

材料科学与工程实验与实践系列规划教材

新型无机非金属材料 制备与性能测试表征

吴音 刘蓉翹 主编

清华大学出版社

材料科学与工程实验与实践系列规划教材

新型无机非金属材料 制备与性能测试表征

吴音 刘蓉翹 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为高等院校无机非金属材料专业的实验教材,全书共分6章,内容包括绪论、新型无机非金属材料制备基本实验技术及相关实验训练、材料结构性能基本表征测试技术、材料粉体合成与表征实验、材料制备工艺与性能测试实验以及综合实验等内容。

本书可作为无机非金属材料专业的实验教学用书,也可作为无机非金属材料专业工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

新型无机非金属材料制备与性能测试表征/吴音,刘蓉翾主编. —北京:清华大学出版社,2016
(材料科学与工程实验与实践系列规划教材)
ISBN 978-7-302-45775-6

I. ①新… II. ①吴… ②刘… III. ①无机非金属材料—材料制备—高等学校—教材 ②无机非金属材料—性能检测—高等学校—教材 IV. ①TB321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 290561 号

责任编辑:赵 斌

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12.5

字 数:304千字

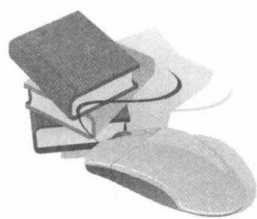
版 次:2016年12月第1版

印 次:2016年12月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:36.00元

产品编号:072219-01



序

PREFACE

新型无机非金属材料是近代发展起来的新型材料,也是新型陶瓷材料的同义词,是材料科学与工程中一类重要的新型材料。众所周知,材料科学与工程是一门实验性很强的学科,而材料的制备技术是材料学研究的重要内容之一。作为材料科学与工程学科的学生,除了掌握相关理论基础知识外,必须具备材料基本实验过程的动手能力和解决实际问题的实验研究能力,掌握最新的实验技能,具备创新能力。新型陶瓷材料因其具有优异的力学性能和特有的光、声、电、磁、热等性能,在高技术产业和国防军工等领域发挥着越来越大的作用,广泛应用于通信、电子、航空、航天、军事和医疗等高新技术领域。预期通过本课程实际实验操作训练,可提高学生实验动手能力,使其初步掌握新型陶瓷材料制备的基本技术;培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力,以及在实验研究中严谨的态度与求实的作风,为今后的工作和进一步学习奠定良好的基础。

本书主编吴音有多年教学经历,不仅精通新型陶瓷材料各类系列实验原理和过程,而且具有指导学生实验的丰富经验。本书涉及的系列实验是以新型陶瓷材料为研究对象的全过程训练。课程内容涉及新型陶瓷材料粉体合成、成型、烧结,以及结构和性能的测试和表征技术。本书编写采用基础实验和综合性研究型实验相结合的模式,在整个实验过程中,学生可以得到各种材料的制备技术训练,而且可以掌握多种材料结构与性能的测试技术及实验结果的表征,并具备研究新材料基本素质,使学生得到全面的训练和培养。本书具有以下三方面的突出特点:

特点之一是重视加强基础实验,基础实验通过教师讲解和演示制备某种材料,要求学生深入了解材料制备工艺、结构和性能表征方法及原理,以及材料制备常用仪器设备基本操作和基本技能,并能规范操作材料合成制备中常用仪器和设备。

特点之二,在完成以上基础实验的基础上,进行综合性研究型实验:由学生独立设计实验内容、制定实验方案、完成实验操作、整理分析实验结果、撰写出准论文形式的综合实验报告。

特点之三,鼓励学生将目前最新科研成果的部分内容转化为本课程综合性研究型实验,通过这种形式把科研工作的新进展、国际上相关研究的最新内容及时补充到教学实验中,充

II 新型无机非金属材料制备与性能测试表征

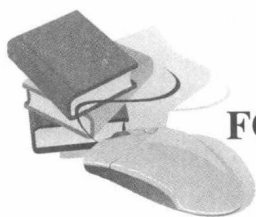
实实验教学内容,使其具有前沿性和挑战性。此外,学生在教学实验过程中得到了参与科研的亲身体验,可进一步引导他们对本学科的兴趣。

本书是一部内容丰富而且实用性很强的实验指南优秀著作,可作为无机非金属材料专业的实验教学用书,即实验课程的教材,也可作为科研工作中无机非金属材料性能检测的参考书,并可供无机非金属材料专业的工程技术人员阅读。相信该书的出版将对教学质量的提高和高质量学生培养起到积极的作用。

清华大学材料学院

黄勇教授

2016年12月



前言

FOREWORD

材料科学与工程是一门实验性很强的学科,而材料制备技术是材料学研究的重要内容之一,是材料研究工作者必须掌握的技术。作为材料科学与工程学科的学生,除了掌握相关理论知识外,必须具备材料基本实验过程的动手能力和解决实际问题的能力。另外,针对材料制备技术日新月异的发展,学生还必须跟上科技发展的步伐,掌握最新的实验技能,具备创新能力。新型无机非金属材料因其具有优异的力学性能和特有的光、声、电、磁、热等性能,在高技术产业和国防军工等领域发挥着越来越大的作用,广泛应用于通信、电子、航空、航天、军事和医疗等高技术领域,是新材料的一个重要组成部分。在材料学专业开设新型无机非金属材料制备技术实验是非常重要和必要的,通过本课程实际操作训练,可提高学生实验动手能力,使其初步掌握新型无机非金属材料制备的基本技术;对新型无机非金属材料制备工艺、组成、结构与性能之间的相互关系及其规律有更加明确和深刻的认识,培养学生理论联系实际、分析问题和解决问题的能力,以及在实验研究中严谨的态度与求实的作风,为今后的工作和进一步学习奠定良好的基础。

在多年为本科生开设“材料化学实验”和“新型无机非金属材料制备”课程的讲义基础上,作者编写了本书。本书共分6章:第1章绪论介绍实验过程的要求及对学生的要求。第2章基本实验技术及相关实验训练,由操作练习材料合成与制备中常用的仪器设备组成,培养学生相关仪器设备的基本操作和基本技能。它将贯穿于整个实验课程。第3章材料结构性能测试与表征,介绍了新型无机非金属材料微观结构及各种物理性能的常用的基本表征测试技术,这些表征测试技术大多在实验制备出样品后用到。第4章粉体合成及性能表征实验,选取目前新型无机非金属材料常用的合成方法,合成具有代表性的新型无机非金属材料,并对其进行性能表征。第5章材料制备工艺及性能测试实验,通过制备典型的新型无机非金属材料,掌握该材料的制备工艺,包括不同的成型方法、烧结工艺等。本章除了介绍新型无机非金属材料制备的常规工艺技术,还将本领域中的一些新的制备技术编入教材,如浸渗掺杂技术、薄膜制备等。第6章综合性研究型实验,在完成前面实验的基础上,将目前最新科研成果的部分内容转化为本课程综合性研究型实验,通过这种形式把科研工作的新进展、国际上相关研究的最新内容及时补充到教学实验中,充实实验教学内容,使其具有前

IV 新型无机非金属材料制备与性能测试表征

沿性和挑战性。这对学生实验动手能力、解决问题能力和创新思维能力的培养将起到积极的作用。此外,学生在教学实验过程中得到了参与科研的亲身体验,可进一步引导他们对本学科的兴趣。

本教材由吴音、刘蓉翮主编,全书共分6章,各章节编写分工如下:第3章中的现代技术表征和电学性能表征部分由成婧、张玉骏编写,第5章中的实验十、实验十一由李铮编写,其他章节由吴音编写。

本教材获得清华大学教改项目和清华大学材料学院资助;清华大学黄勇教授和张中太教授对本书进行了认真的审阅并提出宝贵的修改意见;清华大学司文捷博士对部分章节提出了许多好的建议和意见;本书责任编辑清华大学出版社赵斌老师为本书的出版做了大量的工作,谨在此一并表示衷心感谢!

本书在编写过程中参考了国内外相关教材、专著、期刊、专利及会议论文集,列在各章参考文献部分,在此向本书所引用参考文献的原作者表示敬意和感谢!

由于编写时间紧,加之编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正!

吴 音

2016年10月



目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 实验内容及形式	1
1.2 课程要求	1
1.2.1 预习.....	1
1.2.2 实验.....	2
1.2.3 研究笔记.....	2
1.2.4 团队配合.....	2
1.3 实验安全规程	2
1.4 良好实验室工作习惯	3
1.5 危险品的管理	3
1.5.1 实验室内常见危险品.....	3
1.5.2 化学危险品的储存及管理.....	4
1.5.3 化学易燃试剂的保管及使用.....	5
1.6 实验室事故急救处理	5
1.7 实验报告要求	6
参考文献.....	6
第 2 章 基本实验技术及相关实验训练	7
2.1 常用玻璃仪器的使用、洗涤及干燥.....	7
2.1.1 常用玻璃仪器及使用.....	7
2.1.2 玻璃仪器的洗涤及干燥	12
2.2 溶剂的作用、分类与选择	14
2.2.1 溶剂的作用与分类	14
2.2.2 溶剂的选择	15

2.3	溶液的配制及标定	18
2.3.1	溶液的配制	18
2.3.2	溶液浓度的标定	18
2.4	化学试剂的等级标准	18
2.4.1	化学试剂的等级标准	19
2.4.2	我国化学试剂的等级标准	19
2.5	纯水的制备	20
2.5.1	蒸馏水制备技术	21
2.5.2	离子交换树脂制备纯水的有关技术	21
2.6	固-液分离技术	21
2.6.1	倾析法	22
2.6.2	过滤法(常压过滤、减压过滤和压滤)	22
2.6.3	离心机分离技术	23
2.7	实验室高温的获得及加热设备	25
2.7.1	高温的获得	25
2.7.2	高温电阻炉	25
2.7.3	快速热处理炉	27
2.7.4	高温热浴	28
2.8	实验室低温的获得	29
2.8.1	低温冷浴	30
2.8.2	相变致冷浴	31
2.9	原料的粉碎与混合	31
2.9.1	固相原料的粉碎与混合	31
2.9.2	液相原料的混合	33
2.10	pH计及其有关技术	34
2.11	电子天平及使用	36
	参考文献	37
第3章	材料结构性能测试与表征	39
3.1	粉体表征	39
3.1.1	粒度分析与测定	39
3.1.2	比表面分析与测定	44
3.2	综合热分析	48
3.2.1	差热分析	48
3.2.2	热重分析	49
3.2.3	差示扫描量热	50
3.2.4	实验仪器及测试步骤	51
3.2.5	影响综合热分析测定结果因素	52
3.2.6	热分析技术在新型无机非金属材料合成制备中的应用	53



3.3	密度、吸水率及气孔率测试	55
3.4	导热系数测试	58
3.5	力学性能测试	60
3.5.1	弯曲强度测试	61
3.5.2	硬度测试	65
3.5.3	断裂韧度测试	67
3.6	常规电磁性能测试	70
3.6.1	绝缘电阻的测试	70
3.6.2	介电常数及介质损耗的测试	73
3.6.3	介电陶瓷电容温度系数及铁电陶瓷材料居里温度的测试	75
3.6.4	介电陶瓷击穿场强的测试	78
3.6.5	铁电陶瓷动态电滞回线的测试	79
3.6.6	陶瓷材料交流复阻抗的测试	82
3.6.7	压电陶瓷准静态压电系数 d_{33} 的测试	83
3.6.8	压电陶瓷机电耦合系数的测试	84
3.6.9	铁氧体陶瓷磁滞回线的测试	86
3.6.10	压敏陶瓷压敏性能的测试	87
3.7	显微分析方法及基本应用	89
3.7.1	反光显微镜(OM)分析方法及基本应用	91
3.7.2	扫描电镜(SEM)的分析方法及基本应用	93
3.7.3	电子探针(EPMA)分析方法及基本应用	96
3.7.4	原子力显微镜(AFM)分析方法及基本应用	99
3.8	X 射线衍射(XRD)分析方法及基本应用	101
3.9	X 射线光电子能谱(XPS)分析方法及基本应用	103
3.10	X 射线荧光光谱(XRF)分析方法及基本应用	105
3.11	吸收光谱分析方法及基本应用	107
3.12	实验数据处理	109
3.12.1	实验误差和数据处理	109
3.12.2	有效数字	112
3.12.3	实验数据的表示	113
	参考文献	114
第 4 章	粉体合成及性能表征实验	117
4.1	实验一 共沉淀法制备 NiZn 铁氧体粉体	117
4.2	实验二 均匀沉淀法制备纳米氧化铁/纳米氧化锌	121
4.3	实验三 溶胶-凝胶法制备 BaTiO ₃ 微粉	126
4.4	实验四 固相反应法制备 BaTiO ₃ 粉体	128
4.5	实验五 水热合成法制备 ZnO 纳米粉	130
4.6	实验六 微乳液法制备 ZnO 纳米粉	132

4.7 实验七 醇-水溶液加热法制备 $ZrO_2(3Y)$ 粉体	134
4.8 实验八 四氯化钛水解法制备 TiO_2 粉体	137
4.9 实验九 直接沉淀法制备 $BaTiO_3$ 纳米粉	139
参考文献	141
第 5 章 材料制备工艺及性能表征实验	144
5.1 实验一 ZnO 压敏陶瓷材料的制备	144
5.2 实验二 $Ni-Zn$ 铁氧体材料的制备	147
5.3 实验三 $BaTiO_3$ 压电陶瓷材料的制备	149
5.4 实验四 NKN 压电陶瓷材料的制备	151
5.5 实验五 PTC 陶瓷材料的制备	154
5.6 实验六 Al_2O_3 陶瓷材料的制备	159
5.7 实验七 ZrO_2 陶瓷材料的制备	162
5.8 实验八 AlN 陶瓷流延基片的制备	165
5.9 实验九 浸渗掺杂技术制备黑色氧化锆陶瓷	168
5.10 实验十 溶胶-凝胶法制备 TiO_2 薄膜	170
5.11 实验十一 溶胶-凝胶法制备 $CoFe_2O_4$ 薄膜	174
参考文献	176
第 6 章 综合性研究型实验	179
6.1 实验目的	179
6.2 实验特征	179
6.3 实验内容	180
6.4 实验模式	181
6.5 考核内容与方式	182
参考文献	182
附录	183
附录 A 部分氢氧化物沉淀物沉淀和溶解时所需的 pH 值	183
附录 B 金属离子变成氢氧化物沉淀 pH 值	184
附录 C 氢氧化钡在 100g 水中的溶解度	184
附录 D 常用酸碱溶液相对密度及溶质质量分数和溶解度表(20℃)	184
附录 E 部分常见物质的溶解性表	188
附录 F 用氨水(在铵盐存在下)或氢氧化钠沉淀的金属离子	188
附录 G 筛子的目数和孔径对照表	189
附录 H 元素周期表	190

第1章

绪 论

1.1 实验内容及形式

本书的系列实验是以新型无机非金属材料为研究对象的全过程训练。课程内容涉及新型无机非金属材料粉体合成、成型、烧结,以及结构和性能的测试和表征技术。在整个实验过程中,学生需要在各个阶段使用包括颗粒尺寸测试、烧结体密度测试、显微组织观察、物理性能检测等在内的多种材料检测手段,对所设计的材料制备工艺以及所制备的材料进行评价。

实验由基础实验和综合实验两个方面组成。基础实验通过教师讲解和演示制备某种材料,了解材料制备工艺、结构和性能表征方法及原理,以及材料制备常用仪器设备基本操作和基本技能,并能规范操作材料合成制备中常用仪器和设备。在完成以上基础实验的基础上,进行综合性研究型实验,由学生独立设计实验内容、制定实验方案、完成实验操作、整理分析实验结果、进行答辩并撰写出论文形式的综合实验报告。

1.2 课程要求

1.2.1 预习

实验课要求学生既动手做实验,又动脑思考问题,因此实验前必须做好预习。对实验过程心中有数,使实验顺利进行,达到预期的效果。预习时应做到:认真阅读实验教材及有关参考资料,查阅相关数据;明确实验目的和基本原理,了解实验内容和实验时应注意的地方。

综合实验要求完整的实验方案。实验方案的拟定是根据所选择的专题搜集阅读文献资料,在综合文献基础上拟订实验方案,通过小组讨论,在与指导教师充分讨论的基础上形成《实验方案设计报告》。

实验方案设计基本要求：①科学性(首要原则)：实验原理、操作程序和方法应该正确。②安全性：避免使用有毒药品和进行具有危险性实验操作。③可行性：选用的药品、仪器、设备和方法在现有的实验条件下能够满足。④简约性：简单的装置、较少的步骤和药品、较短的时间。

《实验方案设计报告》内容应该包括：文献综述、研究内容、实验原理(拟采取的技术路线)、需要的实验条件(仪器、药品及规格)、实验步骤(包括仪器装配和操作)、实验安排(时间安排)以及人员分工等内容。

1.2.2 实验

基础实验：在教师的指导下进行实验是实验课的主要教学环节，也是训练学生正确掌握实验技术达到培养能力目的的重要手段。实验原则应按教材所提示的步骤、方法和试剂用量进行，若提出新的实验方案，应经教师的批准方可实验。

综合实验：按照《实验方案设计报告》开展实验。

1.2.3 研究笔记

科学论据和实验结果的交流是一项重要的任务。交流链条上的第一个环节就是将实验情况精确而详细地记录下来。做这种记录的目的是使你或其他人能从你的实验工作中学到东西并帮助你或他们重复你的成功，避免你的失败。实验中的详细资料是为那些希望重复你的实验的人所极为珍视的。记录应包括足以使你或者其他入顺利重复你的实验更为详细的内容。如果实验失败应把过程详细地记录，使你能对实验步骤做出明智的纠正，以增加下次实验成功的机会。由于这些原因，你的记录中应有实验仪器的附图、实验观察情况，如颜色变化、反应温度等。所有实验细节都应记录下来。

1.2.4 团队配合

由于实验是分组实验，这有别于个人作业，实验需要一组人配合完成。如何统筹安排每个人的工作和时间、提高实验效率是一个需要解决的问题。在安排每个人各尽所能的同时，又能让每个人都能了解实验的全过程。这是一个团队配合的问题，需要大家的互相协作、体谅和帮助，这对将来从事无论怎样的工作都是相当有帮助的。

1.3 实验安全规程

进入实验室首先要考虑的是人身安全，其次是仪器设备安全，然后再开始进行实验。必须遵守实验安全规程：

- (1) 禁止用湿手接触电器及开关；电器使用完毕立即关闭电源；水龙头应随手关闭。
- (2) 一切涉及有毒、有害和刺激性气体的实验，应在通风橱内进行。
- (3) 使用易燃物(如乙醇、丙酮等)应远离火源、热源，用毕应立即盖紧瓶塞，防止泄漏。

(4) 使用强酸、强碱等腐蚀性试剂,切勿溅在人体、衣物上,特别注意保护眼睛;一旦发生以上意外,应立即用大量清水冲洗,必要时应及时到医务部门做进一步处理。

(5) 使用有毒试剂(如汞、砷、铅等化合物,氰化物等),不得接触皮肤和伤口;实验后的废液应倒入指定的容器内集中处理。

(6) 稀释浓硫酸时,应将浓硫酸慢慢注入水中,并不断搅拌。切勿将水倒入浓硫酸中,以免溅出,造成灼伤。

(7) 严禁做未经教师允许的试验和任意混合各种药品,以免发生意外事故。

(8) 切勿直接俯视容器中的化学反应或正在加热的液体。

(9) 严禁在实验室内饮食、抽烟或把食具带入实验室。

(10) 实验室所有药品、仪器不得带出室外。

(11) 离开实验室前应检查确保关闭电源、水龙头、门窗。

1.4 良好实验室工作习惯

良好的工作作风和习惯不仅是做好实验、搞好学习和工作所必要的,而且也反映一个人的修养和素质。通过本实验的培养和训练,要逐步养成以下几项实验室工作的良好习惯。

(1) 初步养成认真、仔细、紧张、有序地进行实验的习惯。

(2) 养成节约药品、水、电和爱护仪器的习惯。进入实验室后首先要熟悉实验室环境、布置和各种设施的位置,清点仪器。实验中要用的大多数仪器设备其他学生在课程进行中的某个时候也要使用,所以在每个实验告一段落时务必保证所有的仪器设备处于良好的状态。如损坏了任何仪器设备必须立即向教师报告。

(3) 养成保持整洁实验工作环境的习惯。保持实验室卫生、整洁,不得乱扔纸屑、瓶罐。实验结束后,应将台面清理干净,将仪器洗刷干净,放回原来位置,并将所有实验用品整理好,以免影响后续实验进行。手洗净后再离开实验室。

1.5 危险品的管理

1.5.1 实验室内常见危险品

实验室危险品是指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质,对人体、设施、环境具有危害的物品。实验室常见危险品有:

(1) 爆炸品:当受到高热摩擦、撞击、震动等外来因素的作用或其他性能相抵触的物质接触,就会发生剧烈的化学反应,产生大量的气体和高热,引起爆炸。例如,三硝基甲苯、苦味酸、硝酸铵、叠氮化物、雷酸盐及其他超过三个硝基的有机化合物等。

(2) 氧化剂:具有强烈的氧化性,按其不同的性质遇酸、碱、受潮、强热或与易燃物、有机物、还原剂等性质有抵触的物质混存能发生分解,引起燃烧和爆炸。例如,碱金属和碱土金属的氯酸盐、硝酸盐、过氧化物、高氯酸及其盐、高锰酸盐、重铬酸盐、亚硝酸盐等。

(3) 压缩气体和液化气体:气体压缩后储于耐压钢瓶内,具有危险性。钢瓶如果在太

阳下曝晒或受热,当瓶内压力升高至大于容器耐压限度时,即能引起爆炸。

(4) 自燃物品: 此类物质暴露在空气中,依靠自身的分解、氧化产生热量,使其温度升高到自燃点即能发生燃烧。如白磷等。

(5) 遇水燃烧物品: 遇水或在潮湿空气中能迅速分解,产生高热,并放出易燃易爆气体,引起燃烧爆炸。如金属钾、钠、电石等。

(6) 易燃液体: 这类液体极易挥发成气体,遇明火即燃烧。可燃液体以闪点作为评定液体火灾危险性的主要根据,闪点是在液体表面能产生足够的蒸气与空气形成可燃混合物的最低温度。依此定义,可燃液体在闪点以下,如遇到很小的火星时它不会燃烧,且闪点越高则越不易燃烧。反之,闪点越低越易引起燃烧。闪点在 45℃ 以下的称为易燃液体,在 45℃ 以上的称为可燃液体(可燃液体不纳入危险品管理)。易燃液体根据其危险程度分为:

一级易燃液体试剂: 闪点在 -4℃ 以下,如汽油;

二级易燃液体试剂: 闪点在 -4~21℃,如乙醇、甲醇;

三级易燃液体试剂: 闪点在 21~45℃,如柴油、松节油、煤油。

(7) 易燃固体: 此类物品着火点低,如受热、遇火星、受撞击、摩擦或氧化剂作用等能引起急剧的燃烧或爆炸,同时放出大量毒害气体。如赤磷、硫磺、萘、硝化纤维素等。固体试剂分为两级:

一级易燃固体试剂: 在常温或遇水后就能自燃的物质,如钾、钠、黄磷等;

二级易燃固体试剂: 一般不自燃,但遇火后就能迅速燃烧的物质,如硫磺、红磷等。

(8) 毒害品: 具有强烈的毒害性,少量进入人体或接触皮肤即能造成中毒甚至死亡。例如,汞和汞盐、砷和砷化物、磷和磷化物、铝和铝盐、氢氰酸(HCN)和氰化物(NaCN, KCN),以及氟化钠、四氯化碳、三氯甲烷等。有毒气体,如醛类、氨气、氢氟酸、二氧化硫、三氧化硫和铬酸等。

(9) 腐蚀性物品: 具强腐蚀性,与人体接触会引起化学烧伤。有的腐蚀物品有双重性和多重性。如苯酚既有腐蚀性又有毒性和燃烧性。腐蚀物品有硫酸、盐酸、硝酸、氢氟酸、氟酸、冰醋酸、甲酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氨水、甲醛、液溴等。

1.5.2 化学危险品的储存及管理

(1) 危险化学品应储存在专用储存室或储存柜内,并应设专人管理。

(2) 危险化学品应当分类分项存放,相互之间保持安全距离。

(3) 所有危险化学品的容器上都应有正确的标签,并保持标签完整,不能撕掉或毁损,当危险化学品转移到新容器后,要在新容器上粘贴正确标签。

(4) 遇火、遇潮容易燃烧、爆炸或产生有毒气体的危险化学品,不得在露天、潮湿、漏雨或低洼容易积水的地点存放。

(5) 受阳光照射易燃烧、爆炸或产生有毒气体的危险化学品和桶装、罐装等易燃液体、气体应当在阴凉通风地点存放。

(6) 化学性质、防护和灭火方法相互抵触的危险化学品,不得在同一储存柜存放。

1.5.3 化学易燃试剂的保管及使用

在本实验中较多地使用到化学易燃试剂,其保管及使用注意如下:

- (1) 挥发性易燃试剂应放在通风良好的地方或放在冰箱内。如汽油、乙醚、丙酮、二硫化碳、苯、乙醇及其他低沸点的物质。
- (2) 当室温过高时,开启试剂瓶时应事前冷却。尤其在夏季,不可使瓶口对准自己和他人。
- (3) 排除易挥发的有机溶剂时,加热应在水浴锅或电热煲中缓慢进行,严禁用火焰或在电炉上直接加热。

1.6 实验室事故急救处理

(1) 创伤:一般轻伤应及时挤出污血,并用消过毒的镊子从伤口中取出异物,用蒸馏水洗净伤口,涂上碘酒,再用创可贴或绷带包扎;大伤口应立即用绷带扎紧伤口上部,使伤口停止流血,急送医院就诊。

(2) 烫伤:应立即将伤口处用大量水冲洗或浸泡,从而迅速降温避免温度烧伤。若起水泡则不宜挑破,应用纱布包扎后送医院治疗。对轻微烫伤,可在伤处涂些鱼肝油或烫伤膏或万花油后包扎。

(3) 皮肤被酸灼伤:立即用大量流动清水冲洗(皮肤被浓硫酸沾污时切忌先用水冲洗,以免硫酸水合时强烈放热而加重伤势,应先用干抹布吸去浓硫酸,然后再用清水冲洗),彻底冲洗后可用 2wt%~5wt% 的碳酸氢钠溶液或肥皂水进行中和,最后用水冲洗,涂上药品凡士林。若创面起了水泡,不宜把水泡挑破。重伤者经初步处理后,急送医务室。

(4) 皮肤被碱液灼伤:立即用大量流动清水冲洗,再用 2wt% 醋酸或 3wt% 硼酸溶液进一步冲洗,最后用水冲洗,涂上药品凡士林。若创面起了水泡,不宜把水泡挑破。重伤者经初步处理后,急送医务室。

(5) 酸液、碱液或其他异物溅入眼中:①酸液溅入眼中,立即用大量清水冲洗,再用 1wt% 碳酸氢钠溶液冲洗。②碱液溅入眼中,立即用大量清水冲洗,再用 1wt% 硼酸溶液冲洗。洗眼时要保持眼皮张开,可由他人帮助翻开眼睑,持续冲洗 15min。重伤者经初步处理后立即送医院治疗。③若木屑、尘粒等异物入眼,可由他人翻开眼睑,用消毒棉签轻轻取出异物,或任其流泪,待异物排出后,再滴入几滴鱼肝油。若玻璃屑进入眼睛内,绝不可用手揉擦,也不要让别人翻眼睑,尽量不要转动眼球,可任其流泪,有时碎屑会随泪水流出。用纱布,轻轻包住眼睛后,立即将伤者急送医院处理。

(6) 固体或液体毒物中毒:误食碱者,先饮大量水,然后服用醋或酸果汁,再喝些牛奶。误食酸者,先喝水,再服 $Mg(OH)_2$ 乳剂,最后饮些牛奶。不要用催吐药,也不要服用碳酸盐或碳酸氢盐。重金属盐中毒者,喝一杯含有几克 $MgSO_4$ 的水溶液,立即就医。不要服催吐药,以免引起危险或使病情复杂化。砷和汞化物中毒者,必须紧急就医。

(7) 吸入刺激性或有毒气体:吸入氯气、氯化氢气体时,可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气使之解毒。吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

但应注意氯、溴中毒不可进行人工呼吸，一氧化碳中毒不可使用兴奋剂。

(8) 毒物进入口内：把 10~15mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水后，内服，然后用手指伸入咽喉部，促使呕吐，吐出毒物，然后送医院诊治。

(9) 触电：首先切断电源，必要时进行人工呼吸并送医院治疗。

(10) 起火：如不慎起火，首先立即切断室内一切火源和电源，然后根据具体情况正确地进行抢救和灭火，实验室常用的灭火器及其适用范围见表 1-6-1。衣服着火时，应立即用石棉布或厚外衣盖熄，或者迅速脱下衣服，火势较大时，应卧地打滚以扑灭火焰。电器设备导线等着火时，应用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，不能用水及泡沫灭火器，以免触电。汽油、乙醚、甲苯等有机溶剂着火时，应用石棉布或干砂扑灭，绝对不能用水，否则反而会扩大燃烧面积。金属钾、钠或锂着火时，绝对不能用水、泡沫灭火器、二氧化碳、四氯化碳等灭火，可用干砂、石墨粉扑灭。如火势较大难以控制时，应及时打 119 报警。

表 1-6-1 实验室常用的灭火器及其适用范围

灭火器种类	主要成分	适用范围
泡沫灭火器	$Al_2(SO_4)_3$ 和 $NaHCO_3$	适用于非油类起火
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	适用于电器起火，油类及忌水化学品失火
干粉灭火器	$NaHCO_3$ 等盐类物质与适量的润滑剂和防潮剂	油类、可燃性气体、电器、精密仪器、图书及遇水易燃物品引起的火灾

为了对实验室意外事故进行紧急处理，实验室应配备急救药箱。常备药品如下：

(1) 医用酒精、碘酒、红药水、紫药水、止血粉，凡士林、烫伤油膏(或万花油)，1wt% 硼酸溶液或 2wt% 醋酸溶液，1wt% 碳酸氢钠溶液等。

(2) 医用镊子、剪刀、纱布、药棉、棉签、创可贴、绷带等。

1.7 实验报告要求

完成实验报告是对所学知识进行归纳提高的过程，也是培养严谨的科学态度、实事求是精神的重要措施。实验报告包括基础实验报告、综合实验报告、实验方案设计报告。基础实验：要求以论文的形式写出。字数不少于 1500，以实验内容、步骤和结果及讨论为主。综合实验：要求以论文的形式写出。字数不少于 4000 字，内容包括研究背景、实验原理、实验内容及步骤、实验结果及讨论、结论、参考文献。撰写时可根据自己的兴趣和具体的实验情况进行侧重和处理。

参考文献

- [1] 吴泳. 大学化学新体系实验[M]. 北京：科学出版社，1999.
- [2] 徐如人，庞文琴. 无机合成与制备化学[M]. 北京：高等教育出版社，2002.
- [3] 刘祖武. 现代无机合成[M]. 北京：化学工业出版社，1999.
- [4] 浙江大学，等. 综合化学实验[M]. 北京：高等教育出版社，2001.
- [5] 郑春生. 基础化学实验[M]. 天津：南开大学出版社，2001.
- [6] 周健儿. 高技术陶瓷产业发展前景与热点技术[J]. 中国陶瓷工业，2010，17(4)：50-54.