

采暖散热器 专业技术培训教材

中国建筑金属结构协会 编
采暖散热器委员会

1987 沈 阳

86.3632

8705841

采暖散热器 专业技术培训教材

中国建筑金属结构协会
采暖散热器委员会 编

国家标准“暖卫施工规范管理组”发行

1987·9 沈阳

前 言

为了提高采暖散热器行业广大职工的技术水平，推动散热器标准的贯彻，改进现有生产工艺和产品质量，我们组织力量针对本行业的生产急需和较普遍存在生产工艺落后、技术力量薄弱和职工技术素质差等特点，编写了这本《采暖散热器专业技术培训教材》，供各地举办专业技术培训班用，也可供建筑设计、科研、施工及大专院校等单位参考。

本教材的第一篇传热学基础由董重成主编、第二篇灰铸铁散热器由胡必俊主编、第三篇钢制柱型散热器由于林凯主编。校对有西亚庚、勾宪明、刘玉阶。最后经郑金峰、张新明校审定稿。

在编写过程中，由于时间水平所限，缺点错误在所难免，敬请广大读者提出改进意见，以利再版订正。

中国建筑金属结构协会

采 暖 散 热 器 委 员 会

目 录

第一篇 传热学基础

引 言	1
第一章 稳定导热	5
第一节 导热的基本定律	5
第二节 导热系数	7
第三节 平壁的导热	8
第四节 圆筒壁的导热	12
第五节 肋壁的导热	18
第六节 接触热阻	29
第二章 对流换热	34
第一节 边界层及其影响因素	35
第二节 流体自由流动时的放热	44
第三节 流体受迫流动时的放热	52
第四节 沸腾与凝结时的放热	69
第三章 热辐射	80
第一节 基本概念	80
第二节 基本定律	83
第三节 物体间辐射换热计算	88
第四章 稳定传热	106
第一节 复合换热	106
第二节 通过平壁圆筒壁的稳定传热计算	110

第三节	通过肋壁的传热计算	117
第四节	增强传热	121
第五章	散热器热工性能测试	127
第一节	实验原理和内容	127
第二节	数据整理及热工性能检测报告	129
第三节	散热器各项技术参数	131
附 录		137

第二篇 灰铸铁散热器

引 言	149
第一章 概述.....	150
第一节 采暖散热器类型.....	150
第二节 灰铸铁散热器的特点.....	156
第三节 国内状况.....	158
第四节 灰铸铁散热器工艺分析.....	159
第五节 灰铸铁散热器生产工艺简介.....	163
第二章 造型.....	164
第一节 型砂.....	164
第二节 模样.....	175
第三节 砂箱.....	178
第四节 芯撑.....	180
第五节 造型.....	181
第三章 制芯.....	186
第一节 芯砂.....	186
第二节 芯盒.....	190
第三节 制芯.....	192
第四节 烘芯.....	194

第四章 熔炼、浇注	198
第一节 铸铁	198
第二节 焦炭	205
第三节 炉料	207
第四节 熔炉	208
第五节 冲天炉附属设备	212
第六节 冲天炉工作原理	216
第七节 铁水温度控制	218
第八节 熔炼化学成份变化	223
第九节 配料计算	229
第十节 冲天炉操作	232
第十一节 熔炼故障及预防	238
第十二节 下芯、合型	243
第十三节 浇注	245
第五章 落砂、清理	250
第一节 落砂	250
第二节 清理	253
第六章 水压试验	257
第一节 水压试验要求	257
第二节 水压试验设备	258
第三节 水压试验操作	261
第七章 铸件缺陷及修补	263
第一节 铸件质量要求	263
第二节 铸件缺陷分析	264
第三节 铸件缺陷修补	286
第八章 机械加工	289
第一节 技术要求	289

第二节 镗孔 (铣口)	291
第三节 攻丝	303

第三篇 钢制柱型散热器工艺学

第一章 绪论	315
第一节 钢制散热器的工艺特点	315
第二节 钢制散热器的工艺流程	315
第二章 毛坯准备	316
第一节 钢制散热器的材料	316
第二节 材料检验	317
第三节 酸洗	318
第四节 剪切	318
第三章 冲压工艺	321
第一节 冲裁	322
第二节 弯曲	333
第三节 拉伸	340
第四章 冲压模具	354
第一节 冲模结构	355
第二节 冲模零部件	357
第三节 冲模的结构要素	364
第四节 冲模常用材料与热处理	366
第五章 冲压设备	367
第一节 机械压力机	367
第二节 剪板机	376
第六章 接触焊	378
第一节 接触焊原理	378
第二节 接头的形成	381

第三节	点焊工艺.....	383
第四节	缝焊工艺.....	387
第五节	缝焊机.....	394
第六节	国外缝焊机简介.....	394
第七章	气焊、CO ₂ 保护焊.....	397
第一节	气焊工艺.....	397
第二节	焊接火焰和气焊焊接规范.....	411
第三节	二氧化碳保护焊.....	416
第四节	国外组合焊机简介.....	428

引言

凡有温度差的地方，就有热量转移现象发生，热量总是自发地由高温物体传到低温物体。由于自然界和生产过程中温度差是普遍存在的，因此，传热就成为自然界和生产领域中非常普遍的现象。传热学就是研究热量传递过程规律的一门科学。

传热学在各个工业部门应用十分广泛，对于采暖散热器，本身具有典型的传热现象。因此，若想提高、改造和发展散热器的生产就要求具备一定的传热学知识。

为了逐步认识和掌握散热器的传热规律，我们首先来分析一下常见采暖散热器的基本传热过程。热水采暖散热器的整个传热过程可分成三个阶段，如图0—1所示。（1）热水的热量先

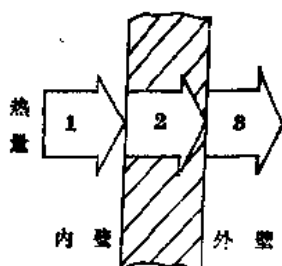


图 0—1 由内壁向外壁的传热过程

以对流换热方式传给散热器壁内侧，（2）该热量再以导热方式通过散热器壁，（3）然后由散热器壁外侧以对流和辐射换热方式传给室内。从以上例子可以看到，传热过程实际是由导热、对流和辐射三种基本传热方式组成的。因此，要了解整个传热过程的规律，必须首先掌握三种基本

传热方式的规律。

导热：导热是指物质各部分没有相对位移，只通过各部分的直接接触而发生的能量传递现象。从微观角度看，导热是依靠

物质分子、原子及自由电子等微观粒子的不断碰撞所引起的。导热可以在固体、液体及气体中发生，但是，单纯的导热只能发生在密实的固体中。因为对于液体和气体，当有温差时，将产生重力压差，由于，气体和液体具有流动性，因此，就会出现对流现象，难以维持单纯的导热。关于导热量的基本计算，可由前述散热器壁的导热来认识，即导热量与散热器壁两侧表面的温度差成正比；与壁的厚度成反比；并与制造散热器材料的导热性能有关，其数学表达式为：

$$Q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F \quad W \quad (0-1)$$

$$\text{或} \quad q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t \quad w/m^2$$

式中： λ —导热系数，它反映材料导热能力的大小，

$w/m \cdot ^\circ C$ ；

F —壁面积， m^2 ；

δ —壁厚， m ；

Δt —壁两侧表面温度差， $^\circ C$ 。

式(0—1)是导热过程的基本计算式。

对流 依靠流体的运动，把热量由一处传递到另一处的现象，称为对流。但是，采暖散热器所涉及的传热问题基本是流体与固体壁直接接触的换热，这种流体与固体壁之间的换热过程，称为对流换热。简称放热。它既包括流体的对流作用，也包括流体内的导热作用，因此，它是一个受许多因素影响的复杂过程。对流换热的基本计算式为：

$$Q = \alpha (t_l - t_b) F \quad w \quad (0-2)$$

$$\text{或} \quad q = \alpha (t_l - t_b) \quad w/m^2$$

式中： α —放热系数，它反映流体与固体壁面间的放热强度， $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。

t_b —散热器表面温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_l —流体温度， $^\circ\text{C}$ 。

辐射：依靠物体表面对外发射可见和不可见的射线在空间传递能量的现象，称为辐射。例如，散热器表面对室内环境的辐射；太阳对地球的辐射；室内火炉和墙壁、物体之间的辐射换热等。物体表面每平方米每小时对外辐射的能量称为辐射力 E ，单位是 W/m^2 ，它与表面绝对温度的四次方成比例。即：

$$E = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad \text{W}/\text{m}^2 \quad (0-3)$$

式中： C —辐射系数，由材料表面的性质及状态决定， $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ ；

T —绝对温度， K 。

必须指出，当壁面与气体之间既有对流换热，又有热辐射时，有的工程计算为便于分析，在辐射热量占比例较小时，一般把辐射热量折算成对流换热量，用相应地加大放热系数来考虑辐射的因素，如采暖计算墙表面放热系数就如此。实际上，所用数值就已经包括了辐射的因素，故又叫总放热系数。

从上述的三种换热方式看出：不同的换热方式遵循不同的换热规律，因此分别研究每一种的规律是非常必要的。但是，实际工程中的传热问题很少出现单独一种换热方式，在大多数情况下，常常是一种形式伴随着另一种形式而同时出现。

学习传热学的一个主要目的，是掌握传热过程的规律，从而认识控制传热过程的方法。因为大量的传热问题都因具体的条件不同而异，但归纳起来总不外两种类型：一是增强传热，即提高换热设备的生产能力，或使设备尺寸尽量缩小；散热器

就属于这一类；二是减弱传热即减少热损失或保持适宜的工作温度。装置散热器房间的墙体则属于这一类。

传热学的研究方法也是宏观的方法。本篇仅就采暖散热器生产使用中所需要的传热学基础知识，分别对三种换热方式进行详细介绍，并在本篇最后一章介绍散热器热工性能测试方面的内容。对于传热学一些其它内容，若感兴趣可参阅其它参考书。

第一章 稳 定 导 热

导热是指温度不同的物体各部分或温度不同的两物体直接接触而发生的热传递现象。在工程中，凡是确定热量在换热设备的器壁，肋等内部的热传递，都属于导热计算问题。

本章只讨论温度不随时间变化的稳定导热。

第一节 导热的基本定律

一、基本概念

热的传播过程和温度的分布有着不可分割的密切关系。所以，首先就必须建立起“温度场”、“等温面”和“温度梯度”的概念。

温度场：同一时刻物体各点温度分布的状况称温度场。如各点温度分布的状况只在X一个方向有变化，并不随时间而改变，此温度场就是一维稳定温度场。如果温度不仅在X方向，而且在y和z方向都有变化，则温度场为：

$$t=f(x,y,z) \quad (1-1a)$$

是三维稳定温度场。若温度场还随时间 τ 而变，

$$\text{则 } t=f(x,y,z,\tau) \quad (1-1b)$$

是三维不稳定温度场（本篇不讨论该内容）。

等温面：同一时刻温度相等的点构成的面称等温面。等温面与其它任一平面相交成一等温线。不同的等温面，可与同一平面相交，成为后一平面上一族等温线。物体的温度场可以用等温线图或等温面图来表示。

与等温面相垂直的线为热流线。

必须注意，物体内部同一点不可能同时具有二个不同的温度，故不同温度的等温面是不会相交的。

温度梯度 两等温面的温度增加率，或者说，沿等温面法线方向每米距离内温度的增加量称温度梯度。如一等温面，温度为 60°C ，距其法线一米的另一等温面温度为 100°C ，则温度梯度为：

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{100-60}{1} = 40^{\circ}\text{C}/\text{m}$$

温度梯度是一种沿等温面法线方向的向量。它的正方向是朝着温度增加的一面。负的温度梯度叫做“温度降度”。

二、付立叶定律

付立叶在实验研究导热过程的基础上提出：单位时间内传递的热量 Q 与温度梯度及垂直于导热方向的表面积 F 成正比。因

此只要把式(0—1)中的 $\frac{\Delta t}{\delta}$ 以 $(-\frac{\partial t}{\partial n})$ 代替，从而得

$$\text{出：} \quad q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad \text{w/m}^2 \quad (1-2a)$$

式(1—2a)即为导热基本定律——付立叶定律的数学表达式。

式(1—2a)用于一维稳定导热时，可写成

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad \text{w/m}^2 \quad (1-2b)$$

$$\text{或} \quad Q = -\lambda \frac{dt}{dx} \cdot F \quad \text{w} \quad (1-3)$$

付立叶定律表达式确定了热流量和温度梯度的关系。因此要确定热流量的大小，就必须知道温度梯度，亦即知道物体内部

的温度场。

导热定律是本章及本篇其他章节中分析计算的主要根据。

第二节 导 热 系 数

付立叶定律中的比例系数 λ 称为导热系数，从(1-2b)可知，对于一维稳定导热

$$\lambda = \frac{q}{t \frac{dx}{dx}} \quad \text{w/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

可见，物体的导热系数，在数值上等于每小时每平方米面积上，当物体内部温度降度为 $1^\circ\text{C}/\text{m}$ 时的导热热量。导热系数是表明物体导热能力大小的热物性参数。对于不同的物质，导热系数各不相同。各种材料的导热系数都是用实验方法测定的。

各种金属的导热系数 λ 值一般在 $2.2 \sim 420 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 范围内，我们加工散热器所用的灰铸铁和钢板的导热系数基本在 $40 \sim 60 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{C}$ 之间。但是，加工中的粘砂或使用中结水垢，其导热系数则很小，一般比铸铁或钢板小几十倍，因此，应尽量减少粘砂和水垢。

大多数纯金属的导热系数随温度的升高而减小。这是因为金属的导热是依靠自由电子的迁移和晶格的振动来实现的，而且主要是依靠前者，当温度升高时，晶格的振动加强了，这就干扰了自由电子的运动，使导热系数下降。金属的导热系数与导电率成正比。

导热系数除与温度有关外，还与湿度，容重等因素有关。但是，对于加工采暖散热器所用的材料，计算时可不考虑这些因素的影响， λ 值为常数。

一些常用金属在常温下的导热系数值，可查附录5。

第三节 平壁的导热

一、单层平壁导热

让我们来研究厚度为 δ 的单层平壁。材料的导热系数是常数，并且等于 λ 。平壁的两个外表面各维持一定温度 t_1 和 t_2 。平壁的温度沿垂直于壁面的 X 轴向发生变化。因此，这种情况下的温度场是一维的，所有等温面都是平面，并且垂直于 X 轴（如图1—1）。

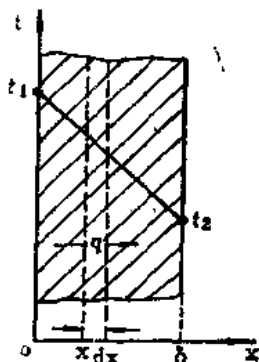


图1—1 单层平壁导热

若在壁内距离表面 X 处，以两等温面为界划分出一厚为 dx 的薄壁。根据付立叶定律（1—2b），对于这一层薄壁可以写成：

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

分离变量后，即得：

$$dt = -\frac{q}{\lambda} dx \quad (2)$$

把上式积分，就得出：

$$t = -\frac{q}{\lambda} x + c \quad (3)$$

积分常数 C 要由边界条件来确定，即： $X=0$ 时， $t=t_1$ ，把这些数值代入（3）式，我们得到： $c=t_1$ （4）

当 $X=\delta$ 时， $t=t_2$ ，所以

$$t_2 = -\frac{q}{\lambda} \delta + t_1 \quad (5)$$

（5）式可以用来求出热流量 q 的数值，即：

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (t_1 - t_2) = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t = \frac{t_1 - t_2}{\frac{\delta}{\lambda}} \text{ w/m}^2 \quad (1-4a)$$

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{\delta}{\lambda}} \cdot F \quad \text{w} \quad (1-4b)$$

由(1—4a)式可知：q、λ、δ和Δt四个量相互联系，只要知道了其中任意三个量就可以求出另一个量。

二、热阻的概念

式(1—4a)右侧的分母是厚度δ与导热系数λ的比值。那么 $\frac{\delta}{\lambda}$ 这一项有什么意义呢？它的意义可从(1—4a)的分析中认识。

将 $q = \Delta t / \frac{\delta}{\lambda}$ 同电学中的欧姆定律电流 $I = \frac{\text{电位差} \Delta E}{\text{电阻} R}$ 相比较，可以看出：热流q相当于电流I；温差Δt相当于电位差ΔE；而 $\frac{\delta}{\lambda}$ 的作用也相当于电阻R， $\frac{\delta}{\lambda}$ 是一个对热流起阻止作用的量，故称热阻，也用符号R表示。故单层平壁热阻的表达式为：

$$R\lambda = \frac{\delta}{\lambda} \quad \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/w} \quad (1-5)$$

可见，平壁的热阻Rλ与厚度成正比，与导热系数成反比。利用热阻的概念，单层平壁的导热公式可写为：

$$q = \frac{\Delta t}{R} \quad \text{w/m}^2 \quad (1-4c)$$

即在一定温差下，热阻R愈大，则热流量愈小，热阻的概念对传热问题的分析和计算有很重要的意义。