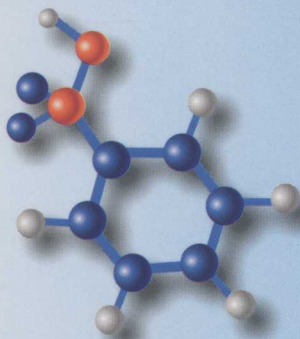




21世纪全国高等院校材料类 **创新型** 应用人才培养规划教材



MATERIALS

高分子材料与工程实验教程

主 编 刘丽丽

主 审 朱传勇

- 吸收实验教学的最新成果
- 增加真实实验仪器装置图
- 扩充综合设计性实验内容

Materials



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

高分子材料与工程实验教程

主 编 刘丽丽

副主编 浦丽莉 李伟奇 胡明星

主 审 朱传勇



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书分为绪论、正交试验设计、数据处理、高分子基础实验、高分子材料成形加工与性能实验、综合性实验、设计性实验 7 个部分,力求较全面地反映高分子材料与工程实验的内容,涉及范围广,应用性强。当代计算机技术的飞速发展,使得各个领域的科学家和工程人员运用计算机去解决各自领域中的问题,因此本书从实验方案入手,融入一定量的计算机模拟技术和利用计算机处理数据的实验内容。另外,对某些实验还从不同的侧面反映同一实验目标,内容齐全,信息量大,这对高分子材料与工程实验教与学有较大帮助。

本书可作为高等院校材料类、化学类、化工类、环境类等相关专业的实验教学用书,也可供其他相关专业参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

高分子材料与工程实验教程/刘丽丽主编. —北京:北京大学出版社, 2012. 8

(21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978 - 7 - 301 - 21001 - 7

I. ①高… II. ①刘… III. ①高分子材料—实验—高等学校—教材 IV. ①TB324.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 166449 号

书 名: 高分子材料与工程实验教程

著作责任者: 刘丽丽 主编

策 划 编 辑: 童君鑫 宋亚玲

责 任 编 辑: 宋亚玲

标 准 书 号: ISBN 978 - 7 - 301 - 21001 - 7/TG · 0030

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京富生印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 296 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010 - 62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高等院校材料类创新型应用人才培养规划教材

编审指导与建设委员会

成员名单（按拼音排序）

- | | |
|--------------|----------------|
| 白培康（中北大学） | 陈华辉（中国矿业大学） |
| 崔占全（燕山大学） | 杜彦良（石家庄铁道大学） |
| 杜振民（北京科技大学） | 耿桂宏（北方民族大学） |
| 关绍康（郑州大学） | 胡志强（大连工业大学） |
| 李楠（武汉科技大学） | 梁金生（河北工业大学） |
| 林志东（武汉工程大学） | 刘爱民（大连理工大学） |
| 刘开平（长安大学） | 芦笙（江苏科技大学） |
| 裴坚（北京大学） | 时海芳（辽宁工程技术大学） |
| 孙凤莲（哈尔滨理工大学） | 孙玉福（郑州大学） |
| 万发荣（北京科技大学） | 王春青（哈尔滨工业大学） |
| 王峰（北京化工大学） | 王金淑（北京工业大学） |
| 王昆林（清华大学） | 卫英慧（太原理工大学） |
| 伍玉娇（贵州大学） | 夏华（重庆理工大学） |
| 徐鸿（华北电力大学） | 余心宏（西北工业大学） |
| 张朝晖（北京理工大学） | 张海涛（安徽工程大学） |
| 张敏刚（太原科技大学） | 张锐（郑州航空工业管理学院） |
| 张晓燕（贵州大学） | 赵惠忠（武汉科技大学） |
| 赵莉萍（内蒙古科技大学） | 赵玉涛（江苏大学） |

前 言

“高分子材料与工程实验教程”是高等院校材料类、化学类、化工类、环境类等相关专业学生必修的重要实践课程。它与高分子材料理论课相互依存、相辅相成，高分子材料与工程实验教学对于加深学生对理论课知识的理解、训练实验技能、掌握实验测试技术、培养解决实际问题的能力有着重要作用。

为了更好地适应当代计算机技术飞速发展的需要，及时跟上实验技术的进步和实验仪器更新换代的步伐，本书从实验方案入手，融入一定量的计算机模拟技术和利用计算机处理数据的实验内容；并在实验教学中不断充实实验内容、优化实验方法、更新实验仪器、总结实验经验；对某些实验还从不同的侧面反映同一实验目标，内容齐全，信息量大。考虑到实验教材也应该随着科学技术的发展和实际应用需求而与时俱进，不能只限于加深学生对理论知识的理解，更多地要从“应用”上下工夫，使教材更好地为培养应用型人才服务。因此，在编写时我们十分重视实验测试技术的强化及其应用潜力的开发。所选实验联系理论教材实际，照顾理论教材的知识面和章节结构。实验所需条件不脱离一般实验室实际。其中，有经典实验，也有改进实验和新编实验；有综合性实验，也有设计性实验。为便于学生预习和收到更好的实验教学效果，还在实验项目内容中增加了实验仪器装置图、思考题及注意事项等内容。

本书具有以下几个特点：①精选实验内容，力求涵盖面较宽，适合化学类、材料类、化工类、环境类专业使用；②尽量吸收反映高分子材料实验教学的最新成果，采用先进且价格适中的实验仪器、装置，更新不合时宜的实验内容；③扩充了综合设计性实验内容，有利于学生综合实验能力的培养和提高；④内容叙述力求简洁。

本书分为绪论、正交试验设计、数据处理、高分子基础实验、高分子材料成形加工与性能实验、综合性实验、设计性实验 7 个部分，由黑龙江工程学院和哈尔滨工业大学合编。本书的编写采用分工协作完成。其中李伟奇负责编写第 1 章、第 2 章、第 3 章；刘丽丽负责编写第 4 章及第 5 章 5.15~5.18 节；浦丽莉负责编写第 5 章的 5.1~5.14 节；胡明星负责编写第 6 章、第 7 章的内容。同组人员共同完成书稿的通读、整理和定稿，本书由朱传勇审稿。本书编写过程中得到了黑龙江工程学院材料与化学工程系朱传勇、高春波、林鹏的大力支持，并参考了国内同类教材的部分内容，在此一并表示衷心的感谢！

由于本书编者水平所限，加之时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请使用本书的读者多提宝贵意见。

编 者

2012 年 6 月于哈尔滨

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 高分子材料与工程实验的特点和任务 1
 - 1.1.1 特点 1
 - 1.1.2 任务 1
- 1.2 学习方法 3
- 1.3 高分子材料与工程实验室安全知识 4
 - 1.3.1 安全用电常识 5
 - 1.3.2 使用化学药品的安全防护 6
 - 1.3.3 受压容器的安全使用 8

第 2 章 正交试验设计 11

- 2.1 正交试验设计的基本概念 11
- 2.2 正交试验设计的基本原理 12
- 2.3 正交试验设计的基本程序 13
 - 2.3.1 试验方案设计 14
 - 2.3.2 试验结果分析 15

第 3 章 数据处理 19

- 3.1 应用 Excel 处理实验数据 19
 - 3.1.1 用 Excel 制工作表 19
 - 3.1.2 Excel 编辑表 21
 - 3.1.3 Excel 中的公式和函数 23
 - 3.1.4 Excel 的图表 24
 - 3.1.5 应用实例 25
- 3.2 应用 Origin 处理实验数据 29
 - 3.2.1 Origin 主要功能 29
 - 3.2.2 Origin 的安装 30
 - 3.2.3 数据输入 30
 - 3.2.4 图形生成 31
 - 3.2.5 坐标轴的标注 33

- 3.2.6 线条及实验点图标的修改 34
- 3.2.7 数据的拟合 34
- 3.2.8 其他功能 35

第 4 章 高分子基础实验 38

- 4.1 甲基丙烯酸甲酯的单体聚合 38
- 4.2 脲醛树脂的制备 39
- 4.3 乙酸乙烯酯的乳液聚合——白乳胶的制备 42
- 4.4 双酚 A 型环氧树脂的合成及共固化 44
- 4.5 膨胀计法测定甲基丙烯酸甲酯本体聚合反应速率 48
- 4.6 引发剂分解速率常数的测定 51
- 4.7 软质聚氨酯泡沫塑料的制备 53
- 4.8 丙烯酸酯乳胶漆制备 56
- 4.9 苯乙烯的悬浮聚合 60
- 4.10 聚醋酸乙烯酯的溶液聚合 64
- 4.11 淀粉接枝丙烯腈高吸水树脂的制备 66
- 4.12 用“分子模拟”软件构建全同 PP、PE 并计算其末端距 68
- 4.13 黏度法测定聚合物的黏均分子量 75
- 4.14 红外光谱法定性鉴定苯甲酸 83
- 4.15 塑料焊接实验 84
- 4.16 溶胀法测定橡胶的交联密度 88
- 4.17 黏度的测定 90
- 4.18 扫描电镜的工作原理和操作 92
- 4.19 扫描电镜图像观察和试样制备 94
- 4.20 微波辐射合成淀粉丙烯酸高吸水性树脂 96
- 4.21 水溶性聚乙烯醇的制备 97



第 5 章 高分子材料成形加工与性能实验	100
5.1 塑料挤出吹膜实验	100
5.2 热塑性塑料注射成形	104
5.3 挤出成形聚氯乙烯塑料管材	108
5.4 聚氨酯泡沫塑料的加工	112
5.5 淀粉基热塑性塑料母料的制备	115
5.6 生物降解塑料流动速率的测定	117
5.7 淀粉基热塑性塑料的拉伸强度测定	121
5.8 塑料压缩强度实验	124
5.9 高分子材料冲击性能实验	126
5.10 弯曲性能测定	129
5.11 塑料撕裂强度	133
5.12 生物降解塑料挤出吹膜成形实验	134
5.13 热固性塑料模压成形工艺实验	136
5.14 天然橡胶的加工成形	139
5.15 热塑性塑料中空吹塑成形工艺实验	143
5.16 不饱和聚酯的增稠及 SMC 的制备	146
5.17 玻璃钢(FRP)制品手糊成形实验	147
5.18 塑料激光雕刻成形	149
第 6 章 综合性实验	153
6.1 甲基丙烯酸甲酯的本体聚合成形及其性能测定	153
6.1.1 甲基丙烯酸甲酯单体的预处理	153
6.1.2 引发剂的精制	154

6.1.3 甲基丙烯酸甲酯的本体聚合及成形	155
6.1.4 黏度法测定聚甲基丙烯酸甲酯的相对分子质量	156
6.1.5 有机玻璃薄板的光学性能测试	157
6.2 聚乙烯醇缩丁醛的制备	163
6.2.1 醋酸乙烯酯的乳液聚合	163
6.2.2 聚醋酸乙烯酯的溶液聚合与聚乙烯醇的制备	165
6.2.3 聚乙烯醇及其缩丁醛的制备	166
6.3 油改性醇酸树脂的制备	168
6.3.1 植物油改性醇酸树脂	168
6.3.2 猪油改性醇酸树脂的制备	170
6.4 酚醛泡沫的制备及性能表征	172
6.5 苯乙烯的正离子聚合	174
6.6 淀粉基热塑性塑料的注射成形工艺实验	176

第 7 章 设计性实验	181
7.1 碱木质素基聚氨酯薄膜的制备及性能检测	181
7.2 废旧高分子材料的分离与鉴定	182
7.3 丙烯酸乳液压敏胶的制备	184
7.4 尼龙-66 的制备	185
7.5 增容木粉/LDPE 复合材料的制备与性能测定	186

附录	188
----------	-----

参考文献	196
------------	-----

第 1 章

绪 论

1.1 高分子材料与工程实验的特点和任务

1.1.1 特点

高分子材料与工程实验是一门实践性技术基础课。本实验教程设置的项目(除绪论外)包括正交试验设计、数据处理、基础实验、成形加工与性能实验、综合性实验和设计性实验六大版块。将基础化学中的基本单元操作有机地组合,通过教学达到巩固学生基础化学实验技能的目的,再结合正交试验设计理念和数据处理,培养学生综合实验能力,提高学生的综合实验素质,为学习后续课程和将来从事生产技术工作奠定坚实基础。

长期以来,传统观点认为学生上实验课做实验是验证所学的书本知识,加深对书本的理解和记忆,“实验”这个词的验证含义已经深深地植入人们的大脑之中。当然,由于理论教学的需要,适当做些验证性的实验是必要的,但只做验证性的实验是不够的。改革开放以来,高等教育要求大学等毕业生要具有较强的动脑和动手能力,因此传统的教育观念必须改变,学生不仅要验证性的实验,还要做测试性、综合性和设计性的实验。

在实际工作中,无论是一个科研项目的探索性实验,还是一种材料的性能实验,一般都由一系列的单项实验组成,都得按计划一个一个地做,然后根据各项实验现象或数据分析和判断,得出最终实验结果(结论)。高分子材料与工程实验也是这样,可以按教学要求或实验室的条件选择一种类型进行实验教学。但无论选择做何种类型的实验,都是由一系列的单项实验组成的,每个单项实验都为实验设计的总目标服务,按计划一个一个地做。为此,在做每个实验时要有整体实验的概念,要考虑每个实验之间的联系、每个实验可能对最终实验结果产生的影响。

1.1.2 任务

高分子材料与工程实验的任务可以概括为:对学生进行实验思路、实验设计技术和方



法的培养；对学生进行工程、创新能力的培养；对学生进行理论联系实际和自主学习的培养。学生应在指导教师的具体指导下，逐步实现独立操作。学生通过实验将达到以下要求。

1. 完善本专业的知识结构

在高等教育中，理论教学和实验教学是大学教育的两个主要项目，两者相辅相成，并由此构成完整的教学体系。

从某种意义上说，实验也是材料科学知识的具体应用与深化。通过实验教学环节，使学生巩固在理论课中所学的材料制备、各种基本物理化学性能及测量这些性能的理论知识，加深对本专业的认识和理解，完善本专业的知识结构，从而达到本专业应有的水平。充分利用所学过的知识对实验中所产生的现象进行合理的解释和分析，能够分析出实验失败的原因和总结出成功的经验，这对于学生今后从事有关实际工作有重要意义。

2. 培养和提高能力

高分子材料与工程实验课程的主要任务是通过基础知识的学习和实际操作训练，使学生初步掌握本专业实验的主要方法和操作要点，培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力，这些能力主要包括以下几点。

(1) 自学能力。学会独立查阅资料，尤其是充分利用网上资源。能对所查阅的资料进行分析、汇总，设计实验方案，提交出实验所需仪器、药品；能够自行阅读实验教材，按教材要求做好实验前的准备，尽量避免“跟着老师做实验，老师离开就停转”的现象。

(2) 动手能力。能借助教材和仪器说明书，正确使用仪器设备；能够利用所学知识对实验现象进行初步分析判断；能够正确记录和处理实验数据、绘制曲线、说明实验结果、撰写合格的实验报告等。

3. 培养和提高素质

素质的教育与培养是大学教育的重要一环。实验教学不仅是让学生理论联系实际，学习科研方法，提高科研能力，还要使学生具有较高的科研素质。科研素质主要包括以下几个方面。

(1) 探索精神。通过对实验现象的观察、分析和对材料的物理化学性能测量数据的处理，探索其中的奥妙，总结其中的经验，提出新的见解，创立新的理论等。

(2) 团队精神。在实验教学环节中，有许多实验是单个人无法独立完成的，有的实验要花上十几个小时甚至几天才能完成，实验中必须多人分工合作才能进行，要充分发挥集体的力量才能使实验成功；要通过做这类实验提高实验组成员的凝聚力，使学生之间的关系更加融洽；要通过做这类实验使学生认识到团队协作精神在材料这个行业中的重要性，增强责任感和事业心，培养团队协作精神和能力，为将来的工作打好基础。

(3) 工作态度。做实验有时是枯燥乏味和艰苦的。但是，纵观做出贡献的科学家或工程师，几乎都是在实验室里刻苦工作干出来的。因此，在实验教学中要教育学生，要求学生刻苦钻研、严谨求实、一丝不苟地做实验，要督促他们在实验室里进行磨炼，认真把实验做好。要使之明白“先苦后甜”的道理，只有在大学的学习中学会对工作、对生活的正确态度，才能胜任将来材料研究或生产的工作。

(4) 人文素质。人文素质通常指人文科学知识和素养。材料类专业的学生在大学期间

这方面的课程学得不多,因而有的学生人文素质极差,写作水平低下。在实验教学中要求学生通过写较高质量的实验预习报告、设计实验开题报告、实验课题总结报告等形式,提高学生的人文科学知识和素养。

(5) 优良品质。21 世纪对人们道德的评价,是以社会公认的公民素质为主来评判的。其标准是具有高度的公民觉悟和公民意识,即具有整体意识、高尚的情操、健全的良好的人格;具有奉献精神、自尊自爱、尊重他人、关心他人、先人后己;具有热情、文明行为,诚实守信,会合作、有良好的人际关系;有个性、有主见;有较强的控制力、坚定的信念、良好的情绪,不因为时势所动;有敬业精神、开拓精神、有新的观念、宽阔的视野、会生存等。只有具备高尚品质的人,才能受人尊重,并在自己工作中做出突出成绩。

在实验教学的过程中,教师要对学生进行引导,使学生克服不良的习惯,提高道德品质,为提高大学生的综合素质做贡献。

1.2 学习方法

传统的实验教学方法是灌输式,学生围着老师转,有许多缺点。但是,传统教育也培养出许多优秀的学生,他们会思考,动手能力强,在工作中做出了不少成绩,或为人类做出了较大的贡献。在相同的条件下培养出了不同质量的学生,答案只有一个,那就是学生个体的特性在起作用,而学习方法不同无疑是主要的影响因素之一。当然,实验教学改革的目的和重点是要让学生从被动转为主动,但对学生来说,无论教师采取什么教学方式,自己发挥主观能动性,自己把被动转为主动,就能把学习搞好,就能成为具有真才实学的人。

为了达到期望的实验教学效果,作者提出以下建议供参考。

1. 重视实验

随着改革开放的不断深入及社会主义市场经济体制的建立和运行,社会需要的是综合性复合型人才。专业人士不能只树一帜,必须博学多才,身怀多种绝技。为了将来能适应改革开放的环境,在校大学生不能满足课堂上所学的理论知识,而是要千方百计地拓宽知识面、扩大视野以增强自己的竞争实力,尤其是实验方面的实力。

实验室是人才的诞生地,英国剑桥大学是“科学家的摇篮”,其中的卡文迪什实验室,就出了 25 人次的诺贝尔奖。实验是一种实践活动,是基本技能训练、动手能力培养的重要环节。现代的理工科大学生要成才,就要足够重视实验,在实验室里努力学习,经受训练。在大学学习期间全身心的投入实验将会受益终身。

2. 预习

为了使实验有良好的效果,实验前必须进行预习。通常,预习应达到下列要求。

- (1) 浏览实验教材,知道计划要做的实验项目的总体框架。
- (2) 了解实验目的、实验原理、实验重点和关键之处。
- (3) 了解仪器设备的工作原理、性能、正确操作方法。

(4) 定量实验必须记录测量数据,因此在预习实验项目时,应画好记录数据的表格,设计表格是一项重要的基本功,应当尽力把表格设计好。



(5) 教材中的思考题或作业题,是对加深实验内容或关键问题的理解、开阔学生的视野,在实验前应把这些问题看一遍或进行一番琢磨,可提高实验的质量。

(6) 对不理解的问题,及时查阅有关参考书或资料或向老师请教。

3. 实验

一般地说,在大学学习期间要做的实验与有成就的科学家们所做的实验是有区别的。这些科学家们所做的实验尽管有的现在看起来比较简单,但做这些实验是为了达到某种科研目的而自行设计的。而学生在实验室所做的课程实验,一般是根据实验教科书上所规定的实验方法、步骤来进行操作的,因此,要达到教学的要求需要注意以下几点。

(1) 认真操作、细心观察,并把观察到的现象如实详细地记录在实验报告中。

(2) 发现实验现象与理论不符合,或测试结果出现异常,就应认真检查原因,并细心重做实验。

(3) 实验中遇到疑难问题而自己难以解释时,应及时提出请教师解答。

(4) 在实验过程中应保持安静,严格遵守实验室学生实验守则,防止出现各种意外事故。

(5) 要在实验教学安排的有限时间里,保质保量地完成实验。

4. 撰写实验报告

实验成功只是实验教学要求的一部分。学生做完实验后,必须写实验报告,这是实践训练的重要环节之一。

实验报告是学生动手能力、写作能力的一种体现,是实验水平的一种证明。如果你的实验很成功,但实验报告却写得一塌糊涂,就不能反映你的真正的实验水平。因此,做完实验之后要尽力地把实验报告写好,要写出深度,写出水平。

实验报告是实验总结的一种方式。对于验证性的实验,应解释每个实验的现象,并作出结论;对于测试性的实验,应根据测得的数据进行计算,求出最终结果,并分析测试结果的可信程度;对于综合性或设计性的实验,还要写出总体实验研究报告。

要按时完成实验报告,并交指导教师评阅。评阅实验报告是教师检查学生学习情况和教学结果的一种重要方法,实验报告的优劣是教师给予实验成绩的依据之一。当然,实验分数的高低不应是学生所关心的主题,重要的是要看教师评阅后发还的实验报告,要明白哪些做对了,哪些做错了。

实验报告是整个高分子材料与工程实验中重要的一项工作。反对粗枝大叶、错误百出、字迹潦草,而要求写报告过程中开动脑筋、钻研问题、耐心计算、仔细写作,使每份报告都合乎要求。

1.3 高分子材料与工程实验室安全知识

实验室安全问题,除化学实验室安全手册等专著外,化学实验用书也常有所介绍。在此,只对其与高分子材料与工程实验室关系较密切的一般问题,作简要叙述。而实验室安全保障,首在防患未然,故工作者知晓实验室安全防护知识并养成良好习惯,遵守实验室规章制度更为必要。

1.3.1 安全用电常识

1. 关于触电

人体通过 50Hz 的交流电 1mA 就有感觉, 10mA 以上使肌肉强烈收缩, 25mA 以上则呼吸困难, 甚至停止呼吸, 100mA 以上则使心脏的心室产生纤维性颤动, 以致无法救活。直流电在通过同样电流的情况下, 对人体也有相似的危害。

防止触电需注意以下几点。

(1) 操作电器时, 手必须干燥。因为手潮湿时, 电阻显著减少, 容易引起触电。不得直接接触绝缘不好的通电设备。

(2) 一切电源裸露部分都应有绝缘装置(电开关应有绝缘匣, 电线接头裹以胶布、胶管), 所有电器设备的金属外壳应接上地线。

(3) 已损坏的接头或绝缘不良的电线应及时更换。

(4) 修理或安装电器设备时, 必须先切断电源。

(5) 不能用试电笔去试高压电。

(6) 如果遇有人触电, 应首先切断电源, 然后进行抢救。因此, 应该清楚电源的总闸在什么地方。

2. 负荷及短路

高分子材料与工程实验室总闸一般允许最大电流为 30~50A, 超过时就会使空气开关自动跳闸保护。一般墙壁电或实验台上分闸的最大允许电流为 15A。使用功率很大的仪器, 应该事先计算电流。应严格按照规定的安培数使用电器, 长期使用超过规定负荷的电流时, 容易引起火灾或其他严重事故。为防止短路, 避免导线间的摩擦, 尽可能不使电线、电器受到水淋或浸在导电的液体中。例如, 实验室中常用的加热器如电热刀或电灯泡的接口不能浸在水中。

若室内有大量的氢气、煤气等易燃易爆气体时, 应防止产生火花, 否则会引起火灾或爆炸。电火花经常在电器接触点(如插销)接触不良、继电器工作时以及开关电闸时发生, 因此应注意室内通风; 电线接头要接触良好, 包扎牢固以消防电火花等。万一着火应首先拉开电闸, 切断电路, 再用一般方法灭火。如无法拉开电闸, 则可用砂土、干粉灭火器、 CCl_4 灭火器来灭火, 绝不能用水或泡沫灭火器来灭电火, 因为它们导电。

3. 使用电器仪表

(1) 注意仪器设备所要求的电源是交流电, 还是直流电、三相电还是单相电, 电压的大小(380V、220V、110V、6V 等), 功率是否合适以及正负接头等。

(2) 注意仪表的量程。待测量值必须与仪器的量程相适应, 若待测量大小不清楚时, 必须先从仪器的最大量程开始。

(3) 线路安装完毕应检查无误。正式实验前不论对安装是否有把握(包括仪器量程是否合适), 总是先使线路接通一瞬间, 根据仪表指针摆动速度及方向加以判断, 当确定无误后, 才能正式进行实验。

(4) 不进行测量时应断开线路或关闭电源, 做到省电又延长仪器寿命。



1.3.2 使用化学药品的安全防护

化学药品等物质导致的事故有下列几类,如对人体伤害、产生爆炸和燃烧以及损坏设备、建筑物等。使用化学药品应注意防毒、防火、防灼伤、防水。

1. 防毒

大多数化学药品都具有不同程度的毒性。毒物可以通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体内。因此,防毒的关键是要尽量地杜绝和减少毒物进入人体的途径。

(1) 实验前应了解所有毒品的毒性,性能和防护措施。

(2) 操作有毒气体(如 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、浓盐酸、氢氟酸等)应在通风橱中进行。

(3) 防止煤气管漏气,使用完煤气后一定要把煤气阀门关好。

(4) 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸汽会引起中毒,虽然它们都有特殊气味,但久吸后会使嗅觉减弱,必须高度警惕。

(5) 用移液管移取有毒、有腐蚀性液体时(如苯、洗液等),严禁用嘴吸。

(6) 有些药品(如苯、有机溶剂、汞)能穿过皮肤进入体内,应避免直接与皮肤接触。

(7) 高汞盐(HgCl_2 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 等),可溶性钡盐(BaCO_3 、 BaCl_2),重金属盐(镉盐、铅盐)以及氰化物、三氯化二砷等剧毒物,应妥善保管。

(8) 不得在实验室内喝水、抽烟、吃东西。饮食用具不得带进实验室内,以防止毒物沾染。离开实验室要洗净双手。

某些有毒气体的最高容许浓度见表 1-1。

表 1-1 有毒气体最高容许浓度

物质	最高容许的浓度/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	备注
氧化氮物(以 NO_2 计)	5	$2 \times 10^{-1} *$
氢化氰(HCN)	—	$1.1 \times 10^{-3} *$
氟化氢(HF)	1	能腐蚀玻璃
氯气(Cl_2)	1	$1.46 \times 10^{-2} *$
升汞(HgCl_2)	0.1	汞盐中毒性最大者
磷化氢(PH_3)	—	$4 \times 10^{-1} *$
五氧化二磷(P_2O_5)	1	—
砷化氢(AsH_3)	0.3	毒性很大
三氧化二砷(As_2O_3)	0.3	—
五氧化二砷(As_2O_5)	0.3	—
硫化铝(AlS)	0.5	—
二氧化硒(SeO_2)	0.1	—
五氧化二钒(V_2O_5)	0.1~0.5	尘烟有毒
金属铅(Pb 尘)	0.03~0.05	铅盐有毒,四乙铅最大
金属汞(Hg 蒸气)	0.01	汞盐多有有毒

(续)

物质	最高容许的浓度/(mg · m ⁻³)	备注
铬酸盐、重铬酸盐	0.05	(全部换成 Cr ₂ O ₃)
一氧化碳(CO)	30	无色、无臭、无味, 更危险

注: * 为能察觉到的该毒气在空气中的含量。

2. 防爆

可燃性的气体和空气的混合物, 当两者的比例处于爆炸极限时, 只要有一个适当的热源(如电火花)诱发, 将引起爆炸。因此, 应尽量防止可燃性气体散失到室内空气中。同时保持室内通风良好, 不使它们形成爆炸的混合气。在操作大量可燃性气体时, 应严禁使用明火, 严禁用可能产生电火花的电器以及防止铁器撞击产生火花等。

使用金属钠(一般不使用钾)等活性物质处理溶剂时, 要仔细检查反应瓶、回流冷凝管以及水管是否破损, 连接水管不能靠近磁力搅拌器、电热套或油浴锅, 注意回流水不能开得太大, 以免水管破裂, 水流冲入反应装置内导致钠遇水剧烈反应而发生爆炸。

试剂标签上均标明其是否易燃易爆或者毒性和注意事项, 在使用前, 仔细看标签。对于醚类溶剂, 如果生产时间较长, 或者久置不用的话, 一定不要震动, 同时要加入还原剂, 除掉生成的过氧化物。蒸馏乙醚和四氢呋喃时, 千万不要蒸干, 否则形成过氧化物, 会受热爆炸。

另外, 有些化学药品如叠氮铅、乙炔银、乙炔铜、高氯酸盐、过氧化物等受到震动或受热容易引起爆炸。特别应防止强氧化剂与强还原剂存放在一起。久藏的乙醚使用前需设法除去其中可能产生的过氧化物。在操作可能发生爆炸的实验时, 应有防爆措施。

某些气体的爆炸极限见表 1-2。

表 1-2 与空气相混合的某些气体的爆炸极限
(以 20℃ 压力为 1 大气压时的体积百分数计算, V%)

气体名称	爆炸高限(V%)	爆炸低限(V%)	气体名称	爆炸高限(V%)	爆炸低限(V%)	气体名称	爆炸高限(V%)	爆炸低限(V%)
乙炔	80.0	2.5	丙烯	11.1	2.0	乙醛 *	57.0	4.0
环氧乙烷	80.3	3.0	乙烯	28.6	2.8	甲烷	15.0	5.0
氢	74.2	4.0	丙酮 *	12.8	2.6	硫化氢	45.5	4.3
乙醚 *	36.5	1.9	乙烷	12.5	3.2	甲醇	36.5	6.7
苯 *	6.8	1.4	乙醇 *	19.0	3.2	一氧化碳	74.2	12.5

注: * 在室温下为液体。

3. 防火

物质燃烧需具有 3 个条件: 可燃物质、氧气或氧化剂以及一定的温度。

许多有机溶剂, 像乙醚、石油醚、乙醇、甲醇、丙酮、四氢呋喃、乙酸乙酯等很容易引起燃烧。使用这类有机溶剂时室内不应有明火, 以及电火花、静电放电等, 在使用时应在通风环境良好的情况下进行, 不可用敞口容器放置或加热。这类药品在实验室不可存放



过多,用后要及时回收处理,不要倒入下水道,以免积聚引起火灾等。还有些物质能自燃,如黄磷在空气中就能因氧化发生自行升温燃烧起来。一些金属如铁、锌、铝等的粉末由于比表面很大,能激烈地进行氧化,自行燃烧。金属钠、钾、电石以及金属的氢化物、烷基化合物也应注意存放和使用。

万一着火应冷静判断情况采取应对措施。可以采取隔绝氧的供应,降低燃烧物质的温度,将可燃物质与火焰隔离的办法。常用来灭火的有水、砂、二氧化碳灭火器、 CCl_4 灭火器、泡沫灭火器以及干粉灭火器等,可根据着火原因,场所情况选用。

水是常用的灭火物质,可以降低燃烧物质的温度,并且形成“水蒸气幕”能在相当长时间阻止空气接近燃烧物质。但是,应注意起火地点的具体情况。

(1) 在金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠等应采用干砂灭火。

(2) 对易燃液体(比重比水轻)如汽油、苯、丙酮等的着火采用泡沫灭火器更有效,因为泡沫比易燃体轻,覆盖上面隔绝空气。

(3) 在有灼烧的金属或熔融物的地方着火应采用干砂或固体粉末灭火器(一般是在碳酸氢钠中加入相当于碳酸氢钠重量 45%~90% 的细砂,硅藻土或滑石粉,也有其他配方)来灭火。

(4) 电气设备或带电系统着火,用二氧化碳灭火器或四氯化碳较合适。

上述 4 种情况均不能用水,因为有的可以生成氢气等使火势加大甚至引起爆炸,有的会发生触电等。同时也不能用四氯化碳来灭碱土金属的火。另外,四氯化碳有毒,在室内救火时最好不用。灭火时不能慌乱,应防止在灭火过程中再打碎可燃物的容器。平时应知道各种灭火器具的使用和存放地点。

4. 防灼伤

强酸、强碱、强氧化剂、溴、磷、钠、钾、苯酚、冰醋酸等都会腐蚀皮肤。万一受伤要及时治疗。

使用金属钠、钾、氢化钠、氢化钙、正丁基锂等活性物质时必须小心谨慎。取正丁基锂的针要烘干,将切过钠或钾的小刀、滤纸等小心地浸入盛有水的烧杯中处理其中残留的微量钠、钾。反应后残留的金属钠、钾的反应瓶,不能随便抛弃在垃圾桶中,严禁与水接触。通常将反应瓶放在沙桶里加入适量乙醇,使其缓慢反应至残余金属消失为止。反应后的其他玻璃仪器先用水处理后再放入碱缸。

5. 防水

有时因停水而水门没有关闭,当来水后若实验室没有人,又遇排水不畅,则会发生事故,淋湿甚至浸泡实验设备。有些试剂如金属钠、钾、金属化合物,电石等遇水还会发生燃烧、爆炸等。因此,离开实验室前应检查水、电、煤气开关是否关好。

1.3.3 受压容器的安全使用

受压玻璃仪器包括供高压或真空实验用的玻璃仪器,装载水银的容器、压力计以及各种保温容器等,使用这类仪器时必须注意以下几点。

(1) 受压玻璃仪器的器壁应足够坚固,不能用薄壁材料或平底烧瓶之类的器皿。

(2) 供气流稳压用的玻璃稳压瓶,其外壳应裹以布套或细网套。

(3) 实验中常用液氮作为获得低温的手段,在将液氮注入真空容器时要注意真空容器

可能发生破裂，不要把脸靠近容器的正上方。

(4) 装载水银的 U 形压力计或容器，要注意使用时玻璃容器破裂，造成水银散溅到桌上或地上，因此装水银的玻璃容器下部应放置搪瓷盘或适当的容器。使用 U 形水银压力计时，应防止系统压力变动过于剧烈而使压力计中的水银散溅到系统内。

(5) 使用真空玻璃系统时，要注意任何一个活塞的开闭均会影响系统的其他部分，因此操作时应特别小心，防止在系统内形成高温爆鸣气混合物或让爆鸣气混合物进入高温区。在开启或关闭活塞时，应两手操作，一手握活塞套，一手缓缓旋转内塞，务必使玻璃系统各部分不产生力矩，以免扭裂。在用真空系统进行低温吸附实验时，当吸附剂吸附大量吸附质气体后，不能先将装有液氮的保温瓶从盛放吸附剂的样品管处移去，而应先启动机械泵对系统进行抽空，然后移去保温瓶。因为一旦先移去低温的保温瓶，又不致系统压力过大，使 U 形压力计中的水银冲出或引起封闭玻璃系统爆裂。

(6) 高压钢瓶使用注意事项：气体钢瓶是由无缝碳素钢或合金钢制成，适合于装介质压力在 15.2MPa 以下的气体。标准气瓶类型见表 1-3。

表 1-3 标准气瓶类型

气瓶类型	用 途	工作压力 /(kg·cm ²)	实验压力/(kg·cm ²)	
			水压实验	气压实验
甲	装 O ₂ 、H ₂ 、N ₂ 、CH ₄ 、压缩空气和惰性气体等	150	225	150
乙	装纯净水煤气及 CO ₂ 等	125	190	125
丙	装 NH ₃ 、Cl ₂ 、光气、异丁烯等	30	60	30
丁	装 SO ₂ 等	6	12	6

使用气瓶的主要危险是气瓶可能爆炸和漏气(这对可燃性气体钢瓶就更危险，应尽可能避免氧气瓶和其他可燃性气体钢瓶放在同一房间内使用，否则，也易引起爆炸)。已充气的气体钢瓶爆炸的主要因素是气瓶受热而使内部气体膨胀，压力超过气瓶的最大负荷而爆炸。或瓶颈螺纹损坏，当内部压力升高时，冲脱瓶颈。在这种情况下，气瓶按火箭作用原理向放出气体的相反方向高速飞行。因此，均可造成很大的破坏和伤亡。另外，如果气瓶金属材料不佳或受到腐蚀时，一旦气瓶撞击坚硬物体时就会发生爆炸。钢瓶(或其他压力容器)是存在着危险的，使用时须注意以下几点。

- ① 钢瓶应放在阴凉、干燥、远离热源(如阳光、暖气、炉火等)地方。
- ② 搬运气瓶时要轻稳，要把瓶帽旋上，放置使用时必须牢靠、固定好。
- ③ 使用时要用气表(CO₂、NH₃ 可例外)，一般可燃性气体的钢瓶气门螺纹是反扣的(如 H₂、C₂H₂)。不燃性或助燃性气体的钢瓶是正扣(如 N₂、O₂)。各种气压表一般不得混用。
- ④ 决不可使油或其他易燃性有机物沾染在气瓶上(特别是出口和气压表)。也不可用麻、棉等物堵漏，以防燃烧引起事故。
- ⑤ 开启气门时应站在气压表的另一侧，更不许把头或身体对准气瓶总阀门，以防万一阀门或气压表冲出伤人。
- ⑥ 不可把气瓶内气体用尽，以防重新灌气时发生危险。



⑦ 使用时注意各气瓶上漆的颜色及标字避免混淆,表1-4为我国气瓶常用标记。此色标为我国劳动部1966年规定。

表1-4 压缩气瓶的识别和性能

气体名称	瓶身颜色	标字颜色	横条颜色	应承受工作压力 (10^5 Pa)	附注或说明	
氧气	天蓝	黑		150	氧化性气体的瓶口及所连的压力表,应防止易燃物及油腻等玷污	应承受 150bar 压力的气瓶,水压试验的压力应大于 50%,至少 3 年检查一次。压力表及减压表一般可通用
压缩空气	黑	白		150		
粗氩气	黑	白	白	150	广泛用作保护性气氛气体	
纯氩气	灰	绿		150	—	
氩气	棕	白		150	—	
氦气	黑	黄	棕	150	—	
氢气	深绿	红	红	150	可燃性气体气门螺纹是反扣的	
二氧化碳气	黑	黄		125	临界温度为 31.1℃,临界点,蒸气压达 72.95bar	
氨气	黄	蓝	—	30	20℃ 时蒸气压为 8.24bar, 30℃ 时为 11.5bar	应承受 30bar 以下的易液化气体气瓶,水压试验的压力应大一倍;腐蚀性气体至少两年检查一次,压力表及减压表一般不通用
氯气	草绿	白	—	30	临界点为 146℃,蒸气压为 93.5bar, 20℃ 则蒸气压为 6.62bar	
二硫化碳气	黑	白	黄	6	临界点为 157.2℃,蒸气压为 77.7bar, 20℃ 则蒸气压为 3.23bar	
乙炔	白	红	—	—	多用于乙炔焊	
石油气	灰	红	—	—	广泛用于家庭燃料和加热用燃料,数量最大	
氟氯烷气	铝白	黑	—	—	一般用于冷冻机充液	

⑧ 使用期间的气瓶每隔3年至少进行一次检验,用来装腐蚀气体的气瓶每两年至少要检验一次。不合格的气瓶应报废或降级使用。

⑨ 氢气瓶最好放在远离实验室的小屋内,用导管引入(千万要防止漏气)。并应加防止回火的装置。