

压力管道常用管子材料选用原则

在进行压力管道设计时，管径经计算确定以后，就要选择管子的材料。压力管道常用管子材料的使用是根据所输送介质的操作条件(如压力、温度)及其在该条件下的介质特性决定的。

材料选择不当，会造成浪费或埋下事故隐患。如可以用普通材料的管子，选用了较昂贵材料的管子，就增加了不必要的基建投资。该用耐酸不锈钢的场合用了碳钢就会直接影响压力管道的正常运行，甚至留下祸根。所以在选择管子材料时，要求设计人员首先要了解管子的种类、规格、性能、使用范围，最好还要调查该管子在其他类似的压力管道的应用情况，再根据以下的原则确定管子的材料。

1. 优先选用的管材

在选用管子材料时，一般先考虑采用金属材料，金属材料不适用时，再考虑非金属材料。金属材料优先选择钢制管材，后考虑选用有色金属材料。钢制管材中，先考虑采用碳钢，不适用时再选用不锈钢。在考虑碳钢材料时，先考虑焊接钢管，不适用时再选用无缝钢管。

2. 介质压力的影响

输送介质的压力越高，管子的壁厚就越厚，对管子材料的要求一般也越高。

介质压力在 1.6MPa 以上时，可选用无缝钢管或有色金属管子。压力很高时，如在合成氨、尿素和甲醇生产中，有的管子介质压力高达 32MPa，一般选用材料为 20 钢或 15MnV 的高压无缝钢管。在真空设备上的管子及压力大于 10MPa 时的氧气管子，一般采用铜管和黄铜管。

介质压力在 1.6MPa 以下时，可考虑采用焊接钢管、铸铁管或非金属管子。但铸铁管子承受介质的压力不得大于 1.0MPa。非金属管子所能承受的介质压力，与非金属材料品种有关，如硬聚氯乙烯管子，使用压力小于或等于 1.6MPa；增强聚丙烯管子，使用压力小于或等于 1.0MPa；ABS 管子，使用压力小于或等于 0.6MPa。

对水管，当水的压力在 1.0MPa 以下时，通常采用材料为 Q235A 的焊接钢管；当水的压力大于 2.5MPa 时，一般采用材料为 20 钢的无缝钢管。

3. 介质温度的影响

不同材料的管子，适用于不同的温度范围。表 5.2^[2] 压力为 1.0MPa 的氢气，当氢气的温度小于 350℃ 时，一般采用 20 无缝钢管，当氢气的温度在 351~400℃ 范围时，一般采用 15MnV 或 12CrMo 无缝钢管。

表 5. 2 不同材料的管子，使用温度范围：

材料牌号	受压管子使用温度范围℃	材料牌号	受压管子使用温度范围℃
Q235AF	0~250	纯钛	≤350
Q235A	0~350	铝	-268~150
20R	-20~475	铜、黄铜	-196~200
20g	-20~475	纯铝	≤120
16MnR	-14~475	硬铝	≤140
16Mn	-40~475	灰铸铁	≤250
0.5Mo	≤520	球墨铸铁	≤350
Cr18Ni9	-196~700		

4. 介质化学性质的影响

输送不同介质，采用不同的管材。有的介质呈中性，一般对材料要求不高，可选用普通碳钢管；有的介质呈酸性或碱性，就要选择耐酸或耐碱的管材。强酸强碱与弱酸弱碱对管子的材料要求也不一样，同样的酸或碱，浓度不同对管子的材料要求也有区别。如输送水及水蒸汽，采用碳钢材料的管子就可以了。如在尿素装置中，输送二氧化碳的管子，一般采用不锈钢管，因为二氧化碳遇水形成碳酸，碳酸对一般钢管有腐蚀作用。如发烟硫酸可选用碳钢管子，稀硫酸就不得用碳钢管子，因为稀硫酸和碳钢能起化学反应，对碳钢有腐蚀，可采用硬铝管。

5. 管子本身功能的影响

有些管子除需具备输送介质的功能外，还要具有吸震的功能、吸收热胀冷缩的功能，在工作状况下，能经常移动的功能。如民用液化石油气、氧气、乙炔气在灌瓶的部位，管子常采用高压钢丝编织胶管，而不能使用移动不方便的硬质钢管。

6. 压力降的影响

管子的材料初步选定以后，还要进行管道压力降的计算，确定管子内径。通过压力降的计算，看选用的材料是否符合要求。特别在初步选用塑料管子时，更要重视压力降的复核。

压力管道的计算，在工程设计中，一般要根据生产规模进行物料衡算、能量衡算和设备计算，初步确定物料流量。并参照有关资料，假定一个物料流速，计算出管子内径，查手册或标准，选用标准管子，通常选用的标准管子内径应等于或略大于计算出的管子内径。再计算管道的压力降。

利用下式可以对各种情况进行计算：

式中：D——内径(m)；

Q——容积流量(m^3/s)；

u——流速(m/s)。

根据式(5—1)可以计算：

- (1) 已知容积流量，设定某一流速，计算出管子内径 D；
- (2) 已知管子内径，并根据输送介质设定的管道流速，可计算容积流量 Q；
- (3) 已知容积流量和管子内径，计算流体在管子中的流速 u。

根据容积流量和管子内径，计算出的物料流速应在允许的流速范围之内。通常情况下，各种物料的流速范围可参照表 5. 3^[3]。

表 5. 3 物料一般流速范围

流 体 名 称	流 速 范 围 (m/s)	流 体 名 称	流 速 范 围 (m/s)
饱和蒸汽	主管 30~40 支管 20~30		8.0~10 (经济流速)
低压蒸汽 <1.0MPa (绝压)	15~20	煤气 初压 2KPa	0.75~3.0
中压蒸汽 1.0~4.0MPa (绝压)	20~40	煤气 初压 60KPa	3.0~12
高压蒸汽 4.0~12.0MPa (绝压)	40~60	(以上主支管长 50~100m)	
过热蒸汽 (主管)	40~60	半水煤气 0.1~0.15MPa (绝压)	10~15
	(支管) 35~40	烟道气 烟道内	3.0~6.0
一般气体 (常压)	10~20		管道内 3.0~4.0
高压乏气	80~100	工业烟囱(自然通风)	2.0~8.0
蒸汽(加热蛇管) (入口管)	30~40		实际 3~4
氧气 0~0.05MPa (表压)	5.0~10	石灰窑窑气管	10~12
	0.05~0.6MPa (表压) 7.0~8.0	乙炔气	
	0.6~1.0MPa (表压) 4.0~6.0	(车间内) 0.01~1.5MPa (表压) (中压)	4.0~8.0
	1.0~2.0MPa (表压) 4.0~5.0	(车间内) 0.01MPa (表压) 以下 (低压)	3.0~4.0
	2.0~3.0MPa (表压) 3.0~4.0	(外管线) 0.01~1.5MPa (表压) (中压)	2.0~4.0
车间换气通风 (主管)	4.0~15	(外管线) 0.01MPa (表压) 以下 (低压)	1.0~2.0
	(支管) 2.0~8.0	氨气 真空	15~25
风管距风机最远处	1.0~4.0		
最近处	8.0~12	压缩气体 0.1~0.2MPa (表压)	8~15
压缩气体 0.1~0.2MPa (表压)	10~15	压缩空气 (真空)	10~20
压缩空气 (真空)	5.0~10	0.1~0.2MPa (绝压)	10~20
0.1~0.2MPa (绝压)	8.0~12	0.35MPa (绝压)	10~20
0.1~0.6MPa (表压)	10~20	0.6MPa (表压)以下	10~20
0.6~1.0MPa (表压)	10~15	1.0~2.0MPa (表压)以下	3.0~8.0
1.0~2.0MPa (表压)	8.0~10	氮气 5.0~10MPa (绝压)	2~5
2.0~3.0MPa (表压)	3.0~6.0	变换气 0.1~1.5MPa (绝压)	10~15
3.0~25.0MPa (表压)	0.5~3.0	铜洗前气体 32.0MPa (绝压)	4~9
煤气	2.5~15	蛇管内常压气体	5~12
		真空管	<10

流体名称	流速范围 (m/s)	流体名称	流速范围 (m/s)
真空蒸发器汽出口 (低真空)	50~60	液氮	真空
(高真空)	60~70	0.6MPa (表压)以下	0.05~0.3
末效蒸发器汽出口	40~50	1.02MPa (表压)以下	0.3~0.5
蒸发器 出汽口(常压)	25~30	盐水	0.5~1.0
真空度 6.5~7.1KPa 管道	80~130	制冷设备中盐水	1.0~2.0
填料吸收塔空塔气体速度	0.2~0.3 至 1~1.5	泡罩塔液体溢流管	0.6~0.8
膜式塔气体板间速	4.0~6.0	过热水	0.05~0.2
废气 低压	20~30	离心泵 吸入口	2
高压	80~100	排出口	1~2
化工设备排气管	20~25	往复式真空泵 吸入口	1.5~2.5
氢气	≤8.0	排出口	13~16
自来水 主管,0.3MPa (表压)	1.5~3.5	油封式真空泵 吸入口	最大 25~30
支管,0.3MPa (表压)	1.0~1.5	空气压缩机 吸入口	10~13
工业供水 0.8MPa (表压)以下	1.5~3.5	排出口	<10~15
压力回水	0.5~2.0	通风机 吸入口	15~20
水和碱液 0.6MPa (表压)以下	1.5~2.5	排出口	10~15
自流回水 有粘性	0.2~0.5	旋风分离器 入气	15~20
粘度和水相仿的液体	取与水相同	出气	15~25
自流回水和碱液	0.7~1.2	结晶母液 泵前速度	4.0~15
在换热器管内水	0.2~1.5	泵后速度	2.5~3.5
蛇管内低粘度液体	0.5~1.0	齿轮泵 吸入口	3~4
蛇管冷却水	<1	排出口	<1.0
石棉水泥输水管 Φ50~250 下限	0.28~0.4	往复泵(水类液体) 吸入口	1.0~2.0
上限	0.9~1.5	排出口	0.7~1.0
Φ600~1000 下限	0.55~0.6	粘度 0.05Pa·S 液体 (Φ25 以下)	1.0~2.0
上限	2.2~2.6	粘度 0.05Pa·S 液体 (Φ25~50)	0.5~0.9
锅炉给水 0.8MPa (表压)以上	>3.0	粘度 0.05Pa·S 液体 (Φ50~100)	0.7~1
蒸汽冷凝水	0.5~1.5	粘度 0.1Pa·S 液体 (Φ25 以下)	1~1.6
凝结水(自流)	0.2~0.5	粘度 0.1Pa·S 液体 (Φ25~50)	0.3~0.6
气压冷凝器排水	1.0~1.5	粘度 0.1Pa·S 液体 (Φ50~100)	0.5~0.7
油及粘度大的液体	0.5~2	粘度 1Pa·S 液体 (Φ25 以下)	0.7~1
粘度较大的液体(盐类溶液)	0.5~1	粘度 1Pa·S 液体 (Φ25~50)	0.1~0.2
石灰乳(粥状)	≤1.0	粘度 1Pa·S 液体 (Φ50~100)	0.16~0.25
泥浆	0.5~0.7	粘度 1Pa·S 液体 (Φ100~200)	0.25~0.35
		易燃易爆液体	0.35~0.55
			<1

流体在管道中流动，由于管道内壁不是绝对光滑，不一定是等径，管道走向也可能有弯曲、升降，加之管道中有阀门、法兰等管件，从而使流体在管道中流动必然会产生压力降。

(1) 管内摩擦压力降

$$\Delta P_f = 6.506 \times 10^{-15} f L W^2 / D^2 \rho \quad (5-2)$$

式中： ΔP_f ——管内摩擦压力降(kPa)；

f ——摩擦系数；

L ——管路总长度(包括管子及附件)(m)；

W ——气(液)体的重量流量(kg/h)；

ρ ——气(液)体的密度(kg/m³)。

(2) 局部压力降

$$\Delta P_k = 5.1 \times 10^{-7} K \frac{\rho u^2}{g} \quad (5-3)$$

式中： ΔP_k ——局部压力降(kPa)；

g ——重力加速度；

K ——局部阻力系数。

在工程上还常用当量长度算法，将各种局部压力降折合为相当于直管长度的压力降来计算。

(3) 上升管静压压力降

$$\Delta P_H = 1.02 \times 10^{-6} (H_2 - H_1) \rho \quad (5-4)$$

式中： ΔP_H ——上升管静压压力降(KPa)

H_2 、 H_1 ——管段始端和终端的标高(m)

(4) 加速度压力降

$$\Delta P_v = 5.1 \times 10^{-7} \frac{\rho u^2}{g} \quad (5-5)$$

式中： ΔP_v ——加速度压力降(KPa)

(5) 流体粘度引起的压力降

对于油类、因粘滞性产生的压力降用下式计算

$$\Delta P_w = 40.74 L \mu Q / d^2 \quad (5-6)$$

式中： ΔP_w ——流体粘度引起的压力降(kPa)；

μ ——动力粘度(kPa·s)。

(6)总压力降

$$\Delta P_t = 1.15(\Delta P_r + \Delta P_k + \Delta P_H + \Delta P_v + \Delta P_w) \quad (5-7)$$

式中： ΔP_t ——总压力降(kPa)；

1.15——考虑15%的裕量。

(7)总压力降确定以后，尚须注意以下两个问题：其一是系统的总压力降，不能超过所选管道的额定压力；其二是泵或压缩机的出口压力必须超过系统的总压力降，但不能超过所选管子及其附件的压力等级。

7. 常用管道的类型

一般用途及选用材料情况参见下表5.4。

表5.4 常用管道的类型、选材、一般用途一览表

序号	管道类型		选用材料	一般用途	标准号	备注
1	无缝钢管	①中低压用	普通碳素钢、优质碳素钢、 低合金钢、合金结构钢	输送对碳钢无腐蚀或腐蚀速度很小的各种流体	GB8163-87 GB3082-82 GB9948-88	
		②高压用	20、15MnV等	合成氨、尿素、甲醇生产中大量使用	GB6479-86	
		③不锈钢	1Cr18Ni9Ti等	液碱、丁醛、丁醇、液氨、硝酸、硝酸铵溶液的输送	GB2270-80	
2	焊接钢管	①水煤气输送钢管	Q235-A	适用于输送水、压缩空气、煤气、蒸汽，冷凝水和采暖系统的管路	GB3091-93	
		②螺旋缝电焊钢管	Q235、16Mn等		SY5036-83	
		③不锈钢焊接钢管	1Cr18Ni9Ti等		HG20537-3.4-92	
3	金属软管	①纤焊不锈钢软管	1Cr18Ni9Ti	一般适用于输送带有腐蚀性气体		
		②P2型耐压软管	低碳镀锌钢	一般用于输送中性的液体、气体及混合物		
		③P3型吸尘管	低碳镀锌钢	一般用于通风、吸尘的管道		
		④PM1型耐压管	低碳镀锌钢	一般用于输送中性液体		
4	有色金属	①铜管和黄铜管	T2、T3、T4、TUP、 TU1、TU2、H68、H62	适用于一般工业部门，用作机器和真空设备上的管路及压力小于10MPa时的氧气管路	GB1527~ 1530-87	
		②铅及其合金管	纯铅，Pb4、Pb5、Pb6， 铅铋合金(硬铅)， PbSb4、PbSb6、PbSb8	适用于化学、染料、制药及其它工业部门 作耐酸材料和管道，如输关15~65%的硫	GB1472-88	

				酸、干或湿的二氧化硫、60%的氢氟酸、浓度小于80%的醋酸、铅管的最高使用温度为200℃，但温度高于140℃时，不宜在压力下使用。		
		铝及其合金	L2、L3、工业纯铝	铝管用于输送脂及酸、硫化氢及二氧化碳，铝管最高使用温度℃，温度高于160℃时，不宜在压力下使用，铝管还可以用于输送浓硝酸、醋酸、蚁酸、硫的化合物及硫酸盐。不能用于盐酸、碱液，特别是含氯离子的化合物。铝管不可用对铝有腐蚀的碳酸镁、含碱玻璃棉保温。	GB6893-86 GB4436-84	
5	纤维缠绕玻璃钢管	承插胶粘直管、对接直管和O型环承插连进管	玻璃钢	一般在公称压力0.6~1.6MPa、公称直径大于50mm的管道上	HGJS34-91	
		玻璃钢烯管	玻璃钢	低压接触成型进管使用压力小于等于0.6MPa，长丝缠绕直管，合用压力小于等于1.6MPa。		
6	增强聚丙烯管	聚丙烯	具有轻质高强、耐腐蚀性好、致密性好，价格低等特点。使用温度为120℃，合用压力为小于等于1.0MPa。	HG20539-92		
7	玻璃管增强聚乙烯复合管	玻璃、聚乙烯	一般用于公称直径15~400mm，PN小于等于1.6MPa管道上。	HG20520-92		
8	玻璃钢增强聚乙烯复合管	玻璃钢、聚乙烯	使用压力小于等于1.6MPa。	HGJ515-87		
9	钢衬改性聚丙烯复合管	钢、聚丙烯	使用压力可大于1.6MPa。			
10	钢衬聚四氟乙燃推压管	钢、聚四氟乙烯	使用压力可大于1.6MPa	HG/T21562-94		
11	钢衬高性能聚乙烯管	钢、聚乙烯	具有耐腐蚀、耐磨损等特点			
12	钢喷涂聚乙烯管	钢、聚乙烯	使用压力小于等于0.6MPa			
13	钢衬橡胶管	钢、橡胶	使用压力可大于1.6MPa	HG21501-93		
14	钢衬玻璃管	钢、玻璃	使用压力可大于1.6MPa			
15	搪玻璃管	钢、瓷釉	使用压力小于0.6MPa	HG/T2130-91		
16	硬聚乙烯管	聚乙烯	使用压力小于等于1.6MPa	GB4219-84		
17	ABS管	ABS	使用压力小于等于0.6MPa			

18	耐酸陶瓷管	陶瓷	使用压力小于等于 0.6MPa	ZB/TG94004-86	
19	聚丙烯管	聚丙烯	一般用于化工防腐蚀管道上	SG246-81	
20	氟塑料管	聚四氟乙烯	耐腐蚀, 且耐负压	ZBG33001-85	
21	输水、吸水胶管	橡胶	a. 夹套输水胶管, 输送常温水 and 一般中性液体, 公称压力小于等于 0.7MPa b. 纤维缠绕输水胶管, 输送常温水, 工作压力小于等于 1.0MPa c. 吸水胶管, 适用于常温水 and 一般中性液体	HG2184-81	
22	夹布输气管	橡胶	一般适用输送压缩空气 and 惰性气体用		
23	输油、吸油胶管	耐油橡胶	a. 夹布吸油胶管, 适用于输关 40℃ 以下的汽油、煤油、柴油、机油、润滑油及其他矿物油类。工作压力小于等于 1.0MPa b. 吸油胶管, 适用于抽吸 40℃ 以下的汽油、煤油、柴油以及其他矿物油类		
24	输酸、吸酸胶管	耐酸胶	a. 夹布输稀酸(碱)胶管, 适用于输送浓度在 40% 以下的稀酸(碱)溶液(硝酸除外) b. 吸稀酸(碱)胶和, 适用于抽吸浓度在 40% 以下的稀酸(碱)溶液(硝酸除外) c. 吸浓硫酸管, 适用于抽吸浓度在 95% 以下的浓硫酸及 40% 以下的硝酸	GB2552-81	
25	蒸汽胶管	合成胶	a. 夹布蒸汽胶管, 适用于输压力小于等于 0.4MPa 的饱和蒸汽 or 温度小于等于 150℃ 的热水 b. 钢丝编织蒸汽胶管、供输送压力小于 1.0MPa 的饱和蒸汽	GB7548-87	
26	耐磨吸引胶管	合成胶	适用于输送含固体颗粒的液体 and 气体		
27	合成树脂复合排吸压力软管	合成树脂	适用于输送 or 抽吸燃料油、变压器油、润滑油以及经学药品、有机溶剂		