

普通高等教育“十三五”规划教材

化工设备设计

(第二版)

DESIGN OF CHEMICAL EQUIPMENT
(SECOND EDITION)

王学生 惠 虎 主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

化工设备设计

(第二版)

王学生 惠 虎 主编

 华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

化工设备设计 / 王学生, 惠虎主编. —2 版. —上海: 华东理工大学出版社, 2017. 9

ISBN 978-7-5628-5156-1

I. ①化… II. ①王… ②惠… III. ①化工设备-设计 IV. ①TQ050.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 209222 号

内容提要

本书主要阐述了化工设备设计的原理、特点和基本要求, 系统地介绍了一些典型设备的结构型式与设计方法, 补充和修订了部分内容, 更新了相关设计规范及标准, 同时反映了化工设备设计最新的发展趋势, 展现了学科的发展前沿。本书共 5 章: 第 1 章换热设备, 第 2 章塔设备, 第 3 章反应设备, 第 4 章储存设备, 第 5 章承压容器计算机辅助设计。各章增加了例题与思考题, 便于教学应用。本书可作为过程装备与控制工程(化工机械)等相关专业本科生的教材或学习参考书, 也可供从事化工设备设计、运行和科研的工程技术人员参考。

.....
策划编辑 / 徐知今

责任编辑 / 徐知今

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: 021-64250306

网 址: www.ecustpress.cn

邮 箱: zongbianban@ecustpress.cn

印 刷 / 常熟大宏印刷厂

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 426 千字

版 次 / 2011 年 9 月第 1 版

2017 年 9 月第 2 版

印 次 / 2017 年 9 月第 1 次

定 价 / 48.00 元
.....

版权所有 侵权必究

第二版前言

本书是“十二五”上海市重点图书。本书第一版自 2011 年 9 月出版发行以来,受到了广大读者,特别是兄弟院校师生的好评。近年来随着科学技术的飞速发展,化工设备的设计方法、设计标准规范不断更新,新的研究成果也不断涌现,我们认为有必要对原教材进行修改和补充,以展现本专业技术的发展前沿。

本书本着服务教学、与时俱进的原则,根据国家及行业标准的更新进行修订。本次修订主要参考的国家标准与规范有 TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》、GB 150.1~150.4—2011《压力容器》、GB/T 151—2014《热交换设备》、NB/T 47042—2014《卧式容器》、NB/T 47041—2014《塔式容器》、GB 12337—2014《钢制球形储罐》等。

本书各章新增了例题和思考题,并将计算与设计所需要的必要的数据以及相关的标准内容纳入教材,同时将最新版本的过程设备设计强度计算通用软件 SW6 进行了详细的介绍与应用举例,使学生体验设计计算的全过程,着重培养学生理论联系实际,解决工程实际问题的能力,使学生在学完本课程以后能初步建立化工设备整体的设计思路。

本书对文字、图表等进行了全面修订,使其更规范、更完善。同时根据教学过程中发现的问题以及读者提出的意见进行了适当的更改。

本版仍由王学生、惠虎主编。参加编写的有王学生(第 1 章的 1.1 节、1.6 节,第 2 章)、惠虎(第 1 章的 1.3 节、1.5 节,第 3 章)、周帼彦(第 4 章)、洪瑛(第 1 章的 1.2 节、1.4 节、第 5 章)。王学生负责全书统稿和最后修改工作。

限于编者水平,书中难免还有不少不当及不足之处,深望广大师生和读者批评指正。

编者

2017 年 7 月

第一版前言

为适应过程装备与控制工程专业教材建设与人才培养的需要,作者根据多年从事过程设备设计课程教学和科研工作的经验与体会编写了本教材。本书的出版得到了华东理工大学出版社优秀教材出版基金的资助。

本教材以培养高等院校过程装备与控制工程专业高水平设计型人才为目标。编写过程力求简单明了,淡化繁琐的理论推导,以学科发展和实际应用为导向,力求将常用的过程设备全面地、深入浅出地进行介绍,同时反映最新的压力容器和化工设备设计标准规范。

本教材主要阐述了过程设备设计的原理、特点和基本要求,系统全面地介绍了一些重要设备的结构形式与设计方法,同时有选择性地增加介绍了某些新型化工设备的结构与技术进展情况。本书共五章:第1章换热设备,第2章塔设备,第3章反应设备,第4章其他设备,包括核电设备和球形储罐,第5章承压容器计算机辅助设计。本书特别介绍了先进压水堆核电站蒸汽发生器的结构及其设计。以例题形式详细介绍了过程设备强度设计通用软件SW6的使用方法。

本教材可作为过程装备与控制工程等相关专业本科生教材或学习参考资料,也可供从事化工设备设计、运行和科研的工程技术人员参考。

本教材由王学生、惠虎主编。参加编写的有王学生(第1章的1.1节、1.2节、1.6节,第2章)、惠虎(第1章的1.3节、1.4节、1.5节,第3章)、周帼彦(第4章)、洪瑛(第5章)。王学生负责全书统稿和修改工作。本书编写过程中,王争昇、门启明、孙志广、张崇、刘延斌、王建甫等同学在本书制图、校对等方面付出了辛勤劳动,在此表示衷心的感谢。

作者编写过程中参考和学习了许多本专业的优秀教材,如聂清德教授编写的《化工设备设计》、郑津洋教授编写的《过程设备设计》、卓震教授编写的《化工容器与设备》等,在此对这些作者表示诚挚的谢意。

借此机会,向对本教材的编写提出过宝贵建议的李培宁教授、王志文教授、蔡仁良教授、潘家桢教授、涂善东教授、徐宏教授、轩福贞教授、安琦教授等,深表谢意。

限于水平,虽经努力,书中不妥甚至错误之处在所难免,敬请同仁和读者指正。

编者

2011年9月

目 录

第 1 章 换热设备	(1)
1.1 换热设备概述	(1)
1.1.1 换热设备的应用	(1)
1.1.2 换热设备应满足的基本条件	(1)
1.1.3 换热设备的分类及其特点	(2)
1.1.4 换热器选型	(11)
1.2 管壳式换热器	(12)
1.2.1 管壳式换热器基本类型	(12)
1.2.2 管壳式换热器基本结构	(15)
1.3 管板设计	(30)
1.3.1 管板计算概述	(30)
1.3.2 以米勒法为基础的管板计算	(32)
1.3.3 我国 GB/T 151 管板计算原理与计算方法	(44)
1.4 温差应力与 U 形膨胀节的计算	(64)
1.4.1 温差应力	(64)
1.4.2 膨胀节结构型式	(67)
1.4.3 U 形膨胀节的计算	(68)
1.5 管壳式换热器振动与防止	(74)
1.6 强化传热技术	(76)
1.6.1 强化传热概述	(76)
1.6.2 强化换热管	(78)
1.6.3 管内插入物强化传热	(81)
1.6.4 改进壳程管束支承结构	(82)
1.6.5 对流换热耗功强化	(86)
1.6.6 沸腾换热的强化	(88)
1.6.7 凝结换热的强化	(89)
思考题一	(90)
第 2 章 塔设备	(91)
2.1 塔设备概述	(91)
2.1.1 塔设备的应用	(91)
2.1.2 塔设备应满足的基本要求	(91)
2.1.3 塔设备的分类及其特点	(91)
2.1.4 塔设备的选型	(93)
2.2 板式塔	(94)
2.2.1 常用板式塔类型	(94)

2.2.2 塔盘结构	(100)
2.3 填料塔	(109)
2.3.1 填料	(109)
2.3.2 填料塔内件的结构设计	(113)
2.4 塔设备的附件	(121)
2.4.1 裙座	(121)
2.4.2 除沫器	(122)
2.4.3 接管	(124)
2.4.4 人孔和手孔	(126)
2.4.5 吊柱	(126)
2.5 塔设备的强度分析和稳定校核	(127)
2.5.1 塔设备的自振周期	(127)
2.5.2 塔的载荷分析	(131)
2.5.3 筒体的强度及稳定性校核	(139)
2.5.4 裙座的强度及稳定性校核	(141)
2.5.5 塔设备计算的问题考虑	(147)
2.6 计算实例	(148)
2.7 塔设备的振动	(163)
2.7.1 风的诱导振动	(163)
2.7.2 塔设备的防振	(165)
思考题二	(166)
第3章 反应设备	(167)
3.1 反应设备概述	(167)
3.1.1 反应设备在化学工业中的作用	(167)
3.1.2 常见反应器的种类及特点	(167)
3.2 搅拌反应器	(170)
3.2.1 搅拌反应器的总体结构及类型	(171)
3.2.2 搅拌反应器在工业生产中的应用	(172)
3.2.3 搅拌设备设计与选型的基本方法	(174)
3.3 搅拌器及搅拌附件	(176)
3.3.1 搅拌器	(176)
3.3.2 搅拌器功率计算	(182)
3.4 搅拌罐体及其传热装置	(186)
3.4.1 搅拌罐体	(186)
3.4.2 搅拌反应器的传热	(188)
3.5 搅拌反应器的传动装置与搅拌轴	(191)
3.5.1 传动装置	(191)
3.5.2 搅拌轴设计	(193)
3.6 搅拌反应器的轴封	(197)

3.6.1 填料密封	(197)
3.6.2 机械密封	(199)
3.6.3 全封闭密封	(201)
思考题三	(202)
第4章 储存设备	(203)
4.1 球形储罐	(203)
4.1.1 概述	(203)
4.1.2 罐体	(205)
4.1.3 球罐支座	(207)
4.1.4 人孔、接管及附件	(213)
4.1.5 球罐对基础的要求及抗震设计	(217)
4.1.6 球罐设计实例	(220)
4.2 卧式储罐	(227)
4.2.1 卧式储罐的基本结构	(228)
4.2.2 卧式储罐分类	(230)
4.2.3 卧式储罐设计	(231)
4.2.4 卧式储罐设计实例	(238)
思考题四	(241)
第5章 承压设备计算机辅助设计	(243)
5.1 概述	(243)
5.2 SW6—2011 软件	(243)
5.2.1 卧式容器设备计算程序使用简介	(244)
5.2.2 过程设备强度计算书	(258)
参考文献	(268)

第1章 换 热 设 备

1.1 换热设备概述

1.1.1 换热设备的应用

换热设备是化工、炼油工业中普遍应用的典型工艺设备,用来实现热量的传递,使热量由高温流体传送给低温流体。在化工厂,用于换热设备的费用约占总费用的10%~20%,在炼油厂约占总费用的35%~40%。其他在动力、原子能、冶金、食品、交通、家电等工业部门也有着广泛的应用。

在化工生产中,为了工艺流程的需要,往往进行着各种不同的换热过程:如加热、冷却、蒸发和冷凝等。换热器就是用来进行这些热传递过程的设备,通过这种设备,能使热量从温度较高的流体传递给温度较低的流体,以满足工艺上的需要。换热器作为一个单独的化工设备,有时则把它作为某一工艺设备中的组成部分,如氨合成塔中的下部热交换器、精馏塔底部的再沸器和顶部的回流冷凝器或分凝器等。其他如回收排放的高温气体中的废热所用的废热锅炉,有时在生产中也是不可缺少的。总之,换热器在化工生产中应用十分广泛,提高热能利用率,降低燃料消耗和电耗,提高工业生产经济效益,任何化工生产工艺几乎都离不开它。

1.1.2 换热设备应满足的基本条件

根据工艺过程或热量回收用途的不同,换热设备可以是加热器、冷却器、蒸发器、再沸器、冷凝器、余热锅炉等,因而换热设备的种类、型式很多。完善的换热设备在设计或选型时应满足以下各项基本要求。

1. 合理地实现所规定的工艺条件

传热量、流体的热力学参数(温度、压力、流量、相态等)与物理化学性质(密度、黏度、腐蚀性等)是工艺过程所规定的条件。设计者应根据这些条件进行热力学和流体力学的计算,经过反复比较,使所设计的换热设备具有尽可能小的传热面积,在单位时间内传递尽可能多的热量。为此,具体的做法可以是:

(1) 增大传热系数 在综合考虑了流体阻力与不发生流体诱发振动的前提下,尽量选择高的流速。

(2) 增大平均温度差 对于无相变的流体,尽量采用接近逆流的传热方式。因为这样不仅可以增大平均温度差,还有助于减少结构中的温差应力。在条件允许时,可提高热流体的进口温度或降低冷流体的进口温度。

(3) 妥善布置传热面积 例如在管壳式换热器中,采用合适的管间距或排列方式,不仅可以加大单位空间内安置的传热面积,还可以改善流动特性。错列管束的传热效果比并列管束的好。如果换热设备中的一侧流体有相变,另一侧流体为气相,可以在气相一侧的传热面上加翅片以增大传热面积,则有利于热量的传递。

2. 安全可靠

换热设备也是压力容器,在进行强度、刚度、温差应力及疲劳寿命计算时,应该遵照我国

《压力容器》与《热交换器》等有关规定与标准。这对保证设备的安全可靠起着很大的作用。《美国机械工程师学会(ASME)锅炉与压力容器规范》,美国的《管式换热器制造商协会(TEMA)标准》以及《膨胀节制造商协会(EJMA)标准》等也都有很好的参考价值。

材料的选择是一个重要的环节,不仅要了解材料的机械性能、物理性能、屈服极限、最小强度极限、弹性模量、延伸率、线膨胀系数,导热系数等,还应了解其在特殊环境中的耐电化学腐蚀、应力腐蚀、点腐蚀的性能。例如低温退火的奥氏体不锈钢具有很好的机械性能,在许多腐蚀性介质中具有很好的抗腐蚀能力,但在有卤化物的环境中,几天之内便遭受腐蚀。

受压的与非受压的部分,焊接的与非焊接的部分,设备的支承部分,在材料选择上应予以不同对待。

3. 有利于安装、操作与维修

直立设备的安装费往往低于水平的或倾斜的设备。设备与部件应便于运输与装拆,在厂房中移动时不会受到楼梯、梁、柱等的妨碍。根据需要可添置气、液排放口、检查孔与敷设保温层。对于一台高效的换热设备,如果操作上出现一些波动,很可能难以控制操作,以致引起快速的结垢或部件的失效。故在设计时应提出相应的对策,决不能让换热设备在操作时出现的问题转嫁到下一工序。对易结垢的换热设备,如在流体中加入净化剂,便可不必停工清洗,否则就应采取快速清洗的办法以缩短停工的时间。有时也可以将换热设备分作两个部分,当一部分在清洗时,另一部分仍维持正常的运行。操作场地应留有足够的空间以便换热设备在报废之前可以将其内件抽出在现场进行焊接、堵漏与修理。

4. 经济合理

评定换热设备最终的指标是:在一定时间内(通常为一年)固定费用(设备的购买费、安装费等)与操作费(动力费、清洗费、维修费等)的总和为最小(图 1-1)。当设计或选型时,如果有几种换热器都能完成生产任务的需要,这一指标尤为重要。

动力消耗费与流速的平方成正比,而流速的提高又有利于传热,因此存在一最适宜的流速。传热面上垢层的产生与增厚,使传热系数不断降低,传热量随之减少,故有必要停止操作进行清洗。在清洗时不仅无法传递热量,还要支付清洗费,这部分费用必须从清洗后传热条件的改善得到补偿。因此还存在一最适宜的运行周期。

严格地讲,如果孤立地仅从换热设备本身来进行经济核算以确定最适宜的操作条件与最适宜的尺寸是不够全面的,最好是以整个系统中全部设备为对象进行经济核算或设备的优化。但要解决这样的问题难度很大。当影响换热设备的各项因素改变后对整个系统的效益关系不大时,按照上述观点单独地对换热设备进行经济核算仍然是可行的。

1.1.3 换热设备的分类及其特点

按照传热方式的不同,换热设备可分为三类。

(1) 混合式换热器 利用冷、热流体直接接触与混合的作用进行热量交换。这类换热器的结构简单、价格便宜,常做成塔状。图 1-2 是一搁板式冷却塔的示意图。

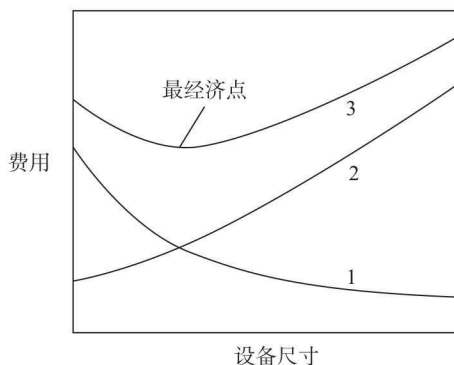


图 1-1 设备的费用

1—固定费;2—操作费;3—总费用

(2) 蓄热式换热器 在这类换热器(图 1-3)中,热量传递是通过格子砖或填料等蓄热体来完成的。首先让热流体通过,把热量积蓄在蓄热体中,然后再让冷流体通过,把热量带走。由于两种流体交替转换输入,因此不可避免地存在着一小部分流体相互掺和的现象,造成流体的“污染”。

蓄热式换热器结构紧凑、价格便宜、单位体积传热面积大,故较适合用于气-气热交换的场合。

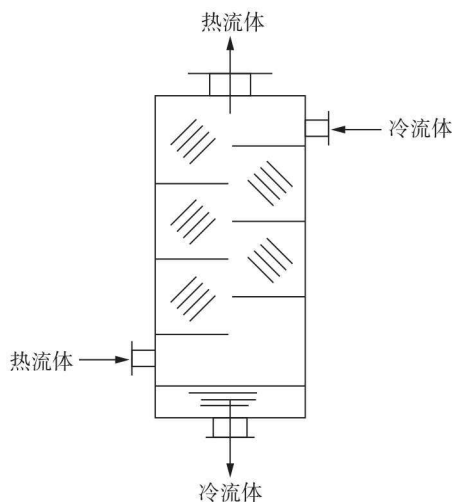


图 1-2 搁板式冷却塔

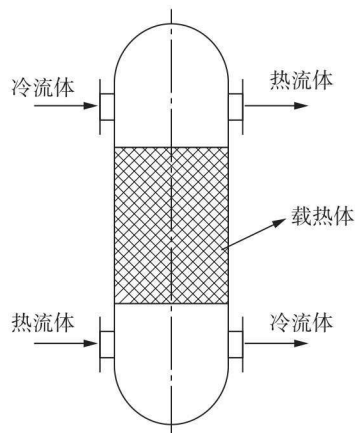


图 1-3 蓄热式换热器

(3) 间壁式换热器 这是工业中最为广泛应用的一类换热器。冷、热流体被一固体壁面隔开,通过壁面进行传热。按照传热面的形状与结构特点它又可分为:

- ① 管式换热器,如蛇管式、套管式、管壳式、缠绕管式等;
- ② 板面式换热器,如板式、板翅式、螺旋板式、板壳式、伞板式等;
- ③ 其他型式换热器,如石墨换热器、聚四氟乙烯换热器、热管换热器等。

1. 管式换热器

这类换热器是通过在换热管壁面进行传热的。虽然在换热效率、设备结构紧凑性(换热器在单位体积中的传热面积 m^2/m^3)和单位传热面积的金属消耗量(kg/m^2)等方面都不如其他新型换热器,但它具有结构坚固、可靠、适应性强、易于制造、能承受较高的操作压力和温度等优点。尤其在高温、高压和大型换热器中,仍占有相当优势。

(1) 蛇管式换热器

它是最早出现的一种结构简单和操作方便的换热设备。一般由金属或非金属管子,按需要弯曲成各种形状,根据形状的不同,蛇管换热器又可分为沉浸式和喷淋式蛇管两种。

① 沉浸式蛇管换热器 蛇管多以金属管子弯绕而成,或由弯头、管件和直管连接组成,也可制成适应容器的形状,沉浸在容器内的液体中,两种流体分别在管内、管外进行换热。几种常用的蛇管形状如图 1-4 所示。

沉浸式蛇管换热器的优点是结构简单、价格低廉、便于防腐、管子能承受较大的流体压力。其缺点是由于管外流体的流速很小,需要的传热面积大,因而传热系数较小,故常需加搅拌装置,以提高其传热效率。

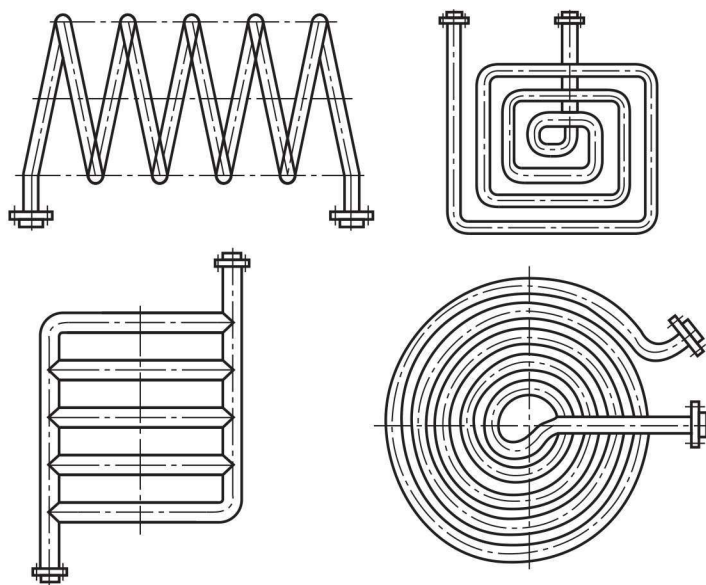


图 1-4 沉浸式蛇管换热器

② 喷淋式蛇管换热器 这种形式的换热器多用来冷却管子内的热流体,将蛇管成排地固定在钢架上,热流体在管内流动,冷却水由管排上方的喷淋装置均匀淋下,洒布在蛇管上,并沿管面两侧下降至下面的管子表面,最后流入水槽排出,如图 1-5 所示。与沉浸式蛇管相比较,主要优点是管外流体的传热系数大,且便于检修和清洗。其缺点是体积大,冷却水用量大,喷淋效果不够理想。

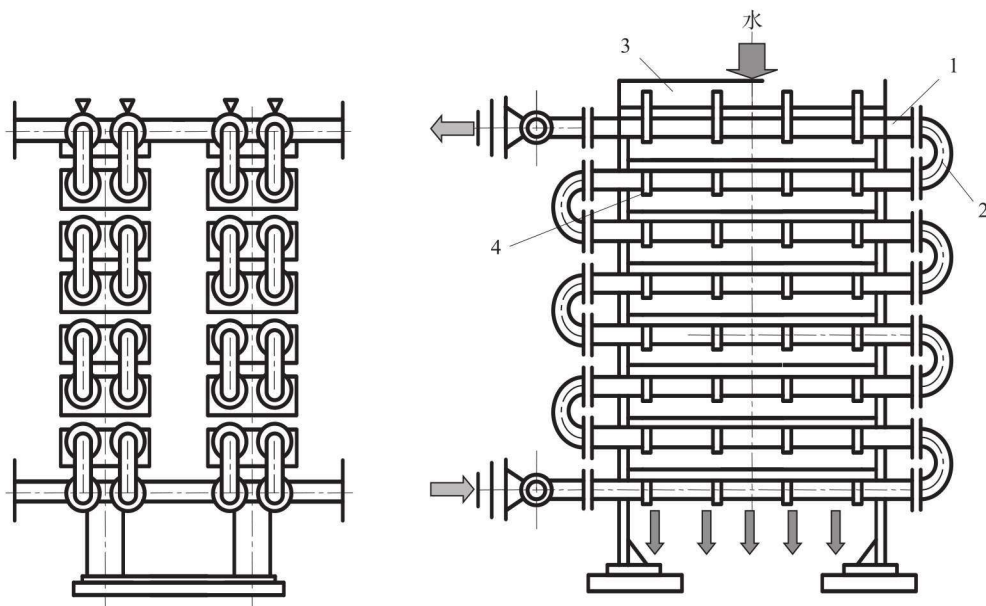


图 1-5 喷淋式蛇管冷却器

1—直管;2—U 形管;3—水槽;4—齿

(2) 套管式换热器

套管式换热器是由两种不同直径的直管套在一起组成同心套管,其内管用 U 形肘管顺次连接,外管与外管互相连接而成的,其构造如图 1-6 所示。每一段套管称为一程,程数可根据传热面积要求而增减。换热时一种流体走内管,另一种流体走环隙,内管的壁面为传热面。

套管式换热器的优点是结构简单,能耐高压,传热面积可根据需要增减,且两种流体呈逆流流动,适当地选择管子内、外径,可提高流体的流速,使传热面两侧都可有高的传热系数。其缺点是单位传热面积的金属消耗量大,管子接头多,检修、清洗和拆卸都不方便,可拆连接处容易造成泄漏。此类换热器适用于高温、高压及小流量流体和所需的传热面积不大的场合。

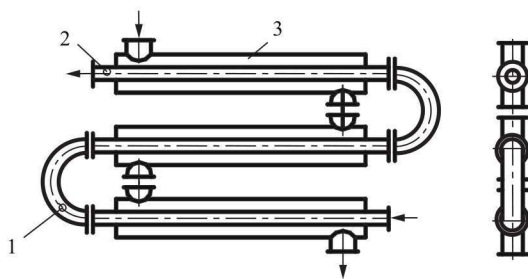


图 1-6 套管式换热器

1—U 形肘管;2—内管;3—外管

(3) 管壳式换热器

管壳式换热器又称列管式换热器,是一种通用的标准换热设备,它具有结构简单、可靠性高、易于制造、选材广泛、清洗方便、适应性强等特点,应用最为广泛,在换热设备中占据主导地位。

它的形式有多种,其主要结构如图 1-7 所示,圆筒形壳体内安装由许多平行管子(称为列管)组成的管束,管子的两端(或一端)固定在管板上,管子的轴线与壳体的轴线平行。为了增加流体在管外空间的流速并支承管子,改善管外膜的传热性能,在筒体内间隔安装多块折流板(或其他折流元件),用拉杆和定距管将其与管子组装在一起。换热器的壳体上和两侧的端盖上(对偶数管程而言,则在一侧)装有流体的进、出口,有时还在其上装设检查孔,为安置测量仪表用的接口管、排液孔和排气孔等。有关管壳式换热器的详细介绍见 1.2 节。

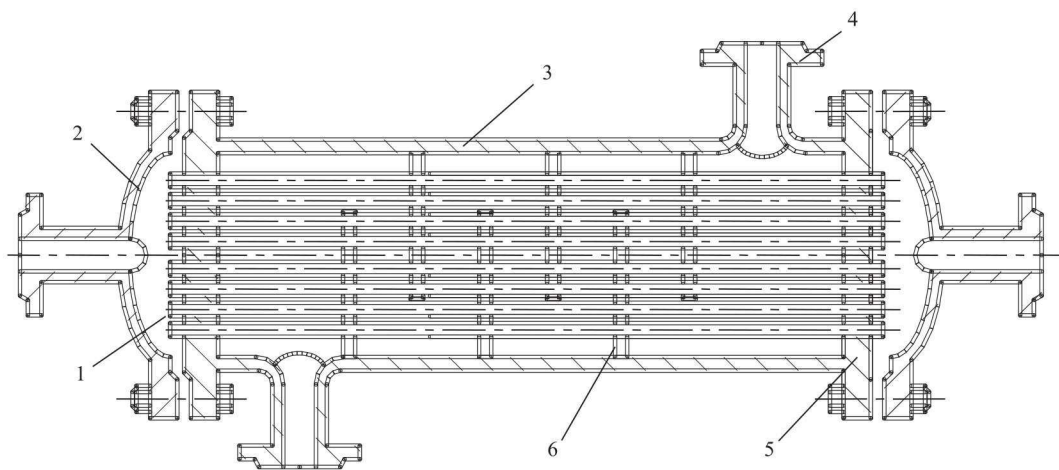


图 1-7 管壳式换热器

1—管子;2—封头;3—壳体;4—接管;5—管板;6—折流板

(4) 缠绕管式换热器

该换热器是在芯筒与外筒之间的空间内将传热管按螺旋线形状交替缠绕而成,相邻两层

螺旋状传热管的螺旋方向相反,并采用一定形状的定距件使之保持一定的间距。缠绕管可以采用单根绕制,也可以采用两根或多根组焊后一起绕制。管内可以通过一种介质,称单通道型缠绕管式换热器,如图1-8(a)所示;也可分别通过几种不同的介质,而每种介质所通过的传热管均汇集在各自的管板上,构成多通道型缠绕管式换热器,如图1-8(b)所示。缠绕管式换热器适用于同时处理多种介质、在小温差下需要传递较大热量且管内介质操作压力较高的场合,如制氧等低温过程中使用的换热设备。

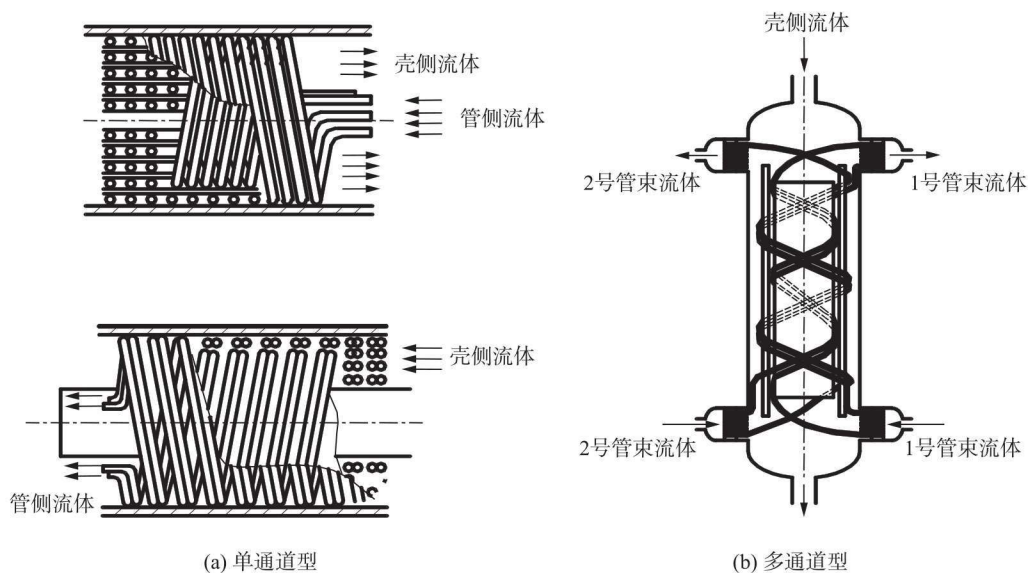


图 1-8 缠绕管式换热器

2. 板面式换热器

板面式换热器是通过板面进行传热的换热器,其传热性能要比管式换热器更加优越,由于其结构上的特点,使流体能在较低的速度下就达到湍流状态,从而强化了传热。该设备采用板材制作,故在大规模组织生产时,可降低设备成本,但与管式换热器相比其耐压性能较差。

板面式换热器按传热板面的结构形式可分为以下五种。

(1) 板式换热器

板式换热器其结构如图1-9所示。它是由一组长方形的薄金属板平行排列,夹紧组装于支架上面构成,两相邻板片的边缘衬有垫片,压紧后板间形成密封的流体通道,且可用垫片的厚度调节通道的大小。每块板的四个角上,各开一个圆孔,其中有两个圆孔与板面上的流道相通,它们的位置在相邻板上是错开的,以分别形成两流体的通道。冷、热流体交替地在板片两侧流动,通过金属板片进行换热。

板片是板式换热器的核心部件,为使流体均匀通过板面,增加传热面积,并促使流体湍动,常将板面冲压成凹凸的波纹状。波纹形状有几十种,常用的波纹形状有水平波纹、人字形波纹和圆弧形波纹等。

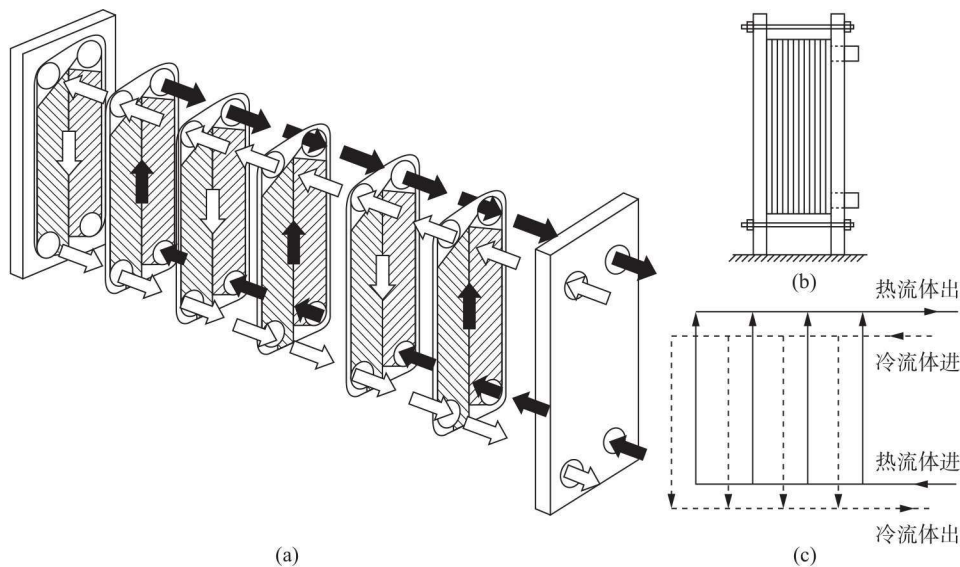


图 1-9 板式换热器

板式换热器的优点是结构紧凑,单位体积设备所提供的换热面积大;安装灵活,可根据需要增减板数以调节传热面积;板面波纹使截面变化复杂,流体的扰动作用增强,具有较高的传热效率;拆装方便,有利于维护和清洗。其缺点是处理量小,操作压力和温度受密封垫片材料性能限制而不宜过高。板式换热器适用于经常需要清洗,工作环境要求十分紧凑,工作压力在 2.5 MPa 以下,温度在 $-35\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的场合。

(2) 板式换热器

板式换热器由许多单元体组成,所谓单元体是在两块平行的金属薄板之间安放波纹状或其他形状的金属翅片(一般称为“二次表面”),其两侧边缘以封条密封,如图 1-10 所示。然后将各单元体进行适当的排列并焊接固定,即可得到逆流、并流和错流的板式换热器的组装件,称为芯部或板束,如图 1-11 所示。最后将带有流体进、出口的集流箱焊接到板束上,就成为板式换热器。

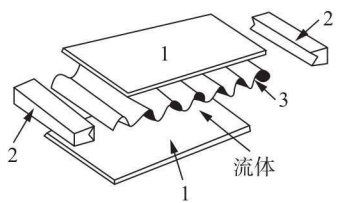


图 1-10 单元体分解

1—平隔板;2—侧封条;3—翅片(二次表面)

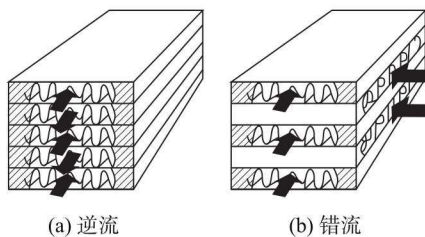
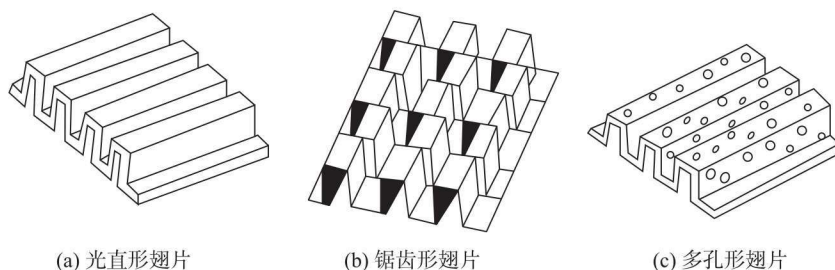


图 1-11 板式换热器的板束

冷、热流体分别流向间隔排列的冷流层和热流层而实现热量交换,一般翅片的传热面积占总传热面积的 75%~85%,翅片与隔板间通过钎焊连接,大部分热量由翅片经隔板传出,小部分热量直接通过隔板传出。不同几何形状的翅片使流体在流道中形成强烈的湍流,使热阻

边界层不断破坏,从而有效地降低热阻,提高传热效率。板翅式换热器的翅片型式见图 1-12。另外,由于翅片焊于隔板之间,起到骨架和支承作用,使薄板单元件结构有较高的强度和承压能力。



(a) 光直形翅片

(b) 锯齿形翅片

(c) 多孔形翅片

图 1-12 板翅式换热器的翅片类型

板翅式换热器结构紧凑,是目前传热效率较高的换热设备,其传热系数比管壳式换热器大 3~10 倍,1 m³ 的体积可提供 2 500~4 000 m² 的换热面积,几乎是管壳式换热器的十几倍到几十倍,而相同条件下板翅式换热器的质量只有管壳式换热器的 10%~65%。可用于气-气、气-液和液-液的热交换,也可用作冷凝和蒸发;板翅通常用铝合金制作,特别适用于低温或超低温的换热。其缺点是流道窄小,易堵塞且压力降较大,一旦结垢,清洗和检修均很困难,故只能用于洁净物料和对金属铝无腐蚀作用的物料传热。

(3) 螺旋板式换热器

螺旋板式换热器如图 1-13 所示。它是由两张间隔一定的平行薄金属板卷制而成的,两张薄金属板形成两个同心的螺旋形通道,两板之间焊有定距柱以维持通道间距,在螺旋板两侧焊有盖板。冷、热流体分别通过两条通道,通过薄板进行换热。

因用途不同,螺旋板式换热器的流道布置和封盖形式,有下面几种型式:

① “I”型结构,两个螺旋流道的两侧完全为焊接密封的“I”型结构,是不可拆结构,如图 1-13(a)所示。两流体均作螺旋流动,通常冷流体由外周流向中心,热流体从中心流向四周,即完全逆流流动。这种型式主要应用于液体与液体间传热。

② “II”型结构,结构如图 1-13(b)所示。一个螺旋流道的两侧为焊接密封,另一流道的两侧是敞开的,因而一种流体在螺旋流道中作螺旋流动,另一种流体则在另一流道中作轴向流动。这种型式适用于两流体流量差别很大的场合,常用作冷凝器、气体冷却器等。

③ “III”型结构,结构如图 1-13(c)所示。一种流体作螺旋流动,另一流体是轴向流动和螺旋流动的组合。适用于蒸气的冷凝冷却。

④ “G”型结构,结构如图 1-13(d)所示。常被安装在塔顶作为冷凝器,采用立式安装,下部有法兰与塔顶法兰相连接。气体由下部进入中心管上升至顶盖折回,然后沿轴向从上至下流过螺旋通道被冷凝。

螺旋板式换热器的优点是螺旋通道中的流体由于惯性离心力的作用和定距柱的干扰,在较低雷诺数下即达到湍流,故传热系数大;因流速较高,又有惯性离心力的作用,流体中悬浮物不易沉积下来,故螺旋板式换热器不易结垢和堵塞;由于流体的流程长和两流体可进行完全逆流,故可在较小的温差下操作,能充分利用低温热源;结构紧凑,单位体积的传热面积约为管壳式换热器的 3 倍。其缺点是操作温度和压力不宜太高,目前最高操作压力为 2 MPa,

温度在 400°C 以下;因整个换热器为卷制而成,一旦发现泄漏,维修很困难。

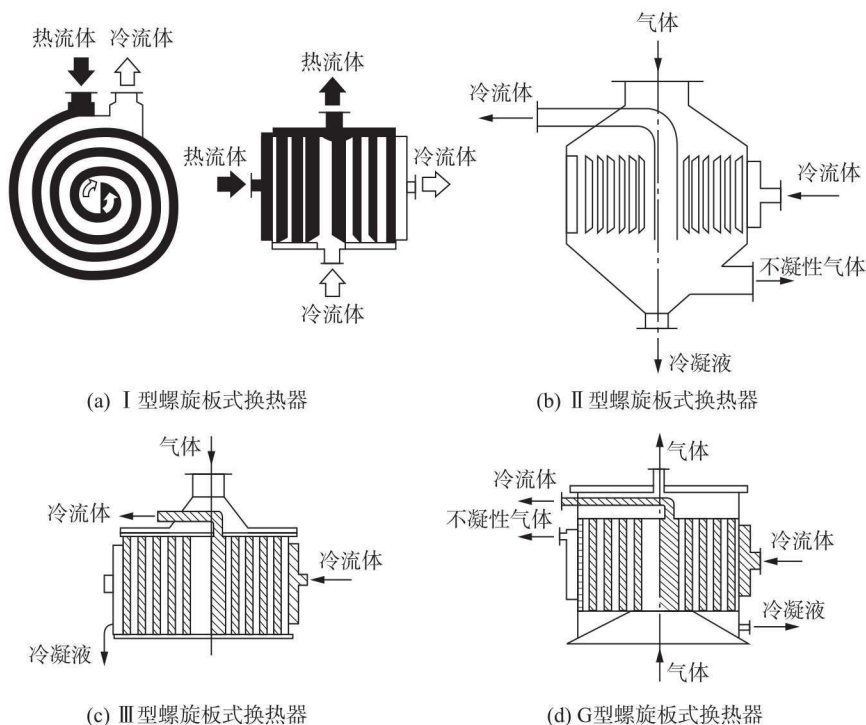


图 1-13 螺旋板式换热器

(4) 板壳式换热器

板壳式换热器介于板式和管壳式换热器之间,由板束和壳体两部分组成,如图 1-14(a) 所示。板束相当于管壳式换热器的管束,每一板束元件相当于一根管子,由板束元件构成的流道称为板壳式换热器的板程,相当于管壳式换热器的管程;板束与壳体之间的流通空间则构成板壳式换热器的壳程。板束元件的形状可以是多种多样的,一般用冷轧钢带滚压成型再焊接而成,如图 1-14(b) 所示。板壳式换热器的壳体有圆形和矩形的,但一般均采用圆筒形,其承压能力较好。为使板束能充满壳体,板束每一元件应按其所占位置的弦长来制造。一般板壳式换热器不装设壳程折流板。

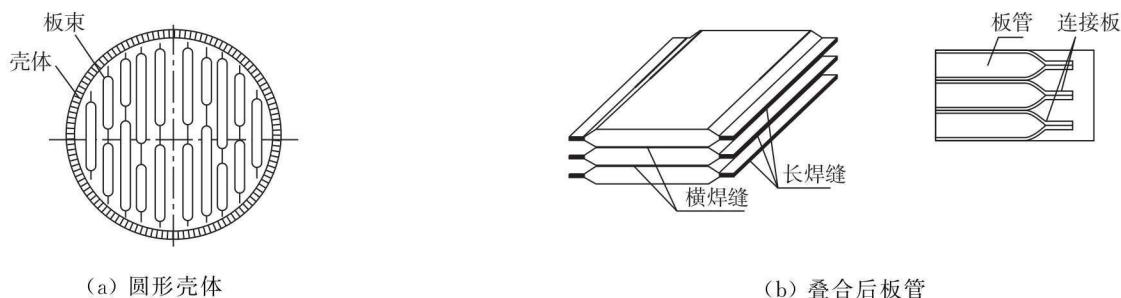


图 1-14 板壳式换热器

板壳式换热器兼有管式和板式两类换热器的特点,能较好地解决耐压、耐温与结构紧凑、