

高等学校教学用书

化工基础

西南师大 重庆师院 四川教育学院
云南师大 四川师院 重庆教育学院 合 编

西南师范大学出版社

高等学校教学用书

化 工 基 础

郭慧生 主 编
李庆元 副主编

王贞珽 陈孝康 陈国瑞 黄天均 编写
傅 玲 李庆元 郭慧生

西南师范大学出版社

内 容 介 绍

本书是参照国家教委最近对师范院校化学系本科化工基础的基本要求，并参考国内外最新的有关资料及同类教材编写而成的化工基础函授教材。内容包括绪论、合成氨生产、硫酸生产、氯碱生产、化学工艺分析；流体的流动与输送、传热过程、吸收与蒸馏；干燥、萃取、基本反应器、非理想流动、非均相反应器以及化工过程开发简论等章节；并突出基本知识、基础理论、主要设备及工艺以及一些新的理论、新设备、新工艺。为便于自学与教学，每章前有教学要求，章后有小结，配有一定量的例题、习题和复习题。

本书除可供高师化学系本科函授教材外，还可作各种类型大专成人教育、综合性大学、师范院校、师专、教育学院等化工课的教材或教学参考书，亦适用于由大专转本料作化工课的教材，也可供从事化工工作的技术人员作自学参考。

化 工 基 础

郭慧生等 主编

西南师范大学出版社出版
新华书店重庆发行所经销

(重庆 北碚)

西南师范大学劳动服务公司印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：31.5 字数：787千 1989年12月第一版第1次印刷

印数：1—3600

ISBN 7-5621-0287-2/O·26

定价：9.15元

前 言

本教材由西南地区高师函授教育协作会組織，参照国家教委最近审訂的高师化学系本科化工基础基本要求的内容而編写的。在編写过程中吸取了新近出版的同类教材的优点，結合編者多年函授教学經驗，密切联系学員实际；在教材内容編排和例題和图解的选择方面，都充分考虑了函授教学的特点，同时，为适应商品經济发展的要求，力图与当前的教改紧密結合，同步发展，並注意到提高教材的思想性、科学性，以及適合我国情况的先进性和教学的適用性、启发性。

化工基础是一門基础学科，为此編者特別对基础知识与基本理論給予足夠的重視，为了便于自学，教材尽量做到簡明扼要、概念确切、突出重点和講清难点。为让学員及时掌握教学内容，每章之前还有教学要求，章后有小结。

根据編者多年教学实践以及形势发展的需要，本书新增添了化工生产过程分析及化工过程开发、干燥与萃取章节，其超出基本要求的部分，以·号标出，各校可根据实际情况选講。吸收与蒸馏可按各校实际选講其一。

全书在編排上也作了重大調整，有別于其它同类教材，使之更利于认识的发展以及能力的培养；此外把教学内容与教学規律相結合等方面也作了一些新的探索。但是由于編者水平所限，这些做法是否恰当以及文中不当之处，还望讀者批評指正。

本书由云南师范大学李庆元編写緒論、第四章、第十章；四川师范学院黃天均編写第一章、第二章；重庆教育学院陈国瑞編写第三章、第六章；四川教育学院陈孝康編写第五章；重庆师范学院王貞璉編写第七章；西南师范大学郭慧生編写第八章、第十一章；付玲編写第九章。全书由郭慧生改稿和汇编。

本书在編写及出版过程中得到譚立业教授及邱明刚老师的指导和
支持，在此表示衷心感谢！

编 者

1990年2月

F/A 0/11

目 录

绪论	(1)
教学要求	(1)
0—1 课程的内容、性质和任务	(1)
0—2 课程的学习目的和要求	(3)
0—3 法定计量单位及单位换算	(4)
0—4 化工图例	(12)
小结	(17)
习题	(17)

第一篇 化 学 工 艺

第一章 合成氨生产

教学要求	(18)
第一节 概述	(18)
1—1 合成氨生产的重要性及发展概况	(18)
1—2 合成氨生产原料	(19)
1—3 合成氨的生产过程及原则流程	(19)
第二节 原料气的制造和净化	(20)
1—4 原料气的制造	(20)
1—5 原料气的脱硫	(23)
1—6 一氧化碳的变换	(25)
1—7 二氧化碳的脱除	(26)
1—8 少量 CO 的清除	(27)
第三节 氨的合成	(28)
1—9 氨合成的热力学基础	(28)
1—10 氨合成动力学	(32)
1—11 氨的合成过程	(34)
第四节 联合生产	(41)
1—12 合成氨—纯碱联合生产	(41)
1—13 合成氨—尿素联合生产	(42)
小结	(44)
复习题	(45)

第二章 硫酸生产

教学要求	(46)
第一节 概述	(46)
2—1 硫酸的用途	(46)
2—2 硫酸生产的方法及产品规格	(46)
2—3 生产硫酸的原料	(47)

2-4 接触法生产硫酸的过程.....	(48)
第二节 二氧化硫炉气的制造.....	(48)
2-5 硫铁矿的焙烧.....	(48)
2-6 炉气的净化.....	(53)
第三节 二氧化硫的催化氧化.....	(55)
2-7 二氧化硫催化氧化的理论基础.....	(55)
2-8 SO_2 催化氧化的最佳工艺条件.....	(58)
2-9 SO_2 催化氧化的主要设备及流程.....	(62)
第四节 三氧化硫生成硫酸.....	(64)
2-10 吸收成酸.....	(65)
2-11 冷凝成酸.....	(66)
小结.....	(67)
复习题.....	(68)
第三章 氯碱工业	
教学要求.....	(69)
第一节 概述.....	(69)
第二节 电解食盐水溶液的理论基础.....	(69)
3-1 隔膜法电解食盐水的电极反应.....	(69)
3-2 汞阴极法简介.....	(74)
第三节 隔膜法电解食盐水工艺流程.....	(75)
3-3 盐水的制备和精制.....	(75)
2-4 电解.....	(76)
3-5 稀碱液的蒸发与固碱生产.....	(79)
第四节 氯气产品.....	(82)
3-6 液氯的制造.....	(82)
3-7 合成盐酸.....	(83)
3-8 三氯化铁.....	(85)
小结.....	(86)
复习题.....	(87)
第四章 化工生产过程分析	
教学要求.....	(88)
第一节 概述.....	(88)
4-1 概述.....	(88)
第二节 化工生产中的共同规律.....	(88)
4-2 化工生产过程中的单元操作和反应过程.....	(88)
4-3 化工过程中的物料及热量衡算.....	(91)
4-4 化工生产中原材料的消耗、产品的成本及过程的经济性.....	(99)
4-5 化工生产过程中产生的三废及环境保护.....	(100)
小结.....	(102)
复习题.....	(102)

第二篇 传递工程

第五章 流体的流动与输送

教学要求	(103)
5-1 几个重要概念	(103)
第一节 流体的基本性质	(105)
5-2 流体的密度	(105)
5-3 流体的静压强	(106)
5-4 流体的粘度	(107)
第二节 流体静止的基本规律	(110)
5-5 流体静力学方程式	(110)
5-6 流体静力学基本方程式的应用	(111)
第三节 流体流动的基本规律	(114)
5-7 流量与流速	(114)
5-8 流体稳定流动的物料衡算——连续性方程	(116)
5-9 流体稳定流动的能量衡算	(116)
5-10 柏努力方程式的应用	(121)
第四节 管内流体流动的类型与流动阻力	(125)
5-11 流体流动的类型	(125)
5-12 流体流动的阻力损失	(129)
第五节 简单管路计算与流量测量	(141)
5-13 简单管路计算	(141)
5-14 流量测量	(147)
第六节 流体输送设备	(154)
5-15 概述	(154)
5-16 离心泵	(155)
5-17 喷射泵	(165)
小结	(166)
习题	(168)

第六章 传热过程

教学要求	(172)
第一节 概述	(172)
6-1 化工生产中的传热过程	(172)
6-2 传热的基本方式	(172)
6-3 稳定传热和不稳定传热	(173)
第二节 传导传热	(173)
6-4 传导传热基本方程式——傅立叶定律	(173)
6-5 导热系数 λ	(174)
6-6 平面壁的稳定热传导	(176)
6-7 圆筒壁的稳定热传导	(178)

第三节 对流传热.....	(181)
6-8 对流传热机理.....	(181)
6-9 对流传热方程——牛顿冷却定律.....	(182)
6-10 影响对流传热系数 α 的因素.....	(183)
6-11 对流传热系数的准数关联式.....	(184)
第四节 热交换计算.....	(188)
6-12 间壁两侧热交换过程的分析——传热方程.....	(188)
6-13 传热系数 K	(190)
6-14 热负荷.....	(191)
6-15 稳定传热的平均温度差.....	(192)
6-16 传热的强化.....	(198)
第五节 热交换器.....	(202)
6-17 换热的方式及换热器的种类.....	(202)
6-18 列管式换热器.....	(203)
6-19 其它换热器.....	(206)
6-20 热管.....	(208)
小结.....	(209)
习题.....	(210)
第七章 传质过程	
第一节 概述.....	(213)
7-1 化工生产中的传质过程.....	(213)
7-2 相组成的表示法.....	(213)
第二节 吸收.....	(214)
教学要求.....	(214)
7-3 工业生产中的吸收过程.....	(215)
7-4 填料塔.....	(217)
7-5 吸收的基本理论.....	(220)
7-6 吸收塔的计算.....	(247)
7-7 化学吸收简介.....	(261)
小结.....	(261)
第三节 蒸馏.....	(262)
教学要求.....	(262)
7-8 概述.....	(262)
7-9 二元物系的气液平衡.....	(263)
7-10 蒸馏方式.....	(268)
7-11 二元连续精馏的分析和计算.....	(276)
7-12 板式塔.....	(289)
小结.....	(291)
第四节 萃取.....	(292)
教学要求.....	(292)
7-13 概述.....	(292)
7-14 萃取操作的物理基础.....	(292)
7-15 萃取速率方程.....	(295)

7-16 单级萃取	(296)
7-17 多级萃取	(300)
7-18 连续接触逆流萃取	(306)
7-19 萃取设备简介	(307)
小结	(308)
*第五节 干燥	(308)
教学要求	(308)
7-20 概述	(308)
7-21 湿空气的性质和湿度图	(309)
7-22 干燥器的物料和热量衡算	(320)
7-23 干燥速率和干燥时间	(328)
7-24 干燥设备简介	(335)
小结	(335)
*第六节 质量、热量、动量传递之间的联系	(336)
7-25 三种传递的相似性	(336)
7-26 三种传递的类比	(337)
习题	(338)

第三篇 化学反应工程基础——反应器基本原理

第八章 基本反应器

教学要求	(345)
第一节 概述	(345)
8-1 化学反应工程的内容与发展概况	(345)
8-2 化学反应工程基础的学习目的要求	(346)
8-3 化学反应器的分类	(346)
8-4 化学反应器基本计算方程	(348)
第二节 均相反应器	(352)
8-5 间歇搅拌釜式反应器	(352)
8-6 平推流反应器	(355)
8-7 全混流反应器	(359)
8-8 组合反应器	(364)
8-9 非等温过程	(376)
第三节 反应器型式和操作方法的评选	(380)
8-10 简单反应器容积大小比较	(380)
8-11 复杂反应	(384)
第四节 化学反应器的热稳定性	(392)
小结	(395)
习题	(395)

***第九章 非理想流动**

教学要求	(399)
------	---------

第一节 返混与停留时间分布.....	(399)
9-1 返混与非理想流动.....	(399)
9-2 停留时间分布函数.....	(400)
第二节 常见的几种流动模型.....	(414)
9-3 活塞流和全混流模型.....	(414)
9-4 多釜串联模型.....	(415)
9-5 扩散模型.....	(419)
第三节 停留时间分布曲线的应用.....	(423)
小结.....	(424)
习题.....	(426)
*第十章 非均相反应器	
教学要求.....	(428)
第一节 固定床反应器的特点和结构形式.....	(428)
10-1 绝热式.....	(428)
10-2 换热式.....	(430)
第二节 气固相催化反应过程.....	(433)
10-3 气固相催化反应的机理.....	(433)
10-4 固体催化剂的吸附作用.....	(434)
10-5 气固相催化反应的速度.....	(435)
10-6 内扩散过程.....	(437)
第三节 固定床催化反应器内的传热与传质.....	(438)
10-7 固定床反应器内的传热.....	(438)
10-8 固定床反应器内的传质.....	(439)
第四节 流化床反应器.....	(441)
10-9 固体流态化现象.....	(441)
10-10 流态化反应器.....	(444)
10-11 流化床中的传热与传质.....	(446)
小结.....	(448)
复习题.....	(449)
*第十一章 化工过程开发简论	
教学要求.....	(450)
第一节 概述.....	(450)
第二节 化工过程开发的步骤和内容.....	(451)
11-1 化工过程开发的步骤.....	(452)
11-2 过程研究和工程研究.....	(454)
11-3 实验工作.....	(455)
第三节 放大方法.....	(461)
第四节 化工装置的最优化.....	(464)
第五节 化工开发实例.....	(465)
小结.....	(471)

复习题.....	(471) ?
----------	----------

附录

一、单位换算表.....	(473)
二、气体常数R的几种单位和数值.....	(474)
三、化学工程中常见的无因次数群.....	(474)
四、国际原子量表 (1975)	(476)
五、水的物理性质.....	(477)
六、一些液体的物理性质.....	(479)
七、一些有机物的蒸气压 (kPa)	(480)
八、一些气体的物理性质.....	(481)
九、一些固体材料的比重、导热系数和比热容.....	(482)
十、列管换热器的传热系数K的参考值.....	(483)
十一、管内流体常用流速范围.....	(485)
十二、管子规格.....	(485)
十三、管壁的绝对粗糙度.....	(486)
十四、气体在液体中的溶解度.....	(487)
十五、二组分气液平衡数据.....	(489)

绪 论

教学要求：了解本门课程的性质——基础技术课，研究对象及任务；
了解研究化工基本过程的意义，及其在化工生产过程中的作用与分类；
掌握物理量的因次和法定计量单位；
理解基本的化工图例知识。

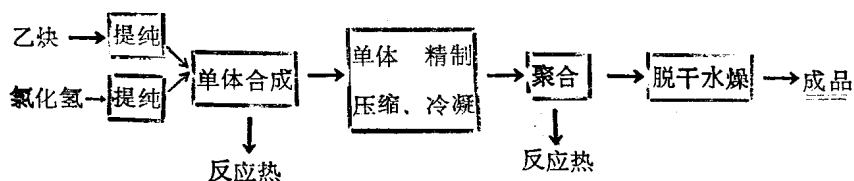
0—1 课程的内容、性质和任务

化学工业在四化建设中占有重要的地位。它是将自然界的各种物质，经过化学和物理方法的处理，制成生产资料和生活资料的工业。一种产品从原料到成品的生产过程中，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。

化学工业产品种类繁多。各种产品生产过程中，所应用的形态各异的物理加工过程，根据它们的操作原理，可以归纳为应用较广的若干个基本单元操作过程，如流体的输送、搅拌、沉降、过滤、热交换、蒸发、结晶、干燥、吸收、蒸馏、萃取、冷冻等。例如，合成氨、硝酸及硫酸等生产过程中，都采用吸收操作分离气体混合物，而且都遵循亨利定律及相平衡原理，所以吸收是一个基本单元操作过程。且都是在吸收塔内进行的。当然，这三种化工产品的化学反应，即氨的合成、氨氧化为氮氧化物及二氧化硫的转化是各不相同，且在不同的设备中进行的；又如尿素、聚氯乙烯及染料等生产过程中，都采用干燥操作除去固体中的水分，所以干燥也是一个基本单元操作过程，且均是在干燥器内进行的；至于尿素、聚氯乙烯、染料的聚合反应，其反应条件是各不相同的；再如，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，达到提纯产品，所以蒸馏为一基本操作过程，其蒸馏原理，都遵循相平衡和两相间扩散传质规律，且都是在蒸馏设备中进行的。

上面所述的众多化学产品生产，把原料进行化学加工以获得有用的产品，显然，其核心应当是化学反应过程及其设备——反应器，但是，为使化学反应过程得以经济有效地进行，反应器内必须保持某些最佳条件，如适宜的压强、温度和物料的组成等。因此，原料必须经过一系列的予处理以达到必要的纯度、温度和压强。这些过程统称为前处理。反应产品同样需要经过各种后处理过程加以精制，以获得最终成品（或中间产品）。

例如，聚氯乙烯塑料的生产是以乙炔和氯化氢为原料进行合成反应以制取氯乙烯单体，然后在 8.104×10^5 帕斯卡、 55°C 左右进行聚合反应获得聚氯乙烯。在进行加成反应前，必须将乙炔和氯化氢中所含各种有害物除去，以免反应器中的催化剂中毒失效。反应生成物（氯乙烯单体）中含有未反应的氯化氢及其它副反应产物，未反应的氯化氢必须首先除去，以免其对设备、管道的腐蚀，然后将反应后的气体压缩、冷凝并除去其它杂质，达到聚合反应所需的纯度和聚集状态。聚合所得的塑料颗粒和水的悬浮液须经脱水、干燥而后成为产品。这一生产过程可简要地图示如下：



此生产过程除单体合成、聚合属化学反应过程外，原料和反应后产物的提纯、精制等前后处理过程，多数是纯物理过程，但都是化工生产所不可缺少的单元操作过程，在不同程度上影响化工生产的结果。

从此例推广至任何一种化工产品的生产工艺过程，都是由若干物理过程及化学反应过程组合而成。

实际生产中，在一个现代化的、设备林立的大型工厂中，反应器为数并不多，绝大多数的设备中都是进行着各种前、后处理操作。也就是说，现代化学工业中的前、后处理工序占有着企业的大部分设备投资和操作费用。因此，目前已不是单纯由反应过程的最佳条件来决定必要的前、后处理过程，而必须总体地确定全系统的最佳条件。由此足见单元操作过程在化工生产中的重要地位。还应指出的是，它们在其它工业中，如轻工、制药及原子能等工业也广泛地应用着。

人们长期的实践，和对单元操作的研究已清楚地认识到单元操作虽有几十种之多，但按照它们的过程和所遵循的物理规律的共性可以归纳为动量传递、热量传递、质量传递这三种基本传递过程或它们的结合。这些传递过程可以用来指导各类产品的生产和化工设备的设计。直到今天，各个单元操作的研究还是有着极为重要的理论意义和应用价值，而且随着生产的发展，为适应新的技术要求，一些新的单元操作不断出现并逐步充实起来。

稍后，人们从生产实践和科学实验中认识到工业规模的化学反应是化工生产的核心部分，而且都存在着宏观的特征，也就是说，生产规模的化学反应总是在不同程度上受到前述三种传递过程的影响，必须将传递过程对化学反应的影响加以考虑和分析，于是把化学动力学和传递工程结合起来，从宏观动力学来研究，便形成化学反应工程。化学反应工程是研究以工程规模进行的化学反应的规律，及反应技术的开发，反应过程的优化和反应器的选型、设计计算等问题。

以上所述的动量传递、热量传递、质量传递和化学反应工程，简称为“三传一反”。

本课程是化学系学生必修的一门基础技术课，是以化工生产为研究对象的。它由化学工程学和化学工艺学所组成。是化学专业知识结构中不可缺少的组成部分。由于受学时的限制，不能把上述所有常用的单元操作逐一叙述，只能介绍流体流动的基本规律以及主要受这些基本规律支配的单元操作，如流体的输送；受传热基本规律支配的单元操作，如热交换；受物质通过相界面的迁移过程基本规律支配的单元操作，如液体的蒸馏，气体的吸收；以及上述单元操作的典型设备构造、操作原理、基本计算方法。对于化学反应过程，着重阐明基本概念和反应器基本原理。化工生产的工艺十分繁多，不能一一讲述，选择了包括不同化学工艺的反应类型、反应器和生产流程类型的三个典型的生产工艺，即合成氨、硫酸、氯碱工业于“三传”之前进行讨论。它的重点是根据物理化学原理，结合技术经济原则，以探讨化工生产的工艺技术路线，确定最优的工艺条件，制定合理的工艺生产流程等。为此本书的内

容为典型的化学工艺及“三传一反”，故名《化工基础》。

本课程的基本任务是：掌握化工生产过程的基本原理、典型设备的构造、性能和操作原理；了解这些过程和典型设备的计算方法；懂得最适宜的生产操作条件及强化生产的途径与方向。

0—2 课程的学习目的和要求

对理科学学生来说，通过本课程的学习，达到以下几个方面的要求：

1. 应用工程观点分析和认识问题。通过学习，学会用工程观点去分析和考虑一切问题。即不仅要理论上探索化学反应的可能性，同时还要考虑它在技术上的可行性，经济上的合理性和生产上的安全性。如某些化学反应过程，温度降低，有利于放热反应的进行。但是不是温度越低越好呢？因此引入了“最适宜”的概念，诸如最适宜温度和压力，最适宜流速，最适宜管径等，在本课程中就常学到。这些最适宜条件就是适应工程技术的要求而产生的，它是应用基本原理以决定过程的合理操作条件与正确进行设备设计的重要依据。

2. 应用基本原理进行基本化工计算。对师范理科学学生来说，不要求象工科学学生那样熟练地掌握工程设计计算。但必需具备一定的基本化工运算能力。这是因为在生产实践中，物料和能量的耗费、设备尺寸的确定，最适宜操作条件的选择和新技术工艺的开发应用等，都需要通过一定的计算来实现，因此基本计算能力的培养很是必要。已经熟悉的数理化基础学科的一般计算，其参变量的特征和物理数据通常是已知的。因此问题的解决归结于如何针对研究的对象列出和解出方程式。但在化工计算中，如何求得与确定这些特征数据并在计算中加以应用，往往是计算的前提，例如在计算液体的流动型态时，首先，需要确定液体经过管道的直径、流速以及液体的温度等。计算反应器时，需要反应速度常数，计算传热时需要传热系数等。此外，在化工计算中还有一整套特殊的计算方法，如图解法、试差法，因次分析法，数学模型放大法，以及图解积分法等。因此，进行这些方面的学习和训练，应用基本原理进行基本化工计算，就成为学习本课程的重要内容之一。

3. 理论联系实际。本课程是一门理论与实际紧密联系的学科，它是以工程学科与基础学科结合，尤其是与物理、数学以及物理化学为基础的结合，是基础理论学科过渡到化工生产实际的桥梁。

化工基础与化学系的其它基础课程相比，有它的不同之处，它是与化工生产实际紧密地联系在一起的，适用性强、实践性强、综合性也很强；另外生产实际中，影响因素又很多，因而所涉及的问题也就复杂得多，所以，在学习时，必须注意这些特点。

根据高师化学系的培养目标，学习本课程的目的如下：

1. 熟悉化工生产中的基本原理和典型设备，以及它们在化工生产中的应用。通过学习，既可加强理论与实际的联系，了解物理、物理化学规律在化工生产中的应用，以及它们在实际工作中对设备的选择、操作条件的优化，生产流程的确定所起的重要作用；还可以认识到，由于实际生产的复杂性和具体过程的特性，化学工程需开拓其特定的工程规律和方法来解决这些有关问题，从而加深对物理和化学原理的理解。

2. 了解化工生产中分析问题和解决问题的途径。例如，在实际生产中涉及的因素甚多，需要研究怎样判别它们的主次来选择适宜的设备类型或结构、优惠操作条件或经济而适用的加工方案等。又如在反应过程中，如何根据反应平衡和反应速率（包括催化剂的应用）以得

出反应的适宜条件,以及如何进一步综合技术的、经济的以及环境保护的要求,找到较好的工艺流程。通过学习本课程,可以初步了解化工生产中涉及到的问题的特点、分析的思路、以及怎样来判别和解决。

3. 有助于指导化学科研工作。将实验室试验结果应用到实际生产,称之为过程的开发;将小型或中型试验扩大为工厂规模的生产,称之为过程的放大,过程是否能开发放大或值得开发放大,是评价科研成果能不能取得实效的重要标志。这些不单纯取决于是否在实验室中探索出反应的适宜条件,而是有相当多的工程因素和实际条件应当予以考虑。例如,有不少化学科研课题在实验室取得了较好结果,但并不能付诸生产、主要是因为实验室中未取得能付诸化工生产或化工设计的基本参数;有的在确定原料路线时没有考虑到技术经济原则;有的在选择加工方案时,没有考虑到能量或原料的充分利用;有的在确定工艺条件时没有考虑到实际生产的情况;有的在制定流程时忽略了某些环境保护的要求;有的虽然获得优惠的工艺条件,但没有提供工程放大的数据等。

4. 有助于改进实验室的装置及其组合,以及实验的操作方式、方法和条件,即对实验的优化可提供指导性的意见,使实验、科研取得更好的成果。

5. 有助于从事中学化学教学工作 and 更好地联系化工生产实际打下坚实基础。

化工基础与其它基础课程相比,有其不同之处,它是与化工生产实际紧密联系在一起,因而也就复杂得多,所以学习时必须针对学科的特点,改进学习方法,才能取得较好的效果,为此必须做到如下几点:

1. 学习时对各章的基本概念、本原理和基本运算方法,要认真理解掌握,然后在此基础上联系实际,层层深入。

2. 课程内容涉及到相当多的基本计算,而计算时又有众多的物理量,如果对各物理量缺乏明确的理解,就容易引起混淆和计算错误。为此,在学习时,自始至终都要对物理量的意义、单位和因次搞清弄懂。

3. “三传”中经验公式较多,不必死记硬背公式,有的也不必追本求源。但要求熟记基本方程并对其物理意义及应用有清晰的认识。物理量要统一使用法定计量单位。在计算时切忌几种计量单位混杂使用。

4. 本课程是技术基础课,它处理化工生产有关的实际问题,并探讨其原理和规律,且涉及的面很广,牵连的因素很多,因此,必须通过分析,分清主次,搞清主次间的关系。只有这样,才能深刻理解并掌握,从而得到较系统完整的知识。

5. 函授教学以自学为主,面授时一是时间少,二是讲授较集中,来不及消化。根据此特殊情况,本教材编写时注意做到概念清晰、准确,基本公式、图表的使用尽量交待清楚,以利自学。为此,自学时一定注意上述几点,才能收到预期的效果,达到目的。

0—3 法定计量单位及单位换算

法定计量单位就是国家以法令形式规定在全国采用的计量单位。1959年我国国务院曾发布关于统一计量制度的命令,确定以米制为基本计量制度,并公布了一批统一公制(米制)计量单位中文名称的方案,1977年国务院颁布的〈中华人民共和国计量管理条例〉中指出,我国基本计量制度是米制(即公制),逐步采用国际单位制。

1984年颁布的法定计量单位与1959年发布的有很大不同；与1981年试行的计量单位名称和符号方案比较也有不少修改；解决了几个词头名称问题；应该淘汰的单位未再列入；部分暂时并用的单位被正式列为法定计量单位。在法定计量单位中，包括了全部属于国际单位制的单位以及国际计量大会所同意并用的十个非国际单位制单位，此外又加了我国习惯使用的五个单位。

1. 单位与单位制 任何物理量都由两部分组成，一个是单位，它说明物理量的性质和度量的标准；另一个是数量，它说明该物理量的大小等于多少单位。单位和数量两者缺一不可。例如管子的长度等于8[米]，这里[米]是长度单位，8是数量。只说[米]或只说8都不能表达出管子长度这个物理量来。

基本物理量的选取不论数目或种类都是任意的，主要考虑应用的方便，这样就形成了不同的单位制度。

物理学选取的基本物理量是长度、质量和时间，相应的基本单位是厘米、克、秒。这种单位制度称为物理单位制或cgs制。在理化数据手册中常用此制。

在工农业生产和工程实际中，经常要考虑物料的重量（自然科学中经常考虑的是质量）和所受的力，所以把力做为一个基本量。因而工程上选取的基本物理量是长度、力（重量）和时间，相应的单位是米、千克和秒，这种单位制度称为工程单位制。于是在工程单位制中，力是基本物理量，质量是导出物理量。为区别起见，在工程制中使用千克时，在千克之后加注力字，即千克（力）（用符号表示则写成kgf）。

工程单位制中力的单位[千克]是这样规定的，它相当于在真空中以MKS制量度的[千克]质量的物体，在重力加速度为 $9.81 \text{ [米/秒}^2\text{]}$ 下所受的重力。

化学工程不仅涉及的概念和术语较广，而且计量单位问题也常引起一些麻烦。在生产及计算中，工程单位制（MKfS）和物理单位制（cgs）常常纠缠不清，造成混乱，给工作增加不少困难。又如许多文献资料，由于国家学科分支或作者个人的爱好不同，便采用不同的单位。例如气体常数R，在 $PV = nRT$ 中，由于压力和体积使用不同的单位，而出现如下一些表示单位及数量。

$$R = 0.08206 \text{ [升} \cdot \text{大气压/摩尔} \cdot \text{K]} \text{ 或 } R = 82.06 \text{ [厘米}^3 \cdot \text{大气压/摩尔} \cdot \text{K]}$$

$$R = 1.987 \text{ [卡/摩尔} \cdot \text{K]}.$$

为适应我国国民经济、文化教育事业的发展，以及推进科学技术进步和扩大国际经济、文化交流的需要，国务院决定在采用先进的国际单位制的基础上，进一步统一我国的计量单位。于1984年1月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》和《中华人民共和国法定计量单位》。命令规定到1990年底以前，全国各行各业要全面完成向法定计量单位的过渡，从1991年1月1日起，除个别特殊领域外，不允许再使用非法定计量单位。

我国的法定计量单位，是以国际单位制（SI）为基础，只保留少数国内外习惯或通用的非国际单位制的单位。

法定计量单位包括：（1）国际单位制的基本单位如表1；（2）国际单位制的辅助单位如表2；（3）国际单位制中具有专门名称的导出单位如表3；（4）国家选定的非国际单位制单位；（5）由以上单位构成的组合形式的单位；（6）用于构成十进倍数和分数单位的词头如表4。

国家选定的非国际单位制单位，共有10个量如表5。

在一个单位制中基本量的主单位称为基本单位，它是构成单位制中其它单位的基础。而基本量是为确定一个单位制时选定的彼此独立的那些量。在国际单位制中是如表 1 所示的以这个量为基本量，它可适应各个科学技术领域的需要。如选定米、千克、秒作为基本单位来构成力学领域的全部单位。

在选定了基本单位之后，按物理量之间的关系，由基本单位以之相乘、相除的形式构成的单位称为导出单位。如密度的单位“千克/立方米”就是由基本单位千克除以基本单位米的三次方构成的。

国际上把既可作为基本单位，又可作为导出单位的单位，单独作为一类称为辅助单位。

在选定基本单位之后，按一定的物理关系可以构成一系列的导出单位。这样，基本单位和导出单位构成一个完整的体系，称为单位制。

单位制随基本单位的选择而不同。

表 1 国际单位制的基本单位

物理量的名称	基本单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克	kg
时间	秒	s
电流	安培	A
热力学温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol
发光强度	坎德拉	Cd

表 2 国际单位制的辅助单位

物理量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表 3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

(只列出本书常用的6个量)

量的名称	单位名称	单位符号	单位的定义
频率	赫兹	Hz	1/时间= S^{-1}
力、重力	牛顿	N	质量×加速度= $kg \cdot m/s^2$
压力(压强)、应力	帕斯卡	Pa	力÷面积= N/m^2
能量、功、热量	焦耳	J	力×距离= $N \cdot m$
功率、辐射通量	瓦特	W	功÷时间= J/S
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	*

即 * 摄氏温度是按式 $t = (T - 273.15)$ 定义的，式中 t 为摄氏温度， T 为热力学温度。