

化工工人中级技术培训教材

第五版

化工基础

张振坤　王锡玉　主编

HUAGONG JICHU

非外借



化学工业出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

化工工人中级技术培训教材

第五版

化工基础

张振坤　王锡玉　主编

化学工业出版社

·北京·

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、溶液的蒸馏、吸收、液-液萃取、干燥、冷冻及新型传质分离方法简介等。

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．—5版．—北京：化学工业出版社，2019.4

ISBN 978-7-122-33766-5

Ⅰ.①化… Ⅱ.①张…②王… Ⅲ.①化学工程 Ⅳ.①TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字（2019）第011946号

责任编辑：袁海燕　陈　丽　　装帧设计：关　飞

责任校对：王鹏飞

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：三河市延风印装有限公司

850mm×1168mm　1/32　印张14½　字数399千字

2019年6月北京第5版第1次印刷

购书咨询：010-64518888　　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：49.80元

版权所有　违者必究

第五版前言

为了适应经济发展对目前职工教育培训的要求，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）的要求，我们对2012年出版的化工工人中级技术培训系列教材进行修订。

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，以强化应用为目的，理论够用为原则，注重理论联系实际和检修维护的特点，由浅入深、由易到难地提出问题、分析问题和解决问题，并列举了生产和计算实例。同时考虑到工人学习的特点，在文字表达方面注意做到通俗易懂，图表清晰。

本书自第一版出版以来历经数次修订、不断完善，力求为工作在化工生产一线的操作人员提供理论上的帮助。

在第四版的基础上，本书主要有以下变化：

1. 变换了一些参数的表示符号，使之更加贴近目前各相关书籍习惯使用的符号形式，使读者阅读其他参考资料时能更好地衔接；

2. 在每章的前面增加了学习目标和能力目标，使读者更好地了解每章的主要内容和需要掌握的程度。在每章后面增加了本章小结，可以使读者通过框图清晰地了解本章的知识脉络；

3. 补充了部分知识点的叙述，使内容更加完整。

本书共十二章，由吉林化工学院张振坤统稿并编写了第1～9章，参加编写的人员还有：吉林化工学院刘建中（绪论、附录）、吉化有机合成厂王锡玉（第10章）、吉林化工学院杨梅（第10、11、12章），全书由张振坤、王锡玉主编。

本书在编写过程中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。对参与审稿的吉化职工教育培训部门的李守忠、陈云明、刘勃安表示感谢。

由于编者水平有限，对于书中出现的欠妥之处，希望专家和广大读者给予批评和指正，以便今后进一步完善。

编　者

2019 年 1 月

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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 …… 2
三、单位制及单位换算 …… 2
四、单元操作中的基本规律 …… 4
本章小结 …… 7
思考题与习题 …… 7
第一章 流体输送 …… 8
第一节 概述 …… 8
第二节 流体静力学 …… 9
一、流体的主要物理量 …… 9
二、流体静力学基本方程式 …… 13
第三节 流体动力学 …… 19
一、基本概念 …… 19
二、稳定流动的连续方程 …… 21
三、伯努利方程式 …… 22
第四节 流体阻力 …… 30
一、流体的黏度 …… 30
二、流体的流动形态与雷诺数 …… 31
三、流体阻力计算 …… 33
第五节 流体输送管路布置 …… 38
一、管子的类型 …… 39
二、管件、阀以及管路的连接方式 …… 41
三、管路布置及安装原则 …… 45
第六节 流量的测量 …… 47
一、孔板流量计 …… 47

二、文丘里流量计 …… 47
三、转子流量计 …… 48
本章小结 …… 49
思考题与习题 …… 49
第二章 流体输送机械 …… 58
第一节 概述 …… 58
第二节 离心泵 …… 58
一、离心泵工作原理 …… 59
二、离心泵的主要部件 …… 60
三、离心泵的主要性能和特性曲线 …… 61
四、离心泵的安装高度 …… 65
五、离心泵的分类和型号 …… 67
六、离心泵的安装和操作 …… 72
第三节 往复泵 …… 73
一、往复泵的工作原理 …… 73
二、往复泵的主要性能 …… 76
三、往复泵的使用与维护 …… 78
第四节 其他类型泵及各类泵的比较 …… 79
一、计量泵 …… 79
二、齿轮泵 …… 79
三、螺杆泵 …… 80
四、屏蔽泵 …… 80
五、液下泵 …… 81
六、旋涡泵 …… 81
七、流体作用泵 …… 82
八、各类泵的比较 …… 82
第五节 往复式压缩机 …… 84
一、往复式压缩机的结构和主要部件 …… 84
二、往复式压缩机的主要性能 …… 86
三、实际压缩循环 …… 88
四、多级压缩 …… 89

五、往复式压缩机的分类和型号 …… 90
六、往复式压缩机的正常操作 …… 91
第六节 离心式压缩机 …… 92
一、离心式压缩机工作原理和结构 …… 92
二、离心式压缩机的操作 …… 93
第七节 各类风机简介 …… 94
一、鼓风机 …… 94
二、通风机 …… 95
第八节 真空泵 …… 96
一、往复式真空泵 …… 97
二、液环式真空泵 …… 97
三、旋片式真空泵 …… 98
四、喷射式真空泵 …… 99
本章小结 …… 100
思考题与习题 …… 100
第三章 非均相混合物的分离 …… 103
第一节 概述 …… 103
第二节 重力沉降 …… 104
一、重力作用下的沉降速度 …… 104
二、降尘室 …… 108
三、沉降器 …… 109
第三节 过滤 …… 110
一、悬浮液的过滤 …… 110
二、过滤机的构造与操作 …… 114
第四节 离心分离 …… 119
一、离心作用下的沉降速度 …… 119
二、离心分离设备 …… 121
第五节 其他气体净制过程及设备 …… 128
一、惯性分离器 …… 128
二、袋滤器 …… 129
三、静电除尘器 …… 130

四、文丘里除尘器 …… 131
第六节 固体流态化 …… 131
一、基本概念 …… 132
二、流化床的不正常现象 …… 134
三、流化床的操作范围 …… 135
第七节 气力输送 …… 136
本章小结 …… 140
思考题与习题 …… 140
第四章 传热 …… 143
第一节 概述 …… 143
第二节 传热的基本方式 …… 144
一、热传导 …… 144
二、对流 …… 144
三、辐射 …… 144
四、间壁式换热器中的传热过程 …… 144
第三节 热传导 …… 146
一、导热基本定律 …… 146
二、多层平壁的导热 …… 148
三、圆筒壁的导热 …… 149
第四节 对流传热 …… 151
一、对流传热方程式 …… 151
二、给热系数的经验公式 …… 152
第五节 辐射传热 …… 154
一、辐射传热的基本概念 …… 155
二、物体的辐射能力 …… 156
三、两物体间的相互辐射 …… 157
四、设备热损失的计算 …… 157
第六节 传热计算 …… 158
一、换热器的热负荷计算 …… 158
二、载热体的用量及其终温的计算 …… 161
三、平均传热温差的计算 …… 162

四、传热系数的计算和讨论 …… 167
五、传热面积计算 …… 171
第七节 强化传热的途径与热绝缘方法 …… 173
一、强化传热的途径 …… 173
二、管路和设备的热绝缘方法 …… 175
第八节 换热设备 …… 176
一、换热器的分类 …… 176
二、列管式换热器 …… 177
三、其他换热器 …… 182
第九节 加热方法和载热体 …… 193
一、加热方法和加热剂 …… 193
二、常用冷却剂 …… 196
第十节 换热器的操作 …… 196
一、投用前的检查试压 …… 196
二、换热器的投用（以水冷却油品为例） …… 196
三、换热器的停用 …… 197
本章小结 …… 198
思考题与习题 …… 198
第五章 溶液的蒸发 …… 204
第一节 概述 …… 204
一、蒸发的特点 …… 204
二、蒸发操作的分类 …… 205
第二节 单效蒸发 …… 206
一、单效蒸发流程 …… 206
二、单效蒸发计算 …… 207
第三节 多效蒸发与流程 …… 211
一、概述 …… 211
二、多效蒸发流程 …… 211
第四节 蒸发设备简介 …… 213
一、蒸发锅 …… 214
二、蛇管式蒸发器 …… 214

三、标准式蒸发器（中央循环管式蒸发器） …… 214
四、悬筐式蒸发器 …… 215
五、外加热式蒸发器 …… 215
六、列文蒸发器 …… 215
七、强制循环蒸发器 …… 216
八、液膜蒸发器 …… 216
九、除沫器与冷凝器 …… 218
第五节 蒸发过程的分析 …… 219
一、影响生产强度的因素 …… 219
二、影响溶液沸点升高的因素 …… 220
三、降低热能消耗的措施 …… 220
本章小结 …… 221
思考题与习题 …… 221
第六章 结晶 …… 224
第一节 概述 …… 224
一、结晶过程 …… 224
二、结晶产品的纯度 …… 225
三、溶解度和溶液的过饱和度 …… 226
四、晶核的形成与晶体的长大及影响因素 …… 229
第二节 结晶方法 …… 231
第三节 结晶设备 …… 231
一、结晶设备的类型及特点 …… 231
二、移除部分溶剂的结晶器 …… 232
三、不移除溶剂的结晶器 …… 235
四、结晶操作应注意的问题 …… 238
第四节 结晶操作的物料和热量衡算 …… 239
一、物料衡算 …… 239
二、热量衡算 …… 240
本章小结 …… 242
思考题与习题 …… 242
第七章 溶液的蒸馏 …… 244

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一节 概述 …… 244
一、蒸馏过程在化工中的应用 …… 244
二、蒸馏的分类 …… 245
三、蒸馏分离的特点 …… 245
第二节 溶液气液平衡关系 …… 246
一、双组分理想溶液的气液平衡关系 …… 246
二、沸点-组成图 …… 248
三、气液平衡相图 …… 250
四、挥发度和相对挥发度 …… 250
第三节 精馏原理 …… 253
一、简单蒸馏原理和流程 …… 253
二、精馏基础 …… 255
三、精馏流程 …… 258
第四节 精馏塔的物料衡算 …… 259
一、全塔物料衡算 …… 260
二、精馏段的物料衡算 …… 261
三、提馏段的物料衡算 …… 262
四、进料状况对操作线的影响 …… 263
五、理论塔板数的计算 …… 266
第五节 回流比 …… 271
一、全回流 …… 271
二、最小回流比 …… 271
三、实际回流比的选择 …… 273
第六节 连续精馏塔的热量衡算 …… 274
一、全塔热量衡算 …… 274
二、塔顶冷凝器冷却水消耗量的计算 …… 276
第七节 特殊蒸馏 …… 277
一、共沸蒸馏 …… 277
二、萃取蒸馏 …… 279
三、水蒸气蒸馏 …… 281
第八节 精馏塔 …… 282

一、精馏塔的分类和选择 …… 282
二、泡罩塔 …… 283
三、筛板塔 …… 284
四、浮阀塔 …… 285
五、喷射型塔 …… 286
六、斜孔筛板塔 …… 288
七、填料塔 …… 288
第九节 精馏塔的操作 …… 288
一、气、液相负荷对精馏操作的影响 …… 288
二、精馏塔的操作控制 …… 290
三、精馏塔的操作技术 …… 291
本章小结 …… 294
思考题与习题 …… 295
第八章 吸收 …… 299
第一节 概述 …… 299
一、气体吸收的工业应用 …… 299
二、气体吸收分类 …… 300
三、吸收的传质特点 …… 300
四、吸收剂的选择 …… 301
第二节 吸收的物理基础 …… 301
一、气相和液相组成的表示方法 …… 301
二、气体在液体中的溶解度 …… 304
三、气液平衡关系 …… 305
四、传质的基本方式 …… 308
五、吸收机理——双膜理论 …… 309
第三节 吸收速率方程式 …… 310
一、吸收速率方程式 …… 310
二、气体溶解度对吸收系数的影响 …… 312
第四节 吸收过程的计算 …… 314
一、全塔物料衡算与操作线方程 …… 315
二、吸收剂消耗量的计算 …… 317

三、填料吸收塔塔径的确定 …… 320
四、填料层高度的确定 …… 321
第五节 吸收设备 …… 324
一、填料塔结构 …… 324
二、填料的选择及类型 …… 325
三、湍球塔 …… 327
四、喷射式吸收器 …… 328
第六节 吸收塔的操作 …… 328
一、影响吸收操作的因素 …… 328
二、吸收塔的操作技术 …… 330
第七节 解吸 …… 331
第八节 吸收流程 …… 333
本章小结 …… 335
思考题与习题 …… 336
第九章 液-液萃取 …… 340
第一节 概述 …… 340
第二节 液-液萃取过程 …… 341
一、三元物系的相平衡 …… 341
二、液-液萃取的原理 …… 344
三、液-液萃取操作流程 …… 346
四、萃取剂的选择 …… 348
五、萃取操作的影响因素 …… 349
第三节 液-液萃取设备 …… 350
一、液-液萃取设备的分类 …… 350
二、混合-沉降槽 …… 351
三、重力流动萃取塔 …… 352
四、输入机械能的萃取设备 …… 355
五、离心萃取机 …… 355
六、萃取设备的选择 …… 356
本章小结 …… 358
思考题与习题 …… 358

第十章　干燥 …… 360
第一节　概述 …… 360
一、固体物料的去湿法 …… 360
二、干燥过程的分类 …… 361
三、干燥过程的实质和必要条件 …… 361
第二节　湿空气的性质及湿度图 …… 362
一、湿空气的性质 …… 362
二、湿度图 …… 370
三、物料中所含水分的性质 …… 374
四、固体物料干燥机理 …… 376
第三节　干燥器的物料衡算和热量衡算 …… 377
一、物料含水量的表示方法 …… 377
二、干燥后的物料量和水分蒸发量 …… 378
三、空气消耗量 …… 379
四、干燥器热量衡算 …… 380
第四节　干燥速率 …… 381
一、干燥速率公式 …… 381
二、影响干燥速率的因素 …… 382
第五节　干燥的操作方式 …… 383
一、干燥的操作方式介绍 …… 383
二、其他干燥方式 …… 385
第六节　流态化干燥技术 …… 386
一、概述 …… 386
二、流化床结构 …… 386
三、流态化干燥的应用 …… 388
第七节　干燥器 …… 388
一、干燥器应具备的条件和分类 …… 388
二、干燥器的主要形式和特点 …… 389
三、干燥器的选型 …… 399
本章小结 …… 401
思考题与习题 …… 401

第十一章　冷冻 …… 404
第一节　概述 …… 404
一、冷冻方法 …… 404
二、冷冻的分类 …… 405
第二节　冷冻的基本原理 …… 406
一、冷冻循环 …… 406
二、冷冻系数 …… 407
三、操作温度的选定 …… 408
四、过冷操作 …… 409
第三节　冷冻能力 …… 410
一、单位质量冷冻剂的冷冻能力 …… 410
二、单位体积冷冻剂的冷冻能力 …… 410
三、冷冻能力的计算 …… 412
四、标准冷冻能力 …… 413
第四节　两级压缩冷冻循环 …… 414
一、采用两级压缩的原因 …… 414
二、两级压缩冷冻循环简介 …… 414
三、复叠式冷冻循环 …… 415
第五节　冷冻剂与载冷体 …… 416
一、冷冻剂 …… 416
二、载冷体 …… 418
三、润滑油 …… 419
第六节　压缩蒸气冷冻装置的主要设备 …… 421
一、压缩机 …… 421
二、冷凝器 …… 421
三、蒸发器 …… 422
四、膨胀阀 …… 422
本章小结 …… 423
思考题与习题 …… 423
第十二章　新型传质分离方法简介 …… 426
第一节　吸附 …… 426

一、吸附的基本概念 …… 426
三、吸附原理 …… 427
第二节 膜分离 …… 429
一、膜分离的基本概念 …… 429
二、膜分离技术的应用 …… 430
第三节 超临界流体萃取 …… 432
一、超临界流体萃取的特点 …… 433
二、超临界流体萃取基本原理 …… 433
本章小结 …… 434
思考题与习题 …… 434
附录 …… 435
一、部分物理量的单位 …… 435
二、单位换算表 …… 436
三、水的物理性质 …… 437
四、饱和水蒸气表（按压力排列） …… 438
五、某些气体的物理性质 …… 440
六、管道内各种流体常用流速范围 …… 441
七、常用管子规格 …… 442
八、常见固体的热导率 …… 443
九、列管式换热器的传热系数 …… 444
十、污垢热阻经验数据 …… 444

需要全本请访问 www.ertongbook.com