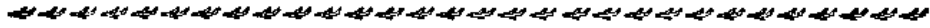


第25章 管道的试压与防腐保温



量。

第1节 管道的试压

1. 压力试验的一般规定

(一) 压力管道的试压

管道系统的压力试验包括强度试验和严密性试验两项内容。机械工厂常见工业管道压力试验的一般规定见表 25-1-1。

压力管道安装、检修完毕，应按设计规定对管道系统进行压力试验，用以检查管道系统的安装质

量。地下煤气管道的严密性试验时的实际压降值具体计算方法为：在将试验压力升到 0.1MPa 后，恒

表25-1-1 工业管道压力试验一般规定

管道类别	工作压力 P (MPa)	强度试验			严密性试验		
		试验介质	试验压力 P_s (MPa)	试验恒压 时 间 (min)	试验介质	试验压力 P_s (MPa)	渗 漏 率 ΔP
压缩空气	< 0.5	水	$1.5P$ 但 < 0.2	20	空气	$1.05P$	保压24 h, $\Delta P \geq 1\%/h$
	≥ 0.5		$1.25P$ 但 $< P + 0.3$				
氧 气	> 3.0	水	$1.25P$	10	无油压缩 空气或氮气	P	保压24 h, $\Delta P \geq 1\%/h$
	$3.0 \sim 0.07$	水	$1.25P$				
		无油压缩空气	$1.1P$				
	< 0.07	无油压缩空气	0.1				
氮气、氩气	> 3	水	$1.25P$	10	空气	P	保压24 h $\Delta P \geq 1\%/h$
	$3 \sim 0.07$	水或 空气	$1.25P$				
		空气	$1.1P$				
	< 0.07	空气	0.1				
煤 气	地 上	中压	空气	60	空气	室外 $P_{试} + 0.005$ 但 < 0.2	保压 2 h 室外 $\Delta P \geq 4\%$ 室内 $\Delta P \geq 2\%$
	地 下	0.3	0.1 (当 $P < 0.002$ 时 $P_s = 0.02$)				
乙 炔	≥ 0.15	水	$2P$	10	空气	$1.5P$ 但 < 0.01	保压24 h $\Delta P \geq 0.5\%/h$
	$0.15 \sim 0.07$		3.2				
	< 0.07		2.2				

(续)

管道类别		工作压力 P (MPa)	强度试验			严密性试验		
			试验介质	试验压力 P_s (MPa)	试验保压 时间 (min)	试验介质	试验压力 P_s (MPa)	渗漏率 ΔP
热力管道	室内	P	水	$P + 0.1$ 但 ≤ 0.3	10	水	P	
	热水							
	蒸汽	> 0.07	≤ 0.07					
室外	P	水	$1.5P$ 但 ≤ 0.6	10	水	P		
给水管道	室内	P	水	≥ 0.6 , 生活、生产消防合用管 $P_s = 1.5P$ 但 ≥ 1.0	10	水	P	不漏为合格
	室内	P	水	$P + 0.5$ 但 ≤ 0.9	10	水	P	不漏为合格
	室外	P	水	$2P$	10	水	P	不漏为合格
> 0.5								
室外	P	水	$1.5P$	10	水	P	不漏为合格	
								钢筋混凝土管
		> 0.6	$P + 0.3$					

注：1. P_s 为排送机的最大静压力 (MPa)；
2. 地下煤气管道的严密性试验的考核指标是实际压降值。

压一定时间 (管径小于 150mm 的为 6h, 管径在 200~300mm 时为 9h, 管径在 400mm 以上时为 12h)。然后观察 24h, 在 24h 内的实际压降不超过允许压降时认为合格。

由同一直径的管子组成的煤气管, 在严密性试验时间内允许压降按下列公式进行计算:

$$\text{钢制煤气管 } \Delta P = 40 \frac{T}{D} \quad (25-1-1)$$

$$\text{铸铁煤气管 } \Delta P = 6.47 \frac{T}{D} \quad (25-1-2)$$

式中 ΔP ——允许压降 (kPa);

D ——管道内径 (mm);

T ——试验持续时间 (h)。

如果试验管段有几种管径时, 以上计算式中的

$\frac{1}{D}$ 按下式计算:

$$\frac{1}{D} = \frac{d_1 L_1 + d_2 L_2 + \dots + d_n L_n}{d_1^3 L_1 + d_2^3 L_2 + \dots + d_n^3 L_n} \quad (25-1-3)$$

式中 d ——管道内径 (mm);

L ——管段长度 (m)。

严密性试验时的渗漏率可按下式计算

$$\Delta P = \frac{100}{T} \left[1 - \frac{p_2(t_1 + 273)}{p_1(t_2 + 273)} \right] \quad (25-1-4)$$

式中 ΔP ——一小时平均渗漏率 (%/h);

T ——保压时间 (h);

p_1, t_1 ——试验开始时的压力和温度;

p_2, t_2 ——试验終了时的压力和温度。

2. 试压要求

1) 试压前, 应按设计要求及有关技术规范规定对试验系统进行全面检查, 将不宜和管道一起试验的阀门、仪表、配件等从管道上拆除, 临时装短管接通; 管道中的所有开口应封闭, 不宜连同一起试验的设备或高 (低) 压系统与低 (高) 系统之间应加盲板隔离, 试压后及时拆除。

2) 试压系统内的阀门应打开, 系统的最高点处应设置放气阀, 最低点处设排液阀。

3) 水压试验不宜在气温低于 5°C 的环境温度下进行, 否则应采取相应的防冻措施, 或改用气压试验, 试压合格后, 应立即将系统内的液体排放干

净。

4) 试验时应缓慢升压, 同时注意观察试压系统各部位的情况, 发现问题马上降压进行修理。

5) 试压合格后, 应填写试验检查记录, 并经各有关方面人员签字, 作为技术资料存档。

3. 地下给水管道的渗水量试验

地下给水管道以水为介质进行强度试验时, 当升压至试验压力, 恒压不少于 10min (为保持压力允许向管内补水), 检查接口及管道配件, 如未发

表25-1-2 地下给水管道路水压试验
允许渗水量

公称直径 D_N (mm)	长度等于或大于1000m管道在试验压力下的允许渗水量(L/min)		
	钢管	铸铁管	预应力钢筋混凝土管、自应力钢筋混凝土管、钢筋混凝土管或石棉水泥管
100	0.28	0.70	1.40
125	0.35	0.90	1.56
150	0.42	1.05	1.72
200	0.56	1.40	1.98
250	0.70	1.55	2.22
300	0.85	1.70	2.42
350	0.90	1.80	2.62
400	1.00	1.95	2.80
450	1.05	2.10	2.96
500	1.10	2.20	3.14
600	1.20	2.40	3.44
700	1.30	2.55	3.70
800	1.35	2.70	3.98
900	1.45	2.90	4.20
1000	1.50	3.00	4.42
1100	1.55	3.10	4.60
1200	1.65	3.30	4.70
1300	1.70	—	4.90
1400	1.75	—	5.00

注: 1. 试验管段小于 1000m 时, 表中允许渗水量应按比例减少。

2. 表中未列的各种管径, 可用下列公式计算允许渗水量:

$$\text{钢管: } q = 0.05\sqrt{D} \quad (25-1-5)$$

$$\text{铸铁管: } q = 0.1\sqrt{D} \quad (25-1-6)$$

预应力钢筋混凝土管、自应力钢筋混凝土管、钢筋混凝土管或石棉水泥管:

$$q = 0.14\sqrt{D} \quad (25-1-7)$$

式中 q ——每 1000m 管道允许渗水量 (L/min);

D ——管子内径 (mm)。

现破坏及较严重渗水现象后, 还应对管道系统进行渗水量试验。经渗水量试验未发现破坏、且渗水量不大于表 25-1-2 所规定的允许值, 即认为试验合格 (渗水较多的接口, 仍须修好)。

地下给水管道路渗水量试验装置如图 25-1-1 所示。渗水量试验及计算方法如下:

1) 将水压升至试验压力, 关闭水泵水门, 记下降 0.1MPa 所需的时间 (T_1); 再将管道压力提高到试验压力, 关闭水泵水门;

2) 快速开启 2 号水门, 往量水槽放水, 记下降 0.1MPa 所需的时间 (T_2), 同时测量在此时间内放水量 (W); 此外, 向量水槽放水的 3 号调节阀的开放程度应预先规定, 以便其流出的水量适应于试验管段的允许渗水量。

3) 渗水量按下式计算:

$$q_s = \frac{W}{T_1 - T_2} \quad (25-1-8)$$

式中 q_s ——管道渗水量 (L/min);

W ——每下降 0.1MPa 经过 2 号水门流出的水量 (L);

T_1 ——未放水时, 从试验压力下降 0.1MPa 所经历的时间 (min);

T_2 ——放水时, 从试验压力下降 0.1MPa 所经历的时间 (min)。

管径不大于 400mm 的地下埋设压力管道在进行水压试验时, 如管道内空气排尽, 试验压力在 10min 内下降不大于 0.05MPa, 则可不测定渗水量, 认为试验合格。

4. 制冷系统严密性试验要求

制冷系统试验必须符合下列规定:

1) 吹污 压力为 0.6MPa, 介质为干燥空气, 氟利昂系统可用惰性气体, 用白布检查, 5min 内无污物为合格。吹污后应将系统中阀门的阀芯拆下清洗 (安全阀除外)。

2) 严密性试验需保持 24h (试验压力见表 25-1-3), 前 6h 检查压力下降不应大于 0.03MPa, 后 18h 除去因环境温度变化而引起的误差外, 压力无变化为合格。

3) 真空试验的剩余压力, 氟系统不应高于 8kPa, 氟利昂系统不应高于 5.3kPa, 保持 24h, 氟系统压力以不发生变化为合格; 氟利昂系统压力回升不应大于 533Pa。离心式制冷机按设备技术文件规定执行。

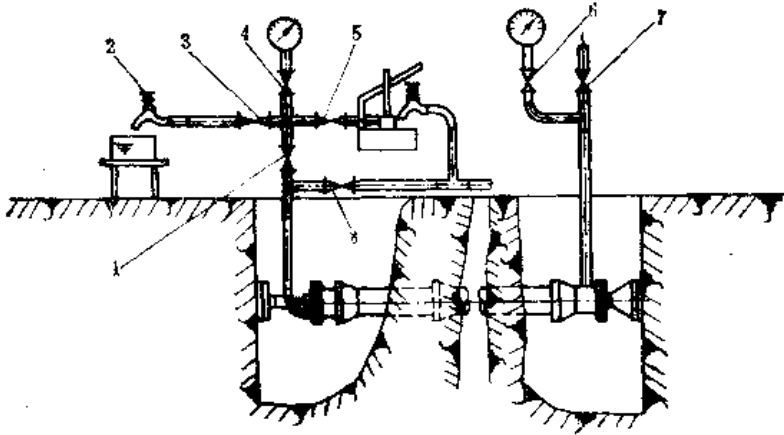


图25-1-1 水压试验装置示意

- 注：1.从自来水管向试验管道通水时，开放7、8号水门，关闭1号水门。
 2.用水泵加压时，开放1、4、5、6号水门，关闭2、7、8号水门。
 3.不用墨水箱测渗水量时，开放1、4、6号水门，关闭2、5、7、8号水门。
 4.用热水箱测渗水量时，开放1、2、4、6号水门，关闭5、7、8号水门。
 5.用水泵调整3号调节阀时，开放2、4、5号水门，关闭1号水门。

表25-1-3 制冷系统严密性

系统压力	试验的压力 (MPa)			
	制 冷 剂			
	活塞式制冷机			离心式制冷机
	R717	R22	R12	R11
低压系统	12		10	1
高压系统	18		16	1

4) 活塞式制冷机充注制冷剂 首先充注适量制冷剂，氨系统加压到0.1~0.2MPa，用酚酞试纸检漏。氟利昂系统加压到0.2~0.3MPa，用卤素喷灯或卤素检漏仪检漏，如无渗漏再按技术文件规定继续加液。充注时应防止吸入空气和杂质，严禁用高于40℃的温水或其它方法对钢瓶加热。

(二) 无压管道的试压

依靠重力流动的排水管道施工完毕，应进行灌水试验，以检查工程施工质量。试验前，应对系统进行全面检查。

1. 检查方法及内容

1) 排水管道的直径(或高度)大于1m时，应沿线路全长进行内部检查，直径(或高度)小于1m时，应在全长内选几段进行内部检查或用反射镜检查；室内排水管道应进行外观检查。要求管道

内部不应有裂缝、小孔、凹陷、残渣等缺陷。

2) 采用反射镜和光源检查两相邻检查井间排水管段是否成直线，管道截面为圆形时，在反射镜中所看见的圆与正圆形的偏差要求为：水平线上不许大于管道直径的1/4，且水平线每边最大偏差不得大于50mm；垂直线上不允许有偏差。

3) 检查井内流槽的实际标高与设计标高的偏差应不超过±10mm。

2. 灌水试验具体要求

(1) 室内排水管道应以一层楼高为标准进行灌水，但灌水高度不应超过8m，接口不渗不漏为合格，多层建筑应分层进行，对于楼层，可打开比试验低一层的排水立管上的检查口，用球胆充气当塞子进行试验。暗装或埋地敷设的排水管道，灌水试验必须在隐蔽前进行，其灌水高度应不低于底层地面，雨水管道的灌水高度必须到每根立管最上部的雨水漏斗；灌满水15min后，再灌满延续5min，液面不下降为合格。

(2) 室外排水管道的严密性，应于灌满水24h后进行预检查，若管道系统无漏水现象，则认为预检查合格；对于非金属污水管道，还应做渗水量试验，如设计无具体要求时，应符合下列规定，才算最后试验合格。

1) 在潮湿土壤中，检查地下水渗入管中的水量，根据地下水的水位线而定，地下水位超过管顶2~4m，渗入管道内的水量不应超过表25-1-4的规定；地下水位超过管顶4m以上，则每增加水头1m，允许增加渗入水量10%。

2) 在干燥土壤中，检查管道的渗水量，其灌水高度，应高出上游检查井内管顶4m，渗出的水量不应大于表25-1-4中的规定。

3) 在潮湿土壤中，当地下水位不高出管顶2m，可按第2项规定作渗出水量试验。

4) 渗水量试验时间不应少于30min。

5) 排出腐蚀性污水的管道不允许渗漏。

6) 雨水和与其性质相似的管道，除湿陷性黄土及水源地区外，可不作渗出水量试验。

表25-1-4 1000m的管道在一昼夜内允许
渗出或渗入水量 (m³)

管 径 (mm)	<150	200	250	300	350	400	450	500	600
钢筋混凝土管、混凝土管或石棉水泥管	7.0	20	24	28	30	32	34	36	40
红瓦管	7.0	12	15	18	20	21	22	23	23

第 2 节 管道的吹扫和清洗

(一) 管道吹扫和清洗的一般规定

1) 吹洗方法应根据对管道的使用要求、管内输送介质的种类、管道内表面的脏污程度确定, 吹洗顺序一般按主管、支管、疏排管依次进行。

2) 管道系统中不允许吹洗的管件, 如节流阀、仪表、过滤器、止回阀等, 应暂时拆下妥善保管, 临时用短管接通, 待吹洗合格后再重新装上; 不允许吹洗的设备及管道应与吹洗系统隔离。

3) 吹洗所用介质应根据设计要求或按管道用途及施工条件选择。

4) 吹扫压力一般不得超过管道系统工作压力, 且不得低于工作压力的 25%, 大型管道不应低于 0.6MPa。

5) 吹洗时, 要求吹洗介质高速通过管内, 用水冲洗时, 应保证水的流速不小于 1.5m/s, 冲洗至管内排出清洁水为止; 当用压缩空气吹扫时, 应保证系统内介质流速不小于 20m/s, 将白纸或白布置于排出口检查, 如 5 min 内其上无铁锈、尘土及其它脏物痕迹为合格。

6) 吹洗时, 除有色金属管、非金属管外, 均应用锤敲击管壁(不锈钢管宜用木锤), 特别对焊缝、死角和管底部位应重点敲打, 但不得损伤管子。

7) 吹洗合格后, 应认真填写吹洗记录, 并注意除做些规定的检查及恢复工作外, 不得再进行影响管内清洁的其它作业。

(二) 管道的吹扫

1. 蒸汽管道的吹扫

蒸汽管道应用蒸汽吹扫, 非蒸汽管道如用压缩空气吹扫不能满足清洁要求时, 也可用蒸汽吹扫,

但应考虑其结构能承受高温和热膨胀因素的影响。蒸汽管道的吹扫先从总汽阀开始, 分段进行, 沿蒸汽流向将主、干管上的阀门或法兰暂时拆除 1~2 处, 先将主、干管逐段吹净, 然后再吹支管及凝结水管。吹扫时一般每次只用一个排汽口, 用排汽管引至室外安全处, 排汽管管径不宜小于被吹扫管的管径。

蒸汽吹扫时, 先向管内缓慢输入少量蒸汽, 对管道系统进行预热, 同时注意检查管道受热延伸情况, 恒温 1h, 当被吹扫管段首端和末端温度相差不大时, 再逐渐加大蒸汽量, 然后自然降温至环境温度, 再升温、恒温进行第二次吹扫, 如此反复不少于三次, 每次约 20~30min, 当排汽口排出的蒸汽完全清洁时才能停止。

吹扫完毕, 应关闭总阀门, 排尽管内余汽及凝结水, 拆除排汽管, 处理加热吹扫过程中发现的问题。

在吹扫过程中, 不应使用疏水器来排除系统中的凝结水, 最好将疏水器暂时拆除, 待系统吹扫清洁后再装上。

2. 压缩空气管道的吹扫

压缩空气管道一般用空气吹扫, 吹扫方法和步骤与蒸汽管道的吹扫相同。在吹扫过程中要不断用手锤敲击管壁, 使粘附在管内壁的铁锈等污物脱落而被吹扫掉。

3. 氧气管道的吹扫

氧气管道经严密性试验合格后, 须用不带油的空气或氮气进行吹扫, 气流速度不小于 20m/s, 连续吹扫 8h, 其吹扫方法和步骤可参照管道清洗和吹扫的一般要求和规定进行, 所有管道都应吹扫到, 不留死角。

4. 乙炔管道的吹扫

乙炔管道经严密性试验合格后, 必须用压缩空气将管道吹扫干净。管路投入使用时, 还应用三倍于管道体积的氮气吹扫, 赶出管路中集存的空气。吹扫时在管路末端安装阀门和排气管排放空气, 当排出氮气内氧的含量少于 3% 时则认为吹扫合格。吹扫时要防止管路中存在吹扫不到的死角集聚空气, 吹扫合格后在管内充满氮气的情况下送入乙炔, 投入使用。

5. 煤气、天然气管道的吹扫

煤气、天然气管道施工或检修完毕, 应采用压力不小于管道工作压力的压缩空气进行吹扫, 清除

施工过程中落入管内的各种杂物，由放散管、人孔（干孔）等处排除；吹扫方法和步骤与氧气管道的吹扫同，但在投入运行前，煤气管道必须用煤气进行吹扫，天然气管道应采用天然气进行吹扫，至排出气体经化验合格为止。

6. 油管道的吹扫

对于较长时间停止运行的油管道及经常运行的管道在检修时都必须进行吹扫，将残存在管内的油品扫出。由于蒸汽温度高、可以炭化管壁上集聚的残油，将管线清扫干净，所以油管道一般采用高压蒸汽吹扫。吹扫完毕，应将存留在管内的凝结水排除干净。油管道也可用压缩空气吹扫，其优点是不会有冷凝水混入油内。

(三) 管道的清洗

给水、热水、凝结水等工作介质为液体的管道，在施工结束或检修后投入运行前，一般可用洁净的水进行清洗。清洗时，若管道分支较多，末端截面积较小，可将干管上的阀门或法兰等连接处暂时拆开1~2处，支管和干管连接处的阀门也暂时拆开，用盲板封闭，然后分段进行冲洗，排水管由冲洗段管道末端接出，排水管截面积不应小于被冲洗管截面积的75%，将水引至排水井或排水沟内。冲洗时水流速不应小于1.5m/s，一般冲洗到出口处水的色度和透明度与入口处目测一致为合格。

压缩空气管道也可采用高速清水进行冲洗，但经水冲洗后必须再用空气吹干净残留在管内的水份

才能投入运行，不然影响送出压缩空气的质量。

第3节 管道的防腐

工业管道系统使用的管道和配件，大都由金属材料制成，它们长期暴露在大气中，或暴露在有腐蚀性气（汽）体或可能溅出有侵蚀性液体的环境里，会经常受到水汽或各种腐蚀性气体的侵蚀而逐渐毁坏，特别是黑色金属。因此，必须根据管道系统所处环境和腐蚀程度，采取相应的防腐措施，才能延长管道系统的使用寿命。

(一) 常用防腐材料性能及选择

1. 防腐材料选择的基本要求

管道及设备外壁用防腐材料选用时，应符合以下要求：

- 1) 具有良好的耐腐蚀性能，对于有温度要求的管道系统，还应具有良好的耐热性能。
- 2) 涂层应有良好的附着力，而且密实无孔，并具有良好的物理机械强度。
- 3) 应具有防水、防潮、防工业大气腐蚀的性能，应能耐紫外线日照等物理因素作用。
- 4) 应有一定的色泽，并能在常温下固化。
- 5) 施工简便。

2. 常用防腐涂料性能

工业管道系统常用防腐涂料的性能、用途见表25-3-1。

表25-3-1 常用防腐涂料性能

涂料名称	型号	主要性能			主要用途	施工要点	备注
		耐腐蚀力	适用温度(°C)	附着力			
红丹防锈漆	Y53-1	防锈性能好，易涂刷，涂膜有较好的坚韧性、防水性和附着力，且能起阳极阻蚀剂作用	<150	钢铁表面附着力强	10h表面可干燥，24h可完全干燥	钢铁表面底漆，常用于管道底漆	不适用于涂刷铝、锌合金等表面
铁红防锈漆	Y53-2	防锈性能仅次于红丹防锈漆	<150	附着力强	10h表面可干燥，24h可完全干燥	室内外要求不高的黑色金属表面防锈打底	与红丹防锈漆同

(续)

涂料名称	型号	主要性能				主要用途	施工要点	备注
		耐蚀力	适用温度 (°C)	附着力	干燥时间 (温度 25±1°C, 相对湿度 65±5%)			
铁黑防锈漆	Y53-4	具有良好的耐晒性和一定的防锈性能		钢铁表面附着力强		室内外钢铁结构的防锈打底		
铁红醇酸底漆	C06-1	有良好的防锈能力	-40~60	附着力良好	2h表面可干燥, 24h可完全干燥, 在105±2°C环境下0.5h可烘干	一切黑色金属表面防锈打底	配套面漆: 醇酸磁漆、氨基磁漆、硝基磁漆、沥青漆、过氯乙烯磁漆等, 稀释剂: 喷漆用二甲苯, 刷涂用松节油	涂层不宜过厚, 不宜用于湿热地带和潮湿地带
灰黑醇酸防锈漆	F53-2	防锈性能较好			4h表面可干燥, 24h可完全干燥	用于一般要求的钢铁表面防锈打底	刷涂时用200号溶剂汽油或松节油作稀释剂	
各色厚漆(铅油)	Y02-1	着色力强, 不耐热和潮湿, 耐大气	<60		24h可干燥	用于涂刷一般要求不高的建筑工程、金属或木材表面, 也可作木质物件打底	目前用清油调稀, 清油:厚漆=1:(2~3), 可加适量催干剂(G-4, G-8), 刷涂时可用200号溶剂汽油或松节油作稀释剂	炎热而潮湿的天气有发粘现象
各色油性调合漆	Y03-1	耐候性较强, 不易粉化龟裂	<120	附着力较好	10h表面可干燥, 24h可完全干燥	室外一般金属、木质物件及建筑物作保护装饰, 常用作管道面漆	涂于金属、木或磷化底漆、防锈底漆表面1道; 室外用时至少2道, 用200号溶剂汽油或松节油作稀释剂	
过氯乙烯漆	G01-5	防腐性能良好, 可耐酸碱、盐类及煤油等的侵蚀		与钢铁附着力强	3h可干燥	用于化工设备、管道等防腐涂层	与G52-7及各色防腐漆配套	
各色醇酸磁漆	C04-2	耐酸性能尚好, 耐碱性较差	<100	机械强度较好, 而耐水性稍差	5h可表面干燥, 15h可完全干燥	室内外金属和木材表面涂刷	可用松节油及200号溶剂汽油与二甲苯的混合溶剂稀释, 配套使用时, 要先涂C06-1醇酸底漆1~2道, 并以C07-1醇酸腻子补平, 再涂C06-10醇酸底漆2道, 最后涂本漆	

(续)

涂料名称	型号	主要性能				主要用途	施工要点	备注
		耐蚀力	适用温度 (°C)	附着力	干燥时间 (温度 25±1°C, 相对湿度 66±5%)			
沥青漆	L01-6	耐腐性好	-20~70	漆膜弹性好, 附着力强	0.4 h 可表面干燥, 2 h 可完全干燥	金属表面防腐、防水、防潮用	可用汽油、二甲苯、松节油稀释	耐候性差, 不耐阳光直射
沥青耐酸漆	L50-1	耐酸性气体, 中等浓度以下的无机酸, 40%以下的碱, 对石油溶剂、丙酮、硝酸、氧化剂等不耐蚀	<70	附着力较好	6 h 表面可干燥, 48 h 可完全干燥	适用于防硫酸气体侵蚀的金属、木材表面		
乙烯磷化底漆 (磷化底漆)	X06-1	有防锈蚀作用, 增长有机涂料的使用寿命, 不适用于碱性介质环境	<60	对金属表面有极强的附着力, 还可增加有机涂层与金属表面的附着力	0.5 h 可干燥, 2 h 后可涂其它漆	作金属底层的防锈涂料, 可起到一定的磷化作用, 但不能代替一般采用的底漆	使用前按树脂液基料与磷化液以 4:1 混合, 磷化液用量不能任意增减。稀释剂用 3 份乙醇(96%)与 1 份丁醇的混合液	
各色酚醛耐热漆	F05-1	有一定的耐稀酸性, 但不宜浸渍在稀酸溶液内	<125	较差	6 h 表面可干燥, 18 h 可完全干燥	用于酸性气体侵蚀的场所, 作金属、木材表面防腐蚀涂料	钢铁表面; 磷化底漆 1 道, 酚醛漆 4 道以上; 木材表面, 酚醛漆 4 道	施工方便, 干燥较快
环氧树脂漆(有烘干型和自干型两种)		耐碱力强, 耐有机溶剂、耐温差、耐磨, 但对苯、丙酮、乙醇、硝基苯、硝酸、硫酸等不耐蚀	<150	较好	140°C 下 40min 表面可干燥, 160~180°C 下 60min 可完全干燥	用于有碱性腐蚀的场所		有毒, 施工时需注意
环氧沥青漆	H01-4	耐化学腐蚀		对金属水泥附着力强, 耐水性好	4 h 表面可干燥, 24 h 可完全干燥, 7 h 可完全固化	用作地下、水下管道及配件贮槽等防潮、防化学腐蚀涂料	云铁环氧底漆 2 道, 环氧沥青清漆 2 道或直接涂刷 3 道	有良好的物理机械性能, 漆膜坚硬

(续)

涂料名称	型号	主要性能				主要用途	施工要点	备注
		耐蚀力	适用温度(°C)	附着力	干燥时间 (温度 25±1°C, 相对湿度 65±5%)			
环氧酯 烟囱漆	F 83-1	防锈、耐热性和耐化学腐蚀性好	<300	好	6h 表面可干燥, 24h 可完全干燥	用于钢板烟囱及锅炉等处表面防锈防腐		
煤焦油 青漆		耐土壤腐蚀、防锈、防腐、耐水性好, 但不抗油及日光曝晒		好	快	地下钢铁管道防腐		

(二) 防腐施工要求

1) 防腐涂料涂刷工作宜在 5~40°C 的环境下进行, 施工现场应有防火、防冻、防雨措施。

2) 涂料涂刷前必须清除被涂金属表面的铁锈、焊渣、毛刺、油、水等污物, 并保持彻底干燥。

3) 为了使处理合格的金属表面不再生锈或沾染油污, 必须在 3h 内涂刷第一层底漆。

4) 经维修后的管道及设备, 涂刷前必须将旧涂层彻底清除干净, 并经重新除锈或表面清理后, 才能重涂各类涂料; 旧涂层的清除方法有喷砂法、喷灯烤烧法及化学脱漆法等; 常用的脱漆剂配方为: 对于清除油基漆、调和漆和清漆, 可采用碱性脱漆剂, 其配方见表 25-3-2; 清除合成树脂漆可采用溶剂配制的脱漆剂, 配方见表 25-3-3。

5) 涂层质量应符合以下要求: 涂层均匀、颜色一致; 漆膜附着牢固, 无剥落、皱纹、气泡、针孔等缺陷; 涂层完整, 无损坏, 无漏涂现象。

表25-3-2 碱性脱漆剂配方

脱漆剂号	加入量 (重量)%						
	氢氧化钠	碳酸钠	生石灰	碳酸钙	面粉糊精	水玻璃	水
1	—	7	—	13	—	—	80
2	—	8	12	—	—	—	80
3	—	7	35	6	—	—	52
4	—	14	16	20	—	—	50
5	28	—	—	—	34	10	28

表25-3-3 各种溶剂脱漆剂

配 方	施工要点和应用范围
石蜡 8~10份、苯 8~10份、二甲苯 20份、甲苯 10~12份、四氯化碳 10~12份、糠醛 40~50份	配制时先用甲苯、二甲苯、苯分别溶解石蜡, 然后加入四氯化碳, 放置 24h, 加糠醛混匀后使用。可用于一般合成树脂漆类, 但不适用于过氯乙烯漆。使用时勿用铜刷, 以免石蜡吸附在铜表面
苯、二甲苯、芳香族溶剂、松香水	适用于沥青漆类涂料, 使用时可用蘸溶剂的棉球或毛刷擦
苯 30份、丙酮 30份、改性乙醇 30份、醋酸乙酯 30份	适用于合成树脂漆层的清除。使用时用毛刷涂 2~3 次, 约 5~8min 后漆皮起皱, 然后用铲子刮去
丙酮 46份、苯 16份、改性乙醇 25份、石蜡 4份	配制时使石蜡在苯中溶解再加入其它成分, 使用前用热水浴加热至透明。适用于合成树脂漆皮的清除

6) 操作区域应空气流通, 防止中毒事故发生。

7) 弄清所用涂料的物理性质, 按规定的技术安全规程进行施工, 并应定期检查, 及时修补。

(三) 架空管道的防腐

架空管道外壁与大气接触部分广泛采用涂料防腐, 使金属表面与外界空气、水、灰尘、日光及腐

表25-3-4 管道涂层可采用的涂料品种

涂层类别	涂 料 品 种
耐大气涂层	油性漆、酚醛漆、醇酸漆、天然树脂漆、硝基漆、丙烯酸漆等
防潮涂层	沥青漆、酚醛漆、长油度醇酸漆、乙烯漆、过氯乙烯漆、橡胶漆等
耐水涂层	沥青漆、酚醛漆、过氯乙烯漆、橡胶漆、聚氨酯漆等
耐油涂层	醇酸漆、硝基漆、过氯乙烯漆、环氧树脂漆等
耐热涂层	醇酸耐热漆、有机硅耐热漆、锅炉漆、烟肉漆、氨基漆等
耐酸涂层	脂肪耐酸漆、酚醛耐酸漆、聚氨酯漆、环氧树脂漆、乙烯漆、过氯乙烯漆、橡胶漆等
耐碱涂层	过氯乙烯漆、乙烯漆、环氧树脂漆、聚氨酯漆、橡胶漆等
耐溶剂涂层	聚氨酯漆、乙烯漆、环氧树脂漆等

蚀性物质隔绝，从而得到保护。施工时应根据不同使用环境、条件等因素来选择涂料。表 25-3-4 列出了管道各种涂层应采用的涂料品种，供选用参考。

室内及通行地沟内明装管道，一般先涂刷两道红丹油性防锈漆或红丹酚醛防锈漆，外面再涂刷两道各色油性调和漆或各色磁漆。

室外架空管道、半通行或不通行地沟内管道，以及室内的冷水管，应选用具有一定防潮耐水性能的涂料，其底漆可用红丹酚醛防锈漆，面漆可用各色酚醛磁漆、各色醇酸磁漆或沥青漆。输油管道应选用耐油性较好的各色醇酸磁漆。

室内和地沟内的管道绝热保护层防腐所用色漆可根据涂层的类别，分别选用各色油性调和漆、各色酚醛磁漆、各色醇酸磁漆，以及各色耐酸漆、防腐漆等。半通行和不通行地沟内管道的绝热层外表面应涂刷具有一定防潮耐水性能的沥青冷底子油或各色酚醛磁漆、各色醇酸磁漆等。

室外管道绝热保护层防腐，应选用耐候性好，并具有一定防水性能的涂料。绝热保护层采用非金属材料时，应涂刷两道各色醇酸磁漆或各色酚醛磁漆；也可先涂刷一道沥青冷底子油再刷两道沥青漆，并采用软化点较高的 3 号专用石油沥青做基本涂料。当采用黄铁皮做绝热保护层时，在黑铁皮外表面均应先刷两道红丹防锈漆，再涂两道色漆。

(四) 埋地钢管的防腐

埋地钢管外壁直接与土壤接触会产生腐蚀，其腐蚀速度与土壤中可溶物质的性质和数量、含水量、透气性、微生物、有机物等因素有关，腐蚀的过程主要是电化学腐蚀，其腐蚀性程度可按表 25-3-5 进行确定。

表25-3-5 土壤腐蚀性的确定

电阻测量法(Ω/m)	>100	100~20	20~10	<10
失重测量法(g/昼夜)	<1	1~2	2~3	>3
腐蚀性	低	普通	较高	高

设计要求做防腐层的埋地钢管，其外壁防腐层做法可按表 25-3-6 的规定执行。

表25-3-6 管道防腐层种类

防腐层层次 (从金属表面算起)	正 常 防腐层	加 强 防腐层	特加强 防腐层
1	冷底子层	冷底子层	冷底子层
2	沥青涂层	沥青涂层	沥青涂层
3	外包保护层	加强包扎层 (封闭层)	加强包扎层 (封闭层)
4		外包保护层	沥青涂层
5			加强包扎层 (封闭层)
6			沥青涂层
7			外包保护层
8			防腐层最小厚度(mm)
9			厚度允许偏差(mm)
	3	6	9
	-0.3	-0.5	-0.5

- 注：1. 用玻璃丝布做加强包扎层，须涂一道冷底子油封闭层。
 2. 做防腐内包扎层，接头搭接长度为30~50mm，外包保护层搭接长度为10~20mm。
 3. 未连接的接口或施工中断处，应作成每层收缩为80~100mm的阶梯式接茬。
 4. 涂刷防腐冷底子油应均匀一致，厚度一般为0.1~0.15mm。
 5. 冷底子油的重量配合比：沥青：汽油 = 1:2.25。

铺设在腐蚀性低及普通泥土中的管道，可采用正常防腐层；厂区直接埋地管道，穿越河流、铁路、公路、山洞、盐碱沼泽地及靠近电气铁路等地段的管道，一般应采用加强防腐层；铺设在腐蚀性高的泥土中或穿越电气铁路、电车轨道下面的管道应采用特加强防腐层。

埋地钢管防腐层所用的材料应符合下列规定：

- 1) 沥青 可用 30 甲、30 乙以及 10 号建筑

石油沥青或 65 号、55 号普通石油沥青。

2) 填料 可用高岭土、七级石棉、石灰石粉或滑石粉等材料。

3) 内包扎层 可采用玻璃丝布、矿棉纸、油毡或麻袋片。

4) 外保护层 可采用玻璃丝布、牛皮纸或塑料布。

埋地钢管常用防腐涂料的配制方法如下：

1) 冷底子油 冷底子油配制时，其重量配合比为

$$\text{沥青:汽油} = 1:2.25 \sim 2.5$$

汽油采用汽车汽油，允许一部或全部用苯代替。严寒季节施工时，宜用橡胶溶剂油或航空汽油，其重量比为

$$\text{沥青:汽油} = 1:2$$

配制方法是：先将沥青加热至 170~200°C，再冷却到 60°C，然后慢慢加入汽油混合成符合要求的冷底子油。

2) 沥青的配制 填料与沥青的重量配合比为高岭土:沥青 = 1:3

配制方法是：先将沥青装至蒸锅容量的 $\frac{3}{4}$ ，加热到 160~180°C 以除去水分，但不得高于 220°C（且不得在 200°C 的温度下持续 1h 以上，亦不得在高于 160°C 的温度下持续 3h 以上），再继续往锅内加沥青并不断进行搅拌，并将粉状高岭土分小批加入到完全溶化的沥青中，搅拌均匀即可。这种沥青胶结材料俗称沥青玛蹄脂，其性能一般应符合表 25-3-7 的要求。

防腐层施工时，先清除管子表面的污垢、灰尘

表 25-3-7 沥青胶结材料的性能要求

施工气温 (°C)	输送介质 温度 (°C)	软化点 (环球法) (°C)	伸长度 (+25°C时) (mm)	针入度 (0.1mm)
-25~5	-25~25	65~75	30~40	—
	25~56	80~90	20~30	25~35
	56~70	85~90	20~25	—
5~30	-25~25	70~80	25~35	15~25
	25~56	80~90	20~30	10~20
	56~70	90~95	15~25	—
30以上	-25~25	80~90	20~30	—
	25~56	90~95	15~25	16~20
	56~70	—	—	—

和铁锈等杂物，使表面全部洁净呈铁灰色并使表面干燥，再将配制好的冷底子油均匀涂刷，冷底子油厚度一般为 0.1~0.15mm，待冷底子油干后，均匀涂抹热沥青胶结材料（温度应保持在 160~180°C）。加强包扎层可采用玻璃丝布或矿棉纸油毡等，以螺旋形缠于热沥青胶结材料上，接头搭接宽度为 30~50mm，并用热熔沥青胶结材料粘合。外包保护层用牛皮纸时，必须趁热包扎于沥青胶结材料上；用聚氯乙烯塑料布时，应在沥青胶结材料的温度为 40~60°C 时包扎上去，包扎时注意使塑料布各处受力均匀，圈与圈之间有 10~20mm 搭边。

防腐层施工质量应符合以下要求：

1) 冷底子油应涂抹均匀，不得有空白、凝块和滴落等缺陷。沥青胶结材料各层间不得有气孔、裂纹、凸瘤和落入杂物等缺陷。加强包扎层应全部与沥青胶结材料紧密结合，不得形成空泡和折皱。

2) 防腐层厚度的偏差不得超过表 25-3-6 的

表 25-3-8 每米管道防腐材料用量表

管子公称直径 (mm)		40	50	80	100	150	200	250	300	350	400
加强防腐层	石油沥青 (kg)	1.50	1.86	2.81	3.35	4.85	5.74	7.13	8.43	9.76	11.05
	高岭土或滑石粉 (kg)	0.25	0.32	0.48	0.57	0.83	0.97	1.21	1.43	1.65	1.87
	加强包扎层卷材 (m ²)	0.23	0.29	0.43	0.57	0.68	0.88	1.14	1.35	1.57	1.77
特加强防腐层	石油沥青 (kg)	2.34	2.76	4.11	5.12	7.44	8.80	10.92	12.72	14.96	16.82
	高岭土或滑石粉 (kg)	0.40	0.47	0.71	0.86	1.25	1.48	1.84	2.13	2.51	2.82
	加强包扎层卷材 (m ²)	0.48	0.61	0.89	1.07	1.38	1.78	2.30	2.73	3.16	3.56

规定。

3) 用电火花检查器检查防腐层的隔绝性能, 检查时的电压为: 正常防腐层 12kV, 加强防腐层 24kV, 特加强防腐层 36kV。

4) 防腐层粘结力至少每隔 500m 检查一处。检查时, 在防腐层上切一夹角为 $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 的叉口, 并从角尖撕开, 此时防腐层不应成层剥落。

防腐层所有缺陷和在检查中破坏的部位, 应在回填前彻底修补好。

已经焦化的沥青胶结材料不能用作防腐层, 以免出现裂缝。

沥青防腐层一般可使用 10 年左右。防腐层小修可在管沟中进行, 大修可将管子提升到地面上进行。修理时先用刮刀和钢刷清除失效的防腐层和管子表面的铁锈, 再重新包扎防腐层。

防腐材料用量见表 25-3-8。

(五) 钢管内壁的防腐

钢管管壁的局部腐蚀会使管壁穿孔或破裂, 严重的腐蚀会使整个管道系统运行不久就全部损坏。因此, 应定期检查钢管腐蚀程度, 并采取相应的防腐措施。

1. 管内壁腐蚀程度的检查方法

一般在火管或主要管段上安装专门的腐蚀指示器, 并定期检查。在较有代表性的管段, 每年切下 300~500mm 的一段管子, 剖成两半, 观察内表面的腐蚀情况。在腐蚀严重处, 用读数为 0.1mm 的游标卡尺测量腐蚀斑痕的断面尺寸, 用固定式深度计测量腐蚀破坏的深度。固定式深度计由读数为 0.01mm 的千分表, 装在表头上淬过火的钢针和万能千分表架组成。

2. 钢管内壁腐蚀的防止措施 (表 25-3-9)

表 25-3-9 钢管内壁腐蚀的防止措施

腐蚀的主要原因	防止措施
新生成的凝结水很活跃, 强烈地腐蚀凝结水管内壁	在凝结水管道内加入 5%~10% 浓度的苛性钠溶液, 使凝结水 pH 值升至 8.0~8.5, 以降低凝结水的活性, 同时可使金属表面形成稳定的氧化保护层
水中的溶解氧和游离二氧化碳腐蚀管道内壁	锅炉给水进行除氧 (游离的以及非游离的) 和二氧化碳; 采用闭式凝结水管道系统, 防止空气进入管道内
积聚在一起的污物沉淀引起电偶过程, 使管壁腐蚀	用机械过滤法减少介质中的污物; 管道定期进行高速排放, 冲走污物沉淀
长期停用的管道内壁被大气腐蚀或被管道内水中所含的氧腐蚀	用浓度为 200mg/L 的亚硝酸钠溶液充满管道

第 4 节 管道保温

(一) 管道保温的一般要求

1) 管道保温应在防腐、压力试验合格后进行, 如需先保温或预先做保温层, 应将管道连接处和环形焊缝留出, 待压力试验合格后, 再将连接处保温好。保温层的材质、规格应符合设计要求, 粘贴应牢固, 铺设平整, 厚度均匀, 绑扎紧密, 无滑动、松弛、断裂现象。

2) 垂直管道做保温层时, 当层高小于或等于 5m 时, 每层应设 1 个支撑托板; 层高大于 5m 时, 每层支撑托板应不少于 2 个。支撑托板应焊在管壁上, 其位置应在立管卡的上部 200mm。

3) 管道附件保温, 除寒冷地区的室外架空管

道的法兰、阀门等附件应按设计要求保温外, 一般法兰、阀门、套管伸缩器等可不保温, 但其两侧应留 70~80mm 间隙, 并在保温层端部抹 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 的斜坡。设备和容器上的人孔、手孔或可拆卸部件附近的保温层端部应做成 45° 斜坡。

4) 保温管道的支架处应留膨胀伸缩缝, 并用石棉绳或玻璃棉填塞。

5) 设备和容器保温时, 应采用勾钉固定保温层, 其间距一般为 250mm, 高度等于保温层厚度, 勾钉直径一般为 6~10mm。

6) 采用预制块保温时, 预制块拼缝应错开, 缝隙不应大于 5mm, 接缝用石棉硅藻土胶泥填满。当保温层外径小于 200mm 时, 预制块用直径 1~2mm 的镀锌铁丝绑扎, 每块至少扎两圈; 当保温层外径大于 200mm 时, 宜在预制块外面用网孔为 $30 \times 30 \sim 50 \times 50$ mm 的镀锌铁丝网捆扎。

7) 缠包式保温用矿渣棉、岩棉毡(管)、玻璃棉毡等作保温材料,为了在管道运行期间使矿渣棉毡或玻璃棉毡减少自然压缩变形,在缠包时应将棉毡压紧,缠裹好后用直径为1~1.4mm的镀锌铁丝扎牢。

8) 用保温瓦做管道保温层时,应在直线管段上每隔5~7m留1条膨胀缝,间隙为5mm,在弯管处,管径小于或等于300mm应留1条间隙为20~30mm的膨胀缝。膨胀缝须用柔性保温材料填

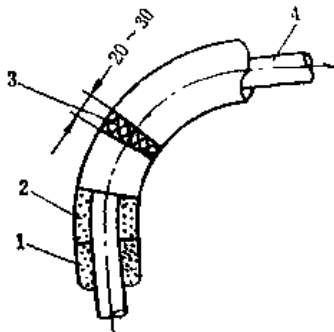


图25-4-1 弯管处留膨胀缝位置示意
1—保温层 2—保护层 3—膨胀缝
及填充材料 4—管子

充。弯管处留膨胀缝的位置如图25-4-1。

9) 保温层外应做保护层,采用铁皮做保护层时,纵缝搭口应朝下,铁皮的搭接长度环形为30mm。采用石棉水泥或麻刀石灰做保护层时,其厚度为:管道不小于10mm,设备、容器不小于15mm。

10) 保温管道最外层缠玻璃丝布或玻璃布油毡时,其要求如下:玻璃丝布应以螺旋状绕紧,前后搭接40mm,垂直管道应自下而上绕紧,每隔3m及布带的两端均应用直径为1mm的镀锌铁丝绑扎一圈。室外管道采用玻璃布油毡,其横向搭接缝用稀释沥青粘合,纵向搭接缝口应向下,缝口搭接50mm,外面用镀锌铁丝或钢带扎紧。

(二) 常用保温材料的技术性能及选择

1. 保温材料的主要技术性能

工业管道常用保温材料有:膨胀珍珠岩及其制品,玻璃棉及其制品,岩棉制品,微孔硅酸钙,硅酸铝纤维制品,泡沫塑料,泡沫石棉等。其主要技术性能见表25-4-1。

表25-4-1 保温材料及其制品的主要技术性能

材料名称	密度 (kg/m ³)	导热系数 [W/(m·K)]	适用温度 (°C)	抗压强度 (kPa)	备注
膨胀珍珠岩类					密度轻,导热系数小,化学稳定性强,不燃、不腐蚀,无毒、无味、价廉,产量大,资源丰富,适用广泛
散料(一级)	<80	<0.052			
散料(二级)	80~150	0.052~0.064	~200		
散料(三级)	150~250	0.064~0.076	~800		
水泥珍珠岩板、管壳	250~400	0.058~0.087	≤600	500~1000	
水玻璃珍珠岩板、管壳	200~300	0.056~0.065	<650	600~1200	
憎水珍珠岩制品	200~300	0.058		>500	
普通玻璃棉类					耐酸,抗腐,不烂,不蛀,吸水率小,化学稳定性好,无毒无味,价廉,寿命长,导热系数小,施工方便,但刺激皮肤
中級纤维淀粉粘剂制品	100~130	0.040~0.047	-35~300		
中級纤维酚醛树脂制品	120~150	0.041~0.047	-35~350		
玻璃棉沥青粘剂制品	100~170	0.041~0.058	-20~250		
超细玻璃棉类					密度小,导热系数低,特点同普通玻璃棉
超细棉(原棉)	18~30		-100~450		
超细棉无脂盐和缝合垫	60~80	≤0.035	-120~400		
超细棉树脂制品	60~80	0.041	-120~400		
无碱超细棉	60~80	≤0.035	-120~600		
微孔硅酸钙(管壳)	200~250	0.059~0.060	600	500~1000	耐高温

(续)

材料名称	密度 (kg/m ³)	导热系数 [W/(m·K)]	适用温度 (°C)	抗压强度 (kPa)	备注
蛭石类 膨胀蛭石 水泥蛭石管壳	80~280 430~500	0.052~0.070 0.093 + 0.00025 <i>t_p</i>	-20~1000 <600	250	适于高温, 强度大, 价廉, 施工方便
硅藻土类 硅藻土保温管及板 石棉硅藻土胶泥	<550 <600	0.063 + 0.00014 <i>t_p</i> 0.151 + 0.00014 <i>t_p</i>	<900	500	密度小, 强度高, 耐高温, 施工方便, 但尘土大
矿渣棉类 普通矿渣棉 新青矿渣棉毡 酚醛树脂矿渣棉管壳	110~130 100~125 150~180	0.043~0.052 0.037~0.049 0.042~0.049	<650 <250 <300		密度小, 导热系数小, 耐高温, 价廉、货源广, 填充后易沉降, 施工时刺激皮肤, 且尘土大
泡沫混凝土类 水泥泡沫混凝土 粉煤灰泡沫混凝土	<600 300~700	0.127 + 0.0003 <i>t_p</i> 0.15~0.163	<300 <300	≥300	密度大, 导热系数高, 可现场自行制作
石棉类 石棉绳 石棉碳酸镁管 硅藻土石棉灰 泡沫石棉	590~730 360~450 280~380 40~50	0.070~0.209 0.064 + 0.00033 <i>t_p</i> 0.066 + 0.00015 <i>t_p</i> 0.038 + 0.00023 <i>t_p</i>	<500 <300 <900 500		耐火, 耐酸碱, 导热系数较小
岩棉类 岩棉保温板(半硬质) 岩棉保温毡(整) 岩棉保温带 岩棉保温管壳	80~200 90~195 100 100~200	0.047~0.058 0.047~0.052 0.052~0.058	-268~500 -268~400 200 -268~350		密度小, 导热系数小, 适用温度范围广, 施工简便, 但刺人
硅酸铝纤维类 硅酸铝纤维板 硅酸铝纤维毡 硅酸铝纤维管壳	150~200 180 300~380	0.047 + 0.00012 <i>t_p</i> 0.016~0.047 0.047 + 0.00012 <i>t_p</i>	≤1000 ≤1000 ≤1000		密度小, 导热系数小, 耐高温, 但价贵
泡沫塑料类 可发性聚苯乙烯塑料板 可发性聚苯乙烯塑料管壳 硬质聚氨酯泡沫塑料制品 软质聚氨酯泡沫塑料制品 硬质聚氨酯泡沫塑料制品 软质聚氨酯泡沫塑料制品	20~50 20~50 30~50 30~42 40~50 27	0.031~0.047 0.031~0.047 0.023~0.029 0.023 ≤0.043 0.052	-80~75 -80~75 -80~100 -50~100 -35~80 -60~60	>150 >150 ≥250~500 ≥180 500~1500	密度小, 导热系数小, 施工方便, 不耐高温, 适用于60°C以下的低温水管道保温 聚氨酯可现场发泡浇注成型, 强度高, 但成本也高 此类材料可燃, 防火性差, 分自燃型与非自燃型两种, 应用时须注意

注: t_p 为保温层平均温度。

2. 保温材料的选择

保温材料的选择原则是：①材料的导热系数要低，一般应不超过 $0.23\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；②具有较高的耐热性，不致由于温度急剧变化而丧失原来的特性；用于制冷系统的保温材料，应具有良好的抗冻性；③不腐蚀金属；④材料密度小，并且具有一定的孔隙率；⑤具有一定的机械强度；⑥吸水率低；⑦易于成型和施工，成本低，采购方便。

(三) 管道的保温结构及施工

1. 胶泥结构

常用的胶泥有硅藻土石棉粉（鸡毛灰）、碳酸镁石棉粉、硅酸钙石棉粉、重质石棉粉等。施工时，先将胶泥材料用水调成胶泥，涂抹在已刷过两遍防锈漆的管道上。为增加保温材料与管壁的粘结力，可先在管道上抹一层六级石棉和水调成的胶泥，厚度为 5mm 左右，干燥后再涂保温材料，每层厚 $10\sim 15\text{mm}$ ，待前一层干燥后，再抹下一层，直至保温材料厚度达到设计要求为止；管径 $D_g 40\text{mm}$ 以下的管道，可一次抹好；管道直径 $D_g 40\text{mm}$ 以上者，需几次抹好。保温层厚度为 100mm 以下者，可用网孔为 $30\times 30\text{mm}$ 的镀锌铁丝网在保温层外进行加固，当保温层厚度超过 100mm 时，则需在保温层外设两层镀锌铁丝网作加固处理。采用胶泥结构分层涂抹方法施工，应在环境温度高于 0°C 的情况下进行，为了加快干燥，可在管内通入温度不高于 150°C 的热介质。

2. 预制装配式结构

常用的预制块有矿渣棉、玻璃棉、岩棉、膨胀珍珠岩等，其施工方法及要求见管道保温一般要求中的有关项。

3. 包扎结构

常用保温材料有矿渣棉毡、岩棉毡、玻璃棉毡、牛（羊）毛毡和石棉布等，施工方法和要求见前所述。

4. 填充结构

其结构特点是采用钢筋或扁钢作支承环，套在管道上，在支承环外面包镀锌铁丝网，中间填充矿渣棉、岩棉或玻璃棉等散状保温材料。

(四) 防潮层及保护层

1. 防潮层

地沟内保温管道的保温层外应设防潮层。常用

的保温管道防潮层有两种形式，一种为石油沥青油毡内外各涂一层沥青玛蒂脂防潮层；另一种是玻璃丝布内外各涂一层沥青玛蒂脂防潮层。施工时，先在保温层上用抹刀涂沥青玛蒂脂 1.5mm 左右厚，立即将油毡或玻璃丝布粘贴在湿的沥青玛蒂脂上。油毡或玻璃丝布的接头搭接宽度为 $30\sim 50\text{mm}$ ，接口朝下，干固后再在油毡或玻璃丝布表面涂 1.5mm 左右厚沥青玛蒂脂。外缠油毡或玻璃丝布时，应每 300mm 间距捆扎镀锌铁丝一道固定。

防潮层施工时，要求完整，粘贴紧密，厚度均匀，无气孔、鼓泡或开裂等缺陷。

2. 保护层

凡保温管道或附件必须设置保护层。有防潮层的保温结构，保护层设在防潮层外；无防潮层时，保护层设在保温外。根据用料及施工方法的不同，保护层可分为石棉水泥保护层、金属板保护层及油毡、玻璃丝布保护层等几种。

1) 石棉水泥保护层 施工时，先在保温层外表面包镀锌铁丝网一层，然后在铁丝网外分两层涂抹石棉水泥，第一层粗抹，第二层细抹，涂抹时应注意使石棉水泥挤进眼内，把铁丝网完全覆盖住，抹好后表面应光滑平整、无显著裂纹，保护层厚度一般为 $10\sim 20\text{mm}$ 。

2) 金属板保护层 金属板一般采用镀锌铁板（白铁皮）或不镀锌的薄铁板（黑铁皮），在特殊要求的场所，可采用薄铝板、聚氯乙烯复合钢板等。金属板保护层应安装在管道防潮层外，施工时先按防潮层外径展开长度加搭接缝宽进行下料、压边，再用滚圆机滚圆，将其紧贴在防潮层外面，安装时不得有脱壳或凹凸不平现象，环向和纵向接头处搭接长度不应少于 50mm ；水平管道的环向搭接缝应顺管路坡向；纵向搭接缝应放在管道的下侧面。

金属板保护层之间连接时，先用小型手电钻在搭接处钻 $\phi 3.2\text{mm}$ 的底孔，再用 $M4\times 10$ 的自攻螺钉紧固，自攻螺钉的纵向间距为 150mm ，环向间距为 100mm ；施工时注意钻头和螺钉不要刺破防潮层。

采用黑铁皮做保护层时，包扎前应在铁皮内外涂红丹防锈漆两遍进行防腐处理。

3) 玻璃丝布保护层 采用 75g 纱、经纬密度每平方厘米为 16×16 的平纹或斜纹玻璃布，施工时先将玻璃布裁成幅宽 $120\sim 150\text{mm}$ 的长条，卷成卷备用。缠绕前先在保温层或防潮层外紧贴一层

石油沥青油毡，缠绕时应拉紧，边卷边整平，不得有皱纹、翻边、松脱、鼓包等缺陷，一般应搭接其幅度的一半，起点和终点必须用镀锌铁丝捆扎牢固。此外，还采用沥青油毡保护层，其施工方法与上述基本相同，不同处仅在于所有接缝应采用沥青粘牢，每隔 0.5~1.0m 用铁丝捆紧。

(五) 管道保温的维护

管道维修人员应定期检查保温层的完善情况，及时修补破损部分，采取措施消除引起管道保温层

损坏的原因。现将管道保温层损坏的原因和消除方法列于表 25-4-2。

第 5 节 管道保温用料计算

(一) 保温层经济厚度的确定

1. 平整的保温层经济厚度计算公式：

$$\delta = \sqrt{\frac{b}{1.163 \times 10^6 S_0}} \cdot \sqrt{\frac{m\lambda(t_f - t_k)}{P}} - \frac{\lambda}{\alpha} \tag{25-4-1}$$

2. 管道保温层经济厚度计算公式：

$$\delta = \frac{2}{D_0} \sqrt{\frac{mb\lambda(t_f - t_k)}{1.163 \times 10^6 \left(S_1 + \frac{2S_2}{D_1}\right) \left(P + \frac{1}{T_0}\right)}} = \frac{\frac{D_1}{D_0} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{2\lambda}{\alpha D_0}}{\sqrt{1 - \frac{2\lambda}{\alpha D_1}}} \tag{25-4-2}$$

式中 δ —— 保温层厚度 (m)；
 D_0 —— 管道外径 (m)；
 D_1 —— 管道保温层外径 (m)；
 m —— 年运行小时数 $\left(\frac{h}{a}\right)$ 。全年运行时 $m = 8000 h$ ，供暖及非连续运行时 $m = 3000 h$ ；
 b —— 热价，定为 15、20、25、30 元/1.163 $\times 10^6 W$ ；
 t_f —— 管道外表面温度 ($^{\circ}C$)，可近似按热介质温度计算；
 t_k —— 保温层周围空气温度，根据各地情况而定；
 λ —— 保温材料导热系数 [$W/(m \cdot K)$]；
 P —— 保温层的折旧、运行和维修费用的年分摊率， $P = 0.11$ (即 11%)；
 T_0 —— 保温结构投资的偿还年限， $T_0 = 7$ 年；
 S_0 —— 保温结构的投资 (元/m)，按下式计算：
 $S_0 = S_1 V + S_2 F$ (25-4-3)
 V —— 保温材料的体积 (m^3)；
 F —— 保温层的表面积 (m^2)；
 α —— 保温层表面换热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$]，

表 25-4-2 管道保温层损坏的原因和消除方法

序号	损坏的主要原因	防止及消除方法
1	长期使用的自然损坏	重新保温
2	用胶泥涂抹的管道保温层上未留伸缩缝	在直线管段上，每隔 5~10m 应留一道 10~15mm 宽的径向伸缩缝；在方形伸缩器及自然补偿器的转弯处，应留 20~30mm 宽的径向伸缩缝，缝内塞以石棉绳
3	保护壳及保护层采用不当或不完整	修整保护壳。在潮湿环境下工作的管道，应保持防水层完整，在干燥环境下工作的管道应保持面漆完整。振动的管道不宜采用石棉水泥保护壳，而用沥青油毡、玻璃布作为保护层，靠近明火或高温设备的管段则用镀锌铁皮作保护层
4	预制块碎裂	用机械强度较高的保温材料作预制块
5	绑扎保温层的铁丝锈蚀，使保温层脱落	采用镀锌铁丝和较粗铁丝，不通行地沟内管道保温层宜用镀锌铁丝网绑扎
6	管道泄漏出来的介质猛烈冲刷保温层或使其长期潮湿	消除泄漏，修复损坏的保温层
7	不通行地沟积水，泡坏保温层	消除地沟积水的原因，改善排水措施后重新保温
8	由于支架间距太大或支架沉陷，使管道严重弯曲	适当加设支架，修复沉陷支架，修整保温层
9	由于发生水冲击现象使管道猛烈震动	改进管道操作方法，改善蒸汽管道的疏水设施

取，室内平壁

$$\alpha = 9.77 + 0.07(t_{w,f} - t_k) \quad (25-4-4)$$

管道

$$\alpha = 9.42 + 0.052(t_{w,f} - t_k) \quad (25-4-5)$$

一般可取

$$\alpha = 10.47 \sim 11.63 W / (m^2 \cdot K);$$

$$\text{室外} \quad \alpha = 11.63 + 6.98\sqrt{w} \quad (25-4-6)$$

w ——风速，取 3 m/s ；

S_1 ——保温材料价格（元/ m^3 ）；

S_2 ——保护层价格（元/ m^2 ）。

在一般情况下，保温层经济厚度可参考表 25-5-1 选用。

(二) 管道保温用料计算

管道保温材料工程量计算可按以下公式进行：

1. 保温层工程量计算

$$V = 100\pi (D_w + \delta + \delta \times 3.3\%) \times (\delta + \delta \times$$

$$3.3\%) \quad (25-4-7)$$

2. 保温层外防潮层或保护层工程量计算

$$S = 100\pi (D_w + 2\delta + 2\delta \times 5\% + 2d_1 + 3d_2) \quad (25-4-8)$$

式中 V ——保温材料体积 (m^3)；

S ——防潮层或保护层面积 (m^2)；

D_w ——管道外径 (m)；

δ ——保温层厚度 (m)；

d_1 ——用于捆扎保温材料的金属线直径或钢带厚度 (m)，当取 16# 铁线时， $2d_1 = 0.0032$ ；

d_2 ——防潮层或保护层厚度 (m)，当取 350# 油毡纸时， $3d_2 = 0.005$ 。

以上两式中的系数 3.3% 及 5%，系根据保温材料允许超厚系数加权平均取定。

3. 管道保温材料工程量计算表

为了使用方便，现将常用管道保温材料工程量列于表 25-5-2。

表 25-5-1 保温层厚度选用表

(mm)

管 径 D_w (mm)	介 质 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)				
	常温~150	151~250	251~350	351~450	451~550
20	30	30	40	50	50
25	30	30	40	60	50
32	30	30	50	60	70
40	30	30	50	60	70
50	30	40	50	60	70
80	30	40	60	70	80
100	30	40	60	70	80
150	30	40	60	70	90
200	30	40	60	70	90
250	40	50	70	80	100
300	40	50	70	80	100
350	40	50	70	80	100
400	40	50	70	80	100

注：本表适用于矿油棉、岩棉、玻璃棉制品。

表25-5-2 常用管道保温材料

管道外径 D_n (mm)	保 温 层											
	0		20		25		30		35		40	
	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)
22		6.91	0.28	22.68	0.39	25.98	0.52	29.28	0.66	32.58	0.82	35.88
28		8.79	0.32	24.57	0.43	27.87	0.58	31.16	0.73	34.46	0.90	37.76
32		10.10	0.34	25.82	0.46	29.12	0.61	32.42	0.77	35.72	0.96	39.02
38		11.93	0.38	27.71	0.52	31.01	0.67	34.31	0.85	37.60	1.03	40.90
45		14.13	0.41	29.91	0.58	33.21	0.74	36.51	0.92	39.80	1.12	43.10
57		17.90	0.51	33.66	0.67	36.96	0.86	40.25	1.05	43.55	1.27	46.86
76		23.86	0.63	39.63	0.83	42.92	1.04	46.22	1.27	49.52	1.52	52.81
89		27.95	0.71	43.71	0.93	47.01	1.17	50.30	1.43	53.60	1.69	56.90
108		33.91	0.84	49.67	1.08	52.97	1.35	56.27	1.63	59.57	1.94	62.86
114		35.80	0.88	51.56	1.14	54.86	1.42	58.15	1.70	61.45	2.01	64.75
133		48.10	1.00	57.52	1.29	60.82	1.59	64.12	1.92	68.04	2.25	70.71
159		50.00	1.17	65.69	1.50	68.99	1.85	72.28	2.21	75.58	2.60	78.88
219		68.80	1.56	84.53	1.98	87.82	2.43	91.12	2.89	94.42	3.38	97.72
273		85.80	1.90	101.48	2.43	104.78	2.95	108.08	3.51	111.38	4.08	114.67
325		102.01	2.24	117.81	2.84	121.11	3.46	124.41	4.10	127.71	4.75	131.00
377		118.40	2.58	134.21	3.26	137.51	3.98	140.81	4.69	144.10	5.43	147.40
426		133.80	2.90	149.60	3.67	152.90	4.45	156.20	5.25	159.50	6.06	162.80
478		150.20	3.23	165.94	4.09	169.24	4.96	172.54	5.84	175.83	6.75	179.13
525.6		165.12	3.54	180.89	4.47	184.19	5.42	187.00	6.38	190.79	7.35	194.09
630		197.70	4.22	213.69	5.32	216.99	6.44	220.29	7.56	223.59	8.72	226.89
660.4		207.40	4.42	223.24	5.57	226.51	6.74	229.84	7.91	233.14	9.11	236.44
726		228.08	4.84	243.85	6.09	247.15	7.37	250.45	8.66	253.75	9.96	257.05
820		257.60	5.45	273.38	6.86	276.68	8.28	279.92	9.72	283.28	10.66	286.54
920		289.03	6.11	304.83	7.68	308.10	9.26	311.34	10.86	314.69	12.48	317.99
1020.00		320.44	6.76	336.21	8.48	339.51	10.24	342.81	11.99	346.11	13.82	349.41
1222.00		383.27	8.07	399.67	10.12	402.97	12.20	406.27	14.29	409.57	16.40	412.87

工程量计算表 (每100 m)

厚 度 (mm)											
45		50		55		60		65		70	
体 积 (m ³)	面 积 (m ²)	体 积 (m ³)	面 积 (m ²)	体 积 (m ³)	面 积 (m ²)	体 积 (m ³)	面 积 (m ²)	体 积 (m ³)	面 积 (m ²)	体 积 (m ³)	面 积 (m ²)
1.00	39.18	1.20	42.47	1.40	45.77	1.63	49.07	1.88	52.37	2.14	55.62
1.08	41.06	1.29	44.36	1.52	47.66	1.76	50.96	2.00	54.26	2.28	57.55
1.14	42.32	1.35	45.62	1.58	48.91	1.83	52.21	2.09	55.51	2.38	58.81
1.23	44.20	1.46	47.50	1.69	50.80	1.94	54.10	2.20	57.40	2.51	60.70
1.33	46.40	1.57	49.70	1.82	53.00	2.09	56.30	2.37	59.60	2.65	62.89
1.51	50.15	1.77	53.44	2.04	56.74	2.31	60.04	2.61	63.33	2.93	66.83
1.79	56.11	2.07	59.41	2.37	62.71	2.69	66.00	3.02	69.30	3.37	72.60
1.97	60.19	2.28	63.49	2.60	66.70	2.93	70.08	3.30	73.38	3.68	76.88
2.25	66.16	2.57	69.46	2.94	72.75	3.31	76.05	3.69	79.35	4.09	82.64
2.34	68.04	2.69	71.34	3.05	74.64	3.43	77.93	3.82	81.23	4.24	84.53
2.62	74.01	3.00	77.31	3.39	80.60	3.79	83.90	4.21	87.20	4.66	90.49
3.00	82.17	3.42	85.47	3.85	88.77	4.30	92.06	4.77	95.36	5.25	98.66
3.87	101.01	4.39	104.31	4.92	107.61	5.46	110.90	6.03	114.20	6.61	117.50
4.66	117.97	5.27	121.27	5.89	124.56	6.52	127.86	7.17	131.16	7.84	134.45
5.42	134.30	6.11	137.59	6.81	140.89	7.53	144.19	8.26	147.49	9.02	150.78
6.19	150.70	6.85	154.00	7.75	157.30	8.54	160.60	9.37	163.89	10.21	167.20
6.90	166.10	7.75	169.39	8.62	172.69	9.57	175.99	10.40	179.29	11.32	186.59
7.65	182.43	8.59	185.73	9.54	189.02	10.52	192.33	11.50	195.63	12.50	198.93
8.36	197.39	9.37	200.68	10.39	203.98	11.45	207.28	12.50	210.58	13.58	213.88
9.88	230.18	11.06	233.43	12.26	236.78	13.47	240.08	14.71	243.38	15.95	246.68
10.32	239.73	11.47	243.03	12.80	246.33	14.06	249.63	15.34	252.93	16.64	256.23
11.28	260.34	12.62	263.64	13.98	266.94	15.34	270.24	16.72	273.54	18.14	276.84
12.65	289.67	14.14	293.17	15.65	296.47	17.17	299.77	18.72	303.06	20.17	306.37
14.11	321.29	15.76	324.68	17.44	327.88	19.12	331.19	20.83	334.49	22.54	337.78
15.58	352.71	17.39	356.01	19.22	359.30	21.06	362.60	22.93	365.90	24.81	369.20
18.52	416.17	20.66	419.47	22.83	422.76	25.00	426.06	27.19	429.36	29.40	432.66

管道外径 D_n (mm)	保 温 层 厚 度 (mm)											
	75		80		85		90		100		110	
	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)	体积 (m^3)	面积 (m^2)
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	3.27	69.93	3.63	73.22	3.99	76.52	—	—	—	—	—	—
76	3.73	75.89	4.12	79.19	4.51	82.49	—	—	—	—	—	—
89	4.05	79.96	4.46	83.27	4.88	86.57	—	—	—	—	—	—
108	4.51	85.94	4.95	89.24	5.40	92.54	—	—	—	—	—	—
114	4.66	87.83	5.10	91.12	5.57	94.42	—	—	—	—	—	—
133	5.06	93.79	5.60	97.09	6.08	100.39	—	—	—	—	—	—
159	5.75	101.96	6.27	105.25	6.81	108.55	—	—	—	—	—	—
219	7.21	120.80	7.83	124.09	8.46	127.39	—	—	—	—	—	—
273	8.52	137.75	9.22	141.05	9.95	144.35	10.68	147.64	12.21	154.33	13.79	160.83
325	9.79	154.08	10.58	157.38	11.38	160.67	12.20	163.97	13.89	170.66	15.65	177.16
377	11.06	170.49	11.93	173.79	12.82	177.09	13.73	180.39	15.59	187.08	17.51	193.58
426	12.25	185.89	13.20	189.19	14.17	197.49	15.15	195.78	17.18	202.48	19.27	208.98
478	13.52	202.22	14.55	205.52	15.61	208.82	16.67	212.12	18.86	218.81	21.12	225.32
625.6	14.68	217.18	15.79	220.48	16.92	223.78	18.07	227.07	20.41	233.77	22.82	240.27
630	17.22	249.98	18.50	253.28	19.80	256.57	21.11	259.87	23.80	266.56	26.55	273.07
660.4	17.95	259.53	19.29	262.83	20.64	266.12	22.00	269.42	24.78	276.11	27.63	282.02
726	19.55	280.14	20.99	283.43	22.45	286.73	23.92	290.03	26.91	296.12	29.98	303.28
810	21.85	309.67	23.44	312.97	25.04	316.26	26.66	319.56	29.97	326.25	33.32	332.76
920	24.28	341.08	26.03	344.38	27.80	347.68	29.59	350.98	33.21	357.67	36.90	364.11
1020.00	26.71	372.50	28.62	375.80	30.56	379.10	32.45	382.39	36.45	389.09	40.47	395.59
1222.00	31.63	435.96	33.85	439.26	36.13	442.56	38.36	445.85	43.01	452.55	47.68	459.05

第6节 管道的涂色

为了便于识别工业管道的性质，应在不同介质

的管道表面或保温管道保护层的外表面，涂刷不同颜色的油漆和色环，以示区别。一般情况下，各种工业管道面漆和色环的颜色参照表 25-6-1，色环的宽度及间距有关规定见表 25-6-2。

表25-6-1 管道面漆和色环的颜色

管道名称	颜色		管道名称	颜色			
	基本色	色环		基本色	色环		
饱和蒸汽管	红	—	压缩空气管	浅蓝	—		
过热蒸汽管	红	黄	氧气管	深蓝	—		
废汽管	红	绿	乙炔管	白	—		
工业用水管	黑	—	氮气管	白	红		
工业用水与消防用水合用管	黑	橙黄	制冷系统管	氮管道	吸入管	蓝	—
雨水管	黑	绿			液体管	黄	—
生活用水管	绿	—			压出管	红	—
热水供水管	绿	黄褐			油管	淡黄	—
热水回水管	绿	—		空气管	白	—	
凝结水管	绿	红		安全管	棕	—	
消防水管	绿	红、蓝		盐水管	压出管	绿	—
煤气管	黄	—			回流管	褐	—
天然气管	黄	黑		水管道	压出管	浅蓝	—
液化石油气管	黄	绿			回流管	紫	—
燃料油管	褐	—					

表25-6-2 色环的宽度及间距

管道保温层外径(mm)	色环宽度(mm)	色环间距(m)
<150	50	1.5~2
150~300	70	2~2.5
>300	100	5