

ICS 23.040

P 72

备案号: J1510-2013

SH

# 中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3059—2012

代替 SH 3059—2001

## 石油化工管道设计器材选用规范

Specification for piping material design selection in  
petrochemical industry



2012-11-07 发布

2013-03-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 管道分级	3
4 管道设计条件	4
4.1 设计压力	4
4.2 设计温度	4
4.3 环境因素	5
4.4 动力荷载	5
4.5 重力荷载	5
4.6 温差荷载	5
4.7 支架及管口位移	5
4.8 材料韧性的降低	5
4.9 循环工况	5
5 管道设计基准	6
5.1 管道组成件的压力、温度设计基准	6
5.2 许用应力	6
5.3 管道设计寿命	6
6 管道材料	7
6.1 一般规定	7
6.2 材料选用	8
6.3 腐蚀环境条件下材料的选用	9
7 管道组成件	11
7.1 管子	11
7.2 管件	11
7.3 法兰	12
7.4 垫片	12
7.5 紧固件	15
7.6 法兰、垫片和紧固件的选配	15
7.7 阀门	17
7.8 管道连接	18
7.9 管道分支	19
8 管道受压元件强度设计	19
8.1 一般规定	19
8.2 金属直管	19

8.3	弯管和斜接弯头	21
8.4	三通	23
8.5	盲板与平盖	24
8.6	非标准异径管	25
8.7	支管连接	28
附录A	(资料性附录) 常用毒性介质、可燃介质	32
A.1	常用毒性介质危害程度的分级	32
A.2	常用可燃气体火灾危险性分类	32
A.3	常用液化烃和可燃液体火灾危险性分类	32
附录B	(资料性附录) 金属材料的高温氧化年腐蚀率	33
附录C	(资料性附录) 腐蚀曲线图	34
C.1	各种钢在高温硫中的腐蚀曲线	34
C.2	临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限	34
C.3	高温氢气和硫化氢共存时油品中各种钢材的腐蚀曲线	34
附录D	(资料性附录) 碳素钢和低合金钢在碱液中的使用温度与浓度极限	43
附录E	(资料性附录) 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合	44
	本规范用词说明	45
附:	条文说明	47

## Contents

Foreword	V
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Piping classification	3
4 Piping design conditions	4
4.1 Design pressure	4
4.2 Design temperature	4
4.3 Ambient effects	5
4.4 Dynamic effects	5
4.5 Weight effects	5
4.6 Thermal expansion and contraction effects	5
4.7 Effects of support, anchor and terminal movements	5
4.8 Reduced ductility effects	5
4.9 Cyclic effects	5
5 Piping design criteria	6
5.1 Pressure-temperature design criteria for piping components	6
5.2 Allowable stresses	6
5.3 Piping design life-span	6
6 Piping materials	7
6.1 General requirements	7
6.2 Selection of materials	8
6.3 Selection of materials at corrosion conditions	9
7 Piping components	11
7.1 Pipe	11
7.2 Fittings	11
7.3 Flanges	12
7.4 Gaskets	12
7.5 Boltings	15
7.6 Selection of flanges, gaskets and boltings	15
7.7 Valves	17
7.8 Piping connections	18
7.9 Piping branch	19
8 Pressure design of piping componets	19
8.1 General requirements	19
8.2 Metal straight pipe	19

8.3	Pipe bends and miters .....	21
8.4	Tees .....	23
8.5	Blinds and blanks .....	24
8.6	Nonstandard reducers .....	25
8.7	Branch connections .....	28
Appendix A (Informative) Common toxic media,flammable media .....		32
A.1	Danger grade classification of common toxic media .....	32
A.2	Criticality classification of common flammable gas fire .....	32
A.3	Criticality classification of common liquefied hydrocarbon and flammable liquid fire .....	32
Appendix B (Informative) Metal material high temperature annual oxidation corrosson rate .....		33
Appendix C (Informative) Corrostion curve figures .....		34
C.1	Corrostion curve steel in high temperature sulfur .....	34
C.2	Operating limits for steels in hydrogen service to avoid decarburization and fissuring .....	34
C.3	Corrostion curve of steel in high temperature hydrogen and sulfureted hydrogen concomitance crude oil .....	34
Appendix D (Informative) Temperature limited and NaOH concentration limited when carbon steel and low alloy steel used caustic liquid .....		43
Appendix E (Informative) The combination of metal and service susceptible to stress crack .....		44
Explanation of wording in this specification .....		45
Add: Explanation of provisions .....		47

## 前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2010年第一批行业标准制修订计划》(工信厅科[2010]74号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规范。

本规范共分8章和5个附录。

本规范的主要技术内容是:石油化工管道的级别、管道设计条件、管道组成件的材料选用要求和计算方法。

本规范是在SH 3059—2001《石油化工企业管道设计器材选用通则》的基础上修订而成。修订的主要技术内容是:

- 规范名称更改为《石油化工管道设计器材选用规范》;
- 修订了引用标准和附录;
- 对原管道级别进行了重新划分;
- 增加了高温及腐蚀环境下材料选用的要求;
- 增加了异径管壁厚的计算方法。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司配管设计技术中心站负责日常管理,由中国石化工程建设有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司配管设计技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010-84877282

传 真:010-64949514

本规范主编单位:中国石化工程建设有限公司

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

本规范参编单位:中石化洛阳工程有限公司

中石化宁波工程有限公司

中石化上海工程有限公司

本规范主要起草人员:张宝江 杨庆朝 王金富 李永红 汪建羽

本规范主要审查人员:张发有 张德姜 刘 建 雷云周 杨平辉 袁 灿 王少华 李代玉

柯松林 陈永亮 许 丹 张大船 白殿武 李洪波 徐明才 王军防

周卫国 单承家

本规范1994年首次发布,2001年第1次修订,本次为第2次修订。

# 石油化工管道设计器材选用规范

## 1 范围

本规范规定了石油化工管道材料的选用、管道组成件的选用要求和计算方法。

本规范适用于石油化工装置中公称压力不大于  $PN 420$  (CL2500)、设计温度不超过材料允许使用温度范围的管道组成件的选用。本规范不适用于非金属管道。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 710 优质碳素结构钢热轧薄钢板和钢带
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2518 连续热镀锌钢板及钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3880 一般工业用铝及铝合金板、带材
- GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB 6479 高压化肥设备用无缝钢管
- GB/T 7306.1 55° 密封管螺纹 第1部分：圆柱内螺纹与圆锥外螺纹
- GB/T 7306.2 55° 密封管螺纹 第2部分：圆锥内螺纹与圆锥外螺纹
- GB/T 9711 石油天然气工业 管线输送系统用钢管
- GB 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB/T 9971 原料纯铁
- GB/T 12232 通用阀门 法兰连接铁制闸阀
- GB/T 12233 通用阀门 铁制截止阀与升降式止回阀
- GB/T 12234 石油、天然气工业用螺柱连接阀盖的钢制闸阀
- GB/T 12235 石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀
- GB/T 12236 石油、石化及相关工业用钢制旋启式止回阀
- GB/T 12237 石油、石化及相关工业用钢制球阀
- GB/T 12238 法兰和对夹连接弹性密封蝶阀
- GB/T 12239 工业阀门 金属隔膜阀
- GB/T 12240 铁制旋塞阀
- GB/T 12241 安全阀 一般要求
- GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
- GB/T 12244 减压阀 一般要求
- GB/T 12246 先导式减压阀
- GB/T 12716 60° 密封管螺纹
- GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管

- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 19066.1~3 柔性石墨金属波齿复合垫片
- GB/T 19326 钢制承插焊、螺纹和对焊支管座
- GB 50517—2010 石油化工金属管道工程施工质量验收规范
- HG/T 20630 钢制管法兰用金属包覆垫片 (Class 系列)
- HG/T 20632 钢制管法兰用具有覆盖层的齿形组合垫 (Class 系列)
- JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分: 超声检测
- JB/T 9092 阀门的检验与试验
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- SH/T 3039 石油化工非埋地管道抗震设计通则
- SH/T 3041 石油化工管道柔性设计规范
- SH/T 3401 石油化工钢制管法兰用非金属平垫片
- SH/T 3402 石油化工钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片
- SH/T 3403 石油化工钢制管法兰用金属环垫
- SH/T 3404 石油化工钢制管法兰用紧固件
- SH/T 3405 石油化工钢管尺寸系列
- SH/T 3406 石油化工钢制管法兰
- SH/T 3407 石油化工钢制管法兰用缠绕式垫片
- SH/T 3408 石油化工钢制对焊管件
- SH/T 3410 石油化工锻钢制承插焊和螺纹管件
- TSG D0001 压力管道安全技术监察规程-工业管道
- API 6D Specification for pipeline valves
- API 526 Flanged steel pressure relief valves
- API 527 Seat tightness of pressure relief valves
- API 593 Ductile iron plug valves
- API 594 Check valves: Flanged, lug, wafer and butt-welding
- API 598 Valve inspection and testing
- API 599 Metal plug valves—flanged, threaded and welding ends
- API 600 Steel gate valves—flanged and butt-welding ends, bolted bonnets
- API 602 Steel gate, globe and check valves for sizes DN 100 and smaller for the petroleum and natural gas industries
- API 603 Corrosion-resistant, bolted bonnet gate valves—flanged and butt-welding ends
- API 608 Metal ball valves—flanged, threaded and welding ends
- API 609 Butterfly valves: double-flanged, lug and wafer type
- API 941 Steel for hydrogen service at elevated temperatures and pressures in petroleum refineries and petrochemical plants
- ASME B16.10 Face-to-face and end-to-end dimensions of valves
- ASME B16.34 Valves—flanged, threaded, and welding end
- ASME B31.3 Process piping
- BS 1868 Specification for steel check valves (flanged and butt-welding ends) for the petroleum, petrochemical and allied industries
- BS 1873 Specification for steel globe and globe stop and check valves (flanged and butt-welding ends) for the



petroleum, petrochemical and allied industries

BS 5146 Inspection and test of steel valves

BS 5155 Butterfly valves

BS 5352 Specification for steel wedge gate, globe and check valves 50 mm and smaller for petroleum, petrochemical and allied industries

BS 6364 Valves for cryogenic service

BS EN ISO17292 Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries

### 3 管道分级

3.1 石油化工管道级别,应根据管道输送介质的危险程度和设计条件划分。输送介质中常用的毒性介质、可燃介质的分类可参见本规范附录A。

3.2 石油化工管道分级应符合表3.2的规定。

3.3 石油化工管道分级除应符合本规范第3.2条的规定外,尚应符合下列规定:

a) 输送氧气介质管道级别应根据设计条件按本规范表3.2中乙类可燃气体确定;

b) 输送毒性或可燃性不同的混合介质管道级别应按其危害程度及含量确定;

c) 输送同时具有毒性和可燃性介质管道级别应按本规范表3.2中高级别管道确定。

表3.2 管道分级

序号	管道级别	输送介质	设计条件	
			设计压力 MPa	设计温度 °C
1	SHA1	(1) 极度危害介质(苯除外)、高度危害丙烯腈、光气介质	—	—
		(2) 苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气除外)、中度危害介质、轻度危害介质	$P \geq 10$	—
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
2	SHA2	(3) 苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气除外)	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
			$P < 4$	$t \geq -29$
3	SHA3	(4) 中度危害介质、轻度危害介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
		(5) 中度危害介质	$P < 4$	$t \geq -29$
		(6) 轻度危害介质	$P < 4$	$t \geq 400$
4	SHA4	(7) 轻度危害介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$
5	SHB1	(8) 甲类、乙类可燃气体介质和甲类、乙类、丙类可燃液体介质	$P \geq 10$	—
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
6	SHB2	(9) 甲类、乙类可燃气体介质和甲 <sub>A</sub> 类、甲 <sub>B</sub> 类可燃液体介质	—	$t < -29$
			$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
			$P < 4$	$t \geq -29$
7	SHB3	(11) 甲类、乙类可燃气体介质,甲 <sub>B</sub> 类、乙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$
		(12) 乙类、丙类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
		(13) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq 400$
8	SHB4	(14) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$

表3.2 管道分级 (续)

序号	管道级别	输送介质	设计条件	
			设计压力 MPa	设计温度 ℃
9	SHC1	(15) 无毒、非可燃介质	$P \geq 10$	—
			—	$t < -29$
10	SHC2	(16) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$
11	SHC3	(17) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$
			$1 < P < 4$	$t \geq 400$
12	SHC4	(18) 无毒、非可燃介质	$1 < P < 4$	$-29 \leq t < 400$
			$P \leq 1$	$t \geq 185$
			$P \leq 1$	$-29 \leq t \leq -20$
13	SHC5	(19) 无毒、非可燃介质	$P \leq 1$	$-20 < t < 185$

3.4 本规范表3.2中所列管道的检查等级,除应符合相应管道级别的要求外,尚应符合下列规定:

- 钛及钛合金、锆及锆合金、镍及镍基合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢管道以及设计明确规定为剧烈循环工况管道的检查等级不得低于GB 50517—2010表9.3.1中1级;
- 铬钼合金钢、双相不锈钢、管道的检查等级不得低于GB 50517—2010表9.3.1中2级;
- 奥氏体不锈钢、设计要求冲击试验的碳钢管道的检查等级不得低于GB 50517—2010表9.3.1中3级。

3.5 管道级别应在管道表和单管图或相关的技术文件上逐根管道加以注明,作为设计、施工和检验的依据。

## 4 管道设计条件

### 4.1 设计压力

4.1.1 管道组成件的设计压力,不应低于操作过程中,由内压或外压与温度构成的最苛刻工况下的压力,但本规范第5.1.2条规定的情况除外。最苛刻工况是指导致管道组成件最大壁厚或最高压力等级的条件。

4.1.2 设计压力的确定应符合下列规定:

- 装有安全泄压装置的管道,其设计压力不应小于安全泄压装置的设定压力;
- 未设置安全泄压装置或可能发生与安全泄压装置隔离、堵塞的管道,其设计压力不应小于可能由此产生的最大压力;
- 离心泵出口管道的设计压力不应小于泵的关闭压力;
- 管道与设备直接连接成为一个压力系统时,其设计压力不应小于设备的设计压力;
- 输送制冷剂、液化烃等低沸点介质的管道,其设计压力不应小于阀门关闭时或介质不流动时在最高环境温度下气化所能达到的最高压力;
- 真空管道应按受外压设计,当装有安全控制装置时,设计压力应取最大内外压差的1.25倍或0.1MPa两者中的较小值;无安全控制装置时,设计压力应取0.1MPa。

### 4.2 设计温度

4.2.1 管道组成件的设计温度,不应低于操作过程中,由压力与温度构成的最苛刻工况下的温度。同一管道中的不同管道组成件的设计温度可以不同。

4.2.2 设计温度的确定应符合下列规定:

- a) 无绝热层的管道，介质温度小于65℃时，管道组成件的设计温度应与介质温度相同，但应考虑阳光辐射或其他可能导致介质温度升高的因素；
- b) 无绝热层的管道，介质温度等于或大于65℃时，可按下列原则确定：
  - 1) 阀门、管子、对焊管件和壁厚与管子相近的其他管道组成件，设计温度不应低于介质温度的95%；
  - 2) 除松套法兰外，法兰的设计温度不应低于介质温度的90%；
  - 3) 松套法兰的设计温度不应低于介质温度的85%；
  - 4) 螺栓和螺母等紧固件的设计温度不应低于介质温度的80%；
- c) 带外绝热层管道，除经传热计算或实测确定的平均壁厚外，宜取介质温度作为设计温度；
- d) 带衬里或内隔热层管道的设计温度，应经传热计算或实测确定；
- e) 带夹套或外伴热的管道，当工艺介质温度高于伴热介质温度时，应取工艺介质温度作为设计温度；当工艺介质温度低于伴热介质温度时，带夹套管道应取伴热介质温度作为设计温度，带外伴热管道应取伴热介质温度减10℃与工艺介质温度二者中较高值作为设计温度；
- f) 安全泄压排放管道，应取排放时可能出现的最高或最低温度作为设计温度；
- g) 需吹扫管道的设计温度，应根据具体条件确定。

#### 4.3 环境因素

4.3.1 当环境影响造成管道内气体或蒸气被冷却产生真空时，管道应有耐真空能力或防止产生真空的措施。

4.3.2 管道组成件应能承受或消除因静态流体受热膨胀而导致的压力升高或采取预防措施。

4.3.3 设计温度低于0℃时，应防止阀门、泄压装置和其他管道组成件的活动部件外表面结冰。

4.3.4 金属管道外壁受大气环境影响时，管道设计应考虑最低环境工况。

#### 4.4 动力荷载

4.4.1 管道应能承受外部或内部条件引起的水力冲击、液体或固体物料的撞击等的冲击荷载。

4.4.2 室外架空管道应能承受风荷载。

4.4.3 对于抗震设防烈度为6度到9度的非埋地管道，应符合SH/T 3039的有关规定。

4.4.4 管道应能承受机械振动、压力脉动等振动产生的荷载。

4.4.5 管道应能承受介质泄压或排放产生的反作用力。

#### 4.5 重力荷载

4.5.1 管道应能承受输送介质、试验介质及冰雪等产生的荷载。

4.5.2 管道应能承受管道组成件、绝热材料以及由管道支承的其他永久性荷载。

#### 4.6 温差荷载

4.6.1 管道设计应能承受管道被约束或固定因热膨胀或收缩而产生的作用力和力矩。

4.6.2 管道设计应能承受由于管壁温度急剧变化或温度分布不均匀而产生的管壁应力及荷载。

4.6.3 管道设计应能承受由于管道材料的热膨胀性能不同而产生的荷载，如复合钢管、夹套管、非金属衬里管等。

#### 4.7 支架及管口位移

管道设计应考虑管道支架及与管口相连接的设备位移，如设备或支架的热膨胀、基础沉降或其他外部因素等产生的位移。

#### 4.8 材料韧性的降低

管道设计应考虑如焊接、热处理、加工成形、弯曲以及低温或高挥发性流体突然减压而产生的急冷所造成的材料韧性降低的因素。

#### 4.9 循环工况

管道设计应考虑由于压力循环、热循环和其他周期性荷载而产生的疲劳。

## 5 管道设计基准

### 5.1 管道组成件的压力、温度设计基准

#### 5.1.1 管道组成件的压力-温度额定值应符合下列规定：

- a) 除本规范另有规定外，对国家现行标准中已规定了压力-温度额定值及公称压力的管道组成件，选用管道组成件时，该组成件标准中规定的额定值不应低于管道的设计压力和设计温度；
- b) 对国家现行标准中未规定压力-温度额定值及公称压力的管道组成件，以钢管壁厚系列（包括壁厚、表号或重量级别）表示的无缝管道组成件的压力-温度额定值应根据与其许用应力相同材料的无缝钢管的有效厚度确定。焊制管道组成件的压力-温度额定值应根据上述方法确定，并考虑焊缝系数及焊接接头强度降低系数；
- c) 不同流体工况的管道连接时，分界处阀门的压力-温度额定值应按最苛刻工况确定。

#### 5.1.2 管道系统中压力和温度的允许变动范围应符合下列规定，否则设计条件应以最苛刻的压力和温度组合来确定：

- a) 管道系统中压力、温度或两者可能发生偶然变化，且同时满足下列要求时，其压力和温度允许的变动应符合本条 b) 款的规定：
  - 1) 没有铸铁或其他非塑性金属材料的受压管道组成件；
  - 2) 公称压力产生的应力不应超过材料在设计温度下的屈服强度；
  - 3) 合成纵向应力不应大于本规范第 5.2.4 条规定的允许值；
  - 4) 在管道设计寿命内，超过设计条件的压力和温度变化的总次数不应超过 1000 次；
  - 5) 在任何情况下，管道压力升高值不得超过管道的系统试验压力；
  - 6) 阀门及管道连接点处的密封元件，不得由于压力、温度的变化，降低或失去其应有的密封性能；
  - 7) 持续和周期性的变动不应改变管道系统中所有管道组成件的操作安全性能；
  - 8) 温度变动的下限值不应低于相关国家现行标准规定的材料最低使用温度；
- b) 符合本条 a) 款要求的管道，其超出设计条件的非经常性的压力、温度变动所产生的应力值，应符合下列要求：
  - 1) 当任何一次压力、温度变化持续时间不超过 10h，且每年累计不超过 100h 时，不得超过材料许用应力的 33%；
  - 2) 当任何一次压力、温度变化持续时间不超过 50h，且每年累计不超过 500h 时，不得超过材料许用应力的 20%；
- c) 对于压力泄放等的自限波动情况，一次变动持续时间不超过 50h，且每年累计不超过 500h 时，压力变动不得超过材料许用应力的 20%。

### 5.2 许用应力

#### 5.2.1 金属材料许用应力的确定基准应符合相关国家现行标准的要求。

#### 5.2.2 管道组成件材料的许用应力，中国标准材料应符合现行国家标准的有关规定，美国标准材料应符合 ASME B31.3 的有关规定。

#### 5.2.3 管道柔性设计的应力限制应符合 SH/T 3041 的有关规定。

#### 5.2.4 偶然荷载引起的纵向应力之和应符合下列要求：

- a) 当在操作条件下的压力、重力及其他持续荷载产生的纵向应力与风荷载或地震荷载等临时荷载产生的应力组合时，不应大于现行国家标准规定的材料许用应力 1.33 倍；进行应力组合时，风荷载和地震荷载不应同时考虑；
- b) 除另有规定外，在系统压力试验下管道中产生的应力，不应超过管道在该试验温度下许用应力的 1.5 倍，并不考虑风荷载、地震荷载等临时荷载的影响。

### 5.3 管道设计寿命

管道设计寿命宜为 15 年。

## 6 管道材料

## 6.1 一般规定

- 6.1.1 管道材料应根据管道级别、设计温度、设计压力和介质特殊要求等设计条件，以及材料的耐腐蚀性能、加工工艺性能、焊接性能和经济合理性等选用。
- 6.1.2 受压元件（螺栓除外）用材料应有足够的强度、塑性和韧性，在最低使用温度下应具备足够的抗脆性断裂能力。当采用延伸率低于14%的脆性材料时，应采取必要的安全防护措施。
- 6.1.3 选用的材料应具有足够的稳定性，包括化学性能、物理性能、耐蚀和耐磨性能、抗疲劳性能和组织稳定性等。
- 6.1.4 标准管道组成件的压力-温度额定值应符合管道设计温度和设计压力的要求。
- 6.1.5 在设计条件下，非标准管道组成件的计算应力，不应超过管道设计温度下材料的许用应力。
- 6.1.6 当管道在操作过程中存在压力和/或温度波动时，管道组成件的压力和/或温度允许变动范围，应符合本规范第5.1.2条的规定。
- 6.1.7 管道受压元件用钢材的技术要求应符合现行国家标准和有关技术条件的规定。
- 6.1.8 受压元件以及直接与受压元件焊接的非受压元件用钢材，应有钢厂的质量证明文件。
- 6.1.9 采用未形成国家或行业标准的新材料时，应经过适当级别的技术鉴定和国家质检总局委托进行的技术评审，并根据设计条件核对材料的各项性能指标。
- 6.1.10 管道受压元件采用国外材料时，应选用国外规范允许使用的材料，其使用范围应符合相应规范的规定，并有该材料的质量证明文件。
- 6.1.11 输送极度危害介质、高度危害介质及液化烃的压力管道应采用优质钢制造。
- 6.1.12 用于焊接的碳钢或低合金钢的含碳量不应大于0.3%。
- 6.1.13 选择材料时，应考虑不同材料间相互连接或接触，在工艺过程中可能产生的有害影响。
- 6.1.14 输送腐蚀性介质管道用材料应有耐腐蚀能力。除应力腐蚀和局部腐蚀需按具体情况考虑外，管道用材料可根据介质对金属材料的腐蚀速率选用。
- 6.1.15 管道金属材料的耐腐蚀能力应根据介质对金属材料的腐蚀速率确定，其分类宜符合下列要求：
- 年腐蚀速率小于或等于0.05mm的材料为充分耐腐蚀材料；
  - 年腐蚀速率大于0.05mm且小于或等于0.1mm的材料为耐腐蚀材料；
  - 年腐蚀速率大于0.1mm且小于或等于0.5mm的材料为尚耐腐蚀材料；
  - 年腐蚀速率大于0.5mm的材料为不耐腐蚀材料。
- 6.1.16 对于尚耐腐蚀材料可根据技术经济比较确定，按较大腐蚀裕量的条件选用或选用较高级别的耐腐蚀材料。
- 6.1.17 金属材料的高温氧化年腐蚀率可参见本规范附录B中的表B。
- 6.1.18 常用钢材使用温度宜符合表6.1.18的规定。

表6.1.18 常用钢材使用温度

材料	材料牌号	使用温度/℃
碳素结构钢	Q235A·F	0~200
	Q235A	-10~350
	Q235B	-10~400
	Q235C	-10~400
优质碳素结构钢	10	-29~425
	20	-20~425
	20G	-20~450
	Q245R	-20~450

表6.1.18 常用钢材使用温度 (续)

材料	材料牌号	使用温度/℃
低合金钢	Q345R	-40~450
	16MnD	-40~350
	09MnD	-50~350
	09Mn2VD	-50~100
	09MnNiD	-70~350
	12CrMo	-20~525
	15CrMo	-20~550
	12Cr1MoVG	-20~575
	12Cr2Mo	-20~575
	12Cr5Mo (1Cr5Mo)	-20~600
高合金钢	06Cr13 (0Cr13)	-20~400
	06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)	-196~700
	06Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni10Ti)	-196~700
	06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	-196~700
	0Cr18Ni12Mo2Ti	-196~500
	06Cr19Ni13Mo3 (0Cr19Ni13Mo3)	-196~700
	022Cr19Ni10 (00Cr19Ni10)	-196~425
	022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2)	-196~450
	022Cr19Ni13Mo3 (00Cr19Ni13Mo3)	-196~450
注: 括弧内材料为旧牌号。		

## 6.2 材料选用

6.2.1 碳素结构钢及铸铁类材料适用范围应符合 TSG D0001 的有关规定。

6.2.2 高温条件下材料的选用应符合下列规定:

- a) 受压元件的钢材使用温度不应超过现行国家标准的有关规定;
- b) 确定材料的使用温度上限时应考虑腐蚀性介质的影响;
- c) 非受压元件的钢材使用温度不应超过钢材的极限氧化温度;
- d) 在高温条件下长期使用时, 碳素钢、碳锰钢、低温用镍钢的使用温度不应高于 425℃, 碳钼钢的使用温度不应高于 470℃;
- e) 铁素体不锈钢受压元件的使用温度高于 370℃时, 应考虑室温下的材料脆性;
- f) 奥氏体不锈钢的使用温度高于 525℃时, 钢中含碳量不应小于 0.04%, 并且在固溶状态下使用;
- g) 双相不锈钢的使用温度不宜高于 300℃;
- h) 钛及钛合金的使用温度不宜高于 300℃;
- i) 镍及镍基合金的使用温度应符合表 6.2.2 的规定。

表6.2.2 镍及镍合金的使用温度

单位为℃

材料	不含硫的环境			蒸汽	含硫环境	
	氧化	H <sub>2</sub> 还原	CO还原		氧化	还原
镍 (N4、N6)	≤1040	≤1260	≤1260	≤425	≤315	≤260
镍-铜 (NCu30)	≤540	≤1100	≤815	≤370	≤315	≤260
镍-铬-铁 (NS312)	≤1100	≤1150	≤1150	≤815	≤815	≤540
镍铁铬 (NS111、NS112)	≤1100	≤1260	≤1150	≤980	≤815	≤540

## 6.2.3 低温条件下材料的选用应符合下列规定:

- a) 碳素钢、低温碳钢、铬钼合金钢、不锈钢的最低使用温度及低温冲击试验免除条件应符合现行国家标准的有关规定;
- b) 低温管道用钢应采用镇静钢;
- c) 管道设计温度低于或等于-20℃的碳素钢、低温碳钢、低合金钢、中合金钢和铁素体高合金钢,母材及其焊缝金属和热影响区应按现行国家标准的有关规定进行低温冲击试验;
- d) 铬镍奥氏体不锈钢母材在设计温度等于或高于-196℃,且满足下列各项要求时,可免做低温冲击试验:
  - 1) 材料含碳量应小于或等于0.10%;
  - 2) 材料应为固溶热处理状态;
- e) 铬镍奥氏体不锈钢焊缝金属及热影响区在满足下列各项要求时,可免做低温冲击试验:
  - 1) 含碳量小于或等于0.10%的奥氏体不锈钢母材,不加填充金属焊接,设计温度不应低于-101℃;
  - 2) 焊缝金属含碳量小于或等于0.10%,焊接使用的填充金属符合相应标准,设计温度不应低于-101℃;焊缝金属含碳量大于0.10%,焊接使用的填充金属符合相应标准,设计温度不应低于-48℃。

6.2.4 除抗拉强度下限值大于 540MPa 的钢材及螺栓材料外,使用的材料在低温低应力工况下,若设计温度加 50℃后,高于-20℃时,管道材料可免做低温冲击试验。

## 6.3 腐蚀环境条件下材料的选用

6.3.1 奥氏体不锈钢使用于可能引起晶间腐蚀的环境时,应按 GB/T 4334 进行晶间腐蚀倾向性试验。奥氏体不锈钢除下列情况外,应以供货状态的试样进行晶间腐蚀倾向试验:

- a) 焊接结构(包括焊缝金属)用钢材应以供货状态经敏化处理的试样进行试验,焊接接头以焊态试样进行试验;
- b) 除固溶处理和稳定化热处理外,凡在制造和使用过程中需经历400℃以上温度加热的奥氏体不锈钢,应以供货状态经敏化处理的试样进行试验。敏化处理的制度宜为650℃,保温时间为0.5h~2h;双相不锈钢宜为650℃,保温时间不应小于0.5h。

6.3.2 介质中含有硫和环烷酸的管道材料选用,应根据正常操作条件下原油中的酸值和含硫量为依据,并应考虑最苛刻操作条件下可能达到的最大酸值、酸与硫的组合共同作用以及介质流动状态、介质流速等因素。材料的选用应符合下列规定:

- a) 对操作温度等于或高于240℃,介质中含活性硫化物腐蚀介质的管道,应根据管道操作温度和介质中的含硫量,并参见本规范附录C中图C.1的规定选用;
- b) 高温硫化物和环烷酸共存管道的材料选用应符合下列要求:
  - 1) 对操作温度低于240℃,材料可用碳钢、15CrMo、12Cr5Mo(1Cr5Mo)或06Cr13(0Cr13);
  - 2) 对操作温度等于或高于240℃,材料可选用12Cr5Mo(1Cr5Mo)、Cr9Mo、06Cr19Ni10

(0Cr18Ni9) 或 022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2)；

- 3) 对管道介质流速等于或大于 30m/s, 材料应选用 06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)、06Cr19Ni13Mo3 (0Cr19Ni13Mo3)、022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2) 及其金属复合板制品。

6.3.3 对操作温度等于或高于 200℃, 介质中含有氢气的碳钢及合金钢管道, 应根据管道最高操作温度加 20℃~40℃ 的裕量和介质中氢气的分压, 参见本规范附录 C 中图 C.2 Nelson 曲线选择合适的抗氢钢材。

6.3.4 对操作温度等于或高于 250℃, 介质中含有 H<sub>2</sub>S 和 H<sub>2</sub> 的管道材料选用, 应根据管道操作温度和介质中 H<sub>2</sub>S 的含量, 参见本规范附录 C 中图 C.3 Couper 曲线确定。

6.3.5 在湿 H<sub>2</sub>S 应力腐蚀环境中, 管道选用的材料应符合下列要求:

- a) 材料标准规定的屈服强度  $\sigma_s$  小于或等于 355MPa;
- b) 材料实测的抗拉强度  $\sigma_b$  小于或等于 630MPa;
- c) 材料适用状态应为正火、正火+回火、退火或调质状态;
- d) 对于低碳钢和碳锰钢, 碳当量  $C_E$  应小于或等于 0.40%; 对于低合金钢 (包括低温镍钢) 碳当量  $C_E$  应小于或等于 0.45%;
- e) 管道需经焊后热处理, 热处理后焊缝 (含热影响区) 的硬度不应大于 HB200;
- f) 厚度大于 20mm 的钢板应按 JB/T 4730.3 进行超声检测, 质量等级不应低于 II 级;
- g) 材料应选用镇静钢, 如 20、Q245R、Q345R 等。

6.3.6 碱应力腐蚀环境 (碱脆) 下, 管道选用的材料应符合下列要求:

- a) 管道的材料选用可参见本规范附录 D 中图 D 的要求;
- b) 碳素钢和低合金钢制管道的操作温度和碱液溶液位于附录 D 中图 D 上的 B 区时, 焊后或冷加工后应进行消除应力热处理。热处理温度宜为 600℃~650℃, 保温时间 2.4min/mm, 且不应少于 1h;
- c) 当碱液浓度低但可能产生浓缩时, 材料的选用可参见本规范附录 D 的要求;
- d) 当操作温度和碱液浓度位于附录 D 中图 D 上的 A 区时, 碳素钢和低合金钢制的管道焊后不需进行消除应力热处理, 开停工或检修期间应采取水冲洗, 不得进行蒸汽吹扫;
- e) 当操作温度和碱液浓度位于附录 D 中图 D 上的 C 区时, 材料应选用镍基合金。

6.3.7 液氨应力腐蚀环境下, 管道选用的材料应符合下列要求:

- a) 对于 20、Q345 等钢应符合下列项之一:
  - 1) 焊后应进行消除应力热处理;
  - 2) 焊接接头 (包括热影响区) 的硬度值应小于或等于 HB185;
  - 3) 液氨的含水量应大于 0.2% (质量分数);
- b) 对于 15MnV、18MnMoNb 等低合金钢, 焊后应进行消除应力热处理。

6.3.8 连多硫酸应力腐蚀环境下, 可能产生连多硫酸应力腐蚀开裂, 奥氏体不锈钢应选用超低碳或稳定化型不锈钢。

6.3.9 氧气管道材料的选用应符合下列要求:

- a) 氧气管道材料的选用应根据管道的压力、温度和流速不同选用碳钢、不锈钢和镍基合金等材料;
- b) 管子宜采用无缝钢管; 管件宜采用无缝对焊管件;
- c) 阀门采用全通径阀门, 但其操作状态应为全开或全关状态, 不得使其处于半开半关状态; 并且切断阀操作过程中两端压差不能过大, 阀门宜采用法兰连接;
- d) 垫片宜采用带内环的聚四氟乙烯缠绕式垫片;



- e) 阀门填料不应采用易脱落碎屑、纤维的材料或可燃的材料制成,宜采用聚四氟乙烯材料;
- f) 三通宜采用等径三通;
- g) 氧气管子、管件、阀门等应进行脱脂处理。

6.3.10 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合可参见本规范附录E。

## 7 管道组成件

### 7.1 管子

7.1.1 钢管规格应符合SH/T 3405的有关规定。

7.1.2 管子公称直径直接下列系列选用:

DN15、DN20、DN25、DN40、DN50、DN80、DN100、DN150、DN200、DN250、DN300、DN350、DN400、DN450、DN500、DN600、DN700、DN750、DN800、DN900、DN1000、DN1050、DN1200;公称直径大于DN1200时,可按200递增。

7.1.3 除仪表连接管、蒸汽伴管和特殊要求者外,管子最小公称直径应为DN15,且管子内径不应小于6mm。

7.1.4 管子壁厚不应小于以下三项中的最大值:

- a) 按本规范第8.2条规定计算的壁厚;
- b) 按 $D_0/150$ 确定的管子壁厚, $D_0$ 为管子外径,单位为mm;
- c) 最小选用壁厚应符合表7.1.4的规定。

表7.1.4 管子最小壁厚

单位为mm

材料	不同公称直径管子的最小壁厚			
	$\leq DN100$	DN150~DN200	DN250~DN300	$\geq DN350$
碳素钢、低合金钢	2.4	3.2	4.0	4.8
高合金钢、奥氏体不锈钢	1.5		2.3	

7.1.5 输送极度危害介质、高度危害介质、可燃介质或压力、温度参数较高或承受机械振动、压力脉动及温度剧烈变化的管道,宜选用无缝钢管。

7.1.6 无缝钢管用于设计压力等于或大于10MPa时,制造及检验应符合GB 5310、GB 9948或GB 6479的规定,不锈钢管的检验不应低于GB/T 14976的规定。

7.1.7 夹套管的内管应采用无缝钢管。

7.1.8 除产品标准明确规定,并经设计确认可用于压力、温度参数较高或特定条件外,焊接钢管宜按下列规定选用:

- a) 碳钢电阻焊直缝钢管,可用于设计温度低于或等于200℃的无毒介质管道;
- b) 碳钢埋弧焊螺旋缝钢管可用于设计温度低于或等于300℃的非极度危害介质和非高度危害介质管道;
- c) 碳钢电弧焊直缝钢管的使用温度不宜高于425℃,奥氏体不锈钢电弧焊直缝钢管的使用温度不宜高于600℃;
- d) 焊接钢管应符合GB/T 9711和GB/T 12771的有关规定。

### 7.2 管件

7.2.1 弯头、三通、异径管、管帽等管件的材质、压力等级或壁厚规格应与所连接管子一致或相当,并应符合下列要求:

- a) 钢制对焊管件应符合SH/T 3408或与其相当的标准规定;

b) 锻钢制管件应符合SH/T 3410或与其相当的标准规定。

7.2.2 弯头宜选用长半径弯头，当采用短半径弯头时，其最高工作压力不宜超过同规格长半径弯头的0.8倍。

7.2.3 斜接弯头应符合下列规定：

- a) 斜接弯头的曲率半径不宜小于同规格长半径弯头的曲率半径；
- b) 斜接角度大于45°的斜接弯头，不宜用于极度危害介质、高度危害介质、可燃介质管道或可能承受由于机械振动、压力脉动及温度变化产生交变荷载的部位；
- c) 剧烈循环工况下的管道中采用斜接弯管时，其1条焊缝方向改变的角度不应大于22.5°，设计压力应小于或等于2.0MPa。

### 7.3 法兰

7.3.1 法兰的选用应符合下列规定：

- a) 法兰型式、结构尺寸应符合SH/T 3406或与其相当的标准规定；
- b) 法兰许用工作压力应根据法兰标准中所列的压力-温度额定值确定；
- c) 有毒、可燃介质管道不得采用板式平焊法兰；
- d) 承插焊和螺纹法兰不得使用在可能发生缝隙腐蚀或严重腐蚀处；
- e) 公称压力小于或等于PN20 (Class 150)的管法兰采用缠绕式垫片或金属环垫时，宜选用对焊式或松套式法兰；
- f) 在剧烈循环工况下，应选用对焊式法兰。

7.3.2 当连接尺寸、压力等级相同而法兰压力-温度额定值不同的法兰相连接时，其使用条件应以较低压力-温度额定值的法兰为准。

7.3.3 当金属法兰与非金属或脆性材料法兰相连时，两者均应选用全平面（FF）法兰。突面法兰与全平面法兰匹配时，应采取防止法兰过载的措施。

7.3.4 对于剧烈循环工况和极度危害介质的管道，当管道法兰连接承受较大附加外荷载时，应校核法兰的承载能力。

7.3.5 以法兰盖作异径法兰时，开孔直径应符合表7.3.5的规定。

表7.3.5 法兰盖开孔直径

单位为mm

法兰盖公称直径 $DN_1$	最大开孔公称直径 $DN_2$
25、40	15
50	25
80、100	40
150、200	80
≥250	100

### 7.4 垫片

7.4.1 垫片的选用应符合下列规定：

- a) 垫片选用应根据垫片的密封性能、设计条件、工作介质特性及密封要求等因素确定；
- b) 垫片材料性能应符合下列要求：
  - 1) 具有较好的物理机械性能；
  - 2) 耐介质腐蚀，并不污染介质，不腐蚀密封表面；

- 3) 具有良好的压缩、回弹性能;
- 4) 具有较小的应力松弛率;
- 5) 泄漏率低。
- 7.4.2 非金属平垫片的选用应符合下列规定:
- a) 无机纤维非石棉纤维橡胶板的公称压力不应超过PN50 (Class 300), 最高使用温度不应大于290℃, 最低使用温度不应低于-40℃; 有机纤维非石棉纤维橡胶板的最高公称压力不应超过PN50 (Class 300), 最高使用温度不应大于200℃, 最低使用温度不应低于-40℃;
- b) 增强柔性石墨垫片的公称压力不应超过PN110 (Class 600), 使用温度的范围取决于金属芯板材料;
- c) 垫片应符合SH/T 3401与其相当标准的规定。
- 7.4.3 聚四氟乙烯包覆垫片的选用应符合下列规定:
- a) 适用于耐腐蚀、防粘结和要求清洁度高的管道;
- b) 聚四氟乙烯包覆垫片的公称压力不应超过PN50 (Class 300), 最高使用温度不应大于150℃;
- c) 垫片应符合SH/T 3402或与其相当标准的规定。
- 7.4.4 缠绕式垫片的选用应符合下列规定:
- a) 缠绕式垫片选用应符合下列要求:
- 1) 突面法兰应采用带外环型缠绕式垫片;
  - 2) 凹凸面法兰应采用带内环型缠绕式垫片;
  - 3) 榫槽面法兰应采用基本型缠绕式垫片;
  - 4) 公称压力等于或大于PN150 (Class 900) 的突面法兰应采用带内外环型缠绕式垫片;
- b) 缠绕式垫片的使用条件应符合表7.4.4的规定;
- c) 垫片应符合SH/T 3407或与其相当标准的规定。

表7.4.4 缠绕式垫片的使用条件

垫片材料	法兰公称压力 PN	温度范围 ℃
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9) /特制石棉	≤260	-50~500
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)、 06Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni10Ti)、 06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2) /柔性石墨		-196~650 <sup>a</sup>
022Cr19Ni10 (00Cr19Ni10)、 022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2) /柔性石墨	≤260	-196~450
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)、 06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)、 022Cr19Ni10 (00Cr19Ni10)、 022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2) /聚四氟乙烯	≤110	-196~200
<sup>a</sup> 柔性石墨带用于氧化性介质时, 最高使用温度为450℃。		

- 7.4.5 齿形组合垫的选用应符合下列规定:
- a) 垫片应符合HG/T 20632或与其相当标准的规定;
- b) 垫片的最高使用温度应符合表7.4.5的规定。
- 7.4.6 柔性石墨金属波齿复合垫片的选用应符合下列规定:

- a) 垫片应符合GB/T 19066.1~3或与其相当标准的规定；  
b) 垫片的最高使用温度应符合表7.4.6的规定。

表7.4.5 齿形组合垫的最高使用温度

金属齿形环材料	覆盖层材料	最高使用温度 ℃
10或08	柔性石墨	450
06Cr13 (0Cr13)	柔性石墨	540 <sup>a</sup>
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)、 06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	柔性石墨	650 <sup>a</sup>
	聚四氟乙烯	200

<sup>a</sup> 柔性石墨带用于氧化性介质时，最高使用温度为450℃。

表7.4.6 柔性石墨金属波齿复合垫片的最高使用温度

金属骨架材料	覆盖层材料	最高使用温度 ℃
10或08	柔性石墨	450
06Cr13 (0Cr13)	柔性石墨	540 <sup>a</sup>
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)、 06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)	柔性石墨	650 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> 柔性石墨带用于氧化性介质时，最高使用温度为450℃。

## 7.4.7 金属环垫的选用应符合下列规定：

- a) 适用于高温、高压管道，垫片的使用条件应符合表7.4.7的规定；

表7.4.7 金属环垫的使用条件

材料		最高使用温度 ℃	最大硬度值 HB
钢号	标准		
软铁	GB/T 9971	450	90
10	GB/T 699	450	120
12Cr5Mo (1Cr5Mo)	NB/T 47008	650	130
06Cr13 (0Cr13)	NB/T 47010 GB/T 1220	540	140
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9)		700	160
06Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni10Ti)		700	160
06Cr18Ni11Nb (0Cr18Ni11Nb)		700	160
06Cr17Ni12Mo2 (0Cr17Ni12Mo2)		700	160
022Cr19Ni10 (00Cr19Ni10)		450	150
022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2)		450	150

- b) 垫片应符合SH/T 3403 或与其相当标准的规定；  
c) 金属环垫材料硬度值宜比法兰材料硬度值低HB30~HB40。

## 7.4.8 金属包覆垫片的选用应符合下列规定：

- a) 适用于温度较高的介质及形状复杂的垫片；  
b) 垫片的包覆金属材料的使用温度应符合表7.4.8-1的规定，填充材料的使用温度应符合表7.4.8-2的规定；

表7.4.8-1 包覆金属材料的最高使用温度

包覆金属材料		最高使用温度 ℃
名称	标准	
纯铝板L3	GB/T 3880	200
纯铜板T3	GB/T 2040	300
镀锌钢板	GB/T 2518	400
08F	GB/T 710	400
06Cr13 (0Cr13)	GB/T 3280	500
06Cr19Ni10 (0Cr18Ni9) 06Cr18Ni11Ti (0Cr18Ni10Ti) 022Cr17Ni12Mo2 (00Cr17Ni14Mo2) 022Cr19Ni13Mo3 (00Cr19Ni13Mo3)	GB/T 3280	600

表7.4.8-2 填充材料的最高使用温度

填充材料		最高使用温度 ℃
柔性石墨板		650 <sup>a</sup>
石棉橡胶板		300
非石棉纤维橡胶板	有机纤维	200
	无机纤维	290

<sup>a</sup> 柔性石墨带用于氧化性介质时，最高使用温度为450℃。

c) 金属包覆垫的最高使用温度应低于包覆金属材料和填充材料的最高使用温度的较低值；

d) 垫片应符合HG/T 20630或与其相当标准的规定。

## 7.5 紧固件

7.5.1 法兰连接用紧固件，应能保证垫片达到初始密封条件，并在整个操作过程中保持垫片的密封性。

7.5.2 紧固件材料应根据法兰连接的设计条件和选用的垫片种类决定。

7.5.3 六角头螺栓宜用于公称压力小于或等于PN20 (Class 150) 的法兰连接。公称压力大于PN20 (Class 150) 或高温条件下应采用全螺纹螺柱或等长双头螺柱。

7.5.4 屈服强度不超过235MPa的低强度紧固件，仅使用于公称压力小于或等于PN20 (Class 150) 非金属材料法兰连接，并不得应用于剧烈循环工况；碳钢低强度紧固件使用温度范围宜为-20℃~200℃。

7.5.5 经变形硬化的奥氏体不锈钢紧固件用于非软质垫片法兰连接时，应校核紧固件的承载能力，且使用温度不得高于500℃。

7.5.6 紧固件应符合SH/T 3404或与其相当标准的规定。

## 7.6 法兰、垫片和紧固件的选配

7.6.1 在法兰连接中，法兰、垫片和紧固件材料的选配应按表7.6.1的规定选取，螺母可选用有使用经验的其他材料。

7.6.2 调质状态使用的螺母材料的回火温度应高于配套使用的螺栓材料的回火温度。

7.6.3 铸铁法兰及与其相连接的钢制法兰的密封面应选用全平面 (FF) 型式，预紧比压 $y$ 小于或等于31.0MPa的软质垫片，紧固件应采用常温屈服强度不大于235MPa的低强度螺栓。

表7.6.1 法兰、垫片和紧固件选配

公称 压力	垫片	温度/°C												
		-196~-101	-100~-41	-40~-21	-20~100	101~150	151~200	201~300	301~350	351~400	401~500	501~550	551~650	651~700
		紧固件材料 螺栓/螺母												
PN 20	石棉橡胶板	—	—	—	Q235A/Q235A	35CrMoA/35	—	—	—	—	—	—	—	—
	聚四氟乙烯 包覆垫片	—	—	35CrMoA/ 30CrMoA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	缠绕式垫片	0Cr19Ni9/ 0Cr19Ni9	35CrMoA/30CrMoA	—	35CrMoA/35	—	—	—	35CrMoA/30CrMoA	25Cr2MoVA/ 35CrMoA	0Cr19Ni9/ 0Cr19Ni9	0Cr15Ni25Ti2MoAlVB/ 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	—	—
	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PN 50	柔性石墨复合垫片	—	—	—	35CrMoA/35	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	石棉橡胶板	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	聚四氟乙烯 包覆垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	缠绕式垫片	0Cr19Ni9/ 0Cr19Ni9	35CrMoA/30CrMoA	—	35CrMoA/35	—	—	—	35CrMoA/30CrMoA	25Cr2MoVA/ 35CrMoA	0Cr19Ni9/ 0Cr19Ni9	0Cr15Ni25Ti2MoAlVB/ 0Cr15Ni25Ti2MoAlVB	—	—
PN 68	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	柔性石墨复合垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金属包覆垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PN 110	缠绕式垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	柔性石墨复合垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PN 150	金属包覆垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	缠绕式垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PN 260	金属包覆垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	缠绕式垫片	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PN 420	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	金属环垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	齿形组合垫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：斜线上方为螺栓和螺栓材料，下方为螺母材料。

## 7.7 阀门

7.7.1 除另有规定外，工艺物料及有毒、可燃介质管道用阀门的选用应符合表7.7.1-1或表7.7.1-2的规定。

表7.7.1-1 国家和行业阀门标准

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 12232	通用阀门 法兰连接铁制闸阀
2	GB/T 12233	通用阀门 铁制截止阀与升降式止回阀
3	GB/T 12234	石油、天然气工业用螺柱连接阀盖的钢制闸阀
4	GB/T 12235	石油、石化及相关工业用钢制截止阀和升降式止回阀
5	GB/T 12236	石油、石化及相关工业用钢制旋启式止回阀
6	GB/T 12237	石油、石化及相关工业用钢制球阀
7	GB/T 12238	法兰和对夹连接弹性密封蝶阀
8	GB/T 12239	工业阀门 金属隔膜阀
9	GB/T 12240	铁制旋塞阀
10	GB/T 12241	安全阀 一般要求
11	GB/T 12243	弹簧直接载荷式安全阀
12	GB/T 12244	减压阀 一般要求
13	GB/T 12246	先导式减压阀
14	JB/T 9092	阀门的检验与试验

表7.7.1-2 常用国外阀门标准

序号	标准号	标准名称
1	API 6D	Specification for Pipeline Valves
2	API 526	Flanged Steel Pressure Relief Valves
3	API 527	Seat Tightness of Pressure Relief Valves
4	API 593	Ductile Iron Plug Valves
5	API 594	Check Valves: Flanged, Lug, Wafer and Butt-welding
6	API 598	Valve inspection and Testing
7	API 599	Metal Plug Valves-Flanged, Threaded and Welding Ends
8	API 600	Steel Gate Valves-Flanged and Butt-Welding Ends, Bolted Bonnets
9	API 602	Steel Gate, Globe and Check Valves for Sizes DN 100 and Smaller for the Petroleum and Natural Gas Industries
10	API 603	Corrosion-Resistant, Bolted Bonnet Gate Valves-Flanged and Butt-Welding Ends
11	API 608	Metal Ball Valves-Flanged, Threaded and Welding Ends
12	API 609	Butterfly Valves: Double-flanged, Lug and Wafer type

表7.7.1-2 常用国外阀门标准 (续)

序号	标准号	标准名称
13	API 941	Steel for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants
14	ASME B16.10	Face-to-Face and End-to-End Dimensions of Valves
15	ASME B16.34	Valves-Flanged, Threaded, and Welding End
16	BS 1868	Specification for Steel Check Valves (Flanged and Butt-welding Ends) for the Petroleum, Petrochemical and Allied Industries
17	BS 1873	Specification for Steel Globe and Globe Stop and Check Valves (Flanged and Butt-welding Ends) for the Petroleum, Petrochemical and Allied Industries
18	BS 5146	Inspection and Test of Steel Valves
19	BS 5155	Butterfly Valves
20	BS 5352	Specification for Steel wedge gate, globe and check valves 50 mm and smaller for petroleum, petrochemical and allied industries
21	BS EN ISO 17292	Metal Ball Valves for Petroleum, Petrochemical and Allied Industries
22	BS 6364	Valves for Cryogenic Service

7.7.2 用于工艺物料、极度危害介质、高度危害介质、可燃介质管道的软质密封球阀、旋塞阀、蝶阀及其他类似结构的特种阀门，应有防火和防静电结构。

7.7.3 软质密封阀门的密封件的压力-温度额定值应符合管道设计条件的要求。

7.7.4 除止回阀外，设计温度低于 $-45^{\circ}\text{C}$ 的管道宜选用加长阀盖结构的阀门。

7.7.5 低温系统的弹性闸板闸阀应在高压侧的闸板上开一个泄压孔；低温系统的球阀在高压侧应有泄压结构或泄压孔。

7.7.6 带螺纹阀盖的阀门不应用于极度危害介质、高度危害介质和液化烃管道。

## 7.8 管道连接

7.8.1 除安装、维护、检修需拆卸处外，管道应采用焊接连接，并应符合下列规定：

- a) 公称直径小于或等于 $DN40$ 的管道，宜采用承插焊连接，承插焊连接不应用于发生缝隙腐蚀介质的管道；
- b) 公称直径等于或大于 $DN50$ 的管道宜采用对焊连接。

7.8.2 除镀锌管道外，螺纹连接宜用于公称直径小于或等于 $DN40$ 的管道，并应符合下列规定：

- a) 管螺纹应符合GB/T 12716或GB/T 7306.1和GB/T 7306.2的规定；
- b) 螺纹连接的内外管螺纹应采用锥管螺纹，锥管螺纹密封的接头不宜用于设计温度大于 $200^{\circ}\text{C}$ 的工况。SHB类管道公称直径不应大于 $DN20$ ，且应采用密封焊。SHC类管道，当管道公称直径为 $DN32\sim DN50$ 时，设计压力不应大于 $4\text{MPa}$ ；公称直径为 $DN25$ 时，设计压力不应大于 $8\text{MPa}$ ；公称直径小于或等于 $DN20$ 时，设计压力不应大于 $10\text{MPa}$ ；高于上述压力应采用密封焊；
- c) 圆锥外螺纹与圆柱内螺纹配合仅适用于SHC5级管道；
- d) 对水、低压蒸汽和空气系统管道螺纹连接，可采用密封剂或密封带；
- e) 对工艺介质及介质渗透性较强或对泄漏率控制较严的管道，应采用密封焊；
- f) 发生缝隙应力腐蚀、冲蚀或由于振动、压力脉动及温度变化等可能产生交变荷载的部位，不宜采用螺纹连接；



g) 除温度计套管外, SHA类管道和剧烈循环工况不应采用螺纹连接。

7.8.3 法兰连接应根据管道设计压力、设计温度、介质特性及泄漏率等要求选用。

7.8.4 扩口、卡箍及其他特种管道连接, 应按管接头标准规定的压力、温度等使用条件及所连接管子材料、规格要求选用。但当用于极度危害介质、高度危害介质、可燃介质或承受剧烈循环工况的管道时, 应经过类似工况条件的性能试验或实际使用证明安全可靠方可采用。

7.8.5 连接不同压力等级管道的阀门、法兰等管道组成件, 应按苛刻条件选用。

## 7.9 管道分支

7.9.1 支管直接焊接在主管上的支管连接, 除下列情况外, 应进行开孔补强校核, 并根据校核结果采取相应的补强措施:

- a) 支管通过加强管接头与主管连接;
- b) 支管连接处作为一个整体受压元件设计、制造并经检验合格。

7.9.2 直接焊接在主管上的支管连接应符合下列要求:

- a) 不应用于有机械振动、压力脉动和温度急剧变化的部位的管道;
- b) 不宜用于设计温度超过425℃的管道;
- c) 当支管连接处承受由于支管热变形、外荷载及支架位移等引起的应力时, 应对附加荷载在支管连接处产生的影响进行分析并采取必要的加强措施。

7.9.3 下列工况的支管连接应采用三通、45°斜三通或四通:

- a) 设计压力等于或大于2.0MPa、设计温度超过250℃以及支管外径与主管外径之比大于0.8;
- b) 承受机械振动、压力脉动和温度急剧变化的管道分支。

## 8 管道受压元件强度设计

### 8.1 一般规定

8.1.1 管道受压元件的设计应符合本规范的规定。

8.1.2 管道受压元件的壁厚选用应符合下列要求:

- a) 管道受压元件的最小壁厚应考虑腐蚀、浸蚀、磨损、负偏差及螺纹或开槽深度裕量;
- b) 按强度计算管道受压元件的壁厚时, 应考虑由于支撑、结冰、回填土等附加荷载的影响, 当由此增加的壁厚产生过大的局部应力和在结构上无法解决时, 应通过增设支撑、拉杆等不增加壁厚的措施来保证其强度。

### 8.2 金属直管

8.2.1 受内压直管的壁厚计算应符合下列规定:

- a) 当直管的计算壁厚  $t$  小于管子外径  $D_o$  的  $1/6$  时, 直管的计算壁厚应按式 8.2.1-1 计算, 管子的名义壁厚应按式 8.2.1-2 计算:

$$t = \frac{PD_o}{2[\sigma]^t \phi W + 2PY} \quad \dots\dots\dots (8.2.1-1)$$

$$\bar{T} = t + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad \dots\dots\dots (8.2.1-2)$$

式中:

$t$ ——直管的计算壁厚, mm;

$P$ ——设计压力, MPa;

$D_o$  —— 管子外径, mm;

$[\sigma]^t$  —— 设计温度下管子材料的许用应力, MPa;

$\phi$  —— 焊缝系数, 对无缝钢管取1;

$W$  —— 焊缝接头强度降低系数;

$Y$  —— 温度对计算直管壁厚公式的修正系数;

$\bar{T}$  —— 名义厚度, 标准规定的厚度, mm;

$C_1$  —— 材料厚度负偏差, 按材料标准规定, mm;

$C_2$  —— 腐蚀、冲蚀裕量, mm;

$C_3$  —— 机械加工深度。对带螺纹的管道组成件, 取公称螺纹深度; 对未规定公差的机械加工表面或槽, 取规定切削深度加0.5mm, mm;

$C_4$  —— 厚度圆整值, mm。

b) 焊接钢管的焊缝系数应按表8.2.1-1的规定取值;

表8.2.1-1 焊接钢管的焊缝系数

序号	焊接方法	接头型式	焊缝形式	检验要求	焊缝系数 $\phi$
1	锻焊(炉焊)	对焊	直焊缝	按标准要求	0.6
2	电阻焊	对焊	直焊缝或螺旋焊缝	按标准要求	0.85
3	电弧焊	单面对焊	直焊缝或螺旋焊缝	无X射线探伤	0.8
				10% X射线探伤	0.9
				100% X射线探伤	1.0
		双面对焊	直焊缝或螺旋焊缝	无X射线探伤	0.85
				10% X射线探伤	0.90
				100% X射线探伤	1.0

c) 焊缝接头强度降低系数, 应按表8.2.1-2的规定取值。当温度高于816℃时, 由设计者确定;

表8.2.1-2 焊缝接头强度降低系数

材料	设计温度 ℃														
	427	454	482	510	538	566	593	621	649	677	704	732	760	788	816
铬钼合金钢	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	—	—	—	—	—	—
不带填充金属的奥氏体钢 <sup>a</sup>	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
带填充金属的奥氏体钢	—	—	—	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5

<sup>a</sup> 成品进行固溶化热处理且焊缝进行100%射线检验。

d) 温度对计算直管壁厚公式的修正系数应按表8.2.1-3的规定取值;

表8.2.1-3 温度对计算直管壁厚公式的修正系数

材料	温度 ℃					
	≤482	510	538	566	593	≥621
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

e) 当直管的计算壁厚  $t$  等于或大于管子外径  $D_o$  的  $1/6$  时, 或设计压力  $P$  与在设计温度下材料的许用应力  $[\sigma]^t$  和焊缝系数  $\phi$  乘积之比  $\{P/([\sigma]^t\phi)\}$  大于 0.385 时, 直管的计算壁厚应根据断裂理论、疲劳、热应力及材料特性等因素综合考虑确定。

8.2.2 受外压直管的壁厚和加强圈计算, 应符合GB 150的有关规定。

### 8.3 弯管和斜接弯头

8.3.1 受内压弯管的壁厚计算应符合下列规定:

a) 弯管的计算壁厚  $t_w$  应按式8.3.1-1计算; 当弯管计算内侧壁厚时, 计算系数  $I$  按式8.3.1-2计算; 当弯管计算外侧壁厚时, 计算系数  $I$  按式8.3.1-3计算; 当弯管计算中心线处壁厚时, 计算系数  $I$  取1.0;

$$t_w = \frac{PD_o}{2[\sigma]^t \phi W/I + 2PY} \quad \dots\dots\dots (8.3.1-1)$$

$$I = \frac{4(R/D_o) - 1}{4(R/D_o) - 2} \quad \dots\dots\dots (8.3.1-2)$$

$$I = \frac{4(R/D_o) + 1}{4(R/D_o) + 2} \quad \dots\dots\dots (8.3.1-3)$$

式中:

$t_w$  ——弯管在内侧、外侧或弯管中心线处的计算壁厚, mm;

$I$  ——计算系数;

$R$  ——弯管曲率半径, mm;

$D_o$  ——管子外径, mm;

b) 弯管弯曲后的最小厚度不应小于相连直管扣除壁厚负偏差后的壁厚值;

c) 当弯管的壁厚无法计算时, 也可采用验证性试验决定最大许用工作压力;

d) 采用爆破法验证最大许用工作压力时, 爆破压力可按式8.3.1-4和式8.3.1-5计算:

$$P_2 = P_1 \sigma_b^3 / \sigma_b^3 \quad \dots\dots\dots (8.3.1-4)$$

$$P_1 = 2\sigma_b \bar{T} / D_o \quad \dots\dots\dots (8.3.1-5)$$

式中:

$P_2$  ——管件的爆破试验压力, MPa;

- $P_1$ ——管件的计算爆破压力, MPa;
- $\sigma_b$ ——直管材料的规定抗拉强度, MPa;
- $\bar{T}$ ——直管名义壁厚, mm;
- $\sigma_b^a$ ——试验管件材料的实际抗拉强度, MPa;
- $\sigma_b^b$ ——试验管件材料的规定抗拉强度, MPa。

8.3.2 斜接弯头的外形见图 8.3.2, 斜接角度  $\alpha$  大于  $3^\circ$  且小于或等于  $45^\circ$  斜接弯头的最大许用内压力应符合下列规定:

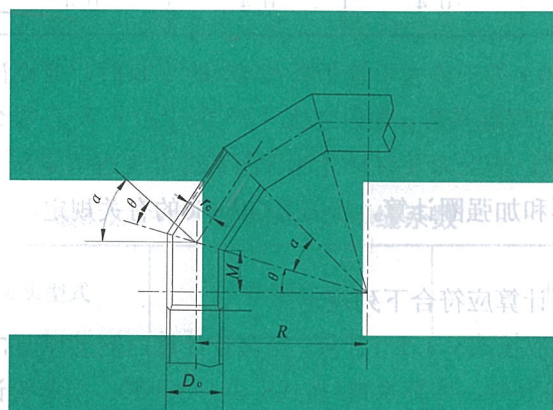


图8.3.2 斜接弯头

- a) 斜接角度  $\alpha$  小于或等于  $3^\circ$  时按直管计算;
- b) 角度  $\theta$  不大于  $22.5^\circ$  的多接缝斜接弯头, 最大许用内压力应按式 8.3.2-1 和式 8.3.2-2 计算, 并取两者计算结果的较小值, 其中弯头曲率半径  $R$  应按式 8.3.2-3 计算;

$$P_m = \frac{[\sigma]^t \phi W T_e}{r_c} \left[ \frac{T_e}{T_e + 0.643 \operatorname{tg} \theta \sqrt{r_c T_e}} \right] \quad \dots\dots\dots (8.3.2-1)$$

$$P_m = \frac{[\sigma]^t \phi W T_e}{r_c} \left[ \frac{R - r_c}{R - 0.5 r_c} \right] \quad \dots\dots\dots (8.3.2-2)$$

$$R \geq \frac{A}{\operatorname{tg} \theta} + \frac{D_o}{2} \quad \dots\dots\dots (8.3.2-3)$$

式中:

- $P_m$ ——斜接弯头最大许用内压力, MPa;
- $T_e$ ——有效厚度, 为名义厚度减去腐蚀、冲蚀裕量和材料厚度负偏差, 以及机械加工深度以后的厚度, mm;
- $R$ ——弯头曲率半径, mm;
- $r_c$ ——管子平均半径, mm;
- $A$ ——经验值, 按表 8.3.2 的规定查取。

表8.3.2 经验值 A

斜接弯头的有效厚度 $T_e$ /mm	经验值 A
$\leq 13$	25
$13 < T_e < 22$	$2 T_e$
$\geq 22$	$[2 T_e / 3] + 30$

c) 单接缝斜接弯头的最大许用内压力的计算应符合下列要求:

- 1) 角度 $\theta$ 小于或等于 $22.5^\circ$ 的单接缝斜接弯头的最大许用内压力应按式8.3.2-1计算;
- 2) 角度 $\theta$ 大于 $22.5^\circ$ 的单接缝斜接弯头的最大许用内压力应按式8.3.2-4计算;

$$P_m = \frac{[\sigma]^t \phi W T_e}{r_c} \left[ \frac{T_e}{T_e + 1.25 \operatorname{tg} \theta \sqrt{r_c T_e}} \right] \quad \dots\dots\dots (8.3.2-4)$$

d) 图中斜接弯头切线段长度 $M$ 应取下列两式计算结果的较大值;斜接弯头的斜接角 $\alpha$ 取 $\theta$ 的2倍。

$$M = 2.5 \sqrt{r_c \cdot T_w} \quad \dots\dots\dots (8.3.2-5)$$

$$M = \operatorname{tg} \theta (R - r_c) \quad \dots\dots\dots (8.3.2-6)$$

式中:

$M$ ——斜接弯头切线段长度, mm;

$T_w$ ——最小厚度, 实测厚度或为名义厚度减去材料厚度负偏差以后的厚度, mm。

8.3.3 承受外压的弯管和斜接弯头, 壁厚的计算可按本规范第8.2.2条的规定。

#### 8.4 三通

8.4.1 挤压三通的壁厚计算应采用压力面积法, 计算时, 应控制三通承载截面上的一次应力不超过材料在工作温度下的许用应力, 许用应力应按式8.4.1-1计算。承受内压的三通外形见图8.4.1, 承载区的尺寸应按式8.4.1-2和式8.4.1-3计算。

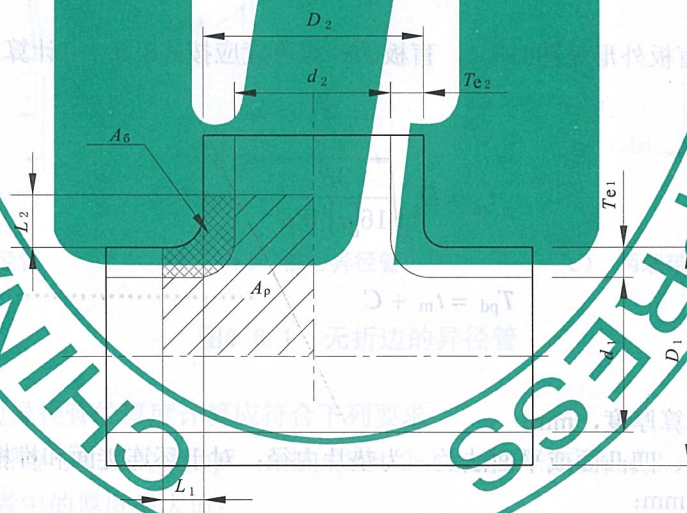


图8.4.1 承受内压三通

$$[\sigma]^t \geq P \left( \frac{A_p}{A_\sigma} + \frac{1}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (8.4.1-1)$$

$$L_1 = \sqrt{(d_1 + T_{e1})T_{e1}} \quad \dots\dots\dots (8.4.1-2)$$

$$L_2 = \sqrt{(d_2 + T_{e2})T_{e2}} \quad \dots\dots\dots (8.4.1-3)$$

式中:

- $A_p$ ——通过主管、支管中心线的纵向截面在最大承载范围内的承压面积,  $\text{mm}^2$ ;  
 $A_\sigma$ ——通过主管、支管中心线的纵向截面在最大承载范围内的钢材承载面积,  $\text{mm}^2$ ;  
 $L_1$ ——主管最大承载长度,  $\text{mm}$ ;  
 $L_2$ ——支管最大承载长度,  $\text{mm}$ ;  
 $d_1$ ——主管内径,  $\text{mm}$ ;  
 $d_2$ ——支管内径,  $\text{mm}$ ;  
 $T_{e1}$ ——主管有效厚度,  $\text{mm}$ ;  
 $T_{e2}$ ——支管有效厚度,  $\text{mm}$ 。

8.4.2 挤压三通主管最小壁厚 $T_t$ 应按式8.4.2-1和式8.4.2-2计算。

$$T_t = \frac{Pd_1 + 2[\sigma]^t E_j C_2 + 2PYC_2}{2[\sigma]^t E_j - 2P(1-Y)} \quad \dots\dots\dots (8.4.2-1)$$

$$E_j = \frac{d_1 A_\sigma}{2T_{e1} A_p} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (8.4.2-2)$$

式中:

- $T_t$ ——最小厚度, 实测厚度或为名义厚度减去材料厚度负偏差以后的厚度,  $\text{mm}$ ;  
 $E_j$ ——三通强度减弱系数。

8.4.3 三通的最大许用工作压力, 也可采用验证性试验确定。

### 8.5 盲板与平盖

8.5.1 夹在法兰间的盲板外形见图8.5.1, 盲板的计算厚度应按式8.5.1-1计算, 盲板的设计厚度应按式8.5.1-2计算。

$$t_m = D_g \sqrt{\frac{3P}{16[\sigma]^t W \phi}} \quad \dots\dots\dots (8.5.1-1)$$

$$T_{pd} = t_m + C \quad \dots\dots\dots (8.5.1-2)$$

式中:

- $t_m$ ——盲板的计算厚度,  $\text{mm}$ ;  
 $D_g$ ——对于突面、凹凸面或平面法兰, 为垫片内径; 对于环连接面和榫槽面法兰, 为垫片的平均直径,  $\text{mm}$ ;  
 $P$ ——设计压力,  $\text{MPa}$ ;  
 $[\sigma]^t$ ——在设计温度下材料的许用应力,  $\text{MPa}$ ;

- $W$  —— 焊缝接头强度降低系数;
- $\phi$  —— 焊缝系数, 对整体成型盲板,  $\phi$  取1.0;
- $T_{pd}$  —— 盲板的设计厚度, mm
- $C$  —— 厚度附加量, 为腐蚀、冲蚀裕量 ( $C_2$ ) 和机械加工深度 ( $C_3$ ) 的总和, mm。

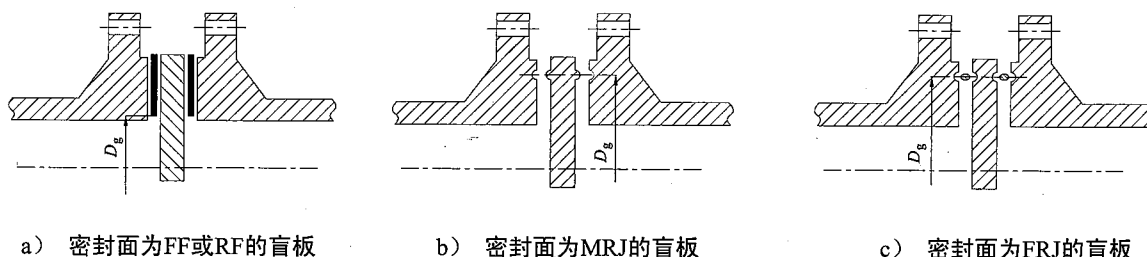


图8.5.1 法兰间的盲板

8.5.2 平盖的厚度计算应符合GB 150的有关规定。

8.6 非标准异径管

8.6.1 无折边的非标准异径管外形见图8.6.1, 无折边非标准异径管的设计应符合下列规定:

- a) 无折边的非标准异径管可采用钢板卷焊, 对偏心异径管的焊缝宜位于图8.6.1中b)所示位置;
- b) 无折边异径管的设计压力不宜超过2.5MPa;
- c) 同心异径管, 斜边与轴线的夹角 $\beta$ 不宜大于15°。偏心异径管斜边与端部轴线的夹角 $\beta$ 不宜大于30°。

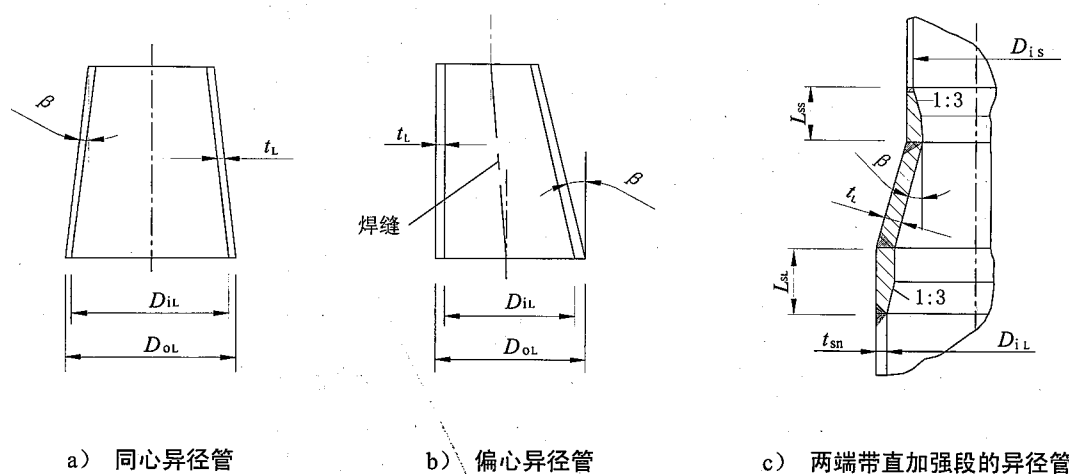


图8.6.1 无折边的异径管

8.6.2 受内压无折边异径管的厚度计算应符合下列要求:

- a) 应按设定的斜边与轴线的夹角 $\beta$ , 并按式8.6.2-1、式8.6.2-2和式8.6.2-3计算异径管各部的厚度, 取三者中的厚度最大值;

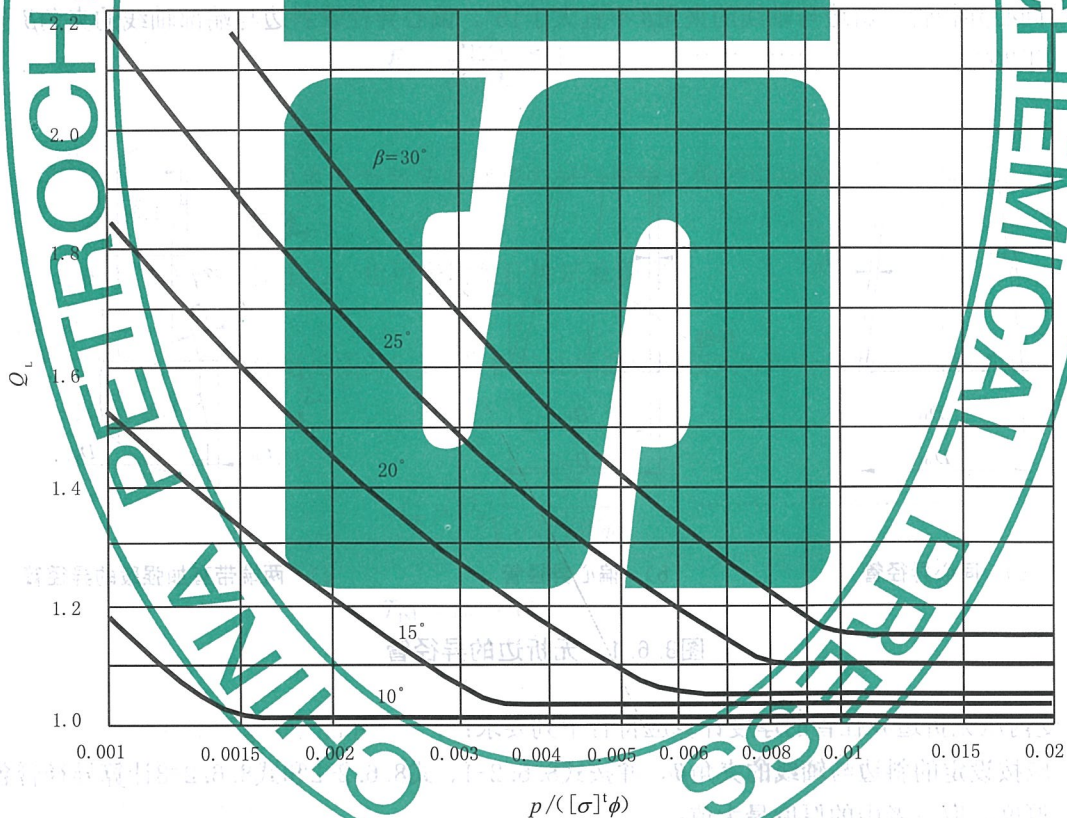
$$t_{LC} = \frac{PD_{oL}}{2([\sigma]^t \phi W + PY) \cos \beta} \dots\dots\dots (8.6.2-1)$$

$$t_{LL} = \frac{Q_L PD_{iL}}{2[\sigma]^t \phi W - P} \quad \text{或} \quad t_{LL} = \frac{Q_L PD_{oL}}{2[\sigma]^t \phi W - (2Q_L - 1)P} \quad \dots\dots\dots (8.6.2-2)$$

$$t_{LS} = \frac{Q_S PD_{iS}}{2[\sigma]^t \phi W - P} \quad \text{或} \quad t_{LS} = \frac{Q_S PD_{oS}}{2[\sigma]^t \phi W - (2Q_S - 1)P} \quad \dots\dots\dots (8.6.2-3)$$

式中：

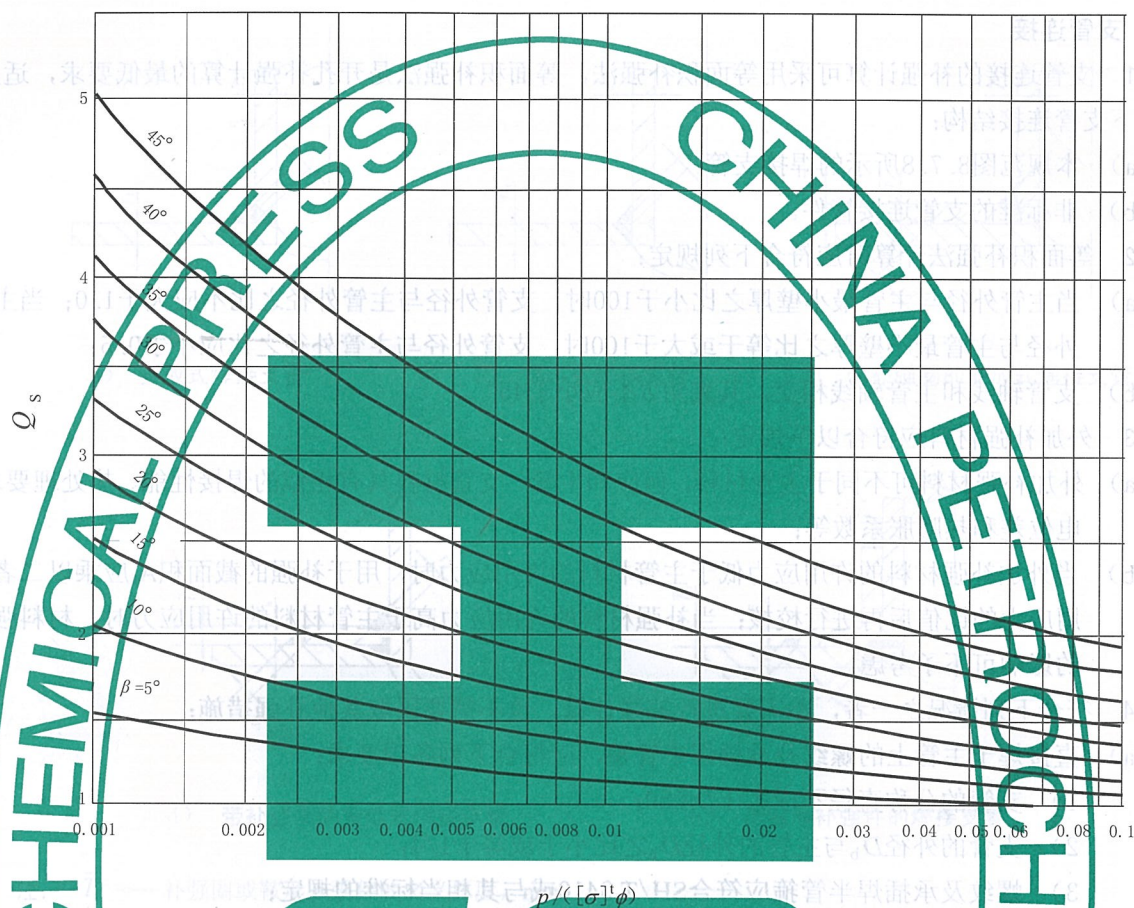
- $t_{LC}$ —— 异径管锥部计算厚度，mm；
- $t_{LL}$ —— 异径管大端计算厚度，mm；
- $t_{LS}$ —— 异径管小端计算厚度，mm；
- $D_{oL}$ —— 异径管大端外径，mm；
- $D_{oS}$ —— 异径管小端外径，mm；
- $D_{iL}$ —— 异径管大端内径，mm；
- $D_{iS}$ —— 异径管小端内径，mm；
- $\beta$ —— 异径管斜边与轴线的夹角，°；
- $Q_L$ —— 异径管大端与直管连接的应力增值系数，按图8.6.2-1选取；
- $Q_S$ —— 异径管小端与直管连接的应力增值系数，按图8.6.2-2选取。



注：曲线系按最大应力强度(主要为轴向弯曲应力)绘制，控制值为 $3[\sigma]^t$ 。

图8.6.2-1 异径管大端与直管连接处 $Q_L$ 值





注：曲线系按连接处每侧  $0.25\sqrt{0.5D_{iL}t_{LS}}$  范围内的薄膜应力强度（由平均环向拉应力和平均径向压应力计算所得）绘制，控制值为  $1.1[\sigma]^t$ 。

图8.6.2-2 异径管小端与直管连接处 $Q_s$ 值

b) 异径管厚度的选取应符合下列规定：

- 1) 当计算的厚度最大值小于或等于大端连接的直管有效厚度时，异径管的名义厚度可取与直管相同的名义厚度；
  - 2) 当计算的厚度最大值大于大端连接的直管有效厚度时，允许减小斜边与轴线夹角时，可重新计算；当不能减小斜边与轴线夹角时，可采用本条中a)项计算的厚度最大值，并采用图8.6.1中c)的结构，该异径管应在两端增加直管的加强段；
  - 3) 异径管名义厚度应包括计算厚度、厚度附加量及厚度圆整值。
- c) 直管加强段的长度应按式8.6.2-4和式8.6.2-5计算。

$$L_{SL} = 2\sqrt{0.5D_{iL}t_{LL}} \quad \dots\dots\dots (8.6.2-4)$$

$$L_{SS} = \sqrt{D_{iS}t_{LS}} \quad \dots\dots\dots (8.6.2-5)$$

式中：

$L_{SL}$ ——与异径管大端连接的直管加强段的长度，mm；

$L_{SS}$ ——与异径管小端连接的直管加强段的长度，mm。

8.6.3 承受外压的异径管厚度及加强要求，应符合GB 150的有关规定。

## 8.7 支管连接

8.7.1 支管连接的补强计算可采用等面积补强法，等面积补强法是开孔补强计算的最低要求，适用于以下支管连接结构：

- a) 本规范图8.7.8所示的焊接支管；
- b) 非标准的支管连接管件。

8.7.2 等面积补强法计算时应符合下列规定：

- a) 当主管外径与主管最小壁厚之比小于100时，支管外径与主管外径之比不应大于1.0；当主管外径与主管最小壁厚之比等于或大于100时，支管外径与主管外径之比应小于0.5；
- b) 支管轴线和主管轴线相交，其夹角 $\beta$ 不应小于 $45^\circ$ 。

8.7.3 外加补强材料应符合以下规定：

- a) 外加补强材料可不同于主管材料，但应和主管、支管材料具有相似的焊接性能、热处理要求、电位差和热膨胀系数等；
- b) 当外加补强材料的许用应力低于主管材料的许用应力时，用于补强的截面积 $A_4$ 应乘以二者许用应力的比值后再进行校核；当补强材料的许用应力高于主管材料的许用应力时，材料强度的影响可不予考虑。

8.7.4 符合下列情况之一者，不需要进行补强计算，也不需要采取其他补强措施：

- a) 直接焊于主管上的螺纹及承插焊半管箍，应符合下列各项要求：
  - 1) 支管的公称直径不应大于 $DN50$ ；
  - 2) 支管的外径 $D_b$ 与主管的外径 $D_n$ 之比小于或等于 $1/4$ ；
  - 3) 螺纹及承插焊半管箍应符合SH/T 3410或与其相当标准的规定；
- b) 直接焊于主管上的支管座，支管座应符合GB/T 19326的规定；
- c) 经验证性压力试验的三通或四通应符合SH/T 3408或与其相当标准的规定；
- d) 采用对比经验分析、应力分析或试验应力分析方法确定符合要求的支管连接。

8.7.5 对于GC1级压力管道和剧烈循环工况，不宜采用补强板进行补强。

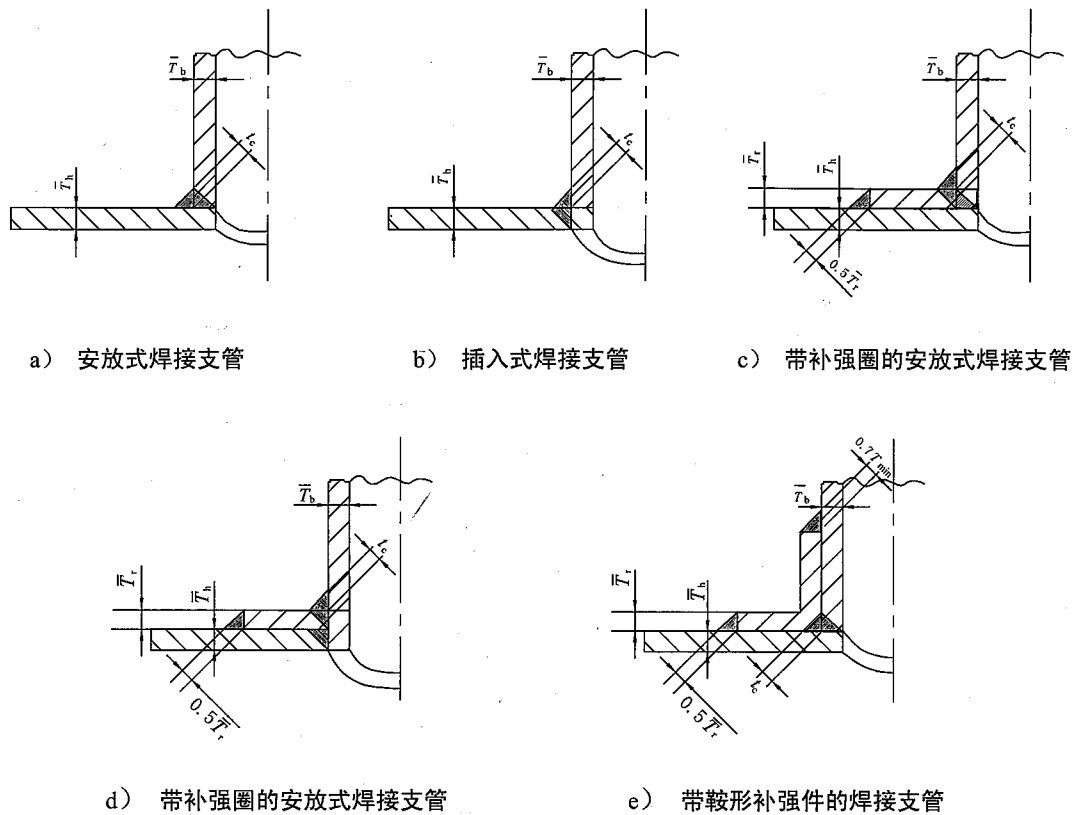
8.7.6 下列管件或连接结构不得用于剧烈循环工况：

- a) 非轧制或非锻造成型的三通；
- b) 图8.7.8所示a)和c)的支管连接结构；
- c) 管表号为Sch10S及以下的管件。

8.7.7 多个支管连接的补强计算应符合下列规定：

- a) 如果任意两相邻支管的中心距等于或大于该支管平均直径的2倍，则每个支管应分别符合规定的补强计算要求；
- b) 如果任意两相邻支管的中心距小于该支管平均直径的2倍，则两个支管的补强设计应符合下列要求：
  - 1) 任意两相邻支管的中心距不应小于该两支管平均直径的1.5倍；
  - 2) 两支管补强范围内相互重叠的面积不能重复计入，且两支管之间的补强面积不应小于该两支管所需补强面积总和的50%；
  - 3) 相邻两支管应分别符合规定的补强计算要求。

8.7.8 支管与主管的焊接连接结构设计应符合图8.7.8的要求，当用于剧烈循环工况时，应采用图8.7.8中b)或d)的结构；补强圈上应设排气孔。



注： $\bar{T}_r$ ——补强圈或鞍形补强件的名义厚度，mm；  
 $\bar{T}_h$ ——主管名义壁厚，mm；  
 $\bar{T}_b$ ——支管名义壁厚，mm；  
 $t_c$ ——角焊缝有效厚度，取 $0.7\bar{T}_b$ 或6.4mm两者中的较小者；  
 $T_{min}$ ——取 $\bar{T}_b$ 或 $\bar{T}_r$ 两者中的较小者。

图 8.7.8 支管连接的焊接接头形式

8.7.9 补强圈的补强计算应符合下列规定：

- a) 焊接支管补强区范围见图 8.7.9；
- b) 补强计算应符合下列要求：
  - 1) 主管外侧补强范围的有效高度应按式 8.7.9-1 和式 8.7.9-2 计算，并取两者中的较小值；补强区有效宽度的一半应按式 8.7.9-3 和式 8.7.9-4 计算，并取两者中的较大值，但不得大于主管外径  $D_h$ ；

$$h = 2.5(T_h - C) \quad \dots\dots\dots (8.7.9-1)$$

$$h = 2.5(T_b - C) + T_r \quad \dots\dots\dots (8.7.9-2)$$

$$b = d_1 = [D_b - 2(T_b - C)] / \sin\alpha \quad \dots\dots\dots (8.7.9-3)$$

$$b = d_1/2 + (T_h - C) + (T_b - C) \quad \dots\dots\dots (8.7.9-4)$$

式中：

$h$ ——主管外表面补强区高度，mm；

- $b$ ——补强区宽度的一半, mm;
- $T_h$ ——主管的最小厚度, 为名义厚度减去钢材厚度负偏差的主管壁厚, mm;
- $T_b$ ——支管的最小厚度, 为名义厚度减去钢材厚度负偏差的主管壁厚, mm;
- $T_r$ ——最小厚度, 为名义厚度减去钢材厚度负偏差的补强圈厚度, mm;
- $C$ ——厚度附加量, 为腐蚀、冲蚀裕量 ( $C_2$ ) 和机械加工深度 ( $C_3$ ) 的总和, mm;
- $d_1$ ——在支管处从主管上切除的有效长度, mm;
- $\alpha$ ——支管轴线与主管轴线间夹角;
- $D_b$ ——支管外径, mm。

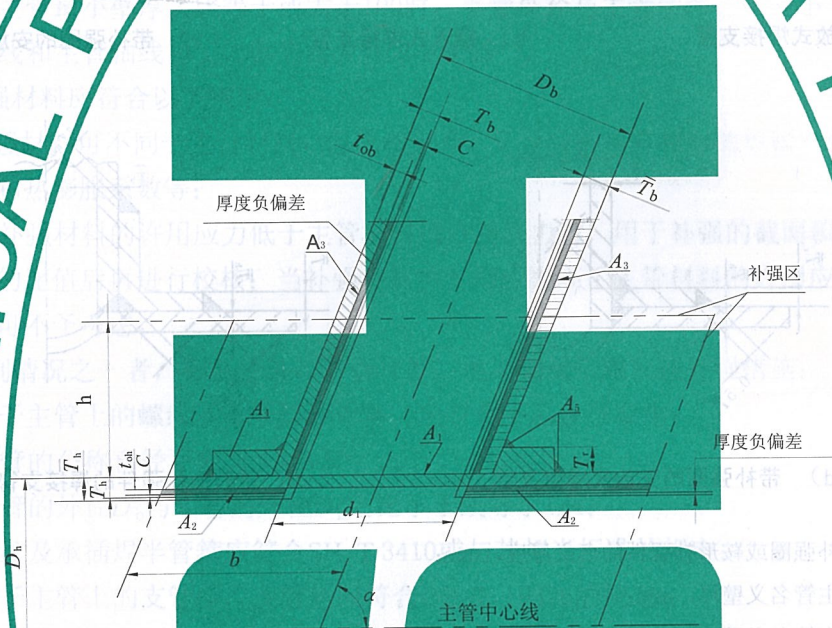


图8.7.9 补强区范围

- 2) 承受内压主管开孔需补强的面积  $A_1$  应按式8.7.9-5计算, 承受外压主管开孔需补强的面积  $A_1$  应按式8.7.9-6计算;

$$A_1 = t_{oh} d_1 (2 - \sin \alpha) \dots\dots\dots (8.7.9-5)$$

$$A_1 = t_{oh} d_1 (2 - \sin \alpha) / 2 \dots\dots\dots (8.7.9-6)$$

式中:

$A_1$ ——主管开孔而需补强的面积,  $\text{mm}^2$ ;

$t_{oh}$ ——主管计算壁厚, mm。

- 3) 补强区内主管管壁多余部分形成的面积  $A_2$  应按式8.7.9-7计算; 补强区内支管管壁多余部分形成的面积  $A_3$  应按式8.7.9-8计算; 补强圈面积  $A_4$  应按式8.7.9-9和式8.7.9-10计算, 并取两者中的较小值; 焊缝面积  $A_5$  应按实际焊缝尺寸计算, 焊缝最小尺寸应符合本规范第8.7.8条的规定。

$$A_2 = (2b - d_1) (T_h - t_{oh} - C) \dots\dots\dots (8.7.9-7)$$

$$A_3 = 2h(T_b - t_{ob} - C) / \sin \alpha \dots\dots\dots (8.7.9-8)$$

$$A_4 = (D_r - D_b / \sin \alpha) T_r \dots\dots\dots (8.7.9-9)$$

$$A_4 = (2b - D_b / \sin \alpha) T_r \dots\dots\dots (8.7.9-10)$$

式中:

$A_2$  ——补强区内主管管壁超厚部分形成的面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_3$  ——补强区内支管管壁超厚部分形成的面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_4$  ——补强圈面积,  $\text{mm}^2$ ;

$D_r$  ——补强圈外径,  $\text{mm}$ ;

$t_{ob}$  ——支管计算壁厚,  $\text{mm}$ 。

- 4) 若补强面积计算结果符合式8.7.9-11的要求, 主管开孔不需补强; 若不符合, 主管开孔需补强, 补强的面积 $A$ 应按式8.7.9-12计算。

$$A_2 + A_3 + A_5 \geq A_1 \quad \dots\dots\dots (8.7.9-11)$$

$$A = A_1 - (A_2 + A_3 + A_5) \quad \dots\dots\dots (8.7.9-12)$$

式中:

$A_5$  ——焊缝面积,  $\text{mm}^2$ ;

$A_1$  ——补强面积,  $\text{mm}^2$ 。



附 录 A  
(资料性附录)  
常用毒性介质、可燃介质

## A.1 常用毒性介质危害程度的分级

石油化工常用毒性介质危害程度的分级可按表A.1的规定确定。

表A.1 常用毒性介质

级别	名 称
极度危害	汞及其化合物、砷及其无机化合物、氯乙烯、铬酸盐、重铬酸盐、黄磷、铍及其化合物、对硫磷、蒽基镍、八氟异丁烯、锰及其无机化合物、氰化物、苯、氯甲醚
高度危害	三硝基甲苯、铅及其化合物、二硫化碳、氯、丙烯腈、四氯化碳、硫化氢、甲醛、苯胺、氟化氢、五氯酚及其钠盐、镉及其化合物、敌百虫、氯丙烯、钒及其化合物、溴甲烷、硫酸二甲酯、金属镍、甲苯二异氰酸酯、环氧氯丙烷、砷化氢、敌敌畏、光气、氯丁二烯、一氧化碳、硝基苯
中度危害	二甲苯、三氯乙烯、二甲基甲酰胺、六氟丙烯、苯酚、氮氧化物、苯乙烯、甲醇、硝酸、硫酸、盐酸、甲苯
轻度危害	溶剂汽油、丙酮、氢氧化钠、四氯乙烯、氨

## A.2 常用可燃气体的火灾危险性分类

常用可燃气体的火灾危险性分类可按表A.2的规定确定。

表A.2 常用可燃气体的火灾危险性分类

类别	名 称
甲	乙炔, 环氧乙烷, 氢气, 合成气, 硫化氢, 乙烯, 氰化氢, 丙烯, 丁烯, 丁二烯, 顺丁烯, 反丁烯, 甲烷, 乙烷, 丙烷, 丁烷, 丙二烯, 环丙烷, 甲胺, 环丁烷, 甲醛, 甲醚(二甲醚), 氯甲烷, 氯乙烯, 异丁烷, 异丁烯
乙	一氧化碳, 氨, 溴甲烷

## A.3 常用液化烃和可燃液体火灾危险性分类

常用液化烃和可燃液体的火灾危险性分类可按表A.3的规定确定。

表A.3 常用液化烃和可燃液体的火灾危险性分类

类别	名 称
甲	A 液化氯甲烷, 液化顺式2-丁烯, 液化乙烯, 液化乙烷, 液化反式2-丁烯, 液化环丙烷, 液化丙烯, 液化丙烷, 液化环丁烷, 液化新戊烷, 液化丁烯, 液化丁烷, 液化氯乙烯, 液化环氧乙烷, 液化丁二烯, 液化异丁烷, 液化异丁烯, 液化石油气, 二甲胺, 三甲胺, 二甲基亚硫, 液化甲醚(二甲醚)
	B 异戊二烯, 异戊烷, 汽油, 戊烷, 二硫化碳, 异己烷, 己烷, 石油醚, 异庚烷, 环己烷, 辛烷, 异辛烷, 苯, 庚烷, 石脑油, 原油, 甲苯, 乙苯, 邻二甲苯, 间、对二甲苯, 异丁醇, 乙醚, 乙醛, 环氧丙烷, 甲酸甲酯, 乙胺, 二乙胺, 丙酮, 丁醛, 三乙胺, 醋酸乙烯, 甲乙酮, 丙烯腈, 醋酸乙酯, 醋酸异丙酯、二氯乙烯、甲醇、异丙醇、乙醇、醋酸丙酯、丙醇、醋酸异丁酯, 甲酸丁酯, 吡啶, 二氯乙烷, 醋酸丁酯, 醋酸异戊酯, 甲酸戊酯, 丙烯酸甲酯, 甲基叔丁基醚, 液态有机过氧化物
乙	A 丙苯, 环氧氯丙烷, 苯乙烯, 喷气燃料, 煤油, 丁醇, 氯苯, 乙二胺, 戊醇, 环己酮, 冰醋酸, 异戊醇, 异丙苯, 液氨
	B 轻柴油, 环戊烷, 硅酸乙酯, 氯乙醇, 氯丙醇, 二甲基甲酰胺, 二甲基苯
丙	A 重柴油, 苯胺, 锭子油, 酚, 甲酚, 糠醛, 20号重油, 苯甲醛, 环己醇, 甲基丙烯酸, 甲酸, 乙二醇丁醚, 甲醛, 糠醇, 辛醇, 单乙醇胺, 丙二醇, 乙二醇, 二甲基乙酰胺
	B 蜡油, 100号重油, 渣油, 变压器油, 润滑油, 二乙二醇醚, 三乙二醇醚, 邻苯二甲酸二丁酯, 甘油, 联苯-联苯醚混合物, 二氯甲烷, 二乙醇胺, 三乙醇胺, 二乙二醇, 三乙二醇, 液体沥青, 液硫

注: 闪点小于60℃且大于或等于55℃的轻柴油, 如果储罐操作温度小于或等于40℃时, 其火灾危险性可视为丙A类。

附 录 B  
(资料性附录)  
金属材料的高温氧化年腐蚀率

金属材料的高温氧化年腐蚀率可按表B的规定确定。

表B 金属材料的高温氧化年腐蚀率

单位为mm/a

材质	最大金属温度 ℃											
	496	524	552	579	607	635	663	691	718	746	774	802
CS	0.05	0.1	0.15	0.23	0.36	0.56	0.84	1.22	—	—	—	—
1 1/4Cr	0.05	0.08	0.1	0.18	0.3	0.46	0.76	1.17	—	—	—	—
2 1/4Cr	0.03	0.03	0.05	0.1	0.23	0.36	0.61	1.04	—	—	—	—
5Cr	0.03	0.03	0.03	0.05	0.1	0.15	0.38	0.89	1.65	—	—	—
7Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.15	0.43	0.94	1.52	—
9Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.13	0.28	0.58	1.02
12Cr	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.2	0.38	0.76
304SS	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08	0.1
309SS	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.08
310SS/HK	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
800H/HP	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05

表B 金属材料的高温氧化年腐蚀率(续)

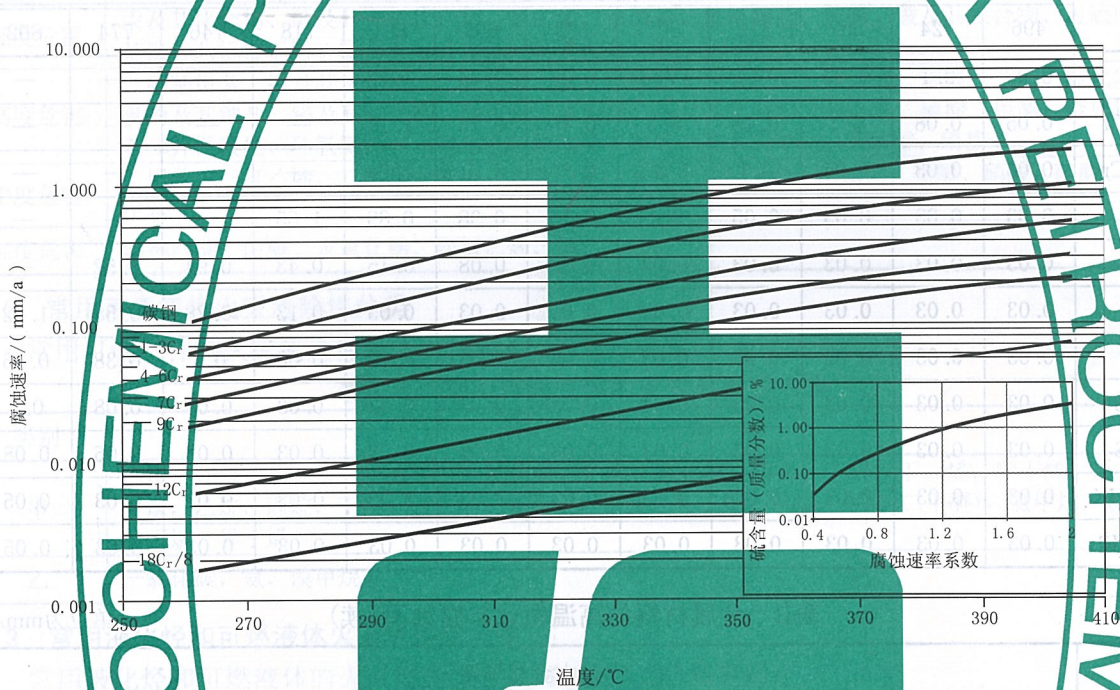
单位为mm/a

材质	最大金属温度 ℃											
	829	857	885	913	941	968	996	1024	1052	1079	1107	1135
CS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 1/4Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 1/4Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9Cr	1.52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12Cr	1.27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
304SS	0.15	0.23	0.33	0.46	0.64	0.89	1.22	—	—	—	—	—
309SS	0.1	0.15	0.2	0.25	0.33	0.41	0.51	0.76	1.02	1.27	—	—
310SS/HK	0.08	0.1	0.13	0.18	0.2	0.25	0.33	0.38	0.48	0.58	0.69	0.79
800H/HP	0.08	0.1	0.15	0.2	0.25	0.33	0.43	0.53	0.69	0.84	1.04	1.27

附录 C  
(资料性附录)  
腐蚀曲线图

C.1 各种钢在高温硫中的腐蚀曲线

各种钢在高温硫中的腐蚀曲线见图C.1。



图C.1 各种钢在高温硫中的腐蚀速率与温度的关系及腐蚀速率系数

C.2 临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限

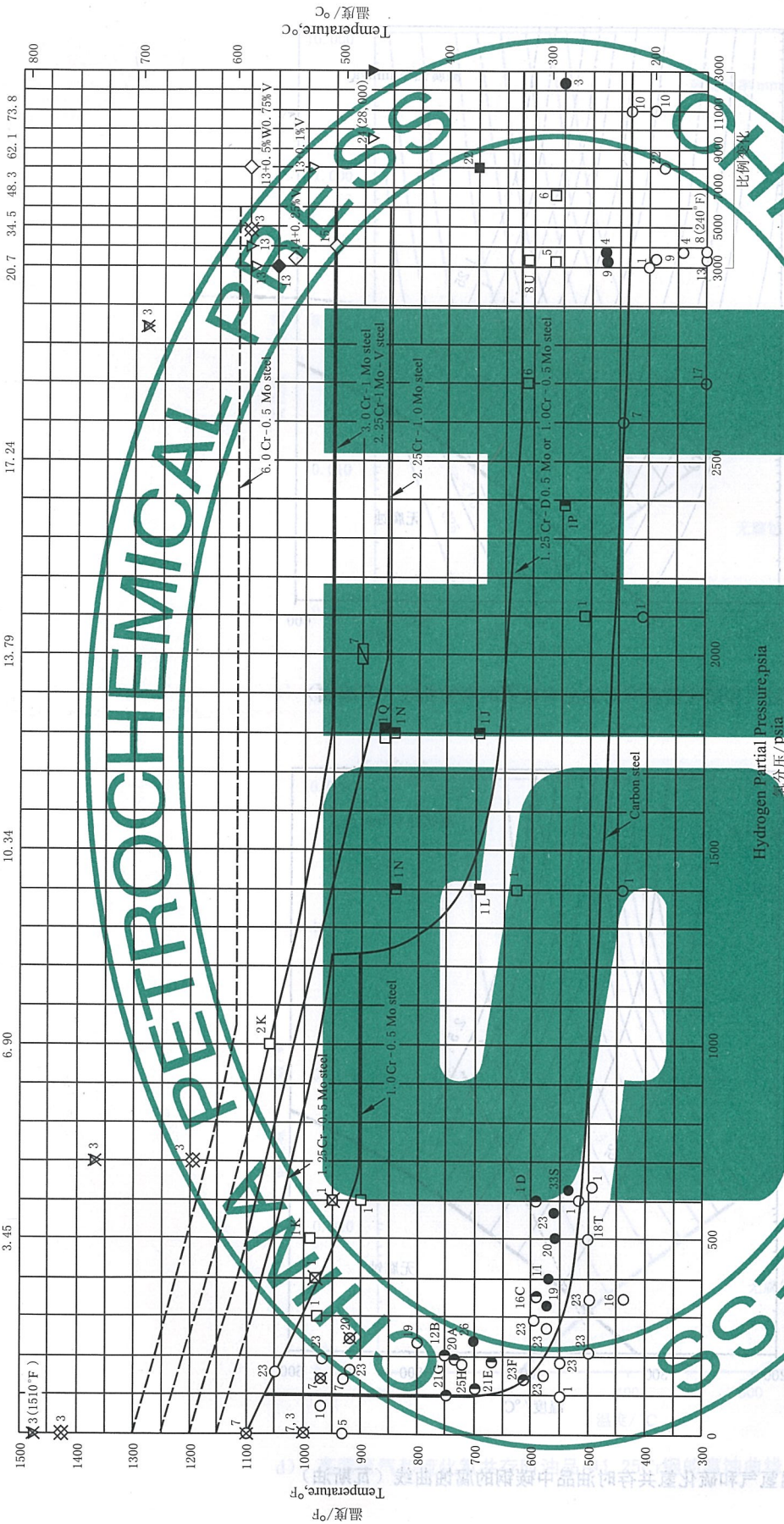
临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限见图C.2。

C.3 高温氢气和硫化氢共存时油品中各种钢材的腐蚀曲线

高温氢气和硫化氢共存时油品中各种钢材的腐蚀曲线见图C.3。

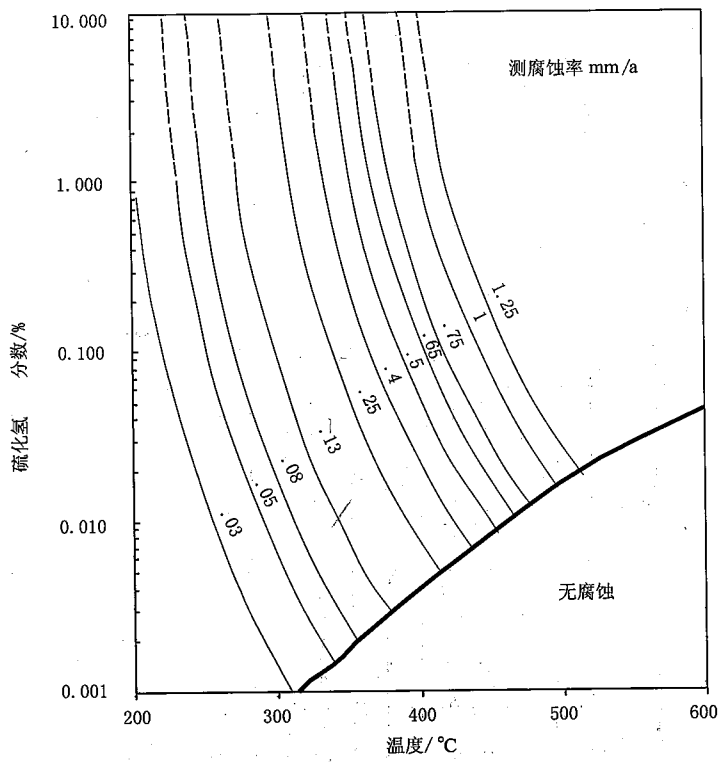


氢分压 (绝) / MPa  
Hydrogen Partial Pressure, MPa Absolute

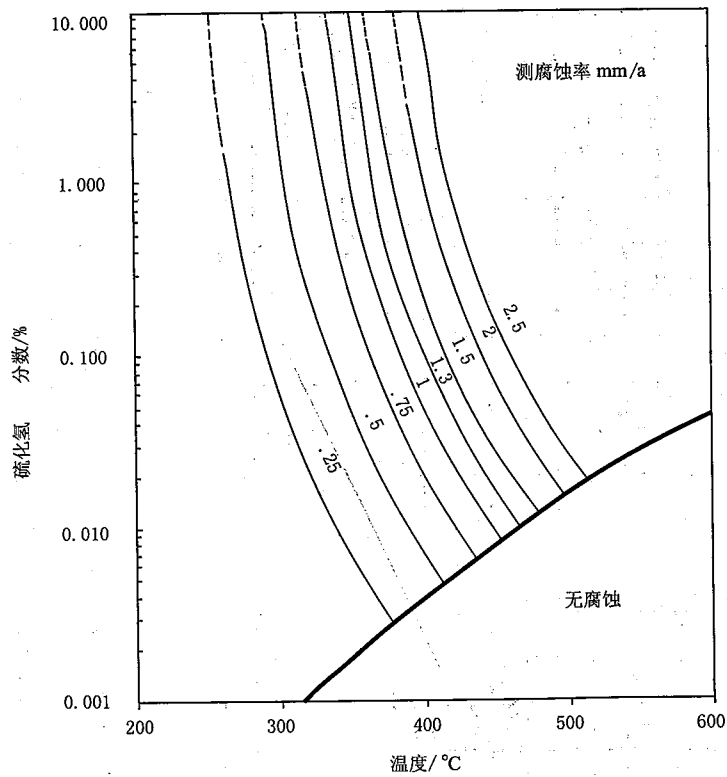


- 注1: 本曲线给出的极限是基于G.A. Nelson最初收集的操作经验和API征集的补充资料。
- 注2: 奥氏体不锈钢在任何温度条件下或氢压下不会脱碳。
- 注3: 本曲线给出的极限是基于铸钢及退火钢和正火钢采用ASME规范第VIII篇第1分篇应力值水平, 补充资料见API941-2008第5.3节和第5.4节。
- 注4: 曾报道1.25Cr-1MoV钢在安全范围内发生若干裂纹, 详见API941-2008附录B。
- 注5: 包括2.25Cr-1MoV级钢是在10 000h试验室的试验数据, 这些合金至少等1-3Cr-1Mo的性能, 并API941-2008中相关内容。

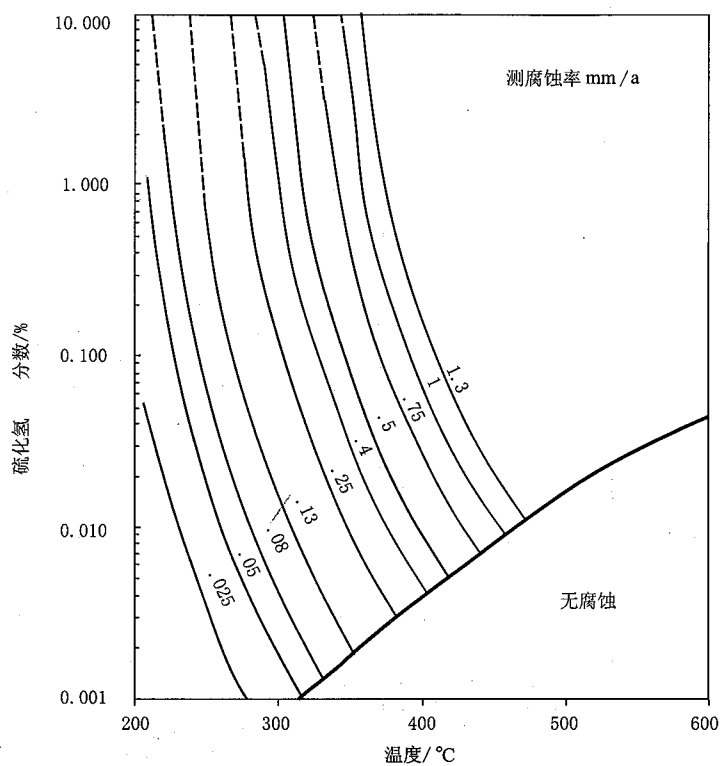
图C.2 临氢作业用钢防止脱碳和微裂的操作极限



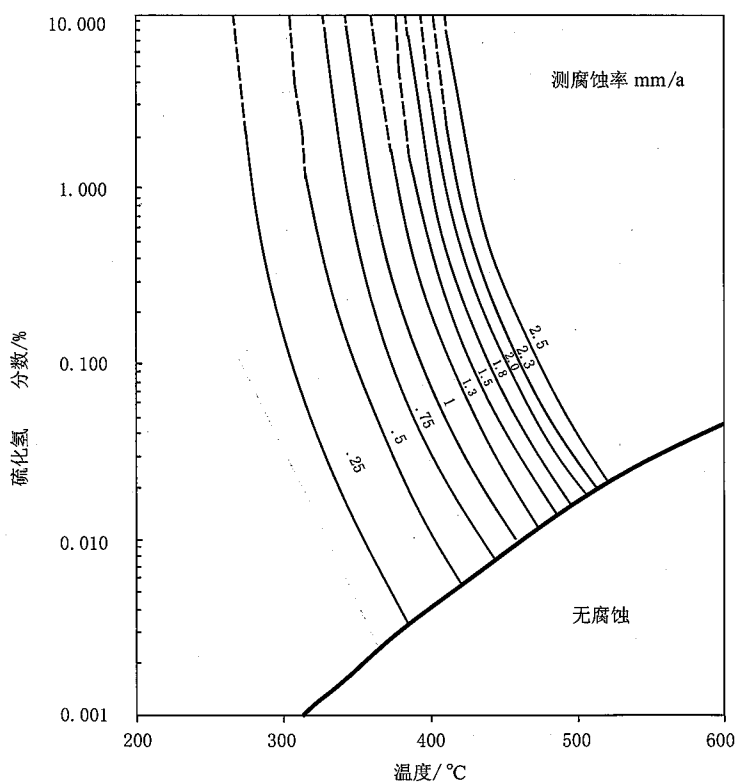
a) 高温氢气和硫化氢共存时油品中碳钢的腐蚀曲线 (石脑油)



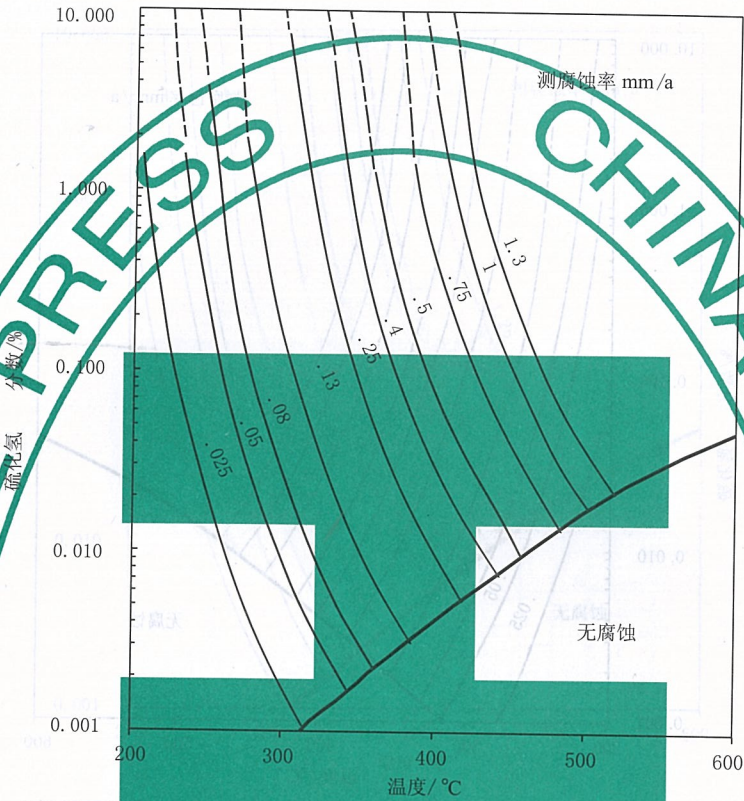
b) 高温氢气和硫化氢共存时油品中碳钢的腐蚀曲线 (瓦斯油)



c) 高温氢气和硫化氢共存时油品中1.25Cr钢的腐蚀曲线(石脑油)



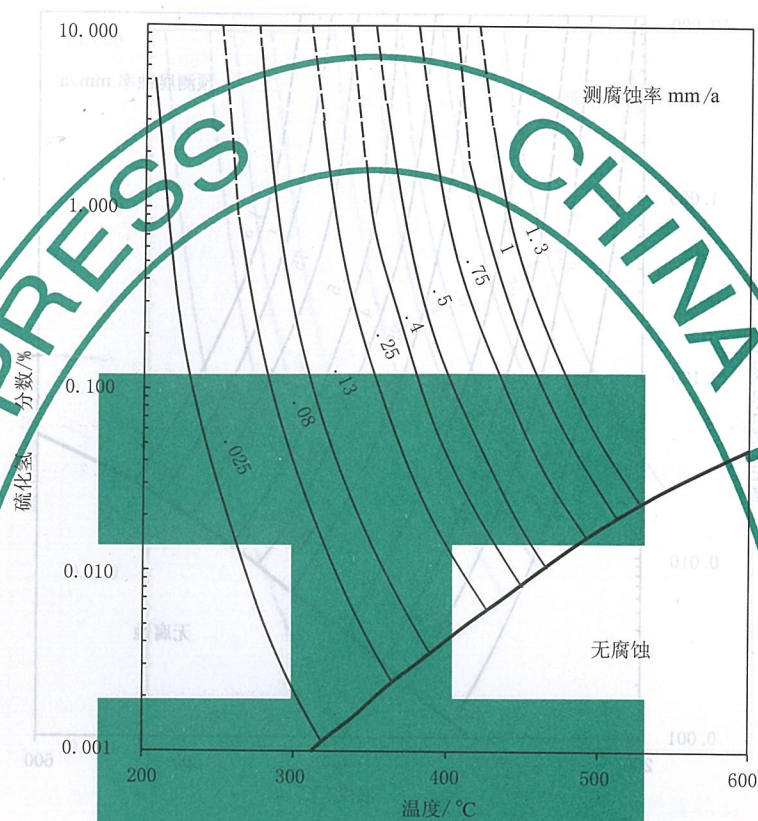
d) 高温氢气和硫化氢共存时油品中1.25Cr钢的腐蚀曲线(瓦斯油)



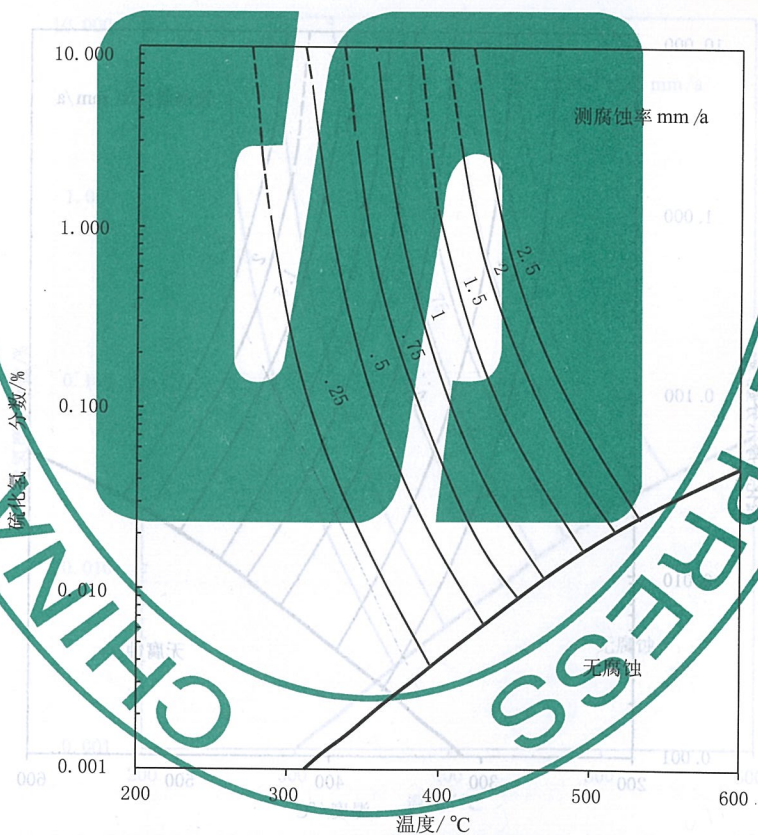
e) 高温氢气和硫化氢共存时油品中2.25Cr钢的腐蚀曲线(石脑油)



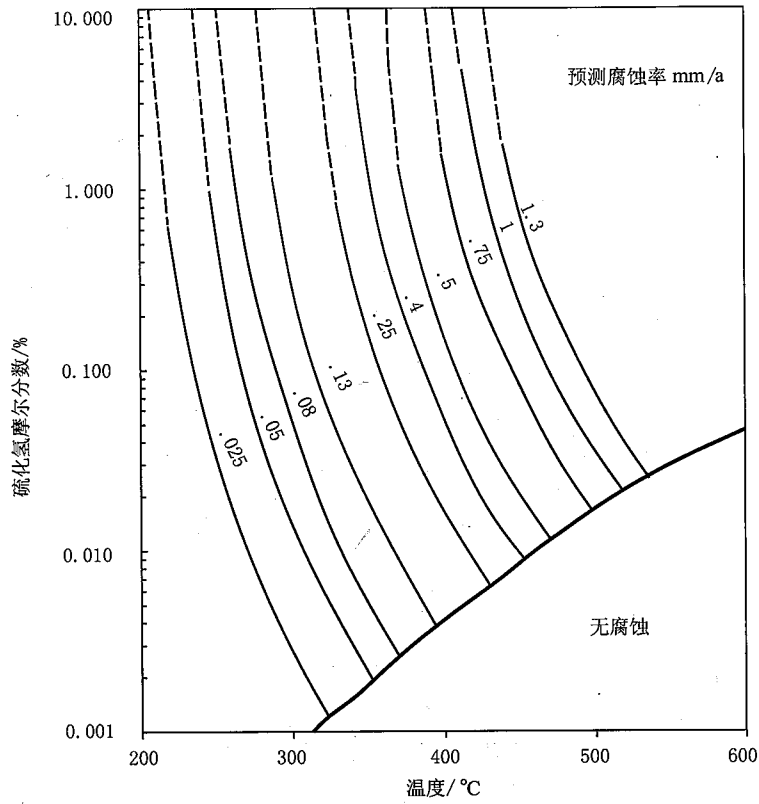
f) 高温氢气和硫化氢共存时油品中2.25Cr钢的腐蚀曲线(瓦斯油)



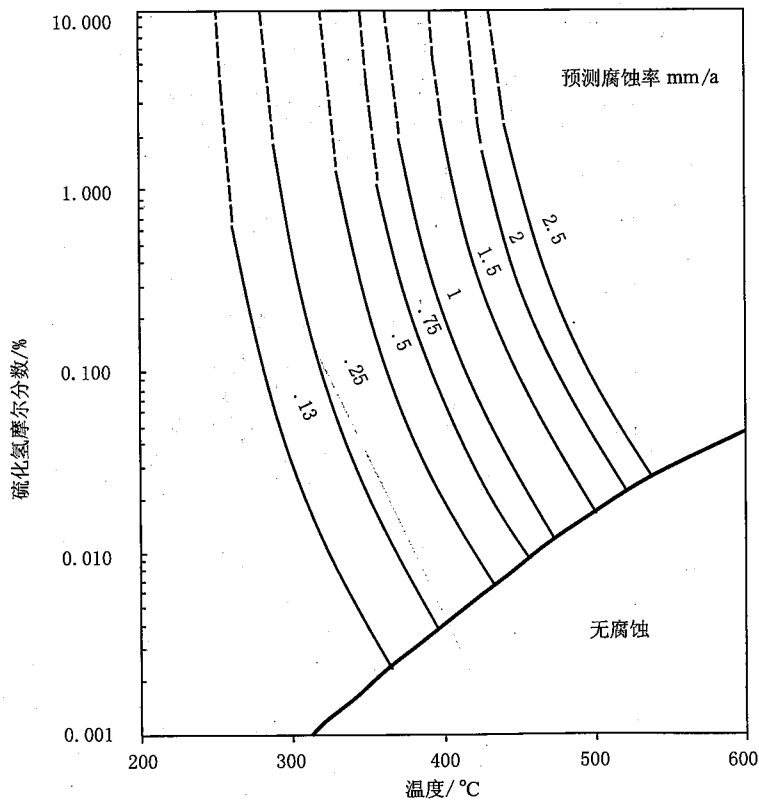
g) 高温氢气和硫化氢共存时油品中5Cr钢的腐蚀曲线（石脑油）



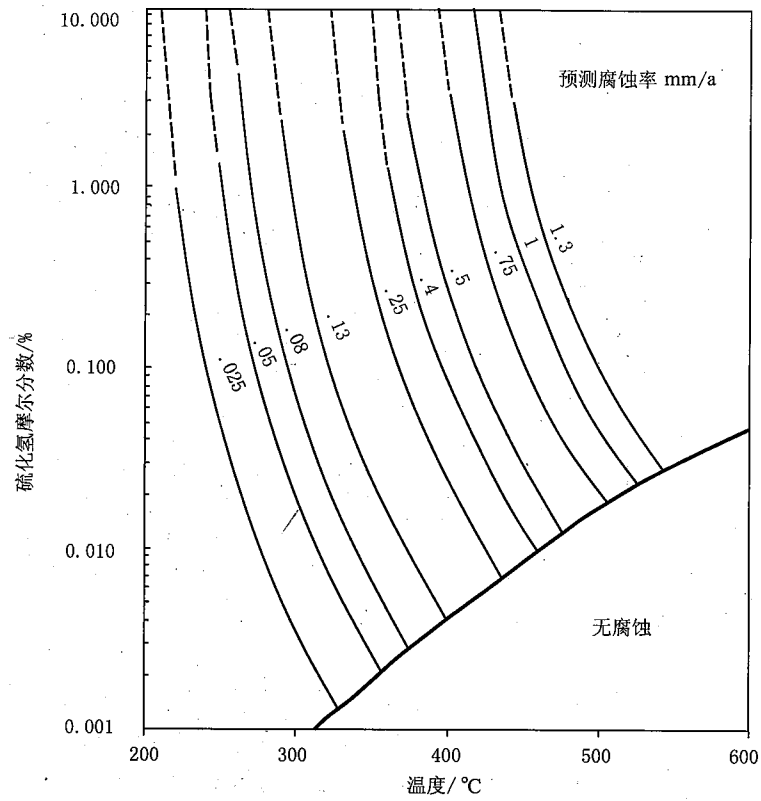
h) 高温氢气和硫化氢共存时油品中5Cr钢的腐蚀曲线（瓦斯油）



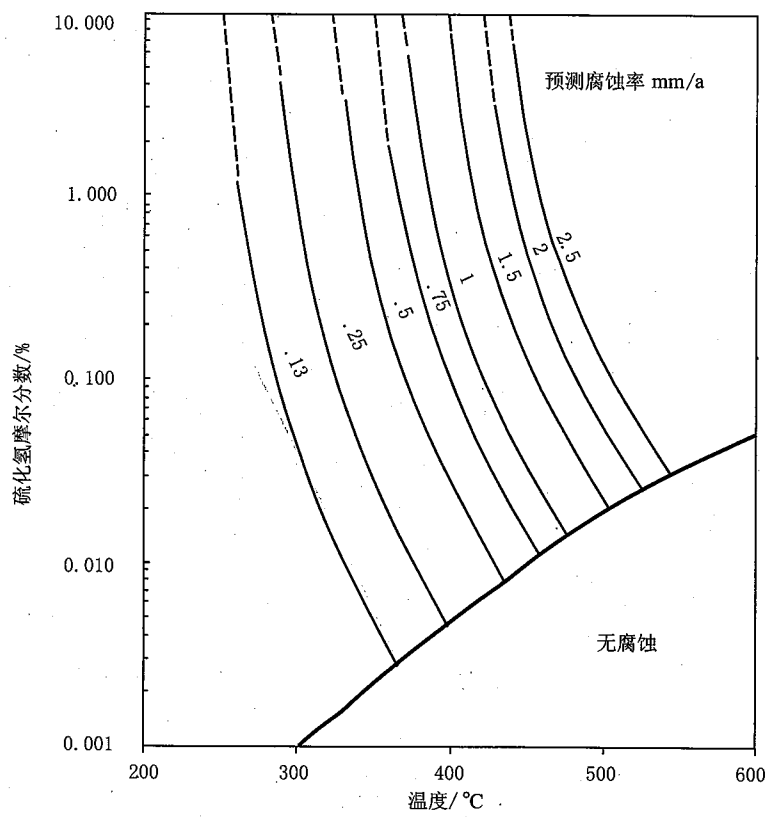
i) 高温氢气和硫化氢共存时油品中7Cr钢的腐蚀曲线（石脑油）



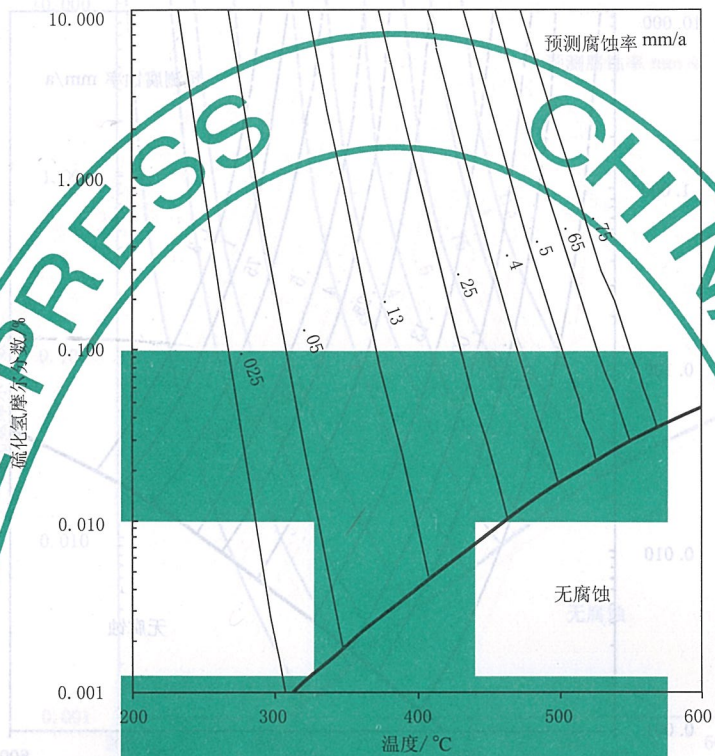
j) 高温氢气和硫化氢共存时油品中7Cr钢的腐蚀曲线（瓦斯油）



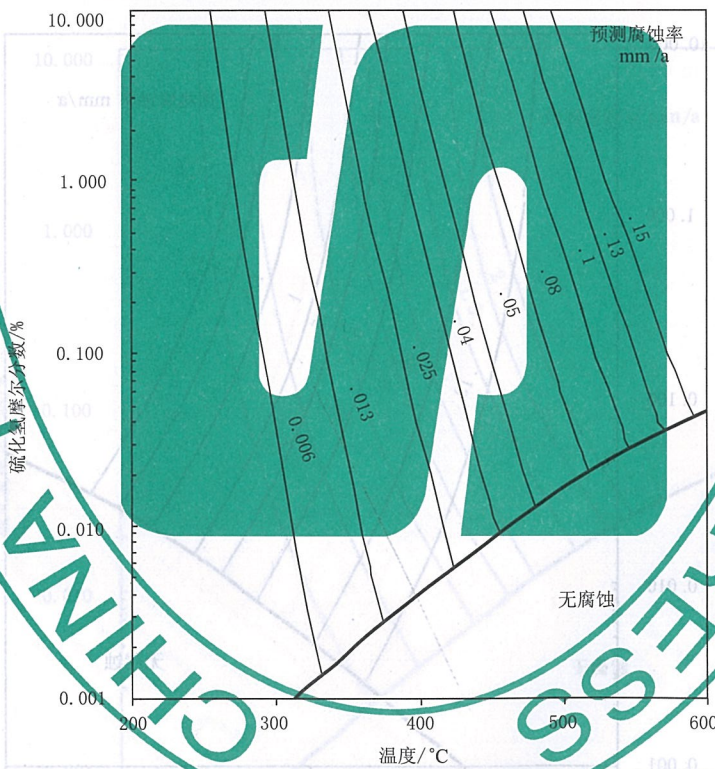
k) 高温氢气和硫化氢共存时油品中9Cr钢的腐蚀曲线（石脑油）



l) 高温氢气和硫化氢共存时油品中9Cr钢的腐蚀曲线（瓦斯油）



m) 高温氢气和硫化氢共存时油品中12Cr钢的腐蚀曲线（石脑油、瓦斯油）



n) 高温氢气和硫化氢共存时油品中18Cr钢的腐蚀曲线（石脑油、瓦斯油）

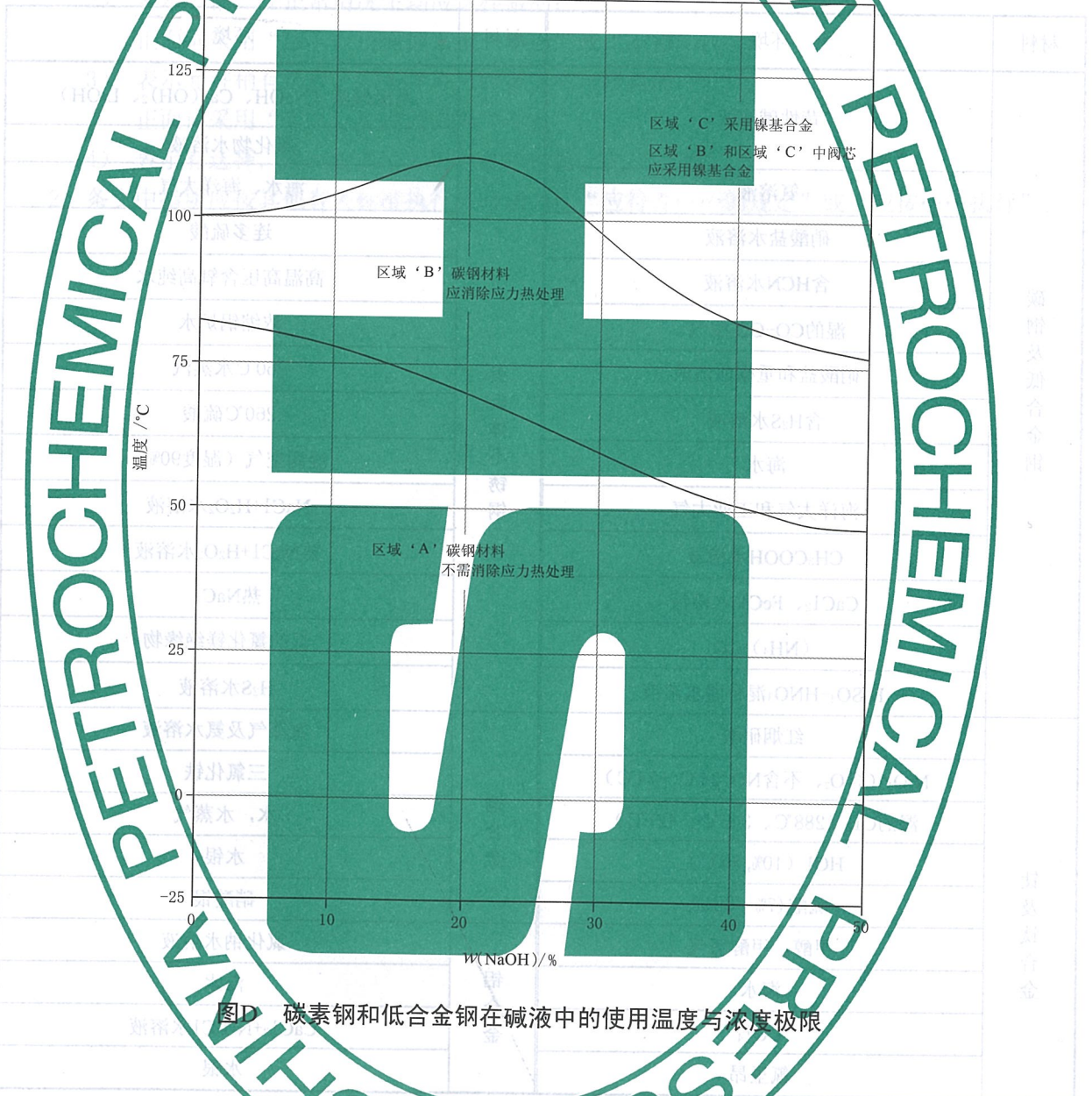
图C.3 高温氢气和硫化氢共存时油品中各种钢材的腐蚀曲线



附录 D  
(资料性附录)

碳素钢和低合金钢在碱液中的使用温度与浓度极限

碳素钢和低合金钢在碱液中的使用温度与浓度极限见图D。



图D 碳素钢和低合金钢在碱液中的使用温度与浓度极限

附录 E  
(资料性附录)

常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合

常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合见表E。

表E 常用金属材料易产生应力腐蚀破裂的环境组合

材料	环境	材料	环境
碳钢及低合金钢	苛性碱溶液	奥氏体不锈钢	高温碱液 (NaOH、Ca(OH) <sub>2</sub> 、LiOH)
	氨溶液		氯化物水溶液
	硝酸盐水溶液		海水、海洋大气
	含HCN水溶液		连多硫酸
	湿的CO-CO <sub>2</sub> 空气		高温高压含氧高纯水
	硝酸盐和重碳酸溶液		浓缩锅炉水
	含H <sub>2</sub> S水溶液		260℃水蒸汽
	海水		260℃硫酸
	海洋大气和工业大气		湿润空气 (湿度90%)
	CH <sub>3</sub> COOH水溶液		NaCl+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 水溶液
	CaCl <sub>2</sub> 、FeCl <sub>3</sub> 水溶液		热NaCl+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 水溶液
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		热NaCl
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -HNO <sub>3</sub> 混合酸水溶液		湿的氯化镁绝缘物
			H <sub>2</sub> S水溶液
钛及钛合金	红烟硝酸	铜合金	氨蒸气及氨水溶液
	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (含O <sub>2</sub> 、不含NO, 24℃~74℃)		三氯化铁
	湿的Cl <sub>2</sub> (288℃、346℃、427℃)		水, 水蒸气
	HCl (10%, 35℃)		水银
	硫酸 (7%~60%)		硝酸银
	甲醇, 甲醇蒸气	铝合金	氯化钠水溶液
	海水		海水
	CCl <sub>4</sub>		CaCl <sub>2</sub> +NH <sub>4</sub> Cl水溶液
	氟里昂		水银

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工有限公司标准

# 石油化工管道设计器材选用规范

SH/T 3059—2012

条文说明

2012 北京

## 修 订 说 明

SH/T 3059—2012《石油化工管道设计器材选用规范》，经工业和信息化部2012年11月7日以第55号公告批准发布。

本规范是在SH 3059—2001《石油化工管道设计器材选用通则》的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国石化工程建设公司，参编单位是中国石化集团公司配管设计技术中心站，主要起草人员是张宝江、于浦义。

本规范修订过程中，编制组进行了大量的调查研究，总结了我国工程建设石油化工领域的实践经验，同时参考了国外先进技术标准ASME B31.3《Process Piping》，取得了一些技术参数编制而成。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《石油化工管道设计器材选用规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

3	管道分级	53
6	管道材料	55
7	管道组成件	55
7.3	法兰	55
7.4	垫片	56
8	管道受压元件强度设计	56
8.2	金属直管	56
8.3	弯管和斜接弯头	56
8.4	三通	57
8.7	支管连接	57

## 石油化工管道设计器材选用规范

### 3 管道分级

3.2 石油化工管道分级有利于在设计和施工中贯彻执行《建设工程质量管理条例》、《特种设备安全监察条例》对压力管道的施工质量和安全监察的要求；石油化工管道分级有利工程建设的质量控制和生产运行的管理；石油化工管道进行分级控制和管理是保证工程质量和安全生产的管理措施。

按《特种设备安全监察条例》对“用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或等于 0.1 MPa 的气体、液化气体或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 DN25 的管道”的安全监察要求；按输送介质、设计压力、设计温度和施工质量检查的要求将石油化工管道划分为 13 级：

a) 与相关标准协调：

1) 石油化工管道分级符合 TSG D0001《压力管道安全技术监察规程—工业管道》的规定，见表 1；

表1 石油化工管道分级与压力管道安全技术监察规程—工业管道分级对照

序号	管道级别	输送介质	设计条件		TSG DZ001 条款
			设计压力/MPa	设计温度/℃	
1	SHA1	(1) 极度危害介质(苯除外)、高度危害丙烯腈、光气、二硫化碳、氟化氢介质	—	—	第八条(一)、1 GC1
		(2) 苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气、二硫化碳、氟化氢除外)、中度危害、轻度危害介质	$P \geq 10$	—	第八条(一)、1、4 GC1
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	
2	SHA2	(3) 苯介质、高度危害介质(丙烯腈、光气、二硫化碳、氟化氢除外)	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	第八条(一)、1、2 GC1
			$P < 4$	$t \geq -29$	
3	SHA3	(4) 中度危害、轻度危害介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二) GC2
		(5) 中度危害介质	$P < 4$	$t \geq -29$	
		(6) 轻度危害介质	$P < 4$	$t \geq 400$	
4	SHA4	(7) 轻度危害介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二) GC2
5	SHB1	(8) 甲类、乙类可燃气体介质和甲类、乙类、丙类可燃液体介质	$P \geq 10$	—	第八条(一)、3、4 GC1
			$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	
			—	$t < -29$	
6	SHB2	(9) 甲类、乙类可燃气体介质和甲 <sub>A</sub> 类、甲 <sub>B</sub> 可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	第八条(一)、3、4 GC1
		(10) 甲 <sub>A</sub> 类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$	
7	SHB3	(11) 甲类、乙类可燃气体介质、甲 <sub>A</sub> 类可燃液体介质、乙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq -29$	第八条(二) GC2
		(12) 乙类、丙类可燃液体介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二) GC2
		(13) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$t \geq 400$	第八条(二) GC2
8	SHB4	(14) 丙类可燃液体介质	$P < 4$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二) GC2
9	SHC1	(15) 无毒、非可燃介质	$P \geq 10$	—	第八条(一)、4 GC1
			—	$t < -29$	
10	SHC2	(16) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$t \geq 400$	第八条(二)、4 GC1
11	SHC3	(17) 无毒、非可燃介质	$4 \leq P < 10$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二) GC2
			$1 < P < 4$	$t \geq 400$	

表1 石油化工管道分级与压力管道安全技术监察规程—工业管道分级对照（续）

序号	管道级别	输送介质	设计条件		TSG DZ001 条款
			设计压力/MPa	设计温度/℃	
12	SHC4	(18) 无毒、非可燃介质	$1 < P < 4$	$-29 \leq t < 400$	第八条(二)GC2
			$P \leq 1$	$t \geq 185$	
			$P \leq 1$	$-29 \leq t \leq -20$	
13	SHC5	(19) 无毒、非可燃介质	$P \leq 1$	$-20 < t < 185$	第八条(三)GC3

2) 石油化工管道分级与GB/T 20801.1—2006~GB/T 20801.6—2006《压力管道规范 工业管道》、GB 50235—97《工业金属管道工程施工及验收规范》及SH 3501—2002《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》等相关标准的规定协调；

b) 根据石油化工长周期连续运行的生产工艺的需要不仅控制和管理《特种设备安全监察条例》进行安全监察范围的管道，而对未纳入安全监察范围的管道也同样纳入控制和管理，石油化工管道分级纳入了这部分管道：

1) 设计压力小于0.1MPa的管道；

2) 公称直径小于或等于DN25的管道；

3) 输送工作温度低于标准沸点的无毒、非可燃液体介质管道；

c) 石油化工管道分级中对下列项目的处理符合工程的实际，更有利于实施：

1) 输送高度危害介质不分气体介质和液体介质管道，均为GC1级；

2) 设计温度低于-29℃的管道和输送轻度危害介质管道单列；

d) 石油化工管道分级编码由下列三个单元组成：

1) 编码一单元为汉语拼音字母SH；

2) 编码二单元为英文字母A、B、C；

3) 编码三单元为阿拉伯数字1、2、3、4、5；

e) 石油化工管道分级各编码单元所代表的内容见表2。

表2 石油化工管道分级编码

编码单元	编码符号	编码内容
一单元	SH	石油化工行业标准
二单元	A	输送毒性介质管道
	B	输送可燃介质管道
	C	输送无毒、非可燃介质管道
三单元	1	检查等级1级、焊接接头100%无损检测的管道
	2	检查等级2级、焊接接头20%无损检测的管道
	3	检查等级3级、焊接接头10%无损检测的管道
	4	检查等级4级、焊接接头5%无损检测的管道
	5	检查等级5级、焊接接头可不进行无损检测的管道

3.3.3.4 根据石油化工管道工艺条件、输送介质复杂的工况，为有利工程建设的质量控制，为生产



运行的管理和实现安全生产的需要作出此规定,在本规范第3.3条明确了输送氧气介质、毒性介质或可燃性不同的混合介质、同时具有毒性和可燃性介质管道的分级;在本规范第3.4条明确了采用钛及钛合金、锆及锆合金、镍及镍合金、高铬镍钼奥氏体不锈钢、铬钼合金钢、双相不锈钢、铝及铝合金、奥氏体不锈钢材料管道和设计文件要求冲击试验的碳钢管道的检查等级,以及设计文件规定为剧烈循环工况管道的检查等级。

## 6 管道材料

6.2.4 低温低应力工况为设计温度低于或等于 $-20^{\circ}\text{C}$ 的受压的管道组成件,其环向应力小于或等于钢材标准常温屈服点的 $1/6$ ,且不大于 $50\text{MPa}$ 的工况。低温低应力工况不适用于钢材标准抗拉强度下限值大于 $540\text{MPa}$ 的低温管道。

6.3.6 碱应力腐蚀环境(碱脆)下的材料选用,碱脆是应力腐蚀开裂的一种,其敏感性与碱液( $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$ 等)浓度、金属温度及应力水平有关。

6.3.7 液氨应力腐蚀环境下的材料选用,当管道中介质为液氨,并符合下列条件之一时,则为液氨应力腐蚀环境:

- a) 介质为液态氨,含水量小于或等于 $0.2\%$ (质量分数),且有可能受空气( $\text{O}_2$ 或 $\text{CO}_2$ )污染的场所;
- b) 介质温度高于 $-5^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.8 连多硫酸应力腐蚀环境及材料选用:

- a) 连多硫酸( $\text{H}_2\text{S}_x\text{O}_8$ )应力腐蚀开裂通常发生在停工期间,或在操作期间有空气和水分出现时。开裂是由于硫化物、空气和水分作用在敏化的奥氏体不锈钢(敏化温度大约为 $370^{\circ}\text{C}\sim 815^{\circ}\text{C}$ )上而形成连多硫酸造成的。开裂通常发生在与焊缝、高应力区相邻的部位,并沿着元件壁厚方向扩展;
- b) 对于有可能产生奥氏体不锈钢连多硫酸应力腐蚀开裂的部位,停工期间应采取下列措施:
  - 1) 采用干空气保护,隔绝水分;
  - 2) 采用氮气保护,隔绝氧气和水分;
  - 3) 用碱溶液中和表面硫化层。

## 7 管道组成件

### 7.3 法兰

7.3.4 当法兰除承受内压外,还承受较大附加外荷载(如重力荷载、位移荷载等)时,可采用法兰的当量压力校核法兰的承载能力,法兰的当量压力不宜大于法兰的许用工作压力。法兰的当量压力按下列公式确定:

$$P_{\text{FD}} = P + P_{\text{eq}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{\text{eq}} = \frac{16M}{\pi D_g^3} + \frac{4F}{\pi D_g^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$P_{\text{FD}}$ ——法兰当量压力,MPa;

$P$ ——介质工作压力,MPa;

$P_{\text{eq}}$ ——由附加外载产生的当量压力,MPa;

$M$ ——附加在法兰连接处的弯矩, $\text{N}\cdot\text{mm}$ ;

$D_g$ ——垫片压紧力作用中心圆直径, mm;

$F$ ——附加在法兰连接处的轴向力, N。

本条文的当量压力源于经验公式。外力矩 $M$ 产生的轴向力为 $4M/D_g$ , 将此轴向力按相当于在 $D_g$ 直径范围内的内压产生的轴向力折算成内压, 即为 $16M/\pi D_g^3$ 。同样, 对于轴向力 $F$ 按相当于在 $D_g$ 直径范围内的内压产生的轴向力折算成内压, 即为 $4F/\pi D_g^2$ , 加上管道的介质工作压力 $P$ , 即得出法兰设计压力 $P_{FD}$ 。为安全考虑, 当管道的轴向力为拉力时计入, 为压缩力时, 对法兰连接的密封有利, 故不考虑。

正文中对剧烈循环工况和极度危害介质管道特别指明校核法兰承载能力, 主要考虑工况条件变化大, 介质危害程度高。其他需进行应力分析的甲类可燃气体和甲类可燃液体高温管道, 当附加外载荷较大时, 应考虑可能引起法兰泄漏的问题。

本条文引入的当量压力, 大大简化了计算过程, 但计算结果偏于保守, 当量压力只是校核法兰承载能力的方法之一, 设计人员也可采用其他方法进行法兰校核。

#### 7.4 垫片

7.4.2 介质为环氧乙烷时, 不采用含石棉的垫片; 真空下操作时, 不使用石棉橡胶板垫片; 在介质不允许微量纤维混入场合, 如航空汽油或航空煤油等, 不选用石棉橡胶板和其他纤维质垫片。

7.4.5 齿形组合垫兼有软质垫片的压紧比压小和金属垫片的强度高、弹性好等优点, 在具有同样的密封效果时, 螺栓荷载较小, 适用于中、高压及高温管道法兰的密封。

7.4.6 柔性石墨复合垫片是一种新型的垫片, 可用于高温 $450^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ , 根据金属芯板材料不同, 可在 $-196^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ 之间选用。柔性石墨复合垫片适用于水、油品、溶剂、酸、碱、氢气、油气、高温烟、蒸汽等各种强腐蚀性、渗透性介质。

7.4.8 金属包覆垫片是一种由非金属材料用软而薄的金属包覆起来形成的垫片。可用于某些液体和气体在较高温度和压力下密封; 使用较广泛的是平形金属包覆垫片。这种半金属垫片的优点是较金属垫易压紧, 且复原性也好。金属包覆的材质常为低碳钢、铜、铝、蒙乃尔合金及不锈钢等。非金属材料多为非石棉橡胶板。

### 8 管道受压元件强度设计

#### 8.2 金属直管

8.2.1 受内压直管的壁厚计算, 采用《Process Piping》ASME B31.3-2010推荐的计算公式, 该计算公式中增加了焊缝接头强度降低系数; 由于目前国内其他相关标准中的计算公式没有引入此系数, 设计者在工程设计中应根据所采用的标准, 选用的相应计算公式。

#### 8.3 弯管和斜接弯头

8.3.1 弯管和斜接弯头计算方法采用《Process Piping》ASME B31.3-2010中规定的方法。

8.3.2 斜接弯头(虾米弯)是常见的一种弯管型式, 由于其形状的不连续, 因此承受内压时实际的变形及应力, 以及对它的力学分析, 均比光滑弯管复杂得多。计算方法采用《Process Piping》ASME B31.3-2010中规定的方法。

对虾米弯的使用范围及结构上的要求, 各国亦不太一致。国内以往考虑在材料及制造上的一些因素, 通常要求虾米弯使用在温度及压力不太高的情况下。《Process Piping》ASME B31.3中虽没有总的限制虾米弯的使用范围, 但充分考虑了虾米弯结构的不连续对承受波动或循环荷载(温度、压力)的不利影响, 因而规定斜接角大于 $22.5^{\circ}$ 时, 不得用于剧烈循环工况; 斜接角大于 $45^{\circ}$ 时, 则不得用于输送可燃或有毒的介质, 设计压力不得大于 $1.033\text{MPa}$ 及设计温度不得低于 $-29^{\circ}\text{C}$ 和高于 $186^{\circ}\text{C}$ 。规范还规定了虾米弯的最小有效半径,  $\theta$ 为弯管切割角, 即斜接角的一半。而 $A$ 则为内侧环焊缝间距的一半, 它规定 $A$ 等于或大于 $25\text{mm}$ 。

$$R \geq \frac{A}{\operatorname{tg} \theta} + \frac{D_0}{2} \dots\dots\dots (3)$$

#### 8.4 三通

8.4.1 通常三通强度的计算，普遍采用原西德锅炉规范TRD301中的压力面积法计算公式。这种计算方法是在实验基础上（爆破试验等）通过理论分析推导而得，并经工程实践验证，因此是可靠的。三通产品标准，主要选用美国国家标准ASME B16.9和石化行业标准《钢制对焊管件》标准。《Process Piping》ASME B31.3对各种三通、焊接支管的应力增强系数做出了规定，这对于管道系统应力分析是非常必要的。

#### 8.7 支管连接

8.7.1 焊接支管连接结构设计参照《Process Piping》ASME B31.3-2008编写。

8.7.2 本条a)项中的主管最小壁厚为名义厚度减去材料壁厚负偏差。

中华人民共和国  
石油 化 工 行 业 标 准  
石油 化 工 管 道 设 计 器 材 选 用 规 范  
SH/T 3059—2012

\*

中国石化出版社出版  
中国石化集团公司工程标准发行总站发行  
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号  
邮编：100011 电话：(010) 84271850  
石化标准编辑部电话：(010) 84289937  
读者服务部电话：(010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com](mailto:press@sinopec.com)

版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 4.25 字数 128 千字  
2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

\*

书号：155114·0604 定价：56.00 元  
(购买时请认明封面防伪标识)