

兰州石油机械研究所 主编

换热器

下



烃加工出版社

换 热 器

下 册

兰州石油机械研究所 主编

烃 加 工 出 版 社

内 容 提 要

本书是有关换热器技术的专著,各章均由专家执笔。系统介绍了当代换热器技术,包括理论与实践上的新成就,新技术。不但可作为科研、设计人员的重要参考资料,也是生产的重要依据。

本书分上、中、下三册。下册主要介绍螺旋板换热器、回转式空气预热器、热管换热器、空气冷却器、其他型式换热器、国外专门研究机构及有关换热器的法规。可供科研、设计及现场工程技术人员阅读。

编 者
下 册
兰州石炭地质研究所 主编

地质出版社出版
地质印刷厂排版
海丰印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 35³/₄印张 900千字 印数 1—2140
1990年5月北京第1版 1990年5月北京第1次印刷
ISBN 7-80043-012-X/TQ·009 精装定价:16.30元

本书编写人员

黄鸿鼎	李修伦	冯亚云	金德渊	郭豫伟
王兴一	徐永康	冯殿沅	钱颂文	罗运录
陈登丰	唐广孙	谭盈科	邓颂九	章武
王抚华	肖成基	孙芳珍	易永清	胡礼林
杜光照	吕新生	徐昂千	张华林	郭宜祐
林纪方	牛天况	潘焕敏	庄骏	胡华燃
谢宗治	任书恒	刘振全	许永祥	迟淑惠

目 录

第十三章 螺旋板换热器	(1)
第一节 概 述	(2)
第二节 螺旋板换热器的结构型式	(4)
第三节 系列标准	(6)
第四节 材料和制造工艺	(8)
第五节 螺旋板换热器的应用	(10)
第六节 螺旋板换热器的设计计算	(13)
一、机械计算	(13)
二、工艺计算	(15)
第七节 设计计算举例	(30)
第十四章 回转式空气预热器	(40)
第一节 回转式空气预热器的工作原理、技术特性及其应用	(42)
一、工作原理	(42)
二、技术特性	(44)
三、应用范围	(46)
第二节 回转式空气预热器的布置与结构	(47)
一、回转式空气预热器在机组中的布置	(47)
二、各部件结构概况	(51)
三、受热面	(58)
第三节 热力计算及空气动力计算	(61)
一、基础热工计算	(61)
二、热力计算的设计计算和校核计算	(68)
三、通流阻力计算	(78)
第四节 漏风及密封	(79)
一、漏风及其对机组经济性的影响	(79)
二、漏风的机理及其规律	(82)
三、密封结构概况	(86)
第五节 传热元件的防腐与清洗	(89)
一、低温腐蚀的机理	(89)
二、防止腐蚀的措施	(92)
三、传热元件的清洗	(95)
第六节 安装、运行及性能试验	(103)
一、回转式空气预热器的安装	(103)
二、回转式空气预热器的运行	(106)
三、空气预热器的性能试验	(106)
附录：校核热力计算源程序（用TQ-16机 ALGOL 语言编写）	(110)
参考文献	(115)
第十五章 热管换热器	(116)

第一节 概述.....	(120)
第二节 热管.....	(124)
一、热管发展史及其现状.....	(124)
二、热管的结构形式和应用.....	(125)
三、热管基本理论.....	(129)
四、热管的工作特性.....	(142)
第三节 热管设计.....	(158)
一、工作液体的选择.....	(159)
二、吸液芯选择.....	(161)
三、壳体和吸液芯材料的选择.....	(166)
四、中温热管的工作液体和材料.....	(170)
五、设计计算.....	(173)
第四节 热管换热器.....	(190)
一、结构形式.....	(190)
二、工艺设计计算.....	(202)
三、结构设计.....	(211)
四、制造工艺.....	(221)
五、热管换热器应用.....	(231)
六、技术经济分析.....	(251)
七、运行和清洗.....	(261)
八、试验研究.....	(262)
第十六章 空气冷却器.....	(276)
第一节 概述.....	(277)
一、空冷器的发展 与应用.....	(277)
二、空冷与水冷的比较和选 择.....	(281)
三、空冷器与节能的关系.....	(283)
第二节 结构与型式.....	(285)
一、分 类.....	(285)
二、结构型式及其应用.....	(287)
三、湿式空冷器的喷淋 系统.....	(294)
四、湿空冷器的管外腐蚀和结垢.....	(297)
第三节 翅片管.....	(298)
一、类型与 特性.....	(299)
二、翅片管 的材料.....	(315)
三、翅片管 的制造.....	(316)
四、翅片管的几何参数.....	(321)
第四节 风 机.....	(326)
一、基本结 构.....	(326)
二、自动调角 风机.....	(329)
三、驱动机 构.....	(334)
四、典型公司风机介 绍.....	(336)
五、风筒和构 架.....	(343)
第五节 管箱和管束.....	(343)

一、管箱的结构与型式	(343)
二、管箱的计算	(347)
三、管束的结构与型式	(350)
第六节 百叶窗	(351)
第七节 噪声及其控制	(354)
一、空冷器噪声的来源与预测	(354)
二、噪声的控制	(358)
第八节 干式空冷器的工艺计算	(363)
一、选用干式空冷器的原则	(363)
二、传热基本方程式	(365)
三、总传热系数	(365)
四、管内流体的膜传热系数 h_i 和压力损失 ΔP_i	(366)
五、空气侧膜传热系数 h_o 和压力损失 ΔP_o	(373)
六、污垢热阻	(382)
七、翅片热阻 r_f	(382)
八、接合热阻 r_b	(387)
九、有效平均温差	(390)
十、风机功率	(396)
十一、设计条件与基本参数	(397)
十二、自然通风空冷器的设计	(402)
十三、设计计算程序	(403)
十四、价格估算	(412)
第九节 喷雾水蒸发式空冷器(湿式空冷器)的设计计算	(412)
一、蒸发式空冷器传热机理	(414)
二、喷雾后空气入口温度	(417)
三、空气出口温度	(417)
四、喷水量的选择	(418)
五、传热系数	(419)
六、有效平均温差	(420)
七、空气侧压力损失	(420)
八、设计计算程序	(421)
第十节 管内流体温度的控制与防冻	(427)
一、工艺流体出口温度的控制	(427)
二、粘性流体的冷却与低温防冻	(429)
第十一节 汽轮机排汽冷凝的空冷系统	(437)
一、在动力工业中的应用及其型式	(437)
二、在石油化工厂的应用及其型式	(441)
参考文献	(442)
第十七章 其它型式换热器	(448)
第一节 套管式换热器	(450)
一、概述	(450)
二、设计计算	(451)
三、结构	(457)

第二节 压焊板换热器	(458)
一、概述	(458)
二、结构类型	(461)
三、材 质	(467)
四、板厚及使用 压力	(467)
五、设计计算	(468)
六、压 降 计算	(471)
七、制造、安 装	(471)
八、应 用	(473)
第三节 螺旋绕管式换热器	(474)
一、概述	(474)
二、设计计算	(476)
第四节 直接接触式换热器	(487)
一、概 述	(487)
二、液-液直接接触式换热器	(487)
三、混合气体直接接触冷却冷凝器	(504)
四、汽-液直接接触式冷凝器	(513)
第五节 石墨 换热器	(528)
一、结构设 计	(528)
二、零部件的强度计算	(531)
三、石墨换热器的热力学及流 体力学知识	(537)
四、应 用	(541)
五、石墨换热器防垢问题	(542)
第十八章 国外专门研究机构及有关换热器 的法规	(545)
第一节 专门研究机构的介 绍	(545)
一、美国传热研 究公司	(545)
二、英国《传热及流体流动服务中 心》	(551)
第二节 国际性科技组织 与会议	(554)
一、国际传热和传质 中心	(554)
二、国际压力容器技术 会议	(554)
三、多相流动和传热 讨论会	(555)
四、国际传热 会议	(555)
五、传热及流体力学研究所 会议	(555)
六、其他 会议	(555)
第三节 换热器的法规 与标准	(555)
一、换热器的主要 法规、标准	(555)
二、主要国家有关换 热器的标准号	(560)
参考文献	(562)

第十三章 螺旋板换热器^①

郭 宜 祜

符 号 说 明

- A 传热面积;
- B_s 板刚度;
- b 通道间距;
- C 中心管直径; 系数;
- c_p 比热;
- D_h 螺旋板外径;
- d 系数;
- d_e 通道当量直径;
- E 材料弹性模数;
- f 无定距柱的螺旋通道的摩擦系数; 弯管校正系数;
- f_d 有定距柱的螺旋通道的摩擦系数;
- f_a 螺旋通道的平均摩擦系数;
- G 重量速度;
- g 重力加速度;
- H 螺旋板宽度;
- L 螺旋板长度;
- l 定距柱、泡间距;
- n_s 定距柱密度; 安全系数;
- p 操作压力;
- [p] 许用操作压力;
- Δp 压力降;
- p₁、p₂ 流体压力;
- R 螺旋板曲率半径;
- s 比重;
- t 板间距;
- W 最大挠度; 流量;
- [W] 许用挠度;
- w 通道中流速;

① 本章由林纪方同志审阅。

Z 粘度(厘泊)；

希腊字母

α 传热膜系数；

γ 重度；曲率影响系数；

γ_m 平均重度；

δ 板厚；

ζ 阻力系数；

λ 流体导热系数；

ν 材料泊松系数；粘度；

ρ 密度；

σ_s 材料屈服限；

$[\sigma_s]$ 许用应力。

第一节 概 述

螺旋板换热器是瑞典罗森布拉德公司于1930年首先推荐使用的，很快就开始成批生产并取得了专利权。随后许多国家根据这个公司的专利相继仿造。英国APV公司、美国AHRCO公司、西德ROCA公司、日本大江和川化公司以及荷兰、捷克、苏联等国都已成批生产。日本是第二次世界大战以后才开始生产，现在各工厂已制订了各自的系列标准。苏联在1966年颁发了国家标准——ГОСТ2067-66。

我国在五十年代已在化学工业中开始制造和使用螺旋板换热器。到了六十年代初期，由于采用了专用的卷床卷制，提高了产品质量并能成批生产。到了1970年，苏州化工机械厂和一机部通用机械研究所就开始进行标准化、系列化工作，随后并与大连工学院协作对螺旋板换热器的传热和流体阻力进行了系统的研究^[1,2,4,5]。1973年一机部制订了部标准JB1287-73。目前我国已有一些化工机械厂能够成批生产螺旋板换热器，某些具有设备制造能力的化工厂也在加工制造。

近年来螺旋板换热器得到推广应用，是与它所具备的一些特点分不开的。其主要优点如下：

A. 传热效率高

流体在螺旋板换热器中作螺旋流动，由此产生的离心力提高了流体的湍流程度。此外，在通道中的定距柱也破坏了边界层而产生涡流。因此，在较低的雷诺数下就可以形成湍流，一般在 $Re=1,400\sim1,800$ 之间，最低的在 $Re=500$ 时就形成湍流，视定距柱的布置情况和数目而定。据报导，瑞典罗森布拉德公司制造的螺旋板换热器在水-水对流传热条件下，最高传热系数K可达 $2,500$ 千卡/米²·时·℃，一般情况下， $K=1,500\sim1,900$ 千卡/米²·时·℃^[13]。这比在同等条件下列管换热器的K值要高很多。

应该指出，在螺旋板换热器中，由于流体的摩擦阻力以及旋流和定距柱所产生的局部阻力，使流体产生湍动，从而提高了传热膜系数。而在列管式换热器中，流体在通道内经常要作180°的转向，由此而损耗的压头却起不到提高传热膜系数的作用。

B. 两流体逆流和低温差传热

两种流体在较长的螺旋通道内可进行完全逆流的热交换。当两流体的进出口温度一定时，逆流时的对数平均温度差要比并流、错流或折流时的大，因而单位面积的传热量也大。另一方面，如果要求单位面积传热量相等，则采用逆流传热就能以较小的对数平均温度差来完成。这对于低温热源的利用是十分有利的。目前我国使用的最小温差为 3°C 。由于两流体在两个较长的逆向均匀通道中流过，可以均匀地加热和冷却，因此就能准确地控制一流体的出口温度，并能接近于另一流体的入口温度。

C. 不易结垢

流体在螺旋板换热器中走的是单通道，它的允许流速又比其他类型的换热器高（通常，对粘度不大的液体为2米/秒，对气体为20米/秒），因此不易结垢。如果在通道内某处沉积了污垢，则该处的截面积就要减小，流体在此处的局部流速就要相应地增大，于是污垢便很容易被冲刷掉。但是在列管式换热器中就不是这样，一旦某根管子沉积了污垢，该处的截面积就要减小，局部阻力增大，于是流体就按阻力大小重新分配，即在阻力大的管子内所分配的流量也较少，从而使沉积污垢的管子内流速越来越低，污垢也越易积存，最后完全堵塞。在工厂中经常遇到这种情况：用一台螺旋板换热器代替一台易堵塞的列管式换热器，由于流体的高流速和单通道而使设备免于堵塞。甚至当螺旋板换热器停止使用一段时期以后，板面已生锈，重新使用时，铁锈也会被冲刷干净而恢复表面清洁和光滑。

D. 结构紧凑、不用管材、制造简便

螺旋板换热器是用金属板卷制的，因此没有管板、管箱等不起热交换作用的部件，在传热面积相同时，比列管式换热器紧凑得多，单位体积的传热面积约为列管式换热器的2~3倍。制造时机械加工量少、成本低。不用无缝钢管这一点对我国是有现实意义的。

螺旋板换热器的缺点是：

A. 操作压力受到限制

螺旋板换热器的操作压力主要由一定厚度的金属板材和密封结构来承受。为了提高操作压力，相应地就要增厚板材，对密封结构的要求也提高了。有的厂家为了保证外壳强度，采取加厚最外一层螺旋板的办法。这也给加工制造带来一些困难。通常，螺旋板换热器在压力低于25公斤/厘米²和温度不超过 800°C 的情况下操作。日本的大江公司已制成最高压力为20公斤/厘米²的可拆式螺旋板换热器以及最高压力为40公斤/厘米²的不可拆式螺旋板换热器。我国已能制造操作压力为25公斤/厘米²、直径为400毫米的可拆式螺旋板换热器，正在试制操作压力为40公斤/厘米²的可拆式螺旋板换热器。

B. 检修困难

螺旋板内部损坏了很难修理。因此处理易腐蚀的介质时应选择耐腐蚀的金属材料来制造。

螺旋板换热器虽有上述缺点，在应用上受到限制，但其优点还是显著的，因此近二十年来在世界各国得到了广泛应用。

螺旋板换热器已经在很多工业部门中应用，例如合成肥料、石油化工、合成树脂、合成纤维、医药、印染、制糖、硫酸、造纸等。

按传热情况来分，有用于液-液、气-液、气-气的对流传热，蒸汽冷凝传热，液体蒸发和沸腾传热。按设备结构来分，有换热器、冷凝器和重沸器等。螺旋板换热器在各工业部门的具体应用详见本章第五节。

第二节 螺旋板换热器的结构型式

常用的螺旋板换热器是根据其流道不同分为以下四种型式：

I型：两种进行热交换的流体均作螺旋流动。两流体一般采取逆流流动方式，即热流体是从螺旋体中心沿螺旋通道向外周流动，最后经排出接管流出；而冷流体则正好相反，是由螺旋体的外周边进口接管进入，然后流经另一螺旋通道从中心流出，故为完全逆流，这是比一般列管换热器优越的一个方面。图13—1(a)表示螺旋通道的布置情况，冷热流体分别流经图上有阴影和无阴影的螺旋通道进行热交换。图13—1(b)为I型螺旋板换热器简图。

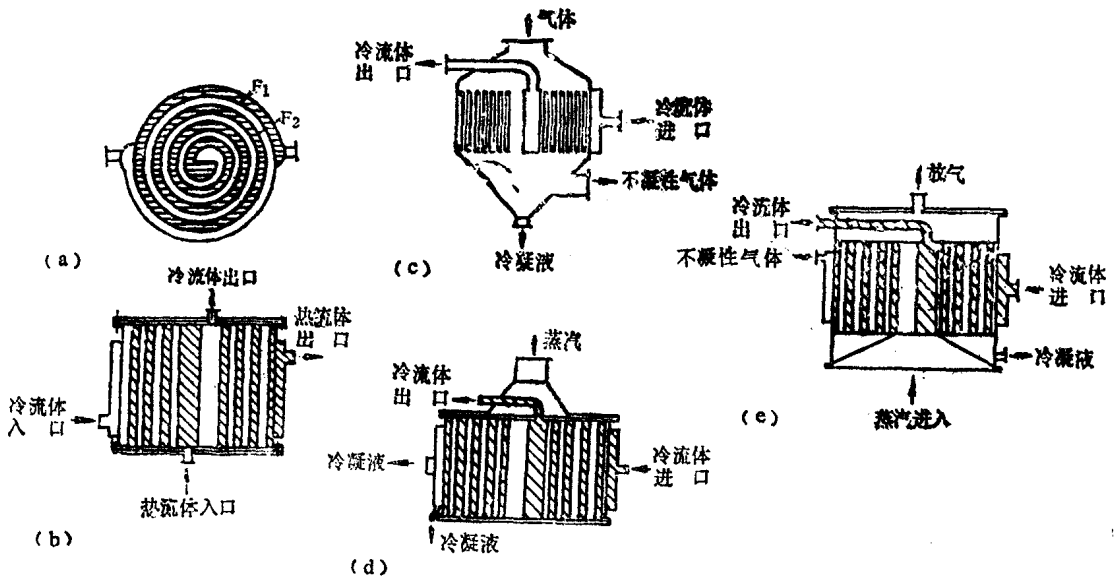


图 13—1 螺旋板换热器的流道型式

(a)—螺旋通道布置；(b)—I型；(c)—II型；(d)—III型；组合流动；(e)—G型；塔顶冷凝器

I型螺旋板换热器可以立式安装，也可以卧式安装。通常用于液-液换热，对于粘度高的液体加热或冷却尤为适合。当含有悬浮物的液体加热冷却时，通道内的流速不宜太低，以防止沉积或堵塞，通常流速应在0.7米/秒以上。I型螺旋板换热器也可应用于气-气换热，不过限于通道截面积，处理量大时受到一定限制。

II型：进行换热的两流体中，一流体沿螺旋通道流动，而另一流体则沿螺旋板换热器的轴向流动。在II型结构上，作螺旋流动的通道两端是焊接密闭的，而另一通道的两端则是敞开的〔见图13—1(c)〕。由于轴向通道的截面积要比作螺旋流动的一侧大得多，因而沿轴向流过的介质处理量可以很大。但是沿轴向流过的长度与换热器高度相等，所以比螺旋流动一侧的长度要小得多。II型通常适用于两种流体处理量相差比较悬殊的场合下，例如用作冷凝器，则冷却介质流经螺旋通道，而被冷凝的流体则沿轴向通道流过。也可用作气体冷却器，这时气体沿轴向流动。当II型作为冷凝器使用时，蒸汽总是沿轴向从上往下流动，以便凝液借重力由下部排出。而冷却介质一般均从外周边流入，沿螺旋通道流向中心，再排出。II型螺旋板换热器也可用作再沸器，这时蒸发液体是从下部进入，分布到轴向流道中，被蒸发汽化后的汽液混合物则从上部排出。而加热介质则从螺旋通道的中心下

部通入，沿螺旋通道流向外周边排出。Ⅱ型用作冷凝器和再沸器时，均采用立式安装。

Ⅲ型：在Ⅲ型换热器中，一种流体作螺旋流动，另一侧的流体则兼有轴向和螺旋向两者组合的流动〔见图13—1(d)〕。此型用于蒸汽冷凝。蒸汽从上部进入，沿轴向往下部流过，但底部的平盖板是封闭的，故凝液和尚未冷凝的蒸汽又被迫作螺旋流动。冷却介质(水或其他冷流体)的螺旋流道是上下两端焊死的，而蒸汽流过的通道只有上部的中心部分是敞开的，下部为平盖板，外周边部分的上下两端也是焊死的，故蒸汽进入时沿轴向往下流动时仅为一部分通道，而其余部分仍为螺旋流动。很明显，Ⅲ型是作为冷凝和过冷相结合而使用的换热器，冷凝时沿轴向流动是合理的，凝液过冷时当然以螺旋流动为有利。至于沿轴向流动的通道传热面积和沿螺旋通道的传热面各占多少，则应根据冷凝液量和凝液过冷的程度来决定。

G型：这种型式安装在塔顶作为冷凝器用，故又称为塔上型〔图13—1(e)〕。采用立式安装，下部有法兰与塔器顶部法兰相连接。蒸汽上升管道较粗大，从中心管上升至顶部，被平顶盖板折回，然后沿轴向从上至下流过螺旋通道被冷凝。如果要求凝液过冷，可以通过降膜冷却，或在流道中保持一定的冷凝液面以维持其过冷的需要。蒸汽进入中心管后，也可以沿螺旋通道由中心往外周流动，这时，蒸汽和冷却介质在两侧均作螺旋流动。究竟蒸汽沿轴向还是沿螺旋向流动，应以处理量大小和通道的截面大小来决定。冷却介质总是从外周边进入，从中心顶部排出。G型换热器可以直接安装在塔器或反应器的顶部，不占地方，无需支承结构和管线布置。用于精馏塔顶时，可以省去回流液罐和回流管线，有时还可以省去回流液泵，因此G型换热器近年来在国内外得到迅速推广。

螺旋板换热器通道的密封方法

密封方法有四种：Ⅰ.两端交错焊接密封〔图13—2(a)〕，这种密封方法保证了两个螺旋通道中的流体不会相混，即使垫片2破裂，也由于交错焊接的方钢条或圆钢条1，流体只能向外渗漏，而不会产生内部混合。此型密封也便于清洗，如一侧有结垢堵塞现象，就打开此侧敞开一端的顶盖清洗。Ⅱ.一个流体通道的两端焊接密封，而另一流体通道的两端敞开〔图13—2(b)〕。此型主要用于Ⅱ型换热器，敞开的通道便于使被冷凝或被冷却的流体沿轴向流过，另一侧的介质则流过螺旋通道，由于两端均焊接密封，故这一侧只能用

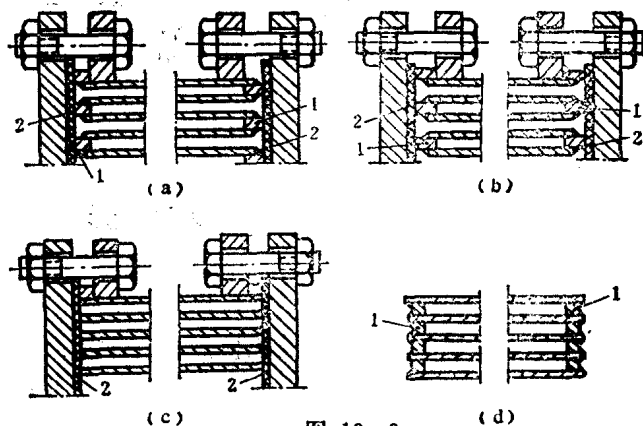


图 13—2

- (a) — 交错焊接密封；(b) — 一流通体两端焊接密封，(c) — 两流体通道两端开放，
(d) — 两流体通道完全焊接密封
1 — 焊接的钢条，2 — 垫片

化学方法清洗。Ⅲ. 两个通道的两端都是开放的〔图13—2(c)〕, 这只能依靠压紧垫片的办法来密封。这种密封方法的优点是两个流体通道都易于清洗。然而, 一旦垫片有损坏时, 两种流体容易相混, 同一种流体之间也容易发生短路, 所以通常很少采用这种型式。Ⅳ. 两个通道的两端全部焊接密封。这种密封型式〔图13—2(d)〕可以完全避免两流体相混与漏泄。这种不可拆卸的结构, 只能采用化学法清洗。对于不易结垢的物料, 这种型式还是可取的, 因为不必用垫片, 也不用顶盖, 这就使加工大为简化, 材料也非常节省, 所以制造成本很低。

对通道的端面进行焊接密封时, 通常均采用圆钢条或方钢条夹在螺旋板的两端, 随着卷制也弯成螺旋形, 最后再在端面将钢条与螺旋板紧贴处焊死。也有采用将钢板两端直接折起再焊死的。

上述结构型式Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和G型为常用的分类法。但我国往往用螺旋体两端焊接方法的不同进行分类。凡是两端面全部焊死, 两个通道都不能进行机械清洗时, 国内通称“Ⅰ型”(此处用引号, 以便区别), 或称为不可拆式螺旋板换热器〔即图13—2(d)〕。凡是在螺旋体两个端面进行交错焊接密封, 并用可拆卸的顶盖和垫片密封的就称为“Ⅱ型”〔即图13—2(a)〕, 这种设备的两个通道均可在拆卸顶盖后进行机械清洗, 故又称可拆式螺旋板换热器。还有“Ⅰ型”和“Ⅱ型”的混合型, 此型螺旋体的一个端面全部焊死(与“Ⅰ型”的一个端面相同), 而另一端面则留下一个通道不焊接, 另一通道仍焊死(与“Ⅱ”的一个端面相同)。所以混合型的一个流体通道的两端完全焊死, 不能进行机械清洗(只能化学清洗), 而另一通道的一端是焊死的, 另一端则是敞开的, 可以进行机械清洗。

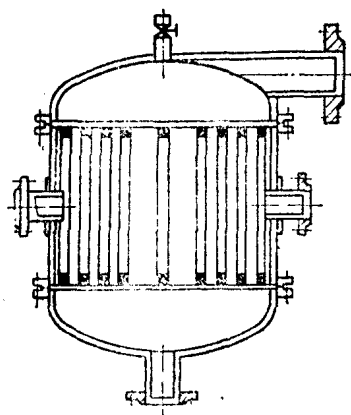


图 13—3 “Ⅲ型”结构简图

此外, 还有用四张钢板卷制成的螺旋体, 其中一个通道的两端全部焊死, 而另一通道则两端全敞开。甲介质在两端全焊死的通道内由周边旋转至中心, 然后又由中心旋转至周边排出, 也即甲介质的进口和出口都在周边上; 乙介质只能作轴向流动, 此型结构简图如图13—3所示, 在我国通称“Ⅲ型”。

螺旋板换热器的结构型式其实并不复杂, 但由于习惯上有的按流体流过通道的方式来分类, 而我国又习惯于按端面焊接的方式来分类, 并且都称为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ型, 因而很容易混淆不清。稍加注意, 就不会弄错。

第三节 系 列 标 准

1974年通用机械研究所出版了不可拆式螺旋板换热器设计选用手册^{〔15〕}, 一机部即据此发布了JB1287—73系列标准^{〔16〕}, 也即“Ⅰ型”系列标准。其内容除对结构性能、设计计算以及设备成本等有简明的介绍外, 另附设备一览表, 共列有237种不同型号的螺旋板换热器系列。

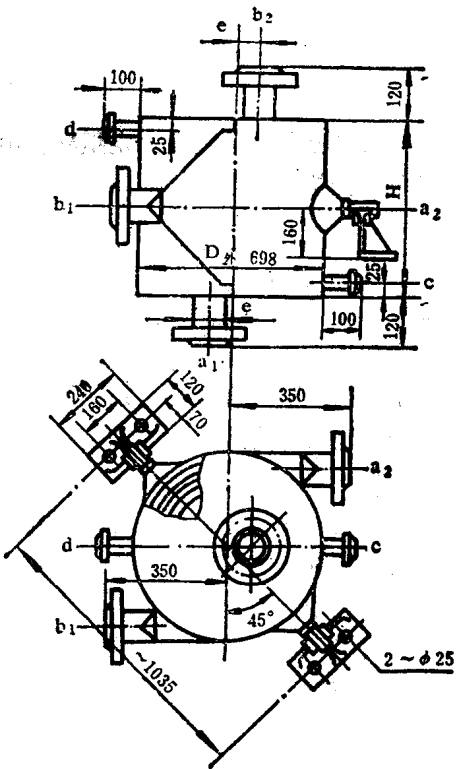
以设备代号I6T15-0.4/700-6为例, I表示“Ⅰ型”结构(整个系列都是“Ⅰ型”的),

第一个6字表示设计压力为6公斤/厘米²，T表示材质为碳素钢(若为不锈钢，用B表示)，15表示公称换热面积(以米²计)，0.4/700表示螺旋体的高度H=400毫米=0.4米，公称直径D_g=700毫米，最后一个数字6表示螺旋板的间距为6毫米。关于设计温度、螺旋通道长度L_T以及螺旋板圈数等细节，可参见图13—4及其附表。

从公布的系列标准中可以看出最小的换热器公称传热面积仅1米²(计算面积1.4米²)，直径为300毫米，高度H=200毫米。最大的传热面积为120米²。设计压力最小为6公斤/厘米²，最大为50公斤/厘米²。

接 管 表			
接管代号	标准、公称压力 公称直径	密封面型式	用 途
a ₁	JB81-59 Pg6	平 焊	甲介质入口
a ₂	JB81-59 Pg6	平 焊	甲介质出口
b ₁	JB81-59 Pg6	平 焊	乙介质入口
b ₂	JB81-59 Pg6	平 焊	乙介质出口
c	JB81-59 Pg6,Dg20	平 焊	排液口
d	JB81-59 Pg6,Dg20	平 焊	放气口

设计压力, 公斤/厘米 ²	6
设计温度, °C	≤200
螺旋通道间距b, 毫米	6
螺旋通道长L _T , 米	16.80
螺旋板圈数	25
通道支承结构	定 距 柱
螺旋板厚δ, 毫米	4
材 质	A ₃ F



设备代号	16T15-0.4/700-6	16T20-0.6/700-6	16T30-1.0/700-6
项 目			
计算换热面积F, 米 ²	12.5	19.0	32.1
通道截面积f, 米 ²	0.00228	0.00348	0.00588
流速1米/秒时, 处理量V, 米 ³ /时	8.21	12.54	21.20
接管a ₁ a ₂ b ₁ b ₂ 公称直径D _g , 毫米	50	65	80
H, 毫米	400	600	1000
c, 毫米	52	52	49
设备总重, 公斤	500	728	1182
施工图样编号	1.H1020	1.H1024	1.H1032

图 13—4 螺旋板换热器系列标准举例

国外的螺旋板换热器系列标准可参考各厂家的样本目录。兰州石油机械研究所等单位于1971年出版的《换热器》中曾选择介绍日本“大江”公司的螺旋板换热器标准以及美国“Union Carbide”公司的产品标准。通用机械研究所和苏州化工厂所编译的《螺旋板式热交换器译文集》^[17]中介绍了苏联机械制造标准MH3378-62、MH3379-62、……MH3385-62共8个系列。此处不再一一介绍。

各国的系列标准虽然不同，但设计压力、温度、传热面积范围、直径和高度等具体数字范围也相差不大。可能有新的规格出现，但对于设计加工或选购来说，有这些标准目录可查，是十分方便的。

第四节 材料和制造工艺

螺旋板换热器是由传热板、定距柱、中心隔板或中心管、顶盖、外壳、进出口接管和支座等组成。传热板通常为一对等宽度的长板，焊接在中心隔板的两侧，然后卷制成螺旋体，形成一对同心的螺旋通道。

常用的材料为碳钢和不锈钢。我国常用的碳钢材质的规格为A₃和A₃F，不锈钢的规格为1Cr18Ni9Ti。只要具有良好的焊接性能和冷弯变形性能的材料都可用以制造螺旋板换热器。除了碳钢和不锈钢以外，铜、镍、铝、钛、铜合金和以镍、铝、钛为主要成分的合金、蒙乃尔合金、哈氏合金均可用为制造材料。选用材料时，主要取决于耐腐蚀和操作温度范围，当然也要考虑到成本和加工难易的问题。

螺旋板换热器制造工艺的程序主要有以下一系列步骤^[2]：

放样、下料→拼接→探伤→焊定距柱或压制定距泡→卷制成螺旋体→焊接螺旋通道的端面→装配→金加工→组装→试压→检验→成品油漆出厂。

在这些过程中，主要的加工工序是卷制和焊接。现分别介绍如下：

1. 放样、下料

首先将卷筒钢板料拉开、放平，然后放样划线，螺旋体的长度按设计规定，不需要放长。如果是“I型”，即两端面全部焊死时，则宽度也不用放宽；如果是“II型”，也即端面需要切削加工时，可留一定余量。对较小的换热器，所用钢板较薄，其外壳要用增厚的钢板。划线以后下料时，可用气割，两侧要直，不可弯曲或凹凸不平，断口应与两侧垂直。

2. 板材拼接

对设计压力较低的螺旋板换热器，例如6公斤/厘米²级的，需要用增厚的钢板作外壳。螺旋体本身用的板材与外壳用的增厚的板材可采用对接双面焊缝。我国用的螺旋体板材，碳钢板厚度一般为3~4毫米，不锈钢板则用2~3毫米。碳钢材一般采用卷筒板，中间无焊缝。不锈钢则采用平板对接焊，2~3毫米厚的不锈钢板拼接时，二板间隙为1毫米，板面不必打坡口，便可焊接。如果是厚板，4~6毫米的板拼接时，则每板边应铲出坡口30°，双面刨槽。对接焊缝要求100%进行X光探伤。

3. 焊定距柱或压制鼓泡板

定距柱的作用是为了保持螺旋板间距一定，同时它也促进流体的湍流程度而有利于传热。定距柱是焊在螺旋板上的小圆柱体或长方体，通常采用正三角形排列(图13—5)。定距

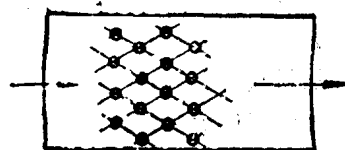


图 13-5 定距柱排列

柱之间的间距视设计压力大小而定，压力小的，间距可以大一些；压力大的，间距可以取小一些，这时压力降也大一些。常用的间距规格有：200×200，150×150，100×100，80×80等。

定距柱本身的尺寸通常采用直径和高度相等的圆柱体，例如直径为10毫米，高度也为10毫米。板间距的范围常为6~18毫米，但也有特别小的。定距柱放在划好线的板材上进行点焊。

还有不用定距柱的，直接在板材上冲压成半圆球形的鼓泡，其排列和定柱相同，作用也一样。冲压时要求鼓泡处减薄程度不超过20%，冲压以后应检查有无裂纹。

定距柱和定距泡的作用不仅是增加板的机械强度和保持通道有一定间隙，更重要的是对传热和流体阻力有很大的影响。由于增大湍流程度，对传热是十分有利的，但同时也增大了流体阻力。对很小的螺旋板换热器，且设计压力也较小时，可不用定距柱，也不冲压定距泡。

4. 螺旋体的卷制

首先将中心隔板在刨床上加工到符合于图纸要求。中心隔板的长度和板宽相同，其厚度视设计压力而定，一般为6~12毫米。再根据图纸要求将一对半圆柱的胎模偏心调好。偏心的调整距离大小与板间距大小相符（图13-6），然后将已准备好的两块螺旋板材分别焊在中心隔板的两端。螺旋板的一端要打磨成30°坡口，再和中心隔板拼接和焊牢。必须保证焊接质量，因为不能用X光检查，只能凭外观检查。此处焊接既要坚牢，又不能将胎模焊住，否则卷成螺旋体后，脱模很困难。焊好一块板材后，将中心隔板和胎模旋转180°，再焊第二块，要求两块板材叠起时很整齐。在每通道的两个端面处要填上两根圆钢，其直径正好与通道的间隙相等，因为有两个通道，所以要填入四根圆钢。在卷制时，要经常注意这四根圆钢始终夹在通道的终端处，卷妥后，分别在两端结尾处点焊。最后从卷床上卸下，并脱去胎模。

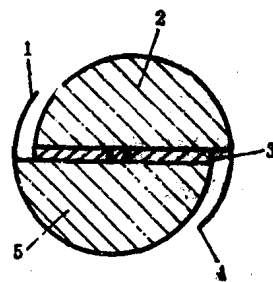


图 13-6 中心隔板
1—卷制钢板 I；2—胎模；3—中心隔板；
4—卷制钢板 II；5—胎模

5. 焊接螺旋通道

在整理通道两端所填入的圆钢的高低位置取得一致后，便可以从事焊接密封工作。在焊接时要注意不得烧坏或烧穿通道的端面，为减少焊接时的变形量，可以先将一个端面的通道一侧先焊好，再将螺旋体翻过来焊接另一端面。将通道的两侧都焊好后，再翻过来，补焊通道的另一侧。