

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号、代号和缩略语 .....	3
5 一般规定 .....	4
6 绝热材料的选择 .....	5
6.1 绝热层材料 .....	5
6.2 防潮层材料 .....	10
6.3 保护层材料 .....	10
6.4 粘结剂、密封剂和耐磨剂 .....	10
7 绝热计算 .....	10
7.1 一般规定 .....	10
7.2 绝热层厚度计算 .....	10
7.3 绝热计算数据的选取 .....	14
8 绝热结构设计 .....	16
8.1 绝热结构组成 .....	16
8.2 绝热层设计 .....	16
8.3 防潮层设计 .....	16
8.4 保护层设计 .....	17
8.5 捆扎结构设计 .....	18
附录 A (规范性附录) 绝热厚度计算中 $D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$ 与 $\delta$ 关系表 .....	20
本规范用词说明 .....	21
附：条文说明 .....	23

## Contents

Foreword .....	III
1 Scope .....	1
2 Normative references .....	1
3 Terms and definitions .....	1
4 Symbols and abbreviations .....	3
5 General requirements .....	4
6 Selection of thermal insulation material .....	5
6.1 The material of thermal insulation layer .....	5
6.2 The material of vapour barrier .....	10
6.3 The material of protective jacket .....	10
6.4 The performance of binder, sealant and anti-abrasive .....	10
7 Calculation of thermal insulation .....	10
7.1 General requirements .....	10
7.2 Calculation of thermal insulation thickness .....	10
7.3 Calculation parameter of thermal insulation .....	14
8 Design of thermal insulation construction .....	16
8.1 Components of thermal insulation construction .....	16
8.2 Design of thermal insulation layer .....	16
8.3 Design of vapour barrier .....	16
8.4 Design of protective jacket .....	17
8.5 Design of bundling construction .....	18
Annex A (Normative) Relation of $D_o \ln \frac{D_o}{D_i} \sim \delta$ for insulation thickness calculation .....	20
Explanation of wording in this specification .....	21
Add: Explanation of articles .....	23

## 前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2012年第四批行业标准制修订计划》(工信厅科[2012]252号)的要求,规范编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规范。

本规范共分7章和1个附录。

本规范的主要技术内容是:石油化工设备和管道绝热材料、绝热计算、绝热结构的设计要求。

本规范是在SH 3010—2000《石油化工设备和管道隔热技术规范》的基础上修订而成。修订的主要技术内容是:

- 规范名称修改为《石油化工设备和管道绝热工程设计规范》;
- 增加了“规范性引用文件”章节;
- 删除了“隔热结构的施工”、“检查和验收”章节;
- 对原技术条件和内容作了修改和补充。

本规范由中国石油化工集团公司负责管理,由中国石油化工集团公司配管设计技术中心站负责日常管理,由中石化洛阳工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送管理单位和主编单位。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司配管设计技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010-84877282

传 真:010-64949514

本规范主编单位:中石化洛阳工程有限公司

通讯地址:河南省洛阳市中州西路27号

邮政编码:471003

本规范参编单位:阿莱斯绝热材料(广州)有限公司

本规范主要起草人员:张大船 王金富 姜万军 沙建华

本规范主要审查人员:汪建羽 邱正华 张德姜 张发有 李永红 刘 建 雷云周 杨平辉

袁 灿 王少华 李代玉 张宝江 陈永亮 许 丹 蒋国贤 白殿武

李洪波 徐明才 王军防 周卫国 单承家

本规范1990年首次发布,2000年第1次修订,本次为第2次修订。

# 石油化工设备和管道绝热工程设计规范

## 1 范围

本规范规定了石油化工设备和管道绝热材料、绝热计算、绝热结构的设计要求。

本规范适用于石油化工设备和管道绝热工程的设计。本规范不适用于设备和管道的内绝热衬里设计和有特殊要求的管道绝热工程的设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

- GB/T 2518 连续热镀锌薄钢板及钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3880 一般工业用铝及铝合金板、带材
- GB/T 4240 不锈钢丝
- GB/T 4272 设备及管道绝热技术通则
- GB/T 8175 设备及管道绝热设计导则
- GB/T 10699 硅酸钙绝热制品
- GB/T 11835 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品
- GB/T 13350 绝热用玻璃棉及其制品
- GB/T 16400 绝热用硅酸铝棉及其制品
- GB/T 17371 硅酸盐复合涂料
- GB/T 17393 覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范
- GB/T 17430 绝热材料最高使用温度的评估方法
- GB/T 17794 柔性泡沫橡塑绝热制品
- GB/T 20974 绝热用硬质酚醛泡沫制品
- GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范
- SH/T 3051 石油化工配管工程术语
- JC/T 647 泡沫玻璃绝热制品
- JC/T 990 复合硅酸盐绝热制品
- YB/T 5294 一般用途低碳钢丝
- ASTM C534 Standard Specification for Preformed Flexible Elastomeric Cellular Thermal Insulation in Sheet and Tubular Form
- ASTM C552 Standard Specification for Cellular Glass Thermal Insulation
- EN 14304 Thermal Insulation Products for Building Equipment and Industrial Installations – Factory Made Flexible Elastomeric Foam (FEF) Products – Specification

## 3 术语和定义

SH/T 3051 界定的以及下列术语和定义适用于本规范。

### 3.1

绝热 **thermal insulation**

保温与保冷的统称。

3.2

**保温 heat insulation**

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。

3.3

**保冷 cold insulation**

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。

3.4

**经济厚度 economic thickness**

绝热后，年散热（冷）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。

3.5

**表面温度保温厚度 insulation thickness for surface temperature**

根据规定的保温层外表温度，计算确定的保温层厚度

3.6

**允许最大热损失量保温厚度 insulation thickness for allowable maximum lost heat**

根据规定的保温层允许最大热损失量，计算确定的保温层厚度。

3.7

**绝热结构 insulation structure**

由绝热层、防潮层和保护层等组成的结构综合体。

3.8

**绝热材料 insulation material**

为保温、保冷、防烫伤或稳定操作等目的而采用的具有良好的绝热性能及其他物理性能的材料。

3.9

**绝热层 insulation lagging (insulation)**

为减少热传导，在管道或设备外壁或内壁设置的绝热体。

3.10

**保温层 heat insulation lagging (heat insulation)**

为保温目的设置的绝热层。

3.11

**保冷层 cold insulation lagging (cold insulation)**

为保冷目的设置的绝热层。

3.12

**防潮层 moisture resistant lagging**

为防止水或潮气进入绝热层，在其外部设置的一层防潮结构。

3.13

**保护层 jacketing**

为防止绝热层或防潮层受外界损伤在其外部设置的一层保护结构。

3.14

**绝热材料的允许使用温度 allow service temperature for insulation materials**

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。

3.15

**绝热材料的平均温度 mean temperature of insulation materials**

绝热材料在使用环境下，其绝热层内表面与绝热层外表面温度的算术平均值。

## 3.16

冷桥 **cold bridge**

埋在保冷层中，导热系数很大，以致引起冷量大量流失的部件。

## 4 符号、代号和缩略语

- $C$ ——介质的比热， $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ；  
 $C_1$ ——工况系数；  
 $C_2$ ——烟值系数；  
 $C_p$ ——管材的比热， $J/(kg \cdot ^\circ C)$ ；  
 $D_o$ ——绝热层的外直径， $m$ ；  
 $D_i$ ——设备或管道外直径， $m$ ；  
 $D_{mo}$ ——复合绝热外层的外直径， $m$ ；  
 $f_n$ ——热能价格，元/ $(10^6 kJ)$ ；  
 $G$ ——介质质量流量， $kg/h$ ；  
 $G_{c-1 \rightarrow c}$ —— $c-1$ 与 $c$ 两点间管道内介质质量流量， $kg/h$ ；  
 $G_{(i-1) \rightarrow i}$ ——任意结点 $i$ 与前一结点 $i-1$ 两点间管道内介质质量流量， $kg/h$ ；  
 $H_{fr}$ ——介质融解热， $J/kg$ ；  
 $n$ ——计息年数，年；  
 $i$ ——年利率（复利），%；  
 $K$ ——保冷厚度修正系数；  
 $K_r$ ——管道通过支吊架处的热（或冷）损失的附加系数，可取 $1.05 \sim 1.15$ ；  
 $L$ ——管道实际长度， $m$ ；  
 $L_c$ ——管道计算长度， $m$ ；  
 $L_{c-1 \rightarrow c}$ ——计算分支结点 $c$ 与前一结点 $c-1$ 之间的管段长度， $m$ ；  
 $L_{(i-1) \rightarrow i}$ ——任意分支结点 $i$ 与前一结点 $i-1$ 之间的管段长度， $m$ ；  
 $P_F$ ——燃料到厂价，元/吨；  
 $P_1$ ——绝热结构的单位造价，元/ $m^3$ ；  
 $Q$ ——以每平方米绝热层外表面表示的散热损失量， $W/m^2$ ；  
 $Q_0$ ——球形容器的保冷层外表面冷量总损失量， $W$ ；  
 $[Q]$ ——以每平方米绝热层外表面表示的最大允许散热（冷）损失量， $W/m^2$ ；  
 $q$ ——以每米长度绝热层外表面表示的散热损失量， $W/m$ ；  
 $[q]$ ——以每米长度表示的绝热层外表面表示的最大允许散热（冷）损失量， $W/m$ ；  
 $q_F$ ——燃料收到基低位发热量， $kJ/kg$ ；  
 $R_1$ ——绝热层热阻，平面 $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ，圆筒 $m \cdot ^\circ C/W$ ；  
 $R_s$ ——绝热层表面热阻，平面 $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ，圆筒 $m \cdot ^\circ C/W$ ；  
 $S$ ——按复利计算的绝热工程投资偿还年分摊率，%；  
 $t$ ——设备和管道的外表面温度， $^\circ C$ ；  
 $t_1$ ——管道1点处或管道起点处的介质温度， $^\circ C$ ；  
 $t_2$ ——管道2点处的介质温度， $^\circ C$ ；  
 $t_a$ ——环境温度， $^\circ C$ ；  
 $t_c$ 、 $t_{c-1}$ ——分别为分支结点 $c$ 与前一结点 $c-1$ 处的温度， $^\circ C$ ；  
 $t_d$ ——露点温度， $^\circ C$ ；  
 $t_{fr}$ ——介质在管内冻结温度， $^\circ C$ ；  
 $t_m$ ——算术平均温度， $^\circ C$ ；  
 $t_n$ ——管道内介质的终点温度， $^\circ C$ ；  
 $t_o$ ——复合绝热结构中的内绝热层外表面温度， $^\circ C$ ；

- $t_s$ ——绝热层外表面温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $V$ ——每米管长介质体积,  $\text{m}^3/\text{m}$ ;  
 $V_p$ ——每米管壁介质体积,  $\text{m}^3/\text{m}$ ;  
 $V_w$ ——风速,  $\text{m}/\text{s}$ ;  
 $\alpha$ ——绝热层外表面向大气的换热系数,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;  
 $\delta$ ——绝热层厚度,  $\text{m}$ ;  
 $\delta_1$ ——内层绝热层厚度,  $\text{m}$ ;  
 $\delta_2$ ——外层绝热层厚度,  $\text{m}$ ;  
 $\lambda$ ——绝热材料及其制品的导热系数,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;  
 $\lambda_0$ ——绝热材料及其制品常用导热系数,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;  
 $\lambda_1$ ——复合绝热结构的内层绝热材料制品导热系数,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;  
 $\lambda_2$ ——复合绝热结构的外层绝热材料制品导热系数,  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;  
 $\rho$ ——介质密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  
 $\rho_p$ ——管材密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  
 $\tau$ ——年运行时间,  $\text{h}$ ;  
 $\tau_{\text{r}}$ ——防冻结管道允许液体停留时间,  $\text{h}$ 。

## 5 一般规定

- 5.1 绝热工程应根据工艺、节能、防结露和经济性等要求进行设计。
- 5.2 具有下列工况之一的设备和管道应进行保温:
- 外表面温度高于  $50^{\circ}\text{C}$ ;
  - 工艺生产中需要减少介质的温度降或延迟介质凝结的部位。
- 5.3 具有下列工况之一的设备和管道应进行保冷:
- 为减少冷介质及载冷介质在生产和输送过程中的冷损失;
  - 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;
  - 为防止  $0^{\circ}\text{C}$  以上常温以下的设备和管道外表面凝露;
  - 与保冷设备或管道相连的仪表及其附件。
- 5.4 需要经常维护而又无法采取其他防烫措施的不保温设备和管道, 当表面温度超过  $60^{\circ}\text{C}$  时, 应在下列范围内设置防烫伤保温:
- 距离地面或操作平台的高度小于  $2.1\text{m}$ ;
  - 靠近操作平台距离小于  $0.75\text{m}$ 。
- 5.5 下列设备和管道不应进行保温:
- 工艺过程要求裸露的设备和管道;
  - 要求散热的设备和管道;
  - 直接通向大气的排凝、放空管道;
  - 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;
  - 具有移动元件的部件, 如膨胀节、转动接头和滑阀等;
  - 要求及时发现泄露的阀门、法兰等处;
  - 要求经常监测, 防止发生损坏的部位。
- 5.6 下列常压立式圆筒形钢制储罐应进行保温:
- 介质储存温度等于或大于  $50^{\circ}\text{C}$ ;
  - 介质储存温度小于  $50^{\circ}\text{C}$ , 储罐保温后有利于满足生产工艺要求, 并有明显的经济效益时;

- c) 储存于浮顶罐、内浮顶罐的液体因降温在罐内壁产生凝结物而影响浮盘正常运行时；
- d) 储罐设有加热盘管时。

5.7 常压立式圆筒形钢制储罐的绝热设计应按罐壁、罐顶分别进行，并符合下列要求：

- a) 罐壁绝热厚度应按液体储存温度计算；
- b) 罐顶绝热厚度应按液面以上气体空间的平均温度计算；
- c) 液体储存温度等于或大于 120℃ 时，应对储罐罐顶和罐壁进行保温。液体储存温度低于 95℃ 时，应仅对储罐罐壁保温。

## 6 绝热材料的选择

### 6.1 绝热层材料

6.1.1 绝热层材料及其制品的性能，应符合下列要求：

- a) 绝热性能良好，有明确的导热系数方程或导热系数图表。当平均温度等于 25℃ 时，用于保温层的绝热材料及其制品的导热系数不得大于 0.08W/(m·K)；当平均温度等于 25℃ 时，用于保冷层的绝热材料及其制品的导热系数应符合 GB/T 4272 的有关规定；
- b) 硬质保温材料及其制品的密度不应大于 240 kg/m<sup>3</sup>、半硬质和软质保温材料及其制品的密度不应大于 200 kg/m<sup>3</sup>、保冷材料及其制品的密度不应大于 200 kg/m<sup>3</sup>；
- c) 硬质保温制品的抗压强度不应小于 0.4MPa、硬质保冷制品的抗压强度不应小于 0.15MPa；
- d) 绝热层材料及其制品的 pH 值不应小于 8；
- e) 用于奥氏体不锈钢设备和管道上的绝热材料制品中的氯离子含量，应符合 GB/T 17393 中的有关规定；
- f) 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；
- g) 阻燃型保冷材料及其制品的氧指数应不小于 30%。

6.1.2 绝热层材料及其制品的选用符合下列规定：

- a) 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应采用填充式结构外，宜选用绝热材料制品；
- b) 保温材料制品的允许使用温度应高于设备和管道的设计温度；
- c) 保冷材料制品的允许使用温度应低于设备和管道的设计温度；
- d) 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；
- e) 设备和管道表面温度等于或高于 450℃ 时，宜选用耐高温的绝热材料或采用复合绝热材料；
- f) 保冷应选用闭孔型材料及其制品；
- g) 选择纤维材料制成毡席类制品时可用玻璃布缝制；
- h) 不应选用含有石棉的材料及其制品。

6.1.3 绝热材料及其制品应有质量证明文件，并应符合国家相关标准和设计文件规定。

6.1.4 绝热材料及其制品的主要性能应符合表 6.1.4 的规定。

6.1.5 保温材料的吸湿率应符合表 6.1.4 的规定。保温材料的憎水率不得小于 98%，软质保温材料的回弹率不得小于 90%。保冷材料的含水率不得大于 1%。



表 6.1.4 绝热层材料及其制品的主要性能

序号	材料名称	使用密度 ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	最高使用温度 °C	推荐使用温度 °C	常用导热系数 $\lambda_0$ W/(m·K)	导热系数参考方程 W/(m·K)	抗压强度 MPa	要求
1	硅酸钙制品	170	650 (I型)	$\leq 550$	0.055 (70°C时)	$t_m < 800^\circ\text{C}$ : $0.0479 + 0.00010185t_m + 9.65015 \times 10^{-10} \times t_m^3$	$\geq 0.5$	主要性能除满足本章第6.1条要求外,尚应符合 GB/T 10699 有关最高使用温度的规定;其质量含湿率不应大于 7.5%。
			1000 (II型)	$\leq 900$				
		220	650 (I型)	$\leq 550$	0.062 (70°C时)	$t_m < 500^\circ\text{C}$ : $0.0564 + 0.00007786t_m + 7.8571 \times 10^{-9} \times t_m^2$	$\geq 0.6$	
			1000 (II型)	$\leq 900$		$500^\circ\text{C} \leq t_m \leq 800^\circ\text{C}$ : $0.0937 + 1.67397 \times 10^{-10} \times t_m^3$		
2	复合硅酸盐制品	涂料	480 ~ 200 (干态)	600	$\leq 0.065$ (70°C时)	$\lambda_0 + 0.00017(t_m - 70)$	—	主要性能除满足本章第6.1条要求外,尚应符合 GB/T 7371 和 JC/T 990 的规定;其质量含湿率不应大于 2%。
			毡	60 ~ 80	550	$\leq 0.043$ (70°C时)	$\lambda_0 + 0.00015(t_m - 70)$	
		管壳	80 ~ 180	600	$\leq 0.044$ (70°C时)		—	
			80 ~ 180	600	$\leq 0.048$ (70°C时)		$\geq 0.3$	
3	岩棉制品	毡	60 ~ 100	500	$\leq 0.044$ (70°C时)	$-20^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$ : $0.0337 + 0.000151t_m$ $100^\circ\text{C} < t_m \leq 600^\circ\text{C}$ : $0.0395 + 4.71 \times 10^{-5} \times t_m + 5.03 \times 10^{-7} \times t_m^2$	主要性能除满足本章第6.1条要求外,其质量吸湿率不应大于 1.0%。 岩棉制品的酸度系数不应低于 1.6;并提供高于工况使用温度至少 100°C 的最高使用温度评估报告,满足 GB/T 11835 的规定。 岩棉制品的加热线收缩率(试验温度为最高使用温度,保温 24h),不应超过 4%。 缝毡、贴面制品的最高使用温度均指基材。	
			缝毡	80 ~ 180	650	$\leq 0.043$ (70°C时), $\lambda \leq 0.09$ ( $t_m = 350^\circ\text{C}$ )		$20^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$ : $0.0337 + 0.000128t_m$ $100^\circ\text{C} < t_m \leq 600^\circ\text{C}$ : $0.0407 + 2.52 \times 10^{-5} \times t_m + 3.34 \times 10^{-7} \times t_m^2$
		板	60 ~ 100	500	$\leq 0.044$ (70°C时)	$-20^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$ : $0.0337 + 0.000151t_m$ $100^\circ\text{C} < t_m \leq 600^\circ\text{C}$ : $0.0395 + 4.71 \times 10^{-5} \times t_m + 5.03 \times 10^{-7} \times t_m^2$		
			101 ~ 160	550	$\leq 0.043$ (70°C时) $\lambda \leq 0.09$ ( $t_m = 350^\circ\text{C}$ )	$-20^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$ : $0.0337 + 0.000128t_m$ $100^\circ\text{C} < t_m \leq 600^\circ\text{C}$ : $0.0407 + 2.52 \times 10^{-5} \times t_m + 3.34 \times 10^{-7} \times t_m^2$		
	管壳	100 ~ 150	450	$\leq 0.044$ (70°C时) $\lambda \leq 0.10$ ( $t_m = 350^\circ\text{C}$ )	$-20^\circ\text{C} \leq t_m \leq 100^\circ\text{C}$ : $0.0314 + 0.000174t_m$ $100^\circ\text{C} < t_m \leq 600^\circ\text{C}$ : $0.0384 + 7.13 \times 10^{-5} \times t_m + 3.51 \times 10^{-7} \times t_m^2$			

表 6.1.4 绝热层材料及其制品的主要性能 (续)

序号	材料名称	使用密度 ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	最高使用温度 ℃	推荐使用温度 ℃	常用导热系数 $\lambda_0$ W/(m·K)	导热系数参考方程 W/(m·K)	抗压强度 MPa	要求	
4	矿渣棉制品	毡	80~100	400	≤300	≤0.044 (70℃时)	-20℃≤ $t_m$ ≤100℃: 0.0337+0.000151 $t_m$ 100℃< $t_m$ ≤400℃: 0.0395+4.71×10 <sup>-5</sup> × $t_m$ +5.03×10 <sup>-7</sup> × $t_m^2$		主要性能除满足本章第 6.1 条要求外,其质量吸湿率不应大于 4.0%,并提供高于工况使用温度至少 100℃的最高使用温度评估报告,满足 GB/T 11835 的相关规定。矿渣棉制品的加热线收缩率(试验温度为最高使用温度,保温 24h)不应大于 4%。 缝毡、贴面制品最高使用温度均指基材。
			101~130	450	≤350	≤0.043 (70℃时)	-20℃≤ $t_m$ ≤100℃: 0.0337+0.000128 $t_m$ 100℃< $t_m$ ≤500℃: 0.0407+2.52×10 <sup>-5</sup> × $t_m$ +3.34×10 <sup>-7</sup> × $t_m^2$		
		板	80~100	400	≤300	≤0.044 (70℃时)	-20℃≤ $t_m$ ≤100℃: 0.0337+0.000151 $t_m$ 100℃< $t_m$ ≤400℃: 0.0395+4.71×10 <sup>-5</sup> × $t_m$ +5.03×10 <sup>-7</sup> × $t_m^2$		
			101~130	450	≤350	≤0.043 (70℃时)	-20℃≤ $t_m$ ≤100℃: 0.0337+0.000128 $t_m$ 100℃< $t_m$ ≤500℃: 0.0407+2.52×10 <sup>-5</sup> × $t_m$ +3.34×10 <sup>-7</sup> × $t_m^2$		
		管壳	≥100	400	≤300	≤0.044 (70℃时)	-20℃≤ $t_m$ ≤100℃: 0.0314+0.000174 $t_m$ 100℃< $t_m$ ≤500℃: 0.0384+7.13×10 <sup>-5</sup> × $t_m$ +3.51×10 <sup>-7</sup> × $t_m^2$		
		5	玻璃棉制品	毡	24~40	400	≤300		
41~120	450				≤350	≤0.041 (70℃时)			
24	400				≤300	≤0.047 (70℃时)			
32	400				≤300	≤0.044 (70℃时)			
板	40			450	≤350	≤0.042 (70℃时)			
	48			450	≤350	≤0.041 (70℃时)			
	64			450	≤350	≤0.040 (70℃时)			
	毡			24	400	≤300	≤0.046 (70℃时)		
32				400	≤300	≤0.046 (70℃时)			
40				450	≤350	≤0.046 (70℃时)			
48				450	≤350	≤0.041 (70℃时)			
管壳	≥48			400	≤300	≤0.041 (70℃时)			

表 6.1.4 绝热层材料及其制品的主要性能 (续)

序号	材料名称	使用密度 ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	最高使用温度 °C	推荐使用温度 °C	常用导热系数 $\lambda_0$ W/(m·K)	导热系数参考方程 W/(m·K)	抗压强度 MPa	要求	
6	硅酸铝棉及其制品	1# 毯	96	1 000	$\leq 800$	$\leq 0.044$ (70°C时)	$t_m \leq 400^\circ\text{C}$ : $\lambda_L = \lambda_0 + 0.0002 \times (t_m - 70)$ $t_m > 400^\circ\text{C}$ : $\lambda_H = \lambda_L + 0.00036 \times (t_m - 400)$ (下式中 $\lambda_L$ 取上式 $t_m = 400^\circ\text{C}$ 时的计算结果)	—	主要性能除满足本章第 6.1 条要求外, 应能提供 500°C 时的导热系数和加热永久线变化, 并应符合 GB/T 16400 的规定; 其质量吸湿率不应大于 4.0%。
			128						
		2# 毯	96	1 200	$\leq 1 000$				
			128						
		1# 毡	$\leq 200$	1 000	$\leq 800$				
		2# 毡	$\leq 200$	1 200	$\leq 1 000$				
板、管壳	$\leq 220$	1 100	$\leq 1 000$						
7	硅酸镁纤维毯	100±10 130±10	900	$\leq 700$	$\leq 0.040$ (70°C时)	$70^\circ\text{C} \leq t_m \leq 500^\circ\text{C}$ : $0.0397 - 2.741 \times 10^{-6} \times t_m + 4.526 \times 10^{-7} \times t_m^2$	—	应能提供 500°C 时的导热系数和加热永久线变化, 加热永久线变化 (试验温度为最高使用温度, 保温 24h) 其质量吸湿率不大于 4.0%。	
8	柔性泡沫橡塑制品	40~60	-40~105	-35~85	$\leq 0.036$ (0°C时)	$\lambda_0 + 0.0001 t_m$	—	主要性能除满足本章第 6.1 条要求外, 尚应符合 GB/T 17794 的规定。	
9	硬质聚氨酯泡沫塑料	45~55	-80~100	-65~80	$\leq 0.023$ (25°C时)	$\lambda_0 + 0.000122 \times (t_m - 25) + 3.51 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 0.2$	—	
10	泡沫玻璃	I 类	120±8	-196~450	-196~400	$\leq 0.045$ (25°C时)	$\lambda_0 + 0.000150 \times (t_m - 25) + 3.21 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 0.8$	主要性能除满足本章第 6.1 条要求外, 尚应符合 JC/T 647 的规定。
		II 类	160±10			$\leq 0.064$ (25°C时)	$\lambda_0 + 0.000155 \times (t_m - 25) + 1.60 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$		

表 6.1.4 绝热层材料及其制品的主要性能 (续)

序号	材料名称	使用密度 ( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	最高使用温度 ℃	推荐使用温度 ℃	常用导热系数 $\lambda_0$ W/(m·K)	导热系数参考方程 W/(m·K)	抗压强度 MPa	要求
11	聚异氰脲酸酯	40~50	-196~120	-170~100	$\leq 0.029$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000118 \times (t_m - 25) + 3.39 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 0.22$	—
12	高密度聚异氰脲酸酯	160±16	-196~120	-196~100	$\leq 0.038$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000219 \times (t_m - 25) + 0.43 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 1.6$ (常温) $\geq 2.0$ (-196℃)	—
		240±24			$\leq 0.045$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000235 \times (t_m - 25) + 1.41 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 2.5$ (常温) $\geq 3.5$ (-196℃)	
		320±32	-196~110		$\leq 0.050$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000341 \times (t_m - 25) + 8.1 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 5$ (常温) $\geq 7.0$ (-196℃)	
		450±45			$\leq 0.080$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000309 \times (t_m - 25) + 1.51 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 10.0$ (常温) $\geq 14.0$ (-196℃)	
		550±55			$\leq 0.090$ (25℃时)	$\lambda_0 + 0.000338 \times (t_m - 25) + 5.21 \times 10^{-7} \times (t_m - 25)^2$	$\geq 15.0$ (常温) $\geq 20.0$ (-196℃)	
13	丁腈橡胶发泡制品	40~60	-100~105	-50~105	$\leq 0.034$ (0℃时)	$\lambda = \lambda_0 + 0.0001t_m$	$\geq 0.16$ (-40℃)	符合 ASTM C 534 标准和 EN 14304 标准
14	二烯烃弹性体发泡制品	60~70	-196~125	-196~125	$\leq 0.038$ (0℃时)	$\lambda = \lambda_0 + 0.0001t_m$	$\geq 0.37$ (-100℃)	符合 ASTM C 534 标准和 EN 14304 标准

## 6.2 防潮层材料

- 6.2.1 防潮层材料应选择具有良好的抗蒸汽渗透性、防水性和防潮性，且吸水率不应大于 1.0%。
- 6.2.2 防潮层材料应阻燃，其氧指数不应小于 30%。
- 6.2.3 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。
- 6.2.4 防潮层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，且在冬季使用不脆化、不开裂、不脱落的材料。
- 6.2.5 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%。
- 6.2.6 包捆型防潮层材料的拉伸强度不应低于 5.0MPa，断裂伸长率不应低于 10%。

## 6.3 保护层材料

- 6.3.1 保护层应选择强度高，在使用条件下不软化、不脆裂且抗老化的材料。其使用寿命不得小于绝热层设计使用年限。
- 6.3.2 保护层材料应具有防水、防潮、不燃、抗大气腐蚀的性能，且化学性能稳定，不腐蚀绝热层或防潮层。

## 6.4 粘结剂、密封剂和耐磨剂

- 6.4.1 保冷用的粘结剂在使用温度范围内应保持有一定的粘结性能，在常温时粘结强度应大于 0.15MPa。泡沫玻璃用的粘结剂，在-196℃时的粘结强度应大于 0.05MPa。
- 6.4.2 硬质保温材料的粘结剂、密封剂，应固化时间短、密封性能好，在设计使用年限内不开裂，且与主材性能相似。
- 6.4.3 泡沫玻璃用的耐磨剂在温度变化或机械振动的情况下，应能防止保冷材料与金属外壁间和保冷材料相互接触面间发生磨损。

## 7 绝热计算

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 圆筒形设备和管道的公称直径大于 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。
- 7.1.2 保温层厚度的计算应符合下列原则：
- 工艺无特殊要求时，应采用经济厚度法计算。当经济厚度偏小，且散热损失量超过最大允许散热损失时，应用最大允许散热损失量的厚度公式进行校核；
  - 防烫伤部位的保温层应采用表面温度法计算，保温层的外表面温度不应超过 60℃；
  - 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方法计算。
- 7.1.3 保冷层的厚度计算应符合下列原则：
- 为减少冷量损失的保冷层应采用经济厚度法计算；
  - 为防止外表面结露的保冷层应采用表面温度法计算；
  - 工艺上允许一定量冷损失的保冷层应采用热平衡法计算，并校核外表面温度，外表面温度应高于露点温度 1℃~3℃。
- 7.1.4 绝热层的选用厚度不应小于 20mm，且宜按 10mm 递增。

### 7.2 绝热层厚度计算

- 7.2.1 用经济厚度法计算保温或保冷层厚度时，应符合下列规定：
- 平面保温或保冷层的厚度应按式 7.2.1-1 和式 7.2.1-2 计算；

$$\delta = 1.897 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{f_n \lambda \tau |t - t_a|}{P_i S}} - \frac{\lambda}{\alpha} \quad \dots\dots\dots (7.2.1-1)$$

$$S = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \dots\dots\dots (7.2.1-2)$$

b) 圆筒保温或保冷层的厚度应按式 7.2.1-2~式 7.2.1-4 计算。

$$D_o \ln \frac{D_o}{D_i} = 3.795 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{f_n \lambda \tau |t - t_a|}{P_i S}} - \frac{2\lambda}{\alpha} \quad \dots\dots\dots (7.2.1-3)$$

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} \quad \dots\dots\dots (7.2.1-4)$$

注：计算出  $D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$  值后， $D_o$  可用猜算法求得； $\delta$  值也可按本规范附录 A 的规定取值。

7.2.2 用表面温度法计算保温或保冷层厚度时，应符合下列规定：

a) 平面保温或保冷层的厚度应按式 7.2.2-1 计算：

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha} \times \frac{t - t_s}{t_s - t_a} \quad \dots\dots\dots (7.2.2-1)$$

b) 圆筒保温或保冷层的厚度应按式 7.2.1-4 和式 7.2.2-2 计算。

$$D_o \ln \frac{D_o}{D_i} = \frac{2\lambda}{\alpha} \times \frac{t - t_s}{t_s - t_a} \quad \dots\dots\dots (7.2.2-2)$$

7.2.3 球形容器的保冷层的厚度应按式 7.2.1-4 和式 7.2.3-1 计算。

$$\frac{D_o}{D_i} \delta = \frac{\lambda}{\alpha} \times \frac{t - t_s}{t_s - t_a} \quad \dots\dots\dots (7.2.3-1)$$

7.2.4 表面热（冷）损失的计算应符合下列规定：

a) 平面保温或保冷层的表面热（冷）损失应按式 7.2.4-1 计算：

$$Q = \frac{|t - t_a|}{\frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (7.2.4-1)$$

b) 圆筒保温或保冷层的表面热（冷）损失应按式 7.2.4-2 计算：

$$q = \frac{2\pi |t - t_a|}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{D_o}{D_i} + \frac{2}{\alpha D_o}} \quad \dots\dots\dots (7.2.4-2)$$

c) 球形容器的表面冷损失应按式 7.2.4-3 计算。

$$Q_1 = \pi D_o^2 \alpha |t - t_a| \quad \dots\dots\dots (7.2.4-3)$$

7.2.5 最大允许冷损失量的计算应符合下列规定：

a) 当环境温度  $t_a$  与露点温度  $t_d$  之差小于等于 4.5 时，最大允许冷损失量应按式 7.2.5-1 计算：

$$[Q] = (t_a - t_d) \alpha \quad \dots\dots\dots (7.2.5-1)$$

b) 当环境温度  $t_a$  与露点温度  $t_d$  之差大于 4.5 时，最大允许冷损失量应按式 7.2.5-2 计算。

$$[Q] = 4.5 \alpha \quad \dots\dots\dots (7.2.5-2)$$

7.2.6 最大允许热损失量应符合表 7.2.6 的规定。

表 7.2.6 最大允许热损失量

设备和管道外表面温度 $t$ ℃	绝热层表面最大允许热损失量 $[Q]$ W/m <sup>2</sup>	
	常年运行	季节运行
50	52	104
100	84	147
150	104	183
200	126	220
250	147	251
300	167	272
350	188	—
400	204	—
450	220	—
500	236	—
550	251	—
600	266	—
650	283	—
700	297	—
750	311	—
800	324	—
850	338	—

7.2.7 保冷层外表面温度的计算应符合下列规定：

- a) 平面保温层的外表面温度应按式 7.2.7-1 计算；

$$t_s = \frac{Q}{\alpha} + t_a \quad \dots\dots\dots (7.2.7-1)$$

- b) 圆筒保温层的外表面温度应按式 7.2.7-2 计算。

$$t_s = \frac{q}{\pi D_o \alpha} + t_a \quad \dots\dots\dots (7.2.7-2)$$

7.2.8 保冷层外表面温度的计算应符合下列规定：

- a) 平面保冷层的外表面温度应按式 7.2.8-1 计算；

$$t_s = t_a - \frac{Q}{\alpha} \quad \dots\dots\dots (7.2.8-1)$$

- b) 圆筒保冷层的外表面温度应按式 7.2.8-2 计算；

$$t_s = t_a - \frac{q}{\pi D_o \alpha} \quad \dots\dots\dots (7.2.8-2)$$

- c) 球形容器的保冷层的外表面温度应按式 7.2.8-3 计算。

$$t_s = t_a - \frac{Q_1}{\pi D_o \alpha} \quad \dots\dots\dots (7.2.8-3)$$

7.2.9 在允许温降或指定温降条件下输送流体管道的保温层厚度计算,应符合下列规定:

a) 无分支管道的保温层厚度应符合下列要求:

1) 当  $\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} \geq 2$  时,应按式7.2.1-4和式7.2.9-1计算:

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda \left[ \frac{L_c}{G \cdot C \cdot \ln \frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a}} - \frac{1}{\pi D_o \alpha} \right] \quad \dots\dots\dots (7.2.9-1)$$

2) 当  $\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} < 2$  时,应按式7.2.1-4、式7.2.9-2和式7.2.9-3计算:

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda \left[ \frac{L_c (t_m - t_a)}{G \cdot C (t_1 - t_2)} - \frac{1}{\pi D_o \alpha} \right] \quad \dots\dots\dots (7.2.9-2)$$

$$L_c = K_r \cdot L \quad \dots\dots\dots (7.2.9-3)$$

b) 分支管道的保温层厚度计算应符合下列要求:

1) 分支点处的温度,应按式7.2.9-4计算:

$$t_c = t_{(c-1)} - (t_1 - t_n) \times \frac{\frac{L_{(c-1) \rightarrow c}}{G_{(c-1) \rightarrow c}}}{\sum_{i=2}^n \frac{L_{(i-1) \rightarrow i}}{G_{(i-1) \rightarrow i}}} \quad \dots\dots\dots (7.2.9-4)$$

2) 当逐段按无分支管道计算保温层厚度时,各分支点的温度计算后,再按式7.2.9-1和式7.2.9-2计算各分支管道的绝热层厚度。

7.2.10 液体管道防冻结的保温层厚度计算应符合下列规定:

a) 一般液体管道防冻结的保温层厚度应按式7.2.1-4和式7.2.10-1计算:

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda \left[ \frac{K_r \tau_{fr}}{\frac{2(t - t_{fr})(V \cdot \rho \cdot C + V_P \cdot \rho_P \cdot C_P)}{t + t_{fr} - 2t_a} - \frac{0.25V \cdot \rho \cdot H_{fr}}{t_{fr} - t_a}} - \frac{1}{\pi D_o \alpha} \right] \quad \dots\dots\dots (7.2.10-1)$$

b) 对钢制水管道防冻结的保温层厚度可按式7.2.1-4和式7.2.10-2计算。

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda \left\{ \frac{K_r \cdot \tau_{fr}}{2000 \left[ \frac{t(V + 0.9V_P)}{t - 2t_a} + \frac{10V}{t_a} \right]} - \frac{1}{\pi D_o \alpha} \right\} \quad \dots\dots\dots (7.2.10-2)$$

7.2.11 双层异材保温或保冷层的厚度计算应符合下列规定:

a) 平面双层异材保温(或保冷)层厚度,内层绝热层厚度应按式7.2.11-1计算,外层绝热层厚度应按式7.2.11-2计算:

$$\delta_1 = \frac{\lambda_1 (t - t_0)}{[Q]} \quad \dots\dots\dots (7.2.11-1)$$

$$\delta_2 = \lambda_2 \left[ \frac{(t_0 - t_a)}{[Q]} - \frac{1}{\alpha} \right] \quad \dots\dots\dots (7.2.11-2)$$

b) 圆筒双层异材保温(或保冷)层厚度计算,内层绝热层厚度应按式7.2.11-3和式7.2.11-4计算,绝热层的总厚度应按式7.2.11-5和式7.2.11-6计算。



$$\ln \frac{D_o}{D_i} = \frac{2\lambda_1}{D_{mo}} \frac{(t-t_o)}{[Q]} \quad \dots\dots\dots (7.2.11-3)$$

$$\delta_1 = \frac{D_o - D_i}{2} \quad \dots\dots\dots (7.2.11-4)$$

$$D_{mo} \ln \frac{D_{mo}}{D_i} = 2 \left[ \frac{\lambda_1 (t-t_o) + \lambda_2 (t_o-t_a)}{[Q]} - \frac{\lambda_2}{\alpha} \right] \quad \dots\dots\dots (7.2.11-5)$$

$$\delta = \frac{1}{2} (D_{mo} - D_i) \quad \dots\dots\dots (7.2.11-6)$$

7.2.12 双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量计算应符合下列规定：

a) 平面双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量应按式 7.2.12-1 计算：

$$Q = \frac{t-t_a}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (7.2.12-1)$$

b) 圆筒双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量应按式 7.2.12-2 计算。

$$Q = \frac{t-t_a}{\frac{D_{mo}}{2\lambda_1} \ln \frac{D_o}{D_i} + \frac{D_{mo}}{2\lambda_2} \ln \frac{D_{mo}}{D_o} + \frac{1}{\alpha}} \quad \dots\dots\dots (7.2.12-2)$$

7.2.13 双层异材内绝热层的外表面温度计算应符合下列规定：

a) 平面双层异材保温内绝热层的外表面温度应按式 7.2.13-1 计算：

$$t_o = \frac{\lambda_1 t \delta_2 + \lambda_2 t_s \delta_1}{\lambda_1 \delta_2 + \lambda_2 \delta_1} \quad \dots\dots\dots (7.2.13-1)$$

b) 圆筒双层异材保温内绝热层的外表面温度应按式 7.2.13-2 计算：

$$t_o = \frac{\lambda_1 t \ln \frac{D_{mo}}{D_o} + \lambda_2 t_s \ln \frac{D_o}{D_i}}{\lambda_1 \ln \frac{D_{mo}}{D_o} + \lambda_2 \ln \frac{D_o}{D_i}} \quad \dots\dots\dots (7.2.13-2)$$

c) 计算出双层异材绝热层界面处的温度  $t_o$  后，应校核其外层绝热材料对温度的承受能力。当  $t_o$  超出外层绝热材料的安全使用温度的 0.9 倍时，应重新调整内外层厚度比。

7.2.14 除经济厚度计算法外，采用其他方法计算的保冷层厚度应乘以保冷厚度修正系数 K 修正，作为最终保冷层计算厚度。

### 7.3 绝热计算数据的选取

7.3.1 保温计算数据的选取应符合下列规定：

a) 设备和管道的表面温度  $t$  应符合下列要求：

- 1) 无衬里的金属设备和管道的表面温度，应取介质的正常操作温度；
- 2) 有衬里的金属设备和管道的表面温度，应经传热计算确定；

b) 环境温度  $t_a$  应符合下列要求：

- 1) 室外的设备和管道，在经济保温厚度计算和散热损失计算中的环境温度，常年运行者，取历年年平均温度的平均值；季节性运行者，取历年运行期间日平均温度的平均值；
- 2) 室内的设备和管道，在经济保温厚度计算及散热损失计算中的环境温度均取 20℃；
- 3) 在有工艺要求的各种保温计算中的环境温度，应按最不利的条件取值；

- 4) 在防烫伤保温计算中的环境温度, 取历年最热月日平均温度的平均值;
- c) 表面换热系数  $\alpha$  应符合下列要求:
- 1) 在经济厚度计算及散热损失计算中, 可取  $\alpha$  为  $11.6\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ;
  - 2) 在保温结构外表面温度计算中, 并排敷设时应按式 7.3.1-1 计算; 单根敷设时应按式 7.3.1-2 计算。

$$\alpha = 7.0 + 3.5\sqrt{V_w} \quad \dots\dots\dots (7.3.1-1)$$

$$\alpha = 11.63 + 7.0\sqrt{V_w} \quad \dots\dots\dots (7.3.1-2)$$

注: 在经济保温厚度计算中, 风速  $V_w$  取历年年平均风速的平均值; 在热平衡计算中, 风速  $V_w$  取历年一月份平均风速的平均值。

### 7.3.2 保冷计算数据的选取应符合下列规定:

- a) 设备和管道外表面温度  $t$  取介质的最低操作温度;
- b) 环境温度  $t_a$  的选取应符合下列要求:
  - 1) 采用经济厚度法计算时, 对于常年运行的工况, 环境温度取历年年平均温度的平均值; 对于季节性运行的工况, 环境温度取运行期间历年日平均温度的平均值;
  - 2) 在防结露厚度计算和最大允许冷损失的厚度计算时, 环境温度应取夏季空气调节室外计算干球温度;
  - 3) 在表面温度和热量损失的计算中, 环境温度取厚度计算时的对应值;
- c) 露点温度  $t_d$  应根据夏季空气调节室外计算干球温度  $t_a$  和最热月平均相对湿度  $\varphi$  的数值确定, 并符合 GB 50264 的有关规定;
- d) 保冷层外表面温度  $t_s$  应取历年最热月相对湿度平均值下的露点温度加  $1^\circ\text{C} \sim 3^\circ\text{C}$ ;
- e) 表面换热系数  $\alpha$  可取  $8.14\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

7.3.3 对于软质材料的导热系数  $\lambda$  应取使用密度下的导热系数。

7.3.4 绝热结构的单位造价  $P_i$  包括主材费、包装费、运输费、损耗、安装费 (包括辅助材料) 及保护层结构费等。

7.3.5 石油化工装置的计息年限  $n$  可取 5 年~7 年。

7.3.6 年利率  $i$  宜按工程费用的实际贷款利率确定。

7.3.7 热价或冷价  $f_n$  应根据不同地区、不同企业具体情况确定:

- a) 可按实际购价或生产成本取值;
- b) 当没有数据时, 热价可按式 7.3.7 计算:

$$f_n = 1000 \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot P_F}{Q_F \cdot \eta_B} \quad \dots\dots\dots (7.3.7)$$

式中:

$C_1$ ——工况系数, 取 1.2~1.4;

$C_2$ ——焓值系数, 焓值系数可按表 7.3.7 的规定取值。

表 7.3.7 焓值系数

设备及管道种类	焓值系数
利用锅炉出口新蒸汽的设备及管道	1
抽汽管道, 辅助蒸汽管道	0.75
疏水管道, 连续排污及扩容器	0.50
通大气的放空管道	0

- c) 当没有数据时, 冷价可按 GB 50264 的有关规定计算, 或取热价的 6 倍。

7.3.8 常年运行时运行时间 $\tau$ 可取8000h, 间歇运行(含季节运行)时运行时间 $\tau$ 可按设计或实际规定的时间确定。

7.3.9 保冷厚度修正系数 $K$ 应按表7.3.9的规定取值。

表 7.3.9 保冷厚度修正系数 $K$ 

材 料	聚氨酯	聚异氰脲酸酯	泡沫玻璃	泡沫橡塑	丁腈橡胶发泡制品	二烯烃弹性体发泡制品
修正系数 $K$	1.2~1.4	1.2~1.35	1.1~1.2	1.2~1.4	1.1~1.2	1.1~1.2

## 8 绝热结构设计

### 8.1 绝热结构组成

8.1.1 保温结构可由保温层和保护层组成。对于埋地设备和管道的保温结构应增设防潮层。对于管沟内管道的保温结构宜增设防潮层。

8.1.2 保冷结构一般应由保冷层、防潮层和保护层组成, 本身具有良好防潮功能的保冷材料可不再设防潮层。

### 8.2 绝热层设计

8.2.1 法兰、阀门、人孔等需要拆卸检修的部位, 宜采用可拆卸的绝热结构; 设备筒体、管段等无需检修部位, 宜采用固定绝热结构。

8.2.2 公称直径小于或等于350mm管道的绝热材料, 宜选用硬质或半硬质管壳。

8.2.3 公称直径等于或大于350mm管道采用硬质绝热材料时, 绝热结构可由多瓣组成。

8.2.4 当需要蒸汽吹扫的保冷设备和管道的保冷材料不能承受吹扫介质温度时, 应在其内侧增设厚度不小于20mm的绝热层, 以保证其界面温度低于保冷材料所能承受的最高温度。

8.2.5 对于硬质绝热材料, 在施工中应预留适当的伸缩缝。伸缩缝间应填塞与硬质材料厚度相同、耐温性能和导热系数相近的软质绝热材料。

8.2.6 绝热结构设计应符合下列要求:

- a) 应牢固地固定在本体上;
- b) 应有严密的防水措施, 如设备和储罐的开口处、设备或储罐与管道的连接处、立管与水平管的三通处等应有防止雨水渗入的措施;
- c) 应具有一定的机械强度和刚度, 不会因自重或偶然外力作用而破坏;
- d) 大型设备的外保护层应考虑防风措施。

8.2.7 立式设备、储罐和管道应设置绝热支托或支承圈。

8.2.8 立式设备采用预制块或毡席保温材料进行卧式安装时, 除应符合本规范第8.2.7条要求外, 还应焊接保温钉。

8.2.9 卧式保温设备两端的封头、立式设备的封头及支腿式立式设备的底封头均应焊接 $\pi$ 形及L形保温钉。

8.2.10 需热处理设备的保温支承构件应在制造厂焊接完毕。

8.2.11 保冷层不应使用钢制钩钉结构。

8.2.12 对有振动的设备和管道, 钩钉应适当加密。

8.2.13 绝热层厚度大于80mm时应分层, 若采用一种绝热制品时, 各层的厚度宜接近; 如采用异种绝热制品时, 每种材料的厚度应根据计算确定。

### 8.3 防潮层设计

8.3.1 设备和管道的防潮层设计应符合下列要求:

- a) 设备和管道的保冷层外表面、埋地或地沟内敷设管道的保温层外表面应设防潮层;

- b) 在环境变化与振动情况下，防潮层应能保持其结构的完整性和密封性。
- 8.3.2 常压立式储罐防潮层的设计应符合下列要求：
- a) 防潮层的高度不宜小于 100mm；
- b) 液体储存温度大于 120℃时，防潮层用浸石油沥青的硬质保温制品或其他符合耐温要求的防水材料填充；
- c) 液体储存温度小于 95℃时，防潮层可不用防水材料填充。
- 8.3.3 防潮层可分为以下几种类型：
- a) 内层为石油沥青玛蹄脂，中层为有碱粗格平纹玻璃布，外层为石油沥青玛蹄脂；
- b) 橡胶沥青防水冷胶玻璃布防潮层等；
- c) 新型冷胶料卷材防潮层、冷涂料防潮层等。
- 8.3.4 使用聚苯乙烯泡沫塑料做保冷层时，应防止与防潮层起化学反应。
- 8.4 保护层设计
- 8.4.1 保护层设计应符合下列要求：
- a) 绝热结构外层应设置保护层。保护层结构应严密牢固，在环境变化与振动情况下，不渗水、不开裂、不散缝、不坠落；
- b) 宜选用金属材料作为保护层。在腐蚀性环境下宜采用耐腐蚀材料；
- c) 当采用镀锌钢板或铝合金板作为保护层时，不需涂防腐涂料；
- d) 当采用非金属材料作为保护层时，应用不燃烧材料抹平或用防腐涂料进行涂装。
- 8.4.2 常用金属保护层宜按表 8.4.2 的规定确定。

表 8.4.2 常用金属保护层

类别	绝热层外直径 $D_0$ mm	外保护层			
		材料	标准	型式	厚度/mm
管道	<760	铝合金薄板	GB/T 3880	平板	0.60
		不锈钢薄板	GB/T 3280	平板	0.30
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	平板	0.50
	≥760	铝合金薄板	GB/T 3880	平板	0.80
		不锈钢薄板	GB/T 3280	平板	0.40
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	平板	0.50
设备	<760	铝合金薄板	GB/T 3880	平板	0.60
		不锈钢薄板	GB/T 3280	平板	0.30
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	平板	0.50
	≥760	铝合金薄板	GB/T 3880	平板	0.80~1.00
		不锈钢薄板	GB/T 3280	平板	0.40~0.60
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	平板	0.50~0.70
立式储罐 <sup>a</sup>	≥3 000	铝合金薄板	GB/T 3880	压型板	0.60~1.00
		不锈钢薄板	GB/T 3280	压型板	0.40~0.60
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	压型板	0.50~0.70

表 8.4.2 常用金属保护层（续）

类别	绝热层外直径 $D_o$ mm	外保护层			
		材料	标准	型式	厚度/mm
不规则表面 (泵、阀门和 法兰可拆卸保 温)	所有	铝合金薄板	GB/T 3880	平板	0.60~0.80
		不锈钢薄板	GB/T 3280	平板	0.40~0.60
		镀锌薄钢板	GB/T 2518	平板	0.50~0.70
注：需增加刚度的保护层可采用瓦楞板形式。					
<sup>a</sup> 立式储罐罐顶的保护层宜采用平板保护层。					

8.4.3 金属保护层接缝，可根据具体情况，选用搭接、插接或咬接型式，并符合下列规定：

- 垂直安装的保护层应有防坠落措施，在水平管道上搭接或插接的保护层的环缝，不宜使用自攻螺钉或抽芯铆钉固定；
- 保冷结构的金属保护层接缝宜用咬合或钢带捆扎结构，不得使用钢制螺钉或铆钉连接；
- 金属保护层应有整体防（雨）水功能。对水易渗透进绝热层的部位，应用玛蹄脂或密封胶密封。

8.4.4 用金属做保护层时，保温层的表面应平整、干燥。

8.4.5 露天设备不宜采用抹面保护层。否则，应在保护层外表面上采取防水措施。

8.4.6 裙座式立式设备的底封头应采用抹面保护层。

### 8.5 捆扎结构设计

8.5.1 保温层捆扎结构应符合下列规定：

- 保温结构中捆扎材料宜采用镀锌钢丝、镀锌钢带，当保护层材料为不锈钢薄板时，捆扎材料应采用不锈钢丝或不锈钢带；
- 对于硬质保温制品，捆扎间距不应大于 400mm，半硬质保温制品不应大于 300mm，软质保温制品不应大于 200mm，每块绝热制品上的捆扎不得少于 2 道。半硬质制品长度大于 800mm 时，应至少捆扎 3 道，软质制品两端 50mm 长度内应各捆扎 1 道；
- 设备和管道采用双层或多层保温时应逐层捆扎，内层可采用镀锌钢带或镀锌钢丝捆扎，外层宜用镀锌钢带捆扎。当保护层材料为不锈钢薄板时，外层捆扎材料应采用不锈钢带；
- 保温层捆扎件规格宜按表 8.5.1 的规定确定。

8.5.2 保冷层捆扎结构应符合下列规定：

- 保冷层捆扎应以不损伤保冷层为原则，捆扎材料宜采用带状材料，不宜采用钢丝；
- 采用双层或多层保冷时的应逐层捆扎，内层捆扎材料宜采用不锈钢带或胶布。

表 8.5.1 保温捆扎件规格

序号	材料	标准	规格/mm	应用场合
1	镀锌铁丝	YB/T 5294	$\phi 1.2$ 双股	$D_o \leq 300$ 的管道
			$\phi 1.6$ 双股	$300 < D_o \leq 600$ 的设备和管道
2	镀锌钢带	GB/T 2518	12×0.5 (宽×厚)	$600 < D_o \leq 1000$ 的设备和管道
			20×0.5 (宽×厚)	$D_o > 1000$ 的设备和管道
3	不锈钢丝	GB/T 4240	$\phi 1.2$ 双股	$D_o \leq 300$ 的管道
			$\phi 1.6$ 双股	$300 < D_o \leq 600$ 的设备和管道
4	不锈钢带	GB/T 3280	12×0.5 (宽×厚)	$600 < D_o \leq 1000$ 的设备和管道
			20×0.5 (宽×厚)	$D_o > 1000$ 的设备和管道

- 8.5.3 设备封头的各层捆扎，可利用活动环和固定环呈辐射型固定或“十”字型固定。
- 8.5.4 球形容器的捆扎应符合下列规定：
- a) 球形容器的捆扎应从赤道放射向两极，在赤道带处捆扎间距应小于 300mm；
  - b) 球形容器单层保冷应采用不锈钢带捆扎，采用双层或多层保冷时，内层应采用不锈钢带捆扎。
- 8.5.5 绝热层不得采用螺旋缠绕法捆扎。
- 8.5.6 对有振动的设备和管道，绝热层捆扎应加强。



附录 A  
(规范性附录)

绝热厚度计算中  $D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$  与  $\delta$  关系表

绝热厚度计算中  $D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$  与  $\delta$  关系, 可按表 A 的规定确定。

表 A  $D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$  与  $\delta$  关系

$D_o \ln \frac{D_o}{D_i}$	绝热层内径 $D_i$ / mm																	平整										
	18	25	32	38	45	57	76	89	108	133	159	219	273	325	377	426	480		530	630	720	820	920	1020	2020	4020	8020	
	厚度 $\delta$ / mm																											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	16	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25
0.1	27	29	31	32	33	35	36	37	39	40	41	43	44	44	45	45	46	46	46	47	47	47	48	48	49	49	50	50
0.2	46	50	53	55	57	60	64	66	68	71	73	77	80	82	84	85	86	87	89	90	91	91	92	96	96	98	99	100
0.3	63	68	72	75	78	82	88	91	94	99	102	108	113	116	119	121	123	124	127	129	131	133	134	141	141	145	147	150
0.4	79	85	90	93	97	103	109	113	118	124	128	137	143	147	151	154	157	159	163	166	169	171	173	184	184	191	195	200
0.5	94	101	107	111	115	122	130	135	141	147	153	164	171	177	182	186	190	193	198	202	205	209	211	226	237	243	250	
0.6	108	116	123	126	133	140	150	155	162	170	177	189	198	205	211	216	220	224	231	236	240	244	248	267	281	290	300	
0.7	122	131	138	144	150	158	169	175	183	192	199	214	224	232	239	245	250	255	262	268	274	279	283	307	325	336	350	
0.8	135	145	153	160	166	175	187	194	203	212	221	237	249	258	266	273	279	284	293	300	307	312	317	346	368	382	400	
0.9	148	159	168	175	182	192	205	212	222	233	242	260	273	283	292	300	307	313	323	331	338	345	350	385	411	428	450	
1.0	161	173	183	190	197	208	222	230	241	252	263	283	297	308	318	326	334	340	352	361	369	376	383	422	453	473	500	

## 本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



中华人民共和国石油化工有限公司标准

# 石油化工设备和管道绝热工程设计规范

SH/T 3010—2013

## 条文说明

2013 北 京

## 修 订 说 明

SH/T 3010—2013《石油化工设备和管道绝热工程设计规范》，经工业和信息化部 2013 年 10 月 17 日以第 52 号公告批准发布。

本规范是在 SH/T 3010—2000《石油化工设备和管道隔热技术规范》的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国石化集团洛阳石油化工工程公司、中国石化集团第四建设公司，参编单位是中国石化工程建设公司-BDI 设计执行中心，主要起草人员是谷培韬、曹世雍、李素文。

本规范修订过程中，编制组进行了设备和管道绝热设计的调查研究，总结了我国石油化工工程建设的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《石油化工设备和管道绝热工程设计规范》编制组按章、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

## 目 次

1 范围 .....	29
3 术语和定义 .....	29
4 符号、代号和缩略语 .....	29
5 一般规定 .....	29
6 绝热材料的选择 .....	30
7 绝热计算 .....	31
7.1 一般规定 .....	31
7.2 绝热层厚度计算 .....	32
8 绝热结构设计 .....	32

# 石油化工设备和管道绝热工程设计规范

## 1 范围

本规范适用于石油化工设备和管道的保温保冷工程的设计，不适用于有特殊要求的工程。对于临时设置的设备和管道，不致发生安全事故，不强调经济效益时，可不受本规范的约束。

## 3 术语和定义

为方便使用，本次修订对部分术语进行了修改，与现行其他标准和规范保持一致。

## 4 符号、代号和缩略语

本规范包括保温和保冷两个部分，两部分的符号在意义相同时尽量保持了统一性；本规范尽量采用 2000 年编制的《石油化工设备和管道隔热技术规范》原有的符号，以保证规范的连续性。

## 5 一般规定

5.1~5.3 绝热设计的基本目的有三方面。第一，满足工艺要求，即维持工艺操作温度；第二，节约能源；第三，保证操作工人的安全，改善操作环境。近年来，各国能源价格不断上涨，节约能源是普遍关注的问题，并且有多种途径，其中采用绝热方式是减少能源费用的最简便的办法之一。绝热设计则是节能的关键步骤。

5.4 设备管道表面温度高于 60℃ 时对工厂操作人员有烫伤的危险。根据我国劳动保护的要求，经卫生部门验证，凡温度高于 70℃ 时易发生烫伤，60℃~70℃ 之间也能造成轻度烫伤。因此，本规范规定以 60℃ 作为防止烫伤的温度界限较为稳妥，且符合 GB/T 8175《设备及管道绝热设计导则》的要求。高度 2.1m 符合操作人员身高情况；规定靠近操作平台 0.75m，主要考虑操作人员不小心也不致发生烫伤的危险。

5.5 本次修订增加了不应保温的情况，其中，为不阻碍移动元件的移动，膨胀节、转动接头等具有移动元件的部件不应保温；为便于监测，需要经常监测，防止发生损坏的部位不应保温。

5.6 本条列举了储罐保温的各种条件，对列项 a)、b)、c) 加以说明：

- a) 本款及有关条文和计算公式中均以介质储存温度代替有关标准中通常采用的设备外表面温度。主要根据是储罐罐壁较薄，一般为 6mm~30mm，而碳钢的导热系数很大，约为 45W/(m·K)。根据傅立叶定律计算结果，储罐的内表面温度与外表面温度相差不到 0.05%，在储罐的加热计算中，一般做法是把储罐的内表面温度做为介质储存温度。介质储存温度是指储罐内液体物料的维持温度。这个参数在储运工艺计算中经常使用，有大量的经验数据。保温设计与储运工艺计算采用同一数据，既能满足要求又很方便。
- b) 有些介质（如轻柴油）冬季需要在储罐内加热，才能正常输送，在夏季则不用加热，而且储存温度不高。对于储存这类介质的储罐是否需要保温，应结合加热方案进行经济比较。如果采取保温有明显的经济效益时，就应该保温。
- c) 本款原指的是：浮顶罐、内浮顶罐储存石蜡基原油时，因温度降低会析出石蜡结晶而附着于罐内壁，不仅会影响浮盘的正常运行，而且在浮盘的上下运动时，石蜡被刮到浮盘的顶面，很不安全。对浮顶罐、内浮顶罐保温后，提高了罐内壁的温度，有利于防止石蜡的结晶析出和在罐内壁的附着。本款采用目前的文字表述，在于使这种条件具有通用性。

5.7 在储存石油化工原料及产品的储罐中,有相当数量只需要对罐壁保温就可以满足要求,所以规定对罐壁、罐顶的保温要分别进行设计。分别进行保温设计的界限按液体的储存温度确定。

- a) 储罐内液体的储存温度,应取加热计算的维持温度。实际上,在罐内各部位液体的温度是不一样的,维持温度也是个平均温度;
- b) 液面以上空间气体的温度受许多因素影响,其平均温度计算比较复杂,作为保温设计也不必进行十分精确的计算。如果没有液面以上气体空间温度的数据时,一般可取液体介质储存温度的50%~60%。
- c) 储罐罐顶是否需要保温,做以下说明:
  - 1) 当罐内油温到了120℃时,油面上气体空间的温度已经大于50℃,故罐顶也应该保温;
  - 2) 罐顶保温后,气体空间的温度会有所上升,随通气孔进入储罐内空气中的水蒸汽不易冷凝积聚,对防止沸溢是有利的;
- c) 罐顶保温的缺点是防水不好处理,保温层容易被上罐顶的操作人员踩坏,且雨水侵入后会腐蚀罐顶等,故有下限温度规定;
- d) 沸溢性介质在95℃~120℃的温度范围内储存,当加热盘管发生泄漏或其他原因有水进入储罐时,就会发生沸溢事故,所以要尽量避免在95℃~120℃温度范围内储存。本规范为绝热规范,介质的储存温度是绝热设计的条件,考虑了这个因素,有利于搞好保温设计。对需要在95℃~120℃的温度范围内储存的非沸溢性介质不做规定,设计人员可按生产工艺要求确定罐顶是否保温。

## 6 绝热材料的选择

6.1.1 绝热设计的一个重要环节是选择优良的绝热材料,绝热材料的优劣是按若干技术指标评价的。这些技术指标有些是反映材料在使用时的状态,例如含水量、透气性、耐火性等,而有些技术指标是材料在使用温度下对某种外来作用(如热、力、环境等)的反映。如导热系数、机械强度等。在材料的各种性能中,有些性能是相互影响的,如:同一种材料,一般密度过小导热系数反而会增大。另外含水量高时,导热系数会加大。一般一种材料同时满足多种技术性能不太可能,因为各种条件是相互制约的。现只能从工程使用角度对绝热材料制品提出以下要求:

- a) 导热系数是绝热材料及其制品中最主要的参数之一。他表明材料内部对热(冷)的传递性能,他不是独立存在的“物理量”,而是在材料能量的传递中才能显示的特性。本规范规定绝热材料及其制品的导热系数不得大于0.08W/(m·K),主要原因是:第一,国家标准GB/T 8175《设备及管道绝热设计导则》中规定的导热系数为0.08W/(m·K),本规范与其一致;第二,导热系数上限值的确定取决于国家科学技术和工业发展水平,并受国家有关政策规定和条文的约束。目前根据我国的能源政策和绝热材料工业的水平,将导热系数允许值逐步降低是可行的,有利于节约能源和促进绝热材料的提高和发展。根据绝热工程的要求,在设计时应提出导热系数方程式或通过实验提供导热系数随温度变化的曲线,以便正确地计算绝热层;
- b) 本条规定硬质保温材料及其制品的密度不应大于240kg/m<sup>3</sup>,是把绝热材料看做固体加气体组成的材料,疏松质轻的材料,其导热系数小,一般导热系数随密度的加大而增大,气体的导热系数最低:如干空气25℃时密度为1.185kg/m<sup>3</sup>,其导热系数为0.027 W/(m·K);膨胀珍珠岩水泥制品是含气体的颗粒制品,其密度为636kg/m<sup>3</sup>,当平均温度为20℃时,导热系数为0.153 W/(m·K)。材料制品的密度与其制造工艺有关系,相同介质温度下,密度大的绝热材料制品,绝热层厚度必然厚,造成支撑绝热结构过于笨重。近年,我国绝热材料发展迅速,优质绝热材料不断推广使用。因此,本条规定将硬质保温材料的密度指标的规定值提高到小于或等于240kg/m<sup>3</sup>;
- c) 规定的抗压强度指标是根据材料制造工艺、运输、施工的要求而确定的;
- d) 绝热的设备和管道,应避免被绝热材料腐蚀,常用于碳素钢的设备和管道的绝热材料的pH

值应大于8。保温材料对金属表面的腐蚀作用取决于材料的pH值、吸水率、温度等多种因素。试验表明,当保温材料pH值小于13时,紧贴保温材料的金属表面就会生成一层致密的腐蚀产物 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的保护膜,金属表面就不再发生腐蚀。当pH值在7~8时,由于保温材料气孔率大,绝热制品中若含有水,在较高温度下,金属材料腐蚀就会很严重。为了减少腐蚀,应检验保温材料的pH值,使其不超过规定的限值;

- e) 对于不锈钢设备或管道的绝热材料,其氯离子含量应小于规定值;
  - f) 保温材料制品绝大多数是不燃性材料,但保温材料制品中含有粘结剂,不同的粘结剂耐高温性能是不相同的,超过粘结剂的允许温度,有引起火灾的可能。而保冷材料一般多是有机材料,具有易燃性,因此,选择保温绝热制品时希望本身耐火性要好;
  - g) 保冷材料制品应含有阻燃剂,氧指数要求与GB/T 8175《设备及管道绝热设计导则》一致。
- 6.1.2 工程设计中选择绝热材料、计算绝热层厚度时,考虑如下几种原则:
- a) 工程上一般选用绝热材料制品便于运输、施工,同时可保证一定的导热系数,在不经常拆卸的人孔、手孔处可以使用填充绝热材料结构;
  - b) 最高安全使用温度,指绝热材料可长期、安全、可靠运行工作时所能承担的极限温度。当材料在超过允许使用温度下工作时,材料会变形、变质,甚至起火燃烧等。根据工程使用经验证明:有碱超细玻璃棉最高使用温度一般在250℃左右,如果超过300℃,其纤维强度会大大降低而变成粉状;保温材料的最高使用温度受到各种因素的影响,就其材料本身讲,有燃点、耐火度、高温时的残余收缩率等影响;就材料制品讲,受到原料配比、生产工艺等影响,如有的材料本身耐热温度很高,但材料制品中的粘结剂,如淀粉、沥青、酚醛树脂等,耐高温较低,因此大大降低了制品的使用温度;
  - c) 保冷材料同样有耐低温的限制,同时保冷材料多为有机物质组成,易于燃烧。因此,保冷材料制作中应增加阻燃剂,否则石油化工设备或管道不得采用;
  - d) 当有多种绝热材料可供选择时,应对材料的导热系数、密度、单位造价等综合考虑后,再确定选用经济材料。一般来说,各种材料制品的导热系数与材料价格之乘积越小越好。在满足绝热设计的前提下,可优先选用施工地区生产的绝热材料,以减少损失、节约运输费用;
  - e) 对于高温介质,根据传热原理,由于耐高温绝热材料制品的热阻作用,使绝热材料沿着厚度方向。温度逐渐降低。根据此原理可采用复合材料,即内层使用耐高温材料,外层使用耐低温材料,这样既达到绝热的目的又可以降低绝热材料的价格,提高经济效益。故高温介质设备或管道的绝热,推荐采用复合绝热材料;
  - f) 保冷材料制品的内部结构,如果是开口气孔,会使空气在气孔内形成对流,增加导热系数,增大冷量损失,而保冷材料为纤维结构时,容易吸收空气中水分,增大导热系数,有时会完全丧失保冷功能。因此,保冷不宜选用上述两种结构的材料制品,并特别注意防潮、防水。

6.1.4 根据近年来对全国绝热材料的调查,并参考国标GB 50264《工业设备及管道绝热工程设计规范》,将绝热材料的主要性能列于表6.1.4中,为设计人员提供方便,对密度大、导热系数大、抗压强度低的膨胀珍珠岩制品、蛭石制品不应使用。增加了保冷材料,其中丁腈橡胶发泡制品当与二烯烃弹性体发泡制品复合使用时,使用温度可至-100℃,这是因为当丁腈橡胶发泡制品与二烯烃弹性体发泡制品复合使用时,由于二烯烃弹性体发泡材料在低温下的柔性很好,可以避免外层的丁腈发泡材料受到破坏,可允许其到达更低温度。

6.4 粘结剂、密封剂和耐磨剂对保冷层的施工质量和保冷效果有较大影响,所以对粘结剂、密封剂和耐磨剂的性能作了规定。

## 7 绝热计算

### 7.1 一般规定

7.1.1 圆筒形设备和管道在计算绝热层厚度中，平面与圆筒以直径1m为分界限，即直径大于1m时按平面计算绝热层厚度，与按圆筒计算其值接近；直径小于或等于1m时按圆筒计算绝热层厚度，这是通过大量计算，统计而得出的结论。

7.1.2 根据国家节能政策，采用加强绝热的措施是节约能源最简便、最行之有效的办法，由于加厚绝热层而增加支撑结构或加宽管桥的情况不多，而一旦出现上述情况时首先应寻找导热系数小的保温材料制品，倘若还不能满足要求时，可按国标规定的最大允许散热损失值计算其保温厚度。当绝热材料确定以后，保温效果就在于保温层的厚度，若增加厚度可减少散热损失，降低能源费用，但随着厚度的增加保温工程费用增大，两者之间是互为矛盾的，为获取最佳的保温经济效果，所采用的保温厚度应满足下述要求：保温结构的投资和一定维护期间的费用不超过节省能源的费用，即“保温后每年散热损失费用与投资的年分摊费用之和为最小值”即为经济厚度。经济保温厚度一方面考虑了传热的基本原理，另一方面还考虑了材料价格、气象条件，同时考虑了热能价格、贷款利率等对保温厚度的影响。因此，为防止散热损失的保温计算，应采用经济厚度计算方法确定。

7.1.3 防止冷量损失绝热的目的是防止热量自设备和管道的外部传入，这时考虑问题的出发点是低温设备和管道的表面温度低于在空气中的饱和蒸汽的温度（即露点）时，饱和蒸汽在冷设备或冷管道表面上凝成液珠，而产生结露、结冰，致使材料腐蚀，导热系数上升，大量损失冷量。因此，保冷是用防止结露的方法计算保冷厚度，然后用经济厚度方法进行核算和调整。

## 7.2 绝热层厚度计算

计算公式尽可能与国标保持一致，比如，本次修订保冷层厚度增加了厚度修正。

## 8 绝热结构设计

8.1.1~8.1.2 由保温层、保护层为主组成统一体加上起支撑和固定作用的附件总称为保温结构。由保冷层、防潮层、保护层为主组成统一体加上起支撑和固定作用的附件，称为保冷结构。绝热结构各组成部分担负着不同的作用。

绝热层：主要利用材料的优良绝热性能，担负着整个结构的主要绝热任务；

保护层：起保护绝热层、延长绝热层使用寿命的作用，并使绝热结构外形整洁美观。

防潮层：保冷结构的防潮层是非常关键的一部分，直接影响保冷的效果。防潮层可避免潮湿的侵袭，不因保冷材料有吸潮性而提高导热系数、结冰，导致保冷的失败。

8.2.2~8.2.3 对于水平管道，特别是管桥部分，在检修或操作过程中有可能上人的地方，如用软质材料可能会因其强度不够而被踏平变形，使上部保温变薄，同时保护层的接缝会脱开，雨水流入保温层内，增大导热系数，影响保温效果，增加热损失，缩短绝热材料使用寿命，故应采用硬质或半硬质绝热制品。

8.2.4 常用保冷材料的耐热温度仅为70℃左右。为了防止保冷材料的损坏或失效，对有可能进行蒸汽吹扫时，采用常用保冷材料保冷的设备和管道，应在保冷层内侧增设一层绝热层，并使绝热层的表面温度小于70℃，绝热层厚度应根据吹扫蒸汽的温度和选用的绝热材料经计算后确定。例如，使用压力为1.0MPa蒸汽扫线，选用岩棉或超细玻璃棉制品做绝热层时，其绝热层厚度约为20mm~30mm。

8.2.5 好的绝热结构应做到严密无缝，避免“热通道”。根据北京科学院力学研究所实测数据可知，水泥珍珠岩制品接缝处的散热损失较无缝处的热损失量大三倍左右。因此，保温结构中的缝隙处理是十分重要的。一方面要预留正常运行时由于温度原因引起的伸缩缝，另外也在伸缩缝处用软质材料填充，尽可能减少散热通道。

8.4.1 保护层应能耐一定的冲击而不破裂，保护绝热层，同时能防雨、防雪、使用寿命长，外形美观，施工简单。

8.4.2 为便于设计，增加了常温保护层材料、标准、型式和厚度。

8.5 根据工程实际需要，细化了捆扎结构和材料。