



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 15586—1995

---

## 设备及管道保冷设计导则

Guide for design of low-temperature  
insulation of equipments and pipes

1995-06-12发布

1995-12-01实施

---

国家技术监督局 发布

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了设备及管道保冷设计的基本原则、保冷层材料和主要辅助材料的性能要求及选择原则、保冷计算、保冷结构及其主要施工技术要求等。

本标准适用于外壁表面温度低于环境温度至 77 K 的一般低温设备、管道及其附件<sup>1)</sup>的保冷设计。

本标准不适用于建筑物及有特殊专业要求的装置设施或部位的保冷设计。

## 2 引用标准

GB 4132 绝热材料名词术语

GB 11790 设备及管道保冷技术通则

GBJ 126 工业设备及管道绝热工程施工及验收规范

## 3 保冷设计的基本原则

3.1 低温设备及管道的保冷设计,应以满足工艺生产、保持和发挥生产能力、减少冷损失、节约能源、并防止表面凝露,改善工作环境等为目的。

3.2 具有下列工况要求之一的低温设备、管道及其附件<sup>1)</sup>必须保冷:

3.2.1 需减少冷介质在生产和输送过程中的温度升高或汽化者;

3.2.2 低于常温的设备和管道,需减少冷介质在生产和输送过程中的冷损失量者;

3.2.3 为防止常温以下,0℃以上设备及管道外壁表面凝露者;

3.2.4 低温设备及低温管道相连的低温附件<sup>1)</sup>需要保冷者。

注:1)系指设备支座、裙座、支腿、吊耳、管道支架、吊架等必须保冷的部位。

## 4 保冷层材料和主要辅助材料的性能要求及选择原则

### 4.1 保冷层材料性能要求

4.1.1 保冷层材料应是闭孔、憎水、不燃或阻燃型材料。

4.1.2 常温导热系数  $W/(m \cdot K)$ ;

泡沫塑料及其制品不得大于 0.0442;泡沫玻璃和多孔粒状材料及其制品不得大于 0.064。并应具有随温度变化的导热系数方程式或图表。

对于多孔粒状材料及其制品,应提供在使用密度下的导热系数方程式或图表。

4.1.3 密度  $kg/m^3$ ;

泡沫塑料及其制品不得大于 60;泡沫玻璃及其制品不得大于 180,多孔粒状材料制品不得大于 200。

## 4.1.4 吸水率及含水率质量分数%；

吸水率不得大于0.3,含水率不得大于1。

## 4.1.5 抗压强度 MPa；

有机硬质成型制品不应小于0.15,无机硬质成型制品不应小于0.3。

## 4.1.6 氧指数；

阻燃型保冷材料的氧指数应等于或大于30。

## 4.1.7 保冷层材料尚应具有下列指标：

a. 最低和最高安全使用温度；

b. 线膨胀系数或收缩率；

c. 必要时尚需提供抗折强度、燃烧(不燃、难燃、阻燃)性能、防潮(吸水、吸湿、憎水)性能、腐蚀或抗蚀性能、化学稳定性、热稳定性、抗冻性及透气性等。

## 4.2 保冷层材料选择原则

4.2.1 在主要技术性能均能满足保冷要求的范围内,有不同保冷层材料可供选择时,应优先选用导热系数小,密度小,吸水、吸湿率低,耐低温性能好,易施工、造价低,其综合经济效益较高的材料。

4.2.2 保冷层材料的最低安全使用温度,应低于正常操作时的介质最低温度。

4.2.3 在低温条件下经综合经济比较后,可选用两种或多种保冷层材料复合使用,或直接选用复合型保冷材料制品。

## 4.3 粘结剂、密封剂和耐磨剂性能要求

4.3.1 粘结剂、密封剂和耐磨剂应能耐低温、易固化、对保冷层材料不溶解、对金属壁无腐蚀、粘结力强、密封性好。耐磨剂(仅泡沫玻璃用)在温度变化或机械振动的情况下,应能防止保冷层材料与金属外壁面间和保冷层材料制品的相互接触面间发生磨损。

4.3.2 低温粘结剂的使用温度范围为 $-196\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。其软化温度应大于 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。粘结强度应大于 $0.05\text{ MPa}$ ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时)。

4.3.3 耐磨剂的使用温度范围为 $-196\sim+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。其耐热性好,在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时无流淌及变色现象。耐寒性好,在 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下无脱落及变色现象。粘结力好,将其涂于泡沫玻璃上,干燥后无脱落现象。

## 4.4 粘结剂、密封剂和耐磨剂选择原则

4.4.1 粘结剂、密封剂和耐磨剂的主要技术性能,必须与所采用的保冷层材料特性相匹配。

4.4.2 粘结剂、密封剂和耐磨剂与保冷层材料的配用示例如下：

a. 硬质、闭孔、阻燃型聚氨酯泡沫塑料制品,应采用聚氨酯甲酸酯型双组份粘结剂或FG低温粘结剂,并兼作密封剂；

b. 自熄可发性聚苯乙烯泡沫塑料制品,必须采用非溶剂型粘结剂(如无溶剂酚醛树脂胶等),并兼作密封剂；

c. 泡沫玻璃应采用FG低温粘结剂及专用的耐磨密封剂。

## 4.5 防潮层材料性能要求

4.5.1 抗蒸汽渗透性好,防潮、防水力强,其吸水率不得大于1%。

4.5.2 阻燃,火源离开后能在 $1\sim 2\text{ s}$ 内自熄,其氧指数不小于30。

4.5.3 粘结性能及密封性能好, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时其粘结强度不低于 $0.147\text{ MPa}$ 。

4.5.4 安全使用温度范围大。有一定的耐温性,软化温度不低于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,夏季不起泡,不流淌。有一定的抗冻性,冬季不开裂,不脱落。

4.5.5 化学稳定性好,其挥发物不大于30%,能耐腐蚀,并不得对保冷层材料及保护层材料产生溶解或腐蚀作用。

4.5.6 具有在气候变化与振动情况下仍能保持完好的稳定性。

4.5.7 干燥时间短,在常温下能使用,施工方便。

## 4.6 保护层材料性能要求

- 4.6.1 防水、防湿、抗大气腐蚀性好、不燃或阻燃、化学稳定性好。
- 4.6.2 强度高,在气温变化与振动情况下不开裂,使用寿命长,外表整齐美观,并便于施工和检修。
- 4.6.3 贮存或输送易燃、易爆物料的绝热设备或管道,以及与此类管道架设在同一支架上或相交叉处的其他绝热管道,其保护层材料必须采用不燃性材料。
- 4.6.4 保护层表面涂料的防火性能,应符合现行国家标准、规范的有关规定。

## 4.7 绝热工程材料有关规定

- 4.7.1 绝热工程材料必须具有产品质量证明书或出厂合格证,其规格、性能等技术要求应符合设计文件和现行各级产品标准的规定。
- 4.7.2 当绝热工程材料的产品质量证明书或出厂合格证中所列指标不全,或对产品(包括现场自制品)质量有异议时,以及在大、中型绝热工程施工前,应对其主要物理化学性能,或对用于奥氏体不锈钢设备或管道上的绝热材料需提供氯离子含量指标要求时,应进行现场抽样,送交检验单位复检,并提供检验合格报告。
- 4.7.3 绝热工程材料主要物理化学性能的检验必须由国家认证的检测单位承担,所采用的检测方法和仪器设备应符合国家有关标准的规定。
- 4.7.4 凡未经国家、部、省、市(局)级鉴定的新型绝热工程材料不得用于大、中型绝热工程。

## 5 设备及管道保冷计算

## 5.1 保冷计算原则

- 5.1.1 为减少冷量损失(热量吸入)并防止外表面凝露的保冷,采用经济厚度法计算保冷层厚度,以热平衡法校核其外表面温度,该温度应高于环境的露点温度,否则加厚重新核算,直至满足要求。
- 5.1.2 为防止外表面凝露的保冷,采用表面温度法计算保冷层厚度。
- 5.1.3 工艺上允许冷损失量的保冷,采用热平衡法计算保冷层厚度,并校核其外表面温度。该温度应高于环境的露点温度,否则加厚重新核算,直至满足要求。
- 5.1.4 公称直径大于 1000 mm 的管道和圆筒形设备,按平面绝热计算公式计算;公称直径等于和小于 1000 mm 时,则按圆筒面绝热计算公式计算;球形容器则按球形容器绝热计算公式计算。
- 5.1.5 在同一管道或设备上采用一种保冷材料保冷时,按单层绝热计算公式计算;采用两种保冷材料保冷时,则按双层绝热计算公式计算(复合预制品除外),双层保冷层的层间温度(即内层保冷层外表面温度)应不低于其相邻外层保冷材料的最低安全使用温度。

## 5.2 保冷层厚度计算

## 5.2.1 保冷层的经济厚度计算

## a. 平面保冷层厚度

$$\delta = 1.897 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{f_n \cdot \lambda \cdot r(t_s - t)}{P_i \cdot S}} - \frac{\lambda}{\alpha_s} \dots\dots\dots(1)$$

## b. 圆筒面保冷层厚度

$$D_1 \ln \frac{D_1}{D_0} = 3.795 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{f_n \cdot \lambda \cdot r(t_s - t)}{P_i \cdot S}} - \frac{\lambda}{\alpha_s}$$

$$\delta = \frac{D_1 - D_0}{2} \dots\dots\dots(2)$$

(1)~(2)式中:

- $\delta$ ——保冷层厚度, m;  
 $f_n$ ——冷价, 元/10<sup>3</sup> kJ;  
 $\lambda$ ——保冷材料制品在使用温度下的导热系数, W/(m·K);  
 $\tau$ ——年运行时间, h;  
 $t_e$ ——环境温度, °C;  
 $t$ ——设备或管道壁的外表面温度, °C;  
 $\alpha_n$ ——保冷层外表面对周围空气的换热系数, W/(m<sup>2</sup>·K);  
 $P_i$ ——保冷结构的单位价格, 元/m<sup>3</sup>;  
 $D_0$ ——管道或设备外径, m;  
 $D_1$ ——保冷层外径, m;  
 $S$ ——保冷工程投资偿还年分摊率, %。按复利计息。

$$S = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

$i$ ——年利率, %;

$n$ ——计息年数。

注: 1.897及3.795系采用法定计量单位计算时应乘的系数。

## 5.2.2 防止表面凝露的保冷层厚度计算

### a. 平面单层保冷层

$$\delta = \frac{\lambda(t_1 - t)}{\alpha_n(t_n - t_e)} \dots\dots\dots(3)$$

### b. 平面双层保冷层 保冷层总厚度:

$$\delta = \frac{\lambda_1(t_1 - t) + \lambda_2(t_n - t_1)}{\alpha_n(t_n - t_e)} \dots\dots\dots(4)$$

保冷层各层厚度:

第一层(内层):

$$\delta_1 = \frac{\lambda_1(t_1 - t)}{\alpha_n(t_n - t_e)} \dots\dots\dots(5)$$

第二层(外层):

$$\delta_2 = \frac{\lambda_2(t_n - t_1)}{\alpha_n(t_n - t_e)} \dots\dots\dots(6)$$

### c. 圆筒面单层保冷层

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_1}{D_0} \ln \frac{D_1}{D_0} &= \frac{2\lambda(t_s - t)}{D_0 \cdot a_s(t_s - t_s)} \\ \delta &= \frac{D_0}{2} \left( \frac{D_1}{D_0} - 1 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(7)$$

d. 圆筒面双层保冷层  
保冷层总厚度：

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_2}{D_0} \ln \frac{D_2}{D_0} &= \frac{2[\lambda_1(t_1 - t) + \lambda_2(t_s - t_1)]}{D_0 \cdot a_s(t_s - t_s)} \\ \delta &= \frac{D_0}{2} \left( \frac{D_2}{D_0} - 1 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

保冷层各层厚度：  
第一层(内层)：

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_1}{D_0} \ln \frac{D_1}{D_0} &= \frac{2\lambda_1(t_1 - t)}{D_0 \cdot a_s(t_s - t_s)} \\ \delta_1 &= \frac{D_0}{2} \left( \frac{D_1}{D_0} - 1 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

第二层(外层)：

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_2}{D_1} \ln \frac{D_2}{D_1} &= \frac{2\lambda_2(t_s - t_1)}{D_1 \cdot a_s(t_s - t_s)} \\ \delta_2 &= \frac{D_1}{2} \left( \frac{D_2}{D_1} - 1 \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

### 5.2.3 控制允许损失量的保冷层厚度计算

a. 平面单层保冷层

$$\delta = \lambda \left( \frac{t - t_s}{q_p} - \frac{1}{a_s} \right) \dots\dots\dots(11)$$

或

$$\delta = \lambda \left( \frac{t - t_s}{q_p} - R_s \right) \dots\dots\dots(12)$$

b. 平面双层保冷层

$$\delta_1 = \lambda_1 \left( \frac{t - t_s}{q_p} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{1}{a_s} \right) \dots\dots\dots(13)$$

或

$$\delta_1 = \lambda_1 \left( \frac{t - t_s}{q_p} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - R_s \right) \dots\dots\dots(14)$$

## c. 圆筒面单层保冷层

$$\left. \begin{aligned} \ln \frac{D_1}{D_0} &= 2\pi\lambda \left( \frac{t-t_s}{q_L} - \frac{1}{\pi D_1 \alpha_s} \right) \\ \delta &= \frac{1}{2}(D_1 - D_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(15)$$

或

$$\left. \begin{aligned} \ln \frac{D_1}{D_0} &= 2\pi\lambda \left( \frac{t-t_s}{q_L} - R_1 \right) \\ \delta &= \frac{1}{2}(D_1 - D_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(16)$$

## d. 圆筒面双层保冷层

$$\left. \begin{aligned} \ln \frac{D_1}{D_0} &= 2\pi\lambda \left( \frac{t-t_s}{q_L} - \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} - \frac{1}{\pi D_2 \alpha_s} \right) \\ \delta_1 &= \frac{1}{2}(D_1 - D_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

或

$$\left. \begin{aligned} \ln \frac{D_1}{D_0} &= 2\pi\lambda_1 \left( \frac{t-t_s}{q_L} - \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} - R_1 \right) \\ \delta_1 &= \frac{1}{2}(D_1 - D_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(18)$$

## 5.2.4 球形容器保冷层厚度计算

$$\left. \begin{aligned} \frac{D_1}{D_0} \delta &= \frac{\lambda(t-t_s)}{\alpha_s(t_s-t_s)} \\ \delta &= \frac{1}{2}(D_1 - D_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(19)$$

保冷层厚度应按每一档为 10 mm 取整, 如 10、20、30、40、50……。

(3)~(19)式中:

$\delta$ ——单层保冷层厚度, 双层保冷层总厚度, m;

$\delta_1$ ——第一层(内层)保冷层厚度, m;

$\delta_2$ ——第二层(外层)保冷层厚度, m;

$\lambda$ ——单层保冷层材料制品在使用温度下的导热系数, W/(m·K);

$\lambda_1$ ——第一层保冷层材料制品在使用温度下的导热系数, W/(m·K);

$\lambda_2$ ——第二层保冷层材料制品在使用温度下的导热系数, W/(m·K);

$t$ ——金属管道、圆筒形设备及球形容器壁的外表面温度, °C;

$t_s$ ——露点温度, °C;

$t_1$ ——第一层(内层)保冷层外表面温度, 第一、二层保冷层间界面温度, °C;

- $t_s$ ——单层保冷层外表面温度,双层保冷层第二层(外层)外表面温度,℃;  
 $D_0$ ——管道、圆筒形设备或球形容器的外径,m;  
 $D_1$ ——管道、圆筒形设备或球形容器单层保冷层外径,或第一层(内层)保冷层外径,m;  
 $D_2$ ——第二层(外层)保冷层外径,m;  
 $q_L$ ——圆筒面保冷层单位冷损失,W/m;  
 $q_p$ ——平面保冷层单位冷损失,W/m<sup>2</sup>;  
 $R_1$ ——圆筒面保冷层对周围空气的吸热阻,(m·K)/W;  
 $R_2$ ——平面保冷层对周围空气的吸热阻,(m<sup>2</sup>·K)/W。

式中其他符号意义及单位同公式(1)~(2)。

### 5.3 保冷层冷损失量计算

#### 5.3.1 平面保冷层冷损失量计算

##### a. 单层保冷层

$$q_p = \frac{t - t_s}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad \dots\dots\dots(20)$$

##### b. 双层保冷层

$$q_p = \frac{t - t_s}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad \dots\dots\dots(21)$$

#### 5.3.2 圆筒面保冷层冷损失量计算

##### a. 单层保冷层

$$q_L = \frac{2\pi(t - t_s)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{2}{D_1 \alpha_s}} \quad \dots\dots\dots(22)$$

##### b. 双层保冷层

$$q_L = \frac{2\pi(t - t_s)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} + \frac{2}{D_2 \alpha_s}} \quad \dots\dots\dots(23)$$

#### 5.3.3 球形容器保冷层冷损失量计算

##### 单层保冷层

$$Q = \pi \cdot D_1^2 \cdot \alpha_s (t_s - t_s) \quad \dots\dots\dots(24)$$

### 5.4 保冷层外表面温度计算

#### 5.4.1 平面保冷层外表面温度计算

##### a. 单层保冷层

$$t_s = \frac{\lambda_1 t + \delta t_s \alpha_s}{\lambda + \delta \alpha_s} \quad \dots\dots\dots (25)$$

或

$$t_s = t - q_0 \left( \frac{\delta}{\lambda} \right) \quad \dots\dots\dots (26)$$

## b. 双层保冷层

$$t_s = t - q_0 \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \quad \dots\dots\dots (27)$$

或

$$t_1 = t - q_0 \left( \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$t_s = t_1 - q_0 \left( \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \quad \dots\dots\dots (29)$$

## 5.4.2 圆筒面保冷层外表面温度计算

## a. 单层保冷层

$$t_s = t - \frac{q_L}{2\pi} \left( \frac{1}{\lambda} \ln \frac{D_1}{D_0} \right) \quad \dots\dots\dots (30)$$

## b. 双层保冷层

$$t_s = t - \frac{q_L}{2\pi} \left( \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} \right) \quad \dots\dots\dots (31)$$

或

$$t_1 = t - \frac{q_L}{2\pi} \left( \frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{D_1}{D_0} \right) \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$t_s = t_1 - \frac{q_L}{2\pi} \left( \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{D_2}{D_1} \right) \quad \dots\dots\dots (33)$$

## 5.4.3 球形容器保冷层外表面温度计算

$$t_s = t_s + \frac{Q}{\alpha_s \cdot \pi \cdot D_1^2} \quad \dots\dots\dots (34)$$

(20)~(34)式中:

Q——每台球形容器保冷层表面冷量总损失, W/台;

式中其他符号意义及单位同公式(1)~(19)。

### 5.5 冷收缩量计算

5.5.1 根据保冷层材料与保冷设备或管道的线膨胀系数,分别算出其在保冷温度下的冷收缩量,在低温保冷工程中应根据这些收缩量之间的差值情况,于保冷层上合理设置伸缩缝。

5.5.2 每米管道或保冷层材料在保冷温度下的收缩量计算

$$\Delta L = \beta L_1 (t_s - t_m) \quad \dots\dots\dots(35)$$

式中:  $\Delta L$ ——线膨胀量, mm;

$\beta$ ——物体的线膨胀系数,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$L_1$ ——管道或保冷层材料在常温下的长度, mm;

$t_m$ ——管道或保冷层材料的平均温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_s$ ——环境温度,  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.6 保冷计算数据的选取

#### 5.6.1 经济厚度法计算的数据

a. 外表面温度  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

无衬里金属设备和管道壁的外表面温度  $t$ , 取其正常运行时的内部介质温度  $t_i$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

b. 环境温度  $t_s$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

常年运行者, 取累年平均温度的平均值 ( $^{\circ}\text{C}$ ); 季节性运行者, 取累年运行期间日平均温度的平均值 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

c. 表面换热系数  $\alpha_s$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]。

保冷层外表面对周围空气的换热系数  $\alpha_s$ 。

当须核算表面温度时

并排敷设:  $\alpha_s = 7 + 3.5 \sqrt{V_w}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]

单根敷设:  $\alpha_s = 11.6 + 7 \sqrt{V_w}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]

其中风速  $v_w$ , 取历年年平均风速 ( $\text{m/s}$ )。

d. 计息年数  $n$  (d)。

一般取 4~6 d。

e. 冷价  $f_s$  (元/ $10^6$  kJ)。

按不同地区, 不同制冷方法及不同制冷规模的具体情况来确定。

f. 运行时间  $\tau$  (h)。

常年运行按 8 000 h 计算; 间歇或季节性运行按设计或实际规定的天数计。

g. 年利率  $i$  (复利, % )。

可取 10%。

#### 5.6.2 表面温度法计算的数据

a. 环境温度  $t_s$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

取累年夏季空调室外干球计算温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

b. 外表面温度  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

无衬里金属设备或管道壁的外表面温度  $t$ , 取其正常运行时的内部介质温度  $t_i$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

c. 露点温度  $t_d$  ( $^{\circ}\text{C}$ )。

露点温度  $t_d$  应取累年室外最热月月平均相对湿度, 与本条 a 项中环境温度  $t_s$  的取值相对应的露点

温度(℃)。

d. 保冷层外表面温度  $t_4$ (℃)。

取  $t_4 = t_3 + (1 \sim 3)$ ℃。

对于聚氨酯泡沫塑料,当  $\Delta t = (t_4 - t_3) \leq 2$  时取下限; $\Delta t \geq 4$  的取上限;

e. 保冷层间界面温度  $t_1$ (℃)。

双层保冷层内外层间界面温度(即内层保冷层外表面温度) $t_1$ ,应不低于其相邻外层保冷材料的最低安全使用温度(℃)。

f. 表面换热系数  $\alpha_s$ ,一般取值为  $8.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ 。

保冷层外表面对周围空气的换热系数  $\alpha_s$ 。

g. 导热系数  $\lambda$ ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )。

保冷材料导热系数  $\lambda$ ,应按其使用温度进行修正。

### 5.6.3 热平衡法计算的数据

a. 环境温度  $t_a$ (℃),表面温度  $t$ (℃),露点温度  $t_d$ (℃),层间界面温度  $t_1$ (℃),保冷材料导热系数  $\lambda$ ( $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )及保冷层外表面换热系数  $\alpha_s$ ( $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ )等数据的选取原则,与表面温度计算法相同。

b. 核算保冷层外表面温度  $t_s$ (℃)的有关数据,与 5.6.2 条表面温度法计算的数据相同。

## 6 保冷结构

保冷结构由内至外,由防锈层、保冷层、防潮层(或称阻汽层)、保护层、防腐层及识别层所组成。

### 6.1 防锈层

凡需进行保冷的碳钢和铁素体合金钢管道、设备及其附件的外表面,在清净后应涂刷防锈层。不锈钢、有色金属及非金属材料的保冷管道、设备及其附件的外表面,在清净后不需涂刷防锈层。

### 6.2 保冷层

保冷层有粘贴、浇注、喷涂、充填及多层复合等结构,是决定保冷效果好坏最关键的一层。要求保冷层材料的技术性能及厚度必须符合设计规定,且厚薄均匀,接缝严实,紧固合理,松紧适度,外形完整无缺,确保绝热效果良好。当保冷层厚度大于  $80 \text{ mm}$  时,必须分层施工。

### 6.3 防潮层

防潮层有粘贴、涂膜及包缠等结构。要求防潮层搭接适度,厚薄均匀,完整严密,无气孔,无鼓泡或开裂等缺陷。应具有阻燃、防水、防蒸汽渗透及抗老化等性能。是确保保冷层绝热效果良好的重要一层。

### 6.4 保护层

保护层有金属及非金属结构,是保冷结构的外护层。保护防潮层和保冷层不受机械损伤和室外雨、雪、风、雹等的冲刷和压撞。要求保护层必须严密、防水、防湿、能抗大气腐蚀和光照老化、不燃或阻燃、黑度小、容重轻、不开裂、有足够的机械强度、使用寿命长,并能使保冷结构外形整齐美观。

### 6.5 防腐层及识别层

在保护层外表面可根据需要涂刷防腐漆,其最外层可采用不同颜色的防腐漆或制作相应色标,用以识别管道及设备内介质类别和流向,故防腐层可兼作识别层。

## 7 保冷结构的主要施工技术要求

### 7.1 保冷层主要施工技术要求

7.1.1 保冷层厚度应符合设计规定,当分层施工时应逐层紧固。

7.1.2 保冷层施工时,应同层错缝,上下层盖缝。其接缝应以粘结剂、密封胶填充,挤紧、刮平、粘牢、密封,接缝宽度不得大于  $2 \text{ mm}$ 。

7.1.3 保冷结构的金属固定件不得穿透保冷层。

7.1.4 保冷结构的支、吊、托架等处应采用硬质隔热垫块,或采用经防潮防蛀处理后的硬质木垫块支

承。

7.1.5 采用聚氨酯泡沫塑料现场浇注或喷涂发泡作保冷层时，在正式浇注或喷涂之前，必须按各项技术要求预先进行试浇或试喷。

7.1.6 保冷箱充填保冷层结束后，必须密封缝口，并进行充气试漏检验。

7.1.7 伸缩缝的预留应符合下列规定：

- a. 双层或多层保冷层各层伸缩缝的位置必须错开，错开距离不宜大于 100 mm。
- b. 弯头两端长直管段保冷层上可各留一道伸缩缝。当两弯头之间的间距很小时，其直管段保冷层上的伸缩缝可根据介质温度确定仅留一道或不留设。
- c. 在卧式设备的筒体保冷层上距封头连接 100~150 mm 处，均应留设一道伸缩缝。
- d. 立式设备及垂直管道，应在其保冷层的支承环下面留设 25 mm 宽的伸缩缝。
- e. 球形容器应按设计规定留设伸缩缝。
- f. 保冷层伸缩缝，应用软质泡沫塑料条填塞严密，或挤入发泡型粘结剂。外面用 50 mm 宽的不干性胶带粘贴密封。伸缩缝外还必须再保冷。

7.1.8 在下列情况之一时，必需按膨胀移动方向的另一侧留出适当的膨胀间隙：

- a. 填料式补偿器和波纹管补偿器；
- b. 当滑动支架高度小于保冷层厚度时；
- c. 保冷结构与墙、梁、栏杆、平台、支撑等固定构件及管道所通过的孔洞之间。

7.2 防潮层主要施工技术要求

7.2.1 防潮层室外施工应避免在雨、雪中进行。

7.2.2 涂抹型防潮层的外表面应平整、均匀、严密，其厚度应达到设计规定。

7.2.3 包扎型防潮层，其包扎材料的接缝搭接宽度应不小于 50 mm，搭接处必须粘密实。卧式设备及水平管道的纵向接缝位置应在两侧搭接，缝口朝下。立式设备和垂直管道的环向接缝应是“上搭下”。粘贴方式可采用螺旋型缠绕或平铺。

7.3 保护层主要施工技术要求

7.3.1 金属保护层应采用厚 0.3~0.8 mm 的镀锌薄钢板，或厚度为 0.5~1 mm 的防锈薄铝板制成护壳。大型设备的金属保护层应采用波型或槽型金属护壳板装配成壳。金属护壳的结构及紧固形式，必须满足保冷层伸缩缝和膨胀间隙的要求。金属护壳的接缝应搭接或咬接，紧固金属护壳时，严禁制破防潮层。

7.3.2 在酸碱环境下可采用阻燃型非金属防腐材料作保护层。

#### 附加说明：

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会提出。

本标准由省能材料应用技术分委员会负责归口。

本标准由化工部第八设计院、国家建材局标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人刘光礼、莫松涛、关密、袁应林、瞿镇华、王怀义。