



中等专业学校教材

化工基础

泸州化工学校 刘盛宾 主编

化学工业出版社

TQ01
320

中等专业学校教材

化 工 基 础

泸州化工学校 刘盛宾 主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工基础/刘盛宾主编. —北京: 化学工业出版社,
1999. 4
中等专业学校教材
ISBN 7-5025-2337-5

I. 化… II. 刘… III. 化学工业-基础理论-专业
学校-教材 N. TQ01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 35288 号

中等专业学校教材
化 工 基 础
泸州化工学校 刘盛宾 主编
责任编辑: 何 丽
责任校对: 马燕珠
封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京云浩印刷有限责任公司印刷
北京云浩印刷有限责任公司装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 12 字数 335 千字

1999 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 4 次印刷

ISBN 7-5025-2337-5/G·641

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是根据全国化工中专教学指导委员会于 1996 年颁发的化工普通中等专业学校教学计划和相配套的《化工基础》教学大纲编写的。新教学大纲将教学内容分为基本内容（38 学时）和选择内容（44 学时），全部内容讲授约需 82 学时（不包含实验所需时数）。书中带有 * 号的内容，各学校可视具体情况选用。

本书在编写过程中，力求深入浅出，简明扼要，概念准确，表达清晰，图文并茂，便于组织教学，以便满足不同层次读者的需要。书中避免了一些繁杂的数学公式推导，侧重于基础知识、基本理论在实际应用中的分析讨论；适当增加了化工生产中的基本常识和新特点，有助于拓宽知识面，培养和启发学生解决问题的思路、方法及能力。

本书由四川泸州化工学校刘盛宾主编，并编写第一、二、三、四、五、九、十章；南京化工学校王纬武编写第六、七、八章；全书由湖南化工学校汤金石主审。初稿完成后，化工原理课题组于 1998 年 6 月 25~30 日在兰州石油化工学校组织召开了审稿会。参加审稿的有南京化工学校归宗燕、蒋丽芬，徐州化工学校周立雪，兰州石油化工学校陆小荣，沈阳化工学校顾立香，山西太原化工学校程葵阳，杭州化工学校屠金炎，湖北化工学校卢莲英，天津市化工学校徐善述，山东化工学校杜华，陕西石油化工学校汤晓云，湖南化工学校易卫国，上海化工学校傅爱华，北京市化工学校刘佩田，安徽合肥化工学校方向红，吉林化工学校杨丽萍，扬州化工学校徐忠娟，山东泰安化工学校庄伟强等，一些未能参加审稿会的学校还提供了书面意见。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥和错误之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1998 年 8 月

内 容 提 要

全书共十章,包括绪论、流体流动与输送、非均相物系的分离与设备、传热、溶液的蒸发、气体的吸收、溶液的蒸馏、干燥、化学反应器和化工生产工艺。其中化工生产工艺又包括生产的一般知识、硫酸、合成氨、石油化工和精细化工简介。内容的深度和广度适宜,基本概念及基础理论侧重于定性阐述。每章配有复习思考题,部分章节附有练习题。书末编有附录,可查取有关数据。

本书可作为中等专业学校化工分析、化工仪表、高分子材料加工工艺、橡胶加工工艺、计算机、企业管理等专业教材,也可作工程技术人员和技术工人的进修用教材,也适于相应的管理人员参考使用。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 化学工业及其发展	1
第二节 课程的性质和内容	2
第三节 化工生产中的几个基本概念	4
第四节 学习本课程的任务和方法	6
复习题	8
第二章 流体流动与输送	9
第一节 基本概念	9
一、流体的主要性质	9
二、流体的压力(压强)	11
三、稳态流动与非稳态流动	13
四、流量与流速	13
第二节 流体静止时的基本规律	15
一、静力学基本方程式	15
二、静力学方程式的应用	16
第三节 流体连续稳态流动时的衡算	19
一、流体稳态流动时的物料衡算	19
二、流体稳态流动时的能量衡算	20
三、柏努利方程式的应用	24
第四节 化工管路及阻力	28
一、化工管路的基本知识	29
二、流动形态与雷诺准数	35
三、管路阻力计算	36
第五节 流体输送机械	42
一、离心泵	43
二、其他类型的泵	52
三、气体压缩和输送机械	54

复习题	59
练习题	60
第三章 非均相物系的分离与设备	65
第一节 概述	65
一、非均相物系的分类和分离方法	65
二、非均相物系分离的目的	65
第二节 气固分离	66
一、旋风除尘器	66
二、其他除尘器	69
第三节 液固分离	72
一、悬浮液的分类	72
二、重力沉降	72
三、过滤	74
四、离心机	76
复习题	78
第四章 传热	80
第一节 概述	80
一、化工生产中的传热问题	80
二、热量传递的基本方式	83
三、稳态传热与非稳态传热	84
四、总传热方程式	85
第二节 热传导	86
一、导热基本方程	86
二、平壁的稳态导热	87
三、圆筒壁的稳态导热	89
第三节 对流给热	91
一、对流给热过程的分析	91
二、对流给热基本方程	91
三、对流给热系数	92
第四节 传热过程的计算	94
一、热量衡算	94
二、传热平均温度差	96
三、传热系数	98

四、传热面积的计算	103
*五、列管换热器的选用	105
第五节 换热设备简介	106
一、换热器的分类	107
二、列管式换热器	107
三、其他换热器	109
四、强化传热过程的途径	114
复习题	116
练习题	116
第五章 溶液的蒸发	120
第一节 概述	120
一、蒸发的特点	120
二、蒸发操作的分类	121
三、蒸发操作的流程	122
第二节 蒸发设备简介	125
一、自然循环蒸发器	125
二、强制循环蒸发器	127
三、液膜蒸发器	127
四、除沫器与冷凝器	128
第三节 蒸发过程的分析	130
一、影响生产强度的因素	130
二、影响溶液沸点升高的因素	131
三、降低热能消耗的措施	131
复习题	132
第六章 气体的吸收	133
第一节 概述	133
一、吸收操作的分类	134
二、实现吸收操作的条件	134
三、吸收的应用	135
四、吸收剂的选择	135
五、相组成表示法	136
第二节 吸收的相平衡	139
一、气体在液体中的溶解度	139

二、亨利定律及其应用	140
第三节 吸收速率	144
一、物质传递的基本方式	144
*二、吸收机理	145
三、吸收速率方程	146
第四节 吸收塔的计算	148
一、物料衡算	149
二、逆流吸收操作线方程	150
三、吸收剂用量的确定	151
*四、吸收塔的塔径确定	154
*五、填料层高度的确定	155
第五节 填料塔及其操作控制	158
一、填料塔的结构	158
二、吸收过程的分析	163
三、吸收流程	166
复习题	167
练习题	168
第七章 溶液的蒸馏	170
第一节 概述	170
一、蒸馏操作及应用	170
二、蒸馏与吸收和蒸发的区别	170
三、蒸馏操作的分类	171
第二节 双组分理想溶液的汽液相平衡	172
一、相平衡关系	172
二、相平衡图	178
第三节 蒸馏方法及原理	181
一、简单蒸馏	181
二、精馏	182
第四节 连续精馏过程计算	186
一、计算的前提条件	186
二、物料衡算	187
三、塔板数和回流比的确定	196
第五节 精馏操作分析	200

一、操作压力	201
二、进料状况	201
三、回流比	202
四、采出量	203
第六节 板式塔	203
一、泡罩塔	204
二、筛孔塔	204
三、浮阀塔	205
四、填料塔与板式塔的比较	206
复习题	206
练习题	207
第八章 干燥	210
第一节 干燥的基本知识	210
一、概述	210
二、湿空气的性质和湿度图	212
三、湿物料中所含水分的性质	224
第二节 干燥过程的物料衡算	227
一、湿物料中含水量表示法	227
二、水分蒸发量	227
三、空气消耗量	228
第三节 干燥器及干燥过程控制	230
一、干燥器的类型	230
二、干燥过程控制	233
复习题	235
练习题	236
第九章 化学反应器	238
第一节 概述	238
一、化学反应器的分类	238
二、对反应器的要求	240
三、反应器内的传热	241
第二节 典型化学反应设备	243
一、釜式反应器	243
二、管式反应器	245

三、固定床反应器	246
四、流化床反应器	249
复习题	256
第十章 化工生产工艺	258
第一节 概述	258
一、化工生产需注意的问题	258
二、化工节能	260
三、化工污染	262
四、测量和控制与工艺的关系	265
第二节 硫酸	266
一、概述	266
二、生产硫酸的原料与方法	268
三、接触法制硫酸的生产工艺	270
四、硫酸生产中的三废治理	285
第三节 合成氨	286
一、概述	286
二、生产合成氨的原料与方法	287
三、合成氨生产工艺	289
四、生产合成氨的原则流程	316
*五、氨合成的测控参数	317
第四节 石油化工	318
一、概述	318
二、石油的炼制	322
三、聚氯乙烯	331
第五节 精细化工简介	338
一、概述	338
二、应用举例	342
复习题	346
附录	348
一、部分物理量的单位	348
二、单位换算表	349
三、水的物理性质	350
四、水在不同温度下的粘度和质量体积	351

五、干空气的物理性质	352
六、饱和水蒸气	353
七、某些液体的物理性质	356
八、某些气体的物理性质	358
九、管道内各种流体常用流速范围	358
十、常用金属管规格	359
十一、离心泵性能	361
十二、常见固体的导热系数	364
十三、列管式换热器的传热系数	364
十四、污垢热阻经验数据	364
十五、列管换热器标准系列（摘录）	365
十六、双组分汽液平衡数据与温度（或压力）的关系	369
参考文献	371

第一章 绪 论

第一节 化学工业及其发展

化学工业是以自然资源或农副产物为原料，通过物理变化或化学变化的处理，使之成为生产资料和生活资料的工业。简言之，凡是以化学变化为主要手段，生产化学产品的工业统称为化学工业。

化学工业是一个历史悠久的工业部门，其发展大致可以分为三个阶段：即古代化学工业、近代化学工业和现代化学工业。

古老的化学工业源远流长，古代劳动人民在长期的生产实践中，逐步形成了以染料、漆器、陶瓷、炼丹术、酿酒、火药、造纸和青铜冶炼等为代表的古代化学工业。早在 7~9 世纪，中国的造纸术、火药制造术、炼丹术、医药学等就传到了阿拉伯和欧洲，对人类的科学技术和社会发展作出了卓越的贡献，也为近代化学工业的发展奠定了基础。

近代化学工业是以发展无机化工产品为特征的。古代的生产方法不能满足纺织、印染、火药、冶金工业发展对硫酸、纯碱和烧碱的需要，18 世纪末出现了以食盐为原料制造纯碱的氨碱法新工艺，并逐步获得发展。我国化学专家侯德榜对氨碱法作了重大改革，创造了联合制碱法，把食盐的利用率从氨碱法的 70% 提高到 95%。生产的不断发展，带动了硫酸和氯碱工业的发展，在这些基础上逐步形成了以三酸（硫酸、硝酸、盐酸）、两碱（纯碱和烧碱）为核心的无机化学工业体系。

现代化学工业是从 19 世纪末、20 世纪初开始的，且以石油化工和有机化工产品为特征。钢铁工业和炼焦工业的兴起，形成了以煤为原料的有机化学工业，推动了以电石、乙炔为原料的有机化工迅速发展。石油化工在技术上的重大突破，使石油、天然气成为化学工业的主要原料，开发出新的生产工艺，实现了生产装置的大型化和自动化，成

为现代化学工业的基础。

解放前的旧中国，化学工业基础十分薄弱，为数不多的化工企业集中在大连、天津、上海、锦西等沿海地区，生产少量硫酸、纯碱、化肥等，大多数厂家生产油漆、染料、医药、橡胶制品等加工产品。1949年全国化工总产值为1.77亿元。占全国工业总产值的1.6%。

新中国成立后，化学工业获得了迅速发展。第一个五年计划期间，改造和扩建了老厂，集中力量建立了吉林、兰州、太原等化学工业基地，使化学工业布局趋向合理，品种增加。同时努力发展基本化工原料、三大合成材料（合成橡胶、合成纤维、合成树脂和塑料）、化肥、精细化工和其他产品。1983年全国化工总产值达492亿元，占全国工业总产值的8%。1995年全国化工总产值达2270亿元，化肥产量（标肥）达1.147亿t，居世界第一位；硫酸达1665万t，纯碱达560万t，均居世界第二位。但是我国人均拥有量仍比较少，还需要不断努力。

化学工业已渗透到人们衣、食、住、行的各个领域，使人民的生活更加丰富多彩。化学工业还为国防尖端技术和信息产业的研究提供了大量特种性能的化工原材料。

化学工业的发展突飞猛进，新技术不断涌现，高技术发展迅速，在国民经济中发挥着越来越重要的作用。

第二节 课程的性质和内容

化工基础课程是非化工、化机专业的一门基础技术课，是一门学习化工生产过程的基本知识和共同性操作规律的综合性课程。本课程是理论性和实践性都很强的课程，它阐明如何综合运用物理和化学理论，并结合化学工程中的观点和方法来解决化工生产中的实际问题。

化学工业的原料来源广泛，产品种类繁多，生产方法各异。如图1-1和图1-2所示，纵观聚乙烯和尿素等化工生产过程均涉及到三个基础内容：化工单元操作及设备（流体输送与压缩、传热、蒸发、分离、结晶、蒸馏、干燥），基本化学反应器（聚合反应、合成反应）和化工生产工艺。与此相应，本课程也包括这三个部分内容。

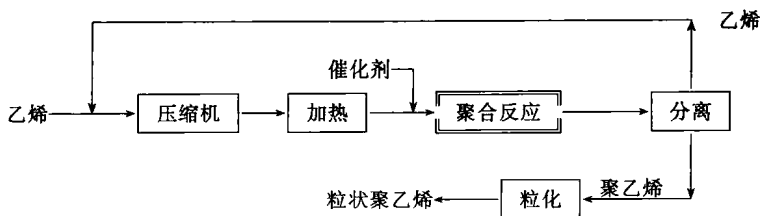


图 1-1 高压法生产聚乙烯方块流程

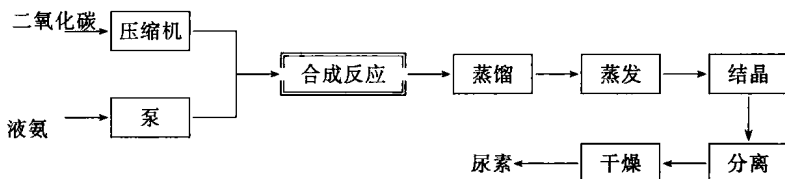


图 1-2 尿素生产方块流程

从聚乙烯和尿素生产过程可见，除聚合与合成属化学反应外，其余的化工操作（如输送、传热、蒸馏、干燥等）均是纯物理过程，这些基本物理过程因具有相同的物理变化规律，统称为单元操作。单元操作是化工生产过程中普遍采用的，遵循共同的物理学定律，所用设备相似，具有相同作用的基本操作。化工生产中常用的单元操作列于表 1-1 中。

本书主要介绍流体流动与输送、传热、蒸馏、吸收、非均相物系的分离、蒸发和干燥等单元操作的基本原理，基本计算方法，典型设备的构造、性能及操作注意事项。

化学反应器是化工生产的核心，是进行化学反应的关键设备，对产品的生产和质量的好坏起着决定性的作用，本书重点讨论生产中常用化学反应设备的结构和特点。

化工工艺是使原料进行物理和化学变化，生产出物质产品，同时又能产生附加价值的系统。由于化工产品种类繁多，化学反应的类型（氧化、加氢、合成、裂解、聚合等）也很多，化工工艺以特定的化学反应为中心，除化学反应所需的设备外，其余的单元操作设备大都采用通用的系列标准设备组合而成。化工工艺随着技术的进步日趋多样

化，而化工设备则更具普遍性和通用性。少废无废技术是当今工业发展的一种新模式，是一种节能、低耗、高效、安全、无污染的工艺技术。化工工艺要求的不单是某一台设备的性能优良，而更重要的是全系统的性能优良，能按计划生产出优质产品，运转安全可靠，经济效益显著。

表 1-1 常用的单元操作

单元操作	目 的	物 态	依 据	传递过程
流体输送	输送、提高能量	液、气	输入机械能	动量传递
搅 拌	混合、分散	气液、液液、固液		
过 滤	非均相物系分离	液固、气固	流体与固体粒子间 作相对运动	
沉 降	非均相物系分离	液固、气固		
传 热	加热、冷却、冷凝、保温	液、气	利用温度差	热量传递
蒸 发	不挥发溶质的分离	液	供热使溶剂汽化	
结 晶	晶形物质	液固	过饱和度	
气体吸收	气体均相物系分离	气-液	气体各组分溶解度的 差异	质量传递 (精馏、干燥还有热 量传递)
液体蒸馏	液体均相物系分离	液-气	液体各组分挥发度的 差异	
液液萃取	液体均相物系分离	液-液	各组分溶解度的差 异	
干 燥	去湿	固-气	供热使湿分汽化	

第三节 化工生产中的几个基本概念

化工过程常涉及到的基本概念有：物料衡算、能量衡算、平衡关系、过程速率和经济效益等。应用这些概念来加深理解各章的有关内容是非常必要的。

1. 物料衡算

对物料平衡进行计算称为物料衡算。物料衡算是质量守恒定律的具体应用，是化工计算的基础，应熟练地掌握其步骤和方法。通过物料衡算可以确定某些未知的物料量；找出提高原料利用率的途径；改

进生产操作以及正确选择设备的规格。

对于连续操作的系统，当系统中无物料积累时，则进入系统的物料总量等于离开系统的物料总量（包括可能存在的物料损失）。

设投入的原料量为 $m_{\text{原}}$ ，产品量为 $m_{\text{产}}$ ，损失物料量为 $m_{\text{损}}$ ，可列出物料的平衡方程为：

$$m_{\text{原}} = m_{\text{产}} + m_{\text{损}}$$

进行物料衡算时，首先应绘出衡算系统的示意图，再确定衡算的范围，最后选定计算的基准和统一的计量单位。

2. 能量衡算

利用能量传递和转化的规律，通过平衡计算能量的变化称为能量衡算。能量衡算是能量守恒定律的具体应用，也是化工计算中的一种基本计算。它不仅对生产工艺条件的确定、设备设计是不可缺少的，而且在生产中分析生产问题、评价技术经济效果也是很需要的。

热量是能量的一种形式，在多数情况下化工过程涉及的能量主要是热量。对连续操作的系统，当系统中无热量积累时，设输入的热量为 $Q_{\text{入}}$ ，输出的热量为 $Q_{\text{出}}$ ，损失的热量为 $Q_{\text{损}}$ ，则热平衡方程可写成如下形式：

$$Q_{\text{入}} = Q_{\text{出}} + Q_{\text{损}}$$

进行热量衡算时，仍应绘出衡算系统的示意图，确定衡算的范围，选定计算基准和统一的计量单位。

3. 平衡关系

物理和化学变化过程，都有一定的方向和极限。在一定条件下，过程的变化达到了极限，即达到了平衡状态。例如：热量从热物体传向冷物体至两物体的温度相等为止；盐在一定温度下于水中溶解至溶液达到饱和状态为止；水吸收气氨至当时条件下氨在水中的溶解度为止；在化学反应中，当正、逆反应速度相等时，反应达到了平衡。

任何一种平衡状态的建立都是有条件的。当条件发生变化时，原有的平衡状态被破坏并发生移动，直至在新的条件下建立新的平衡。可见，平衡状态具有两种属性，即相对性和可变性。生产中常利用它的可变性使平衡向有利于生产的方向移动。