

刘 巍 邓方义 等著



Heat Transfer Design Manual

换热设备 工艺计算手册

第二版

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

冷换设备工艺计算手册

(第二版)

刘 巍 邓方义 等著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书主要介绍化工工程中常用冷换设备的工艺设计原则和计算方法,其中包括管壳式换热器与冷凝器、空气冷却器、重沸器,以及近年来在工业中应用比较广泛的、典型的高效传热设备和换热管,例如折流杆换热器和冷凝器、T形翅片管重沸器、螺纹管和波纹管等。同时,介绍如何应用夹点技术进行换热网络的合成与模拟,使得换热流程设计与单元设备计算紧密地结合。各章附有典型的例题,逐步说明计算步骤和结果。

本书可供从事化工工艺设计与生产的技术人员阅读,也可以供大专院校传热工程教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷换设备工艺计算手册/刘巍著. —2版. —北京:中国石化出版社,2008
ISBN 978-7-80229-541-4

I. 冷… II. 刘… III. ①石油化工厂-换热器-技术手册 ②石油化工厂-冷凝器-技术手册 IV. TE965-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 036376 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 464 千字

2008 年 7 月第 2 版 2008 年 7 月第 2 次印刷

定价:60.00 元

第二版前言



为了适应化学工程研究与开发的需要,2003年9月我们编写出版了《冷换设备工艺计算手册》。自出版以来,由于书中介绍的传热计算方法在工程上可靠易行,方便读者系统地了解常用冷换设备的传热过程实质和设计计算方法,因此,深得广大工程技术人员的厚爱,第一版现已基本售罄。

随着传热技术的发展,两相流传热的计算方法日渐成熟;同时作者和读者在应用中发现了第一版的一些错误和不足之处,因此结合当前节能降耗的要求,为使得冷换设备设计得更为合理,实现节约资源减少消耗,在中国石化出版社的大力支持下,我们花了近两年的时间字斟句酌,对原书内容进行了修订和补充。

本次修订和补充主要遵循了以下几个原则:

1. 统一全书物理变量的符号与定义;
2. 修改文字和图表中出现的错误;
3. 修改部分公式中出现的错误;
4. 修改各章例题,全部重新核实计算,改正出现的各种错误;
5. 增加卧式重沸器在汽化率小于60%时,因两相流动对沸腾传热影响的计算。此方法取自20世纪90年代国际上对两相流沸腾传热的研究结果,使得本书的计算方法向国际上普遍采用的方法靠近。

《冷换设备工艺计算手册》(第二版)的修订和补充工作,由洛阳石化工程公司刘巍和邓方义高工负责完成。首先,结合近几年的工作实践和日常对第一版问题的搜集,议定了修改的内容;然后,各自对全书通读提出修改意见;最后,共同核对每个修改处并给出正确修改答案。

我们本着对读者负责的态度,认真仔细地进行了修订工作,但是由于水平有限,可能仍存在一些不足之处,希望读者继续给予批评和指正,在后续的工作中加以改正。

第一版前言



《冷换设备工艺计算手册》是洛阳石油化工工程公司从事化学工程研究与开发的技术人员,根据国内外发表的有关传热研究方面文献,以及近二十年来在传热工程研究与开发方面的实践,对主要的传热过程计算方法进行了归纳总结,形成一整套工程实用的算法和计算机软件。通过工艺工程师大量的工程实践,证明这些算法在工程上是可靠易行的,已成为工程设计的得力助手。为了方便广大的工程技术人员了解这些传热过程的实质和设计计算方法,我们编写了此书以飨读者。

本书比较全面地介绍了工程中常用的管壳式换热器、冷凝器、空气冷却器和重沸器的设计计算方法及设计中应考虑的因素,以及换热网络合成与模拟的设计方法。对取得显著经济效益的高效传热设备和换热管,例如折流杆换热器和冷凝器、自然抽风空冷器、T形翅片管重沸器、螺旋管、波纹管等,做了比较详细的性能和算法介绍;对无相变的传热过程,除保留常用的算法外,还详细地介绍了流路分析算法;对冷凝相变过程,详细地介绍了两相流动冷凝的特点和适于手工计算的分段算法等。各章附有典型的例题,逐步说明计算步骤和结果。如果读者熟悉Excel的使用方法,可用Excel表完成各种算法,快捷地得到答案。

在我们进行传热工程研究和开发工作的过程中,得到中国石化集团公司、有关大专院校、中国石化生产企业和机械设备制造商的大力支持与真诚的合作,在此深表感谢;同时感谢曾与我们共同工作过的所有同事,仅以此书献给你们。

本书可供从事石油化工工艺设计与生产的技术人员参考,也可以供大专院校传热工程教学参考。我们恳切希望对本书出现的错误给予批评指正。

本书由中国石化集团公司洛阳石油化工工程公司负责组织编写,刘巍主编。

参加本书编写的人员有:

第一章——第一、二节刘巍编写,第三节梁龙虎编写;邓方义校审

第二章——邓方义编写;刘巍校审

第三章——刘云哲、刘巍编写;梁龙虎校审

第四章——刘巍编写;郭宏新校审

第五章——郭宏新编写;刘巍校审

中国石化出版社设备类图书目录

书 名	定价	书 名	定价
石油化工设备维护检修规程		石油化工设备维护检修技术 (2006 版)	88
第一册—通用设备	100	石油化工设备维护检修技术 (2007 版)	88
第二册—炼油设备	185	防爆电机长周期运行与检修	15
第三册—化工设备	95	石油化工厂设备常见故障处理手册 (第二版)	48
第四册—化纤设备	300	石油化工装置设备腐蚀与防护手册	90
第五册—化肥设备	110	机械设备故障诊断实用技术	48
第六册—电气设备	88	工业泄漏与治理	20
第七册—仪表	100	石化装备流体密封技术	38
第八册—电站设备	90	不停车带压密封技术	18
第九册—供排水设备 空分设备	40	带压堵漏技术	18
石油化工厂设备检修手册		防腐蚀涂料技术及设备应用手册	18
—基础数据 (第二版)	120	金属结构及建筑物防腐防水技术	25
—焊接	52	焊接残余应力的产生与消除	35
—土建工程 (第二版)	23	压力容器安全评定技术基础	25
—防腐蚀工程	50	压力容器焊后热处理技术	22
—泵 (第二版)	58	自行式起重机吊装实用手册	30
—压缩机组	100	设备检修安全	60
—加热炉	38	机泵维修钳工	68
—换热器	50	环保设备原理与设计	50
—工艺管线	60	全国压力管道设计审批人员培训教材	66
—吊装工程	35	石油化工工艺管道设计与安装 (第二版)	78
石油化工装置工艺管道安装设计手册		石油化工管道安装设计便查手册 (第二版)	160
第一篇 设计与计算 (第三版)	150	压力管道技术 (第二版)	50
第二篇 管道器材 (第三版)	140	压力管道应力分析	30
第三篇 阀门 (第三版)	100	管道完整性技术与管理	50
第四篇 相关标准 (第三版)	125	油气管道工程	38
第五篇 设计施工图册	50	流量计应用指南丛书	
现代塔器技术 (第二版)	190	—质量流量计	18
管式加热炉 (第二版)	100	—电磁流量计	35
炼油设备工程师手册	120	—涡街流量计	35
冷换设备工艺计算手册 (第二版)	60	油库设备设施实用技术丛书	
石油化工设备设计便查手册 (第二版)	70	—油罐	25
喷嘴技术手册 (第二版)	60	—油库用泵	22
换热器管束流体力学与传热	25	—油库防爆电气设备	19
高塔基础设计与计算 (修订版)	98	—油库消防设施	19
新型储罐浮盘设计与应用	58	—油品装卸设备	25
储罐基础工程手册	85	—油库阀门	15
大型储罐基础设计与地基处理	45	中国石化设备管理制度汇编—炼化销售分册	40
大型立式圆柱形储液罐制造与安装	65	中国石化设备管理制度汇编—油田分册	55
空间钢结构设计与施工	12	石油化工设备技术问答丛书 (已出 20 余种)	
石油炼厂设备	80	【美】泵手册 (第三版)	198
炼油设备基础知识	25	【美】压缩机手册	85
实用压力容器知识	25	【美】工厂工程师手册	188
设备管理新技术应用丛书		【英】管道风险管理手册 (第二版)	60
—基于风险的检验 (RBI) 实施手册	15	【美】化工过程设备手册	65
炼油工业技术知识丛书		【美】换热器设计手册	158
—炼油厂动设备	35	【美】配管数据手册	125
—炼油厂静设备	35	【美】阀门手册 (第二版)	55
—电气设备	25	【美】压力容器设计手册 (第三版)	100
石油化工设施风险管理丛书		【美】无损检测与评价手册	78
—设备风险检测技术实施指南	25	【美】管道手册 (第七版)	280
—石化装置定量风险评估指南	20	【美】冲击与振动手册 (第五版)	198
—HAZOP 分析指南	15		
石油化工设备维护检修技术 (2004 版)	70		
石油化工设备维护检修技术 (2005 版)	70		

圣才图书目录

☞ 国内外经典教材习题详解系列

【经济类】

1. 高鸿业《西方经济学(微观部分)》(第4版)笔记和习题详解
2. 高鸿业《西方经济学(宏观部分)》(第4版)笔记和习题详解
3. 逢锦聚《政治经济学》(第3版)笔记和习题详解
4. 黎诣远《西方经济学》(第2版)笔记和习题详解(附厉以宁《西方经济学》课后习题答案)
5. 宋承先《现代西方经济学》(第3版)笔记和课后习题详解
6. 尹伯成《西方经济学简明教程》(第5版)笔记和课后习题详解
7. 《政治经济学》(程恩富版、蒋学模版)课后习题详解
8. 《政治经济学》(于良春版、宋涛版)课后习题详解
9. 曼昆《经济学原理》(第2、3和4版)笔记和课后习题详解
10. 萨缪尔森《经济学》(第18版)笔记和课后习题详解
11. 斯蒂格利茨《经济学》(第3版)笔记和课后习题详解
12. 范里安《微观经济学:现代观点》(第6版)笔记和课后习题详解
13. 平狄克《微观经济学》(第6版)笔记和课后习题详解
14. 范里安《微观经济学(高级教程)》(第3版)课后习题和强化习题详解
15. 平新乔《微观经济学十八讲》课后习题和强化习题详解
16. 尼克尔森《微观经济理论-基本原理与扩展》(第9版)笔记和课后习题详解
17. 曼昆《宏观经济学》(第4和5版)笔记和课后习题详解
18. 多恩布什《宏观经济学》(第6、7和8版)笔记和课后习题详解
19. 布兰查德《宏观经济学》(第2版)笔记和课后习题详解
20. 萨克斯《全球视角的宏观经济学》笔记和课后习题详解

21. 罗默《高级宏观经济学》(第1和2版)课后习题详解

22. 巴罗《宏观经济学》(第5版)笔记和课后习题详解

【金融类】

1. 黄达《金融学》笔记和习题详解
2. 博迪《金融学》笔记和课后习题详解
3. 博迪《投资学》(第6版)笔记和课后习题详解
4. 米什金《货币金融学》(第7版)笔记和课后习题详解
5. 赫尔《期权、期货和其他衍生品》(第5版)笔记和课后习题详解
6. 罗斯《公司理财》(第7版)笔记和课后习题详解
7. 罗森《财政学》(第7版)笔记和课后习题详解
8. 《金融学(货币银行学)》课后习题详解
9. 《国际金融学》课后习题详解

【管理类】

1. 周三多《管理学》笔记和习题详解
2. 罗宾斯《管理学》(第7版)笔记和课后习题详解
3. 罗宾斯《组织行为学》(第10版)笔记和课后习题详解
4. 德斯勒《人力资源管理》(第9版)笔记和课后习题详解
5. 科特勒《营销管理》(第11版)笔记和课后习题详解
6. 科特勒《市场营销原理》(第11版)笔记和课后习题详解

【公共管理类】

1. 张国庆《公共行政学》(第3版)笔记和课后习题详解
2. 《公共管理学》经典教材课后习题详解

【贸易类】

1. 《国际贸易》经典教材课后习题详解
2. 《国际经济学》经典教材课后习题详解
3. 克鲁格曼《国际经济学》(第6版)笔记和课后习题详解

【心理类】

1. 《普通心理学》笔记和习题详解
2. 《发展与教育心理学》笔记和习题详解
3. 《实验心理学》笔记和习题详解
4. 《心理与教育测量学》笔记和习题详解

5. 《心理与教育统计学》笔记和习题详解

【教育类】

1. 《教育学原理》笔记和习题详解
2. 《中国教育史》笔记和习题详解
3. 《外国教育史》笔记和习题详解
4. 《教育心理学》笔记和习题详解
5. 《教育研究方法》笔记和习题详解

【新闻传播类】

1. 《新闻理论》经典教材课后习题详解
2. 《传播学教程》笔记和习题详解

考硕考博辅导大系列

● 考研专业课辅导系列

1. 西方经济学(微观部分)考研真题与典型题详解
2. 西方经济学(宏观部分)考研真题与典型题详解
3. 全国名校经济学考研真题详解(北京院校)
4. 全国名校经济学考研真题详解(非北京院校)
5. 微观经济学考研模拟试题详解
6. 宏观经济学考研模拟试题详解
7. 政治经济学考研真题与典型题详解
8. 金融学考研真题与典型题详解
9. 金融联考大纲详解
10. 金融联考真题与模拟试题详解
11. 货币银行学考研真题与典型题详解
12. 财务管理学(含公司财务)考研真题与典型题详解
13. 会计学考研真题与典型题详解
14. 国际贸易考研真题与典型题详解
15. 管理学考研真题与典型题详解
16. 全国名校管理学考研真题详解(北京院校)
17. 全国名校管理学考研真题详解(非北京院校)
18. 考研、MPA、MBA 管理学经典案例真题详解
19. 行政管理学考研真题与典型题详解
20. 心理学(基本理论)精讲与考研真题详解
21. 心理学(研究方法)精讲与考研真题详解
22. 教育学考研真题与典型题详解
23. 中外教育史考研真题与典型题详解
24. 心理学专业基础综合考试大纲详解
25. 心理学专业基础综合考试模拟试题详解
26. 教育学专业基础综合考试大纲详解
27. 教育学专业基础综合考试模拟试题详解
28. 英语专业基础英语考研真题详解
29. 全国名校外语学院二外英语考研真题详解
30. 英语专业语言学考研真题详解
31. 英语专业英汉互译考研真题与典型题详解

32. 经济法学考硕考博历年名校真题汇编与疑难解析

33. 物理化学精讲与考研真题详解
34. 历史学专业基础综合考试大纲详解
35. 历史学专业基础综合考试模拟试题详解
36. 新闻传播学笔记与考研真题详解
37. 考研西医综合应试指南
38. 考研西医综合历年真题解析
39. 考研西医综合过关必做3000题
40. 考研中医综合应试指南
41. 考研中医综合历年真题解析
42. 考研中医综合过关必做3000题

● 全国名校考研专业课真题题库系列

1. 数据结构与操作系统、离散数学
2. 计算机基础、系统结构与数据库
3. 信号与系统、通信原理
4. 电路与电子技术
5. 机械原理与机械设计
6. 自动控制与控制工程
7. 无机化学、有机化学与分析化学
8. 物理化学、生物化学与化工原理
9. 数学分析与高等代数
10. 力学

● 考研数学辅导系列

1. 微积分(经济类)考研真题与典型题详解
2. 线性代数(经济类)考研真题与典型题详解
3. 概率论与数理统计(经济类)考研真题与典型题详解
4. 高等数学(理工类)考研真题与典型题详解
5. 线性代数(理工类)考研真题与典型题详解
6. 概率论与数理统计(理工类)考研真题与典型题详解

● 教育硕士考试辅导系列

1. 教育学:真题解析与强化训练
2. 心理学:真题解析与强化训练

● 考博英语辅导系列

1. 考博英语全国名校真题详解
2. 考博英语词汇突破
3. 考博英语词汇重难点20天冲刺
4. 题解考博英语词汇核心词汇8000
5. 考博英语阅读理解150篇详解
6. 考博英语翻译及写作真题解析与强化练习
7. 考博英语全真模拟试题详解
8. 考博英语听力真题解析与强化练习

9. 考博英语历年词汇试题解析
10. 考博英语阅读理解试题分类解析
11. 北京大学考博英语真题解析与专项练习
12. 清华大学考博英语真题解析与专项练习
13. 中国人民大学考博英语真题解析与专项练习
14. 复旦大学考博英语真题解析与专项练习
15. 武汉大学考博英语真题解析与专项练习
16. 中国科学院考博英语真题解析与专项练习

●考博专业课辅导系列

1. 考博专业课真题与难题详解 - 微观经济学
2. 考博专业课真题与难题详解 - 宏观经济学
3. 经济法学考硕考博历年名校真题汇编与疑难解析
4. 全国名校考博专业课真题题库 - 经管类
5. 全国名校考博专业课真题题库 - 文史哲法类
6. 全国名校考博专业课真题题库 - 理工类
7. 全国名校考博专业课真题题库 - 生物医学类

●同等学力考试辅导系列

1. 《经济学考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
2. 《工商管理考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
3. 《公共管理考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
4. 《管理科学与工程考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
5. 《教育学考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
6. 《心理学考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
7. 《新闻传播学考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
8. 《法学考试大纲及指南》课后习题和典型题详解
9. 同等学力临床医学考试过关必做 3000 题

☞成人高等学校招生考试辅导大系列

●成人高等学校专升本招生考试辅导系列

1. 教育理论：大纲详解·真题解析·精选习题
2. 民法：大纲详解·真题解析·精选习题
3. 医学综合：大纲详解·真题解析·精选习题

☞证券金融类资格考试辅导大系列

●证券从业人员资格考试辅导系列

1. 证券市场基础知识过关必做 2000 题
2. 证券交易过关必做 2000 题
3. 证券发行与承销过关必做 2000 题

4. 证券投资基金过关必做 2000 题

5. 证券投资分析过关必做 2000 题

●期货从业人员资格考试辅导系列

1. 期货基础知识过关必做 2000 题
2. 期货法律法规过关必做 1500 题

●保荐代表人胜任能力考试辅导系列

1. 证券综合知识辅导教材
2. 证券综合知识过关必做 2000 题
3. 投资银行业务能力辅导教材
4. 投资银行业务能力过关必做 2000 题

●证券公司合规管理人员胜任能力考试

1. 证券公司合规管理人员胜任能力考试辅导教材
2. 证券公司合规管理人员胜任能力考试过关必做 2000 题

●金融理财师 (AFP/CFP) 考试辅导系列

1. 金融理财原理过关必做 2000 题
2. 投资规划过关必做 2000 题
3. 个人风险管理与保险规划过关必做 2000 题
4. 员工福利与退休计划过关必做 1500 题
5. 个人税务与遗产筹划过关必做 1500 题
6. 综合案例分析过关必做 1000 题

●中国银行业从业人员资格认证考试辅导系列

1. 公共基础过关必做 2000 题
2. 个人理财过关必做 2000 题
3. 风险管理过关必做 2000 题

●CFA 考试辅导系列

1. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 1: 道德规范与职业行为准则、数量方法
2. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 2: 经济学、资产组合管理
3. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 3: 财务报表分析
4. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 4: 公司财务、衍生产品投资、其他金融产品投资
5. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 5: 权益证券投资、固定收益证券投资
6. CFA 考试 (Level I) 辅导系列 6: 模拟试卷及详解
7. 证券英汉双解词典 (CFA 考试专用词典)

☞保险类资格考试辅导大系列

●保险代理人/保险公估人/保险经纪人考试辅导系列

1. 保险代理从业人员资格考试过关必做 1500 题
2. 保险原理与实务过关必做 1500 题
3. 保险公估相关知识与法规过关必做 1000 题

4. 保险经纪相关知识过关必做 1000 题

☞ **精算师资格考试辅导大系列**

● **中国精算师考试辅导系列**

1. 寿险精算数学过关必做 1500 题
2. 风险理论过关必做 1500 题
3. 寿险精算实务过关必做 1500 题
4. 综合经济基础辅导教材
5. 综合经济基础过关必做 1500 题

☞ **医学类资格考试辅导大系列**

● **国家执业医师资格考试辅导系列**

1. 临床执业医师过关必做 3000 题
2. 临床执业助理医师过关必做 2000 题
3. 口腔执业医师过关必做 3000 题
4. 口腔执业助理医师过关必做 2000 题
5. 公卫执业医师过关必做 3000 题
6. 公卫执业助理医师过关必做 2000 题
7. 中医执业医师过关必做 3000 题
8. 中医执业助理医师过关必做 2000 题
9. 中西医结合执业医师过关必做 3000 题
10. 中西医结合执业助理医师过关必做 2000 题

● **国家执业药师资格考试辅导系列**

1. 执业药师过关必做 3000 题(药学类)
2. 执业药师过关必做 3000 题(中药学类)

● **卫生专业技术资格考试辅导系列**

1. 内科主治医师考试过关必做 3000 题(人机对话版)
2. 外科主治医师考试过关必做 3000 题(人机对话版)
3. 儿科主治医师考试过关必做 3000 题(人机对话版)
4. 妇产科主治医师考试过关必做 3000 题(人机对话版)
5. 中药学(士)考试过关必做 3000 题(人机对话版)
6. 中药学(师)考试过关必做 3000 题(人机对话版)
7. 中药学(中级)考试过关必做 3000 题(人机对话版)
8. 药学(士)考试过关必做 3000 题
9. 药学(师)考试过关必做 3000 题
10. 药学(中级)考试过关必做 3000 题
11. 临床医学检验技术(士)考试过关必做 3000 题
12. 临床医学检验技术(师)考试过关必做 3000 题
13. 临床医学检验技术(中级)考试过关必做 3000 题

14. 护理学(士)与执业护士考试过关必做 3000 题

15. 护理学(师)考试过关必做 3000 题

16. 护理学(中级)考试过关必做 3000 题

☞ **心理咨询师考试辅导系列**

1. 心理咨询师理论知识过关必做 2000 题
2. 心理咨询师(三级)真题详解及强化习题
3. 心理咨询师(二级)真题详解及强化习题

☞ **教师资格考试辅导系列**

1. 教师资格考试重点题库详解:教育学(幼儿园组)
2. 教师资格考试重点题库详解:心理学(幼儿园组)
3. 教师资格考试重点题库详解:教育学(小学组)
4. 教师资格考试重点题库详解:教育心理学(小学组)
5. 教师资格考试重点题库详解:教育学(中学组)
6. 教师资格考试重点题库详解:教育心理学(中学组)
7. 教师资格考试重点题库详解:教育学(高校组)
8. 教师资格考试重点题库详解:教育心理学(高校组)

☞ **现代专业知识简明读本系列**

1. 西方经济学简明读本
2. 政治经济学简明读本
3. 金融学简明读本
4. 股票学简明读本
5. 财务管理学简明读本
6. 管理学简明读本
7. 市场营销简明读本
8. 人力资源管理简明读本
9. 公共管理学简明读本
10. 心理学简明读本

购买图书请联系

中国石化出版社读者服务部
地址:北京安定门外大街 58 号
电话:010-84289974(兼传真)

目 录

第一章 管壳式换热器	(1)	二、流路分析法计算思路和物理模型	(43)
第一节 绪论	(1)	(一) 计算思路	(43)
一、概述	(1)	(二) 物理模型	(44)
二、管壳式换热器的性能特点	(1)	三、数学模型与计算方法	(46)
(一) 结构特点及适用范围	(1)	(一) 几何参数	(46)
(二) 设计考虑的因素	(2)	(二) 阻力系数	(48)
(三) 强化传热元件和设备的性能特点	(5)	(三) 流率和压力降	(50)
第二节 管壳式换热器计算方法		(四) 传热计算	(51)
方法	(9)	(五) 例题	(52)
一、基本关系式和经验数据	(9)	附表 1-1 浮头式换热器和冷凝器主要工艺参数表	(59)
(一) 基本关系式	(9)	附表 1-2 固定管板换热器主要工艺参数表	(61)
(二) 基本关系式中各项数值的计算	(10)	附表 1-3 U 形管式换热器主要工艺参数表	(65)
二、管内膜传热系数及压力降	(19)	附表 1-4 浮头式折流杆换热器和冷凝器主要工艺参数表	(67)
(一) 管内膜传热系数	(19)	附表 1-5 浮头式双弓形折流板换热器主要工艺参数表	(71)
(二) 管程压力降	(22)	附表 1-6 管嘴尺寸表	(75)
三、管外膜传热系数及压力降	(23)	附表 1-7 油品性质计算公式	(75)
(一) 管外膜传热系数	(23)	符号表	(75)
(二) 壳程压力降	(27)	参考文献	(80)
四、计算步骤与例题	(30)	第二章 冷凝器	(82)
(一) 一般的工艺设计步骤	(30)	第一节 冷凝机理分析及设计考虑因素	(82)
(二) 例题一(普通弓形折流板换热器)	(32)	一、冷凝机理分析	(82)
(三) 例题二(折流杆换热器的选型)	(36)	(一) 概述	(82)
第三节 壳程流路分析计算法	(43)	(二) 膜状冷凝的特点	(83)
一、概述	(43)		

(三) 膜状冷凝的基础 模型 (85)	(二) 普通浮头式冷凝器水平管 束外冷凝压力降 (109)
二、冷凝过程设计考虑 因素 (86)	第六节 分段计算结果的 综合 (110)
(一) 冷凝过程设备形式的 选择 (86)	一、分段计算方法 (110)
(二) 卧式冷凝器管程 冷凝 (87)	二、平均温差 (110)
(三) 卧式冷凝器壳程 冷凝 (87)	三、分段计算结果的综合 (112)
(四) 总传热系数与经 验值 (89)	第七节 示例 (115)
(五) 冷凝传热的影响 因素 (89)	一、浮头式冷凝器水平管束外 冷凝 (115)
第二节 结构特点及几何 参数 (90)	(一) 冷凝器的传热性能 ... (116)
第三节 冷凝器热负荷 (91)	(二) 冷凝器压力降 (120)
一、纯组分或冷凝温降小的 混合物冷凝 (91)	二、浮头式冷凝器水平管内 冷凝 (122)
二、混合物冷凝 (91)	(一) 换热器的传热性能 ... (123)
第四节 水平管内冷凝传热和压 力降 (93)	(二) 换热器压力降 (127)
一、水平管内冷凝液膜传热 系数 (93)	附录 扩散函数的推导 (129)
二、水平管内气相传热 系数 (95)	符号表 (129)
三、水平管内冷凝压力降 (96)	参考文献 (135)
第五节 水平管束外的冷凝传 热和压力降 (100)	第三章 空气冷却器 (136)
一、光管管束外冷凝液膜传热 系数 (100)	第一节 概述 (136)
二、螺纹管管束外冷凝液膜传 热系数 (103)	一、空气冷却器的结构形式及 特点 (136)
三、水平管束外冷凝的汽相传 热系数 (105)	(一) 结构形式及分类 (136)
四、水平管束外冷凝压 力降 (107)	(二) 管束、构架、百叶窗与 风机 (141)
(一) 浮头式折流杆冷凝器壳 程压力降 (107)	(三) 基本参数 (148)
	二、空气冷却器的总体 设计 (152)
	(一) 总体设计的内容 (152)
	(二) 空冷与水冷的选择 ... (152)
	(三) 工艺设计条件的 选择 (153)
	(四) 空气冷却器形式的 选择 (153)
	第二节 数学模型及主要关 联式 (156)
	一、热负荷 (156)
	二、管内膜传热系数及压 力降 (156)

(一) 管内膜传热系数	(156)	二、设计考虑的因素	(199)
(二) 管程压力降	(157)	(一) 对结垢因素的考虑 ...	(199)
三、管外膜传热系数及压		(二) 对有效温差 ΔT 的控制	
力降	(157)	考虑	(200)
(一) 干式空气冷却器管外膜		(三) 对操作压力的考虑 ...	(201)
传热系数及压力降 ...	(157)	第二节 釜式重沸器和卧式热虹	
(二) 增湿空气冷却器管外膜		吸重沸器	(202)
传热系数及压力降 ...	(160)	一、池式沸腾机理	(202)
四、有效平均温差、换热面积		(一) 池式沸腾机理及沸腾	
和总传热系数	(161)	曲线	(202)
(一) 有效平均温差	(161)	(二) 临界最大热强度及影	
(二) 总传热系数	(165)	响因素	(203)
(三) 换热面积	(166)	二、卧式重沸器的沸腾传热	
五、强制通风时的风机		系数与压力降	(205)
功率	(166)	(一) 壳侧沸腾传热系数	
六、自然通风的风筒高度	(169)		(205)
第三节 计算步骤和例题	(172)	(二) 壳程压力平衡及安装	
(一) 计算步骤概述	(172)	高度	(211)
(二) 例题	(172)	第三节 立式热虹吸重沸器	(213)
附表 3-1 鼓风机式空冷器管束		一、流动沸腾机理	(213)
换热面积表	(179)	(一) 垂直管内沸腾两相流	
附表 3-2 引风式空冷器管束换		流型和传热	(213)
热面积表	(183)	(二) 临界最大热通量	(214)
附表 3-3 鼓风机式空冷器管子		二、管内流动沸腾膜传热	
数表	(187)	系数	(215)
附表 3-4 引风式空冷器管子		(一) 流动沸腾传热系数 ...	(215)
数表	(188)	(二) 显热段的传热系数及	
附表 3-5 全国主要城市气温		长度	(217)
一览表	(189)	三、立式热虹吸重沸器的压	
附表 3-6 空气性质计算公		力降和循环推动力	(219)
式表	(191)	(一) 循环推动力	(219)
符号表	(192)	(二) 重沸器总压力降	(220)
参考文献	(194)	第四节 加热侧的膜传热系数、总	
第四章 重沸器	(196)	传热系数、换热面积 ...	(221)
第一节 重沸器类型及设计考虑		一、加热侧的膜传热系数	(221)
因素	(196)	二、总传热系数	(221)
一、重沸器的类型和特点	(196)	三、计算面积和余量	(222)
(一) 釜式重沸器	(196)	第五节 计算步骤与例题	(223)
(二) 热虹吸式重沸器	(197)	(一) 一般的工艺设计	
		步骤	(223)

(二) 例题一(卧式热虹吸重沸器)	(225)
(三) 例题二(立式热虹吸重沸器)	(230)
附表 4-1 立式热虹吸重沸器主要工艺参数表 ...	(237)
符号表	(238)
参考文献	(241)
第五章 换热网络合成与模拟	
技术	(242)
第一节 换热网络合成与模拟	
技术概述	(242)
第二节 换热网络合成的基础与	
目标分析	(243)
一、基础数据要求	(243)
(一) 冷热物流的确定	(243)
(二) 无相变物流的焓及物性	(243)
(三) 相变物流的焓及物性	(244)
二、换热网络合成的目标分析	(244)
(一) 换热网络的温-焓图	(244)
(二) 换热网络合成的目标	(245)
三、换热网络最佳热量回收率的确定	(246)
(一) 换热网络的费用模型	(246)
(二) 确定最佳热回收率 ...	(248)
第三节 换热网络的合成	
方法	(249)
一、夹点理论对换热网络设计的指导意义	(249)
(一) 夹点的意义	(249)
(二) 夹点对换热网络设计的指导意义	(249)
二、确定夹点的方法	(249)
三、夹点设计方法	(252)
(一) 夹点设计法的可行性规则	(253)
(二) 夹点设计法的经验规则	(253)
(三) 利用夹点设计法设计换热网络	(254)
四、换热网络的调优方法	(258)
(一) 换热网络的调优	(259)
(二) 换热网络能量松弛 ...	(262)
五、换热网络合成步骤及	
例题	(264)
第四节 换热网络模拟计算	(275)
一、换热网络模拟计算的数学方法	(276)
(一) 换热网络节点序列 ...	(276)
(二) 网络模拟计算举例 ...	(277)
二、网络序贯模拟收敛方法	(278)
三、换热器的模拟计算方法	(279)
(一) 基本思路及原理	(279)
(二) 由焓值反推未知出口温度的方法	(280)
(三) 模拟计算中的迭代收敛方法	(280)
四、换热网络模拟计算步骤及例题	(281)
(一) 基础数据	(281)
(二) 换热网络模拟计算步骤及例题	(282)
符号表	(285)
参考文献	(287)

第一章 管壳式换热器

第一节 绪 论

一、概述

在石油化工生产过程中,常常需要进行加热或冷却,即热量的传递。有三种热量传递的基本方式,即导热、对流和辐射,传热过程通常是两种或三种基本方式的复杂组合。当一种流体与另一种流体进行热交换而且不允许混合时,就要求在间壁式热交换器中进行,冷热流体被固体传热面隔开。间壁式热交换器种类很多,例如套管换热器、蛇管换热器、管壳式换热器和板式换热器等等。在各种换热器中,由于管壳式换热器单位体积内能够提供较大的传热面积,传热效果比较好、适应性较强,因此是生产上应用最广泛的换热设备。

在中等压力情况下,采用管壳式换热器最为合适。特别当流体流速较大的时候,若采用其它类型的换热器就有一定的困难。在高压下,一般可选用 U 形管换热器,其实这也是一种管壳式换热器。由于管壳式换热器应用面相当广泛,为方便用户选用已经系列化和标准化,1993 年 1 月实施的中华人民共和国行业标准 JB/T 4714 ~ 4721—92,统一了管壳式换热器的制造标准,为用户在维修和更换局部构件提供了便利。并且,在 JB/T 4714—92 中增加了低翅片管(螺纹管)系列。

管壳式换热器虽然是一种普遍化的产品,但是在条件各异的传热工况中,由于其结构的局限性、冷热物流操作条件和物理性质的多变性、以及针对具体工况进行优化设计的手段缺乏,常常使得管壳式换热器处于较低的传热效率下操作。随着石油化工和能源工业的迅速发展、各企业节能降耗的日益深入,近期发展了许多新的加工工艺技术。例如利用换热网络夹点技术,增加工艺物流余热的回收、减少加热与冷却的公用工程负荷的消耗等,已收到很好的效果。但是,随之而来的是使热量利用系统变得更加庞大和复杂。由于深度回收热量,致使换热网络传热温差大幅度下降,因此造成换热面积急剧的增加。为了提高换热器的传热效率,研究强化传热技术已经势在必行。当前涉及面最广、研究最深的,当属对流强化传热技术。本章将对管壳式换热器、以及近年来开发成功并大量推广应用的高效管壳式换热器,进行比较详细的介绍,提供已在设计中应用的成熟算法,供读者参考。

二、管壳式换热器的性能特点

(一) 结构特点及适用范围

1. 结构特点

管壳式换热器通常有固定管板、U 形管和浮头式三种形式,三种结构各有优缺点,适于不同的场合。管壳式换热器主要由外壳、管板、管束、封头等部件组成,图 1-1 为结构示意图。

2. 适用范围

目前国产管壳式换热器系列特征和适用范围如表 1-1 所示。

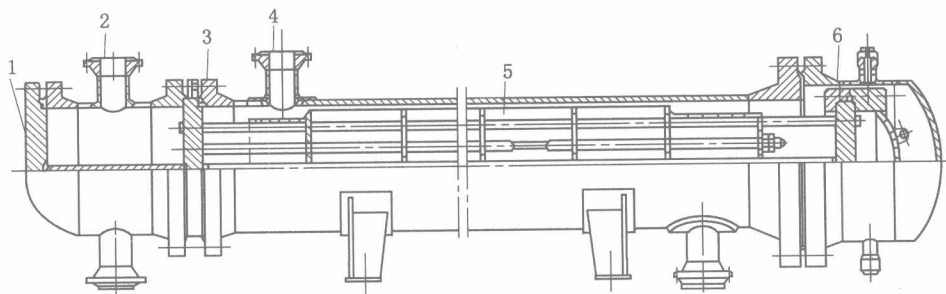


图 1-1 管壳式换热器结构示意图

1—管箱；2—管程管嘴；3—管板；4—壳程管嘴；5—管束；6—浮头

表 1-1 管壳式换热器系列特征和适用范围

类型	系列名称	系 列 范 围					适用范围
		公称直径/ mm	管程数	管长/ m	管子 ^① (外径×厚度)/ (mm×mm)	排列 ^② 方式	
固定管板	JB/T 4715—92	159~1800	1, 2, 4, 6	1.5, 2, 3, 4.5, 6, 9	$\phi 19 \times 2$ $\phi 25 \times 2.5$	$\triangle$	温差较小；壳程压力低；壳程管间结垢不能清洗
U 形管	JB/T 4717—92	325~1200	2, 4	3, 6	$\phi 19 \times 2$ $\phi 25 \times 2.5$	$\triangle$ $\diamond$	温差较大；管内流体较干净；管内可承受高压
浮头式	JB/T 4714—92	325~1800	2, 4, 6	3, 4.5, 6, 9	$\phi 19 \times 2$ $\phi 25 \times 2.5$	$\diamond$ $\square$	适用面广泛；管内外均可承受高温高压

注：① 表中为碳钢和低合金钢管的尺寸，不锈钢材质的管子为 $\phi 19\text{mm} \times 2\text{mm}$ 及 $\phi 25\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。换热管为光管和螺旋管。

② 管心距： $\phi 19\text{mm} \times 2\text{mm}$ 为 25mm； $\phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 为 32mm。

管壳式换热器的主要工艺参数详见：

附表 1-1(a)、(b) 浮头式换热器和冷凝器主要工艺参数表^[2]；

附表 1-2(a)、(b) 固定管板式换热器主要工艺参数表^[2]；

附表 1-3(a)、(b) U 形管式换热器主要工艺参数表^[2]；

附表 1-4(a)、(b) 浮头式折流杆换热器和冷凝器主要工艺参数表^[3]；

附表 1-5(a)、(b) 浮头式双弓形折流板换热器主要工艺参数表^[8]；

附表 1-6 管嘴尺寸表^[2]。

(二) 设计考虑的因素

换热设备的类型很多，对每种特定的传热工况，通过优化选型都会得到一种最适合的设备型号。如果将这个型号的设备使用到其它工况，则传热效果可能有很大的改变。因此，针对具体工况选择换热器类型，是很重要和复杂的工作。对管壳式换热器的设计，有以下因素值得考虑。

1. 流速的选择

流速是换热器设计的重要变量。提高流速则提高传热系数，同时压力降与功率消耗也随

之增加。如果采用泵送流体，应考虑将压力降尽量消耗在换热器上而不是调节阀上，这样可依靠提高流速来提高传热效果。

采用较高的流速有两个好处：一是提高总传热系数，从而减小换热面积；二是减少在管子表面生成污垢的可能性。但是也相应地增加了阻力和动力消耗，所以需要进行经济比较才能最后确定适宜的流速。一般针对传热阻力大的一侧来提高流速，用以增大对流膜传热系数。例如管程走水、壳程走重油工况，提高壳程流速对总传热系数提高有决定性的影响，这时如果提高管程流速则作用不大。

此外在选择流速时，还必须考虑结构上的要求。为了避免设备的严重磨损，所算出的流速不应超过最大允许的经验流速。例如水在管内的最大允许流速与材质的关系，可由表1-2中查出。

一般油品的管内最大流速为2.7~3.0m/s；含有固体颗粒的油品，如催化裂化油浆，其最大流速不能超过1.8m/s。壳程液体的最大流速，一般约为管内液体流速的一半。通常液体在换热器内的流速可参考表1-3和表1-4，壳程气体的最大允许流速可参考表1-5。

表 1-2 水的流速表(管内)^[1]

类 别	管 材	最低流速 /(m/s)	最高流速 /(m/s)	适宜流速 /(m/s)
凝结水	钢管	0.6~0.9	3.0	1.8~2.4
河水(干净的)	钢管	0.6~0.9	3.7	
循环水(处理的)	钢管	0.6~0.9	3.7	
海水	含铜镍的管	0.75~0.9	3.0	
海水	铝铜管	0.75~0.9	2.4	

表 1-3 常用流体流速范围^[4]

流 体 种 类		一般液体	易结垢液体	气 体
流速/(m/s)	管程	0.5~3.0	>1	5~30
	壳程	0.2~1.5	>0.5	3~15

表 1-4 不同粘度的液体在换热器内的最大流速^[4]

液体粘度/(mPa·s)	>1500	1500~500	500~100	100~35	35~1	<1
最大流速/(m/s)	0.6	0.75	1.1	1.5	1.8	2.4

表 1-5 壳程气体最大允许速度^[5]

单位：m/s

分子量 压力/MPa	18	29	44	100	200	400
0.17	36.0	25.0	21.0	15.0	12.0	10.5
0.45	18.0	15.0	12.0	9.0	7.0	6.0
0.8	15.0	12.0	9.0	7.0	5.5	5.0
3.6	10.0	8.5	6.0	5.0	4.0	3.5
7.0	9.0	7.5	5.0	4.0	—	—

2. 允许压力降的选择

选择较大的压力降可以提高流速，从而增强传热效果减少换热面积。但是，较大的压力