

高等学校教材

# 普通化学实验

沈建中 马 林 赵 滨 卫景德

复旦大学出版社

## 内 容 简 介

全书包括四个部分:绪论,化学实验基础知识,实验内容及附录。绪论部分介绍了化学实验的基本要求,实验室试剂(药品)的使用规则,安全常识和防范措施。化学实验基础知识部分介绍了基本的化学操作方法,常见的化学实验室仪器的工作原理和操作方法,实验数据的处理。实验内容部分共有 35 个独立的实验,包括了简单无机化合物和有机化合物的合成制备、分离提纯和性质鉴定,一些物理化学常数的测定,常见化学实验仪器及技术的应用。附录部分收集了常用化学试剂的配制方法,常见的元素(化合物)的性质及常用的物理化学常数。

本书的实验内容包含了一些与现实生活相联系的实验,以期在保证教学内容的科学性及准确性的同时,进一步启发学生认识化学学科在自然科学发展以及改善人类生活水平方面的作用,激发他们对化学学科的兴趣。

本书可作为普通高等学校低年级学生的普通化学实验课程教材,各学科可根据需要对所提供的实验内容进行挑选和组合。

# 前言

复旦大学化学系历来重视实验教学,在长期教学实践中形成了有效的教学机制和良好的教学传统。近年来,随着对学生创新能力和全面素质培养的日益重视,在教学体制和课程设置上采取了一系列改革措施,建立了新的实验课程体系框架。其中,实验课程教学体系改革以教育部化学教学指导委员会制定的《化学专业化学实验教学基本内容》为依据,提出了“以实验技术要素为主线”的改革方案,对原有的以无机、分析、有机、物化划分的基础实验进行调整组合。

复旦大学于2002年全面推行学分制建设,本科教学培养方案由综合教育、文理基础教育和专业教育三个部分组成,其中文理基础教育按照人文、法政、经管、自然科学、技术科学、医学与数学七个类别,以大平台模式开展教学,同时安排较大比例的专业教育。从宽泛的基础教育着手,逐步过渡到宽口径的专业教育,努力培养全面的文化素质,构成了具有复旦特色的通识教育体系,体现了“厚基础、宽口径、重能力、求创新”的培养理念。

作为构筑通识教育体系的一个部分,新设立的《普通化学实验》课程与以往不同,课程性质由原来的专业基础教育课程转为面向自然科学和医学所有专业的文理基础教育课程。新的《普通化学实验》精选实验内容,改革教学方法,注重以科学性、基础性为前提,考虑内容的趣味性、实用性,贯穿以基本实验技术和操作技能的学习,让学生了解从化学实验中可以获得哪些基本信息及如何获得这些基本信息,引导学生体验化学学科尤其是化学实验的基本方法和操作,了解化学实验的基本面貌,领略化学的无限魅力,启发对化学的兴趣,同时也为学生打下化学实验的初步基础。

在实验内容的安排上,《普通化学实验》课程借助原有的基础实验框架,进行调整、组合与充实,努力贯通无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等各个二级学科的知识,将一系列基本的实验操作技术,通过难度适当的实验内容为载体,进行学习与训练。具体的实验除了包括以往一年级学生学习的一些基本技术单元以及无机制备、性质试验、物理化学常数测定、pH计使用等最基本的内容之外,还增加了一些简单的有机合成反应,增加了分光光度法、气相色谱法等仪器分析技术方面的实验,力求反映化学最基本的学科特征。其中许多实验特别注重与现实生活的密切联系,同时兼顾不同学科的需求差异,注意到设置对象或选取方法的趣味性、实用性,以及内容和要求的不同层次。而在实验教材的编写上,力求联系实

际,原理表达清晰完整、深入浅出、简洁明了,引导学生思考与理解,从中更多获得一些对化学实验的了解、对化学学习的兴趣和主动性。

在三年多的教学实践过程中,我们对教学内容的把握也在不断深化,并逐步形成了现在的这本《普通化学实验》教材。全书分为五个部分:绪论、化学实验基础知识、实验内容以及附录和参考文献,包含了三十五个实验。具体实施教学时,根据教学时数选做其中的部分内容。不同学科的教学还可以根据需要分别进行选择、组合。书中所提及的试剂,视具体实验所需,分别为化学纯或分析纯试剂;所用水则为蒸馏水或经电渗析处理的去离子水。

在编写、修改的过程中,我们深深感到:这本教材的问世,得益于化学系多年来实验教学的厚实积累,得益于许多前辈和同事们的辛勤劳动,也得益于学生们的质疑与建议。尤其是周锡庚、林阳辉、庄继华、李妙葵、姚子鹏、储艳秋、崔美芳等同仁,在教材的形成阶段给予了大力支持,他们或者参与了大纲的制订,或者参与了部分内容的编写,或者提供了一些具体实验;宋纯义、刘先年、许君兴、陈末华、高翔等老师在教材修改中曾提出很有价值的意见和建议;谢高阳、黄乃聚、周锡庚教授审阅了全书,提供了宝贵的意见;章慧琴、金幼铭帮助绘制了其中的插图;更有很多同事都给了我们帮助和支持。在此,向他们表示衷心的感谢!

毋庸讳言,本书的不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 11 月

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一部分 绪论                    | 1  |
| 一 普通化学实验的学习方法              | 1  |
| 二 化学实验守则                   | 2  |
| 三 试剂取用规则                   | 3  |
| 四 实验室安全注意事项                | 3  |
| 第二部分 化学实验基础知识              | 9  |
| 一 常用玻璃与瓷质仪器                | 9  |
| 二 仪器洗涤和干燥                  | 13 |
| (一) 仪器的洗涤                  | 13 |
| (二) 仪器的干燥                  | 15 |
| 三 煤气灯、温度计与天平               | 16 |
| (一) 煤气灯                    | 16 |
| (二) 温度计                    | 17 |
| (三) 托盘天平                   | 17 |
| (四) 分析天平                   | 18 |
| 四 化学试剂与实验室用水               | 23 |
| (一) 实验室用水                  | 23 |
| (二) 化学试剂                   | 24 |
| 五 普通化学实验基本操作               | 26 |
| (一) 玻璃管(棒)的简单加工            | 26 |
| (二) 液体的量取                  | 26 |
| (三) 试纸的使用                  | 32 |
| (四) 加热、冷却、蒸发与浓缩            | 33 |
| (五) 结晶与重结晶                 | 34 |
| (六) 固液分离                   | 35 |
| (七) 蒸馏                     | 38 |
| (八) 萃取                     | 39 |
| 六 半微量定性分析                  | 40 |
| 七 pH 计、电导率仪、分光光度计和气相色谱仪的使用 | 42 |
| (一) pH 计的使用                | 42 |
| (二) 电导率仪的使用                | 45 |
| (三) 分光光度计                  | 47 |
| (四) 气相色谱仪                  | 50 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 八 实验数据的处理 .....                   | 53  |
| (一) 误差的分类 .....                   | 54  |
| (二) 误差的表示方法 .....                 | 54  |
| (三) 有效数字 .....                    | 56  |
| (四) 实验数据的处理 .....                 | 57  |
| (五) 提高分析结果准确度的方法 .....            | 58  |
| 第三部分 实验内容 .....                   | 59  |
| 实验一 天平称量 .....                    | 59  |
| 实验二 复结晶法提纯硫酸铜 .....               | 61  |
| 实验三 氯化钠提纯 .....                   | 62  |
| 实验四 硫酸亚铁七水合物的制备 .....             | 65  |
| 实验五 硫酸亚铁铵的制备 .....                | 67  |
| 实验六 三草酸根合铁(Ⅲ)酸钾的制备 .....          | 69  |
| 实验七 利用废铝罐制备明矾 .....               | 71  |
| 实验八 氮化镁的制备 .....                  | 73  |
| 实验九 过氧化钙的制备及含量分析 .....            | 75  |
| 实验十 硫代硫酸钠的制备 .....                | 77  |
| 实验十一 电解法制备氧化亚铜 .....              | 80  |
| 实验十二 退热镇痛药阿司匹林的制备 .....           | 82  |
| 实验十三 从橙皮中提取柠檬烯 .....              | 84  |
| 实验十四 部分有机官能团的性质与鉴定 .....          | 85  |
| 实验十五 常见阴离子、阳离子的鉴定 .....           | 94  |
| 实验十六 未知无机固体盐的鉴定 .....             | 100 |
| 实验十七 气体摩尔体积的测定 .....              | 105 |
| 实验十八 反应速率和速率常数的测定 .....           | 108 |
| 实验十九 浓硫酸稀释热的测定 .....              | 113 |
| 实验二十 稀溶液的依数性 .....                | 117 |
| 实验二十一 醋酸电离常数的测定 .....             | 120 |
| 实验二十二 缓冲溶液的性质 .....               | 123 |
| 实验二十三 配位化合物的性质 .....              | 127 |
| 实验二十四 氧化还原反应 .....                | 131 |
| 实验二十五 盐酸溶液中氯化氢含量的测定 .....         | 134 |
| 实验二十六 法拉第定律——铜库仑计的应用 .....        | 137 |
| 实验二十七 可乐饮料中磷酸含量的测定——电导法的应用 .....  | 140 |
| 实验二十八 有机混合物的分离分析——气相色谱法的应用 .....  | 142 |
| 实验二十九 吸光光度法测定铁——分光光度测定技术的应用 ..... | 145 |
| 实验三十 饮料中色素的鉴定——薄层色谱法的应用 .....     | 148 |
| 实验三十一 牛奶中蛋白质的简单分析 .....           | 151 |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 实验三十二 蔬菜中色素的提取及分离·····                           | 153 |
| 实验三十三 聚苯胺的电化学合成与电显色·····                         | 155 |
| 实验三十四 热变色材料的制备与性质·····                           | 158 |
| 实验三十五 珠光洗发香波的配制·····                             | 160 |
| 第四部分 附录·····                                     | 162 |
| 一 常用洗涤剂·····                                     | 162 |
| 二 常用基准物质的干燥、处理和应用 ·····                          | 163 |
| 三 常用酸碱的相对密度和近似浓度·····                            | 164 |
| 四 一些酸、碱水溶液的 pH 值(室温) ·····                       | 164 |
| 五 常用试剂的饱和溶液(20 °C) ·····                         | 165 |
| 六 水的饱和蒸气压·····                                   | 165 |
| 七 纯水的密度( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ····· | 167 |
| 八 气体在水中的溶解度·····                                 | 168 |
| 九 部分缓冲溶液在不同温度下的 pH 值 ·····                       | 168 |
| 十 普通缓冲溶液的配制·····                                 | 169 |
| 十一 标准缓冲溶液的配制·····                                | 169 |
| 十二 配离子的稳定常数 $K_{\text{稳}}^{\theta}$ ·····        | 170 |
| 十三 无机酸在水溶液中的离解常数(25 °C) ·····                    | 171 |
| 十四 有机酸在水溶液中的离解常数(25 °C) ·····                    | 172 |
| 十五 弱碱在水溶液中的离解常数(25 °C) ·····                     | 173 |
| 十六 金属羟基配合物的稳定常数·····                             | 173 |
| 十七 标准电极电位(25 °C) ·····                           | 174 |
| 十八 某些氧化还原电对的条件电位·····                            | 175 |
| 十九 难溶化合物的溶度积(25 °C) ·····                        | 176 |
| 二十 化合物的相对分子质量·····                               | 177 |
| 二十一 元素相对原子质量·····                                | 179 |
| 参考文献·····                                        | 181 |

## 第一部分 Part 1

## 绪 论

化学是一门实验科学,化学中的定律和学说都源于实验同时又为实验所检验。因此,化学实验在化学学习中占有特别重要的地位。化学实验课程通过传授化学知识和实验技能、训练科学思维和方法、培养科学精神和职业道德,成为实施全面化学素质教育的有效环节。

《普通化学实验》是理科、医科等一年级大学生的基础课程,旨在引导学生了解化学学科尤其是化学实验的基本面貌、基本特点,启发对化学的兴趣和学习愿望,训练科学的思维和实验方法。在“以技术要素为主线”的教学指导思想下,《普通化学实验》作为学习实验技能的入门课程,融合了无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等化学二级学科的内容,注重以科学性、基础性为前提,并兼顾趣味性、实用性。通过《普通化学实验》课程,可以直接获知大量化学事实,经过思考、归纳、总结,从感性认识上升至理性认识,既有助于对基本理论和基本知识的理解与掌握,又有利于运用这些基本理论知识来指导实验。通过《普通化学实验》课程,还可以初步了解一些物质的基本性质及其制备、提纯方法,了解一些化学定律和物理常数的研究方法,了解确定物质组成、含量和结构的一般方法,进一步了解开展科学研究的基本方法;训练化学实验中的一些基本操作技能,培养动手能力;学习如何细致观测实验现象、正确处理和表达实验结果以及查阅资料、推理判断,提高分析问题、解决问题的能力;培养实事求是、勤于思考、敢于质疑、善于计划、乐于协作等良好作风和科学精神。

化学实验的全过程是培养学生综合能力(动手、观测、查阅、记忆、分析、思维、想象、推理、归纳、总结、表达)的有效途径。而善于观察和捕捉实验中的异常现象,积极思考、努力求证,正是科学创新人才所必备的素质。

### 一 普通化学实验的学习方法

为了达到教学目的,要求学生具有正确的学习态度,同时还需要有科学的学习方法。依据实验的各个环节,可以将这些方法归纳如下。

#### 1. 认真预习

预习是做好实验的前提和保证。要获得良好的实验效果,预习时应做到:

1) 仔细阅读实验讲义,了解实验原理,熟悉实验内容,必要时还应查阅有关教科书及参考资料。

2) 了解实验方法和所需实验试剂、装置,预习或复习相关基本操作和仪器使用方法。

3) 简要列出实验步骤,合理安排实验进程,预测实验现象、实验结果及可能出现的问题。

4) 完成预习思考题。

## 2. 认真聆听讲解

学生要注意聆听每次实验前指导教师的讲解,细心观察示范操作,并积极回答问题、参与讨论。因为在讲解中包含有前人的许多经验体会,可以引导学生解决预习中的问题,提高对实验内容和操作要领的理解,更明确实验中应注意的事项。

## 3. 专心实验

1) 按步骤专心投入实验,注意操作规范,既要大胆,又要细心。

2) 仔细观察现象,认真测定数据,做到边实验、边思考、边记录。记录必须真实、及时、清晰、完整,不能记在草稿纸、小纸片上,不得使用铅笔,不得涂改或用橡皮擦拭。如有笔误,可在原记录上画一道杠,再在旁边正确书写。不得杜撰原始数据,不凭主观意愿任意删改记录。

3) 实验过程中要勤于思考,碰到问题,首先力争自己解决。必要时,可与教师讨论,但不应过于依赖教师。

4) 对于实验中的异常现象,应及时分析,必要时可以做对照试验、空白试验,或自行设计实验进行核查,从中得出结论。

5) 如果实验失败,要仔细查找原因,经教师同意后,方可重做实验。

## 4. 科学书写实验报告

实验报告是实验课程中的重要训练内容之一,是提高学生文字表达能力、科学思维能力和养成良好的科研工作习惯的重要途径。它从一定角度反映了学生的学习态度、知识水平和观察、分析、判断问题的能力。因此,实验结束后,应严格地根据实验记录,认真、独立地完成实验报告。实验报告一般包括实验目的、原理、步骤、结论和问题讨论,书写时应注意:

1) 语言简洁,字迹端正,格式规范。针对不同类型的实验可以参考不同的格式。

2) 实验原理简明扼要,多使用经过自己领会提炼后的学术性语言表示,切忌照抄书本。

3) 实验步骤清晰明了,表达合理,提倡采用表格、流程图或通用符号等形式表示。数据处理应准确无误,并学会用表格法和作图法处理实验数据。

4) 对实验现象和结果进行归纳解释,给出明确结论。必要时,还应对实验结果的可靠性与合理性进行评价。

5) 问题讨论时,重点在于心得体会,如总结实验的关键所在,对实验现象以及出现的问题进行探讨,分析产生误差的原因。也可对实验方法、检测手段等提出改进意见。

## 二 化学实验守则

1) 实验前认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理方法和步骤,拟订实验计划,完成预习报告。

2) 遵守实验室规章制度。不迟到、不早退;保持室内安静,不大声喧哗,不使用移动电话;不准在实验室饮食。

3) 进行实验时应穿戴实验衣和防护眼镜。严格遵守操作规程和安全规则,注意保证实验安全。了解实验室的电源、气源开关位置和安全防护设施,一旦发生事故,应立即切断电

源、气源,并立即向指导教师报告,进行适当处置。

4) 实验时应遵从教师指导,集中注意力,认真操作,仔细观察,如实记录实验数据和现象。不得用铅笔和纸片记录,更不得拼凑伪造数据和抄袭他人实验记录。

5) 保持环境整洁,不乱丢纸屑杂物,垃圾要分类收集在指定的废物桶内。

6) 爱护公物。公用物品用毕放回原处,不得擅自用与本实验无关的仪器设备。使用水、电、煤气、药品时都要注意节约,对仪器设备要爱护。

7) 实验结束时整理实验台和实验用品,检查并关闭所用水、电、煤气开关。将实验记录交指导教师批阅,经同意方可离开实验室。

8) 同学应轮流值日。值日生要协助教师督促学生遵守本守则,并按照要求认真履行职责,做好相关的服务工作,包括打扫实验室、清倒废物、整理公用仪器物品、检查水电煤气、关好门窗。

9) 实验后应对实验现象和数据认真分析和总结,按时完成实验报告。

10) 严格遵守教学实验室管理规定、实验室安全工作规定和仪器赔偿制度,违者视情节轻重予以处理(包括赔偿损失)。

### 三 试剂取用规则

1) 装有试剂的容器应贴有标签,标明名称和纯度,配制的溶液还应标明浓度和配制日期。

2) 注意节约,按量取用试剂。

3) 为防止玷污试剂,取下的试剂瓶盖应倒置于桌面上,取用试剂后应立即将瓶子盖好,取出的试剂不得倒回原瓶。要求回收的试剂应倒入指定的回收瓶。

4) 取用固体试剂时应使用清洁干燥的药匙。取用液体试剂时按所需体积量取,不可将滴管直接伸入试剂瓶内。

5) 取用滴瓶内溶液时,滴管不可接触其他器皿,更不能插到其他溶液里,也不能放在原滴瓶以外的任何地方。滴管口必须始终低于橡胶头,以免溶液流入橡胶头内而玷污。不可随意使用其他滴管。

6) 公用试剂台应保持清洁整齐,公用试剂不可随意搁置于本人实验台。

### 四 实验室安全注意事项

化学实验时,经常使用水、电、煤气、各种药品及仪器,如果马马虎虎,不遵守操作规则,不但会导致实验失败,还可能造成事故(如失火、中毒、烫伤或烧伤等)。一旦出了事故,人身安全受到伤害,国家财产受到损失。为了保证实验安全,避免发生事故,必须了解基本安全知识,遵守各项安全规定。

#### 1. 实验室的安全规则

1) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,使用时要小心,避免洒在皮肤和衣服上。稀释硫酸时,必须把酸注入水中,而不是把水注入酸中。

2) 有机溶剂(如乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时一定要远离火焰,用后应把瓶塞塞严,置于阴凉处。注意防止易燃有机物的蒸气大量外逸或回流(蒸馏)时发生爆沸。不可用明火直接加热装有易燃有机溶剂的烧瓶。

3) 对空气和水敏感的物质应隔绝空气保存。如金属钠、钾应保存在煤油中,并尽量放在远离水的地方;白磷则应保存在水面下。

4) 实验中涉及具有刺激性的、有毒的气体(如  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{Br}_2$  等)时,以及加热盐酸、硝酸、硫酸、高氯酸等以溶解或消化试样时,应该在通风橱内进行。

5) 使用有毒试剂(如氰化物、氯化汞、砷酸和钡盐等)时,严防进入口内或接触伤口,剩余的药品或废液应倒入指定回收瓶中集中处理,不得倒入下水道。

6) 严禁任意混合实验药品,注意试剂的瓶盖、瓶塞或胶头滴管不能搞错,以免发生意外事故。互相接触后容易爆炸的物质应严格分开存放。另外,对易爆炸的物质还应避免加热和撞击。使用爆炸性物质时,尽量控制在最少用量。

7) 加热、浓缩液体时,不能正面俯视,以免烫伤。加热试管中的液体时,不能将试管口对着自己或别人。当需要借助于嗅觉鉴别少量气体时,决不能用鼻子直接对准瓶口或试管口嗅闻,而应用手把少量气体轻轻地扇向鼻孔进行嗅闻。

8) 实验结束或水、电、煤气供应临时中断时,应立即关闭水、电、煤气阀门。如遇漏水或煤气泄漏,应立即检查,及时报告和处理。

9) 不得在实验室饮食、吸烟,一切药品试剂均不得入口。不得用手直接接触及毒物。实验后应仔细洗手。

10) 实验完毕后,值日生和指导教师都应负责检查和关闭水、电、煤气及门窗。

11) 必须了解实验室的环境,熟悉水、电、煤气阀门、急救箱和消防用品的放置地点和使用方法,了解实验楼的各疏散出口。

## 2. 实验室一般伤害的救护

1) 割伤:先挑出伤口内的异物,然后在伤口敷上消毒药剂后用纱布包扎,使其立即止血且易愈合。

2) 烫伤:在伤口处涂敷烫伤油膏,不要把烫出的水泡挑破。

3) 受酸腐伤:先用大量水冲洗,再用 2%~3% 碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗,最后用水洗净。

4) 受碱腐伤:先用大量水冲洗,再用 2% 醋酸溶液或 5% 硼酸溶液冲洗,最后用水洗净。

5) 酸和碱溅入眼中:必须立即用水冲洗,再用 5%  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  溶液或 5%  $\text{H}_3\text{BO}_3$  溶液冲洗,最后用蒸馏水冲洗。必要时还应到医院检查。

6) 吸入有毒气体:立即到室外呼吸新鲜空气。若吸入溴蒸气、氯气、氯化氢气体,可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气。

7) 毒物误入口内时:立即内服 5~10 mL 稀  $\text{CuSO}_4$  溶液,再将手指伸入咽喉部,促使呕吐,然后立即去医院治疗。

8) 触电时:立即切断电源,必要时进行人工呼吸。

预备室里备有药箱和必要的药品,以供急用。如果伤势较重,应立即去医院就医。

## 3. 安全常识与防范措施

化学实验室中容易发生的事故有:中毒、烧伤、失火、爆炸等,有关事故常识、防范措施和急救方法等内容很多,现将最基本的安全知识介绍如下。

### (1) 消防

消防,应以防为主,如:使用易燃物时应远离火种。万一不慎起火,切不要惊慌,只要掌握灭火的方法,就能迅速把火扑灭。在失火以后,应立即采取如下措施。

## a. 防止火势蔓延

- ① 立即关闭煤气阀门 ,停止加热。
- ② 拉开电闸。
- ③ 把一切可燃物质(特别是有机物质、易燃、易爆物质)迅速移到远处。

## b. 灭火

一旦发现火情即应迅速扑灭。一般的灭火方法都是基于下面两个原理 :使燃烧物迅速降温至燃点以下 ,或使燃烧物与空气隔绝而无法燃烧。

常用的灭火物品和工具有 :水、砂、各种灭火器等。

一般物质燃烧时都可以用水灭火 ,水不仅可以使燃烧物迅速降温 ,而且生成的水蒸气还可以使燃烧物与空气隔绝。但是下列情况不可用水 :

- ① 能与水剧烈反应、并会导致更大火灾的物质如金属钠、钾等燃烧时 ;
- ② 有机溶剂燃烧时 ,因为有机溶剂会浮于水面上燃烧而使燃烧面积更为扩大 ;
- ③ 周围有不能接触水的贵重仪器。

在这些情况下 ,应用砂土、湿布、石棉布覆盖燃烧物 ,或用合适的灭火器灭火。

当衣服上着火时 ,切勿慌张跑动 ,应赶快脱下衣服或用防火布覆盖着火处 ,也可在地上卧倒打滚 ,起到扑灭火焰的作用。

常见的几种灭火器列于表 I. 4. 1。其中较常用的是泡沫灭火器 ,灭火器钢瓶内装有硫酸铝和碳酸氢钠 ,用时将它倒转 ,瓶内即开始反应而喷出含有二氧化碳的泡沫 ,可以阻止燃烧。但是 ,如果燃烧物附近有能与水反应的物质或贵重仪器时均不能使用 ,这点应特别注意。

表 I. 4. 1 常用灭火器简介

| 类 型                | 药 液 成 分                                       | 适用灭火类型                                   |
|--------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 酸碱灭火器              | $\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{NaHCO}_3$      | 非油类及电器失火的一般火灾                            |
| 泡沫灭火器              | $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{NaHCO}_3$ | 适用于油类失火                                  |
| 二氧化碳灭火器            | 液体 $\text{CO}_2$                              | 适用于电器、金属钠、钾等失火                           |
| 干粉灭火器 <sup>①</sup> | 粉末主要成分为 $\text{NaHCO}_3$ 等盐类物质 ,以及适量润滑剂、防潮剂   | 适用于扑救油类、可燃气体、电器设备、精密仪器、文件记录和遇水燃烧等物品的初起火灾 |
| 四氯化碳灭火器            | 液体 $\text{CCl}_4$                             | 适用于电器失火 <sup>②</sup>                     |
| 1211 灭火器           | $\text{CF}_2\text{ClBr}$                      | 主要应用于油类有机溶剂、高压电气设备、精密仪器等失火               |

① 干粉灭火器装有二氧化碳作为喷射动力 ,喷出的灭火粉末覆盖在固体燃烧物上 ,能够构成阻碍燃烧的隔离层 ,且能通过受热而分解出不燃气体 ,可以稀释燃烧区域中的含氧量 ,因此灭火速度快。干粉灭火器综合了泡沫式灭火器、二氧化碳灭火器和四氯化碳灭火器的优点。

② 禁止使用四氯化碳灭火器扑救乙炔、二硫化碳的燃烧 ,否则会产生光气一类的有毒气体。此类灭火器很少使用。

## (2) 爆炸

化学试剂发生爆炸的原因 ,都是由于这些物质在一定条件下发生迅速猛烈的反应 ,产生了大量热和气体 ,向四周迅速扩张而造成 ,并且容器破裂后的碎片飞散也会造成很大的破坏力。这些爆炸物可以是固体 ,也可以是液体或气体。

可燃物气体与空气混合,常常能遇火而爆炸。不同气体与空气混合发生爆炸的体积比例范围不同,这个比例范围越大越危险。表 I.4.2 列出了不同气体与空气混合发生爆炸的体积比例范围。

一些能够互相发生猛烈反应的物质(固体或液体)若被互相混合,在一定条件下也会爆炸,例如表 I.4.3 中所列的情况,实验中要注意防范。

表 I.4.2 可燃性气体在空气中爆炸的体积比例范围简表(20℃, 1 atm<sup>①</sup>)

| 名 称  | 爆炸范围/体积百分比 | 名 称  | 爆炸范围/体积百分比 |
|------|------------|------|------------|
| 氢 气  | 4~74       | 乙醇蒸气 | 3.3~18.9   |
| 一氧化碳 | 12.5~74.2  | 乙 炔  | 2.5~80.0   |
| 氨    | 15.5~27.0  | 苯蒸气  | 1.4~6.8    |
| 硫化氢  | 4.3~45.5   |      |            |

① 1 atm=101.322 kPa。

表 I.4.3 部分无机物爆炸简表

| 互相作用的物质名称 | 引起爆炸的原因   | 互相作用的物质名称 | 引起爆炸的原因 |
|-----------|-----------|-----------|---------|
| 金属铝粉—氧化剂  | 撞击        | 氢—空气或氧    | 火花      |
| 氨水—氯、碘    | 作用        | 磷酸—有机物    | 摩擦、撞击   |
| 亚硝酸铵      | 撞击,加热 70℃ | 亚硝酸盐—铵盐   | 加热      |
| 硝酸铵—有机物   | 加热        | 高锰酸钾—乙醇   | 浓硫酸     |
| 溴酸盐—有机物   | 摩擦、加热     | 高锰酸钾—浓硫酸  | 撞击      |
| 氢—氯       | 阳光、火花     | 红磷—氯酸钾    | 撞击      |
| 煤气—空气或氧   | 火花        |           |         |

### (3) 中毒

凡是可能使人体受害引起中毒的外来物质都称为毒物。但毒物是相对的,只有在一定条件下和达到一定量时才会引起中毒。侵入人体后引起死亡的毒物剂量称为致死剂量或致命剂量(LD),而有报道引起死亡的毒物最低剂量称为最小致死剂量(MLD)。

许多化学试剂是有毒的。它们中有些可对人体立即产生毒害,有些则在人体中经过一段时间之后才发生作用,有些甚至经过相当长的时间才出现中毒症状。例如:吸入较多量的氯、溴等蒸气时,很快就会中毒,而在汞蒸气浓度相对较低时,要经过长时间的积累,才会中毒。因此,需要随时加以重视。

毒物有气态、液态和固态,它们在环境中的最高容许浓度,以及使人致死的最低剂量、中毒症状都各不相同。表 I.4.4 给出了部分毒物的简单介绍。

表 I.4.4 部分毒物简表

| 毒物名称 | 致死量/最高容许浓度<br>LD <sup>①</sup> /MAC <sup>②</sup> | 急性中毒主要症状                      |
|------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| 氰化钠  | LD 1~2 mg·kg <sup>-1</sup>                      | 呼吸加深,血压升高,继而呼吸困难,痉挛,最后麻痹、呼吸停止 |
| 氰化钾  | LD 2 mg·kg <sup>-1</sup>                        | 同氰化钠,但对皮肤、黏膜的刺激作用更强           |

(续表)

| 毒物名称  | 致死量/最高容许浓度<br>LD <sup>①</sup> /MAC <sup>②</sup>                                | 急性中毒主要症状                                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 三氧化二砷 | MLD <sup>③</sup> 0.76 mg·kg <sup>-1</sup>                                      | 腹部疼痛,恶心、呕吐,头痛,呼吸麻痹,休克,血压下降,心脏衰竭                                                      |
| 可溶性钡盐 | BaCl <sub>2</sub> LD 0.8~0.9 g<br>BaCO <sub>3</sub> MLD 17 mg·kg <sup>-1</sup> | 血压显著升高,心搏无节律、心前区疼痛,呕吐、腹部剧痛,肌肉震颤,呼吸困难                                                 |
| 可溶性汞盐 | HgCl <sub>2</sub> LD 1 g                                                       | 急性中毒后腹部剧痛,可出现短时精神兴奋,很快转成呼吸困难,心脏衰竭,脱水、休克、死亡                                           |
| 汞蒸气   | MAC 0.01 mg·m <sup>-3</sup>                                                    | 汞蒸气 > 1.0 mg·m <sup>-3</sup> 即急性中毒,呕吐,腹痛,全身酸痛,症状与汞盐中毒相近                              |
| 氮的氧化物 | NO <sub>2</sub> MAC 5 mg·m <sup>-3</sup>                                       | 缓发性的头痛、昏眩,皮肤青紫,血压下降,惊厥,损害深部呼吸器官,咳嗽,肺水肿,窒息                                            |
| 氟     | MAC 1 mg·m <sup>-3</sup>                                                       | 刺激眼、鼻、呼吸道,丧失嗅觉,引起肺部中毒、胸闷,400~430 mg·m <sup>-3</sup> 可引起肺水肿、窒息致死                      |
| 氯     | MAC 1 mg·m <sup>-3</sup>                                                       | 刺激眼、鼻、喉,损害呼吸道,严重时损伤肺部,呼吸困难,窒息,> 300 mg·m <sup>-3</sup> 即可能造成致命性损害                    |
| 溴(蒸气) | MAC 0.7 mg·m <sup>-3</sup>                                                     | 刺激呼吸道,> 6.6 mg·m <sup>-3</sup> 即有强刺激,接触过久可能引起肺水肿,达 11~13 mg·m <sup>-3</sup> 引起严重窒息   |
| 氯化氢   | MAC 15 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 腐蚀皮肤,喉部紧缩、呼吸困难,昏迷,引起化学性肺炎和肺水肿、出血                                                     |
| 硫化氢   | MAC 10 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 氧循环受扰,高浓度时引起昏迷、窒息、肺水肿和心肌损害,甚至麻痹呼吸中枢、立即造成“电击样”死亡                                      |
| 二氧化硫  | MAC 15 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 刺激眼、鼻、喉、肺,麻痹呼吸中枢,达 5240 mg·m <sup>-3</sup> 引起喉痉挛,迅速死亡。慢性中毒则引起支气管炎、肺气肿等               |
| 一氧化碳  | MAC 30 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 组织缺氧、昏眩、头痛,呼吸困难,失去知觉甚至死亡                                                             |
| 四氯化碳  | MAC 25 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 刺激黏膜,头晕、乏力,昏迷,麻醉中枢神经,损害肝、肾和神经系统,可疑致癌                                                 |
| 苯     | MAC 40 mg·m <sup>-3</sup>                                                      | 主要为神经系统麻醉症状,兴奋、抽搐,而后昏迷、痉挛,最后因呼吸中枢麻痹而死亡。长期慢性中毒主要为造血系统损害,可引起白细胞减少,严重时发生再生障碍性贫血甚至白血病,致癌 |
| 甲醛    | MAC 3 mg·m <sup>-3</sup>                                                       | 强烈刺激呼吸道黏膜、肺部及眼睛、皮肤,有灼烧或刺痛感,呼吸困难,毒害中枢神经系统,选择性损害视丘和视网膜。可疑致癌                            |

① LD——致死剂量,mg·kg<sup>-1</sup>(每千克体重给予化学物的毫克量)。

② MAC——最高容许浓度,mg·m<sup>-3</sup>(每立方米空气中含有化学物的毫克量)。

③ MLD——最小致死剂量,mg·kg<sup>-1</sup>(每千克体重给予化学物的毫克量)。

#### (4) 烧伤

一般烧伤是由于皮肤接触过高的温度造成的,但在化学实验室中,烧伤还常常是由于化学药品的强烈作用而引起,并且这种“化学”烧伤往往更难治疗。例如,浓硫酸能强烈吸收皮

肤的水分 ,并发热致使皮肤烫伤 ,造成严重后果 ;浓硝酸、浓碱液(特别是热的)能破坏皮肤的有机组织 ,造成烧伤溃烂 ;浓氢氟酸、液体溴、白磷等对皮肤的损害更加严重 ,接触氢氟酸后皮肤发黑并剧痛 ,白磷沾在皮肤上会由于磷的自然造成严重灼伤。

为了防止发生烧伤 ,在操作时必须十分小心 ,应该戴防护眼镜和橡皮手套。加热浓的酸碱溶液时 ,切勿俯视以防溅在脸上。加热试管中的液体时 ,勿将试管口对着自己或别人。一旦发生事故 ,必须及时采取急救措施。

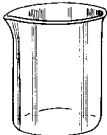
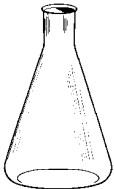
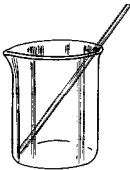
## 第二部分 Part 2

## 化学实验基础知识

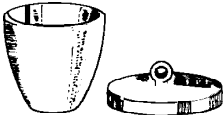
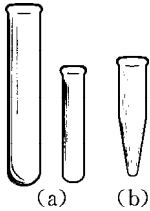
## 一 常用玻璃与瓷质仪器

玻璃具有良好的化学稳定性,因而在化学实验室中大量使用玻璃仪器。玻璃按性质不同可分为软质和硬质两类。软质玻璃的透明度好,但硬度、耐热性和耐腐蚀性较差,常用来制造量筒、吸管、试剂瓶等不需要加热的仪器。硬质玻璃的耐热性、耐腐蚀和耐冲击性较好,可以加热至高温,常用来制造烧杯、烧瓶、试管等反应容器,但使用时也勿使温度变化过于剧烈。表 II.1.1 列出了普通化学实验中常用玻璃与瓷质仪器。

表 II.1.1 常用玻璃与瓷质仪器

|                                                                                                                          |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>烧杯<br/>Beaker</p>                 | 以容积(mL)大小表示不同的规格。主要用作配制溶液、进行反应、蒸发和浓缩溶液等的反应容器。一般置于石棉网上加热。使用时,反应液体不得超过烧杯容量的 $\frac{1}{2}$ 或 $\frac{2}{3}$ |
|  <p>锥形瓶<br/>conical flask</p>         | 以容积(mL)大小表示,有无塞和具塞两类。用作反应容器,加热时可避免液体大量蒸发。锥形瓶旋摇方便,适用于滴定操作。反应液体不得超过其容量的 $\frac{2}{3}$                     |
|  <p>搅棒<br/>glass rod/stirring rod</p> | 用于搅拌溶液和协助倾出溶液。其长度应在斜插于烧杯中时比烧杯长出 4~6 cm,或伸出总长度的 $\frac{1}{3}$ 。玻璃搅棒两端的截面应烧熔光滑,以防划伤烧杯或手                   |

(续表)

|                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>表面皿<br/>clock glass</p>                                                                                                       | <p>以直径(cm)表示。凸面向下盖在烧杯上,以防液体溅出或尘埃落入;用于称量或自然晾干少量晶体,亦可与其他器皿组成气室。不能直接用火加热</p>                                                                                                                         |
|  <p>蒸发皿<br/>evaporating dish</p>                                                                                                  | <p>瓷质,以皿口直径(cm)大小表示。可作反应容器,进行蒸发和浓缩溶液用,也用于灼烧固体。耐高温,可以直接加热(需先用小火预热),但不宜骤冷。拿取灼热的蒸发皿时要用预热过的坩埚钳,并且应置放在石棉网上,不能直接放于桌面。高温时不能用冷水洗涤或冷却,以免破裂</p>                                                             |
|  <p>坩埚<br/>crucible</p>                                                                                                           | <p>以容积(mL)大小表示。用于灼烧固体,材质有瓷、石英、金属、刚玉等。依据试样性质选用不同材质的坩埚,使用瓷坩埚时的注意事项同蒸发皿</p>                                                                                                                          |
|  <p>试管,离心试管<br/>test tube, centrifuge tube</p>                                                                                   | <p>普通试管以管外径(mm)×长度(mm)表示,刻度试管以容积(mL)大小表示。可直接加热,加热时应用试管夹夹持,均匀加热。试管内的液体不能超过试管体积的 1/3,以防受热时液体溅出,试管被加热后不能骤冷,以防试管爆裂<br/>离心试管的规格用 mL 表示。用于离心分离少量的固液二相,不能用火直接加热</p>                                      |
|  <p>量筒<br/>graduated cylinder/measuring cylinder</p>                                                                            | <p>以所能量取的最大容积(mL)表示。用来量取要求不太严格的液体体积。量筒不能用作反应容器,不能加热,也不能量取热的液体</p>                                                                                                                                 |
|   <p>移液管,吸量管<br/>pipet, volumetric pipet</p> | <p>移液管(胖肚移液管)用于准确移取一定体积的溶液。管中间有一膨大部分,上部管颈处有一标线,标明移出溶液的体积。常用的有 5、10、25、50 mL 等规格<br/>吸量管标有不同体积分度,用于准确移取不同体积的溶液,有 1、2、5、10 mL 等规格。移液的准确度不如胖肚移液管。管口上有“快吹”字样者,使用全量程时应待溶液流完后快吹快离开<br/>移液管与吸量管均不可加热</p> |