

化工工人中级技术培训试用教材

化 工 基 础

王慧伦 主编

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是根据化工部教育司、劳资司颁布文件精神的要求编写而成。全书内容包括：化工生产的基本问题、化工原料的准备及输送、非均相物料的分离、化工生产中的热量传递、溶液的蒸发、液体溶液的分离、气体的吸收、湿物料的干燥、结晶、冷冻的基本原理和某些常用设备。每章后均有小节及习题。全书后附有化工常用数据。

本书可作为具有初中以上文化水平的化工生产工人进行技术培训用的教材，也可作为非化工专业人员及管理干部自学读物。

化工工人中级技术培训试用教材

化 工 基 础

王慧伦 主编

责任编辑：王苏平
夏叶清

封面设计：季玉芳

化学工业出版社出版发行

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $19^{1/4}$ 插页1 字数423千字印数1—25,170

1986年12月北京第1版1986年12月北京第1次印刷

统一书号15063·3910定价3.35元

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，搞好化工工人中级技术培训工作，本书根据化工部教育司、劳资司（84）化教中字第101号文件颁布试行的化工工人中级技术理论培训的教学计划和教学大纲中所制定的《化工基础》教学大纲编写的。

本书以讲述化工生产过程的基本单元操作和典型设备为基本内容，是化工工人的一门重要的技术基础课。根据化工部颁布的《化工工人技术等级标准》中关于中级工应知应会的要求，使工人在初级技术知识的基础上进一步掌握化工生产的基本过程、典型单元操作的基本规律，并熟悉所用设备的工作原理、性能及操作，提高工人对化工生产的认识和应变能力，为进一步学习专业工艺知识作好准备。

在编写过程中我们认真考虑了中级技术工人培训的特点，在保证学科的科学完整性的前提下，坚持了“少而精”的原则。在编写方法上注意了少写抽象理论、多写实际知识；少写定量的，多写定性的；对公式少推导，多叙述；在文字上力求通俗易懂，由浅入深，尽量符合工人的特点，在每章后附有各章小结和练习题。

为了执行国务院《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，本书主要采用国际单位制（SI）。考虑到我国目前各化工厂中还采用工程单位制或其它单位制。为此，书中也介绍了其它单位制与SI的关系，本书附录中列出了SI与其它单

位制的换算关系。

本书全部内容讲课时数为 180 学时，各企业可按其实际需要选讲其中内容，适当增减。

本书的第一章由天津大沽化工厂王连武编写；第二、三、六章和附录由天津大沽化工厂王慧伦编写；第四、七章由天津大沽化工厂郎玉凤编写；第五、八、九、十章由天津市塘沽区工业局刘冠华编写。全书由王慧伦主编，由天津市化工局教育处孙树人主审。

编写过程中曾向一些高等院校、技校教师以及工程技术人员和试讲单位的教职工广泛征求意见，许多同志对本书提出了不少建设性的意见，在此谨向这些同志表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，缺乏经验和水平有限，书中一定有不少缺点和错误之处，希望读者予以批评指示。

编 者

1986.3

目 录

第一章 化工生产中的基本问题	1
第一节 化工生产的基本任务.....	2
一、什么是化学工业.....	2
二、化工生产的基本任务及分类.....	3
三、化学工业发展简史.....	3
第二节 化工生产过程及单元操作.....	5
一、化工生产过程及流程.....	5
二、化工生产过程的基本单元操作.....	6
第三节 化工生产中的几个基本概念.....	8
一、化工生产中的物料平衡问题.....	8
二、热量平衡.....	8
三、平衡关系.....	10
四、过程速率.....	11
第四节 单位制及单位换算.....	12
一、基本单位和导出单位.....	12
二、单位制.....	13
三、国际单位制.....	14
四、单位换算.....	15
本章小结.....	17
习题一.....	18
第二章 化工原料的准备及输送	20
第一节 固体原料的粉碎和过筛.....	20
一、粉碎.....	20
二、过筛（筛分）.....	24

三、粉碎和过筛设备	27
第二节 流体的输送	34
一、流体的基本性质	35
1. 流体的密度和相对密度	35
2. 流体的粘度	39
3. 流体的压强	40
4. 流量和流速	46
二、静止流体的基本规律	49
1. 静止流体内部压强的变化规律——流体静力学方程	49
2. 流体静力学方程在生产中的应用	55
三、流动流体的基本规律	60
1. 稳定流动和不稳定流动	60
2. 流速和管径的关系	61
3. 流体在流动过程中能量变化的规律——柏努利方程	63
4. 柏努利方程在化工生产中的应用	71
四、流体阻力的计算	79
1. 流体阻力产生的原因	80
2. 流体的流动类型	81
3. 判定流动类型的方法——雷诺准数	82
4. 流体在圆管中的速度分布	84
5. 流体阻力的计算	85
五、流体输送机械	94
1. 离心泵	95
2. 其它类型的泵	104
3. 气体的输送与压送机械	109
第三节 气流输送	116
一、固体流态化的形成	117
二、临界流化速度和带出速度	119
三、流化床中常见的不正常现象	120

四、固体流态化技术的优缺点及应用	122
五、气流输送	123
六、气流输送流程	126
本章小结	128
习题二	132
第三章 非均相物料的分离	139
第一节 概述	139
一、均相混合物	139
二、非均相混合物	140
第二节 沉降分离法	141
一、重力沉降法	141
二、离心沉降法	149
第三节 过滤分离法	159
一、基本概念	159
二、过滤设备	165
第四节 离心分离法	173
一、基本概念	173
二、影响离心分离的主要因素	175
三、离心机	176
第五节 其它分离方法	182
一、惯性分离法	183
二、静电除尘法	183
三、文丘里除尘法	185
本章小结	186
习题三	191
第四章 化工生产中的热量传递	192
第一节 概述	192
一、热量传递在化工生产中的重要性	192
二、热量传递的三种基本方式	193

三、工业上的热量传递方法·····	195
第二节 固体壁面内的热量传递·····	196
一、导热速率方程·····	196
二、导热系数 λ 的说明·····	198
三、平壁导热速率的计算·····	198
四、圆筒壁导热速率的计算·····	203
第三节 固体壁面与流体间的热量传递·····	206
一、热量传递过程分析·····	206
二、对流传热速率方程·····	206
三、对流传热系数 α 的说明·····	207
第四节 壁面两侧流体间的热量传递·····	208
一、热量传递过程分析·····	208
二、传热速率方程·····	209
三、冷、热流体间平均温差的计算·····	210
四、总传热系数 K 的计算·····	215
五、换热器热负荷的计算·····	219
六、换热器传热面积 A 的计算·····	222
第五节 提高传热速率的途径·····	224
一、增大传热面积 A ·····	225
二、提高冷、热流体的平均温差·····	225
三、提高传热系数 K ·····	227
第六节 常用换热器介绍·····	232
第七节 换热器的使用与管理·····	242
一、流体流道的选择·····	243
二、流体流速的选择·····	244
三、换热器的检查·····	245
四、换热器的清洗·····	247
本章小结·····	247
习题四·····	252

第五章 溶液的蒸发	255
第一节 概述.....	255
第二节 单效蒸发.....	258
一、水的蒸发量计算.....	258
二、加热蒸汽消耗量的计算.....	259
三、蒸发器传热面积的计算.....	261
第三节 多效蒸发与流程.....	263
一、概述.....	263
二、多效蒸发流程.....	264
第四节 蒸发过程讨论.....	266
一、蒸发中溶液的温度差损失.....	266
二、多效蒸发效数的限度.....	268
三、影响蒸发器生产能力和生产强度的因素.....	268
第五节 蒸发设备简介.....	269
本章小结.....	274
习题五.....	276
第六章 溶液的分离	277
第一节 溶液的蒸馏.....	277
一、基本概念.....	277
1. 蒸馏	277
2. 蒸馏分类	278
3. 汽、液相浓度的表示方法	279
4. 气体混合物的组成表示	282
二、理想溶液的汽-液平衡关系	283
1. 纯组分溶液的汽-液平衡.....	283
2. 双组分理想溶液的汽-液平衡.....	285
三、相平衡图.....	289
1. 温度-组成($t-x-y$)图	289
2. 汽-液平衡曲线($y-x$)图	293

3. 挥发度与相对挥发度	295
四、非理想溶液的汽-液平衡	297
1. 具有正偏差的非理想溶液	297
2. 具有负偏差的非理想溶液	299
五、简单蒸馏原理及流程	300
1. 一次部分汽化的蒸馏	300
2. 具有分凝器的简单蒸馏	301
第二节 溶液的精馏	303
一、精馏原理	304
二、精馏塔及精馏流程	307
1. 精馏塔的构造	307
2. 精馏流程	309
三、精馏过程的分析计算	311
1. 连续精馏塔的物料衡算及其操作线方程	313
2. 进料状况对精馏操作的影响	319
3. 精馏塔塔板数的计算	323
四、回流比对精馏的影响	335
1. 回流比对理论塔板数的影响	335
2. 全回流和最小回流比	336
3. 最小回流比的计算	337
4. 实际操作回流比的确定	338
五、精馏塔的热量衡算	339
1. 全塔热量衡算	339
2. 蒸馏釜加热蒸气消耗量	341
3. 塔顶冷凝器中冷却水的消耗量	341
六、精馏塔的介绍	345
1. 泡罩塔	346
2. 筛板塔	347
3. 浮阀塔	348

4. 喷射型塔	349
七、精馏塔的操作	352
1. 操作压力的控制	352
2. 温度	353
3. 操作回流比的调节	353
第三节 特殊蒸馏	354
一、恒沸蒸馏	355
二、萃取精馏	357
三、水蒸汽蒸馏	360
第四节 溶液的萃取	361
一、溶液的萃取在化工生产中的应用	361
二、萃取的基本原理	364
三、影响萃取的主要因素	366
本章小结	368
习题六	374
第七章 气体的吸收	377
第一节 概述	377
一、基本概念	377
二、气体吸收过程的分类	378
三、气体吸收过程在工业生产中的应用	379
第二节 气体吸收的基本原理	380
一、气相和液相组成的表示方法	380
二、气体在液体中的平衡溶解度	384
三、亨利定律——气、液平衡关系	386
四、吸收平衡线	389
五、吸收机理——双膜理论	391
第三节 气体吸收速率方程	393
一、气膜吸收速率方程	393
二、液膜吸收速率方程	394

三、以总推动力表示的吸收速率方程·····	395
四、气体溶解度对吸收系数的影响·····	396
第四节 气体吸收过程的计算·····	398
一、适宜吸收剂用量的确定·····	398
二、填料的选择及类型·····	404
三、填料吸收塔塔径的确定·····	407
四、填料层高度的确定·····	408
第五节 吸收设备、流程及影响因素·····	412
一、吸收设备·····	412
二、流程布置·····	415
三、影响吸收操作的因素·····	416
第六节 解吸·····	419
本章小结·····	421
习题七·····	425
第八章 湿物料的干燥 ·····	427
第一节 概述·····	427
一、去湿方法和干燥方式·····	427
二、干燥过程·····	429
第二节 湿空气的性质·····	429
一、湿空气的性质·····	429
二、湿空气的湿度图($T-x$ 图)和湿焓图($I-x$ 图)·····	434
第三节 湿物料干燥的基本原理·····	441
一、干燥过程的分析·····	441
二、干燥过程的物料衡算和热量衡算·····	442
三、物料中所含水分的性质·····	445
四、固体物料干燥机理·····	447
第四节 干燥速度·····	449
一、干燥速度·····	449
二、影响干燥速度的因素·····	450

第五节 干燥的操作方式·····	451
一、干燥的操作方式介绍·····	451
二、其它干燥方式·····	454
第六节 流态化干燥技术·····	455
一、概述·····	455
二、流化床结构·····	455
三、流态化干燥的应用·····	459
第七节 干燥设备简介·····	463
本章小结·····	470
习题八·····	474
第九章 结晶 ·····	475
第一节 概述·····	475
一、基本概念·····	475
二、固体物质的溶解度·····	476
第二节 结晶方法与设备·····	478
一、结晶方法的分类·····	478
二、移除一部分溶剂的结晶及结晶器·····	479
三、不移除溶剂的结晶及结晶器·····	484
第三节 结晶操作的物料衡算与热量衡算·····	486
一、物料衡算·····	486
二、热量衡算·····	488
第四节 结晶过程中晶核的形成和晶体的成长与影响因素··	489
一、晶核的形成及影响因素·····	490
二、晶核的成长及影响因素·····	490
本章小结·····	491
习题九·····	492
第十章 冷冻 ·····	494
第一节 概述·····	494
一、冷冻的分类·····	494

二、冷冻的基本原理·····	494
第二节 冷冻循环常用的原材料及其性质·····	503
一、制冷剂·····	503
二、载冷体·····	506
三、润滑油·····	507
第三节 多级压缩制冷和逐级液化·····	510
一、多级压缩制冷·····	510
二、逐级液化(又叫复迭制冷)·····	512
三、自冷过程·····	513
四、氨制冷循环·····	515
第四节 氨制冷系统的操作与调节·····	517
一、蒸发温度·····	517
二、冷凝温度·····	520
三、过冷温度·····	522
四、压缩机的吸气温度·····	522
五、压缩机的排气温度·····	523
六、中间冷却温度·····	523
第五节 深冷及气体的液化·····	523
一、深度冷冻的物理基础·····	523
二、深度冷冻循环·····	528
三、气体混合物的分离方法·····	530
四、制氧操作·····	533
本章小结·····	540
习题十·····	543
附录·····	544
一、本书常用的、国际单位制的导出单位·····	544
二、常用单位的换算·····	544
三、管子规格·····	549
四、饱和水蒸汽表·····	552

五、干空气的物理性质(760mmHg)	561
六、水的物理性质	563
七、水的粘度	566
八、水在273~373K时的饱和蒸汽压和比容	567
九、气体在常压下的粘度	569
十、气体等压比热容列线图(在101.3kN/m ² 下)	571
十一、液体粘度和在293K的密度	573
十二、液体比热容列线图	576
十三、液体汽化潜热列线图	578
十四、常用泵的规格	580
十五、某些固体的导热系数	587
十六、某些液体的导热系数	588
十七、某些气体和蒸汽的导热系数	590
十八、壁面污垢的热阻系数(污垢系数)	592
十九、列管换热器的传热系数 K 的参考值	594
二十、某些水溶液在1atm下的沸点	596
二十一、几种填料的特性数据	598
二十二、某些双组分混合物在101.3kN/m ² (绝压)下的汽 液平衡数据	599

第一章 化工生产中的基本问题

化学工业是国民经济中一个十分重要的组成部分，它为农业提供了化肥、农药和除草剂等，大大促进了农业的现代化，同时又为农副产品的贮存和加工提供了新的技术，从而扩大了农业市场，促进了农业的繁荣。

冶金、煤炭、机械、电子、轻工和医药等工业，也都和化学工业的发展密切相关。它不仅为这些工业提供了原料、材料，而且也提供了技术，从而大大促进了这些工业的发展。对于国防和航天工业，从高能燃料的研制、到新型材料的合成，都和化学工业的发展息息相关。

化学工业生产着为数众多的产品，有生产资料，也有生活资料，既关系到生产，又关系到生活。因此，化学工业在实现农业、工业、国防和科学技术现代化的过程中，担负着艰巨的任务。

第一节 化工生产的基本任务

一、什么是化学工业

凡以化学方法为主要生产手段，或生产化学产品的工业，统称为化学工业。例如，以硫铁矿石、空气和水为原料，制造硫酸的硫酸工业；还有以食盐和石灰石为原料生产纯碱的制碱工业；以空气、焦炭和水为原料生产合成氨的化肥工业；以食盐为原料进行电解制造烧碱、聚氯乙烯等产品的氯碱工业；以石油为原料生产一系列石油产品、合成塑料、合成橡

胶、合成纤维的石油化学工业等等。以上许多工业都是以天然的矿石、空气和水等资源为原料，经过一系列的加工和变化，改变了物质原来的性质、状态和组成，制成了人类生产和生活所需要的产品。因此，我们又可以将化学工业称之为把天然资源加工成生产资料或生活资料的工业。

二、化工生产的基本任务及分类

化学工业是以天然资源为原料（如煤、石油、天然气、矿石、水、空气、农副产品等）而制造产品的工业。因此，化工生产就必然要研究这些资源的加工方法和过程；研究如何改变这些原料的性质而获得人们所需要的产品；研究怎样才能充分利用有效成分获得最大的收率等等。归纳起来，化工生产研究的基本任务是：

- ① 研究产品生产的基本过程和反应的基本原理；
- ② 生产的工艺流程和工艺条件；
- ③ 生产中运用的主要设备的构造和工作原理。

目前，化学工业大致可以分为以下十个方面：

- ① 化学矿物开采业，如铁矿、磷矿及硼矿等；
- ② 基本化学工业，如硫酸、硝酸、盐酸和纯碱、烧碱等；
- ③ 化学肥料工业，各种化肥的生产；
- ④ 无机物工业，如各种无机盐、硅酸盐及单质；
- ⑤ 有机原料工业；
- ⑥ 染料及中间体工业；
- ⑦ 化学农药工业；
- ⑧ 医药工业；
- ⑨ 基本有机合成及高分子工业；
- ⑩ 石油化学工业。