



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

化工过程与设备 综合实训

■ 主编 花旭斌



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

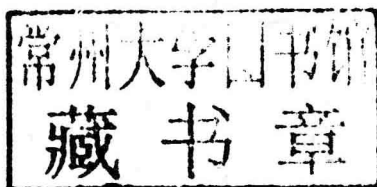
西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

化工过程与设备综合实训

主 编 花旭斌

副主编 史碧波 李正涛

参 编 清 源 吴 兵 范淑辉



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是与“食品工程原理”“化工原理”理论课配套使用的实验实训教材。本书主要介绍化工过程与设备实训应具备的基本知识(包括实训误差分析和有效数字、数据处理、实训设计方法、实训测量技术)以及一系列化工过程与设备的基础实训和演示实训;详细介绍每个实训项目的实训目的、原理、装置与流程、实训操作过程、注意事项、数据记录与整理。本书内容的编排着眼于培养学生的工程观点和分析解决工程问题的能力。

本书可作为高等院校本科、专科的食品工程原理、化工原理的实验实训教材,也可供从事食品工程、环境工程、生物工程、轻化工程、化工专业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

化工过程与设备综合实训 / 花旭斌主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2014.9
ISBN 978-7-5640-9778-3

I. ①化… II. ①花… III. ①化工过程—高等学校—教材②化工设备—高等学校—教材 IV. ①TQ02 ②TQ05

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第220200号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米 × 1092毫米 1/16

印 张 / 8.5

字 数 / 190千字

版 次 / 2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

定 价 / 25.00元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

序 言

西昌学院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，3位省级教学名师，2个省级卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品资源共享课，2个省级重点实验室和1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用2013年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自己的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

前 言

随着 21 世纪知识经济时代的到来,我国高等教育改革已势在必行。高校越来越多地注重培养知识面宽广且具有较强创新能力的、具备“学历教育+职业技能素养”的应用型高职业技能素质的高级人才,以满足社会对新型人才的需求。这本《化工过程与设备综合实训》即是围绕以上目标进行编写的。

“食品工程原理”和“化工原理”均是以“三传理论”(动量传递过程、热量传递过程和质量传递过程)为基础,以单元操作为背景的专业课程。化工过程与设备实训作为“食品工程原理”“化工原理”理论课对应开设的实践性课程,属于工程实验范畴,具有鲜明的工程特点和特殊性。要求学生通过实训观察单元操作的过程与现象而能用理论联系实际检验操作中的结论和结果,掌握单元操作实训的设计方法、操作技能和仪器仪表的使用,培养学生的工程观点,使学生具备处理实际工程过程中的问题的能力,同时注重培养学生的科学思维、创新思维和团队协作精神。

本书介绍了化工过程与设备实训基本知识;介绍了包括流体黏度测定实训、流体流动形态实训、伯努利方程验证实训、管路流体阻力的测定实训、离心泵特性曲线的测定实训、过滤实训、旋风分离实训、固体流态化实训、套管换热器液-液热交换实训、液-液搅拌混合实训、塔板流体力学性能的测定实训、蒸发器传热系数的测定实训、对流干燥实训在内的化工过程与设备基础实训内容;还介绍了包括边界层形成与分离实训、离心泵的汽蚀现象实训、喷雾干燥实训在内的化工过程与设备演示实训内容。食品、化工、生物工程、制药、环境工程、轻化工程等不同专业可根据专业知识结构的不同选择开设与“食品工程原理”或“化工原理”理论课相应的单元操作,对本书实训内容进行取舍。

本书由花旭斌主编,西昌学院化工过程与设备和化工原理课程的全体任课教师参与讨论和部分内容的编写。本书编写分工如下:第 1 章,第 2 章 2.1 节、2.2 节、2.3 节由史碧波执笔;第 3 章由花旭斌执笔;第 2 章 2.4 节,第 4 章由李正涛执笔;参考文献及附录部分由清源执笔。另外,吴兵、范淑辉等同志也参与了本书的部分编写工作。

本书之成书,源自西昌学院使用多年的《化工过程与设备实训》讲义,得益于西昌学院化工过程与设备和化工原理任课教师多年实验实训教学之积淀,同时参考了有关的文献和专著。本书的出版得到了西昌学院专项立项资助,在此一并表示诚挚的感谢!

本书的出版,汇聚了集体的力量。在编写过程中,力求融入编者自己的实验教学心得,写出自己的风格。由于该教材体系初次建立,使用效果如何,还有待在实践中检验。

由于编者学识水平和经验有限,书中难免有疏漏和欠缺之处,恳请专家、读者不吝赐教,以便补充修正。

编 者

2014 年 6 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 化工过程与设备实训目的	(1)
1.2 化工过程与设备实训基本要求	(1)
1.3 化工过程与设备实训操作及注意事项	(2)
1.3.1 实训操作注意事项	(3)
1.3.2 实训室用电安全注意事项	(3)
1.3.3 电器仪表的安全使用	(4)
1.4 思考题	(4)
第2章 化工过程与设备实训基本知识	(5)
2.1 实训误差分析和有效数字	(5)
2.1.1 误差及其分类	(5)
2.1.2 随机误差的分布	(8)
2.1.3 直接测量值的误差估算	(12)
2.1.4 间接测量值的误差传递	(13)
2.1.5 误差分析应用	(18)
2.1.6 提高分析结果精度的方法	(18)
2.1.7 有效数字及其运算规则	(19)
2.2 实训数据处理	(22)
2.2.1 列表法	(22)
2.2.2 图示法	(24)
2.2.3 回归分析法	(25)
2.3 实训设计	(26)
2.3.1 实训设计概述	(26)
2.3.2 实训设计方法	(26)
2.4 化工过程与设备实训测量技术	(27)
2.4.1 压力(差)测量	(27)
2.4.2 温度测量	(32)
2.4.3 流量测量	(36)

2.4.4	计算机数据采集与控制	(39)
2.5	思考题	(44)
第3章	化工过程与设备基础实训	(46)
3.1	流体黏度测定实训	(46)
3.1.1	实训目的	(46)
3.1.2	实训原理	(46)
3.1.3	实训装置	(46)
3.1.4	实训方法	(47)
3.1.5	实训注意事项	(48)
3.1.6	实训数据记录及整理	(49)
3.1.7	思考题	(49)
3.2	流体流动形态实训	(49)
3.2.1	实训目的	(49)
3.2.2	实训原理	(49)
3.2.3	实训装置	(50)
3.2.4	实训方法	(50)
3.2.5	实训注意事项	(51)
3.2.6	实训数据记录及整理	(52)
3.2.7	思考题	(52)
3.3	伯努利方程验证实训	(52)
3.3.1	实训目的	(52)
3.3.2	实训原理	(52)
3.3.3	实训装置	(54)
3.3.4	实训方法	(54)
3.3.5	实训注意事项	(55)
3.3.6	实训数据记录及整理	(55)
3.3.7	思考题	(56)
3.4	管路流体阻力的测定实训	(57)
3.4.1	实训目的	(57)
3.4.2	实训原理	(57)
3.4.3	实训装置	(59)
3.4.4	实训方法	(60)
3.4.5	实训注意事项	(61)
3.4.6	实训数据记录及整理	(61)
3.4.7	思考题	(62)
3.5	离心泵特性曲线的测定实训	(63)
3.5.1	实训目的	(63)
3.5.2	实训原理	(63)

3.5.3	实训装置	(64)
3.5.4	实训方法	(65)
3.5.5	实训注意事项	(65)
3.5.6	实训数据记录及整理	(66)
3.5.7	思考题	(66)
3.6	过滤实训	(66)
3.6.1	实训目的	(66)
3.6.2	实训原理	(67)
3.6.3	实训装置	(68)
3.6.4	实训方法	(68)
3.6.5	实训注意事项	(69)
3.6.6	实训数据记录及整理	(70)
3.6.7	思考题	(70)
3.7	旋风分离实训	(71)
3.7.1	实训目的	(71)
3.7.2	实训原理	(71)
3.7.3	实训装置	(73)
3.7.4	实训方法	(73)
3.7.5	实训注意事项	(74)
3.7.6	实训数据记录及整理	(74)
3.7.7	思考题	(74)
3.8	固体流态化实训	(74)
3.8.1	实训目的	(74)
3.8.2	实训原理	(75)
3.8.3	实训装置	(78)
3.8.4	实训方法	(78)
3.8.5	实训注意事项	(78)
3.8.6	实训数据记录及整理	(79)
3.8.7	思考题	(80)
3.9	套管换热器液-液热交换实训	(80)
3.9.1	实训目的	(80)
3.9.2	实训原理	(80)
3.9.3	实训装置	(83)
3.9.4	实训方法	(84)
3.9.5	实训注意事项	(84)
3.9.6	实训数据记录及整理	(84)
3.9.7	思考题	(86)
3.10	液-液搅拌混合实训	(86)
3.10.1	实训目的	(86)

3.10.2	实训原理	(87)
3.10.3	实训装置	(88)
3.10.4	实训方法	(88)
3.10.5	实训注意事项	(89)
3.10.6	实训数据记录及整理	(89)
3.10.7	思考题	(89)
3.11	塔板流体力学性能的测定实训	(89)
3.11.1	实训目的	(89)
3.11.2	实训原理	(90)
3.11.3	实训装置	(92)
3.11.4	实训方法	(93)
3.11.5	实训注意事项	(93)
3.11.6	实训数据记录及整理	(93)
3.11.7	思考题	(94)
3.12	蒸发器传热系数的测定实训	(94)
3.12.1	实训目的	(94)
3.12.2	实训原理	(94)
3.12.3	实训装置	(95)
3.12.4	实训方法	(96)
3.12.5	实训注意事项	(96)
3.12.6	实训数据记录及整理	(96)
3.12.7	思考题	(97)
3.13	对流干燥实训	(97)
3.13.1	实训目的	(97)
3.13.2	实训原理	(97)
3.13.3	实训装置	(101)
3.13.4	实训方法	(102)
3.13.5	实训注意事项	(102)
3.13.6	实训数据记录及整理	(103)
3.13.7	思考题	(103)
第4章	化工过程与设备演示实训	(104)
4.1	边界层形成与分离实训	(104)
4.1.1	实训目的	(104)
4.1.2	实训原理	(104)
4.1.3	实训装置	(106)
4.1.4	实训方法	(107)
4.1.5	实训注意事项	(107)
4.1.6	思考题	(107)

4.2 离心泵的汽蚀现象实训	(107)
4.2.1 实训目的	(107)
4.2.2 实训原理	(107)
4.2.3 实训装置	(108)
4.2.4 实训方法	(108)
4.2.5 实训注意事项	(109)
4.2.6 思考题	(109)
4.3 喷雾干燥实训	(109)
4.3.1 实训目的	(109)
4.3.2 实训原理	(109)
4.3.3 实训装置	(112)
4.3.4 实训方法	(113)
4.3.5 实训注意事项	(113)
4.3.6 思考题	(114)
附录 A 法定计量单位及单位换算	(115)
附录 B 化工过程与设备综合实训中常用数据表	(116)
参考文献	(120)

第1章

绪论

1.1 化工过程与设备实训目的

化工过程与设备实训是高等院校食品、化工类专业教学计划中的一门必修课,课程以传递过程和研究的方法论为主线,是结合化工与食品工业的特点,且以单元操作为背景的实践性教学环节。它将能力和素质培养贯穿于课程的全过程,强调实践性,注重工程观念,使学生在下列几个方面得到较好的培养和锻炼。

1. 验证有关食品与化工工程单元操作的理论,巩固和深化理论知识

学生对理论教学过程中所讲授的理论、概念和公式的理解往往比较肤浅,对于各种影响因素的认识还不够深刻,通过在实训过程中进行一些验证性试验,学生可对基本原理的理解、公式中各种参数的来源以及使用范围有更深入的认识。此外,也可使学生进一步认识掌握化工工程问题的研究方法,熟悉化工数据基本测试技术,并能熟悉这些设备和仪表的结构、主要性能及基本操作。

2. 培养学生分析和解决食品与化工工程问题的综合能力

理工类专业毕业生,必须具备一定的实训研究能力,包括掌握单元过程和设备的操作及观察和分析实训现象的能力、规划实训和实训方案的设计能力、正确选择和使用测量仪表的能力、正确采集和处理实训数据的能力、撰写实训研究报告的能力。同时,通过将单一验证性试验与综合性、设计性试验相结合,也能训练学生独立思考、综合分析处理问题的能力。

这些能力是进行科学研究的基础,学生通过一定数量的基础实训与综合实训练习,经过反复训练能够提高实训研究能力,为将来参加实际工作时独立地设计新实训和从事科研与开发打下一定的基础。

3. 培养学生实事求是、严肃认真的学习态度

实训研究是实践性很强的工作,因此化工过程与设备实训课要求学生具有一丝不苟的工作作风和严肃认真的工作态度,从实训操作、现象观察到数据处理等各个环节都不能有丝毫马虎。如果粗心大意,敷衍了事,轻则实训数据不准确,得不出什么结论,重则会造成设备损坏,甚至出现安全事故。

1.2 化工过程与设备实训基本要求

化工过程与设备实训对于学生来说是第一次接触工程装置并能进行操作的过程。学生一

开始往往感到陌生,无从下手,有的学生又因为是几个人一组而有依赖心理。为了预防此类情况,切实提高教学效果,要求每个学生必须做到以下几点:

1. 实训前进行预习

学生在实训前必须认真地阅读实训教材的相关内容,清楚地了解实训目的、要求、原理及实训步骤;根据本次试验的具体任务,熟悉与实训有关的理论根据,了解试验流程;通过计算机实训仿真系统的演示,进一步熟悉实训装置的流程及操作方法;到实训室观看具体的设备流程、主要设备的构造、仪表种类和安装位置,了解仪器设备的使用方法和注意事项;分析需要测量的数据;最后拟定实训方案,并确定实训操作程序。

2. 实训中进行操作训练及数据处理

实训操作是一个动手动脑的过程,学生一定要严格按照操作规程进行。在实训过程中,学生应认真观察和分析实训现象,认真记录原始实训数据,培养严肃认真的科学研究态度。本课程的实训一般是由几个人合作完成的,在实训时必须做好组织工作,既要保证实训质量,又能使每个人都获得全面的训练。

实训前要拟好实训数据记录表格,安排好测量点的范围、测点数目等,对于实训过程中的现象、仪表读数的变化要仔细观察;实训数据要记录在表格内,并注明单位、条件,实训现象要尽量详细记录下来;有些当时不能理解的实训现象,如重复进行一遍仍然如此,要如实记录下来,待实训结束经过思考后,提出自己的看法或结论。

实训时一定要在操作条件稳定后才开始读取数据;实训操作过程中,必须密切注意仪表表示值的变动,并随时调节,务必使整个操作过程都在规定的条件下进行,尽量减少实训操作条件和规定操作条件之间的误差;如果发现某些不正常的现象,要分析产生的原因,并及时排除。

学生在实训操作中应注意培养自己严谨的科学作风,养成良好的习惯。实训过程中要认真记录每个实训数据,实训数据必须真实地反映仪表的精确度,要以仪表当时的实际读数为准;实训中如果出现不正常的情况,数据有明显误差,则应在备注中加以说明。

3. 实训后进行总结并撰写实训报告

实训结束后要及时进行总结并撰写实训报告。实训报告每人一份,要求文字简明、数据完整、结论明确、有讨论和分析,得出的公式或图表要标明适用条件。

实训报告内容可在预习报告的基础上完成,一般应包含以下内容:报告的题目、撰写人员及共同完成人员的姓名、实训目的及要求、实训原理、实训装置及流程图、操作步骤、实训数据的记录及整理(包括一个计算示例)、实训结果,以及对实训过程中发现的问题进行的分析和讨论等。

实训报告是考核实训成绩的主要依据,应认真对待。实训报告必须书写工整,图形绘制必须用直尺或曲线板,数据标示必须正确规范。

1.3 化工过程与设备实训操作及注意事项

违章用电有可能造成人身伤亡、火灾、仪器设备损坏等事故。工程类实训室使用电器较多,为了保障人身安全,一定要遵守实训室安全规则,注意安全用电。

1.3.1 实训操作注意事项

(1) 设备启动前必须检查设备及仪表上各阀门的开、关状态及应有的安全措施,如防护罩、绝缘漆、隔热层等是否完好。

(2) 仪器仪表使用前应了解原理与结构,掌握连接方法与操作步骤,分清量程范围,掌握正确的读数方法。

(3) 操作过程中要严守自己的岗位,精心操作,随时观察仪表示值的变动,保证操作过程稳定进行;操作过程中设备及仪表发生问题应立即按步骤停止操作,并报告指导教师,未经教师同意不得自行处理。应在教师指导下了解其发生过程,并分析和处理相关问题。

(4) 实训结束时应先将有关的气源、水源、热源、仪表的阀门或电源关闭,然后关闭电机电源。

1.3.2 实训室用电安全注意事项

(1) 用电安全的基本要素包括:电气绝缘良好、保证安全距离、线路和插座容量与设备功率相适宜、不使用“三无”(无生产日期、无质量合格证、无生产厂家)产品等。

(2) 实训室内电气设备及线路设施必须严格按照安全用电规程和设备的要求实施,不许乱接、乱拉电线,墙上电源未经允许,不得拆装、改线。

(3) 实训室在同时使用多种电气设备时,其总用电量和分线用电量均应小于设计容量。连接在接线板上的用电总负荷不能超过接线板的最大容量。

(3) 实训室内应使用空气开关并配备必要的漏电保护器;电气设备和大型仪器须接地良好,对电线老化等隐患要定期检查并及时排除。

(4) 不得使用刀开关、木质配电板和花线。

(5) 不能将接线板直接放在地面,不能将多个接线板串联。

(6) 电源插座需固定,不得使用损坏的电源插座,空调应配备专门的插座。

(7) 配电箱、开关、变压器等各种电气设备附近不得堆放易燃、易爆、潮湿和其他影响操作的物件。

(8) 实训前先检查用电设备,再接通电源;实训结束后,先关闭仪器设备,再关闭电源。

(9) 工作人员离开实训室或遇突然断电,应关闭电源,尤其要关闭加热电器的电源开关。

(10) 不用潮湿的手接触电器,切勿带电插、拔、接电气线路。

(11) 实训室的电源开关每天离开时都要关闭;电炉、烘箱等用电设备在使用时,使用人员不得擅自离开;计算机、空调、饮水机不得在无人情况下开机过夜。

(12) 室内若有氢气、煤气等易燃易爆气体,应避免产生电火花;继电器工作和开关电闸时,易产生电火花,要特别小心;电器接触点(如电插头)接触不良时,应及时修理或更换。

(13) 如遇电线起火,应立即切断电源,用沙或二氧化碳、四氯化碳灭火器灭火,禁止用水或泡沫灭火器等导电物体灭火。

1.3.3 电器仪表的安全使用

(1) 在使用前,先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电,是三相电还是单相电,以及电压的大小(110V、220V或380V),须分清直流电器仪表的正负极,以及弄清电器功率是否符合要求。

(2) 仪表量程应大于待测量,若待测量大小不明,应从最大量程开始测量。

(3) 实训之前要检查线路连接是否正确,学生在经教师检查同意后方可接通电源。

(4) 在电器仪表使用过程中,如发现有不正常声响、局部温升或嗅到绝缘漆过热产生的焦味,应立即切断电源,并报告教师进行检查。

1.4 思考题

(1) 进行实训前要做好哪些准备工作?

(2) 实训操作过程中要注意哪些问题?

(3) 测量和记录实训数据时要注意哪些问题?

(4) 实训报告包括哪些基本内容?

第2章

化工过程与设备实训基本知识

2.1 实训误差分析和有效数字

测量的目的是获取被测量对象的真实量值（真值）。在测量过程中，由于实训原理和实训方法的不完善、所采用的测量装置性能指标的局限，以及环境中存在的各种干扰因素和操作人员技术水平的高低，必然使测量值（包括直接和间接测量值）与被测量的真实量值（客观存在的准确值）之间存在着一定的差异。为了减小和消除测量误差对测量结果的影响，就需要研究和了解测量误差及测量不确定度，通过误差分析，认清误差的来源及其影响，确定导致误差的主要因素，并设法排除异常数据和所包含的无效成分，从而进一步改进实训方案，正确组织实训过程，选用合适的仪器和适宜的测量方法，减小误差，细心操作，从而提高实训的精确性。

2.1.1 误差及其分类

测量结果与被测量的真实量值之间的差异，称为测量误差，简称误差。在测量过程中不可避免地会产生各种各样的测量误差，它自始至终存在于测量过程中，具有必然性和普遍性。但随着科学技术的发展和人们认识水平的提高，可以将测量误差控制得越来越小。

2.1.1.1 测量误差的来源

测量误差的来源很多，归纳起来主要有以下几种：

1. 环境的因素

任何测量都有一定的环境条件，如温度、湿度、大气压、机械振动、电源电压波动、电磁干扰等。测量时，如果实际的环境条件与所使用的测量装置要求的环境条件不一致，就会产生测量误差。

2. 装置的因素

测量过程中对所使用的测量装置的性能指标是有一定要求的，如果实际测量所使用的测量装置的性能指标达不到要求，或安装、调整、接线没达到要求，或使用不当，或因内部噪声、元器件老化等导致测量装置的性能发生劣化等，都会引起测量误差。

3. 测量方法的因素

测量方法的不合理或不完善，测量所依据的理论不严密等，也会产生测量误差。例如，用电压表测量电压时，由于没有正确地估计电压表的内阻而引起的误差，用近似公式、经验

公式或简化的电路模型作为测量依据而引起的误差,通过测量圆的半径来计算其周长,因所用圆周率 π 为近似值而引起的误差,等等。

4. 测量人员的因素

测量人员的操作经验、知识水平、素质条件有限,或测量人员的责任感不强、操作不规范和疏忽大意等原因,也会导致产生测量误差。

2.1.1.2 误差的分类

由于受仪器、实训条件、环境等因素的限制,测量值不可能完全准确,物理量的测量值与客观存在的真实量值之间总会存在着误差。误差与错误不同,错误是应该而且可以避免的,而误差是不可能绝对避免的。测量误差按其性质和特点可分为系统误差、随机误差和过失误差三种。

1. 系统误差

系统误差是指在测量和实训中由某些固定不变的因素所引起的误差。这类误差在同一条件下多次测量同一值时,误差数值的大小和符号保持恒定,或者在条件改变时有固定的变化规律,经过精确的校正可以消除。

由于系统误差表示了测量结果偏离其真实量值的程度,即反映了测量结果的准确度,因此在误差理论中,经常用准确度来表示系统误差的大小。系统误差越小,测量结果的准确度就越高。

产生系统误差的原因大致有以下几个方面:①由于仪器结构的不够完善或仪器未经过很好校准等原因产生的误差,如各种刻度尺的热胀冷缩、温度计和表盘的刻度不准确等;②由于测量仪表所依据的测量原理本身不够完善,以及测量方法或处理方法的不完善所引起的误差,如近似的测量方法或近似的计算公式等;③仪表在安置和使用过程中产生的误差,如一些仪表、仪器未能按要求安置,一些电磁测量仪表的布线、接地未能严格地按要求进行等;④测量环境不标准,如温度、压力、湿度、风速等偏离校准值;⑤由于测量者的生理特点,如反应速度、分辨能力,甚至固有习惯等的不同也会在测量中造成误差;⑥实训人员的习惯和偏向,如读数偏高或偏低等也可能引起误差。

系统误差的特点是测量结果向一个方向偏离,其数值按一定规律变化。系统误差不能通过增加测定次数来消除,只能通过选择好的分析方法、校正仪器、提纯试剂、提高操作者水平、保持环境稳定等方法来降低。应根据具体的实训条件和系统误差的特点,设法事先预见或找出系统误差产生的根源,针对其产生原因,采取相应的技术措施消除或减弱其影响,或是估计出其影响程度,在测量结果中加以修正。

2. 随机误差(偶然误差)

在实际测量条件下,多次测量同一量值时,误差的绝对值和符号以不可预定方式变化着的误差称为随机误差,也称为偶然误差。随机误差反映了测量的精密度,随机误差越小,精密度就越高,反之则精密度越低。

随机误差是由于许多暂时未能掌握或不便于掌握的微小因素所造成的,主要包括以下三个方面:①测量仪表结构方面的因素,如零部件配合不稳定,零部件变形等;②环境方面的因素,如温度的微小波动、湿度与气压的微量变化以及电磁场的微小变化等;③人员方面的因素,如读数时由于视线的位置不正确或测量点的位置不准确导致的读数不稳定等。