

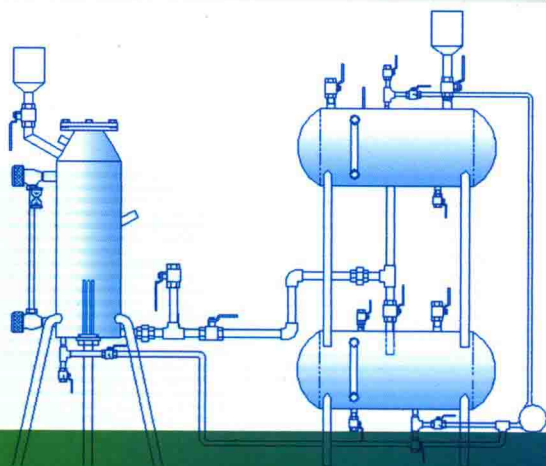
高等学校“十三五”规划教材

HUAGONG YUANLI SHIYAN

化工原理实验

徐 伟 主编

鞠彩霞 刘书银 副主编



化学工业出版社

高等学校“十三五”规划教材

化工原理实验

徐 伟 主编

鞠彩霞 刘书银 副主编

实验指导 资源下载



化学工业出版社

定价: 45.00元

· 北 京 ·

本书主要介绍了化工原理实验的基本理论,典型化工设备的结构、性能、常用的测量仪表和测量方法,涵盖了动量传递、热量传递、质量传递三大规律的基本实验 23 个及附录部分。本教材适用于高等院校本科化学工程与工艺及其相关专业,也可作为科技人员、教师的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工原理实验/徐伟主编. —北京:化学工业出版社,
2017.6

高等学校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29421-0

I. ①化… II. ①徐… III. ①化工原理-实验-高等
学校-教材 IV. ①TQ02-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 066615 号

责任编辑:宋林青

文字编辑:刘志茹

责任校对:边涛

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装:中煤(北京)印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 347 千字 2017 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.80 元

版权所有 违者必究

《应用型本科院校人才培养实验系列教材》 编委会

主 任：李进京

副主任：刘雪静 徐 伟 刘春丽

委 员：周峰岩 任崇桂 黄 薇 伊文涛

鞠彩霞 王 峰 王 文 赵玉亮

《化工原理实验》编写组

主 编：徐 伟

副 主 编：鞠彩霞 刘书银

编写人员：徐 伟 鞠彩霞 刘书银 戎欠欠

亓 欣 王登峰 刘 莉 张 晗

李凤刚 任崇桂

前言

为培养适应经济社会发展和行业转型升级所需的化学化工类合格人才，培养学生的实践创新和工程应用能力，顺应地方本科院校转型发展的需求，我校与行业相关企业合作编写了本教材。

本教材是在任课教师多年实验教学实践和企业技术人员丰富的工程经验的基础上，根据教育部关于高等院校本科化学化工专业教学的基本要求和课程教学大纲，结合我院北京新华教公司、杭州言实科技有限公司“化学工程实验仪器系列”的实验设备特点而编写的，旨在完善化学化工专业学生的知识结构和提高学生的工程应用创新能力。

根据高等院校“化工原理”与“化工原理实验”课程教学的基本要求，本书概括阐述了化工原理和实验方面的基本理论知识、实验操作基本技能、实验安全常识和注意事项。书中有流体流动过程实验 9 个，热量传递过程实验 5 个，质量传递过程实验 5 个以及化学反应过程实验 4 个。在实验报告部分，为便于学生深入学习了解实验背景和工程应用，每个实验除设置实验装置及原理、实验步骤、注意事项、数据处理等部分以外，在每个实验开始和结尾部分均设置了导读、背景介绍、扩展阅读等单元，针对每个实验都配有实验数据记录和整理所需的表格。考虑到实验所涉及的物理参数较多，书中还附有部分常见流体的各种物理性质数据参照表。由于化工实验涉及的学科和技术领域众多，为方便学习，书中全部使用法定的计量单位，部分数据给出了法定计量单位与工程单位的对照。

本教材由徐伟、鞠彩霞、刘书银、戎欠欠、亓欣、王登峰、刘莉、张晗、李凤刚、任崇桂十位老师共同编写，其中绪论、第 1 章化工原理实验基本知识、第 2 章实验误差的估算与分析由徐伟、任崇桂、刘莉老师编写，第 3 章实验数据的处理、第 4 章化工实验参数测量方法由鞠彩霞、刘书银、李凤刚老师编写，第 5 章实验部分由鞠彩霞、戎欠欠、亓欣、王登峰、张晗老师及部分企业技术人员共同编写。

本书在资料收集和编写过程中，得到了编者所在的学校领导和同事们的大力帮助和支持，也参考了北京新华教公司、杭州言实科技有限公司的“化学工程实验仪器系列”设备实验指导书，在此编者特向他们表示感谢！

本书的出版得到了“山东省普通本科高校应用型人才培养专业发展支持计划”项目的经费支持，特予感谢！

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2017 年 3 月

目录

0 绪论	1
0.1 课程的特点与目的	1
0.2 化工原理实验课程的研究内容	1
0.3 课程教学方法及基本要求	2
0.4 课程的任务	3
第1章 化工原理实验基本知识	4
1.1 化工原理实验操作基础知识	4
1.1.1 实验注意事项	4
1.1.2 实验室安全用电	4
1.1.3 实验室消防知识	5
1.2 化工原理实验基本要求	6
1.2.1 实验前的预习工作	6
1.2.2 实验小组的分工和合作	6
1.2.3 实验必须测取的数据	7
1.2.4 实验数据的读取与记录	7
1.2.5 实验过程需要注意的问题	7
1.2.6 实验数据的处理	7
1.2.7 实验报告的编写	8
第2章 实验误差的估算与分析	9
2.1 实验数据的误差	9
2.1.1 实验数据的测量	9
2.1.2 实验数据的真值和平均值	9
2.1.3 误差的定义及分类	10
2.1.4 误差的表示方法	11
2.1.5 精密度、正确度和准确度	13
2.2 实验数据的有效数字和记数法	14
2.2.1 有效数字	14
2.2.2 数字舍入规则	15
2.2.3 直接测量值的有效数字	15

2.2.4	非直接测量值的有效数字	15
2.3	随机误差的正态分布	16
2.3.1	误差的正态分布	16
2.3.2	随机误差的基本特性	16
2.3.3	正态分布数值表和图	16
2.4	系统误差的检验和消除	20
2.4.1	消除系统误差的必要性和重要性	20
2.4.2	系统误差的简易判别准则	20
2.4.3	消除或减小系统误差的方法	21
2.4.4	系统误差消除程度的判别准则	22
2.5	粗大误差的判别与剔除	23
2.5.1	粗大误差的判别准则	23
2.5.2	判别粗大误差注意事项	25
2.6	直接测量值的误差估算	26
2.6.1	一次测量值的误差估算	26
2.6.2	多次测量值的误差估算	27
2.7	间接测量值的误差估算	28
2.7.1	误差传递的一般公式	28
2.7.2	几何合成法一般公式的应用——几何合成法简化式的推导	29
	本章符号表	31

第3章 实验数据的处理 32

3.1	实验数据的列表法	32
3.2	实验数据的图示(解)法	33
3.2.1	坐标纸的选择	33
3.2.2	坐标的分度	34
3.2.3	对数坐标的特点	34
3.2.4	用图解法求经验公式	34
3.3	实验数据的回归分析法	36
3.3.1	回归分析法的含义和内容	37
3.3.2	线性回归分析法	37
3.3.3	非线性回归	48

第4章 化工实验参数测量方法 49

4.1	概述	49
4.1.1	测量仪表的基本技术性能	49
4.1.2	非电量测量方法和传感器	52
4.1.3	仪表电路的抗干扰措施	54
4.2	压力差测量	59
4.2.1	液柱压力计	59

4.2.2	弹性压力计	60
4.2.3	压力的电测方法	61
4.2.4	压差计的校验和标定	63
4.2.5	压差计使用中的一些技术问题	63
4.3	流量测量技术	64
4.3.1	节流式(差压式)流量计	65
4.3.2	变面积流量计	70
4.3.3	涡轮流量计	72
4.3.4	流量计的标定	73
4.4	温度测量及仪表	74
4.4.1	概述	74
4.4.2	热膨胀式温度计	75
4.4.3	压力表式温度计	77
4.4.4	热电偶温度计	77
4.4.5	热电阻温度计	80
4.4.6	非接触式温度计	82
4.5	液位测量技术	84
4.5.1	直读式液位计	84
4.5.2	差压式液位计	86
4.5.3	浮力式液位计	87
4.5.4	电容式液位计	87

第5章 实验部分 89

5.1	演示实验	89
实验1	伯努利方程实验	89
实验2	流体流动形态观察与测定	93
实验3	板式塔塔板性能的测定	96
实验4	旋风分离器性能演示实验	100
实验5	流线演示	102
5.2	验证实验	103
实验6	流量计校核实验	103
实验7	管路流体阻力的测定	107
实验8	离心泵特性曲线的测定	110
实验9	套管换热器液-液热交换系数及膜系数的测定	114
实验10	过滤及过滤常数的测定	120
实验11	气-汽对流传热实验	123
实验12	裸管与绝热管热交换膜系数的测定	128
实验13	筛板精馏塔系统实验	133
实验14	填料塔间歇精馏实验	138
实验15	丙酮填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定	142
实验16	氨填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定	146

实验 17	洞道干燥操作和干燥速度曲线的测定	152
实验 18	流化床干燥操作实验	158
实验 19	液-液萃取塔的操作实验	162
5.3	综合实验	169
实验 20	共沸精馏实验	169
实验 21	反应精馏实验	172
实验 22	超临界流体萃取高附加值产品	175
实验 23	液膜分离法脱除废水中的污染物	179

附录		183
----	--	-----

附录 1	相关系数检验表 ($r_{\min}$)	183
附录 2	F 分布数值	184
附录 3	计量单位及单位换算	188
附录 4	气体流量换算公式	192
附录 5	某些气体的重要物理性质	192
附录 6	某些液体的重要物理性质	193
附录 7	某些二元物系的气-液平衡组成	194
附录 8	某些气体溶于水的亨利系数	196
附录 9	物质的摩尔热容 (100kPa)	197
附录 10	折射率	201
附录 11	某些物系的折射率与组成的关系	202
附录 12	一些物系的相对挥发度	202
附录 13	铜-康铜热电偶分度表	203
附录 14	IS 与 IH 型单级单吸离心泵	204
附录 15	流体常用流速范围	207
附录 16	标准筛目	210
附录 17	差压式流量计示值修正公式	211

参考文献		212
------	--	-----

绪 论

0.1 课程的特点与目的

化工原理实验是学习、掌握化工单元操作基本原理，了解单元操作关键设备的重要环节。化工原理实验属于工程实验范畴，它是用自然科学的基本原理和工程实验方法来解决化工及相关领域的工程实际问题。化工原理实验与一般化学实验的不同之处在于它具有明显的工程特点。化工原理实验的研究对象和研究方法与物理、化学等基础学科明显不同。在基础学科中，较多地是以理想化的简单的过程或模型作为研究对象，如物体在真空中的自由降落运动，理想气体的行为等，研究的方法也是基于理想过程或模型的严密的数学推理方法；而工程实验则以实际工程问题为研究对象，对于化学工程问题，由于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，实验研究的工作量之大之难是可想而知的。因此，面对实际的工程问题，要求人们采用不同于基础学科的实验研究方法，即处理实际问题的工程实验方法。化工原理实验就是一门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验课程。

通过化工原理实验应达到以下目的：

- ① 验证有关化工单元操作的理论，以巩固和加强对理论知识的认识和理解；
- ② 熟悉实验装置的结构、性能和流程，并通过实验操作和对实验现象的观察，使学生掌握基本实验技能；
- ③ 运用化工基本理论分析实验过程中的各种现象和问题，培养学生分析问题和解决问题的能力；
- ④ 通过对实验数据的分析、整理及关联，培养学生组织报告的能力；
- ⑤ 通过实验培养学生自学能力，独立思考能力，创新能力以及理论联系实际，实事求是的学风。

0.2 化工原理实验课程的研究内容

一个化工过程往往由很多单元过程和设备组成，为了进行完善的设计和有效的操作，化

学工程师必须掌握并正确判断有关设计或操作参数的可靠性,必须准确了解并把握设备的特性。对于物性数据,文献中已有大量发表的数据可供直接使用,设备的结构性能参数大多可从厂商提供的样本中获取,但还有许多重要的工艺参数,不能够由文献查取,或文献中虽有记载,但由于操作条件的变化,这些参数的可靠性难以确定。此外,化工过程的影响因素众多,有些重要工程因素的影响尚难以从理论上解释,还有些关键的设备特性和过程参数往往不能由理论计算而得。所有这些,都必须通过实验加以研究解决。因此,采取有效的实验研究方法,组织必要的实验以测取这些参数,或通过实验来加深理解基础理论知识的应用,掌握某些工程观点,把握某些工程因素对操作过程的影响,了解单元设备的操作特性,不仅十分重要而且是十分必要的。

为了适应不同层次、不同专业的教学要求,本教材共编写了三类实验。

第一类:演示实验。

伯努利方程实验;流体流动形态观察与测定;板式塔塔板性能的测定;旋风分离器性能演示实验;流线演示。

第二类:验证实验。

流量计校核实验;管路流体阻力的测定;离心泵特性曲线的测定;套管换热器液-液热交换系数及膜系数的测定;气-汽对流传热实验;裸管与绝热管热交换膜系数的测定;筛板精馏塔系统实验;精馏塔的操作及其性能评定;填料塔间歇精馏实验;丙酮填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定;氨填料吸收塔的操作及吸收传质系数的测定;洞道干燥操作和干燥速度曲线的测定;流化床干燥操作实验;过滤及过滤常数的测定;液-液萃取塔的操作实验。

第三类:综合实验。

共沸精馏实验;反应精馏实验;超临界流体萃取高附加值产品;液膜分离法脱除废水中的污染物。

可针对不同层次、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。



0.3 课程教学方法及基本要求



面对 21 世纪科学技术的迅猛发展,培养大批具有创新思维和创新能力强的高素质人才是时代对于高等学校的要求。化工及相关专业的学生,在掌握了必要的理论知识基础上,还必须具备一定的原创开发实验的研究能力,这些能力包括:对于过程有影响的重要工程因素的分析 and 判断能力;实验方案和实验流程的设计能力;进行实验操作、观察和分析实验现象的能力;正确选择和使用有关设备和测量仪表的能力;根据实验原始数据进行必要的数据处理,以获得实验结果的能力;正确撰写实验研究报告的能力等。

只有掌握了扎实的基础理论知识并具备实验研究的综合能力,才能为将来独立地开展科研实验或进行过程开发打下坚实的基础。

(1) 化工原理实验课程的教学方法

化工原理实验课程由若干教学环节组成,即实验理论课(又称实验预习课)、撰写预习报告、实验前提问、实验操作、撰写实验研究报告、实验考核。实验理论课主要阐明实验方法、实验基本原理、流程设计、测试技术及仪表的选择和使用方法、典型化工设备的操作、实验操作的要点和数据处理、注意事项等内容。实验前提问是为了检查学生对实验内容的准

备程度。实验操作是整个实验教学中最重要的环节,要求学生在该过程中能正确操作,认真观察实验现象,准确记录实验数据,并在实验结束后用计算机对实验数据进行处理,检查核对实验结果。实验研究报告应独立完成,并按标准的科研报告形式撰写。

(2) 课程教学基本要求

掌握处理工程问题的实验研究方法。化工原理实验课程中贯穿着处理工程问题的实验研究方法的主线,这些方法对于处理工程实际问题行之有效,正确掌握并灵活运用这些方法,对于培养学生的工程实践能力和过程开发能力是很有帮助的。在教学过程中,应结合具体实验内容重点介绍有关工程研究方法的应用。

熟悉化工数据的基本测试和仪表的选型及应用。化工数据包括物性参数(如密度、黏度、比热容等)、操作参数(如流量、温度、压力、浓度等)、设备结构参数(如管径、管长等)和设备特性参数(如阻力系数、传热系数、传质系数、功率、效率等)等数据。物性参数可从文献或有关手册中直接查取,而操作参数则需在实验过程中采用相应的测试仪表测取。学生应熟悉化工常用测试技术及仪表的使用方法,如流量计、温度计、压力表、传感器技术、热电偶技术等。设备特性参数一般要通过数据的计算整理得到。

熟悉并掌握化工典型单元设备的操作。化工原理实验装置在基本结构和操作原理方面与化工生产装置基本是相同的,所处理的问题也是化工过程的实际问题,学生应重视实验中设备的操作,通过操作了解有关影响过程的参数和装置的特性,并能根据实验现象调整操作参数,根据实验结果预测某些参数的变化对设备性能的影响。

掌握实验规划和流程设计的方法。正确地规划实验方案对于实验顺利开展并取得成功是十分重要的,学生要根据实验理论课的学习和有关实验规划正确地制订详细可行的实验方案,并能正确设计实验流程,其中,特别要注意的是测试点(如流量、压力、温度、浓度等)和控制点的配置。

严肃记录原始数据,熟悉并掌握实验数据的处理方法。在实验过程中,学生应认真观察和分析实验现象,严肃记录原始实验数据,培养严肃认真的科学研究态度。要熟悉并掌握实验数据的常用处理方法,根据有关基础理论知识分析和解释实验现象,并根据实验结果总结归纳过程的特点或规律。

0.4 课程的任务

进行实验研究全过程的多种能力的培养。所谓全过程系指根据规定的任务,确定实验目标—制订实验方案—设计实验装置—操作实验装置并测取实验数据,整理、计算、分析化工过程各种参变量之间的定性和定量关系,确定所得数据的可靠程度,书写完整的实验报告,并开展相互交流或投稿发表。加深对化工单元操作的理解,培养和提高在实践中运用理论知识发现问题、分析问题和解决问题的能力。

注意理论联系实际。本实验课注意将单元操作实验与实验技术的应用融为一体,每一个单元操作实验都同时探讨若干实验技术问题,这样不仅可以提高测量的精度,同时使课堂讲授的实验技术立即得到应用,加强化工原理实验技术的研究,严格进行实验技术基本功的训练。

要强调的是,对于所开设的实验部分配有计算机数据处理程序,学生在撰写实验数据处理部分时,除了要将计算机的处理结果全部附上外,还应有一组手算的计算过程示例。

第1章

化工原理实验基本知识

1.1 化工原理实验操作基础知识

化工原理实验是化工、制药、环境、食品、生物工程等院系或专业教学计划中的一门必修课程。化工原理实验属于工程实验范畴，与一般化学实验相比，不同之处在于它具有工程特点。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原理实验中必须遵守的注意事项和必须具备的安全知识。

1.1.1 实验注意事项

① 实验前必须到现场结合实验装置，进行实验预习，列出书写报告所需要的原始数据表，并通过老师的检查提问，方可参加实验。

② 不准迟到、早退，不准大声喧哗、嬉闹。实验过程中要听从实验老师、工作人员的指导。爱护公共财物，严格遵守实验设备、仪器的操作规程，如有损坏应立即报告指导老师，登记损坏情况，按学校规定酌情赔偿。

③ 实验做完后，所记录的数据经指导老师检查合格后，才可结束实验；实验若有短缺或不合理，应该补全或重做。结束实验后，指导老师在原始数据表上签字。

④ 实验结束后，应将使用的仪器设备整理复原。检查水源、电源、气源等是否已确实关断，并将场地打扫干净。

⑤ 用计算机采集控制或整理实验数据时，要爱护计算机，不要胡乱操作，如计算机出现问题，要及时报告老师。

⑥ 实验后要认真写实验报告，报告要求独立完成，若发现彼此抄袭，对涉及的所有人都给低于及格分数线的低分。

⑦ 实验报告中，除了包括实验数据与计算结果的表格以及需要的标绘曲线外，还必须有计算举例。同组每个人取实验的不同序号进行举例，列出全部数字运算过程；若发现同组中两人用相同的序号进行计算举例，则两人的报告均给低分。对实验所测得的数据结果做必要的分析、讨论。

1.1.2 实验室安全用电

化工原理实验中电器设备较多，某些设备的电负荷较大。在接通电源之前，必须认真检

查电器设备和电路是否符合规定,对于直流电设备应检查正负极是否接对。必须搞清楚整套实验装置的启动和停车操作顺序,以及紧急停车的方法。注意安全用电极为重要,对电器设备必须采取安全措施。操作者必须严格遵守下列操作规定:

① 使用电力时,应先检查电源开关、电机和设备各部分是否完好。如有故障,应先排除后,方可接通电源。

② 启动或关闭电器设备时,必须将开关扣严,防止似接非接情况。使用电子仪器设备时,应先了解其性能,按操作规程操作,若电器设备发生过热现象或有糊焦味时,应立即切断电源。

③ 人员较长时间离开房间或电源中断时,要切断电源开关,尤其是要注意切断加热电器设备的电源开关。

④ 电源或电器设备的保险烧断时,应先查明烧断原因,排除故障后,再按原负荷选用适宜的保险丝进行更换,不得随意加大或用其他金属线代用。

⑤ 注意保持电线和电器设备的干燥,防止线路和设备受潮漏电。

⑥ 实验室内不应有裸露的电线头,电源开关箱内不准堆放物品,以免触电或燃烧。

⑦ 要警惕实验室内发生电火花或静电,尤其在使用可能构成爆炸混合物的可燃性气体时更需注意。

⑧ 没有掌握电器安全操作的人员不得擅自变动电器设施,随意拆修电器设备。

⑨ 使用高压电力时,应遵守安全规定,穿戴好绝缘胶鞋、手套或用安全杆操作。

⑩ 离开实验室前,必须把分管本实验室的总电闸拉下。

1.1.3 实验室消防知识

实验操作人员必须了解消防知识。万一不慎失火,切莫惊慌失措,应冷静、沉着处理。只要掌握必要的消防知识,一般可以迅速灭火。实验室内应准备一定数量的消防器材。工作人员应熟悉消防器材的存放位置和使用方法,绝不允许将消防器材移作他用。实验室常用的消防器材包括以下几种。

(1) 常用消防器材

化工原理实验室一般不用水灭火!这是因为水能和一些药品(如钠)发生剧烈反应,用水灭火时会引起更大的火灾,甚至爆炸,并且大多数有机溶剂不溶于水且比水轻,用水灭火时有机溶剂会浮在水上面,反而扩大火场。下面介绍化工原理实验室必备的几种灭火器材。

① 沙箱 将干燥沙子贮于容器中备用,灭火时,将沙子撒在着火处。干沙对扑灭金属起火特别安全有效。平时保持沙箱干燥,切勿将火柴梗、玻管、纸屑等杂物随手丢入其中。

② 灭火毯 通常用大块石棉布作为灭火毯,灭火时包盖住火焰即成。近年来已确证石棉有致癌性,故应改用玻璃纤维布。沙子和灭火毯经常用来扑灭局部小火,必须妥善安放在固定位置,不得随意挪作他用,使用后必须归还原处。

③ 二氧化碳灭火器 是化学实验室最常使用、也是最安全的一种灭火器。其钢瓶内贮有 CO_2 气体。使用时,一手提灭火器,一手握在喷 CO_2 的喇叭筒的把手上,打开开关,即有 CO_2 喷出。应注意,喇叭筒上的温度会随着喷出的 CO_2 气压的骤降而骤降,故手不能握在喇叭筒上,否则手会严重冻伤。 CO_2 无毒害,使用后干净无污染。特别适用于油脂和电器起火,但不能用于扑灭金属着火。

④ 泡沫灭火器 由 NaHCO_3 与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液作用产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CO_2 泡沫,灭火时泡沫把燃烧物质包住,与空气隔绝而灭火。因泡沫能导电,不能用于扑灭电器着火;且灭火

后的污染严重,使火场清理工作麻烦,故一般非大火时不用它。

过去常用的四氯化碳灭火器,因毒性大,灭火时会产生毒性更大的光气,已被淘汰。

(2) 灭火方法

一旦失火,首先应采取措施防止火势蔓延,立即熄灭附近所有火源(如煤气灯),切断电源,移开易燃易爆物品。并视火势大小,采取不同的扑灭方法。

① 对在容器中(如烧杯、烧瓶、热水漏斗等)发生的局部小火,可用石棉网、表面皿或木块等盖灭。

② 有机溶剂在桌面或地面上蔓延燃烧时,不得用水冲,可撒上细沙或用灭火毯扑灭。

③ 若衣服着火,切勿慌张奔跑,以免风助火势。化纤织物最好立即脱除。一般小火可用湿抹布、灭火毯等包裹使火熄灭。若火势较大,可就近用水龙头浇灭。必要时可就地卧倒打滚,一方面防止火焰烧向头部,另一方面在地上压住着火处,使其熄火。

④ 实验过程中,若因冲料、渗漏、油浴着火等引起反应体系着火时,情况比较危险,处理不当会加重火势。扑救时必须谨防冷水溅在着火处的玻璃仪器上,必须谨防灭火器材击破玻璃仪器,造成严重的泄漏而扩大火势。有效的扑灭方法是用几层灭火毯包住着火部位,隔绝空气,使其熄灭,必要时在灭火毯上撒些细沙。若仍不奏效,必须使用灭火器,由火场的周围逐渐向中心处扑灭。

1.2 化工原理实验基本要求

1.2.1 实验前的预习工作

本实验课工程性较强,有许多问题需事先考虑、分析,并做好必要的准备。实验预习具体要求如下:

- ① 认真阅读实验教材和网络课堂上的多媒体课件,明确实验目的与内容及注意事项;
- ② 根据实验的具体任务、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 在现场结合实验教材,仔细查看设备流程、主要设备的构造、仪表种类、安装位置;了解启动和使用方法以及设备流程的特点;
- ④ 拟定实验方案,操作顺序及操作条件如何,设备的启动程序怎样,如何调整操作条件,实验数据应如何布点等;
- ⑤ 写出预习报告,包括实验目的、原理、装置流程示意图、实验步骤和注意事项等,列出本实验需在实验室得到的全部原始数据、操作现象观察项目的清单,并画出便于记录的原始数据表格。实验前必须到现场结合实验装置,进行实验预习,列出书写报告所需要的原始数据表,并通过老师的检查提问,方可参加实验。

1.2.2 实验小组的分工和合作

化工原理实验一般都是由四人为一小组合作进行的,因此实验开始前必须作好组织工作,做到既分工,又合作;既能保证质量,又能获得全面训练。每个实验小组要有一个组长负责执行实验方案、联络和指挥,与组员讨论实验方案,使得每个组员各明其职(包括操作、读取数据、记录数据及现象观察等),而且要在适当时候进行轮换工作。

1.2.3 实验必须测取的数据

凡是影响实验结果或与实验相关的数据均应测取,包括大气压、室温、水温、设备有关尺寸、物料性质等,不应遗漏。需注意:并非所有的数据都是能够直接测取的,如水的黏度、密度等,测定水温即可。吸收实验中的平衡组成 y_e ,可根据测得的当地大气压、塔顶表压、塔顶塔底压降和吸收液温度及查算亨利系数,进行计算得到。

1.2.4 实验数据的读取与记录

要求认真记录实验数据,让学生懂得并努力养成科学研究工作所必需的良好习惯。实验数据的记录不仅是写报告的原始资料,而且是可供查阅的永久记录。把与实验有关的每件事(数据、实验过程中的计算、情况说明、对于实验中出现的一些问题的看法以及图示等)直接记录在编有页码的记录本内,是实验室研究工作的标准做法。这种良好习惯是高素质的一种表现。实验数据记录具体要求如下。

① 实验中应密切注意仪表示数的变动,随时调节,以保证过程的稳定。一定要在过程稳定后方可取样或读取数据,所以实验条件改变后,要等一段时间才能取样或读数。

② 准备好完整的原始数据记录表,记下各项物理量的名称、符号和计量单位。不应随便用一张纸记录,要保证数据完整。

③ 实验时待现象稳定后开始读数。条件改变后,也要待稳定一定时间后读取数据,以排除因仪表滞后现象导致读数不准的情况。

④ 同一条件下至少应读取两次数据。而且只有当两次读数相近时才能改变操作条件。

⑤ 每个数据记录后,应该立即复核,以免发生读错或写错数字等事故。

⑥ 数据记录必须真实地反映仪表的精度,一般要记录至仪表最小分度以下一位数。

⑦ 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。小组成员应与教师一起认真讨论,研究异常现象发生的原因,及时发现问题、解决问题,或者对现象做出合理的分析、解释。

⑧ 实验过程中切忌只顾埋头操作和读数,忽略了对过程中现象的观察。

⑨ 实验完毕,所记录的数据经指导老师检查合格签字后,才可结束实验;实验若有短缺或不合理,应该补全或重做。

1.2.5 实验过程需要注意的问题

实验的成败以及是否能反映客观实际,除了实验的设计及装置的可靠性以外,实验操作是否正确是十分重要的因素,是实验者本身的素质和态度决定的。素质只有通过长期训练及本身的努力才能提高;而态度更是实验者主观能动作用是否真正发挥的体现。

1.2.6 实验数据的处理

① 由实验测得的大量数据,必须进行进一步的处理,使人们清楚地观察到各变量之间的定量关系,以便进一步分析实验现象,得出规律,指导生产与设计。数据处理方法有三种。

a. 列表法 将实验数据列成表格以表示各变量间的关系。这通常是整理数据的第一步,为标绘曲线图或整理成方程式打下基础。

b. 图示法 将实验数据在坐标纸上绘成曲线,直观而清晰地表达出各变量之间的相互

关系,分析极值点、转折点、变化率及其他特性,便于比较,还可以根据曲线得出相应的方程式;某些精确的图形还可用于不知数学表达式的情况下进行图解积分和微分。

c. 回归分析法 利用最小二乘法对实验数据进行统计处理,得出最大限度符合实验数据的拟合方程式,并判定拟合方程式的有效性,这种拟合方程式有利于用计算机进行计算。

② 实验数据或根据直接测量值的计算结果,总是以一定位数的数字来表示。究竟取几位数才是有效的呢?这要根据测量仪表的精度来确定,一般应记录到仪表最小刻度的十分之一位。数据整理时应根据有效数字的运算规则,舍弃一些没有意义的数字。一个数字的精确度是由测量仪表本身的精确度所决定的,它绝不因为计算时位数的增加而提高。但是任意减少位数也是不许可的,因为这样做就降低了应有的精确度。

③ 计算示例。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,以便检查。

1.2.7 实验报告的编写

实验报告是实验工作的全面总结和系统概括,是实践环节中不可缺少的一个重要组成部分。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。一份优秀的实验报告必须简洁明了,数据完整,交代清楚,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。报告一般包括如下内容。

① 基本信息 实验名称,报告人姓名、班级及同组实验人姓名,实验地点,指导老师,实验日期,上述内容作为实验报告的封面。

② 实验目的和内容 简要说明为什么要进行本实验,实验要解决什么问题。

③ 实验原理 简要说明实验所依据的基本原理,包括实验涉及的主要概念,实验依据的重要定律、公式及据此推算的重要结果。

④ 实验装置流程图 简单画出实验装置流程图和测试点、控制点的具体位置及主要设备、仪表的名称,标出设备、仪器仪表及调节阀等的标号,在流程图的下方写出图名及与标号相对应的设备、仪器等的名称。

⑤ 实验操作要点 根据实际操作程序划分为几个步骤,并在前面加上序数词,以使条理更为清晰。对于操作过程的说明应简单明了。

⑥ 注意事项 对于容易引起设备或仪器仪表损坏、容易发生危险以及一些对实验结果影响比较大的操作,应在注意事项中注明,以引起注意。

⑦ 原始数据记录 记录实验过程中从测量仪表所读取的数值。读数方法要正确,记录数据要准确,要根据仪表的精度决定实验数据的有效数字的位数。

⑧ 数据处理 数据处理是实验报告的重点内容之一,要求将实验原始数据经过整理、计算、加工成表格或图的形式。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。

⑨ 数据处理计算过程举例 以某一组原始数据为例,把各项计算过程列出,以说明数据整理表中的结果是如何得到的。

⑩ 实验结果的分析与讨论 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,指出提高实验结果准确性的途径。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。