

# 管道压力等级

## 目录

### 5.1 设计条件

#### 5.1.1 设计压力 5.1.2 设计温度

### 5.2 影响管道压力等级确定的因素

#### 5.2.1 应用标准体系 5.2.2 材料 5.2.3 操作介质 5.2.4 介质温度及管系附加力

### 5.3 影响壁厚等级确定的因素

#### 5.3.1 材料的许用应力 5.3.2 腐蚀余量 5.3.3 管子及其元件的制造壁厚偏差

#### 5.3.4 焊缝系数 5.3.5 设计寿命

### 5.4 常用压力管道器材的设计标准

## 管道压力等级

前面已经提及，压力管道的组成件一般都是标准件，因此压力管道组成件的设计主要是其标准件的选用，管道压力等级的确定也就是其标准件等级的确定。管道的压力等级包括两部分：以公称压力表示的标准管件的公称压力等级；以壁厚等级表示的标准管件的壁厚等级。管道的压力等级：通常把管道中由标准管件的公称压力等级和壁厚等级共同确定的能反映管道承压特性的参数叫做管道的压力等级。而习惯上为简化描述，常把管道中管件的公称压力等级叫做管道的压力等级。压力等级的确定是压力管道设计的基础，也是设计的核心。它是压力管道布置、压力管道应力校核的设计前提条件，也是影响压力管道基建投资和管道可靠性的重要因素。

### 5.1 设计条件

工程上，工艺操作参数不宜直接作为压力管道的设计条件，要考虑工艺操作的波动、相连设备的影响、环境的影响等因素，而在工艺操作参数的基础上给出一定的安全裕量作为设计条件。这里所说的设计条件主要是指设计压力和设计温度。**管道的设计压力**：应不低于正常操作时，由内压(或外压)与温度构成的最苛刻条件下的压力。**最苛刻条件**：是指导致管子及管道组成件最大壁厚或最高公称压力等级的条件。**设计压力确定**：考虑介质的静液柱压力等因素的影响，设计压力一般应略高于由(或)外压与温度构成的最苛刻条件下的最高工作压力。

a. 一般情况下管道元件的设计压力确定 一般情况下，为了操作上的方便，在此不妨采用压力容器的做法，即在相应工作压力的基础上增加一个裕度系数。表 5-1 一般情况下管道元件的设计压力确定

工作压力 $P_w$ (MPa)	设计压力 $P$ (MPa)
$P_w \leq 1.8$	$P = P_w + 0.18$
$1.8 < P_w \leq 4.0$	$P = 1.1 P_w$
$4.0 < P_w \leq 8.0$	$P = P_w + 0.4$
$P_w > 8.0$	$P = 1.05 P_w$

※ 当按该原则确定的设计压力会引起管道压力等级变化时，应判断该工作压力是否就是由内压(或外压)与温度构成的最苛刻条件下的最高工作压力，如果是，在报请有关技术负责人批准的情况下，设计压力可取此时的最高工作压力，

而不加系数。

**b. 管道中有安全泄压装置时**，管道中有安全泄压装置时预示着该管道在运行过程中有出现超出其正常操作压力的可能。设置安全泄压装置(如安全阀、爆破片等)的目的，就是在系统中出现超出其正常操作压力的情况时，能将压力自动释放而使设备、管道等系统的硬件得到保护。此时**管道的设计压力应不低于安全泄压装置的设定压力**。

**c. 管道中有高扬程的泵** 对于高扬程的泵，尤其是往复泵，在开始启动的短时间内，往往会在第一道切断阀之前的管道和泵内产生一个较高的封闭压力，有时这个封闭压力会达到一个很大的值。此时泵的出口管道，其设计压力应取泵的最大封闭压力值。

**d. 真空系统** 真空系统管道承受的压力就是其外部的大气压力，故其设计压力应取 0.1MPa 外压；

**e. 与塔或容器等设备相连的管道** 与塔或容器等设备相连的管道其设计压力应不低于所连设备的设计压力。当管道内有较高的液体液柱时，还应考虑该液体静压头的影响。事实上，对于管道来说，其受力要比设备复杂，这是因为它除受介质载荷之外，还往往遭受到由于管道的热胀冷缩而产生的管系力等。因此，管道的设计压力一般应不低于设备的设计压力。

**5.1.2 设计温度 管道的设计温度：**应不低于正常操作时，由内压（或外压）与温度构成的最苛刻条件下的温度。**最苛刻条件** 指导致管子及管道组成件最大壁厚、最高公称压力等级或最高材料等级的条件。**设计温度的确定：**考虑环境、隔热、操作稳定性等因素的影响，设计温度应略高于由内压（或外压）与温度构成的最苛刻条件下的最高工作温度。

**a. 一般情况下管道元件的设计温度确定** 一般情况下为了操作上的方便，在此不妨也采用压力容器的做法，在相应工作温度的基础上增加一个裕度系数（除法兰和螺栓以外）。 表 5—2 一般情况下管道元件的设计温度确定

工作温度 $T_w$ (°C)	设计温度 $T$ (°C)
$-20 < T_w \leq 15$	$T = T_w - 5$ (最低取 $-20$ )
$15 < T_w \leq 350$	$T = T_w + 20$
$T_w > 350$	$T = T_w + (5 \sim 15)$

※当按该原则确定的设计温度会引起管道压力等级或材料变化时，应判断该工作温度是否就是由内压（或外压）与温度构成的最苛刻条件下的最高工作温度，如果是，在报请有关技术负责人批准的情况下，设计温度可取此时的最高工作温度，而不加系数。

法兰、垫片的设计温度不低于最高工作温度的 90%；螺栓、螺母的设计温度应不低于最高工作温度的 80%。

**b. 夹套或外伴热管道** 对于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，其设计温度按上表选取；当工艺介质温度低于伴热介质温度时，对夹套伴热取伴热介质温度为设计温度，而对外伴热则取伴热介质温度减 10°C 与工艺介质温度二者的较大值为设计温度；

**c. 安全泄压管道** 安全泄压管道取排放时可能出现的最高或最低温度为设计温度；

**d. 蒸汽吹扫的管道** 采用蒸汽吹扫的管道当介质温度高于吹扫蒸汽的温度时，则按介质温度根据上表确定其设计温度。当介质温度低于吹扫蒸汽温度时，应视具

体情况而定。例如,按介质温度选取的管道及其元件不能承受吹扫介质的条件时,应适当提高等级以适应吹扫介质条件。

**e. 多种工况下工作的管道** 同一根管道,如果在两种或两种以上工况条件下工作时,其设计温度应取与内压(或外压)构成的最苛刻条件下的最高工作温度,并对其它工况进行校核。

**f. 临氢管道** 临氢操作的管道,在查 Nelson 曲线时,应取设计温度再加 30~50℃ 作为查曲线的温度参数值。这是因为 Nelson 曲线为统计值,在邻近曲线下方选材时而出现氢损伤的实例也曾发生过;

**g. 带衬里的管道** 带隔热耐磨衬里的管道,其金属部分的管道设计温度应经计算或实测确定。一般情况下,宜取 250℃ 作为设计温度;

**h. 管系应力计算时** 在进行有弹簧支架的管系应力计算时,宜取介质的正常工作温度作为计算参数。

**5.2 影响管道压力等级确定的因素** 除了上述的设计温度 and 设计压力是管道压力等级确定的基本参数外,还有一些其它因素也将影响到管道压力等级的确定。

**5.2.1 应用标准体系** 不同的标准体系,其公称压力等级系列是不同的,对应的温度-压力表也不相同。或者说,相同的设计条件,而选用不同的应用标准,其公称压力等级是不同的。因此,在确定管道公称压力等级之前,应首先确定其应用标准体系。

**5.2.2 材料** 不同的材料,其机械性能是不同的,那么它们在标准中的温度-压力表上的对应值也是不相同的。因此在确定管道的公称压力之前应首先确定管道及其元件的材料。材料的选用是由设计温度、设计压力和操作介质确定的。管道中各元件的材料标准往往是不同的,一般情况下,管子用管材,法兰用锻材,而阀门多用铸材。无论用什么材料标准,它们都应该是同等级的材料,即具有对操作条件的同等适应性和等强度;注意管材、板材、棒材、铸材的配伍。

**5.2.3 操作介质** 一般情况下,管道的公称压力在对应温度下的许用压力不得超出其设计压力。对由于管子及其元件失效而将造成严重危害或易于产生重大事故的介质,在考虑其公称压力等级时,不应仅仅按温度-压力表来确定,应适当提高其公称压力等级,即提高其安全可靠系数。SH3059、SYJ1064 标准对此都有详细的规定,例如:对输送剧毒介质的管道,当采用 SH 标准体系时,无论介质的操作压力是多少,其公称压力等级应不低于 PN5.0MPa;当采用 JB 标准体系时,应不低于 PN4.0;对输送氢气、氨气、液态烃等介质的管道,当采用 SH 标准体系时,无论介质的操作压力是多少,其最低公称压力等级应不低于 PN2.0MPa,当采用 JB 标准体系时,应不低于 PN2.5MPa;对输送一般可燃介质的管道,当采用 SH 标准体系时,其公称压力等级应不低于 PN2.0MPa,当采用 JB 标准体系时,应不低于 PN1.6MPa。

**5.2.4 介质温度及管系附加力** 许多法兰标准都给出这样一个注释:其温度-压力表的对应值是指法兰不受冲击载荷的对应值。事实上,法兰遭受外部管道给予的弯曲、振动、温度循环等附加载荷时,都将影响其密封性,甚至影响到强度的可靠性,此时应将这些外部载荷折算成当量介质压力来确定管道所需的公称压力。给予法兰的弯曲载荷主要是由管系的热胀冷缩引起的。一般情况下,对于 PN2.0 等级的法兰,当其工作温度大于 200℃ 时,或 PN5.0 及以上等级的法兰在工作温度大于 400℃ 时,均应考虑管系对法兰产生的附加载荷的影响,否则应提高管系的公称压力等级。

### 5.3 影响壁厚等级确定的因素

**5.3.1 材料的许用应力** 材料的许用应力是指材料的强度指标除以相应的安全系数而得到的值。材料的机械性能指标有屈服极限、强度极限、蠕变极限、疲劳极限等，这些指标分别反映了不同状态下失效的极限值。为了保证管道运行中的强度可靠，常将管道元件中的应力限制在各强度指标下某一值，该数值即为**许用应力**。当管道元件中的应力超过其许用应力值时，就认为其强度已不能得到保证。因此说，材料的许用应力是确定管道壁厚等级的基本参数。不同的设计标准，选取材料的许用应力值是不同的。对压力管道来说，国内的设计标准是按GB150《钢制压力容器》确定的许用应力值，ASTM材料则是取按ANSI B31.3《Process Piping》标准确定的许用应力值。

**5.3.2 腐蚀余量** 腐蚀余量是考虑因介质对管道的腐蚀而造成的管道壁厚减薄，从而增加的管道壁厚值。它的大小直接影响到管道壁厚的取值，或者说直接影响到壁厚等级的确定。目前我国尚没有一套有关各种腐蚀介质在不同条件下对各种材料的腐蚀速率数据，因此，工程上大多数情况下仍是凭经验来确定其腐蚀余量的。许多国内外的工程公司或设计院通常都将腐蚀余量分为如下四级：a. 无腐蚀余量。对一般的不锈钢管道多取该值； b. 1.6mm 腐蚀余量。对于腐蚀不严重的碳素钢和铬钼钢多取该值； c. 3.2mm 腐蚀余量。对于腐蚀比较严重的碳素钢和铬钼钢管道多取该值； d. 加强级(大于 3.2mm) 腐蚀余量。对于有固体颗粒冲刷等特殊情况下的管道，根据实际情况确定其具体值。

**5.3.3 管子及其元件的制造壁厚偏差** 管子及其元件在制造过程中，相对于其公称壁厚(或者叫理论壁厚)都会有正、负偏差，因此在确定管子及其元件公称壁厚时一定要考虑可能出现的负偏差值。各种钢管标准中规定的负偏差值是不完全相同的，GB/T8163《流体输送用无缝钢管》、GB/T14976《流体输送用不锈钢无缝钢管》规定的壁厚偏差值如下：

表 5-3 常用标准的壁厚偏差值

材料标准	壁厚 (mm)	偏差值 (%)
GB/T8163	≤20	+15, -10, +12, -5, -10
GB/T14976	<15 ≥15	+15, -12.5 +20, -15

**5.3.4 焊缝系数** 金属的焊接过程，实质上是一个冶金过程，其组织带有明显的铸造组织特征。一般情况下，铸造组织缺陷较多，材料性能也有所下降。对于有纵焊缝和螺旋焊缝的焊接管子及其元件，相对于无缝管子及其元件来说，工程上常给它一个强度降低系数(即焊缝系数)，以衡量其机械性能下降的程度。其焊缝系数的取值见表 5-4

表 5-4 焊接钢管的焊缝系数

序号	焊接方法	接头形式	焊缝型式	检验型式	焊缝系数
1	锻焊	对焊	直线	按标准要求	0.6
2	电阻焊	对焊	直线或螺旋形	按标准要求	0.85
3	电弧焊	单面对焊	直线或螺旋形	无 RT 10%RT 100%RT	0.8 0.9 1.0
		双面对焊	直线或螺旋形	无 RT 10%RT 100%RT	0.85 0.9 1.0

RT 射线探伤

### 5.3.5 设计寿命

- a. 设计寿命与压力管道的腐蚀余量有关。对于均匀腐蚀来说，当知道其年腐蚀速率后，根据预定的设计寿命，就很容易算出其应取的腐蚀余量了。
- b. 设计寿命还与交变应力作用的荷载变化次数、氢损伤的孕育时间、断裂因子的扩展期等影响因素有关，
- c. 与压力管道的一次性投资、资金代尝期和技术更新周期有关。
- d. 美国一杂志上推荐的设计使用寿命为：碳钢为 5 年；铬钼钢和不锈钢为 10 年。**SH3059 标准规定的设计寿命为 15 年。**国外的一些工程公司对总承包项目规定一般为 10 年；非总包项目一般为 15 年，以便从中获取较大的利润。

### 5.4 常用压力管道器材的设计标准

- 1) GB50316-2000《工业金属管道设计规范》；
- 2) GB50251-94《输气管道工程设计规范》；
- 3) GB50253-94《输油管道工程设计规范》；
- 4) GB50028-93《城镇燃气设计规范》(1998 年版)(2002 年局部修订条文)；
- 5) GB50030-91《氧气站设计规范》；
- 6) SH3059-2001《石油化工管道设计器材选用通则》；
- 7) SH3064-1994《石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收》；
- 8) HG/T20646《化工装置管道材料设计规定》。

标准分享网(www.bzfxw.com)