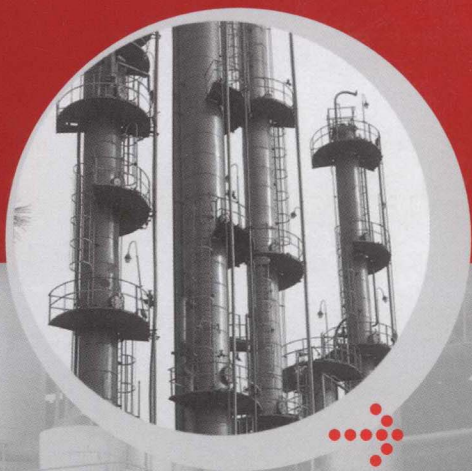


化工工人中级技术培训教材

第四版

化工基础

张振坤 王锡玉 主编



化学工业出版社

01455522

化工工人中级技术培训教材

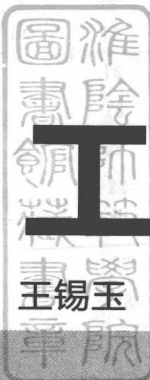
第四版

化工基础

张振坤

王锡玉

主编



馆藏



淮阴师院图书馆455522



化学工业出版社

· 北京 ·

01422252

本书是“化工工人中级技术培训教材”中的一本。全书共分十二章，介绍了化工单元操作的基本原理和计算。包括绪论、流体输送、流体输送机械、非均相混合物的分离、传热、溶液的蒸发、结晶、蒸馏、吸收、萃取、干燥、冷冻及新型传质分离方法等。

本书力求深入浅出，简明扼要，概念准确，表述清晰，图文并茂。

本书可作为化工及相关企业中级技术工人的培训教材，也可作为非化工专业人员及管理干部的自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工基础/张振坤，王锡玉主编.—4版.—北京：
化学工业出版社，2012.7

化工工人中级技术培训教材

ISBN 978-7-122-14493-5

I. 化… II. ①张…②王… III. 化学工程
IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 124238 号

责任编辑：袁海燕 陈 丽

装帧设计：关 飞

责任校对：蒋 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 刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 14 字数 388 千字

2012 年 9 月北京第 4 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：30.00 元

版权所有 违者必究

第四版前言

为了适应社会主义市场经济发展对目前职工教育培训的需要,积极配合化工技术工人进行培训和职业技能鉴定,根据国家《职业标准》对中级工应该掌握和了解的有关技术理论知识(应知)和工艺操作能力(应会)的内容,我们对2008年出版的《化工工人中级技术培训教材》进行了修订。

在对《职业标准》内容范围和深浅程度有了充分理解的基础上,兼顾中、高级技术工人在操作技能上的差别及其在基本技术理论知识上的共性特点,并考虑到成人学习的特点,注重理论联系实际,紧紧围绕化工生产的实际和检修维护的特点,由浅入深、由易到难地提出问题、分析问题、解决问题,并列举了生产或计算实例。在文字表述方面注意做到用语通俗易懂;图表清晰;术语、名词及符号符合新规定。

此次修订在2008版的基础上删掉了目前应用不多的单元操作,考虑到本书使用的读者群体,增加了主要单元操作相关设备的开停车操作以及设备使用的注意事项,使本书更加接近于实际生产过程,使理论与实际生产联系更紧密。

本书淡化了理论公式的推导及计算,把工程技术的培养作为重点,努力使读者建立化工工程性的概念,用工程性的思维去观察、分析、解决化工单元操作中的实际问题。

另外,修订中引入了目前的一些新技术和较新的单元操作,为增强知识理论的连贯性,本书对部分章节进行了顺序上的调整,使读者学习起来更加流畅,对知识结构掌握更加清晰。

本书共十二章,绪论、第十二章由吉林化工学院刘建中编写,第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第九章、第十章由吉林化工学院的张振坤编写,第十一章由吉化有机合成厂的王锡玉编写。

全书由张振坤、王锡玉主编。

天津大沽化工厂的王慧伦对本书进行了审阅并提出了宝贵意见。本书还参考了王慧伦主编的《化工基础》和刘盛宾主编的《化工基础》的部分内容。参加审稿的还有张振坤、王锡玉、刘建中、李守忠、陈云明、刘勃安。全套书由刘勃安组织，在此一并进行感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，一定还有不完善之处，恳请广大读者和同行提出宝贵意见，以便今后进一步完善。

2012年5月

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，参考了有关文献，并得到了有关单位的帮助，在此表示衷心的感谢。

目 录

绪论	1
一、化工过程及单元操作	1
二、本课程的地位和任务	1
三、单位制及单位换算	2
四、单元操作中的基本规律	4
第一章 流体输送	6
第一节 概述	6
第二节 流体静力学	6
一、流体的主要物理量	6
二、流体静力学基本方程式	11
第三节 流体动力学	16
一、基本概念	16
二、稳定流动的连续方程	19
三、伯努利方程式	20
第四节 流体阻力	27
一、流体的黏度	28
二、流体的流动形态与雷诺准数	28
三、流体阻力计算	31
第五节 流体输送管路布置	36
一、管子的类型	36
二、管件、阀以及管路的连接方式	38
三、管路布置及安装原则	42
第六节 流量的测量	44
一、孔板流量计	44
二、文氏里流量计	45
三、转子流量计	45

第二章 流体输送机械	47
第一节 概述	47
第二节 离心泵	47
一、离心泵工作原理	47
二、离心泵的主要部件	48
三、离心泵的主要性能和特性曲线	50
四、离心泵的安装高度	54
五、离心泵的分类和型号	56
六、离心泵的安装和操作	60
第三节 往复泵	61
一、往复泵的工作原理	61
二、往复泵的主要性能	64
三、往复泵的使用与维护	66
第四节 其他类型泵及各类泵的比较	67
一、计量泵	67
二、齿轮泵	67
三、螺杆泵	68
四、屏蔽泵	68
五、液下泵	69
六、旋涡泵	69
七、流体作用泵	69
八、各类泵的比较	70
第五节 往复式压缩机	72
一、往复式压缩机的结构和主要部件	72
二、往复式压缩机的主要性能	73
三、实际压缩循环	76
四、多级压缩	76
五、往复式压缩机的分类和型号	77
六、往复式压缩机的正常操作	79
第六节 离心式压缩机	80
一、离心式压缩机工作原理和结构	80
二、离心式压缩机的操作	81

第七节 各类风机简介	82
一、鼓风机	82
二、通风机	83
第八节 真空泵	84
一、往复式真空泵	84
二、液环式真空泵	85
三、旋片式真空泵	86
四、喷射式真空泵	86
第三章 非均相混合物的分离	88
第一节 概述	88
第二节 重力沉降	89
一、重力作用下的沉降速度	89
二、降尘室	93
三、沉降器	94
第三节 过滤	95
一、悬浮液的过滤	95
二、过滤机的构造与操作	99
第四节 离心分离	104
一、离心作用下的沉降速度	104
二、离心分离设备	106
第五节 其他气体净制过程及设备	113
一、惯性分离器	113
二、袋滤器	114
三、静电除尘器	115
四、文丘里除尘器	116
第六节 固体流态化	116
一、基本概念	117
二、流化床的不正常现象	119
三、流化床的操作范围	120
第七节 气力输送	121
第四章 传热	126
第一节 概述	126

第二节	传热的基本方式	126
一、	热传导	127
二、	对流	127
三、	辐射	127
四、	间壁式换热器中的传热过程	127
第三节	热传导	128
一、	导热基本定律	128
二、	多层平壁的导热	131
三、	圆筒壁的导热	132
第四节	对流传热	134
一、	对流传热方程式	134
二、	给热系数的经验公式	135
第五节	辐射传热	137
一、	辐射传热的基本概念	137
二、	物体的辐射能力	138
三、	两物体间的相互辐射	139
四、	设备热损失的计算	140
第六节	传热计算	141
一、	换热器的热负荷计算	141
二、	载热体的用量及其终温的计算	143
三、	平均传热温差的计算	144
四、	传热系数的计算和讨论	149
五、	传热面积计算	153
第七节	强化传热的途径与热绝缘方法	155
一、	强化传热的途径	155
二、	管路和设备的热绝缘方法	157
第八节	换热设备	158
一、	换热器的分类	158
二、	列管式换热器	159
三、	其他换热器	164
第九节	加热方法和载热体	175
一、	加热方法和加热剂	175

二、常用冷却剂	178
第十节 换热器的操作	178
一、投用前的检查试压	178
二、换热器的投用	178
三、换热器的停用	179
第五章 溶液的蒸发	180
第一节 概述	180
一、蒸发的特点	180
二、蒸发操作的分类	181
第二节 单效蒸发	182
一、单效蒸发流程	182
二、单效蒸发计算	183
第三节 多效蒸发与流程	187
一、概述	187
二、多效蒸发流程	187
第四节 蒸发设备简介	189
一、蒸发锅	190
二、蛇管式蒸发器	190
三、标准式蒸发器	190
四、悬筐式蒸发器	191
五、外加热式蒸发器	191
六、列文蒸发器	191
七、强制循环蒸发器	192
八、液膜蒸发器	192
九、除沫器与冷凝器	194
第五节 蒸发过程的分析	195
一、影响生产强度的因素	195
二、影响溶液沸点升高的因素	196
三、降低热能消耗的措施	196
第六章 结晶	198
第一节 概述	198
一、结晶过程	198

二、结晶产品的纯度	199
三、溶解度和溶液的过饱和度	200
四、晶核的形成与晶体的长大及影响因素	203
第二节 结晶方法	205
第三节 结晶设备	205
一、结晶设备的类型及特点	205
二、移除部分溶剂的结晶器	206
三、不移除溶剂的结晶器	209
四、结晶操作应注意的问题	212
第四节 结晶操作的物料和热量衡算	213
一、物料衡算	213
二、热量衡算	214
第七章 溶液的蒸馏	216
第一节 概述	216
一、蒸馏过程在化工中的应用	216
二、蒸馏的分类	216
三、蒸馏分离的特点	217
第二节 溶液汽液平衡关系	217
一、双组分理想溶液的汽液平衡关系	217
二、沸点-组成图	220
三、汽液平衡相图	221
四、挥发度和相对挥发度	222
第三节 精馏原理	225
一、简单蒸馏原理和流程	225
二、精馏原理	226
三、精馏流程	230
第四节 精馏塔的物料衡算	231
一、全塔物料衡算	232
二、精馏段的物料衡算	233
三、提馏段的物料衡算	234
四、进料状况对操作线的影响	235
五、理论塔板数的计算	238

第五节 回流比	243
一、全回流	243
二、最小回流比	243
三、实际回流比的选择	245
第六节 连续精馏塔的热量衡算	246
一、全塔热量衡算	246
二、塔顶冷凝器冷却水消耗量的计算	248
第七节 特殊蒸馏	249
一、共沸蒸馏	249
二、萃取蒸馏	251
三、水蒸气蒸馏	253
第八节 精馏塔	254
一、精馏塔的分类和选择	254
二、泡罩塔	255
三、筛板塔	256
四、浮阀塔	257
五、喷射型塔	258
六、斜孔筛板塔	260
七、填料塔	260
第九节 精馏塔的操作	260
一、气、液相负荷对精馏操作的影响	260
二、精馏塔的操作控制	262
三、精馏塔的操作技术	263
第八章 吸收	267
第一节 概述	267
一、气体吸收的工业应用	267
二、气体吸收分类	268
三、吸收的传质特点	268
四、吸收剂的选择	269
第二节 吸收的物理基础	269
一、气相和液相组成的表示方法	269
二、气体在液体中的溶解度	272

三、汽液平衡关系	273
四、传质的基本方式	276
五、吸收机理——双膜理论	277
第三节 吸收速率方程式	278
一、吸收速率方程式	278
二、气体溶解度对吸收系数的影响	280
第四节 吸收过程的计算	282
一、全塔物料衡算与操作线方程	283
二、吸收剂消耗量的计算	285
三、填料吸收塔塔径的确定	288
四、填料层高度的确定	289
第五节 吸收设备	292
一、填料塔结构	292
二、填料的选择及类型	293
三、湍球塔	295
四、喷射式吸收器	296
第六节 吸收塔的操作	296
一、影响吸收操作的因素	296
二、吸收塔的操作技术	298
第七节 解吸	299
第八节 吸收流程	301
第九章 液-液萃取	304
第一节 概述	304
第二节 液-液萃取过程	305
一、三元物系的相平衡	305
二、液-液萃取的基本原理	308
三、液-液萃取操作流程	310
四、萃取剂的选择	312
五、萃取操作的影响因素	313
第三节 液-液萃取设备	314
一、液-液萃取设备的分类	314
二、混合-沉降槽	315

三、重力流动萃取塔	316
四、输入机械能的萃取设备	318
五、离心萃取机	319
六、萃取设备的选择	320
第十章 干燥	322
第一节 概述	322
一、固体物料的去湿法	322
二、干燥过程的分类	322
三、干燥过程的实质和必要条件	323
第二节 湿空气的性质及湿度图	324
一、湿空气的性质	324
二、湿度图	332
三、物料中所含水分的性质	336
四、固体物料干燥机理	338
第三节 干燥器的物料衡算和热量衡算	339
一、物料含水量的表示方法	339
二、干燥后的物料量和水分蒸发量	340
三、空气消耗量	341
四、干燥器热量衡算	342
第四节 干燥速率	343
一、干燥速率	343
二、影响干燥速率的因素	344
第五节 干燥的操作方式	345
一、干燥的操作方式介绍	345
二、其他干燥方式	347
第六节 流态化干燥技术	348
一、概述	348
二、流化床结构	348
三、流态化干燥的应用	350
第七节 干燥器	350
一、干燥器应具备的条件和分类	350
二、干燥器的主要形式和特点	351

三、干燥器的选型	361
第十一章 冷冻	363
第一节 概述	363
一、冷冻方法	363
二、冷冻的分类	364
第二节 冷冻的基本原理	364
一、冷冻循环	364
二、冷冻系数	366
三、操作温度的选定	367
四、过冷操作	368
第三节 冷冻能力	369
一、单位质量冷冻剂的冷冻能力	369
二、单位体积冷冻剂的冷冻能力	369
三、冷冻能力的计算	369
四、标准冷冻能力	372
第四节 两级压缩冷冻循环	372
一、采用两级压缩的原因	372
二、两级压缩冷冻循环	373
三、复叠式冷冻循环	374
第五节 冷冻剂与载冷体	375
一、冷冻剂	375
二、载冷体	377
三、润滑油	378
第六节 压缩蒸气冷冻装置的主要设备	379
一、压缩机	380
二、冷凝器	380
三、蒸发器	381
四、膨胀阀	382
第十二章 新型传质分离方法简介	383
第一节 吸附	383
一、吸附的基本概念	383
二、吸附原理	384

第二节 膜分离	386
一、膜分离的基本概念	386
二、膜分离技术的应用	387
第三节 超临界流体萃取	389
一、超临界流体萃取的特点	389
二、超临界流体萃取基本原理	390
思考题与习题	391
附录	423
一、部分物理量的单位	423
二、单位换算表	424
三、水的物理性质	425
四、饱和水蒸气表（按压力排列）	426
五、某些气体的物理性质	428
六、管道内各种流体常用流速范围	429
七、常用金属管规格	430
八、常见固体的热导率	432
九、列管式换热器的传热系数	432
十、污垢热阻经验数据	432

绪 论

一、化工过程及单元操作

化学工业是将自然界的各种物质，经过化学和物理方法处理，制造成生产资料和生活资料的工业。一种产品的生产过程中，从原料到成品，往往需要几个或几十个加工过程。其中除了化学反应过程外，还有大量的物理加工过程。这些过程就是化学工业的生产过程，常称作化工过程。

化学工业产品的种类繁多。各生产过程差异很大。每一种化工过程包含着许多操作工序，可分为两类。一类是化学反应，根据生产目的不同，进行不同的化学反应。在这一过程中物质发生了化学变化，改变了其化学性质。用于化学反应过程的设备称反应器。另一类工序并不进行化学反应，在此过程中物质不改变化学性质，只是改变其物理性质。

根据操作原理，化工产品生产过程中的物理加工过程可归纳为应用较广的数个基本操作过程。例如，乙醇、乙烯及石油等生产过程中，都采用蒸馏操作分离液体混合物，所以蒸馏为一基本操作过程。又如合成氨、硝酸和硫酸等生产过程中，都采用吸收操作分离气体混合物，所以吸收也是一个基本操作过程。又如尿素、聚氯乙烯及染料等生产过程中，都采用干燥操作以除去固体中的水分，所以干燥也是一个基本操作过程。这些基本过程称为单元操作。任何一种化工产品的生产过程，都是由若干个单元操作及化学反应过程组合而成的。每个单元操作都是在一定的设备中进行的。例如，吸收操作是在吸收塔内进行的；干燥操作是在干燥器内进行的。所以，单元操作是指在各种化工产品的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、具有相同作用的那些基本操作。

二、本课程的地位和任务

化工基础是一门技术基础课，其主要任务是研究和了解各单元