UDC

SH

中华人民共和国行业标准

P

SH 3010-2000

石油化工设备和管道隔热技术规范

Specification for the insulation of equipment and pipe for petrochemical industry



2000-06-30 发布

2000-10-01 实施

国家石油和化学工业局 发布

J-500

前　言

本规范是根据中国石化（1995）建标字269号及（1998）建标字2号文的通知，由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和中国石化工程建设公司－BDI设计执行中心对《石油化工企业设备和管道隔热设计规范》SHJ10-90和《炼油厂地上立式钢油罐保温设计技术规定》SYJ1022-83进行修订而成。

本规范共分6章和1个附录，这次修订的主要内容有：

1、规范名称改为《石油化工设备和管道隔热技术规范》；

2、对原技术条件和内容作了修改和补充；

3、增加了设备、储罐及管道隔热的施工及验收部分；

4、增加了双层隔热的计算方法，以及热能价格的取值和估算公式。

在修订过程中，针对原规范中存在的问题，进行了广泛的调查研究，总结了近几年来石油化工设备和管道隔热设计、施工方面的实践经验，并征求了有关设计、施工、生产等方面的意见，对其中的主要问题进行了多次讨论，最后经审查定稿。

本规范在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供我公司，以便今后修订时参考。

我公司的通讯地址及邮政编码

通讯地址：河南省洛阳市七里河063信箱（邮政编码：471003）

天津市大港区板厂街（邮政编码：300270）

本规范的主编单位、参编单位和主要起草人

主 编 单 位：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：中国石化工程建设公司－BDI设计执行中心

主要起草人：谷培韬　曹世雍　李素文

目　次

1　总则……1
2　术语、符号……2
2.1　术语……2
2.2　符号……3
3　基本规定……5
4　隔热结构的设计……6
4.1　隔热材料的选择……6
4.2　隔热层厚度……7
4.3　隔热层厚度计算……8
4.4　隔热结构……16
5　隔热结构的施工……18
5.1　施工准备……18
5.2　隔热层施工……18
5.3　防潮层施工……31
5.4　保护层施工……31
5.5　安全保护……39
6　检查和验收……41
6.1　质量检查……41
6.2　交工技术文件……42
附录A　$Do\ln\frac{D_o}{D_i}$与δ关系表……44
用词说明……45
附　条文说明……47

1 总 则

1.0.1 本规范适用于石油化工设备（塔、换热器、容器、机泵等）和管道隔热工程的设计和施工。

本规范不适用于设备和管道的内隔热衬里设计和有特殊要求的管道、长输管道及临时设施隔热工程的设计和施工。

1.0.2 隔热工程应根据工艺、节能、防结露和经济性等要求进行设计和施工。

1.0.3 隔热工程的设计和施工，除执行本规范外，尚应符合现行有关标准、规范的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 隔热 thermal insulation

为减少设备和管道内介质热量或冷量损失，或为防止人体烫伤、稳定操作等，在其外壁或内壁设置隔热层，以减少热传导的措施。

2.1.2 保温 hot insulation

为减少设备和管道内介质热量损失而采取的隔热措施。

2.1.3 保冷 cold insulation

为减少设备和管道内介质冷量损失而采取的隔热措施。

2.1.4 防烫伤隔热 personal protection insulation

为防止热管道烫伤人体而采取的局部隔热措施。

2.1.5 裸管 bare pipe

无外隔热层的管道。

2.1.6 经济保温厚度 economic insulation thickness

保温后的管道年热损失费用与保温工程投资的年分摊费用之和为最小值时的保温层计算厚度。

2.1.7 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。

2.1.8 隔热材料 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隔热性能及其他物理性能的材料。

2.1.9 隔热结构 insulation structure

一般由隔热层、防潮层和防护层组成的结构。

2.1.10 隔热层 insulation lagging (insulation)

为减少热传导，在管道或设备外壁或内壁设置的隔热体。

2.1.11 保温层 hot insulation lagging (hot insulation)

为保温目的设置的隔热层。

2.1.12 保冷层 cold insulation lagging (cold insulation)

为保冷目的设置的隔热层。

2.1.13 防潮层 moisture resistant lagging

为防止水或潮气进入隔热层，在其外部设置的一层防潮结构。

2.1.14 保护层 jacketing

为防止隔热层或防潮层受外界损伤在其外部设置的一层保护结构。

2.1.15 支承圈 surport ring

固定在直立金属管道或设备外壁上，用以支承其上部隔热结构的金属圈。

2.1.16 金属网 metallic wire mesh

包裹隔热层用的金属丝编织网。

2.1.17 自攻螺钉 self-tapping screw

用于固定隔热层外金属保护层的具有自攻能力的螺钉。

2.1.18 扎带 band

固定隔热层或金属保护层用的金属带。

2.2 符 号

C —— 介质的比热；

C_p —— 管材的比热；

D_o —— 隔热层的外直径；

D_{mo} —— 复合隔热外层的外直径；

D_i —— 设备或管道外直径；

f_n —— 热能价格；

G —— 介质质量流量；

$G_{(C-1)\to C}$ —— C-1与C两点间管道内介质质量流量；

$G_{(i-1)\to i}$ —— 任意结点i与前一结点i-1两点间管道内介质质量流量；

H_{fr} —— 介质融解热；

n —— 计息年数；

i —— 年利率（复利）；

K_r —— 管道通过支吊架处的热（冷）损失的附加系数；

L —— 管道实际长度；

L_c —— 管道计算长度；

$L_{(C-1)\to C}$ —— 计算分支结点C与前一结点C-1之间的管段长度；

$L_{(i-1)\to i}$ —— 任意分支结点i与前一结点i-1之间的管段长度；

P_i —— 隔热结构的单位造价；

Q —— 以每平方米隔热层外表面表示的热(冷)损失量；

q —— 以每米长度隔热层外表面表示的热(冷)损失量；

R_i —— 隔热层热阻；

R_s —— 隔热层表面热阻；

S —— 按复利计算的隔热工程投资偿还年分摊率；

t —— 设备和管道的外表面温度；

t_a —— 环境温度；

t_d —— 露点温度；

t_{fr} —— 介质在管内冻结温度；

t_C、t_{C-1} —— 分别为分支结点C与前一结点C-1处的温度；

t_n —— 管道内介质的终点温度；

t_m —— 算术平均温度；

t_s —— 隔热层外表面温度；

t_o —— 复合隔热结构中的内隔热层外表面温度；

t_1 —— 管道1点处或管道起点处的介质温度；

t_2 —— 管道2点处的介质温度；

V —— 每米管长介质体积；

V_p —— 每米管壁介质体积；

V_W —— 风速；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数；

δ —— 隔热层厚度；

δ_1 —— 内层隔热层厚度；

δ_2 —— 外层隔热层厚度；

λ —— 隔热材料及其制品的导热系数；

λ_1 —— 复合隔热结构内层隔热材料及其制品的导热系数；

λ_2 —— 复合隔热结构外层隔热材料及其制品的导热系数；

ρ —— 介质密度；

ρ_P —— 管材密度；

τ —— 年运行时间；

τ_{fr} —— 防冻结管道允许液体停留时间；

$[Q]$ —— 以每平方米隔热层外表面表示的最大允许热(冷)损失量；

$[q]$ —— 以每米长度隔热层外表面表示的最大允许热(冷)损失量；

P_F —— 燃料到厂价；

Q_F —— 燃料收到基低位发热量；

η_B —— 锅炉热效率。

3 基本规定

3.0.1 下列设备和管道，应进行隔热：

1 工艺生产过程要求隔热的设备和管道(含管件、阀门等)；

2 为减少设备和管道的热量或冷量损失；

3 为防止外壁结露；

4 为防止高温设备和管道散热对周围环境的影响。

3.0.2 下列设备和管道，不应进行隔热：

1 工艺过程要求必须裸露的设备和管道；

2 要求散热的设备和管道；

3 对于直接通向大气的排凝、放空管道。

3.0.3 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℃时，应在下列范围内设置防烫伤隔热层：

1 高于地面或工作平台2.1m以内者；

2 离开操作平台0.75m以内者。

3.0.4 常压立式圆筒形钢制储罐（以下简称储罐）具有下列要求之一者，应进行隔热：

1 介质储存温度等于或大于50℃；

2 介质储存温度小于50℃，储罐隔热后有利于满足生产工艺要求，并有明显的经济效益时；

3 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；

4 储罐罐壁外侧设有加热盘管时。

3.0.5 储罐的隔热设计应与储存液体的加热方案统一考虑，并同时进行设计。

3.0.6 储罐的隔热设计应按罐壁、罐顶分别进行，并符合下列要求：

1 罐壁隔热厚度应按液体储存温度计算；

2 罐顶隔热厚度应按液面以上气体空间的平均温度计算；

3 液体储存温度等于或高于120℃时，应对储罐罐顶、罐壁全部隔热。液体储存温度低于95℃时，应仅对储罐罐壁隔热。

3.0.7 储罐罐壁的隔热层高度，应高于储存液体的设计最高液位50mm。

4 隔热结构的设计

4.1 隔热材料的选择

4.1.1 隔热材料及其制品的性能，应符合下列要求：

1 隔热性能良好，有明确的导热系数方程或导热系数图表。当平均温度等于或低于350℃时，用于保温层的隔热材料及其制品的导热系数不得大于0.12W·m^{-1}·℃$^{-1}$；当平均温度低于27℃时，用于保冷层的隔热材料及其制品的导热系数不得大于0.064W·m^{-1}·℃$^{-1}$；

2 硬质保温材料及其制品的密度不应大于300kg/m^3、半硬质和软质保温材料及其制品的密度不应大于200kg/m^3、保冷材料及其制品的密度不应大于200kg/m^3；

3 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；

4 隔热材料及其制品的pH值不应小于8；

5 用于奥氏体不锈钢设备和管道上的隔热材料及其制品中的氯离子含量，应符合《工业设备及管道绝热工程施工验收规范》GBJ126-89中的有关规定；

6 隔热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；

7 阻燃型保冷材料及其制品的氧指数不应小于30。

4.1.2 隔热材料及其制品，应按下列规定选择：

1 设备和管道的保温结构应用非燃烧材料组成，保冷结构可由阻燃材料组成。设备和管道的隔热层除必须采用填充式结构外，宜选用隔热制品；

2 保温材料及其制品的允许使用温度应高于设备和管道的设计温度；

3 保冷材料及其制品的允许使用温度应低于设备和管道的设计温度；

4 有多种可供选择的隔热材料时，应首先选用导热系数小、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；

5 设备和管道表面温度高于或等于450℃时，宜采用复合隔热结构或选用耐高温的隔热材料；

6 保冷应选用闭孔型材料及其制品，不宜选用纤维材料或其制品；

7 选用纤维材料制成的毡席类制品时可用玻璃布缝制；

8 不宜选用石棉材料及其制品。

4.1.3 所选择材料及其制品的各项技术性能，应由指定的检测机构按国家有关标准的规定测定合格。

4.1.4 隔热材料及其制品的主要性能应符合表4.1.4的规定。

4.1.5 保温材料的含水率不得大于7.5%（质量比）、防水率不得小于95%，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%。

4.1.6 防潮层材料应具有抗蒸汽渗透、防水、防潮、无毒、耐腐蚀的性能，且化学性能稳定，不得对隔热层和保护层产生腐蚀或溶解作用，吸水率不应大于1%。

4.1.7 防潮层应选择夏季不软化、不流淌、不起泡，低温时不脆裂、不脱落的材料。用于涂抹型防潮层的材料，其软化温度不应低于65℃，粘结强度不应小于0.15MPa，挥发物不得大于30%。

4.1.8 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设计使用年限。

表4.1.4 隔热材料及其制品主要性能

材料名称	使用密度 (kg/m³)		推荐使用温度（℃）	常温导热系数 λ_0 (W·m⁻¹·℃⁻¹)	导热系数λ的参考计算方程 (W·m⁻¹·℃⁻¹)	抗压强度 (MPa)
超细玻璃棉制品	板	48	≤300	≤0.043	$\lambda=\lambda_0+0.00011t_m$	—
		64～120		≤0.042		
	管	≥45		≤0.043		
岩棉及矿渣棉	板	80	≤250	≤0.044	$\lambda=\lambda_0+0.00018t_m$	—
		100～120		≤0.046		
		150～160		≤0.048		
	管	≤200		≤0.044		
微孔硅酸钙	170		≤550	≤0.055	$\lambda=\lambda_0+0.000116t_m$	0.4
	220			≤0.062		0.5
	240			≤0.064		0.5
硅酸铝纤维制品	120～200		≤900	≤0.056	$\lambda=\lambda_0+0.0002t_m$	—
复合硅酸铝镁制品	板	45～80	≤600	≤0.036	$\lambda=\lambda_0+0.000112t_m$	—
	管（硬质）	≤300		≤0.041		0.4
聚氨酯泡沫塑料制品	30～60		-65～80	≤0.027	$\lambda=\lambda_0+0.00009t_m$	—
聚苯乙烯泡沫塑料制品	≥30		-65～70	≤0.0349	$\lambda=\lambda_0+0.00014t_m$	—
泡沫玻璃	150		-196～400	≤0.06	$\lambda=\lambda_0+0.00022t_m$	0.5
	180			≤0.064		0.7

4.1.9 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，不腐蚀隔热层或防潮层。

4.1.10 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。

4.1.11 硬质保温材料的粘结剂、密封剂，应固化时间短、密封性能好，在设计年限内不开裂，且与主材性能相似。

4.2 隔热层厚度

4.2.1 设备和管道公称直径大于1m时，应按平面计算隔热层厚度；公称直径小于或等于1m时，应按圆筒计算隔热层厚度。

4.2.2 保温层的厚度计算，应符合下列原则：

1 工艺无特殊要求时，应以经济厚度法计算保温层厚度。当经济厚度偏小，且散热损失量超过最大允许散热损失时，应用最大允许热损失量的厚度公式进行校核；

2 防烫伤部位的保温层，应按表面温度法计算厚度，保温层外表面温度不宜超过60℃；

3 延迟冻结、凝固、结晶时间或控制物料温降的保温层，应按热平衡法计算厚度。

4.2.3 保冷层的厚度计算，应符合下列原则：

1 为减少冷量损失的保冷层，应采用经济厚度法计算厚度；

2 为防止外表面结露的保冷层，应采用表面温度法计算厚度；

3 工艺上允许一定量冷损失的保冷层，应用热平衡法计算厚度。校核外表面温度，应高于露点温度1～3℃。

4.2.4 隔热层的厚度不应小于20mm，且宜按10mm递增。

4.3 隔热层厚度计算

4.3.1 用经济厚度法计算保温或保冷层厚度时，应按下列公式计算：

1 平面保温或保冷层

$$\delta = 1.897\times10^{-3}\sqrt{\frac{f_a\lambda\tau|t-t_a|}{P_i S}} - \frac{\lambda}{\alpha} \tag{4.3.1-1}$$

$$S = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \tag{4.3.1-2}$$

2 圆筒保温或保冷层

$$D_o \ln\frac{D_o}{D_i} = 3.795\times10^{-3}\sqrt{\frac{f_a\lambda\tau|t-t_a|}{P_i S}} - \frac{2\lambda}{\alpha} \tag{4.3.1-3}$$

$$S = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1} \tag{4.3.1-4}$$

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} \tag{4.3.1-5}$$

以上式中 δ —— 隔热层厚度（m）；

f_a —— 热能价格[元/(10^6kJ)]；

λ —— 隔热材料制品导热系数(W·m^{-1}·℃$^{-1}$)；

τ —— 年运行时间(h)；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

P_i —— 隔热结构的单位造价(元/m^3)；

S —— 按复利计算的隔热工程投资偿还年分摊率（%）；

n —— 计息年数（年）；

i —— 年利率（复利）（%）。

注：计算出 $D_o \ln\frac{D_o}{D_i}$ 值后，D_o可用猜算法求得。δ值也可从附录A中查取（下同，略）。

4.3.2 用表面温度法计算保温或保冷层厚度时，应按下列公式计算：

1 平面保温或保冷层

$$\delta = \frac{\lambda}{\alpha}\times\frac{t-t_s}{t_s-t_a} \tag{4.3.2-1}$$

2 圆筒保温或保冷层

$$D_o \ln\frac{D_o}{D_i} = \frac{2\lambda}{\alpha}\times\frac{t-t_s}{t_s-t_a} \tag{4.3.2-2}$$

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} \tag{4.3.2-3}$$

以上式中 δ —— 隔热层厚度（m）；

λ —— 隔热材料制品导热系数(W·m^{-1}·℃$^{-1}$)；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_s —— 隔热层外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）。

4.3.3 表面热（冷）损失量，应按下列公式计算：

1 平面保温或保冷层

$$Q=\frac{t-t_a}{R_i+R_s}=\frac{|t-t_a|}{\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha}} \tag{4.3.3-1}$$

式中 Q —— 以每平方米隔热层外表面表示的散热损失量（W/m^2）；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

R_i —— 隔热层热阻（m^2·℃/W）；

R_s —— 隔热层表面热阻（m^2·℃/W）；

δ —— 隔热层厚度（m）；

λ —— 隔热材料制品导热系数(W·m^{-1}·℃$^{-1}$)；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)。

2 圆筒保温或保冷层

$$q=\frac{t-t_a}{R_i+R_s}=\frac{2\pi|t-t_a|}{\frac{1}{\lambda}\ln\frac{D_o}{D_i}+\frac{2}{\alpha D_o}} \tag{4.3.3-2}$$

式中 q —— 以每米长度隔热层外表面表示的散热损失量（W/m）；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

R_i —— 隔热层热阻（m·℃/W）；

R_s —— 隔热层表面热阻（m·℃/W）；

λ —— 隔热材料制品导热系数(W·m^{-1}·℃$^{-1}$)；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)。

4.3.4 最大允许冷损失量，应按下式计算：

当$t_a-t_d\leqslant 4.5$时，$[Q]=(t_a-t_d)\alpha$ (4.3.4-1)

当$t_a-t_d>4.5$时，$[Q]=4.5\alpha$ (4.3.4-2)

以上式中 t_a —— 环境温度（℃）；

t_d —— 露点温度（℃）；

$[Q]$ —— 以每平方米隔热层外表面表示的最大允许冷损失量(W/m^2)；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m^{-2}·℃$^{-1}$)，可取8.141。

4.3.5 最大允许热损失量，可按表4.3.5查得。

表4.3.5 最大允许热损失量

设备管道外表面温度 t (℃)	隔热层表面最大允许热损失量[Q] (W/m²)	
	常年运行	季节运行
50	58	116
100	93	163
150	116	203
200	140	244
250	163	279
300	186	308
350	209	—
400	227	—
450	244	—
500	262	—
550	279	—
600	296	—
650	314	—
700	330	—
750	345	—
800	360	—
850	375	—

4.3.6 保温层外表面温度，应按下列公式计算：

1 平面保温层

$$t_s = QR_s + t_a = \frac{Q}{\alpha} + t_a \qquad (4.3.6\text{-}1)$$

式中 t_s —— 隔热层外表面温度（℃）；

Q —— 以每平方米隔热层外表面表示的散热损失量（W/m²）；

R_s —— 隔热层表面热阻，平面（m²·℃/W）；

t_a —— 环境温度（℃）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m⁻²·℃⁻¹)；

2 圆筒保温层

$$t_s = qR_s + t_a = \frac{q}{\pi D_o \alpha} + t_a \qquad (4.3.6\text{-}2)$$

式中 t_s —— 隔热层外表面温度（℃）；

q —— 以每米长度隔热层外表面表示的散热损失量（W/m）；

R_s —— 隔热层表面热阻，圆筒（m·℃/W）；

t_a —— 环境温度（℃）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数(W·m⁻²·℃⁻¹)；

D_o —— 隔热层的外直径(m)。

4.3.7 保冷层外表面温度，应按下列公式计算：

1 平面保冷层

$$t_s = t_a - \frac{Q}{\alpha} \tag{4.3.7-1}$$

2 圆筒保冷层

$$t_s = t_a - \frac{q}{\pi D_o \alpha} \tag{4.3.7-2}$$

以上式中 t_s —— 隔热层外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

Q —— 以每平方米隔热层外表面表示的散热损失量（W/m^2）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$）；

q —— 以每米长度隔热层外表面表示的散热损失量（W/m）；

D_o —— 隔热层的外直径(m)。

4.3.8 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应按下列公式计算：

1 无分支管道

a 当 $\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} \geqslant 2$ 时：

$$\ln\frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda\left[\frac{L_c}{G \cdot C \cdot \ln\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a}} - \frac{1}{\pi D_o \alpha}\right] \tag{4.3.8-1}$$

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} \tag{4.3.8-2}$$

b 当 $\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} < 2$ 时：

$$\ln\frac{D_o}{D_i} = 2\pi\lambda\left[\frac{L_c(t_m - t_a)}{G \cdot C(t_1 - t_2)} - \frac{1}{\pi D_o \alpha}\right] \tag{4.3.8-3}$$

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} \tag{4.3.8-4}$$

$$L_c = K_t \cdot L \tag{4.3.8-5}$$

2 分支管道

a 按下式计算分支点处的温度：

$$t_c = t_{(c-1)} - (t_1 - t_n) \times \frac{\frac{L_{(c-1)\to c}}{G_{(c-1)\to c}}}{\sum_{i=2}^{n} \frac{L_{(i-1)\to i}}{G_{(i-1)\to i}}} \tag{4.3.8-6}$$

以上式中 t_1 —— 管道1点处或管道起点处的介质温度（℃）；

t_2 —— 管道2点处的介质温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

λ —— 隔热材料制品导热系数（$W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$）；

G —— 介质质量流量（kg/h）；

$G_{(c-1)\to c}$ —— C-1与C两点间管道内介质质量流量(kg/h)；

$G_{(i-1)\to i}$ —— 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)；

C —— 介质的比热（$J\cdot kg^{-1}\cdot ℃^{-1}$）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数($W\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-1}$)；

δ —— 隔热层厚度（m）；

K_r —— 管道通过支吊架处的热（或冷）损失的附加系数，可取1.05～1.15；

L —— 管道实际长度（m）；

L_c —— 管道计算长度（m）；

$L_{(c-1)\to c}$ —— 计算分支结点C与前一结点C-1之间的管段长度（m）；

$L_{(i-1)\to i}$ —— 任意分支结点i与前一结点i-1之间的管段长度（m）；

t_c —— 分支结点C处的温度（℃）；

t_{c-1} —— 分支结点C的前一结点C-1处的温度（℃）；

t_n —— 管道内介质的终点温度（℃）。

b 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出后，再按公式4.3.8-1及4.3.8-3计算各分支管道的隔热层厚度。

4.3.9 液体管道防冻结的保温层厚度应按下列公式计算：

1 一般液体管道

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\pi\lambda\left[\frac{K_r\tau_{ff}}{\dfrac{2(t-t_{ff})(V\cdot\rho\cdot C+\dot{V}_P\cdot\rho_P\cdot C_P)}{t+t_{ff}-2t_a}\quad\dfrac{0.25V\cdot\rho\cdot H_{ff}}{t_{ff}-t_a}}-\frac{1}{\pi D_o\alpha}\right] \tag{4.3.9-1}$$

$$\delta=\frac{D_o-D_i}{2} \tag{4.3.9-2}$$

2 对钢制水管道可简化如下：

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\pi\lambda\left\{\frac{K_r\cdot\tau_{ff}}{2000\left[\dfrac{t(V+0.9V_p)}{t-2t_a}+\dfrac{10V}{t_n}\right]}-\frac{1}{\pi D_o\alpha}\right\} \tag{4.3.9-3}$$

$$\delta=\frac{D_o-D_i}{2} \tag{4.3.9-4}$$

以上式中 D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

λ —— 隔热材料制品导热系数($W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$)；

K_r —— 管道通过支吊架处的热（或冷）损失的附加系数，可取1.05～1.15；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

τ_{ff} —— 防冻结管道允许液体停留时间（h）；

t_{ff} —— 介质在管内冻结温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

V —— 每米管长介质体积（m^3/m）；

V_p —— 每米管长管壁体积（m^3/m）；

ρ —— 介质密度（kg/m^3）；

ρ_p —— 管材密度（kg/m^3）；

C —— 介质的比热（$J \cdot kg^{-1} \cdot ℃^{-1}$）；

C_p —— 管材的比热（$J \cdot kg^{-1} \cdot ℃^{-1}$）；

H_{tt} —— 介质融解热（J/kg）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$）；

δ —— 隔热层厚度（m）。

4.3.10 双层异材保温或保冷层厚度，应按下列公式计算：

1 平面双层异材保温或保冷层厚度

a 内层厚度

$$\delta_1 = \frac{\lambda_1(t-t_0)}{[Q]} \tag{4.3.10-1}$$

b 外层厚度

$$\delta_2 = \lambda_2\left[\frac{(t_0-t_a)}{[Q]} - \frac{1}{\alpha}\right] \tag{4.3.10-2}$$

2 圆筒双层异材保温或保冷层厚度计算

a 内层厚度

$$\ln\frac{D_o}{D_i} = \frac{2\lambda_1}{D_{mo}}\left(\frac{t-t_0}{[Q]}\right) \tag{4.3.10-3}$$

$$\delta_1 = \frac{D_o - D_i}{2} \tag{4.3.10-4}$$

b 双层异材保温或保冷层总厚度

$$D_{mo}\ln\frac{D_{mo}}{D_i} = 2\left[\frac{\lambda_1(t-t_0)+\lambda_2(t_0-t_a)}{[Q]} - \frac{\lambda_2}{\alpha}\right] \tag{4.3.10-5}$$

$$\delta = \frac{1}{2}(D_{mo} - D_i) \tag{4.3.10-6}$$

以上式中 δ_1 —— 内层隔热层厚度（m）；

δ_2 —— 外层隔热层厚度（m）；

λ_1 —— 复合隔热结构内层隔热材料及其制品的导热系数（$W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$）；

λ_2 —— 复合隔热结构外层隔热材料及其制品的导热系数（$W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$）；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_0 —— 复合隔热结构中的内隔热层外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

$[Q]$ —— 以每平方米隔热层外表面表示的最大允许散热损失量（W/m^2）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数（$W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$）；

δ —— 隔热层厚度（m）；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

D_{mo} —— 复合隔热外层的外直径(m)。

4.3.11 双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量，应按下列公式计算：

1 平面双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量

$$Q=\frac{t-t_a}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\frac{1}{\alpha}} \tag{4.3.11-1}$$

2 圆筒双层异材保温或保冷的热（或冷）损失量

$$Q=\frac{t-t_a}{\frac{D_{mo}}{2\lambda_1}\ln\frac{D_o}{D_i}+\frac{D_{mo}}{2\lambda_2}\ln\frac{D_{mo}}{D_o}+\frac{1}{\alpha}} \tag{4.3.11-2}$$

以上式中 δ_1 —— 内层隔热层厚度（m）；

δ_2 —— 外层隔热层厚度（m）；

λ_1 —— 复合隔热结构内层隔热材料及其制品的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$）；

λ_2 —— 复合隔热结构外层隔热材料及其制品的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$）；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_a —— 环境温度（℃）；

Q —— 以每平方米隔热层外表面表示的散热损失量（W/m^2）；

α —— 隔热层外表面向大气的放热系数（$W\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-1}$）；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

D_{mo} —— 复合隔热外层的外直径(m)。

4.3.12 双层异材内隔热层的外表面温度，应按下列公式计算：

1 平面双层异材保温

$$t_0=\frac{\lambda_1 t\delta_2+\lambda_2 t_a\delta_1}{\lambda_1\delta_2+\lambda_2\delta_1} \tag{4.3.12-1}$$

2 圆筒双层异材保温

$$t_0=\frac{\lambda_1 t\ln\frac{D_{mo}}{D_o}+\lambda_2 t_a\ln\frac{D_o}{D_i}}{\lambda_1\ln\frac{D_{mo}}{D_o}+\lambda_2\ln\frac{D_o}{D_i}} \tag{4.3.12-2}$$

以上式中 δ_1 —— 内层隔热层厚度（m）；

δ_2 —— 外层隔热层厚度（m）；

λ_1 —— 复合隔热结构内层隔热材料及其制品的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$）；

λ_2 —— 复合隔热结构外层隔热材料及其制品的导热系数（$W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$）；

t —— 设备和管道的外表面温度（℃）；

t_a —— 隔热层外表面温度（℃）；

t_0 —— 复合隔热结构中的内隔热层外表面温度（℃）；

D_o —— 隔热层的外直径(m)；

D_i —— 设备或管道外直径(m)；

D_{mo} —— 复合隔热外层的外直径(m)。

计算出双层异材隔热层界面处的温度t_0后，应校核其外层隔热材料对温度的承受能力。当t_0超出外层隔热材料的安全使用温度的0.9倍时，必须重新调整内外层厚度比。

4.3.13 隔热计算的主要数据的选取，应符合下列原则：

1 保温计算

a 设备和管道表面温度 t：

1）无衬里的金属设备和管道的表面温度，取介质的正常操作温度；

2）有衬里的金属设备和管道，应经传热计算确定其外表面的温度。

b 环境温度 t_a：

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，取历年最热月的日平均温度平均值。

c 表面放热系数 α：

1）在经济厚度计算及散热损失计算中，可取 $\alpha=11.6\ \mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-1}}$；

2）在保温结构外表面温度计算中，可按下式取值：

并排敷设 $\alpha=7.0+3.5\sqrt{V_W}$

单根敷设 $\alpha=11.6+7.0\sqrt{V_W}$

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

2 保冷计算

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

采用经济厚度法计算时，常年运行者，取历年年平均温度的平均值；季节性运行者，取运行期间日平均温度的平均值。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。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

露点温度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 φ% 的数值查有关 t_a、φ、t_d 对照表而得。

d 保冷层外表面温度 t_s

保冷层外表面温度取年累计最热月相对湿度平均值下的露点温度加1～3℃。

注：由于保冷结构的防潮层和保护层很薄，不易计算热阻，即以保冷层外表面温度作为保冷结构表面温度。

e 表面放热系数 α

可取 $\alpha=8.14\ \mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot ℃^{-1}}$。

3 导热系数 λ

对于软质材料应取使用密度下的导热系数。

4 隔热结构的单位造价 P_i

单位造价包括主材费、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。

5 计息年限 n

石油化工企业取5～7年。

6 年利率 i

一般按工程费用的实际贷款利率取值。

7 热或冷价 f_n

a 热价和冷价应根据不同地区、不同企业的具体情况确定，可按实际购价或生产成本取值。当没有数据时，热价可按下式估算：

$$f_n = 1000\frac{C_1 \cdot C_2 \cdot P_F}{Q_F \cdot \eta_B} \tag{4.3.13}$$

式中 P_F —— 燃料到厂价(元/吨)；

Q_F —— 燃料收到基低位发热量(kJ/kg)；

C_1 —— 工况系数 C_1=1.2～1.4；

C_2 —— 烟值系数：利用锅炉出新蒸汽的设备及管道，取1；

辅助蒸汽管道，取0.75；

疏水管道、连续排污及扩容器，取0.5；

η_B —— 锅炉热效率。

b 当没有数据时，冷价可取热价的6倍。

8 年运行时间 τ

常年运行按8000小时，间歇运行按设计或按实际规定的天数计。

4.4 隔热结构

4.4.1 保温结构可由保温层和保护层组成。对于埋地管道和设备，还应增设防潮层。对于地沟内管道和设备的保温结构，宜增设防潮层。

保冷结构应由保冷层、防潮层和保护层组成。

4.4.2 法兰、阀门、人孔等需拆卸检修的部位，宜采用可拆卸的隔热结构；设备筒体、管段等无需检修的部位，宜采用固定隔热结构。

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

4.4.4 管道的隔热材料，宜选用硬质或半硬质管壳。

4.4.5 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的隔热层，以保证其界面温度低于保冷材料所能承受的最高温度。

4.4.6 对于硬质隔热材料，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隔热材料。

4.4.7 隔热结构设计，应符合下列要求：

1 必须牢固地固定在本体上；

2 应有严密的防水措施，如设备和储罐开口处、设备或储罐与管道的连接处、立管与水平管的三通处等，均应进行局部处理，防止雨水渗入；

3 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。

4.4.8 立式设备、储罐和管道应设保温支持圈，最下一层保温支持圈的位置及保温支持圈的间距应符合设计要求。

4.4.9 立式设备采用预制块或毡席保温材料进行卧式安装时，除应符合第4.4.8条要求外，还应焊接保温钉。

4.4.10 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π形及L形保温钉。

4.4.11 需热处理的设备，其保温支承构件应在制造厂焊好，如果设备未带保温支承构件，可在现场设置螺栓连接的角钢支承圈。

4.4.12 保冷层不应使用钢制钩钉结构。

4.4.13 对有振动的设备和管道，钩钉应适当加密。

4.4.14 设备和管道的防潮层设计，应符合下列要求：

1 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；

2 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。

4.4.15 储罐的防潮层设计，应符合下列要求：

1 防潮层的高度不宜小于100mm；

2 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；

3 液体储存温度小于95℃时，防潮层可不用防水材料填充。

4.4.16 防潮层可分为以下几种类型：

1 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；

2 橡胶沥青防水冷胶玻璃布防潮层等；

3 新型冷胶料卷材防潮层、冷涂料防潮层等。

注：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。

4.4.17 保护层设计，应符合下列要求：

1 隔热结构外层，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、不裂纹、不散缝、不坠落；

2 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作保护层；

3 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；

4 当采用普通碳素薄钢板作为保护层时，其内外表面均应涂防腐涂料；

5 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。

4.4.18 金属保护层厚度，应符合表4.4.18的规定：

表4.4.18 常用金属保护层厚度(mm)

保护层厚度 类型 / 保护层材料	管道		设备与平壁	可拆卸结构	备注
	$D_o \leqslant 100$	$D_o > 100$			
镀锌薄钢板	0.3～0.35	0.35～0.5	0.5～0.7	0.5～0.6	需增加刚度的保护层可采用瓦楞板形式
铝合金薄板	0.4～0.5	0.5～0.6	0.8～1.0	0.6～0.8	

4.4.19 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：

1 硬质隔热制品金属保护层施工时，不应损坏里面制品及防潮层；

2 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环缝，不宜使用自攻螺钉或抽芯铆钉固定；

3 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；

4 金属保护层应有整体防（雨）水功能。对水易渗透进隔热层的部位，应用玛蹄脂或胶泥严缝。

4.4.20 用金属做保护层时，保温层的表面应平整、干燥。

4.4.21 在已安装的金属护壳上，严禁踩踏或堆放物品。

4.4.22 当采用普通薄钢板做保护层时，在全部施工完毕后，外表面应按设计规定再涂一遍面漆。

4.4.23 露天设备不宜采用抹面保护层。当必须采用时，应在保护层外表面上采取防水措施。

4.4.24 用抹面做保护层时，保温层外必须抹平、压光，厚度应均匀。

4.4.25 裙座式立式设备的底封头，应用抹面做保护层。

5 隔热结构的施工

5.1 施工准备

5.1.1 施工前，应作好以下准备工作：

1 备齐施工所需的设计文件，并进行会审；

2 根据设计文件及有关标准的要求，编写施工方案（或措施）；

3 对施工人员进行技术和安全培训；

4 隔热材料及其制品应按以下要求进行到货检验：

a 有有效的合格证及批量试验报告单，性能应符合本规范第 4.1.1 条的规定；

b 品种、规格应符合设计要求；

c 表面应平整、光滑，尺寸误差应符合产品标准；

d 同规格每 10 箱应抽查 2 箱，如不合格再抽检 2 箱，又有 40%不合格则该批材料不合格。

5 隔热材料及其制品对保管期限、保管环境和温度有特殊要求时，应按材质分类存放。在保管中应根据材料品种不同，分别采取防潮、防水、防冻、防挤压变形（成型制品）等措施，其堆放高度不宜超过 2m。露天堆放时，应选择地势较高处，且下设大于 200mm 的垫层，上盖防雨蓬布。

5.1.2 隔热结构施工前，应具备以下条件：

1 施工方案(措施)已经编制、审批完毕，并已向施工班组进行技术交底；

2 隔热材料及其制品已按施工总进度的先后入库 60%以上，辅助材料准备充足，能够满足施工的需要；

3 施工现场已有完备的安全设施、消防用具及劳保用品；

4 设备及管道的支吊架、固定件及伴热、仪表接管已安装完毕，压力试验、管道吹扫及外表面除锈、防腐等工作已全部完成并经检查合格。

5.1.3 在有防腐、衬里的工业设备和管道上焊接隔热层的固定件时，焊接及焊后热处理必须在防腐和衬里施工及试压之前进行。

5.1.4 隔热材料及其制品出库时，应核对其品种、规格、有效期，并经外观检查合格。

5.1.5 隔热施工前，应与设备、管道、电气、仪表等主要安装工种联合检查确认，并办理工序交接手续。

5.2 隔热层施工

5.2.1 立式设备、储罐及垂直管道，应设置隔热支托或支承圈，并应符合下列规定：

1 相邻隔热支托或支承圈的间距：

a 当为平壁保温时，应为1.5～2m；当为圆筒设备保温时，应为2.5～3.5m；当为管道保温时，应为4～6m；

b 平壁或圆筒保冷时，均不得大于5m；

c 当垂直管道采用软质材料隔热时，支托的间距宜为0.5～1m。

2 储罐的隔热支承圈，应断续焊于罐壁上（图5.2.1-1），并在圆周均布焊接一定数量的支架(图5.2.1-2、图5.2.1-3)；

3 公称直径小于或等于100mm的垂直管道，也可采用直径4mm的镀锌铁丝在管外壁上拧成扭瓣箍环，利用扭瓣索挂隔热层。

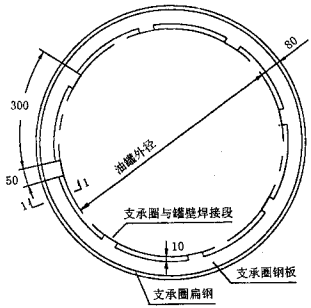
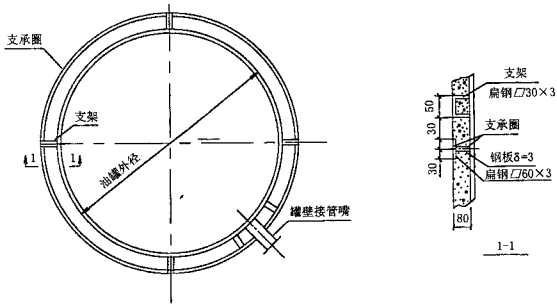


图5.2.1-1 罐壁支承圈布置



注：①当支架与罐壁接管嘴的标高相同时，可在接合管两侧各增设一个支架；

②支架里侧必须有预制板充满；

③每周布置20个支架沿圆周均布。

图5.2.1-2 支架沿罐壁布置

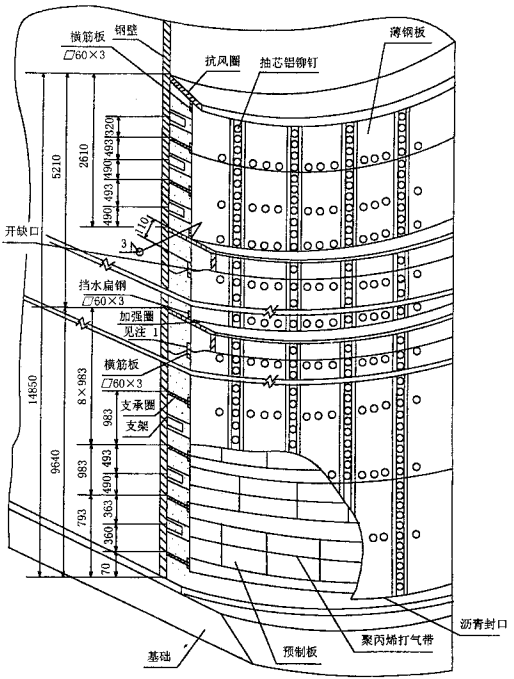


图5.2.1-3 储罐罐壁部分隔热结构示意

5.2.2 设备和管道的阀门、法兰隔热层断开处，应按以下要求留出螺栓拆卸距离：

1 设备法兰两侧应留出3倍螺母厚度的距离；

2 管道阀门、法兰的螺母一侧，应留出3倍螺母厚度的距离；螺栓一侧，应留出螺栓长加25mm的距离；

3 管道阀门、法兰用双头螺栓连接时，其一侧距离应按3倍螺母厚度留设，另一侧按螺栓长加25mm留设。

5.2.3 立式设备或垂直管道上的阀门、法兰上方必须设隔热支托或支承圈。支托或支承圈的宽度应小

于隔热层厚度10mm，且不得小于20mm，其厚度宜为2～6mm。

5.2.4 直接焊于不锈钢设备或管道上的隔热支托或支承圈，应采用不锈钢制作。当其采用碳钢制作时，应加焊不锈钢垫板。

5.2.5 隔热支托或支承圈不允许在设备或管道上焊接时，应采用抱箍方法安装。当其设置在机泵、压缩机等有振动的管道上时，应用点固焊将螺母固定。

5.2.6 隔热支托或支承圈环面应水平，各托架筋板之间距离允许偏差应为±10mm，且其安装位置应避开设备或管道上的附件。

5.2.7 抱箍式隔热支托或支承圈与设备及管道之间，具有下列情况之一时，应采取相应的方法进行隔热：

1 介质温度等于或大于200℃时，应垫非金属隔热垫；

2 设备或管道系非铁素体钢时，应垫非金属隔热垫；

3 保冷时，应垫经浸渍沥青的硬木块（图5.2.7）。

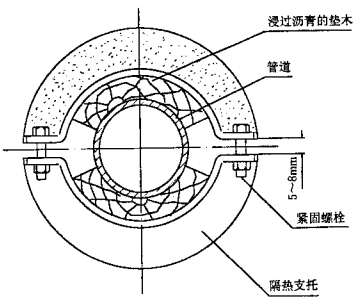


图5.2.7 保冷管道隔热支托的隔热木块

5.2.8 隔热钩钉、销钉和活动环的安装，应符合下列规定：

1 用于保温层的钩钉或销钉，可采用直径3～6mm的镀锌铁丝或低碳圆钢制作，并直接焊在碳钢设备或管道上，其间距不应大于350mm；

2 卧式设备应在筒体上沿轴向焊接数排保温钩钉。保温钩钉布置排数应符合下列规定：

a设备公称直径小于或等于2800mm时，设3排；

b设备公称直径大于2800mm时，设4排；

3 卧式设备两端的封头、公称直径大于或等于800mm的管道封头、立式设备的所有上封头及支腿式、裙座式立式设备的底封头，均应按下列要求焊接“Ω”形、“L”形保温钩钉或设置活动环：

a多层隔热层应逐层设置钩钉或活动环；

b多层保冷时，里层应采用不锈钢制作的活动环；

c当采用焊接时，可在封头与筒体相交的切点处焊接一圈保温钩钉，其间距为300mm；

d立式设备底封头应根据隔热厚度不同，将钩钉焊接在裙座内的适当位置上。

4 焊接钩钉或销钉时，应先在设备或管道壁上错行或对行标出每个钩钉或销钉的位置；

5 当不允许焊接保温钩钉时，应采用钢带捆扎隔热层；

6 在保冷结构中，应使用塑料销钉或串钉。塑料销钉不得穿透保冷层，其长度应小于保冷层厚度10mm，且最小不得小于20mm。塑料销钉应用粘结剂粘贴，粘结剂应与塑料销钉的材质相匹配。每块保冷材料制品上的销钉用量宜为4个。

5.2.9 保温层厚度大于100mm或保冷层厚度大于80mm时，如采用一种隔热制品，应分两层或多层施工，且各层的厚度宜接近；如采用异种隔热制品，每种材料的厚度应符合设计文件的规定。

5.2.10 隔热层施工时，同层应错缝，内外层应压缝，其搭接长度不宜小于50mm。当外层隔热层采用粘胶带封缝时，可不错缝。

5.2.11 隔热制品的拼缝宽度：当作为保温层时，不应大于5mm；当作为保冷层时，不应大于2mm。

5.2.12 水平管道隔热层的纵向接缝，不得布置在管道垂直中心线两侧45°范围内（图5.2.12）。对于大管径管道，当采用多块硬质成型隔热制品时，隔热层的纵向接缝位置可不受此限制，但应偏离管道垂直中心线位置。

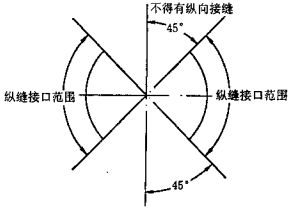


图5.2.12 水平管道隔热层纵向接缝位置

5.2.13 方形设备或管道的隔热层，其四角角缝应做成封盖式搭缝，不得形成垂直通缝。

5.2.14 隔热层采用硬质隔热制品时，应按下列要求进行施工：

1 采用湿式砌筑方法进行保温层施工时，应用导热系数相近的胶泥浆砌筑，所有接缝必须灰浆饱满，砌筑完成后应勾缝；

2 采用干式砌筑方法进行保温层施工时，应用导热系数相近的软质材料将大于5mm的缝隙填塞严密，砌筑后应勾缝；

3 若为保冷，全部接缝应涂满粘结剂，砌筑时应挤紧，砌筑后应立即将多余的粘结剂刮平。

5.2.15 管道端部或有盲板的部位，应敷设隔热层，其厚度与该管道其他处隔热层厚度相同，并应密封。

5.2.16 保温设备或管道上的裙座、支座、吊耳、仪表管座、支架、吊架等附件，当设计无规定时，可不保温。保冷设备或管道的上述附件，必须进行保冷，其保冷层长度不得小于保冷层厚度的四倍或应敷设至垫木处。

5.2.17 支承件处的保冷层应加厚，保冷层的伸缩缝外侧应再进行保冷。

5.2.18 保温间距不够或设计有规定时，可按管束进行保温，否则均应单独进行保温。

5.2.19 施工后的隔热层不得覆盖铭牌，可将铭牌处的隔热层切割成喇叭形开口，开口处应密封规整。当遇管嘴在隔热层内时，也按上述方法进行，但应留出螺栓拆卸距离。

5.2.20 隔热层采用镀锌铁丝、包装钢带或塑料包装带捆扎时，应符合下列规定：

1 硬质隔热制品的隔热层，可采用14号或16号镀锌铁丝双股捆扎，捆扎间距不得大于400mm，每块制品长度内至少二道。公称直径等于或大于600mm的管道或设备，捆扎后还应用10～14号的镀锌铁丝或包装带加固，间距宜为500mm；

2 半硬质及软质隔热制品的隔热层，应根据管道或设备的直径大小，选择包装钢带、14号或16号镀锌铁丝或塑料带（只适用保冷）进行捆扎。对半硬质制品，捆扎间距不应大于300mm，当制品长度大于800mm时，每块制品长度内应至少捆扎三道。对软质隔热制品，捆扎间距不应大于200mm，且两端的50mm长度内应各捆扎一道；

3 软质隔热制品捆扎后，外形应规整。捆扎后的接头应塞入隔热层内；

4 多层隔热施工，应分层进行捆扎。当保冷层多层施工时，第一层的捆扎应采用不锈钢丝或不锈钢带；

5 对设备封头外隔热层的捆扎，首先应用直径6mm的圆钢煨制成直径200mm左右的活动圆环，并放置在封头中心，捆扎材料一头系在活动圆环上，另一头系在切点位置的固定钩钉上，隔热材料敷设完后，以活动环为中心放射线拉紧，最后再将各放射线环向拉连（图5.2.20-1）；

6 方形设备及方形管道，应交叉捆扎紧固（图5.2.20-2）。当保护层为抹面时，还应在捆扎外再挂一层铁丝网；

7 异径管隔热层应采用环向或网状捆扎，其捆扎铁丝应与大直径管段的捆扎铁丝纵向拉连（图5.2.20-3）；

8 隔热层捆扎应逐圈单独进行，严禁采用螺旋形捆扎。

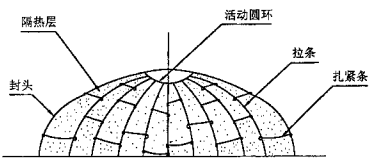


图5.2.20-1 设备封头的捆扎

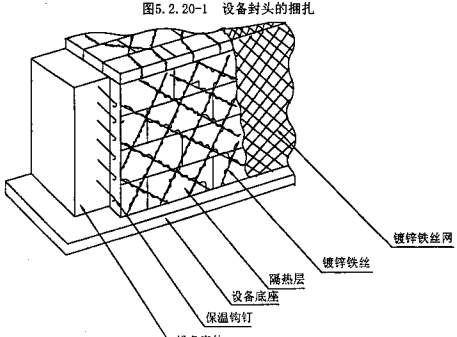


图5.2.20-2 方形设备、管道隔热层捆扎

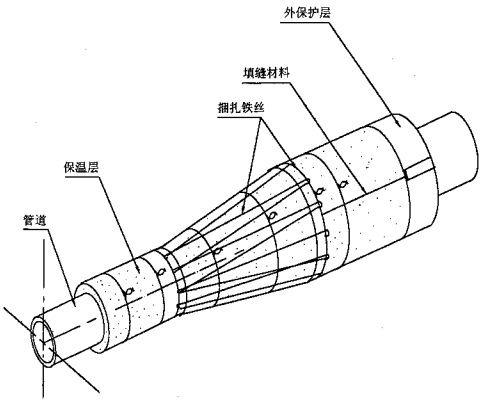


图5.2.20-3 异径管隔热层

5.2.21 对不允许穿孔的硬质隔热层，钩钉应设置在接缝处。半硬质隔热制品宜穿挂于销钉上，并用自锁片将隔热层压下4～5mm。

5.2.22 立式设备或垂直管道的隔热层施工应从支承件开始，自下而上进行。立式设备的底封头处的隔热层施工完成后，应在外表面捆扎一层21号镀锌六角拔花铁丝网。

5.2.23 卧式设备隔热层施工，应按下列要求进行：

1 当设备有托架时，隔热层应从托架开始敷设；

2 当设备无托架时，应先用宽度大于40mm的皮带围设备一圈，并留出隔热距离，再将隔热材料自下而上依次塞入皮带与设备外表间的空隙中，每圈材料塞满后，应拉紧皮带捆好铁丝或钢带；

3 设备封头处的隔热层应切割成扇形块，并错缝敷设。

5.2.24 敷设异径管的隔热层时，应将隔热制品加工成扇形块。

5.2.25 焊有保温钩钉的设备，在保温完成后，应将保温钩钉全部煨弯，钉头不得突出保温层。

5.2.26 敷设管道弯头处的隔热层，应按下列要求进行：

1 宜使用成型制品；

2 无成型隔热制品时，应将直管壳切割成虾米腰进行分节敷设，切割分节要求如下：

a公称直径60mm及其以下的管道不得小于四节；

b公称直径89～219mm的管道不得小于五节；

c公称直径273～325mm的管道不得小于六节；

d公称直径356mm以上的管道不得小于七节。

3 当管道公称直径小于27mm，敷设虾米腰有困难时，可采用导热系数近似的软质材料缠裹捆扎敷设。

5.2.27 隔热层采用缠绕法施工时，应按下列要求进行：

1 用机编绳缠绕时，各层缠绳应拉紧，第二层应与第一层反向缠绕并压缝，绳的首尾应用镀锌铁丝捆扎于管道上；

2 用隔热带缠绕时，应使用规格制品。现场加工的宽度不应大于150mm，敷设时应采用螺旋缠绕，搭接尺寸为带宽的1/2；

3 隔热层厚度应均匀，牢固不松散。

5.2.28 当隔热层材料为散状软质或颗粒时，应采用充填结构进行隔热，充填结构的材质、结构形式、充填容重及支撑环的间距等应符合设计规定。

5.2.29 当设计无特殊要求时，充填结构应按下列要求进行施工：

1 设备、管道上应设支撑环，其间距宜为480mm，外包10×10×1～20×20×1（mm）的平织铁丝网或直接采用金属保护层作为固形层，充填中应防止漏料或固形层变形；

2 支撑环间采用散装隔热材料包裹，并用镀锌铁丝或打包钢带予以捆扎，并使隔热材料与支撑环的高度相同；

3 垂直管道或立式设备进行充填施工时，应设置防沉层。防沉层采用硬质隔热制品加工成宽30～50mm、厚度与隔热层相同，相邻防沉层的间隔高度应为400～600mm，边充填边砌筑或粘贴；

4 充填应自下而上进行，在充填过程中，应边充填边压实，分层进行。每层充填400～600mm应进行一次压实，使其达到规定容重，密度均匀；

5 充填压实后的隔热层容重应符合下列规定：

a矿物棉的充填容重为产品标准容重的1.3～2.4倍；

b粒状料的充填容重为产品标准容重的1.2～1.4倍。

6 各种充填结构的填料层，严禁产生“架桥”现象。有振动的设备和管道隔热层，不得采用充填结构。

5.2.30 隔热材料采用泡沫玻璃、泡沫塑料时，应采用粘贴法进行施工，并应符合下列要求：

1 当隔热材料为泡沫玻璃时，设备或管道外表应涂刷耐磨剂一道。当隔热材料为泡沫塑料时，设备或管道外表应涂刷沥青底漆一道；

2 保冷材料使用前应先检查材料外观，制品的缺棱、缺角部分，应修补完整后再使用；

3 设备和管道隔热材料，应使用成形制品，其曲率与相应规格的设备和管道的外径相同；

4 设备隔热材料，若为泡沫塑料平板，应根据设备的外形尺寸加工成梯形长条或在一块整板上根据曲率不同开3～5条“V”型槽，槽深为板厚的4/5，槽宽为2～4mm；

5 粘结剂使用温度应和隔热层材料相匹配。粘结剂使用前，必须进行实地试粘。施工中，粘结剂取出后，应及时盖严，不得受冻；

6 采用加热型粘结剂时，熬制温度应控制在180℃以下，使用温度应控制在80℃ 以上；

7 球形容器的保冷施工，应先在球面上粘贴塑料销钉，粘贴前应按材料预制情况画出适当位置，待销钉粘结牢固后方可进行保冷层施工；

8 球形容器保冷应先在赤道带粘贴一圈。若容器直径较大，可以在南、北温带各粘一圈，以此作为定位带，再由赤道向两极逐步推进，直至完成（图5.2.30-1）；

9 粘结剂厚度应均匀，一般为2.5～3mm。粘贴时，每块制品的接缝侧面都必须涂满粘结剂，接缝处应挤紧，挤出缝外的粘结剂应立即刮去。2～10mm的缝隙应用超细玻璃棉填塞，大于10mm的缝隙则应用保冷材料碎块填塞，填塞后再用密封剂密封；

10 球形容器的捆扎应从赤道放射向两极，赤道带应设一个直径10mm圆钢煨制的圆环，两极应各设一个直径10mm圆钢煨制的圆环，由赤道带分别对称向两极拉紧。在赤道带处捆扎间距应为300mm以下。单层保冷应用不锈钢带或不锈钢丝捆扎，多层保冷第一层应用不锈钢带或不锈钢丝捆扎。

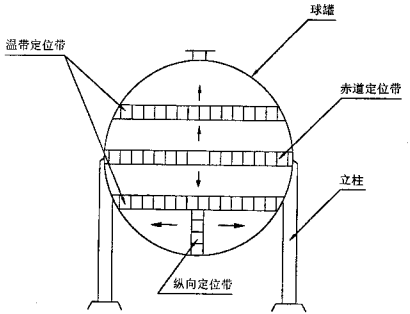


图5.2.30-1 球形容器保冷顺序

5.2.31 大型异形设备和管道的隔热层采用半硬质或软质毡板粘贴时，应符合下列规定：

1 应采用层铺法施工，各层毡、板应逐层错缝、压缝粘贴，每层厚度宜为10～30mm；

2 仰面施工的隔热层，应采用固定销钉和自锁片、镀锌铁丝网等进行加固；

3 异形和弯曲的表面，不得采用半硬质隔热制品。

5.2.32 隔热层采用聚氨酯现场浇注发泡施工时，应符合下列规定：

1 浇注施工前应准备好装料容器、配料容器、搅拌工具、计量和测试仪器等；

2 正式浇注前应进行试浇，观察发泡速度、孔径大小、颜色变化、有无裂纹和变形，试浇试块的容重、自熄性应符合产品说明书的要求；

3 配料应准确，根据所需体积来计算用量。原料温度、环境温度必须符合产品使用规定。搅拌应顺一个方向转动，混合料应均匀。每次配料必须在规定的时间内用完；

4 浇注的表面应保持干燥；

5 模具拼缝应严密，尺寸应准确，支点应牢固。模具上有放气孔及浇注孔，模具内应衬一层聚乙烯薄膜。阀体隔热层施工，必要时应于浇注前在阀体外衬一层薄膜；

6 当以金属保护层代替模具时，金属保护层应分段装设，必要时应采取加固措施；

7 大面积浇注时，应对称多点设置浇注口，分段进行，并以倒料均匀、封口迅速等操作来控制浇注质量；

8 浇注聚氨酯泡沫过程中，应随时轻轻敲打模具使浇注均匀。当发现发泡不良、脱落、发酥、发脆、开裂、孔径过大等缺陷时应立即停止，查清原因，再次试浇直至合格，方可继续施工；

9 浇注不得在烈日曝晒、雨天环境中进行施工。

5.2.33 隔热层采用喷涂法施工时，应符合下列规定：

1 喷涂前应先进行试喷，观察发泡速度、孔径大小、颜色变化等，全部质量合格后方可进行施工；

2 喷涂时，应设一块试板与设备或管道一起喷涂，若更换原料或配比，应另作试板以便随时从试板中切取试块检查喷涂质量；

3 喷涂涂料的配制、搅拌等应按第5.2.32条的要求进行；

4 喷涂应分层进行，大面积喷涂可分段进行，每段喷涂应一次喷完；

5 第一次喷涂的厚度不应大于40mm，待第一层固化后再喷第二层，直至达到要求厚度；

6 分段喷涂应从接茬处由下往上喷涂，接茬处必须接合良好；

7 喷涂聚氨脂时，工作表面温度应控制在25～35℃，喷涂温度应控制在20～25℃；

8 室外施工若遇3级风以上、高温曝晒、雨天、雾天等气候条件，均不宜施工；

9 当发现喷涂缺陷时，应立即停止施工，查找原因，再次试喷合格后方可继续施工；

10 喷涂施工完毕，应将非喷涂表面及时用溶剂清洗干净。

5.2.34 设备、管道在人孔、阀门、法兰、管嘴、检查口等频繁检修处，应采用可拆卸式隔热结构，并按下列要求施工：

1 人孔、法兰的金属隔热盒应为圆形，由两半组成，尺寸稍大。盒内应衬与设备或管道隔热厚度相等、导热系数近似的软质隔热材料，可用21号六角拔花铁丝网和铆在隔热盒内的钩钉固定（图5.2.34-1）；

2 人孔的金属隔热盒一端封口，与设备相连一端不封口，下料成马鞍形，向外翻边12～15mm。安装时，圆弧接口采用30～35mm的插条连接，插条以外的接口采用联合角与平口插接。与设备连接一端采用自攻螺钉固定在设备的金属保护层外，接缝外用密封剂密封（图5.2.34-2）；

3 管道法兰隔热盒用金属制作时，方法同本条第1款，安装时圆弧接口用30～35mm的插条连接，插条以外的接口采用联合角与平口插接，法兰盒两端与管道隔热保护层搭接15～20mm（图5.2.34-3）；

4 阀门金属隔热盒宜为上方下半圆形式，上至阀杆密封处，下至阀体最低点再加一个该管的隔热厚度。隔热盒应由两半组成，盒内应衬与管道隔热厚度相等、导热系数近似的软质材料，并用20号六角拔花铁丝网和铆在盒内的钩钉进行固定（图5.2.34-4）；

5 阀门金属隔热盒安装时，上、下接口应采用30～35mm的插条连接，插条外的接口采用联合角与平口插接，阀门盒两端与管道隔热保护层搭接15～20mm（图5.2.34-4）。

5.2.35 金属隔热盒在特殊情况下，也可采用下列方法安装固定：

1 用钢带进行捆扎；

2 用搭扣连接；

3 用自攻螺钉予以固定。

5.2.36 设备或管道的保冷结构为可拆卸式结构时，可拆卸式结构与固定结构之间必须密封，防止空气进入保冷层。

5.2.37 设备或管道采用硬质隔热制品时，应留有适当的伸缩缝，并符合下列要求：

1 水平管道每隔4～6m留设一道伸缩缝；

2 立式设备及垂直管道，应在隔热支托下留设伸缩缝；

3 管道弯头两端的直管段上，可各留一道伸缩缝，公称直径大于300mm的高温管道必须在弯头中部增设一道伸缩缝；

4 卧式设备的筒体距封头连接处100～150mm处均应留设一道伸缩缝；

5 方形设备壳体上有加强板时，其隔热层可不留伸缩缝；

6 环形容器的伸缩缝，对浇注或喷涂隔热层，可用嵌木条方法留设；

7 伸缩缝的宽度宜为25mm。

5.2.38 伸缩缝内应先清除杂质和硬块，充填导热系数相近似的软质隔热材料。高温设备及管道伸缩缝外侧应再进行保温。

5.2.39 保冷层伸缩缝，应采用软质泡沫塑料条填塞或挤刮入发泡剂型粘结剂，外面用50mm宽的不干胶带粘贴密封，缝的外面必须再进行保冷。

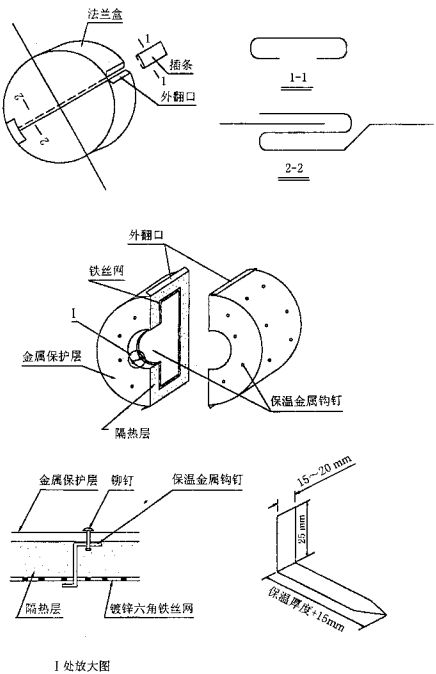


图5.2.34-1 法兰的可拆卸式金属隔热盒结构

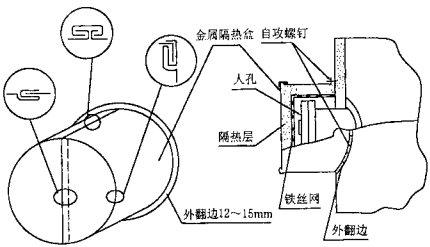


图5.2.34-2 人孔金属隔热盒结构

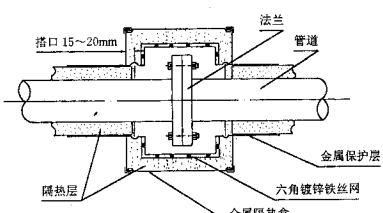


图5.2.34-3 法兰金属隔热盒与管道保护层的搭接

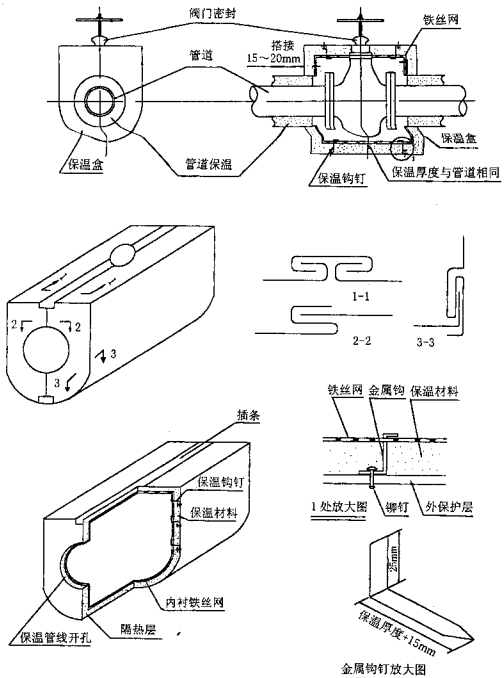


图5.2.34-4 阀门金属隔热盒的结构及安装

5.2.40 多层隔热层伸缩缝的留设，应符合下列要求：

1 中低温层的各层伸缩缝可不错开；

2 保冷层及高温层的各层伸缩缝必须错开，错开距离不宜大于100mm。

5.2.41 有下列情况之一时，必须在膨胀移动方向的另一侧留有膨胀间隙：

1 填料式补偿器或波形补偿器；

2 隔热结构与墙、梁、栏杆、平台、支撑等固定构件和管道所通过的孔、洞之间。

5.3 防潮层施工

5.3.1 设备及管道的保冷层和敷设在地沟内管道的保温层，其外表面均应设置防潮层。

5.3.2 设置防潮层的隔热层外表面应清洁、干燥、平整、均匀，不得有突角、凹坑及起砂现象。

5.3.3 室外施工时，不应在雨、雪天或夏日曝晒中进行。施工时的环境温度应符合设计文件或产品说明书的规定。

5.3.4 防潮层宜采用冷法施工，当隔热层为无机材料（泡沫玻璃除外）并用沥青胶粘贴玻璃布时，方可采用热法施工。沥青胶的配方，应符合设计文件或产品标准的规定。

5.3.5 当设计文件无特殊规定时，防潮层结构应符合下列要求：

1 第一层为阻燃型石油沥青胶层或防水冷胶料层，厚度为3mm；

2 第二层为无蜡中碱粗格平纹玻璃布，厚度为0.1～0.2mm；

3 第三层为阻燃型石油沥青胶层或防水冷胶料层，厚度为3mm。

5.3.6 防潮层冷施工采用涂抹法时，其操作方法如下：

1 将石油沥青胶或防水冷胶料直接涂抹在隔热层外表面上，当抹到规定厚度后再用抹子均匀刮平，并立即贴上一层无蜡中碱粗格平纹玻璃布；

2 当为大型设备时，玻璃布应逐块铺贴。当为小型设备及管道时，玻璃布宜采用螺旋形缠绕。铺贴或缠绕的搭接不应少于50mm；

3 立式设备及垂直管道铺贴或缠绕玻璃布时，纵向接缝应在两侧，搭接应上口压下口；

4 铺贴或缠绕玻璃布都应将其拉紧、铺平、贴实，不得出现明显的皱纹。当帖上去的玻璃布出现气泡时，应将它刺破，用抹子将空气压出，使玻璃布与第一层胶料紧贴；

5 粘贴的玻璃布干燥后，在布外表涂抹第二层沥青胶或防水冷胶料，达到规定厚度后用抹子刮平。

5.4 保护层施工

5.4.1 隔热层施工完毕并经检查合格后，应及时进行保护层的施工。对于带防潮层的隔热层，应待防潮层干燥后方可进行保护层施工。

5.4.2 金属保护层若为普通薄板，应先在两面除锈、除油污，清洁干燥后各涂刷底漆一道，待匈底干燥后再使用。

5.4.3 设备和管道直管段的金属保护层下料应实地测量，测量时不宜拉得太紧，测量后的周长应有30～50mm 的裕量。下料后的金属薄板，横向、竖向应各有一边按需要方向压出凸筋。

5.4.4 设备、管道的金属保护层环向接缝宜采用搭接或插接，纵向接缝宜采用搭接或咬接。若为搭接，则应符合下列要求：

1 设备的纵向接缝和环向接缝均搭接 50mm；

2 管道的环向接缝搭接 50mm，纵向接缝搭接 30～50mm；

3 管道弯头与直管段的搭接尺寸，高温管为75～150mm，中低温管道为50～70mm，保冷管道为30～50mm。

5.4.5 设备和管道的金属保护层搭接接缝除活动缝外，应采用抽芯铆钉或自攻螺钉紧固，其间距应为150～200mm，且在 1m 长度内不应少于 5 个。当金属保护层用支承环固定时，钻孔应对准支承环。

5.4.6 设备、管道保冷的金属保护层，其纵向接缝应咬接。

5.4.7 设备、管道隔热的金属保护层遇到障碍时，应开出合适的孔眼，其开口误差不得超过 3mm。开口处的缝隙应予以密封。

5.4.8 圆形设备及小于或等于 500m³ 的立式储罐，其金属保护层的纵向接缝凸筋应相互交错，排列整齐（图 5.4.8）。环向接缝凸筋应始终与纵向凸筋保持垂直。

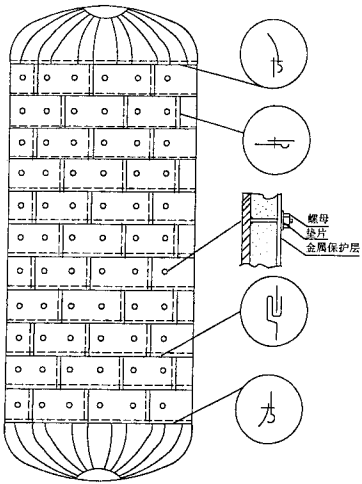


图 5.4.8 圆形设备的保护层

5.4.9 圆形设备封头的金属保护层，应按下列要求施工：

1 隔热后的外径小于 1000mm 时为大小头式，且分片不少于 6 片；

2 隔热后的外径等于或大于 1000mm 时为凸形封头式，其分片数见表 5.4.9；

表 5.4.9 凸形封头分片数

序号	隔热后外径（mm）	分片数	每片净宽（mm）
1	>1000～1200	30～34	105～111
2	>1200～1500	35～40	112～120
3	>1500～2000	40～45	122～140
4	>2000～2500	45～50	143～160
5	>2500～3000	50～60	160
6	>3000	>60	160

3 同直径封头分片应相同，中心圆片的直径也应相同；

4 立式设备封头包完后，应用宽 60～80mm 的圆环金属片将中心管开口压实固定，上部封头应作防水处理（如抹密封剂）（图 5.4.9-1）；

5 卧式设备的封头中心应用内外两个圆金属片将中心封堵，圆金属片为内小(不压凸筋)外大(外圆压凸筋)，内圆片上半部插入分片内，下半部盖住分片。外圆片应全部盖住内圆片，并用自攻螺钉固定（图 5.4.9-2）；

6 设备封头分片接口宜为咬接，若为搭接，则上口应全部压出凸筋，并压住下口，然后用自攻螺钉紧固。

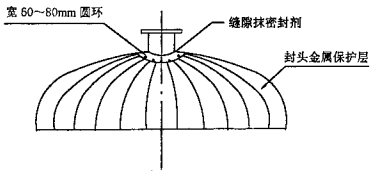


图 5.4.9-1 立式设备上封头的防水

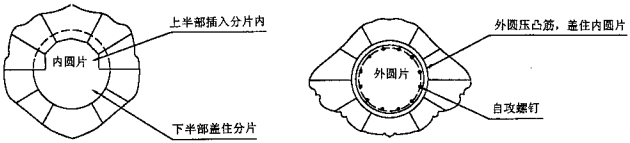


图 5.4.9-2 卧式设备封头中心圆片的安装

5.4.10 圆形立式储罐隔热的金属保护层采用压型板时，应按下述要求施工：

1 筒体部分的金属保护层宜采用压型板排板拼装。拼装时，相邻环缝应错位 1/2 板长，并自下而上每条槽对准，始终保持垂直，遇障碍时应用机械或剪切工具开口，严禁使用火焰或电弧切割；

2 压型板安装前，应先安装隔热支架，再由下至上安装压型板。压型板与隔热支架用抽芯铆钉紧固。采用硬质隔热制品时，金属压型板的宽波应安装在外面，采用半硬质或软质隔热制品时，金属压型板的窄波应安装在外面；

3 若立式储罐设计有防水檐，则将筒体金属压型板上边沿从下面顶住防水檐，然后固定即可。若储罐没有防水檐，则按下述要求施工：

a 剪一圈宽 80mm、厚度与罐体保护层相同分段组成的金属条，并将长方一边加工成联合角形式，最后将一圈全部滚圆，弧度与罐体保温后直径相同（图 5.4.10-1）；

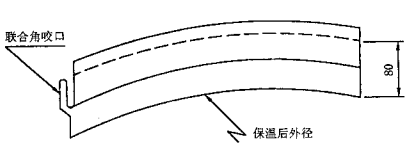


图 5.4.10-1 80mm 金属条

b 剪一圈宽 60mm 的分段组成的圆环，内径为罐体保温后直径，外径为保温后直径加 120mm，厚度同金属条，并将内径圆弧预留 7mm 翻口；

c 将圆环金属板内弧翻口 90°（宽 7mm）插入有联合角的金属条内咬接，组成防水檐加强边；

d 将防水檐加强边插入储罐最后一圈的保护层上口，并与保护层连接。罐顶隔热保护层外檐压凸筋，搭在加强边外圆上，并用抽芯铆钉紧固（图 5.4.10-2）。

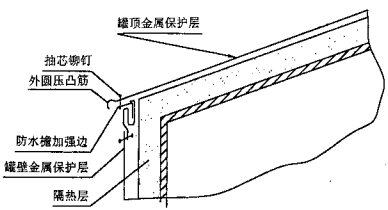


图 5.4.10-2　防水檐加强边的安装

5.4.11　方形设备或管道的金属保护层下料长度不宜超过 1m，并按对角压成菱形花纹。安装时应将花纹对成一个整体（图 5.4.11）。

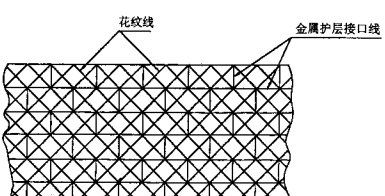


图 5.4.11　方形设备、管道金属保护层的安装

5.4.12　方形水平管道或设备顶部，当设计无规定时，应以中心线为界将金属保护层加工成 1:20 的顺水斜坡。

5.4.13　水平管道的金属保护层的环向接缝应沿管道坡向搭接，其纵向接缝不得布置在水平中心线上方的垂直中心线两侧 45° 范围内，缝口应朝下。纵缝可组成一条连续的直线，也可相互错开，但必须与管道轴线始终保持平行。

5.4.14　立式设备及垂直管道隔热的金属保护层应自下而上敷设，且上口搭下口。对于斜度大于 45° 的立管，其金属保护层还应分段固定在支承件上。

5.4.15 管道隔热金属保护层在法兰、阀门断开处应按下述要求进行封堵：

1 水平管道保温的金属保护层在法兰、阀门断开处，应环向压凸筋，并用合适的金属圆环片卡在凸筋内封堵（图 5.4.15-1）；

2 垂直管道保温的金属保护层在法兰、阀门断开处，应在上方环向压凸筋，并用合适的金属圆环片封堵，下方用水泥硅酸铝纤维抹成 10°～20° 的圆锥状，水泥与硅酸铝纤维之比为 1:2（图 5.4.15-2）；

3 管道保冷的金属保护层在法兰、阀门断开处，用沥青玛蹄脂抹成 10°～20° 的圆锥状（图 5.4.15-3）。

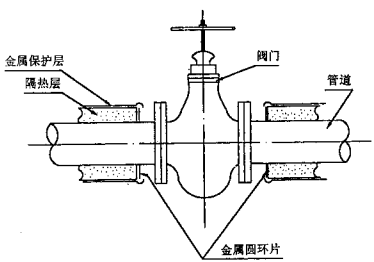


图 5.4.15-1 水平管道保温的金属保护层断开处的封堵

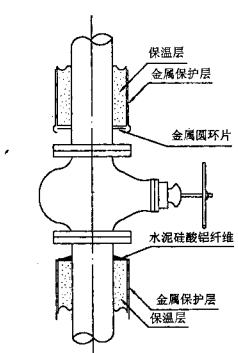


图 5.4.15-2 垂直管道保温的金属保护层断开处的封堵

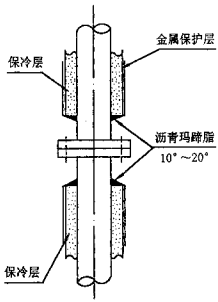


图 5.4.15-3 垂直管道保冷的金属保护层断开处的封堵

5.4.16 管道弯头处的隔热金属保护层，应按下述要求进行施工：

1 弯头隔热后外径小于或等于 200mm 时，宜采用对称分瓣冲压的弯头型金属保护层；

2 弯头隔热后外径大于 200mm 时，应采用虾米腰型金属保护层，虾米腰型金属保护层分节数应按表 5.4.16 执行：

表 5.4.16 虾米腰型金属保护层分节数

序号	隔热后外径（mm）	分节数		弯曲半径
		中节	边节	
1	>200～300	3	2	1.5 倍 DN
2	>300～400	5	2	1.5 倍 DN
3	>400～500	7	2	1.5 倍 DN
4	>500	11	2	1.5 倍 DN

注：其它弯曲半径的弯头，应视其具体情况增减分节数。

3 虾米腰金属保护层的纵向接缝可咬接或搭接，搭接处用自攻螺钉固定，但每节分片上至少应有两个。环向接缝也可咬接或搭接，搭接量视具体情况决定（图 5.4.16）。

5.4.17 管道末端保温后外径小于 500mm 时，隔热金属保护层应环向压凸筋，并用直径合适、斜度为 20°～30° 的圆锥金属片卡在凸筋内予以封堵，圆锥金属片的搭口朝下（图 5.4.17）。

5.4.18 管道的隔热金属保护层在三通处，应按下列要求进行施工：

1 水平管与垂直主管相交，应先包水平管后包垂直管，并用垂直管保护层的开口压住水平管保护层（图 5.4.18-1）；

2 垂直管与水平主管在水平主管下部相交，应先包垂直管后包水平主管，并用水平主管保护层的开口压住垂直管保护层（图 5.4.18-2）；

3 垂直管与水平主管在水平主管上部相交，应先包水平管后包垂直管，并用垂直管保护层盖住水平管保护层的开口；

4 水平支管与水平主管在水平面相交，应先包水平支管后包水平主管，并用水平主管保护层的开口压住水平支管的保护层。

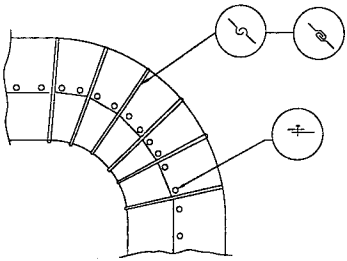


图 5.4.16　虾米腰金属保护层的接缝结构

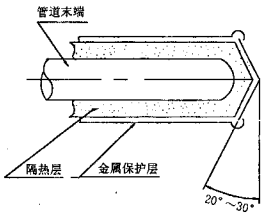


图 5.4.17　管道末端金属保护层结构

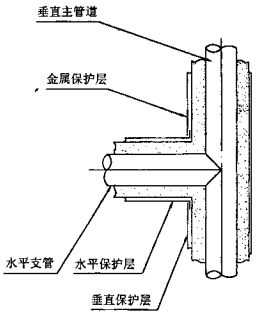


图 5.4.18-1　水平管与垂直主管相交的金属保护层结构

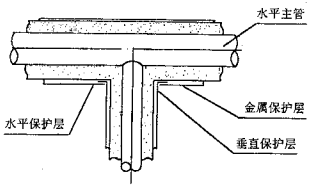


图 5.4.18-2 垂直管在水平主管下部相交的金属保护层结构

5.4.19 有下列情况之一时，金属保护层必须按照有关规定嵌填密封剂或在接缝处包缠密封带：

1 露天或潮湿环境中的保温设备和管道、室内外的保冷设备和管道及其附件的金属保护层；

2 保冷管道的直管段与其附件的金属保护层接缝部位和管道支、吊架穿出金属保护壳的部位。

5.4.20 直管段金属保护层膨胀缝的环向接缝部位、静置设备或转动设备的金属保护层膨胀缝的部位，其金属保护层的接缝尺寸，应能满足热膨胀的要求，不得加固定件，且应做成活动接缝。其间距应符合下列要求：

1 应与保温层设置的伸缩缝相一致；

2 半硬质和软质保温层的金属保护层环向活动缝间距，应符合表 5.4.20 规定：

表 5.4.20 环向活动缝间距

介质温度（℃）	间距（m）
≤100	视具体情况确定
101～320	4～6
>320	3～4

5.4.21 毡、箔、布类保护层施工前，隔热层外表面应平整、清洁、干燥、无油污、无灰尘。粘结剂应经试验合格。

5.4.22 毡、箔、布类保护层采用螺旋式缠绕法施工时，应符合下列规定：

1 应先包缠箔、毡防水层后再包缠玻璃布，应边涂粘结剂边缠绕玻璃布，再涂粘结剂；

2 缠绕的搭接量应大于 50mm，不得有松脱、翻边、皱褶和鼓泡等缺陷；

3 用聚醋酸乙烯乳液作粘结剂时，施工环境温度应在 8℃以上；

4 毡类包缠起点和终端均应用镀锌铁丝或包装钢带捆紧。箔、布类包缠时，起点和终端宜用粘胶带捆紧；

5 除耐水性粘结剂外，其余均不得在雨天或潮湿环境中施工。

5.4.23 平壁的毡、箔、布类保护层，搭接尺寸宜为 30mm，起点和终点应用粘胶带或镀锌铁丝做成“∏”型钩钉固定。

5.4.24 抹面保护层的灰浆，应符合下列规定：

1 容重不得大于 1000kg/m³；

2 抗压强度不得小于 0.8MPa；

3 烧失量(包括有机物和可燃物)不得大于 12%；

4 干燥后（冷状态下）不得产生裂缝、脱壳等现象；

5 不得对金属产生腐蚀。

5.4.25 露天的隔热结构，不宜采用抹面保护层。当必须采用时，应在抹面层上包缠毡箔或布类保护层，并在包缠层表面涂敷防水、耐候性涂料。

5.4.26 保温抹面保护层施工前，除局部接茬外，不应将保温层淋湿。应采用两遍操作，一次成型的施工工艺。接茬应良好，并应消除外观缺陷。

5.4.27 抹面层未硬化前，应防雨淋、水冲。当昼夜室外平均温度低于 5℃且最低温度低于-3℃时，应按冬季施工方案采取防冻措施。

5.4.28 高温管道的抹面层和铁丝网的断缝，应与保温层的伸缩缝留在同一部位，缝隙内充填矿物棉材料。室外的高温管道还应在伸缩缝部位加金属护壳。

5.4.29 大型设备抹面时，应在抹面保护层上留出纵横交错的方格形或环形伸缩缝，伸缩缝做成凹槽，其深度应为 5～8mm，宽度为 8～12mm。

5.4.30 用微孔硅酸钙灰浆材料抹面时，应进行试抹，符合本规范 5.4.24 的规定，方可使用。

5.5 安 全 保 护

5.5.1 隔热施工前，操作人员应穿着工作服、工作鞋等常用防护用品。使用散装的纤维类、粒状类隔热材料时，操作人员应佩戴风镜和防尘帽。对接触有毒及腐蚀性材料的操作人员，必须佩戴防护工作服、防护（防毒）面具、防护鞋、防护手套等，并应备有防护药物和用具。

5.5.2 施工现场应设有消防器材。

5.5.3 隔热施工完毕或告一段落时，应将工具及场地清理干净。易燃、有毒物品应移至规定场所。

5.5.4 临时支撑应在固定构件安装牢固后方可拆除。

5.5.5 拧紧绑扎铁丝时，不得用力过猛，并应将铁丝头嵌入隔热层内。

5.5.6 施工含有纤维、粉尘的隔热材料或制品时，应符合下列规定：

1 高空运送散装材料时，必须用筐或箱装运，不得单用绳索绑吊；

2 在脚手架和网格板上加工隔热制品时，应采取避免粉尘飞扬的措施；

3 在缝合矿物棉毡的过程中，应防止钢针或铁丝伤人。

5.5.7 作业现场的粉尘或有害气体的最高容许浓度应符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》的规定。

5.5.8 易燃、易挥发、有毒及腐蚀性材料的施工，应符合下列规定：

1 可燃、易挥发物品必须避免阳光曝晒，存放处严禁烟火；

2 有毒及腐蚀性剂液，不得存放在高位货架上。所装容器应封闭严密，发现损坏或破漏时，必须立即采取措施制止剂液流淌；

3 制剂在配制、加热过程中，必须仔细搅拌，加热温度不得超过规定，防止液体飞溅；

4 在接触刺激性物质的作业场所，应有随时冲洗的设施；

5 沥青胶的配制，应按下列要求进行：

a 加热熬制小块沥青时，料位不得超过容器的 2/3，并应经常搅拌。在搅拌过程中，应有防止沥青飞溅的措施；

b 调制沥青胶，应分批、少量地进行，且应将溶剂缓慢的倒入盛有热沥青的桶中。当加入慢挥发性溶剂时，沥青温度不得超过 140℃；当加入快挥发性溶剂时，沥青的温度不得超过 110℃，

并同时搅拌至沥青全部稀释为止；

c 装沥青的容器不得用锡焊。

6 粘结剂用苯、汽油配制时，应将苯、汽油缓慢倒入粘结剂内，并及时搅拌。在配制过程中，应远离明火；

7 泡沫塑料制品采用电阻丝切割时，其电压不得大于36V；

8 对易发生毒性、刺激性、感染性物质的场所，应保持空气流通或设通风装置。

5.5.9 喷涂作业时，严禁喷头对准人。施工中发现喷头堵塞，应先停物料，后停风，再检修喷头。

5.5.10 在地沟内安装或检修隔热工程时，应预先检测沟内气体，确认无毒或无窒息气体后，方可进入。沟内不得有影响安全的物体或设施，并应有合格的照明。

5.5.11 应设有隔热工程操作人员专用的沐浴场所和更衣柜。施工人员应定期检查身体。

6 检查和验收

6.1 质 量 检 查

6.1.1 隔热工程的施工质量应按本节规定进行检查，办理工序交接手续，并由质量检查单位签证。

6.1.2 质量检查的取样布点为：设备每 50m²、管道每 50m 应各抽查三处，工程量不足此要求的隔热工程亦应抽查三处。其中有一处不合格时，应在不合格处附近加倍取点复查，仍有 1/2 不合格时，应认定该处为不合格。

同一设备隔热面积超过 500m² 或同一管道隔热长度超过 500m 时，工程验收的取样布点间距可适当增大。

6.1.3 隔热结构固定件的质量检查，应符合下列规定：

1 钩钉、销钉和螺栓的焊接或粘接应牢固，布置的间距应符合本规范第 5.2.8 条的规定；

2 自锁紧板不得产生向外滑动；

3 振动设备的螺栓连接，应有防止松动的措施；

4 保温层的支承件不得外露，其安装间距应符合设计或本规范 5.2.1 和 5.2.2 条的规定；

5 保冷层的支承件及其管道支、吊架部位的垫块（沥青浸渍硬木或硬质塑料）不得漏设；

6 垂直管道或平壁的隔热金属保护层，必须设置防滑坠支承件；

6.1.4 隔热层的质量检查，应符合下列规定：

1 保温层砌块湿砌时，砌缝必须灰浆饱满，干砌时，必须用矿物棉填实。拼缝宽度不得大于 5mm。保冷层砌块应粘结严实，拼缝不得大于 2mm；

2 隔热厚度的允许偏差，应符合表 6.1.4 的规定：

表 6.1.4 隔热层厚度的允许偏差

项目		允许偏差 (mm)
保温层	硬质制品	$+10$ -5
	半硬质及软质制品	$+0.10\delta$ -0.05δ
保冷层	—	$+5$ 0
充填、浇注及喷涂	隔热层厚度＞50	$+0.10\delta$ 0
	隔热层厚度≤50	$+5$ 0

注：半硬质及软质材料隔热层厚度的允许偏差值，最大不得大于+10mm，最小不得小于-10mm。

3 隔热层容重：

对硬质、半软质隔热制品，其安装容重允许偏差为 $^{+5}_{0}$ 。软质隔热制品，充填、浇注或喷涂的隔热层，应实地切取试样检查，其安装容重允许偏差为 $^{+10}_{0}$ 。

6.1.5 伸缩缝的检查验收，应符合下列规定：

1 隔热层与保护层的伸缩缝和膨胀间隙，应按设计和本规范的有关规定检查缝的位置、宽度（金属护壳为搭接尺寸）、间距、膨胀方向等；

2 伸缩缝内充填物的使用温度，应符合要求；

3 伸缩缝的宽度应用塞尺检查，允许偏差为 5mm。

6.1.6 防潮层的质量检查应按下列规定进行：

1 所有接头及层次应密实、连续、无漏设和机械损伤；

2 表面平整、无气泡、翘口、脱层、开裂等缺陷。对有金属保护层的防潮层，其表面平面度不得大于 5mm；

3 防潮层的总厚度，不得小于 5mm。

6.1.7 保护层的轮廓度，除埋地及不通行地沟内的管道不作检查外，其他均应用 1m 直尺进行检查，并应符合下列规定：

1 抹面层及包缠层，应为 5mm；

2 金属保护层，应为 4mm。

6.1.8 保护层的外观检查，应符合下列规定：

1 抹面层不得有酥松和冷状态下的干缩裂缝（发丝裂纹除外）。表面应平整光洁、轮廓整齐，并不得露出铁丝头。高温管道和设备的抹面层断缝，应与保温层及铁丝网的断开处齐头；

2 包缠层、金属保护层：

a 不得有松脱、翻边、豁口、翘缝和明显凹坑；

b 管道金属护壳的环向接缝，应与管道轴线保持垂直。纵向接缝应与管道轴线保持平行。设备及大型储罐金属护壳的环向接缝与纵向接缝应互相垂直，并成整齐的直线；

c 金属保护层的接缝方向，应与设备、管道的坡度方向一致；

d 金属保护层的椭圆度（长、短轴之差）不得大于 10mm；

e 保冷结构的金属保护层，不得漏粘密封剂或密封胶带；

f 金属保护层的搭接尺寸，设备不得小于 50mm，管道环缝不得小于 50mm，纵缝不得小于 30mm，管道直管段与弯头处，高温管不小于 75mm，中低温管不小于 50mm，保冷管道不小于 30mm，阀门盒与管道保护层搭接处不小于 15mm。

6.2 交工技术文件

6.2.1 隔热工程竣工后，施工单位应向建设单位提交下列交工技术文件：

1 隔热材料合格证或理化性能试验报告；

2 工序交接记录（见表 6.2.1）；

表 6.2.1 工序交接记录

工程项目名称：
单位工程名称：
工程简要内容：
交工情况： （符合设计程度，主要缺陷及处理意见）
质量鉴定： 质检员：
上道工序代表： 设备： 管道： 仪表： 电气：

3 交工验收证书；

4 设计修改变更单及材料变更通知；

5 隐蔽工程记录；

6 设备隔热工程施工记录；

7 管道隔热工程施工记录；

8 抹面保护层灰浆材料配比及技术性能检验报告；

9 浇注、喷涂隔热层的施工配料及其技术性能检验报告。

6.2.2 交工技术文件的提交，尚应符合《工程建设交工技术文件规定》SH3503 的要求。

附录A $D_o \ln\frac{D_o}{D_i}$ 与 δ 关系表

附表A $D_o \ln\frac{D_o}{D_i}$ 与 δ 关系表

D_i（mm）	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	0020	平整
$D_o \ln\frac{D_o}{D_i}$	厚												度				δ（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
0.05	16	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	23	23	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	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	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	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	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

用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一） 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（二） 表示严格，在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

石油化工设备和管道隔热技术规范

SH 3010-2000

条文说明

2000 北京

目　次

1　总则……51
2　术语、符号……51
2.2　符号……51
3　基本规定……51
4　设计……53
4.1　隔热材料的选择……53
4.2　隔热层厚度……54
4.3　隔热层厚度计算……55
4.4　隔热结构……60
5　施工……61
5.1　施工准备……61
5.2　隔热层施工……61
5.4　保护层施工……62
5.5　安全保护……63

1 总 则

1.0.1 本规定适用于石油化工设备和管道的保温保冷工程的设计和施工，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。

2 术语、符号

2.2 符 号

本规范采用的符号，在编制时考虑了下列因素：

（1）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。

（2）本规范是在 1990 年编制的《石油化工设备和管道隔热设计规范》和《炼油厂地上立式钢油罐保温设计技术规定》的基础上进行修改的，因此尽量采用原有的符号。

3 基 本 规 定

3.0.1～3.0.2 隔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，其中采用隔热方式是减少能源费用的最简便的办法之一。隔热设计则是节能的关键步骤。

3.0.3 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。目前国外许多公司在隔热设计规范中，规定防烫伤隔热后的外表面温度为 65℃，但根据掌握的有关文献及医学界介绍，烫伤温度与接触人体表面的时间有关，见下表：

烫伤温度与接触时间表

表 面 温 度 ℃	接触烫伤表面的时间 (s)
53	60
56	15
58	10
60	5
65	2
70	1

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，且符合国标《设备及管道保温设计通则》(GB4272-92)的要求。

1 高度2.1m符合操作人员身高情况；

2 规定热设备及热管道离开平台0.75m，主要考虑操作人员不小心也不致发生烫伤的危险。

3.0.4 本条列举了储罐保温的各种条件，对1、2、3款加以说明：

1 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6～30mm，而碳钢的导热系数很大，约为 $45W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$。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。

2 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。

3 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。

3.0.5 储罐的保温和储存液体的加热是不可分开的。保温状况是加热计算的一个条件，统一考虑才能设计出更为合理的方案。

3.0.6 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。

1 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。

2 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%。

3 储罐罐顶是否需要保温，做以下说明：

a 根据石油大学《油库设计与管理》P184页表4-16“罐内油品与气体空间温度的关系”介绍的数据可知，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；

b 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它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。本规范为保温规范，介质的储存温度是保温设计的条件，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。

4 设 计

4.1 隔热材料的选择

4.1.1 隔热设计的一个重要环节是选择优良的隔热材料。

隔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隔热材料制品提出以下要求：

1 导热系数是隔热材料及其制品中最主要的性质之一。它表明材料内部对热（冷）的传递性能，它不是独立存在的“物理量”，而是在材料能量的传递中才能显示的特性。本标准规定隔热材料及其制品的导热系数不得大于 $0.12W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$，主要原因是：第一，一九九二年修订后的国家标准《设备及管道保温技术通则》中规定的导热系数为 $0.12W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$，本标准必须遵守；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隔热材料工业的水平，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隔热材料的提高和发展。根据隔热工程的要求，在设计时必须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，以便正确地计算隔热层；

2 本条规定保温材料及其制品的密度不应大于 $300kg/m^3$，是把隔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 $1.185kg/m^3$，其导热系数为 $0.027W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$；膨胀珍珠岩水泥制品是含气体的颗粒制品，其密度为 $636kg/m^3$，当平均温度为 20℃时，导热系数为 $0.153W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}$。材料制品的密度与其制造工艺有关系，相同介质温度下，密度大的隔热材料制品，隔热层厚度必然厚，造成支撑隔热结构过于笨重。近年，我国隔热材料发展迅速，优质隔热材料不断推广使用。因此，本条规定将保温材料的密度指标的规定值提高到小于或等于 $300kg/m^3$，符合国标修订后《通则》的要求。保冷材料制品的密度不得大于 $200kg/m^3$，是完全可能达到的；

3 抗压强度。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；

4 隔热的设备和管道，应避免被隔热材料腐蚀，常用于碳素钢的设备和管道的隔热材料的 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 $Fe(OH)_2$ 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，隔热制品中若含有水，在较高温度下，金属材料腐蚀就会很严重。为了减少腐蚀，必须检验保温材料的 pH 值，使其不超过规定的限值；

5 对于不锈钢设备或管道的隔热材料，其氯离子含量应小于规定值。

根据目前生产现场发生的情况看，氯离子的存在对不锈钢的晶间腐蚀较为严重，故增加该条款，但只控制氯离子的绝对浓度是不合理的；

6 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，选择保温隔热制品时希望本身耐火性要好；

7 保冷材料制品应含有阻燃剂，氧指数的测定方法为《氧指数测定法》GB2406-80。确定聚苯乙烯、聚氨酯泡沫塑料制品的氧指数为 30。

4.1.2 工程设计中选择隔热材料、计算隔热层厚度时，考虑如下几种原则：

1 工程上一般选用隔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隔热材料结构；

2 最高安全使用温度，指隔热材料可长期、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、酚醛树酯等，耐温较低，因此大大降低了制品的使用温度；

3 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，保冷材料制作中必须增加阻燃剂，否则石油化工设备或管道不得采用；

4 当有多种隔热材料可供选择时，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。在满足隔热设计的前提下，可优先选用施工地区生产的隔热材料，以减少损失、节约运输费用；

5 对于高温介质，根据传热原理，由于耐高温隔热材料制品的热阻作用，使隔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，这样既达到隔热的目的又可以降低隔热材料的价格，提高经济效益。故高温介质设备或管道的隔热，推荐采用复合隔热材料；

6 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。

4.1.4 根据近年来对全国隔热材料的调查，并参考国标《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-97，将隔热材料的主要性能列于表 3.0.4 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。当制品的导热系数大于或等于 $0.12W\cdot m^{-1}\cdot ℃^{-1}$ 时属建筑材料。故未列入表 3.0.4 中。

4.2 隔热层厚度

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

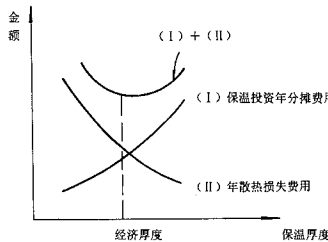
以超细玻璃棉保温材料为例（保护层为镀锌薄钢板）将不同温度下的保温层厚度（计算值）列表于下：

保温厚度(m) \ 管径 / 介质温度(℃)	公称直径(mm)			平面
	920	1020	1200	
150	0.054	0.055	0.055	0.055
250	0.078	0.078	0.079	0.079
350	0.098	0.099	0.101	0.101
450	0.119	0.120	0.122	0.122

以上数据表示：直径大于 1020mm 的管道，当温度相同时，管道与平面的保温层厚度基本相同。

4.2.2 根据国家能源政策，采用加强隔热的措施是节约能源最简便、最行之有效的手段，由于加厚隔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。

当隔热材料确定以后，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，用下图可说明：



国外自五十年代以来，由于能源危机，在保温工程上陆续使用经济厚度方法，加强节能工作。我国从八十年代开始，越来越多的工业部门也采用经济厚度方法代替“表面温度计算方法”，如国标《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB50264-97、水电部《保温技术规定》等都采用经济厚度这一概念。

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。

4.2.3 防止冷量损失隔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。

4.3 隔热层厚度计算

例题 1 某输油管线常年运转，直径及壁厚为 ϕ325×6；管内介质温度为 250℃；年平均环境温度为 20℃；年平均风速为 3m/s，试选择保温材料并计算保温层厚度，散热量和保温后外表面温度。

解：

a 原始数据

年运行时间 8000h；

投资计息年数 n=5 年；

年利率 i=10%（复利率）；

预计能源价格 f_n=29 元/10^6kJ。

b 根据介质输送温度 t=250℃，查本规范表 4.1.4，选用岩棉材料制品，其隔热材料的单位造价 P_1=1600 元/m^3。

c 计算保温层厚度

按经济厚度计算方法确定保温层厚度。

材料的导热系数

$$\lambda = 0.044 + 0.00018 \times \frac{250 + 28}{2} = 0.06902 \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

设保温层外表面温度为 28℃。

表面放热系数

$$\alpha = 11.6 + 7.0\sqrt{3} = 23.7 \ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}}$$

保温工程投资偿还年分摊率

$$S = \frac{0.1 \times (1 + 0.1)^5}{(1 + 0.1)^5 - 1} = 0.264$$

计算经济保温厚度公式（4.3.1-2）

$$D_o \ln \frac{D_o}{D_i} = 3.795 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{29 \times 8000 \times 0.06902 \times (250 - 20)}{0.264 \times 1600}} - \frac{2 \times 0.06902}{23.7} = 0.348$$

计算得出 D_o 为 0.0589

$$\delta = \frac{D_o - D_i}{2} = \frac{0.0589 - 0.325}{2} = 0.132\mathrm{m}$$

取 δ=130mm

d 计算保温后的散热量

计算散热量按公式（4.3.3-2）

$$q = \frac{2 \times 3.14 \times (250 - 20)}{\frac{1}{0.06902} \ln \frac{0.325 + 0.260}{0.325} + \frac{2}{23.7 \times 0.585}} = 167 \ \mathrm{W/m}$$

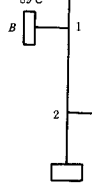
e 计算保温后表面温度

计算表面温度按公式（4.3.6-2）

$$t_s = \frac{167}{3.14 \times 23.7 \times (0.325 + 0.260)} + 20 = 27.6℃$$

计算出 27.6℃与最初计算材料导热系数时假设的表面温度 28℃基本符合，故计算出 130mm 厚的保温层，可满足工程要求。

例题 2 蒸汽凝结水由罐 A 分配给车间 B、C、D 使用，如图所示，由罐 A 流出的水温为 90℃，至 B、C、D 各车间温度为 89℃，各段管道长度和流量如表所列，室外环境温度为 20℃，室外平均风速为 3m/s，若以岩棉管壳做保温层，确定其保温厚度。



管段	管外径 (mm)	管长 L (m)	流量 G (kg/h)
A→1	273	150	80×10^3
1→B	108	75	20×10^3
1→2	219	240	60×10^3
2→C	159	75	30×10^3
2→D	159	105	30×10^3

解：本题属分支管道在指定温降条件下输送流体。

设保温层表面温度为30℃，保温材料的导热系数

$$\lambda = 0.044 + 0.00018 \times \frac{90+30}{2} = 0.0548 \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

按（4.3.8-3）式计算结点1、结点2处温度。确定主管线A→1→2→D的$\Sigma \frac{L}{G}$；

$$Lc = K \cdot L = 1.15L$$

$$\Sigma \frac{L_{A\to D}}{G_{A\to D}} = \frac{150 \times 1.15}{80 \times 10^3} + \frac{240 \times 1.15}{60 \times 10^3} + \frac{105 \times 1.15}{30 \times 10^3}$$

$$= 0.0022 + 0.0046 + 0.0040 = 0.0108$$

a 计算各段温度的分配

A→1管段的温降按公式（4.3.8-3）计算

$$t_A - t_1 = (t_A - t_D) \times \frac{L_{A-1}/G_{A-1}}{\sum_{i=1}^{D} \frac{L_{A-D}}{G_{A-D}}}$$

$$= (90 - 89) \times \frac{0.0022}{0.0108} = 0.2 ℃$$

1→2管段的温降按公式（4.3.8-3）

$$t_1 - t_2 = (t_A - t_D) \times \frac{L_{1-2}/G_{1-2}}{\sum_{i=1}^{D} \frac{L_{A-D}}{G_{A-D}}}$$

$$t_1 - t_2 = (90 - 89) \times \frac{0.0046}{0.0108} = 0.426 ℃$$

结点2处的温度$t_2 = 89.8 - 0.426 = 89.374$℃

2→D段的温降同上式计

$$t_2 - t_D = (90 - 89) \times \frac{0.0040}{0.0108} = 0.37 ℃$$

结点D处的温度$t_D = 89.374 - 0.37 = 89.004$℃

b 按无分支管道计算各段隔热厚度

在无分支管道计算中，$\frac{t_1 - t_a}{t_2 - t_a} = \frac{90-20}{89-20} = 1.01 < 2$，保温厚度应按（4.3.8-2）计算

A→1管道

设该管段保温层厚度为35mm，则$D_o = 0.343$m。

保温层换热系数

$$\alpha = 11.6 + 7\sqrt{Vw}$$

$$= 11.6 + 7\sqrt{3}$$

$$= 23.7 \ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}}$$

水的比热 $C = 1.163$W.h/m·℃； $K_r = 1.15$； $t_m = (90+89.8)/2 = 89.9$℃

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\times3.14\times0.0548\times\left[\frac{(89.9-20)\times150\times1.15}{80\times10^3\times1.163\times0.2}-\frac{1}{3.14\times0.343\times23.7}\right]$$

$$=0.209$$

$$D_o=0.339\text{m}$$

$$\delta=0.033\text{m}$$

圆整后 A→1 管段的保温厚度为 40mm，与假设相符。

1→2 管设该管道保温厚约 25mm，$D_o=0.269$m

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\times3.14\times0.0548\times\left[\frac{(89.587-20)\times240\times1.15}{0.426\times60\times10^3\times1.163}-\frac{1}{3.14\times0.269\times23.7}\right]=0.205$$

$$D_o=0.269\text{m}$$

$$\delta=0.25\text{m}$$

圆整后 1→2 管段保温厚度为 30mm，与假设相符。

2→D 管段

设该管段保温厚度为 20mm，$D_o=0.199$m

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\times3.14\times0.0548\times\left[\frac{(89.2+20)\times105\times1.15}{30\times10^3\times1.163\times0.373}-\frac{1}{3.14\times0.199\times23.7}\right]=0.2$$

$$D_o=0.195\text{m}$$

$$\delta=0.018\text{m}$$

圆整后 2→D 管段保温厚度为 20mm，与假设相符。

1→B 管段

设该管段保温厚度为 7mm，$D_o=0.12$m

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\times3.14\times0.0548\times\left[\frac{(89.4-20)\times75\times1.15}{(89.8-89)\times20\times10^3\times1.163}-\frac{1}{3.14\times0.122\times23.7}\right]=0.037$$

$$D_o=0.12\text{m}$$

$$\delta=0.006\text{m}$$

圆整后 1→B 管段保温厚度为 20mm。

但本规范规定，保温制品最小厚度为 20mm，故 1→B 管段保温厚度取 20mm。

2→C 管段

设该管段保温厚度为 20mm，$D_o=0.185$m

$$\ln\frac{D_o}{D_i}=2\times3.14\times0.0548\times\left[\frac{(89.2-20)\times75\times1.15}{(89.4-89)\times30\times10^3\times1.163}-\frac{1}{3.14\times0.185\times23.7}\right]=0.122$$

$$D_o=0.183\text{m}$$

$$\delta=0.012\text{m}$$

圆整后 2→C 管段保温厚度为 20mm。

例题 3　ϕ530 管道一根，管内介质温度为 720℃，须采用双层材料保温，求各保温层厚度。已知

条件如下：

内层采用硅酸铝纤维制品。

$$\lambda_1 = 0.056 + 0.0002 t_m \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

外层采用岩棉毡制品

$$\lambda_2 = 0.041 + 0.00018 t_m \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

年平均风速

$$V_w = 3 \ \mathrm{m/s}$$

隔热层向大气的换热系数

$$\alpha = 11.6 + 7\sqrt{3} = 23.7 \ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}}$$

解：双层保温在两层交界处的温度，以外层保温材料岩棉毡制品的最高耐热温度 300℃为界限温度。保温层外表面温度35℃。

1 允许最大热损失为 $330 \mathrm{W/m^2}$

2 导热系数

$$\lambda_1 = 0.056 + 0.0002 \frac{720 + 300}{2} = 0.158 \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

$$\lambda_2 = 0.044 + 0.00018 \frac{300 + 35}{2} = 0.07415 \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$$

3 双层保温总厚度计算

$$D_{mo} \ln \frac{D_{mo}}{D_i} = 2\left[\frac{\lambda_1 (t - t_0) + \lambda_2 (t_0 - t_s)}{[Q]} - \frac{\lambda_2}{\alpha}\right]$$

$$D_{mo} \ln \frac{D_{mo}}{D_i} = 2\left[\frac{0.158(720 - 300) + 0.07415(300 - 35)}{330} - \frac{0.07415}{23.7}\right] = 0.515$$

计算结果总厚度 δ=198mm 取 200mm

4 计算内层保温厚度

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = \frac{2\lambda_1}{D_{mo}}\left(\frac{t - t_0}{[Q]}\right)$$

$$\ln \frac{D_o}{D_i} = \frac{2 \times 0.158}{0.93}\left(\frac{720 - 300}{330}\right) = 0.432$$

计算结果层厚 143mm，取 140mm

内层厚：200-140=60mm

例题 4 ϕ219 管道一根，管内介质温度-40℃，需采用泡沫玻璃管壳进行保冷，计算其保冷厚度。已知条件如下：

a $\lambda = 0.05 + 0.000233 t_m = 0.05 + 0.000233\left(\frac{-40 + 31}{2}\right) = 0.049 \ \mathrm{W \cdot m^{-1} \cdot ℃^{-1}}$，按北京地区进行计算；

b 累年夏季空调室外干球计算温度为 34℃；

c 累年室外最热月月平均相对湿度为 78%；

d 查表得露点温度为 28.5℃；

e 保冷层表面温度 $t_s = 28.5 + 2.5 = 31$ ℃；

f 在允许冷损失中换热系数 α 取 8.141 $W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$；

g 最大允许冷损失的计算

$$t_a - t_d = 34 - 28.5 = 4.5$$

$$则\ q = 4.5 \times 8.14 = 36.63$$

i 保冷厚度按隔热层表面冷损失计算

$$q = \frac{2\pi \left| t - t_a \right|}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{D_o}{D_i} + \frac{2}{\alpha D_o}}$$

上式经过变化得如下公式：

$$D_o \ln \frac{D_o}{D_i} = 2\lambda \left(\frac{\left| t - t_a \right|}{q} - \frac{1}{\alpha} \right)$$

$$D_o \ln \frac{D_o}{D_i} = 2 \times 0.0489 \left(\frac{\left| -40 - 34 \right|}{36.33} - \frac{1}{8.141} \right) = 0.186$$

计算结果 $D_o = 0.365$ m

$$\delta = \frac{0.365 - 0.219}{2} = 0.073 \text{ m}$$

故保冷厚度为 70mm

保冷层外表面温度验算如下：

$$t^1_s = t_a - \frac{q}{\pi D_o \alpha}$$

$$= 34 - \frac{36.63}{3.14 \times 0.365 \times 8.141} = 30 ℃$$

保冷厚度为 70mm 是合适的。

4.4 隔 热 结 构

4.4.1 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。隔热结构各组成部分，担负着不同的作用。

隔热层：主要利用材料的优良隔热性能，担负着整个结构的主要隔热任务。

保护层：起保护隔热层、延长隔热层使用寿命的作用，并使隔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。

4.4.4 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，缩短隔热材料使用寿命，故应采用硬质或半硬质隔热制品。

4.4.5 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隔热层，并使隔热层的表面温度小于 70℃。隔热层厚度应根据吹扫蒸汽的温度和选用的隔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隔热层时，其隔热层厚度约为 20～30mm。

4.4.6 好的隔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接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，另外也必须在伸缩缝处用软质材料填充，尽可能减少散热通道。

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

5 施　工

5.1 施工准备

5.1.2 本条列出的5款是隔热施工前的必备条件，其中第5款中所指检查合格的检查责任人应为专业质量检查员。

5.1.6 本条所指的四个工种均与隔热施工密切相关，若此四项工作没有彻底结束就进行隔热施工，必定会造成不必要的材料损失和人工浪费，而且也直接影响隔热施工的工程质量，交接的目的就是为了避免上述现象发生。交接检查确认的内容如下：

1 强度试验、气密试验达到设计要求，内部已清洗或吹扫合格；

2 设备、管道附件安装齐全，并检查合格；

3 电气、仪表安装齐全，电伴热已通电试验合格，仪表管已试压合格；

4 隔热后不能再施工的其它安装工作已完成并检查合格。

5.2 隔热层施工

5.2.2 本条主要参考了美国凯洛格公司保温规范及国标 GBJ126 中 4.9.4 条综合编制，阀门、法兰在保温断开处留足螺栓拆卸距离既方便了上述配件的更换，又起到了保护两端隔热层的作用。

5.2.3 本条参考国标 GBJ126 中 4.2.3 条一款内容规定隔热支托的厚度为 2～6mm，是针对管径和隔热材料容重而来的，当管径小且隔热材料较轻时，可采用 2～3mm 厚的钢板制作支托，这样既发挥了支托的作用，也节省了材料。

5.2.5 用螺栓固定的抱箍式隔热支托在相对静止的设备或管道上是比较牢固的，但当这种支托固定在连接机泵、压缩机的管道上时，由于长期受到振动，螺母会松动，导致支托松动位移，使支托失去作用，将螺母点焊后就能克服这一缺陷。

5.2.22 本条主要强调了隔热层的施工顺序，立式设备下封头全部要求捆扎铁丝网原因有两个：

1 防止隔热材料坠落；

2 有利于在抹面时的抹面层施工（因一般下封头均不要求作金属保护层）。

5.2.25 本条主要根据多年施工经验提出了保温钉钩高于保温层时，直接影响了保护层的外观，同时由于钩钉直接顶在金属保护层上，加大了热量损失，增加了能耗。

5.2.26 本条对管道弯头隔热的虾米腰分节作了具体规定。以往由于没有具体的规定，不但接口间隙大，增加了热损失，而且给金属保护层的施工带来困难，外观质量差，本条实施后将基本上解决上述问题。

5.2.34 本条就阀门、法兰保温盒的制作和安装，参考了国内外有关资料，并根据多年施工经验，作出了具体详细的规定。

5.2.35 本条就保温盒的特殊情况，当5.2.34条无法实现时，介绍了三种安装方法。其特殊情况介定如下：

1 当设计有具体要求时；

2 当生产厂家有具体要求时；

3 当位置特殊，不便于执行5.2.34条时。

5.4 保护层施工

5.4.1 本条主要根据多年施工经验制定，在保护层施工前必须对隔热层进行严格的检查，不合格的隔热层，绝不能进行保护层施工，尤其是保冷层更应严格要求，否则因隔热层不合格而造成的返工损失是比较大的。

5.4.2 本条主要说明两点：

1 镀锌铁皮不用刷底漆；

2 普通碳钢薄板一定要除锈、除油污后刷底漆一道。

5.4.3 本条对圆筒形设备筒体隔热保护层的予制提出了测量周长的方法。放大问题比较复杂，施工技术人员应根据经验确定。

5.4.8 本条主要提出500m³以下立式储罐的金属保护层结构与设备相同，可以包成平板式，并对纵缝、环缝的质量提出了具体要求。

5.4.9 本条较祥细的叙述了圆形设备封头的施工，并规定保温后外径小于1000mm时，采用大小头式，等于或大于1000mm时，采用西瓜皮式。因保温后外径小于1000mm的封头一般都在换热器上，它们拆卸频繁，保护层极易在拆卸中损坏，所以要求它们应该结构简单，恢复迅速，而大小头式的结构正合符这种需要。另外，这种简单的结构更容易实现咬口连接，可以增加封头的防水性能。

5.4.10 本条较祥细的叙述了大于500m³立式储罐的施工，特别提出了没有防水檐储罐的防水加强边制作方法。

5.4.11 本条主要是针对方形设备金属保护层的施工提出的，其目的有：

1 增加平面的抗风强度；

2 使金属保护层保持美观。

5.4.12 本条主要是为了防止顶部平面积水，有斜度后，雨水就可以顺利排掉，使保温层不被雨水浸湿。

5.4.13 水平管道金属保护层的纵缝接口位置在国标中为水平中心线下方15°～45°范围，同国外的保温规范要求一致，但这样要求与我国的国情不符，国外是隔热施工一开始，其他工种全部撤出，而我国的装置开始隔热施工时，还有许多工种施工未完，特别是土建竖向施工基本上与隔热同步，无法从地面上搭架子，加上与其他工种的交叉，使得规定的接口位置名存实亡。因而本条提出在垂直中心线偏45°范围，既合符实际情况，又能完全满足防水的要求。这样的结果既节省了人力、物力，还赢得了时间，唯一应注意的一点是要注意防止踩踏。

5.4.16 管道弯头的金属保护层历来都是施工队伍的弱项，本条对直径小于200mm的弯头提出使用冲压弯头，既解决了小弯头难于施工及施工质量较差的问题，还可以提高工效，增加外观质量水平。虾米腰弯头以往由于规范未具体规定分节数，造成操作者分节随意，既难看，又不严实。为此，本条提出分节规定来根治此类问题。

5.5 安全保护

5.5.1 安全培训的内容包括：安全用电教育、安全动火教育、施工现场安全教育、季节性安全教育、入厂安全教育及灭火知识教育等。为强化操作人员的自我保护意识，保证个人和国家财产的安全，本条特提出培训考核合格后才能参加隔热施工的要求。