及焊接铁素体/奥氏体不锈钢管道	B187	铜棒、汇流排、条和型材
		B209	铝和铝合金薄板和板材
A815	塑性加工成形铁素体、铁素体/奥氏体及马氏体不锈钢管件	B210	铝合金拉制无缝管子
		B211	铝合金棒、条和线材
B21	海军黄铜条棒和型材	B221	铝合金挤压棒、条、线、型材和管子
B26	铝合金砂型铸件	B241	铝合金无缝管道和无缝挤压管子
B42	标准规格无缝铜管道	B247	铝合金模锻、自由锻和轧制环锻件
B43	标准规格无缝低锌黄铜管道	B280	空调和冰箱用无缝铜管子
B61	蒸汽或阀门青铜铸件	B283	铜和铜合金模锻件(热压)
B62	复合青铜或铜(币)合金铸件	B265	钛和钛合金带、薄板和板材
B68	光亮退火无缝铜管子	B333	镍-铝合金板、薄板和带材
B75	无缝铜管子	B335	镍-铝合金条材
B88	无缝铜水管子	B337	无缝和焊接的钛和钛合金管道
B96	一般和压力容器用铜-硅合金板、薄板、带材和轧制棒材	B345	气和油输送和分配管道系统用铝合金无缝挤压管子和无缝管道
B98	铜-硅合金棒、条和型材	B361	工厂锻压铝和铝合金焊接管件
		B366	工厂锻压钛和钛合金焊接管件
B127	镍-铜合金(UNS N04400)板材、薄板和带材	B381	钛和钛合金锻件
B133	铜条、棒和型材		
B148	铝青铜铸件	B407	镍-铁-铬合金无缝管道和管子
B150	铝青铜条、棒和型材	B409	镍-铁-铬合金板、薄板和带材
B152	铜薄板、带、板和轧制棒材	B423	镍铁铬钼铜合金(UNS N08825和N08221)无缝管
B160	镍条和棒材	B424	镍铁铬钼铜合金(UNS N08825和N08221)板材、薄板和带材
		B425	镍铁铬钼铜合金(UNS N08825和N08221)棒材和条材

Spec. No.	标题	Spec. No.	标题
ASTM(续)		ASTM(续)	
B435	UNS N06022、UNS N06230 和 UNS 30556 板材、薄板和带材	B582	镍-铬-铁-钼-铜合金板、薄板和带材
B443	镍-铬-钼-铌* 合金(UNS N06625)板、薄板和带材	B584	一般用途铜合金砂型铸件
B444	镍-铬-钼-铌*(UNS N06625)管道和管子	B619	焊接的镍和镍-钴合金管道
B446	镍-铬-钼-铌*(UNS N06625)条和棒材	B620	镍-铁-铬-钼合金(UNS N08320)板、薄板和带板
B462	耐腐蚀和高温用锻造或轧制 UNS N08020、UNS N08020、UNS N08024、UNS N08026 和 UNS N08367 合金管件、阀门和零件	B621	镍-铁-铬-钼合金(UNS N08320)条材
B463	锻造或轧制 UNS N08020、UNS N08026 和 UNS N08024 合金板、薄板和带材	B622	无缝镍和镍-钴合金管道和管子
B464	焊接的铬-镍-铁-钼-铜-铌* 稳定化合物(UNS N08020)管道	B625	镍合金板和薄板
B466	无缝铜-镍管道和管子	B649	低碳 Ni-Fe-Cr-Mo-Cu 合金(UNS N08904)和低碳 Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-N 合金(UNS N08925、UNS N08031 和 UNS N08926)条和线材
B467	焊接的铜-镍管道	B658	无缝和焊接的钴和钴合金管道
B491	一般用途铝和铝合金挤压圆管子	B675	UNS N08366 和 UNS N08367 焊接管道
B493	钴和钴合金锻件	B688	铬-镍-钼-铁(UNS N08366 和 UNS N08367)板、薄和带材
B514	焊接的镍-铁-铬合金管道	B690	铁-镍-钼合金(UNS N08366 和 UNS N08367)无缝管道和管子
B517	焊接的镍-铬-铁(UNS N06800)管道	B705	镍合金(UNS N06625 和 UNS N08825)焊接管道
B523	冷凝器和热交换器用无缝和焊接的钴和钴合金管子	B725	焊接的镍(UNS N02200 和 UNS N02201)和铜-镍合金(UNS N04400)管道
B547	铝和铝合金成型的和焊接的圆管子	B729	无缝的 UNS N080320、UNS N08026、UNS N08024 镍合金管道和管子
B550	钴和钴合金棒和线材	B804	UNS N08367 焊接管道
B551	钴和钴合金带、薄板和板材	E112	测定平均晶粒尺寸方法
B564	镍合金锻件		
B574	低碳镍-钼-铬合金条材		
B575	低碳镍-钼-铬合金板、薄板和带材	API	
B581	镍-铬-铁-钼-铜合金条材	5L	管线钢管规范

说明: 在本规范正文各处都列出引用标准的版本号是不现实的。替代的办法是在附录 E 中列出本规范涉及标准的有效版本号及这些标准归属组织名称和地址。

* 原文为 Columbium(钶),这是双名元素,按我国习惯译为铌(Niobium)。——译注

附录 A 的表注

说明:

(a) 表 A-1、A-1A、A-1B 和 A-2 中的许用应力值、P-No 或 S-No 代号、焊接接头和铸造质量系数和最低温度,还有附注和应力表中的单线或双线都是本规范的要求。

(b) 注(1)~(7)用于表头、材料类型及制品形式栏,在“注”栏中的注(8)以下是对特定材料的注释。带(*)的注表示本规范正文的要求。

(c) 目前,附录 A 表中尚未提供公制当量值。将表 A-1 所列应力值换算为某一摄氏温度(°C)下的以 MPa 为单位的应力值之方法如下,先将该摄氏温度换算成相应的华氏温度值,再用插值法计算出该温度下的以 ksi 为单位的应力值,最后将该应力值乘以 6.895 即得到给定温度下以 MPa 为单位的许用应力 S。

注:

(1) * 表 A-1 的应力值和表 A-2 的设计应力值是按第 302.3.1(a)节规定的基本拉伸许用应力。对于压力设计,从表 A-1 查得的应力值应乘以相应的质量系数 E (从表 A-1A 查得的 E_c 或从表 A-1B 查得的 E_j)。剪切和承重的应力值见第 302.3.1(b)节的说明,压应力见第 302.3.1(c)节的说明。

(2) * 表 A-1A 所列的铸件质量系数 E_c 是按第 302.3.3(b)节规定的基本质量系数。表 A-1B 所列纵焊缝的质量系数 E_j 是按第 302.3.4(a)节规定的基本质量系数,提高的质量系数见第 302.3.3(c)和 302.3.4(b)节,也参见第 302.3.1(a)节脚注 1。

(3) 如果材料已经过非材料技术条件要求的最终热处理或满足注(30)或(31)的情况,表中关于奥氏体不锈钢的应力值可能不适用。

(4) * 斜体字的应力值 > 给定温度下屈服强度的 $\frac{2}{3}$,粗体字的应力值 = 给定温度下屈服强度的 90%,见第 302.3.2(d)(3)和(e)节所述。

(5) * P-No. 和 S-No. 分组的说明见第 328.2.1(f)节。P-No. 是指数字或数字后跟有字母(例如 8 或 5B 或 11A)。S-No 是前置字母 S(例如 S-1)。

(6) * 所示的最低温度是指材料通常不要求冲击试验(非材料技术条件要求)时的最低设计温度。但是本规范包括第 323.2.2(a)节的其它地方规定了当材料的最低设计温度 < -29 °C (-20 °F) 时的使用规则,包括所需的冲击试验要求。对最低温度栏内带有字母代号的碳钢,见第 323.2.2(b)节和图 323.2.2A 的适用曲线和注。

(7) * 应力值旁的单线(|)表示该材料用于高于(如线在右边)或低于(如线在左边)相应温度时要受注释的说明的制约,“最低温度”值旁的单线有相同的含义。应力值旁的双线(=)表示该材料禁止用于高于(如线在右边)或低于(如线在左边)相应温度并见注。在“最低温度”左边的双线表示禁止低于该温度值。当没有列出应力值时,除非有双线禁止,可

按第 323.2 节规定使用材料。

(8) * 使用这些材料时在规范正文中有下列限制:

a) 温度范围为 -29 °C ~ 186 °C (-20 °F ~ 366 °F), 见第 305.2.1 节;

b) 当用于超出注 8(a) 的温度范围时,应对管道采取保护措施,见第 305.2.2 节;

c) 见表 323.2.2 中 B-2 列;

d) 见第 323.4.2(a)节;

e) 见第 323.4.2(b)节;

f) 见第 309.2.1 节;

g) 见第 309.2.2 节。

(9) * 列于本规范参照标准内的铸造和锻造零件的压力-温度额定级可用于符合这些标准要求的零件。列出的铸件和锻件的许用应力是用于不符合这些标准的特殊组件的设计。

a) 当这种材料用作锻件时,列于表 326.1 的组件标准对它有限制:化学成分、力学性能、热处理和晶粒度都应符合本技术条件;制造工艺、公差、试验、证书和标记都应符合 ASTM B 564。

(10) * 只有当适当的补充检查完成后才能使用这些铸件质量系数(见第 302.3.3 节)。

(11) * 按本规范,射线照相应在热处理后进行。

(12) * 如表 323.2.2 说明的这种材料的某些形式当用于 < -29 °C (-20 °F) 时,必须进行冲击试验。如在材料技术条件的补充要求中包括冲击试验的规定并进行了冲击试验,材料可用于试验合格的温度。

(13) 该材料的性能因厚度或规格而变化,所列应力值是所列厚度的最低值。

(14) 如在规范管道中使用所列应力值,必须通过拉力试验来核实所要求的最低抗拉和屈服性能。如材料技术条件不要求进行这样的试验,则应在采购订单中予以规定。

(15) 这些应力值的制定仅从满足一般用途的强度观点考虑,如对螺栓连接要求不进行重新上紧螺栓而保持长期不泄漏,则需从法兰和螺栓的挠性和松弛性能来确定较低的应力值。

(16) 只有在所有焊缝、包括母材上的焊缝完全通过 100% 射线检验合格后才可以使系数 $E_j = 1.00$ 。为使用 1.00 的系数,不容许使用超声检验代替射线检验。

(17) 在制造该管材时不允许使用填充金属。

(18) * 该技术条件不包括 100% 射线照相检验的要求,如要使用较高的质量系数,则材料应按表 341.3.2 对纵向对接焊缝进行 100% 射线照相检验的专门要求,并按表 302.3.4 的条件进行采购。

(19) * 该技术条件包括抽样射线照相检验的要求用于对钢厂质量的控制。如使用接头质量系数为 0.90,则焊缝应

满足表 341.3.2 对纵向对接焊缝按表 302.3.4 进行局部射线照相检验的要求,这应在供需双方的协议中专门规定。

(20) 对管道规格 \geq DN 200 (NPS 8) 且壁厚 \geq Sch. 140 者,规定的最低抗拉强度为 483 MPa (70 ksi)。

(21) 对于材料厚度 > 127 mm (5 in) 者,规定的最低抗拉强度为 483 MPa (70 ksi)。

a) 对于材料厚度 > 127 mm (5 in) 者,规定的最低抗拉强度为 448 MPa (65 ksi)。

(22) 当管道外径 < 51 mm (2 in) 和 $D/t < 15$ 时,评定焊缝的最低抗拉强度和所示应力值应乘以 0.90,但如能证明所使用的焊接工艺能使焊缝稳定地达到最低抗拉强度为 165 MPa (24 ksi),则此要求可取消。

(23) 符合 MSS SP-43 尺寸的轻量铝合金焊接管件应具有全焊透的焊缝。

(24) 该材料技术条件未列出屈服强度,所列值为具有类似性能材料的屈服强度。

(25) 该钢使用于接近 316 °C (600 °F) 和更高温度时可能产生脆化。

(26) 如 $C > 0.03\%$ 时,这种非稳定化等级的不锈钢有在晶间沉淀碳化物的倾向,也见第 F323.4(c)(2) 节。

(27) 当温度 > 427 °C (800 °F) 时,这些应力值仅用于 $C \geq 0.04\%$ 时。

(28) 当温度 > 538 °C (1000 °F) 时,这些应力值仅用于 $C \geq 0.04\%$ 时。

(29) 表列 538 °C (1000 °F) 以上的应力值应仅限于钢的原始奥氏体晶粒度为 ASTM E112 所规定的 No. 6 或更细时。否则,应使用相同材料技术条件和等级的表列较低应力值。

(30) 当温度 > 538 °C (1000 °F) 时,只有当材料已经温度 ≥ 1093 °C (2000 °F) 的热处理后才可使用这些应力值。

(31) 当温度 > 538 °C (1000 °F) 时,只有当材料已经温度 ≥ 1038 °C (1900 °F) 加热并淬水或其它方法急冷的热处理后才可使用这些应力值。

(32) 所示应力值是指该种等级管件制造时使用材料技术条件允许最低强度值的母材。如使用较高强度值的母材,则在设计中可使用较高的应力值。

(33) 对于冷作硬化等级的焊接构件,使用退火材料的应力值,对于沉淀硬化等级的焊接构件,使用表中焊接构件的专用应力值。

(34) 如材料经焊接、硬钎焊或软钎焊,应使用退火状态的许用应力值。

(35) 该钢是为高温用的,在室温可能有较低的韧性和/或冲击性能,但这是在单线旁所示温度以上使用后出现的,也见第 F323.4(c)(4) 节。

(36) 该技术条件允许材料未经固溶热处理或经固溶化以外的热处理状态供货,当材料未经固溶热处理时,其最低温度应为 -29 °C (-20 °F),除非材料按第 323.3 节的规定进行了冲击试验。

(37) 无缝管件的冲击要求应取决于本表列出的在许用等级 (A312、A240 和 A182) 中对特定母材技术条件的要求。

当使用 A276 制造这些管件时,其注释、最低温度和许用应力应使用与 A240 相应的值和注。

(38) 此注已删去。

(39) $C > 0.10\%$, 该材料使用于 -29 °C (-20 °F) 以下时应经冲击试验。

(40) * 该铸件质量系数可按第 302.3.3(c) 节和表 302.3.3(c) 的要求进行补充检查予以提高。表 302.3.3c 所示的较高的质量系数可代替本表质量系数用于压力设计的公式。

(41) 在冷拔的性能数据提出之前,冷拔状态的设计应力是采用热轧的性能。

(42) 这是制品的技术条件,不需要设计应力。本技术条件所包括材料的金属温度范围如下:

等级	金属温度 °C (°F)
1	$-29 \sim 482$ ($-20 \sim 900$)
2, 2H 和 2HM	$-48 \sim 593$ ($-50 \sim 1100$)
3	$-29 \sim 593$ ($-20 \sim 1100$)
4 [见注(42a)]	$-101 \sim 593$ ($-150 \sim 1100$)
6	$-29 \sim 427$ ($-20 \sim 800$)
7 和 7M [见注(42a)]	$-101 \sim 593$ ($-150 \sim 1100$)
8FA [见注(39)]	$-29 \sim 427$ ($-20 \sim 800$)
8MA 和 8TA	$-198 \sim 816$ ($-325 \sim 1500$)
8, 8A 和 8CA	$-254 \sim 816$ ($-425 \sim 1500$)

a) 当该材料使用于 < -46 °C (-50 °F) 时,应按 ASTM A320 对于 Gr. L7 的要求进行冲击试验。

b) 这是产品技术条件,设计应力是不必要的。使用限制见第 309.2.1 和 309.2.2 节。

(43) * 当应用焊接或热切割方法时 [见第 323.4.2(c) 节], 该材料所给出的应力值不能应用。

(44) 该材料不应进行焊接。

(45) 所示应力值仅应用于模锻。

(46) 字母“a”表示该合金不推荐焊接。如焊接,则必须单独评定,字母“b”表示必须单独评定的铜合金。

(47) 如果从这些材料制作的管道不应用焊接,则许用应力值可增加到 230 MPa (33.3 ksi)。

(48) 当该灰铸铁材料使用于上限温度 232 °C (450 °F) 时,其应力值与 204 °C (400 °F) 栏所示的相同。

(49) 如这个等级的化学成分能使其硬化,则要求按 P-No. 6 来评定。

(50) 由于该材料的可淬性低,所以分组为 P-No. 7。

(51) 该材料对焊接评定可作特殊考虑。见 BPV 规范第 IX 卷 QW/QB-422。在本规范应用中对材料的每种强度水平都要求有经评定的 WPS。

(52) 铜硅合金不是都适用于中温和高温,尤其是在 > 100 °C (212 °F) 时,使用者宜确认所选用的合金能满足使用的工况。

(53) 当使用温度 > 232 °C (450 °F) 时,要求进行消除应力的热处理。

(54) 最高操作温度定为 260 °C (500 °F),因为在蠕变断

裂温度范围的硬化状态将对设计应力产生有害的影响。

(55) 按本技术条件生产的管道不宜用于高温。该应力值应用于轧态、正火或正火加回火态的非胀接管或胀接管。

(56) 因为该材料的热稳定性差,不推荐用于温度 > 427 °C (800 °F)。

(57) 如在温度 > 427 °C (800 °F) 暴露较长时间,会产生碳化物的石墨化,见第 F323.4(b)(2) 节。

(58) 如在温度 > 468 °C (875 °F) 暴露较长时间,会产生碳化物的石墨化,见第 F323.4(b)(3) 节。

(59) 当温度 > 482 °C (900 °F) 时应考虑镇静钢的优点,见第 F323.4(b)(4) 节。

(60) 对于所有的设计温度,直接在螺纹根部测得的最大硬度应为洛氏硬度 C35。硬度应从宽度至少为 3 mm (1/8 in) 的平面上测得,因此要除去螺纹,但不需除去比所需平面更多的材料,测定硬度的频度与进行拉力试验的相同。

(61) 在大约 982 °C (1800 °F) 退火。

(62) 在大约 1121 °C (2050 °F) 退火。

(63) 对消除应力状态 (T351、T3510、T3511、T451、T4510、T4511、T651、T6510、T6511), 应使用表列状态的材料应力值。

(64) 按 BPV 规范第 K 卷 QW-462.1 的缩截面拉伸试样的最低抗拉强度应 ≥ 758 MPa (110.0 ksi)。

(65) 所示的最低温度为该技术条件最大壁厚时使用的温度,对于较小壁厚的最低温度如下表所示:

对于所示板厚的冲击试验温度

Spec. No. 和 Gr.	°C		
	≤ 25 mm	≤ 51 mm	> 51 mm ~ 76 mm
A 203A	-68	-68	-59
A 203B	-68	-68	-59
A 203D	-101	-101	-87
A 203E	-101	-101	-87

Spec. No. 和 Gr.	°F		
	≤ 1 in	≤ 2 in	> 2 in ~ 3 in
A 203A	-90	-90	-75
A 203B	-90	-90	-75
A 203D	-150	-150	-125
A 203E	-150	-150	-125

(66) 所示应力值为 90% 相应基体材料应力值。

(67) 按本规范使用, ASTM A671、A672 和 A691 制造的管道的热处理要求, 应与第 331 节对所使用具体材料的要

求相同。

(68) 当板厚 ≥ 12.7 mm (0.50 in) 时, 拉伸试样从基体材料加工取得, 不包括复层合金, 因此所列应力值系指板厚 < 12.7 mm 的材料的值。

(69) 该材料仅可用于非承压件。

(70) 退火态的合金 625 (UNS N06625) 如暴露于 538 °C ~ 760 °C (1000 °F ~ 1400 °F) 的温度范围, 则室温的冲击值会急剧下降。

(71) 这些材料通常含有 Nb(Cb)、V 和/或 Ti 等微量元素, 供需双方的补充技术协议通常会规定比基本技术条件更严格的化学成份、板材轧制条件及焊接性(即碳当量)和韧性要求。

(72) 当使用温度 > 454 °C (850 °F), 焊缝金属应有 C > 0.05%。

(73) 从对所有 Zr Gr. R60805 的产品, 要求焊后进行热处理。见表 331.1.1。

(74) 从锻坯制得的管件的力学性能应满足 B366 表 1 所列的锻件或棒材技术条件之一的要求。

(75) 所示应力值是材料在正火加回火状态下或是当热处理状态不明确时的应力值。如果材料是退火状态, 在 > 510 °C (950 °F) 使用下列值*:

温度(°C)	538	566	593	621	649
S(MPa)	55.2	39.3	26.2	16.5	9.7
温度(°F)	1000	1050	1100	1150	1200
S(ksi)	8.0	5.7	3.8	2.4	1.4

(76) 在本技术条件中静水压试验是一种选择(而非要求)。在本规范应用中, 则要求静水压试验。

(77) 按照 CSA (加拿大标准学会) Z245.1 的下列管道管等级, 应考虑为相当 API 5L, 并作为表列材料处理。

当量等级

API 5L	CSA Z245.1
A25	172
A	207
B	241
X42	290
X46	317
X52	359
X56	386
X60	414
X65	448
X70	483
X80	550

* 原文只给出 F 和 ksi, 为公制使用者方便和注释全文统一, 此处参照本规范表 331.1.1 及前面说明(c)予以补上公制当量值。——译注

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ^(a)	等级 Grade	注	最低 温度 ^(b) °F	规定的最低 强度, ksi		金属温度为°F时的基 本许用应力, ksi ^(c)		
						抗拉	屈服	最低 温度		
								至 100	200	300
碳钢 管材^(d)										
A 285 Gr. A	A 134	1	...	(8b)(57)	| B	45	24	15.0	14.6	14.2
A 285 Gr. A	A 672	1	A45	(57)(59)(67)	| B	45	24	15.0	14.6	14.2
无缝的及电阻焊的 对接焊	API 5L	S-1	A25	(8a)	|| -20	45	25	15.0	15.0	14.5
	API 5L	S-1	A25	(57)(59)	| B	45	25	15.0	15.0	14.5
...	A 179	1	...	(57)(59)	-20	47	26	15.7	15.0	14.2
Type F	A 53	1	A	(8a)(77)	|| 20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 139	S-1	A	(8b)(77)	| A	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 587	1	...	(57)(59)	-20	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 53	1	A	(57)(59)	} B	48	30	16.0	16.0	16.0
...	A 106	1	A	(57)						
...	A 135	1	A	(57)(59)						
...	A 369	1	FPA	(57)						
...	API 5L	S-1	A	(57)(59)(77)						
A 285 Gr. B	A 134	1	...	(8b)(57)	| B	50	27	16.7	16.4	16.0
A 285 Gr. B	A 672	1	A50	(57)(59)(67)	| B	50	27	16.7	16.4	16.0
A 285 Gr. C	A 134	1	...	(8b)(57)	| A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 524	1	II	(57)	-20	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 333	1	1	} (57)(59)	-50	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 334	1	1							
A 285 Gr. C	A 671	1	CA55	(59)(67)	A	} 55	30	18.3	18.3	17.7
A 285 Gr. C	A 672	1	A55	(57)(59)(67)	A					
A 516 Gr. 55	A 672	1	C55	(57)(67)	C					
A 516 Gr. 60	A 671	1	CC60	(57)(67)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
A 515 Gr. 60	A 671	1	CB60	} (57)(67)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
A 515 Gr. 60	A 672	1	B60							
A 516 Gr. 60	A 672	1	C60	(57)(67)	C					
...	A 139	S-1	B	(8b)	| A	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 135	1	B	(57)(59)	B	} 60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 524	1	I	(57)	-20					
...	A 53	1	B	(57)(59)	} B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 106	1	B	(57)						
...	A 333	} 1	6	(57)						
...	A 334									
...	A 369	1	FPB	(57)						
...	A 381	S-1	Y35	...						
...	API 5L	S-1	B	(57)(59)(77)						

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S , ksi ^(a)														等级	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	Grade	碳钢管材 ^(a)	
| 13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	...	...	...	...	...	A 134
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.3	9.0	7.8	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A45	A 672	
| 13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L
13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L
13.5	12.8	12.1	11.8	11.5	10.6	9.2	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 179	
| 16.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 53
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 139
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	...	...	...	...	...	...	A 587
16.0	16.0	14.8	14.5	14.4	10.7	9.3	7.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[A A A FPA A	A 53 A 106 A 135 A 369 API 5L	
| 15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	...	...	...	...	...	A 134
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.2	9.6	8.1	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A 50	A 672	
| 17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	...	...	...	...	...	A 134
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	...	...	II	A 524
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[1 1 CA55 A55 C55	A 333 A 334 A 671 A 672 A 672	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	C55	A 672	
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	CC60	A 671
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[CB60 B60 C60	A 671 A 672 A 672	
| ...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 139
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	...	...	[ B I	A 135 A 524
20.0	18.9	17.3	17.0	16.5	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	[B B 6 6 FPB Y35 B	A 53 A 106 A 333 A 334 A 369 A 381 API 5L	

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ^(a)	等级 Grade	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		金属温度为°F时的基 本许用应力, ksi ^(a)			
						抗拉	屈服	最低 温度 至 100	200	300	
碳钢(续) 管材 ⁽²⁾ (续)											
...	A 139	S-1	C	(8b)	A	60	42	} 20.0	20.0	20.0	
...	A 139	S-1	D	(8b)	A	60	46				
...	API 5L	S-1	X42	(55)(77)	A	60	42				
...	A 381	S-1	Y42	...	A	60	42				
...	A 381	S-1	Y48	...	A	62	48	20.6	19.7	18.7	
...	API 5L	S-1	X46	(55)(77)	A	63	46	21.0	21.0	21.0	
...	A 381	S-1	Y46	...	A	63	46	21.0	21.0	21.0	
...	A 381	S-1	Y50	...	A	64	50	21.3	20.3	19.3	
A 516 Gr. 65	A 671	1	CC65	(57)(67)	B	65	35	21.7	21.3	20.7	
A 515 Gr. 65	A 671	1	CB65	} (57)(67)	A	65	35	21.7	21.3	20.7	
A 515 Gr. 65	A 672	1	B65								
A 516 Gr. 65	A 672	1	C65								
...	A 139	S-1	E	(8b)	A	66	52	22.0	22.0	22.0	
...	API 5L	S-1	X52	(55)(77)	A	66	52	22.0	22.0	22.0	
...	A 381	S-1	Y52	...	A	66	52	22.0	22.0	22.0	
A 516 Gr. 70	A 671	1	CC70	(57)(67)	B	70	38	23.3	23.1	22.5	
A 515 Gr. 70	A 671	1	CB70	} (57)(67)	A	70	38	23.3	23.1	22.5	
A 515 Gr. 70	A 672	1	B70								
A 516 Gr. 70	A 672	1	C70								
...	A 106	1	C	(57)	B	70	40	23.3	23.3	23.3	
A 537 Cl. 1 (厚 ≤ 2½ in)	A 671	1	CD70	} (67)	D	70	50	23.3	23.3	22.9	
A 537 Cl. 1 (厚 ≤ 2½ in)	A 672	1	D70								
A 537 Cl. 1 (厚 ≤ 2½ in)	A 691	1	CMSH70								
...	API 5L	S-1	X56	(51)(55)(71)(77)	A	71	56	23.7	23.7	23.7	
...	A 381	S-1	Y56	} (51)(55)(71)	A	71	56	23.7	23.7	23.7	
A 299 (厚 > 1 in)	A 671	1	CK75								
A 299 (厚 > 1 in)	A 672	1	N75	} (57)(67)	A	75	40	25.0	24.4	23.7	
A 299 (厚 > 1 in)	A 691	1	CMS75								
A 299 (厚 ≤ 1 in)	A 671	1	CK75	} (57)(67)	A	75	42	25.0	25.0	24.8	
A 299 (厚 ≤ 1 in)	A 672	1	N75								
A 299 (厚 < 1 in)	A 691	1	CMS75								

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S , ksi ^(a)													等级	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	Grade	
碳钢(续)														
管子 ^(b) (续)														
| ...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C	A 139
20.0||	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	D	A 139
20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X42	API 5L
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y42	A 381
17.8	16.9	16.0	15.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y48	A 381
21.0||	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X46	API 5L
21.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y46	A 381
18.4	17.4	16.5	16.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y50	A 381
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	...	...	CC65	A 671
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	CB65	A 671
													B65	A 672
													C65	A 672
| ...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	E	A 139
22.0||	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X52	API 5L
22.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y52	A 381
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	CC70	A 671
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	CB70	A 671
													B70	A 672
													C70	A 672
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	14.8	12.0	...	...	...	...	...	...	C	A 106
													CD70	A 671
22.9	22.9	22.6	22.0	21.4	...	...	...	...	...	...	...	...	D70	A 672
													CMSH70	A 691
23.7||	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X56	API 5L
23.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Y56	A 381
													CK75	A 671
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	15.7	12.6	9.5	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	N75	A 672
													CMS75	A 691
													CK75	A 671
24.0	22.7	20.7	20.4	20.2	...	...	...	...	...	...	...	...	N75	A 672
													CMS75	A 691

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ⁽¹⁾	等级 Grade	注	最低 温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度		
						抗拉	屈服	至 100	200	300
碳钢 (续)										
管材 ⁽²⁾ (续)										
...	API 5L	S-1	X60	(51)(55)(71)(77)	A	75	60	25.0	25.0	25.0
...	API 5L	S-1	X65	(51)(55)(71)	A	77	65	25.7	25.7	25.7
...	API 5L	S-1	X70	(51)(55)(71)	A	82	70	27.3	27.3	27.3
...	API 5L	S-1	X80	(51)(55)(71)	A	90	80	30.0	30.0	30.0
...	A 381	S-1	Y60	(51)(71)	A	75	60	25.0	25.0	25.0
管道管 (结构等级) ⁽²⁾										
A 283 Gr. A	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	45	24	13.7	13.0	12.4
A 570 Gr. 30	A 134	S-1	...	(8a)(8c)	-20	49	30	15.0	15.0	15.0
A 283 Gr. B	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	50	27	15.3	14.4	13.9
A 570 Gr. 33	A 134	S-1	...	(8a)(8c)	-20	52	33	15.9	15.9	15.9
A 570 Gr. 36	A 134	S-1	...	(8a)(8c)	-20	53	36	16.3	16.3	16.3
A 570 Gr. 40	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	55	40	16.9	16.9	16.9
A 36	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	58	36	17.6	16.8	16.8
A 283 Gr. D	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	60	33	18.4	17.4	16.6
A 570 Gr. 45	A 134	S-1	...	(8a)(8c)	-20	60	45	18.4	18.4	18.4
A 570 Gr. 50	A 134	1	...	(8a)(8c)	-20	65	50	19.9	19.9	19.9
碳钢 (续)										
板材和薄板										
...	A 285	1	A	(57)(59)	B	45	24	15.0	14.6	14.2
...	A 285	1	B	(57)(59)	B	50	27	16.7	16.4	16.0
...	A 516	1	55	(57)	C	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 285	1	C	(57)(59)	A	55	30	18.3	18.3	17.7
...	A 516	1	60	(57)	C	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A 515	1	60	(57)	B	60	32	20.0	19.5	18.9
...	A 516	1	65	(57)	B	65	35	21.7	21.3	20.7
...	A 515	1	65	(57)	A	65	35	21.7	21.3	20.7
...	A 516	1	70	(57)	B	70	38	23.3	23.1	22.5
...	A 515	1	70	(57)	A	70	38	23.3	23.1	22.5
(厚 ≤ 2 1/2 in)	A 537	1	Cl. 1	...	D	70	50	23.3	23.3	22.9
(厚 > 1 in)	A 299	1	...	(57)	A	75	40	25.0	24.4	23.7
(厚 ≤ 1 in)	A 299	1	...	(57)	A	75	42	25.0	25.0	24.8

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S , ksi ⁽¹⁾													等级	Spec. No.	
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	Grade		
														碳钢(续)	
														管材 ⁽²⁾ (续)	
25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X60	API 5L
25.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X65	API 5L
27.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X70	API 5L
30.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X80	API 5L
25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X60	A 381
														管道管(结构等级) ⁽²⁾	
11.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
15.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
15.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
16.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
16.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
16.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
18.4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
19.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 134
														碳钢(续)	
														板材和薄板	
13.7	13.0	11.8	11.6	11.5	10.2	9.0	7.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	A	A 285	
15.4	14.6	13.3	13.1	13.0	11.1	9.6	8.0	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	B	A 285	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	...	...	...	...	...	55	A 516
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	12.0	10.2	8.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	C	A 285	
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	12.9	10.8	8.6	...	...	...	...	...	60	A 516
18.3	17.3	15.8	15.5	15.4	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	...	...	60	A 515
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.8	11.4	8.9	...	...	...	...	...	65	A 516
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5	...	...	65	A 515
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.7	12.0	9.2	...	...	...	...	...	70	A 516
21.7	20.5	18.7	18.4	18.3	14.7	12.0	9.2	6.5	4.5	2.5	...	...	70	A 515
22.9	22.9	22.6	22.0	21.4	...	...	...	...	...	...	...	...	Cl. 1	A 537
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	15.6	12.6	9.5	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 299	
24.0	22.7	20.7	20.4	20.2	15.6	12.6	9.5	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 299	

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		金属温度为°F时的基 本许用应力, ksi ^(b)		
						抗拉	屈服	最低 温度 至 100	200	300
板材和薄板 (结构级)										
...	A 283	1	A	(8c)(57)	A	45	24	13.8	13.2	12.5
...	A 570	S-1	30	(8c)(57)	A	49	30	15.0	15.0	15.0
...	A 283	1	B	(8c)(57)	A	50	27	15.3	14.6	14.0
...	A 570	S-1	33	(8c)(57)	A	52	33	15.9	15.9	15.9
...	A 570	S-1	36	(8c)(57)	A	53	36	16.3	16.3	16.3
...	A 283	1	C	(8c)(57)	A	55	30	16.9	16.1	15.3
...	A 570	S-1	40	(8c)(57)	A	55	40	16.9	16.9	16.9
...	A 36	1	...	(8c)	A	58	36	17.8	16.9	16.9
...	A 283	1	D	(8c)(57)	A	60	33	18.4	17.5	16.7
...	A 570	S-1	45	(8c)(57)	A	60	45	18.4	18.4	18.4
...	A 570	S-1	50	(8c)(57)	A	65	50	19.9	19.9	19.9
碳钢(续) 锻件和管件 ⁽²⁾										
...	A 350	1	LF1	(9)(57)(59)	-20	60	30	20.0	18.3	17.7
...	A 181	1	CL 60	(9)(57)(59)	A	60	30	20.0	18.3	17.7
...	A 420	1	WPL6	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 234	1	WPB	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 350	1	LF2	(9)(57)	-50	70	36	23.3	21.9	21.3
...	A 105	1	...	(9)(57)(59)	-20	70	36	23.3	21.9	21.3
...	A 181	1	CL 70	(9)(57)(59)	A					
...	A 234	1	WPC	(57)(59)	B	70	40	23.3	23.3	23.3
铸件 ⁽²⁾										
...	A 216	1	WCA	(57)	-20	60	30	20.0	18.3	17.7
...	A 352	1	LCB	(9)(57)	-50	65	35	21.7	21.3	20.7
...	A 216	1	WCB	(9)(57)	-20	70	36	23.3	21.9	21.3
...	A 216	1	WCC	(9)(57)	-20	70	40	23.3	23.3	23.3

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾													等级 Grade	Spec. No.
400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100		
													板材和薄板 (结构级)	
11.9	11.3	10.7	10.3	10.1	9.4	...	...	...	...	...	...	...	A	A 283
15.0	15.0	13.8	13.5	13.4	10.5	...	...	...	...	...	...	...	30	A 570
13.3	12.5	11.8	11.5	11.1	10.2	...	...	...	...	...	...	...	B	A 283
15.9	15.9	14.7	14.4	14.3	11.2	...	...	...	...	...	...	...	33	A 570
16.3	16.3	15.0	14.7	14.6	11.4	...	...	...	...	...	...	...	36	A 570
14.6	13.8	13.0	12.6	12.2	11.1	...	...	...	...	...	...	...	C	A 283
16.9	16.9	15.6	15.3	15.2	11.6	...	...	...	...	...	...	...	40	A 570
16.9	16.9	16.9	16.9	16.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 36
15.9	15.0	14.2	13.8	13.2	11.9	...	...	...	...	...	...	...	D	A 283
18.4	17.2	15.7	15.4	15.2	12.2	...	...	...	...	...	...	...	45	A 570
19.9	18.6	17.2	16.9	16.7	12.9	...	...	...	...	...	...	...	50	A 570
													碳钢(续) 锻件和管件 ⁽²⁾	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	13.0	10.8	7.8	5.0	3.0	1.5	...	...	LF1	A 350
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	CL 60	A 181
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.0	10.8	7.8	5.0	3.0	1.5	...	...	WPL6	A 420
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	WPB	A 234
20.6	19.4	17.8	17.4	17.3	14.8	12.0	7.8	5.0	3.0	1.5	...	...	LF2	A 350
20.6	19.4	17.8	17.4	17.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	A 105
													CL 70	A 181
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	14.8	12.0	...	...	...	...	...	...	WPC	A 234
													铸件 ⁽²⁾	
17.2	16.2	14.8	14.5	14.4	13.0	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	WCA	A 216
20.0	18.9	17.3	17.0	16.8	13.8	11.4	8.9	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	LCB	A 352
20.6	19.4	17.8	17.4	17.3	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	WCB	A 216
22.9	21.6	19.7	19.4	19.2	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	WCC	A 216

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (4)	等级 Grade	注	最低 温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度		
						抗拉	屈服	至100	200	
低、中合金钢 管道 ⁽²⁾										
1/2Cr-1/2Mo	A 335	3	P2	...	-20	55	30	18.3	18.3	
1/2Cr-1/2Mo A 387 Gr. 2 Cl. 1	A 691	3	1/2CR	(11)(67)	-20	55	33	18.3	18.3	
C-1/2Mo	A 335	3	P1	] (58)	-20	55	30	18.3	18.3
C-1/2Mo	A 369	3	FP1		-20	55	30	18.3	18.3	
1/2Cr-1/2Mo	A 369	3	FP2		...	-20	55	30	18.3	18.3
1Cr-1/2Mo A 387 Gr. 12 Cl. 1	A 691	4	1CR		(11)(67)	-20	55	33	18.3	18.3
1/2Cr-1/2Mo	A 426	3	CP2	(10)	-20	60	30	18.4	17.7	
1 1/2Si-1/2Mo	A 335	3	P15	...	] -20	60	30	18.8	18.2
1 1/2Si-1/2Mo	A 426	3	CP15	(10)		60	30	18.8	18.2	
1Cr-1/2Mo	A 426	4	CP12	(10)	-20	60	30	18.8	18.3	
5Cr-1/2Mo-1 1/2Si	A 426	5B	CP5b	(10)	-20	60	30	18.8	17.9	
3Cr-Mo	A 426	5A	CP21	(10)	-20	60	30	18.8	18.1	
3/4Cr-3/4Ni-Cu-Al	A 333	4	4	...	-150	60	35	20.0	19.1	
2Cr-1/2Mo	A 369	4	FP3b	...	-20	60	30	20.0	18.5	
1Cr-1/2Mo	A 335	4	P12	] ...	-20	60	32	20.0	18.7
1Cr-1/2Mo	A 369	4	FP12		...	-20	60	30	20.0	18.7
1 1/4Cr-1/2Mo	A 335	4	P11	] ...	-20	60	30	20.0	18.7
1 1/4Cr-1/2Mo	A 369	4	FP11		...	-20	60	30	20.0	18.7
1 1/4Cr-1/2Mo A 387 Gr. 11 Cl. 1	A 691	4	1 1/4CR	(11)(67)	-20	60	35	20.0	20.0	
5Cr-1/2Mo A 387 Gr. 5 Cl. 1	A 691	5B	5CR	(11)(67)	-20	60	30	20.0	18.1	
5Cr-1/2Mo	A 335	5B	P5	] ...	-20	60	30	20.0	18.1
5Cr-1/2Mo-Si	A 335	5B	P5b		...	-20	60	30	20.0	18.1
5Cr-1/2Mo-Ti	A 335	5B	P5c		...	-20	60	30	20.0	18.1
5Cr-1/2Mo	A 369	5B	FP5		...	-20	60	30	20.0	18.1
9Cr-1Mo	A 335	5B	P9	] ...	-20	60	30	20.0	18.1
9Cr-1Mo	A 369	5B	FP9		...	-20	60	30	20.0	18.1
9Cr-1Mo A 387 Gr. 9 Cl. 1	A 691	5B	9CR		...	-20	60	30	20.0	18.1
3Cr-1Mo	A 335	5A	P21	] ...	-20	60	30	20.0	18.7
3Cr-1Mo	A 369	5A	FP21		...	-20	60	30	20.0	18.7
3Cr-1Mo A 387 Gr. 21 Cl. 1	A 691	5A	3CR	(11)(67)	-20	60	30	20.0	18.5	

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																等级	Spec. No.	
300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	Grade	低、中合金钢 管道 ⁽²⁾	
17.5	16.9	16.3	15.7	15.4	15.1	13.8	13.5	13.2	12.8	9.2	5.9	...	...	...	...	P2	A 335
18.3	18.3	17.9	17.3	16.9	16.6	13.8	13.8	13.4	12.8	9.2	5.9	...	...	...	...	1/2CR	A 691
17.5	16.9	16.3	15.7	15.4	15.1	13.8	13.5	13.2	12.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	P1 FP1	A 335
17.5	16.9	16.3	15.7	15.4	15.1	13.8	13.5	13.2	12.8	9.2	5.9	4.0	2.4		FP2	A 369
18.3	18.3	17.9	17.3	16.9	16.6	16.3	15.9	15.4	14.0	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	1CR	A 691	
17.0	16.3	15.6	14.9	14.6	14.2	13.9	13.5	13.2	12.5	10.0	6.3	4.0	2.4	...	...	CP2	A 426
17.6	17.0	16.5	15.9	15.6	15.3	15.0	14.4	13.8	12.5	10.0	6.3	4.0	2.4	...	...	P15 CP15	A 335
17.6	17.1	16.5	15.9	15.7	15.4	15.1	14.8	14.2	13.1	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1		CP12	A 426
17.1	16.2	15.4	14.5	14.1	13.7	13.3	12.8	12.4	10.9	9.0	5.5	3.5	2.5	1.8	1.2	CP5b	A 426	
17.4	16.8	16.1	15.5	15.2	14.8	14.5	13.9	13.2	12.0	9.0	7.0	5.5	4.0	2.7	1.5	CP21	A 426	
18.2	17.3	16.4	15.5	15.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4	A 333
17.5	16.4	16.3	15.7	15.4	15.1	13.9	13.5	13.1	12.5	10.0	6.2	4.2	2.6	1.4	1.0	FP3b	A 369	
18.0	17.5	17.2	16.7	16.2	15.6	15.2	15.0	14.5	12.8	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	P12 FP12	A 335	
18.0	17.5	17.2	16.7	16.2	15.6	15.2	15.0	14.5	12.8	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2		FP11	A 369
20.0	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	17.3	16.8	16.3	15.0	9.9	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	1/4CR	A 691	
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.8	2.0	1.3	5CR	A 691	
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	P5 P5b P5c FP5	A 335	
																		A 335
																		A 335
																		A 369
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	11.4	10.6	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5	F9 FP9 9CR	A 335	
																		A 369
																		A 691
18.0	17.5	17.2	16.7	16.2	15.6	15.2	15.0	14.0	12.0	9.0	7.0	5.5	4.0	2.7	1.5	P21 FP21	A 335	
																		A 369
18.1	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	14.0	12.0	9.0	7.0	5.5	4.0	2.7	1.5	3CR	A 691	

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	等级 Grade	注	最低 温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度 至100 200	
						抗拉	屈服		
低、中合金钢(续) 管道 ⁽²⁾									
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo A 387 Gr. 22 Cl. 1	A 691	5A	2 ¹ / ₄ CR	(11)(67) (72)(75)	-20	60	30	20.0	18.5
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 369	5A	FP22	(72)(75)					
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 335	5A	P22	(72)(75)					
2Ni-1Cu 2Ni-1Cu	A 333 A 334	9A	9	...	-100	63	46	21.0	...
2 ¹ / ₄ Ni 2 ¹ / ₄ Ni	A 333 A 334			9A	7	...	-100	65	35	21.7	19.6
3 ¹ / ₂ Ni 3 ¹ / ₂ Ni	A 333 A 334	9B	3	...	-150	65	35	21.7	19.6
C- ¹ / ₂ Mo	A 426			3	CP1	(10)(58)	-20	65	35	21.7	21.7
C-Mo A 204 Gr. A C-Mo A 204 Gr. A	A 672 A 691	3	L65 CM65	(11)(58)(67)	-20	65	37	21.7	21.7
2 ¹ / ₄ Ni A 203 Gr. B 3 ¹ / ₂ Ni A 203 Gr. E	A 671 A 671	9A 9B	CF70 CF71	(11)(65)(67)	-20	70	40	23.3	...
C-Mo A 204 Gr. B C-Mo A 204 Gr. B	A 672 A 691	3	L70 CM70	(11)(58)(67)	-20	70	40	23.3	23.3
1 ¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo 2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 426 A 426	4 5A	CP11 CP22	(10) (10)(72)	-20 -20	70 70	40 40	23.3 23.3	23.3 23.3
C-Mo A 204 Gr. C C-Mo A 204 Gr. C	A 672 A 691	3	L75 CM75	(11)(58)(67)	-20	75	43	25.0	25.0
9Cr-1Mo-V 厚≤ 3 In 9Cr-1Mo-V 厚≤ 3 In	A 335 A 691	5B	P91	...	-20	85	60	28.3	28.3
5Cr- ¹ / ₂ Mo 9Cr-1Mo	A 426 A 426			5B 5B	CP5 CP9	(10) (10)	-20 -20	90 90	60 60	30.0 30.0	28.0 22.5
9Ni 9Ni	A 333 A 334	11A 11A	8 8	(47) ...	-320	100	75	31.7	31.7
板材									
1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo 1Cr- ¹ / ₂ Mo 9Cr-1Mo	A 387 A 387 A 387	3 4 5	2 Cl. 1 12 Cl. 1 9 Cl. 1	... ... ...	-20 -20 -20	55 55 60	33 33 30	18.3 18.3 20.0	18.3 18.3 18.1

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																等级 Grade	Spec. No.
300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	低、中合金钢(续)	
																管道 ⁽²⁾	
																2 1/4 CR FP22 P22	A 691
18.0	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	14.5	12.8	10.8	7.8	5.1	3.2	2.0	1.6		A 369
																	A 335
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	9	[A 333 A 334
19.6	18.7	17.6	16.8	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	...	7	[A 333 A 334
19.6	18.7	17.8	16.8	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	1.6	1.0	...	...	3	[A 333 A 334
21.7	21.7	21.3	20.7	20.4	20.0	16.3	15.7	14.4	12.5	10.0	6.3	4.0	2.4	...	...	CP1	A 426
21.7	20.7	20.0	19.3	19.0	18.6	16.3	15.8	15.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	[ L65 CM65	A 672 A 691
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	[ CF70 CF71	A 671 A 671
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	[ L70 CM70	A 672 A 691
23.3	23.3	22.9	22.3	21.6	20.9	15.5	15.0	14.4	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	CP11	A 426
23.3	23.3	22.9	22.3	21.6	20.9	17.5	17.5	16.0	14.0	11.0	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	CP22	A 426
25.0	24.1	23.3	22.5	22.1	21.7	18.8	18.8	18.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	[ L75 CM75	A 672 A 691
28.3	28.2	28.1	27.7	27.3	26.7	25.9	24.9	23.7	22.3	20.7	18.0	14.0	10.3	7.0	4.3	P91	[A 335 A 691
26.1	24.1	22.1	20.1	19.0	17.5	16.0	14.5	12.8	10.4	7.6	5.6	4.2	3.1	1.8	1.0	CP5	A 426
22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.0	21.0	19.4	17.3	15.0	10.7	8.5	5.5	3.3	2.2	1.5	CP9	A 426
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	[ 8 8	A 333 A 334
																板材	
18.3	18.3	17.9	17.3	16.9	16.6	13.8	13.8	13.4	12.8	9.2	5.9	...	...	...	...	2 Cl. 1	A 387
18.3	18.3	17.9	17.3	16.9	16.6	16.3	15.9	15.4	14.0	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	12 Cl. 1	A 387
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	11.4	10.6	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5	9 Cl. 1	A 387

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	注	最低 温度 ^(a) F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度	
						抗拉	屈服	至 100	200
低、中合金钢(续)									
板材									
1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	4	11 Cl. 1	...	-20	60	35	20.0	20.0
5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	5B	5 Cl. 1	...	-20	60	30	20.0	18.1
3Cr-1Mo	A 387	5A	21 Cl. 1	...	-20	60	30	20.0	18.5
2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo	A 387	5A	22 Cl. 1	(72)	-20	60	30	20.0	18.5
2 $\frac{1}{4}$ Ni	A 203	9A	A	] (12)(65)	| -20	65	37	21.7	19.6
3 $\frac{1}{2}$ Ni	A 203	9B	D						
C- $\frac{1}{2}$ Mo	A 204	3	A	(58)	-20	65	37	21.7	21.7
1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	4	12 Cl. 2	...	-20	65	40	21.7	21.7
2 $\frac{1}{4}$ Ni	A 203	9A	B	] (12)(65)	| -20	70	40	23.3	21.1
3 $\frac{1}{2}$ Ni	A 203	9B	E						
$\frac{1}{2}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	3	2 Cl. 2	...	-20	70	45	23.3	17.5
C- $\frac{1}{2}$ Mo	A 204	3	B	(58)	-20	70	40	23.3	23.3
Cr-Mn-Si	A 202	4	A	...	-20	75	45	25.0	23.9
Mn-Mo	A 302	3	A	...	-20	75	45	25.0	25.0
C- $\frac{1}{2}$ Mo	A 204	3	C	(58)	-20	75	43	25.0	25.0
1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	4	11 Cl. 2	...	-20	75	45	25.0	25.0
5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	5B	5 Cl. 2	...	-20	75	45	25.0	24.9
3Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 387	5A	21 Cl. 2	...	-20	75	45	25.0	25.0
2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo	A 387	5A	22 Cl. 2	(72)	-20	75	45	25.0	25.0
Mn-Mo	A 302	3	B	] ...	-20	80	50	26.7	26.7
Mn-Mo-Ni	A 302	3	C						
Mn-Mo-Ni	A 302	3	D						
Cr-Mn-Si	A 202	4	B	...	-20	85	47	28.4	27.1
9Cr-1Mo-V ≤ 3 in. thick	A 387	5B	91 Cl. 2	...	-20	85	60	28.3	28.3
8Ni	A 553	11A	Type II	(47)	-275	100	85	31.7	...
5Ni	A 645	11A	...	...	-275	95	65	31.7	31.6
9Ni	A 553	11A	Type I	(47)	-320	100	85	] 31.7	31.7
9Ni	A 353	11A	...	(47)	-320	100	75		
锻件和管件									
C- $\frac{1}{2}$ Mo	A 234	3	WP1	(58)	-20	55	30	18.3	18.3
1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 182	4	F12 Cl. 1	(9)	-20	60	30	] 20.0	18.7
1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 234	4	WP12 Cl. 1	...	-20	60	32		
1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 182	4	F11 Cl. 1	(9)	] -20	60	30	20.0	18.7
1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 234	4	WP11b Cl. 1	...					

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(a)																等级	Spec. No.
300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	Grade	
低、中合金钢(续)																	
板材																	
20.0	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	17.3	16.8	16.3	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	11 Cl. 1	A 387
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	5 Cl. 1	A 387
18.1	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	14.0	12.0	9.0	7.0	5.5	4.0	2.7	1.5	21 Cl. 1	A 387
18.0	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	14.5	12.8	10.8	8.0	5.7	3.8	2.4	1.4	22 Cl. 1	A 387
19.6	16.3	16.3	16.3	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	[A D	A 203 A 203
21.7	20.7	20.0	19.3	19.0	18.6	16.3	15.8	15.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	A	A 204
21.7	21.7	21.7	20.9	20.5	20.1	19.7	19.2	18.7	18.0	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	12 Cl. 2	A 387
21.1	17.5	17.5	17.5	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	[B E	A 203 A 203
17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	16.8	14.5	10.0	6.3	...	...	...	...	2 Cl. 2	A 387
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	B	A 204
22.8	21.6	20.5	19.3	18.8	17.7	15.7	12.0	7.8	5.0	3.0	1.5	...	...	...	...	A	A 202
25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	18.3	17.7	16.8	13.7	8.2	4.8	...	...	...	...	A	A 302
25.0	24.1	23.3	22.5	22.1	21.7	18.8	18.8	18.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	C	A 204
25.0	25.0	24.3	23.5	23.1	22.7	22.2	21.6	21.1	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	11 Cl. 2	A 387
24.2	24.1	23.9	23.6	23.2	22.8	16.5	16.0	15.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	5 Cl. 2	A 387
24.5	24.1	23.9	23.8	23.6	23.4	23.0	22.5	19.0	13.1	9.5	6.8	4.9	3.2	2.4	1.3	21 Cl. 2	A 387
24.5	24.1	23.9	23.8	23.6	23.4	23.0	22.5	21.8	17.0	11.4	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	22 Cl. 2	A 387
26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	19.6	18.8	17.9	13.7	8.2	4.8	...	...	...	...	[B C D	A 302 A 302 A 302
25.8	24.5	23.2	21.9	21.3	19.8	17.7	12.0	7.8	5.0	3.0	1.5	...	...	...	...	B	A 202
28.3	28.2	28.1	27.7	27.3	26.7	25.9	24.9	23.7	22.3	20.7	18.0	14.0	10.3	7.0	4.3	91 Cl. 2	A 387
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Type II	A 553
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 645
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	[Type I ...	A 553 A 353
锻件和管件																	
17.5	16.9	16.3	15.7	15.4	15.1	13.8	13.5	13.2	12.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	WP1	A 234
18.0	17.5	17.2	16.7	16.2	15.6	15.2	15.0	14.5	12.8	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	[F12 Cl. 1 WP12 Cl. 1	A 182 A 234
18.0	17.5	17.2	16.7	16.2	15.6	15.2	15.0	14.5	12.8	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2	[F11 Cl. 1 WP11b Cl. 1	A 182 A 234

04

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ⁽¹⁾	等级 Grade	注	最低 温度 ⁽⁴⁾ °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度	
						抗拉	屈服	至100	200
低、中合金钢 (续)									
锻件和管件 ⁽²⁾ (续)									
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 182	...	F22 Cl. 1	(9)(72)(75)	-20	60	30	20.0	18.5
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 234	5A	WP22 Cl. 1	(72)					
5Cr- ¹ / ₂ Mo	A 234	5B	WP5	...	-20	60	30	20.0	18.1
9Cr-1Mo	A 234	5B	WP9	...	-20	60	30	20.0	18.1
3 ¹ / ₂ Ni	A 420	9B	WPL3	...	-150	65	35	21.7	...
3 ¹ / ₂ Ni	A 350	9B	LF3	(9)	-150	70	37.5	23.3	...
1 ¹ / ₂ Cr- ¹ / ₂ Mo	A 182	3	F2	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
C- ¹ / ₂ Mo	A 182	3	F1	(9)(58)	-20	70	40	23.3	23.3
1Cr- ¹ / ₂ Mo	A 182	4	F12 Cl. 2	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
1Cr- ¹ / ₂ Mo	A 234	4	WP12 Cl. 2	...					
1 ¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	A 182	4	F11 Cl. 2	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
1 ¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	A 234	4	WP11 Cl. 2	...					
5Cr- ¹ / ₂ Mo	A 182	5B	F5	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
3Cr-1Mo	A 182	5A	F21	(9)	-20	75	45	25.0	25.0
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 182	5A	F22 Cl. 3	(9)(72)	-20	75	45	25.0	25.0
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 234	5A	WP22 Cl. 3	(72)					
9Cr-1Mo	A 182	5B	F9	(9)	-20	85	55	28.3	28.3
9Cr-1Mo-V 厚 ≤ 3 in	A 182	5B	F91	...	-20	85	60	28.3	28.3
9Cr-1Mo-V 厚 ≤ 3-in	A 234	5B	WP91						
5Cr- ¹ / ₂ Mo	A 182	5B	F5a	(9)	-20	90	65	30.0	29.9
9Ni	A 420	11A	WPL8	(47)	-320	110	75	31.7	31.7
铸件 ⁽²⁾									
C- ¹ / ₂ Mo	A 352	3	LC1	(9)(58)	-75	65	35	21.7	21.5
C- ¹ / ₂ Mo	A 217	3	WC1	(9)(58)	-20	65	35	21.7	21.5
2 ¹ / ₂ Ni	A 352	9A	LC2	(9)	-100	70	40	23.3	17.5
3 ¹ / ₂ Ni	A 352	9B	LC3	(9)					
Ni-Cr- ¹ / ₂ Mo	A 217	4	WC4	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
Ni-Cr-1Mo	A 217	4	WC5	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
1 ¹ / ₄ Cr- ¹ / ₂ Mo	A 217	4	WC6	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
2 ¹ / ₄ Cr-1Mo	A 217	5A	WC9	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
5Cr- ¹ / ₂ Mo	A 217	5B	C5	(9)	-20	90	60	30.0	29.9
9Cr-1Mo	A 217	5B	C12	(9)	-20	90	60	30.0	29.9

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																等级	Spec. No.
300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	Grade	
低、中合金钢(续)																	
锻件和管件 ⁽²⁾ (续)																	
18.0	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	14.5	12.8	10.8	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	F22 Cl. 1 WP22 Cl. 1	A 182
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0		WP5	A 234
17.4	17.2	17.1	16.8	16.6	16.3	13.2	12.8	12.1	11.4	10.6	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5	WP9	A 234
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	WPL3	A 420
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	LF3	A 350
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	15.0	9.2	5.9	...	...	...	...	F2	A 182
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	F1	A 182
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	19.7	19.2	18.7	18.0	11.3	7.2	4.5	2.8	1.8	1.1	F12 Cl. 2 WP12 Cl. 2	A 182
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	19.7	19.2	18.7	13.7	9.3	6.3	4.2	2.8	1.9	1.2		F11 Cl. 2 WP11 Cl. 2	A 182
22.6	22.4	22.4	22.0	21.7	21.3	15.4	14.8	14.1	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	F5	A 182
24.5	24.1	23.9	23.8	23.6	23.4	23.0	22.5	19.0	13.1	9.5	6.8	4.9	3.2	2.4	1.3	F21	A 182
24.5	24.1	23.9	23.8	23.6	23.4	23.0	22.5	21.8	17.0	11.4	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	F22 Cl. 3 WP22 Cl. 3	A 182
27.5	27.2	27.1	26.8	26.3	25.8	18.7	18.1	17.1	16.2	11.0	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5		F9	A 182
28.3	28.2	28.1	27.7	27.3	26.7	25.9	24.9	23.7	22.3	20.7	18.0	14.0	10.3	7.0	4.3	F91 WP91	A 182
29.1	28.9	28.7	28.3	27.9	27.3	19.8	19.1	14.3	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0		F5a	A 182
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	WPL8	A 420
铸件 ⁽²⁾																	
20.5	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	LC1	A 352
20.5	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	16.2	15.8	15.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	WC1	A 352
17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	LC2 LC3	A 352
17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		A 352
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	15.0	9.2	5.9	...	...	...	...	WC4	A 217
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	16.3	11.0	6.9	4.6	2.8	...	...	WC5	A 217
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	19.7	19.2	18.7	14.5	11.0	6.9	4.6	2.8	2.5	1.3	WC6	A 217
23.1	22.5	22.4	22.4	22.2	21.9	21.5	21.0	19.8	17.0	11.4	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	WC9	A 217
29.1	28.9	28.7	28.3	27.9	27.3	19.8	19.1	14.3	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	C5	A 217
29.1	28.9	28.7	28.3	27.9	27.3	19.8	19.1	18.2	16.5	11.0	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5	C12	A 217

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (5)	等 级 Grade	注	最低温度 ⁽⁶⁾ F	规定的最低强度, ksi		最低温度									
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600				
不锈钢 ⁽³⁾⁽⁴⁾																	
管材 ⁽²⁾																	
18Cr-10Ni-Ti pipe smls > 3/8 in 厚	A 312	8	TP321	(30)(36)	-425]	70	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.1	15.2				
18Cr-10Ni-Ti pipe > 3/8 in 厚	A 376																
18Cr-8Ni tube	A 269	8	TP304L	(14)(36)	-425]	70	25	16.7	16.7	16.7	15.8	14.8	14.0				
18Cr-8Ni pipe	A 312	8	TP304L	...													
Type 304L A 240	A 358	8	304L	(36)													
16Cr-12Ni-2Mo tube	A 269	8	TP316L	(14)(36)	-425]	70	25	16.7	16.7	16.7	15.5	14.4	13.5				
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 312	8	TP316L	...													
Type 316L A 240	A 358	8	316L	(36)													
18Cr-10Ni-Ti pipe smls > 3/8 in 厚	A 312	8	TP321	(28)(30)(36)	-425]	70	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.1	15.2				
18Cr-10Ni-Ti pipe > 3/8 in. 厚	A 376																
18Cr-10Ni-Ti pipe smls > 3/8 in 厚	A 312													8	TP321H	(30)(36)	-325]
18Cr-10Ni-Ti pipe > 3/8 in 厚	A 376													8	TP321H	...	
23Cr-13Ni	A 451	8	CPH8	(26)(28)(35)	-325]	65	28	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.0				
25Cr-20Ni	A 451	8	CPK20	(12)(28)(35)(39)	-325]	65	28	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.0				
11Cr-Ti tube	A 268	7	TP409	(35)	-20	60	30	20.0	...	...	...	...	...
18Cr-Ti tube	A 268	7	TP430Ti	(35)(49)	-20	60	40	20.0	...	...	...	...	...
15Cr-13Ni-2Mo-Cb	A 451	S-8	CPF10MC	(28)	-325	70	30	20.0	...	...	...	...	...
16Cr-8Ni-2Mo pipe	A 376	8	16-8-2H	(26)(31)(35)	-325]	75	30	20.0	...	...	...	...	...
12Cr-Al tube	A 268	7	TP405	(35)	-20	60	30	20.0	18.4	17.7	17.4	17.2	16.8				
13Cr tube	A 268	6	TP410	(35)	-20	60	30	20.0	18.4	17.7	17.4	17.2	16.8				
16Cr tube	A 268	7	TP430	(35)(49)	-20]	60	35	20.0	20.0	19.6	19.2	19.0	18.5				
18Cr-13Ni-3Mo pipe	A 312	8	TP317L	...	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.9	17.7	16.8				
25Cr-20Ni pipe	A 312	8	TP310	(28)(35)(39)	-325]	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2				
Type 310S A 240	A 358	8	310S	(28)(31)(35)(36)													
25Cr-20Ni pipe	A 409	8	TP310	(28)(31)(35)(36)(39)													
18Cr-10Ni-Ti pipe smls ≤ 3/8 厚和焊接	A 312	8	TP321	(30)	-425]	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3				
18Cr-10Ni-Ti pipe	A 358	8	321	(30)(36)													
18Cr-10Ni-Ti pipe ≤ 3/8 in 厚	A 376	8	TP321														
18Cr-10Ni-Ti pipe	A 409																
23Cr-12Ni pipe	A 312	8	TP309	(28)(35)(39)	-325]	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2				
Type 309S A 240	A 358	8	309S	(28)(31)(35)(36)													
23Cr-12Ni pipe	A 409	8	TP309	(28)(31)(35)(36)(39)													
18Cr-8Ni	A 451	8	CPF8	(26)(28)	-425	70	30	20.0	20.0	19.8	17.5	16.4	15.7				

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(a)																		等级	Spec. No.
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
																		不锈钢 ^(a) 管材 ^(a)	
14.9	14.6	14.3	14.1	14.0	13.8	13.6	13.5	9.6	6.9	5.0	3.6	2.6	1.7	1.1	0.8	0.5	0.3	TP321	A 312 A 376
13.7	13.5	13.3	13.0	12.8	11.9	9.9	7.8	6.3	5.1	4.0	3.2	2.6	2.1	1.7	1.1	1.0	0.9	TP304L TP304L 304L	A 269 A 312 A 358
13.2	12.9	12.6	12.4	12.1	11.8	11.5	11.2	10.8	10.2	8.8	6.4	4.7	3.5	2.5	1.8	1.3	1.0	TP316L TP316L 316L	A 269 A 312 A 358
14.9	14.6	14.3	14.1	14.0	13.8	13.6	13.5	11.7	9.1	6.9	5.4	4.1	3.2	2.5	1.9	1.5	1.1	TP321 TP321 TP321H TP321H	A 312 A 376 A 312 A 376
17.4	17.1	16.8	16.3	12.8	12.4	11.8	10.4	8.4	6.4	5.0	3.7	2.9	2.3	1.7	1.3	0.9	0.8	CPH8	A 451
17.4	17.1	16.8	16.3	12.8	12.4	11.9	11.0	9.8	8.4	7.2	6.0	4.8	3.4	2.3	1.5	1.1	0.8	CPK20	A 451
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TP409	A 268
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TP430Ti	A 268
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CPF10MC	A 451
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	16-B-2H	A 376
16.5	16.2	15.7	15.1	10.4	9.7	8.4	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TP405	A 268
16.5	16.2	15.7	15.1	10.4	9.7	8.4	6.4	4.4	2.9	1.8	1.0	...	...	...	...	...	...	TP410	A 268
18.2	17.6	17.1	16.4	10.4	9.7	8.5	6.5	4.5	3.2	2.4	1.8	...	...	...	...	...	...	TP430	A 268
16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TP317L	A 312
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	7.1	5.0	3.6	2.5	1.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	TP310 310S TP310	A 312 A 358 A 409
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	9.6	6.9	5.0	3.6	2.6	1.7	1.1	0.8	0.5	0.3	TP321 321 TP321 TP321	A 312 A 358 A 376 A 409
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	10.5	8.5	6.5	5.0	3.8	2.9	2.3	1.8	1.3	0.9	0.7	TP309 309S TP309	A 312 A 358 A 409
15.3	15.1	14.9	14.8	12.9	12.7	12.3	10.8	9.5	7.4	5.8	4.4	3.2	2.4	1.8	1.3	1.0	0.8	CPFB	A 451

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	等级 Grade	注	最低温度 (°F)	规定的最低强度, ksi		最低温度													
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600								
不锈钢 (2) (续)																					
管材 (2) (续)																					
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP347	...	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3								
Type 347 A 240	A 358	8	347	(30)(36)	-425																
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 376	8	TP347	(30)(36)	-425																
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 409	8	TP347	(30)(36)	-425																
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP348	...	-325																
Type 348 A 240	A 358	8	348	(30)(36)	-325																
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 376	8	TP348	(30)(36)	-325																
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 409	8	TP348	(30)(36)	-325																
23Cr-13Ni	A 451	8	CPH10 or CPH20	(12)(14)(28)(35)(39)	-325									70	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
25Cr-20Ni pipe	A 312	8	TP310	(28)(29)(35)(39)	-325									75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
Type 310S A 240	A 358	8	310S	(28)(29)(31)(35)(36)																	
18Cr-10Ni-Cb	A 451	8	CP8C	(28)	-325	70	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3								
18Cr-10Ni-Ti pipe smls ≤ 3/8 厚; 焊接	A 312	8	TP321	(28)(30)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3								
Type 321 A 240	A 358	8	321	(28)(30)(36)																	
18Cr-10Ni-Ti pipe ≤ 3/8 in. thick	A 376	8	TP321																		
18Cr-10Ni-Ti pipe	A 409																				
18Cr-10Ni-Ti pipe ≤ 3/8 in. thick	A 376													8	TP321H	(30)(36)	-325				
18Cr-10Ni-Ti pipe smls ≤ 3/8 厚; 焊接	A 312	8	TP321H	...	-325																
16Cr-12Ni-Mo tube	A 269	8	TP316	(14)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0								
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 312	8	TP316	(26)(28)	-425																
Type 316 A 240	A 358	8	316	(26)(28)(31)(36)	-425																
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 376	8	TP316	(26)(28)(31)(36)	-425																
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 409	8	TP316	(26)(28)(31)(36)	-425																
18Cr-3Ni-3Mo pipe	A 312	8	TP317	(26)(28)	-325																
18Cr-3Ni-3Mo pipe	A 409	8	TP317	(26)(28)(31)(36)	-325																
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 376	8	TP316H	(26)(31)(36)	-325																
16Cr-12Ni-2Mo pipe	A 312	8	TP316H	(26)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0								
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 376	8	TP347H	(30)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3								
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP347	(28)										-425							
Type 347 A 240	A 358	8	347	(28)(30)(36)										-425							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 376	8	TP347	(28)(30)(36)										-425							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 409	8	TP347	(28)(30)(36)										-425							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP348	(28)										-325							
Type 348 A 240	A 358	8	348	(28)(30)(36)										-325							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 376	8	TP348	(28)(30)(36)										-325							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 409	8	TP348	(28)(30)(36)										-325							
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP347H] ...										-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3
18Cr-10Ni-Cb pipe	A 312	8	TP348H																		

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																	等级	Spec.	
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
																	不锈钢 ⁽²⁾ (续)		
																	管材 ⁽²⁾ (续)		
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	12.1	9.1	6.1	4.4	3.3	2.2	1.5	1.2	0.9	0.8	TP347 347 TP347 TP348 348 TP348 TP348	A 312 A 358 A 376 A 409 A 312 A 358 A 376 A 409
18.8	18.3	18.0	17.4	13.5	13.3	12.4	10.5	8.4	6.4	5.0	3.7	2.9	2.3	1.7	1.3	0.9	0.8	CPH10 or CPH20	A 451
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	9.8	8.5	7.3	6.0	4.8	3.5	2.3	1.6	1.1	0.8	TP310 310S	A 312 A 358
18.0	17.5	17.2	17.1	14.0	13.9	13.7	13.4	13.0	10.8	8.0	5.0	3.5	2.7	2.0	1.4	1.1	1.0	CF8C	A 451
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	11.7	9.1	6.9	5.4	4.1	3.2	2.5	1.9	1.5	1.1	TP321 321 TP321 TP321 TP321H TP321H	A 312 A 358 A 376 A 409 A 376 A 312
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	TP316 TP316 316 TP316 TP316 TP317 TP317 TP316H	A 269 A 312 A 358 A 376 A 409 A 312 A 409 A 376
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	TP316H	A 312
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.9	4.4	3.2	2.5	1.8	1.3	TP347H TP347 347 TP347 TP348 348 TP348 TP348	A 376 A 312 A 358 A 376 A 409 A 312 A 358 A 376 A 409
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.9	4.4	3.2	2.5	1.8	1.3	TP347H TP348H	A 312 A 312

04

表A-1(续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	等级 Grade	注	最低温度 (2) °F	规定的最低强度, ksi		最低温度					
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600
不锈钢 (3) (续)													
管材 (2) (续)													
18Cr-8Ni tube	A 269	8	TP304	(14)(26)(28)(31)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4
18Cr-8Ni pipe	A 312	8	TP304	(26)(28)	-425								
Type 304 A 240	A 358	8	304	(26)(28)(31)(36)	-425								
18Cr-8Ni pipe	A 376	8	TP304	(20)(26)(28)(31)(36)	-425								
18Cr-8Ni pipe	A 376	8	TP304H	(26)(31)(36)	-325								
18Cr-8Ni pipe	A 409	8	TP304	(26)(28)(31)(36)	-425								
18Cr-8Ni pipe	A 312	8	TP304H	(26)	-325								
18Cr-10Ni-Mo	A 451	8	CPF8M	(26)(28)	-425								
20Cr-Cu tube	A 268	10	TP443	} (35)	-20	70	40	23.3	23.3	21.4	20.4	19.4	18.4
27Cr tube	A 268	10I	TP446										
24Cr-9Ni-N	A 451	8	CPE20N	(35)(39)	-325	80	40	26.7	26.2	24.9	23.3	22.0	21.4
23Cr-4Ni-N	A 789	} 10H	S32304	(25)	-60	87	58	29.0	27.9	26.3	25.3	24.9	24.5
23Cr-4Ni-N	A 790												
12 $\frac{1}{2}$ Cr	A 426	6	CPCA-15	(10)(35)	-20	90	65	30.0	...	...	...	...	...
22Cr-5Ni-3Mo	A 789	} 10H	S31803	(25)	-60	90	65	30.0	30.0	28.9	27.9	27.2	26.9
22Cr-5Ni-3Mo	A 790												
26Cr-4Ni-Mo	A 789	} 10H	S32900	(25)	-20	90	70	30.0	...	...	...	...	...
26Cr-4Ni-Mo	A 790												
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 789	} S-10H	S32760	(25)	-60	109	80	36.3	35.9	34.4	34.0	34.0	34.0
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 790												
25Cr-7Ni-4Mo-N	A 789	} 10H	S32750	(25)	-20	116	80	38.7	35.0	33.1	31.9	31.4	31.2
25Cr-7Ni-4Mo-N	A 790												
24Cr-17Ni-6Mn-4 $\frac{1}{2}$ Mo-N	A 358													S-8	S34565	(36)	325	115	60	38.3	38.1	35.8	34.5	33.8	33.2
板材和薄板													
18Cr-10Ni	A 240	8	305	(26)(36)(39)	-325	70	25	16.7	...	...	...	...	...
12Cr-Al	A 240	7	405	(35)	-20	60	25	16.7	15.3	14.8	14.5	14.3	14.0
18Cr-8Ni	A 240	8	304L	(36)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.6	14.8	14.0
16Cr-12Ni-2Mo	A 240	8	316L	(36)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.5	14.4	13.5
18Cr-Ti-Al	A 240	...	X8M	(35)	-20	65	30	20.0	...	...	...	...	...
18Cr-8Ni	A 167	S-8	302B	(26)(28)(31)(36)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.4	16.4
18Cr-Ni	A 240	8	302	(26)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.4	16.4
13Cr	A 240	7	410S	(35)(50)	-20	60	30	20.0	18.4	17.7	17.4	17.2	16.8
13Cr	A 240	6	410	(35)	-20	65	30	20.0	18.4	17.7	17.4	17.2	16.8
15Cr	A 240	6	429	} (35)	-20	65	30	20.0	18.4	17.7	17.4	17.2	16.8
17Cr	A 240	7	430										

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																	等级	Spec.	
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
																	不锈钢 ⁽²⁾ (续)		
																	管材 ⁽²⁾ (续)		
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.6	14.4	13.8	12.2	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	TP304 TP304 304 TP304 TP304H TP304 TP304H	A 269
																			A 312
																			A 358
																			A 376
																			A 376
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.6	14.4	13.8	12.2	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	TP304	A 409
16.7	16.2	15.8	15.5	14.7	14.4	14.0	13.4	11.4	9.3	8.0	6.8	5.3	4.0	3.0	2.3	1.9	1.4	TP304H	A 312
																		CP8M	A 451
18.0	17.5	16.9	16.2	15.1	13.0	6.9	4.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	TP443	A 268
																		TP446	A 268
21.3	21.2	21.1	21.0	20.8	20.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CPE20N	A 451
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32304	A 789
																			A 790
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CPCA-15	A 426
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S31803	A 789
																			A 790
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32900	A 789
																			A 790
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32760	A 789
																			A 790
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32750	A 789
33.1	32.7	32.4	32.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S34565	A 790
																			A 358
																	板材和薄板		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	305	A 240
13.8	13.5	11.6	11.1	10.4	9.6	8.4	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	405	A 240
13.7	13.5	13.3	13.0	12.8	11.9	9.9	7.8	6.3	5.1	4.0	3.2	2.6	2.1	1.7	1.1	1.0	0.9	304L	A 240
13.2	12.9	12.6	12.4	12.1	11.8	11.5	11.2	10.8	10.2	8.8	6.4	4.7	3.5	2.5	1.8	1.3	1.0	316L	A 240
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	X8M	A 240
16.1	15.9	15.6	15.2	14.9	14.3	13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	302B	A 167
16.1	15.9	15.6	15.2	14.9	14.6	14.3	13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	302	A 240
16.5	16.2	15.7	15.1	10.4	9.6	8.4	6.4	4.4	2.9	1.7	1.0	...	...	...	...	...	...	410S	A 240
16.5	16.2	15.7	15.1	11.2	10.4	8.8	6.4	4.4	2.9	1.7	1.0	...	...	...	...	...	...	410	A 240
16.5	16.2	15.7	15.1	11.2	10.4	9.2	9.5	4.5	3.2	2.4	1.7	...	...	...	...	...	...	429	A 240
																		430	A 240

04

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (5)	等级 Grade	注	最低温度 (6) °F	规定的最低强度, ksi		最低温度					
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600
不锈钢 (3)(4) (续)													
板材和薄板 (续)													
18Cr-13Ni-3Mo	A 240	8	317L	(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.9	17.7	16.8
25Cr-20Ni	A 167	S-8	310	(28)(35)(36)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
25Cr-20Ni	A 240	8	310S	(28)(35)(36)									
18Cr-10Ni-Ti	A 240	8	321	(30)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3
20Cr-10Ni	A 167	S-8	308	(6)(26)(31)(39)	-325	75	30	20.0	16.7	15.0	13.6	12.5	11.6
23Cr-12Ni	A 167	S-8	309	(12)(28)(31)(35)(36)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
23Cr-12Ni	A 240	8	309S	(28)(35)(36)									
18Cr-10Ni-Cb	A 240	8	347	(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3
18Cr-10Ni-Cb	A 240	8	348	(36)									
25Cr-20Ni	A 167	S-8	310	(28)(29)(35)(36)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
25Cr-20Ni	A 240	8	310S	(28)(29)(35)(36)									
18Cr-10Ni-Ti	A 240	8	321	(28)(30)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3
18Cr-10Ni-Ti	A 240	8	321H	(36)									
16Cr-12Ni-2Mo	A 240	8	316	(26)(28)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0
18Cr-13Ni-3Mo	A 240	8	317	(26)(28)(36)									
18Cr-10Ni-Cb	A 167	8	347	(28)(30)(36)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3
18Cr-10Ni-Cb	A 240	8	347	(28)(36)									
18Cr-10Ni-Cb	A 167	8	348	(28)(30)(36)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3
18Cr-10Ni-Cb	A 240	8	348	(28)(36)									
18Cr-8Ni	A 240	8	304	(26)(28)(36)	-426	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 240	S-10H	S32760	(25)	-60	109	80	36.3	35.9	34.4	34.0	34.0	34.0
锻件和管件 (2)													
18Cr-13Ni-3Mo ≤ 5 in. thk.	A 182	8	F317L	(9)(21a)	-325	70	25	16.7	16.7	16.0	15.6	14.8	14.0
18Cr-8Ni	A 182	8	F304L	(9)(21a)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.8	14.8	14.0
18Cr-8Ni	A 403	8	WP304L	(32)(37)									
16Cr-12Ni-2Mo	A 182	8	F316L	(9)(21a)	-425	70	25	16.7	16.7	16.7	15.5	14.4	13.5
16Cr-12Ni-2Mo	A 403	8	WP316L	(32)(37)									
20Ni-8Cr	A 182	8	F10	(26)(28)(39)	-325	80	30	20.0	...	...	...	...	...
18Cr-13Ni-3Mo	A 403	8	WP317L	(32)(37)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.9	17.7	16.8
25Cr-20Ni	A 182	8	F310	(9)(21)(28)(35)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2
25Cr-20Ni	A 403	8	WP310	(28)(32)(35)(37)(39)									

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																	等级	Spec.	
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
																	不锈钢 ^{(3) (4)} (续)		
																	板材和薄板 (续)		
16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	317L	A 240
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	7.1	5.0	3.6	2.5	1.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	[310 310S	[A 167 A 240
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	9.6	6.9	5.0	3.6	2.6	1.7	1.1	0.8	0.5	0.3	321	A 240
11.2	10.8	10.4	10.0	9.7	9.4	9.1	8.8	8.5	7.5	5.7	4.5	3.2	2.4	1.8	1.4	1.0	0.7	308	A 167
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	10.5	8.5	6.5	5.0	3.8	2.9	2.3	1.8	1.3	0.9	0.7	[309 309S	[A 167 A 240
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	13.0	12.1	9.1	6.1	4.4	3.3	2.2	1.5	1.2	0.9	0.8	[347 348	[A 240 A 240
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	9.8	8.5	7.3	6.0	4.8	3.5	2.3	1.6	1.1	0.8	[310 310S	[A 167 A 240
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	11.7	9.1	6.9	5.4	4.1	3.2	2.5	1.9	1.5	1.1	[321 321H	[A 240 A 240
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	[316 317	[A 240 A 240
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.9	4.9	3.2	2.5	1.8	1.3	[347 347 348 348	[A 167 A 240 A 167 A 240
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.6	14.4	13.8	12.2	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	304	A 240
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32760	A 240
																	锻件和管件 ⁽²⁾		
13.8	13.5	13.2	13.0	12.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	F317L	A 182
13.7	13.5	13.3	13.0	12.8	11.9	9.9	7.8	6.3	5.1	4.0	3.2	2.6	2.1	1.7	1.1	1.0	0.9	[F304L WP304L	[A 182 A 403
13.2	12.9	12.6	12.4	12.1	11.8	11.5	11.2	10.8	10.2	8.8	6.4	4.7	3.5	2.5	1.8	1.3	1.0	[F316L WP316L	[A 182 A 403
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	F10	A 182
16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	WP317L	A 403
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	7.1	5.0	3.6	2.5	1.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.2	[F310 WP310	[A 182 A 403

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	注	最低温度 (b) °F	规定的最低强度, ksi		最低温度														
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600									
不锈钢 (c) (d) (续)																						
锻件和管件 (续)																						
18Cr-10Ni-Ti	A 182	8	F321	(9)(21)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3									
18Cr-10Ni-Ti	A 403	8	WP321	(32)(37)	-325																	
23Cr-12Ni	A 403	8	WP309	(28)(32)(35)(37)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2									
25Cr-20Ni	A 182	8	F310	(9)(21)(28)(29)(35)(39)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2									
25Cr-20Ni	A 403	8	WP310	(28)(29)(32)(35)(37)(39)	-325																	
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F347	(9)(21)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3									
18Cr-10Ni-Cb	A 403	8	WP347	(32)(37)	-425																	
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F348	(9)(21)	-325																	
18Cr-10Ni-Cb	A 403	8	WP348	(32)(37)	-325																	
18Cr-10Ni-Ti	A 182	8	F321	(9)(21)(28)(30)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.3	18.3									
18Cr-10Ni-Ti	A 182	8	F321H	(9)(21)																		
18Cr-10Ni-Ti	A 403	8	WP321	(28)(30)(32)(37)																		
18Cr-10Ni-Ti	A 403	8	WP321H	(32)(37)																		
16Cr-12Ni-2Mo	A 403	8	WP316H	(26)(32)(37)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0									
16Cr-12Ni-2Mo	A 182	8	F316H	(9)(21)(26)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0									
18Cr-10Ni-Cb	A 403	8	WP347H	(32)(37)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3									
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F347	(9)(21)(28)	-425																	
18Cr-10Ni-Cb	A 403	8	WP347	(28)(32)(37)	-425																	
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F348	(9)(21)(28)	-325																	
18Cr-10Ni-Cb	A 403	8	WP348	(28)(32)(37)	-325																	
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F347H	(9)(21)	-325									75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	19.3	
18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F348H																			
16Cr-12Ni-2Mo	A 182	8	F316	(9)(21)(26)(28)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	19.3	17.9	17.0									
16Cr-12Ni-2Mo	A 403	8	WP316	(26)(28)(32)(37)	-425																	
18Cr-13Ni-3Mo	A 403	8	WP317	(26)(28)(32)	-325																	
18Cr-8Ni	A 182	8	F304	(9)(21)(26)(28)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4									
18Cr-8Ni	A 403	8	WP304	(26)(28)(32)(37)	-425																	
18Cr-8Ni	A 403	8	WP304H	(26)(32)(37)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4									
18Cr-8Ni	A 182	8	F304H	(9)(21)(26)	-325																	
13Cr	A 182	6	F6a CL 1	(35)	-20	70	40	23.3	23.3	22.6	22.4	22.0	21.5									
13Cr	A 182	6	F6a CL 2	(35)	-20	85	55	28.3	28.3	27.8	27.2	26.8	26.1									
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 182	S-10H	S32760	(25)	-60	109	80	36.3	35.9	34.4	34.0	34.0	34.0									
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 815																					
13Cr	A 182	S-6	F6a CL 3	(35)	-20	110	85	36.6	...	...	...	...	...				
13Cr-1/2Mo	A 182	6	F6b	(35)	...	110-135	90	36.6	...	...	...	...	...				
13Cr	A 182	S-6	F6a CL 4	(35)	-20	130	110	43.3	...	...	...	...	...				

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽⁹⁾																	等级	Spec.		
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.	
																	不锈钢 ⁽³⁾⁽⁴⁾ (续) 锻件和管件(续)			
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	9.6	6.9	5.0	3.6	2.6	1.7	1.1	0.8	0.5	0.3	F321 WP321	A 182 A 403	
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	10.5	8.5	6.5	5.0	3.8	2.9	2.3	1.7	1.3	0.9	0.7		WP309	A 403
18.8	18.3	18.0	17.5	14.6	13.9	12.5	11.0	9.8	8.7	7.3	6.0	4.8	3.5	2.3	1.6	1.1	0.8	F310 WP310	A 182 A 403	
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	12.1	9.1	6.1	4.4	3.3	2.2	1.5	1.2	0.9	0.8		F347 WP347 F348 WP348	A 182 A 403 A 182 A 403
17.9	17.5	17.2	16.9	16.7	16.6	16.4	16.2	11.7	9.1	6.9	5.4	4.1	3.2	2.5	1.9	1.5	1.1	F321 F321H WP321 WP321H	A 182 A 182 A 403 A 403	
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3		WP316H	A 403
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	F316	A 182	
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.9	4.4	3.2	2.5	1.8	1.3	WP347H F347 WP347 F348 WP348	A 403 A 182 A 403 A 182 A 403	
19.0	18.6	18.5	18.4	18.2	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.9	4.4	3.2	2.5	1.8	1.3		F347H F348H	A 182 A 182
16.7	16.3	16.1	15.9	15.7	15.5	15.4	15.3	14.5	12.4	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3	F316 WP316 WP317	A 182 A 403 A 403	
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.6	14.4	13.8	12.2	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4		F304 WP304	A 182 A 403
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.6	14.4	13.8	12.2	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	WP304H F304H	A 403 A 182	
21.1	20.6	19.9	19.1	11.2	10.4	8.8	6.4	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		F6a Cl. 1	A 182
25.7	25.0	24.4	23.2	14.4	12.3	8.8	6.4	4.4	2.9	1.8	1.0	...	...	...	...	...	...	F6a Cl. 2	A 182	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32760	A 182
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	S32760	A 815
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	F6a Cl. 3	A 182
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	F6b	A 182
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	F6a Cl. 4	A 182

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	注	最低温度 (c) F	规定的最低强度, ksi		最低温度															
						抗拉	屈服	至 100	200	300	400	500	600										
不锈钢 ^{(b)(4)} (续)																							
棒材																							
18Cr-8Ni	A 479	8	304	(26)(28)(31)	-425	75	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.5	16.4										
铸件 ⁽²⁾																							
28Ni-20Cr-2Mo-3Cb	A 351	45	CN7M	(9)(30)	-325	62	25	16.6	...	...	...	...	...					
35Ni-15Cr-Mo	A 351	S-45	HT30	(36)(39)	-325	65	28	18.6	...	...	...	...	...					
25Cr-13Ni	A 351	8	CF8	(9)(31)	-325	65	28	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6										
25Cr-20Ni	A 351	8	CF8M	(9)(27)(31)(35)(39)	-325	65	28	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6										
15Cr-15Ni-2Mo-Cb	A 351	S-8	CF10MC	(30)	-325	70	30	20.0	...	...	...	...	...					
18Cr-8Ni	A 351	8	CF3	(9)	-425	70	30	20.0	20.0	19.7	17.6	16.4	15.6										
17Cr-10Ni-2Mo	A 351	8	CF3M	(9)	-425	70	30	20.0	18.0	17.4	16.6	16.0	15.4										
18Cr-8Ni	A 351	8	CF8	(9)(26)(27)(31)	-425	70	30	20.0	20.0	20.0	18.7	17.4	16.4										
25Cr-13Ni	A 351	S-8	CH10	(27)(31)(35)	-325	70	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2									
25Cr-13Ni	A 351	8	CH20	(9)(27)(31)(35)(39)																			
20Cr-10Ni-Cb	A 351	8	CF8C	(9)(27)(30)	-325	70	30	20.0	20.0	20.0	19.3	18.6	18.5										
18Cr-10Ni-2Mo	A 351	8	CF8M	(9)(26)(27)(30)	-425	70	30	20.0	20.0	20.0	19.4	18.1	17.1										
25Cr-20Ni	A 351	S-8	HK40	(35)(36)(39)	-325	62	35	20.6	...	...	...	...	...					
25Cr-20Ni	A 351	8	HK30	(35)(39)	-325	65	35	21.6	...	...	...	...	...					
18Cr-8Ni	A 351	8	CF3A	(9)(56)	-425	77	35	23.3	23.3	22.6	21.8	20.5	19.3										
18Cr-8Ni	A 351	8	CF8A	(9)(26)(56)																			
25Cr-10Ni-N	A 351	8	CE20N	(35)(39)																			
12Cr	A 217	6	CA15	(35)	-20	90	65	30.0	21.5	20.8	20.0	19.3	18.8										
24Cr-10Ni-Mo-N	A 351	10H	CE8MN	(9)	-60	95	65	31.7	31.6	29.3	28.2	28.2	28.2										
25Cr-8Ni-3Mo-W-Cu-N	A 351	S-20H	CD3M-W-Cu-N	(9)(25)	-60	100	65	33.3	33.3	31.9	31.9	31.1	31.1										
13Cr-4Ni	A 487	6	CA6NM CI A	(9)(35)	-20	110	80	36.7	36.7	35.4	35.0	34.4	33.7										

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																		等级	Spec.	
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.	
																		不锈钢 ⁽²⁾⁽⁴⁾ (续)		
																		棒材		
16.2	16.0	15.6	15.2	14.9	14.7	14.4	14.1	12.4	9.8	7.7	6.1	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	304	A 479	
																		铸件 ⁽²⁾		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CN7M	A 351
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	HT30	A 351
18.0	17.1	16.7	16.4	12.7	12.5	11.7	10.5	8.5	6.5	5.5	3.7	2.9	2.0	1.7	1.2	0.9	0.7	CH8	A 351	
17.5	17.1	16.7	16.4	12.7	12.5	11.9	11.0	9.7	8.5	7.2	6.0	4.7	3.5	2.4	1.6	1.1	0.7	CK20	A 351	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CF10MC	A 351
15.2	15.1	14.9	14.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CF3	A 351
15.0	14.6	14.4	14.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CF3M	A 351
16.1	15.9	15.5	15.1	14.4	14.2	13.9	12.2	9.5	7.5	6.0	4.8	3.9	3.3	2.7	2.3	2.0	1.7	CF8	A 351	
18.7	18.2	18.0	17.5	13.6	13.2	12.5	10.5	8.5	8.5	5.0	3.7	2.9	2.0	1.7	1.2	0.9	0.7	CH10	A 351	
...	CH20	A 351
18.4	18.2	18.2	18.2	18.1	18.1	18.1	18.0	17.1	14.2	10.5	7.9	5.4	4.4	3.2	2.5	1.8	1.3	CF8C	A 351	
16.7	16.2	15.7	15.6	14.7	14.5	14.0	13.1	11.5	9.4	8.0	6.7	5.2	4.0	3.0	2.4	1.9	1.5	CF8M	A 351	
...	HK40	A 351
...	HK30	A 351
18.9	17.6	CF3A	A 351
21.3	21.2	21.1	21.0	20.8	20.5	CF8A	A 351
...	CE20N	A 351
18.4	18.1	17.5	16.8	14.9	11.0	7.6	5.0	3.3	2.3	1.5	1.0	...	...	...	...	...	...	CA15	A 217
...	CE8MN	A 351
...	CD3M- W-Cu-N	A 351
33.2	32.6	CA6NM CL A	A 487

表A-1(续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (43)(46)	级 Class	状态	规格范围, in	注	最低温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低强度, ksi		
								抗拉	屈服	
铜和铜合金 管材 ⁽²⁾										
Cu pipe	B 42	31	C10200, C12000, C12200	061	...	...	-452	30	9
Cu tube	B 75	31	C10200, C12000, C12200	050, 060	...	...		
Cu tube	B 68	S-31	C12200	050, 060	...	(24)				
Cu tube	B 88				...	(24)				
Cu tube	B 280				S-31	C12200	060	...	(24)	
红黄铜 pipe	B 43	32	C23000	061	...	...	-452	40	12
90Cu-10Ni	B 467	34	C70600	W050, W061	> 4.5 O.D.	(14)	-452	38	13	
90Cu-10Ni	B 466	34	C70600	Annealed	...		(14)	-452	40	15
90Cu-10Ni	B 467	34	C70600	W050, W061	≤ 4.5 O.D.		(14)	-452	45	15
70Cu-30Ni	B 467	34	C71500	W050, W061	> 4.5 O.D.		(14)	-452	45	16
80Cu-20Ni	B 466	34	C71000	Annealed	≤ 4.5 O.D.	(14)	-452	45	16	
Cu pipe	B 42	31	C10200, C12000, C12200	H55	NPS 2½ thru 12	(14)(34)	-452	36	30	
Cu tube	B 75	31	C10200, C12000, C12200	H58	...					
Cu tube	B 88	S-31	C12200	H55	...					(14)(24) (34)
70Cu-30Ni	B 466	34	C71500	060	...	(14)	-452	52	18	
70Cu-30Ni	B 467	34	C71500	W050, W061	≤ 4.5 O.D.	(14)	-452	50	20	
Cu pipe	B 42	31	C10200, C12000, C12200	H80	NPS ½ thru 2	(14)(34)	-452	45	40	
Cu tube	B 75	31	C10200, C12000, C12200	H80	...					
板材和薄板										
Cu	B 152	31	C10200, C10400, C10500, C10700, C12200, C12300	025	...	(14)(24)	-452	30	10	
90Cu-10Ni	B 171	34	C70600	...	≤ 2.5 thk.	(14)	-452	40	15	
Cu-Si	B 96	33	C65500	061	...	...	-452	52	18
70Cu-30Ni	B 171	34	C71500	...	≤ 2.5 thk.	(14)	-452	50	20	
Al-青铜	B 169	35	C61400	025, 060	≤ 2.0 thk.	(13)	-452	70	30	

状态栏符号:

025=热轧退火;

050=光亮退火;

060=软化退火;

061=退火;

W050=焊接退火;

W061=焊接,全精整,退火;

H=拉拔;

H55=光亮拉拔;

H58=一般拉拔;

H80=硬化拉拔。

表A-1(续)

最低 温度 至100	金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(a)													级 Class	Spec. No.			
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700						
																	铜及铜合金 管 材 ⁽²⁾	
6.0	5.1	4.8	4.8	4.7	4.0	3.0	1.5	0.8	...	...	...	...	...	...	...	...	[ C10200, C12000, C12200 C10200, C12000, C12200 C12200 C12200 C12200	B 42 B 75 B 68 B 88 B 280
8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	5.0	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C23000	B 43
8.7	8.4	8.3	8.0	7.8	7.7	7.6	7.5	7.3	7.0	6.0	...	...	...	...	...	...	[ C70600 C70600 C70600 C71500 C71000	B 467 B 466 B 467 B 467 B 466
10.0	9.7	9.5	9.3	9.0	8.7	8.7	8.6	8.0	7.0	6.0	...	...	...	...	...	...	[ C10200, C12000, C12200 C10200, C12000, C12200 C12200	B 42 B 75 B 88
10.0	9.6	9.5	9.2	9.1	8.8	8.6	8.4	8.2	8.1	8.0	7.9	7.8	...	...	...	...	C71500	B 466
10.7	10.6	10.5	10.4	10.3	10.1	9.9	9.6	9.3	8.9	8.4	7.7	7.0	...	...	...	...	C71500 C71500	B 467 B 467
12.0	12.0	12.0	12.0	11.6	11.4	10.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	[ C10200, C12000, C12200 C10200, C12000, C12200 C12200	B 42 B 75 B 88
12.0	11.6	11.3	11.0	10.8	10.6	10.3	10.1	9.9	9.8	9.6	9.5	9.4	...	...	...	...	C71500	B 466
13.3	12.7	12.3	12.1	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	10.4	...	...	...	...	C71500	B 467
15.0	15.0	15.0	15.0	14.7	13.7	4.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	[ C10200, C12000, C12200 C10200, C12000, C12200	B 42 B 75
																	板材和薄板	
6.7	5.8	5.5	5.2	5.1	4.0	3.0	1.5	0.8	...	...	...	...	...	...	...	...	C10200, C10400, C10500, C10700, C12200, C12300	B 152
10.0	9.7	9.5	9.3	9.0	8.7	8.7	8.6	8.0	7.0	6.0	...	...	...	...	...	...	C70600	B 171
12.0	12.0	11.9	11.7	10.0	5.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65500	B 96
13.3	12.7	12.3	12.1	11.8	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.1	10.4	...	...	...	...	C71500	B 171
20.0	20.0	19.9	19.8	19.6	19.4	19.2	19.1	19.0	...	...	...	...	...	...	...	...	C61400	B 169

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ^{(9) (46)}	级 Class	状态	规格范围, in	注	最低温度 ⁽⁹⁾ °F	规定的最低强度, ksi	
								抗拉	屈服
铜及铜合金(续)									
锻件									
			海军黄铜						
Cu	B 283	S-31	C11000	...	...	(14)	-452	33	11
高Si青铜(A)	B 283	S-33	C65500	...	...	(14)	-452	52	18
锻造黄铜	B 283	a	C37700	...	...	(14)	-325	58	23
加铅海军黄铜	B 283	a	C48500	...	...	(14)	-325	62	24
海军黄铜	B 283	S-32	C46400	...	...	(14)	-425	64	26
Mn-青铜(A)	B 283	S-32	C67500	...	...	(14)	-325	72	34
铸件 ⁽²⁾									
复合青铜	B 62	a	C83600	...	...	(9)	-325	30	14
加铅 Ni-青铜	B 584	a	C97300	...	...	...	-325	30	15
加铅 Ni-青铜	B 584	a	C97600	...	...	...	-325	40	17
加铅 Sn-青铜	B 584	a	C92300	...	...	...	-325	36	16
加铅 Sn-青铜	B 584	a	C92200	...	...	...	-325	34	16
Steam 青铜	B 61	a	C92200	...	...	(9)	-325	34	16
Sn-青铜	B 584	b	C90300	...	...	...	-325	40	18
Sn-青铜	B 584	b	C90500	...	...	...	-325	40	18
加铅 Mn-青铜	B 584	a	C86400	...	...	(9)	-325	60	20
加铅 Ni-青铜	B 584	a	C97800	...	...	...	-325	50	22
No. 1 Mn-青铜	B 584	b	C86500	...	...	...	-325	65	25
Al-青铜	B 148	S-35	C95200	...	...	(9)	-425	65	25
Al-青铜	B 148	S-35	C95300	...	...	...
Si-Al-青铜	B 148	S-35	C95600	...	...	...
Al-青铜	B 148	S-35	C95400	...	...	...
Mn-青铜	B 584	a	C86700	...	...	...	-325	80	32
Al-青铜	B 148	S-35	C95500	...	...	...	-452	90	40
高强度 Mn-青铜	B 584	b	C86200	...	...	...	-325	90	45
高强度 Mn-青铜	B 584	b	C86300	...	...	...	-325	110	60

表A-1(续)

最低 温度 至100	金属温度为°F时的基本许用应力 S , ksi ⁽¹⁾													级 Class	Spec. No.		
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700					
																	铜和铜合金 (续) 锻件
7.3	6.7	6.5	6.3	5.0	3.8	2.5	1.5	0.8	...	...	...	...	...	C11000	B 283	
12.0	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0	2.0	...	...	...	...	...	...	...	C65500	B 283	
15.3	12.5	12.0	11.2	10.5	7.5	2.0	...	...	...	...	...	...	...	C37700	B 283	
16.0	15.2	15.0	14.1	13.0	8.5	2.0	...	...	...	...	...	...	...	C48500	B 283	
17.3	15.8	15.3	14.2	13.0	9.0	2.0	...	...	...	...	...	...	...	C46400	B 283	
22.7	12.9	12.0	11.2	10.5	7.5	2.0	...	...	...	...	...	...	...	C67500	B 283	
																铸件 ⁽²⁾	
9.4	9.4	9.4	9.4	9.1	8.9	8.6	8.5	...	...	...	...	...	...	C83600	B 62	
10.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C97300	B 584	
10.0	7.5	7.3	6.9	6.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C97600	B 584	
10.6	9.0	9.0	9.0	8.5	8.0	7.0	...	...	...	...	...	...	...	C92300	B 584	
10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.3	...	...	...	...	...	...	...	C92200	B 584	
10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.3	9.6	9.0	6.3	...	...	...	...	C92200	B 61	
12.0	10.0	9.5	9.3	8.5	8.0	7.0	...	...	...	...	...	...	...	C90300	B 584	
12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.0	...	...	...	...	...	...	...	C90500	B 584	
13.3	12.8	12.0	11.3	10.5	7.5	...	...	...	...	...	...	...	...	C86400	B 584	
14.6	10.4	9.4	8.5	7.5	7.0	...	...	...	...	...	...	...	...	C97800	B 584	
16.6	14.8	13.4	12.0	10.5	7.5	...	...	...	...	...	...	...	...	C86500	B 584	
16.3	15.7	15.2	14.7	14.5	14.2	14.2	14.2	14.2	11.7	7.4	...	...	...	C95200	B 148	
18.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C95300	B 148	
20.0	18.8	18.0	17.3	16.3	15.6	14.8	12.9	11.0	...	...	...	...	...	C95600	B 148	
														C95400	B 148		
21.3	17.5	15.3	12.9	10.5	7.5	...	...	...	...	...	...	...	...	C86700	B 584	
26.6	22.5	21.0	19.5	18.0	16.5	15.0	13.5	12.0	...	...	...	...	...	C95500	B 148	
30.0	19.5	17.3	16.5	10.5	7.5	...	...	...	...	...	...	...	...	C86200	B 584	
36.6	23.3	19.0	14.8	10.5	7.5	...	...	...	...	...	...	...	...	C86300	B 584	

材料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. ⁽¹⁾	UNS No.	级 Class	规格范围, in	注	最低温度 ⁽⁶⁾ F	规定的最低强度, ksi		最低温度至 100	200	300	400	500	600	650	700	750	
								抗拉	屈服										
镍及镍合金 ⁽⁴⁾																			
管材 ⁽²⁾																			
低 C-Ni	B 161	41	N02201	Annealed	> 5 O.D.	...	-325	50	10	6.7	6.4	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.1	
低 C-Ni	B 725	S41																	
Ni	B 161	41	N02200	Annealed	> 5 O.D.	...	-325	55	12	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	...	...	...
Ni	B 725	S41																	
低 C-Ni	B 161	41	N02201	Annealed	≤ 5 O.D.	...	-325	50	12	8.0	7.7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4	7.3	
低 C-Ni	B 725	S41																	
Ni	B 161	41	N02200	Annealed	≤ 5 O.D.	...	-325	55	15	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	...	...	...
Ni	B 725	S41																	
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Annealed	> 5 O.D.	...	-325	70	25	16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.0	
Ni-Cu	B 725	S42																	
Ni-Fe-Cr	B 407	45	N08800	H.F. or H.F. ann.	> 5 O.D.	...	(76)	-325	65	25	16.7	16.7	16.7	15.8	14.9	14.6	14.4	14.3	14.2
Ni-Cr-Fe	B 167	43																	
Ni-Fe-Cr	B 407	45	N08810	C.D. sol. ann. or H.F. ann.	...	(62)(76)	-325	65	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.5	16.0	15.7	15.4	
Ni-Fe-Cr	B 514	45																	
Ni-Fe-Cr	B 407	45	N08811	C.D. sol. ann. or H.F. ann.	...	(62)(76)	-325	65	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.5	16.0	15.7	15.4	
Ni-Fe-Cr	B 407	45																	
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Annealed	≤ 5 O.D.	...	-325	70	28	18.7	16.4	15.4	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.6
Ni-Cu	B 725	S42																	
Ni-Fe-Cr-Mo	B 619	45	N08320	Sol. ann.	...	(76)	-325	75	28	18.7	18.7	18.6	17.9	17.6	17.5	17.5	17.5	17.4	
Ni-Fe-Cr-Mo	B 622	45																	
低 C-Ni	B 161	41	N02201	Str. rel.	...	...	-325	60	30	20.0	15.0	15.0	14.8	14.7	14.2	...	...	...
低 C-Ni	B 725	S41																	
Ni-Fe-Cr	B 514	45	N08800	Annealed	...	(76)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Ni-Fe-Cr	B 514	45																	
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	H.F. or H.F. ann.	≤ 5 O.D.	...	-325	80	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Ni-Cr-Fe	B 167	43																	
Ni-Fe-Cr	B 407	45	N08800	C.D. ann.	...	(61)	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Ni-Fe-Cr	B 407	45																	
Ni	B 161	41	N02200	Str. rel.	...	...	-325	65	40	21.6	16.3	16.3	16.3	16.0	15.4	...	...	...
Ni	B 725	S41																	
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb	B 464	45	N08020	Annealed	...	(76)	-325	80	35	23.3	20.0	19.8	19.4	19.3	19.3	19.2	19.2	19.2	
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb	B 729	45																	
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 423	45	N08825	C.D. ann.	...	...	-325	85	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.2
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 705	45																	
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 619	45	N06007	Sol. ann.	...	(76)	-325	90	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.5	22.3	22.0	
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 622	45																	
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	C.D. ann.	≤ 5 O.D.	...	-325	80	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	
Ni-Cr-Fe	B 517	43																	
Ni-Mo-Cr	B 619	44	N06455	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	40	26.7	24.9	24.9	24.9	24.7	24.4	24.2	24.0	23.8	
Ni-Mo-Cr	B 619	44																	

级别栏缩写:
 ann: 退火
 H. R.: 热轧
 sol.: 固溶
 C. D.: 冷加工
 plt.: 板

str.: 应力
 forg.: 锻
 R.: 轧
 H. F.: 热加工
 rel.: 释放

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																	UNS	Spec.		
800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	No.	No.	
镍和镍合金 ⁽⁴⁾																			管材 ⁽²⁾ (续)	
5.9	5.8	4.5	3.7	3.0	2.4	2.0	1.5	1.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02201	B 161 B 725
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 161 B 725
7.2	5.8	4.5	3.7	3.0	2.4	2.0	1.5	1.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02201	B 161 B 725
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 161 B 725
12.7	11.8	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 165 B 725
14.0	13.2	13.1	12.9	12.8	12.7	12.7	10.0	7.0	6.0	4.6	3.6	2.8	2.1	1.7	...	...	...	N08800	B 407
16.7	16.5	15.9	15.9	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 167
15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	13.7	11.6	9.3	7.4	5.9	4.7	3.8	3.0	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	N08810	B 407 B 514	
15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	13.7	12.9	10.4	8.3	6.7	5.4	4.3	3.4	2.7	2.2	1.7	1.4	1.1	N08811	B 407	
14.2	11.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 165 B 725
17.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08320	B 619 B 622
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02201	B 161 B 725
20.0	18.3	18.2	17.9	17.6	17.0	13.0	9.8	6.6	4.6	2.0	1.6	1.1	1.0	0.6	...	...	...	N08800	B 514 B 167
20.0	19.6	16.0	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 167
20.0	18.3	18.2	17.9	17.6	17.0	13.0	9.8	6.6	4.2	2.0	1.6	1.1	1.0	0.8	...	...	...	N08800	B 407 B 161
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 725 B 464
19.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08020	B 729
23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08825	B 423 B 705
23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08825	B 705
21.8	20.2	20.0	19.5	18.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 619
21.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 622
23.3	20.0	16.0	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 167 B 517
22.9	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06455	B 619

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (5)	UNS No.	状态	规格范围, in	注	最低温度 (6) °F	规定的最低强度, ksi		最低温度																
								抗拉	屈服	至100	200	300	400	500	600	650	700									
镍及镍合金 ⁽⁴⁾ (续)																										
管材 ⁽²⁾ (续)																										
Ni-Cr-Mo-Fe	B 619	43	N06002	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	40	26.7	23.3	23.3	22.9	22.2	21.1	20.7	20.3									
Ni-Cr-Mo-Fe	B 622	43	N06002	Sol. ann.	...	(76)																				
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 619	45	N08031	Annealed	...	(76)	-325	94	40	26.7	26.7	26.6	24.8	23.2	22.1	21.8	21.2									
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 622	45	N08031	Annealed	...	(76)																				
Ni-Mo-Cr	B 622	44	N06455	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	40	26.8	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.5									
Ni-Mo-Cr	B 619	44	N10276	Sol. ann.	...	(76)																				
Ni-Mo-Cr	B 622	44	N10276	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	41	27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.4	24.7	24.0									
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Str. rel.	...	(54)																				
Ni-Cu	B 725	S42		N04400	Str. rel.	...	(54)	-325	85	55	28.3	21.2	21.2	21.0	21.0								
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 675	45	N08367	Annealed	> 3/16	(76)																				
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 690	45	N08367	Annealed	> 3/16	(76)	-325	95	45	30.0	30.0	29.9	28.6	27.7	26.2	25.6	25.1									
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 804	45	N08367	Annealed	> 3/16	(76)																				
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 675	45	N08367	Annealed	≤ 3/16	(76)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	29.6	27.7	26.2	25.6	25.1									
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 690	45	N08367	Annealed	≤ 3/16	(76)																				
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 804	45	N08367	Annealed	≤ 3/16	(76)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	28.6	27.1	26.5	25.9									
Ni-Cr-Mo	B 619	44	N06022	Sol. ann.	...	(76)																				
Ni-Cr-Mo	B 622	44	N06022	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	28.6	27.1	26.5	25.9									
低 C-Ni-Cr-Mo	B 619	44	N06059	Sol. ann.	...	(76)																				
低 C-Ni-Cr-Mo	B 622	44	N06059	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	29.6	28.1	27.5	26.7									
Ni-Mo	B 619	44	N10001	Sol. ann.	...	(76)																				
Ni-Mo	B 622	44		N10001	Sol. ann.	...	(76)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0								
Ni-Mo	B 619	44	N10665	Sol. ann.	...	(76)																				
Ni-Mo	B 622	44	N10665	Sol. ann.	...	(76)	-325	110	51	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0									
Ni-Cr-Mo-Cb	B 444	43	N06625	Annealed	...	(64)(70)																				
板材和薄板																										
低 C Ni	B 162	41	N02201	H.R. plt. ann.	...	(76)	-325	50	12	8.0	7.7	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.4									
低 C Ni	B 162	41	N02201	H.R. plt. as R.	...	(76)																				
Ni	B 162	41	N02200	H.R. plt. ann.	...	(76)	-325	55	15	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	...	...							
Ni	B 162	41	N02200	H.R. plt. as R.	...	(76)																				
Ni-Fe-Cr	B 409	45	N08810	Annealed	All	(76)	-325	65	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.0	15.7									
Ni-Fe-Cr	B 409	45	N08811	Annealed	All	(76)																				
Ni-Fe-Cr-Mo	B 620	45	N08320	Sol. ann.	All	(76)	-325	75	28	18.7	18.7	18.6	17.9	17.6	17.5	17.5	17.5									
Ni-Cu	B 127	42	N04400	H.R. plt. ann.	...	(76)																				
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 582	45	N06007	Sol. ann.	> 3/4	(76)	-325	85	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	19.2	19.0									
Ni-Fe-Cr	B 409	45	N08800	Annealed	All	(76)																				
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 424	45	N08825	Annealed	...	(76)	-325	85	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3									
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb	B 463	45	N08020	Annealed	All	(76)																				
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 582	45	N06007	Sol. ann.	≤ 3/4	(76)	-325	90	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	22.7	22.5	22.3									
Ni-Cr-Fe-Mo	B 435	43	N06002	H.R. sol. ann.	All	(76)																				
Ni-Cr-Fe	B 168	43	N06600	H.R. plt. ann.	...	(76)	-325	80	35	23.3	23.3	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2									

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽¹⁾																			UNS No.	Spec. No.
750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650		
																			镍和镍合金 ⁽⁴⁾ (续) 管材 ⁽²⁾ (续)	
20.1	19.8	19.7	19.6	19.5	19.3	19.3	17.5	14.1	11.3	9.3	7.7	6.1	4.8	3.8	3.0	...	...	...	N06002	B 619 B 622
20.9	20.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08031	B 619 B 622
26.1	25.8	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	N06455	B 622 B 619
23.5	23.0	22.6	22.3	22.1	21.8	18.5	15.0	12.2	9.8	7.8	...	...	...	...	...	...	...	...	N10276	B 622
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 165 B 725 B 675 B 690
24.7	24.3	23.9	23.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08367	B 804 B 675 B 690
24.7	24.3	23.9	23.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08367	B 804 B 619
25.5	25.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06022	B 622 B 619
26.1	25.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06059	B 622 B 619
30.0	29.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10001	B 622 B 619
34.0	34.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10665	B 622 B 619
37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	27.7	21.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06625	B 444
																			板材和薄板	
7.3	7.2	5.8	4.5	3.7	3.0	2.4	2.0	1.5	1.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02201	B 162 B 162
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 162
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 162
15.4	15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	13.7	11.6	9.3	7.4	5.9	4.7	3.8	3.0	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	N08810	B 409
15.4	15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	13.7	12.9	10.4	8.3	6.7	5.4	4.3	3.4	2.7	2.2	1.7	1.4	1.1	N08811	B 409
17.4	17.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08320	B 620
14.6	14.2	11.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 127
18.8	18.6	18.5	18.4	18.3	18.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 582
20.0	20.0	18.3	18.2	17.9	17.6	17.0	13.0	9.8	6.6	4.2	2.0	1.6	1.1	1.0	0.8	...	...	...	N08800	B 409
23.2	23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08825	B 424
19.2	19.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08020	B 463
22.0	21.8	20.3	20.0	19.5	19.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 582
15.5	15.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06002	B 435
23.3	23.3	20.0	16.0	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 168

表A-1 (续)

材料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	UNS No. or Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 (9) F	规定的最低强度, ksi		最低温度																
								抗拉	屈服	至100	200	300	400	500	600	650	700									
镍及镍合金 ⁽⁴⁾ (续)																										
板材和薄板 ⁽²⁾ (续)																										
Ni-Cr-Fe	B 168	43	N06600	H.R. plt. as R.	...	...	-325	85	35	23.3	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2				
Ni-Cu	B 127	42	N04400	H.R. plt. as R.	...	...	-325	75	40	25.0	23.5	21.9	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2				
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 625	...	N08031	Annealed	All	...	-325	94	40	26.7	26.7	26.6	24.8	23.2	22.1	21.8	21.2	21.2	21.2	21.2						
低 C-Ni-Mo-Cr	B 575	44	N06455	Sol. ann.	All	...	-325	100	40	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.5						
低 C-Ni-Mo-Cr	B 575	44	N10276	Sol. ann.	All	...	-325	100	41	27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.4	24.7	24.0	24.0	24.0	24.0						
Ni-Cr-Mo-Cb	B 443	43	N06625	Annealed plt.	All	(64)(70)	-325	110	55	36.7	36.7	36.7	36.7	35.6	34.8	34.6	34.3	34.3	34.3	34.3						
Ni-Cr-Mo-Cb	B 575	44	N06022	Sol. ann. sheet	< 3/16	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	28.6	27.1	26.5	25.9	25.9	25.9	25.9						
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 688	45	N08367	Annealed	> 3/16	...	-325	95	45	30.0	30.0	29.9	28.6	27.7	26.2	25.6	25.1	25.1	25.1	25.1						
Fe-Ni-Cr-Mo-Cu-N	B 688	45	N08367	Annealed	≤ 3/16	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	29.6	27.7	26.2	25.6	25.1	25.1	25.1	25.1						
低 C-Ni-Cr-Mo	B 575	...	N06059	Sol. ann.	All	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	29.6	28.1	27.5	26.7	26.7	26.7	26.7						
Ni-Mo	B 333	44	N10001	Sol. ann. plt.	≥ 3/16 ≤ 2 1/2	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0						
Ni-Fe-Cr-Mo	B 688	45	N08367	Annealed	< 3/16	...	-325	104	46	30.7	30.7	30.7	30.6	28.2	26.9	26.1	25.7	25.7	25.7	25.7						
Ni-Mo	B 333	44	N10001	Sol. ann. sheet	< 3/16	...	-325	115	50	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3						
Ni-Mo	B 333	44	N10665	Sol. ann.	All	...	-325	110	51	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0						
锻件和管件 ⁽²⁾																										
低 C-Ni	B 160	41	N02201	Annealed	All	(9)(9a)	-325	50	10	6.7	6.4	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2						
低 C-Ni	B 366	41	N02201	...	...	(32)(74)																		
Ni	B 366	S-41	N02200	(32)(74)	-325	55	12	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0					
Ni	B 564	S-41																								
Ni	B 564	S-41	N02200	Annealed	All	(9)	-325	55	15	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0					
Ni-Fe-Cr	B 564	45	N08810	Annealed	...	(9)	-325	65	25	16.2	16.2	16.2	16.2	16.0	16.0	16.0	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7					
Ni-Fe-Cr	B 564	S-45	N08811																							
Ni-Cu	B 564	42	N04400	Annealed	...	(9)	-325	70	25	16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2					
Ni-Cu	B 366	42	N04400	...	...	(32)(74)																		
Ni-Cr-Fe	B 366	S-43	N06600	...	...	(32)(74)	-325	75	25	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7				
Ni-Fe-Cr	B 366	45	N08800	Annealed	-325	75	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0					
Ni-Fe-Cr	B 564	45	N08800	Annealed	...	(9)																				
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb	B 366	45	N08020	Annealed	-325	80	35	23.3	20.0	19.8	19.4	19.3	19.3	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2					
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb	B 462	45	N08020	Annealed	...	(9)																				

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力 S , ksi ⁽¹⁾																			UNS No. or Grade	Spec. No.
750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650		
																			镍和镍合金 ⁽⁴⁾ (续) 板材和薄板 ⁽²⁾ (续)	
21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	14.5	10.3	7.2	5.8	5.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 168
20.9	20.3	8.2	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 127
20.9	20.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08031	B 625
26.1	25.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06455	B 575
23.5	23.0	22.6	22.3	22.1	21.1	18.5	15.0	12.2	9.8	7.8	...	...	...	...	...	...	...	...	N10276	B 575
34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3	25.4	21.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06625	B 443
25.5	25.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06022	B 575
24.7	24.3	23.9	23.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08367	B 688
24.7	24.3	23.9	23.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08367	B 688
26.1	25.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06059	B 575
30.0	29.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10001	B 333
25.3	24.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08367	B 688
33.3	33.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10001	B 333
34.0	34.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10665	B 333
																			锻件和管件 ⁽²⁾	
6.1	5.9	5.8	4.8	3.7	3.0	2.4	2.0	1.5	1.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02201	B 160
																			N02201	B 366
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 366
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 564
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 564
15.4	15.3	15.1	14.8	14.6	14.4	13.7	11.6	9.3	7.4	5.9	4.7	3.8	3.0	2.4	1.9	1.5	1.2	1.0	N08810	B 564
																			N08811	B 564
13.0	12.7	11.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 564
																				B 366
16.7	16.7	16.5	15.9	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 366
20.0	20.0	18.3	18.2	17.9	17.6	17.0	13.0	9.8	6.6	4.2	2.0	1.6	1.1	1.0	0.8	...	...	...	N08800	B 366
																				B 564
19.2	19.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08020	B 366
																			N08020	B 462

04

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	UNS No. or Grade	状态	规格范围, in	注	最低 温度 (°F)	规定的最低 强度, ksi																	
								抗拉	屈服	最低 温度 至100	200	300	400	500	600	650	700								
镍及镍合金 (4) (续)																									
锻件和管件 (2) (续)																									
Ni-Cr-Fe	B 564	43	N06600	Annealed	All	(9)	-325	80	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3						
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu	B 366	45	N08825	Annealed	...	...	-325	85	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3				
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu	B 564	45	N08825	Annealed	...	...	-325	85	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3				
Ni-Cr-Mo-Fe	B 366	S-43	N06002	...	...	(32)(74)	-325	100	40	26.7	23.3	23.3	22.9	22.3	21.1	20.7	20.3						
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 366	S-45	N08031	Annealed H.W.	All	...	-325	94	40	26.7	26.7	26.6	24.8	23.2	22.1	21.8	21.2								
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 564																								
Ni-Mo-Cr	B 366	44	N10276	Sol. ann.	All	...	-325	100	41	27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.4	24.7	24.0								
Ni-Mo-Cr	B 564	44	N10276	Sol. ann.	All	(9)																			
Ni-Mo	B 366	44	N10001	...	...	(32)(74)	-325	100	45	30.0	25.0	25.0	24.7	24.3	24.2	24.1	24.0						
Ni-Mo-Cr	B 366	44	N06022	...	...	(32)(74)	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	28.6	27.1	26.5	25.9						
Ni-Cr-Mo	B 564	44	N06022	...	...	...																
低 C-Ni-Cr-Mo	B 366	S-44	N06059	H.W. sol. ann.	All	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	29.6	28.1	27.5	26.7								
低 C-Ni-Cr-Mo	B 564																								
Ni-Cr-Mo-Cb	B 564	43	N06625	Annealed	≤ 4	(9)(64)	-325	120	60	40.0	40.0	40.0	40.0	38.3	38.0	37.7	37.4								
Ni-Mo	B 366	44	N10665	Sol. ann.	All	...	-325	110	51	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0								
棒材和条材																									
Ni	B 160	41	N02200	H.W.	All	(9)	-325	60	15	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	8.3	...	...						
Ni	B 160	41	N02200	Annealed	All	(9)	-325	55	15	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	...	...						
Ni-Cu	B 164	42	N04400	Ann. forg.	All	(13)	-325	70	25	16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2								
Ni-Fe-Cr-Mo	B 621	45	N08320	Sol. ann.	All	...	-325	75	28	18.7	18.7	18.6	17.9	17.6	17.5	17.5	17.5								
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 581	45	N06007	Sol. ann.	> 3/4	...	-325	85	30	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	19.2	19.0								
Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 425	45	N08825	Annealed	...	...	-325	85	35	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3						
Ni-Cr-Fe-Mo-Cu	B 581	45	N06007	Sol. ann.	≤ 3/4	...	-325	90	35	23.3	22.3	22.3	22.3	22.3	22.7	22.5	22.3								
低 C-Ni-Fe-Cr-Mo-Cu	B 649	S-45	N08031	Annealed	All	...	-325	94	40	26.7	26.7	26.6	24.8	23.2	22.1	21.8	21.2								
Ni-Cu	B 164	42	N04400	H.W.	All except hex. > 2 1/8	...	-325	80	40	26.6	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.2								
Ni-Mo-Cr	B 574	44	N06455	Sol. ann.	All	(9)	-325	100	40	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.5								
Ni-Cr-Mo-Cb	B 446	43	N06625	Annealed	4 to 10	(9)(64)	-325	110	50	33.3	33.3	33.3	33.3	32.4	31.7	31.4	31.2								
					≤ 4	(9)(64)												-325	120	60	40.0	40.0	40.0	40.0	38.3	38.0	37.7	37.4
						(70)																			
低 C-Ni-Cr-Mo	B 574	S-44	N06059	Sol. ann.	All	...	-325	100	45	30.0	30.0	30.0	30.0	29.6	28.1	27.5	26.7								
铸件 (2)																									
Ni-Mo-Cr	A 494	...	CW-12MW	...	...	(9)(46)	-325	72	40	24.0	17.1	16.2	16.2	16.2	16.2	16.1	16.1						
Ni-Mo-Cr	A 494	S-44	CW-6M	...	...	(9)																	
Ni-Cr-Mo	A 494	S-44	CX-2MW	Sol. ann.	...	(9)												-325	80	45	26.7	25.9	25.3	24.9	23.6

表A-1(续) 04

金属温度为°F时的基本许用应力S, ksi ⁽¹⁾																		UNS No. or Grade	Spec. No.	
750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650		
																		镍和镍合金 ⁽⁴⁾ (续) 锻件和管件 ⁽²⁾ (续)		
23.3	23.3	20.0	16.0	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 564
23.2	23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08825	B 366
23.2	23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08925	B 564
20.1	19.8	19.7	19.6	19.5	19.3	18.4	17.5	14.1	11.3	9.5	7.7	6.1	4.3	3.8	3.0	...	...	...	N06002	B 366 B 366
20.9	20.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08031	B 564
23.5	23.0	22.6	22.3	22.1	21.8	18.5	15.0	12.2	9.8	7.8	...	...	...	...	...	...	...	...	N10276	B 366 B 564
23.9	23.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10001	B 366
25.5	25.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06022	B 366 B 564 B 366
26.1	25.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06059	B 564
37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	23.4	21.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	...	N06625	B 564
34.0	34.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10665	B 366
																		棒材和条材		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 160
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 160
13.0	12.7	11.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164
17.4	17.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08320	B 621
18.8	18.6	18.5	18.4	18.3	18.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 581
23.2	23.0	22.9	22.8	22.6	22.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08825	B 425
22.0	21.8	20.3	20.0	19.5	19.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06007	B 581
20.9	20.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N08031	B 649
18.5	14.5	8.5	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164
26.1	25.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06455	B 574
31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	23.1	23.1	21.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	N06625	B 446
37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	27.7	21.0	13.2	...	...	...	...	...	...	...	...
26.1	25.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06059	B 574
																		铸件 ⁽²⁾		
15.7	15.2	14.8	14.4	14.1	13.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CW-12MW	A 494
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CW-6M	A 494
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	CX-2MW	A 494

表A-1 (续)

材 料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽¹⁾	等级 Grade	注	最低温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低强度, ksi		金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ⁽⁹⁾		
						抗拉	屈服	最低温度至 100	150	200
钛和钛合金										
管材 ⁽²⁾										
Ti	B 337	51	1	(17)	-75	35	25	11.7	10.8	9.7
Ti	B 337	51	2	} (17)	-75	50	40	16.7	16.7	16.7
Ti-0.2Pd	B 337	51	7							
Ti	B 337	52	3	(17)	-75	65	55	21.7	20.8	19.0
板材和薄板										
Ti	B 265	51	1	...	-75	35	25	11.6	10.8	9.7
Ti	B 265	51	2	...	-75	50	40	16.7	16.7	16.7
Ti	B 265	52	3	...	-75	65	55	21.7	20.8	19.0
锻件										
Ti	B 381	51	F1	...	-75	35	25	11.7	10.8	9.7
Ti	B 381	51	F2	...	-75	50	40	16.7	16.7	16.7
Ti	B 381	52	F3	...	-75	65	55	21.7	20.8	19.0
锆及锆合金										
管材 ⁽²⁾										
Zr	B 523	} 61	R60702	...	-75	55	30	17.3	16.0	14.7
Zr	B 523									
Zr + Cb	B 523	} 62	R60705	(73)	-75	80	55	26.7	24.6	22.1
Zr + Cb	B 523									
板材和薄板										
Zr	B 551	61	R60702	...	-75	55	30	17.3	16.0	14.7
Zr + Cb	B 551	62	R60705	(73)	-75	80	55	26.7	24.6	22.1
锻件和棒材										
Zr	B 493	} 61	R60702	...	-75	55	30	17.3	16.0	14.7
Zr	B 550									
Zr + Cb	B 493	62	R60705	(73)	-75	70	55	23.3	...	...
Zr + Cb	B 550	62	R60705	(73)	-75	80	55	26.7	24.6	22.1

表A-1(续)

金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(a)										等级 Grade	Spec. No.	
250	300	350	400	450	500	550	600	650	700			
											钛和钛合金 管材 ⁽²⁾	
8.6	7.7	6.9	6.4	6.0	5.3	4.7	4.2	...	...	1	B 337
13.7	12.3	10.9	9.8	8.8	8.0	7.5	7.3	...	...	[ 2 7	B 337 B 337
17.3	15.6	13.9	12.3	11.1	9.9	8.9	8.0		3	B 337
											板材和薄板	
8.6	7.7	6.9	6.4	6.0	5.3	4.7	4.2	...	...	1	B 265
13.7	12.3	10.9	9.8	8.8	8.0	7.5	7.3	...	...	2	B 265
17.3	15.6	13.9	12.3	11.1	9.9	8.9	8.0	...	...	3	B 265
											锻件	
8.6	7.7	6.9	6.4	6.0	5.3	4.7	4.2	...	...	F1	B 381
13.7	12.3	10.9	9.8	8.8	8.0	7.5	7.3	...	...	F2	B 381
17.3	15.6	13.9	12.3	11.1	9.9	8.9	8.0	...	...	F3	B 381
											锆和锆合金 管材 ⁽²⁾	
13.5	12.4	11.5	9.3	8.9	8.1	8.0	7.9	7.2	6.4	R60702	[B 523 B 658	
20.5	18.6	17.7	16.7	16.2	15.6	14.8	13.9	13.6	13.2	R60705	[B 523 B 658	
											板材和薄板	
13.5	12.4	11.5	9.3	8.9	8.1	8.0	7.9	7.2	6.4	R60702	B 551	
20.5	18.6	17.7	16.7	16.2	15.6	14.8	13.9	13.6	13.2	R60705	B 551	
											锻件和棒材	
13.5	12.4	11.5	9.3	8.9	8.1	8.0	7.9	7.2	6.4	R60702	[B 493 B 550	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	R60705	B 493
20.5	18.6	17.7	16.7	16.2	15.6	14.8	13.9	13.6	13.3	R60705	B 550	

表A-1 (续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 ^(a) F	规定的最低强度, ksi		金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(a)							
							抗拉	屈服	最低温度至							
										100	150	200	250	300	350	400
铝合金 (续)																
无缝管材 (续)																
B 210, B 241 B 345 B 210	21 S-21 21	1060	O, H112, H113 H14	...	(14)(33)	-452	8.5	2.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	
B 241	21	1100	O, H112	...	(14)(33)	-452	11	3	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.3	1.0	
B 210 B 210	21 21	1100	H113 H14	...	(14)(33) (14)(33)	-452 -452	11 16	3.5 14	2.3 5.3	2.3 5.3	2.3 5.3	2.3 4.9	1.7 2.8	1.3 1.9	1.0 1.1	
B 210, B 241 B 345, B 491	21 S-21	3003	O, H112	...	(14)(33)	-452	14	5	3.3	3.3	3.3	3.1	2.4	1.8	1.4	
B 210 B 210, B 241 B 345	21 21 S-21	3003	H14 H18	...	(14)(33) (14)(33)	-452 -452	20 27	17 24	6.7 9.0	6.7 9.0	6.7 8.9	4.8 6.3	4.3 5.4	3.0 3.5	2.3 2.5	
B 210, B 241 B 345 B 210	21 S-21 21	复合铝 3003 复合铝 3003	O, H112 H14	...	(14)(33) (14)(33)	-452 -452	13 19	4.5 16	3.0 6.0	3.0 6.0	3.0 6.0	2.8 4.3	2.2 3.9	1.6 2.7	1.3 2.1	
B 210	21	复合铝 3003	H18	...	(14)(33)	-452	26	23	8.1	8.1	8.0	5.7	4.9	3.2	2.2	
B 210, B 241 B 210 B 210	22 22 22	5052	O H32 H34	...	(14) (14)(33) (14)(33)	-452 -452 -452	25 31 34	10 23 26	6.7 10.3 11.3	6.7 10.3 11.3	6.7 7.5 8.4	6.2 6.2 6.2	5.6 4.1 4.1	4.1 2.3 2.3	2.3	
B 241 B 210, B 345	25 S-25	5083	O, H112	...	(33)	-452	39	16	10.7	10.7	...	...	...	...	...
B 241 B 210, B 345 B 210 B 210	25 S-25 S-25 S-25	5086	O, H112 H32 H34	...	(33) (33) (33)	-452 -452 -452	35 40 44	14 28 34	9.3 13.3 14.7	9.3 13.3 14.7	...	...	...	...	...
B 210 B 210	22 22	5154	O H34	...	(33)	-452 -452	30 39	11 29	7.3 13.3	7.3 13.0	...	...	...	...	...
B 241	22	5454	O, H112	...	(33)	-452	31	12	8.0	8.0	8.0	7.4	5.5	4.1	3.0	
B 210 B 241 B 241	25 S-25 22	5456 5652	O, H112 O, H112	...	(33) (33)	-452 -452	41 25	19 10	12.7 6.7	12.7 6.7	...	...	...	...	...
B 210 B 241 B 345	23 23 S-23	6061	T4 T4	...	(33) (33)(63)	-452 -452	30 26	16 16	10.0 8.7	10.0 8.7	10.0 8.7	9.8 8.5	9.2 8.0	7.9 7.9	5.6 5.6	

表A-1(续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 ^(d) °F	金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(b)																
							规定的最低强度, ksi		最低温度至														
							抗拉	屈服	100	150	200	250	300	350	400								
铝合金(续)																							
无缝管材(续)																							
B 210	23	6061	T6	...	(33)	-452	42	35	14.0	14.0	14.0	13.2	11.3	7.9	5.6								
B 241 B 345	23 S-23	6061	T6	...	(33)(63)	-452	38	35	12.7	12.7	12.7	12.1	10.6	7.9	5.6								
B 210, B B 345	241 S-23	6061	T4, T6 wld.	...	(22)(63)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3								
B 210 B 241 B 345	23 S-23	6063	T4	...	(33)	-452	22	10	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	3.4	2.0								
B 241 B 345	23 S-23	6063	T4	≤ 0.500	(33)	-452	19	10															
B 210 B 241 B 345	23 S-23	6063	T5	≤ 0.500	(33)	-452	22	16	7.3	7.3	7.2	6.8	6.1	3.4	2.0								
B 210 B 241 B 345	23 S-23	6063	T6	...	(33)	-452	33	28	11.0	11.0	10.5	9.5	7.0	3.4	2.0								
B 210, B B 345	241 S-23	6063	T6	...	(33)	-452	30	25	10.0	10.0	9.8	9.0	6.6	3.4	2.0								
B 210, B B 345	241 S-23	6063	T4, T5, T6 wld.	...	...	-452	17	...	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	3.0	2.0						
焊接管材																							
B 547	25	5083	O	...	...	-452	40	18	12.0	12.0	...	...	...	...	...			
结构管子																							
B 221	21	1060	O, H112	...	(33)(69)	-452	8.5	2.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8								
B 221	21	1100	O, H112	...	(33)(69)	-452	11	3	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.3	1.0								
B 221	21	3003	O, H112	...	(33)(69)	-452	14	5	3.3	3.3	3.3	3.1	2.4	1.8	1.4								
B 221	21	复合铝 3003	O, H112	...	(33)(69)	-452	13	4.5	3.0	3.0	3.0	2.8	2.2	1.6	1.3								
B 221	22	5052	O	...	(69)	-452	25	10	6.7	6.7	6.7	6.2	5.6	4.1	2.3								
B 221	25	5083	O	...	(69)	-452	39	16	10.7	10.7	...	...	...	...	...			
B 221	25	5086	O	...	(69)	-452	35	14	9.3	9.3	...	...	...	...	...			
B 221	22	5154	O	...	(69)	-452	30	11	7.3	7.3	...	...	...	...	...			
B 221	22	5454	O	...	(69)	-452	31	12	8.0	8.0	8.0	7.4	5.5	4.1	3.0								
B 221	25	5456	O	...	(69)	-452	41	19	12.7	12.7	...	...	...	...	...			
B 221	23	6061	T4	...	(33)(63)(69)	-452	26	16	8.7	8.7	8.7	8.5	8.0	7.7	5.3								
B 221	23	6061	T6	...	(33)(63)(69)	-452	38	35	12.7	12.7	12.7	12.1	10.6	7.9	5.6								
B 221	23	6061	T4, T6 wld.	...	(22)(63)(69)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3								

表A-1 (续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 ^(b) °F	规定的最低强度, ksi		金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(c)							
							抗拉	屈服	最低温度至 100	150	200	250	300	350	400	
																100	150	200	250	300	350	400
铝合金 (续) 结构管子 (续)																
B 221	23	6063	T4	≤ 0.500	(13)(33)(69)	-452	19	10	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	3.4	2.0	
B 221	23	6063	T5	≤ 0.500	(13)(33)(69)	-452	22	16	7.3	7.3	7.2	6.8	6.1	3.4	2.0	
B 221	23	6063	T6	...	(33)(69)	-452	30	25	10.0	10.0	9.8	9.0	6.6	3.4	2.0	
B 221	23	6063	T4, T5, T6 wld.	...	(69)	-452	17	...	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	3.0	2.0	
板材和薄板																
B 209	21	1060	O	...	...	-452	8	2.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8
B 209	21	1060	H112	0.500- 1.000	(13)(33)	-452	10	5	3.3	3.2	2.9	1.9	1.7	1.4	1.0	
B 209	21	1060	H12	...	(33)	-452	11	9	3.7	3.7	3.4	2.3	2.0	1.8	1.1	
B 209	21	1060	H14	...	(33)	-452	12	10	4.0	4.0	4.0	3.0	2.6	1.8	1.1	
B 209	21	1100	O	...	...	-452	11	3.5	2.3	2.3	2.3	2.3	1.7	1.3	1.0
B 209	21	1100	H112	0.500- 2.000	(13)(33)	-452	12	5	3.3	3.3	3.3	2.5	2.2	1.7	1.0	
B 209	21	1100	H12	...	(33)	-452	14	11	4.7	4.7	4.7	3.2	2.8	1.9	1.1	
B 209	21	1100	H14	...	(33)	-452	16	14	5.3	5.3	5.3	3.7	2.8	1.9	1.1	
B 209	21	3003	O	...	...	-452	14	5	3.3	3.3	3.3	3.1	2.4	1.8	1.4
B 209	21	3003	H112	0.500- 2.000	(13)(33)	-452	15	6	4.0	4.0	3.9	3.1	2.4	1.8	1.4	
B 209	21	3003	H12	...	(33)	-452	17	12	5.7	5.7	5.7	4.0	3.6	3.0	2.3	
B 209	21	3003	H14	...	(33)	-452	20	17	6.7	6.7	6.7	4.8	4.3	3.0	2.3	
B 209	21	复合铝 3003	O	0.006- 0.499	(66)	-452	13	4.5	3.0	3.0	3.0	2.8	2.2	1.6	1.3	
B 209	21	复合铝 3003	O	0.500- 3.000	(68)	-452	14	5								
B 209	21	复合铝 3003	H112	0.500- 2.000	(33)(66)	-452	15	6	3.6	3.6	3.5	2.8	2.2	1.6	1.3	
B 209	21	复合铝 3003	H12	0.017- 0.499	(33)(66)	-452	16	11	5.1	5.1	5.1	3.6	3.2	2.7	2.1	
B 209	21	复合铝 3003	H12	0.500- 2.000	(33)(68)	-452	17	12								
B 209	21	复合铝 3003	H14	0.009- 0.499	(33)(66)	-452	19	16	6.0	6.0	6.0	4.3	3.9	2.7	2.1	
B 209	21	复合铝 3003	H14	0.500- 1.000	(33)(68)	-452	20	17								
B 209	22	3004	O	...	...	-452	22	8.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	3.8	2.3
B 209	22	3004	H112	...	(33)	-452	23	9	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8	3.8	2.3	
B 209	22	3004	H32	...	(33)	-452	28	21	9.3	9.3	9.3	7.0	5.8	3.8	2.3	
B 209	22	3004	H34	...	(33)	-452	32	25	10.7	10.7	10.7	8.0	5.8	3.8	2.3	

表A-1 (续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 ^(b) °F	金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(c)																
							规定的最低强度, ksi		最低温度至														
							抗拉	屈服	100	150	200	250	300	350	400								
铝和金 (续) 板材和薄板 (续)																							
B 209	22	复合铝 3004	O	0.006-0.499	(66)	-452	21	8	}														
B 209	22	复合铝 3004	O	0.500-3.000	(68)	-452	22	8.6		5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	3.4	2.1							
B 209	22	复合铝 3004	H112	0.250-0.499	(33)(66)	-452	22	8.5	}														
B 209	22	复合铝 3004	H112	0.500-3.000	(33)(68)	-452	23	9		5.4	5.4	5.4	5.4	5.2	3.4	2.1							
B 209	22	复合铝 3004	H32	0.017-0.499	(33)(66)	-452	27	20	}														
B 209	22	复合铝 3004	H32	0.500-2.000	(33)(68)	-452	28	21		8.4	8.4	8.4	6.3	5.2	3.4	2.1							
B 209	22	复合铝 3004	H34	0.009-0.499	(33)(66)	-452	31	24	}														
B 209	22	复合铝 3004	H34	0.500-1.000	(33)(68)	-452	32	25		9.6	9.6	9.6	7.2	5.2	3.4	2.1							
B 209	S-21	5050	O	...	...	-452	18	6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.8	1.4						
B 209	S-21	5050	H112	...	(33)	-452	20	8	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	2.8	1.4								
B 209	S-21	5050	H32	...	(33)	-452	22	16	7.3	7.3	7.3	5.5	5.3	2.8	1.4								
B 209	S-21	5050	H34	...	(33)	-452	25	20	8.3	8.3	8.3	6.3	5.3	2.8	1.4								
B 209	22	5052 & 5652	O	...	...	}															
B 209	22	5052 & 5652	H112	0.500-3.00	(13)(33)		-452	25	9.5	6.3	6.3	6.3	6.2	5.6	4.1	2.3							
B 209	22	5052 & 5652	H32	...	(33)	-452	31	23	10.3	10.3	10.3	7.5	6.2	4.1	2.3								
B 209	22	5052 & 5652	H34	...	(33)	-452	34	26	11.3	11.3	11.3	8.4	6.2	4.1	2.3								
B 209	25	5083	O	0.051-1.500	(13)	-452	40	18	12.0	12.0	...	...	...	...	...			
B 209	25	5083	H321	0.188-1.500	(13)(33)	-452	44	31	14.7	14.7	...	...	...	...	...			
B 209	25	5086	O	...	...	-452	35	14	}												
B 209	25	5086	H112	0.500-1.000	(13)(33)	-452	35	16		9.3	9.3							
B 209	25	5086	H32	...	(33)	-452	40	28	13.3	13.3	...	...	...	...	...			
B 209	25	5086	H34	...	(33)	-452	44	34	14.7	14.7	...	...	...	...	...			
B 209	22	5154 & 5254	O	...	...	}															
B 209	22	5154 & 5254	H112	0.500-3.000	(13)(33)		-452	30	11	7.3	7.3							
B 209	22	5154 & 5254	H32	...	(33)	-452	36	26	12.0	12.0	...	...	...	...	...			
B 209	22	5154 & 5254	H34	...	(33)	-452	39	29	13.0	13.0	...	...	...	...	...			

表A-1 (续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (a)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低温度 ^(a) F	金属温度为°F时的基本许用应力 S, ksi ^(b)																
							规定的最低强度, ksi		最低温度至														
							抗拉	屈服	100	150	200	250	300	350	400								
铝合金 (续)																							
板材和薄板 (续)																							
B 209	22	5454	O	...	...	-452	31	12	8.0	8.0	8.0	7.4	5.5	4.1	3.0						
B 209	22	5454	H112	0.500-3.000	(13)(33)																		
B 209	22	5454	H32	...	(33)																		
B 209	22	5454	H34	...	(33)	-452	39	29	13.0	13.0	13.0	7.5	5.5	4.1	3.0								
B 209	25	5456	O	0.051-1.500	(13)	-452	42	19	12.7	12.7	...	...	...	...	...			
B 209	25	5456	H321	0.188-0.499	(13)(33)	-452	46	33	15.3	15.3	...	...	...	...	...			
B 209	23	6061	T4	...	(33)(63)	-452	30	16	10.0	10.0	10.0	9.8	9.2	7.9	5.6								
B 209	23	6061	T6	...	(33)																		
B 209	23	6061	T651	0.250-4.000	(13)(33)																		
B 209	23	6061	T4, T6 wld.	...	(22)(63)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3								
B 209	23	复合铝 6061	T4	...	(33)(66)	-452	27	14	9.0	9.0	9.0	8.8	8.3	7.1	5.0								
B 209	23	复合铝 6061	T451	0.250-0.499	(33)(66)	-452	27	14															
B 209	23	复合铝 6061	T451	0.500-3.000	(33)(68)	-452	30	16															
B 209	23	复合铝 6061	T6	...	(33)(66)	-452	38	32	12.6	12.6	12.6	11.9	10.1	7.1	5.0								
B 209	23	复合铝 6061	T651	0.250-0.499																			
B 209	23	复合铝 6061	T651	0.500-4.000												(33)(68)	-452	42	35				
B 209	23	复合铝 6061	T4, T6 wld.	...	(22)(63)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3								
锻件和管件 (2)																							
B 247	21	3003	H112, H112 wld.	...	(9)(45)	-452	14	5	3.3	3.3	3.3	3.1	2.4	1.8	1.4								
B 247	25	5083	O, H112, H112 wld.	...	(9)(32)(33)	-452	38	16	10.7	10.7	...	...	...	...	...			
B 247	23	6061	T6	...	(9)(33)	-452	38	35	12.7	12.7	12.7	12.1	10.6	7.9	5.6								
B 247	23	6061	T6 wld.	...	(9)(22)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3								
B 361	S-21	WP1060	O, H112	...	(13)(14)(23)(32)(33)	-452	8	2.5	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8								

表A-1 (续)

Spec. No.	P-NO. 或 S-NO. (1)	等级 Grade	状态	规格范围, in	注	最低 温度 ⁽⁶⁾ °F	规定的最低 强度, ksi		金属温度为°F时的基本许用应 力 S, ksi ⁽⁹⁾							
							抗拉	屈服	最低 温度 至 100	150	200	250	300	350	400	
铝合金 (续)																
锻件和管件 ⁽²⁾ (续)																
B 361	S-21	WP1100	O, H112	...	(13)(14)(23)(32) (33)	-452	11	3	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.3	1.0	
B 361	S-21	WP3003	O, H112	...	(13)(14)(23)(32) (33)	-452	14	5	3.3	3.3	3.3	3.1	2.4	1.8	1.4	
B 361	S-21	WP Alclad 3003	O, H112	...	(13)(14)(23)(32) (33)(66)	-452	13	4.5	3.0	3.0	3.0	2.8	2.2	1.6	1.3	
B 361	S-25	WP5083	O, H112	...	(13)(23)(32)(33)	-452	39	16	10.7	10.7	...	...	...	...	...
B 361	S-22	WP5154	O, H112	...	(23)(32)(33)	-452	30	11	7.3	7.3	...	...	...	...	...
B 361	S-23	WP6061	T4	...	(13)(23)(32)(33) (63)	-452	26	16	8.7	8.7	8.7	8.5	8.0	7.7	5.6	
B 361	S-23	WP6061	T6	...	(13)(23)(32)(33) (63)	-452	38	35	12.7	12.7	12.7	12.1	10.6	7.9	5.6	
B 361	S-23	WP6061	T4, T6 wid.	...	(22)(23)(32)(63)	-452	24	...	8.0	8.0	8.0	7.9	7.4	6.1	4.3	
B 361	S-23	WP6063	T4	...	(13)(23)(32)(33)	-452	18	9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.4	2.0	
B 361	S-23	WP6063	T6	...	(13)(23)(32)(33)	-452	30	25	10.0	10.0	9.8	9.0	6.6	3.4	2.0	
B 361	S-23	WP6063	T4, T6 wid.	...	(23)(32)	-452	17	...	5.7	5.7	5.7	5.6	5.2	3.0	2.0	
铸件 ⁽²⁾																
B 26	...	443.0	F	...	(9)(43)	-452	17	6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	
B 26	...	356.0	T6	...	(9)(43)	-452	30	20	10.0	10.0	10.0	8.4	...	...	...
B 26	...	356.0	T71	...	(9)(43)	-452	25	18	8.3	8.3	8.3	8.1	7.3	5.5	2.4	

表A-1A 铸件的基本质量系数 E_c

(这些质量系数是按第 302.3.3(b)确定的,在特定情况下要增加质量系数
参见第 302.3.3(c)节和表 302.3.3C。Spec. 均为 ASTM 的技术条件)

Spec. No.	说 明	$E_c^{(2)}$	附录 A 注号
铁			
A 47	可锻铸铁铸件	1.00	(9)
A 48	灰铸铁铸件	1.00	(9)
A 126	灰铸铁铸件	1.00	(9)
A 197	冲天炉可锻铸铁铸件	1.00	(9)
A 278	灰铸铁铸件	1.00	(9)
A 395	球墨铸铁和铁素体球墨铸铁铸件	0.80	(9)(40)
A 571	奥氏体球墨铸铁铸件	0.80	(9)(40)
碳钢			
A 216	碳钢铸件	0.80	(9)(40)
A 352	铁素体钢铸件	0.80	(9)(40)
低、中合金钢			
A 217	马氏体不锈钢和合金钢铸件	0.80	(9)(40)
A 352	铁素体钢铸件	0.80	(9)(40)
A 426	离心铸造管	1.00	(10)
不锈钢			
A 351	奥氏体钢铸件	0.80	(9)(40)
A 451	离心铸造管	0.90	(10)(40)
A 487	钢铸件	0.80	(9)(40)
铜和铜合金			
B 61	船用青铜铸件	0.80	(9)(40)
B 62	复合青铜铸件	0.80	(9)(40)
B 148	铝-青铜和硅-铝-青铜铸件	0.80	(9)(40)
B 584	铜合金铸件	0.80	(9)(40)
镍和镍合金			
A 494	镍及镍合金铸件	0.80	(9)(40)
铝合金			
B 26, Temper F	铝合金铸件	1.00	(9)(10)
B 26, Temper T6, T71	铝合金铸件	0.80	(9)(40)

表A-1B 在管材和管件上纵焊缝的基本质量系数 E_j

(这些质量系数是按第 302.3.4(a)节确定的,在特定情况下要增加质量系数
参见第 302.3.4(b)节和表 302.3.4.Spec. 除 API 外,均为 ASTM 的技术条件)

Spec. No.	级别(或型号) Class(或 Type)	说 明	$E_j^{(2)}$	附录 A 注号
碳钢				
API 5L	...	无缝管道	1.00	...
	...	电阻焊管	0.85	...
	...	电熔焊管道,双面对接、直缝或螺旋缝	0.95	...
	...	对接锻焊管	0.60	...
A 53	S 型	无缝管道	1.00	...
	E 型	电阻焊管道	0.85	...
	F 型	对接锻焊管道	0.60	...
A 105	...	锻件和管件	1.00	(9)
A 106	...	无缝管道	1.00	...
A 134	...	电熔焊管道,单面对接、直缝或螺旋缝	0.80	...
A 135	...	电阻焊管道	0.85	...
A 139	...	电熔焊管道,直缝或螺旋缝	0.80	...
A 179	...	无缝管子	1.00	...
A 181	...	锻件和管件	1.00	(9)
A 234	...	无缝和焊接的管件	1.00	(16)
A 333	...	无缝管道	1.00	...
	...	电阻焊管道	0.85	...
A 334	...	无缝管子	1.00	...
A 350	...	锻件和管件	1.00	(9)
A 369	...	无缝管道	1.00	...
A 381	...	电熔焊管道,100%RT	1.00	(18)
	...	电熔焊管道,抽样 RT	0.90	(19)
	...	电熔焊管道,未经 RT	0.85	...
A 420	...	焊接管件,100%RT	1.00	(16)
A 524	...	无缝管道	1.00	...
A 587	...	电阻焊管道	0.85	...
A 671	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
A 672	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
A 691	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...

表A-1B (续)

Spec. No.	级别(或型号) Class(或 Type)	说 明	$E_j^{(2)}$	附录 A 注号
低、中合金钢				
A 182	...	锻件和管件	1.00	(9)
A 234	...	无缝和焊接管件	1.00	(16)
A 333	...	无缝管道	1.00	...
	...	电阻焊管道	0.85	...
A 334	...	无缝管子	1.00	...
A 335	...	无缝管道	1.00	...
A 350	...	锻件和管件	1.00	...
A 369	...	无缝管道	1.00	...
A 420	...	焊接管件,100%RT	1.00	(16)
A 671	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
A 672	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
A 691	12,22,32,42,52	电熔焊管道,100%RT	1.00	...
	13,23,33,43,53	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
不锈钢				
A 182	...	锻件和管件	1.00	...
A 268	...	无缝管子	1.00	...
	...	电熔焊管子,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管子,单面对接缝	0.80	...
A 269	...	无缝管子	1.00	...
	...	电熔焊管子,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管子,单面对接缝	0.80	...
A 312	...	无缝管子	1.00	...
	...	电熔焊管子,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管子,单面对接缝	0.80	...
A 358	1,3,4	电熔焊管子,100%RT	1.00	...
	5	电熔焊管子,RT 抽查	0.90	...
	2	电熔焊管子,双面对接缝	0.85	...
A 376	...	无缝管道	1.00	...
A 403	...	无缝管件	1.00	...
	...	焊接管件,100%RT	1.00	(16)
	...	焊接管件,双面对接缝	0.85	...
	...	焊接管件,单面对接缝	0.80	...

表A-1B (续)

Spec. No.	级别(或型号) Class(或 Type)	说 明	$E_f^{(2)}$	附录 A 注号
不锈钢(续)				
A 409	...	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管道,单面对接缝	0.80	...
A 487	...	钢铸件	0.80	(9)(40)
A 789	...	无缝管子	1.00	...
	...	电熔焊的,100%RT	1.00	...
	...	电熔焊的,双面对接	0.85	...
	...	电熔焊的,单面对接	0.80	...
A 790	...	无缝管道	1.00	...
	...	电熔焊的,100%RT	1.00	...
	...	电熔焊的,双面对接	0.85	...
	...	电熔焊的,单面对接	0.80	...
A 815	...	无缝管件	1.00	...
	...	焊接管件,100%RT	1.00	(16)
	...	焊接管件,双面对接	0.85	...
	...	焊接管件,单面对接	0.80	...
钢和钢合金				
B 42	...	无缝管道	1.00	...
B 43	...	无缝管道	1.00	...
B 68	...	无缝管子	1.00	...
B 75	...	无缝管子	1.00	...
B 88	...	无缝水管子	1.00	...
B 280	...	无缝管子	1.00	...
B 466	...	无缝管材	1.00	...
B 467	...	电阻焊管道	0.85	...
	...	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管道,单面对接缝	0.80	...
镍和镍合金				
B 160	...	锻件和管件	1.00	(9)
B 161	...	无缝管材	1.00	...
B 164	...	锻件和管件	1.00	(9)
B 165	...	无缝管材	1.00	...
B 167	...	无缝管材	1.00	...
B 366	...	无缝和焊接管件	1.00	(16)
B 407	...	无缝管材	1.00	...
B 444	...	无缝管材	1.00	...
B 464	...	焊接管道	0.80	...
B 514	...	焊接管道	0.80	...
B 517	...	焊接管道	0.80	...
B 564	...	镍合金锻件	1.00	(9)

表A-1B (续)

Spec. No.	级别(或型号) Class(或 Type)	说 明	$E_f^{(2)}$	附录 A 注号
镍和镍合金(续)				
B 619	...	电阻焊管道	0.85	...
	...	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管道,单面对接缝	0.80	...
B 622	...	无缝管材	1.00	...
B 675	全部	焊接管道	0.80	...
B 690	...	无缝管道	1.00	...
B 705	...	焊接管道	0.80	...
B 725	...	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
	...	电熔焊管道,单面对接缝	0.80	...
B 729	...	无缝管材	1.00	...
B 804	1,3,5	焊接管道,100%RT	1.00	...
	2,4	焊接管道,双面熔焊	0.85	...
	6	焊接管道,单面熔焊	0.80	...
钛和钛合金				
B 337	...	无缝管道	1.00	...
	...	电熔焊管道,双面对接缝	0.85	...
锆和锆合金				
B 523	...	无缝管子	1.00	...
	...	电熔焊管子	0.80	...
B 658	...	无缝管道	1.00	...
	...	电熔焊管道	0.80	...
铝合金				
B 210	...	无缝管子	1.00	...
B 241	...	无缝管材	1.00	...
B 247	...	锻件和管件	1.00	(9)
B 345	...	无缝管材	1.00	...
B 361	...	无缝管件	1.00	...
	...	焊接管件,100%RT	1.00	(18)(23)
	...	焊接管件,双面对接	0.85	(23)
	...	焊接管件,单面对接	0.80	(23)
B 547	...	焊接管材,100%RT	1.00	...
	...	焊接管道,双面对接缝	0.85	...
	...	焊接管道,单面对接缝	0.80	...

表 A-2 见下页

04

表A-2 螺栓材料的设计应力值⁽¹⁾

(括号内数字是附录A表的注号; Spec均为ASTM技术条件)

材 料	Spec. No.	等级 Grade	规范范围 直径, in	注	最低 温度 ^(*) °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度 至						
						抗拉	屈服	100	200	300	400	500	600	
碳钢														
...	A 675	45	...	(8f)(8g)	-20	45	22.5	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	
...	A 675	50	...	(8f)(8g)	-20	50	25	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
...	A 675	55	...	(8f)(8g)	-20	55	27.5	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	
...	A 307	B	...	(8f)(8g)	-20	60	...	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	...	
...	A 675	60	...	(8f)(8g)	-20	60	30	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
...	A 675	65	...	(8g)	-20	65	32.5	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
...	A 675	70	...	(8g)	-20	70	35	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	
...	A 325	...	...	(8g)	-20	105	81	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
...	A 675	80	...	(8g)	-20	80	40	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
螺母														
螺母	A 194	1	...	(42)	-20	...	...	...	...	...	...	...	...
螺母	A 194	2, 2H	}	...	(42)	-55	...	...	...	...	...	...	...
...	A 194	2HM												
螺母	A 563	A, hvy hex	...	(42b)	-20	...	...	...	...	...	...	...	...
合金钢														
Cr-0.2Mo	A 193	B7M	≤ 4	...	-55	}	100	80	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Cr-0.20Mo	A 320	L7M	≤ 2½	...	-100									
5Cr	A 193	B5	≤ 4	(15)	-20	100	80	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
Cr-Mo-V	A 193	B16	> 2½, ≤ 4	(15)	-20	110	95	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
...	A 354	BC	...	(15)	0	115	99	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
Cr-Mo	A 193	B7	> 2½, ≤ 4	(15)	-40	115	95	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
Ni-Cr-Mo	A 320	L43	≤ 4	}	(15)	-150	125	105	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Cr-Mo	A 320	L7	≤ 2½											
Cr-Mo	A 320	L7A, L7B, L7C	≤ 2½	(15)	-150	125	105	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Cr-Mo	A 193	B7	≤ 2½	...	-55	125	105	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Cr-Mo-V	A 193	B16	≤ 2½	(15)	-20	125	105	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
...	A 354	BD	≤ 2½	(15)	-20	150	130	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	
5Cr nuts	A 194	3	...	(42)	}	-20	...	...	...	...	...	...	...
Cr-Mo nuts	A 194	4	...	(42)										
Cr-Mo nuts	A 194	7	...	(42)										
Cr-Mo nuts	A 194	7M	...	(42)										
不锈钢														
316	A 193	}	> 1¼, ≤ 1½	(15)(60)	-325	90	50	18.8	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	
316	A 320													B8M Cl. 2
304	A 193	}	> 1¼, ≤ 1½	(15)(60)	-325	100	50	18.8	17.2	16.0	15.0	14.0	13.4	
304	A 320													B8 Cl. 2
347	A 193	}	> 1¼, ≤ 1½	(15)(60)	-325	100	50	18.8	17.8	16.5	16.3	16.3	16.3	
347	A 320													B8C Cl. 2
321	A 193	}	> 1¼, ≤ 1½	(15)(60)	-325	100	50	18.8	16.7	16.3	16.3	16.3	16.3	
321	A 320													B8T Cl. 2
303 固溶处理	A 320	B8F Cl. 1	...	(8f)(15)(39)	-325	75	30	18.8	13.0	12.0	10.9	10.0	9.3	

表A-2(续)

在金属温度 ⁽¹⁾ 下的设计应力 S , ksi ⁽²⁾																		等级	Spec.
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
碳钢																			
11.2	11.0	10.2	9.0	7.7	6.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	45	A 675
12.5	12.1	11.1	9.6	8.0	6.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50	A 675
13.7	13.2	12.0	10.2	8.3	6.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	55	A 675
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B	A 307
15.0	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	60	A 675
16.2	15.5	13.8	11.5	8.9	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	65	A 675
17.5	16.6	14.7	12.0	9.2	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	70	A 675
19.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 325
20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	80	A 675
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1, 2	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2H	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2HM	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A	A 563
合金钢																			
20.0	20.0	20.0	18.5	16.2	12.5	8.5	4.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B7M	A 193
20.0	20.0	20.0	18.5	14.5	10.4	7.6	5.6	4.2	3.1	2.0	1.3	...	...	...	...	...	...	L7M	A 320
22.0	22.0	22.0	22.0	21.0	18.5	15.3	11.0	6.3	2.8	...	...	...	...	...	...	...	...	B5	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B16	A 193
20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	BC	A 354
23.0	23.0	22.2	20.0	16.3	12.5	8.5	4.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B7	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	L43	A 320
25.0	25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	L7	A 320
25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	L7A, L7B, L7C	A 320
25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B7	A 193
25.0	25.0	25.0	25.0	23.5	20.5	16.0	11.0	6.3	2.8	...	...	...	...	...	...	...	...	B16	A 193
30.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	BD	A 354
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7M	A 194
不锈钢																			
12.5	12.5	12.5	12.5	10.9	10.8	10.7	10.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8M Cl. 2	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 320
12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8 Cl. 2	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 320
13.1	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6	12.5	12.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8C Cl. 2	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 320
13.3	12.9	12.7	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8T Cl. 2	A 193
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	A 320
8.9	8.6	8.3	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8F Cl. 1	A 320

表A-2 (续)

材 料	Spec. No.	等级 Grade	规范范围 直径, in	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度					
						抗拉	屈服	至100	200	300	400	500	600
不锈钢 (续)													
19Cr-9Ni	A 453	651B	> 3	(15)(35)	-20	95	50	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
19Cr-9Ni	A 453	651B	≤ 3	(15)(35)	-20	95	60						
19Cr-9Ni	A 453	651A	> 3	(15)(35)	-20	100	60	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
19Cr-9Ni	A 453	651A	≤ 3	(15)(35)	-20	100	70						
316	A 193	B8M Cl. 2	> 1, ≤ 1¼	(15)(60)	-325	105	65	18.8	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
	A 320												
347	A 193	B8C Cl. 2	> 1, ≤ 1¼	(15)(60)	-325	105	65	18.8	17.2	16.0	15.0	14.0	13.4
	A 320												
304	A 193	B8 Cl. 2	> 1, ≤ 1¼	(15)(60)	-325	105	65	18.8	16.7	16.3	16.3	16.3	16.3
	A 320												
321	A 193	B8T Cl. 2	> 1, ≤ 1¼	(15)(60)	-325	105	65	18.8	17.8	16.5	16.3	16.3	16.3
	A 320												
321	A 193	B8T Cl. 1	...	(8f)(15)(28)	-325	75	30	18.8	17.8	16.5	15.3	14.3	13.5
304	A 320	B8 Cl. 1	...	(8f)(15)(28)	-425	75	30	18.8	16.7	15.0	13.8	12.9	12.1
347	A 193	B8C Cl. 1	...	(8f)(15)(28)	-425	75	30	18.8	17.9	16.4	15.5	15.0	14.3
316	A 193	B8M Cl. 1	...	(8f)(15)(28)	-325	75	30	18.8	17.7	15.6	14.3	13.3	12.6
316 str. hd.	A 193	B8M Cl. 2	> ¾, ≤ 1	(15)(60)	-325	100	80	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	A 320												
347 str. hd.	A 193	B8C Cl. 2	> ¾, ≤ 1	(15)(60)	-325	115	80	20.0	17.2	16.0	15.0	14.0	13.4
	A 320												
304 str. hd.	A 193	B8 Cl. 2	> ¾, ≤ 1	(15)(60)	-325	115	80	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	A 320												
321 str. hd.	A 193	B8T Cl. 2	> ¾, ≤ 1	(15)(60)	-325	115	80	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
	A 320												

表A-2 (续)

在金属温度 °F ⁽¹⁾ 下的设计应力 <i>S</i> , ksi ⁽²⁾																		等级	Spec.
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	Grade	No.
																		不锈钢(镍)	
19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.9	18.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	651B	A 453
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.8	19.2		651B	A 453
																		651A	A 453
																			651A	A 453
16.2	16.2	16.2	16.2	10.9	10.8	10.7	10.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8M, Cl. 2	A 193
13.8	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6	12.5	12.5		B8M, Cl. 2	A 320
16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8, Cl. 2	A 193
16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3		B8, Cl. 2	A 320
13.3	12.9	12.7	12.5	12.4	12.3	12.1	12.1	9.6	6.9	5.0	3.6	2.5	1.7	1.1	0.7	0.5	0.3	B8T, Cl. 2	A 193
12.0	11.8	11.5	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.1	9.8	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4		B8T, Cl. 2	A 320
14.1	13.8	13.7	13.6	13.5	13.5	13.4	13.4	12.1	9.1	6.1	4.4	3.3	2.2	1.5	1.2	0.9	0.8	B8C, Cl. 1	A 193
12.3	12.1	11.9	11.7	11.6	11.5	11.4	11.3	11.2	11.0	9.8	7.4	5.5	4.1	3.1	2.3	1.7	1.3		B8C, Cl. 1	A 320
20.0	20.0	20.0	20.0	10.9	10.8	10.7	10.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8M, Cl. 2	A 193
13.1	12.9	12.8	12.7	12.6	12.6	12.5	12.5		B8M, Cl. 2	A 320
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8C, Cl. 2	A 193
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		B8C, Cl. 2	A 320
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8, Cl. 2	A 193
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		B8, Cl. 2	A 320
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8T, Cl. 2	A 193
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0		B8T, Cl. 2	A 320

表A-2 (续)

材 料	Spec. No.	等级 Grade	规范范围 直径, in	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度					
						抗拉	屈服	至100	200	300	400	500	600
不锈钢 (续)													
12Cr	A 437	B4C	...	(35)	-20	115	85	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
13Cr	A 193	B6	≤ 4	(15)(35)	-20	110	85	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
14Cr-24Ni	A 453	660A/B	...	(15)(35)	-20	130	85	21.3	20.7	20.5	20.4	20.3	20.2
316 str. hd.	A 193	B8M Cl. 2	≤ 3/4	(15)(60)	-325	110	95	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
	A 320												
347	A 193	B8C Cl. 2	≤ 3/4	(15)(60)	-325	125	100	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	A 320												
304	A 193	B8 Cl. 2	≤ 3/4	(15)(60)	-325	125	100	25.0	17.2	16.0	15.0	14.0	13.4
	A 320												
321	A 320	B8T Cl. 2	≤ 3/4	(15)(60)	-325	125	100	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
12Cr	A 437	B4B	...	(35)	-20	145	105	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2
12Cr nuts	A 194	6	...	(35)(42)	-20	...	...	...	...	...	...	...	...
303 nuts	A 194	8FA	...	(42)	-20	...	...	...	...	...	...	...	...
316 nuts	A 194	8MA	]...	(42)	-325	...	...	...	...	...	...	...	...
321 nuts	A 194	8TA											
304 nuts	A 194	8	]...	(42)	-425	...	...	...	...	...	...	...	...
304 nuts	A 194	8A											
347 nuts	A 194	8CA											

表A-2 (续)

在金属温度 ⁽⁷⁾ 下的设计应力 S , ksi ⁽³⁾																		等级 Grade	Spec. No.
650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500		
																		不锈钢(续)	
21.2	21.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B4C	A 437
21.2	21.2	21.2	19.6	15.6	12.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B6	A 193
20.2	20.1	20.0	19.9	19.9	19.9	19.8	19.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	660A/B	A 453
22.0	22.0	22.0	22.0	10 ϕ	10.8	10.7	10.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8M CL 2	A 193 A 320
25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8 CL 2	A 193 A 320
13.1	11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B8 CL 2	A 193 A 320
25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	BBT CL 2	A 193 A 320
26.2	26.2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	B4B	A 437
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8FA	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8MA	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8TA	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8A	A 194
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8CA	A 194

表A-2(续)

材料	Spec. No.	UNS No. 或 Grade	状态	规格范围 直径, in	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度							
							抗拉	屈服	至100	200	300	400				
铜和铜合金																
Naval brass	B 21	C46400, C48200, C48500	060	...	(8f)	-325	50	20	5.0	4.8	4.2	...				
Cu	B 187	C10200, C11000, C12000, C12200	060	...	(8f)	-325	30	10	6.7	5.5	5.1	...				
Cu-Si	B 98	C65100	060	...	(8f)(52)	-325	40	12	8.0	8.0	7.9	...				
Cu-Si	B 98	C65500, C66100	060	...	(8f)(52)	-325	52	15	10.0	10.0	10.0	...				
Cu-Si	B 98	C65500, C66100	H01	...	(8f)	-325	55	24								
Cu-Si	B 98	C65500, C66100	H02	≤ 2	...	-325	70	38								
Cu-Si	B 98	C65100	H06	> 1, ≤ 1½	...	-325	75	40	11.3	11.3	11.3	...				
Cu-Si	B 98	C65100	H06	> ½, ≤ 1	...	-325	75	45								
Cu-Si	B 98	C65100	H06	≤ ½	...	-325	85	55	13.7	13.7	13.7	...				
Al-Si-Bronze	B 150	C64200	HR50	> 1, ≤ 2	...	-325	80	42	16.7	14.0	13.5	11.0				
Al-Si-Bronze	B 150	C64200	HR50	> ½, ≤ 1	...	-325	85	42								
Al-Si-Bronze	B 150	C64200	HR50	≤ ½	...	-325	90	42								
Al-Bronze	B 150	C61400	HR50	> 1, ≤ 2	...	-325	70	32	17.5	17.5	17.5	17.5				
Al-Bronze	B 150	C61400	HR50	> ½, ≤ 1	...	-325	75	35								
Al-Bronze	B 150	C61400	HR50	≤ ½	...	-325	80	40								
Al-Bronze	B 150	C6300	HR50	> 2, ≤ 3	}	-325	85	42.5	20.0	20.0	20.0	20.0				
Al-Bronze	B 150	C6300	M20	> 3, ≤ 4												
Al-Bronze	B 150	C6300	HR50	> 1, ≤ 2	...	-325	90	45								
Al-Bronze	B 150	C6300	HR50	> ½, ≤ 1	...	-325	100	50								
镍和镍合金																
低 C-Ni	B 160	N02201	Ann. hot fin.	...	(8f)	-325	50	10	6.7	6.4	6.3	6.2				
Ni	B 160	N02200	Hot fin.	...	(8f)	-325	60	15	10.0	10.0	10.0	10.0				
Ni	B 160	N02200	Annealed	...	(8f)	-325	55	15	10.0	10.0	10.0	10.0				
Ni	B 160	N02200	Cold drawn	...	...	-325	65	40						
Ni-Cu	B 164	N04400	C.D./Str. rel.	...	(54)	-325	84	50	12.5	12.5	12.5	12.5				
Ni-Cu	B 164	N04405	Cold drawn	...	(54)	-325	85	50								
Ni-Cu	B 164	N04400	Cold drawn	...	(54)	-325	85	55	13.7	13.7	13.7	13.7				
Ni-Cu	B 164	N04400/N04405	Annealed	...	(8f)	-325	70	25	16.6	14.6	13.6	13.2				
Ni-Cu	B 164	N04405	Hot fin.	棒 ≤ 3	...	-325	75	35	18.7	18.7	18.7	18.7				
Ni-Cu	B 164	N04400	Hot fin.	2½ ≤ 六角 ≤ 4	(8f)	-325	75	30	18.7	18.7	18.7	18.7				
Ni-Cu	B 164	N04400	Hot fin.	全部, 除六角 > 2½ 之外	...	-325	80	40	20.0	20.0	20.0	20.0				

状态栏符号

H01 = 1/4 硬
H02 = 半硬
H06 = 超硬
HR50 = 冷拔, 应力消除

译注:

Cold drawn (C.D.) = 冷拔
Hot fin. = 热精整
Annealed = 退火
weld = 焊接
Naval brass = 海军(黄)铜
Bronze = 青铜

表A-2 (续)

在金属温度 ⁽¹⁾ 下的设计应力 S , ksi ⁽²⁾																UNS No. 或 Grade	Spec. No.	
500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300			
铜和铜合金																		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C46400, etc.	B 21
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C10200, etc.	B 187
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65100	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65500, etc.	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65500, etc.	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65500, etc.	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65100	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65100	B 98
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C65100	B 98
5.2	1.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C64200	B 150
																	C64200	B 150
																	C64200	B 150
16.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C61400	B 150
																	C61400	B 150
																	C61400	B 150
19.4	12.0	8.5	6.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	C63000	B 150
																	C63000	B 150
																	C63000	B 150
																	C63000	B 150
镍及镍合金																		
6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	5.9	5.8	4.8	3.7	3.0	2.4	2.0	1.5	1.2	...	...	...	N02201	B 160
9.5	8.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 160
10.0	10.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N02200	B 160
																	N02200	B 160
12.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164
13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04405	B 164
13.1	13.1	13.1	13.1	13.0	12.7	11.0	8.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164
																	N04400, etc.	B 164
18.7	18.7	18.7	18.0	17.2	14.5	8.5	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04405	B 164
17.8	17.4	17.2	17.0	16.8	14.5	8.5	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164
20.0	20.0	20.0	19.2	18.5	14.5	8.5	4.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N04400	B 164

表A-2 (续)

材 料	Spec. No.	UNS No. 或 Grade	状态	规范范围 直径, in	注	最低 温度 ^(a) °F	规定的最低 强度, ksi		最低 温度 至			
							抗拉	屈服	100	200	300	400
镍和镍合金 (续)												
Ni-Cr-Fe	B 166	N06600	Cold drawn	Rod ≤ 3	(41)(54)	-325	105	80	10.0	9.5	9.2	9.1
Ni-Cr-Fe	B 166	N06600	Hot fin.	Rod ≤ 3	...	-325	90	40	10.0	9.5	9.2	9.1
Ni-Cr-Fe	B 166	N06600	Annealed	...	...	-325	80	35	20.0	20.0	20.0	20.0
Ni-Cr-Fe	B 166	N06600	Hot fin.	Rod > 3	...	-325	85	35	21.2	21.2	21.2	21.2
Ni-Mo	B 335	N10001	Annealed	...	...	-325	100	46	25.0	25.0	25.0	24.7
Ni-Mo-Cr	B 574	N10276	Sol. ann.	...	...	-325	100	41	25.0	25.0	25.0	21.2
铝合金												
...	B 211	6061	T6, T651 wld.	≥ 1/8 ≤ 8	(80)(43)(63)	-452	24	...	4.8	4.8	4.8	3.5
...	B 211	6061	T6, T651	≥ 1/8 ≤ 8	(43)(63)	-452	42	35	8.4	8.4	8.4	4.4
...	B 211	2024	T4	> 6 1/2 ≤ 8	(43)(63)	-452	58	38	9.5	9.5	9.5	4.2
...	B 211	2024	T4	> 4 1/2 ≤ 6 1/2	(43)(63)	-452	62	40	10.0	10.0	10.0	4.5
...	B 211	2024	T4	≥ 1/2 ≤ 4 1/2	(43)(63)	-452	62	42	10.5	10.5	10.4	4.5
...	B 211	2024	T4	≥ 1/4 < 1/2	(43)(63)	-452	62	45	11.3	11.3	10.4	4.5
...	B 211	2014	T6, T651	≥ 1/8 ≤ 8	(43)(63)	-452	65	55	13.0	13.0	11.4	3.9

表A-2 (续)

金属温度为 ^a F ⁽¹⁾ 时的设计应力ksi ⁽¹⁾																	UNS No. 或 Grade	Spec. No.
500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300			
																	镍和镍合金 (续)	
9.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N06600	B 166
9.1	9.1	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7	8.6	8.5	8.3	7.8	7.3	6.4	5.5	...	...	N06600	B 166	
20.0	20.0	19.8	19.6	19.4	19.1	18.7	16.0	10.6	7.0	4.5	3.0	2.2	2.2	...	...	N06600	B 166	
21.2	21.2	21.1	21.1	21.0	20.4	20.2	19.5	19.3	14.5	10.3	7.3	5.8	5.5	...	...	N06600	B 166	
24.3	23.7	23.4	23.0	22.8	22.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	N10001	B 335	
20.0	18.8	18.3	17.8	17.4	17.1	16.8	16.6	16.5	16.5	...	...	...	...	...	...	N10276	B 574	
																	铝合金	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6061	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6061	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2024	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2024	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2024	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2024	B 211
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2014	B 211

附录 B 非金属材料的应力表及许用压力表

附录 B 中的数值和注释为本规范要求的

附录 B 的材料技术条件索引

Spec. No.	标 题 ⁽¹⁾
ASTM	
C361	增强混凝土低压头管道
C582	抗腐蚀设备用接触模增强热固性塑料(RTP)层压件
C599	工艺玻璃管道和管件
D1785	PVC 塑料管道, Sch. 40、80 和 120
D2104	PE 塑料管道, Sch. 40
D2239	基于控制内径的 PE 塑料管道(SIDR-PR)
D2241	PVC 塑料压力额定级管道(SDR 系列)
D2447	基于外径的 PE 塑料管道, Sch. 40 和 80
D2513	热塑性气体压和管道、管子和管件
D2517	增强环氧树脂气体压力管道和管件
D2662	PB 塑料管道(SDR-PR)
D2666	PB 塑料管子
D2672	钟形端 PVC 管道
D2737	PE 塑料管子
D2846	CPVC 塑料热水和冷水分配系统
D2996	纤维状玻璃纤维 RTR 管道 ⁽²⁾
D2997	离心铸造 RIR 管道
D3000	基于外径的 PB 塑料管道(SDR-RP)
D3035	基于控制外径的 PE 塑料管道(SDR-RP)
D3309	PB 塑料分配系统
D3517	玻璃纤维 RTR 压力管道 ⁽²⁾
D3754	玻璃纤维 RTR 污水管和工业压力管道
F441	CPVC 塑料管道
F442	CPVC 塑料管道(SDR-RP)
AWWA	
C300	水和其它液体用钢柱型增强混凝土压力管道
C301	水和其它液体用钢柱型预应力混凝土压力管道
C302	水和其它液体用钢非柱型增强混凝土压力管道
C950	玻璃纤维增强热固性树脂压力管道

说明: 要求在本规范正文各处都列出引用的标准版本号是不现实的, 作为替代方法, 在附录 E 中列出了本规范涉及的标准有效版本号以及这些标准的归口组织的名称和地址。

注: (1) 塑料名称仅以缩写形式表示, 见第 A326.3 节。

(2) 术语玻璃纤维 RTR 替代 ASTM 的名称“*fiberglass*”(glass-fiber-reinforced thermosetting resin)。

附录 B 的表注

注:

(1) 这些推荐范围是在低压下用于水和其他不严重影响热塑性塑料性能的流体。在较高压力下,温度上限要降低,取决于流体和预期使用寿命的组合。温度下限受环境、安全保护和安装条件的影响比受强度的影响大。

(2) 这些推荐范围仅适用于表列材料,对表中未列出的一些特殊

类型和种类的材料,应向材料制造厂咨询使用的温度范围。

(3) 在低于表列温度的范围使用这些液体静压设计应力(HDS),

(4) 表内所列技术条件内容包括材料的类型、等级、分类和流体静压设计基础。

(5) 平均短时爆破应力基于适用的 ASTM 技术条件所列值,不包括置信限乘 0.85 用于平均应力值。

表B-1 热塑性塑料管道的流体静压设计应力(HDS)和推荐的温度极限

ASTM Spec. No.	材料	推荐的温度极限 ⁽¹⁾⁽²⁾				给定温度下的 HDS						23 °C 下平均短时爆破应力 ⁽⁴⁾	
		最低		最高		23 °C ⁽³⁾	73 °F ⁽³⁾	38 °C	100 °F	82 °C	180 °F	MPa	ksi
		°C	°F	°C	°F	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi		
...	ABS55535	-40	-40	80	176	...	...	...	...	...	...	...	...
...	AP	-18	0	77	170	...	...	...	...	...	...	...	...
D2846 F441 F442	CPVC4120	-18	0	99	210	13.8	2.0	11.0	1.6	3.4	0.5	51.9	7.53
...	ECTFE	-40	-40	149	300	...	...	...	...	...	...	...	...
...	ETFE	-40	-40	149	300	...	...	...	...	...	...	...	...
D2513 D2662 D2666 D3000 D3309	PB2110	-18	0	99	210	6.9	1.0	5.5	0.8	3.4	0.5	17.9	2.59
D2104 D2239 D2447 D2513 D2737 D3035	PE3408	-34	-30	82	180	5.51	0.80	3.4	0.5	...	...	20.4	2.96
...	PEEK	-40	-40	250	450	...	...	...	...	...	...	...	...
...	PFA	-40	-40	250	450	...	...	...	...	...	...	...	...
...	POP2125	-1	30	99	210	...	...	...	...	...	...	...	...
...	PP	-1	30	99	210	...	...	...	...	...	...	...	...
D1785 D2241 D2513 D2672	PVC1120	-18	0	66	150	13.8	2.0	11.0	1.6	...	...	51.9	7.53
	PVC1220	-18	0	66	150	13.8	2.0	11.0	1.6	...	...	51.9	7.53
	PVC2110	-18	0	54	130	6.9	1.0	5.5	0.8	...	...	40.5	5.88
	PVC2120	-18	0	66	150	13.8	2.0	11.0	1.6	...	...	51.9	7.53
...	PVDC	4	40	71	160	...	...	...	...	...	...	...	...
...	PVDF	-18	0	135	275	...	...	...	...	...	...	...	...

(注详见附录B的表注, 后同。——译注)

表B-2 层压增强热固性树脂管道的表列技术条件⁽⁵⁾

Spec. No.
ASTM C 582

表B-3 长丝缠绕和离心浇铸的增强热固性树脂和增强型塑料胶泥管道的表列技术条件⁽⁵⁾

除注明外均为 ASTM		
D2517	D2997	D3754
D2996	D3517	AWWA C950

表B-4 混凝土管道的许用压力和推荐的温度极限⁽⁴⁾

Spec. No.	材料	级(Cl.)	许用表压		推荐的温度极限 ⁽²⁾																		
			kPa	psi	最低		最高																
					℃	F	℃	F															
ASTM C 361	增强混凝土	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>25</td></tr> <tr><td>50</td></tr> <tr><td>75</td></tr> <tr><td>100</td></tr> <tr><td>125</td></tr> </table>	25	50	75	100	125	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>69</td></tr> <tr><td>138</td></tr> <tr><td>205</td></tr> <tr><td>275</td></tr> <tr><td>345</td></tr> </table>	69	138	205	275	345	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>20</td></tr> <tr><td>30</td></tr> <tr><td>40</td></tr> <tr><td>50</td></tr> </table>	10	20	30	40	50
25																							
50																							
75																							
100																							
125																							
69																							
138																							
205																							
275																							
345																							
10																							
20																							
30																							
40																							
50																							
AWWA C 300	增强混凝土	...	1795	260															
AWWA C 301	增强混凝土	衬里圆筒	1725	250															
AWWA C 301	增强混凝土	无衬里圆筒	2415	350															
AWWA C 302	增强混凝土	...	310	45															

表B-5 硼硅玻璃管道的许用压力和推荐的温度极限

ASTM Spec. No.	材料	规格范围		许用表压		推荐的温度极限 ⁽²⁾																							
		DN	NPS	kPa	psi	最低		最高																					
						℃	F	℃	F																				
C 599	硼硅玻璃	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>8~15</td></tr> <tr><td>20</td></tr> <tr><td>25~80</td></tr> <tr><td>100</td></tr> <tr><td>150</td></tr> </table>	8~15	20	25~80	100	150	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>1/4~1/2</td></tr> <tr><td>3/4</td></tr> <tr><td>1~3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>6</td></tr> </table>	1/4~1/2	3/4	1~3	4	6	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>690</td></tr> <tr><td>515</td></tr> <tr><td>345</td></tr> <tr><td>240</td></tr> <tr><td>138</td></tr> </table>	690	515	345	240	138	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>100</td></tr> <tr><td>75</td></tr> <tr><td>50</td></tr> <tr><td>35</td></tr> <tr><td>20</td></tr> </table>	100	75	50	35	20	232	450
8~15																													
20																													
25~80																													
100																													
150																													
1/4~1/2																													
3/4																													
1~3																													
4																													
6																													
690																													
515																													
345																													
240																													
138																													
100																													
75																													
50																													
35																													
20																													

附录 C 管道材料的物理性能

附录 C 管道材料的物理性能

附录 C 表注	(219)
表 C-1 金属总热膨胀(U. S. 单位)	(220)
表 C-3 金属热膨胀系数(U. S. 单位)	(224)
表 C-5 非金属热膨胀系数	(228)
表 C-6 金属弹性模量(U. S. 单位)	(230)
表 C-8 非金属弹性模量	(232)

附录 C 表注

说明：本版这次不包括公制单位数据的表 C-2、C-4 和 C-7。将美国常用单位换算为 SI 单位的方法如下：

- (a) 将华氏温度值换算成相应给定的摄氏温度值。
- (b) 由相应的表中用插值法算出以美国常用单位表示的热膨胀和弹性模量值。
- (c) (1) 表 C-1 所列值(单位为 in/100 ft)乘以 0.833 得到与 21 °C 和给定温度之间的公制总线性热膨胀(单位为 mm/m)；

(2) 表 C-3 所列值(单位为 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$)乘以 1.80 得到 21 °C 和给定温度间的公制平均线膨胀系数(单位为 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$)；

(3) 表 C-6 所列值(单位为 Msi)乘以 6.895 得到给定温度下以 MPa 为单位的弹性模量值。

表C-1 金属总热膨胀 (U. S. 单位)⁽¹⁾

70F 与所示温度间的总线性热膨胀 in/100ft

温度 °F	材 料							
	C钢 C-Mo- 低Cr (至3Cr-Mo)	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr, 17Cr, 27Cr	25Cr -20Ni	UNS N04400 蒙乃尔合金 67Ni-30Cu	3½Ni	Cu 和 Cu合金
-450	...	...	...	...	...	...	...	-3.93
-425	...	...	...	...	...	...	...	-3.93
-400	...	...	...	...	...	...	...	-3.91
-375	...	...	...	...	...	...	...	-3.87
-350	...	...	...	...	...	...	...	-3.79
-325	-2.37	-2.22	-3.85	-2.04	...	-2.62	-2.25	-3.67
-300	-2.24	-2.10	-3.63	-1.92	...	-2.50	-2.17	-3.53
-275	-2.11	-1.98	-3.41	-1.80	...	-2.38	-2.07	-3.36
-250	-1.98	-1.86	-3.19	-1.68	...	-2.26	-1.96	-3.17
-225	-1.85	-1.74	-2.96	-1.57	...	-2.14	-1.86	-2.97
-200	-1.71	-1.62	-2.73	-1.46	...	-2.02	-1.76	-2.76
-175	-1.58	-1.50	-2.50	-1.35	...	-1.90	-1.62	-2.53
-150	-1.45	-1.37	-2.27	-1.24	...	-1.79	-1.48	-2.30
-125	-1.30	-1.23	-2.01	-1.11	...	-1.59	-1.33	-2.06
-100	-1.15	-1.08	-1.75	-0.98	...	-1.38	-1.17	-1.81
-75	-1.00	-0.94	-1.50	-0.85	...	-1.18	-1.01	-1.56
-50	-0.84	-0.79	-1.24	-0.72	...	-0.98	-0.84	-1.30
-25	-0.68	-0.63	-0.98	-0.57	...	-0.77	-0.67	-1.04
0	-0.49	-0.46	-0.72	-0.42	...	-0.57	-0.50	-0.77
25	-0.32	-0.30	-0.46	-0.27	...	-0.37	-0.32	-0.50
50	-0.14	-0.13	-0.21	-0.12	...	-0.20	-0.15	-0.22
70	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0.23	0.22	0.34	0.20	0.32	0.28	0.23	0.34
125	0.42	0.40	0.62	0.36	0.58	0.52	0.42	0.63
150	0.61	0.58	0.90	0.53	0.84	0.75	0.61	0.91
175	0.80	0.76	1.18	0.69	1.10	0.99	0.81	1.20
200	0.99	0.94	1.46	0.86	1.37	1.22	1.01	1.49
225	1.21	1.13	1.75	1.03	1.64	1.46	1.21	1.79
250	1.40	1.33	2.03	1.21	1.91	1.71	1.42	2.09
275	1.61	1.52	2.32	1.38	2.18	1.96	1.63	2.38
300	1.82	1.71	2.61	1.56	2.45	2.21	1.84	2.68
325	2.04	1.90	2.90	1.74	2.72	2.44	2.05	2.99
350	2.26	2.10	3.20	1.93	2.99	2.68	2.26	3.29
375	2.48	2.30	3.50	2.11	3.26	2.91	2.47	3.59
400	2.70	2.50	3.80	2.30	3.53	3.25	2.69	3.90
425	2.93	2.72	4.10	2.50	3.80	3.52	2.91	4.21
450	3.16	2.93	4.41	2.69	4.07	3.79	3.13	4.51
475	3.39	3.14	4.71	2.89	4.34	4.06	3.35	4.82
500	3.62	3.35	5.01	3.08	4.61	4.33	3.58	5.14
525	3.86	3.58	5.31	3.28	4.88	4.61	3.81	5.45
550	4.11	3.80	5.62	3.49	5.15	4.90	4.04	5.76

表C-1(续)

Al	材 料							温度 °F
	灰铸铁	青铜	黄铜	70Cu-30Ni	UNS N08XXX 系列 Ni-Fe-Cr	UNS N06XXX 系列 Ni-Cr-Fe	球墨 铸铁	
...	...	...	...	...	...	...	...	-450
...	...	...	...	...	...	...	...	-425
...	...	...	...	...	...	...	...	-400
...	...	...	...	...	...	...	...	-375
...	...	...	...	...	...	...	...	-350
-4.68	...	-3.98	-3.88	-3.15	...	...	...	-325
-4.46	...	-3.74	-3.64	-2.87	...	...	...	-300
-4.21	...	-3.50	-3.40	-2.70	...	...	...	-275
-3.97	...	-3.26	-3.16	-2.53	...	...	...	-250
-3.71	...	-3.02	-2.93	-2.36	...	...	...	-225
-3.44	...	-2.78	-2.70	-2.19	...	...	-1.51	-200
-3.16	...	-2.54	-2.47	-2.12	...	...	-1.41	-175
-2.88	...	-2.31	-2.24	-1.95	...	...	-1.29	-150
-2.57	...	-2.06	-2.00	-1.74	...	...	-1.16	-125
-2.27	...	-1.81	-1.76	-1.53	...	...	-1.04	-100
-1.97	...	-1.56	-1.52	-1.33	...	...	-0.91	-75
-1.67	...	-1.32	-1.29	-1.13	...	...	-0.77	-50
-1.32	...	-1.25	-1.02	-0.89	...	...	-0.62	-25
-0.97	...	-0.77	-0.75	-0.66	...	...	-0.46	0
-0.63	...	-0.49	-0.48	-0.42	...	...	-0.23	25
-0.28	...	-0.22	-0.21	-0.19	...	...	-0.14	50
0	0	0	0	0	0	0	0	70
0.46	0.21	0.36	0.35	0.31	0.28	0.26	0.21	100
0.85	0.38	0.66	0.64	0.56	0.52	0.48	0.39	125
1.23	0.55	0.96	0.94	0.82	0.76	0.70	0.57	150
1.62	0.73	1.26	1.23	1.07	0.99	0.92	0.76	175
2.00	0.90	1.56	1.52	1.33	1.23	1.15	0.94	200
2.41	1.08	1.86	1.83	1.59	1.49	1.38	1.13	225
2.83	1.27	2.17	2.14	1.86	1.76	1.61	1.33	250
3.24	1.45	2.48	2.45	2.13	2.03	1.85	1.53	275
3.67	1.64	2.79	2.76	2.40	2.30	2.09	1.72	300
4.09	1.83	3.11	3.08	2.68	2.59	2.32	1.93	325
4.52	2.03	3.42	3.41	2.96	2.88	2.56	2.13	350
4.95	2.22	3.74	3.73	3.24	3.18	2.80	2.36	375
5.39	2.42	4.05	4.05	3.52	3.48	3.05	2.56	400
5.83	2.62	4.37	4.38	...	3.76	3.29	2.79	425
6.28	2.83	4.69	4.72	...	4.04	3.53	3.04	450
6.72	3.03	5.01	5.06	...	4.31	3.78	3.28	475
7.17	3.24	5.33	5.40	...	4.59	4.02	3.54	500
7.63	3.46	5.65	5.75	...	4.87	4.27	3.76	525
8.10	3.67	5.98	6.10	...	5.16	4.52	3.99	550

表C-1(续)

温度 °F	材 料							
	C钢 C-Mo-低Cr (至3Cr-Mo)	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr, 17Cr, 27Cr	25Cr -20Ni	UNS N04400 蒙乃尔合金 67Ni-30Cu	3½Ni	Cu 和 Cu合金
575	4.35	4.02	5.93	3.69	5.42	5.18	4.27	6.07
600	4.60	4.24	6.24	3.90	5.69	5.46	4.50	6.09
625	4.86	4.47	6.55	4.10	5.96	5.75	4.74	...
650	5.11	4.69	6.87	4.31	6.23	6.05	4.98	...
675	5.37	4.92	7.18	4.52	6.50	6.34	5.22	...
700	5.63	5.14	7.50	4.73	6.77	6.64	5.46	...
725	5.90	5.38	7.82	4.94	7.04	6.94	5.70	...
750	6.16	5.62	8.15	5.16	7.31	7.25	5.94	...
775	6.43	5.86	8.47	5.38	7.58	7.55	6.18	...
800	6.70	6.10	8.80	5.60	7.85	7.85	6.43	...
825	6.97	6.34	9.13	5.82	8.15	8.16	6.68	...
850	7.25	6.59	9.46	6.05	8.45	8.48	6.93	...
875	7.53	6.83	9.79	6.27	8.75	8.80	7.18	...
900	7.81	7.07	10.12	6.49	9.05	9.12	7.43	...
925	8.08	7.31	10.46	6.71	9.35	9.44	7.68	...
950	8.35	7.56	10.80	6.94	9.65	9.77	7.93	...
975	8.62	7.81	11.14	7.17	9.95	10.09	8.17	...
1000	8.89	8.06	11.48	7.40	10.25	10.42	8.41	...
1025	9.17	8.30	11.82	7.62	10.55	10.75	...	...
1050	9.46	8.55	12.16	7.95	10.85	11.09	...	...
1075	9.75	8.80	12.50	8.18	11.15	11.43	...	...
1100	10.04	9.05	12.84	8.31	11.45	11.77	...	...
1125	10.31	9.28	13.18	8.53	11.78	12.11	...	...
1150	10.57	9.52	13.52	8.76	12.11	12.47	...	...
1175	10.83	9.76	13.86	8.98	12.44	12.81	...	...
1200	11.10	10.00	14.20	9.20	12.77	13.15	...	...
1225	11.38	10.26	14.54	9.42	13.10	13.50	...	...
1250	11.66	10.53	14.88	9.65	13.43	13.86	...	...
1275	11.94	10.79	15.22	9.88	13.76	14.22	...	...
1300	12.22	11.06	15.56	10.11	14.09	14.58	...	...
1325	12.50	11.30	15.90	10.33	14.39	14.94	...	...
1350	12.78	11.55	16.24	10.56	14.69	15.30	...	...
1375	13.06	11.80	16.58	10.78	14.99	15.66	...	...
1400	13.34	12.05	16.92	11.01	15.29	16.02	...	...
1425	...	...	17.30	...	...	...	...	...
1450	...	...	17.69	...	...	...	...	...
1475	...	...	18.08	...	...	...	...	...
1500	...	...	18.47	...	...	...	...	...

通注：(1) 规范参考本附录，见第 319.3.1 节。在缺乏更多适用数据时应用这些数据。设计者有责任核实在所标温度下该材料是否适用于所用的工况。

表C-1(续)

Al	材 料							温度 °F
	灰铸铁	青铜	黄铜	70Cu-30Ni	UNS N08XXX 系列 Ni-Fe-Cr	UNS N06XXX 系列 Ni-Cr-Fe	球墨 铸铁	
8.56	3.89	6.31	6.45	...	5.44	4.77	4.22	575
9.03	4.11	6.64	6.80	...	5.72	5.02	4.44	600
...	4.34	6.96	7.16	...	6.01	5.27	4.66	625
...	4.57	7.29	7.53	...	6.30	5.53	4.90	650
...	4.80	7.62	7.89	...	6.58	5.79	5.14	675
...	5.03	7.95	8.26	...	6.88	6.05	5.39	700
...	5.26	8.28	8.64	...	7.17	6.31	5.60	725
...	5.50	8.62	9.02	...	7.47	6.57	5.85	750
...	5.74	8.96	9.40	...	7.76	6.84	6.10	775
...	5.98	9.30	9.78	...	8.06	7.10	6.35	800
...	6.22	9.64	10.17	...	8.35	...	6.59	825
...	6.47	9.99	10.57	...	8.66	...	6.85	850
...	6.72	10.33	10.96	...	8.95	...	7.09	875
...	6.97	10.68	11.35	...	9.26	...	7.35	900
...	7.23	11.02	11.75	...	9.56	...	7.64	925
...	7.50	11.37	12.16	...	9.87	...	7.86	950
...	7.76	11.71	12.57	...	10.18	...	8.11	975
...	8.02	12.05	12.98	...	10.49	...	8.35	1000
...	...	12.40	13.39	...	10.80	...	...	1025
...	...	12.76	13.81	...	11.11	...	...	1050
...	...	13.11	14.23	...	11.42	...	...	1075
...	...	13.47	14.65	...	11.74	...	...	1100
...	...	...	...	...	12.05	...	...	1125
...	...	...	...	...	12.38	...	...	1150
...	...	...	...	...	12.69	...	...	1175
...	...	...	...	...	13.02	...	...	1200
...	...	...	...	...	13.36	...	...	1225
...	...	...	...	...	13.71	...	...	1250
...	...	...	...	...	14.04	...	...	1275
...	...	...	...	...	14.39	...	...	1300
...	...	...	...	...	14.74	...	...	1325
...	...	...	...	...	15.10	...	...	1350
...	...	...	...	...	15.44	...	...	1375
...	...	...	...	...	15.80	...	...	1400
...	...	...	...	...	16.16	...	...	1425
...	...	...	...	...	16.53	...	...	1450
...	...	...	...	...	16.88	...	...	1475
...	...	...	...	...	17.25	...	...	1500

表C-3 金属热膨胀系数(U. S. 单位)

70 F 与所示温度间平均线膨胀系数 $\mu\text{in/in} \cdot \text{F}$

温度 °F	材 料							
	C钢 C-Mo- 低Cr (至3Cr-Mo)	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr, 17Cr, 27Cr	25Cr -20Ni	UNS N04400 蒙乃尔合金 67Ni-30Cu	3½Ni	Cu 和 Cu合金
-450	...	...	...	...	...	...	...	6.30
-425	...	...	...	...	...	...	...	6.61
-400	...	...	...	...	...	...	...	6.93
-375	...	...	...	...	...	...	...	7.24
-350	...	...	...	...	...	...	...	7.51
-325	5.00	4.70	8.15	4.30	...	5.55	4.76	7.74
-300	5.07	4.77	8.21	4.36	...	5.72	4.90	7.94
-275	5.14	4.84	8.28	4.41	...	5.89	5.01	8.11
-250	5.21	4.91	8.34	4.47	...	6.06	5.15	8.26
-225	5.28	4.98	8.41	4.53	...	6.23	5.30	8.40
-200	5.35	5.05	8.47	4.59	...	6.40	5.45	8.51
-175	5.42	5.12	8.54	4.64	...	6.57	5.52	8.62
-150	5.50	5.20	8.60	4.70	...	6.75	5.59	8.72
-125	5.57	5.26	8.66	4.78	...	6.85	5.67	8.81
-100	5.65	5.32	8.75	4.85	...	6.95	5.78	8.89
-75	5.72	5.38	8.83	4.93	...	7.05	5.83	8.97
-50	5.80	5.45	8.90	5.00	...	7.15	5.88	9.04
-25	5.85	5.51	8.94	5.05	...	7.22	5.94	9.11
0	5.90	5.56	8.98	5.10	...	7.28	6.00	9.17
25	5.96	5.62	9.03	5.14	...	7.35	6.08	9.23
50	6.01	5.67	9.07	5.19	...	7.41	6.16	9.28
70	6.07	5.73	9.11	5.24	...	7.48	6.25	9.32
100	6.13	5.79	9.16	5.29	...	7.55	6.33	9.39
125	6.19	5.85	9.20	5.34	...	7.62	6.36	9.43
150	6.25	5.92	9.25	5.40	...	7.70	6.39	9.48
175	6.31	5.98	9.29	5.45	...	7.77	6.42	9.52
200	6.38	6.04	9.34	5.50	8.79	7.84	6.45	9.56
225	6.43	6.08	9.37	5.54	8.81	7.89	6.50	9.60
250	6.49	6.12	9.41	5.58	8.83	7.93	6.55	9.64
275	6.54	6.15	9.44	5.62	8.85	7.98	6.60	9.68
300	6.60	6.19	9.47	5.66	8.87	8.02	6.65	9.71
325	6.65	6.23	9.50	5.70	8.89	8.07	6.69	9.74
350	6.71	6.27	9.53	5.74	8.90	8.11	6.73	9.78
375	6.76	6.30	9.56	5.77	8.91	8.16	6.77	9.81
400	6.82	6.34	9.59	5.81	8.92	8.20	6.80	9.84
425	6.87	6.38	9.62	5.85	8.92	8.25	6.83	9.86
450	6.92	6.42	9.65	5.89	8.92	8.30	6.86	9.89
475	6.97	6.46	9.67	5.92	8.92	8.35	6.89	9.92
500	7.02	6.50	9.70	5.96	8.93	8.40	6.93	9.94
525	7.07	6.54	9.73	6.00	8.93	8.45	6.97	9.97
550	7.12	6.58	9.76	6.05	8.93	8.49	7.01	9.99

表C-3(续)

Al	材 料							温度 °F
	灰铸铁	青铜	黄铜	70Cu-30Ni	UNS N08XXX 系列 Ni-Fe-Cr	UNS N06XXX 系列 Ni-Cr-Fe	球墨 铸铁	
...	...	...	...	...	...	...	...	-450
...	...	...	...	...	...	...	...	-425
...	...	...	...	...	...	...	...	-400
...	...	...	...	...	...	...	...	-375
...	...	...	...	...	...	...	...	-350
9.90	...	8.40	8.20	6.65	...	...	...	-325
10.04	...	8.45	8.24	6.76	...	...	...	-300
10.18	...	8.50	8.29	6.86	...	...	...	-275
10.33	...	8.55	8.33	6.97	...	...	...	-250
10.47	...	8.60	8.37	7.08	...	...	...	-225
10.61	...	8.65	8.41	7.19	...	...	4.65	-200
10.76	...	8.70	8.46	7.29	...	...	4.76	-175
10.90	...	8.75	8.50	7.40	...	...	4.87	-150
11.08	...	8.85	8.61	7.50	...	...	4.98	-125
11.25	...	8.95	8.73	7.60	...	...	5.10	-100
11.43	...	9.05	8.84	7.70	...	...	5.20	-75
11.60	...	9.15	8.95	7.80	...	...	5.30	-50
11.73	...	9.23	9.03	7.87	...	...	5.40	-25
11.86	...	9.32	9.11	7.94	...	...	5.50	0
11.99	...	9.40	9.18	8.02	...	...	5.58	25
12.12	...	9.49	9.26	8.09	...	...	5.66	50
12.25	...	9.57	9.34	8.16	...	7.13	5.74	70
12.39	...	9.66	9.42	8.24	...	7.20	5.82	100
12.53	...	9.75	9.51	8.31	...	7.25	5.87	125
12.67	...	9.85	9.59	8.39	...	7.30	5.92	150
12.81	...	9.93	9.68	8.46	...	7.35	5.97	175
12.95	5.75	10.03	9.76	8.54	7.90	7.40	6.02	200
13.03	5.80	10.05	9.82	8.58	8.01	7.44	6.08	225
13.12	5.84	10.08	9.88	8.63	8.12	7.48	6.14	250
13.20	5.89	10.10	9.94	8.67	8.24	7.52	6.20	275
13.28	5.93	10.12	10.00	8.71	8.35	7.56	6.25	300
13.36	5.97	10.15	10.06	8.76	8.46	7.60	6.31	325
13.44	6.02	10.18	10.11	8.81	8.57	7.63	6.37	350
13.52	6.06	10.20	10.17	8.85	8.69	7.67	6.43	375
13.60	6.10	10.23	10.23	8.90	8.80	7.70	6.48	400
13.68	6.15	10.25	10.29	...	8.82	7.72	6.57	425
13.75	6.19	10.28	10.35	...	8.85	7.75	6.66	450
13.83	6.24	10.30	10.41	...	8.87	7.77	6.75	475
13.90	6.28	10.32	10.47	...	8.90	7.80	6.85	500
13.98	6.33	10.35	10.53	...	8.92	7.82	6.88	525
14.05	6.38	10.38	10.58	...	8.95	7.85	6.92	550

表C-3(续)

温度 °F	材 料							
	C钢 C-Mo- 低Cr (至3Cr-Mo)	5Cr-Mo 至 9Cr-Mo	奥氏体 不锈钢 18Cr-8Ni	12Cr, 17Cr, 27Cr	25Cr -20Ni	UNS N04400 蒙乃尔合金 67Ni-30Cu	3½Ni	Cu 和 Cu合金
575	7.17	6.62	9.79	6.09	8.93	8.54	7.04	10.1
600	7.23	6.66	9.82	6.13	8.94	8.58	7.08	10.04
625	7.28	6.70	9.85	6.17	8.94	8.63	7.12	...
650	7.33	6.73	9.87	6.20	8.95	8.68	7.16	...
675	7.38	6.77	9.90	6.23	8.95	8.73	7.19	...
700	7.44	6.80	9.92	6.26	8.96	8.78	7.22	...
725	7.49	6.84	9.95	6.29	8.96	8.83	7.25	...
750	7.54	6.88	9.99	6.33	8.96	8.87	7.29	...
775	7.59	6.92	10.02	6.36	8.96	8.92	9.31	...
800	7.65	6.96	10.05	6.39	8.97	8.96	7.34	...
825	7.70	7.00	10.08	6.42	8.97	9.01	7.37	...
850	7.75	7.03	10.11	6.46	8.98	9.06	7.40	...
875	7.79	7.07	10.13	6.49	8.99	9.11	7.43	...
900	7.84	7.10	10.16	6.52	9.00	9.16	7.45	...
925	7.87	7.13	10.19	6.55	9.05	9.21	7.47	...
950	7.91	7.16	10.23	6.58	9.10	9.25	7.49	...
975	7.94	7.19	10.26	6.60	9.15	9.30	7.52	...
1000	7.97	7.22	10.29	6.63	9.18	9.34	7.55	...
1025	8.01	7.25	10.32	6.65	9.20	9.39	...	...
1050	8.05	7.27	10.34	6.68	9.22	9.43	...	...
1075	8.08	7.30	10.37	6.70	9.24	9.48	...	...
1100	8.12	7.32	10.39	6.72	9.25	9.52	...	...
1125	8.14	7.34	10.41	6.74	9.29	9.57	...	...
1150	8.16	7.37	10.44	6.75	9.33	9.61	...	...
1175	8.17	7.39	10.46	6.77	9.36	9.66	...	...
1200	8.19	7.41	10.48	6.78	9.39	9.70	...	...
1225	8.21	7.43	10.50	6.80	9.43	9.75	...	...
1250	8.24	7.45	10.51	6.82	9.47	9.79	...	...
1275	8.26	7.47	10.53	6.83	9.50	9.84	...	...
1300	8.28	7.49	10.54	6.85	9.53	9.88	...	...
1325	8.30	7.51	10.56	6.86	9.53	9.92	...	...
1350	8.32	7.52	10.57	6.88	9.54	9.96	...	...
1375	8.34	7.54	10.59	6.89	9.55	10.00	...	...
1400	8.36	7.55	10.60	6.90	9.56	10.04	...	...
1425	...	...	10.64	...	...	...	...	...
1450	...	...	10.68	...	...	...	...	...
1475	...	...	10.72	...	...	...	...	...
1500	...	...	10.77	...	...	...	...	...

注：(1) 同表 C-1 注(222页)

表C-3(续)

Al	材 料							温度 °F
	灰铸铁	青铜	黄铜	70Cu-30Ni	UNS N08XXX 系列 Ni-Fe-Cr	UNS N06XXX 系列 Ni-Cr-Fe	球墨 铸铁	
14.13	6.42	10.41	10.64	...	8.97	7.88	6.95	575
14.20	6.47	10.44	10.69	...	9.00	7.90	6.98	600
...	6.52	10.46	10.75	...	9.02	7.92	7.02	625
...	6.56	10.48	10.81	...	9.05	7.95	7.04	650
...	6.61	10.50	10.86	...	9.07	7.98	7.08	675
...	6.65	10.52	10.92	...	9.10	8.00	7.11	700
...	6.70	10.55	10.98	...	9.12	8.02	7.14	725
...	6.74	10.57	11.04	...	9.15	8.05	7.18	750
...	6.79	10.60	11.10	...	9.17	8.08	7.22	775
...	6.83	10.62	11.16	...	9.20	8.10	7.25	800
...	6.87	10.65	11.22	...	9.22	...	7.27	825
...	6.92	10.67	11.28	...	9.25	...	7.31	850
...	6.96	10.70	11.34	...	9.27	...	7.34	875
...	7.00	10.72	11.40	...	9.30	...	7.37	900
...	7.05	10.74	11.46	...	9.32	...	7.41	925
...	7.10	10.76	11.52	...	9.35	...	7.44	950
...	7.14	10.78	11.57	...	9.37	...	7.47	975
...	7.19	10.80	11.63	...	9.40	...	7.50	1000
...	...	10.83	11.69	...	9.42	...	...	1025
...	...	10.85	11.74	...	9.45	...	...	1050
...	...	10.88	11.80	...	9.47	...	...	1075
...	...	10.90	11.85	...	9.50	...	...	1100
...	...	10.93	11.91	...	9.52	...	...	1125
...	...	10.95	11.97	...	9.55	...	...	1150
...	...	10.98	12.03	...	9.57	...	...	1175
...	...	11.00	12.09	...	9.60	...	...	1200
...	...	...	...	...	9.64	...	...	1225
...	...	...	...	...	9.68	...	...	1250
...	...	...	...	...	9.71	...	...	1275
...	...	...	...	...	9.75	...	...	1300
...	...	...	...	...	9.79	...	...	1325
...	...	...	...	...	9.83	...	...	1350
...	...	...	...	...	9.86	...	...	1375
...	...	...	...	...	9.90	...	...	1400
...	...	...	...	...	9.94	...	...	1425
...	...	...	...	...	9.98	...	...	1450
...	...	...	...	...	10.01	...	...	1475
...	...	...	...	...	10.05	...	...	1500

表C-5 非金属热膨胀系数

材料说明	平均系数($\times 10^{-6}$)			
	in/in \cdot° F	范围, $^{\circ}$ F	mm/mm \cdot° C	范围, $^{\circ}$ C
热塑性塑料				
乙炔酸 AP2012	2	...	3.6	...
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯混合物				
ABS 1208	60	...	108	...
ABS 1210	55	45~55	99	7~13
ABS 1316	40	...	72	...
ABS 2112	40	...	72	...
醋酸-丁酸纤维				
CAB MH08	80	...	144	...
CAB S004	95	...	171	...
氯化聚乙烯(聚氯乙烯)				
CPVC 4120	35	...	63	...
聚丁烯 PB 2110	72	...	130	...
氯化聚乙烯	45	...	81	...
聚乙烯				
PE 1404	100	46~100	180	8~38
PE 2305	90	46~100	162	8~38
PE 2306	80	46~100	144	8~38
PE 3306	70	46~100	126	8~38
PE 3406	60	46~100	108	8~38
聚苯氧 POP 2125	30	...	54	...
聚丙烯				
PP1110	48	33~67	86	1~19
PP1208	43	...	77	...
PP2105	40	...	72	...
聚氯乙烯				
PVC 1120	30	23~37	54	-5~+3
PVC 1220	35	34~40	63	1~4
PVC 2110	50	...	90	...
PVC 2112	45	...	81	...
PVC 2116	40	37~45	72	3~7
PVC 2120	30	...	54	...

表 C-5 (续)

材料说明	平均系数($\times 10^{-6}$)			
	in/in·°F	范围, °F	mm/mm·°C	范围, °C
聚亚乙烯氟	79	...	142	...
聚偏二氯乙烯	100	...	180	...
聚四氟乙烯	55	73~40	99	23~60
聚氟化乙丙烯	46~58	73~140	83~104	23~60
聚氟化烷氧	67	70~212	121	21~100
聚氟化烷氧	94	212~300	169	100~149
聚氟化烷氧	111	300~408	200	149~209
增强热固树脂和增强塑料胶泥				
环氧玻璃-离心浇注	9~13	...	16~23.5	...
聚酯玻璃-离心浇注	9~15	...	16~27	...
聚酯玻璃-丝绕式	9~11	...	16~20	...
聚酯玻璃-手绞式	12~15	...	21.5~27	...
环氧玻璃-丝绕式	9~13	...	16~23.5	...
其他非金属材料				
硼硅玻璃	1.8	...	3.25	...

注: (1) 规范参照到本附录见第 319.3.1 节。如在缺乏更多适用数据时应用这些数据, 设计者有责任核实该材料在所示温度下是否适用于所用的工况。

(2) 个别化合物可使用与所示值不同的值, 对制品的特定数值与制造者协商确定。

表C-6 金属弹性模量 (U. S. 单位)

材料	E=在以下温度为(°F)下的弹性模量 [Mei(10 ⁶ ×psi)]									
	-425	-400	-350	-325	-200	-100	70	200	300	400
铁基金属										
灰铸铁	...	...	...	...	...	...	13.4	13.2	12.9	12.6
C 钢, C ≤ 0.3%	31.9	...	...	31.4	30.8	30.2	29.5	28.8	28.3	27.7
C 钢, C > 0.3%	31.7	...	...	31.2	30.6	30.0	29.3	28.6	28.1	27.5
C-Mo 钢	31.7	...	...	31.1	30.5	29.9	29.2	28.5	28.0	27.4
Ni 钢, Ni 2%~9%	30.1	...	...	29.6	29.1	28.5	27.8	27.1	26.7	26.1
Cr-Mo 钢, Cr ½%~2%	32.1	...	...	31.6	31.0	30.4	29.7	29.0	28.5	27.9
Cr-Mo 钢, Cr 2 ¼%~3%	33.1	...	...	32.6	32.0	31.4	30.6	29.8	29.4	28.8
Cr-Mo 钢, Cr 5%~9%	33.4	...	...	32.9	32.3	31.7	30.9	30.1	29.7	29.0
Cr 钢, Cr 12%, 17%, 27%	31.8	...	...	31.2	30.7	30.1	29.2	28.5	27.9	27.3
奥氏体钢 (TP304, 310, 316, 321, 347)	30.8	...	...	30.3	29.7	29.0	28.3	27.6	27.0	26.5
铜和铜合金 (UNS Nos)										
组合和含铅的锡青铜 (C83600, C92200)	...	...	...	14.8	14.6	14.4	14.0	13.7	13.4	13.2
海军黄铜, Si 和 Al 青铜 (C46400, C65500) (C95200, C95400)	...	...	...	15.9	15.6	15.4	15.0	14.6	14.4	14.1
铜 (C11000)	...	...	...	16.9	16.6	16.5	16.0	15.6	15.4	15.0
铜、赤铜、铝青铜 (C10200, C12000, C12200, C12500, C14200, C23000, C61400)	...	...	...	18.0	17.7	17.5	17.0	16.6	16.3	16.0
90 Cu-10 Ni (C70600)	...	...	...	19.0	18.7	18.5	18.0	17.6	17.3	16.9
含铅镍青铜	...	...	...	20.1	19.8	19.6	19.0	18.5	18.2	17.9
80 Cu-20 Ni (C71000)	...	...	...	21.2	20.8	20.6	20.0	19.5	19.2	18.8
70 Cu-30 Ni (C71500)	...	...	...	23.3	22.9	22.7	22.0	21.5	21.1	20.7
镍和镍合金 (UNS Nos)										
蒙乃尔 400 (N04400)	28.3	...	...	27.8	27.3	26.8	26.0	25.4	25.0	24.7
合金 N06007, N08320	30.3	...	...	29.5	29.2	28.6	27.8	27.1	26.7	26.4
合金 N08800, N08810, N06002	31.1	...	...	30.5	29.9	29.4	28.5	27.8	27.4	27.1
合金 N06455, N10276	32.5	...	...	31.6	31.3	30.6	29.8	29.1	28.6	28.3
合金 625 (N02200, N02201, N06625)	32.7	...	...	32.1	31.5	30.9	30.0	29.3	28.8	28.5
合金 N06600	33.8	...	...	33.2	32.6	31.9	31.0	30.2	29.9	29.5
合金 N10001	33.9	...	...	33.3	32.7	32.0	31.1	30.3	29.9	29.5
合金 N10665	34.2	...	...	33.3	33.0	32.3	31.4	30.6	30.1	29.8
非合金钛										
Gradel 1, 2, 3 和 7	...	...	...	...	...	...	15.5	15.0	14.6	14.0
铝和铝合金										
等级 443, 1060, 1100, 3003, 3004, 6061, 6063 (A24430, A91060, A91100, A93003, A93004, A96061, A96063)	11.4	...	...	11.1	10.8	10.5	10.0	9.6	9.2	8.7
等级 5052, 5154, 5454, 5652 (A95052, A95154, A95454, A95652)	11.6	...	...	11.3	11.0	10.7	10.2	9.7	9.4	8.9
等级 356, 5083, 5086, 5456 (A03560, A95083, A95086, A95456)	11.7	...	...	11.4	11.1	10.8	10.3	9.8	9.5	9.0

表C-6 (续)

E=在以下温度为(°F)下的弹性模量 [Msi(10 ⁶ ×psi)]											材 料
500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
12.2	11.7	11.0	10.2	...	...	...	...	...	...	...	铁基金属
27.3	26.7	25.5	24.2	22.4	20.4	18.0	...	...	...	...	灰铸铁
27.1	26.5	25.3	24.0	22.2	20.2	17.9	15.4	...	...	...	C 钢, C≤0.3%
27.0	26.4	25.3	23.9	22.2	20.1	17.8	15.3	...	...	...	C 钢, C>0.3%
25.7	25.2	24.6	23.0	...	...	...	...	...	...	...	C-Mo 钢
27.5	26.9	26.3	25.5	24.8	23.9	23.0	21.8	20.5	18.9	...	Ni 钢, Ni 2%~9%
28.3	27.7	27.1	26.3	25.6	24.6	23.7	22.5	21.1	19.4	...	Cr-Mo 钢, Cr ½%~2%
28.6	28.0	27.3	26.1	24.7	22.7	20.4	18.2	15.5	12.7	...	Cr-Mo 钢, Cr 2 ¼%~3%
26.7	26.1	25.6	24.7	22.2	21.5	19.1	16.6	...	...	...	Cr-Mo 钢, Cr 5%~9%
25.8	25.3	24.8	24.1	23.5	22.8	22.1	21.2	20.2	19.2	18.1	Cr 钢, Cr 12%, 17%, 27%
12.9	12.5	12.0	...	...	...	...	...	...	...	...	奥氏体钢 (TP304, 310, 316, 321, 347)
13.8	13.4	12.8	...	...	...	...	...	...	...	...	钢和钢合金 (UNS Nos)
14.7	14.2	13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	组合和含铅的锡青铜 (C83600, C92200)
15.6	15.1	14.5	...	...	...	...	...	...	...	...	海军黄铜, Si 和 Al 青铜 (C46400, C65500)
16.6	16.0	15.4	...	...	...	...	...	...	...	...	(C95200, C95400)
17.5	16.9	16.2	...	...	...	...	...	...	...	...	铜 (C11000)
18.4	17.8	17.1	...	...	...	...	...	...	...	...	铜、赤铜、铝青铜 (C10200, C12000, C12200,
20.2	19.6	18.8	...	...	...	...	...	...	...	...	C12500, C14200, C23000, C61400)
24.3	24.1	23.7	23.1	22.6	22.1	21.7	21.2	...	...	...	90 Cu-10 Ni (C70600)
26.0	25.7	25.3	24.7	24.2	23.6	23.2	22.7	...	...	...	含铅锡青铜
26.6	26.4	25.9	25.4	24.8	24.2	23.8	23.2	...	...	...	80 Cu-20 Ni (C71000)
27.9	27.6	27.1	26.5	25.9	25.3	24.9	24.3	...	...	...	70 Cu-30 Ni (C71500)
28.1	27.8	27.3	26.7	26.1	25.5	25.1	24.5	...	...	...	镍和镍合金 (UNS Nos)
29.0	28.7	28.2	27.6	27.0	26.4	25.9	25.3	...	...	...	蒙乃尔 400 (N04400)
29.1	28.8	28.3	27.7	27.1	26.4	26.0	25.3	...	...	...	合金 N06007, N08320
29.4	29.0	28.6	27.9	27.3	26.7	26.2	25.6	...	...	...	合金 N08800, N08810, N06002
13.3	12.6	11.9	11.2	...	...	...	...	...	...	...	合金 N06455, N10276
											合金 625 (N02200, N02201, N06625)
											合金 N06600
											合金 N10001
											合金 N10665
											非合金钛
											Grade 1, 2, 3 和 7
											铝和铝合金
											等级 443, 1060, 1100, 3003, 3004, 6061,
											6063 (A24430, A91060, A91100,
											A93003, A93004, A96061, A96063)
											等级 5052, 5154, 5454, 5652 (A95052,
											A95154, A95454, A95652)
											等级 356, 5083, 5086, 5456 (A03560,
											A95083, A95086, A95456)

表C-8 非金属弹性模量

材料说明	E , ksi (73.4 °F)	E , MPa (23 °C)
热塑性塑料⁽²⁾		
乙缩醛	410	2830
ABS, 1210 型	250	1725
ABS, 1316 型	340	2345
CAB	120	825
PVC, 1120 型	420	2895
PVC, 1220 型	410	2825
PVC, 2110 型	340	2345
PVC, 2116 型	380	2620
氯化聚氯乙烯	420	2895
氯化聚乙烯	160	1105
PE, 2306 型	90	620
PE, 3306 型	130	895
PE, 3406 型	150	1035
聚丙烯	120	825
聚偏二氯乙烯	100	690
聚偏二氯乙烯	194	1340
聚四氟乙烯	57	395
聚氟化乙烯	67	460
聚全氟化烷基烷	100	690
轴向增强的热固性树脂		
离心浇注式环氧玻璃	1200~1900	8275~13100
丝绕式环氧玻璃	1100~2000	7585~13790
离心浇注式聚酯玻璃	1200~1900	8275~13100
手绞式聚酯玻璃	800~1000	5515~6895
其他		
硼硅玻璃	9800	67570

通注：规范参考到本附录见第 319.3.2 节。在缺乏更多适用数据时应用这些数据。设计者有责任核实该材料在所示温度下是否适用于所用的工况。

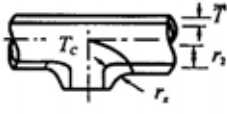
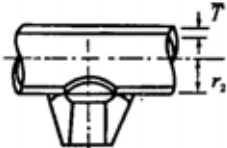
注：(1) 表列热塑性塑料的弹性模量是基于短时间试验数据，制造商宜查询在长时间荷载下获得的数值。

附录 D 柔性系数和应力增强系数

表D300⁽¹⁾ 柔性系数*k*和应力增强系数*i*

说明	柔性系数 <i>k</i>	应力增强系数 ⁽²⁾⁽³⁾		柔性特性 <i>h</i>	简图
		平面外 <i>i_o</i>	平面内 <i>i_i</i>		
焊接弯头 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁷⁾ 或管道弯管	$\frac{1.65}{h}$	$\frac{0.75}{h^{3/2}}$	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{TR_1}{r_1}$	
狭间距斜接弯管 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾ $S < r_2(1 + \tan\theta)$	$\frac{1.52}{h^{3/2}}$	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{\cot\theta}{2} \left(\frac{ST}{r_1} \right)$	
单弯斜接或宽间距斜接弯管 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁷⁾ $S \geq r_2(1 + \tan\theta)$	$\frac{1.52}{h^{3/2}}$	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{1 + \cot\theta}{2} \left(\frac{T}{r_2} \right)$	
按 ASME B16.9 的焊接三通 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽¹¹⁾⁽¹³⁾	1	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$4.4 \frac{T}{r_2}$	
带补强板或鞍座的预制三通 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁸⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾	1	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{(T + \frac{1}{2}T_r)^{3/2}}{T^{3/2}r_2}$	
无补强三通 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾	1	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{T}{r_2}$	
挤压成型焊接三通, 其中 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹³⁾ $r_2 \geq 0.05D_s$ $\bar{T}_r < 1.5\bar{T}$	1	$\frac{0.9}{h^{3/2}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\left(1 + \frac{r_o}{r_2}\right) \frac{T}{r_2}$	

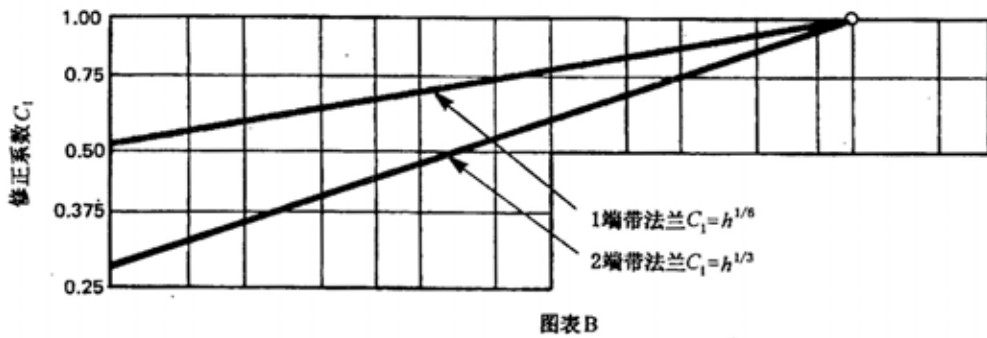
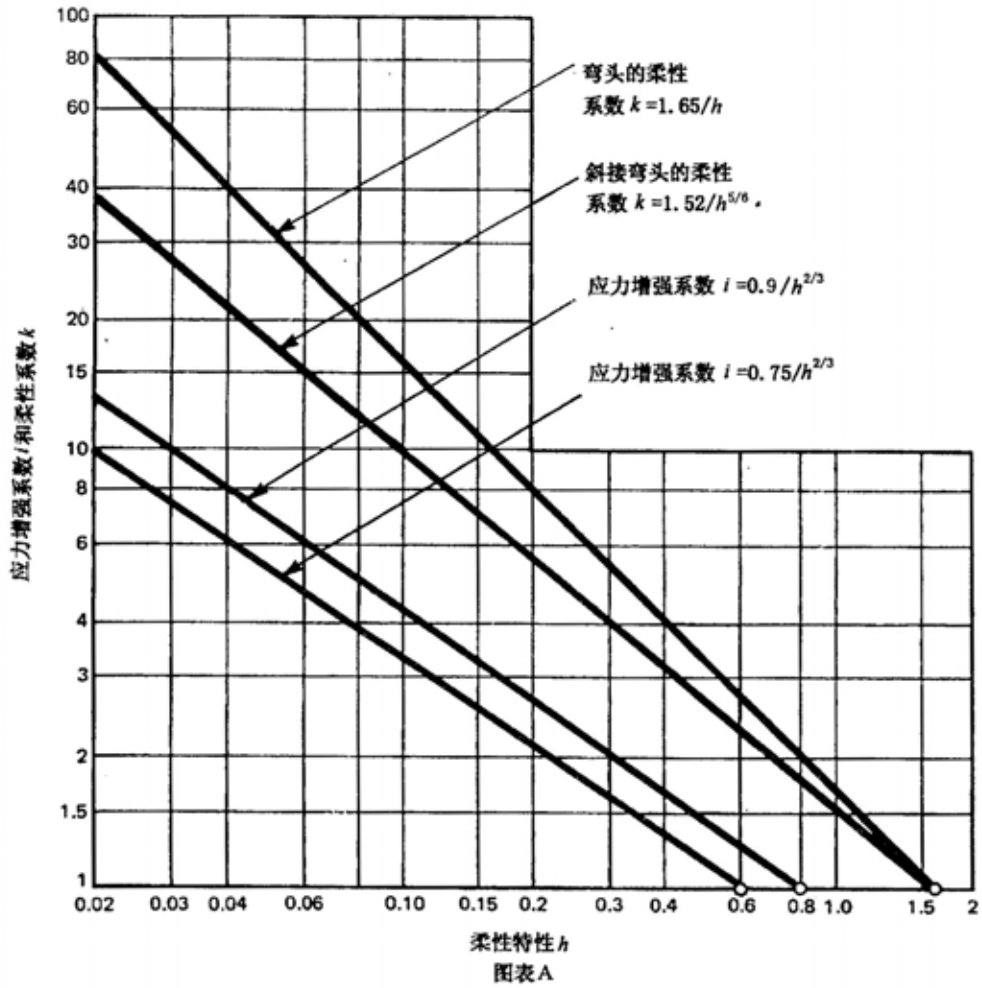
表D300 (续)

说 明	柔性系数 k	应力增强系数 ⁽¹⁾⁽²⁾		柔性特性 h	简 图
		平面外 i_o	平面内 i_i		
嵌入式焊接管座, ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾	1	$\frac{0.9}{A^{3/2}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$3.1 \frac{T}{r_2}$	
整体补强焊接的支管管件 ⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁹⁾⁽¹²⁾	1	$\frac{0.9}{A^{3/2}}$	$\frac{0.9}{A^{3/2}}$	$3.3 \frac{T}{r_2}$	

说 明	柔性系数 k	应力增强系数 ⁽¹⁾ i
对接焊接头、异径管或对焊法兰	1	1.0
双面焊平焊法兰	1	1.2
角接焊接头或承插焊法兰或管件	1	注(14)
松套法兰(带 ASME B16.9 翻边管接头)	1	1.6
螺纹管接头或螺纹法兰	1	2.3
带波纹直管道或带波纹或折皱弯头	5	2.5

本表注见后“附录D 表D300注”

表 D300⁽¹⁾(续) 柔性系数 k 和应力增强系数 i



附录 D 表 D300 注

(1)表 D300 中的应力增强系数和柔性系数是用于缺少更直接的应用数据(见第 319.3.4 节)的情况下,对于 $D/\bar{T} \leq 100$,已证实是有效的。

(2)表中的柔性系数 k 适用于任何平面内的弯曲。柔性系数 k 和应力增强系数 i 均应 ≥ 1 ,扭曲系数 = 1。这两个系数应用于圆弧和斜接弯管的有效弧长(图表中粗中心线表示)上面和三通的交点上。

(3)如需要时,对于 i_1 和 i_2 都可使用单一的增强系数 $0.91/h^k$ 。

(4) k 值和 i 值可引用从表中公式计算出的 h 值,再从图表 A 上直接读出。

表中符号如下:

\bar{T} = 对于弯头和斜接弯管,为管件的公称壁厚;对于三通,为与其相配的管道的公称壁厚。

T_c = 三通的叉口处厚度。

T_r = 补强圈或鞍件的厚度。

θ = 相邻斜接弯管轴线夹角之半。

r_2 = 相配管道的平均半径。

R_1 = 焊接弯头或管道弯管的平均半径。

r_s = 见第 304.3.4(c)节的定义。

s = 斜接弯管在中心线上的间距。

D_s = 支管外径。

(5)当法兰装在一端或两端时,表中 k 和 i 值应按系数 c_1 来修正。系数 c_1 可用计算得到的 h 值再从线算图 B 上查得。

(6)设计者须注意对接焊的铸造管件壁厚可能比连接管道的壁厚大得多,如不考虑这些较大壁厚的影响,可能出

现较大的误差。

(7)对于直径大、管壁薄的弯头和弯管,压力会明显的影响其 k 和 i 的数值。因此,将表中的值修正如下:

对于 k 除以 $\left[1 + 6 \left(\frac{P}{E} \right) \left(\frac{r_2}{\bar{T}} \right)^k \left(\frac{R_1}{r_2} \right)^k \right]$

对于 i 除以 $\left[1 + 3.25 \left(\frac{P}{E} \right) \left(\frac{r_2}{\bar{T}} \right)^k \left(\frac{R_1}{r_2} \right)^k \right]$

为了统一,对 SI 公制,用 kPa 和 mm;对美国常用单位,用 psi 和 in。

(8) $\bar{T} > 1\frac{1}{2}\bar{T}$ 时, $h = 4\bar{T}/r_2$ 。

(9)设计者必须保证制作的弯头有与直管相同的压力级。

(10)所示系数适用于弯曲,对于扭曲,其柔性系数为 0.9。

(11)如果 $r_s \geq \frac{1}{8}D_s$ 和 $T_c \geq 1.5\bar{T}_1$,可以用柔性特性 $h = 4.4\bar{T}/r_2$ 。

(12)支管与主管直径比有 $0.5 < d/D < 1.0$ 时,其平面外的应力增强系数(SIF)可能是不保守的,有内凹且平滑过渡的焊缝轮廓可减小 SIF。选择适当的 SIF 是设计者的责任。

(13)支管连接的应力增强系数是用在支管中心线两侧长度 ≥ 2 倍主管直径进行试验而得。间距更小的支管可能需特殊考虑。

(14)角焊缝的焊脚长(见图 328.5.2C 最大为 2.1 或 $2.1\bar{T}/C_s'$,但不小于 $1.3C_s$,对于焊脚长不相等的、较小的焊脚长应为 C_s' 。

附录 E 参照标准⁽¹⁾⁽²⁾

本附录列出本规范的参照标准、标准归口组织名称及其地址。在规范正文各处都列出引用标准的版本号是不现实的,而规定版本的年号在本附录中标出。当这些标准有新的版本和修订以及本规范增补中引用了新标准,这些都会在规范委员会审查批准后反映在附录 E 的修订中。

组件通常对其制造所依据的标准的版本年号

不作标记,因此某一组件可能是按过时的老版标准生产的存货,也可能按本规范尚未批准的新版标准(因其生产日期比本附录生效日期更晚)生产。如果特定的工况要求符合某一稳定的版本标准,通常要在采购技术条件中予以专门说明,并在组件上作出识别标志并保持到投入使用为止。

ASTM 技术条件	ASTM 技术条件(续)	ASTM 技术条件(续)
A 20-96a	A 302-97	A 553-95
A 36-97a	A 307-97	A 563-94
A 47-90 (R1996)	A 312-95a	A 570-96
A 48-94a	A 320-97	A 571-84 (R1992)
	A 325-97	A 587-96
A 53-97	A 333-98	
	A 334-96	A 645-97
A 105-98	A 335-95a	A 671-96
A 106-97a	A 350-97	A 672-96
A 126-95		A 675-90a (R1995)
A 134-96	A 351-94a	A 691-98
A 135-97	A 352-93 (R1998)	
A 139-96	A 353-93	A 723/A 723M-94 (R1999)
	A 354-97	A 789-95
A 167-96	A 358-95a	A 790-95
A 179-90a (R1996)	A 369-92	A 815-94
A 181-95b	A 370-97a	
A 182-97c	A 376-96	B 21/B 21M-01
A 193-97a	A 381-96	B 26-98
A 194-97	A 387-92 (R1997)	B 42-98
A 197-98	A 395-98	B 43-98
		B 61-93
A 202-97	A 403-98	B 62-93
A 203-97	A 409-95a	B 68-99
A 204-93	A 420-96a	B 75-99
A 210/A 210M-02	A 426-92 (R1997)	B 88-99
A 216-93 (R1998)	A 437-98	B 96/B 96M-01
A 217-95		B 98/B 98M-98
A 234-97	A 451-93 (R1997)	
A 240-97a	A 453-96	B 127-98
	A 479-97a	B 148-97
A 263-94a	A 487-93 (R1998)	B 150-95a
A 264-94a	A 494-98	
A 265-94a		B 152/B 152M-00
A 268-96	A 508/A 508M-95 (R1999)	B 160-93
A 269-96	A 515-92 (R1997)	B 161-93
A 276-97	A 516-90 (R1996)	B 162-93a
A 278-93	A 524-98	B 164-95
A 283-97	A 530-98	B 165-98
A 285-90 (R1996)	A 537-95	B 166-97a
A 299-97		B 167-98

ASTM 技术条件 (续)

B 168-98
 B 169/B 169M-01
 B 171/B 171M-99
 B 187-00

 B 209-96
 B 210-95
 B 211-95a
 B 221-96
 B 241-96
 B 247-95a

 B 265-95a
 B 280-99
 B 283-99

 B 333-98
 B 335-97
 B 337-95
 B 338-02
 B 345-96

 B 361-95
 B 363-02
 B 366-98a
 B 381-97

 B 407-96
 B 409-96a
 B 423-99
 B 424-98a
 B 425-99
 B 435-98a
 B 443-99
 B 444-94
 B 446-98

 B 462-97
 B 463-98a
 B 464-93
 B 466/B 466M-98
 B 467-88 (R1997)
 B 491-95
 B 493-83 (R1993)

 B 514-95
 B 517-98
 B 523-97
 B 547-95
 B 550-97

 B 551-97
 B 564-98a
 B 574-98
 B 575-98
 B 581-97
 B 582-97
 B 584-00

ASTM 技术条件 (续)

B 619-98
 B 620-98a
 B 621-95a
 B 622-98a
 B 625-95
 B 649-95

 B 658-97
 B 675-96
 B 688-96
 B 690-96

 B 705-94
 B 725-93
 B 729-95
 B 804-96

 C 14-95
 C 301-98
 C 361-96

 C 582-95
 C 599-91 (R1995)

 D 1527-99
 D 1600-98
 D 1694-95 (R2000)
 D 1785-99

 D 2104-01
 D 2235-01
 D 2239-01
 D 2241-00
 D 2282-99
 D 2310-01
 D 2321-00
 D 2447-01
 D 2464-99
 D 2466-00
 D 2467-01
 D 2468-96a

 D 2513-01a
 D 2517-00
 D 2564-96a
 D 2609-00
 D 2657-97
 D 2662-96a
 D 2666-96a
 D 2672-96a
 D 2683-98
 D 2737-01
 D 2837-01
 D 2846/D 2846M-99
 D 2855-96
 D 2992-01
 D 2996-01

ASTM 技术条件 (续)

D 2997-01
 D 3000-95a

 D 3035-01
 D 3139-98
 D 3261-97
 D 3309-96a

 D 3517-01
 D 3754-01
 D 3839-94a
 D 3840-01

 D 4024-00
 D 4161-01

 D 5421-00

 E 94-00
 E 112-96e2
 E 114-01
 E 125-63 (R1997)
 E 155-00
 E 165-95
 E 186-98
 E 213-02
 E 272-99
 E 280-98
 E 310-99
 E 446-98
 E 709-95

 F 336-92
 F 423-95
 F 437-99
 F 438-01
 F 439-01
 F 441M-99
 F 442/F 442M-99
 F 491-95
 F 492-95
 F 493-97

 F 546-95
 F 599-95
 F 781-95

 F 1055-98
 F 1290-98a
 F 1412-01
 F 1498-00
 F 1545-97
 F 1673-95

 ASCE Standard

 ASCE 7-02

ASME 规范

ASME 锅炉压力容器规范
2001 版 (A2003)
第 II 卷, D 篇
第 V 卷
第 VIII 卷, 第 1 册
第 VIII 卷, 第 2 册
第 VIII 卷, 第 3 册
第 IX 卷

ASME 标准

B1.1-1989 (R2001)
B1.20.1-1983 (R2001)
B1.20.3-1976 (R1998)
B1.20.7-1991 (R1998)

B16.1-1998
B16.3-1999
B16.4-1999
B16.5-1996 (A1998)
B16.9-2001
B16.10-2000
B16.11-2001
B16.14-1991
B16.15-1985 (R1994)
B16.18-2001
B16.20-1998 (A2000)

B16.21-1992
B16.22-2001
B16.24-2001
B16.25-1997
B16.26-1988
B16.28-1994
B16.34-1996 (A1998)
B16.36-1996 (A1998)
B16.39-1998

B16.42-1998
B16.47-1996
B16.48-1997

B18.2.1-1996 (A1999)
B18.2.2-1987 (R1999)

B36.10M-2000
B36.19M-1985 (R1994)

B46.1-2002

API 标准

5B, 1996
5L, 4, 第 1 版, 1995

API 技术条件

15LE, 第 3 版, 1995
15LR, 第 6 版, 1990

API 标准

526, 1995
594, 1997
599, 2002
600, 2001

602, 第 6 版, 1998
603, 第 5 版, 2001

608, 2002
609, 第 4 版, 1997

API 推荐实施规则

RP 941, 第 5 版, 1997

ASNT 标准

SNT TC-1A-2001

ASQ 标准

Q 9000-1: 1994
Q 9000-2: 1997
Q 9000-3: 1997
Q 9001: 2000
Q 9002: 1994
Q 9003: 1994

AWS 标准

A3.0-2001
A5.1-1991
A5.4-1992
A5.5-1996
A5.9-1993
A5.11-1997
A5.14-1997
A5.22-1995

AWWA 标准

C110-1998
C111-2000
C115-1999
C150-1996

AWWA 标准 (续)

C151-2002
C200-1997
C207-2001
C208-2001
C300-1997
C301-1992
C302-1995
C500-1993 (A1995)

C504-2002
C900-1989
C950-1995

CDA 出版物

Copper Tube Handbook, 1995

CGA 出版物

G-4.1-1996, 第 4 版

CSA 出版物

Z245.1-1998

EJMA 标准, 第 8 版, 2003

EJMA 标准

MSS 实施标准

SP-6-2001
SP-9-2001
SP-25-1998

SP-42-1999
SP-43-1991 (R2001)
SP-44-1996
SP-45-2003
SP-51-2003
SP-53-1999
SP-55-2001
SP-58-2002
SP-65-1999
SP-70-1998

SP-71-1997
SP-72-1999
SP-73-1991 (R1996)

MSS 实施标准	NFPA 技术条件	PPI 技术报告
SP-75-1998	1963-1998	TR-21-1974
SP-79-1999 (A1999)		
SP-80-1997		
SP-81-2001	PFI 标准	SAE 技术条件
SP-83-2001		
SP-85-2002	ES-7-1994 (R1994/RA2002)	J 513-1999
SP-88-1993 (R2001)		J 514-2001
SP-95-2000		J 518-1993
SP-97-2001		
SP-105-1996 (R2001)		
SP-119-2003		

NACE 出版物

腐蚀数据测定, 1985
MR 0175-97
RP 0170-93 (R1997)
RP 0472-95

注: (1) 标准号的连接符后跟的年份是该标准版本的生效年份 (如: B16.9-1978、C207-1978 和 A47-77)。如版本年份后再加有前缀字母 R 的年号, 是该标准重新确认的年份 [如 C101-1967 (R1977)]。任何版本号后再带有前缀字母 A 的年号, 表示最新增补的年份 [如 B16.36-1975 (A1979)]。

在附录 E 中出现下列机构的技术条件和标准:

API	American Petroleum Institute Publications and Distribution Section 1220 L Street, NW Washington, DC 20005-4070 202 682-8375 www.api.org	Box 2900 Fairfield, New Jersey 07007-2300 973 882-1170 or 800 843-2763
ASCE	The American Society of Civil Engineers 1801 Alexander Bell Drive Reston, Virginia 20191-4400 703 295-6300 or 800 548-2723 www.asce.org	ASNT American Society for Nondestructive Testing, Inc. P. O. Box 28518 1711 Arlingate Lane Columbus, Ohio 43228-0518 614 274-6003 or 800 222-2768 www.asnt.org
ASME	ASME International Three Park Avenue New York, New York 10016-5990 212 591-8500 or 800 843-2763 www.asme.org	ASQ American Society for Quality 611 East Wisconsin Ave. Milwaukee, WI 53202 800-248-1946 www.asq.org
ASME	Order Department 22 Law Drive	ASTM American Society for Testing and Materials 100 Barr Harbor Drive West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959

610-832-9500 www.astm.org	562 692-4226 or 800 284-4406 www.icbo.org
AWWA American Water Works Association 6666 W. Quincy Avenue Denver, Colorado 80235 303 794-7711 or 800 926-7337 www.awwa.org	MSS Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry, Inc. 127 Park Street, NE Vienna, Virginia 22180-4602 703 281-6613 www.mss-hq.com
AWS American Welding Society 550 NW LeJeune Road Miami, Florida 33126 305 443-9353 or 800 443-9353 www.aws.org	NACE NACE International 1440 S. Creek Drive Houston, Texas 77084 281 228-6200 www.nace.org
CDA Copper Development Association, Inc. 260 Madison Avenue, 16th Floor New York, New York 10016 212 251-7200 or 800 232-3282 www.copper.org	NFPA National Fire Protection Association 1 Batterymarch Park Quincy, Massachusetts 02269 617 770-3000 or 800 344-3555 www.nfpa.org
CGA Compressed Gas Association, Inc. 1725 Jefferson Davis Highway, Suite 1004 Arlington, Virginia 22202-4102 703 412-0900 www.cganet.com	PFI Pipe Fabrication Institute 655-32nd Avenue, Suite 201 Lachine, Quebec H8T3G6 Canada 514 634-3434 www.pfi-institute.org
CSA CSA International 178 Rexdale Boulevard Etobicoke (Toronto), Ontario M9W 1R3, Canada 416 747-2620 or 800 463-6727 www.csa-international.org	PPI Plastics Pipe Institute 1801 K Street NW, Suite 600K Washington, DC 20006-1301 202 974-5318 or 800 541-0736 www.plasticpipe.org
EJMA Expansion Joint Manufacturers Association 25 North Broadway Tarrytown, New York 10591 914 332-0040 www.ejma.org Whittier, California 90601-2298	SAE Society of Automotive Engineers 400 Commonwealth Drive Warrendale, Pennsylvania 15096-0001 724 776-4970 or 800 832-6723 www.sae.org

对所列机构的说明：上列某些机构的出版物已被批准为美国国家标准。这些复制品标准印本也可从下列机构、地址获得：

ANSI American National Standards Institute, Inc.
11 West 42nd Street
New York, New York 10036
212 624-4900
www.ansi.org

附录 F 预防性措施

04 F300 概述

本附录向设计者提供有关特殊流体工况和管道应用中预防性措施的形式。对于工程设计来说,这些措施不是本规范的强制性要求但宜予以考虑。这些主题的详细资料能在有关文献中找到。

F301 设计条件

可能用于管道设计的压力、温度、各种力和其他条件的选择会受非正常要求的影响,这些要求适用时宜予考虑,包括但不限于下列因素:

F301.4 环境的影响

如流体能受阻隔(如在双向密封的阀门中)并受加热、随之生产膨胀,宜考虑增加泄压装置以防止超压的出现。

F301.5 动载的影响

喷发——管道内在流体的沸点或接近沸点输送流体的条件下,在其中产生蒸汽迅速蒸发使液体迅速窜动时产生的一种效应。在这种情况下,可导致破坏管道的压力波动(喷发通常在立式管线中产生,但在一定条件下也可在倾斜的管线中产生)。

F301.7 热膨胀和收缩的影响

冷却时的弓形弯曲——通常是在水平管道中引入人达沸点或接近沸点的流体并在允许形成双相层流的流速下产生的一种效应,它能产生大的环向温度梯度并在锚固体、受的应力水平(双相层流也能产生可损坏管道的过分的压力摆动和波动)。

F301.10 在混合点的热疲劳

在不同温度流体的混合(如一个热的气体蒸汽与管壁碰撞而冷却的小滴)时,应考虑暴露于流体的表面处潜在的热疲劳。

F301.11 冷凝的影响

气体、液体管道内部有可能发生冷凝的地方,宜考虑从低处排放的方法,以免由于水击或腐蚀造成损伤。

F304 压力设计

F304.7 其他金属组件的压力设计

F307.7.4 膨胀节 当规定膨胀节要求时 EJ-MA 标准给出的导则外,设计者还应评估下列特殊考虑:

(a) 结合合金元素的含量、制造方法和最终热处理条件来考虑结构材料产生应力腐蚀裂纹的敏感性。

(b) 不仅要考虑膨胀节中流动介质的性能,也要考虑其外部环境和由于波纹管在低温下操作,可能在其上产生冷凝或结冰。

(c) 要考虑规定波纹管或层板的最小厚度。设计者要注意如要求波纹管的厚度过大可导致膨胀节的疲劳寿命降低并增加端部反力。

(d) 为维护和检验膨胀节的可达性。

(e) 对于滑动型膨胀节的机械密封需要考虑密封性准则。

(f) 考虑安装工艺和装运或预固定的技术要求,以使膨胀节不会为了补偿管道的对准不当(不是管道设计者所规定的有意的偏移)而产生拉长、压缩或偏移。

(g) 需要从膨胀节制造商处获得的数据, 包括:

- (1) 有效的推拉范围;
- (2) 横向、轴向和旋转的挺度(弹性常数);
- (3) 在规定的条件下计算的设计循环寿命;
- (4) 在铰合部和拉杆等处的摩擦力;
- (5) 安装长度和重量;
- (6) 在管道中外加支撑或约束的要求;
- (7) 设计在操作期间不保温的膨胀节元件;
- (8) 结构的承压和/或约束材料的合格证;
- (9) 最大试验压力;
- (10) 设计计算。

F307 阀门

(a) 在必然形成的阀杆密封填料和管道中流体之间温度差的地方, 推荐用外伸阀盖的阀门, 以防止填料泄漏、外部结冰或其它热剂问题的产生。阀门的位置宜按此温度差来考虑。宜考虑在低温流体工况下密封材料可能产生的收缩。

(b) 宜考虑外载对阀门操作性能和泄漏紧密性的影响。

F308 法兰和垫片

F308.2 专用法兰

平焊法兰平焊法兰为双面角焊缝间形成间隙空间, 如流体工况(包括真空)要求对法兰内部角焊缝进行泄漏试验或当输送的流体渗进此空间可能引起破坏的情况下, 宜考虑在此空间设置排气孔。

F308.4 垫片

(a) 不与冷流接触的垫片材料宜考虑用于凸面法兰且流体工况是高温高压或低温高压。

(b) 与冷流接触的垫片材料宜考虑用于平面法兰的宽面垫片且流体工况为中温低压或中温真空。当这种垫片材料使用于其它流体工况时, 宜考虑使用榫槽面或其它能阻止垫片侧向挤出的法兰密封

面。

(c) 在选择垫片材料时宜考虑法兰面光洁度的影响。

F309 螺栓连接

F309.1 概述

在高温、低温和循环温度工况及振动和疲劳条件下宜考虑使用控制螺栓拧紧的工艺, 以减少:

- (a) 由于热膨胀的不同造成接头泄漏的潜在可能性;
- (b) 应力松弛和螺栓拉紧降低的可能性。

F312 法兰接头

F312.1 概述

法兰接头中的 3 个不同零件即法兰、垫片和螺栓连接件, 必须共同起作用才能提供无泄漏接头。影响其性能的因素包括:

(a) 选用和设计

- (1) 考虑工况条件(包括外载、弯矩和保温层应用);
- (2) 法兰额定等级、形式、密封面和密封面的光洁度(见第 F308.2 节);
- (3) 垫片形式、材料、厚度和设计(见第 F308.4 节);
- (4) 螺栓材料、强度(冷态和给定温度下)及螺栓拧紧的技术要求(见 F309.1 节);
- (5) 接头可达性的设计。

(b) 安装

- (1) 法兰配合表面的状况;
- (2) 在拧紧螺栓前接合处的对准和垫片放置;
- (3) 规定的螺栓拧紧工艺的执行情况。

F321 管道支承

F321.4 在支承点管道的磨损

管子附着到支承点处使用衬板或其他方法的,宜考虑管道系统由于受到磨损及管子和支承件之间的相对移动而造成管壁金属的损失(如应用于海面上的产品受到波浪的作用)。

F322 对特定系统的设计考虑

F322.6 泄压管道

(a) 在泄压管道中的阀

如果切断阀是按第 322.6.1(b)节的要求置于管道中,且当设备在操作时切断阀是关闭的,宜有授权的人员在场。授权人员宜留在可观察到操作压力的地方且在超压发生时能到达释放系统压力的装置。授权人员离开岗位前宜将切断阀锁上或封住在打开位置。

F323 材料

(a)为阻止材料在使用中变质而选用适当的材料不属于本规范的范围。但是,对用于管道和其它不包括在本规范内的辅助装置的材料宜予以适当的规定或选择,因为材料能影响管道的安全。下列因素宜考虑留有裕量:工艺反应的温度和压力的影响、反应或分解产物的性质和所含流体的不稳定性引起的危险。宜于考虑使用涂层衬里或其它保持材料以减少腐蚀、磨蚀和磨损的影响。

(b)材料在腐蚀环境中的使用性能资料可从美国腐蚀工程师学会出版的《腐蚀数据测定》(The Corrosion Data Survey)等出版物中找到。

F323.1 一般考虑

以下是在选择和管道材料时宜予判断的一般考虑(也见第 FA323.4节)。

(a)管道暴露于明火下的可能性以及在暴露情况下管道材料的熔点、软化温度、高温下强度的降低和材料的可燃性:

(b)当遭受火焚或采取灭火措施时,管道材料由于热冲击而引起脆性断裂或损坏的敏感性、及由于受损而使管道材料破裂可能引起的危害:

(c)在遭受火灾时、绝热材料对于防止管道损坏的能力(例如:稳定性、耐火性能及在火中保持原有位置的能力):

(d)在垫环下面、螺纹接头、承插焊接头和其它不流动的封闭区内,管道材料对缝隙腐蚀的敏感性;

(e)如果不同的金属接触时,发生有害的毛解作用的可能性;

(f)螺级上使用的润滑剂或密封剂与流工况 F7 丰巨容性;

(g)衬垫、密封件和 O 形环与流工况的相容性;

(h)诸如胶粘剂、容勿、软钾料和硬钎料等材料与流工况的相容性;

(i)作为确定燕期时最低操作温度时的一个因素,考虑由于高挥发性流沐的压力突降而离生骤冷的影响;

(j)由于暴露于低温(可使支承材料产生脆性或高温、可降低材料强度)导致管道支承件的损坏。

(k)用于强氧化性流工况(如氧或氟)中的材料,包括密封剂、垫黔、润滑剂和绝热材料的相容性。

F323.4 对金属材料的特殊考虑

以下是在管道中使用某些金属材料时宜予判断的特殊考虑。

(a) 铁 可锻铸铁和高硅(14.5%)力铸铁

它们缺乏延展性并对热冲击和机械冲击具有敏感性。

(b) 碳钢和低、中合金钢

(1)当输送强碱性或强苛性流体时有脆化的可能性;

(2)当碳钢、镍钢、碳锰钢、锰钒钢和碳硅钢在温度 $> 427^{\circ}\text{C}$ (800°F) 长时间停留时,其碳化物有转化为石墨的可能性;

(3)当碳铝钢、锰积钒钢和铬钒钢在温度 $>$

468 °C(875 °F)长时间停留时,其碳化物有转化为石墨的可能性;

(4)温度 482 °C (90 °F)时,硅(Si \geq 0.1%)镇静碳素钢的优越性;

(5)由于在高温下与氢接触可能发生损害(见 API RP 941);在低温下与酸的水溶液接触可发生氢损害⁽¹⁾;

04 (6)当暴露于氰化物、酸、酸性盐或湿的硫化氢中时,可能产生应力腐蚀裂纹;因而通常要规定最大硬度的限制(见 MACE MR 0175 和 RP 0472)⁽¹⁾。

(7)在高温下存在硫化氢时可能产生硫化作用。

(c) 高合金(不锈钢)

(1)奥氏体不锈钢无论是闷部或外部与氯化物和其它卤化物之类的介质接触时,都可能产生应力腐蚀开裂外部的损坏可能是由于保温材料的选择和应用不当所致,或是来目标记墨水、油漆、票签、胶带、粘胶或其它含氯或卤素的附属物;

04 (2)奥氏体不锈钢暴露于共 427 °C ~ 871 °C (800 °F ~ 1600 °F)时,有产生晶间腐蚀的敏感性,作为一污、例子,敏感的金属在室温下暴露于连多硫酸(可氧化的硫化物、水和空气的反应物)可产生应力腐蚀开裂_稳定化的或低碳的奥氏体不锈钢可防止这种晶间腐蚀的倾向(见 ACE RP 0170)⁽¹⁾;

(3)奥氏体不锈钢与液体金属(包括铝、铋、秘、镉、稼、铅、锰、锡和锌、及其化合物接触,存在晶间破坏的敏感性;

(4)铁素体不锈钢在 >371 °C(700 °F)的温度下使用后,会在室温下出现脆性。

(d) 镍及镍基合金

(1)镍及不含铬的镍基合金,当在 >316 °C (600 °F)的温度下接触少量硫时,会产生晶界破坏的敏感性;

(2)含铬的镍基合金,在还原性条件下和温度 593 °C(1100 °F)时或在氧化性条件下和温度 >760 °C(1400 °F),有产生晶界破坏的敏感性;

(3)400 型镍—铜合金处于高应力下(包括成型和焊接产生的残余应力)并—暴露于含空气的氢氟酸蒸汽中,可能产生应力腐蚀开裂。

(e) 铝及铝合金

(1)为了防止咬住和擦伤而在铝螺纹接头中使用螺纹膏与铝的相容性;

(2)建筑物或结构甲听用的混凝土、砂浆、石灰、灰泥或其它碱性材料对其产生腐蚀的可能性;

(3)5083、5086、5154、和 5456 号铝合金对剥层或晶界破坏的敏感性;在附录人中听示附上限温度 66 °C(150 °F)可避免这一损害。

(f) 铜及铜合金

(1)黄铜发生脱锌的可能性;

(2)铜基合金暴露于如氨或铵化合物类流体中时有应力腐蚀开裂的敏感性;

(3)当与乙炔接触时,有形成不稳定乙炔化合物的可能性。

(g) 钛及钛合金

温度 >316 °C (600 °F)时,钛及其合金有品质降低的可能性。

(h) 锆及锆合金

温度 >316 °C(600 °F)时,锆及其合金有品质降低的可能性。

(i) 钽

在温度 >299 °C (570 °F)时,担有与所有气体(除惰性气体外)发生反应的可能性在温度 <299 °C 时,有新生氢(氢原子而不是氢分子)使担脆化的可能性。新生氢是由于电化作用产生的,或是由于某些化学物质的腐蚀产生的。

(j) 提高性能的金属

⁽¹⁾ 参考文件的名称是:

API RP 9.11 石油精炼和石油化工厂中高温高压下氢工况用钢。

NACE MR 0175 油田设备用抗硫应力腐蚀开裂的金属材料。

MACE RP 0472 在腐蚀性的石油精炼环境中防止碳钢(P-1 焊缝使用中开裂的方法和控制。

NACE RP 0170 在停车期间使用中和溶液防止炼厂奥氏体不锈钢的应力腐蚀开裂。

如金属已通过热处理提高其性能,当长时间处于回火温度以上的温度时,可能在强度上受到损失。

(k)当材料使用于低于表 A-1 所示最低温度而使用经验不多时,除焊接工艺评定试验外,还需考虑规定做一些产品冲击试验。

F331 热处理

F331.1 热处理考虑

表 331.1.1 中某些 P-No. 4 与 5 材料所列热处理温度可以比 ASTM 技术条件对母材规定的最低回火温度高些对较高温度的正火加回火材料,常常有可能降低母材抗拉强度,特别是假如长期处在较高温度下使用。

F335 装配和安装

F335.9 管道的清理

下面是在确定管道是否需要清理时的一般考虑:

(a)工况要求,包括在制作、装配、存放、安装和试验期间造成的污染和腐蚀产物的可能性;

(b)对于低温工况,要除去潮气、油、于出脂和其它污染物以防止阀门失灵或管道和小空腔的阻塞;

(c)对于强氧化性流体工况(例如氧或氟)需要特味的清理和检查可参考压缩气体协会的小册子

G-4.1《氧工况设备的清理》。

F345.4.1 试验流体

宜考虑微生物学影响腐蚀(MIC)的易感性,这种条件在无流动、高温度的环境中特别普遍。内在的 MIC 也可依赖于处理过或未处理过的试验流体的特性。

内在的 MIC 可以通过试验流体的适当选择或/和完全的排出,达到减轻或消除。

FA323.4 非金属材料的考虑

下面是一些在管道中使用非金属材料时,应予判断的考虑情况也见第 F323 和 F323.1 节:

(a) 静电

因为在非金属管道和衬非金属的金属管道中有产生有害的静电的可能性,宜考虑在输送非导体的流体系统的金属组件上安装接地装置。

(b) 热塑性塑料

如果热塑性塑料的管道用于在地面上输送压缩空气或其它压缩气体时,宜遵守特殊的注意事项在确定这种工况所需的安全防护时,需判断动能学及其特殊失效的机理,可考虑用防破碎材料包扎塑料管道。

(c) 硼硅玻璃

应考虑它缺乏延展性和对热冲击和机械振动敏感。

附录 G 安全防护

G300 范围

(a) 安全防护是规定一些预防措施,以健管道意外损坏的危险性和管道可能破坏的有害后果减小到最低程度。

(b) 在大多数情况下,装置本身(管道、工厂布置及其操作过程)已有足够的安全防护而无外加安全防护。然而有些情况,必须提供专门设计的安全防护。

(c) 附录 G 概要地提出安全防护的选择利用方面的一些考虑因素—当本规范要求安全防护时,仅需考虑安全防护对本规范所述的到的和功能是适合的和有效的,或由设计者的应用分析说明它是合适的。

G300.1 一般考虑

在评估管道装置的设计以确定可以或需安设置何种安全防护时,宜考虑下列事项:

(a) 在预计的操作条件范围内,考虑在洛度、压力和组分的最恶劣的组合条件下流体有害性能;

(b) 由于管道损坏而泄漏的流体数量,应联系周围环境一起考虑。同时考虑到从大量无害气体的泄出到小量有毒流体的泄漏可能引起的危害

(c) 评估由于管道损坏后周围环境的预鹅条件对危害的影响,这包括考虑环境和表面的极端温度、通风程度、与直接火设备的距离等;

(d) 操作、维修和其它人员接触管道的能程度,以及由各种直接或间接原因对管道可能 i 好损坏源

(e) 为防止可燃性蒸气着火,可能需要采取静电接地措施;

(f) 根据管道的结构材料、连接方法及其可靠的

使用历史,管道固有的安全程度。

G300.2 工厂布置和操作提供的安全防护

工厂布置和操作中的某些典型特点可以评估和选择地利用作为安全防护措施,包括:

(a) 工厂布置的特点,如露天的工艺设备装置;与危险地区隔离并保持一定的距离;设置坡度和排入沟;操作区与居民区之间的缓冲地带;或控制 j、接近工厂的措施;

(b) 保护设备,如防火系统;隔墙或防护屏;采用通风除去腐蚀性或可燃性蒸气;遥监和控制仪表;储存和/或回收装置;或紧急处理有害物质的设施(如焚烧炉);

(c) 操作规程,如限制进入操作区;有危险性工作的操住许可制度;或对操作人员、维修人员和事故处理仪灵进行特殊培训;

(d) 泄压装置打开、泄放和清扫时等所释成出的流沐的安全排放措施;

(e) 开车、停立称抓制操 f 谈条件的程序,诸如逐渐升玉或逐渐降压,逐渐升温或逐渐冷却,以使管道的损害——如脆断尽可能减小。

G300.3 工程设计中的安全防护

工程设计中的安全防护可通过评估和选择外加的安全防护措施采达到,包括:

(a) 防止管道可能损坏的措施,如:

(1) 防止过热或过冷及热冲击的保温层、防护屏或工艺过程控制;

(2) 防止机械操作的装甲、防护罩及档墙或其它防护装置;

(3) 阻抑或稳定工艺过程或流体流动的动载作用,以消除、减小或防止破坏性荷载(例如严重的

振动脉冲、剧烈的循环操作条件)。

(b)防止由于管道损坏对人员和财物产生有害后果的各种措施,例如:在法兰接头、阀盖、仪表或视镜处加保护罩以限制和安全排放泄漏出的流体;如管道系统为脆性材料,则对整个系统加防护罩;利用

自动关闭或过量排放阀、附加截止阀、流量限制孔或压力源自动关闭等方法以限制外泄流体的数量和速度;只要可行,任何时候都应限制工艺过程中的流量。

附录 H 支管补强的计算实例

H300 引言

下面的几个例题旨在说明第 304.3.3 节中有关焊接支管连接的规则和定义的应用(未给出米制单位)。

H301 例 1

设在某石油管道系统甲 NPS3 的主管(集管),在直角方向连接 NPS 的支管(见图 H301)。两管均为 API 5L Gr. A Sch. 40 的无缝管。设计条件是温度为 400 °F 时表压为 300 psi。相交处的角焊缝按第 328.5.4 节要求最小规格。规定腐蚀裕量为 0.10 in。是否需要外加补强?

解:从附录 A 中查得:API 5L Gr. A(表 A-1)

$S = 16.0$ ksi API 5L 无缝管(表 A-1B) $E = 1.00$

$$T_h = 0.322 \times 0.875 = 0.282 \text{ in}$$

$$T_b = 0.237 \times 0.875 = 0.207 \text{ in}$$

$$L_4 = 2.5 \times (0.282 - 0.1) = 0.455$$

或 $2.5 \times (0.207 - 0.1) + 0 = 0.268 \text{ in}$

两者中的较小值为 $= 0.268 \text{ in}$

$$d_1 = [4.5 - 2 \times (0.207 - 0.1)] / \sin 90^\circ \\ = 4.286 \text{ in}$$

$$d_2 = (0.207 - 0.1) + (0.282 - 0.1) + 4.286/2 \\ = 2.432 \text{ in}$$

使用 d_2 或 d_2 中较大值, $d_1 = 4.286 \text{ in}$

$$t_h = \frac{300 \times 8.625}{2 \times 16000 \times 1.00 + 2 \times 0.4 \times 300} \\ = 0.080 \text{ in}$$

$$t_b = \frac{300 \times 4.500}{2 \times 16000 \times 1.00 + 2 \times 0.4 \times 300} \\ = 0.042 \text{ in}$$

$$t_c = 0.7 \times 0.237 = 0.166 \text{ in 或 } 0.25 \text{ 中的较小}$$

值,取 $t_c = 0.166 \text{ in}$

$$\text{角焊缝最小焊脚尺寸} = 0.166/0.707 = 0.235 \text{ in}$$

由此,需要的补强面积为:

$$A_1 = 0.080 \times 4.286 \times 2 - \sin 90^\circ = 0.343 \text{ in}^2$$

主管壁中的补强面积为:

$$A_2 = 4.286 \times 0.282 - 0.08 - 0.10 = 0.437 \text{ in}^2$$

支管壁中的补强面积为:

$$A_3 = 2 \times 0.268 \times (0.207 - 0.042 - 0.10) \\ = 0.035 \text{ in}^2$$

支管焊缝中的补强面积为:

$$A_4 = 2 \times \frac{1}{2} \times (0.235)^2 = 0.055 \text{ in}^2$$

总的补强面积 $= 0.527 \text{ in}^2$

总的补强面积已大于 0.343 in^2

因此不需再另加补强以承受内压力。

H302 例 2

设一根 NPS 8 的支管与一根 NPS 12 的集管(图 H301)直角相连,两管材料均为 ASTM B241 6061-T6 中的 Sch. 80 的无缝管。连接处用外径为 14 in(沿主管测量)的环补强,该环是从 ASTM, B241 6063-T6 中的 NPS 12、Sch. 80 的无缝管上切下,并稍予扩开,以使贴合于主管上焊接结构的许用应力按附录 A 中的注招别角焊缝的最小尺寸按第 328.5.4 节要求。规定腐蚀裕量为 0,如设计温度为 -320°F ,最大许用设计压力是多少?

解:从表 A-1 查得:在 -320°F 时,6061-T6(焊缝)等管的 $S = 8.0$ ksi;从表 A-1B 查得 ASTM B241 的 $E = 1.00$

焊缝的焊脚尺寸为:

$$\frac{t_c}{0.707} = \frac{0.250}{0.707} = 0.354 \text{ in}$$

$$\frac{0.5(0.687)}{0.707} = 0.486 \text{ in}$$

$$T_h = 0.687 \times 0.875 = 0.601 \text{ in}$$

$$T_b = 0.500 \times 0.875 = 0.486 \text{ in}$$

$$T_r = 0.687 \times 0.875 = 0.601 \text{ in}$$

$$L_4 = 2.5 \times (0.601 - 0.00) = 1.503 \text{ in}$$

[它小于 $2.5 \times (0.438 - 0.00) + 0.601 = 1.695 \text{ in}$]

$$d_2 = d_1 = 8.625 - 2 \times (0.438 - 0.00) = 7.749 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{12.75P}{2 \times 8000 \times 1.00 + 2 \times 0.4P}$$

$$t_b = \frac{8.625P}{2 \times 8000 \times 1.00 + 2 \times 0.4P}$$

使用代号:

$$q = \frac{P}{16000 + 0.8P}$$

可简写成:

$$t_h = 12.75q, t_b = 8.625q$$

需要的补强面积为:

$$A_1 = 7.749t_h = 98.80q$$

在主管壁中补强面积为:

$$A_2 = 7.749 \times (0.601 - 12.75q - 0.00) \\ = 1.317 - 25.93q$$

在支管壁中补强面积为:

$$A_3 = 2 \times 1.503 \times (0.438 - 8.625q - 0.00) \\ = 1.317 - 25.93q$$

在补强环中的面积为:

$$A_4 = 0.601 \times (14 - 8.625) (5700/8000) \\ = 2.302$$

在角焊缝中补强面积为:

$$A_4 = 2 \times \frac{1}{2} \times 0.345^2 + 2 \times \frac{1}{2} \times 0.486^2 = 0.362$$

总的补强面积 = $8.638 - 124.73q$

在允许的最大公称操作压力下,需要的补强面

积相等,因此:

$$98.80q = 8.638 - 124.73q$$

$$223.53q = 8.638$$

$$q = 0.0386$$

但同时

$$q = \frac{P}{16000 + 0.8P}$$

因此

$$P = 0.0386(16000 + 0.8P) \\ = 618.3 + 0.0309P$$

$$0.961P = 618.3$$

$$P = 643.1 \text{ psi(表压)}$$

这就是最大许用的设计压力。

H303 例3

在某石油管道系统中,1根 NPS 6 Sch. 40 的支管,其轴线与 NPS 16 Sch. 40 的主管(集管)的轴线相交成 60° (见图 H301)。两管材料均为 API 5L A 等的无缝管。连接处用外径为 12 in 沿主管测量)、材料为 ASTM A285Gr. C 的钢板、厚为 $\frac{1}{2}$ in 的补强圈补强。所有角焊缝为焊脚尺寸 $\frac{3}{8}$ in 的 45° 焊缝。腐蚀裕量 = 0.10 in,在温度为 70°F 时的设计表压为 500 psig。该设计强度能否满足此内压?

解:从附录 A 表 A-1 中查得 API 5LGr. A 的无缝管和 ASTM A285Gr. C 板的 $S = 14.4 \text{ ksi}$;从表 A-1 B 查得 API 51-无缝管的 $E = 1.00$ 。

$$T_h = 0.500 \times 0.875 = 0.438 \text{ in}$$

$$T_b = 0.280 \times 0.875 = 0.245 \text{ in}$$

$$T_r = 0.500 \text{ in}$$

$$L_4 = 2.5 \times (0.245 - 0.10) + 0.500 = 0.8625$$

此值大于 $2.5 \times (0.483 - 0.10) = 0.845 \text{ in}$

$$t_h = \frac{500 \times 16}{2 \times 14400 \times 1.00 + 2 \times 0.40 \times 500} \\ = 0.274 \text{ in}$$

$$t_b = \frac{500 \times 6.625}{2 \times 14400 \times 1.00 + 2 \times 0.40 \times 500} \\ = 0.113 \text{ in}$$

$$d_2 = d_1 = \frac{6.625 - 2 \times (0.245 - 0.10)}{\sin 60^\circ}$$

$$= \frac{6.335}{0.866} = 7.315 \text{ in}$$

需要的补强面积为:

$$A_1 = 0.274 \times 7.315 \times (2 - 0.866) = 2.27 \text{ in}^2$$

主管壁中的补强面积为:

$$A_2 = 7.315 \times (0.438 - 0.274 - 0.10) \\ = 0.468 \text{ in}^2$$

支管壁中的补强面积为:

$$A_3 = 2 \times \left(\frac{0.845}{0.866} \right) (0.245 - 0.113 - 0.10)$$

$$=0.062 \text{ in}^2$$

补强圈中的补强面积为:

$$A_4 = 0.500 \times \left(12 - \frac{6.625}{0.866} \right) = 2.175 \text{ in}^2$$

角焊缝中的补强面积为:

$$A_4 = 4 \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{3}{8} \right)^2 = 0.281 \text{ in}^2$$

总的补强面积 = 2.986 in²

此值大于 2.27 in², 因此不需再另加补强。

H304 例 4

设在石油管道系统中 NPS 8 的主管(集管)上有与其成直角相连的 NPS 4 的支管(见图 H301), 两管材料均为 API 5L Gr. A Sch. 40 无缝管, 设计条件为 400 °F 时表压 350 psi。假设管道系统要一直使用到支管和主管中所有超过第 304.1.2 节中公式(3a)所算出的多余金属厚度完全被腐蚀掉, 即按第 304.3.3(c)(1)节规定的面积为 A_2 为 0。对这种连接, 需要多大的补强面积?

解: 从附录 A 表 A-1 查得 API 5L A 等的 $S = 16.0$, 从表 A-1B 查得 API 5L 无缝管的 $E = 1.00$

$$t_a = \frac{350 \times 8.625}{2 \times 16000 \times 1.00 + 2 \times 0.4 \times 350} = 0.0935 \text{ in}$$

$$t_b = \frac{350 \times 4.500}{2 + 16000 \times 1.00 + 2 \times 0.4 \times 350} = 0.0488 \text{ in}$$

$$d_1 = 4.500 - 2 \times 0.0488 = 4.402 \text{ in}$$

需要的补强面积为:

$$A_1 = 0.0935 \times 4.402 = 0.412 \text{ in}^2$$

仅试用角焊缝为:

$$L_4 = 2.5 \times 0.0935 = 0.234 \text{ in}$$

或 $2.5 \times 0.0488 = 0.122 \text{ in}$

采用 0.122 in

由于补强区高度的限制, 实际的角焊缝不可能提供足够的补强面积, 因此该连接区必须进一步补强试用外径(沿主管测量)为 $6\frac{1}{4}$ in 的补强环, 假设该环是从 API 5L A 等的 PS 8 Sch. 40 的无缝管上切下, 并用最小焦焊缝尺寸焊到接头上。

补强环的最小厚度为:

$$T_r = 0.322 \times 0.875 = 0.282 \text{ in}$$

新的 $L_4 = 2.5 \times 0.0488 + 0.282 = 0.404 \text{ in}$

或 $2.5 \times 0.0935 = 0.234 \text{ in}$

采用 0.234 in

在环中的补强面积(仅考虑在 L_4 中厚度):

$$X_1 = 0.234 \times 6.25 - 4.5 = 0.410 \text{ in}^2$$

$$\text{焊脚尺寸} = \frac{0.5 \times 0.322}{0.707} = 0.228 \text{ in}$$

角焊缝中的补强面积为:

$$X_2 = 2 \times \frac{1}{2} \times 0.288^2 = 0.052 \text{ in}^2$$

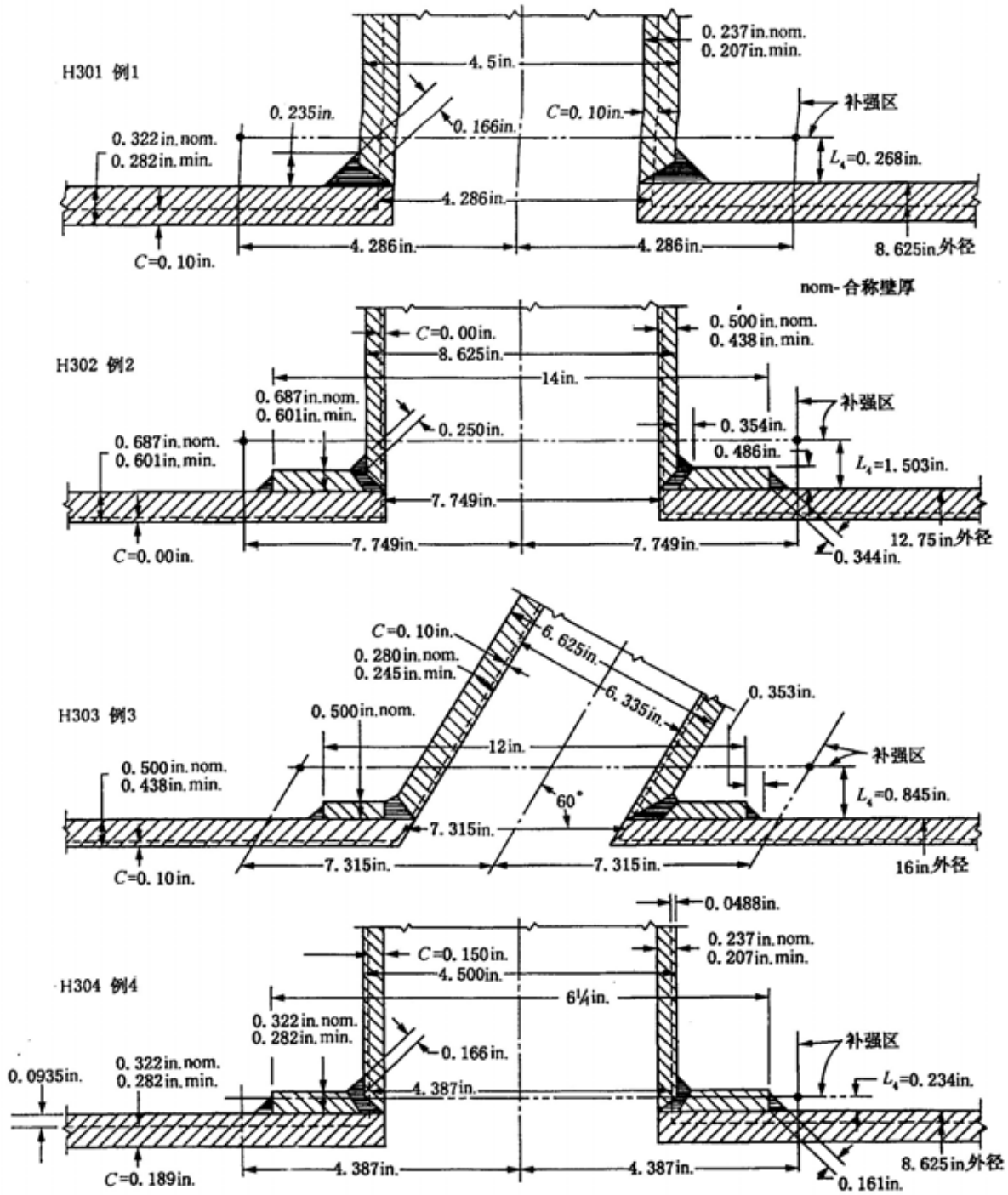
总的补强面积为 $A_4 = X_1 + X_2 = 0.462 \text{ in}^2$

该面积大于需要的补强面积, 因此, 用从 API 5L Gr. A NPS 8 Sch. 40 的无缝管上切下一个外径为 $6\frac{1}{4}$ in 的补强环, 并以最小的角焊缝焊到接头上, 将为该接头提供足够的补强。

H305 例 5(无图示)

设 NPS $1\frac{1}{2}$ 3000 1b 的锻钢插入焊管接头成直角焊于 NPS 8 Sch. 40 的输油主管(集管)上, 焊缝符合图 328.5.4D 中的详图(1)。主管材料为 ASTM A53 Gr. B 无缝管, 设计温度为 450 °F, 设计压力为 400 psi, 腐蚀裕量为 0.10 in。是否需要外加补强?

解: 不需要。根据第 304.3.2(b)节, 该设计已足以承受内压, 无需计算。当然, 可以推定, 根据公式(2)和(3)的计算, 已表明主管可满足工况条件。



图H301 附录H中的例题示图

附录 J 符 号

04

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
A	确定 R_1 最小值的系数	...	...	304.2.3	...	(5)
A_p	管子的横截面积	mm ²	in. ²	P319.4.4	...	(P17a)(P17b)
A_1	支管补强需要的面积	mm ²	in. ²	304.3.3 304.3.4	304.3.3 304.3.4 H300	(6)(9)
A_2	支管补强在主管内的有效面积	mm ²	in. ²	304.3.3 304.3.4	304.3.3 304.3.4 H300	(7) (10)
A_3	支管补强在支管内的有效面积	mm ²	in. ²	304.3.3 304.3.4	304.3.3 304.3.4 H300	(8) (11)
A_4	支管补强在补强板或连接件内的有效面积	mm ²	in. ²	304.3.3 304.3.4	304.3.3 304.3.4 H300	(12)
c	加工裕量(螺纹或沟槽深度)、腐蚀裕量、冲蚀裕量的总和	mm	in.	302.3.5 302.4 304.1.1 304.2.3 304.4.1 304.5.2 304.5.3 A304.1.1 H300 K302.3.5 K304.1.1 K304.1.2 K304.5.2 K304.8.4	304.3.3 304.3.4 328.5.5 H301	(2) (4a) (4b) (4c) (7) (8) (13) (14) (15) (25) (33) (36) (37)
c_i	内部裕量的总和	mm	in.	K304.1.1 K304.1.2	...	(34b) (35a) (35b)
c_o	外部裕量的总和	mm	in.	K304.1.1 K304.1.2	...	(34a) (35a) (35b)
C	冷紧系数	...	...	319.5.1	...	(22) (23)
C	用于计算 Larson - Miller 参数的材料常数	...	...	V303.1.3 V303.1.4	...	(V2) (V3)
C_x	承插焊缝(除法兰外),角焊缝尺寸	mm	in.	...	328.5.2c	...
C_1	估计的自平衡或松弛系数	...	...	319.5.1	...	(23)

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
d	管子内径(注意 304.1.1 和 K304.1.1 间有不同的含义)	mm	in.	304.1.1 K304.1.1 K304.1.2	...	(34b) (35b)
d_s	支管内径	mm	in.	304.3.4	304.3.4	...
d_g	垫片的内径或平均直径	mm	in.	304.5.3	304.5.3	(15)
d_h	集管内径	mm	in.	304.3.4	304.3.4	...
d_e	挤压出口的设计内径	mm	in.	304.3.4	304.3.4	(9) (10)
d_1	在支管处从主管上除去的有效长度	mm	in.	304.3.3 H300	304.3.3	(6) (7)
d_2	补强区宽度之半	mm	in.	304.3.3 304.3.4 H300	304.3.3 304.3.4	(7)
D	列于标准和技术条件表中或实测的管子的外径	mm	in.	304.1.1 304.1.2 304.1.3 319.4.1 A304.1.1 A328.2.5 K304.1.1 K304.1.2 K304.1.3 K304.8.4	304.1.1 304.2.3	(3a) (3b) (3c) (5) (16) (26) (27) (34a) (35a) (37)
D_s	支管的外径	mm	in.	304.3.4	304.3.3 304.3.4 D300	...
D_h	集管的外径	mm	in.	304.3.3 304.3.4	304.3.3 304.3.4	...
E	质量系数	...	...	302.3.1 304.1.1 304.1.2 304.2.3 304.3.3 304.4.1 304.5.1 304.5.2 304.5.3 305.2.3 306.1.3	H300	(3a) (3b) (3c) (4a) (4b) (4c) (15)
E	在规定条件下的弹性模量	MPa	ksi	A319.3.2	App. C D300	...
E_s	在 21°C (70°F) 时的参考的弹性模量	MPa	ksi	319.3.2 319.4.4	...	(22) (23)

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
E_c	铸件质量系数	...	...	319.5	302.3.3c 表 A-1A	...
				319.5.1		
				P319.5		
				302.3.1		
				302.3.3		
				305.2.3		
E_j	接头质量系数	...	...	306.1.3	302.3.4 表 A-1B	...
				K302.3.3		
				K306.1.2		
				302.3.1		
				302.3.4		
				305.2.3		
				306.1.3		
				321.1.3		
				341.4.1		
				341.5.1		
E_m	在最高或最低温度下的弹性模量	MPa	ksi	319.3.2	...	(22) (23)
				319.5.1		
E_m	给定条件温度下的弹性模量	MPa	ksi	P319.5	...	...
E_t	在试验温度下的弹性模量	MPa	ksi	X302.2.3	...	(X2)
F	工况(设计)系数	...	...	A302.3.2	...	(26c)
				A304.1.1		
				A304.1.2		
F_a	轴向力	N	lb	P319.4.4		(P17a)(P17b)
f	应力范围减小系数	...	...	302.3.5	302.3.5	(1a) (1b) (1c) (P1a) (P1c)
				P302.3.5		
f_m	应力范围系数的最大值	...	...	302.3.5	302.3.5	(1c)
g	焊接的根部间隙	mm	in.	K328.4.3	328.4.4 K328.5.4	...
h	柔性特性	...	...	...	D300	...
h_s	挤压出口的高度	mm	in.	304.3.4	304.3.4	...
i	应力增强系数	...	...	319.3.6	D300	...
i_a	轴向力的应力增强系数	...	...	P319.4.4		(P17a)(P17b)
i_i	平面内的应力增强系数	...	...	319.4.4	D300	(18) (19) (20)
i_o	平面外的应力增强系数	...	...	319.4.4	D300	(18) (19) (20)
k	柔度系数	...	...	P319.4.4 319.3.6	D300	...
K	由支管直径与主管直径的比率确定的系数	...	...	304.3.4	304.3.4	(9)
K_1	经验柔度公式中的常数	...	...	319.4.1	...	(16)
K_s	在试验结果统计变化中的系数(见 X3.1.3)	...	...	X302.1.3	...	(X2)
L	管道固定点间的展开长度	m	ft	304.2.4	...	(16)

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
				319.4.1		
				K304.2.4		
L_4	主管外表面上的补强区高度	mm	in.	304.3.3	304.3.3	(8)
				H300	H301	
L_5	挤压引出口补强区高度	mm	in.	304.3.4	304.3.4	(11)
LMP	用于估算设计寿命的 Larson - Miller 参数	...	...	V303.1.3	...	(V2) (V3)
				V303.1.4		
m	支管的装配错位	mm	in.	328.4.3	328.4.4	...
				K328.4.3	K328.5.4	
M	与全厚度管邻接的斜接弯管段的长度	mm	in.	304.2.3	304.2.3	...
M_i	平面内的弯矩	N - mm	in. lbf	319.4.4	319.4.4A	(18) (19) (20)
					319.4.4B	
M_o	平面外的弯矩	N - mm	in. lbf	319.4.4	319.4.4A	(18) (19) (20)
					319.4.4B	
M_t	扭矩	N - mm	in. lbf	319.4.4	319.4.4A	...
					319.4.4B	
m	支管的装配错位	mm	in.	328.4.3	328.4.4	
				K328.4.3	K328.5.4	
N	全位移循环的当量数	...	...	300.2	302.3.5	(1c) (1d)
				302.3.5		
				319.4.5		
N	全操作循环的当量数	...	...	P300.2	...	(P1c)(P1d)
				P302.3.5		
				P319.4.4		
N_i	与位移应力范围 S_i ($i=1,2,\dots$) 有关的循环数	...	...	302.3.5	...	(1d)
N_i	为产生材料系数 X_m 的疲劳试验数	...	...	X302.1.3	...	(X2)
N_i	操作应力范围 S_i 相伴的循环数	...	...	...	P302.3.5	(P1d)
N_g	最大计算位移应力范围的循环数	...	...	302.3.5	...	(1d)
N_g	最大计算的操作应力范围循环数	...	...	...	P302.3.5	(P1d)
P	设计表压	kPa	psi	304.1.1	D300	(3a) (3b) (3c)
				304.1.2		(15) (24)
				304.4.1		(26) (34a)
				304.5.1		(34b) (35a)
				304.5.2		(35b) (37)
				304.5.3		
				345.4.2		
				A304.1.1		
				A304.1.2		
				A304.5.1		
				H300		
				K304.1.1		
				K304.1.2		
				K304.7.2		
				K304.8.4		

附录J (续表) 04

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
				K345.4.2		
P_{a2}	见 BPV 规范第Ⅲ卷第1册 UG-28	...	...	304.1.3	...	...
P_i	在工况条件 i 期间的表压	kPa	psi	V303.1.1	...	(V1)
P_j	对于负荷情况 $j=1$, 乘以下方情况 2, 3... 时的管道内压	kPa	psi	...	S301 S302	...
P_m	斜接弯头的最大允许内压	kPa	psi	304.2.3	...	(4a) (4b) (4c)
P_{max}	在设计温度下组件连续操作的最大许用表压	kPa	psi	V303.1.1	...	(V1)
P_s	盘旋状 U 形弯头基于柔度系数栏的设计压力限制	kPa	psi	X302.2.3	...	(X3)
P_T	最小的试验表压	kPa	psi	345.4.2		(24) (27) (X2)
				A382.2.5 X302.2.3		
r_i	较小的计算位移应力范围 S_i 与最大的计算位移应力范围 S_{Ei} ($i=1, 2, \dots$) 之比值	...	...	302.3.5	...	(1d)
r_i	较小的计算操作应力范围 S_i 与最大计算应力范围 S_E ($i=1, 2, \dots$) 的比率	...	...	P302.3.5	...	(P1d)
r_2	按公称壁厚 T 的管子平均半径	mm	in.	304.2.3 319.4.4	304.2.3 D300	(4a) (4b) (4c) (21)
r_e	挤压引出口的外轮廓半径	mm	in.	304.3.4	304.3.4 D300	(12)
R	柔性分析中反作用力或力矩范围	N 或 N-mm	lbf 或 in-lbf	319.5 319.5.1	...	(22)
R_o	在安装温度估计的瞬时反力或力矩	N 或 N-mm	lbf or in.-lbf	319.5.1	...	...
R_m	在最高或最低金属温度下估计的瞬时最大反力或力矩	N 或 N-mm	lbf or in.-lbf	319.5.1	...	(22)
R_{min}	应力范围的最小系数 (详见 X3.1.3)	...	...	X302.1.3	...	(X1) (X2)
R_T	依据抗拉强度趋向曲线的平均温度与室温下抗拉强度的比值	...	...	302.3.2 (d) (8)	...	...
R_T	依据屈服强度趋向曲线的平均温度与室温下屈服强度的比值	...	...	302.3.2(d)(8) K302.3.2	...	...
R_1	斜接弯头的有效半径	mm	in.	304.2.3	304.2.3	(4b) (5)
R_1	焊接弯管或管弯头的弯曲半径	mm	in.	304.2.1	D300	(3f) (3g)
s	沿管中心线斜接段的间距	mm	in.	...	D300	...
S	金属的基本许用应力	MPa	ksi	300.2 302.3.1 304.1.1 304.1.2 304.1.3 304.2.3 304.3.3 304.4.1 304.5.1	A-1	(3a) (3b) (3c) (4a) (4b) (4c) (15) (24)

符号	定义	单位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
				304.5.2		
				304.5.3		
				319.3.4		
				345.4.2		
				H300		
S	螺栓设计应力	MPa	ksi	300.2	A-2	...
				302.3.1		
S	非金属的设计应力	...	...	A304.1.1	B-1	(26)
				A304.1.2		
				A304.5.1		
				A304.5.2		
S	金属的许用应力	MPa	ksi	K304.1.1	K-1	(34a)(34b)
				K304.1.2		(35a)(35b)
				K345.4.2		
S	应力强度	MPa	ksi	K304.8.4	...	(37)
S _a	在大气温度下螺栓的设计应力	MPa	ksi	304.5.1	...	...
				A304.5.1		
S _a	由于轴向力引起的应力	MPa	ksi	P319.4.4	...	(P17a)(P17b)
S _b	在设计温度下螺栓的设计应力	MPa	ksi	304.5.1	...	...
				A304.5.1		
S _b	合成的弯曲应力	MPa	ksi	319.4.4	...	(17)(18)(19)(20)
				P319.4.4		(P17a)(P17b)
S _c	在分析中的位移循环期间, 预计的最低金属温度下的基本许用应力	MPa	ksi	302.3.5	...	(1a)(1b)(32)
				K302.3.5		
S _d	材料在设计温度下表 A-1 给出的许用应力	MPa	ksi	V303.1.1	...	(V1)
S _f	法兰材料或管子的许用应力	MPa	ksi	304.5.1	...	...
				304.5.2		
S _h	在分析中的位移循环期间, 预计的最高金属温度下的基本许用应力	MPa	ksi	302.3.5	...	(1a) (1b) (23)
				319.5.1		(32) (P1a)
				K302.3.5		
				P302.3.5		
S _i	比 S _g (i = 1, 2, ...) 更小的计算的位移应力范围	MPa	ksi	302.3.5	...	(1d)
S _l	小于 S _g (i = 1, 2, ...) 的计算的操作应力范围	MPa	ksi	P302.3.5	...	...
S _i	在 i 工况条件期间的当量应力 (S _μ 与 S _l 两者中较大者)	MPa	ksi	V303.1.1	...	...
				V303.1.2		
S _μ	在 i 工况条件期间压力下的当量应力	MPa	ksi	V303.1.1	...	(V1)
S _t	扭转应力	MPa	ksi	319.4.4	...	(17)
S _t	用于奥氏体不锈钢膨胀节设计疲劳曲线的总的应力范围	...	psi	X302.1.3	X302.1.3	...
S _y	屈服应力 (BPV 规范)	MPa	ksi	302.2.4	...	...

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U. S.	节号	表/图/附录	公式
S_A	位移应力的许用应力范围	MPa	ksi	300.2	...	(1a) (1b) (32)
				302.3.5		
				319.2.3		
				319.3.4		
				319.4.4		
				319.4.5		
S_E	计算的位移应力范围	MPa	ksi	300.2	...	(17) (23)
				302.3.5		
				319.2.3		
				319.4.4		
				319.4.5		
				319.5.1		
S_E	最大操作应力范围	MPa	ksi	P300.2	...	(P17b)
				P319.4.4		
S_f	法兰材料或管子的许用应力	MPa	ksi	304.5.1
				304.5.2		
S_H	平均长期液体静压强度(LTHS)	kPa	psi	A328.2.5	...	(27)
S_L	纵向应力的总和	MPa	ksi	302.3.5	...	(1b)
				302.3.6		
				K302.3.5		
				K302.3.6		
S_o	操作应力	MPa	ksi	P319.4.4	...	(P17a)
S_{ot}	许用的操作应力范围	MPa	ksi	P302.3.5	...	(P1a)
				P300.2		
				P319.4.4		
				P319.4.5		
S_{om}	最大操作应力和最大操作应力范围中的较大者	MPa	ksi	P319.4.4
				P302.3.5		
S_S	平均短期爆破应力	kPa	psi	A328.2.5	...	(27)
S_T	室温下规定的最小抗拉强度	MPa	ksi	302.3.2
S_T	在试验温度下的许用应力	MPa	ksi	345.4.2	...	(24) (38)
				K345.4.2		
S_t	扭转应力	MPa	ksi	319.4.4	...	(17)
				P319.4.4		
S_T	用于奥氏体不锈钢膨胀节的设计疲劳曲线总应力范围	...	psi	X302.1.3	X302.1.3	...
S_Y	室温下规定的最小屈服强度	MPa	ksi	302.3.2
				K302.3.2		
				K328.2.1		
S_y	屈服应力	MPa	ksi	302.2.4
S_{yt}	在室温下的屈服强度	MPa	ksi	K302.3.2	...	(31)
t	压力设计厚度	mm	in.	304.1.1	304.1.1 328.5.2c	(2) (3a) (3b) (3c) (3d) (13) (14) (25) (26) (33) (34a) (36)
				304.1.2		
				304.1.3		
				304.3.3		
				304.4.1		
				304.5.2		
				A304.1.1		
				A304.1.2		

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处				
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式		
t_b	支管的压力设计厚度	mm	in.	A304.1.3	304.3.3	(8) (11)		
				K304.1.1				
				K304.1.2				
				K304.1.3				
t_c	覆盖角焊缝的焊缝厚度	mm	in.	K304.5.2	304.3.4	304.3.4		
					304.3.4			
					H300			
t_h	集管的压力设计厚度	mm	in.	328.5.4	328.5.4	...		
				331.1.3				
				H300				
t_i	在压力 P_i 和温度 T_i 的任一 i 工况条件下总的持续时间	h	h	304.3.3	304.3.3	(6) (7)		
				304.3.4	304.3.4	(9) (10)		
				H300				
t_m	包括加工、腐蚀和冲蚀裕量在内的所需要的最小厚度	mm	in.	V303.2	...	(V4)		
				304.1.1	328.3.2	(2) (13)		
				304.2.1	328.4.3	(14) (15)		
				304.4.1	K328.4.2	(25) (33)		
				304.5.2	K341.3.2	(36)		
				304.5.3				
				328.4.2				
				A304.1.1				
				A304.2.1				
				K304.1.1				
				K304.2.1				
K304.5.2								
K328.4.2								
t_{min}	支管的最小厚度, \bar{t}_b 或 \bar{t}_r 中的较小值	mm	in.	328.5.4	328.5.4	...		
t_{si}	组件在给定工况条件 i 和应力 S_i 下的许用断裂寿命	h	hr	V303.1.4	...	(V3)		
				V303.2		(V4)		
T	管壁厚度(实测或按采购技术条件的最小厚度)	mm	in.	304.1.1	323.3.1	(4a) (4b)		
				304.2.3	328.5.2B	(4c)		
				306.4.2	K323.3.1	(35a) (35b)		
				A304.1.1		(27)		
				A328.2.5				
T_b	支管壁厚(实测或按采购技术条件的最小厚度)	mm	in.	K304.1.1	304.3.3	(8) (11)		
				K304.1.2				
				304.3.4			304.3.4	(12)
				H300				
T_c	三通叉口处的厚度	mm	in.	...	D900	...		
T_h	集管壁厚(实测或按采购技术条件的最小厚度)	mm	in.	304.3.3	304.3.3	(7) (10)		

附录J(续表) 04

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
				304.3.4 H300	304.3.4	
T_i	在 i 工况条件期间的实际温度	°C	°F	V303.1.4	...	(V3)
T_j	载荷条件 $j=1$ 用的管道最高或最低金属温度; 对于多个载荷依次为 $j=2, 3, \dots$	°C	°F	...	S301 S302	...
T_s	用管子制成的补强圈或鞍件的最小厚度 (如用钢板制作, 为公称厚度)	mm	in.	304.3.3 H300	304.3.3	...
T_a	支管有效壁厚	mm	in.	319.4.4	...	(21)
T_c	除去腐蚀裕量后的挤压引出口厚度	mm	in.	304.3.4	304.3.4	(12)
T_E	在使用条件 i 期间的设计温度 (依据表 A-1 中 S_i 的温度)	°C	°F	V303.1.2 V303.1.3	...	(V2)
T_2	预制翻边的最小厚度	mm	in.	...	328.5.5	...
\bar{T}	管子的公称壁厚	mm	in.	302.3.5	328.5.2B 328.5.5 K302.3.3D D300	...
\bar{T}_b	支管的公称壁厚	mm	in.	319.4.4 328.5.4 331.1.3	304.3.3 328.5.4D	...
\bar{T}_c	集管的公称壁厚	mm	in.	319.4.4 328.5.4 331.1.3	304.3.3 328.5.4D	...
\bar{T}_r	补强圈或鞍件的公称壁厚	mm	in.	328.5.4 331.1.3	328.5.4D D300	...
\bar{T}_w	对接焊连接组件中较薄者的公称壁厚	mm	in.	344.6.2	341.3.2 K341.3.2	...
u	从单个使用的系数 t_1/t_{r1} 汇总得到的 蠕变断裂使用系数	...	...	V303.2 V303.3	...	(V4)
U	固定点之间的直线距离	m	ft	319.4.1	...	(16)
W	焊缝接头强度降低系数	...	...	302.2.2 302.3.5 304.1.1 304.1.2 304.2.1 304.2.3 304.3.3 304.4.1 304.5.1 304.5.2 304.5.3	...	(3a)(3b) (3c)(4a) (4b)(4c) (15)
X	对于波纹膨胀接头许用应力范围 S_i 的 修正系数(见 X302.1.3)	...	...	X302.1.3	...	(X1) (X2)
X_1	补强圈的补强面积	mm ²	in. ²	H304	...	...
X_2	角焊缝的补强面积	mm ²	in. ²	H304	...	...

符号	定 义	单 位 [注(1)]		参 考 处		
		SI	U.S.	节号	表/图/附录	公式
X_{ms}	连接平焊或承插焊法兰的角焊缝的尺寸	mm	in.	...	328.5.2B	...
y	合成的总位移	mm	in.	319.4.1	...	(16)
Y	有效受力直径的系数	...	...	304.1.1	304.1.1	(3a)
				304.1.2		
Z	管子的截面模量	mm ³	in. ³	319.4.4	...	(18) (19)
Z_r	支管的有效截面模量	mm ³	in. ³	319.4.4	...	(20) (21)
α	斜接接头处方向的转变角	度	度	304.2.3	304.2.3	...
				306.3.2		
				306.3.3		
				M306.3		
β	支管轴和支管轴间夹角(指较小值)	度	度	304.3.3	304.3.3	(6) (8)
ΔT_n	较少循环温度变化的范围($n=1,2,\dots$)	°C	°F	302.3.5	...	...
ΔT_c	全循环的温度变化范围	°C	°F	302.3.5	...	...
θ	斜接弯头斜接段的切角	度	度	304.2.3	304.2.3	(4a) (4c) (5)

D300

通注:本规范论及到本附录,见 300.3。

注(1)注意:这些单位的采用本规范未作要求。它们表示在计算时多套的一致单位(除非另有说明)均可应用,如应力(压力)值的单位是 ksi 及 MPa 乘以 1000 后就可用于应力(压力)值的单位为 psi 及 kPa 的方程式。

*个别符号定义与正文中定义有出入,请以正文中定义为准——译注。

04

附录 K 高压管道的许用应力

附录 K 高压管道的许用应力

附录 K 的技术条件索引

技术条件No.	名 称
ASTM	
A53	无镀层及热浸镀锌的焊接钢管与无缝钢管
A105	管道组件用碳钢锻件
A106	高温用无缝碳钢管
A182	高温用锻制或轧制合金钢管法兰、锻制管件、阀门和零件
A210	锅炉和过热器用无缝中碳钢管
A234	中、高温用锻制碳钢和合金钢管件
A312	无缝和焊接奥氏体不锈钢钢管
A333	低温用无缝和焊接钢管
A334	低温用无缝和焊接碳钢和合金钢管
A335	高温用无缝铁基合金钢管
A350	管道组件用要求缺口韧性试验的碳钢和低合金钢锻件
A358	高温用电熔焊奥氏体铬-镍合金钢管
A403	锻制奥氏体不锈钢管件
A420	低温用锻制的碳钢和合金钢管件
A508	压力容器用经真空处理的调质碳钢和合金钢锻件
A723	用于高强度承压组件的合金钢锻件
B164	镍-铜合金的棒材、杆和丝
B165	镍-铜合金的无缝管(UNS N04400)
B166	镍-铬-铁合金的棒材、杆和丝(UNS N06600)
B167	镍-铬-铁合金的无缝管(UNS N06600-N06690)
B337	钛及钛合金的无缝和焊接管
B338	用于冷凝器和换热器的钛及钛合金的无缝和焊接管
B363	无缝和焊接的非合金钛及钛合金焊接管件
B366	预制的锻制镍及镍合金焊接管件
B381	钛及钛合金锻件
B564	镍合金锻件
B574	低碳镍-铝-铬合金的棒材
B622	镍及镍-钴合金的无缝管
API	
5L	管线管

通注:要求在本规范正文各处都引出引用的标准的版本号是不现实的,作为替代方法,在附录 E 中列出了本规范涉及的标准的有效版本号以及这些标准的归口组织的名称及地址。

附录 K 表注

说明:

(a)表 K-1 中的许用应力值 P-No 或 S-No 代号,还有参照的注和双线标记〔见附录 A 注(7)〕都是第 IX 章的要求。

(b)注(1)~(7)和注(17)、(18)是表头和材料型号和产品类型的参照注。注(8)~(16)和(19)、(20)是规定材料栏的注。

(c)表 K-1 中尚未提供当量公制值若将表 K-1 中给定温度下应力值转换为 MPa,先确定当量温度 °F,再用插值法求出给定温度下的 ksi 单位应力值再乘以 6.895,即是给定温度(°C)下以 MPa 为单位的许用应力值。

注:

(1)表 K-1 中的应力值是按第 K302.3.1(a)节规定的拉伸许用应力,剪切和承重的应力值见第 K302.3.1(b)节的说明,压应力值见第 K302.3.1(c)节的说明。

(2)代表所有管道组件及其上焊缝的试样,应按第 K323.3 节要求进行冲击试验。

(3)材料的最低使用温度应按第 K323.2.2 节的规定。

(4)材料的温度极限应按第 K323.2.1A 节的规定。应力值后的双线标记(||)表示该材料禁止用于高于该温度值。

(5)印成斜体字的应力值表示已超过该温度下预期屈服强度的%,印成粗体字的应力值表示等于该温度下屈服强度的 90%,见第 K302.3.2 节所述。

(6)应对材料进行成品分析,见第 K323.1.5 节所述。

(7) P-No. 和 S-No. 分组的说明见第 328.2.1(f)节。P-No 是用数字或数字后跟字母来表示(如:8 或 5B 或 11A),S-No 则是前缀加在数字前(如 S-1)。

(8)这种类型或等级仅限无缝管。

(9)如这种等级是冷胀用的,应从其变形最大部分取样按第 K323.3 节要求进行冲击试验。

(10)这种材料要求在进行焊接评定时予以特殊考虑。见 BPV 规范第 IX 卷 QW /QB-422。在本规范使用中,评定的 WPS 要求对材料的每一强度水平进行评定。

(11)该材料不允许焊接。

(12)该组件中的焊缝应设计成允许进行充分射线照相检查;按第 K302.3.4 节要求取接头质量系数 $E_j = 1.00$

(13)该技术条件的管子制品应以固溶热处理状态供货。

(14)这种非稳定化等级的不锈钢当 C > 0.03% 时,晶界碳化物沉淀有增加的倾向,也参见第 F323.4(c)(2)节。

(15)所示应力值为用于这种等级管件制造的该材料技术条件允许的最低强度母材相应的值。如使用强度较高的母材,由在设计中可使用该材料较高的应力值。

(16)按该技术条件供货的镀锌管不允许用于承压工况,见第 K323.4.2(b)节。

(17)管材(Pipe 和 tubing)应按表 K305.1.2 节要求检查纵向缺陷。

(18)材料缺陷只可按第 K323.1.6 节要求用焊接返修。

(19)材料厚度 > 127 mm(5 in),规定的最小抗拉强度为 448 MPa(65 ksi)。

(20)材料厚度 > 127 mm(5 in),规定的最小抗拉强度为 483 MPa(70 ksi)。

(21)100 °F 以上温度时,列于表 A-1 的材料,许用应力值可用于第 IX 章,或者,许用应力也可按照 K323.2.1 的规定计算得到。

04

表K-1 金属材料的拉伸许用应力(限第IX章用)^{(1)~(6),(18)}
 (括号内的数字是本附录的注号;Spec. No 栏中除注明外,均为 ASTM 技术条件)

材料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽⁷⁾	型号或等级	注	规定最低强度, ksi		
					抗拉	屈服	
碳钢							
管材⁽¹⁷⁾							
...	A 53	1	B	(8)(16)	}	60	35
...	A 106	1	B	...			
...	A 333	1	6	(8)			
...	A 334	1	6	(8)			
...	API 5L	S-1	B	(8)(9)			
...	A 210	1	A-1	...	60	37	
...	A 106	}	C	...	70	40	
...	A 210						
...	API 5L	S-1	X42	(8)(9)(21)	60	42	
...	API 5L	S-1	X46	(8)(9)(21)	63	46	
...	API 5L	S-1	X52	(8)(9)(21)	66	52	
...	API 5L	S-1	X56	(8)(9)(10)(21)	71	56	
...	API 5L	S-1	X60	(8)(9)(10)(21)	75	60	
...	API 5L	S-1	X65	(8)(9)(10)(21)	77	65	
...	API 5L	S-1	X70	(8)(9)(10)(21)	82	70	
...	API 5L	S-1	X80	(8)(9)(10)(21)	90	80	
锻件和管件							
...	A 234	1	WPB	}	(8)	60	35
...	A 420	1	WPL6				
...	A 350	1	LF2				
...	A 105	1	...	...	70	36
...	A 234	1	WPC	(8)	70	40	
低、中合金钢							
管材⁽¹⁷⁾							
C- $\frac{1}{2}$ Mo	A 335	3	P1	...	55	30	
1Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 335	4	P12	...	60	32	
1 $\frac{1}{4}$ Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 335	4	P11	...	60	30	
5Cr- $\frac{1}{2}$ Mo	A 335	5A	P5	...	60	30	
2 $\frac{1}{4}$ Cr-1Mo	A 335	5A	P22	...	60	30	

04

表K-1(续)

材料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽⁷⁾	型号或等级	注	规定最低强度, ksi		
					抗拉	屈服	
低、中合金钢(续)							
管材 ⁽¹⁷⁾ (续)							
3½Ni	A 333	9B	3	}	(8)	65	35
3½Ni	A 334	9B	3				
9Ni	A 333	11A	8	}	(8)	100	75
9Ni	A 334						
锻件和管件							
3½Ni	A 420	9B	WPL3	(8)		65	35
3½Ni	A 350	9B	LF3	...		70	37.5
1Cr-½Mo	A 182	4	F12, Cl. 2	...		70	40
1¼Cr-½Mo	A 182	4	F11, Cl. 2	...		70	40
C-½Mo	A 182	3	F1	...		70	40
5Cr-½Mo	A 182	5B	F5	...		70	40
2¼Cr-1Mo	A 182	5A	F22, Cl. 3	...		75	45
9Ni	A 420	11A	WPL8	(8)		100	75
3½Ni-1¼Cr-½Mo	A 508	11A	4N, Cl. 2	...		115	100
Ni-Cr-Mo	A 723	...	1, 2, 3 Cl. 1	(11)		115	100
Ni-Cr-Mo	A 723	...	1, 2, 3 Cl. 2	(11)		135	120
Ni-Cr-Mo	A 723	...	1, 2, 3 Cl. 3	(11)		155	140
不锈钢 ⁽⁸⁾							
管材 ⁽¹⁷⁾							
16Cr-12Ni-2Mo	A 312	8	TP316L	(12)	}	70	25
316L, A 240	A 358	8	316L, Cl. 1 & 3	(12)(13)			
16Cr-12Ni-2Mo-N	A 312	8	TP316LN	(12)	}	75	30
316LN, A 240	A 358	8	316LN, Cl. 1 & 3	(12)(13)			
18Cr-8Ni	A 312	8	TP304L	(12)	}	70	25
304L, A 240	A 358	8	304L, Cl. 1 & 3	(12)(13)			
18Cr-8Ni-N	A 312	8	TP304LN	(12)	}	75	30
304LN, A 240	A 358	8	304L, Cl. 1 & 3	(12)(13)			

表K-1(续) 04

金属在下列温度°F的最大许用应力 S, ksi										型号或等级	Spec. No.
100	200	250	300	400	500	600	650	700			
低、中合金钢(续) 管材 ⁽¹⁷⁾ (续)											
23.3	21.3	20.7	...	20.0	18.9	17.3	17.0	15.7 ||	3	A 333 A 334	
50.0	48	47.0	8		A 333 A 334
锻件和管件											
23.3	21.3	...	19.6 ||	...	...	...	...	...	WPL3	A 420
25.0	22.8	...	22.1 ||	...	...	...	...	...	LF3	A 350
26.7	24.1	...	22.7	21.7	20.9	20.3	20.1	19.7 ||	F12, Cl. 2	A 182	
26.7	24.6	...	23.4	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1 ||	F11, Cl. 2	A 182	
26.7	24.6	...	23.4	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1 ||	F1	A 182	
26.7	24.1	...	23.2	22.9	22.7	22.4	22.1	21.7 ||	F5	A 182	
30.0	27.5	...	26.1	25.5	24.8	24.3	24.0	23.7 ||	F22, Cl. 3	A 182	
50.0	48	47.0 ||	...	...	...	...	...	...	WPL8	A 420
66.7	62.8	...	60.8	59.5	58.5	57.4	56.7 ||	...	4N, Cl. 2	A 508	
66.7	64.0	...	62.3	61.3	60.3	59.3	58.5	57.3 ||	1, 2, 3 Cl. 1	A 723	
80.0	76.8	...	74.8	73.6	72.4	71.2	70.1	68.8 ||	1, 2, 3 Cl. 2	A 723	
93.3	89.6	...	87.3	85.9	84.5	83.1	81.9	80.3 ||	1, 2, 3 Cl. 3	A 723	
不锈钢 ⁽⁸⁾ 管材 ⁽¹⁷⁾											
16.7	16.7	...	16.7	15.8	14.8	14.0	13.8	13.5 ||	TP316L 316L, Cl. 1 & 3	A 312 A 358	
20	20	...	20	18.9	17.5	16.5	16.0	15.6 ||	TP316LN 316LN, Cl. 1 & 3	A 312 A 358	
16.7	16.7	...	16.7	15.8	14.7	14.0	13.7	13.4 ||	TP304l 304l, Cl. 1 & 3	A 312 A 358	
20.0	20.0	...	20.0	18.6	17.5	16.4	16.1	15.9 ||	TP304LN 304LN, Cl. 1 & 3	A 312 A 358	

表K-1(续)

材料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽⁷⁾	型号或等级	注	规定最低强度, ksi	
					抗拉	屈服
不锈钢 ⁽⁸⁾ (续) 管材 ⁽¹⁷⁾ (续)						
18Cr-10Ni-Ti smis. > 3/8 in. 厚	A 312	8	TP321	...	70	25
18Cr-10Ni-Ti smis. ≤ 3/8 in. 厚 or wld. 321, A 240	A 312	8	TP321	(12)	75	30
	A 358	8	321, Cl. 1 & 3	(12)(13)		
18Cr-8Ni 304, A 240	A 312	8	TP304	(12)(14)	75	30
	A 358	8	304, Cl. 1 & 3	(12)(13)(14)		
16Cr-12Ni-2Mo 316, A 240 18Cr-13Ni-3Mo	A 312	8	TP316	(12)(14)	75	30
	A 358	8	316, Cl. 1 & 3	(12)(13)(14)		
	A 312	8	TP317	(12)(14)		
18Cr-10Ni-Cb 347, A 240	A 312	8	TP347	(12)	75	30
	A 358	8	347, Cl. 1 & 3	(12)(13)		
18Cr-8Ni-N 304N, A 240	A 312	8	TP304N	(12)(14)	80	35
	A 358	8	304N, Cl. 1 & 3	(12)(13)(14)		
16Cr-12Ni-2Mo-N 316N, A 240	A 312	8	TP316N	(12)(14)	80	35
	A 358	8	316N, Cl. 1 & 3	(12)(13)(14)		
锻件和管件						
16Cr-12Ni-2Mo 16Cr-12Ni-2Mo	A 182	8	F316L	(19)	70	25
	A 403	8	WP316L, Cl. S & WX	(12)		
16Cr-12Ni-2Mo-N 16Cr-12Ni-2Mo-N	A 182	8	F316LN	(20)	75	30
	A 403	8	WP316LN, Cl. S & WX	(12)		
18Cr-8Ni 18Cr-8Ni	A 182	8	F304L	(19)	70	25
	A 403	8	WP304L, Cl. S & WX	(12)		
18Cr-8Ni-N 18Cr-8Ni-N	A 182	8	F304LN	(20)	75	30
	A 403	8	WP304LN, Cl. S & WX	(12)		
18Cr-10Ni-Ti 18Cr-10Ni-Ti	A 182	8	F321	(20)	75	30
	A 403	8	WP321, Cl. S & WX	(12)		
18Cr-8Ni 18Cr-8Ni	A 182	8	F304	(14)(20)	75	30
	A 403	8	WP304, Cl. S & WX	(12)(14)		
16Cr-12Ni-2Mo 16Cr-12Ni-2Mo 18Cr-13Ni-3Mo	A 182	8	F316	(14)(20)	75	30
	A 403	8	WP316, Cl. S & WX	(12)(14)		
	A 403	8	WP317, Cl. S & WX	(12)(14)		
18Cr-10Ni-Cb 18Cr-10Ni-Cb	A 182	8	F347	(20)	75	30
	A 403	8	WP347, Cl. S & WX	(12)		
18Cr-8Ni-N 18Cr-8Ni-N	A 182	8	F304N	(14)	80	35
	A 403	8	WP304N, Cl. S & WX	(12)(14)		
16Cr-12Ni-2Mo-N 16Cr-12Ni-2Mo-N	A 182	8	F316N	(14)	80	35
	A 403	8	WP316N, Cl. S & WX	(12)(14)		

表K-1(续)

金属在下列温度°F的最大许用应力 S, ksi								型号或等级	Spec. No.
100	200	300	400	500	600	650	700		
								不锈钢 ⁽⁸⁾ (续) 管材 ⁽¹⁷⁾ (续)	
16.7	16.7	16.7	16.7	16.1	15.2	14.9	14.6	TP321 smls. > 3/8 in. thick	A 312
20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	18.3	17.9	17.5	[TP321 smls. ≤ 3/8 in. thick & wid. -321, Cl. 1 & 3	A 312 A 358
20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.4	16.1	15.9	[TP304 -304, Cl. 1 & 3	A 312 A 358
20.0	20.0	20.0	19.3	18.0	17.0	16.7	16.3	[TP316 -316, Cl. 1 & 3 [TP317	A 312 A 358 A 312
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	19.0	18.6	[TP347 -347, Cl. 1 & 3	A 312 A 358
23.3	23.3	22.5	20.3	18.8	17.8	17.6	17.2	[TP304N -304N, Cl. 1 & 3	A 312 A 358
23.3	23.3	23.3	23.3	22.2	21.1	20.5	20.1	[TP316N -316N, Cl. 1 & 3	A 312 A 358
								锻件和管件	
16.7	16.7	16.7	15.8	14.8	14.0	13.8	13.5	[F316L -WP316L, Cl. S & WX	A 182 A 403
20.0	20.0	20.0	18.9	17.5	16.5	16.0	15.6	[F316LN -WP316LN, Cl. S & WX	A 182 A 403
16.7	16.7	16.7	15.8	14.7	14.0	13.7	13.4	[F304L -WP304L, Cl. S & WX	A 182 A 403
20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.4	16.1	15.9	[F304LN -WP304LN, Cl. S & WX	A 182 A 403
20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	18.3	17.9	17.5	[F321 -WP321, Cl. S & WX	A 182 A 403
20.0	20.0	20.0	18.6	17.5	16.4	16.1	15.9	[F304 -WP304, Cl. S & WX	A 182 A 403
20.0	20.0	20.0	19.3	18.0	17.0	16.7	16.3	[F316 -WP316, Cl. S & WX [WP317, Cl. S & WX	A 182 A 403 A 403
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	19.0	18.6	[F347 -WP347, Cl. S & WX	A 182 A 403
23.3	23.3	22.5	20.3	18.8	17.8	17.6	17.2	[F304N -WP304N, Cl. S & WX	A 182 A 403
23.3	23.3	23.3	23.3	22.2	21.0	20.5	20.1	[F316N -WP316N, Cl. S & WX	A 182 A 403

表K-1(续)

材料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽⁷⁾	UNS. No.	状态	规格范围, in	注	规定最低强度, ksi	
							抗拉	屈服
镍和镍合金⁽⁵⁾								
管材⁽¹⁷⁾								
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Annealed	> 5 O.D.	...	70	25
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	H.W.	> 5 O.D.	...	75	25
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	H.W. ann.				
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Annealed	≤ 5 O.D.	...	70	28
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	H.W.	≤ 5 O.D.	...	80	30
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	H.W. ann.	≤ 5 O.D.	...		
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	C.W. ann.	> 5 O.D.	...		
Ni-Cr-Fe	B 167	43	N06600	C.W. ann.	≤ 5 O.D.	...	80	35
Ni-Mo-Cr	B 622	44	N10276	...	All	...	100	41
Ni-Cu	B 165	42	N04400	Str. rel.	All	...	85	55
锻件和管件								
Ni-Cu	B 366	S-42	N04400	...	All	(12)(15)	70	25
Ni-Cu	B 564	42	N04400	Annealed	All	...		
Ni-Cr-Fe	B 366	S-43	N06600	...	All	(12)(15)		
Ni-Cr-Fe	B 564	43	N06600	Annealed	All	...		
Ni-Mo-Cr	B 366	44	N10276	...	All	(12)		
Ni-Mo-Cr	B 564	44	N10276	Annealed	All	...		
棒和盘条								
Ni-Cu	B 164	42	N04400	Annealed	All	...	70	25
Ni-Cr-Fe	B 166	43	N06600	C.W. ann. & H.W. ann.	All	...	80	35
Ni-Cr-Fe	B 166	43	N06600	H.W., A.W.	sq. rec., & hex.	}	85	35
Ni-Cr-Fe	B 166	43	N06600	H.W., A.W.	> 3 rd.			
Ni-Cu	B 164	42	N04400	H.W.	Rod, sq., & rec. ≤ 12 hex. ≤ 2 1/8	}	80	40
Ni-Cr-Fe	B 166	43	N06600	H.W., A.W.	1/2 to 3 rd.	...	90	40
Ni-Mo-Cr	B 574	44	N10276	...	All	...	100	41
Ni-Cr-Fe	B 166	S-43	N06600	H.W., A.W.	1/4 to 1/2 rd.	...	95	45

注: 状态和规格范围栏的缩略词:

- | | |
|-----------|------------|
| ann. 退火 | rd 圆周 |
| A. W. 加工态 | rec. 矩形 |
| C. W. 冷加工 | rel. 消除 |
| H. W. 热加工 | sq. 方形 |
| hex. 六角 | str 应力 |
| O. D. 外径 | * All 全部规格 |

• 为译者所加。——译注

表K-1(续) 04

金属在下列温度°F的最大许用应力 S, ksi								型号或等级	Spec. No.	
100	200	300	400	500	600	650	700			
镍和镍合金 ⁽⁵⁾ 管材 ⁽¹⁷⁾										
16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	N04400	B 165	
16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	[N06600 N06600	B 167 B 167	
18.7	16.5	15.4	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8		N04400	B 165
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	[N06600 N06600 N06600	B 167 B 167 B 167	
23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3		N06600	B 167
27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.2	24.6	24.0		N10276	B 622
36.7	32.3	30.2	29.1	29.1 ||	...	...	...	N04400	B 165
银件和管件										
16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	[N04400 N04400 N06600 N06600 N10276	B 366 B 564 B 366 B 564 B 366	
16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7			
23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3			
27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.2	24.6	24.0			
棒和盘条										
16.7	14.7	13.7	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	[N04400 N06600 N06600 N06600	B 164 B 166 B 166 B 166	
23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3			
26.7	23.5	21.9	21.2	21.2	21.2		21.2		N04400	B 164
26.7	24.5	23.1	22.0	21.2	20.7		20.4		N06600	B 166
27.3	27.3	27.3	27.3	26.9	25.7		24.0	N10276	B 574	
30.0	21.2	21.2	21.2	21.2	21	2	21.1	N06600	B 166	

表K-1(续)

材料	Spec. No.	P-No. 或 S-No. ⁽⁷⁾	型号或等级	注	规定最低强度, ksi		
					抗拉	屈服	
钛和钛合金 管材 ⁽¹⁷⁾							
TI	B 337	51	2	}	...	50	40
TI	B 338						
TI-0.2 Pd.	B 337						
TI-0.2 Pd.	B 338						
TI	B 337	52	3	}	(8)	65	55
TI	B 338						
银件和管件							
TI	B 363	51	WPT2	}	(12)	50	40
TI	B 381	51	F2				
TI-0.2 Pd	B 381	51	F7				
TI	B 363	52	WPT3	}	(8)	65	55
TI	B 381	52	F3				

表K-1(续)

金属在下列温度下的最大许用应力 S, ksi								型号或等级	Spec. No.	
100	200	300	400	500	600	650	700			
钛和钛合金 管材 ⁽¹⁷⁾										
26.7	21.5	16.8	12.4	9.4	7.6	||	...	...	{ 2 2 7 7	B 337 B 338 B 337 B 338
36.7	29.8	23.6	17.7	12.4	8.4	||	...	...	3	{ B 337 B 338
锻件和管件										
26.7	21.5	16.8	12.4	9.4	7.6	||	...	...	{ WPT2 F2 F7	B 363 B 381 B 381
36.7	29.8	23.6	17.7	12.4	8.4	||	...	...	{ WPT3 F3	B 363 B 381

附录 L 铝合金管法兰

L300 概述

本附录包括锻造铝合金法兰的压力-温度额定级、材料、尺寸和标记,作为第 304.5.1(b) 和 304.5.2(b)节的变通应用规则。DN 15 (NPS 1/2) ~ DN 600 (NPS 24) 法兰可以是对焊、平焊、承插焊、翻边法兰或法兰盖、额定级为 PN 20、50 和 110 (150、300 和 600 级)。

考虑包括对螺栓和垫片的要求和推荐。

L301 压力-温度额定级

L301.1 额定级基础

额定级是在表 L301.2M 和 L301.2U 所示适用材料和压力级的温度下的最大许用工作表压。对中间温度,允许线性插值。

L301.2 法兰连接额定级

(a)除第 F312.1 节的考虑外,还必须对铝合金的低弹性模量给予考虑。宜限制外来弯矩并控制螺栓拧紧紧度或其它可能有效并保持无泄漏连接必需的技术问题。

(b)对用 6061-T6 合金的平焊和承插焊法兰的额定级,见表 L301.2M 和 L301.2U,注(3)。

301.3 温度考虑

本附录中对法兰连接在高温和低温下额定级的应用,应考虑由于在连接管道或设备中产生的力和力矩导致泄漏的风险。下列条款使这些风险降至最低。

L301.3.1 法兰附件

平焊和承插焊法兰如果承受热循环,不推荐用

表 L301.2M 压力-温度额定级 (压力单位为 kPa, 温度单位为 °C)

材料 ASTM B 247 合金状态	PN 20 温度 ⁽¹⁾				PN 50 温度 ⁽¹⁾				PN 110 温度 ⁽¹⁾			
	38	66	93	121	38	66	93	121	38	66	93	121
3003-H112	275	275	240	240	725	690	655	655	1415	1380	1345	1275
6061-T6 ⁽²⁾	1895	1860	1825	1795	4965	4895	4825	4655	9930	9790	9655	9345
6061-T6 ⁽³⁾	1265	1240	1215	1195	3310	3265	3215	3105	6620	6525	6435	6230

注: (1) 最低温度是-269 °C (-425 °F)。最大额定级低于 38 °C (100 °F) 应标注额定级 38 °C。

(2) 额定级适用于对焊法兰、翻边法兰和法兰盖。

(3) 额定级适用于平焊和承插焊法兰。

表 L301.2U 压力-温度额定级 (压力单位为 psig, 温度单位为 °F)

材料 ASTM B 247 合金状态	150 级温度 ⁽¹⁾				300 级温度 ⁽¹⁾				600 级温度 ⁽¹⁾			
	100	150	200	250	100	150	200	250	100	150	200	250
300-H112	40	40	35	35	105	100	95	95	205	200	195	185
6061-T6 ⁽²⁾	275	270	265	260	720	710	700	675	1440	1420	1400	1355
6061-T6 ⁽³⁾	185	180	175	175	480	475	465	450	960	945	935	905

注: (1) 最低温度是-269 °C (-425 °F)。最大额定级低于 38 °C (100 °F) 应标注额定级 38 °C。

(2) 额定级适用于对焊法兰、翻边法兰和法兰盖。

(3) 额定级适用于平焊和承插焊法兰。

于 $< -50\text{ }^{\circ}\text{F}$ 工况。

L301.3.2 不同热膨胀和导热率

因为铝合金的热膨胀系数大约是钢的 2 倍,而导热率大约是钢的 3 倍,可能有必要防备法兰接点的组件间不同的膨胀和导热率。除了接头操作温度外,还应考虑热瞬态(如开车、停车和加载)。

L301.4 静水压试验

法兰应能承受 1.5 倍 $100\text{ }^{\circ}\text{F}$ 压力额定级的静水压试验。

L302 标记

除下列之外,标记应按 MSS SP-25 规定。标记应在每个法兰的边缘上打钢印。

L302.1 名称

应有制造商名称或商标。

L302.2 材料

应采用 ASTM B 247 标记,后随所用合金和状态代号。

L302.3 额定级

标记应有适用额定级:150、300 或 600。

L302.4 代号

应有 B31.3L 标记。

L302.5 规格

应用采 NPS 标记。异径规格应标出大小两种公称管道规格。

见 ASME B 16.5 表 7 注(4)举例。

L303 材料

L303.1 法兰材料

法兰应是符合 ASTM B 247 的锻件。对规定的

表 L303.2 铝螺栓材料⁽¹⁾

ASMT技术条件	合金	状态
B 211	2014	T6, T261
B 211	2024	T4
B 211	6061	T6, T261

注: (1) 禁止对螺栓材料返修焊接

合金和状态,见表 L301.2M 和 L301.2U,对使用中注意事项,见第 323.5 节和附录 F 第 323 节。

L303.1.1 法兰的返修焊接

按本附录制造的法兰,返修焊接应严格限制在对焊法兰的焊缝坡口的任何损伤区,除非在考虑到程序、位置及对回火和韧性的影响后,经采购者特别认可。在 6061-T6 对焊法兰上非焊缝坡口的任何区域的返修焊,应严格限制在表 L301.2M 和 L301.2U 规定的平焊和承插焊法兰的压力-温度额定级范围内。任何返修焊接应按第 328.6 节进行操作。

L303.2 螺栓材料

表 L303.2 和 ASME B16.5 表 1B 中所列螺栓可用于承受下列限制。

L303.2.1 高强度螺栓

ASME B 16.5 表 1B 所列螺栓材料可用于任何法兰连接,见第 L305 节。

L303.2.2 中等强度螺栓

表 L303.2 所列螺栓和 ASME B 16.5 表 1B 所列中等强度螺栓可用于任何法兰连接。见第 L305 节。

L303.2.3 低强度螺栓

ASME B 16.5 表 1B 所列低强度螺栓可用于 PN 20 和 PN 50(150 和 300 级)法兰连接。见第 L305 节。

L303.3 垫片

ASME B 16.5 附录 E 图 E1 中 1a 组所列垫片可用于任何额定级和螺栓。

L303.3.1 低强度螺栓用垫片

如果选用表列低强度(见第 L303.2.3 节)螺栓,应选用 ASME B 16.5 附录 E 图 E1 中 1a 组垫

片。

L303.3.2 PN 20(150 级) 法兰连接用垫片

推荐只用 ASME B 16.5 附录 E 图 E1 中 1a 组所列垫片。

L303.3.3 ≥ 300 级法兰连接用垫片

推荐只用 ASME B 16.5 附录 E 图 E1 中 1a 组所列垫片。1b 组垫片宜用于对焊和翻边连接型管线法兰。宜采用控制旋紧扭矩的措施。

L304 尺寸和法兰面

(a) 法兰面应满足 ASME B 16.5 的尺寸和公差要求。

(b) 法兰面和平面抛光除去不用小的凹凸面(在管道端部)外,应按 ASME B 16.5。

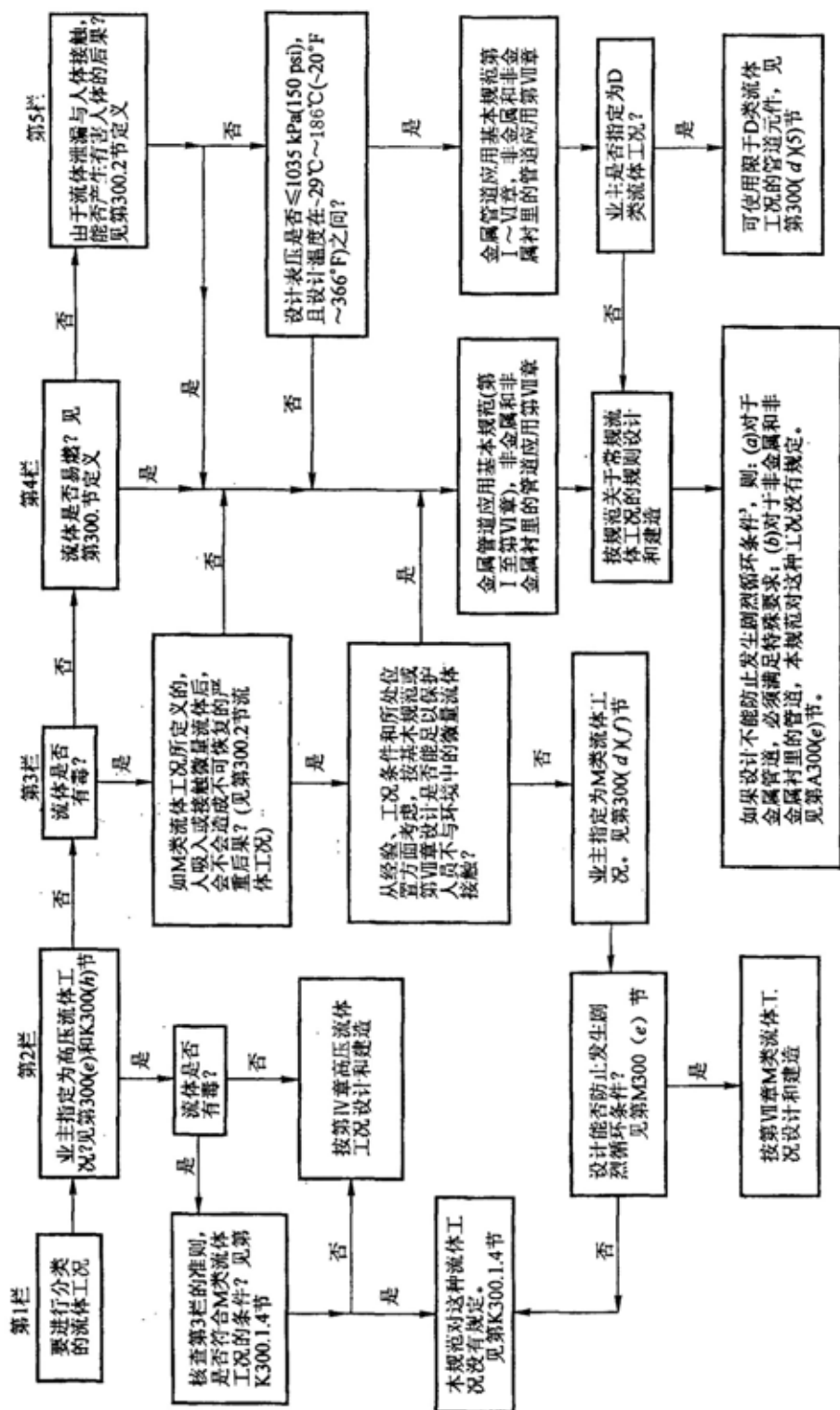
L305 设计考虑

下列设计考虑适用于结合法兰制造对本附录的所有法兰连接。

(a) 必须考虑在法兰连接中的不同膨胀率。也见第 F312 节。

(b) 当垫片不是第 L303.3 节推荐规定的,设计者应采用计算验证所选螺栓对选垫片的适应能力和在预期操作条件下没有过应力组件而保持接头密封。

附录 M 流体工况分类导则(1)(a)



注: (1) 业主必须规定的内容, 见第 300(b)(f), 300(d)(4)和(5)及 300(e)节, 其它规定是设计者的责任, 见第 300(b)(2)节。

(2) 术语“液体工况”见第 300.2 节中的定义。

(3) 剧烈循环条件定义见第 300.2 节, 要求可参见第 I 章第 3 和 4 节中的第 323.4.2 和 341.4.3 节。

附录 P 用于高应力范围的另一规则

P300 总则

(a)本附录提供高应力范围管道系统评价的另一规则。它考虑在操作条件下的应力,包括位移和持续负荷,而不仅是位移应力范围。该方法比在第 n 章提供的更全面并更适宜于管道系统的计算分析,包括如管子离开支撑时的非线性影响。

(b)本附录的节号,除了 P300 以外,均依据本规范正文第 I 章和第 II 章,加上前缀“P”。

(c)在应用这些另一规则时,除了那些本附录专门改进的以外,规范正文第 I 章和第 II 章的所有规定都要应用。

P300.2 定义

对“剧烈循环条件”的定义替换如下:

剧烈循环条件:指应用于特定的管道组件或接头中那些按 P319.4.4 计算出的 S_E 值超过 $0.8S_{\text{all}}$ [定义见 P302.3.5(d)] 和当量循环数 N [见 P302.3.5(d)] 超过 7000 或其他设计者确定将产生同样影响的条件。

P302.3.5 由于持续载荷和位移应变引起的计算应力的范围 下列内容用来替换 302.3.5(d),脚注与 302.3.5(d)相同。

(d)许用的操作应力范围 一管道系统(见 319.4.4)中最大操作应力和最大操作应力范围中的较大值 S_{om} ,应不超过用公式(Pla)计算出的允许的操作应力范围 S_{all} (见 319.2.3 和 319.3.4)。该操作应力是在任何操作条件下的计算应力,包括压力、重量和其他持续负荷及位移,不需要包括临时负荷(见 302.3.5)。该操作应力范围是介于二个操作条件之间的应力范围,包括在操作条件下和管道在环境温度下持续不变范围之间的情况。

$$S_{\text{all}} = 1.25f(S_c + S_h) \quad (\text{Pla})$$

式中:

f = 应力范围减小系数⁽⁶⁾,从表 302.3.5(已改为图 302.3.5—译注)查得或由公式(P1c)⁽⁶⁾计算得到:

$$f = 6.0[N]^{-0.2} \leq 1.0 \quad (\text{P1c})$$

N = 管道系统在预期的寿命期内全位移循环的当量数⁽⁶⁾。

S_c = 所分析的位移循环期间,预计最低金属温度下的基本许用应力⁽⁶⁾。

S_h = 所分析的位移循环期间,预计最高金属温度下的基本许用应力⁽⁶⁾。

当由于热膨胀或其他条件导致计算的应力范围变化时, S_E 作为最大的计算操作应力范围,此时 N 值由公式(P1d)计算出:

$$N = N_E + \sum [r_i^5 N_i] \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{P1d})$$

式中:

N_E = 计算的最大操作应力范围(S_E)的循环数;

N_i = 操作应力范围为 S_i 的循环数;

$r_i = S_i/S_E$;

S_i = 小于 S_E 的计算的操作应力范围。

P319.4.4 柔度应力

除了 319.4.4 中的(a)和公式(17)用下列内容来替换外,其余适用。

(a)除了 319.2.2(b)(4)规定外,由于弯曲、扭转和轴向负荷产生的应力应采用在 21 °C(70 °F)下参照的弹性模数 E_s 来计算,然后将这几种应力用公式(P17a)合并,来确定操作应力 S_o ,用公式(P17b)来确定操作应力范围 S_E 。 S_{om} 是最大操作应力 S_o 和最大操作应力范围 S_E 中的较大者,此应力范围不得超过 P302.3.5(d)中的许用应力范围 S_{all} 。

⁽⁶⁾ASME 英文版未做脚注。——编者注

S_E 是最大操作应力范围,如管子在剧烈循环条件下,此应力用来在 P302.3.5(d) 中计算和确定 N ,

$$S_o = \sqrt{(|S_o| + S_o)^2 + 4S_i^2} \quad (\text{P17a})$$

$$S_E = \sqrt{(|S_o| + S_o)^2 + 4S_i^2} \quad (\text{P17b})$$

应用 319.4.4 中的定义和下列附加定义:

A_p = 管子的横截面积

F_o = 包括由于内压引起的轴向力

i_o = 轴向力应力增强系数,在缺少更多应用数据的情况下,弯头的 $i_o = 1.0$,附录 D 的其他组件, $i_o = i_o$ 。

S_o = 由于轴向力引起的应力 = $i_o F_o / A_p$

P319.4.5 焊缝质量保证的要求

除 S_{oa} 取代 S_o 以外,319.4.5 的均应用。

P319.5 反作用力

319.5 替换如下:

在管道系统的约束和支架的设计中,以及在评估管道位移对相连接设备的影响时,所采用的反作

用力 and 力矩应基于操作条件下的最大负荷,包括重量、压力和其他持续负荷、热位移和可能的临时负荷。反作用力计算时应使用在条件为 E_m (当要提供一个更保守的结果时,可使用 E_o 代替 E_m) 的温度下的弹性模量。在管道系统中的不同位置,该条件下的温度可以不同。

当在管道系统中使用冷紧时,经验已表明不能提供充分保证,因此,应同时计算假设仅 2/3 设计冷紧时及有 1/3 设计冷紧时的反作用力。

如果需要确定在环境温度下的反作用力,设计者应考虑在此条件下的负荷,包括设计冷紧和管道自紧。如果在管道系统中的操作应力超过材料的屈服强度或管道在材料的蠕变范围操作,可能产生自紧。

P319.5.1 简单系统中的最大反作用力

不应用 319.5.1。

P319.5.2 复杂系统中的最大反作用力

不应用 319.5.2。

附录 Q 质量体系大纲

[当业主按第 300 (b) (1) 节规定时,本附录就是规范要求]

按照本规范,管道的设计、建造、检验、检查、试验、制造、制作和安装都应在遵循近似于 ISO 9000 系列⁽¹⁾标准相似原理的质量体系大纲下完成。质量

体系的详细描述应予文件化并应随需求而得到。决定对质量体系是否需要注册和/或认证应由业主负责。

⁽¹⁾ ISO 9000 系列标准也可从美国国家标准研究所(ANSI)和美国质量协会(ASQ)获得。作为美国国家标准,等同地将前缀“Q”去替换前缀“ISO”。系列的每个标准列在附录 E。

附录 S 管道系统应力分析举例

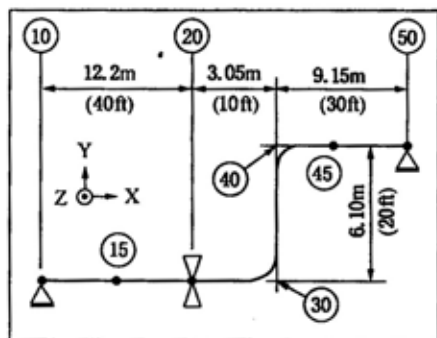


图 S301.1 简单的规范适用模型

S300 引言

在本附录中的范例是有意通过举例来说明在第 II 章,第 5 部分“柔度和支承件”中的规则和定义及 302.3.5 的应力范围。其负荷和条件必须符合本规范的相应内容。

S300.1 定义

球形轴 有笛卡尔 X、Y 和 Z 轴,在本附录中,垂直向上表示为 +Y,而重力作用的方向表示为 -Y。

负荷名称:

P_j = 管道的内压,见 301.2。当在管道系统中存在一个以上的条件时,使用下标(即如 P_1, P_2, \dots)。

T_j = 管子的最高或最低金属温度,见 301.3 和 319.3.1(a)。当在管道系统中存在一个以上的条件时,使用下标(即如 T_1, T_2, \dots)。

S301 例 1:管道系统适用规范

S301.1 举例说明

本范例是有意通过举例来说明一个有适当支承

和适当柔度的管道系统。在图 S301.1 中的管道系统使用 ASTM A106 B 级的无缝管制造,其公称壁厚为 9.53mm (0.375 in),硅酸钙保温层厚为 127mm (5in),腐蚀裕量 1.59mm (0.063in);流体有特定的比重 1.0。管道系统预计的当量循环数低于 7000 [即按 302.3.5(d), $f=1.00$]。

该管道系统为常规流体工况,装置温度为 21 °C (70 °F),用于管道分析的参考弹性模量按 319.3.2 和 319.4.4,取自附录 C、表 C-6,为 203.4GPa (29.5Msi),泊松比按 319.3.3 为 0.3。

该管道在正常操作期间预计的内压、最高和最低金属温度及设计条件列于表 S301.1,该设计条件是已按雇主主要求提供较实际操作条件更严格的要求用于压力设计,以提供有附加裕度的许用应力。

表 S301.1 温度/压力组合

条件	压力	温度
设计条件	3795kPa(550psi)	288°C(550°F)
操作(P_1, T_1)	3450kPa(500psi)	260°C(500°F)
最高金属温度 操作(P_2, T_2)	0kPa(0psi)	-1°C(30°F)
最低金属温度 装置温度	0kPa(0psi)	21°C(70°F)

S301.2 设计条件

该设计条件按 301.2.1 确定压力额定参数、法兰额定参数、组件额定参数和要求的 minimum 管壁厚度。例如,ASME B16.5 对 ASTM A105 的法兰要求的最低等级为 300 级,其要求的最小管壁厚度 t_m ,是将设计条件使用公式(3a)插入公式(2)来确定,术语定义于 304.1.1 和附录 J:

$$E = 1.0$$

$$P = \text{设计压力} = 3795\text{kPa}(550\text{psi})$$

S = 从附录 A 表 A-1 查得在设计温度为 288 °C (550 °F) 的许用应力 = 125MPa (18.1 ksi)

$Y = 0.4$ (从表 304.1.1)

将公式(3a)代入公式(2):

$$t_m = t + c = \frac{PD}{2(SE + PY)} + c$$

$$= \frac{(3795\text{kPa})(406.4\text{mm})}{2[(125\text{MPa})(1.00) + (3795\text{kPa})(0.4)]} + 1.59\text{mm} = 6.10\text{mm} + 1.59\text{mm} = 7.69\text{mm} (0.303\text{in})$$

按 304.1.2(a), 对于公式(3a), 计算压力设计厚度时, 不考虑外加力的 t 必须小于 $D/6$ 是适当的 (即 $t < D/6$, 或 $7.69\text{mm} < 406.4\text{mm}/6$), 由于 $7.69\text{mm} (0.303\text{in}) < 67.7\text{mm} (2.57\text{in})$, 因此应用公式(3a)时没有特殊考虑 304.1.2 所列因数。

现在选择一个适当的管标号, 从公称管壁厚度 T 减去钢厂公差 12.5% 以确定规定的最小管壁厚度 T_0 。

选择 DN400 (NPS16) 管标号 30/STD, 从 ASTM B36.10M 得到其公称管壁厚度:

$$T = 9.53\text{mm} (0.375\text{in})$$

$$T_0 = (9.53\text{mm})(1.00 - 0.125) = 8.34\text{mm} (0.328\text{in})$$

由于 $T \geq t_m$ (即 $8.34\text{mm} > 7.69\text{mm}$), 所选择的 30/STD 管的公称管壁厚度 T 是合格的。该管道系统规定的长半径弯头按 ASTM B16.9 使用管标号 30/STD 壁厚的管。

S301.3 计算机模型的输入

表 S301.3.1 和 S301.3.2 列出显示于图 S301.1 的每个管道“要素”的“节点数”、长度等。在计算机模型中使用的弯头半径为公称管直径的 1.5 倍 [即 $609.6\text{mm} (24\text{in})$], 其公称管壁厚为 $9.53\text{mm} (0.375\text{in})$ 。

一般计算机程序选项“标记”如下:

- (a) 包括在弯头部分压力的增强;
- (b) 排除压力的猛推和波通 (Bourdon) 效应;
- (c) 在刚性矩阵和位移应力分析中使用公称截面性能;
- (d) 对于持续应力 S_L , 使用“公称最小允差”的

截面性能;

(e) 在持续应力 S_L 中, 包括轴向负荷和内压力;

表 S301.3.1 一般管子应力模型的输入

术 语	数 值
操作条件	
内压 P_1	3450kPa(500psi)
最高金属温度 T_1	260°C(500°F)
最低金属温度 T_2	-1°C(30°F)
装置温度	21°C(70°F)
管线直径	DN400(NPS16)
管 子	管标号 30/STD, 9.53mm(0.375in.)
加工允差	1.59mm(0.063in.)
钢厂公差	12.5%
弯 头	长半径
流体特定的比重	1.0
保温层厚度	127mm(5in.)
保温层密度	176kg/m ³ (11.0lbm/ft ³)
管子材料	ASTM A106 B 级
管子密度	7833.4kg/m ³ (0.283lbm/in ³)
总重量	7439kg(16400lbm)
单位重量	248.3kg/m(166.9lbm/ft)

表 S301.3.2 要素连接、类型和长度

起点	终点	D_{s1} m(ft)	D_{y1} m(ft)	要素类型
10	15	6.10(20)	...	10—锚固件 15—对分节点
15	20	6.10(20)	...	20—“Y”型支撑
20	30	3.05(10)	...	三个节点的弯头[注(1)]
30	40	...	6.10(20)	三个节点的弯头[注(1)]
40	45	3.05(10)	...	报警节点
45	50	6.10(20)	...	50=弯头

通注: 这个管道系统是平面的, 即每个管道元件的 $D_z = 0\text{m}(\text{ft})$ 。

注(1): 规定的要素长度是从每个弯头切线交叉点作为测量的起点或终点。

(f) 在计算弯头有效的持续纵向应力 S_L 中, 加强弯头的平面内弯矩⁽¹⁾用 $0.75i_L (\geq 1.0)$ 。

S301.4 压力影响

对于操作、持续和位移应力范围负载的案例, 包括在弯头部分压力增强的影响按附录 D 注(7)来确

⁽¹⁾ ASME B31.3 不从事发行使用应力增强系数作为应力的指标应用于管道组件的持续负荷。应力增强系数是基于疲劳试验的结果。建立适当的索引是设计者的责任。本举例使用 0.75 倍的应力增强系数用于持续不变的情况。

定末端的反作用力。不包括压力导致伸长和波通 (Bourdon) 本实例认为是可以忽略的。

S301.5 操作负荷的实例

对于任何附属设备、锚固件、支撑件、导轨或障碍,操作负荷的实例是用来确定管道和反作用负荷的操作位置。该操作负荷的实例是基于温度范围从举例的装置温度 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($700\text{ }^{\circ}\text{F}$) 到最高操作金属温度 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($500\text{ }^{\circ}\text{F}$),按 319.3.1(b),本实例的操作负荷也包括在管道系统中内压、管子重量、保温层重量和流体重量的影响。管道刚度和应力是基于管子的公称壁厚。对于本操例的管子偏转和内部反作用负荷列于表 S301.5.1。作用于锚固件和支撑结构的管道负荷列于表 S301.5.2。

S301.6 持续负荷的实例

在本实例中由于轴向力、内压和增强的弯曲力矩引起的持续应力联合后确定持续的纵向应力 S_L ,该持续负荷实例排除了热影响,但包括了在管道系统中内压 [$P_i = 3450\text{kPa}$ (500psi)]、管子重量、保温层重量和流体重量的影响。

公称截面性能按 319.3.5 用于计算机模型以产生刚性矩阵和持续负荷。公称厚度减去允差用来按 302.3.5(c) 计算持续应力 S_L 下的截面性能。

汇总的持续负荷实例:内部反作用力、力矩和持续应力 S_L 提供于表 S301.60 由于该型仅是在一个平面上,且在平面中的弯曲力矩不是 0,仅有持续的弯曲应力。该平面的弯曲力矩在每个弯头处应用适当的指标 $0.75i_i$ (≥ 1.0) 来增强⁽¹⁾,其中 i_i 是来自附录 D 关于无法兰弯头在平面内的应力增强系数。注意有关节点号列于表 S301.6 的持续应力对于 A106 B 级管道在最高金属温度 $T_1 = 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($500\text{ }^{\circ}\text{F}$),从附录 A 表 A-1 用 S_L 得到持续允许应力 S_A ,持续允许应力不超过 130MPa (18900psi),该管道系统被认为是能防止倒塌的。

S301.7 位移应力范围负荷的实例

表 S301.5.1 操作负荷实例的结果:内部负荷和偏转

节点号	轴向力 N(lb) (有符号) [注(1)]	弯曲力矩 N-m(ft-lb) (无符号) [注(1)]	横向偏转 mm(in.) [注(1)]	垂直偏转 mm(in.) [注(1)]
10	+26500(+5960)	21520(15870)	0.00	0.00
15	-26500(-5960)	10710(7900)	18.3(0.72)	-1.3(-0.05)
20	-26500(-5960)	47560(35080)	36.7(1.44)	0.00
近 30	-26500(-5960)	57530(42440)	44.0(1.73)	-3.7(-0.14)
30 中间	-46300(-10410)	69860(51530)	44.7(1.76)	-2.3(-0.09)
远 30	-37800(-8500)	65320(48180)	41.4(1.63)	0.4(0.02)
近 40	-25920(-5830)	63930(47160)	-23.0(-0.91)	15.1(0.59)
40 中间	-36250(-8150)	70860(52270)	-26.4(-1.04)	17.8(0.70)
远 40	-26500(-5960)	65190(48080)	-25.7(-1.01)	19.2(0.75)
45	-26500(-5960)	14900(10990)	-18.3(-0.72)	13.5(0.53)
50	-26500(-5960)	47480(35030)	0.00	0.00

注(1):负荷和偏转是平均值,来自商业程序的单位换算误差。

表 S301.5.2 操作负荷实例的结果:在支撑件和锚固件上的反作用负荷

节点号	球形轴的力和力矩		
	F_{x1} N(lb) (有符号)[注(1)]	F_{y1} N(lb) (有符号)[注(1)]	M_z N-m(ft-lb) (无符号)[注(1)]
10 锚固件	-26500(-5960)	-12710(-2860)	21570(15870)
20 支撑件	...	-63050(-14180)	...
50 锚固件	+26500(+5960)	+2810(+630)	47480(35030)

注(1):负荷和偏转是平均值,来自商业程序的单位换算误差。

在本实例中的位移应力范围 S_E 是基于按 319.3.1(a),对于分析的热循环在 [$T_1 = 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($500\text{ }^{\circ}\text{F}$)] 下,从装置温度范围 [$21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($70\text{ }^{\circ}\text{F}$)] 到最低金属温度 [$T_2 = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($30\text{ }^{\circ}\text{F}$)] 和从装置温度范围 [$21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($70\text{ }^{\circ}\text{F}$)] 到最高金属温度 [$T_2 = 260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($500\text{ }^{\circ}\text{F}$)] 的范围。对于每个要素,该位移应围 S_E 按公式(17)计算,并连同内部反作用负荷一起列于表 S301.7。公称截面性能按 319.3.5 被用于在管道中产生刚性矩阵和持续负荷。由于该实例模型仅是在一个平面上,且在平面中的弯曲力矩不是 0,在每个弯头处该平面的力应用附录 D 关于无法兰弯头在平面内的适当应力增强系数 i_i 来增强。

为了简化,允许的位移应力范围 S_A 使用公式(1a)计算,虽然公式(1a)用于本实例,对于每个管道系统要素,基于其每个要素的持续应力 S_L 的量

级,当 S_A 的值超过公式(1a)的值时,也可使用公式(1b)计算。

表S301.6 持续力和应力
[允许 $S_n = 130\text{MPa}$ (18900psi)]

节点号	轴向力 N(lb) (有符号)[注(1)]	弯曲力矩 N-m(ft-lb) (无符号)[注(1)]	持续应力 S_d kPa(psi) [注(2)]
10 锚固件	+ 3270(+ 735)	17260(12730)	59100(8560)
20 支撑件	- 3270(- 735)	56130(41400)	99200(14370)
远 30	- 19880(- 4470)	16320(12040)	72700(10540)
远 40	+ 3270(+ 735)	2340(1730)	46050(6680)
50 锚固件	+ 3270(+ 735)	37860(27930)	80350(11650)

注(1):负荷、偏转和应力是平均值,来自商业程序的单位换算误差。

(2):有符号的轴向力不包括有符号的轴向压力,但包括持续应力 S_L 。

表S301.7 位移应力范围
[$S_A = 205\text{MPa}$ (29725psi)]

节点号	F_{x1} N(lb) (无符号) [注(1)]	F_{y1} N(lb) (无符号) [注(1)]	M_x N-m(ft-lb) (无符号) [注(1)]	S_E 从公式(17) kPa(psi) [注(1)]
10 锚固件	25070(5640)	1130(260)	4600(3390)	4000(580)
20 支撑件	25070(5640)	1130(260)	9250(6820)	8040(1170)
30 中	25070(5640)	19330(4350)	60250(44440)	137000(19870)
40 中	25070(5640)	19330(4350)	76740(56600)	174500(25300)
50 锚固件	25070(5640)	19330(4350)	92110(67940)	79900(11600)

注(1):负荷、偏转和应力是平均值,来自商业程序的单位换算误差。

术语定义于 302.3.5 (d)和附录 J:

$f = 1.00$, 当量循环数 ≤ 7000 时,按图 302.3.5 或公式(1c)得到。

$$S_A = f (1.25S_e + 0.25 S_h) = (1.00) [(125) (138\text{MPa}) + (0.25) (130\text{MPa})] = 205\text{MPa}(29725\text{psi})$$

S_e = 从附录 A 表 A-1 得到的许用应力 = 在 T_2 为 138MPa(20.0ksi)

S_h = 从附录 A 表 A-1 得到的许用应力 = 在 T_1 为 130MPa(18.9ksi)

T_1 = 最高金属温度 = 260 °C(500 °F)

T_2 = 最低金属温度 = -1 °C(30 °F)

注意每个管道要素的位移应力范围,基于最低金属温度到最高金属温度,对于其热循环在分析 S_E 不超过公式(1a)的允许值 S_A ,用限制 S_E 到 S_A ,该管道系统被认为调节到 7000 全偏移当量循环是适当的。

考虑持续和位移应力范围负荷的实例,该管道系统是符合本规范的要求的。除非对于附属设备接管或支撑结构在节点 20 是过载时,在锚固件节点 10 或 50 的持续或操作反作用负荷超过允许负荷,否则不要求对该管道系统重新设计。而接管负荷或支撑结构分析已超出了本附录的范围,不再说明。

附录 V 超温工况允许的变动

V300 应用

(a) 本附录包括线性剩余寿命规则的应用,它提供在设计条件之上超温运行时评估变化的方法,在这里材料蠕变特性[见第 V302 (c) 节]控制温度变化下的许用应力。本附录只有当按第 302.2.4 (f)(1) 节最后一句由业主规定时才是规范要求。

(b) 剩余寿命分析仅取管道组件的总强度,不考虑局部应力影响。提供适合于超温设计的结构细节是设计者的责任。

N300.1 定义

操作条件:不超过设计条件的任何温度、压力条件。

偏移:压力和/或温度超过设计条件的任何条件。

工况条件:任何操作条件或偏移。

耐久:

(a) 任何工况条件的延伸;hr。

(b) 脚寿命工况时,给定工况的全部重复的累积程序,hr。

工况寿命:管道系统对设计目的的预定寿命,hr。

V301 设计基础

剩余寿命分析应由业主按照下述设计基础进行选择。

(a) 所有蠕变范围及其耐久的工况条件都包括在内。

(b) 为了简化分析,如果耐久包括更多的严重工况条件,则不太严重的工况条件不必个别评估。

V302 准则

(a) 第 302.2.4 节中所有准则均应满足。

(b) 只包括碳钢、低中合金钢、奥氏体不锈钢和高镍合金。

(c) 当许用应力在表 A-1 中温度条件下,基于第 302.3.2 节所述蠕变准则时,工况条件仅在第 V303 节计算利用系数中考虑。

(d) 蠕变-断裂的相互影响只当循环数 > 100 时才应考虑。

V303 程序

当管道工况寿命由线性剩余寿命规则确定时,全部工况条件累积影响按下述程序进行。

V303.1 计算每一工况条件 i

每一工况条件应按下述步骤重复考虑。

V303.1.1 压力的当量应力

(a) 用公式 (V1) 计算以压力为基础的当量应力

S_{pi} :

$$S_{pi} = S_d P_i / P_{max} \quad (V1)$$

式中:

S_{pi} ——基于压力的当量应力,MPa (ksi);

P_i ——工况条件 i 时的表压 kPa (psi);

S_d ——设计温度,°C (°F) 时的许用应力 MPa (ksi);

P_{max} ——管道或组件在设计温度时连续进行的最大许用表压 kPa (psi)。

(b) 按第 302.3.5 (c) 节计算工况条件 i 时的最大纵向应力 S_L 。

(c) 第 V303.1.2 节中所用当量应力 S_i 比上述 (a) 和 (b) 中的计算值较大。

V303.1.2 有效温度

从表 A-1 查得对应于当量应力 S_i 的温度, 如果必要可用线性插人, 这个温度 T_E 就是对工况条件 i 的有效温度。

V303.1.3 拉松-米勒参数(LMP)

用公式(V2)计算工况条件 i 基本设计寿命的 LMP:

$$\begin{aligned} \text{SI 公制单位: } LMP &= (C + 5)(T_E + 273) \\ \text{US 美国常用单位: } LMP &= (C + 5)(T_E + 460) \end{aligned} \quad (\text{V2})$$

式中:

T_E ——有效温度, °C(°F); 见第 V303.1.2 节;
 C ——20(碳钢, 低、中合金钢);
 C ——15(奥氏体不锈钢和高镍合金)。

V303.1.4 破坏寿命

用公式(V3)计算破坏寿命:

$$t_n = 10^a \quad (\text{V3})$$

式中: SI 公制单位: $a = \frac{LMP}{T_i + 273} - C$;

US 美国常用单位: $a = \frac{LMP}{T_i + 460} - C$;

t_n ——给定工况条件 i 和应力 S_i 下许用破坏寿命;

T_i ——工况条件 i 时的实际温度, °C(°F)。

LMP 和 C 均见第 V303.1.3 节定义。

V303.2 确定蠕变-破坏利用系数

利用系数 u 是所有在第 V303.1 节中考虑的工况条件个别利用系数 t_i/t_n 的总和, 见公式(V4):

$$u = \sum (t_i/t_n) \quad (\text{V4})$$

式中: i ——下标, 1 表示一般运行条件, $i = 2, 3 \dots$ 是每一种所考虑的工况条件;

t_i ——所有在压力 P , 和温度 T 的工况条件 i 的总耐久时间;

t_n ——见第 V303.1.4 节定义。

V303.3 评估

计算的 u 值表示管道系统工况寿命时消耗的公

称蠕变-破坏寿命量。如果 $u \leq 1.0$, 利用系数、包括偏差额定值是可接受的。如果, 如果 $u \geq 0$, 设计者应该或者增加设计条件(如有必要, 选择高许用的工作压力的管道系统组件)或者减少偏差数和/或偏差度, 直至利用系数可接受为止。

V304 举例

下列范例是有意通过举例来说明 V303 程序的应用。

管子材料: A335, P22 级

设计压力: 250psi

设计温度: 1050 °F

总的使用寿命: 200000h

三个使用条件考虑为:

(a) 正常操作在 250psi、1025 °F, 17800h。

(b) 预计在 250psi、1025 °F, 20000h。

(c) 在 330psi、1050 °F, 共计 2000h(这有高于设计压力 32% 的变化, 它符合 302.2.4 的准则)。

从公式(V1)计算基于压力的当量应力 S_{pi} 。

从表 A-1, 在 1050 °F, $S_d = 5.1 \text{ ksi}$

$$S_{p1} = 5.1(250/250) = 5.10$$

$$S_{p2} = 5.1(250/250) = 5.10$$

$$S_{p3} = 5.1(330/250) = 6.73$$

注: 在公式(V1)中, 用于本举例中的设计压力总是保守的 P_{max} , 或者, 可以使用管道系统实际的 P_{max} 。

对于每个条件 i 的最大纵向应力 S_L 按 302.3.

5(c) 计算, 是小于 S_{pi} , 因此, S_L 如下:

$$S_1 = S_{p1} = 5.10$$

$$S_2 = S_{p2} = 5.10$$

$$S_3 = S_{p3} = 6.73$$

从表 A-1, 依据 S_L , 查到温度 T_D :

$$T_D = 1050 \text{ °F}$$

$$T_D = 1050 \text{ °F}$$

$$T_D = 1020 \text{ °F}$$

对于每个条件 i , 使用公式(V2)计算 LMP:

$$LMP = (20 + 5)(1050 + 460) = 37750$$

$$LMP = (20 + 5)(1050 + 460) = 37750$$

$$LMP = (20 + 5)(1020 + 460) = 37000$$

使用公式 (V3) 计算断裂寿命 t_{r1} :

$$\alpha = 37750 / (1025 + 460) - 20 = 5.42$$

$$t_{r1} = 10^{5.42} = 263000\text{h}$$

$$\alpha = 37750 / (1050 + 460) - 20 = 5.00$$

$$t_{r2} = 10^{5.00} = 100000\text{h}$$

$$\alpha = 37000 / (1050 + 460 - 20) = 4.50$$

$$t_{r3} = 10^{4.50} = 31600\text{h}$$

对于所有使用条件,用 t_i/t_{ri} 的总和,计算利用系数 u :

$$t_1/t_{r1} = 17800/26300 = 0.68$$

$$t_2/t_{r2} = 20000/100000 = 0.20$$

$$t_3/t_{r3} = 2000/31600 = 0.06$$

$$u = 0.68 + 0.20 + 0.06 = 0.94 < 1.0$$

因此,该偏移是合格的。

附录 X 金属波纹管膨胀节

附录 X 的设计要求是与 EJMA 标准相关并兼容的。

X300 概述

本附录的内容是对波纹管式膨胀节的设计、制造和安装提出要求 and 需考虑的事项,作为对 EJMA 标准的补充本规范第 I ~ IV 章的适用条款和要求,除去在这里有修改之外,都应符合。本附录不适用按第 IX 章设计管道的膨胀节。

X301 管道设计者的责任

管道设计者应按第 X301.1 节的要求规定膨胀节的设计条件和详细的设计和制造膨胀节必需的要求,还要规定第 X301.2 节要求的管道布置、固定架、约束件、导向架和支架。

X301.1 膨胀节设计条件

X301.1.1 静态的设计条件

设计条件应包括压力或温度或两者同时变化到超过正常操作水平的可能性。对于膨胀节的组件使用非流体温度的设计金属温度应使用可接受印热传导程序通过计算核实,或通过在使用中的抖一作条件相当、设计相似的设备的实测或试验来获得。

X301.1.2 循环的设计条件

这些条件包括在操作期间的循环中的同一时间的压力、温度、施加的终端位和膨胀节自身的热膨胀。由于短暂的情况(如开车、停车和反常的操作)产生的循环应分别予以说明(见 EJMA 标准中 C-4.1.5.2 关于在规定的循环中累积的疲劳分析的指南)。

X301.1.3 其他荷载

其他荷载,包括动载影响(台风、热冲击、振动、地震力和液力波动)和静态荷载(如重量保温层、

雪、冰等)应予说明。

X301.1.4 流体的性质

应说明与设计要求有关的流体特性,包括业主指定的流体工况类别、流体的速率和方向、内部衬里等。

X301.1.5 其他的设计条件

应说明其他可影响膨胀节设计的条件,如护罩的使用,内外保温层、膨胀限位器、其他约束和主体上的接口(例如排液或泄放口)。

X301.2 管道设计要求

X301.2.1 概述

应设计管道布置、制动器、约束、导间和支架等使之能避免在膨胀节上施加非预期的运动和力。例如,通常设计波纹管型膨肚节不能吸收扭转。管道的导向架、约束和制动器应符合 EJMA 标准。当不能由拉杆、铰链、销轴等(见第 X302.1 节)提供自身约束时,应设置固定架和导向架支撑膨胀节的推力。管道的柱状皱折(如由于内部流体压力)也应予考虑。

X301.2.2 固定架的设计

(a) 主固定架 主固定架应设计成能承受第 X301.2.2(b) 节所列出的力和力矩及压力推力,压力推力为波纹管有效的推力面积与膨胀节在操作中将受到的最大压力的乘积如果膨胀节在泄漏试验时不使用补充约束(见第 346.3.3 节),就应考虑由于无约束而压力增加对支架的推力荷载。对于波曲形、Ω形或圆盘形膨胀节,应使用制造商推荐的有效推力面积,如不能得到这种资料,该面积应为波纹管的平均直径。

(b) 中间固定架 固定架应能承受下列的力和

力矩:

(1) 用 1 个等于计算的线性或角向位移的量去压缩、伸展、偏置或旋转膨胀节所需的力和力矩;

(2) 当管道在其支撑的最大伸展和缩短位置(计算移动基于管道在支架和膨胀节之间的长度)间移动时的静态摩擦力;

(3) 操作和由流动介质产生的瞬时动载;

(4) 其他管道的力和力矩。

X302 膨胀节制造商的责任

膨胀节的制造商应按本规范和工程设计的要求提出膨胀节所有元件的详细设计和制作要求,包括:

(a) 在制造商所供部件的端部接头内的所有管道,包括管道管、法兰、管件、连接件、波纹管 and 管道的支架或约束架;

(b) 规定部件需外加的支架和约束及其设计数据;

(c) 确定随膨胀节供应的不与其中流动介质接触的所有组件的设计条件。

X302.1 膨胀节的设计

波纹管式膨胀节的设计应基于第 X301.1 节所述的公认的和合格的分析方法和设计条件。波曲式波纹管应按 EJMA 标准设计,但其它要求或本附录允许的除外其它形式波纹管的设计应按第 304.7.2 节要评定。

X302.1.1 安全系数

在蠕变压力下的安全系数应 ≥ 2.25 ,在极限破坏压力下的安全系数应 ≥ 3.0 。

X302.1.2 设计应力的限制

对于波曲式波纹管,应按 EJMA 标准中所示的公式或其他业主接受的方法来计算应力。

(a) 由于设计压力造成的在波纹管、切线末端和补强环中的环向和子午线上的膜应力(包括紧固体中的拉应力)应小于等于表 A-1 中给出的许用应

力。

(b) 在设计压力下子午线上的膜应力和弯曲应力应不致使波纹管在试验压力下产生永久变形。与以前试验有相关作用的数据可用来满足此要求。

对于不补强的波纹,如成型后退火,在纹管中的子午线上的膜应力和弯曲应力之和应 ≤ 1.5 倍表 A-1 许用应力。

(c) 在约束中(如拉杆、铰链、销轴等)在自约束的膨胀节中和在约束装置与管道或法兰的连接件中的正拉伸、挤压应力和剪切应力应不超过第 302.3.1 节所述的许用应力极限,约束应设计成能承受全部的设计压力推力。

(d) 管道段、管件和法兰的压力设计应满足第 303 和 304 节的要求。

(e) 当波纹管元件的操作金属温度在蠕变范围⁽¹⁾内时,应对设计特殊考虑,除满足本附录要求外,还应按第 304.7.2 节要求评定。

X302.1.3 疲劳分析

(a) 应进行考虑了所有设计循环条件的疲劳分析⁽¹⁾并应报告计算出的设计循环寿命。波曲式 U 形波纹管的分析方法应按 EJMA 标准的规定。

(b) 对于成形状态奥氏体不锈钢材料的设计疲劳曲线见图 X302.1.3。该曲线仅用于 EJMA 的应力公式。个别制造商按下述(d)进行的疲劳试验,要求对他们制造的波纹管使用适当的疲劳曲线进行评定。按照下述(e)的疲劳试验,要求推导波纹管材料而不是用以成型的不锈钢的疲劳曲线。疲劳试验和评估程序如下述(c)。对 U 型波纹管的许用应力范围应采用从图 302.1.3 了得的总应力范围乘以系数 X_f 和 X_m ,系数按下述(c)、(d)、(e)确定。

(c) 评定制造工艺或新材料的疲劳试验应按下列程序进行。试验波纹管应有内径 $\geq 3\frac{1}{2}$ in 的 ≥ 3 匝(波峰谷)。波纹管疲劳试验数据应与参照的疲劳曲线比较以推导制造系数 X_f [见公式(X1)]或材料系数 X_m [见公式(X₂)]:

⁽¹⁾当波纹管元件的操作金属温度将会在蠕变范围内时,应考虑蠕变-疲劳的相互作用的有害影响,对奥氏体不锈钢,在温度 $> 425^\circ\text{C}$ (800°F) 时,蠕变-疲劳相互影响可能变得很显著。

$$X_f = R_{min}^f \quad (X1)$$

$$X_m = K_s R_{min}^m / X_f \quad (X2)$$

式中:

$$K_s = \text{试验结果统计变量系数} (\leq 1.0) \\ = 1.25 / (1.470 - 0.044 N_f)$$

X_f ——制造工艺对波纹管疲劳强度影响的系数 (≤ 1.0);

X_m ——材料及其热处理对波纹管疲劳强度影响的系数。对成型的奥氏体不锈钢波纹管 $X_m = 1.0$; 其它情况 $X_m \leq 1.0$, 除非对用同样材料制造的波纹管进行 ≥ 5 个疲劳试验。

R_{min}^f 和 R_{min}^m ——所有试验波纹管的试验应力范围对参照应力范围的最小比值(上标 f 和 m 相应表制造工艺或新材料)。这个比值应对每个疲劳试验用参照应力范围除以试验应力范围(按 EJMA 应力公式计算)来确定。参照应力范围取自用以导出设计疲劳曲线的波纹管疲劳试验数据的疲劳曲线下界; 对无补强波纹管为:

SI 单位:

$$(58 \times 10^3 / \sqrt{N_a}) + 264 \text{ MPa}$$

U. S 惯用单位:

$$(8.4 \times 10^6) / \sqrt{N_a} + 38.300 \text{ psi}$$

对于有补强的波纹管为:

SI 单位:

$$(73 \times 10^3 / \sqrt{N_a}) + 334 \text{ MPa}$$

U. S 惯用单位:

$$(1.06 \times 10^6 / \sqrt{N_a}) + 48.500 \text{ psi}$$

N_a ——波纹管疲劳试验中失效循环数; 失效定义为全厚度裂纹的发展。

N_f ——用以推导材料系数 X_m 的波纹管疲劳试验次数。

(d) 制造商应采用相关疲劳试验来评定制造工艺。奥氏体不锈钢波纹管在成型状态由试验打并匀制造的, 应进行最低限度 5 次试验(每次都有补强和无补强波纹管) 试验应考虑所有必要变量以证实疲劳曲线、设计公式和完工产品之间的相关性, 包括作为实用: 波纹管直径、厚度、波峰谷轮廓、制造工

艺以及单一复结构。系数 X_f 应按上述(c) 由试验数据确定。

(e) 用材料制造而不是成型的不锈钢制造的 U 型波纹管的许用应力范围 S_t , 应由波纹管疲劳试验数据推导出要求最少为 2 个波纹管的疲劳试验、有着不同应力范围、其中 1 个至少系数为 2.0, 以便按上述(c) 推导材料系数 X_m [公式(X₂) 中系数 X_f 应是对试验的波纹管]。用于成型状态的材料和成型后热处理的材料都被认为是独立的材料。

X302.1.4 限制

(a) 膨胀节波纹管不能用搭接焊的管材制作。

(b) 所有承压或约束压力推力的材料应符合第三章和附录 A 的要求。

X302.2 膨胀节的制造

膨胀节应按制造商的技术条件制造, 它应至少包括下列要求:

X302.2.1 制作

(a) 所有焊缝应由通过评定的焊工或焊接操作工使用已评定的焊接工艺焊(见第 328.2 节的要求)。

(b) 波纹管中的纵向焊缝应使用全焊透的对接焊缝。在成型前, 焊缝厚度应 ≥ 1.00 倍波纹管材料厚度, 且 ≤ 1.10 倍波纹管材料厚度。

(c) 波纹管元件与相邻管道组件的原始焊缝可以用全角焊缝。

X302.2.2 检查

以下是最低的质量控制要求:

(a) 要求的检查应按第 341 和 344 节。

(b) 波纹管上的纵焊缝应在成型前经 100% 射线照相检查, 或当材料厚度 $\leq 2.5 \text{ mm} (\frac{3}{32} \text{ in})$ 且为单道焊时, 用液体渗透法检查内外表面。在本附录范围内, 当在上述厚度范围内使用上述两种检查手段之一时, 允许使用系数 $E_f = 1.00$ 。

(c) 在成型后, 应对所有能检查到的焊缝内外表面进行液体渗透检查。对于波纹管与管道等的连接焊缝, 应进行 100% 的液体渗透检查。

(d) 射线照相检查验收准则应表 341.3.2。液体渗透检查验收准则不允许有裂纹、咬边和未焊透。

X302.2.3 泄漏试验

(a) 每个膨胀节应按第 345 节要求在车间进行耐压试验,但试验压力应小于公式(24)(第 345.4.2 节)或公式(X3)计算出的压力,且 ≥ 1.5 倍设计压力试验压力至少应保持 10 min。

$$P_T = 1.5P_d E_t / E \quad (X3)$$

式中:

P_T ——最小试验表压;

P_d ——基于支柱不稳定性的设计压力极限(对于波曲式 U 形波纹管,见 EJMA 标准中的 C-4.2.1 和 C-4.2.2);

E_t ——试验温度下弹性模量;

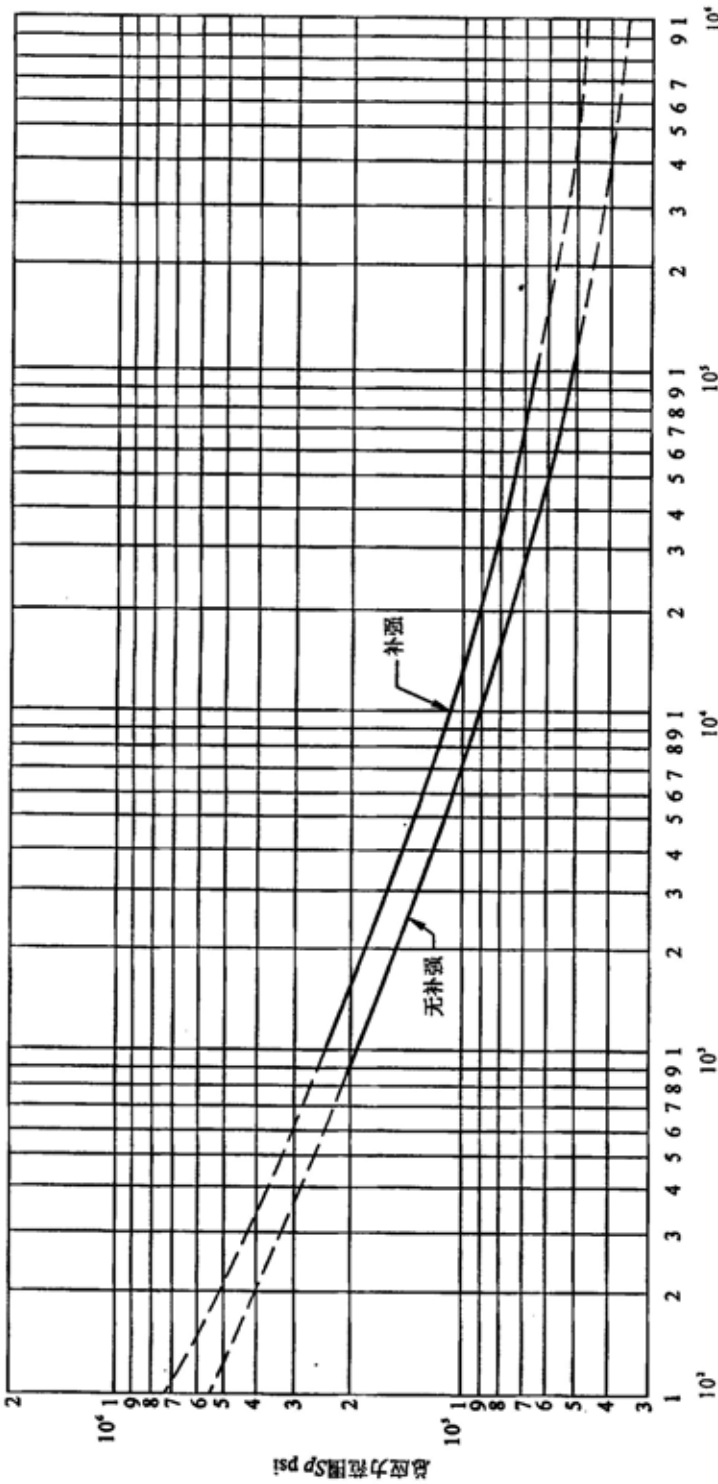
E ——设计温度下弹性模量。

(b) 设计能抵抗压力推力的膨胀节在泄漏试验

期间应不提供外加的轴向约束。

(c) 在膨胀节的耐压试验期间,除对泄漏和总的结构完整性的检查外,还应对膨胀节在试验前、试验期间和试验后进行检查,以确认没有发生不能接受的蠕变。如在内压试验时从最初对称的波纹管变形到后来形成褶合间的不对称或不匀称,应考虑为已产生蠕变。如果在试验压力下波纹管的节距与加压前的节距之比对无补强的波纹管 > 1.15 或对于补强的波纹管 > 1.20 ,这样的变形应考虑为不合格。泄漏和变形检查应在进行全试验压力后 $\geq 3/8$ 试验压力下完成。

(d) 检查蠕变应在全压试验后进行。为安全计,可采用遥观(即用光学放大或摄像)相对预装的临时尺寸坐标的褶合间变化。检查泄漏应在全试验压力后 $\geq 3/8$ 试验压力下进行。气压试验应服从第 345.5.1 节注意事项。



设计循环数 N_c

$$N_c = \left(\frac{A}{S_f - B} \right)^2$$

波紋	循环		A		B	
	≤40000	>40000	Mpa	psi	Mpa	psi
无补强			36000	5.2×10^4	264	38300
补强			46000	6.7×10^4	211	30600
	≤40000	>40000	45000	6.6×10^4	334	48500
			59000	8.5×10^4	268	38800

$$S_f = 0.7(S_y + S_t) + S_f + S_e$$

- 说明: (a) 这些曲线用于评估不经热处理的奥氏体不锈钢制波紋管在环境温度下的设计疲劳寿命。由于对于很低和很高循环范围所得数据有限, 这些曲线主要在 $10^3 \sim 10^4$ 循环范围内有效。
- (b) 公式引自 ASME 的论文 61-WA-18《低周疲劳压力容器设计》, 作者 E. F. Langer。式中常数已按 BPV 规范第 3 卷第 2 册附录 6 的规则修正以反映曲线整理的实际波紋管的试验数据。 S_y 和 S_e 的计算应基于弹性模量为 28.3×10^4 psi。
- (c) 式中代号见 EJMA 标准。
- (d) 对于尺寸、表面光洁度和数据分散的正常影响因素已计入这些设计疲劳曲线。因此, 设计循环寿命应能实际地代表预计的操作循环数, 对循环数过分保守的估计会导致波紋管曲数的增加和膨胀节更不稳定。

图 X302.1.3 奥氏体不锈钢波紋管的设计疲劳曲线

附录 Z 技术咨询的编制

Z300 引言

ASME B31 压力管道规范委员会将考虑对规范规则进行解释和修改的书面请求,并提出发展需要将制定新规则。委员会的活动严格限制在解释规则或在新的数据或技术的基础上研究对现有规则的修订。根据出版原则,ASME 并不批准、鉴定、评定或签署任何项目、结构、专利设备或活动;因此,此类要求的咨询将予退回。而 ASME 不但任对具体工程问题或对规范规则的一般应用和理解的顾问。如果委员会根据提交咨询资料,认为装饰咨询者应寻求帮助,咨询将附以可得到这种帮助的推荐予以退回。

所有提供的咨询不足以使委员会充分理解的咨询将予退回。

Z301 要求

咨询应严格地限制在对规则的解释或在新的数据或技术的基础上对现行规则修改的意见。咨询应按照下列格式提交。

(a) 范围 包括一条规则或几条密切有关的规则。与主题无关的咨询函将予退回。

(b) 背景咨询 说明咨询的目的,是要得到对

规范规则的解释,还是建议对现有规则的修改。为使委员会理解咨询的内容,要提供所需的简明咨询,务必注明所参照的有关规范的卷、册、版、增补、节、图和表。如提供示意图,应限制在咨询范围之内。

(c) 咨询的结构

(1) 提出的问题 咨询应为简短而准确的问题,取消不必要的背景资料,只要合适,最好以能回答“是”或“否”(或附有条件)的方式提问。咨询在技术上和编辑上应是正确的。

(2) 建议的答复 说明你认为规范要求什么。如果咨询者的意见是需要修改规范,应提供建议的措词。

Z302 提交

咨询宜以打字方式提交,字迹清晰的手写咨询也可考虑,咨询应包括咨询者的姓名和投信地址,并寄到下列地址:

Secretary
ASME B31 Committee
Three Park Avenue
New York, NY 10016-5990

ISBN 0-7918-2915-4



9 780791 829158



A03704