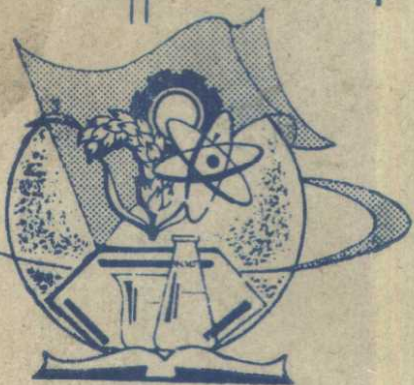


中等专业学校试用教材



化工基础

程祖球 叶永昌 编

化学工业出版社

中等专业学校试用教材

化 工 基 础

程祖球 叶永昌 编

化 学 工 业 出 版 社

本书是供化工中等专业学校化工仪表、化工分析和化工企业管理等专业学生使用的试用教材。

本书内容包括流体流动、流体输送机械、非均相系的分离、传热基本原理和换热器、蒸发、吸收、干燥、化学反应器、化学工艺等。每章后面都附有复习题和练习题，书末并编有附录，供解题时查取数据。

61161010

中等专业学校试用教材

化 工 基 础

程祖球 叶永昌 编

责任编辑：苗延秀 陈志良 陈丽

封面设计：任 辉

化学工业出版社出版

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $19^{3/8}$ 插页 1 字数 445 千字 印数 1—25,170

1985年12月北京第1版 1985年12月北京第1次印刷

统一书号 15063·3775 (K-288) 定价 2.80 元

前 言

本书是根据1982年11月在厦门召开的全国化工中等专业学校化工原理类课程教学大纲讨论会所制定的《化工基础》教学大纲和会议精神编写的。

《化工基础》是一门研究化工生产过程的基础知识和共同性操作规律的综合性课程，是为化工仪表、化工分析、化工企业管理等专业学生设置的一门重要的基础课，是化工技术人员所必须具备的工程基础知识。

根据教学大纲的要求，本书将介绍化工生产过程的基本知识和特点，一些常用的单元操作和过程，以及典型化工产品的工艺原理和流程。通过本课程的教学过程，使学生对化工生产有一定程度的了解。

本书包括三部分内容，第一部分介绍了化工生产中常用的重要的单元操作和设备，包括流体流动、流体输送机械、非均相系的分离、传热基本原理和换热器、蒸发、蒸馏、吸收、干燥等章。第二部分简述了化学反应器的基本知识，介绍了釜式、鼓泡式、塔式、固定床和流化床反应器的构造和操作。第三部分选讲了几个典型化工产品工艺，介绍了硫酸、合成氨、碳酸氢铵、尿素、石油裂解制取基本有机原料、聚氯乙烯的生产情况。

在编写过程中我们认真考虑了本课程的设课目的要求和任务，注意了以下几个方面。

1. 本书在体系上以化工单元操作和过程为基础，着重讲

清楚它们的物理概念，介绍成熟的基础理论，并努力反映本学科的现代特点。本书对传统内容作了精选，以流体流动、传热基本原理、蒸馏和吸收操作为重点。

2. 本书在文字上力求做到叙述清楚，由浅入深，通俗易懂，尽量符合中专学生的需要和特点。

3. 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）。考虑到我国目前各部门中还采用工程单位制或其它单位制，书中也介绍了其它单位制与SI制的关系。本书附录中列出了SI制与其它单位制的换算关系。

4. 本书全部内容是按144学时编写的，而教学大纲规定的总时数是130学时。各专业可以根据不同要求选讲其中内容。

本书的绪论、第一、二、三章和附录由北京化工学校程祖球编写，第五、六、七、八、九章由福建化工学校叶永昌编写，第四、十章由北京化工学校杨丹旭编写。

本书由河北化工学校王振中主审。

由于时间仓促和编者水平有限，书中必然存在不少缺点和错误，希望读者予以批评指正。

编者 1984年9月

目 录

绪论	1
复习题	9
练习题	9
第一章 流体流动	10
第一节 流体静力学	10
一、流体的密度	11
二、流体的压力	15
三、流体静力学基本方程式	20
第二节 流体动力学	28
一、流量和流速——流量方程式	28
二、流体稳定流动时的物料衡算——连续性方程式	31
三、流体稳定流动时的能量衡算——柏努利方程式	34
第三节 流体阻力	43
一、流体的粘度	44
二、粘性流体的流动型态	47
三、流体阻力	52
第四节 化工管路	62
一、管和管子的标准	62
二、管子的材料	62
三、管件	64
四、阀件	65
五、简单管路的计算	67
第五节 流量测量	70
一、孔板流量计	71

二、文氏管流量计	73
三、转子流量计	74
复习题	76
练习题	77
第二章 流体输送机械	81
第一节 液体输送机械	81
一、离心泵	82
二、其它类型泵	100
三、各类泵的比较	105
第二节 气体压缩和输送机械	106
一、气体压缩的基本原理	108
二、往复压缩机	110
三、其它类型压缩机	120
四、各类压缩机的比较	128
复习题	129
练习题	130
第三章 非均相系的分离	133
第一节 非均相系的分类和分离方法	133
第二节 液体非均相系的分离	136
一、重力沉降	136
二、过滤	141
三、离心分离	150
第三节 气体非均相系的分离	156
一、气体净制设备	156
二、除尘设备的比较	164
复习题	165
练习题	166
第四章 传热基本原理和换热器	167
第一节 概述	167
一、传热的基本方式	168

二、工业的换热方法	169
第二节 热量衡算	171
一、传热量的计算	171
二、载热体用量	173
第三节 热传导	175
一、单层平壁导热方程式	175
二、导热系数	176
三、多层平壁导热方程式	177
四、圆筒壁导热方程式	181
第四节 对流传热	185
一、对流传热方程式	185
二、对流传热膜系数的经验公式	186
第五节 热辐射	197
一、基本概念	197
二、物体的辐射能力	198
三、两物体间的辐射传热	201
第六节 传热方程式	204
第七节 传热温度差	206
一、传热温度差的计算	206
二、流体流动方向的选择	212
第八节 传热系数	215
一、传热系数的计算	215
二、污垢热阻	224
三、强化传热过程的途径	226
第九节 热损失和热绝缘	227
一、损失于周围介质中的热量	227
二、设备和管路的热绝缘	228
第十节 加热和冷却方法	229
一、加热方法和加热剂	229
二、冷却方法和冷却剂	233

第十一节 换热器	233
一、换热器的分类	233
二、换热器的构造	234
复习题	246
练习题	247
第五章 蒸发	251
第一节 概述	251
第二节 蒸发流程	252
一、单效蒸发流程	252
二、多效蒸发流程	253
第三节 蒸发器	256
一、循环型蒸发器	257
二、单程型蒸发器	263
三、蒸发器的比较和选择	267
四、蒸发器的附属设备	267
第四节 单效蒸发的计算	270
一、水分蒸发量	270
二、加热蒸汽消耗量	271
三、蒸发器的传热面积	275
四、温度差损失	276
第五节 蒸发器的生产强度	281
一、蒸发器的生产强度	281
二、影响生产强度的因素	281
复习题	283
练习题	283
第六章 蒸馏	285
第一节 概述	285
一、蒸馏操作在化工生产中的应用	285
二、相组成表示方法	286
第二节 蒸馏过程的相平衡	289

一、液体混合物的蒸气压	289
二、沸点-组成图 ($t-x-y$ 图)	290
三、气液相平衡图 ($y-x$ 图)	295
四、挥发度和相对挥发度	297
第三节 简单蒸馏和精馏的原理及流程	301
一、简单蒸馏的原理和流程	301
二、精馏原理	302
三、精馏流程	305
第四节 双组分混合液精馏的计算	308
一、精馏塔的物料衡算——操作线方程式	308
二、精馏塔板数的确定	315
三、回流比和塔板数的关系	318
四、精馏塔的热量衡算	324
第五节 精馏塔	328
一、板式塔的构造	328
二、塔径的计算	338
复习题	339
练习题	340
第七章 吸收	343
第一节 概述	343
一、吸收操作在化工生产中的应用	343
二、相组成表示方法	345
第二节 吸收的物理基础	348
一、相平衡关系	348
二、吸收推动力	356
三、吸收机理——双膜理论	362
四、吸收速率方程式	363
第三节 吸收塔及其计算	367
一、吸收塔的物料衡算——操作线方程式	367
二、填料塔的构造和填料的性能	372

三、填料塔的计算	379
四、板式吸收塔的理论塔板数	384
五、填料塔和板式塔的比较	385
第四节 吸收流程	386
一、吸收剂部分循环流程	387
二、串联吸收流程	387
复习题	388
练习题	389
第八章 干燥	392
第一节 概述	392
第二节 湿空气的性质和湿度图	394
一、湿空气的性质	394
二、湿空气的湿度图	402
第三节 干燥器的物料衡算和热量衡算	408
一、空气干燥器的流程	408
二、空气干燥器的物料衡算	408
三、空气干燥器的热量衡算	412
第四节 干燥速率	416
一、物料中水分的性质	417
二、干燥速率	421
第五节 干燥器	424
一、厢式干燥器	424
二、转筒干燥器	425
三、气流干燥器	427
四、沸腾床干燥器	428
五、滚筒干燥器	430
六、喷雾干燥器	431
复习题	432
练习题	432
第九章 化学反应器	434

第一节 反应器的分类及其要求	434
一、分类方法	434
二、对反应器的要求	438
第二节 釜式反应器	438
一、反应釜的构造	439
二、反应釜容积的计算	439
三、反应釜的热交换	441
四、搅拌器	442
第三节 气液相反应器	445
一、气液相反应过程的分析	445
二、气液相反应器的构造	446
第四节 固定床催化反应器	449
一、固定床反应器的特点	449
二、固定床反应器的构造	449
三、固定床反应器的计算	454
第五节 流化床反应器	457
一、流态化过程	458
二、流化床的基本结构和床型	462
复习题	466
第十章 化学工艺	467
第一节 硫酸	467
一、概述	467
二、制造硫酸的原料	468
三、接触法制造硫酸	470
四、环境保护和综合利用	492
第二节 合成氨	495
一、概述	495
二、原料气的制备	496
三、原料气的净化	506
四、氨的合成	515

五、氨的贮存和安全 技术	522
第三节 尿 素	523
一、尿素的性 质和用途	523
二、尿素合成 的反应原理	524
三、尿素合成 的 工艺流程	528
第四节 碳酸氢铵	533
一、碳酸氢铵的性质和用途	533
二、制造 原理和工艺条件	533
三、碳酸氢 铵的生产过程简述	536
第五节 石油化 工	537
一、概 述	537
二、裂解方法的简 介	540
三、裂 解气的分离	547
第六节 聚 氯乙烯	552
一、乙炔的 制备	555
二、氯乙烯的 合成	558
三、氯乙烯的聚 合	562
四、聚氯乙烯的性能 和应用	566
复 习 题	567
附 录	569
一、一些物理量在三种单位制中的单 位	569
二、单位换算系数 表	570
三、S I 词 头	575
四、管子规格	575
五、某些液体在 273~293 K 时的密度	578
六、水在不同温度 下的粘度	579
七、水的物理性 质	580
八、干空气的物理 性质	581
九、某些气体的物理 性质	582
十、水的饱和蒸汽 压	584

十一、饱和水蒸汽表（以温度为准）	586
十二、饱和水蒸汽表（以压力为准）	588
十三、某些液体的平均比热	590
十四、某些气体在1atm下的摩尔比热	590
十五、某些液体的汽化潜热	590
十六、管壳式换热器系列标准（摘录）	592
十七、某些水溶液在1atm下的沸点	594
十八、某些双组分混合物在1atm下的汽液平衡数据	596
十九、流量、流速和管径的关系算图	598
二十、液体的粘度算图	599
二十一、气体的粘度算图	600
二十二、液体的比热算图	601
二十三、气体在常压下的等压比热算图	603
二十四、液体汽化潜热算图	605
二十五、溶液沸点升高与浓度（质量%）的关系图	607
二十六、湿空气的温-湿图	608
二十七、湿空气的焓-湿图	插页

绪 论

化学工业是国民经济中的一个重要部门，它不仅与各工业有着紧密的联系，也与人民的衣、食、住、行密切相关。许多工业部门如冶金工业、造纸工业、食品工业、原子能工业等本身就包含有化学加工过程。化工生产是以工业规模对原料进行加工处理，使其不仅在物理状态上发生变化。而且在化学性质上也发生变化，成为合乎要求的产品。

化学工业是多门类、多品种的生产部门。任何一种化工产品的生产都是将各种原料进行一系列加工处理，最后制得产品。中间经过许多生产工序，每一步都是在一定的工艺条件下，在一定的设备内完成的。如合成氨、硫酸、塑料及染料等等每种产品都有一定的生产原理、工艺流程和设备等问题。过去，曾经逐个地去研究一些化工产品生产过程的规律性，而很少考虑各产品生产过程的相同之处。经过长期的生产实践，到二十世纪初，人们在总结了不同化工行业中的共同物理操作的基础上，提出了“单元操作”的概念。即尽管化学工业门类繁多，产品的制造过程多种多样，但是都要用到一些类型相同、具有共同特点的基本过程和设备，如流体的输送、过滤、加热、蒸馏及干燥等典型操作及设备是生产大多数化工产品所共有的，如在化肥生产、硫酸生产和石油化工厂等都需要液体输送操作；在氮肥、聚氯乙烯等生产中都需要固体物料的干燥操作等等。所以单元操作就是研究化工及其有关行业中通用物理操作所遵循的规律及典型设备，它对各种化工过程具有指导作

用,也是《“化工原理”》课程的基础。

一、本课程的内容和任务

在化工中等专业学校中,《化工基础》课程的内容包括化工原理、化学反应器和典型化工生产工艺等三个部份。它是一门技术基础课,主要研究化工单元操作和设备的基本知识,基础理论、物理变化过程的共同原理、并结合化工单元操作和设备对一些典型化工产品的工艺过程进行分析讨论。

按照各单元操作所遵循的基本规律,可以归纳成以下几个过程:

1. 流体动力过程 包括遵循流体力学基本规律的液体、气体和悬浮物系的运动及输送。属于流体动力过程的有液体和气体的输送、液体介质中物料的搅拌、非均相系的分离(过滤、沉降、离心分离)等。

2. 传热过程(热量传递过程) 传热过程即热量从某一物质传递到另一物质,它遵循热交换基本定律。属于传热过程的有加热、冷凝、蒸发和结晶等。

3. 传质过程(质量传递过程) 传质过程即物质以扩散方式进行相际间的传递,它遵循物质扩散的基本规律。属于传质过程的有蒸馏(物质从液相转入气相,同时从气相转入液相)、吸收(物质从气相转入液相)、吸附(物质从气相转入固相)、解吸(物质从液相转入气相)、液液萃取(物质从某一液相转入另一液相)、干燥(物质从固相转入气相)等。

4. 热力过程 遵循热力学基本定律。属于热力学过程的有冷冻、深度冷冻等。

为适应化工中等专业学校的需要,本课程只包括一些应用较广的化工单元操作,如流体输送、非均相系的分离、传热、蒸发、蒸馏、吸收、干燥等。而化学工艺也只讨论硫酸、合成

氨、尿素、聚乙烯和部分石油化工产品。

任何化工产品的制造过程都可以从化学工艺和化学工程两个方面进行研究。《化工基础》课程也可视为包括化学工程(单元操作和化学反应器等)和化学工艺两部分。

在化工中等专业学校中,化工基础课程作为一门技术基础课,具体任务是:用辩证唯物主义观点和方法研究化工基本过程,使学生了解化工生产的基本原理、典型设备的构造、操作、应用和计算方法;了解物理和化学定律在化工生产中的应用,影响操作的因素,会选择合理的工艺流程和适宜的设备类型;懂得如何提高化工设备的生产能力和产品质量,了解分析和解决化工生产中工程实际问题的途径,化工过程的发展方向等。

二、化学工程中一些基本概念

化工过程的内容各不相同,但是大多数过程的特征可以用少数基本定律描述。这些物理和化学定律是本课程的理论基础。本课程中常用以下四个基本规律:(1)以质量守恒定律为基础的物料衡算;(2)以能量守恒定律为基础的能量衡算;(3)描述过程平衡关系的定律;(4)描述未处于平衡的过程速率的定律。

1. 物料衡算 物料衡算是质量守恒定律在化学工程和工艺中的一种表现形式。根据质量守恒定律,一个化工过程在稳定操作条件下,输入设备参加操作的物料量必定等于操作后所得产品量和损失物料量,即输入物料量必等于输出物料量,用数学式表示:

$$G_1 = G_2 + G_{损}$$

式中 G_1 是输入物料量; G_2 是产品量; $G_{损}$ 是损失物料量。

这种物料衡算式既适用于物理变化过程,也适用于化学变