



王俊文 张忠林 主编

化工基础

与创新实验



国防工业出版社

National Defense Industry Press

化工基础与创新实验

王俊文 张忠林 主编
郝晓刚 审校

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书重点介绍化学工程与工艺及其相关专业的化学工程类本科教学实验,内容包括绪论、实验数据误差分析及数据处理、化工基本物理量的测量、化工单元操作实验、单元操作演示实验、单元操作仿真实验、化工基础实验以及化工创新实验8个章节。

本书在简单介绍化工类实验基本操作知识、数据处理方法以及常用物理量测量的基础上,首先以化工原理课程内容为背景,阐述化工单元操作实验及其演示实验,并进行配套化工单元操作实验仿真操作的介绍;其次,以化学工程专业课程(分离工程、反应工程、化工基础等)内容为背景,阐述相关的化工基础实验;最后,以化工“卓越工程师”试点专业改革为背景,突出能源化工特点,进行化工创新实验的阐述。

本书在内容和结构安排上体现“分阶段、交叉式、阶梯化培养学生工程实践和创新能力”的教学理念,创新实验章节贯彻化工“卓越工程师”试点专业注重实践环节的精神,是产-学-研成果的教学转化形式,体现了能源化工的发展方向和最新动态,强调对学生实验技能、创新思维的锻炼与提升。每个实验均附有思考题,便于读者自学。

本书可作为高等院校化工类各专业的本科生教材,亦可供化工部门研究、设计和生产单位技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工基础与创新实验/王俊文,张惠林主编. —北京:国防工业出版社,2014.8
ISBN 978-7-118-09387-2

I. ①化... II. ①俊... ②惠... III. ①化学工程—化学实验 IV. ①TQ016

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第131680号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 311 千字

2014年8月第1版第1次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

化工实验属于工程实验范畴,是以“四大化学”理科实验为基础、具有典型工程特点的实践性教学环节,一般分为技术基础课实验、专业基础实验和专业实验三个主要环节。化工实验与课堂理论教学、习题课和课程设计等教学环节构成一个有机的整体。从专业培养角度看,实验教学是学生将理论应用于实践、培养其科技创新能力的重要环节。通过实验教学,除了巩固化工基本原理外,不仅要提高学生的操作技能及动手能力,而且要帮助学生逐步建立工程思维或工程问题处理方法。具体地讲,要在已有工程概念的基础上,逐步提高工程素质,建立起化工专业“三传一反”的完整知识体系理念;并运用已学专业知识去分析和解决实验中的现象,了解现代化工的发展趋势,在培养科研能力和创新思维的同时,为后继课程特别是毕业论文环节打好基础。

本书是配合落实教育部及中国工程院“卓越工程师教育培养计划”方案、以应用型人才培养为目标而编写的一本专业实验课程教材。本书在内容和结构安排上体现“分阶段、交叉式、阶梯化培养学生工程实践和创新能力”的教学理念,强调对学生实验技能、创新思维的锻炼与提升。内容共有8个章节,包括绪论、实验数据误差分析及数据处理、化工基本物理量的测量、化工单元操作实验、单元操作演示实验、单元操作仿真操作、化工基础实验以及化工创新实验。每个实验均附有思考题,各院校可根据各专业实际需要选择教学和实验内容。

本书以介绍化工类实验基本知识为基础,根据理论教学课程的不断推进,进行化工单元操作实验、化工基础实验的阐述,并以化工“卓越工程师”试点专业改革为背景,突出能源化工特点,组织化工创新实验,强化产-学-研成果的教学转化,体现能源化工的发展方向和研究动态。本书内容由浅入深,层次分明,便于读者自学。

本书由太原理工大学王俊文、张忠林负责统稿,参加编写工作的有:王俊文(第一章、第四章以及第八章的实验七、八、九),张忠林(第三章、第六章及第七章),段东红(第二章、第五章以及第八章的实验五),樊彩梅(第八章的实验一),郝晓刚(第八章的实验二),申峻(第八章的实验三),申迎华(第八章的实验四),梁镇海(第八章的实验六)。全书内

容由太原理工大学郝晓刚审校。

在本书编写过程中得到太原理工大学化学化工学院领导的关心和支持,以及化学工程系全体同仁和化工“卓越工程师”试点专业各导师的无私帮助,在此表示诚挚的感谢!同时感谢太原理工大学化工“卓越工程师教育培养计划”试点领导组提出的宝贵意见。

由于时间仓促,本书难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2013年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 实验教学目的和要求	2
一、化工实验教学目的	2
二、化工实验教学要求	3
第二节 实验室操作基本知识	5
一、化工实验注意事项	5
二、化工材料安全知识	5
三、高压钢瓶的安全使用	7
四、实验室消防	9
第三节 实验室安全用电	10
一、保护接地和保护接零	10
二、实验室用电的导线选择	11
三、实验室安全用电注意事项	12
第二章 实验数据误差分析与数据处理	14
第一节 实验数据的误差分析	14
一、误差的基本概念	14
二、有效数字及其运算规则	19
三、误差的基本性质	20
第二节 实验数据处理	26
一、确定需要测定的参数	26
二、测量参数的读数与记录	26
三、实验数据处理	27
第三章 化工基本物理量的测量	38
第一节 压力测量	38
一、液柱式压差计	38
二、弹性式压差计	41
三、电气式压差计	42

四、流体压力测量中的技术要点	44
第二节 流体流量测量	48
一、节流式(压力式)流量计	48
二、转子流量计	51
三、测速管(毕托管)	54
四、涡轮流量计	56
五、湿式气体流量计	58
六、皂膜流量计	58
七、流量计的校正	59
第三节 温度测量	60
一、温度测量的基本概念	60
二、化工生产和实验中常用的温度计	62
三、测温显示仪表	71
四、温度测量技术要点	72
 第四章 化工单元操作实验	 76
实验一 流体流动阻力的测定	76
实验二 离心泵特性曲线的测定	81
实验三 过滤实验	85
实验四 总传热系数的测定	89
实验五 对流传热系数的测定	92
实验六 精馏实验	96
实验七 填料吸收塔的操作和吸收系数的测定	102
实验八 干燥实验	108
参考文献	113
 第五章 演示实验	 115
实验一 雷诺实验	115
实验二 柏努利方程实验	116
实验三 热边界层实验	118
实验四 电除尘实验	119
实验五 旋风分离器实验	121
实验六 板式塔冷模实验	122
实验七 固体流态化实验	124
参考文献	124

第六章 单元操作实验仿真	126
一、仿真操作的意义	126
二、实验仿真软件	126
三、软件的启动	127
四、仿真操作示例	129
五、仿真评分评价	132
第七章 化工基础实验	135
实验一 连续釜式反应器停留时间分布实验	135
实验二 管式反应器停留时间分布实验	139
实验三 反应精馏工艺过程实验	141
实验四 超临界 CO ₂ 流体萃取实验研究	144
实验五 生物反应-膜分离一体化实验	149
实验六 微型反应器催化剂性能测试实验	153
实验七 分子(短程)蒸馏实验	157
实验八 气-固流化床的流体力学特性测定	160
参考文献	166
第八章 化工创新实验	167
实验一 光催化降解水中有害有机物的实验研究	167
实验二 渗透汽化膜分离回收苯酚实验研究	173
实验三 非纯氢气氛下煤直接液化的研究	177
实验四 pH 响应性阳离子微凝胶的制备及应用	181
实验五 燃料电池电极性能测试	185
实验六 钕铁硼磁体电镀锌研究	190
实验七 甲烷部分氧化制合成气催化剂性能测试	192
实验八 乙酸催化加氢制取乙醇实验	196
实验九 Zn/ZSM-5 催化剂的制备及 MTG 性能的测试	200
参考文献	205
附录 A 回流液增量 ΔL 的计算方法	206
附录 B 乙醇溶液相关数据表	207
附录 C PV4A 型颗粒速度测量仪的基本调整方法	209

第一章 绪 论

为适应 21 世纪科学技术发展的需要,化工类人才培养的总体目标为:专业口径较宽、基础理论知识扎实和工程技术素养较高,能从事化工生产、研究、开发、设计和生产管理,且具有创新精神的高级工程技术人才。

化工实验属于工程实验范畴,是在“四大化学”理科实验基础上,具有典型工程特点的实践性教学环节,可分为技术基础课实验、专业基础实验和专业实验。化工实验与课堂理论教学、习题课和课程设计等教学环节构成一个有机的整体。从专业培养角度看,实验教学是学生将理论应用于实践、培养科技创新能力的重要环节。通过实验教学,学生除了巩固化工基本原理外,不仅要提高操作技能及动手能力,而且要逐步建立工程思维或工程问题处理方法。具体来讲就是:要在已有的工程概念基础上,逐步提高其工程素质,建立起化工专业“三传一反”完整的知识体系理念;并运用已学专业知识和解决实验中的现象,了解现代化工的发展趋势,在培养科研能力和创新思维同时,为后继课程特别是毕业论文环节,打好基础。

1) 技术基础课实验

主要针对《化工原理》、《化学工程基础》等课程的各化工单元操作,实验内容与课程讲授较为接近。其目的是在验证基本理论的基础上,锻炼和增强学生的操作技能,建立工程基本概念。

2) 专业基础实验

主要针对《化学反应工程》和《化工分离过程》等课程,是工程性较强的设计性、综合性实验。首先,应收集和查阅与实验内容有关的文献资料,制订出实验方案,包括实验的基本原理、实验体系的选择、实验操作方法以及工艺条件等;然后,根据实验方法合理选择操作仪器和准备实验器材等,并自行完成实验现场操作;最后,根据实验结论,写出设计性实验报告或撰写一篇小学术论文,对实验整体过程予以分析和总结。其目的是在增强学生工程素质和科研创新能力的同时,逐步提高其科技信息获取以及计算机技术应用等方面的实践能力。

3) 专业实验

主要针对《化工工艺学》以及其他专业选修课程,是与实际生产相接近的工程设计性和综合性实验。其反应体系较为复杂,工艺流程和实验操作步骤较多,且代表学科的发展趋势,是实验教学的最后阶段。其目的在于培养综合能力,了解学科的发展方向,建立起化工过程“三传一反”的完整知识体系。

长期以来,化工实验常以验证课堂理论为主,教学安排上也仅作为课堂理论教学的一部分。近 20 年来,由于化学工程、石油化工、生物工程的飞跃发展,新材料的研制、新能源的利用以及高新科技产品的开发都对化工过程与设备的研究提出了更高的要求,新型高效率、低能耗化工设备的研究也更为迫切。为适应新形势的要求,加强学生实践环节的教

育,将化工实验全部单独设课成为教学改革的方向和要求。为此,近10年来,我们实施了一系列实验教学改革:首先,进行了实验教学大纲的重新修订和教学内容的整合和优化;其次,将化工单元操作相关实践内容作为化工原理(二)单独设课;随后,将原化工专业实验分为化工基础实验和化工工艺实验两部分,扩大实验教学学时,由原来的30学时扩大为40学时;最后,以化工专业“卓越工程师”培养计划为指引,以学科发展和研究动态为方向,通过产-学-研相结合,进行了化工创新实验部分的整理和编写。通过近10年的教学改革,调动了学生学习的积极性,学生的潜能得到充分发挥,其工程素质大大提高。

第一节 实验教学目的和要求

一、化工实验教学目的

为提高实验课教学质量,我们在调整理论课教学内容的同时,在原讲义《化工单元操作实验》和《化工基础实验技术》的基础上,编写了新的实验课教材——《化工基础与创新实验》,增加化工创新实验部分,基本构成了化工“三传一反”的实验教学体系。按照实验课教学大纲的基本要求,针对学生普遍存在的实践薄弱环节,在内容编排上,从以下几个方面进行了考虑:

1. 巩固和深化课堂所学的理论

根据全国高校化工教学指导委员会的要求和规定,从实验目的、实验原理、装置流程、数据处理等方面,组织各实验内容。通过实验可进一步学习、掌握和运用学过的基础理论,加深对化工实验的理解,巩固和深化所学的理论知识。例如,离心泵特性曲线测定实验使学生进一步了解离心泵性能和管路性能的各种影响因素,帮助学生理解从教科书本上较难弄懂的概念。

2. 培养基本的实验技能和科研能力

对于化工类专业来说,化工实验之前有物理、化学、物化等基础实验,其后有专业课程设计和毕业论文等教学环节。而从教学角度看,应从纵的方向培养和提高学生的实验创新能力,具体包括:

- (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) 根据实验的原始数据进行数据处理,获得实验结果的能力;
- (5) 运用文字、图表等撰写技术报告的能力。

上述能力是科学研究的基础,学生只有通过反复训练才能掌握。化工类专业实验往往规模较大,接近工程实际,为多因子影响的综合实验。所以,学生经过实验课可初步奠定和增强工程素质,将来参加实际工作后,就可独立地设计和操作新实验,完成科研和技术开发的任务。

3. 培养严肃认真的科学作风

通过误差分析及数据处理,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,分析误差的性质及影响程度。培养学生严肃认真的学习态度和实事求是的科学精神,为将来从事科学研究和解决工程实践问题奠定基础。

4. 丰富化学工程的实际知识

在化工、材料、能源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,要保证测量值达到所要求的精度,必然涉及到测量技术问题。掌握常用测试仪器的基本原理和使用方法,不仅可以解决这一问题,还可丰富学生的实践知识。同时,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,除单个实验的特殊要求以外,学生必须具备和遵守一定的安全知识和注意事项,例如:泵、风机的启动,高压钢瓶的安全使用,化学药品的使用和防护措施等。

总之,化工实验教学的目的着重于实践能力和解决实际问题能力的培养。这种能力的培养是理论学习所无法替代的。

二、化工实验教学要求

对于学生来说,化工实验是第一次接触到的工程类实验。学生往往感到陌生、恐惧或无法下手;有的学生又因为是几个同学在一个小组而存在依赖心理。为了切实取得教学效果,要求每个学生必须做到以下几点。

1. 提前预习环节

(1) 认真阅读实验教材,复习理论教学的有关内容。清楚掌握实验项目的要求、实验所依据的原理、实验操作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) 到实验室现场熟悉实验设备及其工艺流程,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,学生应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。预习报告的内容包括实验目的、原理、工艺流程、操作要点、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) 特别要考虑操作中哪些设备或哪个步骤会产生危险,应如何进行避免和防护,以保证实验过程中人身和设备的安全。

必须强调的是:不预习者不准进行实验现场的实际操作;预习报告未经指导教师检查通过,也不可现场操作实验。

2. 现场操作环节

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。

设备启动前必须完成装置检查,使其设备处于启动状态;然后再进行送电、通水或蒸汽等启动操作。

(1) 现场操作是动手动脑的重要过程,一定要严格按操作规程进行。安排好测量范围、测量点数目、测量点的疏密分布等。

(2) 实验进行过程中,操作要认真、细心和平稳。

详细观察所发生的各种现象,记录在记录本上,例如精馏实验中筛板塔的气-液流动状态的变化等,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,应首先分析实验中存在的问题,找出其原因并进行解决。实验数据要记录在准备好的表格内。实验有异常现象,应及时向指导教师反映。

实验数据的记录应仔细认真、整齐清楚。① 记录数据应是原始数据的直接读取,不要经过计算后记录。例如,U型压差计的两端液柱高度差,应分别读取U型液柱左右两边的直接数值,不应计算或记录液柱的差值。② 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;对于连续的非稳态操作,要在实验前充分熟悉,并计划好记录的位置或时刻等,如过滤实验中的滤液体积 V 和过滤时间 t 等。③ 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,在测量时应进行估值,便于对系统进行合理的误差分析。④ 对待实验数据应以科学态度,不能凭主观臆测随意修改记录,也不能随意舍弃数据。对于可疑数据,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。⑤ 记录数据应书写清楚,字迹工整。记错的数字应划掉,不要涂改,以免造成误读或看不清。要注意保存原始数据,以便检查核对。

学生应注意培养自己严谨的科学作风,养成良好的习惯。

(3) 实验结束后,整理好原始数据,将实验设备和仪表恢复原状,切断电源,清扫实验设备及周围场地的卫生。等指导教师签字或允许后,方可离开实验室。

3. 工作总结环节

实验报告是对实验进行的全面总结,作为一份技术文件,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,得出的公式或图表有明确的使用条件或坐标等。撰写实验报告的能力需要经过严格训练,为今后写好研究技术报告和科学论文打下基础。因此要求学生独立完成此项工作。

实验报告包括以下内容:

- (1) 实验时间、报告人(专业和班级)、同组者姓名等。
- (2) 实验名称、实验目的与要求等。
- (3) 实验的基本原理。
- (4) 实验装置简介、流程图及主要设备的类型和规格。
- (5) 实验操作的主要步骤或注意事项。
- (6) 原始数据记录表格。
- (7) 实验数据的整理。实验数据的整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。
- (8) 将实验结果用图示法、列表法或方程表示法等进行归纳,得出结论。
- (9) 对实验结果及出现的问题进行分析和讨论。
- (10) 参考文献。

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。图表的绘制必须用直尺、曲线板或计算机数据处理。实验报告应采用学校统一印制的实验报告纸编写。

报告应在指定时间交给指导老师批阅。

第二节 实验室操作基本知识

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,在这里列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

1. 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。

2. 仪器仪表使用前必须做到

(1) 掌握原理与结构。

(2) 熟悉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) 接入电路前必须经指导教师检查。

3. 操作过程中注意分工配合

小组成员应严守自己的岗位,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。产生不合规律的现象,要及时提出和反映,分析其原因,不要轻易放过。

4. 操作过程中设备及仪表问题处理

设备及仪表发生问题时,应立即按停车步骤停车,及时上报指导教师。学生应自己分析原因,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。

5. 实验结束时设备关闭

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,然后再切断电机电源。

6. 化工实验要特别注意安全

实验前要清楚知道总电闸的位置以及灭火器材的安放地点。

二、化工材料安全知识

为了确保人身和设备的安全,从事化工实验的实验者必须具备以下安全知识。

1. 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。对不同危险的药品,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: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。因此了解危险性性质与分类十分必要。

危险药品大致分为下列几种类型:

(1) 爆炸性物品,例如硝酸铵(硝酸炸药的主要成分)、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,对热和机械作用(研磨、撞击等)很敏感,爆炸威力很强,特别是干燥的爆炸物爆炸时威力更强。

(2) 氧化剂,例如高氯酸盐、过氧化物、过硫酸盐、高锰酸盐、重铬酸盐、硝酸盐等,本身不能燃烧,但在受热、受阳光直射或与其他药品(酸、水等)作用时,能产生氧,起助燃作用并造成猛烈燃烧。强氧化剂与还原剂或有机药品混合后,因摩擦、撞击会发生爆炸,如氯酸钾与硫混合可因撞击而爆炸。

(3) 自燃物品,例如硝化纤维、黄磷等,在空气中能因逐渐氧化而自燃,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。自燃物品不应在实验室内堆放。

(4) 遇水燃烧物(钾、钠、钙等轻金属),因遇水时能产生氢和大量的热,以至发生爆炸。电石遇水能产生乙炔和大量的热,即使冷却有时也能着火,甚至会引起爆炸。

(5) 易燃液体和可燃气体,容易挥发和燃烧,达到一定浓度遇明火即着火。若在密封容器内着火,甚至会造成容器超压破裂而爆炸。易燃液体的蒸汽一般比空气重,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,例如松香、石蜡、硫、镁粉、铝粉等,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) 毒害性物品,如汞、钡盐、农药等,根据对人身的危害程度分为剧毒药品(氰化钾、砒霜等)和有毒药品(农药)。实验室所用毒品应有专人管理,建立保存与使用档案。

(8) 腐蚀性物品,如硫酸、盐酸、硝酸、氢氟酸、苯酚、氢氧化钾、氢氧化钠等,对皮肤和衣物都有腐蚀作用。特别在浓度和温度较高的情况下,作用更甚。使用时应防止与人体(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的使用和操作有一定要求,有关内容在高压钢瓶的安全使用一节中专门介绍。

2. 安全使用危险药品

实验用的毒品必须按规定手续领用与保管。剧毒品要登记注册,并有专人管理。使用后的废液必须妥善处理,不允许倒入下水道中。凡是产生有害气体的实验操作,必须在通风橱内进行。但应注意不能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。

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,在

此不一一介绍。

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 $2/3$ 。对沸点低的易燃有机物品蒸馏时,不应使用直接明火加热,也不能加热过快,致使急剧汽化而冲开瓶塞,引起火灾或造成爆炸。

在化工实验中,压差计中的水银往往被人们所忽视。水银是一种累计性的毒物,水银进入人体不易被排除,累计多了就会中毒。一旦水银冲洒出压差计,一定要尽可能地将它收集起来。对于无法收集的细小颗粒,要用硫磺粉和氯化铁溶液覆盖。因为细粒水银蒸发面积大,易于蒸发汽化,不能采用扫帚一扫或用水一冲的自欺欺人办法。

绝不允许实验室内任何容器作食具,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。

3. 易燃物品的安全使用

任何一种可燃气体在空气中构成爆炸性混合气体时,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。体积比超过上限的混合气,遇明火会发生燃烧,还会爆炸。例如甲苯蒸汽在空气中的浓度为 $1.2\% \sim 1.7\%$ 时,就构成爆炸性的混合气体,在这个温度范围遇明火(火红的热表面、火花等各种火源)即发生爆炸。当气体在空气中所占的体积比逐渐升高或降低,浓度由爆炸限以外进入爆炸限以内,会突然发生爆炸。

对于具有爆炸性的混合气体,若认真严格按照安全规程操作,是不会有危险的。构成爆炸应具备两个条件:①可燃物在空气中的浓度落在爆炸限范围内;②有明火存在。在配气时,必须严格控制。使用可燃气体时,必须在系统中充氮吹扫空气,同时还必须保证装置严密不漏气。实验室要保证有良好通风,并禁止在室内有明火和敞开式的电热设备等。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。

三、高压钢瓶的安全使用

在化工实验中,另一类需要引起特别注意的东西,就是各种高压气体。化工实验中所用的气体大体可分为两类:一类是具有刺激性的气体,如氨、二氧化硫等,这类气体的泄露一般容易被发觉;另一类是无色无味,但有毒性且易燃、易爆的气体,如一氧化碳等,不仅易中毒,且在室温下空气中易爆炸,其爆炸范围为 $12\% \sim 74\%$ 。

高压钢瓶是一种贮存各种压缩气体或液化气体的高压容器。钢瓶容积一般为 $40 \sim 60\text{L}$,最高工作压力多为 15MPa ,最低也在 0.6MPa 以上。瓶内压力很高,贮存的气体可能有毒或易燃易爆,故应掌握气瓶的构造特点和安全知识,以确保安全。

气瓶主要由筒体和瓶阀构成,其他附件还有保护瓶阀的安全帽、开启瓶阀的手轮以及运输过程减少震动的橡胶圈。在使用时,瓶阀口还要连接减压阀和压力表。

标准高压气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,还必须定期送有关部门进行水压试验。经过检验合格的气瓶,在瓶肩上用钢印打上下列资料:

(1) 制造厂家;

- (2) 制造日期;
- (3) 气瓶型号和编号;
- (4) 气瓶重量;
- (5) 气瓶容积;
- (6) 工作压力;
- (7) 水压试验压力,水压试验日期和下次试验日期。

各类气瓶的表面都应涂上一定的颜色的油漆,其目的不仅是为了防锈,主要是能从颜色上迅速辨别钢瓶中所贮存气体的种类,以免混淆。常用的各类气瓶的颜色及其标识如表 1-1 所列。

表 1-1 常用的各类气瓶的颜色及其标识

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	15	22.5	浅蓝色	氧	黑色	正扣
氢	15	22.5	暗绿色	氢	红色	反扣
氮	15	22.5	黑色	氮	黄色	正扣
氨	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
氩	3(液)	6	黄色	氩	黑色	正扣
氯	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

为了确保安全,在使用钢瓶时,一定要注意以下几点:

(1) 当气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曝晒,尤其在夏天更应注意。

(2) 气瓶即使在常温下受到猛烈撞击,或不小心将其碰倒跌落,都有可能引起爆炸。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、搬手等金属器具敲打钢瓶。

(3) 瓶阀是钢瓶的关键部件,必须进行保护,否则将会发生事故。

① 若瓶内存放的是氧、氢、二氧化碳和二氧化硫等,瓶阀的材料可为铜和钢。当瓶内存放的是氨时,瓶阀及减压阀等的材料须用钢,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瓶阀及其减压阀的连接管为左旋螺纹;而氧气等不可燃烧气体瓶阀及其连接管为右旋螺纹。③ 氧气瓶阀严谨接触油脂。因为高压氧气与油脂相遇,会引起燃烧,以至爆炸。开关氧气瓶时,切莫用带油污的手和搬手。④ 要注意保护瓶阀。开关瓶阀时,一定要搞

清楚方向后缓慢转动,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。使用完毕和搬运时,一定要安上保护瓶阀的安全帽。⑤ 当瓶阀发生故障时,应立即报告指导教师。严禁擅自拆卸瓶阀上的任何零件。

(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 0.5MPa 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许多教训。乙炔钢瓶规定剩余压力与室温有关,如表 1-2 所列。

表 1-2 乙炔钢瓶的剩余压力与室温关系

室温/℃	< -5	-5 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
余压/MPa	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3

(6) 气瓶必须严格按期检验。

四、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. 火砂箱

易燃液体和其他不能用水灭火的危险品,着火时可用砂子来扑灭。潮湿的砂子遇火后因水分蒸发,致使燃着的液体飞溅。这种灭火工具只能扑灭局部小规模的火源。

2. 石棉布、毛毡或湿布

这些器材适于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。

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)。使用时将灭火器倒置,马上有化学反应生成含 CO₂ 的泡沫。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。泡沫本身是导电的,不能用于扑灭电线和电器设备火灾。

4. 四氯化碳灭火器

该灭火器是在钢筒内装有 CCl₄ 并压入 0.7MPa 的空气,使灭火器具有一定的压力。使用时将灭火器倒置,旋开手阀喷出 CCl₄。其蒸汽比空气重,能覆盖在燃烧物表面与空气隔绝而灭火。它适用于扑灭电器设备的火灾。因 CCl₄ 有毒,使用时要站在上风侧。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

使用时,旋开手阀,CO₂ 就能急剧喷出,使燃烧雾与空气隔绝,同时降低空气中含氧