

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验 / 徐国想主编. —南京:南京大学出版社,2006.9

21世纪应用型高等院校示范性实验教材

ISBN 7-305-04828-3

I. 化… II. 徐… III. 化工原理—实验—高等学校—教材 IV. TQ02-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第101230号

出版者 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路22号 邮编 210093
网 址 <http://press.nju.edu.cn>
出版人 左 健

丛书名 21世纪应用型高等院校示范性实验教材
书 名 化工原理实验
主 编 徐国想
责任编辑 何永国 编辑热线 025-83686531

照 排 南京玄武湖印刷照排中心
印 刷 南京人文印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 9 字数 224千
版 次 2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷
印 数 1~3000
ISBN 7-305-04828-3/O·387
定 价 16.00元

发行热线 025-83592169 025-83592317
电子邮件 sales@press.nju.edu.cn(销售部)
nupress1@public1.ptt.js.cn

* 版权所有,侵权必究
* 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购
图书销售部门联系调换

内容提要

化工原理教学既要让学生掌握典型单元操作的基本原理,又要使学生掌握工程问题的处理方法,而后者则主要依赖于实验等教学环节完成。实验是培养高水平工程人才最为直接和有效的途径,在培养学生动手能力和运用知识能力方面有独特的作用,是课堂教学无法替代的。

本书力求反映化工原理实验教学改革的最新成果,选择了有代表性的单元操作进行实验研究,内容主要包括实验基础知识、实验数据处理、测量技术、基础实验、演示实验、综合设计性实验等几部分。

本书按照素质教育的要求,以培养面向 21 世纪具有一定创新能力的人才为目标,以实验设计方法、设计思路和实验手段的合理运用等内容为主,较好地处理了基本技能与知识运用之间的关系,可以充分发挥学生的主观能动性。

本书结构新颖,内容编排合理,一方面加强了对基本知识和技能的训练,同时注重了运用知识能力、独立思考与解决工程问题能力、创新能力等的培养。本书可作为高等院校化工与相关专业的实验教材,也可供化工及相关行业技术人员参考。

序

进入新世纪,随着社会经济的发展,各行各业对人才的需求呈现出多元化的特点,对应用型人才的需求也显得十分迫切,因此我国高等教育的建设面临着重大的改革。就目前形势看,大多数的理、工科大学,高等职业技术学院,部分本科院校办的二级学院以及近年来部分由专科升格为本科层次的院校,都把办学层次定位在培养应用型人才这个平台上,甚至部分定位在研究型的知名大学,也转为培养应用型人才。

应用型人才是能将理论和实践结合得很好的人才,为此培养应用型人才需理论教学与实践教学并行,尤其要重视实践教学。

针对这一现状及需求,教育部启动了国家级实验教学示范中心的评审,江苏省教育厅高教处下达了《关于启动江苏省高等学校基础课实验教学示范中心建设工作的通知》,形成国家级、省级实验教学示范体系,意在促进优质实验教学资源的整合、优化、共享,着力提高大学生的学习能力、实践能力和创新能力。基础课教学实验室是高等学校重要的实践教学场所,开展高等学校实验教学示范中心建设,是进一步加强教学资源建设,深化实验教学改革,提高教学质量的重要举措。

我们很高兴地看到很多相关高等院校已经行动起来,除了对实验中心的硬件设施进行了调整、添置外,对近几年使用的实验教材也进行了修改和补充,并不断改革创新,使其有利于学生创新能力培养和自主训练。其内容涵盖基本实验、综合设计实验、研究创新实验,同时注重传统实验与现代实验的结合,与科研、工程和社会应用实践密切联系。实验教材的出版是创建实验教学示范中心的重要成果之一。为此南京大学出版社在为“示范中心”出版实验教材方面予以全面配合,并启动“21世纪应用型高等院校示范性实验教材”项目。该系列教材旨在整合、优化实验教学资源,帮助示范中心实现其示范作用,并希望能够为更多的实验中心参考、使用。

教学改革是一个长期的探索过程,该系列实验教材作为一个阶段性成果,提供给同行们评议和作为进一步改革的新起点。希望国内广大的教师和同学能够给予批评指正。

孙尔康

2006年3月

前 言

化工原理属工程学科,作为化工类及其相近专业必修的一门专业技术基础课,它综合运用了数学、物理、工程学等知识,将复杂的化工生产流程分解为若干个简单的单元操作来分析和研究。过去,化工单元操作的应用仅局限于少数工业,如化学工业、石油化工等。目前,它已得到非常广泛的应用,如核工业、空间技术、生物化工等。同时,化工原理是基础理论通向专业技能的重要媒介,是科学技术转化为生产力的重要环节。因此,它在化工类专业教学中的地位日益重要。

化工原理课程的主要目的就是教会学生利用数学、物理学等学科的知识解决化工等过程中的工程问题。科学的目的是认识世界;工程的目的则是改造世界,去创造世界上本来不存在的东西,为人类服务。这就要求通过本门课程的学习,培养学生的独立思考和解决实际问题的能力、动手能力和创新能力。从以往的教学经验看,首先要让学生从思想上认识到实践环节教学的重要性,只有思想上重视了,才能避免眼高手低、高分低能等不良现象,收到较好的学习效果。其次,实验宜根据教学进度合理安排,在相应的教学章节结束后安排相应的实验,比集中安排的效果要好。再者,应加强实验环节的考核,提高考核的科学性和合理性,才能给学生施加合理的压力,使学生变被动学习为主动参与。

化工原理教学既要让学生掌握典型单元操作的基本原理,又要使学生掌握工程问题的处理方法。而后者则主要依赖于实验等教学环节完成。实验是培养高水平工程人才的最为直接和有效的途径,在培养学生动手能力和运用知识能力方面有独特的作用,是课堂教学无法替代的。要做好这一环节,我们的思路是:

1. 做好实验室建设规划

实验室是高校实践环节的主要基地,其水平高低直接影响所培养的人才质量,因此,学校应重视实验室的建设,做好实验室建设规划的编制工作,理清实验室建设的发展思路和目标。

2. 改进常规实验教学模式

采用多种模式,充分利用目前先进的实验教学手段,提高实验效果。第一步,教师重点讲授实验的目的、实验原理和数据处理方法等;第二步,学生参观实验室;第三步,学生撰写预习报告;第四步,学生在化工原理模拟实验系统上进行模拟实验;第五步,学生进入实验室做实验;第六步,学生撰写实验报告。通过以上方式,可以大大提高学生做实验的积极性和实验效果,改变了以往学生被动应付的局面。

3. 加大综合性实验的开出力度

除了柏努利方程等演示实验外,化工原理实验主要有流体流动阻力测定、离心泵特性

曲线测定、恒压过滤常数测定、对流传热系数测定、精馏实验、填料塔压降测定、吸收实验、干燥速率曲线测定等验证性实验。这些实验的设计较为简单,和工程实际差异较大,学生主动思考的空间较小,不利于学生分析和解决问题能力的培养。针对这一现象,可以增设一些综合设计性实验,培养学生综合运用知识和实践动手能力,力争开出一到两个创新性实验,由学生自己设计实验方案,培养学生的创新能力。这样,可以大大激发学生在实践中的主观能动性,充分调动学生的学习热情。

4. 做好实验室开放工作

除了保证正常的实验教学时间,其余时间实验室应对教师和学生开放,有条件的学校,还可以向社会开放。开展实验的申请被批准后,就可以进入实验室自主进行实验。这样做可以较好地调动教师和学生进行实验改革和科学研究的积极性,加强学校和企业的联系,提高实验室的利用率和社会影响力,保证实验室的持续健康发展。

通过实验,可以达到以下目的:验证化工单元操作的基本知识与理论,使学生在知识的运用过程中加深对课程教学内容的理解;熟悉化工单元操作设备的基本原理、结构、性能及测定方法,培养学生的基本实验技能;学会实验设计、仪器设备操作、数据采集与处理,培养独立的科学实验能力,为今后从事科学研究活动打下良好的基础。

为此,根据化工原理课程教学基本要求的规定,编写了本实验教材。由于各院校、专业教学要求有所不同,实验内容也有所侧重,可以根据具体情况有所删减。

本实验教程由徐国想、宋长生、许兴友、郭俊晶、朱平华、许前会、张秋荣、武宝萍、蒋迎道等编写。在编写过程中,参阅了兄弟院校的书籍、杂志、讲义等大量资料,由于篇幅所限,未能一一列举,谨此说明,在此一并表示衷心的感谢。由于时间仓促,作者水平有限,缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者于淮海园
2006年4月

目 录

第 1 章	化工原理实验基础知识	1
§ 1.1	化工原理实验守则	1
§ 1.2	化工原理实验的教学目的和要求	1
§ 1.3	化工实验操作基本知识	9
§ 1.4	实验室安全用电	17
第 2 章	实验数据误差分析及其处理	20
§ 2.1	实验数据的误差分析	20
§ 2.2	实验数据处理	32
第 3 章	化工基本物理量的测量	40
§ 3.1	压力(差)测量	40
§ 3.2	流速与流量的测量	47
§ 3.3	温度的测量	55
第 4 章	化工原理基础实验	59
实验一	流体流动阻力测定	59
实验二	离心泵特性曲线测定	63
实验三	传热实验	67
实验四	恒压过滤参数测定	71
实验五	洞道干燥实验	75
实验六	板式塔流体力学特性实验	79
实验七	填料塔流体力学特性实验	83
实验八	填料精馏实验	87
实验九	填料吸收实验	90
第 5 章	化工原理演示实验	95
实验十	雷诺实验	95
实验十一	柏努利方程实验	98

第 6 章 化工原理综合实验	102
实验十二 填料塔总吸收系数的测定	102
实验十三 板式精馏塔的操作及全塔效率的测定	108
实验十四 液-液萃取塔的操作	113
实验十五 膜分离实验	117
参考文献	122
附录	123
附录 1 法定单位计量及单位换算	123
附录 2 化工原理实验中常用数据表	124
附录 3 转子流量计校正曲线	132

第 1 章 化工原理实验基础知识

§ 1.1 化工原理实验守则

(1) 遵守纪律,不迟到不早退,在实验室内保持安静,不大声谈笑,遵守实验室的一切规章制度,听从教师安排与指导。实验时不准会客。

(2) 实验前认真充分预习实验相关内容,做好预习报告,经教师提问通过后,方可准予参加实验。实验时要仔细观察,如实并及时记录实验现象及有关数据,实验后做好实验报告。

(3) 实验时要严格遵守仪器、设备、电路的操作规程,不得擅自变更,正确地组装仪器,操作前须经教师检查同意后方可接通电路和开车,仪器设备发生故障严禁擅自处理,应立即报告教师,确保实验室财产与人身安全。

(4) 爱护仪器设备,如有损坏应及时报告指导教师,说明情况,办理报损或赔偿。

(5) 按规定数量取用试剂,水、电、气要节约使用,不得浪费。

(6) 保持环境整洁,废物、废液不得乱丢,应放到指定位置。

(7) 实验室里的仪器、试剂不得私自带出实验室。

(8) 实验完毕,记录数据须经教师审查签字。做好清洁工作,恢复仪器设备原状,关好门窗,检查水、电、气源是否关好,方可离开实验室。

§ 1.2 化工原理实验的教学目的和要求

一、化工原理实验的教学目的

按照实验教学大纲的基本要求,根据以往的教学实践,针对学生普遍存在的实践薄弱环节,在内容编排上,我们从以下几个方面进行了考虑:

(一) 巩固和深化课堂所学的理论

根据全国高校化工原理教学指导委员会的规定,从实验目的、实验原理、装置流程、数据处理等方面,组织各单元操作的实验内容。这样,通过实验可进一步学习、掌握和运用学过的基础理论,进一步理解一些比较典型的已被或将被广泛应用的化工过程与设备的原理和操作,巩固和深化所学的理论知识。例如气体吸收实验,首先,改变吸收剂用量,可以测得一组反映吸收剂用量对吸收操作影响的曲线。其次,改变混合气体处理量,可以测

得一组反映混合气体处理量对吸收操作影响的曲线。再改变混合气体组成,可以测得改变混合气体组成的一系列实验数据。通过实验,使学生进一步了解吸收操作的基本流程、操作方法和各种影响因素,帮助学生理解书本上比较难弄懂的传质系数、传质推动力和阻力、传质单元高度和传质单元数等概念。

(二) 培养基本的实验和科研能力

对于化工类专业来说,化工原理实验之前有物理、化学、物化等基础实验,其后有专业实验和毕业论文环节,从教学角度,应从纵的方向培养和逐步提高学生的实验和科研能力。实验和科研能力主要包括:(1) 为了完成一定的研究课题,设计实验方案的能力;(2) 实验过程中,观察和分析实验现象的能力;(3) 正确选择和使用测量仪表的能力;(4) 利用实验的原始数据进行数据处理以获得实验结果的能力;(5) 运用文字、图表表达技术报告的能力。这些能力是科学研究的基础,而化工原理实验往往规模较大,接近工程实际,是多因子影响的综合实验。学生只有通过一定数量的实验训练,才能掌握各种实验技能,为将来从事科学研究和解决工程实际问题打好坚实的基础。

(三) 培养严肃认真的科学作风

通过误差分析及数据整理,使学生严肃对待参数测量、取样等各个环节,注意观察实验中的各种现象,运用所学的理论去分析实验装置结构、操作等对测量结果的影响,严格遵守操作规程,集中精力进行观察、记录和思考。掌握数据处理方法,分析和归纳实验数据,实事求是地得出实验结论,通过与理论比较,提出自己的见解,分析误差的性质和影响程度。培养学生严肃认真的学习态度和实事求是的科学态度,为将来从事科学研究和解决工程实践问题打好基础。

(四) 丰富化学工程的实际知识

在化工、轻工等工业生产和实验研究中,经常测量的物理量有温度、压力、流量等,保证测量值达到所要求的精度,涉及到测量技术问题。增加常用测试仪器的基本原理和使用方法,丰富学生的实践知识。此外,化学工程类实验不同于普通化学实验,为了安全成功地完成实验,除每个实验的特殊要求外,学生必须遵守注意事项和具备一定的安全知识。如泵、风机的启动,高压钢瓶的安全,化学药品和气体的使用和防护措施等等。

总之,化工原理实验教学的目的是着重于实践能力和解决实际问题能力的培养。这种能力的培养是课堂教学所无法替代的。

二、化工原理实验的教学要求

化工原理实验包括(1) 实验前的预习;(2) 实验操作;(3) 实验数据测定、记录与处理;(4) 实验报告编写等四个主要环节。化工原理实验对于理工科学生来说,是第一次接触到用工程装置进行实验,学生往往感到陌生,无法下手。有的学生又因为是几个人一组而有依赖心理,为了切实收到教学效果,各个环节的具体要求如下:

(一) 实验前的预习

要满足达到实验目的中所提出的要求,仅靠实验原理部分是不够的,必须做到以下几点:

(1) 认真阅读实验教材,复习课程教材有关内容。清楚地掌握实验项目要求,实验所依据的原理,实验步骤及所需测量的参数。熟悉实验所用测量仪表的使用方法,掌握其操作规程和安全注意事项。应试图对每个实验提出问题,带着问题到实验室现场预习。

(2) 到实验室现场熟悉实验设备和流程,摸清测试点和控制点位置。确定操作程序、所测参数项目、所测参数单位及所测数据点如何分布等。

(3) 具有 CAI——计算机辅助教学手段时,可让学生进行计算机仿真练习。通过计算机仿真练习,熟悉各个实验的操作步骤和注意事项,以增强实验效果。

(4) 在预习和计算机仿真练习基础上,写出实验预习报告。预习报告内容包括实验目的、原理、流程、操作步骤、注意事项等。准备好原始数据记录表格,并标明各参数的单位。

(5) 特别要考虑一下设备的哪些部分或操作中哪个步骤会产生危险,如何防护?以保证实验过程中的人身和设备安全。不预习者不准做实验。预习报告经指导教师检查通过后方可进行实验。

(二) 实验操作

一般以 3~4 人为一小组合作进行实验,实验开始前,小组成员应根据分工的不同,明确要求,以便实验中协调工作。并且要在适当的时候进行轮换工作,这样既能保证质量,又能获得全面的训练。

(1) 设备启动前必须检查、调整设备进入启动状态,然后再进行送电、通水或气等启动操作。如对泵、风机、压缩机、真空泵等设备,启动前先用手扳动联轴节,看能否正常转动;检查设备、管道上各个阀门的开、闭状态是否合乎流程要求。

(2) 实验操作是动手动脑的重要过程,一定要严格按操作规程进行。操作过程中设备及仪表有异常情况时,应立即按停车步骤停车并报告指导教师,对问题的处理应了解其全过程,这是分析问题和处理问题的极好机会。安排好测量范围、测量点数目、测量点的疏密等。

(3) 实验进行过程中,操作要平稳、认真、细心。操作过程中应随时观察仪表指示值的变动,确保操作过程在稳定条件下进行。详细观察所发生的各种现象,例如精馏实验筛板塔的气液流动状态变化等,记录在记录本上,这样有助于对过程的分析理解。对实验的数据要判别其合理性,如果遇到实验数据重复性差或规律性差等情况,应首先分析实验中的问题,找出原因进行解决,不要轻易放过。实验数据要记录在备好的表格内。

(4) 停车前,应先后将有关气源、水源、电源关闭,然后切断电机电源,并将各阀门恢复至实验前所处的位置(开或关)。

(三) 实验数据测定、记录与处理

1. 确定要测定哪些数据

凡是和实验结果有关或是整理数据时必需的参数都应一一测定。原始数据记录表的设计应在实验前完成。原始数据应包括工作介质性质、操作条件、设备几何尺寸及大气条件等。并不是所有数据都要直接测定,凡是可以根据某一参数推导出或根据某一参数由手册查出的数据,就不必直接测定。例如水的粘度、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粘度、密度,而应该改测水的温度。

2. 实验数据的分割

一般来说,实验时要测的数据尽管有许多个,但常常选择其中一个数据作为自变量来控制,而把其他受其影响或控制的随之而变的数据作为因变量,如离心泵特性曲线就把流量选择作为自变量,而把其他同流量有关的扬程、轴功率、效率等作为因变量。实验结果又往往要把这些所测的数据标绘在各种坐标系上,为了使所测数据在坐标系上得到分布均匀的曲线,这里就涉及到实验数据均匀分割的问题。化工原理实验最常用的有两种坐标纸:直角坐标和双对数坐标。坐标不同,所采用的分割方法也不同。其分割值与实验预定的测定次数以及其最大、最小的控制量 x_{\max} 、 x_{\min} 之间的关系如下:

(1) 对于直角坐标系:

$$x_1 = x_{\min} \quad \Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n - 1} \quad \Delta x_{i+1} = x_i + \Delta x$$

(2) 对于双对数坐标:

$$x_1 = x_{\min} \quad \lg \Delta x = \frac{\lg x_{\max} - \lg x_{\min}}{n - 1}$$

$$\Delta x = \left(\frac{x_{\max}}{x_{\min}} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad x_{i+1} = x_i \cdot \Delta x$$

3. 读数与记录

实验数据的记录应仔细认真、整齐清楚。学生应注意培养自己严谨的科学作风,养成良好的习惯。

(1) 对稳定的操作过程,在改变操作条件后,一定要等待达到新的稳定状态,方可读取数据。如何判断是否已达稳定?一般是经两次测定其读数应相同或十分相近。对于连续的不稳定操作,要在实验前充分熟悉方法并计划好记录的位置或时刻等。否则易造成实验结果无规律甚至反常。

(2) 同一操作条件下,不同数据最好是数人同时读取,若操作者同时兼读几个数据时,应尽可能动作敏捷。

(3) 每次读数都应与其他有关数据及前一点数据对照,看看相互关系是否合理?如不合理应查找原因,是现象反常还是读错了数据?并要在记录上注明。

(4) 记录数据应直接读取原始数据,不要经过计算后再记录,例如 U 型压差计的两端液柱高度差,应分别读取记录,不应读取或记录液柱的差值。

(5) 根据测量仪表的精度,正确读取有效数字,最后一位是带有读数误差的估计值,在测量时应进行估计,便于对系统进行合理的误差分析。

碰到有些参数在读数过程中波动较大,首先要设法减小其波动。在波动不能完全消除情况下,可取波动的最高点与最低点两个数据,然后取平均值,在波动不很大时可取一次波动的高低点之间的中间值作为估计值。

(6) 对待实验数据应采取科学态度,不能凭主观臆测随意修改记录,也不能随意舍弃数据,对可疑数据,除有明显的原因外(如读错、误记等),一般应在数据处理时检查处理。

(7) 记录数据应书写清楚,字迹工整。记错的数字应划掉,避免涂改的方法,容易造成误读或看不清。要注意保存原始数据,以便检查核对。

(8) 记录完毕要仔细检查一遍,有无漏记或记错之处,特别要注意仪表上的计量单位。实验完毕整理好原始数据,须将原始数据记录表格交指导教师检查并签字,认为准确无误后方可结束实验。实验结束后将实验设备和仪表恢复原状,切断电源,清扫卫生,经教师允许后方可离开实验室。

4. 数据的整理及处理

(1) 原始记录只可进行整理,绝不可以随便修改。经判断确实为过失误差造成的不正确数据须注明后可以剔除不计入结果。

(2) 采用列表法整理数据清晰明了,便于比较,一张正式实验报告一般要有四种表格:原始数据记录表、中间运算表、综合结果表和结果误差分析表。中间运算表之后应附有计算示例,以说明各项之间的关系。

(3) 运算中巧用参数分解法与参数综合法,可减少不必要的繁琐计算,提高运算速度,减少计算错误。例如计算填料层高度 Z 时,可根据对过程的分析,将反映设备特性、操作条件的影响因素分别用传质单元高度 H_{OG} 和传质单元数 N_{OG} 来表示。

$$Z = \frac{V}{K_Y a \Omega} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y^*} = H_{OG} \cdot N_{OG} \quad (1-1)$$

再如计算传质单元高度 H_{OG} 时

$$H_{OG} = \frac{V}{K_Y a \Omega} \quad (1-2)$$

式中总传质系数 K_Y 和填料的有效比表面积 a 都需要进行测定,且 a 的数值很难直接测定,故可将二者作为一个完整的物理量来测定,使测定过程大为简化。

流体阻力实验,计算 Re 和 λ 值,可按以下方法进行。

例如: Re 的计算

$$Re = \frac{d\rho u}{\mu} \quad (1-3)$$

其中 d, μ, ρ 在水温不变或变化甚小时可视为常数,合并为 $A = \frac{d\rho}{\mu}$, 故有

$$Re = Au \quad (1-3')$$

A 的值确定后,改变 u 值可算出 Re 值。

又例如,管内摩擦系数 λ 值的计算,由直管阻力计算公式

$$\Delta P = \lambda \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho u^2}{2} \quad (1-4)$$

得

$$\lambda = \frac{d}{1} \cdot \frac{2}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{u^2} = B' \frac{\Delta P}{u^2} \quad (1-4')$$

式中常数 $B' = \frac{d}{1} \cdot \frac{2}{\rho}$ 。

又实验中流体压降 ΔP , 用 U 型压差计读数 R 测定, 则

$$\Delta P = gR(\rho_0 - \rho) = B'R \quad (1-5)$$

式中常数 $B'' = g(\rho_0 - \rho)$ 。

将 ΔP 代入上式整理为

$$\lambda = B'B'' \frac{R}{u^2} = B \frac{R}{u^2} \quad (1-5')$$

式中常数 $B = \frac{d}{1} \cdot \frac{2g(\rho_0 - \rho)}{\rho}$ 。

仅有变量 R 和 u , 这样 λ 的计算非常方便。

(4) 实验结果及结论用列表法、图示法或回归分析法来说明都可以, 但均需标明实验条件。

(四) 实验报告编写

实验报告是对实验进行的全面总结, 实验报告是一份技术文件, 是技术部门对实验结果进行评估的文字材料。实验报告必须写得简明、数据完整、结论明确, 有讨论、有分析, 得出的公式或图线有明确的使用条件。编写实验报告的能力也需要经过严格训练, 为今后写好研究报告和科学论文打下基础。因此要求学生各自独立完成这项工作。化工原理实验具有显著的工程性, 属于工程技术科学的范畴, 它研究的对象是复杂的实际问题和工程问题, 因此化工原理的实验报告可以按传统实验报告格式或小论文格式编写。

1. 传统实验报告的格式

实验报告内容:

- (1) 实验时间、报告人、同组人等。
- (2) 实验名称、实验目的与要求等。
- (3) 实验基本原理。
- (4) 实验装置简介、流程图及主要设备的类型和规格。
- (5) 实验操作步骤。
- (6) 实验注意事项。
- (7) 原始数据记录。

(8) 实验数据的处理。实验数据的处理就是把实验数据通过归纳、计算等方法整理出一定的关系(或结论)的过程。应有计算过程举例, 即以一组数据为例从头到尾把计算过程一步一步写清楚。

(9) 将实验结果用图示法、列表法或方程表示法进行归纳, 得出结论。表格要易于显示数据的变化规律及各参数的相关性; 图要能直观地表达变量间的相互关系。

(10) 对实验结果及问题进行分析讨论。实验结果的分析与讨论是作者理论水平的具体体现, 也是对实验方法和结果进行的综合分析研究, 是工程实验报告的重要内容之一, 主要内容包括: 从理论上对实验所得结果进行分析和解释, 说明其必然性; 对实验中的

异常现象进行分析讨论,说明影响实验的主要因素;分析误差的大小和原因,指出改善实验结果的途径;将实验结果与前人和他人的结果对比,说明结果的异同,并解释这种异同;说明本实验结果在生产实践中的价值和意义,预测推广和应用效果等;由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等。

(11) 参考文献。

2. 小论文格式

科学论文有其特定的写作格式,其构成常包括以下部分:标题、作者、单位、中英文摘要及关键词、前言、正文、结论(或结果讨论)、致谢、参考文献等。

(1) 标题

标题又叫题目,它是论文的总纲,是文献检索的依据,是全篇文章的实质与精华,也是引导读者判断是否阅读该文的一个依据,因此要求标题能准确地反映论文的中心内容。

(2) 作者和单位

署名作者只限于那些选定研究课题和制定研究方案,直接参加全部或主要研究工作,做出主要贡献并了解论文报告的全部内容,能对全部内容负责解答的人。工作单位写在作者名下。

(3) 摘要(Abtract)

撰写摘要的目的是让读者一目了然本文研究了什么问题,用什么方法,得到什么结果,这些结果有什么重要意义,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。摘要的长短一般几十个字至 300 字为宜。

(4) 关键词(Key words)

关键词是将论文中起关键作用的、最说明问题的、代表论文内容特征的或最有意义的词选出来,便于检索的需要。可选 3~8 个关键词。

(5) 前言

前言,又叫引言、导言、序言等,是论文主体部分的开端。前言贵在言简意明,条理清晰,不与摘要雷同。比较短的论文只要一小段文字作简要说明,则不用“前言”或“引言”两字。前言一般包括以下几项内容:

研究背景和目的:说明从事该项研究的理由,其目的与背景是密不可分的,便于读者去领会作者的思路,从而准确地领会文章的实质。

研究范围:指研究所涉及的范围或所取得成果的适用范围。

相关领域里前人的工作和知识空白:实事求是地交代前人已做过的工作或是前人并未涉足的问题,前人工作中有什么不足并简述其原因。

研究方法:指研究采用的实验方法或实验途径。前言中只提及方法的名称即可,无须展开细述。

预想结果和意义:扼要提出本文将要解决什么问题以及解决这些问题有什么重要意义。

(6) 正文部分

这是论文的核心部分。这一部分的形式主要根据作者意图和文章内容决定,不可能也不应该规定一个统一的形式,下面只介绍以实验为研究手段的论文或技术报告,包括以

下几部分:

实验原材料及其制备方法。

实验所用设备、装置和仪器等。

实验方法和过程。说明实验所采用的是什么方法,实验过程是如何进行的,操作上应注意什么问题。要突出重点,只写关键性步骤。如果是采用前人或他人的方法,只写出方法的名称即可;如果是自己设计的新方法,则应写得详细些。在此详细说明本文的研究工作过程,包括理论分析和实验过程,可根据论文内容分成若干个标题来叙述其演变过程或分析结论,每个标题的中心内容也是本文的主要结果之一。或者说整个文章有一个中心论点,每个标题是它的分论点,它是从不同角度、不同层次支持、证明中心论点的一些观点,他们又可以看作是中心论点的论据。

(7) 实验结果与分析讨论

这部分内容是论文的重点,是结论赖以产生的基础。需对数据处理的实验结果进一步加以整理,从中选出最能反映事物本质的数据或现象,并将其制成便于分析讨论的图或表。分析是指从理论(机理)上对实验所得的结果加以解释,阐明自己的新发现或新见解。写这部分时应注意以下几个问题:

选取数据时,必须严肃认真,实事求是。选取数据要从必要性和充分性两方面去考虑,决不可随意取舍,更不能伪造数据。对于异常的数据,不要轻易删掉,要反复验证,查明是因工作差错造成的,或是事情本来就如此,或是意外现象。

对图和表,要精心设计、制作,图要能直观地表达变量间的相互关系;表要易于显示数据的变化规律及各参数的相关性。

分析问题时,必须以事实为基础,以理论为依据。

总之,在结果与分析中既要包含所取得的结果,还要说明结果的可信度、再现性和误差,以及与理论或分析结果的比较、经验公式的建立、尚存在的问题等等。

(8) 结论(结束语)

结论是论文在理论分析和计算结果(实验结果)中分析和归纳的观点,它是以结果和讨论(或实验验证)为前提,经过严密的逻辑推理做出的最后判断,是整个研究过程的结晶,是全篇论文的精髓。据此可以看出研究成果的水平。

(9) 致谢

致谢的作用主要是为了表示尊重所有合作者的劳动。致谢对象包括除作者以外所有对研究工作和论文写作有贡献、有帮助的人,如:指导过论文写作的专家、教授;帮助搜集和整理资料者;对研究工作和论文写作提过建议者等。

(10) 参考文献

参考文献反映作者的科学态度和研究工作的依据,也反映作者对文献掌握的广度和深度,可提示读者查阅原始文献,同时也表示作者对他人成果的尊重。一般来说,前言部分所列的文献都应与主题有关;在方法部分,常需引用一定的文献与之比较;在讨论部分,要将自己的结果与同行的有关研究进行比较,这种比较都要以别人的原始出版物为基础。对引用的文献按其在论文中出现的顺序,用阿拉伯数字连续编码,并顺序排列。

被引用的文献为期刊论文的单篇文献时,著录格式为:“顺序号. 作者. 题名[J]. 刊名.

出版年,卷号(期号):引文所在的起止页码”。被引用的文献为图书、科技报告等整本文献时,著录格式为:“顺序号.作者.文献书名[M].版本(第一版不标注).出版地址:出版者,出版年:引用资料所在的起止页码”。其他出版物可参照科技论文参考文献引用格式,这里不再一一列举。

(11) 附录

附录是在论文末尾作为正文主体的补充项目,并不是必需的。对于某些数量较大的重要原始数据、篇幅过大不便于作正文的材料、对专业同行有参考价值的资料等可作为附录,放在论文的最后一部分(参考文献之后)。

(12) 外文摘要

对于正式发表的论文,有些刊物要求要有外文摘要。通常是将中文标题(Topic)、作者(Author)、摘要(Abstract)及关键词(Key words)译为英文。排放位置因刊物而异。

用论文形式撰写“化工原理实验”的实验报告,可极大地提高学生写作能力、综合应用知识能力和科研能力。可为学生今后撰写毕业论文和工作后撰写学术论文打下坚实的基础,是一种综合素质和能力培养的重要手段,应提倡这种形式的实验报告。但无论何种形式的实验报告,均应体现出它的学术性、科学性、理论性、规范性、创造性和探索性。论文和参考文献的格式,具体可参考国家标准:GB7713—1987《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》和 GB7714—1987《文后参考文献著录规则》。

实验报告必须力求简明、书写工整、文字通顺、数据完全、结论明确。图形图表的绘制必须用直尺、曲线板或计算机数据处理。

报告应在指定时间交给指导老师批阅。

§ 1.3 化工实验操作基本知识

化工实验与一般化学实验比较起来,有共同点,也有其本身的特殊性。为了安全成功地完成实验,除了每个实验的特殊要求外,在这里提出一些化工实验中必须遵守的注意事项和一些必须具备的安全知识。

一、化工实验注意事项

(一) 设备启动前必须检查

(1) 泵、风机、压缩机、电机等转动设备,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) 接入设备的仪表开、关状态。

(4) 拥有的安全措施,如防护罩、绝缘垫、隔热层等。

(二) 仪器仪表使用前必须做到

(1) 熟悉原理与结构。

(2) 掌握连接方法与操作步骤。

(3) 分清量程范围,掌握正确的读数方法。

(4) 接入电路前必须经教师检查。

(三) 操作过程中应做到

注意分工配合,严守自己的岗位,精心操作。关心和注意实验的进行,随时观察仪表指示值的变动,保证操作过程在稳定的条件下进行。产生不合规律的现象时要及时观察研究,分析其原因,不要轻易放过。

(四) 异常情况处理

操作过程中设备及仪表发生问题应立即按停车步骤停车,报告指导教师。同时应自己分析原因供教师参考。未经教师同意不得自行处理。在教师处理问题时,学生应了解其过程,这是学习分析问题与处理问题的好机会。

(五) 实验结束应做到

实验结束时应先将有关的热源、水源、气源、仪表的阀门或电源关闭,然后再切断机电电源。

(六) 提高实验安全防范意识

化工实验要特别注意安全。实验前要搞清楚总水闸、电闸、气源阀门的位置和灭火器材的安放地点。

二、化工实验安全知识

为了确保设备和人身安全,从事化工原理实验的人员必须具备以下安全知识。

(一) 危险药品分类

实验室常用的危险品必须合理地分类存放。易燃物品不能与氧化剂放在一起,以免发生着火燃烧的危险。对不同的危险药品,在为扑救火灾选择灭火剂时,必须针对药品进行选用,否则不仅不能取得预期效果,反而会引起其他的危险。例如,着火处有金属钾、钠存放,不能用水进行灭火,因为水与金属钾、钠等剧烈反应,会发生爆炸,十分危险;轻质油类着火时,不能用水灭火,否则会使火灾蔓延;若着火处有氰化钾,则不能使用泡沫灭火剂,因为灭火剂中的酸与氰化钾反应生成剧毒的氰化氢。因此了解危险品性质与分类十分必要。危险药品大致分为下列几种类型:

1. 爆炸品

本类化学品指在外界作用下(如受热、受压、撞击等),能发生剧烈的化学反应,瞬时产生大量的气体和热量,使周围压力急剧上升,发生爆炸,对周围环境造成破坏的物品,也包括无整体爆炸危险,但具有燃烧、抛射及较小爆炸危险的物品。

常见的爆炸性物品有硝酸铵(硝铵炸药的主要成分)、雷酸盐、重氮盐、三硝基甲苯(TNT)和其他含有三个硝基以上的有机化合物等。这类化合物对热和机械作用(研磨、撞击等)很敏感,爆炸威力都很强,特别是干燥的爆炸物爆炸时威力更强。

2. 压缩气体和液化气体

本类化学品系指压缩、液化或加压溶解的气体,并应符合下述两种情况之一者: