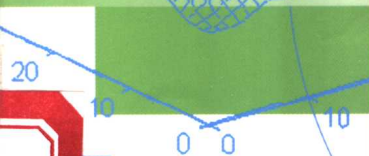
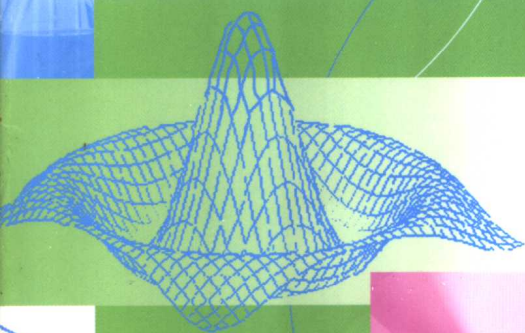


# 计算机

## 辅助物理化学实验

● 黄允中 张元勤 刘 凡 编著



化学工业出版社

# 计算机辅助物理化学实验

黄允中 张元勤 刘 凡 编著

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机辅助物理化学实验/黄允中等编著. —北京:  
化学工业出版社, 2003. 7  
ISBN 7-5025-4683-9

I. 计… II. ①黄…②张…③刘… III. 计算机辅  
助教学-物理化学-实验 IV. 064-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 059383 号

---

计算机辅助物理化学实验

黄允中 张元勤 刘 凡 编著

责任编辑: 叶 露 傅四周

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

\*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$  字数 285 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4683-9/TQ·1780

定 价: 18.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 前 言

现代信息技术的飞速发展给高等教育教学改革提出了新的更高的要求,加强现代信息技术在实验教学中的应用,对于培养适应新世纪社会经济发展所需要的科学严谨的高素质创新性人才具有十分重要的意义和深远的影响。在物理化学实验教学中应用现代信息技术,各校同仁虽做了不少工作,但仍然滞后于其他领域,主要表现在数据的获取和处理比较原始和落后以及计算机对实验教学的过程管理较少。作者从这一问题入手,将现代信息技术引入物理化学实验教学,对物理化学实验课程进行整合,在教学内容和形式上,考虑经典的基本技能与现代信息技术的适当组合,力图使学生在接受基本实验操作和基本技能训练的基础上,掌握现代信息技术在物理化学实验中的应用,更好地达到物理化学实验教学的目的。

相对于传统的物理化学实验教材,本教材突出了现代信息技术在物理化学实验中的应用,主要体现在以下几个方面。

### 1. 引入 Matlab 进行实验数据处理

随着计算机技术的飞速发展,用计算机处理实验数据已是必然的趋势。针对化学专业(也包含其他理科专业)有关信息技术课程的滞后、不足和脱节,为克服手工处理数据时运算量大、随意性大等弊端,在有关数据处理的教学,引入了目前广泛使用的工程计算和数据分析软件 Matlab。虽然很多现有教材都附有计算机处理数据的程序(BASIC),但大多数学生理解困难,实际使用效果也不理想。相对而言,Matlab 易学、易用、简捷、直观,应该是更好的选择。

Matlab 功能强大,但系统地学习需要不少的时间。作者根据实验数据处理的基本要求,有选择地介绍有关实验数据处理的操作命令。学生只要掌握不多的命令,再经过上机练习和实验后的数据

处理实践,就可以达到逐步掌握的目标。

在有关的实验中作者给出了相应的 Matlab 数据处理程序,以供使用和参考。

## 2. 实验数据自动采集

对实验手段和内容进行改进,着重于实验信息采集自动化。作者选用了部分有计算机数据接口的仪器,而对于大部分的情况,则是从常用实验仪器、设备中引出电信号,通过 A/D 采集卡在计算机中接收数据。作者设计了“无纸记录仪”,可完成多个实验的计算机联机数据采集,有效地保证了数据的客观性,也为计算机处理数据提供了很好的条件。为此,本教材中也简要介绍了计算机数据采集技术的基础知识,介绍了部分仪器信号引出的方法。

## 3. 物理化学实验教学计算机全过程管理

为更好地达到物理化学实验教学的目的,作者开发了《物理化学实验计算机全过程管理系统》,在实验设备与计算机联机,完成实验数据采集的基础上,通过人、机交互,学生在系统中完成实验操作、参与数据的处理及误差分析等工作,最终形成实验报告。系统还包括了实验报告的评价,实现对实验教学的全过程管理。该系统应用于实验,有效地杜绝了学生修改数据、抄袭报告的现象,也在一定程度上解决了“用计算机做实验不利于学生的基础训练”的问题。

## 4. 强化基础性实验

对于基础性实验,作者仍借鉴多数教材的内容,淘汰了一些落后的检测手段,对部分实验内容进行了整合。为达到培养学生基本数据处理能力和运用先进信息技术能力的目标,从数据收集和处理方面选择实验时,分为 3 种类型:

(1) 完全的手工记录和处理的实验,主要考虑数据获取和处理比较简单的实验;

(2) 手工记录或用计算机采集数据,用 Matlab 处理数据,针对处理时运算量较大、需要图形方式处理数据的实验;

(3) 完全采用计算机全过程管理,主要对数据要求连续记录,

需要较复杂处理,或需要从图形获取数据等的实验。

### 5. 综合性实验和设计性实验

综合性实验和设计性实验是新形势下对实验教学的客观要求,在本书中,作者结合自身的科研工作和其他资料,安排了部分综合性实验和设计性实验,给学生以内容或方法上的综合练习,力图培养学生的综合分析能力和创新精神。

本书适用于本科院校化学及相关专业的物理化学实验课的教学及参考。

本书由张元勤、黄允中整体策划和审阅,舒元悌和刘文明编写了绪论、结构实验和有关数表,黄允中编写了现代信息技术在物理化学实验中的应用基础,所有物理化学部分的基础实验由黄允中、刘凡完成。参加综合性实验和设计性实验部分编写工作的有张元勤、黄允中、刘凡、刘静、成英。

本书原作为补充教材在乐山师范学院化学系试用过三届,虽经整理和修订,但由于我们的水平和经验有限,错误和考虑不周之处在所难免,希望同行专家和读者不吝赐教,以使我们的教材能够得以进一步完善和改进。

舒元悌教授、刘文明副教授编写了附录部分,在此致以由衷感谢。乐山师范学院党委书记罗加云教授、院长谭辉旭教授、副院长杨胜宽教授和实验设备处处长崔汉容副教授多次亲临关心、鼓励和指导作者工作,化学系的领导、同事和学生近几年来以各种方式对本教材撰写工作给以关心、支持和参与。借此机会,向所有关心、支持和鼓励作者完成本教材并得以正式出版的领导、同事和朋友们表示衷心的感谢。

我们还由衷地感谢化学工业出版社和有关的同志,他们的辛勤劳动和对作者工作的肯定是本教材得以顺利出版的重要因素之一。

编 者

2003 年 4 月

于乐山师范学院梅庄

## 内 容 提 要

本书将现代信息技术引入物理化学实验,对物理化学课程进行整合。具体体现在:根据实验数据处理要求,选择性地介绍分析软件 Matlab 的操作命令,并进行上机练习;选用了部分有计算机数据接口的仪器,而对于大部分常规仪器,则是引出电信号,通过 A/D 采集卡实现计算机采集数据;开发了《物理化学实验计算机全过程管理系统》,在系统中完成实验操作、数据处理、误差分析,形成实验报告,评价实验报告,有效杜绝了学生修改数据和抄袭报告的现象;对于基础性实验,淘汰了部分落后的检测手段,对部分实验内容进行整合;本书还安排了一些综合性实验和设计性实验,试图培养学生的综合分析能力和创新精神。

本书是物理化学实验课程信息化改革的尝试,内容新颖,覆盖面广。层次上,考虑了对不同能力学生的不同要求,合理安排了基础实验、综合性实验和设计性实验,脉络分明,相得益彰。

本书可作为广大理工科院校开设物理化学实验课程的教材,也可供相关的研究开发人员设计实验方案和处理实验数据时参考。

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>1 绪论</b>                   | 1  |
| 1.1 物理化学实验的目的和要求              | 1  |
| 1.1.1 学习物理化学实验课程的目的           | 1  |
| 1.1.2 实验前的准备                  | 1  |
| 1.1.3 实验注意事项                  | 1  |
| 1.1.4 实验报告                    | 2  |
| 1.1.5 实验室规则                   | 2  |
| 1.2 物理化学实验室安全知识               | 2  |
| 1.2.1 安全用电常识                  | 3  |
| 1.2.2 使用化学药品的安全防护             | 4  |
| 1.2.3 汞的安全使用                  | 6  |
| 1.2.4 高压钢瓶的使用及注意事项            | 7  |
| 1.2.5 气体使用操作规程                | 8  |
| 1.2.6 X射线的防护                  | 9  |
| 1.3 误差分析和数据处理                 | 10 |
| 1.3.1 有关数据处理的基本概念             | 10 |
| 1.3.2 误差分析                    | 15 |
| 1.3.3 实验数据处理                  | 19 |
| 习题                            | 25 |
| <b>2 现代信息技术在物理化学实验中的应用基础</b>  | 27 |
| 2.1 Matlab 处理实验数据             | 27 |
| 2.1.1 Matlab 简介               | 28 |
| 2.1.2 Matlab 处理实验数据基本操作       | 31 |
| 2.1.3 数据处理结果可视化——Matlab 的图形功能 | 35 |
| 2.1.4 拟合和插值                   | 38 |
| 2.1.5 Matlab 数据的输出            | 42 |
| 2.1.6 用 Matlab 处理实验数据实例       | 43 |



|       |                                       |     |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 2.1.7 | Matlab 上机练习题 .....                    | 49  |
| 2.2   | 计算机采集实验数据 .....                       | 51  |
| 2.2.1 | 将测量的物理量转换为电学量 .....                   | 53  |
| 2.2.2 | 信号放大与 A/D 转换 .....                    | 64  |
| 2.2.3 | 在计算机中读取数据 .....                       | 67  |
| 2.2.4 | 使用 A/D 转换卡的无纸记录仪的应用 .....             | 71  |
| 2.2.5 | 选作实验——装配计算机数据采集装置 .....               | 77  |
| 2.2.6 | 思考题和练习 .....                          | 80  |
| 2.3   | 《物理化学实验计算机全过程管理系统》介绍 .....            | 80  |
| 2.3.1 | 《物理化学实验计算机全过程管理系统》在实验<br>教学中的作用 ..... | 80  |
| 2.3.2 | 系统的基本组成 .....                         | 81  |
| 2.3.3 | 《物理化学实验计算机全过程管理系统》的使用方法举例 .....       | 83  |
| 3     | 基础实验 .....                            | 92  |
| 3.1   | 热力学实验 .....                           | 92  |
| 实验 1  | 燃烧热的测定 .....                          | 92  |
| 实验 2  | 溶解热的测定 .....                          | 105 |
| 实验 3  | 液体的饱和蒸气压与温度的关系 .....                  | 112 |
| 实验 4  | 双液体体系气-液平衡相图的绘制 .....                 | 127 |
| 实验 5  | 金属相图绘制 .....                          | 135 |
| 实验 6  | 三组分体系等温相图的绘制 .....                    | 143 |
| 实验 7  | 差热分析 .....                            | 147 |
| 实验 8  | 甲基红的酸离解平衡常数的测定 .....                  | 151 |
| 实验 9  | 液相平衡 .....                            | 157 |
| 实验 10 | 气相色谱法测定无限稀溶液的活度系数 .....               | 161 |
| 3.2   | 动力学实验 .....                           | 170 |
| 实验 11 | 蔗糖水解反应速度常数的测定 .....                   | 170 |
| 实验 12 | 乙酸乙酯水解反应速度常数的测定 .....                 | 180 |
| 实验 13 | 丙酮碘化反应 .....                          | 188 |
| 实验 14 | 复相催化甲醇分解 .....                        | 198 |
| 3.3   | 电化学实验 .....                           | 202 |
| 实验 15 | 希托夫法测定离子的迁移数 .....                    | 202 |
| 实验 16 | 电导的测定及应用 .....                        | 206 |

|        |                                                 |     |
|--------|-------------------------------------------------|-----|
| 实验 17  | 电极制备及电动势和化学反应的热力学函数<br>变化值的测定 .....             | 216 |
| 实验 18  | 电池电动势法测定氯化银的溶度积 .....                           | 225 |
| 实验 19  | 极化曲线的测定 .....                                   | 228 |
| 3.4    | 表面化学实验 .....                                    | 232 |
| 实验 20  | 表面张力的测定——最大气泡法 .....                            | 232 |
| 实验 21  | 高聚物相对分子质量的测定 .....                              | 241 |
| 实验 22  | 固液吸附法测定比表面及应用 .....                             | 248 |
| 3.5    | 结构化学实验 .....                                    | 253 |
| 实验 23  | 溶液法测定极性分子的偶极矩 .....                             | 253 |
| 实验 24  | 摩尔折射度的测定 .....                                  | 260 |
| 实验 25  | 磁化率的测定 .....                                    | 263 |
| 4      | 综合性实验 .....                                     | 272 |
| 实验 26  | 温度滴定法测定弱酸的离解热 .....                             | 272 |
| 实验 27  | 甲酸盐氧化反应动力学的研究 .....                             | 276 |
| 实验 28  | 温度、酸度对化学振荡反应的影响——电位法 .....                      | 286 |
| 实验 29  | $\alpha$ -吡啶甲酸对硝基苯酚酯水解的热力学常数<br>和动力学常数的测定 ..... | 292 |
| 实验 30  | 苯分子共振能的测定 .....                                 | 296 |
| 5      | 设计性实验 .....                                     | 300 |
| 实验 31  | 用热敏电阻为感温元件制作温度测量装置 .....                        | 301 |
| 实验 32  | 硫酸铜水合反应热测定 .....                                | 302 |
| 实验 33  | 络合物组成及其不稳定常数的测定 .....                           | 302 |
| 实验 34  | 用热分析法作 Pb-Sn 合金相图 .....                         | 304 |
| 实验 35  | 用准一级反应的方法测定乙酸乙酯皂化反应速率常数 .....                   | 305 |
| 实验 36  | $H^+$ 浓度对蔗糖水解反应速率影响的测定 .....                    | 306 |
| 实验 37  | 用电位跟踪法研究丙酮碘化反应动力学 .....                         | 307 |
| 实验 38  | 临界胶束浓度测定 .....                                  | 308 |
| 实验 39  | 振荡反应热谱曲线的测定 .....                               | 309 |
| 实验 40  | 表面活性剂 SDS 对结晶紫褪色反应的影响 .....                     | 310 |
| 附录 1   | Matlab 常用函数 .....                               | 312 |
| 附表 1-1 | 特殊变量与常数 .....                                   | 312 |
| 附表 1-2 | 操作符与特殊字符 .....                                  | 312 |

|                       |                                                                                                              |            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 附表 1-3                | 基本数学函数 .....                                                                                                 | 312        |
| 附表 1-4                | 基本矩阵和矩阵操作 .....                                                                                              | 313        |
| 附表 1-5                | 数值分析和傅里叶变换 .....                                                                                             | 313        |
| 附表 1-6                | 多项式与插值 .....                                                                                                 | 314        |
| 附表 1-7                | 绘图函数 .....                                                                                                   | 314        |
| <b>附录 2</b>           | <b>部分物理化学常用数据表 .....</b>                                                                                     | <b>316</b> |
| 附表 2-1                | 物理化学常数 .....                                                                                                 | 316        |
| 附表 2-2                | 换算因子 .....                                                                                                   | 316        |
| 附表 2-3                | 国际单位制的基本单位 .....                                                                                             | 317        |
| 附表 2-4                | 国际单位制中具有专门名称的某些导出单位 .....                                                                                    | 317        |
| 附表 2-5                | 其他单位制与国际单位制互换表 .....                                                                                         | 318        |
| 附表 2-6                | 不同温度下液体的密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .....                                                            | 319        |
| 附表 2-7                | 摩尔凝固点降低常数 .....                                                                                              | 320        |
| 附表 2-8                | 某些物质的熔点和沸点/ $^{\circ}\text{C}$ .....                                                                         | 320        |
| 附表 2-9                | 纯水的蒸气压 .....                                                                                                 | 321        |
| 附表 2-10               | 一些有机溶剂的蒸气压 .....                                                                                             | 321        |
| 附表 2-11               | 汞的蒸气压 .....                                                                                                  | 322        |
| 附表 2-12               | 几种流体的黏度/ $\text{cP}$ .....                                                                                   | 322        |
| 附表 2-13               | 几种常用液体的折射率 $n_D'$ .....                                                                                      | 322        |
| 附表 2-14               | 水在不同温度下的折射率、黏度和介电常数 .....                                                                                    | 322        |
| 附表 2-15               | 某些有机溶剂的介电常数及偶极矩 .....                                                                                        | 323        |
| 附表 2-16               | 电解质水溶液的摩尔电导( $25^{\circ}\text{C}$ ) $\Lambda_m/10^{-4}\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ..... | 324        |
| 附表 2-17               | $25^{\circ}\text{C}$ 时无限稀释时离子的摩尔电导 .....                                                                     | 324        |
| 附表 2-18               | 不同温度下 $\text{KCl}$ 的导电率 .....                                                                                | 324        |
| 附表 2-19               | 水和空气界面上的表面张力 .....                                                                                           | 325        |
| 附表 2-20               | 某些液体的表面张力 .....                                                                                              | 325        |
| 附表 2-21               | 不同温度下 $\text{KCl}$ 的溶解热/ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .....                                             | 325        |
| 附表 2-22               | 强电解质的离子平均活度系数 $\gamma_{\pm}$ ( $25^{\circ}\text{C}$ ) .....                                                  | 326        |
| 附表 2-23               | 铂铑 <sub>10</sub> 铂热电偶分度表 .....                                                                               | 326        |
| 附表 2-24               | 镍铬-镍硅 (镍铬-镍铝) 热电偶分度表 .....                                                                                   | 328        |
| 附表 2-25               | 镍铬-考铜热电偶分度 .....                                                                                             | 329        |
| 附表 2-26               | 铜-康铜热电偶分度表 .....                                                                                             | 329        |
| <b>本书主要参考书目</b> ..... |                                                                                                              | <b>331</b> |

# 1 绪 论

## 1.1 物理化学实验的目的和要求

### 1.1.1 学习物理化学实验课程的目的

- ① 巩固并加深对物理化学课程中相关理论和概念的理解。
- ② 掌握物理化学实验的基本方法、实验技术和常用仪器的构造原理及使用方法；学习现代信息技术在物理化学实验中的应用；了解近代大型仪器的性能及在物理化学中的应用。
- ③ 培养学生的动手能力、观察能力、查阅文献能力、思维能力、想像能力、表达能力和处理实验结果的能力等。
- ④ 培养学生勤奋学习、求真、求实、勤俭节约的优良品德和科学精神。

### 1.1.2 实验前的准备

- ① 对实验内容及有关的参考资料进行仔细阅读，写好实验预习报告。预习报告应包括实验目的，实验原理，简单的实验操作步骤，实验时注意事项、需测定的数据（也可以列成表格）以及实验成功之关键等内容。
- ② 核对仪器和药品试剂，对不熟悉的仪器及设备，应仔细阅读说明书，请教指导老师。仪器装置完毕，需经教师检查。
- ③ 正式实验前，由指导老师进行必要的讲解，并检查学生对实验内容的了解程度、准备工作是否完成，经指导老师许可后开始进行实验。

### 1.1.3 实验注意事项

- ① 特殊仪器需向教师领取，完成实验后归还。
- ② 实验时应按教材和仪器使用说明进行操作，如有更改意见，需与指导教师进行讨论，经指导教师同意后方可进行。

③ 公用仪器及试剂瓶不要随意变更原有位置、用毕要立即放回原处。

④ 对实验中遇到的问题要独立思考、设法解决。实在困难者则请指导教师帮助解决。

⑤ 实验数据应随时记录在预习报告本上，记录数据要详细、准确，且注意整洁、清楚，不得任意涂改。尽量采用表格形式、要养成良好的记录习惯。

⑥ 实验完毕后，将实验数据交指导教师检查、签字。

#### 1.1.4 实验报告

① 在规定时间内独立完成实验报告，与预习报告一并按时上交。

② 报告内容包括原始数据、结果处理和问题讨论。

③ 问题讨论是很重要的一项，主要对实验所观察到的重要现象、实验原理、操作、实验方法的设计、仪器的使用及误差来源进行讨论，也可以对实验提出进一步改进的意见。

#### 1.1.5 实验室规则

① 保持实验室安静，不到处乱走。

② 遵守操作规则，遵守安全措施，保证实验安全进行。

③ 实验时应集中注意力，认真操作，仔细观察，积极思考，实验数据要及时、详细记录在记录本上。

④ 注意整洁和卫生，废物放入指定容器，不能丢入水槽。

⑤ 节约用电、水、试剂等一切用品。

⑥ 实验完毕后应清理实验桌，洗净并核对仪器，若有损坏，应自行登记。保持实验室的整洁、经指导教师同意后，才能离开实验室。

### 1.2 物理化学实验室安全知识

在化学实验室中，安全是非常重要的，它常常潜藏着诸如发生爆炸、着火、中毒、灼伤、割伤、触电等事故的危险性，如何来防止这些事故的发生以及万一发生又如何来急救，这些都是每一个化

学实验工作者必须具备的素质。这些内容在先行的化学实验课中均已反复地作了介绍。本节主要结合物理化学实验的特点介绍安全用电、使用化学药品的安全防护等知识。

### 1.2.1 安全用电常识

违章用电常常可能造成人身伤亡、火灾、损坏仪器设备等严重事故。物理化学实验室使用电器较多，特别要注意安全用电。表1-1列出了50Hz交流电通过人体的反应情况。

表 1-1 50Hz 交流电不同电流强度时的人体反应

| 电流强度/mA | 1~10 | 10~25  | 25~100      | 100 以上       |
|---------|------|--------|-------------|--------------|
| 人体反应    | 麻木感  | 肌肉强烈收缩 | 呼吸困难,甚至停止呼吸 | 心脏心室纤维性颤动,死亡 |

为了保障人身安全，一定要遵守实验室安全规则。

#### (1) 防止触电

- ① 不用潮湿的手接触电器。
- ② 电源裸露部分应有绝缘装置（例如电线接头处应裹上绝缘胶布）。
- ③ 所有电器的金属外壳都应保护接地。
- ④ 实验时，应先连接好电路后再接通电源。实验结束时，先切断电源再拆线路。
- ⑤ 修理或安装电器时，应先切断电源。
- ⑥ 不能用试电笔去试高压电。使用高压电源应有专门的防护措施。
- ⑦ 如有人触电，应迅速切断电源，然后进行抢救。

#### (2) 防止引起火灾

- ① 使用的保险丝要与实验室允许的用电量相符。
- ② 电线的安全通电量应大于用电功率。
- ③ 室内若有氢气、煤气等易燃易爆气体，应避免产生电火花。继电器工作和开关电闸时，易产生电火花，要特别小心。电器接触点（如电插头）接触不良时，应及时修理或更换。
- ④ 如遇电线起火，立即切断电源，用沙或二氧化碳、四氯化

碳灭火器灭火，禁止用水或泡沫灭火器等导电液体灭火。

### (3) 防止短路

① 线路中各接点应牢固，电路元件两端接头不要互相接触，以防短路。

② 电线、电器不要被水淋湿或浸在导电液体中，例如实验室加热用的灯泡接口不要浸在水中。

### (4) 电器仪表的安全使用

① 在使用前，先了解电器仪表要求使用的电源是交流电还是直流电；是三相电还是单相电以及电压的大小（380V、220V、110V 或 6V）。需弄清电器功率是否符合要求及直流电器仪表的正、负极。

② 仪表量程应大于待测量。若待测量大小不明时，应从最大量程开始测量。

③ 实验之前要检查线路连接是否正确。经教师检查同意后方可接通电源。

④ 在电器仪表使用过程中，如发现有不正常声响，局部温升或嗅到绝缘漆过热产生的焦味，应立即切断电源，并报告教师进行检查。

## 1.2.2 使用化学药品的安全防护

### (1) 防毒

① 实验前，应了解所用药品的毒性及防护措施。

② 操作有毒气体（如  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、浓  $\text{HCl}$  和  $\text{HF}$  等）应在通风橱内进行。

③ 苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等的蒸气会引起中毒。它们虽有特殊气味，但久嗅会使人嗅觉减弱，所以应在通风良好的情况下使用。

④ 有些药品（如苯、有机溶剂、汞等）能透过皮肤进入人体，应避免与皮肤接触。

⑤ 氰化物、高汞盐 [ $\text{HgCl}_2$ 、 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  等]、可溶性钡盐（ $\text{BaCl}_2$ ）、重金属盐（如镉盐、铅盐）、三氧化二砷等剧毒药品，应

妥善保管，使用时要特别小心。

⑥ 禁止在实验室内喝水、吃东西。饮食用具不要带进实验室，以防毒物污染，离开实验室及饭前要洗净双手。

(2) 防爆 可燃气体与空气混合，当两者比例达到爆炸极限时，受到热源（如电火花）的诱发，就会引起爆炸。一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(20℃, 1atm 下)

| 气 体 | 爆炸高限(体积分数)/% | 爆炸低限(体积分数)/% | 气 体  | 爆炸高限(体积分数)/% | 爆炸低限(体积分数)/% |
|-----|--------------|--------------|------|--------------|--------------|
| 氢   | 74.2         | 4.0          | 乙酸   | —            | 4.1          |
| 乙烯  | 28.6         | 2.8          | 乙酸乙酯 | 11.4         | 2.2          |
| 乙炔  | 80.0         | 2.5          | 一氧化碳 | 74.2         | 12.5         |
| 苯   | 6.8          | 1.4          | 水煤气  | 72           | 7.0          |
| 乙醇  | 19.0         | 3.3          | 煤气   | 32           | 5.3          |
| 乙醚  | 36.5         | 1.9          | 氨    | 27.0         | 15.5         |
| 丙酮  | 12.8         | 2.6          |      |              |              |

注：1atm =  $1.01325 \times 10^5$  Pa。

① 使用可燃性气体时，要防止气体逸出，室内通风要良好。

② 操作大量可燃性气体时，严禁同时使用明火，还要防止发生电火花及其他撞击火花。

③ 有些药品如叠氮铝、乙炔银、乙炔铜、高氯酸盐、过氧化物等，受震和受热都易引起爆炸，使用时要特别小心。

④ 严禁将强氧化剂和强还原剂放在一起。

⑤ 久藏的乙醚使用前应除去其中可能产生的过氧化物。

⑥ 进行容易引起爆炸的实验，应有防爆措施。

(3) 防火

① 许多有机溶剂如乙醚、丙酮、乙醇、苯等非常容易燃烧，大量使用时室内不能有明火、电火花或静电放电。实验室内不可存放过多这类药品，用后还要及时回收处理，不可倒入下水道，以免聚集引起火灾。

② 有些物质如磷、金属钠、钾、电石及金属氢化物等，在空



气中易氧化自燃。还有一些金属如铁、锌、铝等粉末，比表面大也易在空气中氧化自燃。这些物质要隔绝空气保存，使用时要特别小心。

实验室如果着火不要惊慌，应根据情况进行灭火，常用的灭火剂有水、沙、二氧化碳灭火器、四氯化碳灭火器、泡沫灭火器和干粉灭火器等。可根据起火的原因选择使用，以下几种情况不能用水灭火。

a. 金属钠、钾、镁、铝粉、电石、过氧化钠着火，应用干沙灭火。

b. 比水轻的易燃液体，如汽油、苯、丙酮等着火，可用泡沫灭火器。

c. 有灼烧的金属或熔融物的地方着火时，应用干沙或干粉灭火器。

d. 电器设备或带电系统着火，可用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器。

(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，特别要防止溅入眼内。液氧、液氮等低温也会严重灼伤皮肤，使用时要小心。万一灼伤应及时治疗。

### 1.2.3 汞的安全使用

汞中毒分急性和慢性两种。急性中毒多为高汞盐（如  $\text{HgCl}_2$ ）入口所致，0.1~0.3g 即可致死。吸入汞蒸气会引起慢性中毒，症状有食欲不振、恶心、便秘、贫血、骨骼和关节疼、精神衰弱等。汞蒸气的最大安全浓度为  $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，而  $20^\circ\text{C}$  时汞的饱和蒸气压为  $1.6\text{Pa}$  ( $0.0012\text{mmHg}$ )，超过安全浓度 100 倍。所以使用汞必须严格遵守安全用汞操作规定。

① 不要让汞直接暴露于空气中，盛汞的容器应在汞面上加盖一层水。

② 装汞的仪器下面一律放置浅瓷盘，防止汞滴散落到桌面上和地面上。

③ 一切转移汞的操作，也应在浅瓷盘内进行（盘内装水）。