



高职高专“十一五”规划教材

化工基础 概论

HUAGONG JICHU
GAILUN

沈发治 主编
秦建华 主审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

化工基础概论

沈发治 主编

秦建华 主审

1. 化工三废污染的特点有哪些?
2. 化工三废的防治途径有哪些?
3. 废气的常用处理方法有哪些?
4. 请画出氧化铁脱硫工艺流程图并说明其工作原理。
5. 什么是废水的好氧生物处理?
6. 什么是活性污泥法?
7. 简述化工废渣处理的技术原则。
8. 增塑生产的定义和基本内容?
9. 化工增塑生产的特征?如何控制化工增塑生产?

附录 I (CIP) 数据

化学工业出版社, 北京, 2007.7

ISBN 978-7-122-00730-7

定价: 20.00元

化学工业出版社, 北京, 2007.7

ISBN 978-7-122-00730-7

定价: 20.00元

化学工业出版社, 北京, 2007.7

ISBN 978-7-122-00730-7

定价: 20.00元

化学工业出版社

化学工业出版社

化学工业出版社

化学工业出版社, 北京, 2007.7

化学工业出版社, 北京, 2007.7

化学工业出版社, 北京, 2007.7

化学工业出版社, 北京, 2007.7



化学工业出版社

化学工业出版社, 北京, 2007.7

· 北京 ·

本书全面概述了化工生产单元过程、典型无机化工产品生产技术、石油及重要石油化工产品生产过程及应用、精细化工产品综合介绍、化工安全及环保等方面的基本知识和技术。

本书为高职高专院校非化工类专业学习化工基本知识的基础教材,也可供化工行业生产、营销及企业管理的人员学习和参考。

化学工业基础

主编 邵发治
审主 李发泰

图书在版编目(CIP)数据

化工基础概论/沈发治主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-00779-7

I. 化… II. 沈… III. 化学-高等学校:技术学院-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 096707 号

责任编辑:张双进 窦臻
责任校对:宋夏

装帧设计:韩飞

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17¼ 字数438千字 2007年8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:28.00元

版权所有 违者必究

前 言

化学工业是指生产过程中化学方法占主要地位的制造工业，它是通过化工生产技术将原料转化为化学产品的工业。它是为满足人类生活和生产的需要而发展起来并随其生产技术的进步不断地推动着社会的发展。

化学工业的产品种类多、数量大、用途广，与国民经济各行业紧密相关，为工农业、交通运输、国防军事、航空和信息等技术领域提供各类基础材料、结构及功能材料、能源和丰富的必需化学品，保证并促进了这些部门的发展和技术进步。化学工业与人类生活更是息息相关，从衣、食、住、行、医疗等物质生活到文化艺术等精神生活都离不开化工产品。

化学工业包含的内容范围非常广泛，从历史悠久的无机化工到后来兴起的有机化工，近几十年来石油化工的发展更是方兴未艾。当前随着科技的发展和人民生活需求的提高，精细化工和生物化工的发展已显示出强大生命力。

正是因为化工与国民经济各行业紧密相关，因此，对化工知识的熟悉与掌握不仅是从事化工科研、生产行业的人员不可或缺的，其他非化工专业的从业人员也同样需要掌握其基本知识和技能，以适应形势发展的需要。出于这个目的，我们编写了这本全面介绍化工基础知识的教材。

本书主要针对以石油化工行业为平台或与化工行业密切相关的进行技能型人才培养的高等职业院校，是适合于非化工工艺类专业学生学习的一门化工基础课教材。

本教材遵循化工知识教学和学习规律，按照“掌握基本知识，注重应用联系，辅以能力培养”的目的，讲述化工基础知识。本教材内容共分五篇（17章），由扬州工业职业技术学院教师共同编写。编写分工如下：绪论，沈发治编写；第1章流体流动与输送，王卫霞编写；第2章非均相物系的分离与设备，封娜编写；第3章传热与换热器，周寅飞编写；第4章气体吸收，印建和编写；第5章蒸馏与精馏，王卫霞编写；第6章干燥，封娜编写；第7章化学反应器，印建和编写；第8章合成氨，张华编写；第9章典型氨加工产品，华丽编写；第10章硫酸，华丽编写；第11章纯碱与烧碱，徐红编写；第12章石油与石油加工，谢伟编写；第13章重要石油化工原料与产品，夏德阳、王富花编写；第14章高分子聚合材料，沈发治编写；第15章精细化工产品综述，由高庆、陈华进、郭双华编写；第16章化工安全，徐斌编写；第17章环境保护，徐忠娟编写；全书由沈发治统稿，华丽参与校核，由秦建华主审。

书中带“*”的内容，各学校可以根据教学目标及要求安排选讲。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，诚望专家和读者指教。

编 者
2007年6月

目 录

绪论	1	0.4 化工生产的基本单元过程	3
0.1 化学工业概貌	1	0.5 现代化学工业特点与要求	4
0.2 化学工业的发展简史	1	0.6 本课程的性质、任务、主要内容和 学习方法	4
0.3 化学工业在国民经济中的地位与 作用	2	思考题	5
第1篇 化工生产单元过程			
第1章 流体流动与输送	6	3.1 传热在化工生产中的应用	24
1.1 流体流动、流量和流速	6	3.1.1 概述	24
1.1.1 流体流动	6	3.1.2 传热过程	25
1.1.2 流量	6	3.2 传热方式	26
1.1.3 流速	7	3.2.1 热传导	26
1.2 流体的流动阻力	7	3.2.2 对流传热	26
1.2.1 流体在管内流动阻力的 计算	7	3.2.3 辐射传热	27
1.2.2 流体的两种流动形态——层流 和湍流	7	3.3 间壁式换热器的传热速率方程及 应用	27
1.2.3 直管阻力的计算	8	3.3.1 传热速率方程及应用	27
1.2.4 局部阻力的计算	9	3.3.2 强化传热的途径	29
1.2.5 减小流动阻力的途径	10	3.4 间壁式换热器	30
1.3 流体输送机械	11	3.4.1 换热器分类	30
1.3.1 液体输送机械	11	3.4.2 常见间壁式换热器的介绍	31
1.3.2 气体输送机械与压送机械	13	3.4.3 管壳式换热器的设计和 选用	34
思考题	14	3.4.4 传热过程的强化措施	35
第2章 非均相物系的分离与设备	15	3.4.5 其他强化换热器的类型	35
2.1 常见非均相物系的分离方法及 应用	15	思考题	38
2.2 气-固分离	15	第4章 吸收	39
2.2.1 降尘室	15	4.1 吸收操作在工业生产中的应用	39
2.2.2 旋风分离器	16	4.2 吸收操作分类及吸收剂的选择	39
2.3 液-固分离	17	4.2.1 吸收操作分类	39
2.3.1 沉降设备	17	4.2.2 气体在液体中的溶解度	40
2.3.2 过滤设备	19	4.2.3 吸收剂的选择	41
2.3.3 湿式除尘设备	21	4.3 吸收设备及其操作	41
2.3.4 静电除尘器	22	4.3.1 填料塔结构	41
思考题	22	4.3.2 填料	42
第3章 传热与换热器	24	4.3.3 填料塔附件	44
		4.3.4 填料塔与板式塔的特性	

比较	46
4.3.5 实际生产中的吸收操作 流程	47
4.3.6 操作工艺条件	48
思考题	49
第5章 蒸馏与精馏	50
5.1 蒸馏操作在化工生产中的应用 ...	50
5.1.1 蒸馏及其应用	50
5.1.2 蒸馏操作的分类	51
5.2 蒸馏方式	52
5.2.1 平衡蒸馏	52
5.2.2 简单蒸馏	52
5.2.3 精馏	52
5.3 精馏设备	55
5.3.1 板式塔的结构和类型	55
5.3.2 填料塔的结构	57
思考题	57
第6章 干燥	58
6.1 固体物料的去湿方法	58
6.2 干燥过程的分类	58

第2篇 典型无机化工产品

第8章 合成氨生产	81
8.1 原料气的生产	81
8.1.1 固体燃料气化法	81
8.1.2 烃类蒸汽转化法	83
8.1.3 重质烃部分氧化法	83
8.2 原料气的净化	84
8.2.1 脱硫	84
8.2.2 一氧化碳变换	84
8.2.3 脱碳	85
8.2.4 原料气的精制	86
8.3 氨的合成、分离及工艺流程	86
8.3.1 氨合成理论基础	86
8.3.2 氨的合成与分离工艺流程 ...	88
8.3.3 合成塔	89
8.4 合成氨全流程	90
8.4.1 以煤为原料合成氨的全 流程	90
8.4.2 以天然气等气态烃为原料二 段转化法流程	90
8.4.3 以重油为原料生产合成氨的	

6.3 对流干燥过程的分析	59
6.3.1 对流干燥过程	59
6.3.2 对流干燥过程的物料衡算 ...	60
6.4 工业上常见的干燥器	61
6.4.1 厢式干燥器	62
6.4.2 气流干燥器	62
6.4.3 沸腾床干燥器	63
6.4.4 喷雾干燥器	63
6.4.5 转筒干燥器	64
思考题	65
第7章 化学反应器	66
7.1 化学反应器及要求	66
7.2 化学反应器分类	66
7.3 典型化学反应器	67
7.3.1 釜式反应器	67
7.3.2 管式反应器	70
7.3.3 固定床反应器	71
7.3.4 流化床反应器	75
思考题	80

原则流程	91
思考题	91
第9章 典型的氨加工产品	93
9.1 碳酸氢铵	93
9.1.1 碳酸氢铵的性质和用途	93
9.1.2 碳酸氢铵的生产原理	93
9.1.3 碳酸氢铵生产的工艺流程 ...	94
9.2 尿素	95
9.2.1 尿素的性质与用途	95
9.2.2 尿素的合成原理	96
9.2.3 全循环法生产尿素的工艺 流程	96
9.3 硝酸	97
9.3.1 稀硝酸的生产	97
9.3.2 浓硝酸的制造	101
思考题	102
第10章 硫酸	103
10.1 硫酸及其生产方法	103
10.1.1 硫酸的用途和产品规格 ...	103
10.1.2 硫酸的生产方法	103

10.2 硫铁矿制取二氧化硫炉气	104
10.2.1 焙烧原理及焙烧工艺	104
10.2.2 沸腾焙烧炉及焙烧过程	105
10.3 炉气净化	106
10.3.1 净化的目的和指标	106
10.3.2 净化原理及设备	106
10.3.3 净化流程	106
10.4 二氧化硫的催化氧化	107
10.4.1 二氧化硫的催化氧化理论 基础	107
10.4.2 催化氧化工艺条件	109
10.4.3 二氧化硫催化氧化的设备 和流程	110
10.5 三氧化硫的吸收	111
10.5.1 吸收成酸	111
10.5.2 冷凝成酸	112
10.6 接触法生产硫酸的全流程及能 量利用和技术经济指标	112
10.6.1 接触法生产硫酸的全 流程	112
10.6.2 能量利用和技术经济 指标	113
10.7 硫酸生产三废治理	113
思考题	114

第3篇 石油及石油化工产品

第12章 石油与石油加工	125
12.1 石油及油品分类	125
12.1.1 石油及其组成	125
12.1.2 油品的分类及使用	125
12.2 原油的热加工	128
12.2.1 原油的预处理	128
12.2.2 蒸馏	129
12.2.3 原油的热加工过程	130
12.3 石油馏分的催化加工	132
12.3.1 催化裂化	132
12.3.2 催化重整	133
12.3.3 加氢裂化	135
思考题	136

第13章 重要石油化工原料及产品

13.1 甲醇和甲醛	137
13.1.1 甲醇	137

第11章 纯碱与烧碱	115
11.1 纯碱的性质、用途及工业生产 方法	115
11.1.1 纯碱的性质和用途	115
11.1.2 纯碱的生产方法	115
11.2 氨碱法生产纯碱	116
11.2.1 石灰石的煅烧	116
11.2.2 石灰乳的制备	117
11.2.3 氨盐水的制备	117
11.2.4 氨盐水的碳酸化	118
11.2.5 重碱的过滤和煅烧	119
11.2.6 氨的回收	120
11.3 联合法生产纯碱和氯化铵	121
11.3.1 联合制碱法的基本原理	121
11.3.2 联合制碱法的流程	121
11.4 电解法生产烧碱	122
11.4.1 烧碱的性质及用途	122
11.4.2 电解法生产烧碱的基本 原理	122
11.4.3 隔膜法电解工艺流程	122
11.4.4 离子交换膜法电解工艺 流程	123
思考题	123

13.1.2 甲醛	140
13.2 石油烃裂解制烯烃	141
13.2.1 裂解过程化学反应原理	142
13.2.2 裂解工艺条件	143
13.2.3 烃类裂解的工艺流程	144
13.2.4 裂解产物的急冷操作	145
13.2.5 裂解气分离	145
13.3 乙烯及其衍生物	147
13.3.1 乙烯	147
13.3.2 环氧乙烷、乙二醇	148
13.3.3 氯乙烯	150
13.3.4 乙醛	151
13.3.5 醋酸	152
13.3.6 醋酸乙烯(酯)	154
13.3.7 乙醇	154
13.4 丙烯及其衍生物	154

13.4.1	丙烯	154
13.4.2	丙烯腈	155
13.4.3	丙酮、苯酚	158
13.4.4	正丁醇	159
13.5	芳烃的生产	160
13.5.1	芳烃的性质和用途	160
13.5.2	芳烃的来源	160
13.5.3	芳烃的转化	163
13.6	重要副产物的综合利用	165
13.6.1	石油重芳烃	165
13.6.2	二甘醇和三甘醇的综合利用	167
思考题		168

第14章 高分子聚合材料 170

14.1	聚合物概念	170
14.1.1	高分子及高聚物材料	170
14.1.2	聚合物名称	170
14.1.3	聚合物分类	171
14.1.4	有关高分子合成的基本	

* 第4篇 精细化工产品概述

第15章 精细化工产品概述 190

15.1	精细化工简介	190
15.1.1	精细化工产品的分类	190
15.1.2	精细化工的特点	191
15.1.3	精细化工在国民经济中的作用	192
15.1.4	精细化工的发展趋势	193
15.2	无机精细化学品	194
15.2.1	无机精细化学品简介	194
15.2.2	无机精细化学品生产工艺概述	195
15.2.3	无机精细化工的发展趋势和重点	198
15.3	表面活性剂与洗涤剂	198
15.3.1	表面活性剂	198
15.3.2	洗涤剂	201
15.4	涂料和胶黏剂	203
15.4.1	涂料	203
15.4.2	胶黏剂	207
15.5	香料和化妆品	212

概念	171
14.1.5 高分子聚合实施方法	172
14.1.6 聚合物的性质	173
14.2 塑料	175
14.2.1 塑料的分类与性能	175
14.2.2 塑料的成型加工方法	176
14.2.3 热塑性塑料	177
14.2.4 热固性塑料	180
14.2.5 工程塑料	181
14.3 橡胶	181
14.3.1 橡胶分类	181
14.3.2 橡胶制品的原材料及加工工艺	182
14.3.3 各种合成橡胶简介	183
14.4 合成纤维	185
14.4.1 纤维的分类	186
14.4.2 纤维加工过程	186
14.4.3 重要合成纤维简介	187
思考题	189

15.5.1	香料	212
15.5.2	化妆品	214
15.6	合成材料加工助剂	216
15.6.1	概述	216
15.6.2	增塑剂	217
15.6.3	抗氧化剂	217
15.6.4	阻燃剂	217
15.6.5	抗静电剂	218
15.6.6	发泡剂	218
15.6.7	热稳定剂和光稳定剂	218
15.7	其他精细化学品	219
15.7.1	食品添加剂	219
15.7.2	水处理助剂	219
15.7.3	有机染料和颜料	219
15.7.4	功能高分子材料	220
15.7.5	催化剂	220
15.7.6	油墨	220
15.7.7	电子信息材料	221
思考题		221

* 第5篇 化工安全与环保

第16章 化工安全与环保	222	16.5.3 锅炉运行的安全管理	247
16.1 化工生产危险源和危险物质	222	16.6 电气安全与静电防护技术	249
16.1.1 重大危险源及范围	222	16.6.1 电气安全基本知识	249
16.1.2 化学危险物质	223	16.6.2 电气安全技术措施	251
16.1.3 化学危险物质的运输		16.6.3 触电急救	252
安全	224	16.6.4 静电防护技术	254
16.2 防火防爆技术	225	16.6.5 防雷技术	258
16.2.1 燃烧类型	225	思考题	260
16.2.2 爆炸的分类	226	第17章 化工与环境保护	262
16.2.3 点火源的控制	226	17.1 化学化工的发展与环境保护	262
16.2.4 火灾爆炸危险物质的		17.1.1 人类与环境	262
处理	228	17.1.2 化工与环境污染	262
16.2.5 消防安全	229	17.1.3 化工污染的防治途径	264
16.3 工业防毒技术	231	17.2 工业废水、废气及其处理	265
16.3.1 工业毒物及其分类	231	17.2.1 废气的处理和利用方法	265
16.3.2 工业毒物的毒性	232	17.2.2 废水的净化和利用	267
16.3.3 工业毒物的危害	234	17.2.3 固体废物(废渣)的净化和	
16.3.4 综合防毒措施	234	利用	270
16.4 压力容器安全技术	237	17.3 化学工业的可持续性发展	271
16.4.1 压力容器的分类	237	17.3.1 实现化学工业可持续性发	
16.4.2 压力容器的安全附件	238	展的措施	271
16.4.3 压力容器安全使用	240	17.3.2 清洁生产是化学工业实现可	
16.4.4 气瓶的安全技术	241	持续发展的重要途径	272
16.5 工业锅炉安全技术	245	思考题	273
16.5.1 锅炉安全附件	245	参考文献	274
16.5.2 锅炉水质处理	246		

绪 论

0.1 化学工业概貌

化学工业是指生产过程中化学方法占主要地位的制造业，它是通过化学工艺（即化工生产技术）将原料转化为化学产品的工业。它是为满足人类生活和生产的需要发展起来的、并随其生产技术的进步不断地推动着社会的发展。

化学工业的产品种类多、数量大、用途广，与国民经济各行业紧密相关，它为工农业、交通运输、国防军事、航空和信息等技术领域提供了各类基础材料、结构及功能材料、能源和丰富的必需化学品，保证并促进了这些部门的发展和技术进步。化学工业与人类生活也息息相关，从衣、食、住、行、医疗等物质生活到文化艺术等精神生活都离不开化工产品。

化学工业既有生产资料的生产，又有生活资料的生产，范围很广。习惯上将化学工业分为无机化学工业和有机化学工业。无机化学工业是传统的化学工业，从古老的制陶、炼丹、炼铜、调味品等开始，发展到后来的酸、碱、盐、氨等各种元素化合物。有机化学工业主要指含碳架结构物质的生产制造。如果按产品划分，化学工业可分为化肥、染料、农药、日用化学品、合成化学材料、医药、化学纤维、橡胶制品、塑料制品、化学试剂等行业；而按使用原料则可分为矿石化工、无机盐化工、煤化工、天然气化工、石油化工、生物化工等类别。

当今以煤、石油、天然气为原料生产化工原料和产品已成为主要的有机化工产业链，并将其归类为石油化学工业。这是一个庞大而复杂的工业部门，其产品有数千种之多。主要包括基本有机化工、有机化工和高分子加工三大生产过程。基本有机化工生产过程是以原料油炼制加工制得三烯（乙烯、丙烯、丁烯）、三苯（苯、甲苯、二甲苯）、乙炔和萘等基本有机原料。有机化工是在“三烯、三苯、乙炔、萘”的基础上，通过各种合成步骤制得醇、醛、酮、酸、酯、醚、腈类等有机原料。高分子化工生产过程则是在有机原料的基础上，经过各种聚合、缩合步骤制得合成纤维、合成塑料、合成橡胶等最终产品。

0.2 化学工业的发展简史

陶瓷、冶炼、酿造、染色等古老的化学工艺过程在18世纪以前就已被人们掌握，但均为作坊式手工工艺。18世纪初叶建成了以硫矿石和硝石为原料的铅室法硫酸厂，这是第一个典型的化工厂。1791年路布兰法制碱工艺诞生，这种方法发展了一直沿用至今的洗涤、结晶、过滤、干燥、煅烧等化工单元过程的原理。从18世纪末到20世纪初，以酸、碱为基础的无机化学工业初具规模。

1942年中国制碱专家侯德榜先生成功发明了制碱并联合产氯化铵的新工艺—侯氏制碱法，不仅提高了食盐的利用率，又减少了环境污染。

19世纪中叶，德国首创了肥料工业和煤化学工业，人类进入了化学合成的时代。从炼

焦副产物煤焦油中分离出苯、萘、苯酚等芳香族化合物，它们发展了染料、农药、香料和医药等有机化学工业。1910年，电石用于生产乙炔并作为基本有机化工原料的原料，标志着真正的基本有机化学工业形成。

1905年德国化学家哈伯（F. Haber）发明了合成氨技术，1913年建成世界上第一个合成氨厂，促进了氮肥及炸药等工业的快速发展。同时也使高温高压催化反应在工业上的应用、催化剂研制和开发应用、耐腐蚀合金钢冶炼、耐高压反应器设计和制造、工艺流程组织、煤的气化、气体分离净制技术、能量合理利用等方面取得一系列成就，成为化学工业发展史上的一个里程碑，有力地推动了无机和有机化工的发展。一般认为，合成氨是现代化肥工业的开端，也标志着现代化学工业的伊始。

自20世纪初期以来，石油和天然气得到大量开采和利用，向人类提供了各种燃料和丰富的化工原料，尤其是自发明石油烃类高温裂解技术后，生产了大量的基本有机化工原料，开辟了更多生产有机化工产品的新技术路线。1920年，美国新泽西标准石油公司采用了C. 埃利斯发明的丙烯水合制异丙醇生产工艺，标志着石油化工的兴起。20世纪40年代，管式炉裂解烃类工艺和加氢重整工艺开发成功，使乙烯和芳烃等基本有机化工原料有了丰富、廉价的来源。20世纪60年代以来，以石油和天然气为原料，经多次加工，生产出包括基本有机化工原料、合成氨和三大合成材料（合成橡胶、合成树脂、合成纤维）等产品，化学工业得到突飞猛进的发展。20世纪80年代以来，随着科学技术的进步，节能降耗备受人们的关注，一系列低能耗工艺、节能型流程不断涌现出来，大大推进了化工节能技术的发展，产品成本进一步降低，石油化工企业的利润大大提高。

高分子化工经历了天然高分子原料的加工、改性，以煤焦油和电石乙炔为原料的合成，以石油化工为基础的单体原料聚合等几个阶段。到20世纪30年代，建立了高分子化学体系，合成高分子材料得到迅速发展。1931年氯丁橡胶在美国实现工业化，1937年聚己二酰己二胺（尼龙66）合成工艺诞生并于1938年投入工业化生产，高分子化工蓬勃发展起来。到了20世纪40年代实现了腈纶、涤纶纤维的生产，20世纪50年代形成了大规模生产塑料、合成橡胶和合成纤维的产业，人类进入了合成材料时代，进一步推动了工农业生产和科学技术的发展，人类生活水平得到了显著的提高。

在石油化工和高分子化工发展的同时，为满足人们生活的更高需求，产品批量小、品种多、功能优良、附加价值高的精细化工也很快发展起来。当今，化学工业的发展重点之一就是进一步综合利用资源，充分、合理、有效地利用能源，提高化工生产的精细化率和绿色化水平。

近年来，世界各国都高度重视发展新技术、新工艺，开发新产品，增加高附加值产品品种和产量，而且新材料的开发与生产成为推动科技进步、培植经济新增长点的一个重要领域：重点发展复合材料、信息材料、纳米材料以及高温超导体材料等，这些材料的设计和制备的许多技术必须运用化工技术和工艺。可见，不断创新的化工技术在新材料的制造中发挥了关键作用，同时，化学工程与生物技术相结合，引起了世界各国的广泛重视，已经形成具有宽广发展前景的生物化工产业，给化学工业增添了新的活力。

0.3 化学工业在国民经济中的地位与作用

化学工业的产品广泛地应用于国民经济的各个领域。其发展推动了汽车制造业、机械电

子业和建筑业以及农业的发展、进步；可为人类生产和生活提供衣食住行的物质保障；扩大就业市场；为国家提供财政积累；

化工与农业发展的关系：从天然油气合成氨，再加工成尿素。尿素含氮 46%，是一种高效氮肥；由油气等原料中的乙烯生产聚乙烯树脂农膜，农膜用于植物覆盖，使农作物增产丰收；化工还为农业机械化提供燃料等。农业对石化工业的依赖程度很高。

化工与汽车工业的关系：化工为汽车工业提供油品；为汽车轻质化提供塑料，如保险杠、油箱、仪表盘、方向盘、坐垫、蓄电池壳、顶篷及内装饰件、车灯罩、扶手以及各种零配件等；为汽车提供包括轮胎、胶管、胶带密封件、减震件、雨刷胶条等橡胶。为汽车防腐、耐候及美观要求提供涂料；为汽车提供装饰用的胶黏剂、密封胶、织物等。汽车的发展离不开化工的推动。

化工与建筑业的关系：建筑业发展同样离不开化工的发展，建筑装饰需要的建筑塑料（塑料异型材、塑料管道、墙体、地面等）、各种化学建材（涂料、防水材料、密封材料、建筑黏合剂、塑料门窗、给排水 PVC 管道，电缆导管等），无一不是化学工业的成果。

化工与机械电子业的关系：机电工业需要化学工业提供众多原材料才得以发展。如机械行业需要的润滑油脂、密封材料、橡胶输送及传送带及各种涂料；电子设备（如电视、冰箱等）需要的合成树脂、通讯及动力用电线电缆等。

化工与人民生活的关系：人民生活各方面更是离不开化工产品，穿衣需要的合成纤维（涤纶、腈纶、锦纶等）；食品使用的调味剂、防腐剂、膨化剂等；住房和交通方面更不必说。

总之，化学工业在国民经济和人民生活领域占有十分重要的地位和作用。再者，由于化学工业能综合利用资源和能源，生产过程容易实现连续化和自动化，劳动生产率高，因此经济效益显著，它是国民经济的支柱产业之一。

近 20 年来，中国化学工业的发展速度远远超过了发达国家。20 世纪 90 年代后，石油化工，精细化工和农用化学品是中国化工发展的重点。21 世纪，新型合成材料、精细化工、生物化工、微电子化工、纳米材料、橡胶加工业、化工环保业将成为化学工业的主要增长点。

0.4 化工生产的基本单元过程

化学工业是生产过程中化学方法占主要地位的制造工业。化学反应当然是化学工业生产的主要特征。化学反应随着生产产品、工艺路线和使用原料的不同千变万化，然而，组成一个庞大的化工生产企业的各种方法和步骤，却是围绕主要的化学反应工序而展开的众多的具有一定共性的基本生产单元操作方法。这些基本单元操作方法可以归类为下列几种。

物料输送单元：包括液体、固体和气体的输送。熟悉各种物料输送规律和选择各种物料输送机械，将是此单元过程所要了解的内容。

化工传热单元。化工生产离不开热量的互相结合。包括加热、冷却、热量综合利用等。熟悉各种物料不同相态间的热量传递规律和选择适宜的传热设备是本单元过程主要目的。

物料分离单元。物料状态千变万化，分离手段和方法也各不相同。常见的分离方法有蒸发、精馏、沉降、结晶、萃取、过滤、吸收、干燥等单元过程。这些单元过程各有特点，具体选用会根据物料状态和产物目的不同而不同，所涉及的设备也大相径庭。常常会被各自单

独划分为基本生产单元。

化学反应器单元。由于化学反应种类、特点不一样,反应机理也不一样,因而反应器的结构、功能均有很大区别。但按大类划分,无非是包括气-液-固相反应的釜式反应器;气固相反应的流化床、固定床反应器;高压管式反应器等几种基本形式。熟悉基本形式特点及规律,并能加以应用与改进,是最基本的要求。

0.5 现代化学工业特点与要求

随着化工技术的发展和人民生活水平的提高,现代化学工业具有了很多区别于其他工业部门的特点,主要体现在以下几个方面:

- ① 原料路线、生产方法和产品品种的多方案性与复杂性;
- ② 生产过程综合化、装置规模大型化、化工产品精细化;
- ③ 技术和资金密集,经济效益好。

在掌握和适应这些特点的时候,还必须适应现代化学工业的新要求:

- (1) 注重能量合理利用、积极采用节能技术

化工生产同时伴随有能量的传递和转换。化工生产部门是耗能大户,合理用能和节能显得尤为重要,许多生产过程的先进性体现在采用了低能耗工艺或节能工艺。例如,以天然气为原料的合成氨生产过程,近年来随着节能型催化剂的不断开发,出现了许多低能耗工艺流程;再如聚氯乙烯单体的生产,过去用乙炔与氯化氢合成氯乙烯,而乙炔由耗电量很大的电石法获得并产生大量废渣;这种工艺已由能耗和成本均较低的乙烯氧氯化法所取代。同样,食盐水溶液电解制烧碱和氯气的石棉隔膜法也因耗能高而且生产效率低已被先进的离子膜法所取代。

- (2) 安全生产要求更加严格

化工生产具有易燃、易爆、有毒、高温、高压、腐蚀性强等特点,工艺过程多变,不安全因素很多,不严格按工艺规程生产,就容易发生事故。但只要采用安全的生产工艺,有可靠的安全技术保障、严格的规章制度及监督机构,事故是可以避免的。尤其是连续性的大型化工装置,要想发挥现代化生产的优越性,必须坚决贯彻安全“三同时”要求,保证高效、经济、安全的生产。

- (3) 环境保护理念已深入人心

人们现在越来越重视环境保护,合理开发和利用自然资源是现代化建设的一项基本任务。经济效益的提高绝不以牺牲环境为代价,采用无毒无害的清洁生产方法和工艺过程,生产环境友好的产品,创建清洁生产环境,大力发展绿色化工,是化学工业赖以持续发展的关键之一。

0.6 本课程的性质、任务、主要内容和学习方法

化工基础概论课程是为那些以石油化工行业为平台进行技能型人才培养的高等职业院校准备的适合于非化工工艺类专业学生学习的一门化工基础课。

本课程的主要任务是以石油化工及其相关行业作为择业目标的非化工工艺类学生的共性为基点,介绍化工生产基本单元、典型产品生产及应用的基础知识,为学生搭建一个更加深

入接触和了解化工行业专业知识,并能够在化工行业及其相关领域驾驭其本职工作的平台。同时也为学生提供了掌握化工、环保、安全等常识性知识平台。

本课程遵循化工知识教学和学习规律,按照“掌握基本知识,注重应用联系,辅以能力培养”的目的,讲述化工基础知识。本课程内容共分5篇(17章),第1篇(共7章)为化工生产单元过程,介绍包括流体流动与输送、非均相物系的分离与设备、传热与换热器、气体吸收、蒸馏与精馏、干燥及化学反应器;第2篇(4章)为典型无机化工产品,介绍合成氨、典型氨加工产品、硫酸、纯碱与烧碱等;第3篇(3章)为石油及石油化工产品,包括石油与石油加工、重要石油化工原料与产品(烯、醇、酮、酚、腈、芳烃等)、高分子聚合材料(合成塑料、橡胶及合成纤维);第4篇(1章)精细化工产品综述(介绍精细化工及常见精细化工产品如洗涤剂、胶黏剂、化妆品、助剂等);第5篇(2章)化工安全与环保。

学习时应注意理论、结构、方法和相关工程知识的分析、联系及应用。通过讲解、作业、课堂讨论、实习、参观等多种方式,加深对化工生产及典型化工产品的了解和应用。

思考题

1. 何为化学工业?简述化学工业在国民经济中的地位和作用。
2. 试述现代化学工业的特点与新要求。
3. 本课程的主要学习内容有哪些?
4. 非化工工艺类专业学生学习本课程有何意义和作用?

第1篇

化工生产单元过程

第1章 流体流动与输送

1.1 流体流动、流量和流速

1.1.1 流体流动

流体是液体和气体的总称，其基本特征是具有流动性。所谓流动性就是在静止时不能承受剪切力的作用，当有剪切力作用于流体时，流体质点间就会产生相对运动。气体和液体既具有共性，也具有各自的特性，即气体是可压缩的，而液体则由于其压缩性很小，工程上近似认为是不可压缩的。所以在讨论共性的同时，也要讨论它们各自的特性及处理方法。

化工生产中所处理的物料，不论是原料、中间产品或者是产品，大部分是流体。在生产过程中，无论是化学处理或是物理处理过程，流体总是需要从一个设备流到另一个设备，从一个车间送到另一个车间，为了完成流体输送任务，必须解决管路的配置，流量、压力的测定，输送流体所需要的能量的确定和输送设备选用等技术问题。此外，设备中的传热、传质及化学反应都是在流动的流体中进行，它们与流体流动形态密切相关。研究流体的流动形态和条件，可作为强化化工设备的依据。因此，流体流动与输送是化工生产中必不可少的单元操作。

1.1.2 流量

单位时间内流经设备或管道任一截面的流体数量称为流量。通常有两种表示方法。

(1) 体积流量

单位时间内流经管道任一截面上的流体体积量，称为体积流量，用符号 q_V 表示，单位为 m^3/s 或 m^3/h 。

(2) 质量流量

单位时间内流经管道任一截面上的流体质量，称为质量流量，用符号 q_m 表示，单位为 kg/s 或 kg/h 。

体积流量和质量流量之间的关系为 $q_m = \rho q_V$ (1-1)

式中 ρ ——流体的密度。

由于气体的体积随压力和温度的变化而变化,当气体以体积流量表示时,应注明其压力和温度。

1.1.3 流速

流速是指流体质点在单位时间内,在流动方向上所流经的距离。实验证明,由于流体黏性的存在,流体流经管道截面上各点速度是沿半径变化的,管中心的流速最快,离中心越远,流速越慢,紧靠管壁处的流速为零。工程上为了计算方便,通常以整个管道截面上的平均流速来表示流体在管道中的流速。

(1) 平均流速

流体的体积流量 q_V 除以管道的流通截面积 A ,用符号 u 表示,单位为 m/s 。

$$\text{体积流量与平均流速的关系} \quad u = \frac{q_V}{A} \quad (1-2)$$

$$\text{质量流量与平均流速的关系} \quad q_m = \rho q_V = \rho u A \quad (1-3)$$

(2) 质量流速

单位时间内流经管道单位面积的流体质量,称为质量流速,用符号 w 表示,其单位为 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

质量流速与质量流量及平均流速之间的关系:

$$w = \frac{q_m}{A} = \rho u \quad (1-4)$$

气体的体积流量是随压强和温度变化而变化,其流速将随之变化;但流体的质量流量是不变的,当管道截面积不发生变化时,质量流速不会变化。对气体,采用质量流速计算较为方便。

1.2 流体的流动阻力

1.2.1 流体在管内流动阻力的计算

流体在管内的流动阻力分为两大类,即直管阻力和局部阻力。直管阻力是流体在一定的管道中流动时,为克服流体黏性阻力而消耗的机械能,亦可称为沿程阻力。局部阻力是流体流过弯头、阀门等管件时,因流体的流速和方向发生改变而损失的机械能。伯努利方程式中的 $\sum h_f$ 为单位质量流体在所研究管路系统中流动时的总能量损失,它为直管阻力 h_f 与局部阻力 h_f' 之和。即

$$\sum h_f = h_f + h_f' \quad (1-5)$$

流体的流动阻力大小与流体的流动现象(流动类型)等有着密切的关系。

1.2.2 流体的两种流动形态——层流和湍流

图 1-1 是著名的雷诺实验装置,在水箱的侧壁上接一玻璃管 B,玻璃管末端安装阀 C,用来控制管内流体的流速。在水箱上方安置一小容器 D,其中装有密度与水箱中液体接近的有颜色水。从小容器引出一细管 E,其出口伸入玻璃管进口中心位置上,有颜色水的流量用 F 阀门控制。

首先将水箱中加满水,利用水箱上部的溢流装置,使水箱中水位维持恒定。实验开始

时,先徐徐开启管路上的阀门C,让水从玻璃管中流出。开启细管上的F阀,使得有颜色的水流入玻璃管。

当玻璃管水的流速较小时,细管流出的颜色水是一条界限分明的直线,与周围清水不相混,如图1-2(a)所示。这种现象表明玻璃管内水的质点是沿着与管轴平行的方向作直线运动,这种流动形态称为层流或滞流;若逐渐加大阀门C的开启度,当玻璃管内水的流速加大到某一临界值时,有色液体的直线开始抖动、弯曲,继而断裂,有色液体从细管流出后随即破碎为小旋涡,向四处扩散,与周围清水完全混合,如图1-2(b)所示。现象表明管中水的质点运动轨迹没有规律,水质点在管中不仅有轴向运动,而且还有径向运动,各质点之间彼此相互碰撞且相互混合,质点速度的大小和方向随时发生变化,这种流动形态称为湍流或紊流。

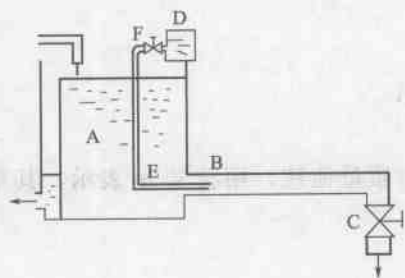


图 1-1 雷诺实验

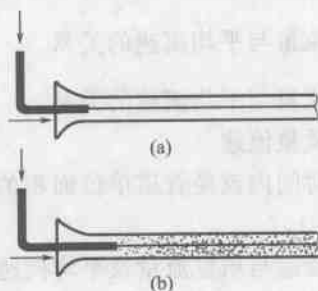


图 1-2 流体的流动类型

雷诺通过分析研究,发现流体的流速 u 、管径 d 、流体的黏度 μ 和密度 ρ 都能引起流型的变化。可将这些影响因素组合成为一个数群来作为流型的判断依据,此数群被称为雷诺数,用 Re 表示,其表达式为

$$Re = \frac{dup}{\mu} \quad (1-6)$$

当 $Re \leq 2000$ 时,是层流流动;

$Re \geq 4000$ 时,是湍流流动;

$2000 < Re < 4000$ 时,有时出现层流,有时出现湍流,是一个不稳定的区域,称为过渡区。在一般工程计算中,当 $Re > 2000$ 时可按湍流处理。

[例 1-1] 某油的黏度为 $70 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, 密度为 1050 kg/m^3 , 在管径为 $\phi 114 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ 的管路中流动。若油的流量为 $30 \text{ m}^3/\text{h}$, 试确定管内油的流动形态。

解 已知 $\mu = 70 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$,

$$d = d_i - 2 \times 4 = 106 \text{ mm} = 0.106 \text{ m}$$

$$u = \frac{q_v}{3600 \times \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{30}{3600 \times 0.785 \times 0.106^2} = 0.945 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{dup}{\mu} = \frac{0.945 \times 1050 \times 0.106}{70 \times 10^{-3}} = 1502 < 2000$$

管内流体流动形态为层流。

1.2.3 直管阻力的计算

经过大量的实验研究发现,流体流过直管的阻力与其流体的动能 $u^2/2$ 、管长 l 成正比,