



大学实验教学系列
DAXUESHIYANJIAOXUEXILIE

化工原理实验

车文实 林秀梅 盖红辉 主编



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



大学实验教学系列
DAXUESHIYANJIAOXUEXILIE

黑河学院优秀教材出版基金资助项目

化工原理实验

车文实 林秀梅 盖红辉 主编

常州大学图书馆
藏书章

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内容简介

全书分为3编:绪论、化工原理实验、附录。其中,绪论部分主要包括化工原理实验室操作基本知识,实验的误差分析及数据处理,化工实验室常用仪表的使用;化工原理实验部分包括验证型实验,演示型实验,研究、设计型实验,新技术型实验;附录部分包括化工原理实验常用数据表及某些测试仪器及管件的使用等方法。

本书理论层次适中,可作为化工、化学、环境、轻工、生物工程等高等学校本科、高职高专的化工原理实验教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工原理实验/车文实,林秀梅,盖红辉主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2011.8
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0245 - 4

I. ①化… II. ①车… ②林… ③盖… 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(2011)第 175092 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 15.75
字 数 382 千字
版 次 2011 年 8 月第 1 版
印 次 2011 年 8 月第 1 次印刷
定 价 31.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

化工原理实验作为化工类创新人才培养过程中重要的实践环节,是一门非常重要的专业基础实验课程,它是以化工单元操作过程原理和设备为主要内容,以处理工程问题的实验研究方法为特色的实践性课程。化工原理实验具有直观性、实践性、综合性和创新性,能再现化工过程现象和客观规律,可使学生在时间和空间上从各个方面、各个角度和各种联系中充分运用已有的知识和科学的思维,进行全面系统、深入细致的观察,从中发现新现象、新问题、新线索。本课程在理解、掌握、运用化学中基本的物理方法和技能,训练设计科学实验方法,培养科学思维和综合、分析解决问题的能力,引导学生自觉地学习科学世界观、方法论等方面有着重要的作用,而且通过实验可以培养学生实事求是、一丝不苟的科学态度,严谨的科学作风,富于探索和勇于创新的精神。本教材在编写时,将化工实验分类并细化,一些验证性实验提供了多种方案,以适应化工原理学科的迅速发展和实验仪器不断更新的趋势,以便更好地完成实验教学任务。

本书共分3编:第1编绪论,第2编化工原理实验,第3编附录。绪论包括化工原理实验的教学目的、要求,化工原理实验室操作基本知识,实验的误差分析及数据处理,化工实验室常用仪表的使用;化工原理实验包括验证型实验,演示型实验,研究、设计型实验,新技术型实验,共34个实验;附录包括化工原理实验常用数据表,常用正交表,化工原理实验某些测试仪器及管件的使用等方法等。

本书由从事化工原理实验教学的教师根据实际情况编写,适合教学实际和人才培养方案,可作为高等院校化工或相关专业的实验教材。其中第1章、第2章、第3章由车文实(黑河学院)编写;第4章的4.2、4.3,第5章和第6章的实验一、实验二、实验三、实验四、实验五由林秀梅(黑河学院)编写;第4章4.1和4.4,第7章、第8章、附录一、附录二由盖红辉(黑河学院)编写;第6章的实验六、实验七、实验八、实验九、实验十、实验十一和附录三由杨德强(黑龙江中医药大学)编写。本书由车文实教授和郝文博主任进行审查和修订并最终定稿。

本书的出版是上述各院校理化工系全体教师辛勤劳动的成果,他们长期从事实验教学,积累了丰富的教学经验,为本书的编写提供了宝贵的意见。本书在编写过程中还得到校内外同行的支持和帮助,而且学习和借鉴了一些兄弟院校在实验中值得推广的方法,另外,在本书的编写过程中,参考了国内一些专家的论著,在此一并致以衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏之处,恳请广大读者多提宝贵意见。

编 者

2010年10月

目 录

第1编 绪 论

第1章 化工原理实验教学目的及要求	1
1.1 实验教学目的	1
1.2 实验教学要求	2
第2章 化工原理实验室操作基本知识	5
第3章 实验的误差分析及数据处理	13
3.1 实验的误差分析	13
3.2 实验数据的处理方法	16
3.3 化工数据回归、拟合及计算方法	26
3.4 数据处理软件在化工原理实验中的应用	34
3.5 正交实验设计方法	49
第4章 化工实验室常用仪表的使用	57
4.1 温度测量	57
4.2 压力测量	69
4.3 流量测量	78
4.4 液体相对密度的测量	92

第2编 化工原理实验

第5章 验证型实验	95
实验一 流体阻力实验	95
实验二 离心泵实验	99
实验三 传热实验	108
实验四 精馏实验	115
实验五 吸收实验	125
实验六 过滤实验	132
实验七 干燥实验	138
实验八 萃取实验	146
第6章 演示型实验	151
实验一 流体静力学实验	151
实验二 流体机械能转换演示实验	152
实验三 雷诺实验	153

实验四	流体边界层演示实验	155
实验五	离心泵汽蚀、气缚演示实验	156
实验六	旋风分离器实验	159
实验七	非均相分离演示实验	160
实验八	固体流态化实验	161
实验九	板式塔流体力学演示实验	165
实验十	填料塔流体力学特性实验	169
实验十一	温度、压力校正实验	171
第7章	研究、设计型实验	173
实验一	离心泵计算机数据采集及过程控制实验	173
实验二	传热综合计算机数据采集和过程控制实验	178
实验三	计算机数据采集及过程控制精馏实验	183
实验四	板式塔的设计	187
实验五	正交实验法在过滤研究实验中的应用	191
第8章	新技术型实验	195
实验一	膜分离实验	195
实验二	喷雾干燥实验	201
实验三	变压吸附实验	203
实验四	微粉的粒度分级及粒度测定	208

第3编 附录

附录一	化工原理实验常用数据表	215
附录二	常用正交表	224
附录三	化工原理实验某些测试仪器及管件的使用方法	229
参考文献		246

第1编 绪 论

第1章 化工原理实验教学目的及要求

1.1 实验教学目的

化工原理实验教学是化工原理课程教学的一个重要组成部分,是深入学习化工过程及设备原理、将过程原理联系工程实际、掌握化工单元操作研究方法的重要课程,是培养和训练学生分析解决工程实际问题能力的重要环节。化工原理实验属于工程性质实验。有些实验所得到的结论,对于化工单元操作设备的设计,具有重要的指导意义。学生在实验过程中可以更实际、更有效地学到更多工程实验方面的原理及测试手段,可以发现复杂的真实设备与工艺过程同描述这一过程的数学模型之间的关系,也可以认识到对于一个看起来似乎很复杂的过程,可以只用最基本的原理来解释和描述。在实验课的全过程中,学生在思维方法和创新能力方面都得到培养和提高,为今后的工作打下坚实的基础。因此,通过实验,应达到如下目的:

(1) 巩固和深化化工原理课程的理论知识,帮助理解书本上难以弄懂的概念、原理;巩固和加强对理论的认识和理解;验证有关化工单元操作的理论。同时学习在化工领域内如何通过实验获得新的知识和信息;

(2) 在学习化工原理课程的基础上,进一步了解和理解一些比较典型的已被或将被广泛应用的化工过程及设备的管理与操作,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,掌握化工原理实验的方法和技巧,例如,实验装置的流程、操作条件的确定、测控元件及仪表的选择、过程控制和准确数据的获得,以及实验操作分析、故障处理等;

(3) 增强工程观点,培养科学实验能力。培养学生进行实验设计,组织实验,并从中获得可靠的结论,提供基础数据,提高化学工程设计的初步能力;引导学生利用化工过程与设备、实验方法学、现代控制原理等理论知识进行分析和设计化工单元操作,以达到全面提高学生实践能力的目的。进行化工实验基本技能的训练,学习化工实验的基本方法和测量技术,培养从事化工科学研究的能力。同时培养发现问题、分析问题和解决问题的能力,以及清楚、正确地表达实验结果和进行技术交流的能力;

(4) 提高计算与分析数据的能力。通过对实验数据的分析,并借助计算机及软件处理实验数据,以数学方式或图表科学地表达实验结果,并进行必要的分析讨论、整理,编写完整的实验报告;

(5) 培养科学的思维方法,养成严谨的工作态度和作风,提高自身素质水平。

1.2 实验教学要求

为了切实达到教学效果,化学工程实验可按三个环节来进行,对各个环节的具体说明如下。

1. 实验预习

要完成每个实验,就必须认真做好课前预习工作。化学工程实验的装置流程较为复杂,测试仪器又较多,课前预习尤为重要,是做好实验的前提;实验前必须做好实验预习,并对实验结果进行预测,具体要求如下:

(1)认真阅读实验教材,复习课程教材中与本实验有关的内容。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。

(2)结合实验指导书,到实验室现场熟悉实验设备的构造,仪表的种类和流程,摸清测试点和控制点位置。了解启动和使用方法以及设备流程的特点;了解工业仪表的测定原理,拟订实验方案,设计操作顺序和操作条件;了解设备的启动过程、如何进行相应的调整、可能会出现的错误以及错误的处理方法;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)列出本实验需要在实验室中得到的全部原始数据和操作现象观察项目的清单(不包括计算数据),并画出便于记录的原始数据表格。

(4)在预习的基础上,写出实验预习报告。简明实验预习报告包括以下内容:

- ①实验目的、原理、流程、操作步骤、注意事项等;
- ②实验前应预先计算的数据;
- ③准备好记录实验基本参数和实验数据的各种表格,并标明各参数的单位。

(5)注意安全问题,特别要考虑设备的哪些部分或操作中哪个步骤会产生危险,如何防护,以保证实验过程中人身和设备安全。

预习报告经指导教师检查通过后方可进行实验。不预习者不允许做实验。

2. 实验操作

(1) 实验中的操作训练

实验课是实践性环节,需要积极开动脑筋,既动手又动脑,深入思考,可以培养善于发现问题和解决问题的能力,培养严谨的科学态度,养成良好的学习习惯。

- ①学生进入实验室前,必须经教师考查,达到预习要求后,才能允许参加实验。
- ②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。
- ③设备启动前必须先检查。仔细检查装置流程和仪器仪表是否完整,并按要求进行实验前的准备工作,准备完毕后,经教师检查得到允许才能启动设备。先调整设备进入启动状态,然后再进行送电、通水或蒸汽等启动操作。

④实验进行过程中,操作要认真、平稳、细心。一定要严格按操作规程进行,尤其对精密测量仪器更应如此。详细观察所发生的各种现象,记录在实验记录本上,例如精馏实验筛板塔的气液流动状态变化等,有助于对过程的分析 and 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,实验数据要记录在准备好的表格内。发现仪器仪表有故障或异常的现象,必须立即向教师报告,未经教师许可,不得擅自行事。

⑤实验结束后,将实验设备和仪表恢复原状,周围环境清理干净,并把原始实验记录本交给教师审阅,经教师检查批准方可离开实验室。

(2) 实验数据的记录

①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。不可随便用一张白纸记录,要保证数据的完整。除记录的数据外,还应记录计算过程中需要的装置和仪表的各种常数、大气条件和设备尺寸等数据。

②实验时,应等操作稳定后再开始读取数据。改变条件后,应根据具体实验情况,待整个体系稳定后方可再次进行数据读取。

③每个数据记录后,应该由另一位操作者立即进行复核,以免发生读错或写错数值等现象。

④数据记录必须真实地反映仪表的精度,一般要记录至仪表的最小分度以下的一位数,不可过多也不可过少。

⑤实验中如果出现不正常的情况或数据明显出现错误时,应在备注栏中加以注明。

3. 实验报告的书写要求

按照一定的格式和要求表达实验过程和结果的文字材料称为实验报告。它是实验工作的全面总结和系统概括,是实验工作中最重要的环节之一。书写实验报告的过程,是对所测取的数据加以处理,对所观察的现象加以分析,从中找出客观规律和内在联系的过程。只进行实验,而不写实验报告的实验是没有意义的。实验报告虽是以实验数据的准确性和可靠性为基础,但将实验数据整理成一份好的报告,却是需要经过训练的一种实验能力。往往有这样一种情形,有的学生实验技术较好,实验做得也很成功,却整理不成一篇像样的实验报告。因此对学生来说,编写实验报告的能力也是需要经受严格的训练的,这种训练是今后写好科学论文或研究报告所必不可少的。

对于一份完整的实验报告,应包括以下内容:

(1)实验名称 实验报告的名称,又称为标题,应该列在报告的最前面。实验名称要求简洁、准确,一目了然,能很恰当地反映实验内容。

(2)实验目的 应该简明扼要地说明为什么要进行本实验,通过本实验能解决什么问题,可以锻炼什么能力,学到什么知识等,要求语言表达简洁准确。

(3)实验原理 简单说明本实验所依据的基本原理,包括实验设计的主要概念、实验依据的重要定律、公式以及数据处理中所需要的推理过程和结果。要求概念清晰,充分了解定律的内容,推理准确并且有理有据,结果真实可信。

(4)实验装置流程示意图 简单地画出实验装置的流程示意图,包括测试点的位置和主要设备、仪表的名称、关键部位的尺寸大小、各种调节阀的标号以及需要注意的关键节点等,同时在流程图的下面标出图的名称和相应标号的仪表名称等。

(5)实验操作方法 根据实际操作程序进行实验分工,注重各操作人员的密切配合。按照实验的先后将整个实验过程划分为几个步骤,并进行排序和标注,以使实验过程条理分明。一般实验步骤的划分以改变某一组参数、实验条件或实验对象作为一个步骤。对于每一个操作步骤的描述,应该简单明了。

(6)注意事项 注意事项中应包括由于不按照规程操作而引起的各种事故,实验过程中存在的一些易燃易爆装置,用电的安全,容易损坏的仪表或设备,某些对实验结果影响比较大的操作等情况。

(7)数据记录 实验数据是在实验过程中测量仪表所读取的数值,要根据仪表的精度决定实验数据的有效数字位数。读取数据的方法要正确,数据记录要准确。要求原始数据和计算数据表分开。数据较多时,可以将此表格作为附录放在报告的后面。

(8)数据的处理和作图 数据处理是实验报告的重点内容之一,要求将实验数据整理、加工成图形或表格的形式。数据处理时应根据有效数字的运算规则进行。一般将重要的中间计算值和最后计算结果列在数据整理表格中。表格要精心设计,使其易于显示数据的变化规律及参数的相关性。实验数据不经重复实验不得修改,更不得伪造。作图是为了更直观地表达出变量之间的相互关系或通过图形求取某些数据,根据数据的变化情况选用合适的坐标纸确定出若干点,然后用光滑曲线连接,画出相关曲线。数据的整理计算过程是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。

(9)对实验结果的分析与讨论 实验结果的分析与讨论十分重要,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,但讨论范围应仅限于与本实验有关的内容。讨论的内容包括以下几点:

- ①从理论上对实验结果进行分析和解释,说明其必然性;
- ②对实验中存在的异常现象进行分析讨论;
- ③分析误差的大小和原因,如何提高测量精度;
- ④本实验结果在生产实践中的价值和意义;
- ⑤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。

(10)实验结论 结论是根据实验结果所做出的最后判断,得到的结论要从实际出发,要有充分的理论根据。

第2章 化工原理实验室操作基本知识

一般化学实验只涉及到在试管、烧杯等仪器中进行化学反应,而化工原理实验不但涉及到化学反应,还要涉及设备尺寸、传热、传质、流动等情况,所以,化工实验与一般化学实验比较起来,有共同点,也有其自身的特殊性。为了安全成功地完成实验,除了每个实验的特殊要求外,下面介绍一些化工原理实验中必须遵守的注意事项和必备的安全知识。

1. 化工原理实验注意事项

(1) 实验前,认真仔细检查实验装置、设备及仪器仪表是否完好。

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,从感觉及声响上判断有无异常,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。

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。

(2) 实验过程中,爱护实验设备与器材,精心操作,精心维护,化工实验装置较复杂,所采用的贵重仪器仪表也较多,一套实验设备的安装,集结了不少人的辛勤劳动,花费的费用也较大,正因为实验装置投入较大,一般很少有备用的设备。因此,每个人都要有尊重别人劳动成果和爱护公物的思想,若因一人的粗心大意使用不当,不仅会造成财产损失,而且会使实验教学中断,不仅影响了自己的学习也影响了别人。操作过程中注意分工配合,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条件下进行。产生与正常规律不符的现象时要及时观察分析,研究其原因,不要轻易放过。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。

(3) 实验结束后,认真整理设备,使装置恢复原状,保持整洁,若有设备损坏要立即报告,说明原因,根据具体情况由教师处置,有了损坏而故意隐瞒不报告,这是不道德的行为,应该杜绝。离开实验室前,应先将有关的热源、水源、气源、仪表的阀门或电源关闭,然后再切断电机电源。

(4) 注意安全。化工实验要特别注意安全,在实验前要考虑到万一发生事故应如何处置,必须清楚总电闸的位置和灭火器材的存放地点。

2. 化工材料安全知识

(1) 危险药品分类

实验室常用的危险药品必须合理地分类存放。易燃物品不能与氧化剂放在一起,以免燃烧。对不同种类的危险药品失火,在选择灭火剂时,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,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。因此对危险药品分类,不仅是保证分析结果质量的需要,也是确保人民生命财产安全的需要。为了确保设备和人身安全,从事化工原理实验的实验者必须具备根据危险药品性质对其分类的能力。危险药品大致分为下列几种类型。

①氧化剂 通常,人们对氧化剂的危险性认识不足,这常常是发生事故的原因之一,因此必须予以足够的重视。氧化剂包括高氯酸盐、氯酸盐、次氯酸盐、过氧化物、过硫酸盐、高锰酸盐、铬酸盐及重铬酸盐、硝酸盐、溴酸盐、碘酸盐、亚硝酸盐等。它本身一般不能燃烧,但在受热、受阳光直晒或与其他药品(酸、水等)作用时,能产生氧气,起助燃作用,并可导致剧烈燃烧。如过氧化钠与水作用,反应剧烈并能引起燃烧。强氧化剂与还原剂或有机药品混合后,能因受热、摩擦、撞击发生爆炸。如氯酸钾与硫混合可因撞击而爆炸;过氯酸镁是很好的干燥剂,若被干燥的气流中存在烃类蒸气时,就有爆炸危险。

②自燃物品 带油污的废纸、废橡胶、硝化纤维、黄磷等都属于自燃性物品。它们在空气中能因逐渐氧化而放热,如果热量不能及时散失,温度会逐渐升高到该物品的燃点,发生燃烧。因此,对这类自燃性废弃物,不要在实验室内堆放,应当及时清除,以防意外。

③爆炸性物品 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。

④遇水燃烧物 钾、钠、钙等轻金属遇水时能产生氢和大量的热,以致发生爆炸。电石遇水能产生乙炔和大量的热,也能着火,甚至会引起爆炸。所以着火处有这类物质时,不能用水进行灭火。

⑤易燃液体和可燃气体 有机化工实验室内大量接触易燃液体和可燃气体,它们容易挥发和燃烧,达到一定浓度后遇明火即着火。若在密封容器内着火,会造成容器超压破裂而爆炸。易燃液体的蒸气一般比空气重,当它们在空气中挥发时,常常在低处或地面上漂浮。因此,可能在距离存放这种液体的地面相当远的地方着火,着火后容易蔓延并回传,引燃容器中的液体。所以使用这种物品时必须严禁明火,远离电热设备和其他热源,更不能同其他危险品放在一起,以免引起更大危害。

⑥易燃固体 松香、石蜡、硫、镁粉、铝粉等都属于易燃固体。它们不自燃,但易燃,燃烧速度一般较快。这类固体若以粉尘悬浮物分散在空气中,达到一定浓度时,遇有明火就可能发生爆炸。

⑦有毒物品 凡是少量就能使人中毒受害的物品都称为有毒物品。中毒途径有误服、吸入呼吸道或皮肤被沾染等。其中有的蒸气有毒,如汞;有的固体或液体有毒,如钡盐、农药。根据毒品对人身体的危害程度分为剧毒药品(氰化钾、砒霜等)和有毒药品(农药)。使用这类物质应十分小心,以防中毒。实验室所用有毒物品应由专人管理,建立保存与使用档案。

⑧腐蚀性药品 这类物品有强酸、强碱,如硫酸、盐酸、硝酸、氢氟酸、苯酚、氢氧化钾、氢氧化钠等。它们对皮肤和衣物都有腐蚀作用,特别是在浓度和温度都较高的情况下,腐蚀作用更甚。使用中应防止其与人体(特别是眼睛)和衣物直接接触,灭火时也要考虑是否有这类物质存在,以便采取适当措施。

⑨压缩气体与液化气体 压缩气体和液化气体是指储存于耐压容器中的压缩、液化或加压溶解的气体。在钢瓶中处于气体状态的气体称为压缩气体,处于液体状态的气体称为液化气体。该类物品有三种:a.可燃性气体(氢气、乙炔、甲烷、煤气等);b.助燃性气体(氧气、氯气等);c.不燃性气体(氮气、二氧化碳等)。该类物质的使用和操作有一定的具体要求,详见本章“3. 高压钢瓶的安全使用”。

(2) 安全使用危险药品

实验用的有毒物品必须按规定手续领用与保管。剧毒品要登记注册,并由专人管理。使用后的废液必须妥善处理,不允许倒入下水道或废液缸中。凡是产生有害气体的实验操作,必须在通风橱内进行。但应注意不使毒品洒落在实验台或地面上,一旦洒落必须彻底清理干净。

绝不允许使用实验室内任何容器作餐具,也不准在实验室内吃食品,实验完毕必须多次洗手,确保人身安全。

对具有污染性质的化学药品不能与一般化学试剂放在一起。对有污染性物质的操作必须在规定的防护装置内进行。违反规程造成他人的人身伤害应负法律责任。实验室内防毒、防污染的操作往往离不开防毒面具、防护罩及其他的工具。

对于易燃易爆药品应根据实验的需用量并按照规定数量领取,不能在实验场所存放大量该类物品。存放易燃品应严禁明火,远离热源,避免日光直射。有条件的实验室应设专用储藏室或存放柜。

危险性物品在实验前应结合实验具体情况,制定出安全操作规程。在进行蒸馏易燃液体、有机物品或在高压釜内进行液相反应时,加料的数量绝不允许超过容器的三分之二。在加热和操作过程中,操作人员不得离岗,不允许在无操作人员监视下加热。对沸点低的易燃有机物品整理时,不应使用直接明火加热,也不能加热过快,致使药品急剧汽化而冲开瓶塞,引起火灾或造成爆炸。进行这类实验的操作人员,必须熟悉实验室中灭火器材存放地点及使用方法。

在化工实验中,如果操作不慎,压差计中的水银可能被冲洒出来。水银蒸气的吸附性特强,易被墙壁和衣物等吸附,成为不断污染空气的源头。虽然少量吸入不会对身体造成太大的危害,但长期大量吸入,则会造成汞中毒。因此,一方面装置中竭力避免采用水银,另一方面要谨慎操作,开关阀门要缓慢,防止冲走压差计中的水银。操作过程要小心,不要碰破压差计。一旦水银冲洒出来,一定要认真地、尽可能地将它收集起来。实在无法收集的细粒,也要用硫磺粉和氯化铁溶液覆盖。

(3) 易燃物品的安全使用

各种易燃液体、有机化合物蒸气和易燃气体在空气中含量达到一定浓度时,就能与空气(实际是氧气)构成爆炸性的混合气体。这种混合气体一旦遇到明火就会发生爆炸。

可燃气体含量在空气中“发生爆炸的浓度范围”内,该气体所占的最低体积百分比称爆炸下限;该气体所占的最高体积百分比称爆炸上限。在下限与上限之间称爆炸范围。低于

爆炸下限或高于爆炸上限的可燃性气体和空气构成的混合气体都不会发生爆炸。例如甲苯蒸气在空气中的浓度为 1.2% ~ 1.7% 时就构成爆炸性的混合气体,在这个浓度范围内若遇明火(火红的热表面、火花等各种火源)即发生爆炸。低于 1.2%,高于 7.1% 都不会发生爆炸。

当某些可燃性气体或蒸气遇空气混合进行燃烧时,也可能突然发生爆炸。这是由于该气体在空气中所占的体积比逐渐升高或降低,浓度由爆炸极限以外进入爆炸极限以内所致。反之,爆炸性的混合气体由于成分的变化也可以从爆炸极限内逐渐变至爆炸极限范围以外,称为非爆炸性气体。

构成爆炸应具备两个条件:一是可燃物在空气中的浓度落在爆炸极限范围内;二是有明火存在。故防止爆炸的方法就是不使浓度进入爆炸极限以内。在配气时,必须严格控制使用量。使用可燃气体时,必须在系统中充氮吹尽空气,同时还必须保证装置严密不漏气。实验室要保证通风良好,并禁止在室内有明火和敞开式的电热设备,也不能让室内有产生火花等必要条件存在。此外,应注意某些剧烈的放热反应操作,避免引起自燃或爆炸。总之,只要严格掌握和遵守有关安全操作规程就不会发生事故。

3. 高压钢瓶的使用安全知识

化工实验中所用的气体种类较多,一类是具有刺激性的气体,如氨气、二氧化硫等,这类气体的泄漏一般容易被发觉。另一类是无色无味,但有毒性或易燃、易爆的气体,如一氧化碳等,不仅易中毒,在室温下空气中的爆炸范围为 12% ~ 74%,当气体和空气的混合物在爆炸范围内,只要有火花等诱发,就会立即爆炸。因此使用有毒或易燃易爆气体时,系统一定要严密不漏,尾气要导出室外,并注意室内通风。

高压钢瓶是一种储存各种压缩气体或液化气体的高压容器。钢瓶容积一般为 40 ~ 60 L,最高工作压力为 15 MPa,最低工作压力也在 0.6 MPa 以上。瓶内压力很高,而且储存的某些气体本身又是有毒或易燃易爆气体,故使用气瓶一定要掌握其构造特点和安全知识,以确保安全。

标准高压钢瓶是按国家标准制造的,并经有关部门严格检验方可使用。各种气瓶使用过程中,还必须定期到有关部门进行水压试验。经过检验合格的气瓶,在瓶肩上用钢印打以下资料:制造厂家、制造日期、气瓶型号和编号、气瓶质量、气瓶容积、工作压力、水压试验压力、水压试验日期和下次试验日期等信息。

各类高压钢瓶的表面都涂上了一定颜色的油漆,其目的不仅是为了防锈,而且让人们能从颜色上迅速辨别钢瓶中所储存气体的种类,以免混淆。常用的各类气瓶的颜色及其标志如表 2-1 所示。

为了确保安全,在使用钢瓶时,一定要注意以下几点。

(1) 钢瓶应存放在阴凉、干燥、远离热源的地方。当钢瓶受到明火或阳光等热辐射的作用时,气体因受热而膨胀,使瓶内压力增大。当压力超过工作压力时,就有可能发生爆炸。因此,在钢瓶运输、保存和使用时,应远离热源(明火、暖气、炉子等),并避免长期在日光下暴晒,尤其在夏天更应注意。可燃性气瓶应与氧气瓶分开存放。

(2) 搬运钢瓶要小心轻放,钢瓶帽要旋好。气瓶即使在温度不高的情况下受到猛烈撞击,或不小心将其碰倒跌落,都有可能引起爆炸。因此,钢瓶在运输过程中,要轻搬轻放,避免跌落撞击,使用时要固定牢靠,防止碰倒。更不允许用锥子、扳手等金属器具敲打钢瓶。

表 2-1 常用的各类气瓶的颜色及其标志

气体种类	工作压力 /MPa	水压试验压力 /MPa	气瓶颜色	文字	文字颜色	阀门出口螺纹
氧气	15	22.5	浅蓝色	氧	黑色	正扣
氢气	15	22.5	暗绿色	氢	红色	反扣
氮气	15	22.5	黑色	氮	黄色	正扣
氨气	15	22.5	棕色	氨	白色	正扣
压缩空气	15	22.5	黑色	压缩空气	白色	正扣
二氧化碳	12.5(液)	19	黑色	二氧化碳	黄色	正扣
氦气	3(液)	6	黄色	氦	黑色	正扣
氯气	3(液)	6	草绿色	氯	白色	正扣
乙炔	3(液)	6	白色	乙炔	红色	反扣
二氧化硫	0.6(液)	1.2	黑色	二氧化硫	白色	正扣

(3) 瓶阀是钢瓶的关键部件,必须保护好,否则将会发生事故。

①若瓶内存放的是氧气、氢气、二氧化碳和二氧化硫等,瓶阀应用铜和钢制成;当瓶内存放的是氨气时,则瓶阀必须用钢制成,以防腐蝕。

②使用钢瓶时,必须用专用的减压阀和压力表。尤其是氢气和氧气不能互换,为了防止氢和氧两类气体的减压阀混用造成事故,氢气表和氧气表的表盘上都注明有“氢气表”和“氧气表”的字样。氢气及其他可燃气体的瓶阀,连接减压阀的连接管为左旋螺纹;而氧气等不可燃烧气体的瓶阀,连接管为右旋螺纹。

③氧气瓶阀严禁接触油脂。因为高压氧气与油脂相遇会引起燃烧,以致爆炸。开关氧气瓶时,切莫用带油污的手和扳手。

④要注意保护瓶阀。开关瓶阀时一定要搞清楚方向缓慢转动,旋转方向错误和用力过猛会使螺纹受损,可能冲脱而出,造成重大事故。关闭瓶阀时,不漏气即可,不要关得过紧。用毕和搬运时,一定要装上保护瓶阀的安全帽。开启总阀门时,不要将头或身体正对总阀门,防止万一阀门或压力表冲出伤人。

⑤瓶阀如果发生故障,应立即向指导教师报告,严禁擅自拆卸瓶阀上任何零件。

(4) 当钢瓶安装好减压阀和连接管线后,每次使用前都要在瓶阀附近用肥皂水检查,确认不漏气才能使用。对于有毒或易燃易爆气体的气瓶,除了保证严密不漏外,最好单独放置在远离实验室的小屋里。

(5) 钢瓶中气体不要全部用净。一般钢瓶使用到压力为 0.5 MPa 时,应停止使用。因为压力过低会给充气带来不安全因素,当钢瓶内压力与外界大气压力相同时,会造成空气的进入。对危险气体来说,由于上述情况在充气时发生爆炸事故已有多例,我们一定要引以为戒,避免此类事故的发生。

(6) 气瓶必须严格按期检验。使用中的气瓶每三年应检查一次,装腐蚀性气体的钢瓶每两年检查一次,不合格的气瓶不可继续使用。

4. 实验室消防

实验操作人员必须了解消防知识。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) 灭火沙箱

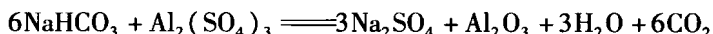
易燃液体和其他不能用水灭火的危险品,着火时可用沙子来扑灭,它能隔断空气并起降温作用。但沙中不能混有可燃性杂物,并且要干燥些。潮湿的沙子遇火后因水分蒸发,会使燃着的液体飞溅。沙箱中存的沙子有限,实验室内又不能存放过多沙箱,故这种灭火工具只能扑灭局部小规模的火源。对于不能覆盖的大面积火源,因沙量太少而作用不大,可用不燃性固体粉末灭火。

(2) 石棉布、毛毡或湿布

这些器材适用迅速扑灭火源区域不大的火灾,也是扑灭衣服着火的常用方法。其作用是隔绝空气达到灭火目的。

(3) 泡沫灭火器

实验室多用手提式泡沫灭火器。它的外壳用薄钢板制成,内有一个玻璃胆,其中盛有硫酸铝,胆外装有碳酸氢钠溶液和发泡剂(甘草精)。灭火液由 50 份硫酸铝和 50 份碳酸氢钠及 5 份甘草精组成。使用时将灭火器倒置,马上有化学反应生成含 CO_2 的泡沫。其反应如下:



此泡沫粘附在燃烧物表面上,形成与空气隔绝的薄层而达到灭火目的。它适用于扑灭实验室的一般火灾。油类着火在开始时可使用其灭火,但不能用于扑灭电线和电器设备火灾。因为泡沫本身是导电的,这样会造成扑火人触电事故。

(4) 四氯化碳灭火器

该灭火器在钢筒内装有四氯化碳并压入 0.7 MPa 的空气,使灭火器具有一定的压力。使用时将灭火器倒置,旋开手阀即喷出四氯化碳。四氯化碳是不燃液体,其蒸气比空气重,能覆盖在燃烧物表面使其与空气隔绝。它适用于扑灭电器设备失火而引发的火灾。但使用时要站在上风侧,因为四氯化碳是有毒的。室内灭火后应打开门窗通风一段时间,以免中毒。

(5) 二氧化碳灭火器

这类灭火器钢筒内装有压缩的二氧化碳。使用时,旋开手阀,二氧化碳就能急剧喷出,使燃烧物与空气隔绝,同时降低空气中含氧量。当空气中含有 12% ~ 15% 的二氧化碳时,燃烧即停止。但使用时要注意防止现场人员窒息。

(6) 其他灭火剂

干粉灭火剂可扑灭易燃液体、气体、带电设备引起的火灾,1211 灭火器适用于扑救油类、电器类、精密仪器等失火引起的火灾,在一般实验室内使用不多,对大型及大量使用可燃物的实验场所应备用此类灭火剂。

5. 实验室安全用电

(1) 保护接地和保护接零

在正常情况下电器设备的金属外壳是不导电的,但设备内部的某些绝缘材料损坏时,金属外壳就会导电。当人体接触到带电的金属外壳或带电的导线时,大于 10 mA 的交流电或大于 50 mA 的直流电流过人体时,就可能危及生命安全。我国规定 36 V (50 Hz) 的交流电

是安全电压,超过安全电压的用电就必须防止触电事故。

①设备漏电测试 检查带电设备是否漏电,使用试电笔最为方便。它是一种测试导线和电器设备是否带电的常用电工工具,由笔端金属体、电阻、氖管、弹簧和笔端金属体组成。大多数将笔尖制成改锥形式。如果把试电笔极端金属体与带电体(如相线)接触,笔尾金属端与人的手部接触,那么氖管就会发光,而人体并无不适感觉。氖管发光说明被测物带电,这样,可及时发现电器设备有无漏电。一般使用试电笔前要在带电的导线上预测,以检查其是否正常。

用试电笔检查漏电,只是定性的检查,欲知电器设备外壳漏电的程度还必须用其他仪表检测。

②保护接地 保护接地是用一根足够粗的导线,一端接在设备的金属外壳上,另一端接在接地体上(专门埋在地下的金属体),使设备与大地连成一体。一旦发生漏电,电流通过接地导线流入大地,从而降低外壳对地电压,当人体触及外壳时,流入人体电流会很小而不致触电。电器设备接地的电阻越小则越安全。如果电路有保护熔断丝,会因漏电产生电流而使保护熔断丝熔化并自动切断电源。一般的化工实验室用电采用这种接地方式已较少,大部分用保护接零的方法。

③保护接零 保护接零是把电器设备的金属外壳接到供电线路系统中的中性线上,而不需专设接地线和大地相连。这样,当电器设备因绝缘损坏而触及外壳时,相线(即火线)、电器设备的金属外壳和中性线就形成一个“单相短路”的电路。由于中性线电阻很小,短路电流很大,会使保护开关关断动作或使电路保护熔断丝断开,切断电源,消除触电危险。

保护接零是由供电系统中性点接地所决定的。对中性点接地的供电系统采用保护接零是既方便又安全的办法。但保证用电安全的根本方法是电器设备绝缘性良好,不发生漏电现象。因此,注意检测设备的绝缘性能是防止漏电造成触电事故的最好方法。

在保护接零系统内,不应再设置外壳接地的保护方法。因为漏电时,可能由于接地电阻比接零电阻大,使保护开关或熔断丝不能及时熔断,造成电源中性点电位升高,使所有接零的电器设备外壳都带电,反而增加了危险。

(2) 实验室用电的导线选择

实验室用电或实验流程中的电路配线,设计者要提出导线规格,有些流程要亲自安装,如果导线选择不当就会在使用中造成危险。导线种类很多,不同导线和不同配线条件下都有安全截流值规定,在有关手册中可以查到。

实验时,应考虑电源导线的安全截流量,不能任意增加负载而导致电源导线发热造成火灾或短路事故。合理配线的同时还应注意保护熔断丝选配适当,不能过大也不应过小。过大失去保护作用,过小则在正常负荷下会熔断而影响工作。

(3) 实验室安全用电注意事项

化工原理实验中电器设备较多,某些设备的电负荷也较大。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要求,对于直流电设备应检查正负极是否接对。必须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进行实验之前必须了解室内总电闸与分电闸的位置,以便出现用电事故时及时切断各电源。