

第七章 管道材料设计

第一节 压力管道常用金属材料的基本性能

7.1.1 什么是金属材料的工艺性能?

答: 金属材料的工艺性能是金属材料在制造管道组成件的过程中, 适合各种冷、热加工的性能, 也就是金属材料采用某种加工方法制成成品的难易程度。它包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

7.1.2 什么是金属材料的使用性能?

答: 金属材料的使用性能是金属材料在使用条件下所表现出来的性能, 它包括物理性能、化学性能和机械(力学)性能。

7.1.3 金属的机械性能有哪些重要指标? 其物理意义是什么?

答: 金属的机械性能是指金属在外力作用下表现出来的特性, 也称为金属的力学性能。主要有下列几项指标:

- (1) 强度极限(抗拉强度) R_m : 在拉伸应力-应变曲线上的最大应力点, 单位为 MPa;
- (2) 屈服极限(屈服强度) R_{el} : 材料的拉伸应力超过弹性范围, 开始发生塑性变形时的应力。有些材料的拉伸应力-应变曲线并不出现明显的屈服点。对于此种情况, 工程上规定取试样产生 0.2% 残余变形的应力值作为条件屈服极限, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示, 单位为 MPa;
- (3) 持久强度 σ'_D : 在给定温度下, 使试样经过一定时间发生蠕变断裂时的平均应力。工程上通常采用 σ'_D (试样在设计温度下 10 万 h 断裂时的应力平均值) 表示, 单位为 MPa;
- (4) 蠕变极限 σ'_n : 在给定的温度下和规定的持续时间内, 使试样产生一定蠕变量的应力值。工程上通常采用钢材在设计温度下, 经 10 万 h、蠕变率为 1% 时的应力值, 单位为 MPa;
- (5) 延伸率 δ : 表明试样在拉伸试验中发生破坏时, 产生了百分之几的塑性伸长量, 是衡量钢材拉伸试验时塑性的一个指标。试样的原始长度, 一般选择为试样直径的 5 倍或 10 倍, 因此, 试样有 δ_5 值 δ_{10} 值, 单位为百分率(%);
- (6) 断面收缩率 ψ : 断面收缩率表明试样在拉伸试验发生破坏时, 缩颈处所产生的塑性变形率, 它是衡量材料塑性的另一指标, 单位为百分率(%);
- (7) 冲击功 A_k : 冲击功是衡量钢材韧性, 确定钢材是否产生脆性破坏的一个指标, 单位为焦耳(J);
- (8) 硬度: 反映材料对局部塑性变形的抗力及材料的耐磨性。硬度有三种表示方法, 即布氏硬度 HB、洛氏硬度 HR 和维氏硬度 HV, 其测定方法和适用范围各异。根据经验, 钢材的硬度与抗拉强度有如下近似关系:

轧制、正火的低碳钢 $R_m = 0.36HB$;

轧制、正火的中碳钢或低合金钢 $R_m = 0.35HB$;

硬度为 250~400HB, 经热处理的合金钢 $\sigma_b = 0.33\text{HB}$;

由于测定方便, 对焊接接头也常用测定热影响区硬度的方法来确定其淬硬程度。

7.1.4 什么是冲击功? A_k 与 a_k 有什么不同?

答: 钢材在进行缺口冲击试验时, 消耗在试样上的能量, 称为冲击功, 用 A_k 表示。消耗在试样单位截面上的冲击功, 即冲击韧性(也称冲击值)用 a_k 来表示。

冲击功 A_k 包括以下三部分:

- (1) 消耗于试样弹性变形的弹性功;
- (2) 消耗于试样塑性变形的塑性功;
- (3) 消耗于裂纹开始产生、扩展直至断裂的撕裂功。

由于冲击功仅为试样缺口附近参加变形的体积所吸收, 而此体积又无法测量, 且在同一断面上每一部分的变形也不一致, 因此用单位截面积上的冲击功(冲击值) a_k 来判断冲击韧性的方法在国内外已逐渐淘汰。

对于 $10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$ 的标准试样, 加工缺口余下部分的面积为 $10\text{mm} \times 8\text{mm} = 0.8\text{cm}^2$, 若对该试样这一特定尺寸下的冲击功为 18J, 即 $A_k = 18\text{J}$, 则相应的 $a_k = 18/0.8 = 22.5\text{J}/\text{cm}^2$ 。

7.1.5 什么是弹性变形? 什么是塑性变形?

答: 构件或物体在外力作用下产生变形, 外力除去后能完全恢复其原有形状, 不遗留外力作用过的任何痕迹, 这种变形叫弹性变形。

构件或物体在外力作用下产生变形, 当外力除去后, 构件或物体的形状不能复原, 即遗留了外力作用下的残余变形, 这种变形称为塑性变形。

7.1.6 什么叫加工残余应力? 它是如何产生的? 它对材料的性能有什么影响?

答: 当金属在外力作用下发生塑性变形时, 由于金属中各晶粒的晶格取向各不相同, 滑移方向也各不相同, 为平衡这种不均匀变形其晶粒之间将产生内应力; 另外, 在金属的塑性变形过程中, 由于大量的位错晶格缺陷而引起的晶格畸变使晶格处于极不稳定的状态, 在原子力的作用下, 它们都保持着恢复正常位置的趋势, 为平衡畸变晶格的复原也将产生内应力。这几种内应力都属于加工残余应力。实验证明, 有晶格畸变产生的内应力最大, 是主要的加工残余应力。

加工残余应力的存在会给材料的性能带来一系列不利的影响: 它会使材料的强度略有升高, 但塑性和韧性却大大降低; 在高温条件下使用时会因应力松弛而影响产品的变形; 在腐蚀环境中使用时材料更易遭受腐蚀等。

第二节 金相学名词

7.2.1 什么是相?

答: 相是合金中具有同一化学成分, 同一聚集状态并以界面分开的各自均匀的组成部分。

7.2.2 什么是固溶体?

答: 固溶体是指一个(或几个)组元的原子(化合物)溶入另一个组元的晶格中, 而仍保持另一组元的晶格类型的固态金属晶体, 固溶体分间隙固溶体和置换固溶体两种。

7.2.3 什么是金属化合物?

答: 金属化合物是两种金属元素形成的化合物。新形成的化合物具有新的晶体结构, 通常具有较高的熔点、较大的硬度, 较低的塑性和韧性。

7.2.4 什么是机械混合物?

答: 机械混合物是两种不同晶体结构的晶核彼此机械混合而形成的物质。

7.2.5 什么是 δ 铁?

答: 工业纯铁的熔点为 1534°C , 在 1390°C 以上 Fe 原子按体心立方晶格排列, 称为 δ 铁。

7.2.6 什么是 δ 铁素体?

答: δ 铁素体是碳在 δ 铁中的固溶体。在 1493°C 时, 碳的最大溶解度为 0.1%。

7.2.7 什么是 γ 铁?

答: γ 铁是在温度 $910\sim 1390^{\circ}\text{C}$ 时铁的晶格发生同素异构转变, 晶体结构转变为面心立方晶格。

7.2.8 铁碳合金状态图有什么用途? 铁碳合金有哪三种主要的晶体相?

答: 铁碳合金状态图(有时称为合金相图)是表示不同成分的铁碳合金, 在不同温度下所具有的状态或组织的一种图形, 通过铁碳合金状态图能掌握钢的组织随成分和温度变化的规律, 以便能够正确制定热处理和热加工的工艺。

铁碳合金有以下四种主要的晶体相:

(1) 铁素体(F): 碳在 α -Fe中的固溶体, 其溶碳能力较差, 室温下仅溶碳 0.006%, 在 723°C 时达到最大值 0.02%, 所以其强度、硬度较低, 塑性及韧性很高, 它是碳钢在常温时的主体相;

(2) 奥氏体(A): 碳在 γ -Fe中的固溶体, 溶碳能力较大, 在 723°C 为 0.8%, 在 1147°C 时达到最大值 2.06%, 它是碳钢在高温时的组织;

(3) 渗碳体(Fe_3C): 铁和碳的化合物, 含碳量为 7.69%, 性能硬而脆, 几乎没有塑性, 它是钢中的强化相;

(4) 珠光体(P): 铁素体和渗碳体相间排列的片状层组织, 是一种机械混合物, 因此, 其机械性能介于纯铁体和渗碳体之间, 综合力学性能较好。

第三节 金属材料热处理

7.3.1 钢的热处理方法主要有哪几种? 正火与退火有什么不同?

答: 钢的热处理方法主要有:

(1) 退火：常用的退火主要有完全退火、再结晶退火、消除应力退火和等温退火。

完全退火是将铁碳合金完全奥氏体化(加热到 A_{c3} 以上 $20\sim 30^\circ\text{C}$) 然后缓慢冷却, 以获得接近平衡组织的工艺过程。完全退火适用于处理亚共析钢、中合金钢, 目的是改善钢的铸件、锻件或热轧型材的机械性能。由于加热温度超过上临界点, 使组织完全重结晶, 可达到细化晶粒、均匀组织、降低硬度、充分消除内应力等目的。

再结晶退火是将变形后的金属加热到再结晶温度以上 ($600^\circ\text{C} \sim A_{c1}$ 之间), 保持适当时间, 使被冷加工拉长的和破碎的晶粒重新成核和长大成正常晶粒, 成为没有内应力的新的稳定组织, 使钢的物理性能和机械性能基本上都能得到恢复。对于连续多次冷加工的钢材, 因随加工道次的增加、硬度不断升高, 塑性不断下降, 必须在两次加工中间安排一次再结晶退火、使其软化, 以便钢材能进一步加工。这种退火又称为软化退火或中间退火。

消除应力退火是加热到稍高于 A_{c1} 的温度, 保温一定时间后, 随炉冷却到 $550\sim 600^\circ\text{C}$ 出炉空冷的热处理。消除应力退火主要为了除去由于塑性变形加工, 焊接等原因造成的以及铸件内存在的残余应力。

等温退火是将钢件或毛坯件加热到高于 A_{c3} (或 A_{c1}) 温度, 保持适当时间后, 较快地冷却到珠光体温度区间的某一温度并等温保持, 使奥氏体转变为珠光体型组织, 然后在空气中冷却的退火工艺。等温退火工艺应用于中碳合金钢和低合金钢, 其目的是细化组织和降低硬度。等温退火组织与硬度比完全退火更为均匀。

(2) 正火：将钢加热到 A_{c3} (或 A_{cm}) 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 适当保温后, 从炉中取出在静止的空气中冷却至室温, 得到珠光体型组织的热处理工艺叫正火。正火主要用于细化钢材晶粒, 改善组织, 提高其机械性能。

正火与退火的区别是正火的冷却速度稍快, 所获得的组织比退火细, 综合机械性能也有所提高。

(3) 淬火：将钢加热到 A_{c3} (亚共析钢) 或 A_{c1} (过共析钢) 以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$, 保温一定时间后, 在水或油中快速冷却的热处理工艺叫淬火。淬火一般是为了得到马氏体组织, 使钢材得到强化; 淬火马氏体是碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的过饱和固溶体。

(4) 回火：将钢加热到 A_{c1} 以下某一温度, 在该温度下保温一定时间, 在空气中冷却的工艺叫回火。回火常作为钢淬火后的第二道热处理, 以改善钢的淬火组织和性能。回火也常用于消除钢材的变形加工或焊接残余应力。根据回火时加热的温度不同, 回火可分为低温、中温和高温回火三种。

(5) 调质：通常将淬火加高温回火的热处理工艺叫调质。调质后获得回火索氏体组织, 可使钢材得到强度与韧性相配合的良好的综合机械性能。

(6) 固溶处理：将合金加热至高温单相区, 并经过充分的保温, 使过剩相充分溶解到固溶体中后快速冷却, 以得到过饱和的固溶体的热处理工艺称为固溶处理。其目的是为了改善金属的塑性和韧性, 并为进一步进行沉淀硬化热处理工艺准备条件。

注： A_{c1} ：加热时珠光体转变为奥氏体的温度； A_{c3} ：加热时铁素体转变为奥氏体的终了温度； A_{cm} ：加热时二次渗碳体溶入奥氏体的终了温度。

7.3.2 固溶处理对奥氏体不锈钢的性能有什么影响? 什么是稳定化处理?

答：对于非超低碳型的奥氏体不锈钢, 通过固溶处理可使过剩的碳被固溶在奥氏体中, 从而可消除其晶间腐蚀的敏感性。一般情况下, 对不锈钢多加热到 $1000\sim 1120^\circ\text{C}$, 并按每毫

米 1~2min 进行保温，然后进行急冷，使得过剩的碳来不及向晶界迁移，从而达到消除晶界贫铬的目的。经固溶处理后的钢仍要防止在敏化温度加热，否则碳化铬会重新沿晶界析出。

稳定化处理就是对含 Ti 或 Nb 的稳定化不锈钢进行热处理。一般情况下，将此类不锈钢加热到 850~950℃，并进行适当的保温，使过剩碳充分与稳定化元素结合，然后在空气中冷却。这样的热处理工艺即为稳定化热处理。尽管 Ti 或 Nb 与 C 化合生成了较稳定的 TiC 或 NbC，但在再次加热到高温时，这些碳化物仍会分解消融；因此在经受如焊接之类加热后应对焊缝再次进行稳定化热处理。

7.3.3 常用金属材料一般在何种热处理状态下使用？

答：常用金属材料使用的热处理状态如表 7.3.3 所示。

表 7.3.3 常用金属材料使用的热处理状态

材料牌号	热处理状态	材料牌号	热处理状态
Q235	正火	15CrMo	正火+回火
20	正火	12Cr5Mo	正火+回火
16Mn	正火	35CrMoA	调质
12CrMo	正火+回火	06Cr19Ni10	固溶

第四节 杂质元素在钢中的作用

7.4.1 主要杂质元素在非合金钢中有什么作用？

(1) 锰：非合金钢中锰的含量一般为 0.25%~0.8%。锰是炼钢时作为脱氧剂进入钢中的残存元素，锰有很好的脱氧能力；锰能溶于铁素体和渗碳体中，使其固溶强化，并能增加和细化珠光体，从而提高其强度和硬度；锰可与硫形成 MnS，以消除硫的有害影响。

(2) 硅：硅在镇静钢中含量一般为 0.1%~0.4%，而在沸腾钢中含量一般小于或等于 0.07%。硅也是作为脱氧剂进入钢中的，硅比锰的脱氧能力还强；硅能溶于铁素体中使其固溶强化，从而提高其强度、硬度和弹性。

(3) 硫：硫是钢中的有害元素，由矿石与焦炭中带来的。硫与铁形成化合物 FeS(熔点为 1190℃左右)，而 FeS 与铁形成低熔点(985℃)的共晶体分布在晶界处。当钢在 1000~1200℃进行锻压或轧制时，由于这种共晶体先熔化，而使钢沿晶界开裂，称为“热脆”。硫还降低钢的耐腐蚀性。

(4) 磷：磷是钢中的有害杂质，磷在钢中能全部溶于铁素体内，而使铁素体在室温的强度和硬度提高，但塑性和韧性却剧烈下降，即产生“冷脆性”。

(5) 碳：碳含量升高，钢的强度和硬度升高，塑性和韧性下降，焊接性能下降，焊缝热影响区扩大。但 C>0.9%后，由于二次渗碳体增加较多，且呈网状分布，钢的强度反而下降。

7.4.2 碳对钢的焊接性能有什么影响？低合金钢中的一些合金元素对钢的焊接性能有什么影响？

答：钢材焊接时，焊缝热影响区的一部分被加热至 A_3 以上，快速冷却后会被淬硬。钢

材含碳量越高，热影响区的硬化与脆化倾向越大，在焊接应力作用下容易产生裂纹，钢的各种化学成分对钢淬硬性的影响通常折算成碳的影响，称为碳当量，用 C_e 表示。

国际焊接协会推荐的碳钢及低合金钢常用碳当量计算公式如下：

$$C_e = C\% + \frac{Mn}{6}\% + \frac{Cr+Mo+V}{5}\% + \frac{Ni+Cu}{15}\% \quad (7.4.2)$$

根据试验：

- (1) 当 $C_e < 0.4\%$ 时，钢材的淬硬倾向不明显，可焊性优良，焊接时不必预热；
- (2) 当 $C_e = 0.4\% \sim 0.6\%$ 时，钢材的淬硬倾向逐渐明显，需要采取适当预热，控制线能量等工艺措施；
- (3) 当 $C_e > 0.6\%$ 时，淬硬倾向强，属于难焊钢材，需采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

焊接时，焊缝区域由于高温作用会引起晶粒长大，从而增加焊后开裂的倾向，钢中加入细化晶粒和阻碍晶粒长大的元素，如 Mo、Ti、V，且以 Al 脱氧时，有利于改善焊接性能，而 C、Ni、Mn 则会增加开裂的危险。

7.4.3 钢材中常见缺陷有哪些？

答：钢在冶炼和轧制过程中，如果工艺不当，会在成型之后在钢材中产生一些缺陷，常见的缺陷有重皮、分层、低熔点夹杂物（非金属夹杂物）、皮下气泡、疏松、组织和成分的偏析、裂纹与白点等，这些缺陷不仅严重影响钢材的机械性能和使用性能，而且给钢材进一步加工造成困难。在制造压力元件前，根据情况可对钢材进行必要的检验，常用的有低倍组织检验、断口检验及超声波检测等。

第五节 常用金属材料的应用限制

7.5.1 什么叫沸腾钢？什么叫镇静钢？

答：脱氧不完全的钢称为沸腾钢。由于脱氧不完全，钢液中含氧量多，浇注及凝固时会产生大量 CO 气泡，造成剧烈的沸腾现象，沸腾钢也因此而得名；沸腾钢冷凝后没有集中缩孔，因而成材率高、成本低、表面质量及冲击性能好，但因含氧量高、成分偏析大、内部杂质多、抗腐蚀性和机械性能差，且容易发生时效硬化和钢板的分层，质量较差。

镇静钢是脱氧完全的钢。浇注时钢液平静，没有沸腾现象，此类钢冷凝后易产生集中缩孔，所以成材率低、成本高，但镇静钢气体含量低，时效倾向小，钢锭中气泡、疏松较少，质量较好。

脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢称为半镇静钢，其性能也介于二者之间。

7.5.2 Q235A·F，20，06Cr19Ni10 各为何种钢，钢材牌号中各符号意义是什么？

答：Q235A·F 为碳素结构钢牌号，Q235 表示钢材屈服强度为 235N/mm^2 ；A 表示质量等级为 A；F 表示为沸腾钢。

20 为优质碳素结构钢牌号，牌号意义表示钢材的平均含碳量为 0.2%。

06Cr19Ni10 为不锈钢牌号，牌号表示钢材主要合金元素的百分含量，06 表示碳含量小于

或等于 0.08%，Cr19 表示铬含量为 18.00%~20.00%，Ni10 表示镍含量为 8.00%~11.00%。

7.5.3 Q235 系列钢板的适用范围有何不同？

答：根据现行国家标准《压力容器 第 2 部分：材料》GB 150.2—2011 附录 D 中 Q235 系列钢板的使用规定：

(1) Q235B 钢板的适用范围：

设计压力 $P < 1.6 \text{ MPa}$ ；

使用温度为 20~300℃；

钢板厚度：用于容器壳体不大于 16mm；用于其他受压元件不大于 30mm；

不得用于毒性程度为高度和极度危害介质的管道。

(2) Q235C 钢板的适用范围：

设计压力 $P < 1.6 \text{ MPa}$ ；

使用温度为 0~300℃；

钢板厚度：用于容器壳体不大于 16mm，用于其他受压元件不大于 40mm；

不得用于毒性程度为高度和极度危害介质的管道。

7.5.4 石油化工压力管道设计中，常用钢材使用温度范围怎样？

答：常用钢材使用温度范围见表 7.5.4。

表 7.5.4 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 Q235B	-10~350
	Q235C	-10~400
	10	-29~425
优质碳素结构钢	20	-20~425
	20G	-20~450
	Q245R	-20~450
	Q345R	-40~450
低合金钢	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

续表

材 料	材 料 牌 号	使用温度/℃
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。

7.5.5 何谓金属材料的脆性转变温度？

答：钢材在较低温度时发生的脆性断裂通常称为冷脆。材料发生脆裂时的临界温度称为韧性-脆性转变温度，简称为脆性转变温度。

对于碳钢和低合金钢的韧性-脆性转变是在一定的温度范围内发生的，要确切的定出材料的脆性转变温度是比较困难的。确定脆性转变温度的方法很多。目前普遍采用的方法是，把冲击值降到某一特定允许的最低冲击值时的温度，作为该材料的脆性转变温度。

7.5.6 对钢材的使用温度下限有何规定？温度低于规定的下限时，对材料应按什么规定进行什么试验？

答：对于碳素钢、低合金钢、中合金钢及高合金铁素体钢，钢材的使用温度下限均高于-20℃。当设计温度低于或等于-20℃时，应按低温压力容器和管道的设计规定进行夏比(V型缺口)低温冲击试验。

7.5.7 高温条件下材料的选用应符合哪些规定？

答：高温条件下材料的选用时应符合下列规定：

- (1) 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；
- (2) 确定材料的使用温度上限时应考虑腐蚀性介质的影响；
- (3) 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；
- (4) 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℃；
- (5) 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；
- (6) 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；
- (7) 双相不锈钢的使用温度不宜高于300℃；
- (8) 钛及钛合金的使用温度不宜高于300℃；
- (9) 镍及镍基合金的使用温度应符合表7.5.7的规定。

表 7.5.7 镍及镍合金的使用温度

℃

材 料	不含硫的环境			蒸汽	含硫环境	
	氧化	H ₂ 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

7.5.8 低温条件下材料的选用应符合哪些规定？

答：低温条件下材料的选用时应符合下列规定：

(1) 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；

(2) 低温管道用钢应采用镇静钢；

(3) 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国家标准的有关规定进行低温冲击试验；

(4) 铬镍奥氏体不锈钢母材在设计温度高于或等于-196℃，且满足下列各项要求时，可免做低温冲击试验：

1) 材料含碳量小于或等于 0.10%；

2) 材料应为固溶热处理状态。

(5) 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，设计温度不应小于-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，设计温度不应小于-48℃。

7.5.9 什么叫低温低应力工况？低温低应力工况管道材料是否要做低温冲击试验？

答：低温低应力工况是指受压元件的设计温度虽然低于-20℃，但其薄膜应力小于或等于钢材常温标准屈服强度的六分之一，且不大于 50MPa 的工况。

当管道材料在低温低应力工况下工作，若其设计温度加 50℃后，仍然高于-20℃时，管道材料可免做低温冲击试验。

7.5.10 低温管道用钢的冲击试验温度如何确定？

答：低温管道用钢冲击试验温度应低于或等于受压元件的最低设计温度，当受压元件使用条件符合低温低应力工况要求时，钢材的冲击试验温度应低于或等于设计温度加 50℃。若设计温度加 50℃后，高于-20℃时，则不必遵守低温压力管道的要求。

7.5.11 低温钢材进行冲击试验时，如何确定冲击功的合格指标？

答：根据现行国家标准《压力管道规范 工业管道 第 2 部分：材料》GB/T 20801.2—

2006 的规定, 钢材在试验温度下冲击功的合格指标, 应按钢材标准抗拉强度下限值确定。在低温下的冲击功值应符合低温用材料标准或表 7.5.11-1 和表 7.5.11-2 的规定。

表 7.5.11-1 冲击试验的冲击功合格标准(母材、焊缝金属、热影响区)

材料类别	标准规定最小抗拉强度值/MPa	标准试样冲击功 ^① /J	
		三个试样平均值	单个试样最低值
碳钢、合金钢($\sigma_b < 655$ MPa)	≤ 450	18	14
	$> 450 \sim 515$	20	16
	$> 515 \sim < 655$	27	20
合金钢螺栓材料($\leq M52$)	≥ 655	27	20

注: ①采用小尺寸试样时, 冲击功合格标准按试样宽度的比例降低。

表 7.5.11-2 冲击试验的侧向膨胀量合格标准(母材、焊缝金属)

材料类别	最低设计温度/ $^{\circ}\text{C}$	冲击试验温度/ $^{\circ}\text{C}$	侧向膨胀量 ^② /mm
奥氏体不锈钢、铁素体不锈钢、双相不锈钢、 >M52且 $\sigma_b \geq 655$ MPa 碳钢和合金钢螺栓材料	≥ -196	最低设计温度	0.38
	< -196	-196	0.46

注: ①采用小尺寸试样时, 侧向膨胀量合格标准与标准试样相同。

②三个试样均应合格。

7.5.12 常用压力管道钢材在达到什么温度时才要考虑蠕变?

答: 在设计中是否考虑蠕变, 首先取决于金属使用温度的高低。通常碳钢在 300~350 $^{\circ}\text{C}$ 、低合金钢在 400~450 $^{\circ}\text{C}$ 使用时应考虑蠕变问题。

7.5.13 碳素钢和碳锰钢在高于 425 $^{\circ}\text{C}$ 下长期使用时, 应考虑什么问题? 为什么?

答: 现行国家标准《压力管道规范 工业管道 第 2 部分: 材料》GB/T 20801.2—2006 规定, 碳素钢和碳锰钢在高于 425 $^{\circ}\text{C}$ 下长期使用时, 应考虑钢中的碳化物相的石墨化倾向。

因为在这种条件下, 钢中的渗碳体会发生分解, $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$ (石墨), 这一分解使钢中的珠光体部分或全部消失, 使材料的强度和塑性下降, 冲击韧性下降更大, 钢材明显变脆。

7.5.14 奥氏体不锈钢的使用温度高于 525 $^{\circ}\text{C}$ 时, 应注意什么问题? 为什么?

答: 奥氏体不锈钢的使用温度高于 525 $^{\circ}\text{C}$ 时, 应注意钢中的含碳量不应小于 0.04%。若含碳量太低, 钢的强度会显著下降。

第六节 石油化工生产过程中常见的腐蚀环境

7.6.1 什么是金属的腐蚀? 它如何分类?

答: 金属与周围介质相接触, 产生化学或电化学反应而遭受破坏的过程称为腐蚀。腐蚀

的分类方法较多,常用的有以下几种:

(1) 按腐蚀介质分,有大气腐蚀、水腐蚀、土壤腐蚀、高温气体腐蚀及各种酸、碱、盐的腐蚀等;

(2) 按遭受腐蚀的材料分,有碳钢的腐蚀、不锈钢的腐蚀、各种有色金属的腐蚀及高分子材料的腐蚀等;

(3) 按腐蚀形式分,有均匀腐蚀及局部腐蚀两大类,后者又分为晶间腐蚀、点蚀及缝隙腐蚀等;

(4) 按腐蚀反应机理分,有化学腐蚀及电化学腐蚀两大类。

7.6.2 什么是应力腐蚀破裂?哪些介质可引起金属的应力腐蚀破裂?应如何防止?

答:应力腐蚀破裂是金属在应力(拉应力)和腐蚀性介质的共同作用下(并有一定的温度条件)所引起的破裂。应力腐蚀现象较为复杂,当应力不存在时,腐蚀裂纹发展很慢,以至在材料寿命期内不发生开裂;当有应力并达到一定的水平后,金属会在腐蚀并不严重的情况下发生破裂,由于这样的破裂是脆性的,没有明显预兆,容易造成灾难性事故。

可产生应力腐蚀破坏的金属材料和环境的组合主要有以下几种:

(1) 对碳钢和低合金钢,介质有碱液、硝酸盐溶液、无水液氨、湿硫化氢、醋酸等;

(2) 对奥氏体不锈钢,介质有氯离子、氯化物+蒸汽、硫化氢、碱液等;

(3) 对含钼奥氏体不锈钢,介质有碱液、氯化物水溶液、硫酸+硫酸铜的水溶液等;

(4) 对黄铜,介质有氨气及溶液、氯化铁、湿二氧化硫等;

(5) 对钛,介质有含盐酸的甲醇或乙醇、熔融氯化钠等;

(6) 对铝,介质有湿硫化氢、含氢硫化氢、海水等。

工程上防止应力腐蚀开裂的措施有以下几方面:其一是降低应力水平,避免或减少局部应力集中,消除加工残余应力和焊接残余应力;其二是控制敏感环境,例如加入缓蚀剂,升高介质的pH值,采用电化学保护等措施;其三是正确选用材质,力求避免易产生应力腐蚀开裂的材料-环境组合。

7.6.3 介质中含有硫和环烷酸的管道材料选用有何要求?

答: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:

(1) 对操作温度等于或高于240℃,介质中含活性碳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,并参见国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012附录C中图C.1的规定选用;

(2) 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。

7.6.4 对于介质中含有氢气的管道应如何选择材料?

答: 对于操作温度等于或高于 200℃ 的管道, 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, 按现行国家标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 附录 C 中图 C.2 的 Nelson 曲线选择合适的抗氢钢材。

7.6.5 在湿硫化氢应力腐蚀环境中, 管道材料的选用应符合哪些要求?

答: (1) 当介质符合下列各项条件时, 即构成湿硫化氢应力腐蚀环境:

- 1) 游离水中溶解的 H_2S 浓度大于 50×10^{-6} (50ppm) (质量分数);
 - 2) 游离水 pH 的值小于 4.0, 并溶有 H_2S ;
 - 3) 游离水的 pH 值大于 7.6, 且氢氰酸 (HCN) 含量大于 20×10^{-6} (20ppm) (质量分数), 并溶有 H_2S ;
 - 4) 气相中的 H_2S 分压大于 0.0003MPa (绝压)。
- (2) 在湿硫化氢应力腐蚀环境中, 管道材料的选用应符合下列要求:
- 1) 材料标准规定的屈服强度应小于或等于 355MPa;
 - 2) 材料实测的抗拉强度应小于或等于 630MPa;
 - 3) 材料的使用状态应为正火、正火加回火、退火或调质状态;
 - 4) 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%;
 - 5) 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;
 - 6) 厚度大于 20mm 的钢板应按国家现行标准《承压设备无损检测 第 3 部分: 超声检测》NB/T 47013.3 进行超声检测, 质量等级不应低于 II 级;
 - 7) 材料应选用镇静钢, 如 20、Q245R、Q345R 等。

7.6.6 碱应力腐蚀环境 (碱脆) 下, 管道材料的选用应符合哪些规定?

答: 苛性钠碱液管道在一定条件下能引起碳钢材料的应力腐蚀开裂 (碱脆), 影响碳钢产生应力腐蚀开裂的因素有碱液浓度、温度和材料中存在的残余应力等。管道材料的选用应符合下列要求:

- 1) 管道的材料选用可参见国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 附录 D 中图 D 的要求;
- 2) 碳素钢和低合金钢制管道的操作温度和碱液溶液位于国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 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;
- 3) 当碱液浓度低但可能产生浓缩时, 材料的选用可参见国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 附录 D 的要求;
- 4) 当操作温度和碱液浓度位于国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 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;
- 5) 当操作温度和碱液浓度位于国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 附录 D 中图 D 上的 C 区时, 材料应选用镍基合金。镍合金材料使用范围见表 7.6.6。

表 7.6.6 镍合金材料使用范围

碱液浓度/%	10	20	30	40	50
温度/℃	105	110	97	82	77

7.6.7 液氨应力腐蚀环境下，管道材料的选用应符合哪些要求？

答：(1) 介质同时符合下列各项条件时，即构成液氨应力腐蚀环境：

- 1) 介质为液氨(含水量不大于0.2%)，且有可能受空气(氧气或二氧化碳)污染的场所；
- 2) 使用温度高于-5℃。

(2) 液氨应力腐蚀环境条件下，管道材料的选用应符合下列要求：

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

7.6.8 连多硫酸应力腐蚀环境下，管道材料的选用有何要求？

答：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的不锈钢。

7.6.9 何谓氢脆？何谓氢腐蚀？二者有何不同？

答：在一定条件下氢分子分解成氢原子，或者氢气在湿的腐蚀环境中经过电化学反应生成氢原子，这些氢原子渗透到钢内部后，使钢晶粒间原子结合力降低，造成钢材的延伸率、断面收缩率降低，强度也发生变化，这种现象叫氢脆。

所谓氢腐蚀，是钢材长期与高温、高压氢气接触时，氢原子或氢分子会与钢中的碳化物(渗碳体)发生化学反应生成甲烷($\text{Fe}_3\text{C}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 3\text{Fe} + \text{CH}_4$)，当这样的化学反应发生在钢材的表面时，称为表面脱碳，发生在钢材内部时，称为内部脱碳。内部脱碳和外部脱碳统称为氢腐蚀。对于钢材的内部脱碳，由于生成的甲烷气体不能从钢中扩散出去，而聚积在晶粒间形成局部高压，造成应力集中，进而使钢材产生微裂纹或鼓泡，致使钢材的强度及韧性下降，钢材变脆。

氢脆是一次脆化，是可逆的，而氢腐蚀是永久脆化、是不可逆的。

7.6.10 影响氢气环境下氢脆的因素有哪些？应如何防止？

答：影响氢气环境下氢脆的因素有：

- (1) 氢分压：氢分压越高，延迟破坏的时间越短；
- (2) 温度：高温下不发生氢脆，此时它已经转化为氢腐蚀。温度太低时也不发生，因为此时氢不具备大量渗入金属晶格内的活性。它一般多发生在-30~30℃温度区内；
- (3) 金属材料的强度：强度越高，发生氢脆的可能性越大；
- (4) 金属的金相组织：如马氏体组织发生氢脆的指数是球状珠光体组织的 3 倍；
- (5) 应力水平：材料的脆断是在足够的应力作用下发生的，降低应力水平，使其低于晶格滑移所需的最小能量，氢脆将不会发生。

工程上防止氢脆发生的措施有：避开其温度敏感区使用；选用强度较低的材料；降低金属构件的应力水平。

7.6.11 什么是晶间腐蚀？应如何防止？

答：晶间腐蚀是由于晶界沉积了杂质，或某一元素增多或减少而引起的。这种变化大多由于不适当的热处理或冷加工所致。晶间腐蚀的发生有两个条件，其一是晶界物质的物理化学状态与晶粒本身不同，其二是具有特定的腐蚀环境存在。以奥氏体不锈钢为例，它在焊接时，焊缝两侧 2~3mm 处可被加热到 400~910℃，这就是所谓的晶间腐蚀敏化区，这时晶界的铬和碳化合为 Cr_{23}C_6 ，从固溶体中沉淀下来，铬的流动性很慢，不容易从晶内扩散到晶界，因此晶界形成贫铬区。钢中含铬量须在 11% 以上才有良好耐腐蚀性，贫铬区的铬量可降到 11% 的水平。因此，在适合的腐蚀溶液中就形成碳化铬（阴极）-贫铬区（阳极）电池，使晶界贫铬区产生腐蚀。

工程上防止晶间腐蚀（对奥氏体不锈钢而言）发生的措施主要有：

- (1) 进行固溶化热处理；
- (2) 降低不锈钢中的含碳量，将碳含量降低到 0.03% 以下；
- (3) 采用含稳定化元素（主要是钛和铌）的奥氏体不锈钢。

7.6.12 不锈钢晶间腐蚀试验方法主要有哪几种？怎样选择？

答：按现行国家标准《金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法》GB/T 4334，共给出了 5 种试验方法，主要方法有：10% 草酸法、硫酸-硫酸铁法、65% 硝酸法（亦称为 Huey 法）、硝酸-氢氟酸法和硫酸-硫酸铜法。

晶间腐蚀试验方法的选择根据经验及需要而定。大致原则为，一般介质采用硫酸-硫酸铜法；65% 硝酸法不轻易使用，主要用于 60℃ 到沸点的稀硝酸介质和合成尿素介质；含 Mo 不锈钢一般用硝酸-氢氟酸法；10% 草酸法主要用作其他方法筛选之用。

第七节 压力管道器材设计标准规范

7.7.1 常用压力管道器材设计标准规范有哪些？

答：有下列标准规范：

- (1) GB/T 20801.1~20801.6《压力管道规范 工业管道》；
- (2) GB 50316—2000(2008 年版)《工业金属管道设计规范》；
- (3) SH/T 3059—2012《石油化工管道设计器材选用规范》；
- (4) HG/T 20646.5—1999《化工装置管道材料设计技术规定》。

7.7.2 金属材料常用的标准有哪些？标准主要包括哪些内容？

答：在压力管道设计中常用的材料标准有以下几种：

- (1) 《优质碳素结构钢》GB/T 699—2015

主要对 08、10、15、20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85、15Mn、20Mn、25Mn、30Mn、35Mn、40Mn、45Mn、50Mn、60Mn、65Mn、70Mn 等优质碳素钢的牌号、尺寸、外形、质量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则等作出规定。

(2) 《碳素结构钢》GB/T 700—2006

主要对 Q195、Q215、Q235、Q275 等碳素结构钢的牌号、尺寸、外形、质量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则等作出规定。

(3) 《不锈钢棒》GB/T 1220—2007

此标准对不锈钢棒的尺寸、外形、技术要求、试验方法、验收规则等作出规定。它是包括 06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2 等奥氏体不锈钢，06Cr13Al、10Cr17 等铁素体不锈钢，12Cr13、20Cr13 等马氏体不锈钢和 05Cr17Ni4Cu4Nb 等沉淀硬化型等各种不锈钢的技术条件。

(4) 《耐热钢棒》GB/T 1221—2007

此标准对耐热钢棒的尺寸、外形、技术要求、试验方法、验收规则等作出规定。它是包括奥氏体型耐热钢，铁素体型耐热钢和马氏体型耐热钢等的技术条件。

(5) 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591—2018

此标准对低合金高强度结构钢的牌号、尺寸、外形、质量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则等作出规定。标准包括了 Q355、Q390、Q420、Q460、Q355N、Q390N、Q420N、Q460N、Q355M、Q390M、Q420M、Q460M、Q500M、Q550M、Q620M、Q690M、等牌号低合金高强度结构钢的制造检验要求。

(6) 《合金结构钢》GB/T 3077—2015

此标准对热轧和锻制的合金结构钢尺寸、外形、技术要求、试验方法、验收规则等作出规定

此技术条件包括了石油化工管道常用的 12CrMo、15CrMo、35CrMo、12Cr1MoV、40CrV 等一些常用合金钢牌号。

7.7.3 压力管道设计常用钢管标准有哪些？各标准的尺寸系列、材料及制造要求有何区别？

答：压力管道设计常用钢管标准及其尺寸系列、材料及制造要求见表 7.7.3。

表 7.7.3 常用钢管标准及其尺寸系列、材料及制造要求

标准号	标准名称	尺寸系列/mm	材 料	制造方法
GB 3087—2008	低中压锅炉用无缝钢管	见 GB/T 17395	10、20	热轧、冷拔
GB/T 3091—2015	低压流体输送用焊接钢管	见 GB/T 21835	Q195 Q215A、Q215B Q235A、Q235B Q275A、Q275B Q345A、Q345B	埋弧焊或电阻焊
GB 5310—2017	高压锅炉用无缝钢管	见 GB/T 17395	20G、12CrMoG、15CrMoG、12Cr1MoVG、07Cr19Ni10、07Cr19Ni11Ti、07Cr18Ni11Nb 等	热轧、冷拔
GB 6479—2013	高压化肥设备用无缝钢管	见 GB/T 17395	10、20、Q345B、12CrMo、15CrMo、12Cr2Mo、12Cr5Mo 等	热轧、冷拔
GB/T 8163—2008	输送流体用无缝钢管	见 GB/T 17395	10、20、Q295、Q345、Q390、Q420、Q460 等	热轧、冷拔
GB 9948—2013	石油裂化用无缝钢管	见 GB/T 17395	10、20、12CrMo、15CrMo、12Cr5MoI、07Cr19Ni10、07Cr18Ni11Nb 等	热轧、热扩、冷拔

续表

标准号	标准名称	尺寸系列/mm	材 料	制造方法
GB/T 9711—2017	石油天然气工业管线输送系统用钢管	$D_o = 10.3 \sim 2134$ $t = 1.7 \sim 52.0$	L175、L210、L245、L290、L320、L360、L390、L415、L450、L485、L555、L625、L690、L830 等	无缝管、自动电弧焊、埋弧焊或电阻焊
GB/T 12771—2008	流体输送用不锈钢焊接钢管	见 GB/T 21835	12Cr18Ni9、06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2 等	自动电弧焊
GB 13296—2013	锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管	见 GB/T 17395	12Cr18Ni9、06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2 等	热轧、冷拔
GB/T 14976—2012	流体输送不锈钢无缝钢管	见 GB/T 17395	06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2 等	热轧、冷拔
GB/T 18984—2016	低温管道用无缝钢管	见 GB/T 17395	16MnDG、10MnDG、09DG、09Mn2VDG、06Ni3MoDG	热轧、冷拔
SH/T 3405—2017	石油化工钢管尺寸系列	1) 焊接和无缝不锈钢管: $DN = 6 \sim 750$ Sch5S、10S、40S、80S 2) 碳素钢、合金钢无缝钢管 $DN = 6 \sim 1200$ Sch10、20、30、40、60、80、100、120、140、160、STD、XS、XXS; 3) 碳素钢、合金钢焊接钢管: $DN = 50 \sim 4000$ $t = 2.11 \sim 31.75$	—	—

7.7.4 压力管道设计常用管件标准有哪些？各标准有何区别？

答：压力管道设计常用管件标准见表 7.7.4。

表 7.7.4 压力管道设计常用管件标准

标准种类	标准代号	标准名称	系列范围	端部外径	材 料
国家标准	GB/T 12459—2017	钢制对焊管件类型与参数	$DN = 15 \sim 1500\text{mm}$ 壁厚按表号	I、II 系列	—
	GB/T 13401—2017	钢制对焊管件技术规范	—	—	20、20G、Q345B、25MnG、16MnDG、12Cr1Mo、15CrMo、12Cr5Mo、12Cr1MoV、06Cr19Ni10、06Cr18Ni11Ti 等
	GB/T 14383—2008	锻制承插焊和螺纹管件	$DN = 15 \sim 100\text{mm}$ CL2000、CL3000、CL6000、CL9000	I、II 系列	20、Q295、Q345、15CrMo、12Cr1MoV、12Cr5Mo、06Cr19Ni10、06Cr18Ni11Ti、022Cr19Ni10、022Cr17Ni12Mo2 等
	GB/T 17185—2012	钢制法兰管件	CL150、CL300 $DN = 25 \sim 600\text{mm}$	—	碳钢、合金钢、奥氏体不锈钢
	GB/T 19326—2012	钢制承插焊、螺纹和对焊支管座	$DN = 6 \sim 900\text{mm}$ 壁厚按表号	—	20、16Mn、15CrMo、12Cr1MoV、15Cr5Mo、06Cr19Ni11、06Cr18Ni11Ti 等

续表

标准种类	标准代号	标准名称	系列范围	端部外径	材 料
石化行业 行业标准	SH/T 3408— 2012	石油化工钢 制对焊管件	$DN=15\sim 3400\text{mm}$	端部外径 与壁厚按 SH/T 3405— 2017	10、20、20G、16Mn、12Cr1MoVG、 12CrMo、15CrMo、12Cr5Mo、07Cr19Ni10、 06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、 022Cr17Ni12Mo2 等
	SH/T 3410— 2012	石油化工锻钢 制承插焊和 螺纹管件	$DN=6\sim 100\text{mm}$ CL2000、CL3000、 CL6000、CL9000	承口尺寸根据 SH/T 3405— 2017	20、16Mn、15CrMo、12Cr1MoV、 14Cr1Mo、12Cr2Mo1、12Cr5Mo、16MnD、 10Ni3MoVD、09MnNiD、S30408 (0Cr19Ni9)、 S30403 (00Cr19Ni10)、S31608 (0Cr17Ni12Mo2)、 S31603 (00Cr17Ni14Mo2) 等
石油天然气 行业标准	SY/T 0510— 2017	钢制对焊 管件规范	$DN=15\sim 1200\text{mm}$ 分 I、II 系列		10、20、16Mn、12CrMo、15CrMo、 0Cr18Ni9 等

注：表中所示的各种管件标准，对焊无缝和钢板制对焊管件均修改采用 ASME B16.9 和 ASME B16.28。锻钢制承插焊和螺纹管件均修改采用 ASME B16.11。

7.7.5 压力管道设计常用管法兰标准有哪些？各标准都属于哪个体系？公称压力如何分级？

答：压力管道设计常用管法兰标准有下列四类：

(1) 国家标准

1) 《钢制管法兰》GB/T 9112~9123—2010、GB/T 9124.1、9124.2—2019

国家标准采用《(NPS $\frac{1}{2}$ ~NPS24)管法兰和法兰管件》ASME B16.5—2013 及《法兰及其连接—管道、阀门、管配件及附件用圆形法兰，PN 标识第一部分：钢制法兰》EN 1092-1：2007。ASME B16.5—2013 标准只涉及了 Class 系列法兰，EN 1092-1：2007 标准只涉及了 PN 系列法兰。国家标准包括并综合了上述两个标准的内容，即包括了 Class 系列法兰和 PN 系列法兰，标准中有两个公称压力系列：

《钢制管法兰 第 1 部分：PN 系列》GB/T 9124.1 为 2.5、6、10、16、25、40、63、100、160、250、320、400；

《钢制管法兰 第 2 部分：Class 系列》GB/T 9124.2 为 Class150、Class300、Class600、Class900、Class1500、Class2500。

公称直径范围因公称压力不同而异：

PN2.5~160， $DN10\sim 4000\text{mm}$ ；

PN250、320、420， $DN10\sim 250\text{mm}$ 。

法兰结构型式：有整体、带颈螺纹、对焊、带颈平焊、板式平焊、带颈承插焊、对焊环板式松套、对焊环带颈松套、平焊环板式松套、翻边环板式松套、法兰盖等。

密封面型式， $DN\leq 600\text{mm}$ 时有突面、榫槽面、环槽面、凹凸面和全平面等。

2) 《大直径钢制管法兰》GB/T 13402—2010

基本上是修改采用美国国家标准《大直径钢制管法兰(NPS26~NPS60)》ASME B16.47，取消了 Class400 的法兰；大直径钢制管法兰分为 A 和 B 两个系列，两个系列的法兰尺寸完全不同，不能互换，相互连接的两个设备必须采用相同的法兰系列。

公称压力范围：CL75、CL150、CL300、CL600、CL900；

公称直径范围： $DN650\sim DN1500$ 。

法兰结构型式：有整体法兰、对焊法兰、法兰盖，密封面有突面和环连接面。

(2) 中国石油化工集团公司标准《石油化工钢制管法兰》SH/T 3406—2013

SH/T 3406—2013 是根据石油化工生产的特点，参照美国国家标准《管法兰及法兰管件

(NPS1/2~NPS24)》ASME B16.5 及《大直径钢制管法兰(NPS26~NPS60)》ASME B16.47 编制而成。标准属于美洲体系。

公称压力范围: $PN11, 20, 50, 68, 110, 150, 260, 420$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN1500$ 。

$DN \leq 600\text{mm}$ 的法兰结构型式: 有对焊、平焊、承插焊、松套、螺纹和法兰盖等。

$DN \geq 650\text{mm}$ 的法兰结构型式: 仅有对焊法兰。

密封面型式, $DN \leq 600\text{mm}$ 时有突面、榫槽面、环槽面、凹凸面和全平面等; $DN \geq 650\text{mm}$ 时仅有突面。

(3) 化工部标准《钢制管法兰、垫片、紧固件》HG/T 20592~20635—2009

1) 其中 HG/T 20592 属于欧洲体系。本标准适用的钢管外径包括 A、B 两个系列, A 系列为国际通用系列(俗称英制管), B 系列为国内沿用系列(俗称公制管)。

公称压力范围: $PN2.5, 6, 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN2000$ 。

法兰结构型式: 有板式平焊、带颈平焊、带颈对焊、整体、承插焊、螺纹、对焊环松套、平焊环松套、法兰盖、衬里法兰盖等。

密封面型式: 有突面、凹凸面、榫槽面、环连接面、全平面等。

2) 其中 HG/T 20615 属于美洲体系。本标准适用的钢管标准为 A 系列, 即国际通用系列。

对于 $DN \leq 600\text{mm}$ 的法兰修改采用了 ASME B16.5, 对 $DN \geq 650\text{mm}$ 的法兰修改采用 ASME B16.47。

公称压力范围: $\text{Class}150, 300, 600, 900, 1500, 2500$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN1500$ 。

法兰结构型式: 有带颈平焊、带颈对焊、长高颈法兰、整体法兰、承插焊、螺纹、对焊环松套和法兰盖等。

密封面型式: 有突面、凹凸面、榫槽面、环连接面、全平面等。

(4) 机械行业标准《管路法兰及垫片》JB/T 74~90—2015

此标准属于欧洲标准体系。

公称压力范围: $PN2.5, 6, 10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 200\text{MPa}$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN4000$ 。

法兰结构型式: 有整体、板式平焊、对焊、平焊环板式松套、对焊环板式松套、翻边板式松套和法兰盖等。

密封面型式: 有突面、凹凸面、榫槽面、环连接面等。

7.7.6 设计中常用的法兰代号有哪些?

答: (1) 法兰连接代号: 对焊连接——WN; 承插焊连接——SW; 螺纹连接——PT; 松套连接——LJ; 平焊连接——SO。

(2) 法兰密封面代号: 全平面——FF; 突面——RF; 环连接面——RJ/RTJ; 凹凸面——MF; 榫槽面——TG。

7.7.7 压力管道设计常用垫片标准有哪些?

答: 压力管道设计常用垫片标准有下列 4 类:

(1) 国家标准

1) 《管法兰用非金属平垫片 尺寸》GB/T 9126—2008, 分为全平面、突面、凹凸面和榫

槽面管法兰用非金属平垫片。

公称压力范围: $PN2.5, 6, 10, 16, 25, 40, 63$; Class 150($PN20$), Class 300($PN50$);

公称直径范围: $DN10 \sim DN4000$, 厚度 $0.8 \sim 3.0\text{mm}$ 。

2) 《大直径钢制管法兰用垫片》GB/T 13403—2008, 增加了 A 系列法兰用垫片。

a) A、B 系列法兰用缠绕式垫片

公称压力范围: Class 150($PN20$) ~ Class 900($PN150$);

公称直径范围: $DN650 \sim DN1500$, $T_1/T = 3.0/4.5\text{mm}$ 。

b) A、B 系列法兰用非金属平垫片

公称压力范围: Class 150($PN20$), Class 300($PN50$);

公称直径范围: $DN650 \sim DN1500$, $t = 3.0\text{mm}$ 。

c) A、B 系列法兰用柔性石墨金属波齿复合垫片

公称压力范围: Class 150($PN20$) ~ Class 900($PN150$);

公称直径范围: $DN650 \sim DN900$, $T/t = 4.0/3.0\text{mm}$;

$DN950 \sim DN1500$, $T/t = 4.5/3.5\text{mm}$ 。

3) 《管法兰用非金属聚四氟乙烯包覆垫片》GB/T 13404—2008

公称压力范围: $PN6, 10, 16, 20, 25, 40, 50, 63$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN600$ 。

公称压力范围: Class 150、Class 300;

公称直径范围: $DN15 \sim DN600$ 。

4) 《缠绕式垫片 分类》GB/T 4622.1—2009、《缠绕式垫片 管法兰用垫片尺寸》GB/T

4622.2—2008、《缠绕式垫片 技术条件》GB/T 4622.3—2007

该标准同时包括了欧洲和美洲两个体系。

a) 基本型

公称压力范围: $PN16, 25, 40, 63, 100, 160, 250$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN80$, $T = 3.2$ 或 2.5mm ;

$DN100 \sim DN300$, $T = 3.2\text{mm}$;

$DN350 \sim DN2000$, $T = 4.5\text{mm}$ 。

公称压力范围: $PN50, 110, 150, 260$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T = 4.5\text{mm}$ 。

b) 带内加强环型

公称压力范围: $PN16, 25, 40, 63, 100, 160, 250$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN80$, $T_1/T = 2.0/3.2\text{mm}$;

$DN100 \sim DN300$, $T_1/T = 2.0/3.2\text{mm}$ 或 $3.0/4.5\text{mm}$;

$DN350 \sim DN2000$, $T_1/T = 3.0/4.5\text{mm}$ 。

公称压力范围: $PN50, 110, 150, 260$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T_1/T = 3.0/4.5\text{mm}$ 。

c) 带外加强环型

公称压力范围: $PN10, 16, 25, 40, 63, 100, 160$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN300$, $T_1/T = 3.0/4.5\text{mm}$;

$DN350 \sim DN3000$, $T_1/T = 3.0/4.5$ 或 $5.0/6.5\text{mm}$ 。

公称压力范围: $PN20, 50, 110, 150, 260$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN600, T_1/T=3.0/4.5\text{mm}$ 。

d) 带内外加强环型

公称压力范围: $PN10, 16, 25, 40, 63, 100, 160, 250$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN300, T_1/T=3.0/4.5\text{mm}$;

$DN350 \sim DN3000, T_1/T=3.0/4.5$ 或 $5.0/6.5\text{mm}$ 。

公称压力范围: $PN20, 50, 110, 150, 260$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN600, T_1/T=3.0/4.5\text{mm}$ 。

5) 《管法兰用金属包覆垫片》GB/T 15601—2013

公称压力范围: $PN25 \sim PN63$;

公称直径范围: $DN10 \sim DN4000$ 。

公称压力范围: Class 150~Class 600;

公称直径范围: NPS 1/2~NPS 60。

垫片型式: 有平面型(F型)及波纹型(C型)两种。

垫片厚度: 3mm。

(2) 石油化工有限公司标准

1) 《石油化工钢制管法兰用非金属平垫片》SH/T 3401—2013

a) 突面管法兰用垫片

公称压力范围: $PN11$;

公称直径范围: $DN650 \sim DN1500$ B 系列, $T=3.0\text{mm}$ 。

公称压力范围: $PN20, 50, 68, 110$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN350, T=1.5\text{mm}$;

$DN400 \sim DN600\text{mm}, T=3.0$;

$DN650 \sim DN1500$, 分 A、B 系列, $T=3.0\text{mm}$ 。

b) 全平面管法兰用垫片

公称压力范围: $PN20$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN600, T=3.0\text{mm}$ 或 1.5mm 。

c) 凹凸面管法兰用垫片

公称压力范围: $PN50, 68, 110$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN300, T=1.5\text{mm}$;

$DN350 \sim DN600, T=3.0\text{mm}$ 。

d) 榫槽面管法兰用垫片

公称压力范围: $PN50, 68, 110$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN300, T=1.5\text{mm}$;

$DN350 \sim DN600, T=3.0\text{mm}$ 。

2) 《石油化工钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片》SH/T 3402—2013

a) 剖切型包覆垫片

公称压力范围: $PN20, 50$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN350$, 垫片总厚度 3mm。

b) 折包型包覆垫片

公称压力范围: $PN20, 50$;

公称直径范围: $DN200 \sim DN600$, 垫片总厚度 3mm。

3) 《石油化工钢制管法兰用金属环垫》SH/T 3403—2013

公称压力范围: $PN20, 50, 68, 110, 150, 260, 420$;

公称直径范围: $DN15 \sim DN900$;

金属环垫断面型式: 椭圆形、八角形;

环号: R11~R105;

材料: 软铁、10, 06Cr13, 06Cr19Ni10, 06Cr17Ni12Mo2, 022Cr19Ni10, 022Cr17Ni12Mo2

等。

4) 《石油化工钢制管法兰用缠绕式垫片》SH/T 3407—2013

a) 基本型

公称压力范围: $PN50 \sim PN420$; 公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T=4.5\text{mm}$ 。

b) 带内环型

公称压力范围: $PN50 \sim PN420$; 公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T/T_1=4.5/3.0\text{mm}$ 。

c) 带外环型

公称压力范围: $PN20 \sim PN420$; 公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T/T_2=4.5/3.0\text{mm}$;

公称压力范围: $PN20 \sim PN150$; 公称直径范围: $DN650 \sim DN1500$, $T/T_2=4.5/3.0\text{mm}$,

分 A、B 系列。

d) 带内外环型

公称压力范围: $PN20 \sim PN420$; 公称直径范围: $DN15 \sim DN600$, $T/T_1/T_2=4.5/3.0/3.0\text{mm}$;

公称压力范围: $PN20 \sim PN150$; 公称直径范围: $DN650 \sim DN1500$, $T/T_1/T_2=4.5/3.0/3.0\text{mm}$, 分 A、B 系列。

金属带材料: 06Cr13, 06Cr19Ni10, 06Cr18Ni11Ti, 06Cr17Ni12Mo2, 06Cr25Ni20, 022Cr17Ni12Mo2, 022Cr19Ni10 等。

非金属带材料: 无石棉纤维、柔性石墨、聚四氟乙烯。

(3) 化工行业标准

此种垫片有欧洲和美洲两个体系标准, 标准的系列范围如下:

1) 《钢制管法兰用非金属平垫片》

项目	标准号	HG/T 20606—2009	HG/T 20627—2009
	体系	欧洲	美洲
全平面用		$PN=2.5, 6, DN=10 \sim 600\text{mm}$; $PN=10, 16, DN=10 \sim 2000\text{mm}$	Class 150, $DN=15 \sim 600\text{mm}$
突面用		$PN=2.5 \sim 63, DN=10 \sim 2000\text{mm}$	Class 150~600, $DN=15 \sim 1500\text{mm}$
凹凸面用		$PN=10 \sim 63, DN=10 \sim 600\text{mm}$	Class 150~600, $DN=15 \sim 600\text{mm}$
榫槽面用		$PN=10 \sim 63, DN=10 \sim 600\text{mm}$	Class 150~600, $DN=15 \sim 600\text{mm}$
厚度		$DN \leq 300\text{mm}, T=1.5\text{mm}, DN=350 \sim 2000\text{mm}, T=3.0\text{mm}$	

2) 《钢制管法兰用聚四氟乙烯包覆垫片》

项目	标准号	HG/T 20607—2009	HG/T 20628—2009
	体系	欧洲	美洲
型式、规格	a) 剖切型(A型)	$PN=6\sim 40, DN=10\sim 500\text{mm}$	a) 剖切型(A型) Class 150, 300, $DN=15\sim 500\text{mm}$
	b) 机加工型(B型)	$PN=6\sim 40, DN=10\sim 500\text{mm}$	b) 机加工型(B型) Class 150, 300, $DN=15\sim 500\text{mm}$
	c) 折包型(C型)	$PN=6\sim 40, DN=350\sim 600\text{mm}$	c) 折包型(C型) Class 150, 300, $DN=350\sim 600\text{mm}$
厚度	$D\leq 300\text{mm}, T=3.0\text{mm}, DN350\sim 600\text{mm}, T=4.0\text{mm}$		

3) 《钢制管法兰用金属包覆垫片》

项目	标准号	HG/T 20609—2009	HG/T 20630—2009
	体系	欧洲	美洲
规格		$PN25, DN=10\sim 900\text{mm};$	
		$PN40, DN=10\sim 600\text{mm};$	Class 300、600、900, $DN=15\sim 600\text{mm}$
		$PN=63, 100, DN=10\sim 400\text{mm}$	
厚度	$T=3.0\text{mm}$		

4) 《钢制管法兰用缠绕式垫片》

项目	标准号	HG/T 20610—2009	HG/T 20631—2009
	体系	欧洲	美洲
型式、规格	A型(基本型), 适用于榫槽面法兰 B型(带内环型), 适用于凹凸面法兰		
	$PN=2.5\sim 40$		Class ≥ 300
	$DN=10\sim 600\text{mm}, T/t=3.2/2.0\text{mm}$		$DN=15\sim 600\text{mm}, T/t=3.2/2.0\text{mm}$
	C型(带外环型), 适用于突面法兰 D型(带内外环型), 适用于突面法兰		
	$PN=16\sim 40, DN=10\sim 2000\text{mm};$ $PN=63\sim 160, C型, DN=10\sim 400\text{mm};$ D型, $DN=10\sim 300\text{mm}$		Class 300, 600, 900, 1500, $DN=15\sim 600\text{mm};$ Class 150, 300, $DN=650\sim 1500\text{mm}$
厚度	$T/T_1=4.5\text{mm}/3.0\text{mm}$		

5) 《钢制管法兰用齿形组合垫》

项目	标准号	HG/T 20611—2009	HG/T 20632—2009
	体系	欧洲	美洲
类型、规格		a) 突面法兰用 B 型和 C 型 PN16, DN=10~2000mm PN25, DN=10~1200mm PN40, DN=10~600mm PN63, DN=10~400mm PN100, DN=10~400mm PN160, DN=10~300mm b) 榫槽面、凹凸面法兰用 A 型 PN≤160, DN=10~600mm	a) 突面法兰用 B 型和 C 型 Class 300, 600, 900, 1500, DN=15~600mm; PN=420, DN=15~300mm b) 榫槽面、凹凸面法兰用 A 型 Class 300, 600, 900, 1500, DN=15~600mm
厚度		T=5.0mm	

6) 《钢制管法兰用金属环垫》

项目	标准号	HG/T 20612—2009	HG/T 20633—2009
	体系	欧洲	美洲
型式、规格		a) 椭圆形 b) 八角型 PN=63, 100, DN=15~400mm; PN160, DN=15~300mm	a) 椭圆形 b) 八角型 Class 150~2500, DN=15~900mm; 环号 R11~R105

(4) 机械行业标准

1) 《管路法兰用石棉橡胶垫片》JB/T 87—2015

a) 突面法兰用垫片

范围: PN2.5~PN6MPa, DN10~3200;

PN10, DN10~3000;

PN16, 25, DN10~2000;

PN40, DN10~600。

b) 凹凸面法兰用垫片

范围: PN10, 16, 25MPa, DN10~1000, $t=0.8\sim3.0$ mm;

PN40, DN10~DN600; $t=0.8\sim3.0$ mm;

PN63, DN10~DN500。 $t=0.8\sim3.0$ mm。

c) 榫槽面法兰用垫片

范围: PN10, 16, 25MPa, DN10~1000; $t=0.3\sim3.0$ mm;

PN40, DN10~DN600, $t=0.8\sim3.0$ mm;

PN63, DN10~DN400, $t=0.8\sim3.0$ mm。

2) 《管路法兰用金属齿形垫片》JB/T 88—2014

公称压力范围: PN40, 63, 100, 160MPa, 凹凸面法兰用;

公称直径范围: DN10~DN80, $t=3.0$ mm;

$DN100 \sim DN450, t=4.0\text{mm};$

$DN500 \sim DN800, t=5.0\text{mm}。$

公称压力: $PN200\text{MPa}$, 凹凸面法兰用;

公称直径范围: $DN15 \sim DN80, t=3\text{mm};$

$DN100 \sim DN250, t=4\text{mm}。$

3) 《管路法兰用金属环垫》JB/T 89—2015

环垫型式: 八角形、椭圆形。

$PN63\text{MPa}$, 公称直径范围: $DN10 \sim DN500;$

$PN100\text{MPa}$, 公称直径范围: $DN10 \sim DN400;$

$PN160\text{MPa}$, 公称直径范围: $DN10 \sim DN300;$

$PN200\text{MPa}$, 公称直径范围: $DN10 \sim DN250。$

材料 08, 10, 06Cr13(0Cr13), 06Cr19Ni10(0Cr18Ni9), 06Cr17Ni12Mo2(0Cr17Ni12Mo2)。

4) 《管路法兰用缠绕式垫片》JB/T 90—2015

a) 基本型(A型), 用于榫槽面法兰。

公称压力范围: $PN16、25、40、63、100、160\text{MPa};$

公称直径范围: $DN10 \sim DN2000, T/T_1=3.2/2.0$ 或 $4.5/3.0\text{mm}。$

b) 带内环型(B型), 用于凹凸面法兰, 规格同 A 型。

c) 带外环型(C型), 用于突面法兰。

范围: $PN16、25、40\text{MPa}, DN10 \sim DN2000, T/T_1=4.5/3.0$ 或 $6.5/5.0\text{mm};$

$PN63、100、160, DN10 \sim DN50, T/T_1=4.5/3.0$ 或 $6.5/5.0\text{mm}。$

d) 带内外环型(D型), 用于突面法兰, 规格同 C 型。

7.7.8 压力管道设计常用管法兰连接用紧固件标准有哪些?

答: 目前国内管法兰连接用紧固件标准基本上有下列三类:

(1) 石油化工行业标准, 《石油化工钢制管法兰用紧固件》SH/T 3404—2013, 标准对下列紧固件做了规定:

1) 六角头螺栓

螺纹规格为 M10, M12, M14, M16, M18, M20, M22, M24, M27, M30, M33, M36×3, M39×3, M42×3, M45×3, M48×3 共 16 种。

螺栓长度为 $L=45 \sim 480\text{mm}。$

2) 螺柱: 又分等长双头螺柱和全螺纹螺柱。等长双头螺柱中间部分采用缩颈结构。螺纹规格为 M10, M12, M14, M16, M18, M20, M22, M24, M27, M30, M33, M36×3, M39×3, M42×3, M45×3, M48×3, M52×3, M56×3, M64×3, M72×3, M76×3, M90×3, M100×3, M105×3 共 24 种。

螺柱长度 $L=40 \sim 720\text{mm}。$

3) 螺母

螺纹规格为 M10~M105×3, 规格分级同螺柱。

六角对边宽度采用 GB 3104—1982 的加大系列, 以增加连接的摩擦面积, 六角头螺栓头部厚度按 ASME B18.2.1, 六角螺母厚度分薄型和厚型两种(以 I 型和 II 型区分), 厚度螺母(II 型)厚度等于螺纹直径, 与 ASME B18.2.2 相一致。通丝螺柱有较高的抗疲劳性能和较好的工艺性能。

紧固件材料以材料牌号表示有下列几种：

Q235A、25、35、35CrMoA、25Cr2MoVA、06Cr19Ni10 等。

(2) 化工行业标准

化工行业的《钢制管法兰用紧固件》标准为了与法兰两种体系配套编制了两个标准；

《钢制管法兰用紧固件》HG/T 20613—2009(欧洲体系)；

《钢制管法兰用紧固件》HG/T 20634—2009(美洲体系)。

下面列表介绍 HG/T 20613 标准的内容：

1) 六角头螺栓的规格和性能等级：

标 准	规 格	性能等级(商品级)
GB/T 5782 A级和 B级 (粗牙)	M10、M12、M16、M20、M24、M27、 M30、M33	5.6、8.8、A2-50、A2-70、 A4-50、A4-70
GB/T 5785 A级和 B级 (细牙)	M36×3、M39×3、M45×3、 M52×4、M56×4	

2) 等长双头螺柱的规格和材料牌号：

标 准	规 格	性能等级(商品级)
GB/T 901 B级 (商品级)	M10、M12、M16、M20、M24、M27、M30、 M33、M36×3、M39×3、M45×3、 M52×4、M56×4	8.8、A2-50、A2-70、 A4-50、A4-70

3) 全螺纹螺柱的规格和材料牌号：

标 准	规 格	性能等级(商品级)
HG/T 20613 (全螺纹螺柱)	M10、M12、M16、M20、M24、M27、 M30、M33、M36×3、M39×3、M45×3、 M52×4、M56×4	35CrMo 25Cr2MoV 0Cr18Ni9 0Cr17Ni12Mo2 A193-B8 CL.2 A193-B8M CL.2 A320-L7 A453-660

4) 螺母规格和性能等级、材料牌号：

标 准	规 格	性能等级(商品级)	材料牌号(专用级)
GB/T 6170	M10、M12、M16、M20、 M24、M27、M30、M33	6 8 A2-50 A2-70	
GB/T 6171	M36×3、M39×3、 M45×3、M52×4、M56×4	A4-50 A4-70	
GB/T 6175	M10、M12、M16、M20、 M24、M27、M30、M33	—	30CrMo 35CrMo 0Cr18Ni9
GB/T 6176	M36×3、M39×3、M45×3、 M52×4、M56×4	—	0Cr17Ni12Mo2 A194-8、8M A194-7

HG/T 20634 与 HG/T 20613 比较，有下列差别：

- 1) 六角头螺栓规格无 M10、M12、M36×3、M39×3、M45×3、M52×4、M56×4，增加了 M14；
- 2) 无等长双头螺柱；
- 3) 全螺纹螺柱规格无 M10、M12、M52×4、M56×4，增加了 M14、M42×3、M48×3、M52×3、M56×3、M64×3、M70×3、M76×3、M82×3、M90×3；
- 4) 螺母规格无 M10、M12、M52×4、M56×4，增加了 M14、M30、M33、M42×3、M48×3、M52×3、M56×3、M64×3、M70×3、M76×3、M82×3、M90×3。

(3) 通用紧固件标准

目前国内在压力管道设计中，在许多设计单位直接采用下列通用的紧固件国家标准：

- 1) 《六角头螺栓 C 级》GB 5780—2016，螺纹规格 M5×0.8~M64×6；
- 2) 《六角头螺栓 全螺纹 C 级》GB 5781—2016 螺纹规格 M5×0.8~M64×6；
- 3) 《六角头螺栓》GB 5782—2016 螺纹规格 M1.6×0.36~M64×6；
- 4) 《六角头螺栓 细牙》GB 5785—2016 螺纹规格 M8×1~M64×4；
- 5) 《六角螺母 C 级》GB/T 41—2016，螺纹规格 M5×0.8~M64×6；
- 6) 《1 型六角螺母》GB 6170—2015 螺纹规格 M1.6×0.35~M64×6；
- 7) 《1 型六角螺母 细牙》GB 6171—2016 螺纹规格 M8×1~M64×4；
- 8) 《等长双头螺柱 B 级》GB/T 901—1988，螺纹规格 M2~M56。

直接采用上述标准存在下列问题：

- a) 螺纹规格不全，缺少法兰连接用的 M14、M27、M33、M39、M45、M52、M70、M76、M82、M90 的螺栓、螺母；
- b) 上述标准有的全是粗牙，有的全是细牙，不能按螺纹规格不同，分别制成粗牙或细牙；
- c) 紧固件材料均按性能等级划分，对有特殊要求的材料无法明确指定。

因此，上述通用紧固件标准不能满足压力管道设计要求。如果直接采用这些标准，还必须提出适当的补充要求。

7.7.9 压力管道中常用的锥管螺纹标准有几种？相互间能否互换？

答：共有两种：

(1) 《55°密封管螺纹》GB/T 7306.1、2—2000(2004 年确认)

螺纹锥度 1:16

牙型角 55°

尺寸范围 $\frac{1}{16}$ "~6"

螺纹代号

圆锥内螺纹 R_c

圆锥外螺纹 R_2

标记示例 $1\frac{1}{2}$ 圆锥内螺纹 $R_c 1\frac{1}{2}$

$1\frac{1}{2}$ 圆锥外螺纹 $R_2 1\frac{1}{2}$

此标准等效采用《用螺纹密封的管螺纹》ISO 7/1—1982。

(2) 《60°密封管螺纹》GB/T 12716—2011

螺纹锥度 1:16

牙型角 60°

尺寸范围 $\frac{1}{16}$ "~24"

螺纹特征代号 NPT

标记示例 NPT 3/8

——螺纹尺寸代号

——60° 牙型角圆锥管螺纹

此标准等效采用《通用管螺纹(英制) Pipe Threads, General Purpose (inch)》ASME B1.20.1—1983(R2006)。

两种圆锥管螺纹不能互换。

第八节 压力管道器材选用

7.8.1 管道级别如何划分?

答: 石油化工管道的级别, 应根据管道输送介质的危险程度和设计条件划分。

7.8.2 管道材料如何选用?

答: (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。

(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。

(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。

(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。

(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) 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, 应符合国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 第 5.1.2 条的规定。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(12) 用于焊接的碳钢或低合金钢的含碳量不应大于 0.3%。

(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。

(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。

(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，其分类应符合下列要求：

- 1) 年腐蚀速率小于或等于 0.05mm 的材料为充分耐腐蚀材料；
- 2) 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；
- 3) 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；
- 4) 年腐蚀速率大于 0.5mm 的材料为不耐腐蚀材料。

(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。

(17) 金属材料的高温氧化年腐蚀率可参见国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 附录 B 中的表 B。

7.8.3 根据制造方法不同钢管如何分类？

答：根据制造方法不同，钢管分为无缝钢管和焊接钢管两大类。

无缝钢管的制造工艺很多，可以采用热轧、热挤、热扩、冷轧和冷拔等方法制造。

焊接钢管可以根据焊缝的形式和焊接方法分为下列几类：

(1) 连续炉焊钢管

在加热炉内对钢带进行加热，然后对已成型的边缘采用机械加压方法焊接在一起而形成的具有一条直缝的钢管；

(2) 电阻焊钢管

通过电阻焊或电感应焊接工艺生产的，带有一条直焊缝的钢管；

(3) 直缝或螺旋缝埋弧焊钢管

通过一个或几个裸金属自耗电极与工件间形成的一个或数个电弧，对金属加热而产生金属结合的，带有一条直焊缝或螺旋焊缝的钢管。在焊接过程中，电弧和熔化金属被工件上易熔的小颗粒材料保护起来；

(4) 熔化极气体保护电弧焊钢管

通过连续的自耗电极和工件间形成的一个或数个电弧；对金属加热而产生金属结合，带有直焊缝或螺旋焊缝的钢管，其保护完全由外部提供的气体或混合气体来获得。

7.8.4 流体输送用钢管和结构用钢管有何区别，压力管道应采用什么钢管？

答：结构用钢管主要用于一般金属结构，要求保证强度与刚度，而流体输送用钢管除了要保证有符合要求的强度与刚度外，还要求保证密封性，因此要求逐根管子进行水压试验。压力管道必须采用流体输送用钢管。

7.8.5 钢管公称壁厚的表示方法有几种？意义是什么？

答：钢管壁厚的表示方法在不同标准中各不相同，但主要有三种：

(1) 以管子表号表示公称壁厚

此种表示方法以《焊接和无缝轧制钢管》ASME B36.10M 为代表并为其他许多标准所采用，常以“Sch”表示。管子表号是管子设计压力与设计温度下材料许用应力的比值乘以 1000，并经圆整后的数值：

$$\text{Sch} = \frac{P}{[\sigma]^t} \times 1000 \quad (7.8.5)$$

ASME B36.10M 和 JIS 标准中,管子表号(Sch)有:10、20、30、40、60、80、100、120、140、160;

ASME B36.19M 中不锈钢管管子表号(Sch)有:5S、10S、40S、80S;

中石化标准《石油化工钢管尺寸系列》SH/T 3405—2017 中,管子表号(Sch)有:5、10、20、30、40、60、80、100、120、140、160;不锈钢管管子表号(Sch)有:5S、10S、40S、80S。

(2) 以管子重量表示公称壁厚

美国 MSS 和 ASME 也规定了以管子重量表示壁厚的方法,将管子壁厚分为三种:

- 1) 标准重量管,以 STD 表示;
- 2) 加厚管,以 XS 表示;
- 3) 特厚管,以 XXS 表示。

对于 $DN \leq 250\text{mm}$ 的管子, Sch 40 相当于 STD, $DN < 200\text{mm}$ 的管子, Sch 80 相当于 XS。

(3) 以钢管壁厚值表示公称壁厚

中国、ISO 和日本部分钢管标准采用壁厚值表示钢管公称壁厚。

7.8.6 SH/T 3059 对管子的选用有什么规定?

答:(1) 钢管规格宜符合国家现行标准《石油化工钢管尺寸系列》SH/T 3405 的有关规定。

(2) 管子公称直径宜按以下系列选用:

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

(3) 除仪表接管、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。

(4) 管子壁厚不应小于以下三项中的最大值:

- 1) 按本规范第 8.2 节规定计算的壁厚;
- 2) 按 $D_0/150$ (D_0 为管子外径, mm) 确定的管子壁厚;
- 3) 最小选用壁厚应符合表 7.8.6 的规定。

表 7.8.6 管子最小壁厚 mm

材 料	公称直径 DN			
	≤ 100	150~200	250~300	≥ 350
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	

(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。

(6) 无缝钢管用于设计压力大于或等于 10MPa 时,制造检验应符合现行国家标准《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310、《石油裂化用无缝钢管》GB 9948 或《高压化肥设备用无缝钢管》

GB 6479 的规定，不锈钢管的检验应不低于现行国家标准《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976 的规定。

(7) 夹套管的内管应采用无缝钢管。

(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：

1) 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；

2) 碳钢埋弧焊螺旋缝钢管，可用于设计温度低于或等于 300℃ 的非极度危害和高度危害介质管道；

3) 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℃；

4) 焊接钢管应符合现行国家标准《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711 和《流体输送用不锈钢焊接钢管》GB/T 12771 的有关规定。

7.8.7 SH/T 3059 对管件的选用有什么规定？

答：(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：

1) 钢制对焊管件应符合国家现行标准《石油化工钢制对焊管件》SH/T 3408 或与其相当的标准规定；

2) 锻钢制管件应符合国家现行标准《石油化工锻钢制承插焊和螺纹管件》SH/T 3410 或与其相当的标准规定。

(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。

(3) 斜接弯头应符合下列规定：

1) 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；

2) 斜接角度（国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 图 8.3.2）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；

3) 剧烈循环工况下的管道中采用斜接弯管时，其一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。

7.8.8 SH/T 3059 对法兰的选用有什么规定？

答：(1) 法兰的选用应符合下列规定：

1) 法兰型式、结构尺寸应符合国家现行标准《石油化工钢制管法兰》SH/T 3406 或与其相当的标准规定；

2) 法兰许用工作压力应根据法兰标准中所列的温度-压力额定值确定；

3) 有毒、可燃介质管道不得采用板式平焊法兰；

4) 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；

5) 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；

6) 在剧烈循环工况下，应选用对焊式法兰。

(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。

(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。

7.8.9 受外载荷和内压同时作用的法兰, 如何确定法兰的设计压力?

答: 对于剧烈循环工况和极度危害介质的管道, 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式确定:

$$P_{FD} = P + P_{eq} \quad (7.8.9-1)$$

$$P_{eq} = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} \quad (7.8.9-2)$$

式中 P_{FD} ——法兰当量压力, MPa;

P ——介质工作压力, MPa;

P_{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, N·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。

7.8.10 利用标准法兰盖作异径法兰时, 法兰盖上开孔有何限制?

答: 根据国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 的规定, 以法兰盖作异径法兰时, 开孔直径应符合表 7.8.10 规定:

表 7.8.10 法兰盖开孔直径 mm

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

7.8.11 垫片选用有何要求?

答: 垫片的选用应符合下列规定:

(1) 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;

(2) 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。

7.8.12 常用法兰密封垫片有几大类? 适用范围如何?

答: 常用法兰密封垫片有下列三大类:

(1) 非金属垫片: 主要包括橡胶类垫片, 非石棉纤维橡胶垫片及聚四氟乙烯包覆垫片等。垫片型式多为平垫;

(2) 半金属垫片: 这种垫片由非金属和金属两种材料组合而成, 主要包括缠绕式垫片和金属包覆垫等。此种垫片密封性能好, 耐压性能好;

(3) 金属垫片: 此类垫片为金属(或合金)材料经机械加工制成。垫片型式有平垫、椭圆型垫和八角型垫等。金属垫的材料根据介质的腐蚀性质和温度选取, 具体有软铁、合金钢、铜、铝等。一般用于高压情况, 使用温度则根据选用的材料而定。各种金属垫的最高使用温度如表 7.8.12 所示。

表 7.8.12 金属环垫的最高使用温度

材 料		最高使用温度/ ℃	最大硬度值/ HB
钢 号	材料标准		
软 铁	GB/T 9971	540	90
10	GB/T 699	540	120
12Cr5Mo(1Cr5Mo)	NB/T 47008	650	130
06Cr13(0Cr13)	NB/T 47010 GB/T 1220	650	170
06Cr19Ni10(0Cr18Ni9)		700	160
06Cr18Ni11Ti(0Cr18Ni10Ti)		700	160
06Cr18Ni11Nb(0Cr18Ni11Nb)		700	160
06Cr17Ni12Mo2(0Cr17Ni12Mo2)		700	160
022Cr19Ni10(00Cr19Ni10)		450	150
022Cr17Ni12Mo2(00Cr17Ni12Mo2)		450	150

7.8.13 缠绕式垫片如何选用?

答: 缠绕式垫片选用应符合下列规定:

- (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 $PN150$ ($CL900$)的突面法兰应采用带内外环型缠绕式垫片。

7.8.14 垫片性能参数 y 和 m 的定义是什么? 其物理意义是什么?

答: 为形成初始密封条件而必须施加在垫片单位面积上的最小压紧力称为预紧密封比压 y 。

在操作条件下, 发生临界泄漏时, 单位密封面上所具有的密封压紧力称为工作密封比压, 工作密封比压 σ_E 与介质操作压力 P 的比值称为垫片系数 m , 即:

$$m = \frac{\sigma_E}{P} \quad (7.8.14)$$

y 和 m 是反映垫片性能的两个重要参数, 其数值与垫片的种类和材质有关, m 和 y 值大表明垫片达到密封时需要更大的螺栓载荷。

7.8.15 反映垫片密封性能的主要指标有几个? 这些指标的意义是什么?

答: 反映垫片密封性能的主要指标有下列三个:

$$\text{压缩率} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% \quad (7.8.15-1)$$

$$\text{回弹率} = \frac{T_3 - T_2}{T_1 - T_2} \times 100\% \quad (7.8.15-2)$$

$$\text{应力松弛率} = \frac{D_0 - D_f}{D_0} \times 100\% \quad (7.8.15-3)$$

式中 T_1 ——垫片在预紧载荷作用下的厚度, mm;

T_2 ——垫片在总载荷作用下的厚度, mm;

T_3 ——垫片在载荷减小到预紧载荷时的厚度, mm;

D_0 ——法兰连接在加热前螺栓的伸长量, mm;

D_f ——法兰连接在加热冷却后螺栓的伸长量, mm。

(1) 压缩率反映垫片在压紧时的变形能力, 压缩率大则堵塞法兰密封面粗糙面的能力大。

(2) 回弹率反映垫片在卸载后恢复原有厚度的能力, 回弹率大表明在密闭系统有压力波动时, 保持密封的性能好。

(3) 应力松弛率反映垫片在高温压紧状态下, 弹性变形转变为塑性变形时量的相对大小。应力松弛率愈低, 则表示垫片在高温压紧状态下, 弹性变形转变为塑性变形的量愈小, 表明垫片在长期高温条件, 能保持较好的密封性。

7.8.16 SH/T 3059 对紧固件的选用有什么要求?

答: (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。

(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。

(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。

(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) 非金属垫片的法兰连接, 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 $-20 \sim 200^\circ\text{C}$ 。

(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°C 。

(6) 紧固件应符合国家现行标准《石油化工钢制管法兰用紧固件》SH/T 3404 或与其相当标准的规定。

7.8.17 石油化工装置氧气管道及其组成件考虑哪些特殊要求?

答: 按照国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059 的规定, 氧气管道及其组成件的选材应符合下列要求:

(1) 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;

- (2) 管子宜采用无缝钢管；管件宜选用无缝对焊管件；
- (3) 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；
- (4) 垫片宜采用带内环的聚四氟乙烯缠绕式垫片；
- (5) 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；
- (6) 三通宜采用等径三通；
- (7) 氧气管子、管件、阀门等应进行脱脂处理。

7.8.18 剧毒流体管道组成件有何要求？

答：剧毒流体管道组成件应考虑下列要求：

- (1) 不能使用任何脆性材料；
- (2) 选用无缝钢管或经 100%无损探伤的焊接钢管；不锈钢管和对焊管件的壁厚要求应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的有关规定；
- (3) 管件宜采用锻制或无缝管件，支管连接优先采用无缝三通；
- (4) 若采用锥管螺纹连接，应加密封焊；
- (5) 不应使用带填料密封的补偿器；
- (6) 阀门应采用防止阀杆填料处泄漏的阀门，包括波纹管密封的截止阀、旋塞型或其他具有可靠的密封结构型式的阀门；
- (7) 法兰公称压力的选用宜留有大于或等于 25%裕量，且不应低于 $PN2.0\text{MPa}$ ；
- (8) 不应采用平焊(平板式)法兰；
- (9) 采用软垫片时，应是用榫槽面或凹凸面的法兰。

7.8.19 什么叫剧烈循环条件？剧烈循环条件下的管道组成件应符合哪些特殊要求？

答：剧烈循环条件是指管道计算的最大位移应力范围超过 0.8 倍的许用位移应力范围，而且在管道组成件的寿命期间的当量循环次数大于 7000 或由设计者确定的产生相等效果的条件。

剧烈循环条件下的管道组成件应满足下列要求：

- (1) 宜采用锻制和/或无缝管件；
- (2) 采用轧制焊接件时，焊接接头系数不应小于 0.9；
- (3) 采用钢铸件时，铸造质量系数不应小于 0.9；
- (4) 不锈钢管件的壁厚应符合现行国家标准《工业金属管道设计规范》GB 50316 的有关规定；
- (5) 不应选用大于 $DN40$ 的承插焊接头；
- (6) 螺纹连接仅限于温度计套管；
- (7) 不应采用平焊法兰，应采用对焊法兰，且法兰连接用的螺栓或螺柱应采用合金钢的材料；
- (8) 斜接弯管的一条焊缝改变方向的角度不应大于 22.5° 。

7.8.20 管道组成件的常见连接方法有哪些？各有何特点？

答：常见的连接方法有 4 种，即对焊连接(BW)、承插焊连接(SW)、螺纹连接(PT)和

法兰连接(FLG)。

对焊连接和承插焊连接属于不可拆卸连接,但连接接头的密封性好,常用于不要求拆卸的管道元件之间的连接。一般情况下,对焊连接适用于 $DN50$ 及以上直径的管道元件之间的连接,而承插焊连接则常用于 $DN40$ 及以下直径的管道元件之间的连接,但下列情况除外:

- (1) 壁厚大于或等于 SCH 160 的小口径管道;
- (2) 有缝隙腐蚀敏感介质存在的小口径管道;
- (3) 润滑油系统的小口径管道。

螺纹连接和法兰连接属于可拆卸连接,但连接接头的密封性较差,常用于要求拆卸的管道元件之间的连接,一般情况下,螺纹连接仅适用于 $DN40$ 及以下直径的管道元件之间的连接,当用于可燃介质、有毒介质管道上时,应进行密封焊。法兰连接常用于与阀门、动设备、静设备等的连接。

7.8.21 石油化工装置管道连接有什么规定?

答:(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;

1) 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;

2) 公称直径等于或大于 $DN50$ 的管道宜采用对焊连接。

(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;

1) 管螺纹应符合现行国家标准《60°密封管螺纹》CB/T 12716 或《55°密封管螺纹 第1部分:圆柱内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.1 和《55°密封管螺纹 第2部分:圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》GB/T 7306.2 的规定;

2) 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°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 4MPa ;公称直径为 $DN25$ 时,设计压力不应大于 8MPa ;公称直径小于或等于 $DN20$ 时,设计压力不应大于 10MPa ;高于上述压力应采用密封焊;

3) 圆锥外螺纹与圆柱内螺纹配合仅适用于 SHC5 级管道;

4) 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;

5) 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;

6) 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;

7) 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。

(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。

(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。

(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。

7.8.22 管道分支有何要求？直接焊接在主管上的支管连接有何要求？

答：(1) 支管直接焊接在主管上的支管连接，除下列情况外，均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：

- 1) 支管通过加强管接头与主管连接；
 - 2) 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。
- (2) 直接焊接在主管上的支管连接有下列要求：

- 1) 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；
- 2) 不宜用于设计温度超过 425℃ 的管道；
- 3) 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。

7.8.23 常见的管道分支结构由哪些？各有何特点？

答：常见的分支结构有整体管件型、加强管接头型、焊接支管型三大类。

(1) 整体管件型分支结构是利用整体管件如三通、四通等进行管道分支的一种型式。该型式承压能力较好，分支结构可靠，但成本较高。

(2) 加强管接头型是利用特制管件如半管箍、支管座等进行管道分支的一种型式。该型式常用于超出三通或四通分支范围的情况下，但往往受分支尺寸的限制。一般情况下，对于 DN40 及以下的分支，通常采用承插焊或螺纹连接的半管箍或支管座；DN50~DN200 的分支，常采用对焊支管座。

(3) 焊接支管型分开孔焊和开孔补强两种型式。

7.8.24 对于管子的分支连接，确定补强时等面积补强法计算应遵守的原则是什么？

答：等面积补强法计算应遵守下列原则：

- (1) 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；
- (2) 支管轴线和主管轴线相交，其夹角 β 不应小于 45°。

7.8.25 管道开孔补强有哪些方法？

答：管道开孔补强有两种方法：

- (1) 补强圈补强：以全熔透焊缝将内部或外部补强圈与支管、主管相焊；
- (2) 整体补强：增加主管厚度，或以全熔透焊缝将厚壁支管或整体补强锻件与主管相焊。

7.8.26 采用补强圈补强时应遵守哪些规定？

答：采用补强圈补强时应遵守下列规定：

- (1) 采用的钢材标准抗拉强度 $\sigma_b \leq 540\text{MPa}$ ；
- (2) 管壁名义厚度 $\delta_n \leq 38\text{mm}$ ；
- (3) 补强圈厚度应不大于 $1.5\delta_n$ 。

7.8.27 法兰连接用紧固件材料选择应考虑哪些因素？连接和安装有什么要求？

答：(1) 选择法兰连接用紧固件材料时，应同时考虑管道操作压力、操作温度、介质特性和垫片类型等因素。垫片类型和操作压力、操作温度一样，都直接对紧固件材料强度提出了要求。

例如，对于采用缠绕式垫片密封的低压、毒性为极度和高度危害介质管道的法兰连接，虽然管道的操作压力、温度不高，但是，因为使缠绕式垫片形成初始密封所要求的比压力较大，从而要求紧固件承受的载荷较大。因此，在这种情况下就要求紧固件采用高强度合金钢制造。

(2) 在同一连接接头中，高强度螺栓连接不应与普通螺栓连接混用。承压型高强度螺栓连接不应与焊接连接并用。在安装过程中，不得使用螺纹损伤及沾染脏物的高强度螺栓连接，不得用高强度螺栓兼作临时螺栓。

7.8.28 阀门选用一般考虑哪些原则？

答：阀门选用一般要考虑下述原则：

(1) 输送流体的性质：阀门是用于控制流体的，而流体的性质有各种各样，如液体、气体、蒸汽、浆液、悬浮液、黏稠液等，有的流体还带有固体颗粒、粉尘、化学物质等。因此在选用阀门时，先要了解流体的性质，如流体中是否含有固体悬浮物？液体流动时是否可能产生汽化？在哪儿汽化？气态流动时是否液化？流体的腐蚀性如何？考虑流体的腐蚀性时要注意几种物质的混合物其腐蚀性与单一组成时往往是完全不同的；

(2) 阀门的功能：选用阀门时还要考虑阀门的功能。此阀门是用于切断还是需要调节流量？若只是切断用，则还需考虑有无快速启闭的要求；阀门是否必须关得很严，一点也不许泄漏？每种阀门都有它的特性和适用场合，要根据功能要求选用合适的阀门；

(3) 阀门的尺寸：根据流体的流量和允许的压力损失来决定阀门的尺寸。一般应与工艺管道的尺寸一致；

(4) 阀门的压力损失：管道内的压力损失有相当一部分是由于阀门所造成。有些阀门结构的阻力大，而有些阻力小；但各种阀门又有其固有的功能特性。同一种型式的阀门有的阻力大，有的阻力小；选用时要适当考虑；

(5) 阀门的工作温度和工作压力：应根据阀门的工作温度和工作压力来确定阀门的材质和压力等级；

(6) 阀门的材质：当阀门的压力等级，温度和流体特性确定后，就应选择合适的材质。阀门的不同部位例如其阀体、压盖、阀盘、阀座等，可能是由好几种不同材质制造的，以获得经济、耐用的最佳效果。铸铁阀体最高允许 200℃；钢阀体可以用到 425℃；超过 425℃ 就应考虑使用合金钢材料；超过 550℃ 通常选用耐高温的 Cr-Ni 不锈钢材料。对输送腐蚀性介质的阀门，应选择合适、经济的材料，一般根据介质的性质选用不锈钢、蒙乃尔合金、塑料等材料，也可采用防腐材料衬里等。

7.8.29 闸阀的结构特点是什么？在管道中常做何种用途？

答：闸阀的闸板由阀杆带动，沿阀座密封面作升降运动，可接通或截断流体的通路。与截止阀相比，闸阀流动阻力小，启闭省力；与球阀和蝶阀相比，闸阀密封可靠性高，生产成本低。因此广泛用于各种介质管道的启闭。但当闸阀部分开启时，在闸板背面产生涡流，易引起闸板的冲蚀和振动，阀座的密封面也易损坏，故一般不作为节流用。与球阀和蝶阀相

比，闸阀的开启时间较长，结构尺寸较大，故不宜用在直径较大的情况。

7.8.30 截止阀和节流阀的结构特点各如何？

答：截止阀和节流阀都是向下闭合式阀门，阀瓣由阀杆带动，沿阀座中心线做升降运动。截止阀与节流阀结构基本相同，只是阀瓣形状有所不同，截止阀的阀瓣是盘形；节流阀的阀瓣多为圆锥形，可以改变流道截面积，以调节流量和压力。

7.8.31 止回阀的用途是什么？有几种型式，如何选用？

答：止回阀用于自动防止管道内的流体逆向流动，介质顺流时阀瓣自动开启，逆流时阀瓣自动关闭。

根据结构不同，止回阀可分为升降式止回阀、旋启式止回阀、斜盘式止回阀和双板式止回阀等四种。

一般情况下，升降式止回阀应安装在水平管道上，除非阀门带有合适的复位机构。旋启式止回阀应优先安装在水平管道上，当安装在垂直管道上时，流体必须是由下向上流动。安装止回阀时，应注意介质流动方向与止回阀阀体上的箭头方向一致。

7.8.32 球阀的结构特点如何？对可燃、易爆介质用球阀有何特殊要求？

答：球阀的阀瓣为一中间有通道的球体，球体绕自身轴线作 90° 旋转，达到启闭目的。与闸阀、截止阀相比，球阀有快速启闭的特点，流动阻力最小。根据球体结构不同，可分为浮动球和固定球两种，根据阀座密封结构不同，球阀有软密封和硬密封两种。

使用软密封的球阀，其阀门的工作温度和允许工作压力相应关系不仅是其相应法兰系列的压力-温度限值，尚需注意软密封填料的温度-压力额定值。

对可燃、易爆介质用软密封球阀，要求具有火灾安全结构和防静电结构，并获得符合相应标准的火灾安全试验证书。

7.8.33 常用疏水阀的结构特点和适用范围如何？

答：在压力管道设计中，疏水阀型式分为机械型、热静力和热动力型，常用的疏水阀有倒吊桶式疏水阀、杠杆浮球式疏水阀、自由浮球式疏水阀、双金属式疏水阀和圆盘式疏水阀等。

倒吊桶式、杠杆浮球式及自由浮球式等三种疏水阀属于机械型疏水阀，此种疏水阀主要利用蒸汽和凝结水的密度差，使其产生的浮力不同，使浮子升降，从而启闭阀门。此类疏水阀具有排除空气能力强、排液能力大等特点，适用于蒸汽用量大的加热设备的疏水，应安装在水平管道上。

双金属式疏水阀属热静力型疏水阀。疏水阀的感温体是双金属圆板，根据凝结水的温度变化使金属圆板呈凸或凹形弯曲，以此启闭疏水阀。此种疏水阀排量大，体积小，动作噪声小，多用于蒸汽伴热管道的疏水。

圆盘式疏水阀属于热动力型疏水阀，它是利用蒸汽和凝结水的温度不同，使变压室内的压力发生变化，从而开启疏水阀。此种疏水阀结构简单、体积小、维修简单，但空气流入后不能动作。动作噪声大、背压允许度低、不能在低压(0.03MPa以下)使用，蒸汽有泄漏，不适用于大排量。一般安装在水平管道上。

7.8.34 旋塞阀的特点及适用范围是什么？

答：旋塞阀的结构简单，开关迅速，操作方便，流体阻力小，零部件少，重量轻，无滞留流体的阀腔。适用于温度较低、黏度较大的介质和要求开关迅速的部位，一般不适用于蒸汽和温度较高的介质。

7.8.35 蝶阀的特点及适用范围是什么？

答：蝶阀与相同公称压力等级的平行式闸阀比较，其尺寸小、重量轻、开关迅速、具有一定的调节功能，适合制成较大口径和压力较低的阀门。

7.8.36 隔膜阀的特点及适用范围是什么？

答：隔膜阀的启闭件是一块橡胶隔膜，夹于阀体与阀盖之间。隔膜中间突出部分固定在阀杆上，阀体内衬有橡胶，由于介质不进入阀盖内腔，因此无需填料箱。

隔膜阀结构简单，密封性能好，便于维修，流体阻力小，适用于温度小于 200°C 、压力小于 1.0MPa 的油品、水、酸性介质和含悬浮物的介质。不适用于有机溶剂和强氧化剂的介质。

7.8.37 通用阀门规格书应包括哪些内容？阀门型号能否全面说明阀门的属性？

答：通用阀门规格书应包括下列内容：

- (1) 采用的标准代号；
- (2) 阀门的名称、公称压力、公称直径；
- (3) 阀体材料、阀体连接型式；
- (4) 阀座密封面材料；
- (5) 阀杆与阀盖结构；阀杆等内件材料，填料种类；
- (6) 阀体中法兰垫片种类、紧固件结构及材料；
- (7) 设计者提出的阀门代号或标签号；
- (8) 其他特殊要求。

国内现行的阀门型号表示方法，对阀杆及内件材料、填料种类、中法兰垫片种类、中法兰紧固件材料种类等均无规定，不能全面说明阀门的属性。

7.8.38 带螺纹阀盖的阀门有何使用限制？

答：带螺纹阀盖的阀门不应用于极度、高度危害介质和液化烃的管道。

7.8.39 低温系统的阀门有何特殊要求？

答：设计温度低于 -45°C 的阀门(止回阀除外)，宜选用加长阀盖结构。低温系统的弹性闸板的闸阀应在高压侧的闸板上开一个泄压孔；球阀在高压侧应有泄压结构或泄压孔。

7.8.40 阀门出厂前，一般要根据什么标准进行哪些试验？试验要求如何？

答：阀门出厂前要根据相关标准进行壳体压力试验和密封试验，国标阀门按国家现行标准《阀门的试验与检验》JB/T 9092，美标阀门按《阀门的检查和试验》API 598 执行。密封试验分上密封、低压密封和高压密封试验。

根据阀门类别不同选择密封试验。闸阀和截止阀要进行上密封和低压密封试验。

壳体压力试验，一般采用温度不超过 52℃ 的水或黏度不大于水的非腐蚀性流体，以 38℃ 时 1.5 倍的公称压力进行。

低压密封试验，一般采用空气或惰性气体，以 0.5~0.7MPa 压力进行。

第九节 管道器材受压元件计算

7.9.1 《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059 对哪些管道受压元件的强度计算做出了规定？

答：国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 对以下管道受压元件的强度计算做出了规定：

- (1) 金属直管；
- (2) 弯管及斜接弯头；
- (3) 三通；
- (4) 盲板与平盖；
- (5) 非标准异径管；
- (6) 开孔补强。

7.9.2 金属许用应力的基准如何确定？

答：根据《压力管道安全技术监察规程——工业管道》TSG D0001—2009，金属许用应力的基准如表 7.9.2 所示。

表 7.9.2 确定金属许用应力的基准

材 料	许用应力(应当小于或者等于下列各值中的最小值)/MPa				
	抗拉强度 下限值 (R_m)	屈服强度 下限值 (R_{eL})	设计温度 下屈服强度 (R'_{eL})	持久强度平均值或 持久强度最低值 (σ'_D 或 σ'_{Dmin})	蠕变极限 平均值 (σ'_n)
灰铸铁	$\frac{R_m}{10}$	—	—	—	—
球墨铸铁、可锻铸铁	$\frac{R_m}{5}$	—	—	—	—
碳钢 ^① 、合金钢、铁素体不锈钢、 延伸率小于 35% 的奥氏体不锈钢、双 相不锈钢、钛和钛合金、铝和铝合金	$\frac{R_m}{3}$	$\frac{R_{eL}}{1.5}$	$\frac{R'_{eL}}{1.5}$	$\frac{\sigma'_D}{1.5}$, $\frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$
延伸率大于或者等于 35% 的奥氏体 不锈钢和镍基合金	$\frac{R_m}{3}$	$\frac{R_{eL}}{1.5}$	0.90 R'_{eL} ^②	$\frac{\sigma'_D}{1.5}$, $\frac{\sigma'_{Dmin}}{1.25}$	$\frac{\sigma'_n}{1.0}$

注：①A 级碳素结构钢许用应力，为表中各列最低值乘以 0.92。

②对于法兰或者其他有微量永久变形就可能引起泄漏或者故障的场合不能采用。

7.9.3 如何确定金属直管的壁厚？

答：金属直管的壁厚确定方法如下：

- (1) 对于受内压直管，根据国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T

3059—2012 确定其壁厚：

1) 当 $t < D_0/6$ 时，直管的计算壁厚按下式计算：

$$t = \frac{PD_0}{2[\sigma]'\phi W + 2PY} \quad (7.9.3-1)$$

式中 t ——直管的计算壁厚，mm；

P ——设计压力，MPa；

D_0 ——管子外径，mm；

$[\sigma]'$ ——设计温度下管子材料的许用应力，MPa；

ϕ ——焊缝系数，对无缝钢管取 1；

W ——焊缝接头强度降低系数，应按表 7.9.3-1 取值。对于温度高于 816℃ 时，由设计者负责确定强度降低系数；

Y ——温度对计算直管壁厚公式的修正系数，应按表 7.9.3-2 取值。

表 7.9.3-1 焊缝接头强度降低系数

材料	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 ^①	—	—	—	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

注：①成品进行固溶热处理且焊缝进行 100% 射线检验。

表 7.9.3-2 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

直管的名义壁厚应按下式计算：

$$\bar{T} = t + C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (7.9.3-2)$$

式中 \bar{T} ——名义厚度，材料标准规定的厚度，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，管道设计寿命宜按 15 年考虑；

C_3 ——机械加工深度，mm，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；

C_4 ——厚度圆整值，mm。

2) 对于 $t \geq D_0/6$ 或 $P/\phi[\sigma]' > 0.385$ 的管子，其计算壁厚，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。

(2) 焊接钢管的焊缝系数，应按表 7.9.3-3 取值。

表 7.9.3-3 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 ϕ
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

(3) 无缝钢管壁厚负偏差, 按现行国家标准《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T 17395—2008 S2 级取为壁厚的 12.5%。

7.9.4 如何确定弯管的壁厚?

答: 弯管的壁厚, 应按下列要求确定:

$$t_w = \frac{PD_o}{2[\sigma]'\phi W/I + 2PY} \quad (7.9.4-1)$$

(1) 当计算弯管的内侧壁厚时:

$$I = \frac{4(R/D_o) - 1}{4(R/D_o) - 2} \quad (7.9.4-2)$$

(2) 当计算弯管的外侧壁厚时:

$$I = \frac{4(R/D_o) + 1}{4(R/D_o) + 2} \quad (7.9.4-3)$$

(3) 当计算弯管中心线处壁厚时:

$$I = 1.0 \quad (7.9.4-4)$$

式中 t_w ——弯管在内侧、外侧或弯管中心线处的计算壁厚, mm;

R ——弯管曲率半径, mm;

D_o ——管子外径, mm;

I ——计算系数。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 采用爆破法验证最大许用工作压力时, 爆破压力可按下列公式计算:

$$P_2 = P_1 \sigma_b^a / \sigma_b^n \quad (7.9.4-5)$$

$$P_1 = 2\sigma_b \bar{T} / D_o \quad (7.9.4-6)$$

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;

σ_b ——直管材料的规定抗拉强度, MPa;

\bar{T} ——直管名义壁厚, mm;

σ_b^a ——试验管件材料的实际抗拉强度, MPa;

σ_b^n ——试验管件材料的规定抗拉强度, MPa。

7.9.5 多接缝斜接弯头的最大许用内压力如何确定?

答: 最大许用内压力按下列要求确定:

(1) 斜接角度 α 小于或等于 3° 时按直管计算。

(2) 角度 θ 不大于 22.5° 的多接缝斜接弯头的最大许用内压力应取式(7.9.5-1)、式(7.9.5-2)计算结果中的较小值, 其中弯头曲率半径 R 应按式(7.9.5-3)计算。

$$P_m = \frac{[\sigma]^t \phi W T_e \left(\frac{T_e}{T_e + 0.643 \tan \theta \sqrt{r_c T_e}} \right)}{r_c} \quad (7.9.5-1)$$

$$P_m = \frac{[\sigma]^t \phi W T_e \left(\frac{R - r_c}{R - 0.5 r_c} \right)}{r_c} \quad (7.9.5-2)$$

$$R \geq \frac{A}{\tan \theta} + \frac{D_o}{2} \quad (7.9.5-3)$$

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;

A ——经验值, 由表 7.9.5 查取;

r_c ——管子平均半径, mm。

表 7.9.5 经验值 A

T_e/mm	A
≤ 13	25
$13 < T_e < 22$	$2T_e$
≥ 22	$[2T_e/3] + 30$

斜接弯头的斜接角, $\alpha = 2\theta$ 。

7.9.6 盲板厚度如何确定?

答: 夹在法兰间的盲板计算厚度, 应按式(7.9.6-1)计算, 盲板的设计厚度应按式(7.9.6-2)计算。

$$t_m = D_g \sqrt{\frac{3P}{16[\sigma]^t W \phi}} \quad (7.9.6-1)$$

$$T_{pd} = t_m + C \quad (7.9.6-2)$$

式中 t_m ——盲板的计算厚度, 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, mm;

- P ——设计压力, MPa;
- $[\sigma]^t$ ——在设计温度下材料的许用应力, MPa;
- W ——焊缝接头强度降低系数;
- ϕ ——焊缝系数, 对整体成型盲板, ϕ 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。

7.9.7 补强圈的补强如何计算?

答: 补强圈的补强计算应符合国家现行标准《石油化工管道设计器材选用规范》SH/T 3059—2012 第 8.7.9 条有关规定。

第十节 有色金属和非金属材料

7.10.1 铝及铝合金管在应用时应注意哪些问题?

答: 铝及铝合金管一般用于输送脂肪酸、硫化氢、二氧化碳及低温介质, 也可用于输送浓硝酸、醋酸、蚁酸、硫的化合物及硫酸盐等介质, 但不能用于输送盐酸、碱液, 特别是含有氯离子化合物的介质。铝管的最高使用温度为 200℃, 介质温度高于 160℃ 时, 不宜做承压用。铝管不可采用对铝有腐蚀的碳酸镁及含碱玻璃棉的绝热材料进行绝热。

7.10.2 铝及铝合金用于压力管道受压元件, 设计温度大于 75℃ 时, 选用有何要求?

答: 一般不选用含镁量大于或等于 3% 的铝合金。

7.10.3 钛和钛合金用于压力管道受压元件时有何要求? 工业纯钛在各种介质中的耐腐蚀性如何?

答: (1) 设计温度: 纯钛板不应高于 230℃, 钛合金不应高于 250℃, 钛复合板不应高于 350℃。钛材应在退火状态下使用。

(2) 工业纯钛在各种介质中的耐腐蚀性能见表 7.10.3:

表 7.10.3 工业纯钛在各种介质中的耐腐蚀性能

介 质	含量/%	温 度	评 价
盐酸	5	室温	优
	5	沸腾	差
	10	室温	良
	20	室温	差
硫酸	5	室温	优
	5	沸腾	差
	60	室温	良
	80	室温	差

续表

介 质	含量/%	温 度	评 价
硝酸	37	室温	优
	37	沸腾	优
	64	室温	优
	64	沸腾	良
磷酸	30	室温	优
	30	沸腾	差
磷酸	20℃ 饱和溶液	室温	优
		沸腾	优
氢氧化钠	20	室温	优
	20	沸腾	优

注：优——耐蚀；良——中等耐蚀；差——不耐蚀。

7.10.4 铜及铜合金用于压力管道受压元件时应为何状态使用？

答：一般应为退火状态使用。

7.10.5 常用非金属材料的选择应考虑哪些因素？

答：通常应从以下几个方面考虑：

- (1) 根据介质特性考虑管材对介质的耐受性，即介质的腐蚀性、浓度、氧化性、溶剂性等特性；
- (2) 根据管道的工作条件选择管材，即工作温度、工作压力、环境温度等选用管材；
- (3) 根据制造商的产品技术性能参数。

7.10.6 非金属材料及其制品的耐化学腐蚀性能如何？

答：非金属材料及其制品的耐化学腐蚀性能见表 7.10.6。

表 7.10.6 非金属材料耐化学腐蚀性能

介 质	浓度/ %	温度/ ℃	玻璃钢 (FRP)	硬聚氯乙烯 (PVC-U)	聚乙烯管 (PE)	聚丙烯管 (PP)	丙烯腈-丁二 烯-苯乙烯管 (ABS)
汽油	—	20	耐	耐	耐	尚耐	不耐
甲醛	37	20	尚耐	耐	耐	耐	耐
苯酚	5	20	尚耐	—	—	—	—
丙酮	—	20	尚耐	不耐	耐	耐	不耐
乙醇	96	20	尚耐	耐	耐	耐	—
		80	尚耐	—	—	耐	—
二氯乙烷	—	20	不耐	不耐	尚耐	尚耐	不耐

续表

介 质	浓度/ %	温度/ ℃	玻璃钢 (FRP)	硬聚氯乙烯管 (PVC-U)	聚乙烯管 (PE)	聚丙烯管 (PP)	丙烯腈-丁二 烯-苯乙烯管 (ABS)
硫酸	30	20	尚耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	—	—
	80	20	不耐	耐	耐	耐	不耐
	96	20	—	耐	不耐	不耐	不耐
硝酸	5	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	尚耐	—	—	—	—
	20	20	尚耐	—	—	—	—
	65	20	—	尚耐	尚耐	不耐	不耐
盐酸	5	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	尚耐	—	—	尚耐	—
	30	20	尚耐	耐	耐	耐	尚耐
	30	80	尚耐	—	—	—	—
铬酸	30	20	不耐	—	—	—	—
	50	20	—	尚耐	尚耐	尚耐	不耐
铜电解液	—	20	尚耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	—	—
草酸	饱和溶液	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	尚耐	—	—	—	—
磷酸	30	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	耐	—
	85	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	耐	—
冰醋酸	—	20	不耐	尚耐	耐	耐	不耐
醋酸	5	20	耐	耐	耐	耐	耐
		20	—	耐	耐	耐	耐
	10	80	—	—	—	耐	—
		50	20	—	耐	耐	耐
80	20	不耐	—	—	—	—	
	—	20	耐	耐	耐	耐	耐
自来水	—	80	尚耐	—	—	耐	—
		20	耐	耐	耐	耐	耐
氯化钠	全部水溶液	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	耐	—
碳酸钠	饱和溶液	20	耐	耐	耐	耐	耐
		80	耐	—	—	耐	—

续表

介 质	浓度/ %	温度/ ℃	玻璃钢管 (FRP)	硬聚氯乙烯管 (PVC-U)	聚乙烯管 (PE)	聚丙烯管 (PP)	丙烯腈-丁二 烯-苯乙烯管 (ABS)
氢氧化钠	10	20	—	耐	耐	耐	耐
	30	20	尚耐	耐	耐	耐	耐
		80	不耐	—	—	—	—
	40	20	—	耐	耐	耐	耐
丙烯腈	工业纯	20	—	不耐	耐	耐	不耐
氨	气体	20	—	耐	耐	耐	不耐
		80	—	—	—	—	—
氯化铵	10	20	—	耐	耐	耐	耐
		80	—	—	—	耐	—

7.10.7 《玻璃钢/聚氯乙烯(FRP/PVC)复合管和管件》HG/T 21636 的适用范围是什么?

答:适用范围是:玻璃钢/聚氯乙烯(FRP/PVC)复合管用于输送温度为-10~80℃,压力小于或等于1.6MPa的腐蚀性流体,在不同温度条件下允许工作压力不同。

7.10.8 《衬塑钢管和管件选用系列》HG/T 20538 的适用范围是什么?

答:(1)本标准将原行业标准《衬塑(PP、PE、PVC)钢管和管件》HG 20538—1992及原行业标准《衬聚四氟乙烯钢管和管件》HG/T 21562—1994合并为一个标准,标准名称改为《衬塑钢管和管件选用系列》HG/T 20538—2016。

(2)本标准规定了衬塑钢管和管件的术语和定义,分类及标记,使用条件,尺寸规格,技术要求,试验方法,检验规则和标记、包装、储存、运输等要求。

(3)本标准适用于以聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)、聚烯烃(PO)、聚四氟乙烯(PTFE)、超高分子量聚乙烯(UHMW-PE)为衬塑层,公称压力为PN10、PN16、Class 150(PN20),公称尺寸为DN25~DN1200的钢管和管件。

(4)不同衬里材料对各种化学品和操作环境的适用性应满足各制造商的化学品防腐数据,在本标准中不做规定。

(5)本标准不适用于内涂塑钢管和管件。

(6)衬塑钢管及管件系列选用除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

7.10.9 《增强聚丙烯(FRPP)管和管件》HG 20539 的适用范围是什么?

答:适用范围是:增强聚丙烯(FRPP)管和管件,能在温度-20~120℃、公称压力小于或等于1.0MPa下,输送酸、碱和盐类等腐蚀性介质。

7.10.10 《丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)管和管件》HG/T 21561 的适用范围是什么?

答:适用范围是:

(1)适用于ABS树脂和改性ABS树脂粒料,挤出或注射成型的管子和管件,不适用于玻璃纤维增强ABS管和管件;

(2) ABS 管和管件主要用于输送某些腐蚀性流体, 亦可用于食品、医药、纯水制备和水处理装置。

使用温度范围: $-20\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

使用公称压力为: $\leq 1.0\text{MPa}$ 。

7.10.11 《衬聚四氟乙烯钢管和管件》HG/T 21562 的适用范围是什么?

答: 适用范围是:

(1) 适用于设计压力 $P\leq 1.6\text{MPa}$ 表压, 流体介质温度 $-20^{\circ}\text{C}\leq T\leq 180^{\circ}\text{C}$, 以碳钢和铸钢(仅作为管件)为基体, 内衬聚四氟乙烯塑料的直管和管件;

(2) 不适用于喷涂聚四氟乙烯的钢管及管件, 也不适用于粘贴法加工的衬里钢管和管件。

7.10.12 《聚丙烯/玻璃钢 (PP/FRP) 复合管及管件》HG/T 21579 的适用范围是什么?

答: 适用于以聚丙烯管(PP)为内衬、外缠玻璃纤维或其织物的增强塑料玻璃钢为加强层(FRP)的复合管及管件。使用介质范围与聚丙烯管相同, 主要用于输送酸、碱、盐等腐蚀性介质, 也可用于输送饮用水。

使用温度: $-15\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

公称压力: 0.6MPa 、 1.0MPa 、 1.6MPa 。

7.10.13 《工业用钢骨架聚乙烯塑料复合管》HG/T 3690 的适用范围是什么?

答: 适用范围是: 适用于聚乙烯为基体, 钢丝焊接而成的网状钢骨架为增强体, 经连续挤出成型的复合管材, 可用于石油、化工、医药、冶金、采矿以及船舶、市政建设、食品等行业。管材输送介质温度为 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

7.10.14 《工业用钢骨架聚乙烯塑料复合管件》HG/T 3691 的适用范围是什么?

答: 适用范围是: 适用于以冲孔钢板预制的加强骨架与聚乙烯注塑复合成型的钢骨架塑料复合管件, 可用于石油、化工、医药、冶金、采矿以及船舶、市政建设、食品等行业。管件输送介质温度为 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

7.10.15 《燃气用钢骨架聚乙烯塑料复合管及管件》CJ/T 125 的适用范围是什么?

答: 适用范围是: 适用于工作温度 $-20\sim 40^{\circ}\text{C}$, 最大工作压力不大于 1.6MPa , 公称内径 $50\sim 600\text{mm}$ 的燃气用钢骨架聚乙烯塑料复合管及管件。

7.10.16 《燃气用埋地孔网钢带聚乙烯复合管》CJ/T 182 的适用范围是什么?

答: 适用范围是: 适用于以聚乙烯树脂为主要原料, 孔网钢带为增强骨架, 经挤出复合成型的燃气用埋地孔网钢带聚乙烯复合管, 复合管在输送人工煤气和液化石油气时, 必须考虑燃气中存在的其他组分(如芳香烃、冷凝液等)在一定浓度下对管材性能的影响。

7.10.17 《钢塑复合压力管》CJ/T 183 的适用范围是什么?

答: 适用范围是: 适用于城镇和建筑内外冷热水、饮用水、供暖、燃气、特种流体(包

括工业废水、腐蚀性流体、煤矿井下供水、排水、压风等)、排水(包括重力污、废水排放和虹吸式屋面雨水排放系统)输送用复合管以及电力电缆、通信电缆、光缆保护套管等输送用复合管。

第十一节 管道绝热

7.11.1 管道绝热设计常用标准、规范有哪些?

答:管道绝热设计常用标准、规范有:

- (1) GB/T 4272—2008《设备及管道绝热技术通则》;
- (2) GB/T 8175—2008《设备及管道绝热设计导则》;
- (3) GB/T 17393—2008《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》;
- (4) GB 50264—2013《工业设备及管道绝热工程设计规范》;
- (5) SH/T 3010—2013《石油化工设备和管道绝热工程设计规范》。

7.11.2 设备和管道的绝热目的是什么?

答:(1)减少设备和管道在工作中的热量和冷量损失,以节约能源。

(2)满足工艺生产要求,避免、限制或延迟设备或管道内介质的凝固、冻结,以维持正常生产。

(3)减少生产过程中介质的“温升”或“温降”,以提高设备的生产能力。

(4)防止设备和管道及其组成件表面结露。

(5)降低和维持工作环境温度,改善劳动条件,防止因热表面导致火灾和防止操作人员烫伤。

7.11.3 “保温”的定义是什么?“保冷”的定义是什么?

答:“保温”是为减少设备、管道及其附件向周围环境散热,在其外表面采取的包覆措施。

“保冷”是为减少周围环境中的热量传入低温设备和管道内部,防止低温设备和管道外壁表面凝露,在其外表面采取的包覆措施。

7.11.4 不保温设备和管道的表面防烫温度为多少?在什么范围内需设防烫保温?

答:不保温设备和管道的表面防烫温度为 60°C ,应在下列范围内的设备和管道应设置防烫伤保温:

- (1)距离地面或操作平台的高度小于 2.1m ;
- (2)靠近操作平台距离小于 0.75m 。

7.11.5 哪些管道应考虑保温或保冷?

答:(1)具有下列情况之一的设备和管道应予保温:

1)外表面温度大于 50°C 以及外表面温度小于或等于 50°C 但工艺生产中需要减少介质的温度降低或延迟介质凝结的部位。例如,可能经常在阳光照射下的泵入口的液化烃管道;精馏塔顶馏出线(塔至冷凝器的管道)塔顶回流管道以及经分液后的燃料气管道等宜保温;

2) 介质凝固点或冰点高于环境温度(系指年平均温度)的设备和管道。例如凝固点约30℃的原油,与年平均温度低于30℃的地区的设备和管道;在寒冷或严寒地区,介质凝固点虽然不高,但介质内含水的设备和管道在寒冷地区,可能不经常流动的水管道等。

(2) 具有下列情况之一的设备和管道必须保冷:

- 1) 为减少冷介质及载冷介质在生产和输送过程中的冷损失;
- 2) 为防止或降低冷介质及载冷介质在生产和输送过程中温度升高;
- 3) 为防止0℃以上常温以下设备及管道外壁表面凝露;
- 4) 与保冷设备或管道相连的仪表及其附件。

7.11.6 哪些设备和管道不应进行保温?

答: 下列设备和管道不应进行保温:

- (1) 工艺过程要求裸露的设备和管道;
- (2) 要求散热的设备和管道;
- (3) 直接通向大气的排凝、放空管道;
- (4) 疏水阀及其下游管道,但是对于需回收冷凝水或防止结冰堵塞者除外;
- (5) 具有移动元件的部件,如膨胀节、转动接头和滑阀等;
- (6) 要求及时发现泄漏的阀门、法兰等处;
- (7) 要求经常监测,防止发生损坏的部位。

7.11.7 请分别列出岩棉、微孔硅酸钙(无石棉)、硅酸铝纤维制品、聚氨酯泡沫塑料(自熄性)、聚苯乙烯泡沫塑料(自熄性)和泡沫玻璃等绝热材料及其制品的适用温度范围?

答: 各种绝热材料的适用温度范围见表7.11.7。

表 7.11.7 各种绝热材料的适用温度范围

材料	适用温度范围/℃	材料	适用温度范围/℃
岩棉制品	0~250	复合硅酸盐	≤450
微孔硅酸钙 ^①	≤550	聚氨酯泡沫塑料	-65~80
硅酸铝纤维制品	≤900	泡沫玻璃	-196~400

注: ①硅酸钙制品应采用无石棉含耐高温纤维制品。

7.11.8 绝热材料及其制品的性能应符合哪些要求?

答: (1) 保温材料在平均温度为70℃时,其导热系数不得大于0.08W/(m·K),用于保冷的泡沫塑料及制品材料在平均温度为25℃时,其导热系数不应大于0.044W/(m·K),I类泡沫玻璃制品在平均温度为25℃时的导热系数不应大于0.045W/(m·K);II类泡沫玻璃制品在平均温度为25℃时的导热系数不应大于0.064W/(m·K)。

(2) 硬质保温材料的密度不应大于220kg/m³;

半硬质保温材料制品密度不应大于200kg/m³;

软质保温材料制品密度不应大于150kg/m³;

泡沫塑料制品的密度不应大于60kg/m³;

泡沫橡塑制品的密度不应大于95kg/m³;

泡沫玻璃制品的密度不应大于 $180\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(3) 硬质保温材料的抗压强度不应小于 0.4MPa ;

硬质保冷材料的抗压强度不应小于 0.15MPa 。

(4) 绝热材料及其制品的 pH 值不应小于 8。

(5) 用于与奥氏体不锈钢表面接触的绝热材料,其氯化物、氟化物、硅酸根、钠离子的含量应符合现行国家标准《覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范》GB/T 17393—2008 中的有关规定,浸出液的 pH 值在 25°C 时应为 $7.0\sim 11.0$ 。

(6) 绝热层材料及其制品应具有安全使用温度和耐燃烧性能(不燃性、难燃性、可燃性)数据。必要时,尚应提供防潮性能(吸水性、吸湿性、防水性)、线膨胀率或收缩率、抗压强度、腐蚀或抗腐蚀性、化学稳定性、热稳定性、渣球含量、纤维直径等的测试报告。

(7) 绝热材料及制品的燃烧性能等级应符合下列要求:

1) 被绝热设备或管道表面温度大于 100°C 时,应选择不低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中规定的 A2 级材料;

2) 被绝热设备或管道表面温度小于或等于 100°C 时,应选择不低于国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中规定的 C 级材料,当选择国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 中规定的 B 级和 C 级材料时,氧指数不应小于 30%;

3) 阻燃性保冷材料及其制品的氧指数不应小于 30%。

(8) 保温材料的憎水率不得小于 98%;软质保温材料制品的回弹率不得小于 90%;保冷材料的含水率不得大于 1%。

注:① 对硬质材料必须提供线膨胀或收缩率数据。

② 绝热材料应是绝热性能好,并有明确的导热系数方程式或随温度变化的导热系数图表。

7.11.9 设备和管道的绝热结构由哪几部分组成?各部分的作用是什么?

答:(1) 设备和管道的绝热结构可以分为保温结构和保冷结构两种形式,保温结构由“保温层+保护层”构成,对于管沟内管道的保温结构宜增设防潮层;保冷结构由“保冷层+防潮层+保护层”构成。

(2) 各组成部分的作用如下:

1) 保温层或保冷层对维护介质温度稳定起主要作用;

2) 保护层包覆在绝热层(保温层或保冷层)的外面,起保护和防止大气、风、雨、雪致使绝热层破坏的作用,延长绝热层的使用寿命、并使绝热结构外形美观;

3) 防潮层是保冷结构用于防水、防潮,维持保冷层保冷效果的关键。

7.11.10 防潮层材料应符合哪些要求?

答:(1) 防潮层材料应选择具有良好抗蒸汽渗透性、防水性和防潮性,且其吸水率不大于 1%的材料。

(2) 防潮层材料必须阻燃,其氧指数不应小于 30%。

(3) 防潮层应选用化学性能稳定、无毒且耐腐蚀的材料,并不得对绝热层材料和保护层材料产生腐蚀或溶解作用。

(4) 防潮层材料应选择安全使用温度范围大,夏季不软化、不起泡和不流淌的材料,冬季不脆化、不开裂、不脱落的材料。

(5) 涂抹型防潮层材料, 20℃ 粘结强度不应小于 0.15MPa; 其软化温度不应低于 65℃, 挥发物不得大于 30%。

(6) 包捆型防潮层材料, 其拉伸强度不应低于 10.0MPa, 断裂伸长率不应低于 10%。

7.11.11 保护层材料应符合哪些要求?

答: (1) 保护层材料应具有防水、防潮、不燃、抗大气腐蚀、化学稳定性好等, 并不得对防潮层材料或绝热层材料产生腐蚀或溶解作用。

(2) 保护层材料应选择机械强度高, 且在使用环境下不软化、不脆裂和抗老化的材料。

(3) 保护层材料应采用不燃性材料或难燃性材料。

(4) 对储存或输送易燃、易爆物料的设备及管道, 以及与其邻近的管道, 其保护层必须采用不燃性材料。

7.11.12 黏结剂、密封胶和耐磨剂材料应符合哪些要求?

答: (1) 黏结剂应根据保冷材料的性能以及使用温度来选择, 保冷采用的黏结剂应在使用的低温范围内保持粘结性能, 粘结强度在常温时应大于 0.15MPa, 软化温度应大于 65℃。泡沫玻璃宜采用弹性黏结剂或密封胶, 在 -196℃ 时的粘结强度应大于 0.05MPa。

(2) 采用的黏结剂、密封胶和耐磨剂不应应对金属壁产生腐蚀及引起保冷材料溶解。在由于温度变化引起伸缩或振动情况下, 耐磨剂应能防止泡沫玻璃因自身或与金属相互摩擦而受损。

(3) 黏结剂、密封胶应选择固化时间短、具有密封性能, 在设计使用年限内不得开裂的产品。

7.11.13 什么是“绝热材料的允许使用温度”?

答: “绝热材料的允许使用温度”是绝热材料及其制品在长期使用时, 没有变形、熔化、焦化、酥脆、松散、失强等现象的温度。

7.11.14 绝热材料及其制品的选用原则是什么?

答: (1) 设备和管道的保温应采用非燃烧材料; 保冷可采用阻燃材料。设备和管道的绝热层除必须采用填充式结构外, 宜选用绝热材料制品。

(2) 保温材料及其制品的允许使用温度应高于设备和管道的设计温度。

(3) 保冷材料及其制品的允许使用温度应低于设备和管道的设计温度。

(4) 有多种可供选择的绝热材料时, 应优先选用导热系数小、密度小、强度相对高、无腐蚀性、损耗少、价格低、运输距离短、施工条件好的材料或制品。当不能同时满足时, 应选用单位综合经济效益高的材料或制品。

(5) 设备和管道表面温度高于或等于 450℃ 时, 宜选用耐高温的绝热材料或采用复合绝热材料。

(6) 保冷材料应选用闭孔型的材料及其制品。

(7) 选择纤维材料制成的毡席类制品时可用玻璃布缝制。

(8) 不应选用含有石棉的材料及其制品。

7.11.15 什么叫经济厚度?

答:经济厚度是指绝热后,年散热损失所花费的费用和绝热工程投资的年摊销费用之和为最小值时的计算厚度。

7.11.16 设备和管道绝热层厚度的计算应符合什么原则?

答:(1)圆筒形设备和管道公称直径大于1m时,应按平面计算绝热层厚度;公称直径小于或等于1m时,应按圆筒计算绝热层厚度。

(2)保温层的厚度计算应符合下列原则:

1)工艺无特殊要求时,应以经济厚度法计算保温层厚度。当经济厚度偏小,且散热损失量超过最大允许散热损失时,应用最大允许热损失量的厚度公式进行校核;

2)防烫伤部位的保温层应按表面温度法计算厚度,保温层外表面温度不应超过60℃;

3)延迟冻结、凝固、结晶时间或控制物料温降的保温层应采用热平衡法计算厚度。

(3)保冷层的厚度计算应符合下列原则:

1)为减少冷量损失的保冷层,应采用经济厚度法计算厚度;

2)为防止外表面结露的保冷层,应采用表面温度法计算厚度;

3)工艺上允许一定量冷损失的保冷层,应用热平衡法计算厚度。校核外表面温度,应高于露点温度1~3℃。

4)计算温度应取为介质的最低操作温度。

(4)绝热层的厚度不应小于20mm,且按10mm递增。

第十二节 管道防腐蚀及表面色

7.12.1 管道防腐蚀及表面色设计常用标准规范有哪些?

答:管道防腐蚀及表面色设计常用标准规范有:

(1)GB/T 8923.2—2008《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第2部分:已涂覆过的钢材表面局部清除原有涂层后的处理等级》;

(2)GB/T 8923.3—2009《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第3部分:焊缝、切割边缘和其他区域的表面缺陷的处理等级》;

(3)GB/T 21447—2018《钢质管道外腐蚀控制规范》;

(4)SH/T 3022—2011《石油化工设备和管道涂料防腐蚀设计规范》;

(5)SH 3043—2014《石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定》;

(6)HG/T 20679—2014《化工设备、管道外防腐设计规范》。

7.12.2 涂料的选用,应遵守哪些原则?

答:(1)与被涂物的使用环境相适应。

(2)与被涂物表面的材质相适应。

(3)与运行工况条件相适应。

(4)各道涂层间应具有良好的配套性和相容性。

(5)具备施工条件。

(6)安全可靠,经济合理。

7.12.3 设备、管道及其钢结构什么情况下不应涂漆？设备、管道及其附属钢结构什么情况下应在施工现场涂漆？

答：（1）设备、管道及其钢结构下列情况下不应涂漆：

- 1) 不锈钢表面；
- 2) 镀锌表面(镀锌管道标志色漆除外)；
- 3) 已精加工的表面；
- 4) 涂塑或涂示温漆的表面；
- 5) 铭牌、标志板或标签。

（2）设备、管道及其附属钢结构下列情况下应在施工现场涂漆：

- 1) 在施工现场组装的设备、管道及其附属钢结构；
- 2) 在制造厂已涂底漆，需在施工现场修整和涂面漆的设备、管道及其附属的钢结构；
- 3) 在制造厂已涂面漆，需在施工现场对损坏的部位进行补涂的设备、管道及其附属钢结构。

7.12.4 钢材表面的原始锈蚀等级是如何划分的？除锈后的质量等级又是如何划分的？

答：（1）现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB 8923.1—2011 标准共给出了 A、B、C、D 四个锈蚀等级，各级别的定义如下：

- 1) A 级：大面积覆盖着氧化皮而几乎没有铁锈的钢材表面；
- 2) B 级：已发生锈蚀，并且部分氧化皮已开始剥落的钢材表面；
- 3) C 级：氧化皮已因锈蚀而剥落，或者可以刮除，并且在正常视力观察下可见轻微点蚀的钢材表面；
- 4) D 级：氧化皮已因锈蚀而全面剥离，并且在正常视力观察下可见普遍发生点蚀的钢材表面。

（2）现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB 8923.1—2011 标准同时给出了除锈后的质量等级划分，其中常用的有 St2、St3、Sa1、Sa2、Sa2.5、Sa3 六个等级，各级别的定义如下：

- 1) St2：彻底的手工和动力工具清理；
- 2) St3：非常彻底的手工和动力工具清理；
- 3) Sa1：轻度的喷射清理；
- 4) Sa2：彻底的喷射清理；
- 5) Sa2.5：非常彻底的喷射清理；
- 6) Sa3：使钢材表面观洁净的喷射清理。

7.12.5 埋地设备和管道防腐要求有什么？

答：（1）埋地设备和管道表面处理的除锈等级应为 St3 级。

（2）埋地设备和管道防腐蚀等级，应根据土壤腐蚀性程度按表 7.12.5-1 确定。

表 7.12.5-1 土壤腐蚀性程度及防腐蚀等级

土壤腐蚀性程度	土壤腐蚀指标					防腐蚀等级
	电阻率/ ($\Omega \cdot m$)	含盐量/ %(质量分数)	含水量/ %(质量分数)	电流密度/ (mA/cm^2)	pH 值	
强	<50	>0.75	>12	>0.3	<3.5	特加强级
中	50~100	0.75~0.05	5~12	0.3~0.025	3.5~4.5	加强级
弱	>100	<0.05	<5	<0.025	4.5~5.5	普通级

注：其中任何一项超过表列指标者，防腐蚀等级应提高一级。

(3) 埋地管道穿越铁路、道路或沟渠的穿越处及改变埋设深度时的弯管处，防腐蚀等级应为特加强级。

(4) 防腐蚀涂层可选用石油沥青或环氧煤沥青防腐漆。防腐蚀涂层结构，应符合表 7.12.5-2 和表 7.12.5-3 的规定。

表 7.12.5-2 石油沥青防腐蚀涂层结构

mm

防腐蚀等级	防腐蚀涂层结构	每层沥青厚度	涂层总厚度
特加强级	沥青底漆-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-聚氯乙烯工业膜	≈ 1.5	≥ 7.0
加强级	沥青底漆-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-聚氯乙烯工业膜	≈ 1.5	≥ 5.5
普通级	沥青底漆-沥青-玻璃布-沥青-玻璃布-沥青-聚氯乙烯工业膜	≈ 1.5	≥ 4.0

表 7.12.5-3 环氧煤沥青防腐蚀涂层结构

mm

防腐蚀等级	防腐蚀涂层结构	涂层总厚度
特加强级	底漆-面漆-玻璃布-面漆-玻璃布-面漆-玻璃布-两层面漆	≥ 0.8
加强级	底漆-面漆-玻璃布-面漆-玻璃布-两层面漆	≥ 0.6
普通级	底漆-面漆-玻璃布-两层面漆	≥ 0.4

7.12.6 设备和管道的表面色和标志的一般要求是什么？

答：(1) 消防设备、消防管道的表面色和标志应符合现行国家标准《消防安全标志 第 1 部分：标志》GB 13495.1 的有关规定。

(2) 采用有色金属、不锈钢、陶瓷、塑料(含玻璃钢)等材料制成或表面已采用搪瓷、镀锌等处理的设备和管道宜保持其本色，不应再刷表面色。

(3) 需感知温度变化的位置应涂刷变色漆，变色漆的位置应保证正常巡检时能被观察到。

(4) 已刷变色漆的表面不应再刷表面色，同一设备或管道的变色漆色应与其表面色有明显差别，否则应用色带隔离或设置标志。

(5) 防火涂料和绝热材料保护层的外表面不应刷表面色。

(6) 烟囱的飞行障碍警示标志设置应符合现行国家标准《烟囱设计规范》GB 50051 的有关规定。

(7) 塔、火炬筒等高耸设备及结构的飞行障碍警示标志设置应符合航空管理部门的要求。

(8) 防护罩等安全装置的安全色和安全标志设置应符合现行国家标准《图形符号 安全色和安全标志》GB/T 2893.1~2893.4 和《安全标志及其使用导则》GB 2894 的有关规定。

(9) 标志字体应为印刷体，位置和尺寸应符合本标准相关条款的规定。

(10) 石油化工企业中自备电厂设备和管道的表面色可按国家现行标准《火力发电厂保温油漆设备规程》DL/T 5072 规定执行。

(11) 漆膜颜色应符合现行国家标准《漆膜颜色标准》GB/T 3181 的有关规定，色卡参见国家现行标准《石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定》SH/T 3043—2014 附录 A。

7.12.7 管道的表面色和标志色是如何选择的？

答：(1) 需要涂刷表面色的管道，应对管道外表面全部涂刷，颜色宜符合表 7.12.7-1 的规定。

表 7.12.7-1 管道表面色

序 号	名 称		表面色
1	物料管道	一般物料	银
		酸、碱	紫 P02
2	公用物料管道	水	艳绿 G03
		污水	黑
		蒸汽	银
		空气及氧	天(酞)蓝 PB09
		氮	淡黄 Y06
		氨	淡黄 Y06
3	排大气紧急放空管		大红 R03
4	消防管道		大红 R03
5	电气、仪表保护管		黑
6	仪表管道	仪表风管	天(酞)蓝 PB09
		气动信号管、导压管	银

(2) 管道标志应包括介质流向、标志色、文字色及文字。标志色和文字色应反映输送物料的特性，并应符合表 7.12.7-2 的规定；标志文字应注明介质名称。

表 7.12.7-2 管道标志色和文字色

序 号	物 料		标 志 色	文 字 色
1	气体	可燃	淡黄 Y06	大红 R03
		非可燃	淡黄 Y06	黑
2	液体	可燃液体	棕 YR05	白
		非可燃液体 ^① 、无害液体 ^①	—	—

续表

序 号	物 料		标 志 色	文 字 色
3	酸碱	酸、有毒	橘黄 YR04	黑
		碱	紫 P02	白
4	水(消防水除外)		艳绿 G03	白
	污水		黑	白
	蒸汽		大红 R03	白
	空气		淡灰 B03	黑
5	氧气		淡(酞)蓝 PB06	白
6	消防管道 ^②		大红 R03	白

注：① 对于非可燃液体或无害液体可无标识。

② 消防管道的标志文字应注明介质名称。

(3) 管道标志色宜采用局部色带表示，色带宽度宜比文字内容两端各增加 20~30cm。管道标志的设置应符合下列规定：

- 1) 管道穿过楼板、墙等视线隔离物的两侧；
- 2) 管道进、出装置处；

3) 装置内管道直管段的色带间隔不宜超过 20m，系统管廊上管道的色带间隔不宜超过 50m。

(4) 当标志色与表面色相同时，可直接标注文字。

(5) 介质名称可为介质化学名、商品名或惯用名、通用的英文缩写、化学分子式。立管文字采用中文时，文字应从上至下排列；采用英文单词或分子式时，字母宜从右侧方向看为正；采用缩写词或构成单词的字母较少时，字母可从上至下正向排列。

(6) 箭头应位于介质名称的下游。若介质双向流动时，应采用双向箭头；箭头颜色应与文字相同。

(7) 字体高度应符合表 7.12.7-3 规定，字宽可为字体高度的 0.6~1 倍。

表 7.12.7-3 字体高度

管道(含保护层)外径/mm	字体高度/mm
20~50	≥15
51~100	≥30
101~200	≥50
201~400	≥70
>400	≥100

(8) 管道外径或含绝热材料及保护层的外径小于或等于 50mm，且刷标志色有困难时，可采用悬挂标志牌的方式。标志牌的短边尺寸宜为标志字体的 1.5~2 倍，且不应小于 75mm；长边尺寸应比标志内容长。标志牌应采用金属材料，并用镀锌铁丝或不锈钢丝悬挂。

(9) 箭头宽度宜与字体高度相当，箭头长度宜为箭头宽度 b 的 1.5~2 倍，箭体的宽度

宜为箭头宽度的 0.5 倍，箭体长度宜与箭头长度相当。箭头示意图见图 7.12.7。

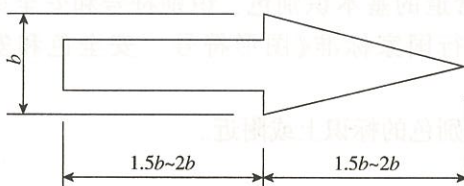


图 7.12.7 箭头示意

(10) 阀门和管道附件的表面色宜符合表 7.12.7-4 的规定。

表 7.12.7-4 阀门和管道附件的表面色

序 号	名 称		表 面 色
1	阀门阀体	灰铸铁、可锻铸铁	黑
		球墨铸铁	银
		碳素钢	中灰 B02
		耐酸钢	海蓝 PB05
		合金钢	中(酞)蓝 PB04
2	阀门手轮、手柄	钢阀门	海蓝 PB05
		铸铁阀门	大红 R03
3	调节阀	铸铁阀体	黑
		铸钢阀体	中灰 B02
		锻钢阀体	银
		膜头	大红 R03
4	安全阀		大红 R03
5	管道附件		银

注：阀门和管道附件的表面色可为出厂色。

7.12.8 GB 7231 对工业管道的基本识别色标识方法有什么规定？

答：工业管道的基本识别色标识方法，使用方应从以下五种方法中选择，应用举例见现行国家标准《工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识》GB 7231—2003 附录 A(标准的附录)。

- (1) 管道全长上标识。排除管道全长标识的情况，两个标识之间的最小距离为 10m；
- (2) 在管道上以宽为 150mm 的色环标识；
- (3) 在管道上以长方形的识别色标牌标识；
- (4) 在管道上以带箭头的长方形识别色标牌标识；
- (5) 在管道上以系挂的识别色标牌标识。

7.12.9 GB 7231 对工业管道的危险标识有什么规定？

答：(1) 适用范围：管道内的物质，凡属于现行国家标准《化学品分类和危险性公示通则》GB 13690 所列的危险化学品，其管道应设置危险标识。

