

新疆维吾尔自治区高等教育地方特色和民文教材建设项目
西安交通大学对口支援新疆大学系列教材项目

过程装备 实践教程

主编 张亚新

 西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

TQ051
Z227

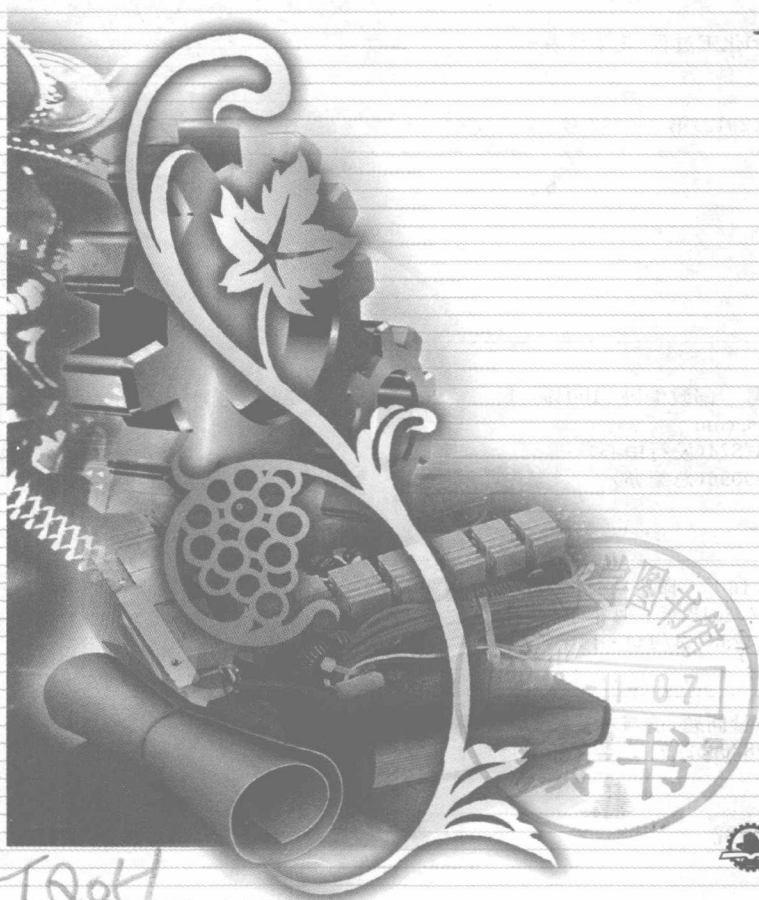


郑州大学 *04010813228T*

新疆维吾尔自治区高等教育地方特色和民文教材建设项目
西安交通大学对口支援新疆大学系列教材项目

过程装备 实践教程

主编 张亚新



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

TQ051
Z227

内容简介

本书较系统地介绍了常见化工过程装备的结构设计过程及过程装备与控制过程专业学生应掌握的专业实验内容。教材共分为三篇。第一篇为典型化工过程装备设计,内容包括课程设计的目的、要求、内容和步骤等,编写了统一的课程设计任务书。第二篇为过程装备专业实验部分。第三篇列入了过程装备部分零部件相关标准,以便学生在设计时查取。本书可作为过程装备与控制过程专业及化学工程与工艺、高分子材料、环境工程等相关专业本科生和教师的教材,也可作为从事化工过程设备设计和实验研究的相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

过程装备实践教程/张亚新主编. —西安:
西安交通大学出版社, 2012. 5
ISBN 978-7-5605-4258-4

I. ①过… II. ①张… III. ①化工过程-化工设备-
高等学校-教材 IV. ①TQ051

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 066358 号

书 名 过程装备实践教程
主 编 张亚新
责任编辑 王 欣

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安交通大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.5 字数 295 千字
版次印次 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-4258-4/TQ·10
定 价 22.00 元

读者购书、书店添货如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdjly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

过程装备是一切流程工业得以实现的基本保障。过程装备(化工设备机械基础)课程主要讲解化学工业中常见的各类设备(如各类反应器、塔器、换热器和储存类设备等)的设计理论、结构特点和制造技术。实践教学是该课程中十分重要的组成部分,该课程的基本实践教学内容包括课程设计和课程实验两大部分。

本教材共分为三篇。第一篇为过程装备课程设计,目的是使学生能综合运用过程装备(化工设备机械基础)课程所学的知识,树立正确的设计思想,综合运用各种有关设计手册、规范、标准、图册等设计技术资料,运用化工单元设备设计的基本方法,完成典型化工设备的设计。本部分内容包括课程设计的目的、要求、内容、步骤等,还包括统一的课程设计任务书。为了方便学生进行课程设计,列举了板式精馏塔结构设计、列管式换热器结构设计、储罐类设备结构设计、搅拌反应器结构设计等典型设备结构设计示例。

本教材的第二篇为过程装备专业实验部分。本篇内容的编写是为了更系统、全面地指导本课程的实验教学,不断提高本课程实验教学水平。编写过程中充分结合我校现有实验装备,突出重点,力求达到通过实验巩固所学知识和提高学生实践能力的目的。本篇内容共包括压力容器应力测试实验、外压力容器失稳实验、材料静密封性能实验、金属材料的超声波探伤实验、刚性转子的动平衡实验、离心泵性能实验、容积式压缩机性能测试实验等实验内容,涵盖了该课程涉及的典型验证实验,每个实验由实验讲义和实验报告组成。

本教材第三篇罗列了过程装备部分零部件的相关标准,以便学生在设计时查取。

本书编写过程中,参考了大连理工大学刁玉玮等编写的《化工设备机械基础》、蔡纪宁等编写的《化工设备机械基础》和四川大学宋树波等编写的《过程装备与控制工程专业实验》,米克拉义·卡哈尔、古丽娜尔·图尔逊、夏丁月、杨涛、潘海丽、高琪等在本书编写过程中做了大量的辅助工作,新疆大学化学化工学院管民教授、马风云教授对本书提出了许多宝贵建议,在此一并表示感谢。

本教材得到新疆维吾尔自治区高等学校特色和民文教材项目、西安交通大学与新疆大学对口支援教材建设项目、新疆大学精品课程建设项目的资助,在此特表感谢。

限于编写时间仓促,加上水平有限,疏漏之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2011年9月

目 录

第一篇 过程装备课程设计

第1章 绪论	(3)
1.1 课程设计的目的	(3)
1.2 课程设计要求	(3)
1.3 课程设计的内容	(4)
1.4 课程设计的步骤	(4)
1.5 课程设计的实施与管理	(5)
第2章 课程设计选题与任务书	(7)
2.1 选题一 板式精馏塔结构设计	(7)
2.2 选题二 列管式换热器结构设计	(10)
2.3 选题三 卧式储罐结构设计	(12)
2.4 选题四 夹套式搅拌反应器结构设计	(16)
第3章 典型设备结构设计示例	(19)
3.1 板式精馏塔结构设计	(19)
3.2 列管式换热器结构设计	(36)
3.3 液氨储罐设计	(44)
3.4 搅拌釜式反应器结构设计	(52)

第二篇 过程装备专业实验

第4章 外压力容器失稳实验	(77)
4.1 实验目的	(77)
4.2 实验原理简介	(77)
4.3 实验装置与器材	(80)
4.4 实验步骤	(80)
4.5 实验数据及结果分析	(80)
第5章 金属材料的超声波探伤实验	(82)
5.1 实验目的	(82)
5.2 超声波检测原理	(82)

录 目

5.3	超声波检测技术简介	(83)
5.4	实验内容	(88)
5.5	实验仪器、探头和标准试块	(88)
5.6	实验注意事项	(88)
5.7	实验报告要求	(89)
5.8	实验数据记录及结果分析	(89)
第6章	刚性转子的动平衡实验	(90)
6.1	实验目的	(90)
6.2	实验内容	(90)
6.3	实验原理	(90)
6.4	实验器材	(91)
6.5	实验装置	(93)
6.6	实验步骤	(95)
6.7	实验数据记录及结果分析	(96)
第7章	压力容器应力测试实验	(97)
7.1	实验目的	(97)
7.2	实验基本原理	(97)
7.3	实验要求	(99)
7.4	实验仪器及装置	(99)
7.5	实验步骤	(100)
7.6	实验报告要求	(100)
7.7	实验数据记录及结果分析	(100)
第8章	材料静密封性能实验	(101)
8.1	实验目的	(101)
8.2	实验装置系统简介	(101)
8.3	实验操作程序	(102)
第9章	离心泵性能测试实验	(105)
9.1	常规测试法	(105)
9.2	自动化测试技术简介	(111)
9.3	热力学法测试简介	(111)
9.4	离心泵性能测定试验	(111)
第10章	容积式压缩机性能测试实验	(113)
10.1	容积式压缩机的主要性能指标	(113)
10.2	压缩机性能测试装置与参数测量方法	(113)

10.3	试验结果的计算	(120)
10.4	示功图的采集与分析	(125)
10.5	压缩机性能测定实验	(127)
第 11 章	换热器性能测试实验	(129)
11.1	实验目的	(129)
11.2	实验内容	(129)
11.3	实验装置	(129)
11.4	注意事项	(130)
第三篇 附录 常用参考资料选编		
附录 A	钢制压力容器设计常用标准	(133)
附录 B	钢板、钢管、锻件的许用应力一览表	(137)
附录 C	塔体及裙座-人孔截面集合特征参数表	(141)
附录 D	压力容器常用零部件	(151)
附录 E	机械传动常用零部件	(169)
参考文献		(189)

第一篇

过程装备课程设计

第1章 绪论

过程装备(化工设备机械基础)课程设计(以下简称化机课程设计)是针对高等院校过程装备与控制工程专业、化工工艺专业、化学工程专业、高分子材料专业、环境工程专业学生学习化工设备类课程而设置的重要实践环节,其目的是在学生学习了有关化工机械课程的基本理论后,通过过程装备设计技能的综合性训练,使其工程设计能力和解决实际问题能力得到提高。通过化机课程设计,使过程装备与控制工程专业、化工工艺专业及其他相关专业学生掌握化工过程典型设备的结构设计和强度计算方法,了解机械结构对化工工艺参数的影响。

1.1 课程设计的目的

化机课程设计应达到以下目的:

- ①培养学生把所学化工设备机械基础及相关课程的基本理论知识,在课程设计中综合地加以运用,把化工工艺条件与化工设备设计有机地结合起来,巩固和强化有关机械课程的基本理论和基本知识。
- ②使学生树立正确的设计思想,掌握化工单元设备设计的基本方法和步骤,培养学生化工设备设计的基本技能以及独立分析问题、解决问题的能力,为其今后创造性地研发、设计化工设备打下一定的基础。
- ③培养学生熟悉、会查阅并综合运用各种有关的设计手册、规范、标准、图册等设计技术资料的能力;进一步培养学生识图、制图、运算、编写设计说明书等基本技能;帮助学生完成作为工程技术人员在机械设计方面所必备的设计能力的基本训练。

1.2 课程设计的要求

对化机课程设计的要求如下:

- ①树立正确的设计思想。在设计中要自始至终本着对工程设计负责的态度,从难从严要求,综合考虑经济性、实用性、安全可靠性和先进性,严肃认真地进行设计,高质量地进行设计,高质量地完成设计任务。
- ②注重能力培养。在课程设计中学生应具有积极主动的学习态度和进取精神,遇到问题不敷衍,通过查阅资料和有关教科书,学会收集、理解、熟悉和使用各种资料,积极思考,提出个人见解,主动解决问题。设计中强调独立思考,鼓励有创造性的设计。
- ③学会正确使用标准和规范,使设计有法可依、有章可循。当设计与标准规范相矛盾时,必须严格计算和验证,直到符合设计要求,否则应优先按标准选用。
- ④学会正确的设计方法,统筹兼顾,抓主要矛盾。初学设计者往往把设计片面地理解为是理论上的强度、刚度等的计算,认为这些计算结果不可改变。实际上,对于设备的合理设计,其计算结果只是设计时某方面的依据,设计时还要考虑结构等方面的要求。

在设计中还应注意处理好尺寸的圆整。若按几何等式关系计算而得的尺寸,一般不能随意圆整变动。若按经验公式得来的尺寸,一般应圆整到标准规格尺寸。对于强度、刚度等计算结果,从设备安全性出发,应向上圆整。同时,要兼顾到经济性,即圆整要适度。

在设计中还要处理好计算与结构设计的关系。设计中要求计算、制图、选型、修改同步进行,但零件的尺寸以最后图样标注的为准。对尺寸作出修改后,可以根据修改幅度、原强度裕度及计算准确程度等来判断是否有必要再进行强度计算。

1.3 课程设计的内容

根据教学大纲要求,完成一种典型设备的机械设计,工作量应包括:完成设计计算书1份,完成绘制设备总装图1张,零部件图1~2张。

1.4 课程设计的步骤

1.4.1 准备阶段

- ①设计前应预先准备好设计资料、手册、图册、计算和绘图工具、图纸及报告纸等。
- ②认真研究设计任务书,分析设计题目的原始数据和工艺条件,明确设计要求和设计内容。
- ③设计前应认真复习有关教科书,熟悉有关资料,明确设计步骤。
- ④有条件的应结合现场参观,熟悉典型设备的结构,比较其优缺点,以便选出较适当的结构为己所用。没有现场条件的,也要先读懂几张典型设备图,对所设计的设备结构有较全面的了解。

1.4.2 机械设计阶段

化工设备的机械设计是在设备的工艺设计后进行的。根据设备的工艺条件(包括工作压力、温度、介质特性、结构形式和尺寸、管口方位及标高等),围绕着设备内、外附件进行机械结构设计或选型,围绕着确定厚度大小进行强度、刚度和稳定性的设计和校核计算。这一步往往采用“边算、边选、边画、边改”的做法来进行,一般步骤如下:

- ①全面考虑按压力大小、温度高低和腐蚀性大小等因素来选材。通常先按压力因素来选材;当温度高于 200°C 或低于 -40°C 时,温度就是选材的主要因素;在腐蚀强烈或对反应物及物料污染有特定要求时,腐蚀因素又成了选材的依据。在综合考虑以上几方面的同时,还要考虑材料的加工性能、焊接性能及材料的来源和经济性。
- ②设计方案及设备总体尺寸设计。根据给定的工艺设计条件,确定设计方案,大体上对设备的外形尺寸(如总高、直径、开孔位置、支撑形式等)进行技术选定,绘制大体设备外形图。
- ③选用零部件。设备内部附件结构类型,如塔板、搅拌器型式常由工艺设计而定;外部附件结构形式,如法兰、支座、加强圈、开孔附件等,在满足工艺要求的条件下,由受力条件、制造、安装等因素决定。
- ④外载荷,包括内压、外压、设备自重,零部件的偏载、风载、地震载荷等,常用列表法、分项

统计的方法来进行计算。

⑤强度、刚度、稳定性设计和校核计算。根据结构形式、受力条件和材料的力学性能、耐腐蚀性能等进行强度、刚度和稳定性计算,最后确定出合理的结构尺寸。因大多数工况下强度是主要矛盾,所以有的设备设计常不作后两项计算。

⑥传动设备的选型、计算。设备中带有机械传动、液压传动时,由于这部分零部件也大都标准化,设计时可参考本书和有关手册进行选型、计算。

⑦绘制设备总装图。对初学者,常采用“边算、边选、边画、边改”的方法。初步计算后,确定大体结构尺寸,分配图纸幅面,绘出视图底稿,待尺寸最终确定后正式绘制设备总装图。

⑧绘制零部件图。根据总装图绘制零部件图的作法常称拆图。对于标准零部件,有专门厂家生产的,可以不必拆图,对于具有独立结构的零部件要进行拆图,绘制零部件以便加工制造。

⑨提出技术要求。对设备制造、装配、检验和试车等工序提出合理的要求,以文字形式标注在总装图上。

1.4.3 设计说明书

设计计算说明书是图纸设计的理论依据,是设计计算的整理过程和总结,是审核设计的技术文件之一,其内容大致包括:

- ①目录;
- ②设计任务书;
- ③设计方案的分析 and 拟定;
- ④各部分结构尺寸的确定和设计计算;
- ⑤设计小结;
- ⑥参考资料。

设计计算说明书要求计算正确,论述清楚,文字精炼,插图简明,书写工整,装订成册。

1.4.4 课程设计答辩

课程设计的图样及说明书全部完成后,须经指导老师审阅,得到认可后方可参加答辩。课程设计的成绩要根据图样、说明书和答辩所反映的设计质量和能力以及设计过程中的学习态度综合评定。

1.5 课程设计的实施与管理

①时间:本科专业化机课程设计通常在学习完化工设备相关专业课程后进行,建议安排在第6学期第20周后,全停课一周内完成。

②面向对象:过程装备与控制工程、化学工程、化工工艺、环境工程、高分子材料等专业学生。

③设计题目:化机课程设计的主要选题为塔设备设计、换热器设计、蒸发器设计、干燥器设计、搅拌反应釜设计、化工储存设备设计等,设计参数可以来源于工程实际或正确的假设。

第2章 课程设计选题与任务书

2.1 选题一 板式精馏塔结构设计

2.1.1 设计任务书

1. 设计题目

某板式精馏塔的结构设计。

2. 设计任务

试设计一台板式精馏塔,用来分离苯-甲苯混合液。常压操作,原料中含苯 _____ % (均为质量百分含量),料液处理量为 _____ t/h,要求塔顶浓度大于 _____ %,釜液中含苯为 _____ %。

3. 设计条件

设计条件见表 2-1。

4. 设计内容

- ① 正确选择塔体材料,确定设计参数和设计方案。
- ② 分析确定塔的总体结构尺寸。
- ③ 对塔盘、进出料接管、裙座等零部件进行设计计算和选型。
- ④ 对塔体进行强度和稳定性计算,校核塔的最危险截面。
- ⑤ 绘制塔设备总装配图和相关零件图,编写设计计算说明书。

5. 设计要求

- ① 编写设计计算说明书,填写计算结果列表(见表 2-2、表 2-3)。
- ② 绘制塔设备总装配图及必要零部件图。

6. 设计时间安排(共 1 周)

时 间	完成任务
第 1 天	借阅资料,确定用材及设计思路
第 2 天	完成塔的总体结构设计
第 3 天	完成塔的强度设计计算
第 4 天	完成塔的稳定性计算,绘制塔总装配图和相关零件图
第 5 天	整理、撰写设计说明书,提交全部内容,考核

7. 设计参考文献

- ①国家标准委员会. GB 159—98 压力容器设计规范. 北京: 中国标准出版社, 1999
- ②贺匡国. 化工容器及设备简明设计手册. 北京: 化学工业出版社, 2002
- ③刁玉玮. 化工设备机械基础. 大连: 大连理工大学出版社, 2008
- ④化学工业部设备设计技术中心站. 化工设备零部件. 内部资料, 1996
- ⑤化工设备设计全书编辑委员会. 化工容器设计. 上海: 上海科学技术出版社, 1987
- ⑥化工设备设计全书编辑委员会. 塔设备设计. 上海: 上海科学技术出版社, 1988

2.1.2 主要设计参数及设计结果表

主要设计参数及设计结果填入表 2-1、表 2-2、表 2-3 中。

表 2-1 板式精馏塔结构设计条件表

设计参数			
项目	参数	项目	参数
工作压力/MPa		设计寿命/y	
设计压力/MPa		保温材料厚度/m	
工作温度/°C		保温材料密度/m	
设计温度/°C		塔盘上存留介质高度/m	
介质名称		基本风压/ $N \cdot m^{-2}$	
介质密度/ $kg \cdot m^{-3}$		地震基本烈度	
年腐蚀速率/ $m \cdot y^{-1}$		场地类别	
焊接形式		塔型	
偏心质量/kg		塔板数	
进料口位置		塔板间距/m	

表 2-2 板式精馏塔结构设计管口表

接管用途	管口代号	公称尺寸	连接面形式
进料管			
出料管			
气体入口管			
气体出口管			
回流管			
温度计接管			
压力计接管			

表 2-3 板式精馏塔结构设计计算结果一览表

项 目	结 果	项目结果	
塔体材料		1—1 危险截面应力 /MPa	迎风面
塔体壁厚/m			背风面
封头壁厚/m		2—2 危险截面应力 /MPa	迎风面
塔高/m			背风面
塔径/m		3—3 危险截面应力 /MPa	迎风面
内件质量/kg			背风面
保温材料质量/kg		补强接管及补强圈	
平台质量/kg		人孔型号	

板式精馏塔结构示意简图如图 2-1 所示。

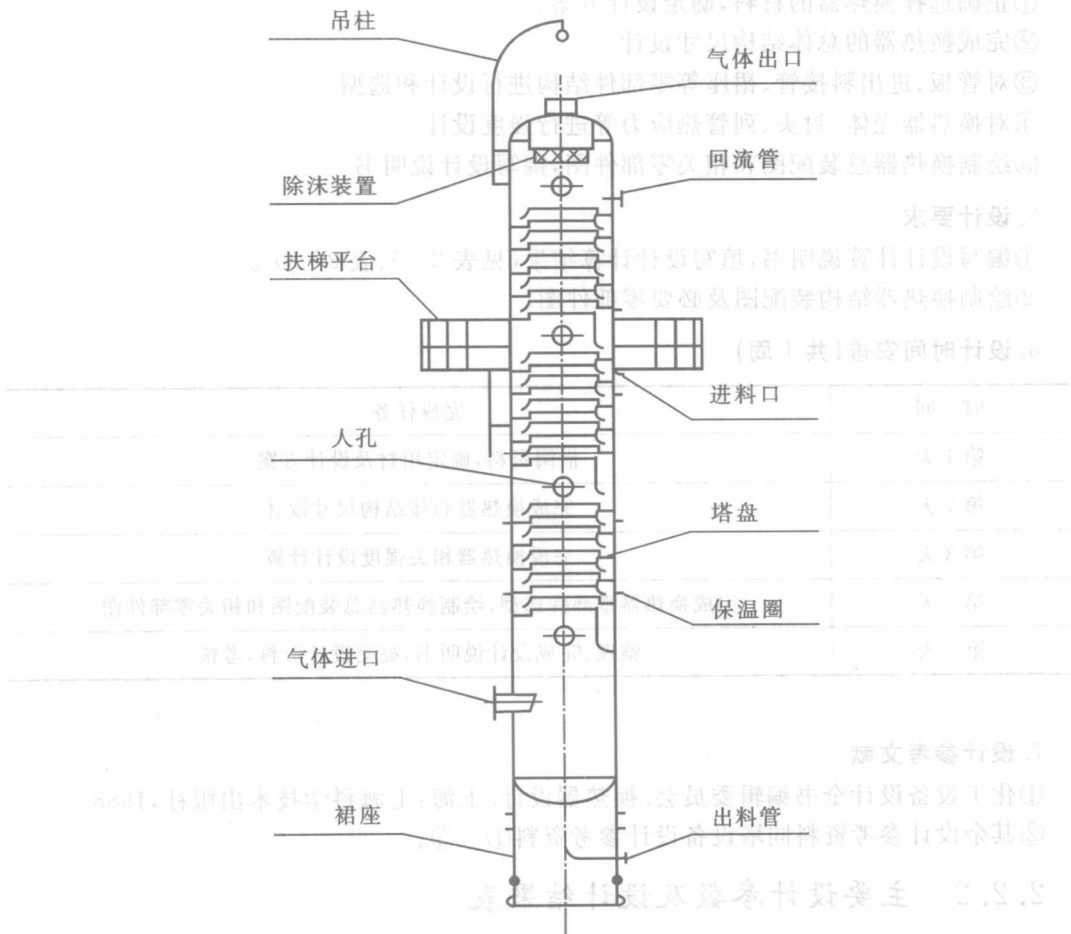


图 2-1 板式精馏塔结构示意简图

2.2 选题二 列管式换热器结构设计

2.2.1 设计任务书

1. 设计题目

某列管式换热器结构设计。

2. 设计任务

某厂用 $\quad\quad\quad$ $^{\circ}\text{C}$ 冷水作冷却介质, 将流量为 $\quad\quad\quad$ kg/h 的 $\quad\quad\quad$ 流体(热介质)自 $\quad\quad\quad$ $^{\circ}\text{C}$ 冷却至 $\quad\quad\quad$ $^{\circ}\text{C}$, 冷却水终温不超过 $\quad\quad\quad$ $^{\circ}\text{C}$ 。试设计一固定管板式列管换热器, 用以完成以上换热任务。

3. 设计条件

如表 2-4 所示。

4. 设计内容

- ①正确选择换热器的材料, 确定设计方案。
- ②完成换热器的总体结构尺寸设计。
- ③对管板、进出料接管、裙座等零部件结构进行设计和选型。
- ④对换热器壳体、封头、列管热应力等进行强度设计。
- ⑤绘制换热器总装配图和相关零部件图, 撰写设计说明书。

5. 设计要求

- ①编写设计计算说明书, 填写设计计算结果(见表 2-5、表 2-6)。
- ②绘制换热器结构装配图及必要零部件图。

6. 设计时间安排(共 1 周)

时 间	完 成 任 务
第 1 天	借阅资料, 确定用材及设计方案
第 2 天	完成换热器总体结构尺寸设计
第 3 天	完成换热器相关强度设计计算
第 4 天	完成换热器零部件选型, 绘制换热器总装配图和相关零部件图
第 5 天	整理、完成设计说明书, 提交设计资料, 考核

7. 设计参考文献

- ①化工设备设计全书编辑委员会. 换热器设计. 上海: 上海科学技术出版社, 1988
- ②其余设计参考资料同塔设备设计参考资料①~⑤。

2.2.2 主要设计参数及设计结果表

主要设计参数及设计结果见表 2-4、表 2-5 和表 2-6。