



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

化 工 设 计

尹先清 主编
吴元欣 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等院校石油天然气类规划教材

化 工 设 计

尹先清 主编
吴元欣 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书为高等学校化学工程与工艺类专业的专业课教材,主要介绍了化工设计的基本原理、设计程序、设计规范以及设计计算方法。内容包括:化工设计概述;工艺流程的选择与设计;物料衡算;热量衡算;化工设备的选型与设计;化工系统设计;车间装置布置设计;化工管道设计等。全书结合工程设计实例进行介绍,有完整的设计示例、毕业设计指导,以培养学生综合利用所学的理论知识,建立工程概念,锻炼学生分析问题和解决问题的能力。

本书为化学工程与工艺专业的本科生教学用书,以及其他工科化学、化工类专业教学用书,也是毕业设计的实用指导书,同时可供从事化工设计、化工开发研究和化工生产的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工设计/尹先清主编. —北京:石油工业出版社,2006.11

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.

高等院校石油天然气类规划教材.

ISBN 7-5021-5778-6

I. 化…

II. 尹…

III. 化工过程—设计—高等学校—教材

IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 124169 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:27 插页:3

字数:691 千字 印数:1—3000 册

定价:42.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

根据 21 世纪化学工程与工艺课程体系设置的要求,结合高等院校体制改革后的学生就业背景,石油工业出版社组织有关高等院校和工程设计人员,进行石油化工系列教材的编写工作,本书是其中之一。

化工设计是高等院校化学工程与工艺专业的一门专业必修课。化工技术人员在实际工作中会遇到与化工设计基本知识相关的各种问题。通过本课程的学习,有利于培养学生的独立工作、独立思考和综合运用所学知识解决实际工程技术问题的能力;本书强化工程概论,能使學生迅速适应工作岗位的需要,也是提高学生综合工程素质、使大学生向工程师转化的一个重要教学环节。

化工设计是建立在化工原理、化工热力学、反应工程、分离工程、化工工艺学和化工制图等专业课程基础上的一门综合性、内容广泛和工程实用性强的课程,以便于提高读者的计算能力和工程能力。学好本课程,对大多数化工类学生来说,无论今后是在科研院所、工程设计单位,还是在工厂、企业,都具有重要意义。

本书是按教学用书的要求而编写的,编者根据自己从事化工设计、化工厂技术改造和工艺研究的体会,结合多年讲授《化工设计》课程和指导毕业设计的经验,同时结合工程实例,以常规工程设计的工作程序为顺序编排并参考有关资料编写成此书。本书在全面介绍化工设计基本知识的基础上,重点讲述工艺流程设计、物料衡算和热量衡算、化工装置的工艺设计计算、车间装置设计等内容,适当介绍非工艺专业的相关内容,并结合化工设计实例来加以说明。本书中工艺计算、图表及各种图纸实例较多,可供学生和工程技术人员参考。

参加本书编写的有长江大学尹先清(1、5.5(部分)、7.5、12、13);侯明波(2.1~2.5);付家新(3、4);吴洪特(2.6、6、7(附图)、11);王任芳(5.1、5.2、5.3、5.4(部分));陈武(10);武汉工程大学包传平、何寿林(5.4、5.5、5.6);湖北沙隆达化工设计院李佑芳、王正国(7.1~7.4);西南石油大学诸林、刘瑾(8、9);湖北浩信药业有限公司姜能桥(5.7、附录)。全书由尹先清拟定大纲、组织编写、负责统筹并修改定稿;研究生郑琼、刘琴参加了书稿的部分绘图和文字录入工作;大庆石油学院张建光参与了编写提纲的讨论,提出了许多好的建议。全书承蒙武汉工程大学校长吴元欣教授主审,提出修改意见;在编写过程中,得到长江大学化学与环境工程学院梅平教授、李克华教授的大力支持和帮助,在此一并谨表致谢。

由于化工设计所涉及的知识面广,而编者的知识和经验有限,书中错误和不妥之处恳请读者和同行批评指正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第 1 章 化工设计概述	1
1.1 化工设计指导思想	1
1.2 化工厂(公司)概况	2
1.3 基本建设程序	5
1.4 项目立项	6
1.5 化工设计要求	7
1.6 化工设计的分类	8
1.7 化工设计的程序.....	10
1.8 化工设计的内容.....	17
1.9 质量管理体系.....	21
1.10 设计部门与其他部门的关系	22
第 2 章 工艺路线与工艺流程设计	23
2.1 工艺路线的选择与确定.....	23
2.2 工艺流程设计.....	28
2.3 典型单元设备的控制流程设计.....	33
2.4 特定过程管路的流程设计.....	46
2.5 辅助生产流程.....	51
2.6 工艺流程图设计实例.....	57
第 3 章 化工过程中的物料衡算	58
3.1 物料衡算的基本方法和基本程序.....	58
3.2 物理过程的物料衡算.....	72
3.3 化学过程的物料衡算.....	87
第 4 章 化工过程中的能量衡算	99
4.1 能量衡算的基本方法和基本程序.....	99
4.2 物理过程的能量衡算	109
4.3 化学过程的能量衡算	118
4.4 物料衡算与热量衡算的联算	125
4.5 非稳定系统的物热衡算	134
4.6 有效能(烟)衡算	140
第 5 章 化工设备选型和设计计算	152
5.1 化工设备工艺设计的内容	152
5.2 物料输送设备	153
5.3 换热设备的设计与选用	163
5.4 塔器的设计	169

5.5	反应器的设计	180
5.6	分离设备的设计	202
5.7	储罐容器的选型和设计	206
第6章	化工车间装置(布置)设计	210
6.1	概述	210
6.2	车间厂房布置设计	210
6.3	车间设备布置设计及要求	213
6.4	车间布置设计图及示例	229
第7章	化工管路设计	239
7.1	管道设计基础	239
7.2	绝热工程	250
7.3	化工管路设计内容及要求	253
7.4	管道布置图的绘制方法	258
7.5	典型设备的管道布置设计实例	261
第8章	化工公用工程设计及安全卫生	271
8.1	供水与排水	271
8.2	供热	278
8.3	供电	280
8.4	采暖与通风	284
8.5	安全和卫生	287
第9章	化工工程设计概算	289
9.1	概述	289
9.2	工程概算费用与概算项目	289
9.3	工程项目设计概算的编制	295
9.4	引进项目投资编制办法	302
第10章	化工环境工程设计	306
10.1	化工环境污染概况	306
10.2	化工污染物的种类及来源	307
10.3	化工生产的污染特点	308
10.4	化工生产中对环境有害的污染物	309
10.5	化工“三废”的一般处理方法	311
10.6	化工“三废”处理工程实例	314
10.7	化工污染防治的发展趋势	316
10.8	化工清洁生产与循环经济	317
第11章	化工设计常用软件介绍	320
11.1	化工软件发展概述	320
11.2	ASPEN PLUS 简介	321
11.3	工程绘图软件 Auto CAD 2005 应用介绍	333

第 12 章 化工设计实例: 5×10^4 t/a 合成甲醛工艺设计	354
12.1 工艺方案的选择	354
12.2 工艺设计计算	356
12.3 设备工艺计算	366
第 13 章 毕业设计(论文)指导	394
13.1 学位论文介绍	394
13.2 毕业设计的目的、意义及要求	396
13.3 毕业设计的指导	397
13.4 毕业设计说明书	402
附录 1 化学工程常用数据及关系图	407
附录 2 化工设计常用图例	414
附录 3 允许排放的有害物质的最高浓度	419
附录 4 常用石油化工、化工工程设计标准	422
参考文献	426

第 1 章 化工设计概述

化工设计是由各个专业许多设计人员共同创造的集体成果,它需要设计人员在外部约束条件的制约下,以化工工艺专业为龙头,其他专业设计人员紧密配合,精心设计、构思各种可能的方案,经过反复比较,选择其中优化的方案。化工设计的主体虽是化工工艺人员,但它必须与其他专业人员相配合,才能很好地完成整个化工设计。因而对于一个化工工艺设计人员来说,不但要求其敬业并精通化工工艺,而且要求具备较广泛的其他工程知识,并善于组织各专业共同完成整个化工设计工作。通过学习化工设计这一课程,对于综合运用已学到的各种专业知识,无疑是一个重要的开端。

化工设计是科学与艺术相结合的一项工程,是将实验室的研究成果转化为工业生产的一项具有创造性的劳动。所谓科学即设计人员运用化学工程与工艺的基础知识,解决工程中的有关问题。化工设计还必须考虑技术与经济的结合,例如在反应器优化设计中,反应器的设备费用并不一定是最低的。如果某种设计其反应器的设备费用最低,而离开反应器后的物料处理所需的费用比反应器的设备费用更高时,寻求反应器设备费用最低的设计方案显然是不合适的,因此在设计中应考虑总过程的经济性。所谓艺术,是指当遇到化学工程与工艺的基础知识不能解决问题时,需要通过试验或凭借经验来正确决策,利用所获得的资料及数据解决工程问题。所以化工设计需要有创造性的劳动,才能使工程更完善、更有效,并达到一次开车成功。

化工设计是一项细致而有创意的工作,它要求设计人员具有较全面的知识,例如了解先进的生产技术,掌握各种化工设备的性能及计算方法,熟悉化工生产的特性及产品的生产工艺流程,对设计中所涉及的规范、标准能熟练运用,贴近市场经济,遵循设计管理的规章制度等。

一个新的化工工程项目,从立项、建设、完成施工并投入生产,整个工作可分为设计、制造、安装和试车等几个阶段,其中设计是最基础和最重要的工作之一。为了从特定的原料得到所需的产品,化工设计采用相关的单元过程及单元操作,设计出优化的工艺流程,并根据工艺条件选择合适的设备,设计合理的工厂布局以满足生产的要求,同时进行有关非工艺类和工程经济的设计事项。所以工艺设计人员必须通过调查、参观、查资料、作计算等工作,逐渐掌握新产品、新工艺的流程及设备需求等信息。在设计中切不可一知半解,否则会走弯路,甚至返工,延误设计时间,造成经济损失,这些都对工程建设不利,所以高度的责任心是一个设计工作者应具备的最重要的素质。

1.1 化工设计指导思想

化工设计工作的基本任务是按照国家有关方针、政策,执行国家、部门和有关地区的有关设计标准、规范和规定,做出切合实际、安全适用、技术先进、经济合理的高质量、高水平、效益显著的化工工程设计。在整个化工设计过程中,我们必须熟悉它的原则和精神,并贯彻到设计工作中去;在化工设计中灵活运用资源,既符合规范,又不造成对生产的违背,实现对资源的最大利用。

化工设计人员要坚持正确的设计指导思想,保持设计工作的科学性和公正性。要积极采用先进技术,贯彻勤俭方针,精心设计,保证质量。要严格执行国家、部门和项目所在省、区、市颁布的标准、规范、规定,认真贯彻“工厂布置一体化、生产装置露天化、建(构)筑物轻型化、公用工程社会化、引进技术国产化”的基本设计原则。

设计单位要严格按照设计任务书的有关规定严肃认真地编制设计文件,不得改变产品方案、规模和厂址,如果因为生产协作关系或市场变化等因素,需要调整产品品种和规模时,需经原批准任务书部门同意,并在初步设计批文中重新明确。设计单位要与科研和生产单位共同进行新产品、新工艺、新技术、新材料的开发,积极把经过鉴定的新成果用于工程设计,不得采用落后的甚至是淘汰的工艺方法或低效设备。

要合理选择原料路线,合理利用并保护矿产资源;要降低能耗,发展高位热能,进行能量的分级和综合利用,实现能量的有效转换,不能搞降低能量利用率的多级能量转换;要节约用水,减少直流水用量,提高水的循环利用率。新设计的大中型项目在技术水平上,起点要高,其技术经济指标要达到国际上同年代的先进水平。要重视优化设计方案工作,通过设计方案的比较选择来提高设计技术水平和降低工程投资额。在设计方案比较选择中,既要考虑技术上的先进性和可靠性,又要结合国情,因地制宜,节约建设资金。在老装置的技术改造中,要走以内涵为主改造老企业的路子,要处理好采用新技术与利用原有设施之间和全流程技术更新与改造部分旧设备之间的关系。

在编制初步设计之前,设计单位要对建设项目对周围环境的影响做出评价;要严格执行资源综合利用和“三同时”(防治污染和其他公害的设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用)原则,积极改进工艺技术,采用无害或少害的工艺流程,并采取有效措施,防止粉尘、毒物、废水、废气、废渣、噪声、放射性物质及其他有害因素对环境的污染,“三废”的排放必须符合国家或地方规定的标准。

1.2 化工厂(公司)概况

1.2.1 化工生产的特点与化工厂(公司)分类

化学改变人类的生活,化工产品涉及各行各业,与人们的生活息息相关。化工行业范围很广,主要有:化肥工业、无机化工、有机化工、石油化工、合成橡胶工业、合成纤维工业、合成树脂和塑料、染料、涂料工业、农药工业、医药工业、精细化工等。化工厂(公司)是生产这些化工产品的场所。

1. 化工生产的特点

(1)工艺流程复杂。化工生产从某一种特定的原料出发,通过各种化学反应生产所需要的化工产品,大多数反应都不是一次完成的,而是经过许多步反应才能完成,同时还需经过产品提纯、精制、储存等过程。以硫黄为原料制硫酸为例,需经过硫黄燃烧、气体净化、转化、吸收等过程才能完成,同时还需伴随着大量的辅助工程和公用工程,使得化工生产的流程更具复杂性。

(2)流体输送多。与其他行业不同,化工生产绝大多数流程是流体流程,因此化工装置管道最多(约占安装工程用工的40%左右),与之相应的输送设备如泵、压缩机、风机在工程中所占比例较高。

(3)操作状态变化大。任何产品的生产都是在一定的物理状态条件下进行的,诸如温度、压力等。化工生产操作状态的特点是在高温、高压或低温、高压等条件下完成的,这个条件与其他行业一般不需要的。我国自行设计的以煤为原料的合成氨工艺的操作压力达30MPa、温度达700℃;操作压力在10MPa以上、温度在105℃以上的化工工艺流程应用也非常普遍。此外,在乙烯深冷分离流程中,也有压力在3.5MPa以上、温度在-170℃以下的操作状态。

(4)具有腐蚀性。化工生产过程的介质复杂,如强酸和强碱,它们对金属有着强烈的腐蚀性,如农药、尿素、医药中间体、磺化物、卤化物等的生产都具有腐蚀性。因此,除了对设备、管道的材质有特殊要求外,还要求对化工厂的建筑物、构筑物采用衬里、防腐涂料等有效的防腐措施。

(5)具有毒性。在化工生产中,很多化工原料和产品都是有毒的,国家《职业性接触毒物危害程度分级》GB 5044—1985中绝大部分都是化工产品。这些都对化工生产装置操作的安全、卫生等方面提出了特殊要求。

(6)易燃、易爆性。化工生产中的原料及产品有些是易燃、易爆的,如一氧化碳、氢气、烷烃、烯烃、炔烃类及其衍生物,特别是苯、甲苯的硝化物是属于甲类防爆物质。生产这些产品的装置建设对防爆要求很高,尤其是对电气工程、自动化仪表工程的要求更高,需要我们熟悉原材料和产品性质,以便对号入座。

(7)非标准设备多。石油化工、化工生产过程的各个单元大部分是在静止设备如反应器、换热器、各种塔器(如蒸馏塔、结晶器、蒸发器)、容器中进行的,由于大多数物料是流体,故原料、半成品、成品的储存多采用卧式储罐、球罐、气柜一类的大型容器,使用非标准设备比例较大。

2. 化工厂(公司)分类

(1)按产品分类,可分为石油化工公司、农药化工公司、医药化工公司、化学肥料公司、精细化工公司、日用化工公司、合成橡胶厂、合成树脂厂等种类繁多的化工厂(公司)。

(2)按生产方式分类,可分为连续操作的和间歇操作的化工厂(公司)。

生产连续与否由生产规模和产品的特性而定。一般大、中型化工厂多数是连续生产的,而小型企业以间歇生产方式居多。

(3)按生产规模分类,可分为大型联合化工公司(一般年生产能力在100kt以上),例如湖北宜化化工公司、武汉石油化工总厂等;中型化工公司(年生产能力在10~100kt),例如湖北楚源化工公司等;小型化工厂(年生产能力在10kt以下),例如一些地方企业属于小型化工厂的范畴。各类规模的划分标准见表1.1。

表 1.1 化工基本建设大、中、小型建设项目的分类

名 称	计 算 单 位	大 型	中 型	小 型	备 注
硫铁矿	kt/a	>1000	200~1000	<200	
磷矿	kt/a	>1000	300~1000	<300	
石灰石矿	kt/a	>1000	500~1000	<500	
合成氨厂	kt/a	>150	45~150	<45	
硫酸厂	kt/a	>160	80~160	<80	

续表

名 称	计 算 单 位	大 型	中 型	小 型	备 注
纯碱厂	kt/a	>400	40~400	<40	
烧碱厂	kt/a	>30	7.5~30	<7.5	
磷肥厂	kt/a	>500	200~500	<200	
乙烯厂	kt/a	>40	20~400	<20	
化学纤维单体	kt/a	>40	5~40	<5	
合成橡胶厂	kt/a	>30	5~30	<5	
塑料厂	kt/a	>30	10~30	<10	
农药厂	kt/a	>30	3~30	<3	
橡胶轮胎加工	万套/a	>100	20~100	<20	
化学联合企业	3个品种都达到中型规模即为大型				根据国发 [1987]23号文
其他化学工业	总投资(万元)	>5000		<5000	
化工机械	kt/a	>20	5~20	>5	
石油化工	加工原油 kt/a	>2500	500~2500	>500	

(4)按生产技术的先进程度分类,可分为现代化的化工厂和技术水平一般的化工厂。现代化的化工厂的生产采用计算机控制,自动化程度高;技术水平一般的化工厂少有或没有微机控制,大部分生产环节靠常规的仪表或人工控制。

1.2.2 化工厂(公司)结构和专业技术人员组成

各式各样的化工厂(公司),不论其产品的种类、规模、生产方式或生产技术的先进程度是否相同,企业的结构基本上是类同的。

1. 化工厂(公司)结构

(1)人员:化工公司的人员配置包括机关人员、工程技术人员、车间操作人员及后勤行政管理人員。

(2)财务部:化工公司的资金,分为固定资产及流动资金两大类。

(3)物资管理部:化工公司的物资包括各种机器、设备、材料及各种仪表等。

(4)生产部:上述的人、财、物都是为生产服务的,而生产需要依靠科学技术,科学技术先进,则企业的经济效益上升。

(5)供应部:为了使生产能顺利地进行,应当及时向生产部门提供所有的原材料及必要的机器、设备,提供检修所需的一切物资,以利于检修顺利进行,完成维修任务。

(6)技术开发部:为保证企业的技术进步和发展,要不断革新工艺技术,开发高新技术产品。

(7)市场部:化工公司生产出来的合格产品在满足用户要求的前提下应尽快地销售出去,避免压库,使流动资金受阻,妨碍生产。

2. 专业技术人员

化工厂(公司)中的专业技术人员主要包括以下 4 个方面:

(1) 工艺工程师: 他的任务是解决从原料到半成品或成品加工过程中的技术问题。

(2) 设备工程师: 设备人员应当对化工设备的作用、构造、材料、性能、制造工艺、操作条件、安装、检修等有较全面地了解。生产正常时, 应保证设备的完好率; 提高生产能力时, 应充分挖掘设备的潜力, 保证设备运行安全、可靠、高效。

(3) 自动控制工程师: 生产中通过各种仪器、仪表来显示各种操作工艺参数, 通过计算机来控制生产过程, 使工艺过程沿着确定的技术路线正常进行。

(4) 电气工程师: 负责全公司的动力电缆、各车间的动力用电负荷、照明负荷、电表、控制及维修等。

此外还有给排水、土建、热工等专业的技术人员。

1.3 基本建设程序

一个工程项目从设想到建成投产, 这一阶段称为基本建设阶段, 这个阶段可以分为 3 个时期: 投资决策前期、投资期和生产期。投资决策前期主要是做好技术经济分析工作, 以选择最佳方案, 确保项目建设顺利进行和取得最佳经济效果。这项工作在国外分为机会研究、初步可行性研究、可行性研究、评价和决策等阶段; 国内的做法稍有不同, 分为项目建议书、可行性研究、评估和决策、编制计划任务书等阶段。投资期包括谈判和订立合同、设计、施工、试运转等阶段。我国现行的基本建设程序可用图 1-1 表示。为了比较, 图 1-2 给出了美国采用的基本建设程序。

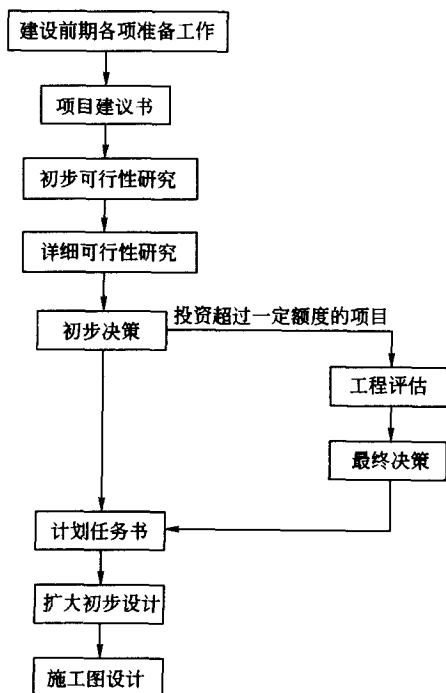


图 1-1 我国现行的基本建设程序

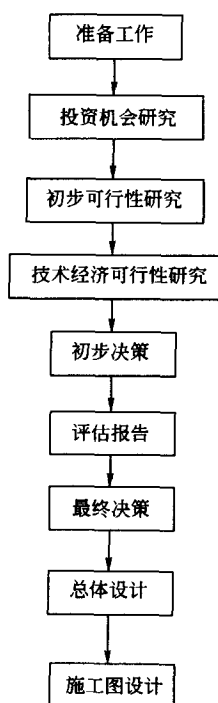


图 1-2 美国现行的基本建设程序

1.4 项目立项

1.4.1 项目立项

建设单位在建设一个项目之前,首先要经过详细的调查,并报主管部门审批立项后,才能委托设计单位进行设计。立项情况一般根据项目的大小可分为3类:

(1)国家级大型项目。如5000kt/a炼油、300kt/a或更大的乙烯装置,这类项目要经过部委或国务院批准后才能立项,主要考虑此类重大项目在全国布局的合理及资金筹措,因为此类大型项目需投资几十亿元至几百亿元,需要积极的资金筹措方案。

(2)中型项目。由地方政府主管部门批准,这类项目主要考虑此地区的需求合理,由于需要资金相对较少,所以较易解决。

(3)小型项目。通常由化工厂本身发展需要而建设,只需报本地区主管部门批准即可立项并进行建设。

1.4.2 招、投标

为了使投资项目得到较好的建设,立项后,建设单位目前均采用招标方式,从投标的设计单位中选择设计方案优秀的单位并委托其设计。

在招、投标中,由有关专家组成招、投标小组,严格审查并确定标的,防止不正当的方式进行竞标;超过或低于标的设计方案都不是优化的方案;在设计与建设中不允许转包,以保证工程质量。

经招标后,中标的设计单位以建设单位上级主管部门的批文为依据,同时根据建设单位提供的设计要求及设计参数开展设计工作。

1.4.3 项目建议书的编制

项目建议书(Item Suggestion)是基本建设程序中最初阶段的工作,是建设项目的轮廓设想和立项的先导,是为建设项目取得资格而提出的建议。设计单位接受有关部门的委托编制项目建议书后,首先确定项目负责人,了解有关部门的意见,进行基础资料的调查和收集,综合分析,确定生产路线,进行厂址踏勘,了解建厂条件,提出总图(Assembly Drawing)设想,估算投资费用,项目负责人汇总资料编制成项目建议书,再发送至有关单位;由上级部门审批立项。在有些情况下,与建设单位或上级部门讨论项目意向时就需写出项目建议书。项目建议书应包括以下内容:

- (1)项目建设的目的和意义,即项目提出的背景和依据,投资的必要性及经济效益;
- (2)产品市场需求初步预测;
- (3)产品方案和拟建规模;
- (4)工艺技术初步方案(原料路线、生产方法和技术来源);
- (5)主要原材料、燃料和动力的供应;
- (6)建厂条件和厂址初步方案;
- (7)公用工程及辅助设施初步方案;
- (8)环境保护;

- (9)工厂组织和劳动定员估算;
- (10)项目实施初步规划;
- (11)投资估算和资金筹措方案;
- (12)经济效益和社会效益的初步估算;
- (13)结论与建议。

1.5 化工设计要求

要了解化工设计,必须首先从设计要求入手,本节介绍设计程序、设计管理、设计内容等,这些知识是从事化工设计的人员必须掌握的,也是从事化工科研和教学人员应了解的。

1.5.1 设计的基本要求

化工装置是由各种单元设备以系统的、合理的方式组合起来的整体。它根据现有的原料和公用工程条件,通过经济合理的途径,生产出符合不同质量要求的产品。化工装置设计必须同时满足下列要求:

- (1)产品的数量和质量指标。
- (2)经济性。生产装置不仅应该有经济指标,而且其技术指标应该有竞争性,即要求经济地使用资金、原材料、公用工程和人力。
- (3)安全。化工生产中大量物质是易燃、易爆或有毒性的,化工装置设计应考虑安全性要求。
- (4)符合国家和各级地方政府制定的环境保护法规,对排放的三废有处理装置。
- (5)整个系统必须可操作和可控制,可操作是指设计不仅能满足常规操作的要求,而且也能满足开停车等非常规操作的要求;可控制是指能抑制外部扰动的影响,系统可调节且稳定。

由此可见,设计是一个多目标的优化问题,不同于常规的数学问题,不是只有惟一正确的答案,设计人员在作出选择和判断时要考虑各种情况是相互矛盾的因素,即要兼顾技术、经济 and 环境保护等的要求。在允许的条件范围内选择一个兼顾各方面要求的方案,这种选择或决策贯穿了整个设计过程。

1.5.2 规定和约束条件

设计是一种富有创造性的劳动,它是工程师所从事的工作中最有新意、最能使人感到满足的工作之一。当一项设计任务提出时,设计人员从接受任务之时开始就要根据设计要求,构思各种可能的方案,经过反复比较,选择其中最优化的方案。在酝酿各种方案时必须广开思路,寻找各种可能性,然后根据一系列内部和外部约束条件,排除一些不合理或不可能的方案,使需要进一步开展工作的方案数减少。

对每一个不同的设计任务其外部和内部约束条件是不相同的,外部约束条件是指不随项目具体情况变化的约束条件,通常是指下列几项:

- (1)政府制定的各种法律、规定和要求;
- (2)各种自然规律;

- (3)安全要求;
- (4)资源情况;
- (5)各种必须遵循的标准和规范;
- (6)经济要求,如投资限额和投资回收期。

设计人员在外部约束条件的制约下,制订若干个可能的方案,若对这些可能的方案不加筛选就进行下一步工作,必然要浪费大量的人力和时间。因此,要根据以下这些原则或称为内部约束条件,排除一些不符合要求的方案,这些内部约束条件是:

- (1)生产技术。技术软件的来源、技术成熟程度、价格和使用条件。
- (2)材料。原材料、建筑材料、关键设备等供应的难易。
- (3)时间。允许和需要的设计时间。
- (4)人员。素质和数量。
- (5)产品规格。
- (6)建设单位的具体要求。
- (7)建厂地区的具体情况。

经过内部约束条件的筛选,最后只得到一个可行方案的情况是很少的,因此,还要对保留的少数方案进行深入地分析研究,再根据设计要求进行筛选,不断优化工艺参数和结构,得到惟一的优化流程。若此流程经过安全和操作性能分析符合要求,此流程即为最终的工艺流程,可据此进行工程设计。

由于化工装置是一个由各种单元设备以最优化的方式组合起来的有机整体,因此在进行过程设计与分析时必须从全局出发,而不是从单元设备的角度出发,否则会得出从单元设备来看也许是正确的,但从全局来看却是不正确的结论。这一点正是化工装置设计与单元设备设计的差别,前者不仅要求设计人员掌握各单元设备的设计方法,而且还要求掌握化工系统工程的基本概念。

1.6 化工设计的分类

从一个新产品或一个新技术的试验研究开始到进行工厂或装置的建设,整个阶段一般需要进行两大类的设计。第一类是新技术开发过程中的几个重要环节,即概念设计(Conceptual Design)、中试设计(Pilot-plant Design)和基础设计(Foundation Design)等,这一类设计由研究单位的工程开发部门负责进行。若研究单位设计力量不足,可以委托设计单位或与设计单位合作进行。第二类是工程设计(Engineering Design),包括可行性研究(Feasibility Study)、初步设计(Preliminary Design)、施工图设计(Detailed Design)等,这类设计由设计单位负责进行。

同时设计单位所作的通用设计(复用设计)是为了推广较成熟并已经通过生产实践考验的化工装置而编制的设计;“因地制宜”设计是在采用通用设计时,根据建设地区的具体情况对通用设计修改、补充后所编制的设计;也可根据项目性质分为新建项目设计、技术改造项目的设计。

1.6.1 根据项目性质分类

1. 新建项目设计

新建项目设计包括新产品设计和采用新工艺或新技术的产品的的设计。这类设计往往由开

发研究单位提供基础设计,然后由工程研究部门根据建厂地区的实际情况做出工程设计。

2. 重复建设项目设计

由于市场需要,有些产品需要再建生产装置。由于新建厂的具体条件与原厂不同,即便是产品的规模、规格及工艺完全相同,还是需要由工程设计部门进行设计。

3. 现有装置的改造扩建

若一些老的生产装置其产品质量和产量均不能满足客户要求,或者由于技术原因,原材料和能量消耗过高而缺乏竞争能力时,就必须对老装置进行改造,优化生产过程操作控制,以提高能量的综合利用率和促进局部的工艺或设备改造、更新等。

1.6.2 根据设计性质分类

1. 新技术开发过程中的设计

化工新技术开发的工作框图见图 1-3。从图中可以看出,化工新技术开发过程中要进行概念设计、中试设计和基础设计 3 种设计。

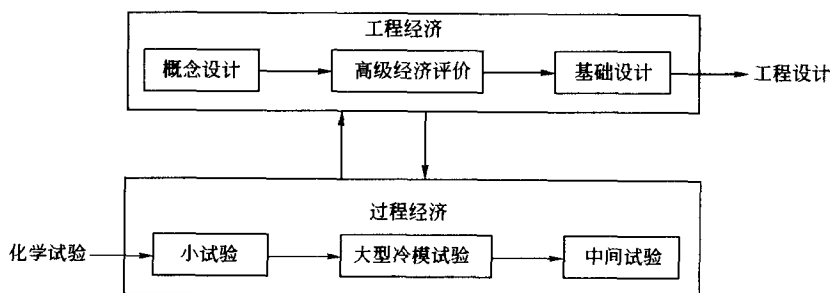


图 1-3 化工新技术开发的工作框图

(1)概念设计。在基础研究结束后完成。概念设计是从工程角度出发进行的一种假想设计,其做法可参常规的工程设计和步骤,设计工艺流程,进行全系统的物料衡算、热量衡算和设备工艺计算,确定工艺操作条件及主要设备的型式和材质,进行参数的灵敏度和生产安全性分析,确定三废治理措施,计算基建投资、产品成本等主要技术经济指标。概念设计的规模应是工业化时的最佳规模。

概念设计的作用是暴露和提出基础研究中存在的工艺流程、主要单元操作、设备结构及材质、过程控制方案及环保安全等方面存在的问题,并为解决这些问题提供途径或方案。另一方面,概念设计结合技术经济评价,应得出开发的新产品或新技术是否有工业化价值的结论。

(2)中试设计。按照现代化工技术开发的观点,中试的主要目的是验证模型和数据,即概念设计中的一些结果和设想通过中试来验证。因此,中试可以不是全流程试验,规模也不是越大越好。中试要进行哪些试验项目、规模多大为好,均要由概念设计来确定。中试设计的内容基本上与工程设计相同。

(3)基础设计。基础设计是新技术开发的最终成果,它是工程设计的依据。基础设计有些类似于我国的技术设计,但又有很大的差别。与技术设计不同的是基础设计内容除了包括一般的工艺条件外,还包括了大量的化学工程方面的数据,特别是反应工程方面的数据以及利用这些数据进行设计计算的结果。基础设计中还要运用系统工程的理论和计算机模拟技术对工艺流程和工艺参数进行优化,力求降低定额和产品成本及项目投资,提高项目的经济效益。基

础设计中对关键技术有详尽的技术说明和数据。工程设计单位根据基础设计,结合建厂地区的具体条件即可做出完整的工程设计。

2. 工程设计

根据工程的重要性、技术的复杂性和技术的成熟程度及计划任务书的规定,工程设计可分为三段设计、两段设计和一段设计。重要的大型企业和使用较复杂的技术时,为了保证设计质量,可以按初步设计、扩大初步设计及施工图设计3个阶段进行。一般技术比较成熟的大中型工厂或车间的设计,可按扩大初步设计和施工图设计两个阶段进行。技术上比较简单、规模较小的工厂或车间的设计,可直接进行施工图设计,即一个阶段的设计。

(1) 初步设计。

初步设计是指根据设计任务书,对设计对象进行全面的研究,寻求在技术上可行、经济上合理的最符合要求的设计方案。主要是确定全局性的设计原则、标准和方案、水、电、汽的供应方式和用量、关键设备的选型及产品成本、项目投资等重大技术经济问题。编制初步设计书时,其内容和深度要以能使对方了解设计方案、投资和基本要求为准。

(2) 扩大初步设计。

根据已批准的初步设计,解决初步设计中的主要技术问题,使之明确、细化,编制准确度能满足控制投资或报价使用的工程概算。

(3) 施工图设计。

根据已批准的扩大初步设计,结合建厂地区条件,在满足安全、进度及控制投资等前提下开展施工图设计,其成品是详细的施工图纸、必要的文字说明及工程预算书。

1.7 化工设计的程序

本节所述设计程序是针对工程设计而言的。根据原化学工业部《化工设计管理标准》(1992)关于“设计工作基本程序”的规定,化工设计单位在化工基本建设过程中根据建设单位的委托要进行以下工作。

1.7.1 设计程序

一般化工设计的工作程序是以基础设计为依据提出项目建议书,经上级主管部门认可后写出可行性研究报告,上级批准后,编写设计任务书,进行扩大初步设计,扩大初步设计经上级主管部门认可后进行施工图设计。

- (1) 接受委托,参加编制项目建议书;
- (2) 参加厂址选择,编制厂址选择报告;
- (3) 进行技术考察;
- (4) 编制预可行性研究报告;
- (5) 编制可行性研究报告;
- (6) 进行厂址复查;
- (7) 提出建厂区域地质初勘要求;
- (8) 开展初步设计;
- (9) 进行设备及主要材料的采购;
- (10) 提出详勘要求;