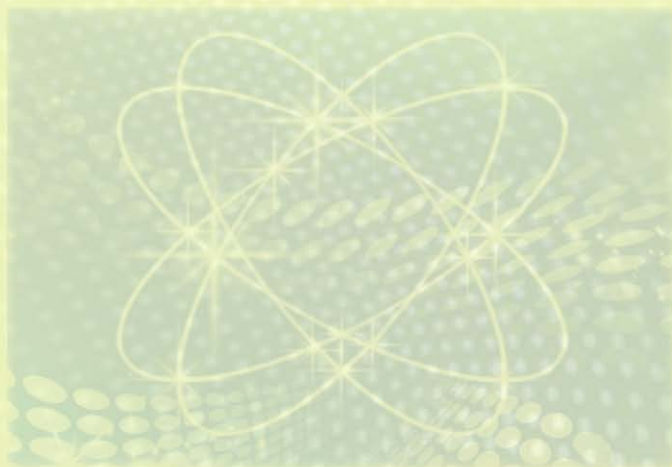


基础化学实验 II

化工原理模块

于辉 王淑杰 主编



宁夏人民教育出版社

基础化学实验II

(化工原理模块)

王 于
淑 淑
杰 杰
辉 辉

主
编

JICHUHUAXUESHIYAN

宁夏人民教育出版社



宁夏大学“十一五”教材建设丛书

编委会

主 编 陈育宁

副主编 王燕昌 赵 明

委 员 (以姓氏笔画为序)

于有志 马春宝 王玉炯 王宏伟

石文典 田军仓 田振夫 刘 明

刘万毅 刘旭东 米文宝 李宁银

李建设 何凤隼 张秉民 张磬兰

周玉忠 俞世伟 郭 琳 樊静波

霍维洮

出 版 人 杨宏峰

选题策划 巴 岱 杨立国

选题统筹 马红薇 张燕宁

特约审读 导 夫

序

陈育宁

教材建设是高等学校教学基本建设的重要组成部分,选用和编写高质量的教材,是高校不断提高教学水平、保障教学质量的基础。

为了落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和宁夏大学“十一五”教学工作规划及教材建设的主要任务,更新课程体系,提高教学质量,以适应现代化建设和市场经济的需要,适应培养面向21世纪新型高素质人才的需要,启动宁夏大学“十一五”教材建设工程,编写、出版“宁夏大学‘十一五’教材建设”丛书,是必要和及时的。

这套丛书的编写和出版,必须坚持为我校的教育教学工作服务,要根据我校专业建设、课程建设、生源状况、教学水平及师资力量等实际情况,充分发挥我校学科优势和专业特长,努力使教材建设不断深化,整体水平不断提高;要逐步建立以国家规划教材的使用为重点,特色鲜明的自编教材为补充的学校教材建设与管理体制;要不断扩大教材种类,提高教材质量,探索教材建设与供应新途径,建立教材编写与选用新机制,开拓教材使用与管理新局面。

近年来,我校的教育教学工作随着学校规模的不断扩大和办学实力的增强,有了新的发展和提高。2005年,教育部与宁夏回族自治区政府签署协议,共建宁夏大学,为我校加快发展提供了新的机遇。实现学校的发展目标,培养高素质的建设人才,主动服务于国家和地方经济社会发展,是我校面临的重要战略任务。而高层次、高质量的人才培养,必须要求有高水平、高质量的教材建设。为此,本科教育的学科、专业及课程设置,都要作相应的调整。“宁夏大学‘十一五’教材建设”丛书的编写和出版,要适应这一调整,紧紧把握中国高等教育改革与发展的脉搏,与时俱进,面向未来,服务社会;要结合21世纪社会、经济、科技、文化、教育发展的新特点,吸收新成果,解决新问题;要根据素质教育和学分制教学管理的需要,突出适用性和针对性;要在加强基础课、实验课教材编写与出版的同时,不断深化基础理论研究,拓宽教材知识面,努力实现整套教材科学性、系统性、开放性、前瞻性和实践性的有机结合,充分体现起点高、水平高,结构严密、体系科学,观点正确、应用性强的特点。

我们相信,在我校广大教师和科研骨干的努力下,在出版界同仁的支持下,“宁夏大学‘十一五’教材建设”丛书的编写出版,必将提高质量,多出精品,形成特色;必将面向市场,走向社会,服务教学,为宣传宁夏大学,树立宁夏大学学术形象,推动宁夏大学本科教学水平不断提高发挥积极作用。

2005年8月于银川

基础化学实验 II

Contents 目录

绪 论	001
第一部分 基础知识	005
一 从事科学实验的基本态度	007
二 从事实验的基础知识	007
第二部分 实验内容	013
(化工原理基础实验)	
实验一 单项流动阻力测定	015
实验二 离心泵特性曲线的测定	021
实验三 恒压过滤参数的测定	027
实验四 气—汽对流传热实验	034
实验五 精馏塔的操作和塔效率的测定	039
实验六 填料吸收塔流体力学特性实验	049
实验七 固体流态化的流动特性实验	
——空气—硅胶颗粒系统	059
实验八 板式塔流体流动性能的测定 (筛板塔) ...	064
实验九 柏努利方程实验	071
(化工原理综合实验)	
实验十 流化床干燥实验	075
实验十一 喷雾干燥	084

目 录

Contents

(反应工程实验)

实验十二 连续搅拌釜式反应器液体停留时间分布及其流 动模型参数的测定	089
实验十三 填充管式反应器液体停留时间分布及其流 动模型参数的测定	098
附录 正交试验法	107
附录一 正交试验法初步	109
附录二 有交互作用的正交试验法	121
附录三 正交试验结果的方差分析	127
附录四 正交试验法在化工基础实验中的应用举例 ...	132
附录五 相关符号表	139
附录六 常用正交表	140
参考文献	155
后 记	156

基础化学实验 II



绪 论



一、化工基础实验教学独立设课简介

化学工程基础实验是整个化学工程教学的有机组成部分,但它作为一门独立的基础课程,必然有其自身的目的和要求:(1)培养学生从事实验研究的初步能力。(2)掌握一些有关化学工程学的实验研究和实验技术。(3)培养学生运用所学的理论分析和解决实际问题的能力,加强学生的实践环节,最大限度地配合理论课的教学工作。实验项目的设置是提高同学们的动手能力并密切联系实际的生产装置,既可促进学生对理论课的巩固和提高,又培养了学生的学习兴趣。

总而言之,化学工程基础实验的意义更侧重于实践能力的培养,它和理论课的教学是相辅相成的,互相促进,互相补充。

二、实验类别

化工原理基础实验

- ① 单项流动阻力实验
- ② 离心泵特性曲线实验
- ③ 恒压过滤参数实验
- ④ 气—汽对流传热实验
- ⑤ 精馏塔的操作和塔效率的测定
- ⑥ 填料吸收塔流体力学特性实验
- ⑦ 板式塔流体流动性能实验
- ⑧ 柏努利方程实验
- ⑨ 固体流态化的流动特性实验

化工原理综合实验

- ① 流化床干燥实验
- ② 喷雾干燥实验

反应工程实验

- ① 连续搅拌釜式反应器液体停留时间分布及其流动模型参数的测定
- ② 填充管式反应器液体停留时间分布及其流动模型参数的测定

上述实验的开设分为三个层次:第一层次为农学院生化、食品专业开设基础实验(②④);第二层次为化工学院教育、分析专业及机械学院自控专业开设,实验项目有基础(①②③④⑤⑥⑧)及综合实验(①);第三层次为化工学院化工、应化、制药专业开设,项目为全部实验。



三、实验项目改革

近几年,为使实验与科学研究、新技术应用、工程实践等紧密结合,化工学院购进一批综合性及设计性实验,已经应用的为流化床干燥实验、喷雾干燥实验,其他如反应精馏、萃取精馏、综合传热实验、固定床反应器等由于检测设备还没到位,暂时还没开课。

这些综合性及设计性实验的开设,使实验课从形式到内容,都更加多样化、更加生动活泼。实验前为了搞清楚将要使用的实验装置和仪器仪表的基本原理和操作方法,或在实验进行的过程中,以及处理实验数据和分析实验结果的时候,都会遇到各种各样亟待思考和处理的问题。这些问题涉及的知识面较广,有化学、化工方面的,也有电工电子或数学、物理、机械及计算机方面的问题,等等。为了解决问题,既要动手,更要动脑,如果教师能因势利导地进行启发,与学生一起讨论问题,则对于学生提出问题、分析问题和解决问题能力的培养是十分有利的。这类独立思考,创新意识的训练是传统实验教学所无法取代的。

1. 实验教材的作用分析

由于实验条件的限制,各院校之间开出的实验会有差别,为配合我院化工原理实验教学。我们编写的教材与我院实际实验装置相一致。教材涉及的内容是上列各类实验中遇到的一些共性问题,考虑到化工基础实验课是一门技术基础实验课,所以介绍的内容均属基本原理、技术和技巧,通用性强。教材内容包括:(1)化工实验参数的测量方法;(2)实验数据的一些通用处理方法;(3)介绍正交实验设计方法;(4)实验预习及实验报告的书写。

教材内容强调实践,注意工程概念,做到几个结合:(1)验证基本理论与培养学生掌握实验研究方法、提高分析和解决实际问题的能力相结合;(2)单一验证性实验与综合性实验相结合,以便训练学生的独立思考、综合分析处理问题的能力;(3)传统的与近代的实验方法、测试手段及数据处理技术相结合;(4)注意当前和发展相结合,将完成实验教学基本内容与因材施教、拓宽加深实验教学内容和方法及培养创新精神相结合,使学生尽早适应化工技术发展的要求。



第一部分

基础知识



一、从事科学实验的基本态度

进行化工原理实验或进行任何其他科学实验,实验人员首先要具有一种最基本的态度——实事求是的态度。我们这里所说的“实事求是”就是说要把实验中所观测到的现象、数据、规律忠实地记录下来,把它们当作第一手材料来对待。科学推理要以实验观测为依据,科学理论要用实验观测来检验,因此记录下来的实验数据应该是实际观测到的情况而不能以任何理由加以编造、修改或歪曲。例如某个参数根据理论计算其值应该是 100,而在实验中测到的确是 20,那怎么办呢?首先应把 20 的值记录下来,然后再去找原因,而不能用其他相关数字来搪塞。

实验中直接观测到的数字,有时不够准确,甚至有错误,但是某次实验的结果是否可靠也只能用反复的实验来核对,不能用“与书本上已有的陈述不符”,或“与依据某种理论的计算结果不符”,就来修改记录或取消某次记录。总之对于实验观测的结果必须严肃认真,决不能随便更改某个数字。

我们特别强调这一点,因为只有具备了这种最基本的态度,其实验工作才可能为自己为别人提供有意义的材料,因为只有具备了这种基本态度,才可能充分理解化工原理实验的实验守则,以及为什么要对实验工作提出相应要求,才能积极主动地根据这些要求来工作,并使自己受到正确的训练,不断提高科学实验能力。

二、从事实验的基础知识

实验的各个步骤都是为了一个目的,即提出一个有某种实用意义或参考意义的实验报告,因此我们所进行的训练,所介绍的实验基础知识也都要从这一点来掌握,来要求。

既然如此,就要在实验报告中把实验的任务、实验观测的结果用表、图、公式、文字描述,把讨论结果简练明确地表达出来,不能含糊,要使阅读者一目了然,除此以外还必须做到:第一,数据是可靠的,为此对实验方案要认真考虑,认真做实验,认真记录数据。实验前做好准备,要把实验方案如实说明以供阅读者进行审查,看实验方案是否合理。第二,实验记录要有校核的可能,因此要清楚说明实验的时间、地点、条件、和实验人员,为了保证能作出合格的报告,对实验过程中各个步骤、各个问题,我们提出如下的说明和具体要求。

1. 怎样准备实验

(1) 阅读实验指导书,弄清本次实验的目的与要求。



(2)根据本次实验的具体任务,研究实验的做法及其理论根据,分析应该测取哪些数据并估计实验数据的变化规律。

(3)到现场观看设备流程,主要设备的构造,仪表种类,安装位置,审查这些设备是否合适,了解它们的启动和使用方法(但不要擅自启动,以免损坏仪表设备或发生其他事故)。

(4)根据实验任务及现场设备情况或实验室可能提供的其他条件,最后确定应该测取的数据。

(5)拟定实验方案,决定先做什么,后做什么,操作条件如何?设备的启动程序怎样?如何调整?实验中数据点希望如何分配,何处实验数据应密集些,何处可间距大些?

2. 怎样组织实验

本课程的实验一般都是几个人合作的,因此实验时必须做好工作准备,既有分工,又有合作,既能保证实验质量,又能获得全面训练。每个实验小组要有一个组长,组长负责实验方案的执行、联络和指挥,必要时还应兼任其他工作,实验方案应该在组内讨论,使得人人知晓,每个组员都应该各有专责(包括操作、读取数据及现象观察等),而且要在适当时间进行轮换(操作要求较高的实验,可以不在实验中轮换,而在演习时加以训练)。

3. 实验应测取哪些数据

(1)凡是影响实验结果或者数据整理过程中所必需的数据都必须测取,它包括大气条件、设备有关尺寸、物料性质以及操作数据等。

(2)但并不是所有数据都要直接测取,凡可以根据某一个数据导出或从手册中查的其他数据,就不必直接测定,例如水的黏度、密度等物理性质,一般只要测出水温后即可查出,因此不必直接测定水的黏度、密度,而应该改测水温。

4. 怎样读取数据、做好记录

(1)事先必须拟好记录表格(只负责记某一项数据的,也要列出完整的记录表格),不应随便拿一张纸就记录,以保证数据完整、条理清楚,避免张冠李戴的错误。每个学生都应该有一个实验记录本。

(2)实验时一定要在现象稳定后才开始读数据,条件改变后,要稍等一会儿才能读取数据,这是因为稳定需要一定的时间,(有的实验甚至要很长时间才能达到



稳定),而仪表通常又有滞后现象。不要条件一改变就测数据,否则引用这种数据作报告,结论是不可靠的。

(3)同一条件下至少要读取两次数据(研究不稳定过程现象时除外),而且只有当两次读数相接近时才能改变操作条件,以便在另一条件下进行观测。

(4)每个数据记录后,应该立即复核,以免读错或写错数字。

(5)每个数据都要写单位。

(6)数据记录必须真实地反映仪表的精确度,一般要记录至仪表上最小分度以下一位数。例如温度计的最小分度为 1°C ,如果当时温度读数为 24.6°C ,这时就不能记为 25°C ;如果刚好是 25°C 整,则记为 25.0°C ,而不能记为 25°C ,因为这里有一个精确度问题,一般记录数据中末尾都是估计数字,如果记录 25°C ,它表示当时温度可能是 24°C ,也可能是 26°C ,或者说其误差是 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 25.0°C 表示当时温度介乎 $24.9^{\circ}\text{C}\sim 25.1^{\circ}\text{C}$ 之间,它的误差是 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。但是用上述温度计时也不能记为 24.58°C ,因为它超出了所用温度计的精密度。

(7)记录数据要以当时的实际读数为准,例如规定的水温为 50.0°C ,而读数时实际水温为 50.5°C ,就应该记 50.5°C 。如果数据稳定不变,也应照实记录,不得空下不记。

(8)实验中如果出现不正常情况,以及数据有明显误差时,应在备注栏中加以注明。

5. 实验过程注意事项

有的学生在做实验时,只管读取数据,其他一概不管,这是不对的,实验过程中除了读取数据外,还应做好下列各事:

(1)从事操作的,必须密切注意仪表指示值的变动,随时调节,务必使整个操作过程都在规定的条件下进行,尽量减少实验操作条件和规定操作条件之间的差距,操作人员不要擅离岗位。

(2)读取数据后,应立即和前次数据相比较,也要和其他有关数据相对照,分析相互关系是否合理。如果发现不合理的情况,应该立即同小组其他同学研究原因,是自己认识有误还是测定的数据有问题,以便及时发现问题,解决问题。

(3)实验过程中还应注意观察过程现象,特别是发现某些不正常时应及时研究产生不正常现象的原因。

6. 怎样整理数据

(1)同一条件下,如有几次比较稳定但稍有波动的数据,应先取其平均值,然后加以整理,不必先逐个整理后取平均值,以节省时间。

(2)数据整理时应根据有效数字的运算规律,舍弃一些没意义的数字(见有关“有效数字”的论述)。一个数据的精确度是由测量仪表本身的精确度决定,它并不因为计算时位数的增加而提高,但是任意减少位数却是不许可的,因为它降低了应有的精确度。

(3)数据整理时,如果过程比较复杂,实验数据又多,一般以采用列表整理法为宜,同时应将同一项目一次整理。这种整理方法不仅过程明显,而且节省时间。

(4)要求以一次数据为例子,把各项计算过程列出,以便检查。
(示例)

利用管道阻力实验设备测定离心泵性能时的数据

序号	流 量			总 压 头					功率 N	效率 η	水温 T	转速 n
	时间 t	水量 Q	流量 $Q \times 10^3$	压强 $P_{\text{压}}$		真空度 $P_{\text{真}}$		总压头 H				
	秒	升	米 ³ /秒	公斤/厘米 ²	米水柱	毫米汞柱	米水柱	米水柱				
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	P
1	0	0	0	1.68	16.8	100	1.4	18.5	0.41	0	23	
2	60	13.5	1.06	1.74	17.4	125	1.7	19.4	0.61	33	23	
3	60	116	1.93	1.62	16.2	159	2.2	18.7	0.73	48	23	1450
4	60	118	2.8	1.37	13.7	213	2.9	16.9	0.87	53	23.5	
5	60	226	3.76	0.94	9.4	294	4	13.7	1	51	23.5	