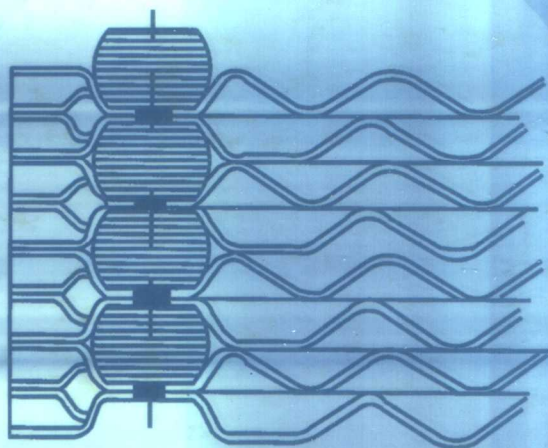


板式换热器 及换热装置 技术应用手册

程宝华 李先瑞 主编
冯志良 姚荣佑 主审



中国建筑工程工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

板式换热器及换热装置 技术应用手册

程宝华 李先瑞 主编
冯志良 姚荣佑 主审



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

板式换热器及换热装置技术应用手册/程宝华, 李先瑞主编.
北京: 中国建筑工业出版社, 2005
ISBN 7-112-07411-8

I. 板... II. ①程...②李... III. 板式换热器—技术手册
IV. TQ051.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 046163 号

本手册是作者在总结 30 多年来在板式换热器设计、制造、应用的基础上编写而成的, 具有实用性和可参考性。本手册分为技术篇和应用篇, 共 15 章。本手册在全面论述板式换热器和板式换热装置基本结构、特点、流体流动及传热机理的基础上, 重点介绍了板式换热器在工程实际中的应用。向读者提供具有指导性、实用性和权威性的设计计算、安装、使用和维修方面的知识。

本手册可供化工、炼油、石油化工、轻工、食品、制冷、空调、供热、新能源、建筑节能及使用板式换热器和板式换热装置的专业技术人员和设计人员使用, 也可供大专院校师生参考。

* * *

责任编辑: 姚荣华
责任设计: 董建平
责任校对: 孙 爽 张 虹

板式换热器及换热装置技术应用手册

程宝华 李先瑞 主编
冯志良 姚荣佑 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新华书店经销
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 29½ 插页: 1 字数: 735 千字

2005 年 9 月第一版 2005 年 9 月第一次印刷

印数: 1—4,000 册 定价: 58.00 元

ISBN 7-112-07411-8

(13365)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《板式换热器及换热装置技术应用手册》

编辑委员会

编委会人员

程宝华	李先瑞	冯志良	姚荣佑	常春梅	王长明
房俊玲	张延峰	寿比南	王为国	宋秉堂	张迎恺
赵忠毅	刘洪林	董益波	刘世禄	张世贵	张 开
韩晓平	杨建勋	赵满城	林一凡	张春岩	要立新
刘 喜	董 晨	史国萍	周文学	刘炳汉	赵宏伟
孙永宏					

编写组人员

程宝华	李先瑞	冯志良	姚荣佑	常春梅	王长明
房俊玲					

工作组人员

刘亚娜	郭保华	王 娟	于海龙	王 旭	张秀英
程瑞平	刘清霞	程小文	唐永生		

作者简介



程宝华 北京市京海换热设备制造有限责任公司总经理，北京京海恒通化工设备有限责任公司总经理，全国锅炉压力容器标准化技术委员会板式换热器分委员会委员。从事供热、空调研究，板式换热设备开发等 10 多年。拥有自己研发的专利产品，在《中国电机工程学会热电专业委员会论文集》及《中国建设信息供热制冷》杂志发表过多篇学术论文。



李先瑞 中国建筑科学研究院空调所研究员，建设部专家组成员，中国城镇供热协会技术委员会委员，热电专委会技术委员会委员，建筑节能专委会专家组成员。从事供热、空调研究，设备开发，工程设计等 40 多年。主编了《供热空调系统运行管理节能诊断技术指南》等专著多部，并翻译了《除湿技术》、《建筑设备抗震手册》等著作。获得建设部科技进步奖四项。

前 言

板式换热器和板式换热装置是工业传热过程中必不可少的设备,几乎应用于包括动力、化工、冶金、食品、轻工等一切工业部门;同时,它也是空调、供热中的重要组成部分;在可持续发展的国策下,它还是余热利用、太阳能利用、海水利用、污水利用、地热利用中的关键设备。随着技术的进步,以及节约资源和能源的紧迫性,近几年来开发了一系列新型的板式换热器,如可拆式、全焊式、钎焊式、板壳式等,并从板式换热器发展至板式换热装置,如蒸发装置、热泵装置、制冷装置、热力机组、催化重整装置、燃气冷凝回收装置等。适用范围越来越广,需要量越来越大,生产量也越来越高。但尚没有较完善的新型板式换热器和新型板式换热装置的结构、原理、特性、布置、选型、安装和运行等技术和应用手册。为了满足市场的需求,为了给工业、空调、供热、新能源利用和余热利用的设计、应用、施工、运行人员提供相关数据和资料,为了给热能工程专业人员提供教材,成立了由板式换热器专家、板式换热器标准委员会成员、制造专家、专利发明人、设计和施工人员及用户组成了编委会。

编委会编写本书的原则是为各应用领域的用户,设计、施工、运行人员提供一本技术和应用手册。既然是一本工具书,内容则必须齐全、精练、简明、实用。既全又简,既符合科学性,又满足实用性的技术应用手册,使之能真正起到开拓眼界,简化设计计算,提高工作效率,方便实际应用的作用,成为各领域与换热有关的工程技术人员的得力助手和可靠工具。

本书分为技术篇和应用篇两篇,共15章。第一篇主要的内容是介绍板式换热器和板式换热装置的基础理论、性能、设计计算方法,性能试验和运行维护,同时也叙述了板式换热器的现状和发展趋势。第二篇的主要作用是向工业、空调、供暖、新能源等各领域的用户,设计、施工和运行人员介绍板式换热器和板式换热装置的应用原理和方法。同时以实例的形式,简明扼要地叙述了应用的方式、设计的方法和节能、经济、环保效益。可读性强,适用性广。为了使该书系统性更强,应用范围更广,编委会在编写过程中,除广泛收集国内的应用实例之外,还编译了许多国外的论文,如板式换热器在工业中的应用;有选择地介绍了许多国外的新技术、新材料和新方法,如板式换热器和板式换热装置在燃气热电冷三联供系统中的应用等。

在编写过程中,我们还得到了很多同行的热情鼓励和具体帮助,不少同志为我们提供了自己的研究成果和掌握的资料。在此,谨向这些同行和作者致以真挚的谢意。

中国建筑工业出版社姚荣华副编审,从确定编写提纲直至最后审查定稿,自始至终给予了极大的关心和支持,为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此一并致谢。

由于编写人员水平有限,错误难免,诚恳地欢迎广大读者不吝赐教,以便再版时予以更正。

目 录

技 术 篇

第一章 板式换热器的发展现况和展望	3
第一节 板式换热器的发展现况	3
第二节 板式换热器的定义及基本参数	15
第三节 板式换热器用材料	29
第四节 板式换热器的发展	55
第二章 板式换热器传热、流动阻力计算和设计计算方法	58
第一节 影响板式换热器传热、流动阻力的主要因素	58
第二节 板式换热器传热系数的计算	64
第三节 板式换热器流动压力降的计算	66
第四节 板式换热器的设计计算方法	69
第三章 板式换热器的结构和特性	90
第一节 类别和品种	90
第二节 基本结构	91
第三节 主要产品的性能	93
第四节 影响板式换热器性能的主要因素	117
第五节 夹紧螺柱、压紧板和导杆的强度计算	121
第四章 板式换热装置	128
第一节 板式换热机组	128
第二节 板式(蒸发器、冷凝器)热泵机组	142
第三节 板式制冷装置	164
第四节 板式蒸发装置	169
第五节 板式蒸发冷却装置、板式空冷冷却装置	176
第六节 催化重整装置	184
第七节 全焊接板式换热器在锅炉尾部烟道中的应用	188
第五章 板式换热器和板式换热装置的制造工艺、安装与运行	192
第一节 板式换热器的制造工艺	192
第二节 产品标准与质量要求	193
第三节 板式换热器的试压、清洗、试运行	197
第四节 板式换热器和板式换热装置的运行与调节	198
第五节 板式换热器和板式换热装置的诊断	200
第六节 换热器维修与节能运行案例	
——××化学工厂轻油生产设备的节能	208
第六章 板式换热器性能试验	213

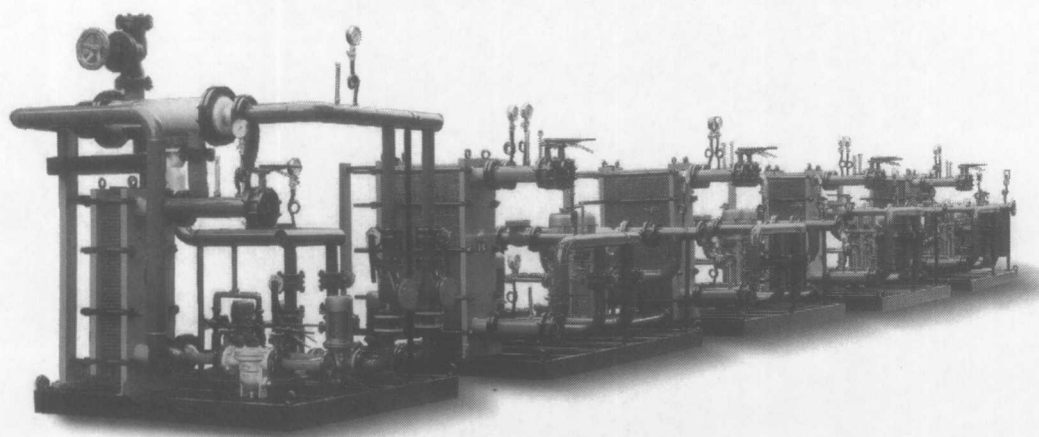
第一节	板式换热器试验的目的和方法	213
第二节	板式换热器性能测定的系统、仪表及测量方法	213
第三节	板式换热器性能试验误差分析	221
第七章	换热器的防垢、防腐、清洗	224
第一节	水中杂质对换热器的危害	224
第二节	换热器的防垢处理	226
第三节	换热器的防腐	238
第四节	换热器清洗	243

应 用 篇

第八章	板式换热器及板式换热装置的应用原理及方法	249
第一节	在热利用设备中的应用原理及方法	249
第二节	在工业部门中的应用原理及方法	252
第三节	在工业余热利用技术中的应用原理及方法	259
第四节	在城市废热利用中的应用原理及方法	273
第五节	在热电联产、集中供热和多种形式供热系统中的应用原理及方法	280
第六节	在空调系统中的应用原理及方法	296
第七节	在未利用能的利用中的应用原理及方法	306
第八节	在地热核能中的应用原理及方法	312
第九章	板式换热器及板式换热装置在空调系统中的应用	321
第一节	浅密波纹 (BRH) 型板式换热器在区域供冷系统中的应用	321
第二节	浅密波纹 (BRH) 型板式换热器在超高层建筑空调系统中的应用	322
第三节	在冬季与过渡季利用冷却塔供冷技术中的应用	324
第四节	汽-水板式换热器、全焊接板式换热器、非对称 (FBR) 型板式换热器在空调 供热系统中的应用	326
第五节	在冰蓄冷空调系统中的应用	337
第六节	在高效率空调热源系统中的应用	342
第七节	在工厂空调系统中的应用	344
第八节	在水源热泵空调系统中的应用	349
第十章	板式换热器及板式换热装置在供热系统中的应用	352
第一节	非对称 (FBR) 型板式换热器在集中供热系统中的应用	352
第二节	板式换热机组在集中供热系统中的应用	355
第三节	全焊板式换热器在热电厂首站换热中的应用	356
第四节	板式换热器在电锅炉供热系统中的应用	363
第五节	在公共洗浴设施中的应用	366
第六节	非对称 (FBR) 型在燃气锅炉房供热系统中的应用	370
第十一章	板式换热器在可再生能源利用中的应用	375
第一节	在地热利用中的应用	375
第二节	在城市污水利用中的应用	383
第三节	在海水冷却系统中的应用	384

第四节	在海洋温差发电系统中的应用·····	389
第五节	在太阳能利用中的应用·····	391
第十二章	在燃气热电冷三联供系统（分布式能源系统）中的应用·····	400
第一节	燃气热电冷三联供热回收系统·····	400
第二节	全焊板式排（烟）气热回收装置·····	405
第十三章	蒸发装置的应用·····	414
第一节	全焊板式蒸发装置在造纸工业中的应用·····	414
第二节	在甜菜糖浓缩工艺中的应用·····	417
第十四章	板式换热器及板式换热装置在生产工艺中的应用·····	419
第一节	在塑料制造工厂中的应用·····	419
第二节	全焊板式换热器在洗衣粉工厂中的应用·····	420
第三节	在制药工业中的应用·····	421
第四节	在食品工业中的应用·····	422
第五节	在化学、石油化学工业中的应用·····	434
第六节	在电厂中的应用·····	442
第七节	在钢铁工业中的应用·····	446
第十五章	板式换热器及板式换热装置在余热回收中的应用·····	450
第一节	在造纸机、密闭罩排气热回收中的应用·····	450
第二节	在染色加工工艺过程中的应用·····	451
第三节	在造纸工业蒸煮余热回收中的应用·····	454
第四节	在水泥厂低温排热发电系统中的应用·····	456
第五节	焦炉煤气喷洒氨水的余热利用·····	458
第六节	在半导体工厂中的应用·····	459
第七节	在其他工业中的应用·····	464

技 术 篇



第一章 板式换热器的发展现况和展望

第一节 板式换热器的发展现况

一、板式换热器的发展现况

1. 概述

最近几十年来板式换热器发展很快，主要表现在以下几个方面。

(1) 板式换热器的种类越来越多，技术性能越来越好，应用范围越来越广。

1) 板式换热器的种类：

从板式换热器的连接方式上看：从可拆式板式换热器发展到钎焊式板式换热器；从半焊接式、全焊接式发展到板壳式换热器。

从板片的形式上看：从对称型发展到非对称型。

从板片的流道上看：从对称流道发展到宽-窄流道、宽-宽流道。

从板片波纹的深浅上看：从波深为 3~5mm 的一般板发展到波深为 2~2.5mm 的浅密波纹板。

2) 板式换热器的技术性能越来越好，图 1-1 表示板式换热器的设计温度、设计压力范围。

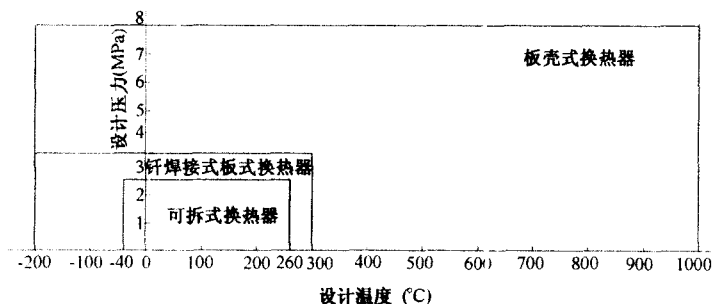


图 1-1 板式换热器的设计温度、设计压力

- 工作温度从可拆式的 260℃ 发展到板壳式的 1000℃。
- 工作压力从可拆式的 2.5MPa 发展到板壳式的 8.0MPa。
- 传热系数从 2000W/(m²·K) 发展至 12000W/(m²·K)。
- 最大当量直径 28mm。
- 最大可拆式单板换热面积 4.75m²。
- 最大焊接式单板换热面积 18m²。
- 最小钎焊式单板换热面积 0.006m²。
- 最大可拆式单台换热面积 2500m²。
- 最大全焊式单台换热面积 10000m²。
- 最大接管尺寸 500mm。

3) 板式换热器的应用范围越来越广，见表 1-1。

各种类型板式换热器的应用范围

表 1-1

	供 热	制 冷 空 调	生 活 热 水	生 产、工 艺	热 回 收	自然能源的利用
对 称 型	✓	✓	✓	✓	✓	✓
非 对 称 型	✓	✓	✓			✓
宽-窄流道				✓	✓	✓
宽-宽流道				✓	✓	✓
浅密波纹		✓				✓
全 焊 式		✓		✓	✓	
钎 焊 式		✓		✓	✓	
板 壳 式				✓	✓	✓

(2) 板式换热器向大型化、小型化、专用化、多元化、装置化发展。

1) 大型化 大型板式换热器主要用于中央冷却系统 (以下简称 CCS), 该系统集中冷却各种工厂使用的冷却水, 并作为发电厂轴承冷却水的冷却器。板式换热器的产量与工厂的规模、工艺过程等有关, 必要的冷却水量从数千至数万 m^3/h , 大型板式换热器可达数十万 m^3/h , CCS 中希望采用尽可能少的台数进行处理, 故要求采用大型板式换热器。近几十年, 中东地区建设了许多具有世界级规模的 LNG 工厂, 使用过去的冷却塔的冷却方式不能确保补给水, 故希望变更为使用板式换热器的 CCS 方式。过去发电厂使用 S&T 轴承冷却水方式, 但通过性能评价说明, 板式换热器在成本、传热性能、小型化及维护性等方面均具有明显的优越性, 因此需要将它们更换为板式换热器的方式。如巴塞罗那论坛区能源系统采用的是垃圾利用 (将巴塞罗那市区收集的垃圾进行厌氧分解, 产生人造燃气), 废热发电 (垃圾产生的燃气加热蒸汽锅炉, 驱动气轮发电机, 向论坛区及城市电网供电), 发电余热制冷 (高压蒸汽发电后衰减为低压蒸汽, 被送至远大空调制造的吸收式制冷机加热溴化锂溶液, 进行制冷), 海水冷却。设备设计容量: 吸收式制冷机 $4 \times 4500\text{kW}$; 蒸汽-水板式换热器 $4 \times 5000\text{kW}$; 蓄冷罐 5053m^3 ; 海水板式换热器 $4 \times 12000\text{kW}$ (每台海水板式换热器流量 $961\text{m}^3/\text{h}$, 压力降 58kPa), 板片材料为钛。海水冷却板式换热器见图 1-2。

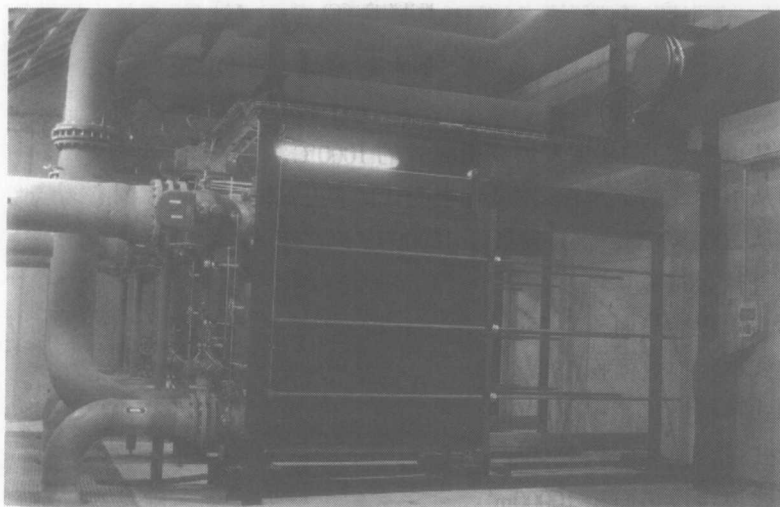


图 1-2 巴塞罗那论坛区海水冷却板式换热器

上述用途的共同特征是以海水作为冷却水的水源,在板式换热器中使用海水的问题之一是防垢。今后,随着 CCS 和电厂中的冷却器采用板式换热器不断增长的要求,就必须研究海生生物附着在板片上后对传热性能的影响程度,并要了解板片的耐腐蚀性能。

(a) 耐海水性 使用海水时的防污问题。现在,作为防止海生生物附着的方法有往海水中连续注入通过电分解方法得到次亚盐酸钠 (NaClO) 的方法。实际运行说明,在使用海水的板式换热器中连续注入次亚盐酸钠 (0.9mg/L) 后进行测定,运行 3 个月后,其总传热系数没有发生变化。在夏季海藻和贝类容易繁殖的时期,连续注入次亚盐酸钠也能确保传热性能不变。其他的方法还有,从环境保护上看,采用臭氧和热水的防污也是有效的,但尚未进行实验验证和确立相应的技术方法。

(b) 耐腐蚀性 使用海水时,板片的材质一般为钛板。钛对海水具有优良的耐腐蚀性。从相关的耐腐蚀性资料可知,对于海水来说,即使至 120°C ,钛板也不会腐蚀。此外,为了抑制海生生物的附着而注入的次亚盐酸钠还会生产一种坚固的非动态的膜,从而提高了钛板的耐腐蚀性。使用丁腈类橡胶作为密封垫片,即使海水温度达到 80°C ,也不会对它产生任何腐蚀。在耐热性方面,当海水温度低于 60°C 时,不会产生热的劣化现象,能长期确保良好的密封性能。

(c) 大型板式换热器的特性

• 每台板式换热器的处理流量与板的角孔口径有关,大型板式换热器角孔的口径为 $\phi 500\text{mm}$,每台处理的流量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$,与以往的所谓大型板式换热器比较,所需台数可以减少一半。其结果,换热器用过滤器、安装工程和管道的初投资,板的清洗和密封垫片的更换等维护费用均能明显地降低,并且还能节省占地空间,以下通过一实例说明,现今大型板式换热器与以往大型板式换热器的比较(见表 1-2)。从台数上看,大型机仅需 2 台,而以往大型

机要 4 台;从初投资上看,2 台大型机的投资约比以往大型机大 10%,但它的过滤器投资约为以往型的 $2/3$,安装工程约为一半,其总费用约能减少 30%;从设置空间上看约能减少 40%,即使设置 1 台备用机,总费用也能减少 15%,空间也能节省 30%;在分解清洗方面,由于板片数少,人工费亦降低约 30%。

• 对海水的处理措施。当海水中的海藻、贝类附着在板的内部或堵塞在角孔的附近时,会降低海水的流量,从而不能确保冷却性能。故当海水从角孔流到板的内部时,其间不应有凸起的障碍物,使流路呈直线形,这是防止海生生物堵塞角孔的方法之一。为了验证以上效果,对通过海水的大型板式换热器进行测定。测试结果证明,当角孔附近附着很少量的藻类时,对流路的性能

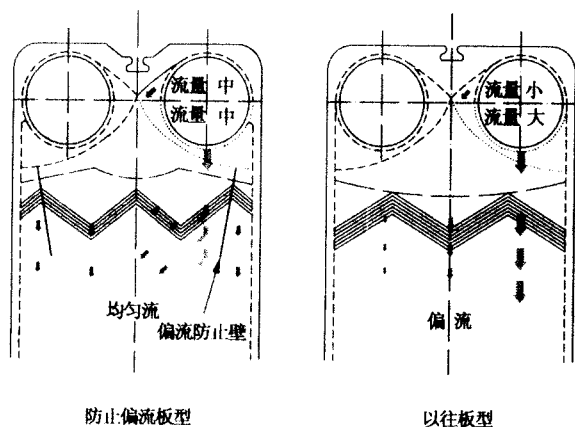


图 1-3 板内部的流动

与以往大型机的比较

表 1-2

流 量		3300m ³ /h × 2	
形 式		大 型 机	以往大型机
台 数 (台)		2	4
价 格	换 热 器	1.11	1
	过 滤 器	0.66	1
	安装、管道	0.51	1
	合 计	0.70	1
设置面积		0.60	1

没有影响。但为了保证板内流道的通畅,绝不允许通过直径大于板间距的异物,故必须在进入换热器前安装过滤器。

(d) 高性能化 与以往板式换热器比较,均匀流路无偏流是保持高性能的主要途径。措施之一是在板内部的主传热面上设置偏流抑制板,使液体入口处的流路为最短,从而使主传热面为均匀流(图 1-3)。其次,设计板片时,应使板中央部的流量增多,即要防止端部的流量增多。如前所述,由于防止偏流板能减少角孔的压力降,因此,其传热性能比以往大型板约增加 15%~20%。

2) 超小型化 在选择与使用条件相应的板式换热器的尺寸时,必须考虑初投资和设置空间等问题。板式换热器的市场之一是用在耗能量少的食品、医药流体的杀菌,少量流体的加热/冷却等用户。为此,必须开发出超小型的板式换热器,以适应产品多样化,生产规模参差不齐的要求,并满足耗能量少的热能行业的要求。目前市场上超小型板式换热器具有小型化、低成本、高性能、重量轻、生产快等优点。

(a) 换热器的尺寸,最大的板片也仅相当于 A4 用纸的尺寸,重量每台约 20kg,可安装在墙上。

(b) 按标准板片数分为 12、24、36、48 片四类;按板的材质分为 SUS316 和钛两类;按密封垫片分为三元乙丙橡胶和硅橡胶两类。

3) 专用化

(a) 用于食品流体的热杀菌、加热/冷却工艺过程中的板式换热器必须具备以下三个条件:提高生产率;确保卫生性;保障食品品质稳定性等。

(b) 食品专用板式换热器是为了满足上述三个条件而开发出的已商品化的板式换热器,以它作为咖啡、调味液、酱油等杀菌器使用时受到了普遍的好评。

(c) 在设计食品专用板式换热器时,应使板片内的流速分布均匀,为此,在板面上,即使是局部也不应该形成液垢,并能进行长时间的连续运行,目的是达到均匀的升温/冷却过程,提高制品的品质和保证质量的稳定。若采用 CIP 还能清洗板式换热器的所有板面。

(d) 采用镶嵌式密封垫片的结构,以适应新性能的要求,维护时间是原有装置的 1/2~1/3。

4) 多元化

(a) 全焊式板式换热器 众所周知,板式换热器具有许多优越性,但由于存在如下问题,限制了它的应用范围和发展:密封性较差,易泄露;需经常更换垫片,较麻烦;耐压能力较低,一般约为 1MPa;耐温能力受垫片材料的限制;流道小,不适宜于气-气换热或蒸汽冷凝;易堵塞,不宜用于含悬浮物质的流体等。随着板式换热器制造技术、板材质和焊接板的出现,克服了上述缺点,扩大了应用范围。

在所有工业行业内推广节能的进程中,降低燃料费用是各企业急需解决的问题。废气、废水热回收是节能、降低燃料费的重要举措之一。为了适应这种形势,开发出了全焊接板式换热器机组。

- 形状:组合了标准化的极薄平板的全焊接结构的错流型的气-气(空气)换热器有两种类型,即高温型、低温型。

- 特征:机组组合而成,便于扩张,从小风量至大风量($60 \sim 300000 \text{Nm}^3/\text{h}$),使用范围广;平板薄,效率高(温度效率达 80% 以上);可用于高温(1000°C),高压(30kPa)的气体;全焊接气密结构,不会混入排气、臭气;结构便于维护、清洗;根据使用温度和气体的种类选择合适的材质。

- 结构:为了承受高温条件下的热应力,将薄板加工成六角形状的单体后组装成机组,目的是分散热应力,构成耐高温的结构(图 1-4)。

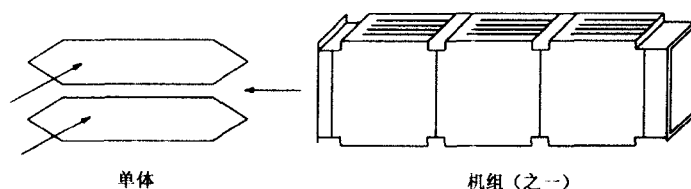


图 1-4 气-气全焊接式板式换热器

• 材质：S-TEN 适合于温度低于 350°C 的机组；铝合金板适合于排气温度低于 500°C 的机组；SPCC 适合于温度低于 200°C 的机组；SUS 系统应根据温度、排气的性质选择其他非铁金属，如锡、铜。

• 板厚：0.3~2.0mm（标准 0.8mm，低温 0.4mm）。

• 耐压：在 600°C 时为 10kPa；在 900°C 时为 5kPa。

• 气密性：T 型为通过风量的 0.1% 以下，用于脱臭；N 型为通过风量的 0.1% 以下，一般用途；S 型为通过风量的 1.0% 以下。

• 压力降：高温侧、低温侧压力降是不同的。高温侧（排气）在仅依靠风机的机外剩余压力和烟囱的引力条件下，允许值为 50Pa 以下。

• 最高使用温度：与受热侧的回收温度和操作压力有关，但可达到 1000°C 。

• 排气中的粉尘浓度：当排气通路为单流程时，由于传热面为平板，故很难堵塞，粉尘浓度约为 $0.1 \sim 0.5\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

• 流向（流程方向）：原则上可自由设计，事前可与用户协商，进行最优设计。

• 互换性：当机组需要更换某些部件时，机组的结构应便于更换。

• 布置：可纵向、横向或水平设置。

• 保温：外型便于保温，一般采用板式保温，便于维护。最近，已经开发出利用排气预热锅炉给水的低压损机组装置。目前，全焊式板式换热器用于钢铁、石油、锅炉等行业，并已取得了很大的成绩。

(b) 板式错流型换热器 板式错流型换热器是一种结构简单，具有弹性密封、传热面不焊接和应用范围广等优点。

• 原理结构：在钢结构的固定框架中，将每片传热板成 90° 逐一重合而成。排气从垂直方向通过传热板，空气从水平方向通过（图 1-5）。

• 特点：传热板通过弹性密封组合而成，能自由地吸收热膨胀，故能满足温度变化造成的应力变化的要求，几乎不发生泄漏问题；由于传热面不焊接，可根据对象温度的变化，选择许多合适的材料，其适用范围，从氧露点以下的低温至 1000°C 左右的高温（图 1-6）；为了防止排气中粉尘产生的磨损和堵塞问题，采取了许多相应措施；可组合数个至数十个，故处理量非常大，可作为大容量的空气预热器。

• 用途：该装置分为高温型的气-气换热 H 型和低温型的气-气，气-液换热 L 型（表 1-3）。在以往有粉尘和腐蚀性的不能回收废热的工业范围内，这种产品都可采用。此外，在食品、造纸、石油化工、电力、炼钢等所有工业范围内热回收系统中也可采用这种装置。其他的用途还包括锅炉、焚烧炉、加热炉、干燥器等，通用性强。

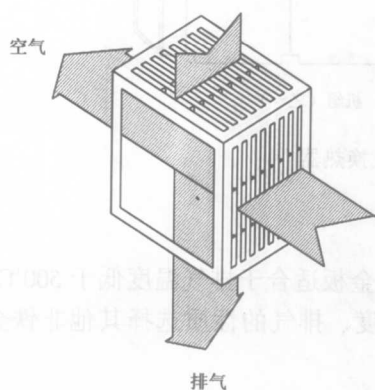


图 1-5 板式错流型换热器

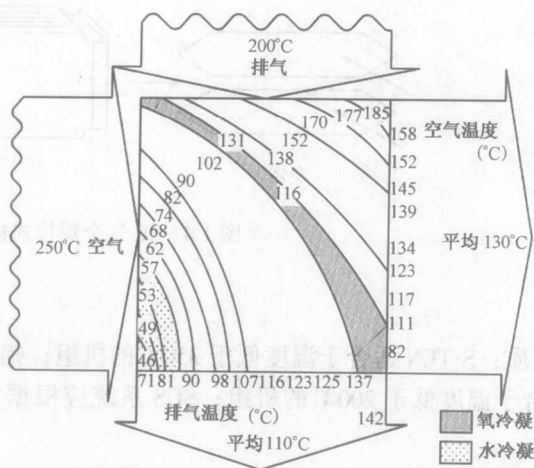


图 1-6 传热板片温度分布

H 型、L 型比较表

表 1-3

	H 型	L 型
适用温度	150 ~ 1000℃	常温 ~ 450℃
用途	气-气换热	气-气、气-液换热
结构	特殊弹性密封，传热板无焊接	特殊弹性密封，传热板无焊接
形状	平板 + 补强筋不锈钢	平板（水平平直波纹）
材质	不锈钢、碳钢	不锈钢、有被复层的碳钢

(c) 用于冷凝器的板片 用于冷凝器的板片的连接气体的角孔大，波纹节距也大，目的是提高冷凝传热效果，减少流体阻力。蒸汽压缩式制冷循环是由压缩、放热、节流和吸热四个主要热力过程组成的。冷凝器的任务是将压缩机排出的高温高压气态制冷剂予以冷却使之液化，也就是说，当过热蒸汽流经冷凝器的放热面时，将其热量传递给周围介质，而其自身则被冷却为饱和气体，并进一步被冷却为高压液体，以便制冷剂在循环系统中循环使用。由于高温高压制冷剂的密度较小（如饱和氟利昂 12 蒸汽在温度为 40℃ 时，密度为 54.76kg/m³）。故用于冷凝器的板片应是专用板片，其角孔和节距加大，才能提高传热效率和减少热阻。

(d) 用于蒸发器的板片 在造纸厂黑液浓缩装置中使用的蒸发器即是其中的一种，为升降膜蒸发器，板片的构造和普通的波纹板片不同，每四片为一组，靠不同形状的垫片引导介质的流向。

(e) 板管式板片 板片组合在一起后，流道呈蜂窝状，其中，一个流道较大，另一个流道较小，其比例大约为 2:1。

(f) 双层板片 这种板片是由两层板压合在一起，两板之间有自然的缝隙，并在边缘开有一个向外的小口，当其中一层因腐蚀穿孔时，流体便进入两板之间的缝隙中，并从板边的小口流出。

5) 装置化 板式换热器向板式换热装置发展说明板式换热器已成为工业生产，余热利用，建筑舒适化的重要的必不可少的设备；也说明板式换热器的技术和应用达到了更高的水准。目前已生产的装置有板式换热机组，热泵机组，制冷机组，蒸发装置，空冷装置和催化重整装置