

高等院校制药化工材料类专业实验系列教材

中级实验 III

(化学工程实验)

Intermediate
Experiment

浙江台州学院医药化工学院组编

主 编 葛昌华

副主编 赵 波



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

高等院校制药化工材料类专业实验系列教材



级实验 III

(化学工程实验)

Intermediate
Experiment

浙江台州学院医药化工学院组编

主 编 葛昌华

副主编 赵 波



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中级实验. 3, 化学工程实验/葛昌华主编; 浙江台州学院医药化工学院组编. —杭州: 浙江大学出版社, 2013. 9
ISBN 978-7-308-12297-9

I. ①中… II. ①葛…②浙… III. ①化学工程—化学实验—高等学校—教材 IV. ①06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 228181 号

中组实验Ⅲ：化学工程实验

葛昌华 主编

浙江台州学院医药化工学院 组编

丛书策划 季 峥

责任编辑 季 峥

封面设计 六@联合视务

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 浙江良渚印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 15.25

字 数 390 千

版 印 次 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12297-9

定 价 33.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话: (0571) 88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

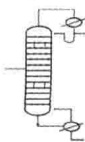
序

近年来,各高等院校为提高实验教学质量,以创建国家、省、市级实验教学中心为契机,通过以创新实验教学体系为突破口,努力探索构建实验教学和理论课程紧密衔接、理论运用与实践能力相互促进的实验教学体系,并取得了成效。为适应高等教育的发展,浙江台州学院于2004年将原归属于医药化工学院的化学、制药、化工、材料类各基础实验室和专业实验室进行多学科合并重组,建立了校级制药化工实验教学中心。此实验中心于2007年获得了省级实验教学示范中心立项。经过几年的探索和实践,实验中心建立了以“基础实验—专业技能实验—综合应用实验—设计研究实验”四个层次为实验主体模块的实验教学体系。

在新建立的实验教学体系中,基础实验模块含“基础实验Ⅰ(无机化学实验)”、“基础实验Ⅱ(有机化学实验)”、“基础实验Ⅲ(分析化学实验)”三门课程,主要包括“基本操作”、“物质的制备及基本性质”、“物质的分离与提纯”、“物质的分析”四部分内容,旨在通过该模块的实验教学,使各专业学生通过基础实验来理解和掌握必备的基础理论知识和基本操作技能;专业技能实验模块含“中级实验Ⅰ(物理化学实验)”、“中级实验Ⅱ(现代分析测试技术实验)”、“中级实验Ⅲ(化学工程实验)”三门课程,主要包括“物理量及参数测定”、“化工过程参数测定”及“仪器仪表的实验技术及应用”三部分有关测量技术和应用的实验内容,旨在通过该模块的实验教学,使各专业学生通过实验来理解和掌握必备的专业理论知识和实验技能,然后在此基础上提升各专业学生的专业基本技能;综合应用实验模块含“综合实验A(化学、化工、制药类专业)”、“综合实验B(材料类)”两门课程,该实验模块根据各专业的人才培养方案来设置相应的专业大实验和综合性实验,旨在通过该模块的实验教学,使各专业学生能在教师的指导和帮助下自主运用多学科知识来设计实验方案,完成实验内容,科学表征实验结果,进一步提高其专业基本技能、应用知识与技术的能力、综合应用能力;设计研究实验模块包括课程设计、毕业设计及毕业论文、学生科研等,该模块的实验属于研究设计性实验,学生将设计性实验与毕业论文、科研课题相结合,在教师的指导下进行阶段性系统研究,提高其综合应用能力和科学研究能力,着重培养创业创新意识和能力。

上述以四个实验模块为主体构建的实验教学体系经过几年的教学实践已取得了初步成效。为此,在浙江大学出版社的支持下,我们组织编写了这套适用于高等本科院校化学、化学工程与工艺、制药工程、环境工程、生物工程、材料化学、高分子材料与工程等专业使用的系列实验教材。

本系列实验教材以国家教学指导委员会提出的《普通高等学校本科化学专业规范》中的“化学专业实验教学基本内容”为依据,按照应用型本科院校对人才素质和能力的培



养要求,以培养应用型、创新型人才为目标,结合各专业特点,参阅相关教材及大多数高等院校的实验条件编写。编写时注重实验教材的独立性、系统性、逻辑性,力求将实验基本理论、基础知识和基本技能进行系统的整合,以利于构建全面、系统、完整、精炼的实验课程教学体系和内容;在具体实验项目选择上除注意单元操作技术和安排部分综合实验外,更加注重实验在化工、制药、能源、材料、信息、环境及生命科学等领域上的应用,结合生产生活实际;同时注重了实验习题的编写,以体现习题的多样性、新颖性,充分发挥其在巩固知识和拓展思维方面的多种功能。

浙江台州学院医药化工学院

前 言

本教材是“高等院校制药化工材料类专业实验系列教材”之一。教材的内容为“化工原理实验”和“化工仪表及自动化实验”，化学工程实验中一个非常重要的内容“化学工程与工艺专业实验”因为安排在“综合实验 A(化学、化工、制药类专业)”，故没有编入本教材。本教材的主要内容是“化工原理实验”，因此本教材都是围绕“化工原理实验”的内容和要求进行编写，也将一些“化工仪表及自动化实验”的实验内容编入其中。

本教材共分 3 篇 9 章。第 1 篇为化学工程实验的基本知识，包括绪论、化学工程实验的基本要求、化学工程实验安全知识、实验误差的估算与分析、实验数据的处理。第 2 篇为化工原理实验部分，包括 4 个化工原理演示实验、11 个化工原理基础实验和 4 个化工原理综合实验。第 3 篇为化工仪表及自动化实验，包括化工实验常用的测量仪表介绍和 4 个化工仪表及自动化实验。最后为附录部分。

本教材可供化工原理实验时数为 16~48 学时的化工及其他相关专业的学生使用。各专业可根据各自的教学要求选取若干实验项目进行实验。一般多学时的专业选做 10~12 个实验，少学时的选做 4~6 个实验。教学过程中，可以根据不同层次、不同专业的教学对象，对实验教学内容灵活地进行组合调整。

至于化工仪表及自动化实验，本教材只编写了 4 个实验，供化工、制药类专业的学生使用，一般安排 16 学时的教学实验。

本教材由台州学院医药化工学院化工原理教研组老师编写，葛昌华担任主编。绪论、第 1 章、第 2 章、第 7 章和附录部分由葛昌华编写，第 3 章由胡华南编写，第 4 章由王勇编写，第 5 章由赵波编写，第 6 章由赵波和葛昌华编写，第 9 章由尤玉静编写，第 10 章由李呈宏编写。全书由葛昌华统稿，葛昌华和赵波审核。

由于编者水平和经验有限，疏漏与不足之处有所难免，敬请读者批评指正。

编 者

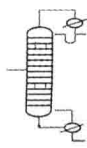
2013 年 6 月

目 录

第1篇 化学工程实验的基本知识	(1)
绪 论	(1)
1 化学工程实验的特点	(1)
2 化学工程实验的教学目的	(1)
3 本实验教材的内容	(2)
第1章 化学工程实验的基本要求	(4)
1.1 实验前的预习	(4)
1.2 实验前的准备工作	(5)
1.3 实验操作	(5)
1.4 实验数据的测定、记录和处理	(5)
1.5 实验报告的编写	(6)
第2章 化学工程实验安全知识	(12)
2.1 化工实验注意事项	(12)
2.2 化学品的分类	(12)
2.3 化学品的安全使用和管理	(14)
2.4 实验室废弃物的分类和处理	(15)
2.5 高压钢瓶的安全使用	(17)
2.6 实验室消防知识	(18)
2.7 实验室安全用电	(19)
第3章 实验误差的估算与分析	(22)
3.1 有关实验数据的概念	(22)
3.2 实验数据的有效数字和运算规律	(26)
3.3 随机误差的正态分布	(27)
3.4 系统误差的判别和消除	(29)
3.5 粗大误差的判别与可疑测量值的取舍	(31)
3.6 误差的估算和传递	(34)

第4章 实验数据的处理	(38)
4.1 列表法	(38)
4.2 图示法	(39)
4.3 实验数据的回归分析	(42)
第2篇 化工原理实验	(52)
第5章 化工原理演示实验	(52)
实验1 雷诺演示实验	(52)
实验2 柏努利方程演示实验	(55)
实验3 流体压强及其测量演示实验	(57)
实验4 板式塔流体力学演示实验	(61)
第6章 化工原理基础实验	(67)
实验5 流体流动阻力测定实验	(67)
实验6 流量计流量校正实验	(73)
实验7 离心泵特性曲线测定实验	(80)
实验8 恒压过滤常数测定实验	(85)
实验9 固体流态化实验	(92)
实验10 传热系数测定实验(水蒸气-空气体系)	(96)
实验11 传热系数测定实验(水-热空气体系)	(102)
实验12 填料塔流体力学特性实验	(106)
实验13 筛板精馏塔的操作与全塔效率的测定实验	(112)
实验14 液液萃取实验	(118)
实验15 干燥曲线与干燥速率曲线的测定实验	(123)
第7章 化工原理综合实验	(129)
实验16 吸收塔的操作及吸收传质系数测定综合实验	(129)
实验17 筛板精馏塔精馏综合实验	(137)
实验18 流化床干燥综合实验	(141)
实验19 膜分离综合实验	(146)
第3篇 化工仪表及自动化实验	(154)
第8章 化工实验常用的测量仪表	(154)
8.1 压强和压差测量	(154)
8.2 流量测量	(159)
8.3 温度测量	(163)

第9章 化工仪表及自动化实验	(168)
实验 20 DBW 电动温度变送器的调校	(168)
实验 21 XWC 系列自动平衡记录仪的校验与使用	(173)
实验 22 基本控制规律与电动温度控制系统	(179)
实验 23 DCS 控制系统综合实验	(185)
附 录	(193)
附录一 法定单位计量及单位换算	(193)
附录二 常用数据表	(198)
附录三 常见气体、液体和固体的重要物理性质	(204)
附录四 某些气体溶于水的亨利系数	(207)
附录五 某些二元物系的气液平衡组成	(207)
附录六 乙醇水溶液的性质	(210)
附录七 常用管子的规格	(211)
附录八 常用热电偶和热电阻的分度表	(212)



绪 论

1 化学工程实验的特点

化学工程实验是化学工程与工艺等相关专业的重要实践性教学环节,实验内容强调实践性和工程观念,始终将学生的能力和素质培养贯穿于实验体系中。掌握化学工程实验及其研究方法,是学生从理论学习到工程应用的一个重要实践过程,是学生掌握实验研究方法,培养独立思考、综合分析问题和解决问题的能力的重要途径。化学工程实验是以处理工程问题的方法论指导人们研究和处理实际化工过程问题的实践性教学环节,已形成完整的实验教学内容和课程体系。

化工原理实验是化学工程实验的重要组成部分,是学生学习、掌握和运用化工基础知识必不可少的重要教学环节。化工原理实验与一般基础化学实验相比,工程的特点非常明显,实验项目与生产过程的单元操作具有一一对应的关系。在化工生产过程中,被加工的物料千变万化,设备大小和形状相差悬殊,涉及的变量繁多。化工原理实验就以此为对象,研究生产过程中各种单元操作的规律,并利用自然科学的基本原理和工程实验方法解决化工及相关领域的工程实际问题。

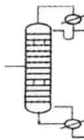
化学工程实验常用的测量仪表有温度计、压力计、流量计和液位计等。化工测量仪表的基本组成有检测环节、传送放大环节和显示部分。这些测量仪表的准确度对实验结果的影响很大,因此,选用化工仪表时应符合化工生产和化工实验的需要。化工仪表及自动化实验就是对化工生产中检测和自动控制的参数,如温度、压强等做一些简单的测试,同时介绍所用的检测和自动控制仪表的原理、性能、使用及安装条件等,使学生能正确地使用化工及自动化仪表,测得准确的化工数据,降低测量误差。

2 化学工程实验的教学目的

根据化学工程实验教学大纲的要求,通过实验教学应达到以下目的:

(1) 通过实验获得对化工过程的感性认识,验证有关单元操作的基本概念、基本知识和基本理论;运用理论分析实验的结果,巩固和加强对理论知识的认识和理解。根据全国高校化工专业课程教学指导委员会的要求,应从实验目的、实验原理、装置流程、数据处理等方面,组织相关实验课程的教学内容。这样有助于学生通过实验进一步学习、掌握和运用所学专业的基础知识,深刻理解典型和广泛应用的化工过程和设备的原理和操作。

(2) 熟悉实验装置的结构、性能和流程,掌握常用测量仪表的使用;通过实验操作和对



实验现象的观察和分析,使学生掌握化工实验基本技能,培养学生的实验能力和科研能力。

(3) 运用化工基本理论分析实验过程中的各种现象和问题,培养学生合理设计实验方案、观察和分析实验现象、解决实验问题的能力,为科学研究和解决实际工程问题打下良好的基础。

(4) 通过对实验数据的分析、整理及关联,培养学生运用文字表达技术报告的能力。

(5) 通过实验培养学生科学的思维方法、严谨的科研态度和良好的科研作风,增强其工程意识,提高其素质水平及团队合作精神。

3 本实验教材的内容

一个化工过程往往由一个或数个化学反应过程和相应的化学反应器、很多单元操作过程和相应的设备,以及为了控制与调节化工过程参数所需要的仪表组成。为了设计完善的化工工艺流程,严格控制化工生产,化工技术人员必须掌握化工生产过程所需要的化学、化学工程、化工控制仪表与化工自动化、化工设备等方面的知识,才能正确判断有关设计参数或操作参数的可靠性,准确把握设备的特性。

本实验教材是“高等院校制药化工材料类专业实验系列教材”之一。教材共 3 篇,第 1 篇为化学工程实验的基本知识,第 2 篇为化工原理实验,第 3 篇为化工仪表及自动化实验,最后为附录部分。

第 1 篇的内容包括绪论、化学工程实验的基本要求、化学工程实验安全知识、实验误差的估算与分析、实验数据的处理。绪论部分简述了化学工程实验的特点、教学目的和本实验教材的内容,使学生对化学工程实验有所认识和了解。化学工程实验的基本要求是要求学生在实验过程中必须掌握的一些知识,如预习的要求、实验前如何准备、实验操作的要求、实验数据测定记录和处理的方法、实验报告的编写等内容,学生根据实验的基本要求完成一次实验的学习全过程。化学工程实验安全知识要求学生掌握化工实验常见的安全知识,使学生对化工生产安全有足够的重视和认识,做好实验和实验室的安全工作。实验误差分析和实验结果的数据处理,使学生明确造成实验误差的主要组成因素以及如何改变其中的薄弱环节,掌握数据处理的正确方法,以提高实验质量。

第 2 篇为化工原理实验,包括化工原理演示实验、化工原理基础实验和化工原理综合实验三类,以适应不同层次、不同专业的教学要求。

第 1 类为化工原理演示实验,共有 4 个实验,以供学生观察相关实验现象,加深对有关原理的理解和掌握。

第 2 类为化工原理基础实验,共有 11 个实验。每个实验介绍了实验目的、实验原理、实验装置流程、实验操作步骤、实验注意事项、实验数据记录和处理、实验报告要求和思考题。这些实验配合化工原理理论教学,以训练学生基本实验技术和技能为目的,使学生加深对所学理论知识的理解,同时注重培养学生工程意识和团队合作精神。

第 3 类为化工原理综合实验,共有 4 个实验。每个学期要求安排 1~2 个综合实验,以扩大学生知识面,培养学生分析和解决化工过程中工程问题的能力,提高学生的实验技能,启发学生的创新意识,培养学生的创新精神、实践能力,使之成为高素质的工程技

术人才。

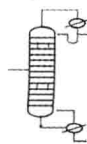
第3篇为化工仪表及自动化实验,包括化工常用测量仪表和化工仪表及自动化实验。化工常用测量仪表介绍了化工实验及化工生产中常用的测量仪表的工作原理及使用方法,如温度、压强和压差、流量等的测量及操作,使学生掌握化工常用仪表及自动化仪表的使用。化工仪表及自动化实验共有4个有特色的实验项目。通过这些实验的教学,使学生进一步理解和掌握化工自动化系统的组成、结构、作用和特点,理解自动检测系统、自动保护系统、自动操纵系统和自动控制系统,使学生得到基本技能训练,提高实际应用能力。

最后为附录,收录了SI制单位换算,常用数据表,常见气体、液体和固体的重要物理性质,常见气体溶于水的亨利系数,某些二元物系的气液平衡组成和管子规格。

本实验教材的化工原理实验部分适合实验时数少于50学时的化工及其他相关专业的学生使用,化工仪表及自动化实验部分适合实验时数少于20学时的化工及其他相关专业的学生使用。各专业可根据各自的教学要求,针对不同层次的教学对象,对实验教学内容进行组合调整。每个实验过程应包括实验预习、实验操作、实验数据记录与处理、实验报告编写四个环节,学生都需认真完成。

▶▶▶▶ 参考文献 ◀◀◀◀

- [1] 宋长生. 化工原理实验(第二版). 南京: 南京大学出版社, 2010.
- [2] 吴洪特. 化工原理实验. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [3] 徐伟. 化工原理实验. 济南: 山东大学出版社, 2008.
- [4] 雷良恒, 潘国昌, 郭庆丰. 化工原理实验. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [5] 杨祖荣主编. 化工原理实验. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [6] 王雪静, 李晓波主编. 化工原理实验. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [7] 陈同芸, 瞿谷仁, 吴乃登. 化工原理实验. 上海: 华东理工大学出版社, 1989.
- [8] 史贤林, 田恒水, 张平主编. 化工原理实验. 上海: 华东理工大学出版社, 2005.
- [9] 王建成, 卢燕, 陈振主编. 化工原理实验. 上海: 华东理工大学出版社, 2007.



第 1 章 化学工程实验的基本要求

化学工程实验结束后,要求每个实验者撰写一份有实用意义或参考意义的实验报告。实验报告的内容包括实验的目的、任务,并对实验的结果用表、图、公式、文字等简练明确地表达出来。除此以外,还必须达到以下的要求:①数据是可靠的。实验前做好预习工作,实验时仔细观察实验现象和记录仪表的读数,分析实验数据是否合理,及时排除实验中的干扰因素。因此必须认真考虑实验方案,细致地进行实验并实事求是地记录原始数据。②实验记录要有校核的可能。要认真记录实验时间、地点、条件和同组的实验人员。

化学工程实验内容包括化工原理实验、化工仪表及自动化实验和化学工程与工艺专业实验。化工实验教学要求包括:实验前的预习,实验操作,实验数据测定、记录和处理,实验报告编写四个部分。

化学工程实验是化学工程与工艺等相关专业的重要实践性教学环节,实验内容强调实践性和工程观念。掌握化工实验及其研究方法,是学生从理论学习到工程应用的一个重要实践过程,是掌握实验研究方法,训练独立思考、综合分析问题和解决问题的能力的重要途径。化工原理实验与一般基础化学实验相比,工程特点非常明显,实验项目与生产过程的单元操作一一对应。对于工科学生来说,化工原理实验是他们第一次接触到工程实验,往往感到陌生,无法下手,有的学生又因为是几个人一组而有依赖心理。

为了切实达到化工实验的教学效果,下面以化工原理实验为例,对各个环节提出具体要求。

1.1 实验前的预习

要成功完成单元操作实验,达到实验目的中所提到的要求,在实验前必需预习,掌握实验的基本原理,熟悉实验装置的流程,了解实验的基本操作。

(1) 认真阅读实验教材,复习与实验内容相关的理论知识,明白实验的目的、要求和意义。

(2) 到实验室现场了解实验装置的流程、测量和控制物理参数的方法,观看主要设备的构造、测量仪表的种类和安装位置,了解它们的测量原理和使用方法。

(3) 根据实验任务,掌握实验的理论根据和实验的具体做法,分析哪些参数需要直接测量得到,哪些参数不需要直接测取,而能够间接获得,并且要估计实验数据的变化规律。

(4) 根据实验任务和现场勘查,最后确定实验方案和实验操作程序。

(5) 利用网上化工仿真实验辅助学习。学生在实验前可以到机房或网上进行仿真实

验练习,熟悉实验操作步骤和注意事项。

(6) 在预习和用计算机进行化工仿真实验练习的基础上,编写实验预习报告。预习实验报告的内容应该包括实验目的、原理、流程、操作步骤、实验内容、注意事项。设计好原始数据记录表格和记录内容。

(7) 注意实验过程中的安全问题,了解能产生的危害和防治方法。没有预习的学生不能进入实验室进行实验。

1.2 实验前的准备工作

化工实验一般都用到泵、风机、电机等转动设备和加热设备,用阀门控制流量,调节温度、压力和液位,用相应的仪表测量其大小,这与基础化学实验有明显的不同。因此,在启动设备和打开阀门前必须做好一些准备工作,否则容易造成仪器设备和仪表损坏,影响实验的开展,严重时会引起重大事故。

(1) 泵、风机、压缩机、电机等转动设备,启动前要先用手使其运转,从感觉及声响上判别有无异常,检查润滑油位是否正常。

(2) 设备上各阀门的开、关状态。

(3) 熟悉仪表的原理与结构,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,检查设备的开、关状态。

(4) 检查设备拥有的安全措施,如防护罩、绝缘垫、隔热层等。

(5) 实验前应对实验室的防火、用电、防爆和防毒等安全知识和措施做相应的了解。

1.3 实验操作

化工实验一般都是以三四人为一组,根据实验内容分工协作。因此,在实验开始前要做好组织工作,实验过程中在适当时间进行工作轮换(包括操作、读取数据、记录数据及现象观察等),既保证实验结果的准确性,又能获得全面的训练。

(1) 启动前检查设备,调整设备进入启动状态。检查设备、管道上阀门的开启状态是否合乎流程要求。当这些达到要求后,再进行送电、通水或空气的操作。

(2) 实验操作严格根据操作规程进行。操作过程中如果设备或仪表出现异常,应该立即停车并报告指导教师。

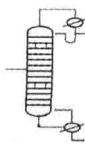
(3) 实验过程中,操作要认真、仔细、细心,流量调节应该缓慢,防止流量、温度,特别是压强出现较大的波动,影响实验的正常操作。

(4) 停车前,先后关闭蒸气源、气源、水源、电源,再切断电机电源,将阀门恢复到实验前所处的位置。

1.4 实验数据的测定、记录和处理

1.4.1 实验数据的测定

凡是影响实验结果或者在数据整理过程中所需要的数据都必须测定。在实验预习



时要设计原始数据记录表和记录内容。原始数据记录包括外部环境(大气条件)、设备尺寸、工作介质性质及操作条件等,但并不是所有的数据都要直接测量。凡可以根据某一数据导出或从手册中查出的数据,就不必直接测定。例如,水与空气的普兰特准数,水与空气的密度、黏度、比热容等物理性质,一般只要测出温度后即可从相关的手册中查出,不必直接测定。

1.4.2 实验数据的读取和记录

(1) 在实验预习时设计的原始数据记录表中,记录待测物理量的名称、符号及单位。每位学生都应在实验预习报告本上记录测量的实验数据,保证数据完整,避免记录错误。记录数据应书写清楚、字迹工整,不能涂改数据。

(2) 待设备运转正常,操作稳定后再读取数据。当操作条件改变后,需要经过一段时间稳定才能读取数据,否则容易造成实验数据的测量误差。因为实验操作条件改变,破坏了原来的稳定状态,重新建立平衡需要一定时间。

(3) 在实验操作中,测量的数据最好是数人同时读取,以免由于数据波动引起误差。数据记录后,应该立即复核,以免发生读错或记错数字等事故。同时要注意将测量的数据与实验上的数据进行对比,检查是否准确和合理。如果是不合理的数据,应该重新测量数据。如果测量的参数有波动,记录的数据应该是波动时最高点和最低点的平均值。

(4) 记录的数据必须反映仪表的精度,正确读取有效位数。一般要记录至仪表上最小分度以下一位数。例如压力表的最小分度为 0.01MPa,如果当时的压力表读数为 0.184MPa,不能记为 0.18MPa。

(5) 实验测量的数据不能随意修改和舍弃,记录数据要以实验当时的读数为准。

(6) 实验中如果出现不正常情况,以及数据有明显误差时,应在备注栏中加以说明。特别要注意,如果发现某些不正常现象,更应抓住时机,研究产生不正常现象的原因,排除障碍。

1.4.3 实验数据的处理

(1) 在撰写实验报告时,要对原始数据进行计算整理,在整理数据时不能随便修改数据。数据整理应根据有效数字的运算规则,剔除一些由过失误差造成的不正确数据,舍弃一些没有意义的数字。

(2) 数据整理时,如果过程比较复杂,实验数据又多,一般采用列表整理法。列表整理数据时,应该将同一栏目或项目的数据一次整理,这样既简洁明了,又节省时间。

(3) 在所列表的下面要给出计算示例,即任取一系列数据进行详细的计算,以说明各项之间的关系。

1.5 实验报告的编写

化工实验的研究对象是复杂的工程实际问题,实验报告是对实验工作的系统概括和

全面总结,是实践环节中不可缺少的重要组成部分,要求科学、严谨和全面。因此,实验报告必须写得简洁明了,数据完整,结论正确,有讨论,有分析,得出的公式或曲线、图形有明确的使用条件。实验报告的内容可按照传统格式和小论文格式撰写。

1.5.1 传统的实验报告

化工实验报告一般包括以下内容:

1. 实验报告的封面

封面一般包括实验的名称、报告人的姓名与班级、同组实验人的姓名、实验室的名称和地点、指导教师、实验日期。

2. 实验目的

简明扼要地说明为什么要进行本实验、实验要解决什么问题和实验的基本要求。

3. 实验基本原理

简要说明实验所依据的基本原理和涉及基本概念,实验所依据的重要定律、公式,据此推算所需测量物理量的结果,要求准确、充分。

4. 实验内容

列出所需要测量的物理量,得出公式、曲线或图形。如流体流动阻力的测量实验,其内容为测量粗糙管、光滑管的摩擦系数和阀件局部阻力系数,用 origin 软件绘制摩擦系数和雷诺准数的双对数关联图。

5. 实验设备和装置的流程示意图

简单地画出实验装置的流程示意图和测试点、控制点的位置,注明主要设备、阀件和测量仪器仪表的类型及规格,标出设备、仪器仪表及调节阀等的标号。

6. 实验操作要点

化工实验步骤一般比较复杂,在实验报告中可以省略。但可用实验操作要点说明,操作过程的说明要简单、明了、条理清晰,分几个步骤说明。

7. 实验注意事项

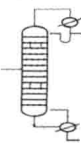
对于容易引起设备、仪器和仪表损坏,容易发生危险以及一些对实验结果影响比较大的操作,应加以说明,引起注意。

8. 原始数据记录

应该记录与实验结果有关的全部数据,即测量仪表读取的数值、仪表常数和设备参数。数据记录要准确,根据测量仪表的精度决定实验数据的有效位数。原始数据记录表作为附录附于实验报告后面。

9. 实验数据处理和计算示例

数据处理是实验报告中的重要内容,要求将实验原始数据通过归纳、计算等方法整理出一定关系(或结论),通过表格、公式或图形的形式表示。表格要易于显示数据的变化规律及各物理参数间的相关性;图要能直观地表达变量的相互关系。



实验数据处理过程中,要以某一组原始数据为例(实验同组人员不能用同组数据计算),列出所有的计算公式,进行详细的计算,说明实验结果处理表中的数据是如何得到的。其中引用的数据要说明来源,简化公式要写出导出过程。

10. 实验结果分析和讨论

实验结果分析和讨论是实验者理论水平的具体体现,是对实验方法、实验装置和实验结果的综合分析,是工程实验报告的重要内容之一。主要内容包括以下几个方面:从理论上对实验结果进行分析和讨论,说明实验结果的客观性和必然性;对实验中异常现象进行分析讨论,探讨影响实验的主要因素;分析实验误差的原因,估算误差的大小,探讨提高实验质量的途径;根据实验结果提出进一步的研究方向或对实验方法及装置提出改进建议;分析结果对生产实践的意义和价值、推广和应用的潜在效果。

11. 结论

结论是根据实验结果所做出的最后判断,得出的结论要从实际出发,实事求是,有理论依据,恰当中肯。

12. 参考文献

见下面论文格式的参考文献。

1.5.2 论文格式

论文就是用来进行科学研究和描述科研成果的文章。它既是探讨问题进行科学研究的一种手段,又是描述科研成果进行学术交流的一种工具。它包括科学技术报告、学位论文、毕业论文、科技论文、成果论文以及其他类似文件,是主要的科技信息源,是记录科学技术进步的历史性文件。

科学论文有其独特的写作格式,其构成常包括以下部分:标题、作者姓名与单位、中英文摘要及关键词、前言、正文、结论、致谢、参考文献等。

1. 标题

标题也称题目,它是论文的总纲,是文献检索的依据,是全篇论文的实质与精华,也是引导读者判断是否阅读论文的重要依据,因此要求标题能准确反映论文的中心内容,有助于选定关键词,符合编制题录、索引和检索的有关原则。

2. 作者姓名和单位

署名作者只限于那些选定研究课题和制定研究方案,直接参与全部或主要研究工作,作出主要贡献并了解论文报告的全部内容,能对全部内容进行解答的人。其他参加工作的人员,可列入附注或致谢部分。工作单位写在作者名下。

3. 摘要

撰写摘要的目的是让读者对本文研究什么问题、用什么方法、得到什么结果、这些结果有什么意义一目了然,是对论文内容不加注解和评论的概括性陈述,是全文的高度浓缩,一般是文章完成后最后提炼出来的。摘要的长短少则几十个字,多不超过 300 字为宜。不用图、表、化学结构式、非公知公用的符号和术语。