

SDGJ 59—84火力发电厂热力设备和管道保温油漆设计技术规定

水利电力部电力规划设计院

关于颁发《火力发电厂热力设备和管道保温油漆

设计技术规定SDGJ 59—84》的通知

(84)水电电规设字第3号

为适应电力工业的发展和满足设计工作的需要,我院委托西南、华北电力设计院编制了《火力发电厂热力设备和管道保温油漆设计技术规定SDGJ 59—84》,现颁发试行。

本规定正文及附件二由西南电力设计院负责编制;附件一由华北电力设计院负责编制,该院已有为TQ-16机和MZ-80B微型机编制的专用计算程序。

各单位在使用本规定过程中应注意总结经验,如发现不妥之处,请随时函告我院和西南、华北电力设计院,以便修订时考虑。

一九八四年二月十五日

第一章 总 则

第1.0.1条 适用范围:

本规定适用于火力发电厂的热力设备、管道及其附件的保温、油漆设计。

本规定不适用于汽轮机、锅炉本体的保温、油漆设计,也不适用于电气、土建部分的有关设计。

第1.0.2条 对下列情况,应按不同要求予以保温:

一、为保证良好的工作环境,外表面温度高于 50°C ,需要经常操作、维修的设备和管道一般均应保温。环境温度为 27°C 时,保护层外表面温度不应超过 50°C 。对于个别不宜保温的设备和管道,其外表面温度低于 60°C (防止烫伤运行维护人员的温度界限)时可以不保温。

二、当散热损失导致年运行费用增加时,必须从节能和经济的角度进行保温设计,保温厚度按年最小费用法确定。

三、当需要限制介质在输送过程中的温度降,以满足防堵、防冻、防结露及其他工艺要求时,必须从控制介质温度的角度进行保温设计。

第1.0.3条 对于不保温的设备、管道及其附件(包括支吊架),为了防腐和便于识别,应进行外部油漆。管道保温结构的外表面,为便于识别起见,应涂刷介质名称、表示介质性质的色环和表示介质流向的箭头。设备保温结构的外表面,只涂刷设备的名称,不必大面积涂刷油漆。

第1.0.4条 保温设计应按照《火力发电厂热力设备和管道保温材料技术条件 与检验方法》和《电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)》第九章的规定,对 保温材料的制造和施工提出要求。

第二章 保 温 厚 度

第2.0.1条 保温经济厚度按年最小费用法计算确定,计算程序见附录一。介 质在给定条件下输送时,设备和管道的保温厚度按热平衡方法计算;为保证良好 的工作环境和防止烫伤运行人员,设备和管道的保温厚度按给定的表面温度计 算。

第2.0.2条 对于下述管道不进行保温计算,保温厚度按下列数据确定:

- 一、安全阀后对空排汽管道,只需在楼面上方2m范围内保温,其保温厚度 为30~100mm。
- 二、外径等于或小于57mm的管道,保温厚度为20~70mm。

第2.0.3条 需要防止结露或防冻的低温水管道,保温厚度可为20~50mm。

第三章 保 温 材 料

第3.0.1条 保温材料除应符合第1.0.4条规定外,还必需满足下列要求:

- 一、导热系数低;
- 二、密度(容重)小;
- 三、在使用温度下性能稳定;
- 四、硬质保温材料制品必须具有一定的机械强度,耐振动;
- 五、可燃物和水分的含量小,吸水性低,对金属无腐蚀作用;
- 六、使用年限长,复用率高;
- 七、易于加工成型,便于施工。

第3.0.2条 选择保温材料时,除考虑材料的理化性能外,还应进行综合技术 经济比较。主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道应采用优质轻型保温材料。

根据节能和减少管道自重的要求及目前保温材料生产情况,保温材料的密度(容重) 和导热系数应符合**表3.0.2**的要求。

表3.0.2 对保温材料性能的要求

表 3.0.2 对保温材料性能的要求

| 管道外壁温度℃ | 保温材料性能 | |
|---------|--------------------------|-----------------------------|
| | 密度(容重) kg/m ³ | 使用温度下的导热系数 λ, kcal/ (m·h·℃) |
| 500~555 | ≤250 | ≤0.08 |
| <500 | ≤500 | ≤0.10 |

注: 1kcal/ (m·h·℃) =4.1868kJ/ (m·h·℃)。

注: 1kcal/(m·h·℃)=4.1868kJ/(m·h·℃)。

第3.0.3条 常用保温材料制品的主要性能见**表3.0.3**。

表 3.0.3 常用保温材料的性能

| 名 称 | 最高使用温度 ℃ | 密度 (容重) kg/m ³ | 导热系数方程式 kcal/ (m · h · °C) | 抗压强度 kgf/cm ² |
|----------|--------------|------------------------------|---|-----------------------------|
| 微孔硅酸钙 | 650 | 200~250 | $0.048+0.0001t_p$ | ≥ 5 |
| 岩棉和矿渣棉 | 根据成型 方式决定 | 100~150 | $0.03146-5.85571$ $\times 10^{-5}t_p+2.57857 \times 10^{-7}t_p^2*$ | |
| 水玻璃珍珠岩 | 600 | 250~300 | $0.060+0.0001t_p$ | ≥ 6 |
| 水泥珍珠岩 | 600 | 350~400 | $0.064+0.0001t_p$ | ≥ 4 |
| A 级焙烧硅藻土 | 800 | 400~500 | $0.073-0.00018t_p$ | ≥ 5 |
| 水泥蛭石 | 600 | 450~500 | $0.081-0.00017t_p$ | ≥ 4 |

注：1kgf/cm²=9.8N/cm²。

* 该方程式为密度 120kg/m³ 时的导热系数。

第3.0.4条 保温采用干砌或湿砌。干砌时用矿物纤维类材料填充，湿砌时采用保温灰浆打灰严缝。

第3.0.5条 填塞保温结构膨胀间隙或设备、管道及其附件连接处的材料，可根据保温对象外表面温度，采用高硅氧纤维(最高使用温度1000℃)、陶瓷棉(最高使用温度1100℃)、其他矿物棉类纤维及石棉制品等。

第四章 保温结构

第4.0.1条 保温结构由保温层和保护层组成。在选择保温结构型式时，应着重考虑下列原则：

一、保证保温结构在有效使用年限内的完整性，在使用过程中不允许有烧坏、腐烂、剥落等现象产生。

二、保温结构应有足够的机械强度，在自重和风、雪等附加荷载(埋地管道还包括地面运输车辆所造成的偶然荷载)的作用下不致破坏。

三、管道蠕变监察段、蠕变测点、流量测量装置、法兰、阀门、伸缩节等处的保温结构应易于拆卸。当其前、后管道的保温层外包金属保护壳时，宜采用可拆卸式保温结构。

第4.0.2条 保温层厚度较大(硬质材料制品超过100mm，矿纤材料制品超过80mm)或设备、管道外壁温度高于320℃、保温层外包金属保护壳时，应采用分层保温。分层保温时，每层的最小厚度为25mm，接缝应错开，层间和缝间不得有空穴，以减少散热损失。当采用两层时，两层厚度应大致相同。

第4.0.3条 保护层：

一、保护层结构型式应根据保护材料的供应条件、设备和管道所处的环境、保温材料等因素决定。

高温高压电厂下列设备和管道的保温层应采用金属保护壳：

(1)外径为89mm及以上的主蒸汽、中间再热蒸汽和高压给水管道，送粉管道，高、低压加热器，除氧器等；

(2)露天布置的其他主要汽水管道，烟、风道及相连的设备；

(3)可拆卸式保温结构；

(4)有特殊要求的地方(如主蒸汽管道与油管道的交叉处)。

外径28mm以上的其他管道可采用灰泥抹面保护层。

对于需要防潮的管道，还应在抹面层外加玻璃布防潮层。

二、金属保护层可选用镀锌铁皮或铝皮。镀锌铁皮厚度为0.3~0.5mm(0.3~0.35mm用于硬质保温材料的汽水管道和送粉管道，0.4~0.5mm用于设备和其他管道)；铝皮厚度为0.5~0.75mm。

三、灰泥抹面保护层宜采用水泥、硅藻土石棉粉、石灰膏等作粘结剂，珍珠岩粉等作骨料，石棉短绒和麻刀等作连接材料，按照因地制宜、就地取材的原则确定配方。微孔硅酸钙需用专用的抹面材料。

保温层外径为200mm及以下时，抹面层厚度为15mm；200mm以上时，抹面层厚度为20mm；平壁保温时，抹面层厚度为25mm。

四、玻璃布防潮层可采用聚醋酸乙烯树脂作为玻璃布与抹面间的粘合剂，玻璃布环向、纵向都要至少搭接50mm。对于水平管道，环向搭接缝宜顺管道坡向，纵向搭接缝宜置于管道两侧，缝口朝下。

第4.0.4条 外径为28mm及以下的管道，其保温结构一般为紧密缠绕单层

或多层矿纤或石棉编绳(当采用多层时，应反向回绕，缝隙错开)，在矿纤或石棉编绳外，用 ϕ 1.2mm镀锌铁丝反向绕缠加固，再外包0.1mm厚的有碱细格平纹玻璃布作保护层。

第4.0.5条 安全阀后对空排汽管道的保温结构应适当加固，以防振落。

第4.0.6条 保温材料和辅助材料的损耗附加量及施工余量可按表4.0.6考虑。

表4.0.6 保温材料和辅助材料的损耗附加量及施工余量

表 4.0.6 保温材料和辅助材料的损耗附加量及施工余量

| 材 料 名 称 | 损耗附加量及施工余量 % |
|--------------|--------------|
| 微孔硅酸钙 | 6 |
| 珍珠岩、硅藻土、蛭石制品 | 20 |
| 矿纤制品 | 15 |
| 镀锌铁皮、铝皮 | 20 |
| 玻璃丝布 | 25 |
| 铁丝、自攻螺钉 | 5 |
| 铁丝网 | 3 |

第五章 油漆和防腐

第5.0.1条 为便于识别起见，管道的色环、介质名称及介质流向箭头应按下列规定涂刷：

一、管道弯头、穿墙处及需要观察的地方，必须涂刷色环或介质名称及介质流向箭头。

二、管道的色环、介质名称及介质流向箭头的位置和形状如图5.0.1所示，图中的尺寸数值见表5.0.1。

图 5.0.1 管道的色环、介质名称及介质流向箭头的位置和形状

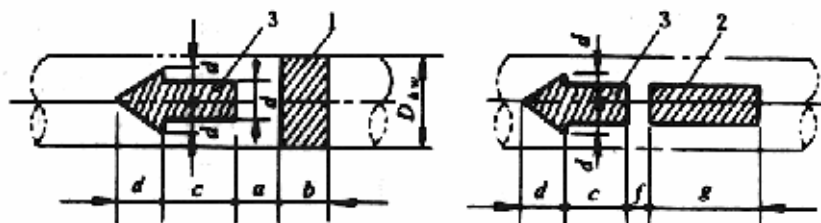


图 5.0.1 管道的色环、介质名称及介质流向箭头的位置和形状

1—色环；2—介质名称；3—介质流向箭头

1—色环；2—介质名称；3—介质流向箭头

表5.0.1 管道的色环、介质名称及介质流向箭头的位置、形状尺寸(mm)

表 5.0.1 管道的色环、介质名称及介质流向箭头的位置、形状尺寸 (mm)

| 序号 | 保温外径或防腐管道外径 D_{bw} | a | b | c | d | f | g | h |
|----|----------------------|-----|-----|---------------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| 1 | ≤ 50 | 24 | 30 | | | 45 | 100 | 20 |
| 2 | 51~100 | 28 | 30 | | | 55 | 100 | 25 |
| 3 | 101~200 | 35 | 70 | $\frac{1}{3} D_{bw} + 50$ | $\frac{1}{2} c$ | 60 | 200 | 50 |
| 4 | 201~300 | 55 | 85 | | | 80 | 200 | 70 |
| 5 | > 300 | 65 | 130 | | | 80 | 400 | 100 |

三、当介质流向有两种可能时，应标出两个方向的指示箭头。

四、文字和箭头用黑色或白色油漆涂刷。

第5.0.2条 厂内管道应按表5.0.2规定漆色。

表 5.0.2 厂内管道漆色表

| 序号 | 管道名称 | 颜色 | |
|----|------------|----|----|
| | | 底色 | 色环 |
| 1 | 上蒸汽和中间再热蒸汽 | — | 无环 |
| 2 | 抽汽和背压蒸汽 | — | 红 |
| 3 | 凝结水（低温） | — | 浅绿 |
| 4 | 凝结水（不保温） | 浅绿 | 无环 |
| 5 | 化学冲水 | 浅绿 | 白 |
| 6 | 给水 | — | 绿 |
| 7 | 疏水和排水 | — | 黄 |
| 8 | 消防水 | 红 | 无环 |
| 9 | 油 | 黄 | 无环 |
| 10 | 热网水 | — | 绿 |
| 11 | 硫酸亚铁和硫酸铜 | 绿 | 无环 |
| 12 | 盐水 | 白 | 黄 |
| 13 | 氨 | 浅绿 | 白 |
| 14 | 氢 | 黄 | 黑 |
| 15 | 联氨 | 橙黄 | 红 |
| 16 | 酸液 | 浅灰 | 绿 |
| 17 | 碱液 | 浅灰 | 黄 |
| 18 | 氢 | 绿 | 无环 |
| 19 | 空气 | 天蓝 | 无环 |
| 20 | 磷酸二钠溶液 | 绿 | 红 |
| 21 | 石灰浆 | 浅灰 | 白 |
| 22 | 过滤水 | 浅绿 | 无环 |
| 23 | 天然气及高加煤气 | 白 | 黑 |
| 24 | 原煤 | 黑 | 无环 |
| 25 | 冷风 | 浅绿 | 无环 |
| 26 | 煤粉 | — | 黑 |
| 27 | 热风 | — | 蓝 |
| 28 | 烟道 | — | 无环 |
| 29 | 氧气 | 蓝 | 红 |

续表 5.0.2

| 序号 | 管道名称 | 颜色 | |
|----|-----------------|----|----|
| | | 底色 | 色环 |
| 30 | 二氧化碳、氮气 | 浅灰 | 红 |
| 31 | 乙炔 | 白 | 红 |
| 32 | 循环水、工业水、除尘水、冲灰水 | 黑 | 无环 |

第5.0.3条 根据电厂设备、管道及其附件的防腐工艺要求和防腐涂料的性能，选用的涂刷度数与防腐层应符合下列规定：

一、不保温设备和管道的油漆与防腐：

- 1.室内的设备和管道，宜先涂刷两度防锈漆，再涂刷一度调和漆；室外的设备和管道，宜先涂刷两度云母氧化铁酚醛底漆，再涂刷两度云母氧化铁面漆。
- 2.油管道，宜先涂刷一度铁红醇酸底漆，再涂刷一度醇酸磁漆。
- 3.管沟中的管道，宜先涂刷一度防锈漆，再涂刷两度沥青漆。
- 4.埋地管道，首先应根据表5.0.3-1确定土壤腐蚀性等级和防腐等级，再按照表5.0.3-2规定，确定沥青防腐层的结构。

表 5.0.3-1 土壤腐蚀性等级及防腐等级

| 项 目 | 土 壤 腐 蚀 性 等 级 | | | | |
|--|---------------|----------|------------|-------------|--------|
| | 特 高 | 高 | 较 高 | 中 高 | 低 |
| 土壤电阻率 $\Omega \cdot m$ | <5 | 5~10 | 10~20 | 20~100 | >100 |
| 含盐量% | >0.75 | 0.1~0.75 | 0.05~0.1 | 0.01~0.05 | <0.01 |
| 含水% | 12~25 | 10~12 | 5~10 | 5 | <5 |
| 在 $\Delta V=500mV$ 时极化 电流密度 mA/cm^2 | 0.3 | 0.08~0.3 | 0.025~0.08 | 0.001~0.025 | <0.001 |
| 防 腐 等 级 | 特 加 强 | 加 强 | 加 强 | 普 通 | 普 通 |

5.水箱内壁和直径较大的循环水管道内壁，宜涂刷两度防锈漆。工业水箱、工业水管道、循环水管道外壁，宜先涂刷两度防锈漆，再涂刷两度沥青漆。

6.制造厂供应的设备(如水泵、风机)和支吊架，若油漆损坏或不协调时(如转动机械的电动机和转动装置的颜色不一致)，应再涂刷一度颜色相同或协调的油漆。

二、保温设备和管道的油漆与防腐：

1.当介质温度低于120℃时，设备和管道的表面应涂刷两度防锈漆；当介质温度高于120℃时，设备和管道的表面一般不涂刷防锈漆。

2.保温结构的保护壳以黑铁皮代用时，应在铁皮内表面涂刷两度防锈漆，铁皮外表面涂刷两度防锈漆和两度银粉漆或两度云母氧化铁酚醛底漆和两度云母氧化铁面漆。

3.除氧器水箱、疏水箱、低位水箱、生产回水箱等设备内壁宜涂刷两度汽包漆(沥青锅炉漆)；

其他设备和容器内壁的防腐方式应根据工艺要求决定。

表 5.0.3-2 埋地管道沥青防腐层结构

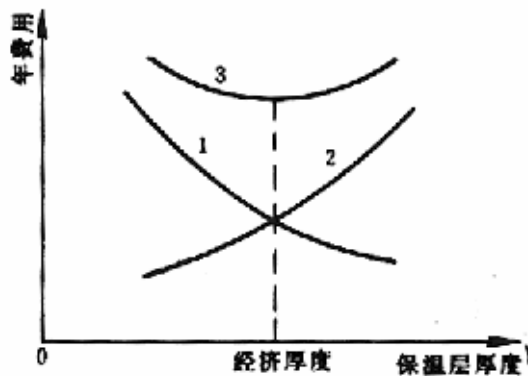
| 防腐等级 | 防腐层结构 | 每层沥青厚度 mm | 总厚度不少于 mm |
|-------|---------------------------------|-----------|-----------|
| 普通防腐 | 沥青底漆—沥青 3 层夹玻璃布 2 层—塑料布 | 2 | 6 |
| 加强防腐 | 沥青底漆—沥青 4 层夹玻璃布 3 层—塑料布 | 2 | 8 |
| 特加强防腐 | 沥青底漆—沥青 5 或 6 层夹玻璃布 4 或 5 层—塑料布 | 2 | 10 或 12 |

第5.0.4条 现场制作的支吊架，宜先涂刷两度防锈漆，再涂刷一度与制造厂 供应的支吊架颜色协调的调和漆。

平台扶梯宜先涂刷两度防锈漆，再涂刷一度调和漆，调和漆的颜色应与建筑 结构或锅炉本体平台的颜色协调。

**附录一 火力发电厂热力设备和管道
保温经济厚度计算程序使用说明**

附图1.1 保温经济厚度示意图



附图 1.1 保温经济厚度示意图

1—热损失年费用；2—保温结构投资年费用；
3—一年总费用

1—热损失年费用；2—保温结构投资年费用；3—一年总费用

一、计算原理

火力发电厂热力设备和管道保温经济厚度计算中，散热部分的计算是采用传热学的传统方式，将设备及管子本身的层热阻力忽略不计，仅考虑保温层、保护层的层热阻力和保护层表面热阻力。

当保温层的厚度已给定时，由总热阻力即可求出热损失。热损失增大，热损失年费用也增大，如附图1.1中的曲线1。然而，热损失增大，却是保温层减薄所致，因此保温结构投资年费用减小，如附图1.1中曲线2。曲线1和曲线2的和即为年总费用曲线3，该曲线的最低点(年总费用最小)相对应的保温厚度，即为所求的保温经济厚度。

1.热损失年费用计算对于管道

$$S_r = \frac{nC(t-t_0) \times 10^{-6}}{\frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{D^1}{D} + \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{D_1+2\delta_2}{D_1} + \frac{1000}{\pi(D_1+2\delta_2)\alpha}} \quad \text{元}/(\text{m} \cdot \text{a}) \quad (\text{m} \cdot \text{a}) \quad (1)$$

对于平壁，以 S'_{r} 代替 S_r ：

$$S'_{r} = \frac{nC(t-t_0) \times 10^{-6}}{\frac{\delta_1}{1000\lambda_1} + \frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}} \quad \text{元}/(\text{m} \cdot \text{a}) \quad (\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (1')$$

式中： S_r ， S'_{r} ——热损失年费用，元/(m·a)，元/(m²·a)；

式中: S_r, S'_{r} ——热损失年费用, 元/(m·a), 元/(m²·a);

λ_1, λ_2 ——保温层、保护层的导热系数, kcal/(m·h·°C), λ_2 =常数;

δ_1, δ_2 ——保温层、保护层的厚度, mm, 用金属保护壳时, $\delta_2=0$;

t ——设备、管道外表面温度, °C, 在计算中取热介质的温度;

t_0 ——周围环境温度, °C;

D ——管子外径, mm;

D_1 ——保温层外径, mm;

α ——保护层表面散热系数, kcal/(m²·h·°C);

C ——热单价, 元/×10⁶kcal;

n ——保温对象年运行小时数。

导热系数 λ_1 :

$$\lambda_1 = \lambda_0 + A \left(\frac{t + t_{B1}}{2} \right) + A_1 \left(\frac{t + t_{B1}}{2} \right)^2 \quad \text{kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (2)$$

式中: λ_0 ——保温材料导热系数的基数, kcal/(m·h·°C);

A, A_1 ——温度系数(一、二次项), 对于硬质保温材料, $A_1=0$;

t_{B1} ——保温层表面温度, °C。

对于管道:

$$t_{B1} = \left\{ \left[\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} + \frac{1000}{\pi(D_1 + 2\delta_2)\alpha} \right] t + \left(\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1}{D} \right) t_0 \right\} \div \left(\frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1}{D} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} + \frac{1000}{\pi(D_1 + 2\delta_2)\alpha} \right) \quad ^\circ\text{C} \quad (3)$$

对于平壁, 以 t'_{B1} 代替 t_{B1} :

$$t'_{B1} = \frac{\left(\frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha} \right) t + \frac{\delta_1}{1000\lambda_1} t_0}{\frac{\delta_1}{1000\lambda_1} + \frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}} \quad ^\circ\text{C} \quad (3')$$

$$\text{表面散热系数 } \alpha: \alpha = 10 + 6\sqrt{w} \text{ kcal} / (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}) \quad (4)$$

式中: w ——保温对象周围平均风速, m/s, 室内取 $w=0$ 。

$$\text{热单价 } C: C = \frac{[i_C - i_L - T_L(s_C - s_L)]C'}{i_0 - i_L - T_L(s_C - s_L)} \text{ 元} / \times 10^6 \text{ kcal} \quad (5)$$

式中: C' ——锅炉产热成本, 元/ $\times 10^6$ kcal;

i_0, i_C, i_L ——锅炉出口蒸汽、汽轮机抽汽和冷却水的焓, kcal/kg;

s_0, s_C, s_L ——锅炉出口蒸汽、汽轮机抽汽和冷却水的熵, kcal/kg · K;

T_L ——冷却水绝对温度, K。

为了校核保护层表面温度 t_{B2} 是否高于允许值, 可按下式计算:

对于管道:

$$t_{B2} = \left[\frac{1000}{\pi(D_1 + 2\delta_2)\alpha} t + \left(\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_1}{D} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \times \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} \right) t_0 \right] \div \left(\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_1}{D} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \times \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} + \ln \frac{1000}{\pi(D_1 + 2\delta_2)\alpha} \right) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

对于平壁, 以 t'_{B2} 代替 t_{B2} :

$$t'_{B1} = \frac{\left(\frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha} \right) t + \frac{\delta_1}{1000\lambda_1} t_0}{\frac{\delta_1}{1000\lambda_1} + \frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6')$$

2. 保温结构投资年费用计算

对于管道:

$$S_n = \left[\frac{\pi}{4} (D_1^2 - D^2) S_{B1} \times 10^{-6} + \pi (D_1 - \delta_2) S_{B2} \times 10^{-3} \right] K \text{ 元} / (\text{m} \cdot \text{a}) \quad (7)$$

对于平壁, 以 S'_n 代替 S_n

$$S'_B = \frac{\delta_1}{1000} S_{B1} + S_{B2} K \text{ 元} / (\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (7')$$

式中: S_B, S'_B ——保温结构投资年费用, 元/(m · a), 元/(m² · a);

S_{B1} ——保温层单价, 元/m³;

S_{B2} ——保护层单价，元/m²；

K ——保温结构投资年费用率。

3.保温经济厚度

保温对象年总费用计算：

对于管道：

$$S = S_r + S_B \quad \text{元} / (\text{m} \cdot \text{a}) \quad (8)$$

对于平壁：

$$S' = S'_r + S'_B \quad \text{元} / (\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (8')$$

为了求取保温经济厚度，将(1)或(1')式及(7)或(7')式代入(8)或(8')式，并令其导数为零，即

$$\text{管道} \quad \frac{\partial S}{\partial D_1} = 0$$

$$\text{平壁} \quad \frac{\partial S'}{\partial \delta_1} = 0$$

则得下式：

对于管道：

$$\begin{aligned} nC \times 10^{-3} &= \left\{ K \left(\frac{1}{2} S_{B1} D_1 \times 10^{-3} + S_{B2} \right) \right. \\ &\times \left. \left[\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{D_1}{D} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} + \ln \frac{1000}{(D_1 + 2\delta_2)\alpha} \right]^2 \right\} \\ &\div \left\{ (t - t_0) \times \left[\frac{1}{2\lambda_1 D_1} - \frac{2\delta_2}{\lambda_2 D_1 (D_1 + 2\delta_2)} - \frac{1000}{\alpha (D_1 + 2\delta_2)^2} \right] \right\} \\ &\quad \text{元} \cdot \text{h} / (\times 10^6 \text{ kcal}) \quad (9) \end{aligned}$$

对于平壁：

$$nC \times 10C^{-6} = \frac{\left(\frac{\delta_1}{1000\lambda_1} + \frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha} \right)^2 K S_{B1}}{(t - t_0) \frac{1}{\lambda_1}} \quad \text{元} \cdot \text{h} / (\times 10^6 \text{ kcal}) \quad (9')$$

4.热损失计算

对于管道:

$$q = \frac{t - t_0}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{D_1}{D} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{D_1 + 2\delta_2}{D_1} + \ln \frac{1000}{\pi(D_1 + 2\delta_2)\alpha}}$$

kcal/(m · h) (10)

对于平壁:

$$q = \frac{t - t_0}{\frac{\delta_1}{1000\lambda_1} + \frac{\delta_2}{1000\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}} \quad \text{kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \quad (10')$$

二、程序使用说明

根据以上计算原则,用求解非线性方程组的方法可直接求保温经济厚度。本计算程序系在TQ-16机上用ALGOL-60语言编制而成。现已移植到MZ-80B微型计算机上,实现了人机对话,屏幕显示,汉字输出的功能。现仅就程序的使用方 法举例说明如下:

(一)原始数据

本计算程序的原始数据应按附表1.1及附表1.2的格式要求填写。填写附表的注意事项是:

附表 1.1 简 单 变 量 表

附表 1.1 简单变量表

| 序号 | 名称 | 代号 | 单位 | 数值 | 备注 |
|----|------------|-------------|-------------------|--------|----------|
| 1 | ? | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 保温对象年运行小时数 | n | h/a | 8000 | |
| 2 | 保温结构投资年费用率 | K | | 0.17 | |
| 3 | 保温材料密度 | G_1 | kg/m ³ | 850 | |
| 4 | 保护层材料密度 | G_2 | kg/m ³ | 1600 | |
| 5 | 保温层单价 | S_{a1} | 元/m ² | 245 | |
| 6 | 保护层单价 | S_{a2} | 元/m ² | 4.82 | |
| 7 | 保温材料导热系数基数 | λ_0 | kcal/(m·h·°C) | 0.064 | |
| 8 | 湿度系数(一次项) | A | | 0.0001 | |
| 9 | 湿度系数(二次项) | A_1 | | 0 | |
| 10 | 保护层厚度 | δ_2 | mm | 20 | 金属保护壳填充管 |
| 11 | 周围环境湿度 | t_c | °C | 20 | |
| 12 | 保温对象周围平均风速 | W | m/s | 0 | 室内管道填充管 |
| 13 | 保护层导热系数 | λ_c | kcal/(m·h·°C) | 0.2 | |
| 14 | 计算管道根数 | N | 根 | 9 | |

附表 1.2 数组表

| 管子外径 D mm | 热介质温度 t °C | 热单价 C 元/ $\times 10^6$ kcal | 管子长度 L m |
|----------------|-----------------|----------------------------------|---------------|
| 355.6 | 540 | 9.98 | 150 |
| 508 | 540 | 9.01 | 100 |
| 159 | 320 | 6.37 | 80 |
| 325 | 450 | 9.64 | 120 |
| 159 | 100 | 5 | 50 |
| 2020 | 320 | 6.37 | 1 |
| 426 | 110 | 5 | 60 |
| 508 | 540 | 0 | 100 |
| 2020 | 320 | 0 | 1 |

- 注：(1) 表中行数系管子根数，本例是 9 根管。
 (2) 凡管子外径大于 2000mm，程序自动按平壁计算有关数据。
 (3) 热单价填零时，则按表面温度不超过 50°C 计算有关数据。

注：(1)表中行数系管子根数，本例是9根管。

(2)凡管子外径大于2000mm，程序自动按平壁计算有关数据。

(3)热单价填零时，则按表面温度不超过50℃计算有关数据。

(1)各项数据必须按表列的单位填写；

(2)附表1.1为简单变量，附表1.2为数组；

(3)表列各项必须填满。

(二)TQ-16机数据书写、穿孔及上机操作

1.数据书写及穿孔

本程序原始数据采用N格式输入，按十进制形式书写。这种格式的数据，根据华北电力设计院TQ-16机的编译功能，采用下列两种类型：

(1)BS型(分段型)数据

这种类型的数据要分成几个数据段。前面的简单变量作为一个数据段。后面的每一个数组各为一个数据段。因此，本程序原始数据要写五个数据段。各数据段中的数据之间用逗号隔开，最末一个数据之后要书写分号及15个逻辑乘 $\wedge \wedge \wedge \dots$ ，在各数据段首末加6*6*，作为起止符合。头一个数据段之前和末一个数据段之后各空两格，数据段之间空半格。

(2)ZN型(紧缩型)数据

ZN型数据一律用八单位纸带穿孔。它不需要分段，程序中所有输入数据严格按上面填写的顺序列在一起，构成一个数据段。这种类型的数据还可采用下面三种缩写形式：

1)数据连续相同时的缩写形式

<数据>(<重复个数>)

例如：有五个连续相同的数据540, 540, 540, 540, 540, 可缩写成 540(5)。

2)数据连续等差时的缩写形式

<等差首项>(<等差数据个数>, <步长>)。

例如：对五个连续的数据20, 18, 16, 14, 12, 可缩写成20(5, -2)。

3)数据连续相同段的缩写形式

<重复次数> [<数据重复段>]。

例如：对三个连续相同的数据段50, 100, 150, 50, 100, 150, 50, 100, 150, 可缩写成3 [50, 100, 150]。

数组表(附表1.2)的数据输入顺序是先列后行(横行竖列)。

2.上机操作

输入命令主要靠电传，基本操作是：

(1)将源程序纸带置于某台光电机上，并在控制台上拨好相应的光电机选台板 键，将输入方式板键打向八单位方向，依照顺序按“停机”、“置零”、“启动”按钮，由电传印出DDGZ(等待工作)。

(2)发布编译命令：

BX FY

命令执行，源程序输入。编译结束，印出BYJS(编译结束)。

(3)将数据纸带置于同一台光电机上，根据数据穿孔类型采取不同命令：

1)采用BS型数据时，发布命令BS。

2)采用ZN型数据时，发布命令ZN。

当发布ZN命令后，一俟数据输入完毕，即由八十行输出打字机输出已输入 的数据，并由电传印出SJJS(数检结束)，停机。按“启动”按钮，继续运行。

(三)MZ-80B微型机数据输入及上机操作

(1)打开软盘驱动器，将软盘放入1号软盘驱动器，接通电源，则屏幕显示如 附表1.3。

附表1.3 MZ-80B微型机屏幕显示

附表 1-3 MZ-80B 微型机屏幕显示

| |
|---|
| * * MONTTOR SB-1510 * * |
| BASIC interpreter SB-6510 COPY right 1981 by SHARP |
| 38636 Bytes Ready |

(2)发布命令DIR(或按动能键F7)，则屏幕显示本软盘的文件索引。

(3)本程序文件名是：“BWJJS”

发布命令LOAD “BWJJS”，则程序调入内存。

(4)将附表1.1及附表1.2的原始数据从4000语句开始DATA格式输入。数组 表（附表1.2）的输入顺序是先行（横行竖列）。

(5)发布命令RUN “BWJJS”，则程序执行。

(四)计算结果表

根据附表1.1及附表1.2所列原始数据进行计算，结果如附表1.4。

附表1.4 保温经济厚度计算结果表

附表 1.4 保温经济厚度计算结果表

| 管道 外径 mm | 温度 ℃ | 热价 元/ $\times 10^8$ kcal | 长 度 m | 保温层 厚 度 mm | 表面 温度 ℃ | 热损失 kcal/(m·h), kcal/(m ² ·h) | 保温层 体 积 m ³ | 保护层 体 积 m ³ | 表面积 m ² | 保温结构 重 量 kg/m, kg/m ² |
|----------------|---------|-----------------------------|----------|------------------|---------------|--|------------------------------|------------------------------|-----------------------|--|
| 355.6 | 540 | 9.98 | 150 | 190 | 36.19 | 394.35 | 48.85 | 7.121 | 365.49 | 161.46 |
| 508 | 540 | 9.01 | 100 | 200 | 36.56 | 493.07 | 44.49 | 5.83 | 297.82 | 214.01 |
| 159 | 320 | 6.37 | 80 | 100 | 33.78 | 172.75 | 6.51 | 1.905 | 100.28 | 52.29 |
| 325 | 450 | 9.64 | 120 | 170 | 34.14 | 313.21 | 31.72 | 5.164 | 265.78 | 135.57 |

续附表 1.4

| 管道 外径 mm | 温度 ℃ | 热价 元/ $\times 10^8$ kcal | 长 度 m | 保温层 厚 度 mm | 表面 温度 ℃ | 热损失 kcal/(m·h), kcal/(m ² ·h) | 保温层 体 积 m ³ | 保护层 体 积 m ³ | 表面积 m ² | 保温结构 重 量 kg/m, kg/m ² |
|----------------|---------|-----------------------------|----------|------------------|---------------|--|------------------------------|------------------------------|-----------------------|--|
| 159 | 100 | 5 | 50 | 40 | 27.92 | 69.38 | 1.25 | 0.813 | 43.83 | 25.03 |
| 2020 | 320 | 6.37 | 1 | 160 | 33.9 | 138.98 | 0.16 | 0.02 | 1 | 76 |
| 426 | 110 | 5 | 60 | 50 | 28.66 | 153.92 | 4.49 | 2.058 | 106.69 | 60.48 |
| 508 | 540 | 0 | 100 | 150 | 49.48 | 598.92 | 31.01 | 5.202 | 266.41 | 160.55 |
| 2020 | 320 | 0 | 1 | 90 | 49.96 | 229.62 | 0.09 | 0.02 | 1 | 51.5 |
| | | | | | | | 168.56 | 28.136 | 1448.3 | |

注：表中末行的三个数值分别为保温层体积、保护层体积、表面积的计算值，供统计保温工程量时使用。

注：表中末行的三个数值分别为保温层体积、保护层体积、表面积的计算值，供统计保温工程量时使用。

附录二 保温经济厚度计算程序参考数据

在进行保温经济厚度计算时，应根据工程具体条件合理地确定有关数据。如果某些数据难以确定时，可参考本附录所列的数据。

一、简单变量

1. 保温对象年运行小时数n(h/a)

| | |
|---------|------|
| 全年运行的管道 | 8000 |
| 采暖管道 | |
| 东北地区 | 4000 |
| 华北地区 | 3000 |

2.保温结构投资年费用率K

在技术经济比较方法未统一前，投资年费用率暂取0.17。

3.保温材料密度(容重) G_1 (kg/m³)

| | |
|---------|---------|
| 微孔硅酸钙 | 200~250 |
| 岩棉和矿渣棉 | 100~150 |
| 水玻璃珍珠岩 | 250~300 |
| 水泥珍珠岩 | 350~400 |
| A级焙烧硅藻土 | 400~500 |
| 水泥蛭石 | 450~500 |

4.保护层材料密度 G_2 (kg/m³)

| | |
|----------|--------------|
| 灰泥抹面保护层 | 1000 |
| 镀锌铁皮保护层 | 7850 |
| 铝或铝合金保护层 | 2850(以LC4为准) |

5.保温材料单价 S_{B1} (元/m³)

由电力局颁发的装置性材料预算价格加上安装费用得出。

预算价格包括保温材料的出厂价格、运杂费并考虑安装运输中的损耗率后得出。运杂费包括材料由产地或发货地点运到发电工程现场仓库的运输费、采购费、供销部门手续费以及包装费等。

安装费用(元/m³):

| | |
|-----------|------|
| 设备 | |
| 5万kW以下机组 | 67.9 |
| 5~30万kW机组 | 61.7 |
| 管道 | 73.4 |

6.保护层单价 S_{B2} (元/m²)

灰泥抹面保护层

| | |
|----|------|
| 设备 | 4.57 |
| 管道 | 4.82 |

镀锌铁皮保护层

| | |
|----|------|
| 设备 | 7.58 |
|----|------|

管道 7.84

7.保温材料导热系数基数 λ_0 [kcal/(m·h·°C)]

| | |
|---------|---------|
| 微孔硅酸钙 | 0.048 |
| 岩棉和矿渣棉 | 0.03146 |
| 水玻璃珍珠岩 | 0.060 |
| 水泥珍珠岩 | 0.064 |
| A级焙烧硅藻土 | 0.073 |
| 水泥蛭石 | 0.081 |

8.温度系数(一次项)A

| | |
|---------|--------------------------|
| 微孔硅酸钙 | 0.0001 |
| 岩棉和矿渣棉 | 5.85571×10^{-5} |
| 水玻璃珍珠岩 | 0.0001 |
| 水泥珍珠岩 | 0.0001 |
| A级焙烧硅藻土 | 0.00018 |
| 水泥蛭石 | 0.00017 |

9.温度系数(二次项) A_1

| | |
|--------|--------------------------|
| 岩棉和矿渣棉 | 2.57857×10^{-7} |
| 硬质保温材料 | 0 |

10.保护层厚度 δ_2 (mm)

镀锌铁皮保护层厚度忽略不计，填零。

灰泥抹面保护层厚度(mm):

| | |
|---------------|----|
| 保温层外径200mm及以下 | 15 |
| 保温层外径200mm以上 | 20 |
| 平壁 | 25 |

11.周围环境温度 t_0 (°C)

全年运行的管道采用各地区年平均温度，采暖管道采用各地区采暖季节的平均温度。

(1)室内架空敷设

| | |
|---------|----|
| 全年运行的管道 | 20 |
| 采暖管道 | 16 |

(2)室外架空敷设

东北地区 4(全年运行的管道)

-10(采暖管道)

华北地区 12(全年运行的管道)

-2(采暖管道)

南方地区 16(全年运行的管道)

(3)通行地沟及半通行地沟 40

(4)不通行地沟 50

12.保温对象周围平均风速W(m/s)

室内保温对象周围平均风速填零。

室外保温对象，全年运行管道采用冬季和夏季平均风速的平均值或全年平均风速，采暖管道采用采暖季节的平均风速。

13.保护层导热系数 λ_2 [kcal/(m·h·°C)]

灰泥抹面保护层 0.2

镀锌铁皮保护层, 39

铝或铝合金保护层 175

二、数组中的热单价C [1:GS] (元/×10⁶ kcal)

热单价首先取决于锅炉的产热成本。锅炉产热成本包括燃料费用、锅炉设备费用的折旧率、管理费等，应根据工程具体条件计算确定。当缺乏资料时，可按 15元/×10⁶kcal取值。

为简化计算起见，对损失的热量可以不用火用值按质论价，而根据介质在电厂热力过程中的特点将保温划分为三类：

(1)热单价100%锅炉产热成本计算的有：

锅炉房内除了烟道、除尘器、引风机外的全部保温对象；

汽机房内利用新蒸汽工作的设备和管道、再热汽蒸汽管道、高压加热器以后的给水设备和管道。

(2)热单价按70%锅炉产热成本算的有：

抽汽、疏水、凝结水、高压加热器以前给水管以及厂用饱和蒸汽管道等；

给水泵、水泵、补给水泵、排污泵、排水泵和热网水泵等；

除氧器、给水箱、蒸发器、冷却器、加热器、抽汽器、分离器等。

利用调节和不调节抽汽工作的他设备和管道。

(3)热单价按零计算的有：

烟道、除尘器、引风机和到凝汽器的汽水管。

