

教育部高等学校

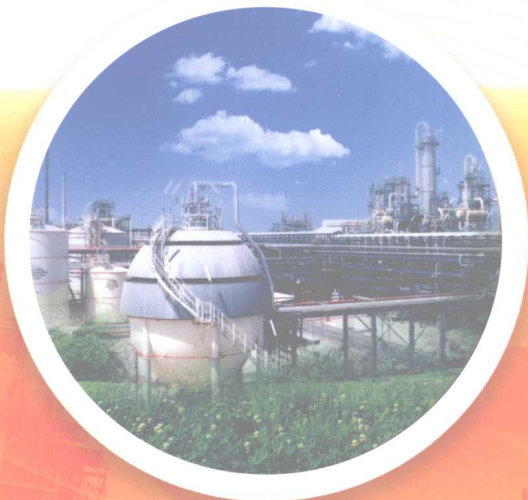
化学工程与工艺专业

教学指导分委员会推荐教材

HUAGONG  
SHEJI  
GAILUN

# 化工设计概论

李国庭 陈焕章 编著  
黄文焕 崔群  
张美景 主审



化学工业出版社

教育部高等学校化学工程与工艺专业  
教学指导分委员会推荐教材

# 化 工 设 计 概 论

李国庭 陈焕章 黄文焕 崔 群 编著  
张美景 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会推荐教材,详细介绍了化工设计的基本程序、内容、方法和步骤及工艺设计图纸的绘制方法、规范、内容和技巧。全书共分11章,主要包括:化工设计程序和内容、工艺流程设计、物料衡算与能量衡算、设备的工艺计算与选型、车间布置设计、管道设计与布置、向非工艺专业提供的设计条件、设计概算和技术经济、设计文件的编制、工厂选址及总布置设计、计算机辅助化工设计。本书中所引用的代、符号及图纸主要选自国家或行业标准。

本书以工艺设计为主线,层次脉络清晰,密切联系化工设计的实际情况,内容具有很好的系统性、科学性、实用性。本书可作为高校化学工程与工艺、制药工程、轻化工等专业的教材,也可作为化工企业职工继续教育指导书及工程技术人员用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

化工设计概论/李国庭等编著. —北京:化学工业出版社, 2008.7

教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会  
推荐教材

ISBN 978-7-122-03443-4

I. 化… II. 李… 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(2008)第114528号

---

责任编辑:徐雅妮 何丽  
责任校对:吴静

文字编辑:丁建华  
装帧设计:史利平

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张22 $\frac{3}{4}$  字数580千字 插页5 2008年9月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

# 教育部高等学校化学工程与工艺专业 教学指导分委员会推荐教材

## 编审委员会

### 主任委员：

王静康 天津大学

### 副主任委员：

高占先 大连理工大学

张泽廷 北京化工大学

徐南平 南京工业大学

张凤宝 天津大学

### 委员（按姓氏笔画排序）：

山红红 中国石油大学（华东）

马沛生 天津大学

马晓迅 西北大学

王存文 武汉工程大学

王延吉 河北工业大学

王源升 海军工程大学

冯 磊 江南大学

冯 霄 西安交通大学

朱秀林 苏州大学

朱家骅 四川大学

刘有智 中北大学

刘晓勤 南京工业大学

孙岳明 东南大学

杨亚江 华中科技大学

杨祖荣 北京化工大学

李伯耿 浙江大学

吴元欣 武汉工程大学

旷亚非 湖南大学

宋永吉 北京石油化工学院

张志炳 南京大学

张青山 北京理工大学

陆嘉星 华东师范大学

陈 砺 华南理工大学

胡永琪 河北科技大学

胡仰栋 中国海洋大学

姜兆华 哈尔滨工业大学

姚克俭 浙江工业大学

姚伯元 海南大学

高浩其 宁波工程学院

高维平 吉林化工学院

郭瓦力 沈阳化工学院

唐小真 上海交通大学

崔 鹏 合肥工业大学

傅忠君 山东理工大学

# 序

在 20 世纪 90 年代以前,我国高等教育是“精英教育”,随着高校的扩招,我国高等教育逐步转变为大众化教育。“十一五”时期,我国高等教育的毛入学率将达到 25%左右,如果大学的人才培养仍然按照“精英教育”模式进行,其结果:一是有些不擅长于逻辑思维的学生学不到感兴趣的知识而造成教育资源浪费;二是培养了远大于社会需要的众多的研究型人才,导致培养出的人才不能满足社会的需要。要解决这一问题,高等教育模式必须进行改革。社会更需要的是应用型教育,经济建设更需要的是应用型人才。因此,应用型本科教育是高等教育由“精英教育”向“大众化教育”转变的必由之路。

应用型本科教育的特点在于应用,在人才培养过程中传授知识的目的是应用而不是知识本身。这就需要应用型本科教育更加注重实际工作能力的培养,使学生的潜能得到极大发挥,满足职业岗位需要。

在 21 世纪,作为关系国民经济发展的重要工程学科之一,化学工程与工艺专业的教育观念也急需根据学科的发展和社会对应用型本科人才的需要进行转变:

1. 从狭窄的专业工程教育观念转向“大工程”教育观念,树立“大工程教育观”(大工程观是指以整合的、系统的、再循环的视角看待大规模复杂系统的思想);
2. 从继承性教育观念转向创新性教育观念,树立“创新性工程教育观”;
3. 从知识传授型教育观念转向素质教育观念,树立“工程素质教育观”;
4. 从注重共性的教育观念转向特色教育观念,树立“多元化工程教育观”;
5. 从本土教育观念转向国际化教育观念,树立“国际化工程教育观”。

教育模式和教育观念的转变和改革,最终都要落实在教学内容的改革上。因此,教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会和化学工业出版社组织编写和出版了这套适合应用型本科教育、突出工程特色的新型教材。希望本套教材的出版能够为培养理论基础扎实、专业口径宽、工程能力强、综合素质高、创新能力强的化工应用型人才提供教学支持。

教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会

2008 年 7 月

# 前 言

化工设计是将一个系统（如一个工厂、一个车间或一套装置等）的技术方案、工艺流程、生产装备等转化为工程语言的过程，是一门综合性很强的科学。在化学工业基本建设中，化工设计发挥着重要的作用，它是促进国民经济和社会发展的重要技术经济活动的组成部分。化工设计知识是化工行业工程技术人员、管理人员的必备知识，化工设计课程是高等学校化工及相关专业的一门必修课程。通过该课程的学习，可以使学生掌握工程实践知识，提高综合素质，完成化学工程师的基本训练，为今后参加实际工程设计做好切实的准备。

该教材是集作者近二十年来实际化工项目工程设计经验和理论教学经验编写而成，并借鉴了相关教材的优点，参阅了大量设计资料及设计标准。该教材具有以下几个特点。

(1) 以工艺设计为主线，层次脉络清晰，密切联系实际，内容具有很好的系统性、科学性、实用性。

(2) 整体结构合理，内容系统、完整。书中系统地阐述了化工设计的基本程序、内容和方法；重点介绍了工艺流程设计、设备布置设计及管道布置设计的内容、原则和方法；详细且规范地介绍了化工样图的表示方法。

(3) 充分听取设计单位的意见，在内容编排上更注重实用性。

(4) 图纸、表格、符号、代号、图例规范，标准统一。书中图样、设计规范均以 HG 20519--92、HG 20546—92、HG/T 20549—1998 内容为标准，因为目前大多数设计院主要执行的是 1992 年版的标准，新标准（如 HG/T 20559—93）主要用在涉外项目设计中。

(5) 教材中所用图纸大多来自于编者的化工项目工程设计，图样清晰、规范，便于教师讲解和学生参考。

本书共 11 章，第 1 章至第 6 章由河北科技大学李国庭、陈焕章编写，第 7 章至第 10 章由吉林化工学院黄文焕、河北科技大学李国庭编写，第 11 章由南京工业大学崔群编写，全书由李国庭统稿。本书由天津大学张美景审定，并提出了宝贵建议，在此表示感谢。本书在编写过程中，还得到了河北省石油化工规划设计院白秀玲高级工程师的悉心指导，在此也表示衷心感谢。

限于编者水平，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者  
2008 年 5 月

# 目 录

绪论 .....	1	2.2.2 工艺流程设计中应解决的问题 .....	21
0.1 化工设计的概念及意义 .....	1	2.2.3 工艺流程设计的步骤 .....	21
0.2 化工设计类型及内容 .....	1	2.3 工艺流程图的绘制 .....	32
0.3 化工设计的特点 .....	2	2.3.1 方框流程图和工艺流程 草(简)图 .....	32
0.4 化工设计总原则 .....	3	2.3.2 工艺物料流程图 .....	33
0.5 学习本课程的意义 .....	3	2.3.3 管道及仪表流程图 .....	36
思考与练习题 .....	3	2.4 典型设备的控制方案 .....	47
<b>第1章 化工设计程序和内容</b> .....	<b>4</b>	2.4.1 泵的流量控制方案 .....	47
1.1 设计前期工作步骤与内容 .....	6	2.4.2 换热器的温度控制方案 .....	48
1.1.1 国外作法 .....	6	2.4.3 精馏塔的控制方案 .....	48
1.1.2 国内作法 .....	7	思考与练习题 .....	49
1.2 初步设计阶段工作内容与程序 .....	10	<b>第3章 物料衡算与能量衡算</b> .....	<b>50</b>
1.2.1 初步设计阶段的目的 .....	10	3.1 物料衡算 .....	50
1.2.2 初步设计阶段的任务 .....	10	3.1.1 物料衡算的概念及分类 .....	50
1.2.3 初步设计阶段的内容深度 .....	11	3.1.2 物料平衡方程 .....	51
1.2.4 初步设计的工作程序 .....	11	3.1.3 物料衡算的基本步骤 .....	52
1.3 施工图设计阶段工作内容与程序 .....	11	3.1.4 计算举例 .....	55
1.3.1 施工图设计阶段的目的 .....	11	3.2 能量衡算 .....	57
1.3.2 施工图设计阶段的基本要求 .....	11	3.2.1 能量衡算的目的 .....	58
1.3.3 施工图设计阶段的设计内容 .....	12	3.2.2 能量衡算可以解决的问题 .....	58
1.3.4 施工图设计阶段的工作程序 .....	12	3.2.3 能量平衡方程 .....	58
1.3.5 施工图设计的深度 .....	13	3.2.4 热量衡算 .....	59
1.4 车间工艺设计 .....	13	3.2.5 计算举例 .....	61
1.4.1 生产方法的选择 .....	13	思考与练习题 .....	66
1.4.2 工艺流程设计 .....	13	<b>第4章 设备的工艺设计与选型</b> .....	<b>67</b>
1.4.3 工艺计算 .....	14	4.1 设备工艺设计与选型原则及方法 .....	67
1.4.4 车间布置设计 .....	14	4.1.1 设备工艺设计与选型原则 .....	67
1.4.5 管道设计 .....	14	4.1.2 设备工艺设计的主要工作和 方法 .....	68
1.4.6 提供设计条件 .....	14	4.2 化工设备的材料和选材原则 .....	69
1.4.7 编写设计说明书 .....	15	4.2.1 化工设备使用材料分类概况 .....	69
1.4.8 概(预)算书的编制 .....	15	4.2.2 材料选用的一般原则 .....	70
思考与练习题 .....	15	4.3 泵的设计与选型 .....	71
<b>第2章 工艺流程设计</b> .....	<b>16</b>	4.3.1 泵的类型和特点 .....	71
2.1 工艺路线选择 .....	16	4.3.2 选泵的原则 .....	73
2.1.1 选择原则 .....	16	4.3.3 选泵的工作方法和基本程序 .....	75
2.1.2 工作步骤 .....	18	4.4 气体输送、压缩设备的设计与选型 .....	77
2.2 工艺流程的设计 .....	20		
2.2.1 工艺流程设计的原则 .....	20		

4.5	换热器的设计与选型	82	5.3.3	安全、卫生和防腐对设备布置的要求	125
4.5.1	换热器的分类	82	5.3.4	操作条件对设备布置的要求	126
4.5.2	换热器设计的一般原则	84	5.3.5	设备安装、检修对设备布置的要求	126
4.5.3	管壳式换热器的设计及选用程序	85	5.3.6	厂房建筑对设备布置的要求	127
4.6	贮罐容器的设计与选型	89	5.3.7	车间辅助室及生活室的布置	128
4.6.1	贮罐的类型	89	5.3.8	车间布置整齐美观的要求	128
4.6.2	贮罐系列	89	5.3.9	建筑要求	129
4.6.3	贮罐设计的一般程序	90	5.4	常用设备的布置	129
4.7	塔设备的设计与选型	92	5.4.1	反应器	129
4.7.1	板式塔	92	5.4.2	混合设备	131
4.7.2	填料塔	93	5.4.3	蒸发设备	132
4.8	反应器的设计与选型	94	5.4.4	结晶器	133
4.8.1	反应器分类与选型	95	5.4.5	容器	133
4.8.2	反应器的设计要点	97	5.4.6	加热炉	134
4.8.3	釜式反应器的结构和设计	98	5.4.7	塔类设备	135
4.9	液固分离设备的选型	102	5.4.8	换热器	138
4.9.1	离心机	102	5.4.9	泵、风机等运转设备	142
4.9.2	过滤机	104	5.4.10	过滤机	146
4.9.3	离心机的选型	106	5.4.11	干燥器	148
4.9.4	过滤机的选型	107	5.4.12	气体净化设备	149
4.10	干燥设备的设计与选型	108	5.4.13	运输设备	149
4.10.1	常用干燥器	109	5.4.14	罐区	149
4.10.2	干燥设备的选型原则	113	5.4.15	控制室	150
4.11	其他设备和机械的选型	114	5.4.16	主管廊	151
4.11.1	起重机械	114	5.5	设备布置图的绘制	152
4.11.2	运输机械	114	5.5.1	设备布置图的内容	152
4.11.3	加料和计量装置	114	5.5.2	设备布置图的绘制方法	152
4.12	汇编设备一览表	114	5.5.3	设备布置图的绘图步骤	158
	思考与练习题	115	5.6	设备安装图	158
<b>第5章</b>	<b>车间布置设计</b>	<b>116</b>		思考与练习题	160
5.1	车间布置设计概述	116	<b>第6章</b>	<b>管道设计与布置</b>	<b>161</b>
5.1.1	车间布置设计的依据	116	6.1	管道设计与布置的内容	161
5.1.2	车间布置设计的内容	117	6.2	管道、管件及阀门的选用	162
5.1.3	车间布置设计的原则	117	6.2.1	基本概念	162
5.1.4	车间布置设计的方法和步骤	118	6.2.2	管道	163
5.2	车间厂房的整体布置设计	119	6.2.3	常用阀门	168
5.2.1	厂房的平面布置	121	6.2.4	常用管件	174
5.2.2	厂房的立面布置	122	6.2.5	法兰、法兰盖、紧固件及垫片	176
5.2.3	厂房的建筑结构	123	6.3	管道压力降计算	176
5.2.4	车间厂房布置设计时须注意的问题	123	6.3.1	直管阻力 $H_1$ 计算	177
5.3	设备布置设计	123	6.3.2	局部阻力 $H_2$ 计算	177
5.3.1	主导风向对设备布置的要求	124	6.4	管道热补偿设计	179
5.3.2	生产工艺对设备布置的要求	124	6.4.1	管道的热变形与热应力计算	179



6.4.2	管道热补偿设计	180	7.3.1	变配电	235
6.5	管道的绝热设计	181	7.3.2	电气设计条件	235
6.5.1	绝热范围	182	7.4	自动控制设计条件	236
6.5.2	绝热结构	182	7.5	给排水、暖通条件	237
6.5.3	管道热力计算的基本任务	182	7.5.1	供水设计条件	237
6.5.4	管道保温计算	183	7.5.2	排水设计条件	238
6.6	化工管道的防腐与标志	184	7.5.3	采暖通风设计条件	238
6.6.1	管道防腐	184	7.6	供热及冷冻设计条件	239
6.6.2	管道标志	186	7.6.1	供热系统条件	239
6.7	管道布置设计	187	7.6.2	冷冻系统条件	239
6.7.1	管道布置设计的内容	187		思考与练习题	240
6.7.2	管道布置设计的依据	187	<b>第8章</b>	<b>设计概算和技术经济</b>	241
6.7.3	管道布置设计的主要原则	188	8.1	设计概算	241
6.7.4	管道敷设方式	191	8.1.1	概算的内容	241
6.8	常用设备的管道布置	192	8.1.2	概算费用的分类	242
6.8.1	泵的管道布置	192	8.1.3	概算的编制依据	243
6.8.2	换热器的管道布置	194	8.1.4	概算的编制办法	244
6.8.3	容器的管道布置	196	8.2	技术经济	248
6.8.4	塔的管道布置	197	8.2.1	投资估算	249
6.8.5	管廊上的管道布置	202	8.2.2	产品生产成本的估算	250
6.8.6	其他管道布置	203	8.2.3	经济评价	252
6.9	管道布置图的绘制	204		思考与练习题	257
6.9.1	管道布置图的内容	204	<b>第9章</b>	<b>设计文件的编制</b>	258
6.9.2	管道布置图的绘制要求	204	9.1	初步设计阶段设计文件的编制	258
6.9.3	管道布置图的绘制	212	9.1.1	设计说明书的编制内容	258
6.10	管道轴测图	213	9.1.2	设计说明书的附图和附表	260
6.10.1	管道轴测图要求的图示内容	213	9.2	施工图设计文件的编制	262
6.10.2	管道轴测图的图示方法	213	9.2.1	施工图设计图纸目录	262
6.10.3	管道轴测图的尺寸及其标注	217	9.2.2	工艺专业施工图设计技术文件	263
6.11	管架图与管件图	219	9.2.3	设计文件归档	265
6.11.1	管架图	219		思考与练习题	265
6.11.2	管件图	220	<b>第10章</b>	<b>工厂选址及总布置设计</b>	266
6.12	管口方位图	220	10.1	厂址选择	266
6.12.1	管口方位图的作用与内容	220	10.1.1	工厂选址的指导方针	266
6.12.2	管口方位图的画法	221	10.1.2	工厂选址的一般要求	266
6.13	管段表及综合材料表	222	10.2	厂址选择的程序	268
	思考与练习题	224	10.2.1	准备工作阶段	268
<b>第7章</b>	<b>向非工艺专业提供的设计</b>		10.2.2	现场勘查工作阶段	268
	<b>条件</b>	226	10.2.3	编制厂址选择报告阶段	268
7.1	土建设计条件	226	10.3	厂址方案比较	269
7.1.1	化工建筑基本知识	226	10.3.1	厂址方案比较的重要性	269
7.1.2	工艺专业向土建设计提供的		10.3.2	厂址方案比较的内容	269
	<b>条件</b>	230	10.4	厂址选择报告	270
7.2	非定型设备设计条件	233	10.4.1	厂址选择报告的基本内容	270
7.3	变配电及电气设计条件	235	10.4.2	有关附件资料	272

10.5 工厂总平面设计 .....	272	11.3.1 换热器设计软件 .....	305
10.5.1 工厂总平面设计内容 .....	272	11.3.2 换热流程与 PINCH .....	308
10.5.2 总平面布置原则及方法 .....	273	11.3.3 塔内件水力学计算软件 .....	309
10.5.3 工厂分区 .....	274	11.3.4 管网计算软件 .....	309
10.5.4 平面布置 .....	274	11.3.5 CFD 软件 .....	311
10.5.5 竖向布置 .....	276	11.4 化工装置布置设计软件 .....	314
10.5.6 管廊布置 .....	277	11.4.1 设备布置设计软件 .....	314
10.6 总平面布置图内容 .....	278	11.4.2 管道应力计算软件 .....	319
10.6.1 图纸内容 .....	278	11.4.3 4D 模型技术 .....	320
10.6.2 总平面设计主要技术经济 指标 .....	279	11.5 计算机绘图软件 .....	323
10.6.3 实例 .....	280	11.5.1 常用的制图软件 .....	323
思考与练习题 .....	280	11.5.2 AutoCAD 基础知识 .....	323
<b>第 11 章 计算机辅助化工设计</b> .....	281	11.5.3 AutoCAD 绘制工艺流程图 .....	324
11.1 化工设计软件概述 .....	282	11.5.4 AutoCAD 绘制设备布置图 .....	327
11.1.1 化工设计软件主要作用 .....	282	<b>附录</b> .....	330
11.1.2 常用化工设计软件 .....	282	附录 1 管道及仪表流程图中的缩写 .....	330
11.1.3 应用化工设计软件的重要性 .....	284	附录 2 管道及仪表流程图中设备、机器 图例 .....	333
11.2 化工流程模拟软件 .....	284	附录 3 管道布置图和轴测图上管子、管件、 阀门及管道特殊件图例 .....	337
11.2.1 化工流程模拟软件用途 .....	285	附录 4 设备布置图图例及简化画法 .....	346
11.2.2 流程模拟方法及软件组成 .....	286	附录 5 工厂总布置图图例 .....	349
11.2.3 稳态模拟和动态模拟 .....	288	附录 6 首页图 .....	352
11.2.4 常用化工流程模拟软件简介 .....	288	<b>主要参考文献</b> .....	354
11.2.5 ASPEN PLUS 流程模拟应用 举例 .....	296		
11.3 化工装置及系统设计软件 .....	305		

# 绪 论

## 0.1 化工设计的概念及意义

化工是“化学工艺”、“化学工业”、“化学工程”等的简称。凡运用化学方法改变物质组成、结构或合成新物质的，都属于化学生产技术，也就是化学工艺；所得产品被称为化学品或化工产品。起初，生产这类产品的是手工作坊，后来演变为工厂，并逐渐形成了一个特定的生产部门，即化学工业。现在化学工业已成为国民经济的重要组成部分，它几乎与国民经济的各个领域都有着密切的联系，对我国的经济发展和人民生活水平的提高起着极其重要的作用。随着化学工业的迅速发展，必定需要大量从事化工研究、设计、施工和生产的人员。对化工设计人员来说，要做好工程设计，就必须具备正确的设计思想和相应的化工技术与设计的专业知识。这不仅对设计新厂而且对旧厂改造、新产品开发、降低能耗、综合利用、“三废”治理以及提高生产效率都十分必要。

化工设计是根据一个化学反应或过程设计出一个生产流程，并研究流程的合理性、先进性、可靠性和经济的可行性，再根据工艺流程及条件选择合适的生产设备、管道及仪表等，进行合理的工厂布局设计以满足生产的要求，工艺专业与有关非工艺专业密切合作，最终使工厂建成投产，这种设计全过程称为“化工设计”。化工设计是把一项化工工程从设想变成现实的一个建设环节，涉及政治、经济、技术；资源、产品、市场、用户、环境；以及国情、国策、标准、法规；化学、化工、工艺、机械、电气、土建、自控、“三废”治理、安全卫生、运输、给排水、采暖通风等专业和方方面面，是一门综合性很强的技术科学。

在化学工业基本建设中化工设计发挥着重要的作用，新建、改建和扩建一个工厂，均离不开设计工作。在科学研究中，从小试、中试以及工业化生产，都需要与设计有机结合，进行新工艺、新技术、新设备的开发工作。因此，设计工作是把科学技术转化为生产力的一门综合性科学。它是扩大再生产，更新改造原有企业，增加产品品种，提高产品质量，节约能源和原材料，促进国民经济和社会发展的重要技术经济活动的组成部分。

化工设计在化学工程项目建设的整个过程中，是一个极其重要的环节，是工程建设的灵魂，对工程建设起着主导和决定性作用。可以说在建设项目立项以后，设计前期工作和设计工作就成为建设中的关键。企业在建设的时候能不能加快速度，保证施工安装质量和节约投资，建成以后能不能获得最大的经济效益、环境效益和社会效益，设计工作起着决定性作用。

因此，国民经济的发展、发展的效益和速度，都离不开工厂设计工作。其状况如何，对于发展科学技术事业和我国现代化建设都有着极大的影响。

## 0.2 化工设计类型及内容

化工厂设计同其他行业基建设计一样，也有三种设计类型：新建工厂设计、原有工厂的

改建和扩建设计以及车间、厂房的局部修建设计。其中，新建工厂的设计涉及面最广，设计工作量最大，也最有代表性。本书仅对新建工厂的设计加以讨论。

对于新建项目，设计类型又可分为工程设计、复用设计和因地制宜设计。

工程设计是指没有现成的装置可以参照或仅根据中试或其他实验装置来设计工业生产装置。这种设计工作难度大，对设计人员的素质要求高。

复用设计是利用已有装置的技术资料进行新装置的设计，这种设计基本没有大的改动。

因地制宜设计是在已有装置技术资料的基础上，根据即将建设装置的具体情况进行改进或变更，以适应新装置的要求，这样完成的设计称为因地制宜设计。

每种化工设计通常又分为以工厂为单位和以车间为单位的两种设计。工厂化工设计包括厂址选择、总图设计、化工工艺设计、非工艺设计、技术经济等各项设计工作。车间化工设计分为化工工艺设计和其他非工艺设计两部分。化工工艺设计内容主要有：生产方法的选择、生产工艺流程设计、工艺计算，设备选型、车间布置设计及管道布置设计，向非工艺专业提供设计条件，设计文件以及概算的编制等项设计工作。

化工设计中包括的专业技术较多，其中化工工艺设计是化工设计的核心，起着主导作用。其他非工艺设计是为化工工艺设计服务的，均需以化工工艺专业提出的各种设计条件为依据。非工艺设计分别由各专业设计人员负责，包括机械工程、土建工程、供排水工程、供配电工程、供热供汽工程、仪表及自动控制、分析及卫生工程等各项设计工作。

### 0.3 化工设计的特点

一般化工建设、生产涉及专业众多，工艺复杂，操作条件苛刻，工程投资大，使用原料众多，且大多数原材料、中间产品和成品易燃、易爆、具有一定毒性、腐蚀性，对操作人员易造成伤害，生产过程中产生的“三废”对环境也会造成一定影响。由于化工生产的物料性质、工艺条件、技术要求的特殊性，给设计带来了种种影响，从而形成化工设计的某些特点。

#### (1) 政策性强

化工设计是一项政策性很强的综合工作，整个过程都必须遵循国家的各项有关方针政策和法规，遵守化工设计的程序和规范，按照规定的格式和要求进行设计并完成工作。从我国的国情出发，充分利用人力和物力资源，要秉承对国家、对人民负责的精神，自觉维护国家和人民的利益，为国家创造财富，确保安全生产，保护环境，保障良好的操作条件。

#### (2) 技术性强

化工设计是一项理论密切联系实际的工作，从事化工设计不仅要有专业理论知识、较广博的基础知识、扎实熟练的技能，还要有丰富的实践经验和运用先进设计手段的能力。化工设计是一种创造性劳动，不是照搬照抄，而是消化吸收，不仅要珍惜已有的宝贵经验，还要吸收国内外先进成熟的技术。

#### (3) 经济性强

化工生产过程大都复杂，所需原材料种类多，能耗大，基建费用高，要求设计人员有经济观点，在确定生产方法、设备选型、车间布置、管道布置时都要加强经济意识，认真进行技术经济分析，处理好技术与经济的关系，做到化工设计技术上先进、成熟，经济上合理。

#### (4) 综合性强

化工设计是一项系统工程，是一门多学科的集体性工作，要在设计过程中团结协作，互相支持、互相配合，以大局为重，必须依靠全体工艺设计人员和非工艺设计人员的通力合

作，密切配合才能完成。

总之，化工设计是一门综合性很强的专业知识，同时又是一项政策性很强的工作。作为化工设计工作者，要想胜任化工设计工作，必须要有高度的责任心，必须了解化工设计的特点，熟悉化工生产的特点及产品的工艺流程，了解先进的生产技术，掌握各种化工设备的性能及设计规范，不但要具有扎实的理论基础，而且要具有丰富的实践经验，熟练的专业技能和运用计算机等先进设计手段的能力，这样才能完成高质量的设计。

## 0.4 化工设计总原则

化工设计既是一门技术与经济相结合的科学，同时又是一项政策性很强的工作，为此应特别注意贯彻以下原则。

① 贯彻执行国家基本建设的方针政策，从符合党和国家的政治方针和技术经济政策出发，处理好技术、经济及环境的关系，并在国家法令、标准、规定的允许范围内精心设计，确保设计质量。

② 认真贯彻“五化”设计原则，即工厂布置一体化、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。

③ 采用先进的科学技术，努力提高商品设计的质量，使设计做到标准规范，切合实际，技术先进，经济合理，安全适用，使建设项目的技术经济指标达到先进水平。

④ 设计使用的基础资料要准确、可靠，各种数据和技术条件要正确、切合实际；文字说明要清楚、确切，图纸要清晰、正确，避免出现重大设计错误。

## 0.5 学习本课程的意义

无论是新建、改建和扩建一个工厂，还是技术革新、装置能力的核算、工厂的改造挖潜、降低能耗、综合利用、“三废”治理、提高生产效率，以至于产品的开发、中间实验都需要一定的化工开发和化工设计的专业知识。因此，在大学高年级开设这门全面系统讲解化工设计的课程，进行有关工程设计方面知识的学习和训练是十分必要的。

通过本课程的教学，使学生学习有关工艺设计的基本理论，掌握化工厂设计的基本内容、方法和步骤，工艺设计的深度要求等；了解和熟悉设计的有关规范标准以及技术经济内容和要求；熟悉作为工艺设计主要文件的可行性研究报告、设计说明书和工艺设计图的有关内容、特点、表示方法、规范和标准等；培养学生查阅资料，使用手册、标准和规范，以及整理数据、提高运算和绘图的能力。这不仅有助于增强学生的工程概念，培养学生综合运用多学科的基本理论，联系实际，提高分析问题和解决实际工程问题的能力；还有助于培养深入实际，注意调查研究的工作作风，培养利用已有的知识，大胆创新，发挥想象力和创造力的一种创造性劳动的习惯。使学生具备化学工程师的基本理论素质，为今后参加实际工程设计做好切实的准备。

### 思考与练习题

1. 什么是化工设计？
2. 化工工艺设计包括哪些内容？
3. 化工设计的总原则是什么？

# 第 1 章 化工设计程序和内容

化工厂建立的全过程，一般需要经过可行性研究、化工设计、施工、试车和考核等几个阶段，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，用框图表示如图 1.1 所示。

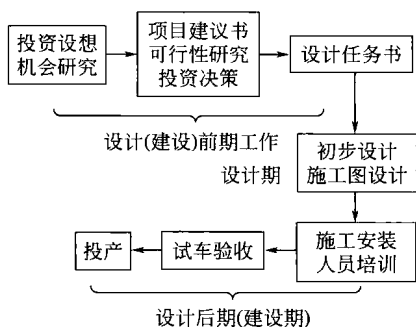


图 1.1 化工项目的基本建设程序

对于新建一个化工厂，首先进行可行性研究，即对所生产产品的原料供应、生产技术、产品销售、投资等情况进行调查、综合评价，写出可行性报告，送交上级主管部门、建设单位审核，待报告经审核批准后，进行组织设计。在设计的同时，建厂的筹备工作陆续展开，当主要施工图设计完成时，现场施工全面展开，进行设备、管道的安装施工；当整个生产装置安装完毕后，要及时组织各项试车工作，首先进行设备单体试车，然后组织联动试车，而后逐渐转入技术考核。当具备技术考核条件时，要及时组织技术考核。在技术考核期内，各项技术指标达到设计要求

后，该厂才算建成投产，转入正常生产管理。

设计工作是建立化工厂过程中最重要、最复杂的工作，是一个多专业、多阶段的综合性工作，所以为了保证设计质量，提高工作效率，必须建立正常的设计工作程序，分阶段进行设计。根据工厂设计的客观规律，在设计工作方法上，一般采用由浅入深、由原则到具体、分阶段进行的办法。目前在设计阶段划分上，国内与国际通用设计体制还存在着不同。

## (1) 国外设计阶段的划分

国际通用设计体制是 21 世纪科学技术和经济发展的产物，已成为当今世界范围内通用的国际工程公司模式。按国际通用设计体制，有利于工程公司的工程建设项目总承包，对项目实施“三大控制”（即进度控制、质量控制和费用控制），也是工程公司参与国际合作和国际竞争进入国际市场的必备条件。国际上通常把全部设计过程划分为由专利商承担的工艺包（基础设计）和由工程公司承担的工程设计两大设计阶段。国际通用设计程序的阶段划分及主导专业在各设计阶段应完成的主要设计文件见表 1.1。

工程设计又划分为：工艺设计、基础工程设计和详细工程设计三个阶段。

① 工艺设计 这是工程设计的第一阶段。其主要内容是把专利商提供的工艺包或本公司开发的专利技术按合同的要求进行工程化，并转换成工程公司的设计文件，发表给有关专业，作为开展工程设计的依据，并提交用户审查。

② 基础工程设计 是工程设计的一个关键性的工作阶段，此阶段与工艺设计阶段紧密衔接，由工艺发表、举行设计开工会议开始，直至供开展详细工程设计用的管道及仪表流程图Ⅱ版、管道平面设计图（也称管道平面研究图）和装置布置图的发表为其结束的标志。

基础工程设计在国外有的工程公司还可细分为分析设计和平面设计两个工作阶段。

分析设计是基础工程设计的第一个工作阶段，主要是为平面设计阶段的工作提供设计条件。这个阶段的主要工作是应用工艺发表和设计开工会议提供的设计条件和数据，开发和编

表 1.1 国际通用设计程序的阶段划分

项目	专 利 商	工 程 公 司		
阶段名称	工艺包 (process package)或基础设计 (basic design)	工艺设计 (process design)	基础工程设计 (basic engineering) 或分析和平面设计 (analytical and planning engineering)	详细工程设计 (detailed engineering) 或最终设计 (final design)
主导专业	工艺	工艺	系统/管道	系统/管道
主要文件	1. 工艺流程图 (PFD) 2. 工艺控制图 (PCD) 3. 工艺说明书 4. 设备表 5. 工艺数据表 6. 概略布置图	1. 工艺流程图 2. 工艺控制图 3. 工艺说明书 4. 物料平衡表 5. 设备表 6. 工艺数据表 7. 安全备忘录 8. 概略布置图 9. 主要专业设计条件	1. 管道仪表流程图 (PID) 2. 设备计算及分析草图 3. 设备规格说明书 4. 材料选择 5. 请购文件 6. 设备布置图 (分区) 7. 管道平面图 (分区) 8. 地下管网图 9. 电气单线图 10. 各有关专业设计条件	1. 管道仪表流程图 2. 设备安装平剖面图 3. 详细配管图 4. 管段图 (轴测图) 5. 基础图 6. 结构图、建筑图 7. 仪表设计图 8. 电气设计图 9. 设备制造图 10. 其他专业全部施工所需图纸文件 11. 各专业施工安装说明
用途	提供工程公司作为工程设计的依据	把专利商文件转化为工程公司设计文件,发表给有关专业开展工程设计,并提供用户审查	为开展详细工程设计提供全部资料,为设备、材料采购提出请购文件	提供施工所需的全部详细图纸和文件,作为施工及材料补充订货的依据

制管道及仪表流程图 (PID)、工艺控制图 (PCD) 和装置布置图,编写设计规格说明书和设备请购单,并开展设备订货及大口径合金钢管道早期订货等工作。此阶段完成的主要设计文件需送请用户审查认可。

平面设计是基础工程设计的第二个工作阶段,主要为详细工程设计提供设计依据。这个阶段的主要工作有:进行管道研究、开展管道应力分析和编制管道平面设计图;审查确认设备供货厂商图纸;进行散装材料初步统计和首批材料订货;完成供详细工程设计用的管道及仪表流程图 II 版和装置布置图;各专业相应完成布置图等工作。此阶段以管道平面设计图的发表为其结束的标志,由此进入详细工程设计阶段。

③ 详细工程设计 即施工图设计阶段。该阶段要全面完成并提供全套施工图纸、进行散装材料最终统计、完成材料订货任务、并审查确认供货厂商图纸等工作完成详细工程设计阶段的任务,即标志整个工程设计阶段结束。

#### (2) 国内设计阶段的划分

我国设计阶段的划分,一般按工程规模的大小、工程的重要性、技术的复杂性、设计条件的成熟程度以及设计水平的高低而分为两个阶段或三个阶段进行设计。

凡属重要的大型企业、技术比较复杂或比较新型的工厂,为了保证设计质量,一般分三个阶段进行设计,即初步设计、技术设计 (又称扩大的初步设计、扩初设计) 和施工图设计阶段。

对在技术比较简单和比较成熟的、生产规模较小的工厂或个别车间以及技术改造与技术

措施比较成熟的，为了简化设计，缩短设计时间，可分为两个阶段设计，即技术设计和施工图设计阶段。

目前在国内化工设计系统中已经全面推行国际通用的设计程序和方法。在采用国际通用设计程序中，对国内工程建设项目还要遵守我国基本建设管理体制的规定，工程公司在开始工程设计工作前，需要将专利商的工艺包（基础设计）形成向有关部门和用户报告、供审批的初步设计，因此在国内规定的工程公司工程设计有关工作内容中，保留有初步设计的名词。

初步设计在批准的可行性研究报告的基础上进行，应根据设计任务书的要求，依据专利商的工艺软件包作出在技术上可行、经济上合理的最符合要求的设计方案。初步设计阶段应编写初步设计说明书，作为此设计阶段的设计成品。

初步设计经过审查批准之后即可进行施工图设计（国内）或按国际通用的设计程序进行工程设计，工程设计分为基础工程设计和详细工程设计两个阶段。基础工程设计一般是根据已批准的初步设计，解决初步设计中的主要技术问题，使之进一步明确并具体化。

目前国内设计单位初步设计的作法是把基础工程设计阶段中的部分图纸文件汇编成册，作为初步设计审查之用。事实上，不能把基础工程设计与初步设计等同起来，也不能把详细工程设计与施工图设计相等同。

详细工程设计在基础工程设计之后进行，它的最终设计成果是进行工程施工的依据，为施工服务。在此阶段的设计成品是详细的施工图纸和必要的文字说明书以及工程预算书。

在工程设计两个阶段期间，专业的设计文件将划分成各个版次，在内容上由浅入深地发表。

### 1.1 设计前期工作步骤与内容

设计前期工作的任务是在某工程项目的设计未批准之前，对该设计项目的技术、工程和经济进行深入细致的调查研究，全面分析和进行多方面比较，从而对拟建项目是否应该建设及如何建设作出论证和评价。

目前设计前期的工作步骤与内容，国内外作法不完全一致，国外分为机会研究、初步可行性研究、可行性研究、评价及决策几个阶段；国内分为项目建议书、可行性研究、编制设计任务书等几个阶段。

#### 1.1.1 国外作法

##### (1) 机会研究

机会研究即项目意向。机会研究报告应对几个投资机会或项目意向提出建议，根据资源和市场情况寻求可行的投资机会。即在确定的地区和行业内，根据自然资源、市场需求、国家政策、国际贸易各方面的情况，通过调查、分析研究和预测，选择建设项目，寻找最有利的投资机会。机会研究的一般内容如下。

- ① 自然资源情况；
- ② 现有工农业格局；
- ③ 由于人口和购买力增长引起的产品销售增长的潜力；
- ④ 进口情况及可以取代进口商品和出口的可能性；
- ⑤ 现有企业扩建的可能性；



- ⑥ 多种经营的可能性；
- ⑦ 现有小型企业扩建到合理规模的可能性；
- ⑧ 发展工业的政策；
- ⑨ 生产要素的成本和可能性。

投资机会研究只是在众多的投资机会中挑选出有利的投资机会，要以少量的花费迅速地确定有关项目的投资可能性，所以机会研究是比较粗略的，主要依靠情报资料进行合理估计，而不是详细计算，因而数据的精确度误差可在30%。投资机会研究的结果一旦引起了投资者的兴趣就会转入下一步，即进行项目的初步可行性研究。

### (2) 初步可行性研究

初步可行性研究亦称预可行性研究或可行性初步研究。经过投资机会研究认定的大中型项目，通常需作初步可行性研究。这个阶段要解决的问题是还有哪些关键问题需要做辅助研究，以及项目是被否定还是被肯定。如果被肯定，对大多数项目来说应立即着手进行下一步可行性研究。对一些中小型项目，只需再做一些增补工作便可做出投资决策。

初步可行性研究是机会研究的深入，逐步明确投资决策。其目的要做出以下决定。

- ① 分析机会研究结论，并在详细分析资料的基础上做出投资决定；
- ② 是否应该进行下一步的可行性研究；
- ③ 项目中哪些关键问题需要做辅助性的专题研究；
- ④ 判断该项目是否有生命力。

如果机会研究数据充分可靠，也可越过初步可行性研究，直接进入可行性研究。

### (3) 可行性研究

此阶段又称详细可行性研究或最终可行性研究，它是投资决策前期研究的关键阶段。在此阶段，要对工程项目进行技术经济综合分析和多方案论证比较，从技术、经济、工程、环保等方面为项目提供决策依据。此阶段的结果是推荐一个最佳方案或提出几个可行方案并列举出利弊，由决策者自行作出抉择。当然也可以作出项目不可行的结论，但因已通过了机会研究和初步（预）可行性研究，故在此阶段作出不可行结论的较为少见。

可行性研究是建设项目投资决策的基础，其内容要点如下。

- ① 项目的背景和历史；
- ② 市场需求预测和工厂建设规模；
- ③ 资源、原材料、燃料及公用设施情况；
- ④ 建厂条件和厂址方案；
- ⑤ 项目的技术方案；
- ⑥ 环境保护；
- ⑦ 工厂的机构、管理和定员；
- ⑧ 项目的实施计划和进度要求；
- ⑨ 财务和经济评价；
- ⑩ 评价结论。

一般来说，确定一个工程项目，先要做机会研究，获得可行的结论，进而做初步可行性研究；如果认为不行，则就此作罢。

## 1.1.2 国内作法

### (1) 项目建议书