

中华人民共和国行业标准

HG

国际通用设计体制和方法

HG/T 20570—95

---

# 工艺系统工程设计 技术规定

1996—05—02 发布

1996—09—01 实施

---

中华人民共和国化学工业部 发布

中华人民共和国行业标准

# 工艺系统工程设计技术规定

**HG/T 20570—95**

主编单位：化工部工艺系统设计技术中心站

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一 九 九 六 年 九 月 一 日

**化工部工程建设标准编辑中心**

1996 北 京

# 隔热、保温类型的选用

**HG/T 20570.11—95**

编制单位：中国五环化学工程公司

批准部门：化 学 工 业 部

实施日期：一九九六年九月一日

编制人：

中国五环化学工程公司 罗一宁 吴其英

审核人：

中国五环化学工程公司 吴炳永

化工部工艺系统设计技术中心站 封淑元 龚人伟

## 1 类型和专业分工

### 1.0.1 隔热、保温的类型

设备、管路的隔热(亦称绝热)一般指隔热、隔冷、人身保护(防烫)、防冻等。保温一般指加热保护绝热,如伴热管、夹套管等。

### 1.0.2 隔热、保温设计的专业分工

#### 1.0.2.1 化工工艺专业

化工工艺专业在设备和管道的工艺数据表中提出隔热(冷)、保温(包括保温类型、保温热源介质)等要求。

#### 1.0.2.2 管道材料专业

管道材料专业在隔热、保温的设计规定(或隔热、保温说明书)中提出:

(1) 在不同温度、直径下的设备、管道的隔热、隔冷、人身保护(防烫)的隔热(冷)层厚度。工艺有特殊隔热要求者除外。

(2) 设备、管道伴热保温的有关数据,如伴热管根数、伴热管直径、夹套管直径、电热带根数及规格等。

(3) 隔热(冷)、保温所需的材料汇总清单。

#### 1.0.2.3 工艺系统专业

(1) 在提出的装置内公用物料系统设备的数据表中应含有对设备的隔热(冷)、保温(包括保温类型、保温热源介质)等要求。

(2) 在 *PI* 图上管道的管道号第五个单元中,按规定的文字代号标注出隔热(冷)、保温类型。

(3) 在管道命名表中的绝热类型和绝热厚度栏中填写绝热(冷)、保温类型和厚度。

(4) 提出设备绝热保温条件汇总表,需要时附设备绝热保温标志图。汇总表和标志图的内容和格式,参阅行业标准《工艺系统专业提交文件内容的规定》(HG 20558.2-93)第 1.19 和 1.18 节。

## 2 隔热类型的选用

### 2.0.1 选用范围

凡具有下列情况之一的设备、管道、管件、阀门等(以下对管道、管件、阀门等统称为管道)必须采取隔热措施。

2.0.1.1 表面温度大于 50℃以及根据生产工艺需要外表面温度小于或等于 50℃的设备和管道(工艺上不需要或不能隔热的设备、管道除外)。

2.0.1.2 介质凝固点高于环境温度的设备和管道。

2.0.1.3 表面温度超过 60℃的不需要隔热的设备和管道,需要经常维护又无法采用其他措施防止烫伤的部位应在下列范围内设置防烫伤隔热层:

(1) 距离地面或工作平台的高度小于 2.1m;

(2) 靠近操作平台距离小于 0.75m;

2.0.1.4 需阻止或减少冷介质及载冷介质在生产和输送过程中的冷损失。

2.0.1.5 需阻止或减少冷介质及载冷介质在生产和输送过程中的温度升高。

2.0.1.6 需阻止低温设备及管道外壁表面凝露。

2.0.1.7 因外界温度影响而产生冷凝液从而腐蚀设备管道。

2.0.1.8 设备和管道发出的噪声大于工程规定的允许噪声级时,需要用隔声材料(常采用隔热材料)包裹设备、管道来降低噪声。

### 2.0.2 隔热层厚度的选用

根据化工工艺专业和工艺系统专业发表的工艺数据表中对设备的隔热要求、介质温度等特性,结合管道材料专业发表的“隔热设计规定”选择设备和管道的隔热层厚度。工艺有特殊隔热要求者除外。

### 3 伴热保温的选用

当隔热不能满足工艺物料的隔热保温要求时,一般采用伴热保温的形式。伴热保温通常有蒸汽伴热、热水伴热、导热油伴热和电热带伴热等。

#### 3.0.1 蒸汽伴管伴热保温

##### 3.0.1.1 蒸汽伴管伴热保温适用范围

设备、管道中介质的凝固点、粘度较大,工艺介质需维持的温度较高,或者设备、管道所在区域的防爆等级较高,介质的腐蚀性、热敏性较强时,应选择蒸汽伴热的保温形式。

##### 3.0.1.2 热源介质的选用

蒸汽伴热常用饱和蒸汽作热源介质,蒸汽压力通常由蒸汽温度决定,而蒸汽温度根据工艺介质需保温的情况而定,一般情况下蒸汽应高于被保温介质的温度。选用的蒸汽温度应考虑工艺物料的特性,如结焦点、凝固点等。使用蒸汽压力一般等于或低于 1300kPa,常用 350~1000kPa,最低 200kPa。压力太低时,管道阻力造成蒸汽的压力降低会产生冷凝液,因而伴管长度较短,工程上一般不采用低于 200kPa 压力的伴管蒸汽。蒸汽热源在操作期间及开、停车时不应中断。

##### 3.0.1.3 蒸汽伴管伴热保温的设计要求

###### (1) 设备伴管伴热保温的设计要求

设备内介质是酸或其他严重腐蚀性的物料时,设备如需伴热保温应采用外部伴热,对于其他物料,可以采用外部伴热,或内部伴热。

工艺系统专业根据化工工艺专业发表的设备工艺数据表中提出的伴热保温的要求对设备的伴热长度、伴管间距进行计算。

###### (2) 管道伴管伴热保温的设计要求

物料管道一般采用外部伴热。工艺系统专业根据化工工艺专业的条件和由管道材料专业提出的伴热保温管道所需伴热管的根数及其他要求,在“管道命名表说明”中写明管子的蒸汽伴热管的根数。

##### 3.0.1.4 蒸汽伴管伴热保温计算

###### (1) 设备蒸汽伴管伴热保温计算

###### a. 设备伴热管管径的选择

设备伴管的规格,通常采用  $DN15\sim DN25$  管径的管子,如果需要,也可以采用大一点的管径。

b. 设备伴管伴热经隔热后的热损失计算

(a) 保温隔热层表面至周围空气给热系数( $\alpha_0$ )

$$\alpha_0 = \alpha_r + \alpha_k \quad (3.0.1-1)$$

式中

$\alpha_0$ ——保温隔热层表面至周围空气给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_r$ ——保温隔热层的辐射传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_k$ ——对流传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

辐射传热系数( $\alpha_r$ )

$$\alpha_r = \frac{C}{t_s - t_a} \left[ \left( \frac{t_s + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_a + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (3.0.1-2)$$

式中

$t_s$ ——保温隔热层外表面温度,  $^\circ C$ ;

$t_a$ ——周围环境温度,  $^\circ C$  (室外常年运行的取历年之年平均温度的平均值, 季节性运行的取历年运行期日平均温度的平均值, 或者根据工程标准选取; 室内均取  $25^\circ C$  或者根据工程标准选取);

$C$ ——辐射系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C^4)$ 。

薄铁皮或油漆表面  $C=5.23$ , 铝板表面  $C=0.33$

对流传热系数( $\alpha_k$ )

① 在室内无风情况下

$$\alpha_k = \frac{26.38}{\sqrt{397 + t_{cp}}} \times \sqrt[4]{\frac{t_s - t_a}{D_1}} \quad (3.0.1-3)$$

式中

$t_{cp}$ ——保温隔热层的平均温度,  $^\circ C$ ;

$$t_{cp} = \frac{1}{2} (t_s + t_a)$$

$D_1$ ——保温隔热层外径, m。如果设备外形不是圆形, 则  $D_1 = \frac{P}{\pi}$ 。

式中

$P$ ——横截面的外周长, m;

$\pi$ ——圆周率 ( $\pi=3.14$ )。

其余符号说明与式(3.0.1-1)及式(3.0.1-2)相同。

② 在室外有风的情况下

若  $WD_1 < 0.8 m^2/s$



$$\text{则 } \alpha_k = 4.04 \times \frac{W^{0.618}}{D_1^{0.382}} \quad (3.0.1-4)$$

若  $WD_1 > 0.8 \text{ m}^2/\text{s}$

$$\text{则 } \alpha_k = 4.24 \times \frac{W^{0.805}}{D_1^{0.15}} \quad (3.0.1-5)$$

式中

$W$ ——风速,  $\text{m/s}$ 。隔热保温采用冬季平均风速, 隔冷保温采用夏季平均风速, 或者根据工程标准选取。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-3)相同。

③ 工程计算中, 也可用下述简便计算方法确定隔热层表面至周围空气的给热系数。

$$\text{在室内时, } \alpha'_0 = 9.76 + 0.07(t_s - t_a) \quad (3.0.1-6)$$

一般取  $t_s - t_a = 15 \sim 20^\circ\text{C}$

$$\text{在室外时, } \alpha_0 = \alpha'_0 + 6.97 \sqrt{W} \quad (3.0.1-7)$$

对于隔热或加热保护绝热结构, 一般  $\alpha'_0 = 11.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

(b) 热损失的传热系数( $K$ )

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad (3.0.1-8)$$

式中

$K$ ——热损失的传热系数,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\alpha_1$ ——设备外壁至保温隔热层内侧空隙间空气的给热系数,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , 一般工程计算中取  $\alpha_1 = 11.62 \sim 13.95 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\delta_2$ ——保温隔热层厚度,  $\text{m}$ ;

$\lambda_2$ ——保温隔热层导热系数,  $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-7)相同。

(c) 热损失的传热温差( $\Delta t$ )

保温设备内介质对外壁的传热一般忽略不计, 这样设备外壁温度( $t_w$ )与设备内工作温度( $t$ )可视为相同。

$$\Delta t = t_w - t_a = t - t_a \quad (3.0.1-9)$$

式中

$\Delta t$ ——热损失的传热温差,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_w$ ——保温设备的外壁温度,  $^\circ\text{C}$ ;

$t$ ——保温设备内的工作温度,℃。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-8)相同。

(d) 热损失的负荷( $Q$ )

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t \quad (3.0.1-10)$$

式中

$Q$ ——热损失的负荷, W;

$F$ ——设备外表面积,  $m^2$ 。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-9)相同。

c. 计算伴管长度( $L$ )

(a) 伴热管与热保温设备之间的传热系数( $K_1$ )

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_4}} \quad (3.0.1-11)$$

式中

$K_1$ ——伴热管与热保温设备之间的传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_2$ ——伴热管内蒸汽冷凝给热系数, 一般取  $11622.50 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\delta$ ——伴热管的管壁厚度, m;

$\lambda$ ——伴热管的导热系数,  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_3$ ——蒸汽伴热管至保温隔热层内空气给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_4$ ——保温隔热层内空气至被加热设备的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

$\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 的经验数据见表 3.0.1-1~2。

蒸汽伴管至保温隔热层内空气的给热系数( $\alpha_3$ ) 表 3.0.1-1

蒸汽温度 ( $t$ ) ℃	伴管的公称直径 mm			
	25	32	40	50
120	18.36	17.78	17.09	16.62
138	19.76	19.06	18.36	18.01
151	20.80	20.34	19.53	19.06
164	22.08	21.50	20.69	20.34
180	23.71	23.12	22.43	21.85

保温隔热层内空气至被加热设备的给热系数( $\alpha_4$ ) 表 3.0.1-2

蒸汽温度( $t$ ) °C	138	151	164
给热系数( $\alpha_4$ ) W/m <sup>2</sup> ·°C	13.37	13.95	14.53

(b) 伴热管与保温设备之间的传热温差( $\Delta t_1$ )

由前述可知,设备的外壁温度( $t_w$ )与设备内工作温度( $t$ )可视为相同。

$$\Delta t_1 = t_v - t_w = t_v - t \quad (3.0.1-12)$$

式中

$t_v$ ——伴热管内蒸汽的工作温度,°C。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-11)相同。

(c) 伴热管面积( $F_1$ )

$$F_1 = \frac{Q}{K_1 \cdot \Delta t_1} \quad (3.0.1-13)$$

式中符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-12)相同。

(d) 伴热管长度( $L$ )

$$L = \frac{F_1}{2\pi r} = \frac{F_1}{\pi d} \quad (3.0.1-14)$$

式中

$L$ ——伴热管长度,m;

$r$ ——伴热管外半径,m;

$d$ ——伴热管外直径,m。

其余符号说明与式(3.0.1-1)~式(3.0.1-13)相同。

d. 使用本计算方法的注意事项

(a) 上述方法适用于伴管与被保温设备壁间有空气层存在。

(b) 被保温的设备的外径(圆筒形) $>1m$ 。

(2) 设备伴热管计算举例

计算某设备的伴管长度

a. 列出已知条件

(a) 保温设备直径  $\phi 1400mm$ ,高度约为  $3000mm$ ;

(b) 设备中物料温度  $160^\circ C$ ;

(c) 按工程标准环境温度  $-10^\circ C$ ;

(d) 保温伴管直径  $d=25mm$ ,厚度  $\delta=3mm$ ;

- (e) 保温隔热层厚度 100mm;  
 (f) 冬季平均风速 7m/s;  
 (g) 饱和蒸汽温度 175℃, 压力 900kPa。

#### b. 热损失计算

##### (a) 热损失传热系数(K)

保温隔热层表面至周围空气的给热系数( $\alpha_0$ ), 由式(3.0.1-7)得:

$$\alpha_0 = \alpha'_0 + 6.97 \sqrt{W} = 11.62 + 6.97 \sqrt{7} = 30.06 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \alpha'_0 \text{ 取 } 11.62.$$

设备外壁至保温隔热层内侧空隙间空气的给热系数( $\alpha_1$ )

$$\text{取 } \alpha_1 = 11.62 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

保温隔热层的导热系数( $\lambda_2$ )

$$\lambda_2 = 0.0604 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

热损失传热系数(K)

由式(3.0.1-8)得:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{1}{30.06} + \frac{1}{11.62} + \frac{0.1}{0.0604}} \\ = 0.56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$(b) \text{ 设备的外表面积}(F) \quad F = 3.14 \times 1.4 \times 3 = 13.19 \text{ m}^2$$

##### (c) 热损失的传热温差( $\Delta t$ )

由式(3.0.1-9)得:

$$\Delta t = t_w - t_a = 160 - (-10) = 170 \text{ } ^\circ\text{C}$$

##### (d) 热损失(Q)

由式(3.0.1-10)得:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t = 0.56 \times 13.19 \times 170 = 1255.69 \text{ W}$$

#### c. 伴管长度计算

##### (a) 传热面积( $F_1$ )

##### ① 伴热管与保温设备之间的传热系数( $K_1$ )

蒸汽冷凝给热系数( $\alpha_2$ )

$$\text{取 } \alpha_2 = 11622.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

钢管导热系数  $\lambda = 46.52 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

伴热管至保温隔热层内空气给热系数( $\alpha_3$ )

查表 3.0.1-1,  $\alpha_3 = 22.08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

保温隔热层内空气至被加热设备的给热系数( $\alpha_4$ )

查表 3.0.1-2,  $\alpha_4=14.53 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , 伴管壁厚  $\delta=3\text{mm}$

伴热管与保温设备之间的传热系数( $K_1$ )

由式(3.0.1-11)得:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_4}} = \frac{1}{\frac{1}{11622.50} + \frac{0.003}{46.52} + \frac{1}{22.08} + \frac{1}{14.53}} \\ = 8.75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

② 伴热管与保温设备之间的传热温差( $\Delta t_1$ )

由式(3.0.1-12)得:

$$\Delta t_1 = t_v - t_w = 175 - 160 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

③ 传热面积( $F_1$ )

由式(3.0.1-13)得:

$$F_1 = \frac{Q}{K_1 \cdot \Delta t_1} = \frac{1255.69}{8.75 \times 15} = 9.57 \text{ m}^2$$

(b) 伴管长度( $L$ )

由式(3.0.1-14)得:

$$L = \frac{F_1}{\pi d} = \frac{9.57}{3.14 \times 0.025} = 121.91 \text{ m}$$

(3) 管道蒸汽伴管伴热保温

a. 管道伴热管管径的选择

一般情况下对工艺、公用工程管路采用  $DN15 \sim DN25$  管径的管子, 如果需要可选用直径大于  $DN25$  的伴管。

b. 管道伴热管管数的确定

管道伴热管管数与被伴热管内工艺介质的情况和工艺管道的直径有关, 应按适合本工程设计项目的要求, 由管道材料专业编制“绝热保温设计规定”, 规定绝热保温等级和有关数据, 确定管道伴热管管数。

c. 其它设计要求

输送腐蚀性或热敏性介质的管道不可与伴管直接接触, 在管道与伴管之间要加一层隔离板(如石棉纸或石棉板)。

### 3.0.2 蒸汽夹套管伴热保温

如果介质要求保温的温度较高, 并且要求各点受热均匀即控制温度较严, 采用蒸汽伴管伴热不能满足工艺介质的保温要求时, 应采用夹套伴热的形式。输送工艺物料

的凝固点等于或高于 150℃ 且需保温均匀时,一般采用蒸汽夹套管保温。蒸汽夹套管的大小按管道材料专业发表的工程“绝热保温设计规定”中的要求选择。

### 3.0.3 电伴热保温

#### 3.0.3.1 电伴热概述

电伴热是用电热来补充被伴热物体在工艺过程中所散失的热量,以维持介质温度在某一范围内。

#### 3.0.3.2 电伴热特点及适用范围

当需要保温的工艺介质温度不高(一般需维持介质温度在 30~120℃),防火防爆要求不高,或远离蒸汽源的设备、机泵、管道,可以采用电伴热保温形式。电伴热效率高,一般可达 80%~90%,还可对伴热温度进行调节,并具有施工简单、运行可靠、不需经常维修等优点,但由于电热带烧断后不易发现,且耗电量较大,所以一般不推荐使用,仅在远离蒸汽源或没有蒸汽,而又必须伴热的管道及死区段才采用电热带伴热。

#### 3.0.3.3 电伴热的种类

电伴热按其结构可分为以下六种形式。

##### (1) 恒功率电热带

该型电热带能较精确维持管道或加热体的介质温度,适用于埋敷地下或有腐蚀性气体的场合。

##### (2) 三相恒功率电热带

适用于长距离、大口径管道的加热和伴热保温。

##### (3) 自限式电热带

该型电热带的特点是能自动控制温度,使加热基本趋于热平衡。适用于介质温度低于 35℃ 的管道、阀门、泵体的防冻和保温,以及维持仪表管线的工艺温度。

##### (4) 挠性电热板

挠性电热板效率高、重量轻、安装方便、适应性强、耐热耐寒性好,既能维持容器 120℃ 的温度,又能在 -30℃ 低温时仍能保持挠性,能在户内、户外和工厂 I 区、II 区爆炸性气体场所使用。适用于油罐、槽池和容器的伴热保温。

##### (5) 高温电热带

高温电热带用于相对湿度小于 80%,无爆炸性危险场所的工业设备和实验室的罐体、管道和槽池的加热、保温,也可用于其他容器的加热,最高耐热温度近于 450℃,推荐使用小于 350℃。

##### (6) 船用电热带

船用电热带的结构与恒功率电热带、三相恒功率电热带相同,主要用于海洋船舶、海上石油钻井、平台或其它具有海洋性恶劣环境条件的爆炸性气体场合。

### 3.0.3.4 电伴热选用规定

选用电伴热产品型号,要考虑适用性、经济性、供电条件、最高维持温度、周围有无腐蚀性环境等因素。具体方法如下:

(1) 根据管道最高维持温度及偶然性的最高工作温度来选定电伴热产品的耐热等级,具体耐热等级可按生产厂产品性能定。

(2) 根据供电条件、电网负荷情况及电热带的使用长度,选择电压等级(220V或380V)。

(3) 根据不同管径或容器的单位耗散热量来确定所需电伴热产品的单位长度或单位面积上的功率(即  $W/m$  或  $W/m^2$ )。

(4) 根据不同环境(如是否埋地或有腐蚀性气体等)来确定所需电伴热产品的结构。

### 3.0.3.5 电伴热计算

(1) 电伴热热损失( $Q$ )计算

a. 当被保温管道、设备的外径小于等于  $1m$  时

$$Q = \frac{t_w - t_a}{\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1}{D_0} + \frac{1}{\pi\alpha_0 D_1}} \quad (3.0.3-1)$$

式中

$Q$ ——电伴热热损失,  $W/m$ ;

$t_w$ ——被保温管道、设备外壁温度,  $^{\circ}C$ ;

$t_a$ ——周围环境温度,  $^{\circ}C$ ;

$\lambda_2$ ——隔热层在平均温度下的导热系数,  $W/(m \cdot ^{\circ}C)$ ;

$D_1$ ——管道、设备的保温隔热层外径,  $m$ ;

$D_0$ ——被保温管道、设备的外径,  $m$ ;

$\alpha_0$ ——保温隔热层表面至周围空气的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$ 。

b. 当被保温设备为平壁及管道、圆筒型设备外径大于  $1m$  时

$$Q = \frac{t_w - t_a}{\frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_0}} \quad (3.0.3-2)$$

式中

$Q$ ——电伴热热损失,  $W/m^2$ ;

$\delta_2$ ——保温隔热层厚度, m;

其余符号说明与式(3.0.3-1)相同。

## (2) 电伴热计算举例

计算某设备电伴热热损失

### a. 已知条件

(a) 设备内介质温度为  $100^\circ\text{C}$ ;

(b) 设备外形尺寸为  $\phi 1200 \times 4000$ ;

(c) 周围环境温度为  $-5^\circ\text{C}$ ;

(d) 风速为  $10\text{m/s}$ ;

(e) 保温隔热层的厚度为  $50\text{mm}$ ;

### b. 电伴热热损失计算

保温隔热层的平均温度为  $[100 + (-5)]/2 = 47.5^\circ\text{C}$

保温隔热层的导热系数  $\lambda_2 = 0.044\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$

保温隔热层至周围空气的给热系数( $\alpha_0$ )

由式(3.0.1-7)得:

$$\alpha_0 = \alpha'_0 + 6.97 \sqrt{W} = 11.62 + 6.97 \sqrt{10} = 33.66 \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

电伴热热损失

由式(3.0.3-2)得:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{t_w - t_s}{\frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_0}} = \frac{100 - (-5)}{\frac{0.05}{0.044} + \frac{1}{33.66}} \\ &= 90.05 \quad \text{W}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

总热损失

$$\begin{aligned} Q_{\text{总}} &= F \cdot Q = (\pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi}{4} d^2) Q \\ &= (3.14 \times 1.2 \times 4 + 2 \cdot \frac{3.14}{4} \times 1.2^2) \times 90.05 \\ &= 1560.82 \quad \text{W} \end{aligned}$$

### c. 最小电热板功率 $P_{\min}$ 计算

传热效率  $\eta = 0.85 \sim 0.95$  取  $\eta = 0.86$

$$P_{\min} = \frac{Q_{\text{总}}}{\eta} = \frac{1560.82}{0.86} = 1814.91 \quad \text{W}$$

### d. 选型



根据热损失量由电伴热产品规格中选择合适的电热板或电热带。电热板或电热带的额定功率应大于或等于热损失的量。如果单个电热板或电热带不能满足要求时,可选用多个并联。

### **3.0.4 其它伴热保温**

#### **3.0.4.1 热门(THERMON)热传导法伴热**

##### **(1) 热门热传导**

热门热传导法是一种把导热胶泥(HEAT TRANSFER CEMENTS)涂敷在蒸汽(或其它加热介质)伴热管上,使蒸汽伴热管固定在工艺物料管外并与被伴热管之间产生热的通道。因此,这种伴热比普通蒸汽伴热管的热传导效率要大十倍。

一般蒸汽伴管伴热主要靠对流、辐射来传热,而热门导热胶泥传热则完全靠直接接触传导传热,它的伴热效果几乎接近夹套伴热。

##### **(2) 热门电加热**

热门电加热法是在电伴热元件外面再涂敷导热胶泥。它除具有电伴热的优点外,还具有热门热传导法的完全靠直接接触的高传热效率的优点。

#### **3.0.4.2 热水伴热保温**

当被保温介质需要的温度不太高,一般在 $90^{\circ}\text{C}$ 以下,并且要求介质在局部也不能过热,即受热均匀,又不宜采用电伴热等其他伴热时,可采用热水伴热保温。

采用热水伴热时,装置中必须设置相应的热水加热循环系统,设备的热水伴热计算方法与设备蒸汽伴热保温计算相似,但各项给热系数应按热水的情况计算。

#### **3.0.4.3 导热油伴热保温**

当被保温的介质温度较高(一般被加热介质在 $140\sim 355^{\circ}\text{C}$ 时),其它热介质伴热达不到保温的目的时,可以采用导热油(热传导液)伴热保温。导热油一般选用以石蜡烃、环烷烃和芳香烃等轻质油作为载体,采用导热油伴热保温时,装置中必须设置相应的导热油加热循环系统。设备导热油伴热保温计算方式与设备蒸汽伴热保温计算方式相似,但各项给热系数应按导热油传热情况计算。

## 4 符号说明

- $C$ ——辐射系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C^4)$ ;
- $D_1$ ——管道、设备的保温隔热层外径,  $m$ ;
- $D_0$ ——被保温管道、设备的外径,  $m$ ;
- $d$ ——伴热管外直径,  $m$ ;
- $F$ ——设备外表面积,  $m^2$ ;
- $F_1$ ——伴热管面积,  $m^2$ ;
- $K$ ——热损失的传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $K_1$ ——伴热管与热保温设备间的传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $L$ ——伴管长度,  $m$ ;
- $P$ ——横截面的外周长,  $m$ ;
- $P_{min}$ ——最小电热板功率,  $W$ ;
- $Q$ ——热损失,  $W$ ;
- $r$ ——伴热管外半径,  $m$ ;
- $t$ ——设备内工作温度,  $^\circ C$ ;
- $\Delta t$ ——热损失的传热温差,  $^\circ C$ ;
- $\Delta t_1$ ——伴热管与保温设备间的传热温差,  $^\circ C$ ;
- $t_a$ ——周围环境温度,  $^\circ C$ ;
- $t_{cp}$ ——保温隔热层的平均温度,  $^\circ C$ ;
- $t_s$ ——保温隔热层外表面温度,  $^\circ C$ ;
- $t_v$ ——蒸汽伴热管管内蒸汽的工作温度,  $^\circ C$ ;
- $t_w$ ——被保温管道、设备的外壁温度,  $^\circ C$ ;
- $W$ ——风速,  $m/s$ ;
- $\alpha_k$ ——对流传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $\alpha_0$ ——室外环境下, 保温隔热层表面至周围空气的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $\alpha'_0$ ——室内环境下, 保温隔热层表面至周围空气的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $\alpha_r$ ——辐射传热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $\alpha_1$ ——设备外壁至保温隔热层内侧空隙间空气的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;
- $\alpha_2$ ——伴热管内蒸汽冷凝的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_3$ ——蒸汽伴热管至保温隔热层内空气的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\alpha_4$ ——保温隔热层内空气至被加热设备的给热系数,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$\delta$ ——伴热管的管壁厚度,  $m$ ;

$\delta_2$ ——保温隔热层厚度,  $m$ ;

$\eta$ ——传热效率;

$\lambda$ ——伴热管的导热系数,  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

$\lambda_2$ ——保温隔热层的导热系数,  $W/(m \cdot ^\circ C)$ ;

压力——本文除注明外,均为绝对压力。