

77

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

化工原理

华南理工大学 编
黄少烈 邹华生 主编



A0967339



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材。

本书以单元操作为主线,以工程应用为背景,重点讨论主要化工单元操作的基本原理、过程、计算方法,还介绍了典型设备的结构特点和操作性能,使过程的原理与所用的设备有机结合。为了扩大学生的知识面,还适当地介绍了本学科领域中新的单元操作基本知识。全书共八章,内容包括:流体流动与应用,流体输送机械,非均相机械分离,传热及传热设备,蒸馏,吸收,干燥,新型分离技术等。

为了便于学生理解和掌握单元操作基本原理和计算方法,培养分析问题和解决问题的能力,还列举了较多的典型例题、习题、思考题,同时还列出适当的讨论题,作为安排专题讨论课时作参考。

本书注重基本概念和基本原理的阐述,强调理论联系实际。用工程观点去分析问题,突出重点,便于自学。

本书可作为高等工科院校有关专业及理科化学和应用化学专业“化工原理”或“化工基础”课程的教材;也可作为石油、化工、制药、食品、环境、材料等部门的科研、设计和生产单位的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理/黄少烈 邹华生主编. —北京:高等教育出版社,2002.8

化工类专业及相近专业本科生教材

ISBN 7-04-010779-1

I. 化… II. ①黄… ②邹… III. 化工原理—高等学校—教材 IV. TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 030963 号

化工原理

华南理工大学 编 黄少烈 邹华生主编

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048
经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂
开 本 787×960 1/16
印 张 31
字 数 590 000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
版 次 2002 年 8 月第 1 版
印 次 2002 年 8 月第 1 次印刷
定 价 35.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书根据教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”中的《化工类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践》工科 03-31 项目组审定的教学基本要求编写,是面向 21 世纪课程教材。

培养基础扎实以及具有创新意识和实践能力的高级专门人才是高等院校的基本任务。“化工原理”课程作为一门实践性很强的技术基础课,具有理论与实践并重的特点,反映科技进步对化工技术发展的影响,在培养学生创新能力和实践能力中起着重要作用。国际化工界知名学者、美国普林斯顿大学 James Wei 教授在回顾化工高等教育一百多年历史、展望未来发展时指出:“化学工程学科与材料、环境、生物等领域交叉融合,其工程基础学科的重要性必将有进一步的加强”。在大学化工类专业要相应加强知识核心课程如流体力学、传递过程、化工热力学、化工原理等课程的教学,同时要注重在其他相关课程中的应用。为了适应 21 世纪高级化工专门人才的要求,力求在课程体系和教学内容等方面进行改革。在教学及编写过程中,注重基础理论的阐述。

本书以工程应用为背景,以基本化工单元操作为主线,将传递过程的理论融合到基本原理的阐述之中,注重工程实际问题处理方法的介绍,有利于激发学生的创新思维。除了基本单元操作,还增加了反映化工过程近代发展的新单元操作和新技术的内容,力求拓宽知识和应用领域。

本书由华南理工大学编,黄少烈、邹华生主编。参加编写的有钟理、伍钦。其中黄少烈(绪论、第五章、第八章、英文索引)、邹华生(第一、二、三、六章)、钟理(第四章)、伍钦(第七章)。本书由北京化工大学杨祖荣教授、天津大学刘邦孚教授担任主审。

在编写过程中,得到“化工类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”项目组主持人余国琮院士的热情关怀和支持。高等教育出版社十分关心稿件的质量和进度,并出资帮助编者顺利地完稿件的撰写工作。华南理工大学化工学院有关老师给予热情关心、支持和帮助。学校有关专家和教授为本教材提出了不少宝贵意见和建议。在此我们致以诚挚的谢意。

由于水平有限,在编写教材方面缺乏经验,缺点和错误一定不少,敬请同仁和读者提出宝贵意见和建议,以便在本书修订时改进。

编者

2001 年 5 月

序

《化工类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践》为教育部(原国家教委)“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的 03-31 项目,于 1996 年 6 月立项进行。本项目牵头单位为天津大学,主持单位为华东理工大学、浙江大学、北京化工大学,参加单位为大连理工大学、四川大学、华南理工大学等。

项目组以邓小平同志提出的“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”为指针,认真学习国家关于教育工作的各项方针、政策,在广泛调查研究的基础上,分析了国内外化工高等教育的现状、存在问题和未来发展。四年多来项目组共召开了由 7 校化工学院、系领导亲自参加的 10 次全体会议进行交流,形成了一个化工专业教育改革的总体方案,主要包括:

- 制定《高等教育面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业人才培养方案》;
- 组织编写高等教育面向 21 世纪化工专业课与选修课系列教材;
- 建设化工专业实验、设计、实习样板基地;
- 开发与使用现代化教学手段。

《高等教育面向 21 世纪“化学工程与工艺”专业人才培养方案》从转变传统教育思想出发,拓宽专业范围,包括了过去的各类化工专业,以培养学生的素质、拓宽知识与提高能力为目标,重组课程体系。在加强基础理论与实践环节的同时,增加人文社科课和选修课的比例,适当削减专业课分量,并强调采取启发性教学与使用现代化教学手段,从而可以较大幅度地减少授课时数,以增加学生自学与自由探讨的时间,这就有利于逐步树立学生勇于思考与走向创新的精神。项目组所在各校对培养方案进行了初步试行与教学试点,结果表明是可行的,并收到了良好效果。

化学工程与工艺专业教育改革总体方案的另一主要内容是组织编写高等教育面向 21 世纪课程教材。高质量的教材是培养高素质人才的重要基础。项目组要求教材作者以教改精神为指导,力求新教材从认识规律出发,阐述本门课程的基本理论与应用及其现代进展,并采用现代化教学手段,做到新体系、厚基础、重实践、易自学、引思考。每门教材采取自由申请及择优选定的原则。项目组拟定了比较严格的项目申请书,包括对本门课程目前国内外教材的评述、拟编写教材的特点、配合的现代教学手段(例如提供教师在课堂上使用的多媒体教学软件,附于教材的辅助学生自学用的光盘等)、教材编写大纲以及交稿日期。申请

书在项目组各校评审,经项目组会议择优选取立项,并适时对样章在各校同行中进行评议。全书编写完成后,经专家审定是否符合高等教育面向 21 世纪课程教材的要求。项目组、教学指导委员会、出版社签署意见后,报教育部审批,批准方可正式出版。

项目组按此程序组织编写了一套化学工程与工艺专业高等教育面向 21 世纪课程教材,共计 25 种,将陆续推荐出版,其中包括专业课教材、选修课教材、实验课教材、设计课教材以及计算机仿真实验与仿真实习教材等。本书就是其中的一种。

按教育部要求,本套教材在内容和体系上体现创新精神、注重拓宽基础、强调能力培养,力求适应高等教育面向 21 世纪人才培养的需要,但由于受到我们目前对教学改革的研究深度和认识水平所限,仍然会有不妥之处,尚请广大读者予以指正。

化学工程与工艺专业的教学改革是一项长期的任务,本项目的全部工作仅仅是一个开端。作为项目组的总负责人,我衷心地对多年来给予本项目大力支持的各校和为本项目贡献力量的人们表示最诚挚的敬意!

中国科学院院士、天津大学教授
余国琮

2000 年 4 月于天津

目 录

绪论	1
第一章 流体力学与应用	6
第一节 概述	6
1-1-1 流体的连续性与特征	6
1-1-2 作用在流体上的力	7
1-1-3 非牛顿型流体	9
第二节 流体静力学	10
1-2-1 流体的密度	10
1-2-2 压强及其表示方法	11
1-2-3 流体静力学基本方程	12
1-2-4 流体静力学基本方程在工程中的应用	14
第三节 流体流动现象	18
1-3-1 流动过程与基本概念	18
1-3-2 流动型态	21
1-3-3 圆管内稳定流动过程数学分析	24
1-3-4 边界层简介	27
第四节 质量、能量和动量衡算	29
1-4-1 连续性方程	29
1-4-2* 纳维尔-斯托克斯方程	31
1-4-3 机械能衡算	34
第五节 管内流动阻力与能量损失	41
1-5-1 流体阻力与范宁公式	41
1-5-2 层流时阻力损失的计算	43
1-5-3 量纲分析方法	43
1-5-4 湍流时摩擦损失的计算	46
1-5-5 局部阻力损失	50
第六节 流体流动和静力学方程的应用	55
1-6-1 简单管路计算	55
1-6-2 复杂管路	57
1-6-3 可压缩流体管路计算	63
1-6-4 流量的测量	65
习题	74

思考题	79
第二章 流体输送机械	82
第一节 液体输送机械	82
2-1-1 离心泵	82
2-1-2 离心泵的主要性能参数	89
2-1-3 离心泵的特性曲线	90
2-1-4 离心泵的工作点和流量调节	97
2-1-5 离心泵的安装高度	101
2-1-6 离心泵的型号与选用	105
第二节 其他类型的泵	108
2-2-1 往复泵	108
2-2-2 其他类型的泵	111
第三节 气体输送机械	113
2-3-1 离心式风机	113
2-3-2 旋转鼓风机和压缩机	117
2-3-3 往复式压缩机	117
2-3-4 真空泵	121
习题	122
思考题	124
第三章 非均相机械分离	127
第一节 概述	127
3-1-1 概述	127
第二节 颗粒与颗粒群的特性	127
3-2-1 颗粒与颗粒群的特点	127
第三节 颗粒的沉降	132
3-3-1 颗粒在流体中的沉降过程	132
3-3-2 重力沉降设备	136
3-3-3 离心沉降与离心沉降设备	139
第四节 过滤	143
3-4-1 概述	143
3-4-2 过滤设备	145
3-4-3 过滤基本方程式	148
3-4-4 过滤生产能力及滤饼洗涤	155
习题	158
思考题	159
第四章 传热及传热设备	161
第一节 概述	161
第二节 热传导	164

4-2-1	热传导基本概念	164
4-2-2	傅里叶定律	165
4-2-3	热传导系数	166
4-2-4	平壁的热传导	167
4-2-5	圆筒壁的热传导	169
第三节	对流传热	171
4-3-1	对流传热及其类型	171
4-3-2	对流传热速率与对流表面传热系数	174
4-3-3	对流表面传热系数的影响因素	174
4-3-4	与传热有关的特征数及特征数关联式的确定方法	177
第四节	流体无相变时的对流表面传热系数	180
4-4-1	流体在管内作强制对流	180
4-4-2	流体在管外强制对流传热	184
第五节	有相变流体的对流传热	188
4-5-1	蒸气冷凝对流传热	188
4-5-2	沸腾传热	193
第六节	辐射传热	197
4-6-1	基本概念和定律	197
4-6-2	两固体间的辐射传热	201
4-6-3	对流和辐射的联合传热	205
第七节	总传热速率和传热过程的计算	206
4-7-1	总传热速率方程	206
4-7-2	热量衡算	207
4-7-3	总传热系数	208
4-7-4	平均温度差	211
4-7-5	传热效率法	216
第八节	换热器	220
4-8-1	常用换热器	220
4-8-2	强化传热技术及新型的传热设备	228
4-8-3	列管式换热器的设计与选择	230
	习题	239
	思考题	243
第五章	蒸馏	244
第一节	概述	244
5-1-1	蒸馏及其在工业中的应用	244
5-1-2	双组分连续精馏的流程及精馏塔	245
第二节	双组分溶液的气液相平衡	247
5-2-1	双组分溶液气液平衡的自由度	247

5-2-2	双组分理想溶液的气液平衡	247
5-2-3	非理想溶液的气液平衡	253
5-2-4	总压对气液平衡的影响	256
第三节	平衡蒸馏和简单蒸馏	257
5-3-1	平衡蒸馏(闪蒸)	257
5-3-2	简单蒸馏	259
第四节	精馏的流程和原理	261
5-4-1	精馏原理	261
5-4-2	工业精馏装置	264
第五节	双组分混合液连续精馏的计算和操作分析	265
5-5-1	精馏塔操作压力的确定	265
5-5-2	全塔物料的衡算	266
5-5-3	精馏段物料衡算和操作线方程	268
5-5-4	提馏段物料衡算和操作线方程	269
5-5-5	进料板物料衡算、热量衡算和进料方程	269
5-5-6	理论塔板数的计算	273
5-5-7	回流比对精馏操作的影响及选择	274
5-5-8	理论塔板数的简捷计算	280
5-5-9	实际塔板数与塔板效率	281
5-5-10	其他类型的双组分连续精馏	285
5-5-11	连续精馏装置的热量衡算	289
5-5-12	双组分连续精馏的操作分析和操作型计算	291
第六节	间歇精馏	297
5-6-1	间歇精馏的装置及特点	297
5-6-2	塔顶馏出液的组成恒定的间歇精馏计算	298
5-6-3	回流比不变时间歇精馏的计算	299
第七节	特殊精馏	301
5-7-1	恒沸精馏	301
5-7-2	萃取精馏	302
5-7-3	加盐萃取精馏	303
5-7-4	分子蒸馏	305
第八节	板式塔	308
5-8-1	工业生产对塔设备的要求	308
5-8-2	常用板式塔类型	309
5-8-3	板式塔的流体力学性能	314
5-8-4	板式塔的设计计算	317
习题		317
思考题		320

第六章 吸收	322
第一节 概述	322
6-1-1 概述	322
第二节 吸收中的气液相平衡	325
6-2-1 气体在液体中的溶解度	325
第三节 吸收速度	330
6-3-1 分子扩散	330
6-3-2 分子扩散系数	335
6-3-3 涡流扩散与对流传质	339
6-3-4 吸收速率方程式	342
第四节 吸收(或解吸)塔的计算	347
6-4-1 物料衡算——操作线方程	348
6-4-2 填料高度的计算	350
6-4-3 解吸	358
6-4-4 高浓度气体吸收	358
第五节 填料塔	362
6-5-1 填料塔的结构及填料特性	362
6-5-2 填料塔的流体力学特性	364
习题	371
思考题	373
第七章 干燥	375
第一节 概述	375
7-1-1 加热方法对干燥过程的影响	375
7-1-2 操作温度和操作压力对干燥过程的影响	376
7-1-3 干燥器中物料的处理方法	377
第二节 湿空气的性质和湿物料的性质	377
7-2-1 湿空气的性质	377
7-2-2 湿空气的焓-湿图及应用	385
7-2-3 湿物料的性质	389
第三节 干燥过程的物料衡算和热量衡算	392
7-3-1 物料衡算	393
7-3-2 热量衡算	394
7-3-3 空气通过干燥器时的状态变化	398
7-3-4 干燥器的热效率和干燥器的节能	403
第四节 干燥动力学及干燥时间	406
7-4-1 干燥动力学试验	407
7-4-2 干燥时间的计算	410
第五节 干燥器	414

7-5-1 干燥器的分类和选择	414
7-5-2 厢式干燥器	415
7-5-3 隧道干燥器(洞道式干燥器)	417
7-5-4 转筒干燥器	418
7-5-5 带式干燥机	419
7-5-6 转鼓干燥器	420
7-5-7 喷雾干燥	421
7-5-8 流化床干燥器	423
7-5-9 气流干燥器	424
7-5-10 微波和高温干燥	426
习题	427
思考题	429
第八章 新型分离技术	430
第一节 超临界流体萃取	430
8-1-1 超临界萃取原理	430
8-1-2 超临界流体萃取基本流程	433
8-1-3 超临界流体萃取的应用	435
第二节 膜分离技术	436
8-2-1 概述	436
8-2-2 膜分离的过程及基本原理	437
8-2-3 膜分离过程的特点	438
8-2-4 各种膜过程简介	439
8-2-5 膜分离设备-膜组件	444
思考题	445
本书主要参考书刊	447
附录	449
一、化工中常用法定计量单位	449
二、单位换算	450
三、水的物理性质	451
四、饱和水蒸气表	452
五、某些液体的物理性质	454
六、某些气体的物理性质	455
七、一些固体材料的热传导系数	457
八、扩散系数	457
九、气体在液体中的溶解度	458
十、某些有机化合物的蒸气压	460
十一、某些二元物系的气液平衡数据	462
十二、泵 IS 型单级单吸离心泵性能表	463

专业名词索引	465
本书主要符号表	477

绪 论

一、化工生产与单元操作

1. 化工生产

化工生产是指有目的的使原料经过一系列的化学或物理变化,以获得产品的工业过程,有时也称为化学工业。在化工生产中有的产品可直接将原料通过物理加工的方法来获得产品,例如,天然植物油用物理加工方法(如蒸馏)获得香料产品。但是,由于简单物理加工方法较难使产品达到高纯度或因经济原因,这种加工方法应用得比较少;而绝大多数化工产品的获得都采用化学与物理加工相结合的方法。因此,化工生产的核心还是化学反应过程。然而,为使化反应能在适宜条件下顺利地进行,需要对反应前的原料进行必要的预处理,使之达到规定的纯度;另外,化学反应过程不可避免地有副反应发生,反应产物除了目标产物外还有副产物和未反应的原料等组分,因此,要获得符合质量要求的产品,必须对产物进行精制与纯化,以获得最终的产品(或中间产品)。同时,化学反应要维持在一一定的温度、压力条件下进行,需要在反应过程中进行加热或冷却。所以,化工生产过程不但包括化学变化过程,也包括混合物的分离、精制以及加热、冷却和物料的输送等物理过程,这些过程一般称之为“单元操作”。

例如,乙烯是石油化工的主要产品或原料,在石油化工中居主导地位,而生产乙烯的主要原料是石油炼制过程中的炼厂气和石脑油或轻质油经高温裂解的裂解气,无论是炼厂气还是裂解气,要获得聚合级的乙烯或丙烯,都需要进行一系列的分离操作。如图 0-1 为乙烯生产过程示意图。图 0-2 为典型的裂解气深冷分离流程示意图。

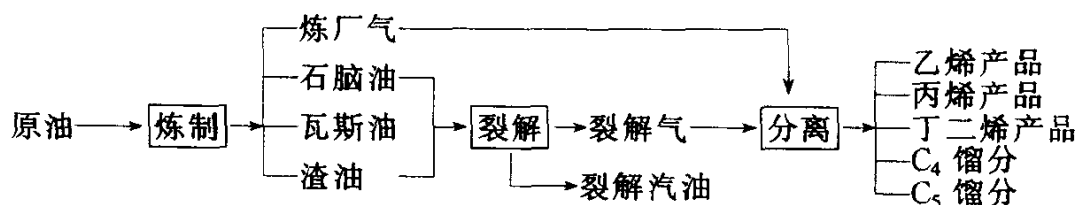


图 0-1 乙烯生产过程示意图

上述生产过程除裂解属化学反应过程外,原油炼制和裂解气分离都是物理加工过程。

一个现代化的化工生产工厂,化学反应设备并不多而绝大多数的设备都是

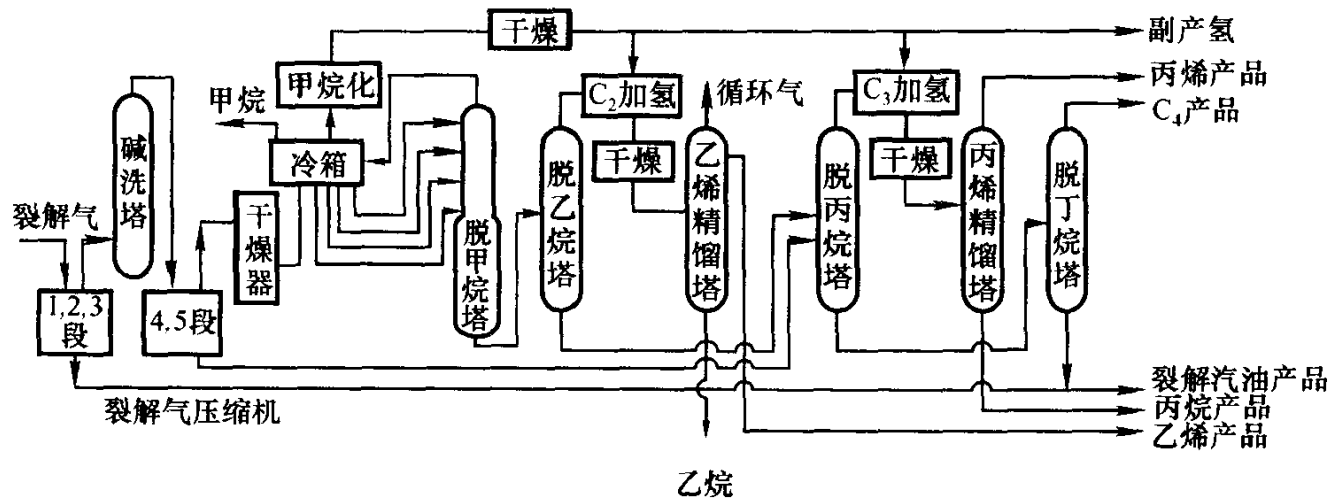


图 0-2 典型的裂解气深冷分离流程示意图

进行原料、中间产物及产物的提纯与精制过程,而且占工厂的大部分投资和操作费用。据统计,化学和石油化学工业其反应设备投资约占总设备投资的 11%,而其他单元操作的设备投资约占 89%;药物和制药工业其反应设备投资约占总设备投资的 10%,而其他单元操作的设备投资约占 90%;这说明单元操作在化工及其相近工业中起着重要的作用。

2. 单元操作

尽管化学工业门类繁多,产品的生产过程多种多样,但都要用许多类型相同,且具有共同特点的基本工艺过程和设备。例如,流体输送、沉降、过滤、加热或冷却、结晶、吸收、蒸馏、萃取及化学反应等典型的单元操作及设备。由于这些具有共性的过程,于是提出了化工“单元操作”的概念。单元操作是指化工及其相近工业生产中常见且遵循共同规律和具有共同作用的基本操作。如石油炼制、乙烯和合成氨生产过程都需要输送各种流体,而输送流体的操作过程都遵循流体流动的规律;生产过程还要对混合物进行精制过程(如吸收、蒸馏等),而吸收、蒸馏过程都遵循传质的规律。所以,流体输送、吸收和蒸馏都属于单元操作。

化工及其相近工业生产中应用的单元操作类型较多,按其操作目的分,单元操作可分为:

- (1) 流体输送;
- (2) 物料的混合;
- (3) 物料的加热或冷却;
- (4) 均相混合物的分离;
- (5) 非均相混合物的分离。

在对许多单元操作进行研究后,人们逐渐认识到它们物理作用的共同原则,遵循类似的基本规律。所以,单元操作可分为:

- (1) 动量传递过程

包括遵循流体力学基本规律的单元操作,如流体输送、沉降、过滤和离心分离等。

(2) 热量传递过程

包括遵循热交换基本规律的单元操作,如传热、蒸发等。

(3) 质量传递过程

包括遵循通过扩散,从一相转移到另一相的过程,如吸收、蒸馏、萃取、吸附、离子交换和膜分离等单元操作。

单元操作所研究的内容包括:单元操作过程的基本原理和实现该单元操作的典型设备,并根据工艺特点、物料性质确定设备的结构和尺寸。

随着高新技术产业的发展,特别是新材料、生物工程和中药现代化生产的发展,出现了许多新产品、新工艺,对物理加工过程提出了特殊要求,出现了新的单元操作和新化工技术。如膜分离、超临界流体技术、超重力场分离技术、电磁分离等。另外,为了提高效率、降低能耗和绿色化工生产,将各单元操作互相耦合,产生许多新技术,如反应精馏、萃取精馏、加盐萃取、反应膜分离、超临界结晶、超临界反应、超临界吸附等,这些新技术的发展和应用,将大大促进新材料、生物工程等的发展。

二、四个基本概念

在分析单元操作或化工过程中,经常要用到物料衡算、能量衡算、平衡关系和过程速率这四个基本概念,这些概念是分析和进行化工计算的出发点。

1. 物料衡算

物料衡算也称为质量衡算,其依据是质量守恒定律。它反映一个过程中原料、产物、副产物等之间的关系,即进入的物料量必等于排出的物料量和过程中积累量:

$$\text{输入物料的总量} = \text{排出物料的总量} + \text{过程积累的总量}$$

在进行物料衡算时,必须明确下列几点。首先要确定衡算的系统,即衡算对象包括的范围。在工艺计算时,通常以一个生产过程为衡算系统;在设备计算时,以单一个设备或其中一部分,也可以一组设备作为衡算的系统。其次,要确定衡算的基准。一般来说,选择过程中不起变化的量作为衡算的基准。在连续操作中则以单位时间作为基准。另外,还要确定衡算对象。对有化学变化的过程,衡算对象选择为不发生变化的物质(如具有惰性的物质)或某一个化学元素为对象;在蒸馏操作中,可以选择某一组分作为衡算的对象。最后,还要确定衡算对象的物理量及单位,在计算物料量时可以用质量或物质的量表示,但一般不宜用体积表示,特别是气体的体积随温度和压强的变化而变化。同时还应注意在整个衡算过程中采用的单位应该统一。

物料衡算是化工过程的最基本的计算,通过物料衡算可以为正确地选生产过程的流程和计算原料消耗定额以及设备的生产能力和主要尺寸提供依据。

2. 能量衡算

能量衡算的依据是能量守恒定律。在稳定的过程中,输入的能量必等于输出的能量(包括累计能量和损失能量)。在单元操作和化工过程中主要涉及物料的温度和热量的变化,所以化工计算中最常见的是热量衡算。热量衡算与物料衡算一样,既适用于物理变化过程,也适用于化学变化过程;既适用于化工生产过程系统,也适用于单个设备或一个过程。在热量衡算中要特别注意基准温度的选定。

通过热量衡算,可以计算单位产品的能耗,了解能量的利用和损失情况,确定生产过程中需要输入或向外界移走的热量,设计换热设备。

3. 平衡关系

任何一个物理或化学变化过程,在一定条件下沿着一定方向进行,最后达到动态平衡为止。例如,传热过程,如果空间两处流体的温度不同,即温度不平衡,热量就会从高温流体处向低温流体处传递,直到两处流体温度相等为止,此时传热过程达到平衡。从宏观来说,两处便没有热量传递。因此,过程的平衡关系可以判断物理或化学变化过程进行的方向以及可能达到的极限。上述传热过程进行的方向是高温向低温传递,以两处温度相同作为传热过程极限。

4. 过程速率

过程速率是指物理或化学变化过程进行的快慢。一般用单位时间过程进行的变化量表示过程的速率。如传热过程速率用单位时间传递过的热量,或用单位时间单位面积传递过的热量表示;传质过程速率用单位时间单位面积传递过的质量表示。过程进行的速率决定设备的生产能力,过程速率越大,设备生产能力也越大,或在同样产量时所需要的设备尺寸越小。在工程上,过程的速率问题往往比物系平衡问题显得更重要。过程的速率可用如下基本关系表示:

$$\text{过程速率} = \frac{\text{过程推动力}}{\text{过程阻力}}$$

过程速率与过程推动力成正比,与过程阻力成反比,所以这三者的关系,类似于电学中的欧姆定律。过程进行的推动力是过程在该瞬间偏离平衡的差额。例如,化学反应过程的推动力为浓度差;流体流动过程的推动力为能位差;传热过程推动力为温度差;传质过程推动力为实际浓度与平衡浓度差。过程的阻力是与过程推动力相对应的,它与过程的操作条件和物性有关。从以上基本关系可以看出,要提高过程进行速率,可以通过增大过程的推动力途径来实现。如流体输送过程可以加大压强差,传热过程可以提高温度差,传质过程可以提高浓度

差,反应过程可以提高浓度差。另外,可以通过减少过程阻力的办法来提高过程的速率,如流体传递时可加大输送管道的直径,两相流体传质过程可以提高两相流体的湍动程度等。

三、课程内容及任务

本课程内容:主要讨论化工及其相近工业中最常用的单元操作,包括流体流动、流体输送机械、非均相混合物分离、传热、蒸馏、吸收和干燥等。介绍这些单元操作的基本原理、计算方法及典型设备。其次对一些特殊的和近年来发展起来的新化工单元操作的基本原理及工业应用也作简单介绍。例如超临界流体萃取、膜分离、分子蒸馏等。

本课程的特点:化工原理是一门技术基础课,是数学、物理、化学等基础课的后续课程,也是专业课程的前修课程。另外,它也是一门实践性很强的课程,所讨论的每一单元操作都有其应用背景并与生产实践紧密相连,既讨论单元操作的基本原理,也讨论如何应用基本原理分析和设计计算单元操作过程及设备。

学习本课程的目的:在于培养学生既掌握单元操作的基本原理,又要能应用这些基本原理分析、处理工程实际问题。培养学生的工程观点、设计能力和创新能力。

1. 熟悉和掌握单元操作基本概念、基本原理、基本计算方法和典型设备;
2. 学会根据生产、科研要求和物料性质,以及技术上可行、经济合理的原则去选择单元操作和设备;
3. 根据所选定的单元操作过程和设备进行过程的计算和设备设计,培养学生工程设计能力;
4. 要了解化工单元操作过程的操作方法和参数调节,了解强化和优化单元操作过程的途径。