

WATER TREATMENT  
EXPERIMENTS AND TECHNOLOGIES

# 水处理实验与技术

严子春 编著

中国环境科学出版社

# 水处理实验与技术

严子春 编著

中国环境科学出版社·北京

**图书在版编目 (CIP) 数据**

水处理实验与技术/严子春编著. —北京: 中国环境  
科学出版社, 2008.12

ISBN 978-7-80209-912-8

I. 水… II. 严… III. 水处理—实验 IV. TU991.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211968 号

责任编辑 丁 枚  
责任校对 扣志红  
封面设计 龙文视觉

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.cn>  
联系电话: 010-67112765 (总编室)  
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京市联华印刷厂  
经 销 各地新华书店  
版 次 2008 年 12 月第 1 版  
印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷  
开 本 787×960 1/16  
印 张 12.25  
字 数 210 千字  
定 价 25.00 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】  
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

## 前 言

随着城市化进程的推进、工业化速度加快，水资源短缺和水质恶化问题日益突出。水处理新工艺与技术的研究、开发和应用对于落实国家节能减排目标、治理水体污染和实现水资源的可持续利用越来越重要。水处理新工艺与技术的开发离不开实验研究，实验技术一直起着非常重要的促进作用。水处理工艺技术的发展，使得传统的“给水处理”与“污水处理”的界限越来越模糊，很难划分哪些技术为“给水处理”所专有、哪些技术为“污水处理”所专有，二者涉及的单元技术在日益融合。因此，本书结合现代水处理技术的发展，在实验项目安排和实验设计上，力求体现系统性、完整性、实用性与新颖性的原则，将实验项目统一为水处理实验，在内容编排与组织上，注重实验项目的可操作性、可设计性和开发创新性。《水处理实验与技术》可用于给水排水工程专业和环境工程专业学生的实验教学，也可作为从事水科学研究、技术开发的参考书。

本书内容包括：1. 实验基本知识与操作技术；2. 实验设计；3. 实验数据分析处理；4. 水处理实验；5. 水质监测分析方法。本书的新颖之处在于根据教学内容将水处理实验分为必做操作实验、选做操作实验和演示实验三部分，共 30 个实验项目，每个实验有实验目的和要求、实验原理和实验步骤，在内容叙述上力求做到简明扼要，并附有思考题以利于学习和实验工作的深入。选做操作实验为开放实验，自己设计实验方法及步骤并完成实验内容，给出的实验指导书仅供参考，旨在培养创新思维和创新能力。由于本书主要面向各高等院校教学，同时也面向生产和科研，考虑到本书的完整性、实验性及独立性，故

编写了实验方案的优化设计及实验数据的分析处理部分内容。附录收录了水处理实验常用器皿的使用、正交实验表等常用资料。

本书主要由严子春副教授编著，武福平教授编写了第四章中演示实验的重力无阀滤池实验、虹吸滤池实验、机械搅拌澄清池实验、移动罩滤池模拟实验；肖举强教授、毛玉红讲师等对编写工作给予了大力支持；王三反教授提出了许多宝贵建议；于连群、郝火凡高工在本书的试用本使用中提出了宝贵的修改意见；华东交通大学的胡锋平教授提供了一些素材和资料。另外，本书出版得到了兰州交通大学“青蓝”人才工程基金项目（QL-05-05A）的资助，在此致以衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，敬请批评指正。

严子春

2008年12月于兰州交通大学

# 目 录

<b>第一章 实验基本知识与操作技术</b> .....	1
第一节 实验室规则及安全知识.....	1
第二节 常用仪器的使用和维护.....	3
第三节 常用玻璃仪器的使用和维护.....	17
<b>第二章 实验设计</b> .....	24
第一节 实验设计简介.....	24
第二节 单因素实验设计.....	26
第三节 双因素实验设计.....	28
第四节 正交实验设计.....	30
<b>第三章 实验数据分析处理</b> .....	36
第一节 实验误差分析.....	36
第二节 实验数据整理.....	40
第三节 实验数据处理.....	48
<b>第四章 水处理实验</b> .....	54
第一节 必做操作实验.....	54
实验一 混凝实验.....	54
实验二 强酸性阳离子交换树脂主要性能和交换容量的测定.....	58
实验三 表面曝气充氧实验.....	64
实验四 电解法处理含铬电镀废水.....	69
实验五 活性炭吸附法处理含酚废水.....	74
实验六 污泥沉降比和污泥指数的测定实验.....	78

实验七 电渗析除盐实验.....	81
实验八 过滤及反冲洗.....	84
实验九 颗粒自由沉淀实验.....	88
第二节 选做操作实验（开放实验）.....	92
实验一 污泥比阻测定实验.....	92
实验二 电泳及 $\zeta$ 电位测定.....	98
实验三 树脂类型的鉴别.....	101
实验四 氨氮吹脱实验.....	103
第三节 演示实验.....	105
实验一 脉冲澄清池.....	105
实验二 卡鲁塞尔（Carrousel）2000 氧化沟模型演示实验.....	108
实验三 生物转盘.....	110
实验四 气浮演示实验.....	112
实验五 重力无阀滤池实验.....	114
实验六 虹吸滤池实验.....	116
实验七 机械搅拌澄清池实验.....	118
实验八 去离子水制备.....	121
实验九 斜板（斜管）沉淀池实验.....	124
实验十 酸性水过滤中和.....	127
实验十一 臭氧化气体处理有色废水.....	129
实验十二 间歇式活性污泥反应器（SBR）模型演示实验.....	133
实验十三 上流式厌氧污泥床（UASB）演示实验.....	135
实验十四 生物接触氧化模型演示实验.....	137
实验十五 膜生物反应器模型演示实验.....	138
实验十六 V型滤池模拟演示实验.....	141
实验十七 移动罩滤池模拟实验.....	143
第五章 水质监测分析方法.....	146
第一节 浊度测定.....	146

第二节	原水中阳离子总量的测定.....	149
第三节	溶解氧 (DO) 的测定 (碘量法) .....	150
第四节	六价格的测定 (二苯碳酰二肼分光光度法) .....	152
第五节	酚的测定方法.....	154
第六节	氨氮的测定方法 (纳氏试剂光度法) .....	157
第七节	酸度和二氧化碳测定方法.....	158
第八节	臭氧浓度的测定和计算.....	159
第九节	色度的测定.....	161
参考文献.....		163
附录.....		164
附表 1	水处理实验常用器皿.....	164
附表 2	常用洗涤剂.....	168
附表 3	试剂规格和适用范围.....	169
附表 4	pH 标准溶液的配制.....	169
附表 5	常用酸的百分浓度和密度 (20℃) .....	170
附表 6	苛性碱和氨溶液的浓度和密度.....	171
附表 7	实验用水中杂质的含量.....	172
附表 8	常用正交实验.....	173
附表 9	离群数据分析判断.....	181
附表 10	F 分布 .....	183
附表 11	相关系数检验.....	185
附表 12	KCl 溶液的电导率 .....	185



# 第一章 实验基本知识与操作技术

## 第一节 实验室规则及安全知识

### 一、实验室规则

(1) 进入实验室前应认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理、方法、步骤以及有关的基本操作和注意事项。

(2) 遵守纪律,不迟到、早退,不在实验室大声喧哗,保持室内安静。实验室内不准吸烟,不准吃食品,不准打闹,同时还要注意安全。

(3) 学生使用贵重仪器(设备),必须先熟悉该仪器(设备)的性能和操作方法,得到老师许可,方可使用。

(4) 实验前,先清点所用仪器,如发现破损,立即向指导教师声明补领。对玻璃器皿必须轻拿轻放、小心清洗、以防打碎;如在实验过程中损坏仪器,应及时报告,并填写仪器破损报告单。

(5) 实验时听从教师的指导,严格按操作规程正确操作,仔细观察,积极思考,并随时将实验现象和数据如实记录在专用的记录本上。

(6) 实验水样、配制的溶液等应编号,在试剂瓶、比色管等上面贴好标签,以防弄错;取用的标准溶液(或化学试剂)使用后剩余部分不能倒回原来的瓶内。

(7) 实验时要保持桌面和实验室清洁整齐。废液倒入废液缸,用过的试纸、滤纸等和废物一起投入废物篓内,严禁投放在水槽中,以免腐蚀和堵塞水槽及下水道。

(8) 实验中严格遵守水、电、煤气、易燃、易爆以及有毒药品等的安全规则;注意节约水、电和试剂。

(9) 实验完毕,将仪器、设备恢复原状态,把实验桌面、仪器和药品架等整理干净,并关好水、电开关及门窗等。实验室一切物品不得带离实验室。

(10) 实验后,根据原始记录,联系理论知识,认真分析问题,处理数据,按要求格式写出实验报告,及时交给指导教师批阅。

## 二、实验室安全知识

进行水处理实验，经常要使用水、电、煤气、各种仪器和易燃、易爆、腐蚀性以及有毒的药品等，故实验室安全极为重要。如不遵守安全规则而发生事故，不仅会导致实验失败，而且还会损害人的健康，并造成财产损失。因此，必须做到认真预习，熟悉各种仪器、设备、药品的性能，掌握实验中的安全注意事项，集中精力进行实验，严格遵守操作规程。此外，还必须了解实验室一般事故的处理等安全知识。

### (一) 实验室安全守则

(1) 实验开始前，检查仪器是否完整无损，装置是否正确。了解实验室安全用具放置的位置，熟悉使用各种安全用具（如灭火器、砂桶、急救箱等）的方法。

(2) 实验进行时，不得擅自离开岗位。水、电、煤气等一经使用完毕立即关闭。实验结束后，值日生和最后离开实验室的人员应再一次检查水电、气源是否已关好。

(3) 绝不允许任意混合各种化学药品，以免发生事故。

(4) 浓酸、浓碱等具有强腐蚀性的药品，切勿溅在皮肤或衣服上，尤其不可溅入眼睛中。

(5) 极易挥发和引燃的有机溶剂（如乙醚、乙醇、丙酮、苯等），使用时必须远离明火，用后要立即塞紧瓶塞，放在阴凉处。

(6) 加热时，要严格遵守操作规程。制备或实验具有刺激性、恶臭和有毒的气体时，必须在通风橱内进行。

(7) 实验室内任何药品不得进入口中或接触伤口，有毒药品更应特别注意。有毒废液不得倒入水槽，以免与水槽中的残酸作用而产生有毒气体。防止污染环境，增强自身的环境保护意识。

(8) 实验室电器设备的功率不得超过电源负载能力。电器设备使用前应检查是否漏电，常用仪器外壳应接地。使用电器时，人体与电器导电部分不能直接接触，也不能用湿手接触电器插头。

(9) 进行危险性实验时，应使用防护眼镜、面罩、手套等防护用具。

(10) 不能在实验室内饮食、吸烟。实验结束后必须洗净双手方可离开实验室。

### (二) 实验室意外事故的一般处理

(1) 割伤。先取出伤口内的异物，然后在伤口处抹上红汞药水或撒上消炎粉

后用纱布包扎。

(2) 烫伤。可先用稀  $\text{KMnO}_4$  或苦味酸溶液冲洗灼伤处。再在伤口处抹上黄色的苦味酸溶液、烫伤膏或万花油，切勿用水冲洗。

(3) 酸蚀伤。先用大量水冲洗，然后用饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液或稀  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  洗，最后再用水冲洗。

(4) 碱蚀伤。先用大量水冲洗，再用约  $0.3 \text{ mol/L}$   $\text{HAc}$  溶液洗，最后再用水冲洗。如果碱溅入眼中，则先用硼酸溶液洗，再用水冲洗。

(5) 吸入刺激性、有毒气体。吸入  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HCl}$ , 溴蒸气时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气使之解毒。吸入  $\text{H}_2\text{S}$  气体而感到不适时，立即到室外呼吸新鲜空气。

(6) 毒物进入口。若毒物尚未咽下，应立即吐出来，并用水冲洗口腔；如已吞下，应设法促使呕吐，并根据毒物的性质服解毒剂。

(7) 起火。若因酒精、苯、乙醚等引起着火，立即用湿抹布、石棉布或沙子覆盖燃烧物。火势大时可用泡沫灭火器。若遇电器设备引起的火灾，应先切断电源，用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火，不能用泡沫灭火器，以免触电。火势较大，则应立即报警。

(8) 触电。首先切断电源，必要时进行人工呼吸。

(9) 在实验中发生意外，若伤势较重，则应立即送医院。

## 第二节 常用仪器的使用和维护

### 一、天平

#### (一) 天平的种类

分析天平是定量分析工作中最重要、最常用的精密称量仪器。每一项定量分析都直接或间接地需要使用天平，而分析天平称量的准确度对分析结果又有很大的影响，因此，了解分析天平的构造并掌握正确的使用方法，避免因天平的使用或保管不当影响称量的准确度，从而获得准确的称量结果。天平按结构特点可分为等臂和不等臂两类，但其构造的基本原理都是根据杠杆原理设计制造的。等臂和不等臂的又可分为等臂单盘天平、等臂双盘天平和不等臂单盘天平等。单盘天平一般均具有光学读数、机械减码和阻尼等装置。双盘天平又有带普通标牌和微分标牌、有阻尼器和无阻尼器之分。在具有普通标牌的天平中，把无阻尼器的天

平称为摆幅天平（或摇摆天平、摆动式天平等），有阻尼器的称为阻尼天平。具有微分标牌的天平，一般均有阻尼器和光学读数装置。目前，机械加码电光天平、单盘电光天平和电子天平是最常见的三种类型天平，各类天平如图 1-1 所示。

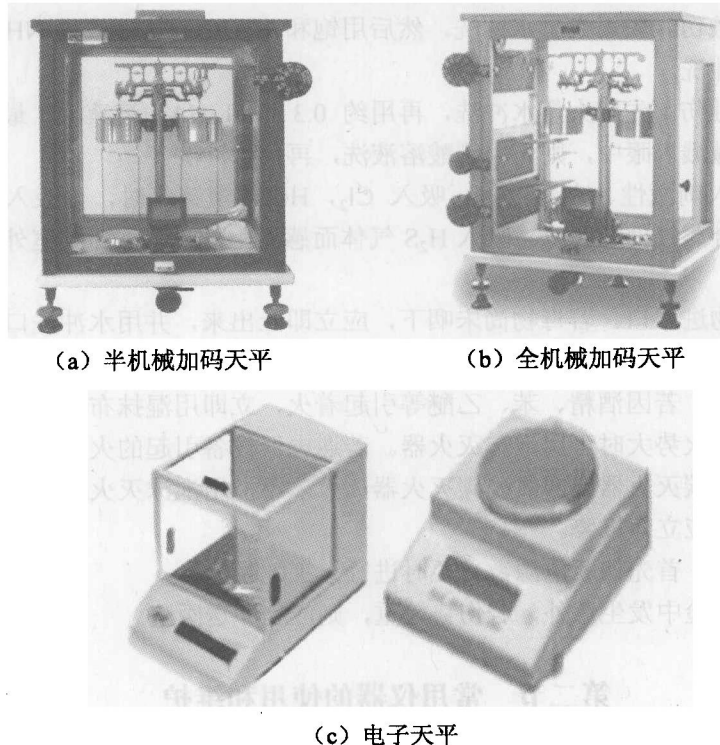


图 1-1 各种类型天平

天平按精度分级和命名是常用的分类方法。目前我国对常用的相对精度进行分类，即以天平分度值与最大荷载之比来划分其精度级别。根据《天平规定规程 JJG 98—72》（试行本）的规定，把天平分为十级，如表 1-1 所示。

表 1-1 天平精度分级

精度级别	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
名义分度值与最大荷载之比	$1 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$

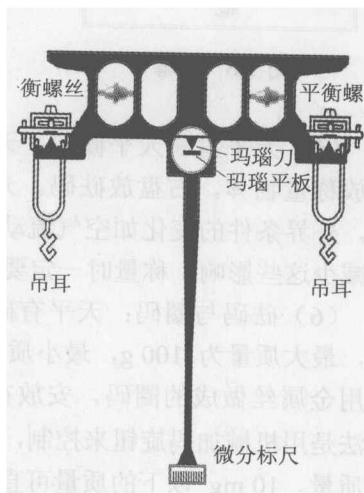
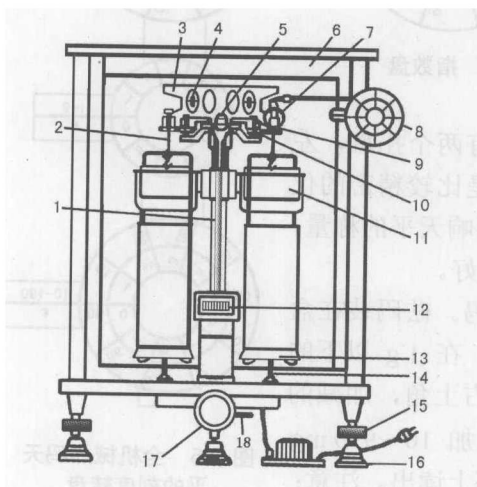
一级天平精度最好，十级天平精度最差。常用的分析天平载荷为 200 g，分

度值（感量）为 0.1 mg，其精度为  $5 \times 10^{-7}$ ，即其精度相当于三级天平。

在常量分析中，使用最多的是最大荷载为 100~200 g 的分析天平，属于三、四级。在微量分析中，常用最大荷载为 20~30 g 的分析天平，属于一至三级。目前我国最常用的是等臂双盘天平。

## （二）天平的结构

### 1. 等臂双盘天平的结构



- 1—指针；2—吊耳；3—天平梁；4—调零螺丝；5—感量螺丝；6—前面门；  
7—圈码；8—刻度盘；9—支柱；10—托梁架；11—阻力盒；12—光屏；13—天平盘；  
14—盘托；15—垫脚螺丝；16—脚垫；17—升降钮；18—光屏移动拉杆

图 1-2 半自动电光天平

### 2. 主要部件

(1) 天平梁：天平梁是天平的主要部件之一，梁上左、中、右各装有一个玛瑙刀和玛瑙平板。装在梁中央的玛瑙刀刀口向下，位于玛瑙平板上，用于支撑天平梁，又称支点刀。装在梁两边的玛瑙刀刀口向上，与吊耳上的玛瑙平板相接触，用来悬挂托盘。玛瑙刀口是天平很重要的部件，刀口的好坏直接影响到称量的精确程度。玛瑙硬度大但脆性也大，易因碰撞而损坏，故使用时应特别注意保护玛瑙刀口。

(2) 指针：固定在天平梁的中央，指针随天平梁摆动而摆动，从光幕上可读出指针的位置。

(3) 升降钮：是控制天平工作状态的旋钮，位于天平正前方下部。

(4) 光幕：通过光电系统使指针下端的标尺放大后，在光幕上可以清楚地读出标尺的刻度。标尺的刻度代表质量，每一大格代表 1 mg，每一小格代表 0.1 mg。

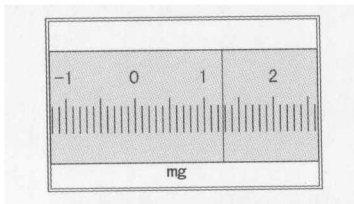


图 1-3 光幕

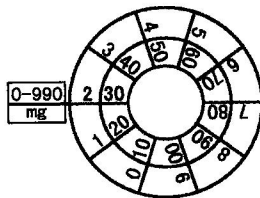


图 1-4 指数盘

(5) 天平盘和天平橱门：天平左右有两个托盘，左盘放称量物体，右盘放砝码。光电天平是比较精密的仪器，外界条件的变化如空气流动等容易影响天平的称量，为减少这些影响，称量时一定要把橱门关好。

(6) 砝码与圈码：天平有砝码和圈码。砝码装在盒内，最大质量为 100 g，最小质量为 1 g。在 1 g 以下的是用金属丝做成的圈码，安放在天平的右上角，加减的方法是用机械加码旋钮来控制，用它可以加 10~990 mg 的质量。10 mg 以下的质量可直接在光幕上读出。注意：全机械加码的电光天平其加码装置在右侧，所有加码操作均通过旋转加码转盘实现，如图 1-5 所示。

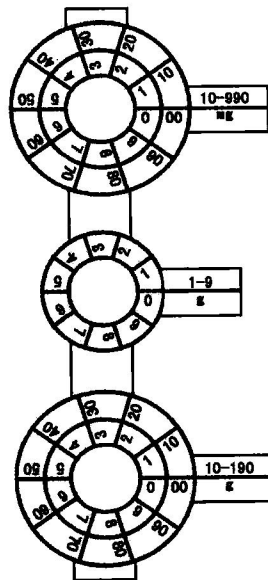


图 1-5 全机械加码天平的刻度转盘

### (三) 天平的性能

天平作为精密的衡量仪器，必须具有适当的灵敏性、准确性、稳定性和不变性等性能。

#### 1. 灵敏性

天平的灵敏性是用天平的灵敏度来表示的，灵敏度是指天平盘上增加一个小质量所引起指针偏移的程度。指针偏移的距离越大，表示天平越灵敏。天平的灵敏度一般规定为 1 mg 砝码引起的指针在读数标牌上偏移的格数。灵敏度也可用感量来表示。感量是指针偏移一格时所需要的毫克数，显然：感量=1/灵敏度

#### 2. 准确性

天平的准确性是针对天平的等臂性而言。一架完好的天平，虽不能要求其两臂完全相等，但两臂之差应符合一定的要求（长度差值相对于臂长而言不超过

1/40 000), 以控制天平不等臂所引起的误差不超过一定的程度。

设天平的两臂长分别为  $a$  和  $b$ , 两臂长的差值  $a-b=\delta$ , 若两臂载重量分别为  $P$ 、 $Q$ , 则天平不等臂性产生的误差与天平的载重  $P$  成正比, 与  $\delta b$  成正比。天平的等臂性是会变动的。一架新出厂的天平, 一般要求在最大载重下等臂性引起的指针摆动偏移不超过标牌 3 个分度。但一般称量重量常小于最大载重量很多, 因此这一误差会减少到不足估计的程度。用等臂天平称量时, 由于天平不等臂引起的误差是难免的, 这种误差属于系统误差。

### 3. 稳定性

天平梁在平衡状态下受到扰动后能自动回到初始平衡位置的能力, 称为天平的稳定性。天平不仅要有一定的灵敏性, 而且要有相当的稳定性, 才能完成准确称量。灵敏性和稳定性是相互矛盾的两种性质。一台天平, 其灵敏性和稳定性的乘积是一个常数, 两者都兼顾到, 才能使天平处于最佳状态。

天平的稳定性主要与天平梁的重心、支点的位置以及天平梁上一个支点刀刃和两个重点刀刃在平面上的距离有关。

在一般情况下, 天平的稳定性是通过改变天平的重心, 即移动调节圈来调节的。重心离支点越远, 天平越稳定。

### 4. 不变性

天平的不变性是指天平在同一个重量差的作用下, 各次平衡位置相重合不变的性能。

在同一台天平上使用同一组砝码, 多次称量同一重物, 人们当然希望每一次都得到相同的结果, 但是, 事实上不可能得到绝对完全重合的结果, 一般都存在着微小的差异, 这种差异就称为示值变动性。示值变动性是用多次开关天平时, 天平指针平衡后在标牌上位置的最大值与最小值之差来表示的, 两者之差越大, 表示天平的不变性越差。

天平的不变性与天平的稳定性有着密切的关系, 两者都以示值变动性来表示, 但不是同一概念, 天平的稳定性主要与梁的重心有关, 而天平的不变性除了与稳定性有关外, 还与天平的结构及称量时环境条件等因素有关。

## (四) 砝码

目前我国制造的砝码, 一般选用的材料是非磁性不锈钢和铜合金等。

### 1. 砝码的组合形式

为了能测量各种不同质量的物体, 需要质量由大到小、能组合成任何量值的一组砝码, 这样的一组砝码叫砝码组。砝码组通常分为千克组 (1~20 kg), 克

组(1~500 g)和毫克组(1~500 mg)。各组砝码又可以分为以下几种组合形式: 5, 2, 2, 1; 5, 3, 2, 1; 5, 2, 1, 1。同一组砝码中,相同名义质量的砝码,其质量数字上方标以圆点·或··以示区别。每组天平都配有一盒砝码,在进行同一实验时,所有称量应该使用同一架天平和同一盒砝码。

### 2. 砝码的使用和保养

使用砝码时必须用镊子,不得直接用手拿取。用镊子夹取砝码时,注意不要损伤和跌落砝码。夹取片码时,应夹其卷角或折边。不要使用合金钢镊子,应选用带有骨质或塑料护尖的镊子。砝码在使用中要轻拿轻放,不得互相撞击。

### 3. 砝码的等级和用途

目前,我国把砝码的精度分为五等。普通分析天平一般用三等砝码。

### 4. 砝码的校准

砝码是衡量质量的标准,应该有一定的符合要求的准确度。砝码不管制造如何精良,使用日久之后其质量或多或少总有些改变,所以必须按使用的频繁程度定期予以校准或送计量部门检定。校准周期一般不超过一年。在一般的实验中砝码的质量是否绝对准确并不重要,而重要的是应知道砝码间相对质量的确切比例。所以通常用的砝码校准实际上就是测出砝码间的相对质量比例。

## (五) 电光天平的调整、使用

### 1. 天平的调整

(1) 零点的测定及调整:电光天平与一般分析天平一样,在天平两边都不负载时开启天平,指针左右摆动几次后,或光幕上的数字往复移动几次后,待停下,光幕上的中线对准的刻度数即为零点。这个刻度数(格数)直接指示毫克数。例如光幕上中线对准的是+0.2 mg,即零点在+0.2 mg处。

电光天平的零点如向左或右偏离中央“0”处太大(±1.0 mg以上),则需要调整平衡砣。如果向左或向右偏离很小,可以调整毛玻璃屏的位置,使光屏上的中线正好对准映出的影尺上的中央“0”处。但毛玻璃屏左右移动的距离也有限,如仍然不能使中线对准“0”处,而又不超过±1.0 mg,就可像一般的分析天平一样,不一定要调至中线对准“0”,只要记录出零点的数据,以后按此进行计算就可以了。

(2) 感量的测定:由于电光天平的毫克以下的尾数重量是直接反映在光屏上反映出来的,所以就不需要计算感量,但仍需要有感量的数据。使用者应经常测定天平的感量,以检验天平的灵敏度是否符合要求。如果不符合要求,就需要调整或检修。一般简单的测定感量的方法是,在天平不负载(或全载)时,加上10 mg



的砝码，开启天平，观察光幕上是否反映出 10 mg，如果反映出  $10 \pm 0.1$  mg，可以认为该架天平感量在万分之一以内。

(3) 光学系统的调整：当天平正常时，光屏上显示刻度明亮而清晰，但天平受震动和零件松动时可能引起刻度不清、光源不强问题，此时，可按以下几方面进行检查、调整。

① 光源不强：将照明光源上的定位螺钉松开，把灯头座向顺时针方向转动，如还不够亮，可将照明灯向前后移动或转动，使光源和聚光管集中成直线，至光屏上充满强光为止，最后将定位螺钉固定。

② 刻度不清：将指针前的物镜筒旁边的螺钉松开，把物镜筒向前后移动或转动，使刻度清晰为止，然后拧紧螺钉。

## 2. 电光天平的使用步骤

(1) 称前检查：使用天平前，应先检查天平是否水平；机械加码装置是否指示 0.00 位置；吊耳及圈码位置是否正确，圈码是否齐全、有无掉落、缠绕；两盘是否清洁，有无异物。

(2) 零点调节：接通电源，缓缓开启升降旋钮，当天平指针静止后，观察投影屏上的刻度线是否与缩微标尺上的 0.00 mg 刻度相重合。如不重合，可调节升降旋钮下面的调屏拉杆，移动投影屏位置，使之重合，即调好零点。如已将调屏拉杆调到尽头仍不能重合，则需关闭天平，调节天平梁上的平衡螺丝。

(3) 称量：打开左侧橱门，把在台秤上粗称过的被称量物放在左盘中央，关闭左侧橱门；打开右侧橱门，在右盘上按粗称的重量加上砝码，关闭右侧橱门，再分别旋转圈码转盘外圈和内圈，加上粗称重量的圈码。缓慢开启天平升降旋钮，根据指针或缩微标尺偏转的方向，决定加减砝码或圈码。注意：如指针向左偏转（缩微标尺会向右移动）表明砝码比物体重，应立即关闭升降旋钮，减少砝码或圈码后再称，反之则应增加砝码或圈码，反复调整直至开启升降旋钮后，投影屏上的刻度线与缩微标尺上的刻度线在 0.00 到 10.0 mg 之间为止。

(4) 读数：当缩微标尺稳定后即可读数，其中缩微标尺上一大格为 1 mg，一小格为 0.1 mg，若刻度线在两小格之间，则按四舍五入的原则取舍，不要估读。读取读数后应立即关闭升降旋钮，不能长时间让天平处于工作状态，以保护玛瑙刀口，保证天平的灵敏性和稳定性。称量结果应立即如实记录在记录本上，不可记在手上、碎纸片上。

天平的读数方法：对于半自动电光天平，采取砝码+圈码+微分标尺的读数方法，即小数点前读砝码，小数点后第一、二位读圈码（转盘前二位），小数点后第三、四位读微分标尺（图 1-6）；对于全机械加码天平有三组圈码（自下而