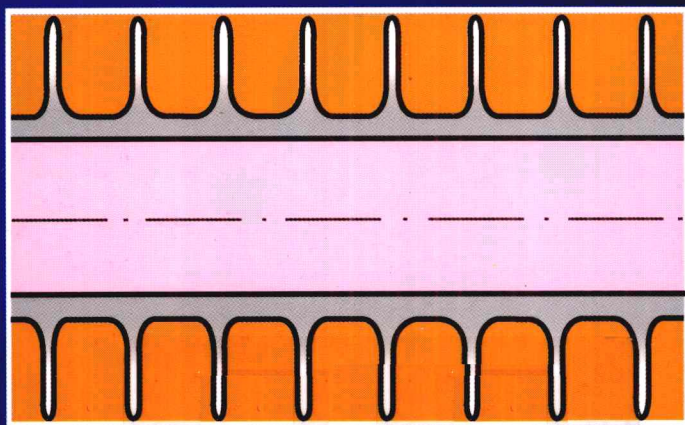


翅片管换热器的原理与设计

Theory and Design for Fin-Tube Heat Exchangers

刘纪福 编著



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

翅片管换热器的原理与设计

Theory and Design for Fin-Tube Heat Exchangers

刘纪福 编著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

翅片管由于其增强传热的优异特性而被广泛应用于多种换热器中。本书系统而详细地论述了翅片管换热器的传热原理和设计方法,并结合翅片管在热管换热器、空气冷却器、余热回收和利用、电子元件的冷却散热等领域中的应用和结构特点,推出了各具特点而又通用的设计方法,并通过大量的设计实例,阐述了传热原理在翅片管换热器设计中的应用。

本书可作为翅片管换热器的设计工具书和设计指导书,也可以作为相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

翅片管换热器的原理与设计/刘纪福编著. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-5603-3918-4

I. ①翅… II. ①刘… III. ①翅板式换热器-设计
IV. ①TQ051.502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 001042 号

策划编辑 王桂芝

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 16.25 字数 370 千字

版 次 2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3918-4

定 价 58.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

翅片管被认为是最成功最有效地增强管式换热器传热特性的技术之一,它成功地解决了管式传热元件内外两侧换热能力不匹配的难题,在换热能力较弱的一侧用增加翅片或扩展表面的办法来提高整体传热效果,可使换热器结构更紧凑、更合理、更节约。由翅片管组成的换热元件和设备已广泛应用于能源、环保、空调、电子等相关系统中。目前,已开发出多种类型、适应多种需要的翅片管和翅片管换热器,形成了一个日益壮大的产业集群。由于翅片管及翅片管换热器在学术和工业领域中的重要性,在不少相关教材和相关设计手册中都利用一定的篇幅讲述翅片管的相关内容。

本书以翅片管换热器的原理与设计为专题,重点讲述翅片管在热管换热器、空气冷却器、节能和余热回收、电子元器件的冷却散热等领域中的传热原理和设计方法,并以设计计算方法作为本书的侧重点,主要体现在:

(1)对各种类型的翅片管换热器,推出了各具特点而又通用的设计方法、设计步骤和设计公式;

(2)应用作者提出的环形翅片效率和多种型号翅片效率的简化计算方法,解决了翅片管换热器的设计难题,无需查图或查表,就可方便地进行连续计算或程序设计;

(3)提出了多个系列设计和选型设计方法,尤其在热管换热器和一般省煤器的设计中,无需按标准程序逐项计算,根据已知条件即可选择合适的型号,大大方便了设计和应用;

(4)强调翅片管换热器的变工况计算,当换热器的运行条件发生变化后,通过对换热器进行再设计,了解换热器在变工况后的运行特点;

(5)介绍了多种低温烟气的余热回收和防露点腐蚀的设计方案;

(6)将翅片管传热原理与电子元件的散热条件相结合,开发出了几种类型的电子元件散热器的设计计算方法;

(7)用大量的设计实例和设计表格说明设计细节、设计技巧和设计要点等。

由于本书系统而详细地讲述了翅片管换热器的传热原理和设计方法,并附有大量的设计例题,因此可作为翅片管换热器的设计工具书和设计指导书,也可以作为相关专业的教学参考书。

作 者
2012 年 10 月

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第 1 章 翅片管的传热原理和分类 | 1 |
| 1.1 翅片管的传热原理 | 1 |
| 1.2 翅片管的分类 | 4 |
| 1.3 翅片管换热器的结构特征..... | 11 |
| 第 2 章 翅片管换热器的传热计算 | 15 |
| 2.1 翅片管传热的基本方程..... | 15 |
| 2.2 翅片管束管外换热和阻力..... | 18 |
| 2.3 等截面直翅片的传热规律和翅片效率..... | 25 |
| 2.4 环形翅片的传热分析和翅片效率..... | 32 |
| 2.5 特种形状翅片效率的计算方法..... | 38 |
| 2.6 翅片管的管内换热..... | 46 |
| 2.7 翅片管内的凝结换热..... | 50 |
| 2.8 翅片管内的沸腾换热..... | 53 |
| 2.9 翅片管换热器的污垢热阻..... | 57 |
| 2.10 翅片管的接触热阻 | 62 |
| 2.11 翅片管换热器的传热温差 | 65 |
| 2.12 翅片管换热器的变工况计算 | 70 |
| 2.13 翅片管换热器的设计方法 | 75 |
| 第 3 章 翅片管式热管换热器 | 86 |
| 3.1 热管原理和热管换热器..... | 86 |
| 3.2 热管换热器的传热分析..... | 90 |
| 3.3 热管换热器的工质和管材的选择..... | 93 |
| 3.4 加热段和冷却段长度比的选择和充气热管..... | 98 |
| 3.5 气-气型热管换热器的设计 | 105 |
| 3.6 气-液型和气-汽型热管换热器的设计 | 112 |
| 3.7 热管换热器的系列化和选型设计 | 120 |
| 3.8 冻土热管的应用和传热分析 | 132 |
| 3.9 分离式热管换热器 | 138 |

| | |
|--|-----|
| 第 4 章 翅片管式空气冷却器 | 144 |
| 4.1 空冷器的优点和结构形式 | 144 |
| 4.2 单相流体空冷器的设计计算 | 147 |
| 4.3 冷凝冷却空冷器的设计 | 155 |
| 4.4 空冷器的变工况计算 | 162 |
| 4.5 空冷器的设计参考 | 167 |
| 第 5 章 翅片管余热回收和利用设备 | 175 |
| 5.1 翅片管省煤器的设计 | 175 |
| 5.2 H 型翅片管省煤器的设计 | 182 |
| 5.3 防露点腐蚀的翅片管省煤器 | 190 |
| 5.4 翅片管式低温空气预热器 | 203 |
| 5.5 翅片管供热系统的传热计算 | 208 |
| 5.6 应用于烘干系统中的翅片管换热器 | 213 |
| 第 6 章 电子元器件翅片式散热器 | 218 |
| 6.1 翅片基板式散热器的传热计算 | 218 |
| 6.2 热管式电子元件散热器的设计 | 225 |
| 6.3 翅片式微通道的传热计算 | 232 |
| 附录 相关物性及数据 | 242 |
| 附录 1 常用单位换算表 | 242 |
| 附录 2 干空气的热物理性质($p=1.01\times 10^5\text{Pa}$) | 243 |
| 附录 3 大气压力($p=1.01\times 10^5\text{Pa}$)下烟气的热物理性质 | 244 |
| 附录 4 饱和水的热物理性质 | 244 |
| 附录 5 干饱和水蒸气的热物理性质 | 246 |
| 附录 6 饱和氨(NH_3)物性值 | 247 |
| 附录 7 金属材料的密度、比热和导热系数 | 248 |
| 附录 8 虚变量的贝赛尔函数值 | 249 |
| 参考文献 | 250 |

第 1 章 翅片管的传热原理和分类

1.1 翅片管的传热原理

翅片管,又称鳍片管或肋片管,英文名字为 Fin-Tube 或 Finned Tube,也称 Extended Surface Tube,即扩展表面管^[1]。顾名思义,翅片管就是在原有的管子表面上增加了翅片,使原有的表面得到扩展,从而形成一种独特的传热元件。几种常见的翅片管如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 几种常见翅片管

1.1.1 翅片管的原理和作用

为什么要采用翅片管?在原有表面上增加翅片能起到什么作用?这需要从传热学的某些基本原理加以说明。

首先,根据传热学中的定义:固体表面与和它接触的流体之间的换热称为对流换热。例如,我们最熟悉的对流换热就是暖气片外表面和空气之间的换热。生活经验告诉我们:暖气片面积越大,表面温度越高,或表面温度和空气间的温差越大,则单位时间的换热量越大。为了比较不同情况下对流换热的强弱,需定义一个物理量——换热系数。换热系数是指单位换热面积、单位温差(表面和流体之间的温差)、单位时间内的对流换热量,其单位是 $\text{J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,或 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。对流换热系数常用 h 表示,其定义式为

$$h = \frac{Q}{A\Delta T} \quad (1.1.1)$$

式中, Q 为对流换热量, W ; A 为换热面积, m^2 ; ΔT 为表面温度 T_w 与流体温度 T_f 之差,

$$\Delta T = T_w - T_f \text{ 或 } \Delta T = T_f - T_w。$$

影响换热系数的因素很多,主要取决于以下几方面:

(1) 流体的种类和物理性质,例如水和空气是截然不同的,其换热系数相差甚大;此外,还和流体的流速和流动状态有关。

(2) 流体在换热过程中是否发生相变,即是否发生沸腾或凝结。若有相变发生,则其换热系数将大大提高。

(3) 换热表面的形状和结构等。

式(1.1.1)仅仅是换热系数的定义,而换热系数的数值大小主要通过实验研究确定,下面给出一组常用情况下的 h 的数值范围:

水蒸气的凝结: $h = 10\,000 \sim 20\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

水的沸腾: $h = 7\,000 \sim 10\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

水的强制对流: $h = 2\,000 \sim 5\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

空气或烟气的强制对流: $h = 30 \sim 100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

空气或烟气的自然对流: $h = 3 \sim 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

由此可见,不同情况下换热系数的差别非常大。

此外,为了理解翅片管的应用条件,还需要了解传热过程及其定义:传热是指热量从热流体经过固体间壁传给冷流体的过程。对圆管而言,传热过程既包括管内流体的对流换热过程,也包括管外流体的换热过程,还包括管壁的导热过程。传热过程的强弱和传热量的大小主要取决于间壁两侧的对流换热的特性。例如,一台用热水加热空气的换热器,热水在管内流动,空气在管外流动。热水的热量经过管壁传给管外的冷流体——空气。由此可见,传热过程与间壁两侧的两个对流换热过程紧紧地联系在一起。在上例中,假定管内水侧对流换热系数为 $5\,000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,而管外空气侧的对流换热系数为 $50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,前者是后者的 100 倍。为了说明两侧的换热过程对整个传热过程的影响,在传热学中引入了“热阻”的概念。热阻 R 的定义是传递单位热量所需要的温差,单位为 $^\circ\text{C}/\text{W}$ 或 $(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$,即

$$R = \frac{\Delta T}{Q} \quad \text{或} \quad R = \frac{\Delta T A}{Q} \quad (1.1.2)$$

事实上,传热学中的热阻与电工学中的电阻类似,根据电工学中的欧姆定律,电阻等于传递单位电流所需要的电压差,所需的电压差越大,说明电阻越大。同理,传递单位热量所需要的温差越大,则说明热阻越大。

由式(1.1.1)和式(1.1.2)可知,热阻等于换热系数的倒数,说明换热系数越大,其热阻值就越小,反之,换热系数越小,其热阻值就越大。在上例中,空气侧的换热系数小于水侧的换热系数,因而空气侧的热阻大于水侧的热阻,成为影响传热的主要热阻,使得空气侧成为传热过程的“瓶颈”,限制了传热量的提高。

为了减小空气侧热阻,克服空气侧的“瓶颈”效应,在换热器设计中,可能采取多种措施,其中,最有效的选择就是在空气侧外表面增加翅片,即采用翅片管。增加翅片使空气侧原有的换热面积得到极大的扩展,弥补了空气侧换热系数低的缺点,使传热量 Q 或热流密度 q (q 为单位面积的传热量, $q = Q/A$) 大大提高,如图 1.1.2 所示,其中图 1.1.2(a)

为加翅片之前的传热情况,图 1.1.2(b)为加翅片之后的传热情况。

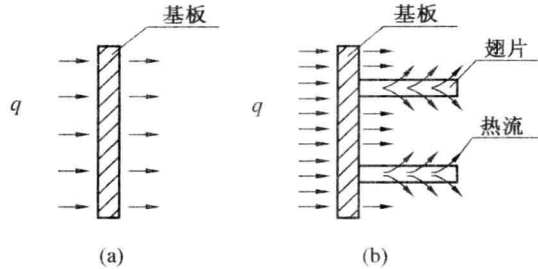


图 1.1.2 加翅片前后热流密度的变化

关于加装翅片的作用还可以用下面两个形象的比喻来说明:

比喻 1 大河里的水需要向农田灌溉,但连接农田的水渠太少,水流量不足。为了增加水流量,最有效的办法是多开几个水渠。这与加装翅片的原理是一样的。

比喻 2 在一个边境口岸的出入境处,假定甲方口岸有 10 个检验口,每小时能放行 500 人,而乙方口岸只有一个检验口,每小时只能放行 50 人。这样,乙方口岸就成了旅客通关的“瓶颈”,使得甲方口岸的“能力”不能发挥。为了提高通关流量,最有效的办法就是在乙方口岸多开几个检验口。这与加装翅片的原理也是一样的。

1.1.2 翅片管的应用场合

在了解了翅片管的原理和作用以后,如何选用翅片管,依据下面几个原则:

(1)管子两侧的换热系数如果相差很大,则应该在换热系数小的一侧加装翅片。

例如,锅炉省煤器,管内走水,管外流烟气,烟气侧应加装翅片;空气冷却器,管内走液体,管外流空气,翅片应加在空气侧;蒸汽发生器,管内是沸腾的水,管外走烟气,翅片应加在烟气侧。

注意,在设计时,应尽量将换热系数小的一侧放在管外,以便于加装翅片。

(2)如管子两侧的换热系数都很小,为了强化传热,应在两侧同时加装翅片。若结构上有困难,则两侧可都不加装翅片。在这种情况下,若只在一侧加装翅片,对传热量的增加是不会有明显效果的。

例如,传统的管式空气预热器,管内走空气,管外走烟气。因为是气体对气体的换热,两侧的换热系数都很低,管内加翅片又很困难,可直接采用光管。

热管式空气预热器,虽然仍是烟气加热空气,但因烟气和空气都是在管外流动,故烟气侧和空气侧都可方便地采用翅片管,使传热量大大增加。

(3)如果管子两侧的换热系数都很大,则没有必要采用翅片管。

例如,水/水换热器,用热水加热冷水时,两侧换热系数都足够高,就没有必要采用翅片管了。但为了进一步增强传热,可采用螺纹管或波纹管代替光管。

又例如,发电厂冷凝器,管外是水蒸气的凝结,管内走水,两侧的换热系数都很高,一般情况下,无需采用翅片管。

综上所述,翅片管的有效应用场合有:

①传热过程中,两侧流体的换热热阻不对称,一侧热阻大,一侧热阻小,在热阻大的一侧应采用翅片管。

②传热过程中,如果两侧流体的换热热阻都很大,可创造条件,在两侧采用某种形式的扩展表面。

③在某些特殊的传热场合,如电子器件的冷却中,热量不是由热流体传给冷流体,而是由固态的发热元件传给冷流体,在冷流体侧可采用带翅片的传热元件。

总之,在需要增强换热、减少热阻的场合都可以应用翅片管。

目前,翅片管和翅片管换热器已得到广泛应用,已开发出各种不同的翅片结构和应用形式。在几乎所有的相关文献中(例如,从文献[1]~[19]),都有关于翅片管和翅片管换热器的论述。翅片管的制造工艺不断完善,相关产业日益扩大。翅片管对增强传热的功能得到广泛认可,并给予高度评价,正如文献[2]指出的:“翅片管式换热器是人们在改进管式换热器的过程中最早也是最成功的发现之一。直到目前,这一方法仍是所有管式换热器强化传热方法中应用得最为广泛的一种。”

1.2 翅片管的分类

随着翅片管应用领域的不断扩大,翅片管的种类和规格日益增多。为了便于翅片管换热器的设计和生产,需要将翅片管进行分类。从用途和结构的结合上对翅片管进行分类,大致可分为四种类型:与空气换热的翅片管,与烟气换热的翅片管,与有机介质或制冷剂换热的翅片管和用于电器元件散热的翅片管。

下面分别对上述各类翅片管进行说明和讨论。

1.2.1 与空气换热的翅片管

空气是与人类接触最密切的气体,是在能源、环保等领域最重要的一种换热介质,也是翅片管换热器中应用最广的换热介质。与空气换热的翅片管,在结构选择上应考虑下列特点:

①空气是比较干净的流体,大多数情况下不含灰尘和杂质,不易对传热表面造成积灰和腐蚀。

②空气温度和湿度受当地气候条件或工作环境的影响很大。

③空气流经翅片管时的温度变化范围一般在 $-30 \sim 150$ ℃之间。

④因空气侧没有积灰和腐蚀,因而多采用铝翅片,且节距很小,翅化比较高,在 $15 \sim 25$ 之间,也有时采用钢翅片。

⑤根据管内流体的种类、换热特点及温度和压力情况,基管可采用碳钢管,不锈钢管,也可采用有色金属管。

⑥翅片与基管的结合工艺:当基管和翅片都为铝材时,有单金属整体轧制翅片管;当基管为钢、翅片为铝时,有双金属轧制翅片管、张力缠绕翅片管和L型翅片管。上述翅片管都是在圆形基管外面加工上环形翅片。此外,还有板式翅片管、椭圆形翅片管等。

与空气换热的翅片管的应用领域主要有:发电厂用空气冷凝冷却器;炼油厂各种油品

的空气冷凝冷却器;提供烘干用热风的空气加热器;制冷空调系统的冷风机和热风机;供暖用热风幕,热风器;电子设备散热器。

与空气换热的翅片管的主要结构形式介绍如下。

1. 双金属复合轧制翅片管

双金属复合轧制翅片管如图 1.2.1,图 1.2.2 所示,是目前应用最广的与空气换热的翅片管。双金属复合轧制翅片管的制造工艺是:首先将一定厚度的铝管紧套在基管上,然后用轧片机床将铝管轧制成螺旋形翅片,从而形成结构紧密的双金属复合轧制翅片管。

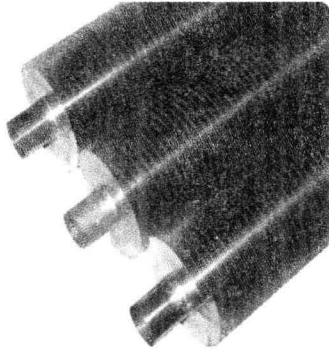


图 1.2.1 碳钢-铝复合轧制翅片管

这种翅片管的优点是:接触热阻小,结构可靠,寿命长;翅片表面光滑,基管与换热介质完全隔离,不易结垢,易于清洗,能长期保持良好的传热性能。基管的材质可选用碳钢、不锈钢、钛、紫铜等。该种翅片管广泛用于空冷、空调、电站、石油、化工等与空气换热的各种设备中。

双金属复合轧制翅片管的结构如图 1.2.3 所示,其技术参数为:换热管长度为 1.0~3.0 m,翅片节距为 2.3~8 mm,翅片高度为 9~16 mm,基管外径为 16~38 mm,工作温度小于 280 ℃;工作压力小于 3.2 MPa。

一组双金属复合轧制翅片管的规格见表 1.2.1。

表 1.2.1 双金属复合轧制翅片管的规格

| 序号 | 基管外径/mm | 翅片节距/mm | 翅片外径/mm | 翅片根径/mm | 翅片厚/mm | 翅化比 |
|----|---------|---------|---------|---------|--------|------|
| 1 | φ19 | 2.8 | φ44 | φ20.4 | 0.38 | 15.5 |
| 2 | φ20 | 2.8 | φ35 | φ21.3 | 0.30 | 11.9 |
| 3 | φ22 | 2.3 | φ44 | φ23.5 | 0.43 | 14.9 |
| 4 | φ25 | 2.8 | φ50 | φ26.4 | 0.38 | 16.9 |
| 5 | φ32 | 2.8 | φ64 | φ33.4 | 0.38 | 17.3 |
| 6 | φ38 | 2.5 | φ70 | φ39.5 | 0.43 | 18.7 |

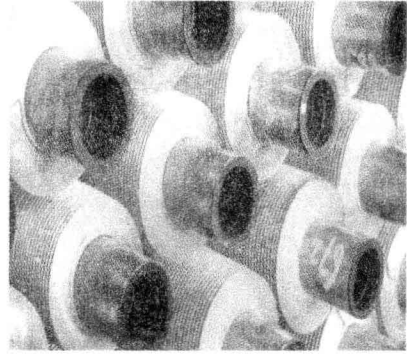


图 1.2.2 不锈钢-铝复合轧制翅片管

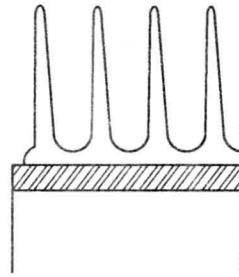


图 1.2.3 双金属复合轧制翅片管结构

2. 整体轧制铝翅片管

整体轧制铝翅片管是由厚壁铝管轧制而成,如图 1.2.4 所示。翅片与基管为一体,没有接触热阻,传热效率高。但由于基管是铝,强度较低,且不适于焊接。整体轧制铝翅片管适用于管内介质的压力和温度较低情况下的换热。

3. L 型翅片管

L 型翅片管是一种套装型翅片管,将带 L 弯边的环形翅片套装在基管外表面上,如图 1.2.5 所示。为了减少接触热阻,翅片和基管之间要保持过盈紧密配合,也可以对加工后的外表面作镀锌处理。

L 型翅片管加工简单,是一种有长久应用历史的翅片管,但由于加工效率较低,长期运行会造成翅片的松动,接触热阻变大,故已逐渐被整体轧制翅片管代替。

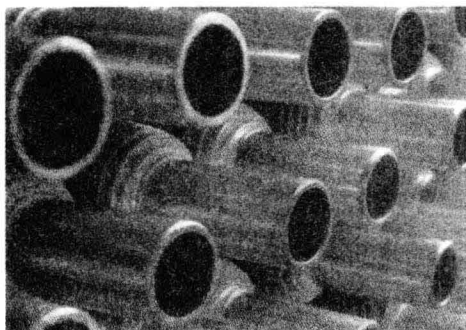


图 1.2.4 整体轧制铝翅片管

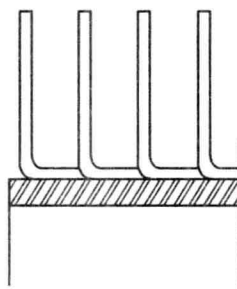


图 1.2.5 L 型翅片管

4. 板式翅片管

板式翅片管的翅片为一整体平板。基管插入平板上的管孔后,经过胀管和表面镀锌处理而与平板紧密接触。在冷风机的应用中,基管为 $\phi 16$ mm 左右的铜管,翅片由铝板制成,如图 1.2.6 所示。为了防止冷风中的凝结水在管面结冰而堵塞空气通道,一般采用顺排方案,并选用较大的翅片节距。

此外,具有独立的方形或矩形板状翅片的翅片管也属于板式翅片管的范畴。

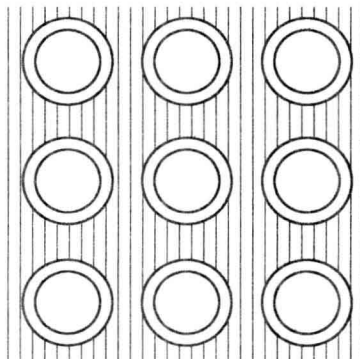
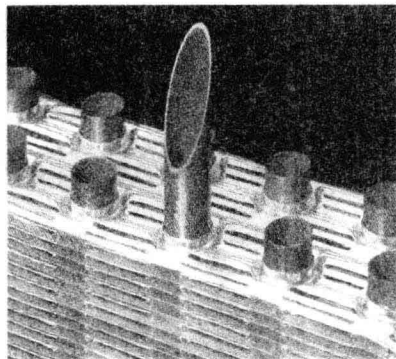


图 1.2.6 板式翅片管

1.2.2 与烟气换热的翅片管

翅片管在烟气中的换热环境与在空气中的换热环境相比有很大差别,它面对的是烟气的高温、腐蚀和积灰。因而,与烟气换热的翅片管在材质的选取、结构和形式上必须有相应的措施:

①基管和翅片都须采用高强度的重金属,如碳钢、不锈钢或耐腐蚀钢。

②基管和翅片必须加工在一起,成为一体部件。一般采用焊接工艺将二者焊接在一起,或采用整体轧制,在基管上直接轧出翅片。

③翅片的厚度一般在1~3 mm之间,翅片节距也较大,一般在5~10 mm之间,在特殊情况下,达20~30 mm。此外,翅片高度也不宜太高,一般为15 mm左右。在上述情况下,翅化比在5~10之间。

与烟气换热的翅片管主要应用于电站锅炉,供暖锅炉,工业锅炉的翅片管省煤器,热管式空预器,余热锅炉以及钢铁、石化、化工及各种工业炉的余热回收系统中。与烟气换热的翅片管种类很多,下面分别介绍6种类型:高频焊螺旋翅片管,整体型钢质螺旋翅片管,H型翅片管,开齿型翅片管,钉头翅片管和纵向翅片管。

1. 高频焊螺旋翅片管

高频焊螺旋翅片管是采用高频焊工艺将基管和管面上旋转的带状翅片焊接在一起而形成的螺旋环形翅片管。由于其生产效率高、传热性能好而被广泛采用,是目前应用最广的翅片管之一。高频焊螺旋翅片管的结构如图1.2.7所示。

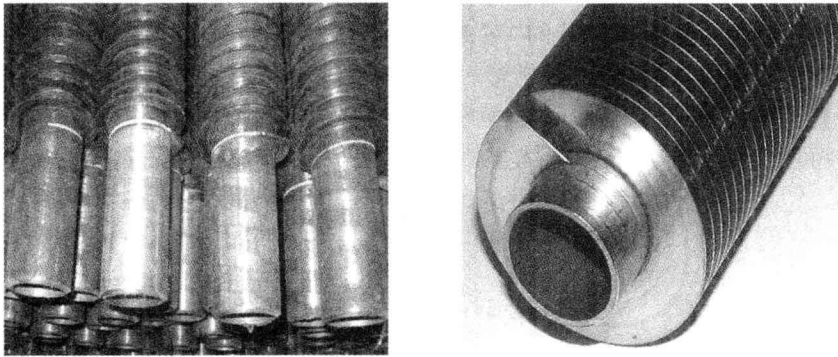


图1.2.7 高频焊螺旋翅片管

高频焊螺旋翅片管的焊接设备和性能参数须符合《高频电阻焊螺旋翅片管》和《锅炉用高频电阻焊螺旋翅片管制造技术条件》的要求。其主要性能参数为:焊接电源功率为300 kW;主轴最高转速为300 r/min;可焊钢管直径为 $\phi 25 \sim \phi 168$ mm;可焊钢管厚度为1~10 mm;可焊钢管长度为0.5~15 m;可焊翅片高度为8~20 mm;可焊翅片厚度为0.8~2.5 mm;翅片节距为4~10.0 mm;焊接线速度为35 m/min;可焊接材料有碳钢、低碳钢和不锈钢。

2. 整体型钢质螺旋翅片管

整体型钢质螺旋翅片管是以锅炉用钢管为基管,经过热滚轧轧制工艺一次成型。翅

片与基管一体化,无需焊接。热滚压轧工艺提高了金属组织的致密度和硬度,从而提高了翅片的耐磨性,适用于硫化床锅炉等磨损严重的场合。

整体型钢质螺旋翅片管的尺寸规格为:基管内径为 25 ~ 36 mm;管壁厚为 3 ~ 6 mm;翅片节距为 8 ~ 13 mm;翅片厚度为 2.5 ~ 3.5 mm;翅高为 8 ~ 12 mm。

产品形式如图 1.2.8 所示。

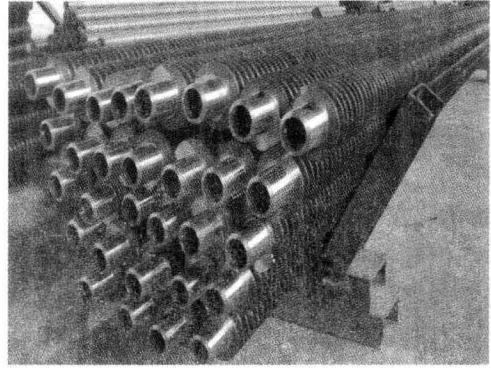
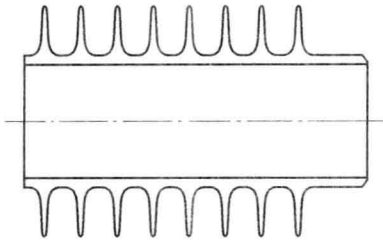


图 1.2.8 整体型钢质螺旋翅片管

3. H 型翅片管

H 型翅片管,亦称 H 型肋片管,它是将两片中间有圆弧的钢片对称地与基管焊接在一起而形成的翅片管,正面形状颇像字母“H”,故称为 H 型翅片管,如图 1.2.9 所示。H 型翅片管采用闪光电阻焊工艺,焊缝熔合率高,抗拉强度大,具有良好的热传导性能。H 型翅片管一般制造成含有双排管的“双 H”型,该结构刚性好,可以应用于管排较长的场合。H 型翅片管的应用特点是:各排管一对一地立式顺排布置,烟气从上向下冲刷,在两翅片之间有气流的直接通道,由于 H 型翅片管的这种特殊结构,使其具有良好的抗积灰、抗磨损的特点,因而被广泛应用于大型燃煤高压锅炉的省煤器中。

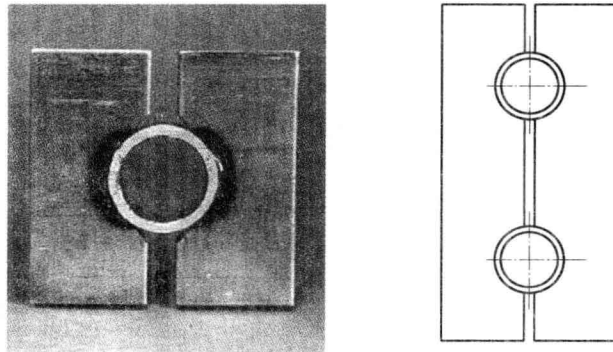


图 1.2.9 H 型翅片管

H 型翅片管的结构尺寸:基管外径为 38 ~ 45 mm;基管厚度为 4 ~ 8 mm;翅片节距为 20 ~ 30 mm;翅片厚度为 2 ~ 3 mm;翅化比为 5 ~ 7。

H 型翅片管的详细结构见 5.2 节中的说明。

4. 开齿型翅片管

开齿型翅片管是高频焊螺旋翅片管的一种特殊形式。将作翅片的带钢在高频焊接之前,按一定的高度和深度开口,在基管上缠绕并焊接的过程中,就会形成开齿型翅片管,如图 1.2.10 所示。实验证明,由于开齿型翅片增加了对气流的扰动,使换热增强,并有利于积灰的排出。

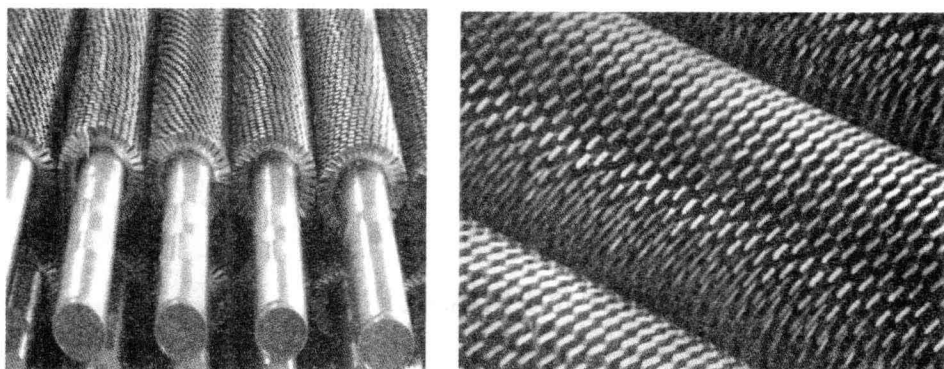


图 1.2.10 开齿型翅片管

5. 钉头翅片管

钉头翅片管是将圆柱状的“钉头”按螺旋线排列,密集地焊接在基管外表面上而形成的形状独特的翅片管,如图 1.2.11 所示。因为扩展表面是一个个独立的钉头,不但具有良好的换热特性,并且不易积灰,主要应用于含灰量很大的各种余热回收换热器中。

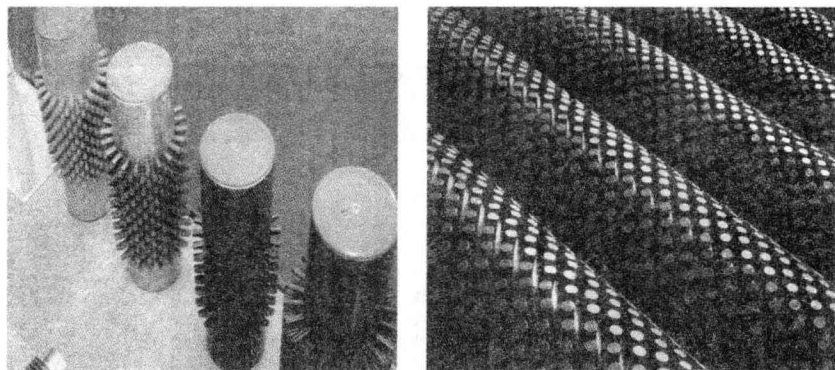


图 1.2.11 钉头翅片管

6. 纵向翅片管

纵向翅片管的翅片长度方向与基管的轴线平行,属于直翅片的一种,这种直翅片可以在基管外表面呈辐射状排列,也可以只有两支直翅片,对称地排列在基管两侧,如图 1.2.12 所示。一般采用钢管/钢翅片,翅片根部沿纵向与基管外表面焊在一起,气体介质沿纵向在翅片的缝隙中流过。

应当指出,上述翅片管按用途的区分,并不是严格不变的,例如,当烟气温度较低,烟气比较干净,不含灰尘和腐蚀成分时,如燃烧天然气的低温排气,也可采用与空气换热的

铝翅片管作为传热元件;反之,在与空气换热中,若空气的粉尘含量很大,且流速很高,易于磨损,则有必要选用与烟气换热的钢制翅片管。

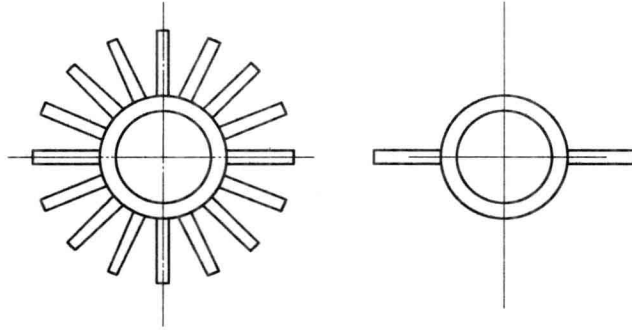


图 1.2.12 纵向翅片管(横断面图)

1.2.3 与有机介质或制冷介质换热的翅片管

在制冷空调系统中,虽然换热介质处于蒸发或冷凝的相变过程,但由于其热物理性质的特殊性,使得其换热系数很低,仅为水介质的 1/10 左右,仍需采用特殊的翅化表面来强化传热。

事实上,对于各种有机流体、制冷介质以及传热性能低下的流体,为了提高其传热特性,已经开发出了各种类型的强化传热管件,如图 1.2.13 所示。在这些管件中,有的是管内有翅片,适合换热系数低的介质在管内流动;有的是管外有翅片,适合换热系数低的介质在管外流动;如果管内管外都有翅片,或都采用了扩展表面,则适合管内管外换热系数都很低,都需要强化的流体。

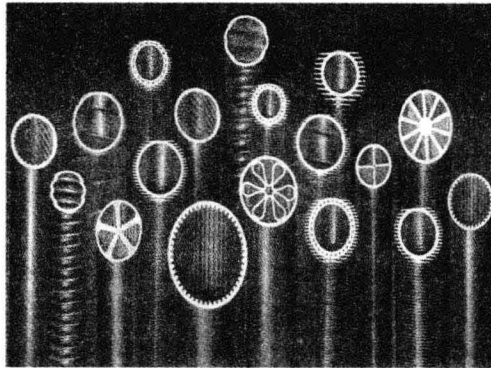


图 1.2.13 各种类型的强化传热管件

此外,图中的管件都由铜管制成,管壁较薄,这类管件主要应用于各种制冷介质和特殊介质;大部分管径较小,一般为 16 mm 左右,是为了增强管内换热。

1.2.4 用于电子元件散热的翅片管

翅片管或翅片散热元件被广泛应用于各种电子器件的冷却和散热上,其特点是紧凑

而精巧。因为大部分电子元件的体积和散热面积很小,而且安装空间狭小,因而要求翅片散热元件紧凑性好,而且要与电子元件精巧地结合在一起。用于电子元件散热的翅片管或扩展表面有很多应用形式,常见的应用形式有:翅片基板式散热器,热管式散热器,微通道散热器。

三种应用形式的共同特点是:电子元件发出的热量都是通过导热的方式传给吸热基板,翅片基板式散热器是在基板上直接加工翅片,通过带翅片的基板散热;热管式散热器是在基板上连接热管,通过热管将热量传出并散失给空气,如图 1.2.14 所示;微通道散热器是在基板上加工密集排列的翅片,而形成流体流动的微(小)通道,以增强散热。

在第 6 章中,将对上述 3 种形式的电子元件散热器分别进行讨论和设计计算。

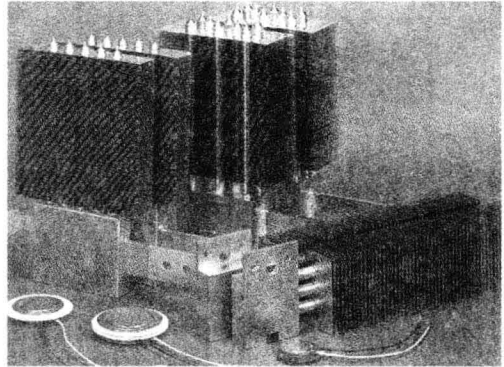


图 1.2.14 热管式散热器

1.3 翅片管换热器的结构特征

第 1.2 节介绍了各种翅片管的分类和结构特点,本节将讨论翅片管换热器的结构特征。翅片管换热器由翅片管束、管箱、管板、构架等部件组成,其中,重点应该考虑的是翅片管的排列方式和管程的组成。翅片管之间的排列方式主要是为了满足管外换热和阻力的要求,而管程的组成和连接主要是为了满足管内的换热和阻力的要求。本节将分别说明翅片管的排列方式和管程的组成,并由此初步了解翅片管换热器的结构特点。

1.3.1 翅片管的排列方式

在翅片管换热器的设计中,翅片管排列方式的选取非常重要。翅片管有两种排列方式:叉排和顺排(又称错列和顺列),如图 1.3.1 和图 1.3.2 所示。所谓叉排,是指在气流方向上管子交叉排列,而顺排是指在气流方向上管子顺序排列。图 1.3.1 是环形翅片的叉排和顺排,图 1.3.2 是指对于不同翅片形状的翅片管,如矩形翅片或整体的板状翅片(又称板翅)的叉排和顺排。

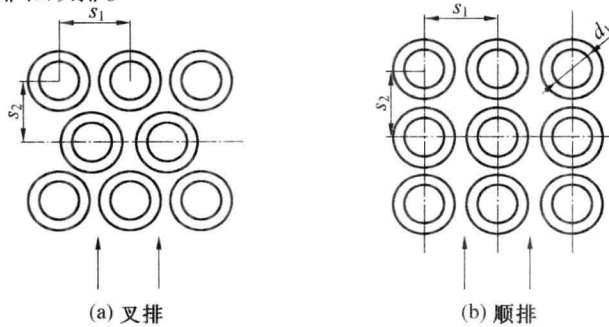


图 1.3.1 环形翅片的叉排和顺排