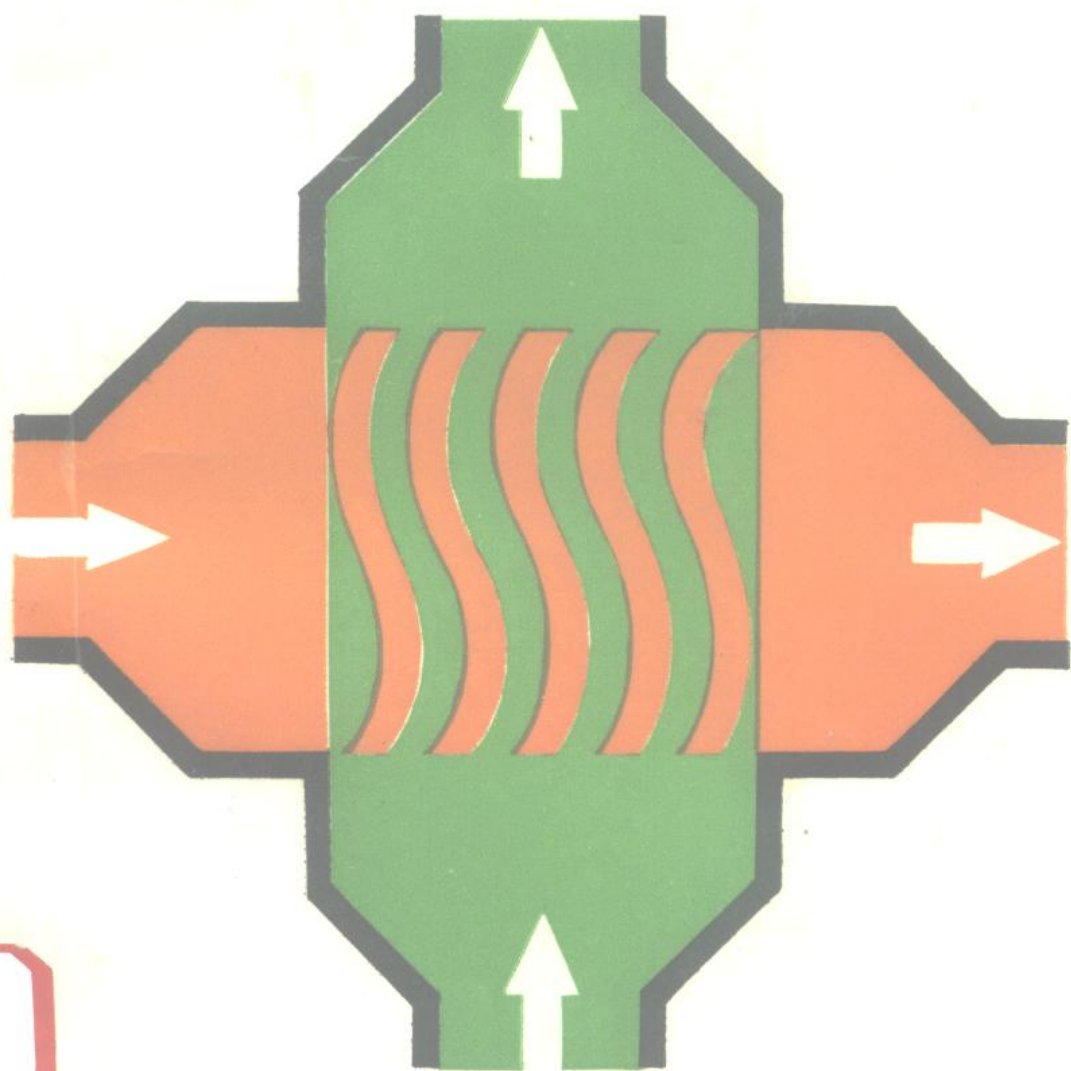


● 高等学校教学用书

化工原理课程设计

天津大学化工原理教研室

柴诚敬 刘国维 李阿娜 编



天津科学技术出版社

TQ 02
C 19

381302

化工原理课程设计

天津大学化工原理教研室
✓ 柴诚敬 刘国维 李阿娜 编



天津科学技术出版社

津新登字(90)第008号



责任编辑:宗 洁

化工原理课程设计

天津大学化工原理教研室

柴诚敬 刘国维 李阿娜 编

*

天津科学技术出版社出版

天津市张自忠路189号 邮编 300020

天津市武清县振兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

·开本 787×1092 毫米 1/16 印张 12.25 字数 294 000

1994 年 10 月第 1 版

1994 年 10 月第 1 次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5308-1664-0

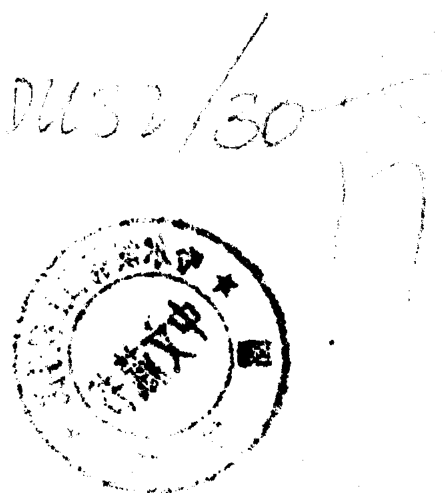
O·78 定价:8.90 元

内 容 提 要

本书重点介绍换热器、蒸发器、板式精馏塔、填料吸收塔和流化床干燥装置的设计计算,除讨论流程方案的确定原则、设备选型、工艺尺寸的设计原理和程序外,还介绍了辅助设备的计算或选型。所介绍的单元操作都有设计计算示例,并附有设计任务书数则,可供不同类型专业课程设计时选用。

本书力求体现化工原理课程设计的基本要求,着眼于培养学生分析问题和解决问题的能力及工程设计的能力。本书内容充实、适用性强、注重实用、便于自学,可供不同层次的读者选用。本书可作为高等院校化工类及有关专业教材,也可供有关部门从事科研、设计及生产的工程技术人员参考。

本书由柴诚敬、刘国维、李阿娜编写,姚玉英审定。第一、六章由柴诚敬执笔,第二、三章由刘国维执笔,第四、五章由李阿娜执笔。



目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 化工原理课程设计的目的要求和内容	(1)
一、化工原理课程设计的目的要求	(1)
二、化工原理课程设计的内容	(1)
第二节 化工生产工艺流程设计	(2)
一、生产工艺流程草图	(2)
二、工艺物料流程图	(2)
三、带控制点的工艺流程图	(2)
第三节 主体设备工艺条件图	(3)
第四节 化工过程技术经济评价的基本概念	(3)
一、技术评价指标	(4)
二、经济评价指标	(4)
三、工程项目投资估算	(4)
四、化工产品的成本估算	(6)
第二章 换热器的设计	(7)
本章符号说明	(7)
第一节 列管式换热器的设计	(8)
一、确定设计方案的几个问题	(8)
二、列管式换热器的结构	(11)
三、列管式换热器的设计计算	(16)
四、列管式换热器设计示例	(28)
第二节 板式换热器的设计	(34)
一、板式换热器的结构特点	(34)
二、板式换热器的设计计算	(40)
三、板式换热器设计示例	(44)
本章附录 换热器设计任务书三则	(47)
第三章 蒸发装置的设计	(49)
本章符号说明	(49)
第一节 概述	(50)
一、蒸发器的类型与选择	(50)
二、多效蒸发的效数与流程	(51)
第二节 多效蒸发的计算	(53)
一、多效蒸发的工艺计算	(53)
二、蒸发器的主要结构尺寸	(57)

第三节 蒸发装置的辅助设备	(61)
一、气液分离器	(62)
二、蒸汽冷凝器	(63)
第四节 三效蒸发装置设计示例	(67)
本章附录 蒸发器设计任务书两则	(73)
第四章 板式精馏塔设计	(75)
本章符号说明	(75)
第一节 塔设备简介	(76)
第二节 板式精馏塔的设计	(76)
一、概述	(76)
二、设计方案的选定	(77)
三、二元连续板式精馏塔的工艺计算	(78)
四、塔和塔板主要工艺尺寸的设计	(83)
第三节 板式塔的结构与附属设备	(93)
一、塔体结构	(93)
二、塔板结构	(93)
三、精馏塔的附属设备	(94)
第四节 筛板精馏塔设计示例	(97)
本章附录 板式精馏塔设计任务书两则	(109)
第五章 填料吸收塔设计	(114)
本章符号说明	(114)
第一节 概述	(115)
第二节 设计方案的选定	(115)
一、流程布置	(115)
二、吸收剂的选择	(116)
三、吸收操作温度与压强	(116)
第三节 塔填料的选择	(117)
一、填料类型	(117)
二、填料尺寸	(121)
三、填料的材质	(122)
第四节 吸收操作中的气液平衡	(122)
一、气液平衡数据	(122)
二、非等温吸收气液平衡线的确定	(123)
第五节 填料吸收塔的工艺计算	(124)
一、物料衡算与操作线方程	(124)
二、最小吸收剂用量与吸收剂用量	(125)
三、塔径计算	(125)
四、填料层高度计算	(128)
五、填料层的压降	(134)

第六节 填料塔的辅助构件(塔内件)	(135)
一、液体分布器	(135)
二、液体再分布器	(138)
三、填料支承板	(139)
四、填料压板与床层限制板	(140)
五、气体的进出口装置与排液装置	(140)
第七节 填料吸收塔设计示例	(140)
本章附录 填料吸收塔设计任务书两则	(147)
第六章 流化床干燥装置的设计	(150)
本章符号说明	(150)
第一节 概述	(152)
一、流态化现象	(152)
二、流化床干燥器的特性	(153)
三、流化床干燥器的型式及干燥流程	(153)
四、干燥器选型时应考虑的因素	(156)
第二节 流化床干燥器的设计	(156)
一、流化床干燥装置的设计步骤	(157)
二、干燥条件的确定	(157)
三、干燥过程的物料衡算和热量衡算	(158)
四、流化床干燥器的设计计算	(160)
五、干燥器的结构设计	(164)
第三节 附属设备的设计与选型	(168)
一、风机的选择	(168)
二、空气加热器	(169)
三、供料器	(169)
四、气固分离器的选择	(172)
第四节 卧式多室流化床干燥器设计示例	(174)
本章附录 流化床干燥装置设计任务书两则	(181)
附录	(183)
一、标题页示例	(183)
二、生产工艺流程简图示例	(184)
三、主体设备工艺条件图示例	(185)
四、无机盐溶液在 101.33kPa 下的沸点	(186)
五、NaOH 水溶液的杜林线图	(186)
六、蒸发器的总传热系数 K 值	(187)
主要参考资料	(188)

第一章 绪 论

第一节 化工原理课程设计的目的要求和内容

一、化工原理课程设计的目的要求

课程设计是化工原理课程教学中综合性和实践性较强的教学环节,是理论联系实际的桥梁,是使学生体察工程实际问题复杂性的初次尝试。通过化工原理课程设计,要求学生能综合运用本课程和前修课程的基本知识,进行融汇贯通的独立思考,在规定的时间内完成指定的化工设计任务,从而得到化工工程设计的初步训练。通过课程设计,要求学生了解工程设计的基本内容,掌握化工设计的主要程序和方法,培养学生分析和解决工程实际问题的能力。同时,通过课程设计,还可以使学生树立正确的设计思想,培养实事求是、严肃认真、高度负责的工作作风。在当前大多学生结业工作以论文为主的情况下,通过课程设计培养学生的设计能力和严谨的科学作风就更为重要了。

课程设计不同于平时的作业,在设计中需要学生自己作出决策,即自己确定方案、选择流程、查取资料、进行过程和设备计算,并要对自己的选择作出论证和核算,经过反复的分析比较,择优选定最理想的方案和合理的设计。所以,课程设计是培养提高学生独立工作能力的有益实践。

通过课程设计,应该训练学生提高如下几个方面的能力:

(1)熟悉查阅文献资料、搜集有关数据、正确选用公式。当缺乏必要数据时,尚需自己通过实验测定或到生产现场进行实际查定。

(2)在兼顾技术上先进性、可行性,经济上合理性的前提下,综合分析设计任务要求,确定化工工艺流程,进行设备选型,并提出保证过程正常、安全运行所需要的检测和计量参数,同时还要考虑改善劳动条件和环境保护的有效措施。

(3)准确而迅速地进行过程计算及主要设备的工艺设计计算。

(4)用精练的语言、简洁的文字、清晰的图表来表达自己的设计思想和计算结果。

二、化工原理课程设计的内容

化工原理课程设计一般包括如下内容:

(1)设计方案简介 对给定或选定的工艺流程、主要设备的型式进行简要的论述。

(2)主要设备的工艺设计计算 包括工艺参数的选定、物料衡算、热量衡算、设备的工艺尺寸计算及结构设计。

(3)典型辅助设备的选型和计算 包括典型辅助设备的主要工艺尺寸计算和设备型号规格的选定。

(4)工艺流程简图 以单线图的形式绘制,标出主体设备和辅助设备的物料流向、物流量、能流量和主要化工参数测量点。

(5)主体设备工艺条件图 图面上应包括设备的主要工艺尺寸、技术特性表和接管表。

完整的化工原理课程设计报告由说明书和图纸两部分组成。设计说明书中应包括所有论

述、原始数据、计算、表格等,编排顺序如下:

- (1)标题页(见本书附录一所示的标题页示例);
- (2)设计任务书;
- (3)目录;
- (4)设计方案简介;
- (5)工艺流程草图及说明;
- (6)工艺计算及主体设备设计;
- (7)辅助设备的计算及选型;
- (8)设计结果概要或设计一览表;
- (9)对本设计的评述;
- (10)附图(工艺流程简图、主体设备工艺条件图);
- (11)参考文献。

第二节 化工生产工艺流程设计

化工生产工艺流程设计是所有化工装置设计中最先着手的工作。工艺流程设计的目的是在确定生产方法之后,以流程图的形式表示出由原料到成品的整个生产过程中物料被加工的顺序以及各股物料的流向,同时表示出生产中所采用的化学反应、化工单元操作及设备之间的联系,据此可进一步制定化工管道流程和计量—控制流程。它是化工过程技术经济评价的依据。

生产工艺流程设计一般分为三个阶段。

一、生产工艺流程草图

为便于进行物料衡算、能量衡算及有关设备的工艺计算,在设计的最初阶段,首先要绘制生产工艺流程草图,定性地标出物料由原料转化为产品的过程、流向以及所采用的各种化工过程及设备。

二、工艺物料流程图

在完成物料计算后便可绘制工艺物料流程图,它是以图形与表格相结合的形式来表达物料计算结果,其作用如下:

- (1)作为下一步设计的依据;
- (2)为接受审查提供资料;
- (3)可供日后操作参考。

三、带控制点的工艺流程图

在设备设计结束、控制方案确定之后,便可绘制带控制点的工艺流程图。(此后,在进行车间布置的设计过程中,可能会对流程图作一些修改。)图中应包括如下内容:

1. 物料流程

物料流程包括:

- (1)设备示意图 示意图大致依设备外形尺寸比例画出,标明设备的主要管口,适当考虑设备合理的相对位置;
- (2)设备流程号;

- (3)物料及动力(水、汽、真空、压缩机、冷冻盐水等)管线及流向箭头;
- (4)管线上的主要阀门、设备及管道的必要附件,如冷凝水排除器、管道过滤器、阻火器等;
- (5)必要的计量、控制仪表,如流量计、液位计、压强表、真空表及其它测量仪表等;
- (6)简要的文字注释,如冷却水、加热蒸汽来源、热水及半成品去向等。

2. 图例

图例是将物料流程图中画出的有关管线、阀门、设备附件、计量—控制仪表等图形用文字予以说明。

3. 图签

图签是写出图名、设计单位、设计人员、制图人员、审核人员(签名)、图纸比例尺、图号等内容的一份表格,其位置在流程图右下角。

带控制点的工艺流程图一般是由工艺专业人员和自控专业人员合作绘制出来的。作为化工原理课程设计只要求能标绘出测量点位置即可。本书附录二所示流程图示例,是在带控制点工艺流程图基础上经适当简化后绘出的。

第三节 主体设备工艺条件图

主体设备是指在每个单元操作中处于核心地位的关键设备,如传热中的换热器,蒸发中的蒸发器,蒸馏和吸收中的塔设备(板式塔和填料塔),干燥中的干燥器等。一般,主体设备在不同单元操作中是不相同的,即使同一设备在不同单元操作中其作用也不相同,如某一设备在某个单元操作中为主体设备,而在另一单元操作中则可变为辅助设备。例如,换热器在传热中为主体设备,而在精馏或干燥操作中就变为辅助设备。泵、压缩机等也有类似情况。

主体设备工艺条件图是将设备的结构设计和工艺尺寸的计算结果用一张总图表示出来。图面上应包括如下内容:

- (1)设备图形 指主要尺寸(外形尺寸、结构尺寸、连接尺寸)、接管、人孔等。
- (2)技术特性 指装置的用途、生产能力、最大允许压强、最高介质温度、介质的毒性和爆炸危险性等。
- (3)设备组成一览表。

本书附录三示例主体设备工艺条件图的主要内容。

应予以指出,以上设计全过程统称为设备的工艺设计。完整的设备设计,应在上述工艺设计基础上再进行机械强度设计,最后提供可供加工制造的施工图。这一环节在高等院校的教学中,属于化工机械专业中的专业课程,在设计部门则属于机械设计组的职责。

第四节 化工过程技术经济评价的基本概念

在化学工业中,为达到同一工程目的,可以采取多种方案和手段。不同的技术方案往往各具独特的技术、经济或其它特性。为了从这些可供选择的众多工艺方案中选取技术上先进合理、经济上有充分的市场条件,具有旺盛竞争生命力的方案,就需要把这些方案进行技术上和经济上的综合研究、分析、比较,即进行技术经济评价。

技术经济评价是化工规划、设计、施工和生产管理中的重要手段和方法,经过反复修改和

多次重新评价,最终可确定最佳的方案,达到化工过程最优化的目的。

一、技术评价指标

评价一个化工过程技术的可行性、先进性和可靠性,主要根据如下几项指标:

- (1)产品的质量和销路;
- (2)原料的质量、价格、加工难易、运输性能及供应的可靠性;
- (3)原料的消耗定额(产品的回收率);
- (4)能量消耗定额和品位;
- (5)过程设备的总数目或总质量,工艺过程在技术上的复杂性,操作控制的难易程度等;
- (6)劳动生产率;
- (7)环境保护及生产的安全性。

二、经济评价指标

所谓经济评价,是指在开发投资项目的技术方案中,用技术经济观点和方法来评价技术方案的优劣,它是技术评价的继续和确认。一般经济评价包括如下项目:

- (1)基本建设投资额;
- (2)化工产品的成本;
- (3)投资的回收期或还本期;
- (4)经济效益——利润和利润率;
- (5)其它经济学指标。

建设投资和产品成本是进行设计方案经济分析、评价与优化的重点和基础。化工过程优化方案在经济方面的目标函数不外是基建投资、生产成本或由这二者确定的利润额。投资与成本估算也是设计工作的一个重要组成部分。

三、工程项目投资估算

投资是指建设一套生产装置系统、使之投入生产并能持续正常运行所需的总资金额。“投资”包括固定资本及流动资本两部分。固定资本包括过程设备的购置与安装费、工程建设及设计费、辅助工程及基础费用、防腐保温及开车费用等。流动资本是用来购买生产所需的原材料及维持正常生产的各项储备所需的资金。流动资本一般占总投资额的10%左右。

投资的估算有多种方法,目前国内外最常使用的有化工投资因子估算法和化工厂投资项目逐项估算法。

1. 投资因子估算法

该法是以工艺流程中所有设备的购置费总和为基础,根据化工厂的加工类型,从表1—1中选取适当的Lang乘数因子,快速估算出固定投资或企业的总投资。

表1—1 Lang 乘数因子

化工厂加工类型	因子数值	
	固定投资	总投资
固体物料	3.9	4.6
固体与流体	4.1	4.9
流体物料	4.8	5.7

用因子法估算投资的步骤是:

- (1)按照已确定的工艺流程图,根据工艺计算,确定所有过程设备的类型、尺寸、材质、操作

温度与压强等参数,列出设备清单;

(2)利用设备价目图表或估算式子求取每台设备的购置费,综合求出整个装置系统设备的总费用;

(3)由表 1—1 查取合适的 Lang 因子数值,便可算出投资额。

2. 投资项目逐项估算法

对于化工厂、石油炼制厂或石油化工厂,投资项目的逐项估算内容如表 1—2 所示。使用这种投资估算法不但过程十分清晰,而且便于分析整个基本建设的主要开支项目,从而对新建一个化工企业在投资方面建立一个完整的概念和轮廓。

需予指出,不管因子法或逐项估算法,都是以所有生产设备的购置费为基础的,这就需要

表 1—2 化工厂投资项目逐项估算表

序号	项 目	材料费 ⁽¹⁾ 注	劳 务 费
1	储槽、储罐类	A	A 的 10%
2	各种塔器(现场制造)	B	B 的 30%~35%
3	各种塔器(订货、外加工)	C	C 的 10%~15%
4	热交换器	D	D 的 10%
5	泵、压缩机及其它机器	E	E 的 10%
6	仪器仪表	F	F 的 10%
7	关键设备(A 至 F 的总和)	G	
8	保温、隔热工程	$H=(0.05\sim0.1)G$	H 的 150%
9	输送物料设施	$I=(0.40\sim0.50)G$	I 的 100%
10	基础工程	$J=(0.03\sim0.05)G$	J 的 150%
11	建筑物	$K=0.04G$	K 的 70%
12	结构物(框架等)	$L=0.04G$	L 的 20%
13	防火设施	$M=(0.005\sim0.01)G$	M 的 500%~800%
14	供配电	$N=(0.03\sim0.06)G$	N 的 150%
15	防腐、防锈、清洗	$O=(0.005\sim0.01)G$	O 的 500%~800%
16	材料费和劳务费两项总和(安装费)		P
17	特殊设备的安装费 ⁽²⁾		Q
18	P 和 Q 的两项总和(过程设备安装费)		R
19	经常管理费		R 的 30%
20	总的安装费 ⁽³⁾		R 的 130%
21	工程费		R 的 13%
22	不可预见费(预备费)		R 的 13%
23	界区内总投资 ⁽⁴⁾		R 的 156%

注:(1)对于化工设备,材料费即购置费。

(2)特殊设备即不常使用的设备或机械(如球磨机等)。

(3)安装费中包括了设备购置费在内。

(4)“界区”是指按生产流程划分的工艺界区范围,并不包括一些辅助工程(如公共罐区、工厂围墙、产品发运设施等)、公共服务及福利设施的投资。新建一个厂的投资分配见表 1—3。

根据生产流程准确无漏地列出所有设备清单,并求出每台设备的购置费。单台设备的购置费最好从设备价目图表查得,在缺乏可靠价目时,可用有关公式(如装置或设备指数法)作近似估算,读者可参阅有关资料或专著。

表 1—3 新建一个化工厂的投资分配

投资分配	占总投资的百分数, %		占生产设备的百分数, %
	范 围	平 均 值	
生产设备	30~35	35	100
公用工程	10~25	20	57
辅助工程	30~45	35	100
建 筑 物	5~20	10	29
合 计		100	286

四、化工产品的成本估算

化工产品的成本是产品生产过程中各项费用的总和。在经济可行性研究中,生产成本是决策过程中重要依据之一。根据估算范围,产品成本可分为车间成本、工厂成本、经营成本和销售成本。通常,我国把化工产品的成本分成原材料费、动力费、燃料费、劳动力费用、车间及工厂管理费、设备折旧费、税金、流动资金等项。产品成本估算内容和方法见表 1—4。

年销售收入扣除销售成本即为企业的年利润。

年利润与基建投资总额之比为资金利润率。

单位产品的利润与销售成本之比为成本利润率。

基建投资总额与年利润之比为投资回收期或还本期(年)。

表 1—4 化工产品成本估算

序 号	项 目	计 算 方 法	备 注
1	原料,辅助材料	每吨产品消耗×单价×年产量(吨)	总的直接生产成本
2	劳动力费用		
	(1)直接生产工人工资	平均月工资×每班人数×班数×12	
	(2)辅助工资	工资总额的 11%	
	(3)奖金	直接生产工人工资的 11%	
3	公用工程(水、电、蒸汽、制冷等)	每吨产品消耗×单价×年产量(吨)	
4	车间费用	总劳动力费用的 80%	
5	税金和保险费	固定投资的 2%	
6	车间成本	上述各项之和	
7	企业管理费	年销售额的 5%	
8	销售费	年销售额的 5%	
9	折旧费	固定投资的 10%	
10	流动资金	总投资额的 10%	
11	工厂成本	第 6、7、9、10 项之和	
12	经营成本	第 6、7、8、10 项之和	
13	销售成本	第 6、7、8、9、10 项之和	

需要说明,上表中有关比例数字会随着时间的及产品种类有一定的变化或调整。

第二章 换热器的设计

本章符号说明

英文字母

A ——流通面积, m^2 ;
 b ——厚度, m ;
 b ——润湿周边, m ;
 c_p ——定压比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;
 d ——管径, m ;
 D ——换热器壳径, m ;
 f ——摩擦系数;
 f ——温差校正系数;
 F ——系数;
 g ——重力加速度, m/s^2 ;
 h ——挡板间距, m ;
 K ——总传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
 L ——长度, m ;
 m ——程数;
 M ——冷凝负荷, $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$;
 n ——指数;
 n ——管数;
 n ——程数;
 N ——程数;
 Nu ——努塞尔特准数;
 p ——压强, Pa ;
 P ——因数;
 Pr ——普兰特准数;
 q ——热通量, W/m^2 ;
 Q ——传热速率, W ;
 r ——半径, m ;
 r ——气化潜热, kJ/kg ;

R ——热阻, $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$;

R ——因数;

Re ——雷诺准数;

S ——传热面积, m^2 ;

t ——冷流体温度, $^\circ\text{C}$;

t ——管心距, m ;

T ——热流体温度, $^\circ\text{C}$;

u ——流速, m/s ;

W ——质量流量, kg/s 。

希腊字母

α ——对流传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ ——相邻板间的间距, m ;

Δ ——有限差值;

λ ——导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$;

μ ——粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

ρ ——密度, kg/m^3 ;

φ ——校正系数。

下标

c ——冷流体;

e ——当量;

h ——热流体;

i ——管内;

m ——平均;

o ——管外;

s ——污垢;

s ——饱和;

w ——壁面;

Δt ——温度差。

换热器是许多工业生产部门的通用工艺设备,尤其是石油、化工生产应用更为广泛,在化工厂中换热器可用作加热器、冷却器、冷凝器、蒸发器和再沸器等。换热器的类型很多,性能各异,从早期发展起来的列管式换热器到近年来不断出现的新型、高效换热设备,各具特点。进行换热器的设计,首先是根据工艺要求选用适当的类型,同时计算完成给定生产任务所需的传热

面积,并确定换热器的工艺尺寸。

换热器类型虽然很多,但计算传热面积所依据的传热基本原理相同,不同之处仅是在结构设计上需根据各自设备特点采用不同的计算方法而已。

为此,本章仅就设计成熟、应用广泛的列管式换热器及新型、高效的板式换热器的工艺设计作一介绍。

第一节 列管式换热器的设计

列管式换热器的结构简单、牢固,操作弹性大,应用材料广。虽然在传热效率、紧凑性和金属耗量等方面不及某些新型换热设备,但其应用历史悠久,设计资料完善,并已有系列化标准,加之其独特的优点,在近代层出不穷的新型换热设备中,仍不失其重要地位,特别是在高温、高压和大型换热设备中仍占绝对优势。

一、确定设计方案的几个问题

(一)列管式换热器型式的选择

列管式换热器的型式主要依据换热器管程与壳程流体的温度差来确定。因管束与壳体的温度不同会引起热膨胀程度的差异,若两流体的温度相差较大时,就可能由于热应力而引起管子弯曲或使管子从管板上拉脱,因此,必须考虑这种热膨胀的影响。根据热补偿的方法不同,列管式换热器有以下几种型式。

1. 固定管板式换热器

固定管板式换热器如图 2—1 所示。换热器两端管板和壳体连接成一体。这类换热器结构简单、价格低廉,但管外清洗困难,宜处理两流体温差小于 50°C 且壳方流体较清洁及不易结垢的物料。

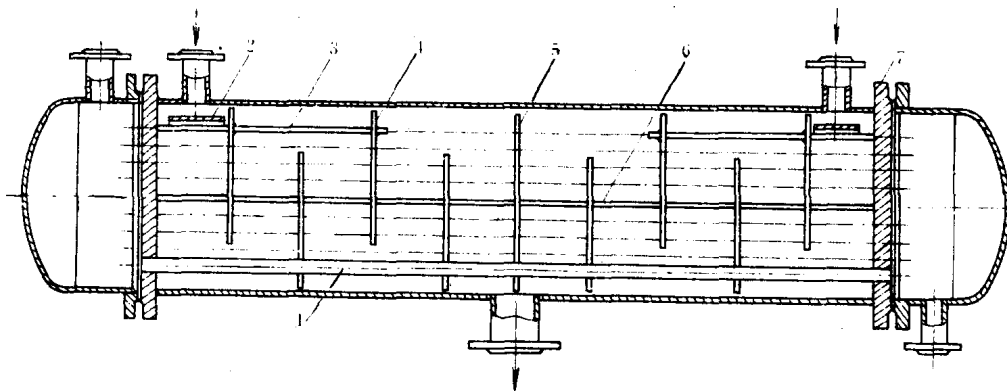


图 2—1 固定管板式换热器

1—加热管 2—缓冲挡板 3—拉杆 4—弓形折流板
5—分割流板 6—旁路挡板 7—带法兰管板

带有补偿圈(或称膨胀节)的固定管板式换热器如图 2—2 所示。补偿圈的弹性变形可减小温差应力,这种补偿方法适用于两流体的温差低于 70°C 且壳方流体压强不高于 600kPa 的情况。

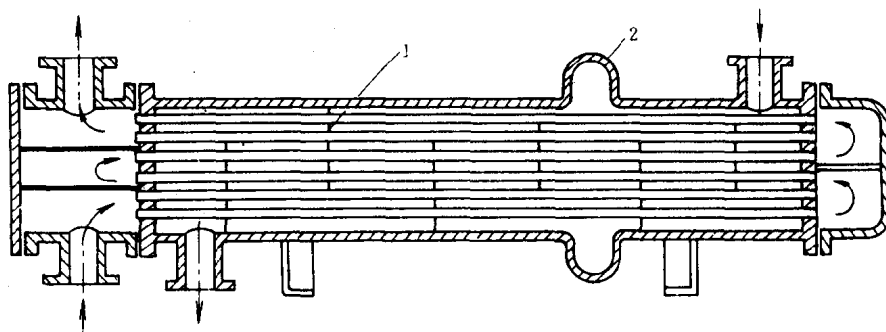


图 2—2 带有补偿圈的固定管板式换热器

1—挡板 2—补偿圈

2. 浮头式换热器

浮头式换热器如图 2—3 所示。两端管板之一不与外壳连接，该端称为浮头，管束连同浮头可以自由伸缩，而与外壳的膨胀无关。管束可以拉出，便于清洗和检修，但结构复杂，造价高。适用于两流体温差较大的各种物料的换热，应用极为普遍。

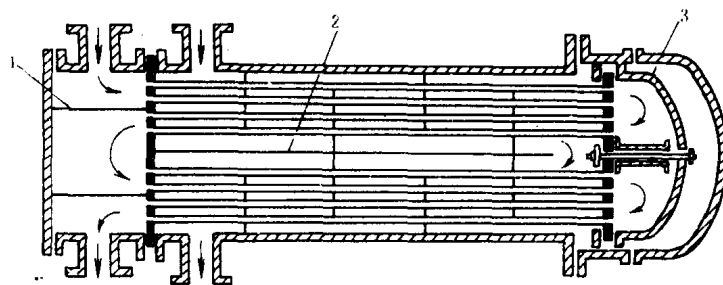


图 2—3 浮头式换热器

1—管程隔板 2—壳程隔板 3—浮头

3. U 型管式换热器

U 型管式换热器如图 2—4 所示。弯成 U 形管子的两端固定在同一块管板上，管子可自由伸缩。这种型式换热器结构简单、质量轻，但管内清洗困难，管板利用率低。适用于高温、高压的场合，但管内必须为清洁的流体。

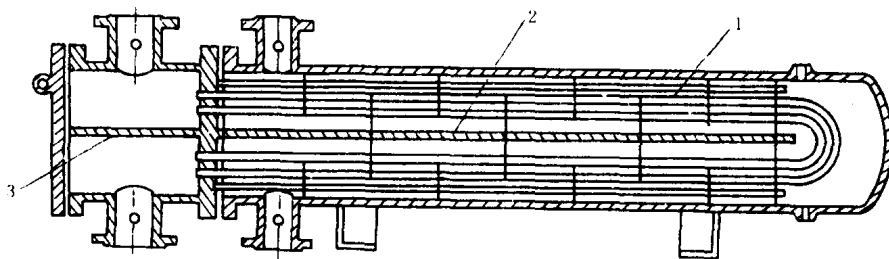


图 2—4 U 型管式换热器

1—U 型管 2—壳程隔板 3—管程隔板

4. 填料函式换热器

填料函式换热器如图 2—5 所示。管束一端可以自由膨胀。与浮头式相比,结构简单、造价低,但壳程流体有外漏的可能性,因此壳程不能处理易燃、易爆的流体。

总之,确定换热器的型式,除依据两流体的温度差外,尚需考虑流体的性质及检修和清洗的要求等因素。

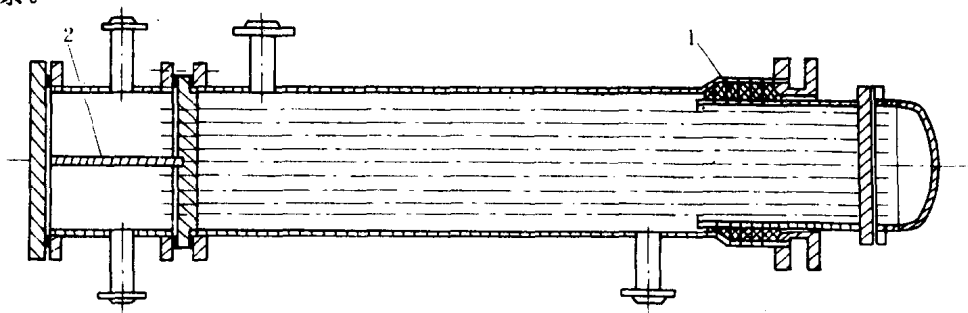


图 2—5 填料函式换热器

1—填料函 2—管程隔板

(二) 流体流动空间的选择

在列管式换热器中,哪一种流体流经管程,哪一种流体流经壳程,取决于多种因素,主要从以下三方面考虑。

1. 传热效果

(1) 粘度大的流体或流量较小的流体,宜在管间流过。因流体在有折流挡板的壳程流动时,由于流速和流向的不断改变,使流体湍动加剧,在低 Re ($Re > 100$) 下即可达到湍流,使对流传热系数提高,所以,将两流体中热阻较大的一方安排在壳程,可提高传热效果。

(2) 待冷却的流体走壳程好,便于散热。

2. 设备结构

高压的流体、腐蚀性的流体均宜在管内流过。这样,只需管子采用耐高压或耐腐蚀的材料,壳体可用一般材料。

3. 清洗方便

不洁净或易结垢的流体宜在管内流过,以便于清洗管子。

饱和和蒸气一般通入壳程,以便于及时排除冷凝液,且蒸气较洁净,壳程可不必清洗。

在确定流体流动空间时,上述原则往往不能同时兼顾,应视具体情况抓住主要矛盾,例如首先考虑流体的压强、防腐蚀及清洗的要求等,然后再通过传热与压强降的计算予以校核选定。

(三) 流体流速的选择

提高流体在换热器中的流速,将增大对流传热系数,减少污垢在管子表面上沉积的可能性,即降低了污垢热阻,使总传热系数增加,所需传热面积减少,设备费用降低。但是流速增加,流体阻力将相应加大,使操作费用增加。所以适宜的流速应通过经济衡算来确定。

此外,流速还应使换热器管长或管程数适当。因为一方面管子太长,不易清洗,且一般管长都有一定标准。另一方面程数增加,将导致管程流体阻力加大,增加动力费用;同时平均温差较单管程时减小,降低传热效果。

表 2—1 列出工业上常采用的流体流速范围,以供参考。