

高职高专规划教材

化工设计 测绘

◎ 王德堂 夏先伟 主编
◎ 耿国强 冷士良 主审

HUAGONG
SHEJI YU
CEHUI



化学工业出版社

国家职业技能鉴定教材

化工设计⑤

测绘

主 编 王 强 副主编 王 强
编 委 王 强 王 强 王 强

HUAGONG
SHEJI YU
CEHUI

中国石化出版社

高职高专规划教材

化工设计与测绘

王德堂 夏先伟 主编
耿国强 冷士良 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

化工设计与测绘是理论与实际、科学与技术、工程与经济、规范与应用的有机结合, 主要体现化工装置设计的基本原理、基本程序、基本方法、安全性、经济性及专门化设计, 包括化工设计基本概况、化工厂系统设计、总图布置、化工计算、技术经济、装置管路认识与测绘、施工设计、材料选择、工程建设等, 全书贯穿聚氯乙烯技改项目, 重点以氯乙烯工艺单元作为案例, 使感性和理性的认知既有先后, 又可融会贯通, 有利于学习和阅读。

本书适用于高职高专应用化工、精细化工、制药、生物化工、化工安全技术、石油化工、工业环保与安全等专业, 也可作为从事化工设计和生产技术管理的科技人员的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工设计与测绘/王德堂, 夏先伟主编. —北京:
化学工业出版社, 2010.9

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-09369-1

I. 化… II. ①王…②夏… III. ①化工过程-设计-高等学校: 技术学院-教材②化工厂-设计-高等学校: 技术学院-教材 IV. ①TQ02②TQ08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 165909 号

责任编辑: 张双进

文字编辑: 王金生

责任校对: 边涛

装帧设计: 王晓宇

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25 1/4 字数 744 千字 2010 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: 45.00 元

版权所有 违者必究

前 言

化学工业在国民经济中占有十分重要的地位，其发展水平已经成为衡量一个国家综合国力的重要标志之一。化工产品广泛应用于农业、工业、建筑业、国防，并与人民的日常生活息息相关。化学工业具有装置型、资金密集型、技术密集型、高消耗、多污染等不同于其他工业部门的特点，装置危险性体现在毒性、燃烧性、爆炸性、腐蚀性、高温高压等方面，化工装置实现规模化、连续化、自动化是稳定生产、安全生产的重要手段，科学合理地设计、建设、改造和操作控制化工装置，是化学工业科技工作者的一项长期任务。

化工设计与测绘是理论与实际、科学与经济、标准与现实的有机结合，包括设计的基本原理、基本程序与基本方法。现代化工工艺过程不是个别单元操作的机械组合，强调过程开发、建设与完善中的规律和特征及要求。化工优化设计方案必须考虑技术的合理性、先进性、安全性、经济性、实际性等多方面的因素，处理大量信息和进行多方案筛选，借助计算机辅助化工过程设计与分析做出最终的优化设计方案。

本书共有三篇分十三章编制。第一篇为化工设计；第二篇为管路测绘；第三篇为化工材料与施工组织设计。徐州工业职业技术学院王德堂编写第一、二、三、五、八章，夏先伟编写第四、九、十章，徐州市瑞福科技有限公司赵福英编写第六章；刘鹏升编写第七章，何伟平编写第十一章；常州工程职业技术学院孙玉叶编写第十二章；金华职业技术学院周福富编写第十三章；徐州创达工程设计有限公司黄鹏、耿国强、傅闾晨、廉旗、翟继军、董海棠等设计师为本书提供了工艺、设备、电仪等专业案例与图。全书由王德堂统稿，耿国强和冷士良主审。编写过程中受到徐州工业职业技术学院院长周立雪教授、副院长金万祥副教授、化工系冷士良教授，常州工程职业技术学院化工系薛叙明教授，徐州创达工程设计有限公司董事长黄鹏高工的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

本书内容丰富，系统性强，理论与实践相结合，具有较强的实用性。本书适合高职高专院校化工、石化、安全类专业，同时可供化工生产与设计单位的技术和管理人员参考使用。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免有不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2010年7月

目 录

第一篇 化工设计

第一章 绪 论

第一节 化学工业概述	1	三、介质的毒性和毒性分级	10
一、化学工业的分类	1	四、金属材料的腐蚀性和分级	11
二、化学工业的特点	2	五、化工安全性设计	13
三、化学工业的地位	3	第四节 案例分析——氯乙烯生产	
第二节 化工设计概述	3	工艺和发展	15
一、化工设计的意义和作用	3	一、氯乙烯单体生产方法	15
二、化工设计的特点	4	二、氯乙烯合成对原料气的要求	16
三、化工设计的发展趋势	5	三、氯乙烯合成工艺	16
四、CAD在化工过程设计中的应用	5	四、主要设备简介	17
第三节 化工生产的危险性及安全设计		五、生产过程中工艺说明	18
概述	6	六、氯乙烯的发展	19
一、燃烧性和火灾危险性分类	7	思考题	19
二、爆炸性和爆炸分区	9		

第二章 化工厂系统设计

第一节 项目建议书	21	三、车间（或装置）初步设计说明书的内容	35
一、项目建议书的基本内容	21	第七节 消防设计和安全设施设计	37
二、编制说明	22	一、消防设计	37
第二节 可行性研究	22	二、安全设施设计	37
一、可行性研究报告的主要内容	22	第八节 施工图设计	38
二、编制说明	23	一、工艺设计说明	38
第三节 计划任务书和设计任务书	24	二、设计图纸资料	38
一、计划任务书	24	第九节 案例分析——50kt/a PVC 可行性研究报告	39
二、设计任务书	24	一、总论	39
第四节 环境影响报告	25	二、需求预测	42
第五节 安全评价	27	三、产品方案及生产规模	43
一、安全评价报告的基本内容	27	四、工艺技术方案	43
二、安全评价大纲目录	29	五、原材料、燃料及动力的供应	51
三、安全评价报告的编制说明	31	六、建厂条件和厂址方案	51
第六节 初步设计	32	七、公用工程和辅助设施方案	51
一、编制说明	32	八、节能	52
二、化工厂（车间）初步设计说明书的内容	33		

九、环境保护	53	十三、投资估算和资金筹措	56
十、劳动保护和安全卫生	54	十四、财务、经济评价及社会效益 评价	57
十一、工厂组织、劳动定员和人员 培训	56	十五、结论	58
十二、项目实施规划	56	思考题	58

第三章 总平面布置图设计

第一节 厂址的选择	59	一、自动检测系统设计	73
一、化工厂厂址选择的影响因素	59	二、自动信号联锁保护系统设计	73
二、厂址选择的禁区	60	三、自动操纵系统设计	73
第二节 总图布置	60	四、自动调节系统设计	73
一、化工厂总图设计	60	第六节 土建设计	73
二、总平面布置基础资料	61	第七节 案例分析——PVC 技改项目 总平面布置	74
三、区域总平面布置	61	一、布置原则和功能划分	74
四、总平面布置案例	62	二、总平面布置主要技术经济指标	74
第三节 防火防爆与环境保护	69	三、储运设施	74
一、化工生产中的防火防爆	69	四、公用工程	75
二、防毒与环境保护	71	五、供电	75
第四节 公用工程	71	六、仪表及自动控制	76
一、动力	72	七、设备布置方案	78
二、供排水	72	八、土建设计	78
三、采暖通风	72	思考题	81
第五节 自动控制	72		

第四章 化工计算

第一节 物料衡算	82	二、设备设计的基本内容	103
一、物料衡算的方法和步骤	82	三、定型设备的选择	104
二、连续过程的物料衡算	84	四、设备材料的选择	117
三、间歇过程的物料衡算	88	五、编制设备及装配图一览表	118
四、循环过程的物料衡算	89	第四节 管路计算	118
第二节 热量衡算	92	一、管子规格的确定	118
一、热量衡算的目的和任务	93	二、管路压力降的计算	120
二、热量平衡方程式	93	三、管路热补偿计算	120
三、基准态的选取	96	第五节 案例分析——PVC 物料衡算和 热量衡算	121
四、热力学数据的应用	97	一、物料衡算	121
五、热量衡算实例	97	二、热量衡算	122
第三节 典型设备工艺设计与选型	102	思考题	123
一、设备设计与选型的基本要求	102		

第五章 投资与效益

第一节 经济效益	125	二、经济效益的评价原则	126
一、经济效益的概念	125	三、经济技术指标体系	126

第二节 投资	127	一、成本及费用的概念	136
一、投资的基本概念	127	二、固定成本与可变成本	138
二、项目资产	128	三、成本、费用的估算	139
三、固定资产投资估算	129	第五节 销售收入、税金和利润	140
四、流动资金的估算	132	一、销售收入	140
第三节 设备的折旧	133	二、税金	140
一、折旧和折旧率	133	三、利润	141
二、折旧的计算方法	134	四、销售收入、成本、利润与税金	
三、各种折旧方法的比较	135	之间的关系	142
第四节 成本和费用	136	思考题	142

第六章 技术经济分析

第一节 概述	144	一、盈亏平衡分析	164
一、技术与经济的涵义	144	二、敏感性分析	165
二、技术经济分析方法论述	144	三、概率分析	167
三、资金来源与融资方案	145	第五节 工程项目账务分析	168
第二节 资金的时间价值	148	一、融资前分析	168
一、现金流量	148	二、融资后分析	168
二、资金时间价值计算的种类	149	三、融资后的盈利能力分析	168
第三节 工程项目的经济评价	153	四、盈利能力分析的主要指标	169
一、经济评价指标体系	153	五、偿债能力分析	169
二、静态评价指标	154	六、财务生存能力分析	169
三、动态评价指标	156	七、非经营性项目的财务分析	169
四、基准收益率的确定	160	八、主要财务分析报表	169
五、方案的决策类型及评价方法	161	思考题	169
第四节 不确定性分析	164		

第二篇 管路测绘

第七章 化工装置的测绘

第一节 概述	171	六、高度游标卡尺	184
一、典型化工装置举例	171	七、内外卡钳	184
二、典型化工设备的测绘	173	八、钢卷尺	184
三、化工常用管件	177	九、皮尺	185
第二节 测绘工具和使用	182	十、长度测距仪	185
一、游标卡尺	182	十一、经纬仪	187
二、千分尺	182	第三节 现场测绘与处理	188
三、内径百分表	183	一、化工测绘的步骤	188
四、钢板尺	183	二、管路测绘方法	189
五、测厚规	183	思考题	192

第八章 化工工艺流程图设计

第一节 化工工艺设计	194	一、化工工艺设计内容	194
------------	-----	------------	-----

二、单元工艺设计	194	二、压缩机的工艺安全设计	208
第二节 工艺管道及仪表流程图 (PID 图) 设计	195	第五节 静设备的工艺安全设计	210
一、工艺管道及仪表流程 (PID 图) 识别	195	一、容器的工艺安全设计	210
二、工艺流程设计	196	二、储罐的工艺安全设计	211
第三节 工艺流程图的绘制	199	三、换热器的工艺安全设计	212
一、生产工艺流程草图	199	四、塔的工艺安全设计	214
二、物料流程图	199	五、反应器的工艺安全设计	216
三、带控制点的工艺流程图	199	六、干燥器的工艺安全设计	217
第四节 动设备工艺安全设计	206	七、过滤器的工艺安全设计	217
一、泵的工艺安全设计	206	八、冷箱的工艺安全设计	218
		九、隔热系统安全设计	219
		思考题	220

第九章 设备布置图

第一节 车间布置设计概述	221	二、容器 (罐、槽) 的布置	229
一、化工车间的组成	221	三、塔的布置	229
二、车间布置设计的依据	221	四、换热器的布置	230
三、车间布置设计的内容及程序	222	五、泵和压缩机的布置	230
四、车间平面布置方案	222	第四节 设备布置图	232
第二节 车间设备布置设计	224	一、设备布置设计的图样	232
一、车间设备布置的内容	224	二、设备布置图的内容	232
二、车间设备布置的要求	225	三、设备布置图的绘制步骤	235
三、车间设备布置的方法与步骤	227	四、设备布置图的绘制方法	236
第三节 典型设备的布置方案	227	思考题	239
一、反应器的布置	227		

第十章 管路布置图

第一节 概述	240	一、管路布置设计的主要原则	247
一、管路布置设计的内容	240	二、管架和管道的安装布置	248
二、化工车间管道布置设计的要求	240	三、管道和管架的立面布置原则	250
三、管道布置设计的一般原则	241	四、典型设备的管路布置	250
四、管路布置设计的工作程序	241	第四节 管路布置图	256
第二节 管子、管件与阀门	242	一、管路布置图的作用与内容	256
一、常用管子	242	二、管件及附件的常用画法	256
二、管路连接方法	243	三、管路布置图的绘制步骤	258
三、公称压力与公称直径	243	四、管路布置图的绘制方法	258
四、化工管路常用阀门和管件	245	第五节 计算机在管道布置设计中的应用	263
第三节 管路布置的原则和方法	247	思考题	268

第十一章 设备装配图

第一节 基本画法	269	一、制图国家标准的基本规定	269
----------	-----	---------------	-----

二、基本图形的画法	276	三、零件图的内容	298
三、平面图形的作图	279	第四节 装配图	304
第二节 三视图	280	一、化工设备装配图的内容	304
一、三视图基本知识	280	二、化工设备装配图的表达方法	311
二、基本几何元素的投影	283	三、化工设备装配图中焊接的表示法	315
第三节 设备零部件图	286	四、化工设备装配图的阅读	318
一、化工设备的标准化通用零部件	286	思考题	321
二、典型化工设备的常用零部件	292		

第三篇 化工材料与施工组织设计

第十二章 化工材料的选择

第一节 材料选择	325	三、涂装	342
一、材料分类	325	第三节 隔热	347
二、材料的性能	325	一、隔热的原则及范围	347
三、材料的选用	328	二、隔热材料	347
四、设备材料	329	三、隔热结构设计	349
五、管道材料	333	四、管路保温措施	350
第二节 防腐	335	五、管路标志	352
一、除锈	336	思考题	354
二、涂料	338		

第十三章 施工组织设计

第一节 化工装置的安装	355	五、装置化工投料	365
一、技术交接	355	六、化工装置验收	365
二、施工安全	355	第三节 化工装置的检修	366
三、施工机械	355	一、现场检修	367
第二节 化工装置的运行	356	二、动火作业	367
一、运行方案	356	三、高处作业	371
二、化工装置的置换、吹扫与清洗等准备工作	357	四、限定空间作业	373
三、耐压试验技术	358	五、起重作业	374
四、模拟运转	363	六、主要设备的检修	375
		思考题	376

附录

主要参考文献

第一篇 化 工 设 计

第一章 绪 论



学习目标

通过学习了解化学工业和化工生产,认识化工生产的危险性、化工装置的特点、化工安全设计的作用和重要性,熟悉安全设计过程。培养学生化工设计的基本职业素质和安全生产的基本工作能力。

第一节 化学工业概述

根据世界经济发展趋势统计,国民经济生产总值(GDP)人均超过1000美元预示有大的发展,超过2000美元有较快发展,超过3000美元会飞速发展。2005年我国人均GDP超过1000美元,GDP年增长率在7%~8%,2008年已超3000美元,其中化学工业约占30%,国家和地方工业园区或化工园区都在紧锣密鼓地建设中,化学工业在高速发展中。

在人们的工作、生活和学习过程中,接触到化肥厂、磷肥厂、农药厂、炼油厂、制药厂、染料厂、涂料厂等企业,为工农业提供了尿素、碳酸氢氨、磷酸二氢钾、敌百虫、汽油、煤油、柴油、洗涤剂、胶黏剂、油漆等产品。现代化工生产基本上规模化、连续化、自动化、密闭化,劳动操作条件较好,化工装置布置上表现为敞开化、露天化、装置化,占地面积多、投资大、建设周期长、经济效益好,同时生产过程中存在燃烧性、爆炸性、毒性、腐蚀性、高温高压及低温等危险性,化工企业(或装置)的设计是一专门科学,是稳定生产、安全运行的重要环节。

广义的化学工业是指生产过程主要表现为化学反应过程,或生产化学产品的工业。它们的生产过程都主要表现为化学过程,化工装置由化学反应单元和非反应单元所组成,不同化工产品的生产装置具有共同的生产技术特点和相同的技术经济规律。世界各国所指的化学工业其基本含义相同,但包括的范围却有较大的差异。

一、化学工业的分类

1. 美国标准工业分类法(SIC)

化学工业是包括生产基本化工产品的企业和产品加工以化学过程为主的企业,以及与石油加工有关的企业。这些企业的产品可分为三大类:一是基本化工产品,如酸、碱、盐以及有机化工产品等;二是需进一步加工使用的化工产品,例如合成纤维、塑料、橡胶等;三是能直接消费的化学产品,例如药品、洗涤剂、涂料等。

2. 俄罗斯工业分类法

化学工业是包括石油化学工业在内的工业企业,并把产品划分为八大类:即无机化学产品

2 化工设计与测绘

和化学原料；聚合物、合成橡胶、塑料和化学纤维；油漆、颜料材料和产品；合成染料和有机中间体；有机合成产品（石油产品、炼焦产品和木材化学产品）；化学试剂和高纯物质；药品和化学制品；工业橡胶制品和工业石棉制品。

3. 中国工业分类法

化学工业一般理解为包括石油化学工业在内的生产部门。化学工业的产品包括酸碱、无机盐、基本有机原料、合成橡胶、塑料、合成纤维、农药、染料、涂料和颜料、试剂、感光材料橡胶制品、新型合成材料等，即称之为“大化工”。中国化学工业可按三种方式分类，第一种是不受现行管理体制的局限，将化工产品分成十九大类，该分类方式与国外化学工业的可比性较大；第二种是与上述产品基本相对应的行业分类，将化学工业分为二十个行业；第三种是国家统计部门在统计工作中对我国化工行业的分类，将化学工业分为十一个行业，较为粗略，但与国际上的较通行分类接近，如表 1-1 所示。

表 1-1 化工产品分类表

序号	按产品分类	按行业分类	统计部门的分类
1	化学矿	化学矿	基本化学原料制造业
2	无机化工原料	无机盐	化学肥料制造业
3	有机化工原料	有机化工原料	化学农药制造业
4	化学肥料	化学肥料	有机化学品制造业
5	农药	化学农药	合成材料制造业
6	高分子聚合物	合成纤维单体	日用化学产品制造业
7	涂料、颜料	涂料、颜料	其他化学工业
8	染料	染料和中间体	医药工业
9	信息用化学品	感光 and 磁性材料	化学纤维工业
10	试剂	化学试剂	橡胶制品业
11	食品和饲料添加剂	石油化工	塑料制品业
12	合成药品	化学医药	
13	日用化学品	合成树脂和塑料	
14	胶黏剂	酸、碱	
15	橡胶和橡塑制品	合成橡胶	
16	催化剂和助剂	催化剂、试剂和助剂	
17	火工产品	煤化工	
18	其他化学产品	橡胶制品	
19	化工机械	化工机械	
20		化工新型材料	

二、化学工业的特点

由于化工过程生产技术的特殊性，以及化学工业在国民经济中的作用，决定了化学工业具有许多不同于其他工业部门的特点。

1. 装置型工业

化工生产过程通常是在若干种设备构成的整套装置中进行的，生产装置的投资额占总投资的比例很大。一般化工装置投资是生产能力的 0.6~0.7 次方倍，因而，具有装置的规模经济性。对改、扩建或新建化工企业均有必要进行规模分析。

2. 资金密集型工业

化工产品的生产是由一整套装置实现，决定了化学工业是资金密集度较高的工业。除了一次性投资很高外，由于多数化工产品的生产工艺流程较长，流动资金的占用时间也长。此外，化工生产过程往往涉及高温、高压、低温、真空以及较强的腐蚀性等苛刻条件，每年必须花费的设备维修费也常常高于其他工业。

3. 知识密集型工业

化工产品品种繁多,原料路线和工艺技术的多样性及复杂性,特别是化工生产朝着自动化程度更高的生产过程发展,这就要求具有高度的知识和技术密集。国民经济的迅速发展,要求化学工业提供品种更加广泛、性能更为优良和质量更好的化工产品,这就对技术和知识提出了更高的要求。知识的扩大、产品和技术的更新速度,均超过许多其他的工业部门。

4. 高能耗、资源密集型工业

能源不仅是化工生产中的动力,也是重要的原料。化学工业的能源消耗仅次于冶金工业,而耗电量则居首位。例如20世纪70年代的日本,化学工业总产值占全部工业总产值的9.4%,而能耗却占13.3%。在我国,化学工业总产值占全部工业总产值的10.8%(1980~1985),而能耗却占20%。在化工生产中,原材料费用约占产品成本的60%~70%,其中大部分原料是自然资源。化学工业,特别是基本化学工业的发展,受到资源和能源供应的约束。因而,如何根据能源和资源合理地配置来发展化学工业,是一个很重要的问题。

5. 多污染工业

化学工业是产生污染最多的部门之一。化工生产过程的中间产物多,副产物也多,可能导致的有害物质排放也相应增多。有一些作为工业原料的化工产品本身对人体健康和生态环境也是有害的,处理不当将对人类和生态环境产生严重的影响。化工建设项目必须与相应的污染治理工程同步进行,才能获得批准和实施。防止和治理污染是化学工业面临的重要问题,也是化学工业可持续发展必须解决的重要课题。

三、化学工业的地位

化学工业与国民经济各部门有着密切的联系,在国民经济中占有十分重要的地位。它的影响涉及农业、工业和国防,它的产品与人们的日常生活息息相关。

化学工业为现代农业的发展提供了十分重要的物质条件。化学肥料、农药、农用除草剂、植物生长剂、饲料添加剂、农用薄膜等已成为现代农业必不可少的生产资料。

化学工业为其他的工业部门提供了大量的基本原料和材料。化学合成纤维、染料、纺织助剂等均是纺织工业的基本原料。化学工业生产的塑料、合成橡胶和其他合成材料,也是许多工业部门必需的基本原材料。半导体材料、磁记录材料、感光材料和其他特殊功能材料等,为现代科技的发展提供了重要的基础条件。

化学工业也直接和间接地提供了国防所需的物质条件,如新型的导弹推进剂、大型运载火箭的燃料等。许多化学工业的产品,例如药品、洗涤用品、化妆品、食品添加剂、涂料、颜料和油漆等已成为人们日常生活中不可缺少的必需品。

可以说,没有现代化学工业,就没有现代的社会生活。当今世界面临人口膨胀、资源匮乏和环境污染日益严重的问题,需给不断增长的人口提供足够的食物、衣着和其他物质,提供更好的医药和保健物品。这些都需依赖于化学工业的发展。

化学工业的发展水平已经成为衡量一个国家综合国力的重要标志之一,为适应整个国民经济发展,化学工业必须保持较高的发展速度,同时节能减排是新工艺新技术的重点研究方向,低碳经济成为当今全球共识,按照科学发展观,认真研究和处理好化学工业中的设计问题,对化学工业乃至对整个社会的经济效益和发展都有重要的意义。

第二节 化工设计概述

一、化工设计的意义和作用

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)全部用工程制图的方法,描

绘成图纸、表格及必要的文字说明，也就是把工艺流程、技术装备转化为工程语言的过程。它是通过设计人员运用各种手段，通过大脑的创造性劳动，将人们的要求变为现实生产的第一步。它属于科学技术，是生产力的一部分。

随着化学工业的快速发展，化工产品已经无所不在、无处不有。因此化工设计的任务越来越重。其一，在化工生产中，通过运用化工设计方面的知识和方法，可以实现对化工厂（车间）的改建和扩建，对单元操作设备或整个装置进行生产能力标定和技术经济指标评定；对工艺流程进行评价；发现薄弱环节和不合理现象以及挖掘生产潜力等。其二，在科学研究中，从小型试验到中试，以至投入工业生产，都离不开设计。其三，在基本建设中，设计是基本建设的首要环节，是现场施工的依据。从单个设备到全套装置，从一个小型化工厂（车间）到大型石油化工企业，它们在建设施工之前都必须先搞好工程设计。要想建成一个质量优良、水平先进的化工装置，重要的先决条件是要有一个高质量、高水平的设计。提高设计的质量和速度对基本建设事业的发展起着关键性的促进作用。

从近代石油化学工业发展过程来看，科学研究工作日益占有重要地位。而要使科学研究成果转变成生产力，即实现工业化，必须把科研与设计紧密结合起来进行新工艺、新产品以及新设备等的开发工作。

总之，化工设计对新厂（车间或装置）建设，老厂改造，新产品放大试验或中试装置建立都具有极其重要的作用。也可以说，设计是生产的前导，是科研成果转化为工业化大生产的必经途径。

二、化工设计的特点

化工产品生产与其他产品生产一样，都具有一整套生产过程，使得化工设计也具有般工程设计的共同点，但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

化工设计工作的整个过程都必须遵循国家的各项有关方针政策和法规：从我国国情出发，充分利用人力和物力资源；确保安全生产；保护环境不被污染；保障良好的操作条件，减轻工人的劳动强度。

2. 技术性强

化工生产的操作条件多在高温、高压或低温、真空中进行，处理的物料多具有腐蚀性；且化学反应中副产物较多，这些对于设备材料的选用、设备防腐和分离方法上都提出了更高的技术要求，需要设计者尽力采用国内外最新技术成果，提高设计水平。

3. 经济性强

化工生产过程大都较为复杂，所需原材料种类多，能量消耗大，因而基建费用高。对此，化工设计人员要有经济观点，在确定生产方法、设备选型、车间布置、管路布置时都要认真进行技术经济分析，重视经济效果，达到技术上先进，经济上合理。

4. 综合性强

化工设计内容涉及面广，尤其对大型化工企业的生产过程更显现出化工设计综合性强的特点。一般情况，一个化工工程项目的设计包括：工艺、机械、自动控制、电气、运输、土建、采暖、给排水、“三废”处理及技术经济等多种专业。为了完成此项设计，要求各专业之间紧密合作，协同配合，其中化工工艺设计贯穿全过程，并组织协调各专业设计工作，发挥主要作用。

作为化工设计工作者，要想使设计体现上述特点，必须具有扎实的理论基础，丰富的实践经验，熟练的专业技能和运用电子计算机、模型设计等先进设计手段的能力。这样，才有可能作出高质量的化工设计。

三、化工设计的发展趋势

化工设计的发展趋势与石油化学工业技术的发展有直接关系。就石油化工技术而言,从技术角度看,由于新型催化剂的研制,化学工程原理与技术水平的提高,化工机械制造水平的提高,电子计算机的广泛应用,使石油化工生产技术出现了新的局面,实现了化工装置规模化、连续化、自动化、系统最优化等。与此同时,化工设计水平也有了极大的提高,多表现在化学工程与化工系统工程学理论的广泛运用。它一方面指导设计与科研的有机结合大大加快了过程开发的速度;另一方面还大大提高了设计质量,使设计的化工装置能在最佳状态下运转。因而,对资源、能源的利用更趋合理,经济效果十分显著。

设计技术水平提高的另一个重要标志是电子计算机的广泛应用。由于在化工设计的各个环节、各个专业领域中普遍使用了计算机,从而大大加快了设计的速度,保障了设计的质量,使先进的技术理论得以应用。除此之外,像模型设计的推广应用,标准化、定型化工作的进展等,也体现了设计水平的提高。所以说,设计工作的现代化也必将推动科学技术的现代化。

目前,我国的化工设计技术水平与国外先进水平相比还有差距。虽然在某些方面进行了改革与更新,但普及与应用水平不高。还需要在设计与科研的结合上加大力度,在设计队伍的建设上,加强理论学习与计算机技术的掌握,分工要专业化,加强设计数据库、程序库、计算机网络、情报资料、标准化、改革设计工具、模型化等工作。

化工设计的知识和技能,不仅专门从事化工设计的人员需要学习和掌握,而且,对从事化工生产、科学实验和技术管理方面的人员,也同样需要具备。因此,化工工艺类专业的学生,学习并掌握一定的化工设计方面的基础知识是非常必要的。对学生进行化工设计方面的基本训练,有助于培养学生综合运用多学科基础理论,联系生产实际,提高学生查阅文献资料、收集和整理数据的能力,有助于提高学生的运算能力和设计绘图能力。总之,经过初步训练,具有一定的化工设计能力,在从事生产、基建、科研和管理等方面发挥出更好的作用。

四、CAD 在化工过程设计中的应用

目前,CAD (Computer Aided Design) 技术已贯穿于化工设计的全过程并覆盖了各个专业,不仅用于数学计算和绘图,而且用于材料统计、碰、撞、缺、漏检查等工作。从而引起设计体制、组织机构、专业划分、设计管理上的变革,取得了可喜的成果,并仍在不断地发展。

1. 计算机辅助化工过程设计

化工过程设计是工厂设计的出发点、基础和核心,它按照原料品种和生产规模计算出单位产品的能源、原料、辅料的消耗量,副产品的品种和数量及排污量等。因此,过程设计一直被国内外化工界人士所重视。辅助化工过程设计用的软件发展十分迅速,单元操作模型种类齐全、功能强,有物流分割和混合、闪蒸、多级精馏、换热、反应、固体物处理、泵与压缩机等 95 种。序贯模块法和联立方程求解法可拼接各种工艺流程,供用户选用。目前,辅助过程设计软件包括 ASPEN PLUS、PRO/II 和 ECSS 等。

物性数据丰富多样,有元素、有机化合物、电解质溶液、聚合物、燃烧物等物性数据,多种状态方程用二元参数,此外,还备有接口可访问 25 万组汽-液和液-液相平衡常数。计算超临界物性、超额焓等热力学物性的状态方程常用的有十几个,而且还在不断地推出新的状态方程供用户选用。因为这些方法解决了手工不能计算的难题,速度快,结果精确,故早已被设计人员认同为得力助手。

除了流程模拟之外,还有优化、人工智能、专家系统、网络、夹点技术、集成/综合等技术可作方案优选或优化。

2. 计算机辅助装置设计

由于世界范围内的资源、能源、资金较紧缺,要求化工装置设计速度快、质量和水平高、投

资少。于是 CAD 技术便迅速发展并普遍被采用。

目前,国内外应用较多的辅助装置设计软件有 Intergraph 公司的 PDS, CAD Center 公司的 PDMS, CV 公司的 DDM 和 Caddss, Microstation, Autoplant, CAD Pipe 等软件包。

(1) 二维设计软件 二维设计是以点、线在 X-Y 平面上制图纸。如带控制点的流程图、化工设备的零件图和总装图、配电原理图、总平面布置图和土建的结构图等。

(2) 三维设计软件 为了使所设计的装置真实地显示在屏幕上,便于审视和检查设计上有无差错,因此,要用三维软件建立装置模型。

① 线框式三维设计软件。此种软件是 20 世纪 80 年代初应用较普遍的一种软件,它是以点、线、棱等基本几何元素来建立三维装置模型,提供线框设计能力、制图工具、截面分析、预置的或用户设置的三维坐标体系,参量部件建模,隐藏线消除,设备配置,以及与干扰检查、应力分析软件的接口,用以完成装置设计。

② 三维实体模型设计软件。在 20 世纪 80 年代中期,英国 CAD Center 公司和美国 Intergraph 公司先后推出了三维实体装置设计软件,在技术上比线框式设计软件有较大提高,很快在欧美、日本、中国等许多国家和地区普遍采用,它们能完成大型复杂的化工装置的设计,有完美的真三维实体建模,碰、撞、缺、漏检查,绘图标注,高效完成轴侧图和材料统计,以及消除隐藏线、光照、渲染等功能。

③ PDS 软件支持三级数据库。即工程数据库,计数据库和主数据库,还备有接口程序可与 ISOGEN、Compipes、ASPEN PLUS 及 Rand Micas 等软件联合运行,能完成带控制点的流程图、仪表检索、仪表回路图、设备布置及设备数据表、建筑结构三维模型、管道三维模型、轴侧图和材料统计、暖风和电缆槽架方面的设计。还有 Design Review 和 Plant Review 软件进行装置模型内的漫游和动画功能。

④ PDMS 软件有较强的建库、校核、管理和数据传送功能,完备的三维建模,丰富的绘图标准,高效完成轴侧图和材料表等功能。

近年来, CAD Center 公司又利用 SGI 工作站的高速图形功能发展了 Review 软件,从 PDMS 的数据库中取出全部或部分装置电子模型,以渲染的三维图像动态显示。还可以设置“模型人”在装置模型中任意穿行,用来审查设计模型,出现问题即时改正,并可立即看到修改结果。

此外,场地工程、总图运输、土建、设备及公用工程等也有专门的 CAD 软件供设计时使用,它们已经成为化工厂设计中不可缺少的工具和手段。

应用 CAD 技术改变了传统的手工方法,如过去先做物料和热量衡算,再考虑公用工程系统的设计,而 CAD 技术可以把三者结合同时计算,减少了浪费,物料和热量各尽其用。手工计算依赖于图表数据,而今,用计算机可对过去不能手工计算的超临界物性和超额焓等均可快速计算出精确度较高的结果。

设计质量提高更是显而易见,过去人工统计材料,误差较大,用 CAD 技术后,精确度大大提高而且十分快捷。例如某乙烯装置设计用计算机统计材料,仅就直径 200mm 以上的特种钢管道为例,总长约 10000m (统计结果),按照此数据备料,施工结束后仅多余十多米,这是人工统计无法比拟的。另外, CAD 技术代替了工程师们绘图的工作,使他们有更多的精力去考虑技术问题,机器绘图既快又好,写出的文字又快又工整,设计效率平均提高 50% 以上。

第三节 化工生产的危险性及安全设计概述

化工生产的危险性表现为燃烧性、爆炸性、毒性、腐蚀性、高温高压及低温等,火灾危险性分为甲、乙、丙、丁、戊类,爆炸分 0、1、2 区和附加 2 区,职业性接触毒物危害程度分 I、II、III、IV 级,金属耐腐蚀性分六类十级。化工企业(或装置)按《建筑设计防火规范》、《石油化工企业设计防火规范》、《化工厂总图设计规范》进行安全设计,并进行《消防设计专篇》和

《安全设施设计专篇》。

一、燃烧性和火灾危险性分类

1. 基本概念

(1) 燃点 燃点是指可燃物质加温受热并点燃后，所放出的燃烧热能使该物质挥发足够量的可燃蒸气来维持燃烧的继续。此时加温该物质所需的最低温度即为该物质的“燃点”，也称“着火点”。物质的燃点越低，越容易燃烧。

(2) 闪点 闪点是指可燃液体挥发出来的蒸气与空气形成的混合物，遇火源能够发生闪燃的最低温度。

(3) 自燃点 自燃点是指可燃物质达到某一温度时，与空气接触，无需引火即可剧烈氧化而自行燃烧，发生这种情况的最低温度。

(4) 引燃温度 引燃温度是指按照标准试验，引燃爆炸性混合物的最低温度。

(5) 易燃物质 易燃物质指易燃气体、蒸气、液体和薄雾。

(6) 易燃气体 是指以一定比例与空气混合后形成的爆炸性气体混合物的气体。

(7) 易燃或可燃液体 是指在可预见的使用条件下能产生可燃蒸气或薄雾，闪点低于 45℃ 的液体称易燃液体；闪点大于或等于 45℃ 而低于 120℃ 的液体称可燃液体。

(8) 易燃薄雾 是指弥散在空气中的易燃液体的微滴。

(9) 火灾危险环境 存在火灾危险物质以致有火灾危险的区域。

2. 可燃气体的火灾危险性分类

《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 中对可燃气体的火灾危险性分类见表 1-2，可燃气体的火灾危险性分类举例见表 1-3。

表 1-2 可燃气体的火灾危险性分类

类 别	可燃气体与空气混合物的爆炸下限
甲	<10%(体积分数)
乙	≥10%(体积分数)

表 1-3 常见可燃气体的火灾危险性分类举例

类 别	名 称
甲	乙炔,环氧乙烷,氢气,合成气,硫化氢,乙烯,氰化氢,丙烯,丁烯,丁二烯,顺丁烯,反丁烯,甲烷,乙烷,丙烷,丁烷,丙二烯,环丙烷,甲胺,环丁烷,甲醛,甲醚,氯甲烷,氯乙烯,异丁烷
乙	一氧化碳,氨,溴甲烷

3. 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

《石油化工企业设计防火规范》GB 50160 中对液化烃、可燃液体的火灾危险性分类见表 1-4，液化烃、可燃液体的火灾危险性分类举例见表 1-5。

表 1-4 液化烃、可燃液体的火灾危险性分类

类 别	名 称	特 征
甲	A	液化烃
	B	15℃时的蒸气压力>0.1MPa 的烃类液体及其他类似的液体
乙	A	甲 A 类以外,闪点<28℃
	B	闪点≥28℃至≤45℃
丙	A	闪点>45℃至≤60℃
	B	闪点≥60℃至≤120℃
		闪点>120℃