



国家理科基地教材

# 中级化学实验 (第二版)

浙江大学化学系 组编  
王国平 张培敏 王永尧 主编



科学出版社

国家理科基地教材

# 中级化学实验

(第二版)

浙江大学化学系 组编

王国平 张培敏 王永尧 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是在浙江大学三十余年实验教学改革与实践的基础上、融合了国家理科基地和工科基地等教学改革成果编写而成，是系列实验教材《基础化学实验》、《中级化学实验》和《综合化学实验》的有机组成部分。

全书包括三部分，其中核心部分共编写了 83 个实验，主要由组成与结构分析实验、物性测试实验、拓展性实验、计算机实验、设计研究性实验构成，突出现代分析测试方法和手段研究物质组成、结构和性能的基本原理、方法和技术，培养学生正确记录实验现象和数据、正确处理和分析实验结果的能力，提高学生灵活运用知识、理论联系实际的能力，培养学生的科学实验方法、科学思维和科学精神。

本书可作为高等学校理、工、农、医等专业本科生的仪器分析实验和物理化学实验教材，也可供相关人员参考阅读。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

中级化学实验/王国平, 张培敏, 王永尧主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2017

国家理科基地教材

ISBN 978-7-03-053612-9

I. ①中… II. ①王… ②张… ③王… III. ①化学实验-高等学校-教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 132594 号

责任编辑: 丁 里 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

安泰印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005 年 7 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2017 年 7 月第 二 版 印张: 23 3/4

2017 年 7 月第十次印刷 字数: 605 000

定价: 59.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 第二版前言

本书是在第一版的基础上经过精心整理、删改、充实而成，继承了第一版的风格。作为系列教材《基础化学实验》、《中级化学实验》和《综合化学实验》的重要组成部分，本书在内容和风格上起着承前启后的作用。本书是浙江大学化学系从事中级化学实验教学的同仁们长期积累的成果，并吸收了兄弟院校的有益经验，自 2005 年成书至今深受师生们的好评。然而十余年来，随着教学改革的深入推进，无论是教学内容、教学方法，还是教学手段，尤其是仪器设备方面都有较大的变化和发展，故重新整理和编写了本书。

再版的主要思路：一是总体上以研究性思维为主导，注重基础实验教学，编写时删除了实验方法重复较多的实验、增加了新的实验方法和设计研究性实验；二是对于单个实验的编写同样以有利于研究性学习为主导，不仅提供实验导读，有助于读者更全面、综合地认识相关问题，并在实验末尾提供相应的参考文献，还在本书第一部分提供文献查阅方法；三是着重于安全意识培养，在每个实验中提供相应的安全警示。本书共编排 83 个实验，与第一版相比数量上变化不大，但内容上变化较大。“组成与结构分析实验”部分替换了 5 个实验；“物性测试实验”部分删除了 5 个实验；“拓展性实验”部分删除了 10 个实验，增加了 5 个实验；“计算机实验”部分则增加了 1 个实验；另外增加了“设计研究性实验”部分。

参加本书编写工作的主要有(以汉语拼音为序)：陈平、方文军、胡秀荣、雷群芳、毛建新、王国平、王琦、王永尧、邬建敏、张培敏、邹建凯。全书由王国平、张培敏和王永尧主编、统稿。

浙江大学化学系王敏教授和朱龙观教授审阅了本书，并提出了修改建议；浙江大学国家理科化学人才培养基地、国家工科化学教学基地、化学系领导和实验教学的诸位前辈等对本书的初版、再版工作给予了有力支持；本书同时参考了不少国内同仁的实验教材和文献资料，在此向所有关心和帮助本书出版的前辈、同仁等致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，以便重印时修改。

编者

2017 年 4 月于浙江大学

# 第一版前言

自 1985 年起,浙江大学等一批重点高校对原无机化学、分析化学、有机化学和物理化学(简称“四大化学”)实验课教研室管理体制进行改革,在全国率先组建了化学实验中心,实验教学独立设课,同时对实验课程系统和教学内容进行了重大改革,将原来的四门实验课改为三门实验课,即“基础化学实验”、“中级化学实验”和“综合化学实验”,分三个阶段实施,其教学内容包括了基本实验、提高型实验和研究创新型实验三个层次。这项重大改革曾荣获国家级教学成果特等奖等,并推动了全国范围内的化学实验教学大改革。目前我国大部分高校的化学实验教学都实行了实验中心管理体制,并采用了分三个阶段或两阶段(包括“基础化学实验”和“综合化学实验”)的课程体系。尽管已有近 20 年的实践,但迄今能够系统地体现这一重要改革成果的教材却极为少见。为此,浙江大学在国家理科人才培养基地的“十五”建设规划中,把编写和出版一套包括《基础化学实验》、《中级化学实验》和《综合化学实验》在内的系列实验教材列为重点建设内容之一。这套教材是我们在原有讲义的基础上,经过精心整理、删改、充实、提高,并吸取了国内外同类教材的优点而编写成的。它是我们多年从事化学实验教学改革的成果,也是我们多年教学实践的结晶。我们希望这套教材的出版不仅会促进浙江大学化学实验教学质量的提高,而且通过它与同行交流,在全国高等院校的化学实验教学中起到积极的作用。

《中级化学实验》是一门独立的课程,但它与先行的《基础化学实验》和后续的《综合化学实验》构成化学、化工类专业学生基本化学实验技能训练的有机整体,主要学习运用现代分析测试手段和物理化学方法研究物质组成、结构和性能的基本实验原理、方法和技能。通过《中级化学实验》的训练,使学生掌握基本测试方法和典型仪器的应用与选择,培养正确记录实验现象和数据、正确处理和分析实验结果的能力,提高灵活运用知识、理论联系实际的能力,培养创新思维、创新意识和创新能力。

本书共安排 84 个实验。既有基础性实验,又有拓展性实验和研究性实验,适合理、工、农、医类的不同专业,可供不同层次的教学要求进行选择。每个实验中,除了常规内容以外,都设有简短的实验导读,提供一定的背景或前景知识,有利于读者更全面、综合地认识相关问题。

参加本书实验编写工作的有(以拼音字母为序):陈平、方文军、蒋晓原、雷群芳、毛建新、滕启文、王国平、王琦、王永尧、邬建敏、张嘉捷、张培敏、邹建凯。雷群芳还编写了总论、常用仪器使用说明和物性数据部分。全书由雷群芳主编并统稿。

在编写过程中,得到了浙江大学国家理科化学人才培养基地、国家工科化学教学基地的支持;得到化学系领导、实验教学的前辈和许多相关人员的大力无私帮助;参考了不少国内外化学实验教材和化学文献资料。在此向所有提供帮助的同仁、作者表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中错误和不当之处难免,恳请读者批评指正。

编者

2005 年 5 月于求是园

# 目 录

第二版前言

第一版前言

1 总论	1
1.1 中级化学实验的目的与要求	1
1.2 中级化学实验安全知识	2
1.3 误差及数据表达	11
1.4 温度测量技术	17
1.5 压力测量与真空技术	28
1.6 流量测量与流量计	43
1.7 常用化学数据来源和重要化学数据网址	46
2 实验	54
2.1 组成与结构分析实验	54
实验 1 原子发射光谱法——摄谱	54
实验 2 原子发射光谱法——译谱	58
实验 3 电感耦合等离子体原子发射光谱法测定环境水样中的微量金属元素	61
实验 4 原子吸收光谱法测定镁的最佳条件选择	64
实验 5 原子吸收光谱法测定饮用水中的镁含量	67
实验 6 原子吸收光谱法测定奶粉中的微量元素 Zn、Cu	70
实验 7 石墨炉原子吸收光谱法直接测定食品添加剂中的痕量铅	74
实验 8 紫外光谱法测定饮料中的防腐剂	78
实验 9 紫外光谱法同时测定维生素 C 和维生素 E	81
实验 10 红外光谱法测定有机化合物的结构	83
实验 11 荧光分析法测定牛血清白蛋白的含量	86
实验 12 荧光分析法测定维生素 B <sub>2</sub> 片剂中核黄素的含量	89
实验 13 气相色谱法测定苯、甲苯和二甲苯的含量	92
实验 14 气相色谱内标法测定白酒中己酸乙酯的含量	96
实验 15 气相色谱法分离丁醇异构体及其含量测定	98
实验 16 程序升温毛细管柱气相色谱法测定蒸馏酒中甲醇与多碳醇的含量	103
实验 17 气相色谱法测定食品中的苯甲酸、山梨酸	105
实验 18 高效液相色谱法分析饮料中的食品添加剂	107
实验 19 高效液相色谱法分离鉴定对羟基苯甲酸酯同系物	111
实验 20 常见阴离子的离子色谱分析	115
实验 21 离子色谱法测定酸雨中的常见阳离子	118
实验 22 电位滴定法测定混合碱	120

实验 23	库仑滴定法测定硫代硫酸钠的浓度	123
实验 24	循环伏安法研究对乙酰氨基酚的电化学氧化机理及其浓度的测定	126
实验 25	阳极溶出伏安法测定痕量铜、铅、镉的浓度	129
实验 26	可见、紫外激光拉曼光谱的应用	132
实验 27	有机化合物气相色谱-质谱测定	137
实验 28	电子顺磁共振参数的测定	139
实验 29	X 射线粉末衍射法物相定性分析	142
实验 30	有机化合物的核磁共振氢谱测定	146
2.2	物性测试实验	150
实验 31	恒温槽的性能测试	150
实验 32	CO <sub>2</sub> 的 $pVT$ 关系测定和临界现象观测	154
实验 33	燃烧热的测定	159
实验 34	差热分析法研究 CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O 的热稳定性	164
实验 35	液体饱和蒸气压的测定	167
实验 36	二组分完全互溶系统的气-液平衡相图	172
实验 37	二组分简单共熔系统相图的绘制	176
实验 38	分解反应平衡常数的测定	179
实验 39	交流电桥法测定电解质溶液电导	184
实验 40	原电池电动势的测定及其应用	188
实验 41	界面移动法测定离子的迁移数	193
实验 42	恒电势法测定阳极极化曲线	197
实验 43	甲酸氧化反应动力学的研究	199
实验 44	蔗糖转化反应速率常数的测定	203
实验 45	乙酸乙酯皂化反应动力学研究	206
实验 46	复杂反应——丙酮碘化反应动力学研究	211
实验 47	甲醇选择氧化制甲醛催化剂的活性测定	214
实验 48	表面活性剂临界胶束浓度的测定	217
实验 49	溶液表面张力的测定及等温吸附	219
实验 50	多孔固体物质比表面积的测定	223
实验 51	固体吸附剂在溶液中的等温吸附	230
实验 52	黏度法测定高聚物的相对分子质量	233
实验 53	偶极矩的测定	237
实验 54	配合物的磁化率测定	242
实验 55	B-Z 化学振荡反应	245
2.3	拓展性实验	248
实验 56	汽油中 BTX 含量的 GC-MS 法测定	248
实验 57	紫外分光光度法测定苯甲酸的解离常数	250
实验 58	傅里叶变换红外光谱定量分析乙烯与乙酸乙烯酯二元共聚物薄膜中乙酸乙烯酯的含量	252
实验 59	原子吸收光谱分析中基体效应对金属元素原子吸收信号的影响	255

实验 60	交联壳聚糖螯合柱富集水样中的痕量 $\text{Cu}^{2+}$ 及原子吸收法检测	258
实验 61	SPE-HPLC 联用测定环境水样中痕量的苯氧乙酸和 2,4-二氯苯氧乙酸	261
实验 62	新鲜蔬菜中 $\beta$ -胡萝卜素的分离及含量测定	264
实验 63	X 射线多晶(粉末)衍射法测定有机药物的晶形	266
实验 64	精馏平衡法测定溶液的共沸性质	268
实验 65	三组分系统等温相图的绘制	273
实验 66	核磁共振法研究乙酰丙酮在不同溶剂中的烯醇互变异构现象	276
实验 67	压汞法测定大孔固体物质的孔结构	278
实验 68	催化还原法处理氮氧化物( $\text{NO}_x$ )	281
实验 69	汽车尾气三效催化剂的活性评价和性能表征	283
实验 70	离子液体水溶液的有机/无机性质与缔合作用研究	287
2.4	计算机实验	290
实验 71	苯甲酸、苯甲醇和苯甲醛红外光谱的密度泛函理论研究	290
实验 72	杯[4]芳烃对嘧啶的分子识别和分子开关	294
实验 73	液体结构的分子动力学模拟	296
实验 74	分子筛吸附分离气体的蒙特卡罗模拟	305
2.5	设计研究性实验	316
实验 75	大气中挥发性有机污染物的监测	317
实验 76	高效液相色谱法测定泰诺片剂中乙酰氨基酚和盐酸伪麻黄碱的含量	319
实验 77	固相萃取-高效液相色谱法同时测定食品中 6 种对羟基苯甲酸酯	322
实验 78	流动注射光化学荧光分析法测定药物制剂中的维生素 $\text{B}_1$	325
实验 79	(同步)荧光法测定复合维生素片中的 $\text{B}_1$ 、 $\text{B}_2$ 、 $\text{B}_6$	328
实验 80	循环伏安法快速评价碱性二次电池正极活性材料的电化学性能	331
实验 81	红外光谱法研究检测食品包装材料中的塑化剂	334
实验 82	盐酸贝那普利的多晶形的制备和表征	337
实验 83	催化剂前驱体碱式碳酸镍的制备和表征	341
3	常用仪器和物性数据	346
3.1	常用仪器使用说明	346
3.2	常用物性数据	360



# 1 总 论

## 1.1 中级化学实验的目的与要求

中级化学实验与先行的基础化学实验和后续的综合化学实验构成化学、化工类专业学生基本化学实验技能训练和化学实验思维培养的完整体系,是浙江大学三十余年实验教育、教学改革创立的模式。中级化学实验是一门独立的课程,主要学习运用现代分析测试手段和物理化学方法研究物质组成、结构和性能的基本实验原理、方法和技能。它主要由组成与结构分析实验、物性测试实验、拓展性实验、计算机实验和设计研究性实验等部分构成,综合了化学领域各分支学科所需的基本研究方法、工具和常规大型仪器。学生通过中级化学实验的训练,将掌握基本测试方法和典型仪器的应用与选择,具备正确记录实验现象和数据、正确处理和分析实验结果的能力及灵活运用知识、理论联系实际的能力,学生的创新思维、创新意识和创新能力都将达到一个新的高度。

学生应认真修习中级化学实验课程,做到勤于思考、善于动手、勇于探究,自觉地在实验过程中打好扎实的实验基本功,逐步培养独立从事科学研究工作的能力。

### 1.1.1 实验预习

(1)准备一本预习报告(实验记录)本,编页码,保持完整、整洁。

(2)充分预习实验内容。预先了解实验的目的和原理、所用仪器的构造和使用方法,对实验内容、操作过程和步骤做到心中有数。在认真预习的基础上,用自己的语言写出实验预习报告,切忌照抄书本。预习报告内容主要包括:简要的实验原理、必要的实验装置工作原理、简明的实验步骤和方案、简洁的实验数据记录表、必备的文献数据及实验思考。

(3)仔细阅读实验涉及的有关理论和实验知识,列出不明白、需要问老师的问题,查找实验中需要用到的有关文献数据、手册资料等(应反映在预习报告中)。

(4)实验前,由指导教师检查学生的预习报告,提问、讨论实验内容,经指导教师同意后,方可进行实验。

(5)学生应当逐步做到:根据自己写的预习报告本,能够完成整个实验的操作,而不再需要依赖实验教材。

### 1.1.2 实验记录

(1)完整记录实验条件。实验的结果与实验条件紧密相关,实验条件提供了分析实验中所出现问题和误差大小的重要依据。实验条件一般包括环境条件(室温、大气压和湿度等)、操作条件(温度、压力、流量、速率等)、药品规格(名称、来源、纯度、浓度等)和仪器条件(名称、规格、型号和实际精度等)。

(2)认真观察实验现象,真实记录实验结果。所有数据和结果都应用圆珠笔或钢笔记录在预习报告(实验记录)本上,不得用铅笔、红笔记录实验数据。尊重事实,忠实、准确、完整

地记录实验现象和数据,必须严格注意误差、有效数字,不能随意丢弃数据,更不能涂改、伪造数据。若发现记录错误,可在错误上划一条删除线,再另外给出正确记录。若发现某个数据确有问题,应该舍弃时,可用笔轻轻圈去。字迹要整齐清楚,删除或舍弃的记录也应该能够分辨。训练良好的记录习惯是中级化学实验的基本要求之一。

(3)实验结束后,应将原始实验数据、谱图、曲线等记录交给指导教师,经检查、签字后,才能离开实验室。

### 1.1.3 实验报告

独立完成一份高质量的实验报告是中级化学实验的重要训练内容。它将使学生在实验数据处理、作图、误差分析、问题归纳等方面得到训练和提高。实验报告的质量在很大程度上反映了学生的实际水平和能力。要求中级化学实验的实验报告接近研究论文的格式,尽量以科研小论文的形式书写。一份好的实验报告应该符合实验目的明确、原理清楚、数据准确、图表合理、结果正确、分析透彻、讨论深入和字迹清楚等要求,具备科学性、完整性和可读性。

(1)中级化学实验报告的内容包括:实验目的、实验原理及装置、仪器与试剂、实验步骤、实验数据记录、结果处理、分析和讨论、结论、参考文献等,鼓励参照相关学术期刊的格式书写。

(2)写报告时,要求动脑筋、肯钻研,正确推导、耐心计算、规范作图。重点应放在实验数据的处理和实验结果的分析讨论上。

(3)实验报告的讨论部分可包括:对实验现象的分析和解释、对实验结果的误差分析、查阅文献情况和心得体会、对实验的改进意见等,一定要有自己的观点,不要简单地一对一地回答思考题,更不应该应付了事。

(4)必须在规定时间内独立完成实验报告,交给实验指导教师。

(5)实验报告经指导教师批改后,如需重写报告或重做实验的,应在规定时间内补做。

## 1.2 中级化学实验安全知识

化学实验离不开实验室的安全,具备安全意识、防范危险和相应的急救处理技术是化学工作者必备的科学素质。化学实验室往往潜藏着发生爆炸、着火、中毒、灼伤、割伤、触电等事故的危险性。但是,只要遵守规则就完全可以避免危险的发生。本书结合中级化学实验的特点,着重介绍安全用电、危险化学品识别、防爆、防火和高压气体钢瓶使用等安全知识。

### 1.2.1 安全用电

在中级化学实验室里,经常遇到电路接线、电学仪表、仪器使用等,必须了解相关安全用电知识。

#### 1. 保险丝

在实验室中,一般使用 220V、50Hz 的交流电,有时也用到三相电。任何导线或电器设备都有规定的额定电流值,即允许长期通过而不致过度发热的最大电流值。当负荷过大或发

生短路时,通过电流超过额定电流,则会发热过度,致使电器设备绝缘损坏和设备烧坏,甚至引起电着火。为了安全用电,从外电路引入电源时,必须先经过能耐一定电流的适当型号的保险丝。

保险丝是一种自动熔断器,串联在电路中,当通过电流过大时,会发热过度而熔断,自动切断电路,达到保护电线、电器设备的目的。普通保险丝是指由质量分数 50%铋、25%铅、25%锡组成的合金丝。

保险丝应接在相线引入处,接保险丝时应把电闸拉开。更换保险丝时应换上同型号的,不能用型号比其小的代替(型号小的保险丝粗,额定电流值大)。绝对不允许用铜丝代替,否则失去了保险丝的作用,容易造成严重事故。

## 2. 三相电源

三相发电机发生三相交流电,发电机三相绕组间有两种连接方式,即星形接法(图 1.1)和三角形接法(图 1.2)。

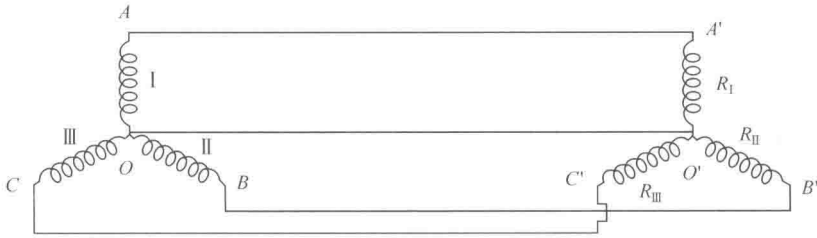


图 1.1 三相电的星形接法

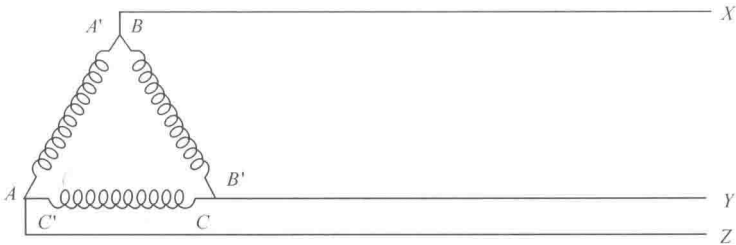


图 1.2 三相电的三角形接法

图 1.1 中的 I、II、III 为三相交流发电机的三绕组,分别产生 220V 的正弦波交流电(称为相电压),由于它们之间的相位差为  $120^\circ$ ,故  $AB$ 、 $BC$  或  $AC$  间的电压(称为线电压)为 380V。因此,星形接法的三相电路能供给 220V 的单相交流电和 380V 的三相交流电。 $OO'$  称为中性线(中线),是各绕组的公共回路。 $AA'$ 、 $BB'$ 、 $CC'$  分别为三条相线,通过中性线回到发电机。电流应该等于三相电流相量的总和,故当负载平衡时( $R_I=R_{II}=R_{III}$ ),在中性线上并没有电流通过。

有中性线的三相电路在我国最为常用,其优点是既可以供给 220V 的单相电,也可以供给 380V 的三相电。

实验室常用的单相电三孔电流插座上注明“相”、“中”和“地”等字样,分别表示该孔接相线( $AA'$ 、 $BB'$ 、 $CC'$ 三者之一)、中性线( $OO'$ )和地线。相线和中性线之间接上所用仪器而

构成一通路。若仪器有漏电现象,则可将仪器外壳接上地线,仪器即可安全使用。但应注意,若仪器内部和外壳形成短路而造成严重漏电(可以用万用电表测量仪器外壳的对地电压),应立即检查修理。此时如接上地线使用仪器,则会产生很大的电流而烧坏保险丝或出现更为严重的事故。

当应用三相电动机、三相电热器等时,由于负荷平衡,可以免去中性线,供给三相电的四孔电源插座中三个一样大小的孔分别为  $AA'$ 、 $BB'$  和  $CC'$  三条相线,另一个较大的孔接地线,以消除仪器外壳的漏电现象。三相电功率瞬时值的总和是一条平稳的直线,不随时间而发生起伏波动,对三相电动机可以发生平稳的转矩,与单相电动机中电功率瞬时值或转矩有起伏的情况相比,这显然是一个重要的优点。

### 3. 安全用电操作规程

人体若通过 50Hz、25mA 以上的交流电时会发生呼吸困难,100mA 以上则会致死。直流电在通过同样电流的情况下,对人体也有相似的危害。在实验室用电过程中必须严格遵守以下操作规程。

#### 1) 防止触电

(1) 所有电源的裸露部分都应有绝缘装置。

(2) 及时更换已损坏的接头、插座、插头或绝缘不良的电线。

(3) 不能用潮湿的手接触电器。

(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) 实验开始时,必须先接好线路,再插上电源;实验结束后,必须先切断电源,再拆线路。

(7) 如遇人触电,应切断电源后再行处理。

#### 2) 防止短路

(1) 电路中各接点要牢固。

(2) 电路元件两端接头不能直接接触,以免烧坏仪器或发生触电、着火等事故。

(3) 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。

#### 3) 防止着火

(1) 保险丝型号与实验室允许的电流必须相匹配。

(2) 负荷大的电器应接较粗的电线。

(3) 生锈或接触不良处应及时处理。

(4) 室内有大量的氢气、煤气等易燃易爆气体时,应防止产生电火花,否则会引起火灾或爆炸。

电火花经常在电器接触点接触不良、继电器工作时及开关电闸时发生,因此应注意室内通风;电线接头要接触良好,包扎牢固以消除电火花,在继电器上可以连一个电容器以减弱电火花等。一旦着火,应首先拉开电闸,切断电路,再用相应方法灭火;如无法拉开电闸,则用沙土、干粉灭火器或四氯化碳灭火器等灭火。绝不能用水或泡沫灭火器来灭电火,因为它们导电。

## 4. 常用电器元件符号

常用电器元件符号如图 1.3 所示。






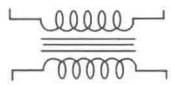







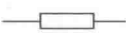
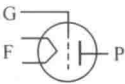
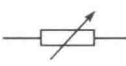

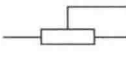



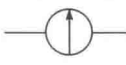


安培计		电感线圈	
伏特计		有铁芯的电感线圈	
交流电		变压器	
干电池		接地端	
直流电源		不连接的交叉导线	
晶体二极管		连接的交叉导线	
晶体三极管(NPN)		固定电阻	
真空三极管		可变电阻	
电容器		可变电阻器	
可变电容器		电解电容	
单刀单掷开关		检流计	
双刀双掷开关		天线	

图 1.3 常用电器元件符号

## 1.2.2 危险化学品的分类及标志

常用化学品的危险性类别、危险标志及危险特性都有明确的规定和标志(GB 13690—2009),在化学品的生产、使用、储存和运输过程中应当加以注意。常用危险化学品按危险特性分为 8 类。

第 1 类 爆炸品。指在外界作用下(如受热、受压、撞击等)能发生剧烈的化学反应,瞬时产生大量的气体和热量,使周围压力急骤上升,发生爆炸,对周围环境造成破坏的物品。也包括无整体爆炸危险,但具有燃烧、抛射及较小爆炸危险的物品。

第 2 类 压缩气体和液化气体。指压缩、液化或加压溶解的气体,并应符合下述两种情

况之一：①临界温度低于  $50^{\circ}\text{C}$ ，或在  $50^{\circ}\text{C}$  时其蒸气压力大于  $294\text{kPa}$  的压缩或液化气体；②温度在  $21.1^{\circ}\text{C}$  时，气体的绝对压力大于  $275\text{kPa}$ ，或在  $54.4^{\circ}\text{C}$  时，气体的绝对压力大于  $715\text{kPa}$  的压缩气体；或在  $37.8^{\circ}\text{C}$  时，雷德(Reid)蒸气压大于  $275\text{kPa}$  的液化气体或加压溶解的气体。

第 3 类 易燃液体。指易燃的液体、液体混合物或含有固体物质的液体，其闭杯试验闪点等于或低于  $93^{\circ}\text{C}$ 。

第 4 类 易燃固体、自燃物品和遇湿易燃物品。易燃固体指燃点低，对热、撞击、摩擦敏感，易被外部火源点燃，燃烧迅速，并可能散发出有毒烟雾或有毒气体的固体。自燃物品指自燃点低，在空气中易发生氧化反应，放出热量而自行燃烧的物品，即使数量少也能与空气接触后  $5\text{min}$  之内引燃的固体或液体。遇湿易燃物品指遇水或受潮时发生剧烈化学反应，放出大量易燃气体和热量的物品，有的不需明火就能燃烧或爆炸。

第 5 类 氧化剂和有机过氧化物。氧化剂指处于高氧化态，具有强氧化性，易分解并放出氧和热量的物质，包括含有过氧基的无机物，其本身不一定可燃，但能导致可燃物燃烧，与松软的粉末状可燃物能组成爆炸性混合物，对热、震动或摩擦较敏感。有机过氧化物指分子组成中含有过氧基的有机物，其本身易燃易爆，极易分解，对热、震动或摩擦极为敏感。

第 6 类 有毒品。指进入机体后，累积达一定的量，能与体液和器官组织发生生物化学作用或生物物理学作用，扰乱或破坏机体的正常生理功能，引起某些器官和系统暂时性或持久性的病理改变，甚至危及生命的物品。经口摄取半数致死量：固体  $\text{LD}_{50} \leq 500\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，液体  $\text{LD}_{50} \leq 2000\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；经皮肤接触  $24\text{h}$ ，半数致死量  $\text{LD}_{50} \leq 1000\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；粉尘、烟雾及蒸气吸入半数致死量  $\text{LC}_{50} \leq 10\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的固体或液体。

第 7 类 放射性物品。指放射性比活度大于  $7.4 \times 10^4 \text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  的物品。

第 8 类 腐蚀品。指能灼伤人体组织并对金属等物品造成损坏的固体或液体。与皮肤接触在  $4\text{h}$  内出现可见坏死现象，或在  $55^{\circ}\text{C}$  时对 20 号钢的表面均匀腐蚀率超过  $6.25\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$  的固体或液体。

对于常用危险化学品的危险特性和类别，都有明显的标志图形。具体如图 1.4 所示。

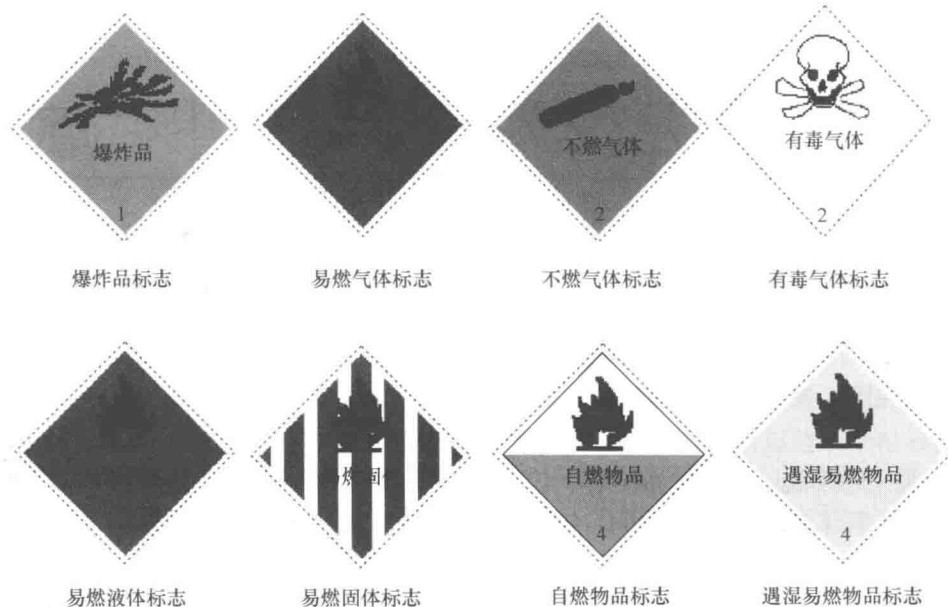


图 1.4 危险化学品的分类及标志



图 1.4(续)

### 1.2.3 化学品的毒性

化学物质侵入机体引起伤害的途径主要有：吸入、食入和经皮肤吸收。但其毒性是与进入体内的量相联系的，不应该简单地讲某种物质有毒有害。不恰当的侵入会引起生理功能或正常结构的病理改变，危害健康。适当地摄入一些物质对人体并无害处。我国对空气中有害物质的最高容许浓度有明确的规定，以保证人不致发生急性和慢性职业性危害，维护人体健康。

化学物质的毒性常用引起实验动物某种毒性反应所需的剂量表示，如半数致死量或浓度 ( $LD_{50}$  或  $LC_{50}$ ) 即染毒动物半数死亡的剂量或浓度。根据  $LD_{50}$ ，化学物质的急性毒性分为剧毒、高毒、中等毒、低毒、微毒五级(表 1.1)。这种分级法是一个便于比较的相对指标。

表 1.1 化学物质的急性毒性分级

毒性 分级	大鼠一次经口 $LD_{50}$ /( $mg \cdot kg^{-1}$ )	6 只大鼠吸入 4h 死亡 2~4 只的浓度 /( $mg \cdot kg^{-1}$ )	兔涂皮时 $LD_{50}$ /( $mg \cdot kg^{-1}$ )	对人可能致死量	
				/( $g \cdot kg^{-1}$ )	总量/g(60kg 体重)
剧毒	<1	<10	<5	<0.05	0.1
高毒	1~50	10~100	5~44	0.05~0.5	3
中等毒	50~500	100~1000	44~350	0.5~5	30
低毒	500~5000	1000~10000	350~2180	5~15	250
微毒	>5000	>10000	>2180	>15	>1000

### 1.2.4 防爆知识

对于可燃性气体与空气的混合物，当两者的比例处于爆炸界限内，若有一个适当的热源(如电火花)诱发，将引起爆炸。表 1.2 中列出某些可燃性气体在空气中的爆炸界限。

表 1.2 某些可燃性气体在空气中的爆炸界限(体积分数, %)

气体	爆炸下限	爆炸上限	气体	爆炸下限	爆炸上限
氢气	4.0	74.2	一氧化碳	12.5	74.2
乙烯	2.8	28.6	二硫化碳	1.25	44
乙炔	2.5	80.0	乙醇	3.3	19.0
甲烷	5.3	14	丙酮	2.6	12.8
丙烷	2.4	9.5	乙酸乙酯	2.2	11.4
苯	1.4	6.8	乙酸	4.1	—
氨	15.5	27.0	水煤气	7.0	72
乙醚	1.9	36.5	煤气	5.3	32

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,不使它们形成可爆炸的混合气。在操作大量可燃性气体时,严禁使用明火,严禁用可能产生电火花的电器及防止铁器撞击产生火花等。另外,有些危险化学药品,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。

### 1.2.5 防火知识

物质燃烧需具备三个条件:可燃物质、氧气或氧化剂、一定的温度。

一旦发生火情,应冷静判断情况,采取措施,如采取隔绝氧的供应,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、沙及二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器、泡沫灭火器、干粉灭火器等,可根据着火原因、场所情况正确选用。

水是最常用的灭火物质,可以降低燃烧物质的温度,并形成“水蒸气幕”,能在相当长时间内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)有金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠等,采用干沙等灭火。

(2)易燃液体(密度比水小,如汽油、苯、丙酮等)着火,采用泡沫灭火剂更有效,因为泡沫比易燃液体轻,覆盖在上面可隔绝空气。

(3)在有灼烧的金属或熔融物的地方着火,应采用干沙或干粉灭火器灭火。

(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灭火器较合适。

上述四种情况均不能用水,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灭火器灭碱土金属的着火。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材的使用方法和存放地点。

### 1.2.6 高压气体钢瓶的使用

在中级化学实验中,经常要使用一些气体,如气相色谱实验中要用到氢气和氮气,燃烧热的测定实验中要使用氧气。气体钢瓶是储存压缩气体(如氢气、氮气和氧气等)和液化气体



(如液氨和液氯等)的高压容器,容积一般为 40~60L,最高工作压力为 15MPa,最低的在 0.6MPa 以上。在钢瓶的肩部有用钢印打出的标记:制造厂、制造日期、气瓶型号、编号、气瓶质量、气体容积、工作压力、水压试验压力、水压试验日期和下次送验日期。

当钢瓶受到撞击或高温时会有发生爆炸的危险。另外,一些压缩气体或液化气体有毒,一旦泄漏将造成严重的后果。因此,在中级化学实验中,学习正确、安全地使用各种压缩气体或液化气体钢瓶是十分重要的。使用钢瓶时,必须注意下列事项。

(1)在气体钢瓶使用前,要按照钢瓶外表油漆颜色、字样等正确识别气体种类(表 1.3),切勿误用,以免造成事故。若钢瓶因使用日久后色标脱落,应及时按上述规定进行漆色、标注气体名称和涂刷横条。

表 1.3 我国高压气体钢瓶标记

序号	气体	钢瓶颜色	字样	字样颜色
1	O <sub>2</sub>	天蓝	氧	黑
2	H <sub>2</sub>	深绿	氢	红
3	N <sub>2</sub>	黑	氮	淡黄
4	Ar	银灰	氩	深绿
5	Cl <sub>2</sub>	草绿	氯	白
6	NH <sub>3</sub>	黄	氨	黑
7	CO <sub>2</sub>	黑	CO <sub>2</sub>	黄
8	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	白	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	红
9	压缩空气	黑	空气	白
10	氟利昂	铝白	氟利昂	黑
11	其他可燃气体	红	—	白
12	其他不可燃气体	黑	—	黄

(2)气体钢瓶在运输、储存和使用时,注意勿使气体钢瓶与其他坚硬物体撞击,或曝晒在烈日下及靠近高温处,以免引起钢瓶爆炸。钢瓶应定期进行安全检查,如进行水压试验、气密性试验和壁厚测定等。

(3)严禁油脂等有机物沾污氧气钢瓶,因为油脂遇到逸出的氧气可能燃烧,若已有油脂沾污,则应立即用四氯化碳洗净。氢气、氧气和可燃性气体钢瓶严禁靠近明火。

(4)存放氢气钢瓶或其他可燃性气体钢瓶的房间要注意通风,以免漏出的氢气或可燃性气体与空气混合后遇到火种发生爆炸。室内的照明灯及所有通风均应防爆。

(5)原则上有毒气体(如液氯等)钢瓶应单独存放,严防有毒气体逸出,注意室内通风。最好在存放有毒气体钢瓶的室内设置毒气鉴定装置。

(6)若两种钢瓶中的气体接触后可能引起燃烧或爆炸,则这两种钢瓶不能存放在一起,如氢气钢瓶和氧气钢瓶、氢气钢瓶和氯气钢瓶等。氧气、液氯、压缩空气等助燃气体钢瓶严禁与易燃物品放置在一起。

(7)钢瓶应放在阴凉且远离电源、热源(如阳光、暖气、炉火等)的地方,并加以固定,防