



普通高等学校“十三五”土木工程专业系列规划教材



2011协同创新高校重点建设教材

Experiment Technology for
Water Science and Engineering

给排水科学 与工程实验技术



主 编 赵金辉

副主编 王祝来 尤朝阳 俞锋



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

给排水科学与工程实验技术

主 编 赵金辉

副主编 王祝来 尤朝阳 俞 锋



东南大学出版社

SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 提 要

本书围绕给排水科学与工程专业人才培养需求,按照实验基本知识与操作技术、实验设计、水样的采集与水质分析、水处理工程实验、建筑给水排水工程实验、水处理微生物实验、给水排水管道工程实训实验、实验数据分析与处理的内容,有针对性地详述实验的基本原理、步骤以及实验的基本要点和注意事项,以帮助学习者强化实践能力,提升学习者的实验水平,补充理论和实践的不足。

本书可作为给水处理、污水处理、工业给水处理、工业废水处理、建筑给水排水等课程的配套教材,也可供相关行业的科研人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

给排水科学与工程实验技术 / 赵金辉主编. —南京:
东南大学出版社, 2017. 2

ISBN 978-7-5641-6941-1

I. ①给… II. ①赵… III. ①给排水系统—实验—
高等学校—教材 IV. TU991-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 317949 号

给排水科学与工程实验技术

主 编	赵金辉	责任编辑	刘 坚 梁嘉俊
电 话	(025)83793329/83790577(传真)	电子邮件	liu-jian@seu.edu.cn
出版发行	东南大学出版社	出 版 人	江建中
地 址	南京市四牌楼 2 号(210096)	邮 编	210096
销售电话	(025)83794561/83794174/83794121/83795801/83792174/83795802/57711295(传真)		
网 址	http://www.seupress.com	电子邮件	press@seupress.com
经 销	全国各地新华书店	印 刷	兴化市印刷有限责任公司
开 本	787mm×1092mm 1/16	印 张	17.75
字 数	460 千字		
版 次	2017 年 2 月第 1 版第 1 次印刷		
书 号	ISBN 978-7-5641-6941-1		
定 价	40.00 元		

* 未经本社授权,本图书内任何文字不得以任何方式转载、演绎,违者必究。

* 本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830。

前言 preface

给排水科学与工程以完成水的社会循环为主要任务,以水的净化、输送以及污水的收集、处理和排放有关的理论技术为主要内容,是一门与城镇建设、人民生活、工业生产和环保事业密切相关的重要学科,对国民经济发展有着重要作用。当前,水资源短缺和水污染加剧给这一学科提出了新的问题和挑战,学科的内涵和面临的任務发生了一定变化,对专业人才的培养提出了更高要求,强化创新实践能力的培养成为专业人才培养的重要方向,而实践教学是创新实践能力培养的重要环节。

本书围绕给排水科学与工程专业人才培养需求,根据全国高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会制定的教学实验大纲基本要求编写。编写内容包括:实验基本知识与操作技术、实验设计、水样的采集与水质分析、水处理工程实验、建筑给水排水工程实验、水处理微生物实验、给水排水管道工程实训实验、实验数据分析与处理八个章节。当前,给排水科学与工程专业教学中水处理实验有相应教材,而建筑给水排水工程、水处理微生物等部分尚缺乏针对性实验教材,此外,一些高校探索开设了管道实训教学,增强学生实践动手能力培养,但缺乏相应实训教程。本书内容力求满足给排水科学与工程领域的学科发展和人才培养的需要,并弥补了当前教材方面的一些不足和空缺。

本书的实验内容主要面向给排水科学与工程和环境工程等专业学生的实验教学,可作为给水处理、污水处理、工业水处理、建筑给水排水等课程的配套实验教材,也可供研究生及科研工作人员参考。教材内容是在参考国内外有关资料并结合多年教学实践的基础上确定的,对开阔学生视野,提高水处理实验技术水平,具有较大帮助。

本书由南京工业大学赵金辉、俞锋、尤朝阳、吴慧芳、孙永军、刘翠云、刘瑞菊、姜成、吴梦柯、孙瑶以及南京林业大学王祝来、王郑编写。本书共分8章,各章分工如下:第一章、第三章、第四章由赵金辉,刘瑞菊编写;第二章由王祝来、姜成编写;第五章由俞峰、刘翠云编写;第六章由尤朝阳、孙瑶编写;第七章由孙永军,王郑编写;第八章由吴慧芳、吴梦柯编写。

因编写人员水平有限,书中疏漏、不妥之处在所难免,敬请批评指正。

感谢江苏省高等教育教学改革研究课题(项目编号:2015JSJG173)“互联网时代具有科学思维的工程教育培养模式改革与实践”项目支持。

编者
2017年1月

C 目录

Contents

第一章 实验基本知识与操作技术 1

第一节 实验室规则及安全知识	1
一、实验室规则	1
二、实验室安全知识	2
第二节 常用仪器的使用和维护	3
一、天平	3
二、分光光度计	6
三、COD 快速测定仪	8
四、普通光学显微镜	9
第三节 常用玻璃仪器的使用和维护	11
一、常用玻璃仪器的分类及用途	11
二、玻璃量器的使用	11
三、玻璃仪器的洗涤和干燥	15

第二章 实验设计 17

第一节 实验设计简介	17
一、实验设计基本概念	17
二、实验设计步骤	18
第二节 单因素实验设计	19
一、均分法和对分法	19
二、黄金分割法	20
三、分数法	22
四、分批实验法	22
第三节 双因素实验设计	23
一、对开法	23
二、旋升法	24
三、平行线法	25
第四节 正交实验设计	26
一、正交实验设计	26

二、多指标正交实验及直观分析	34
----------------------	----

第三章 水样的采集保存与水质分析	39
-------------------------------	-----------

第一节 水样的采集	39
一、不同种类水体的采样要求	39
二、采样容器的准备	40
三、采样的基本要求	40
第二节 水样的保存	40
一、水样保存的要求和措施	40
二、样品的管理	43
第三节 水样分析与测试	43
实验一 水中 pH、电导率、游离二氧化碳等的现场测定	43
实验二 水中氯离子的测定	48
实验三 水中溶解氧(DO)的测定——碘量法	50
实验四 化学需氧量(COD _{Cr})的测定	53
实验五 生化需氧量(BOD ₅)测定	55
实验六 水中总硬度、钙离子的测定	59
实验七 悬浮物(SS)的测定	62
实验八 氨氮的测定——纳氏试剂分光光度法	63
实验九 亚硝酸盐氮的测定——N-(1-萘基)-乙二胺光度法	65
实验十 硝酸盐氮的测定——酚二磺酸光度法	67
实验十一 总氮(TN)的测定	70
实验十二 磷(总磷、磷酸盐)的测定	72

第四章 水处理工程实验	74
--------------------------	-----------

第一节 水处理基础实验	74
实验一 混凝试验	74
实验二 颗粒自由沉淀实验	78
实验三 过滤及反冲洗	81
实验四 曝气充氧实验	85
实验五 废水可生化性测定实验	88
实验六 活性污泥性质测定实验	90
实验七 活性炭废水吸附实验	92
实验八 离子交换软化实验	97
第二节 水处理选做实验	99
实验一 ξ 电位测定	99
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	102
实验三 气浮实验	107
实验四 污泥比阻测定实验	109
实验五 曝气池混合液比耗氧速率测定实验	112

实验六	完全混合式生化反应动力学系数测定实验	115
实验七	酸性废水过滤中和实验	118
实验八	臭氧处理有色废水	120
实验九	电渗析除盐实验	123
第三节	水处理单元工艺模型演示实验	126
实验一	斜板(斜管)沉淀池实验	126
实验二	脉冲澄清池	129
实验三	机械搅拌澄清池	131
实验四	重力无阀滤池	133
实验五	虹吸滤池实验	134
实验六	V型滤池过滤实验	136
实验七	间歇式活性污泥反应器(SBR)模型实验	138
实验八	卡鲁塞尔(Carrousel)2000 氧化沟模型演示实验	139
实验九	生物转盘实验	141
实验十	上流式厌氧污泥床(UASB)模型实验	143
实验十一	生物接触氧化模型实验	144
实验十二	膜生物反应器模型实验	145

第五章 建筑给水排水工程实验

148

实验一	水质回流污染及防护措施	148
实验二	变频、气压联合供水实验	149
实验三	排水系统气、水变化规律综合实验	150
实验四	自动喷水灭火系统	153

第六章 水处理微生物实验

156

实验一	显微镜的使用实验	156
实验二	水中微型动物的观察和计数实验	158
实验三	细菌、霉菌、酵母菌、放线菌形态的观察实验	160
实验四	微生物的染色实验	162
实验五	培养基的制备及灭菌实验	165
实验六	微生物纯种分离、培养及接种技术实验	169
实验七	纯培养菌种的菌体、菌落形态观察实验	171
实验八	微生物的生理生化特征实验	173
实验九	大肠杆菌生长曲线的测定实验	177
实验十	活性污泥微生物呼吸活性(耗氧速率)的测定实验	178
实验十一	发光细菌毒性测试实验	180

第七章 给水排水管道工程实训

183

第一节	管道工程常用施工工具	183
一、管钳		183

二、手锯、割管器	184
三、扳手	185
第二节 管道加工	185
一、管子调直	185
二、管子切割	187
三、管子弯曲	190
第三节 管道连接	195
一、螺纹连接	195
二、法兰连接	198
三、管道焊接	199
四、承插连接	201
五、塑料管道的粘接	203
第四节 管道支吊架的安装	204
一、管道支架形式	204
二、管道支架安装	205
第八章 实验数据分析与处理	208
第一节 实验误差分析	208
一、测量值及误差	208
二、直接测量值误差分析	209
三、间接测量值误差分析	210
四、测量仪器精度的选择	212
第二节 实验数据整理	212
一、有效数字及其运算	212
二、实验数据处理	213
三、实验数据中可疑数据的取舍	214
第三节 实验数据的表示与分析	218
一、单因素方差分析	218
二、正交实验方差分析	224
三、回归分析	233
四、实验成果的表格、图形表示	247
附表 1 常用正交实验表	249
附表 2 离群数据分析判断表	260
附表 3 F 分布表	264
附表 4 t 分布表	267
附表 5 相关系数检验表	269
附表 6 氧在蒸馏水中的溶解度(饱和度)	271
附表 7 空气的物理性质	273
附表 8 D_3 、 D_4 系数表	274
参考文献	275



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

实验操作不仅要求具有专业实验知识和技能,为了确保实验过程顺利进行和实验人员人身安全,掌握相关的基本规则和实验室安全知识是非常必要的。对于分析实验室的工作人员,除了需要了解、掌握有关电、化学危险品以及气瓶使用的安全知识外,在日常工作中还要遵守常规的、涉及安全问题的常识和规则。

一、实验室规则

(1) 实验室是进行教学和科研实验的场所,在进入实验室前应先预习实验内容,明确实验目的,了解实验的基本原理、方法、步骤,以及相关的基本操作和注意事项。

(2) 遵守实验室规章制度,不迟到不早退,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,同时注意安全。

(3) 实验前,先清点需用仪器,若发现破损应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了仪器,应及时报告,并填写仪器破损报告单。

(4) 精密贵重仪器设备指定专人负责,并建立技术档案和使用记录。学生使用贵重仪器设备前,必须先熟悉该仪器设备的性能和操作方法,得到指导教师许可后,方可使用。

(5) 实验室仪器设备严禁随意搬动、拆卸、改装,不动用与实验无关的仪器设备。

(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,以防止弄错;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容器内。

(7) 实验时听从教师的指导,严格按操作规程操作,仔细观察,认真思考,及时如实记录实验现象和数据。

(8) 实验时保持实验室和桌面整洁。废液倒入废液缸内,用过的试纸、滤纸和其他废弃物投入废物篓,严禁投入水槽中,以免腐蚀和堵塞水槽及下水道。

(9) 实验时应节约水、电和试剂;严格遵守水、电、煤气以及易燃、易爆、有毒药品等的安全使用规则。

(10) 实验完毕后将实验桌面、仪器和药品架等整理干净,并及时切断水源、电源、气源,

将仪器设备恢复原状态。实验室一切物品不得带离实验室。

二、实验室安全知识

在进行水处理实验时,经常要使用到水、电、煤气、各种仪器和易燃、易爆、具有腐蚀性以及有毒的药品等,故实验室安全极为重要。若不遵守安全规则,不仅可能导致实验失败,而且还可能损害人身健康,并造成财产损失。因此,实验前必须先熟悉各种仪器、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,严格按规程操作。此外,还必须了解实验室一般事故的处理方法等安全知识。

1. 实验室安全守则

(1) 实验室应设立专职或兼职安全管理人员,对于不符合规定的操作,应及时制止。

(2) 实验开始前应检查仪器设备是否完整,装置是否正确,了解实验室安全用具(如灭火器、砂筒、急救箱等)放置的位置,熟悉各种安全用具的使用方法。

(3) 实验进行时,不得擅自离开岗位,密切关注实验的进展;水、电、煤气等一经使用完毕应立即关闭。

(4) 使用易挥发、易引燃的化学试剂(如乙醚、乙醇、丙酮、苯等)时,应远离明火,用后要立即塞紧瓶塞,放在阴凉处。

(5) 绝不允许任意混合各种化学试剂,以免发生事故。

(6) 实验室严禁乱拉乱接电线,电路应按规定布设,电气设备的功率不得超过电源负载能力,电气设备使用前应检查是否漏电,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。实验完毕后应将电器电源切断。

(7) 进行危险性实验时,根据实验情况采取必要的安全措施,如戴防护眼镜、面罩或橡胶手套等。

(8) 严禁在实验室内吸烟或饮食。实验结束后要仔细洗手后方可离开实验室。

(9) 实验室内任何试剂和药品都不得入口或者接触伤口,有毒药品更应特别注意。有毒废液不得倒入水槽,以免与水槽中的其他残液作用而产生有害气体,污染环境,应增强自身的环境保护意识。

(10) 实验时根据实际情况打开门窗和(或)换气设备,保持室内空气流通;加热易挥发有害试剂或药品以及易产生严重异味、易污染环境的实验应在通风橱内进行。

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

(12) 值日生或最后离开实验室的工作人员应检查水阀、电闸、煤气阀等,关闭门、窗、水、电、气后才能离开实验室。

2. 实验室意外事故的一般处理方法

(1) 割伤。先取出伤口内的异物,然后在伤口处涂抹酒精、红药水或消炎粉,再用纱布包扎。

(2) 烫伤。切勿用水冲洗,可先用稀高锰酸钾或苦味酸溶液清洗烫伤处,再涂抹黄色的苦味酸溶液、万花油或烫伤药膏。

(3) 碱蚀伤。先用大量水冲洗,再用约 0.2% 的醋酸溶液或者饱和硼酸溶液清洗,然后再用水冲洗。若碱溅入眼中,则先用硼酸溶液清洗,再用水冲洗。

(4) 酸蚀伤。先用大量水清洗,然后用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水洗,最后再用水清洗。

(5) 吸入刺激性、有毒气体。吸入氯气、氯化氢气体、溴蒸气时,可采用吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气的方法解毒。吸入硫化氢气体而感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(6) 毒物入口。若毒物尚未咽下,应立即吐出,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用解毒剂。

(7) 起火。若因乙醚、乙醇、苯等引起着火,应立即用湿布、细砂、石棉布或泡沫灭火器等扑灭,严禁用水扑灭此类火灾。若遇电气设备着火,必须先切断电源,再用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火。在采取措施的同时应报警。

(8) 触电。立即切断电源,尽快利用绝缘物(干木棒、竹竿)将触电者与电源隔离,必要时进行人工呼吸等现场急救措施。

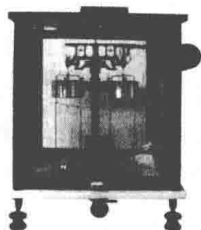
(9) 在实验中发生意外,若情况较严重,则应根据以上措施在现场进行相应处理后立即送医院救治。

第二节 常用仪器的使用和维护

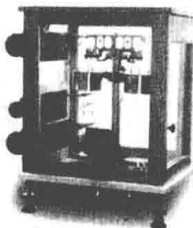
一、天平

1. 天平的种类

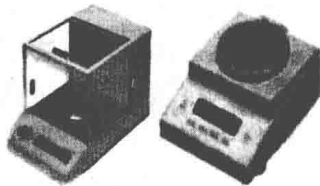
分析天平是定量分析中最重要、最常用的精密称量仪器。每一项定量分析都直接或间接地需要使用天平,而分析天平称量的准确度对分析结果又有很大的影响,因此,应了解分析天平的构造并掌握正确的使用方法,避免因天平的使用或保管不当影响称量的准确度,从而获得准确的称量结果。天平是根据杠杆原理设计制造的,按结构特点可分为等臂和不等臂两类,细分又有等臂单盘天平、等臂双盘天平 and 不等臂单盘天平等。单盘天平一般具有光学读数、机械减码和阻尼等装置。双盘天平又有普通标牌和微分标牌、有阻尼器和无阻尼器之分。在具有普通标牌的天平中,把无阻尼器的天平称为摆幅天平(或摇摆天平、摆动式天平等),有阻尼器的称为阻尼天平。具有微分标牌的天平,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 and 电子天平是最常见的三种类型,如图 1-1 所示。



(a) 半机械加码电光天平



(b) 全机械加码电光天平



(c) 电子天平

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。其检定应根据《电子天平检定规程》(JJG 1036-2008)的规定。

2. 电子天平的使用方法

电子天平是最新一代的天平,是根据电磁力平衡原理,直接称量,全量程不需砝码。放上称量物后,在几秒内即达到平衡,显示读数,称量速度快,精度高。电子天平的支承点用弹性簧片取代机械天平的玛瑙刀口,用差动变压器取代升降枢装置,用数字显示代替指针刻度式。因而,电子天平具有使用寿命长、性能稳定、操作简便和灵敏度高的特点。此外,电子天平还具有自动校正、自动去皮、超载指示、故障报警以及质量电信号输出功能,且可与打印机、计算机联用,进一步扩展其功能,如统计称量的最大值、最小值、平均值及标准偏差等。由于电子天平具有机械天平无法比拟的优点,尽管其价格较贵,但也越来越广泛地应用于各个领域,并逐步取代机械天平。

1) 电子天平的类型

电子天平按结构可分为上皿式和下皿式两种。称盘在支架上面为上皿式,称盘吊挂在支架下面为下皿式。目前,广泛使用的是上皿式电子天平。尽管电子天平种类繁多,但其使用方法大同小异,具体操作可参看各仪器的使用说明书。

2) 电子天平的使用

下面以上海天平仪器厂生产的 FA1604 型电子天平为例,简要介绍电子天平的使用方法。

(1) 水平调节。观察水平仪,如水平仪水泡偏移,需调整水平调节脚,使水泡位于水平仪中心。

(2) 预热。接通电源,预热至规定时间后,开启显示器进行操作。

(3) 开启显示器。轻按 ON 键,显示器全亮,约 2 s 后,显示天平的型号和称量模式 0.000 0 g。读数时应关上天平门。

(4) 天平基本模式的选定。天平默认为“通常情况”模式,并具有断电记忆功能,使用时若改为其他模式,按 OFF 键,天平即恢复为“通常情况”模式。称量单位的设置等可按说明书进行操作。

(5) 校准。天平安装后,第一次使用前,应对天平进行校准。天平存放时间较长、位置移动、环境变化或未获得精确测量时,在使用前应进行校准操作。本天平采用外校准(有的电子天平具有内校准功能),由 TAR 键清零及 CAL 键、100 g 校准砝码实现。

(6) 称量。按 TAR 键,显示为零后,置称量物于称盘上,待数字稳定即显示器左下角的“0”标志消失后,即可读出称量物的质量值。

(7) 去皮称量。按 TAR 键清零,置容器于称盘上,天平显示容器质量,再按 TAR 键,显示零,即去除皮重。再置称量物于容器中,或将称量物(粉末状物或液体)逐步加入容器中直至达到所需质量,待显示器左下角“0”消失,这时显示的是称量物的净质量。将称盘上的所有物品拿开后,天平显示负值,按 TAR 键,天平显示 0.000 0 g。若称量过程中称盘上的总质量超过最大载荷(FA1604 型电子天平为 160 g)时,天平仅显示上部线段,此时应立即减小载荷。



(8) 称量结束后,若较短时间内还使用天平(或其他人还使用天平)一般不用按 OFF 键关闭显示器。实验全部结束后,关闭显示器,切断电源(若短时间内(例如 2 h 内)还使用天平,可不必切断电源,再用时可省去预热时间;若当天不再使用天平,应拔下电源插头)。

3. 称量方法

常用的称量方法有直接称量法、固定质量称量法和递减称量法,现分别介绍如下:

1) 直接称量法

此法是将称量物直接放在天平盘上称量物体的质量。例如,称量小烧杯的质量,容量器皿校正中称量某容量瓶的质量,重量分析实验中称量某坩埚的质量等,都使用这种称量法。

2) 固定质量称量法

此法又称增量法,此法用于称量某一固定质量的试剂(如基准物质)或试样。这种称量操作的速度很慢,适于称量不易吸潮、在空气中能稳定存在的粉末状或小颗粒(最小颗粒应小于 1 mg,以便容易调节其质量)样品。

固定质量称量法如图 1-2(a)所示。注意:若不慎加入试剂超过指定质量,应先关闭升降旋钮,然后用牛角匙取出多余试剂。重复上述操作,直至试剂质量符合指定要求为止。严格要求时,取出的多余试剂应弃去,不要放回原试剂瓶中。操作时不能将试剂散落于天平盘等容器以外的地方。称好的试剂必须定量地由表面皿等容器直接转入接收容器,此即所谓“定量转移”。

3) 递减称量法

递减称量法又称减量法,此法用于称量一定质量范围的样品或试剂。在称量过程中样品易吸水、易氧化或易与 CO_2 等反应时,可选择此法。由于称取试样的质量是由两次称量之差求得,故也称量差减法。递减称量法如图 1-2(b)所示。

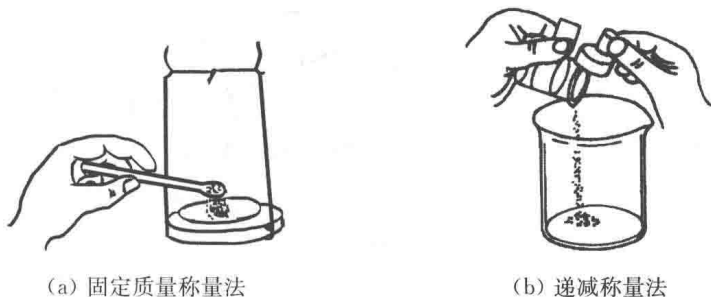


图 1-2 称量方法

称量步骤如下:从干燥器中用纸带(或纸片)夹住称量瓶后取出(注意:不要让手指直接接触及称量瓶和瓶盖),用纸片夹住称量瓶盖柄,打开瓶盖,用牛角匙加入适量试样(一般为一份试样量的整数倍),盖上瓶盖。称出称量瓶加试样后的准确质量。将称量瓶从天平中取出,在接收容器的上方倾斜瓶身,用称量瓶盖轻敲瓶口上部使试样慢慢落入容器中,瓶盖始终不要离开接收器上方。当倾出的试样接近所需量(可从体积上估计或试重得知)时,一边继续用瓶盖轻敲瓶口,一边逐渐将瓶身竖直,使黏附在瓶口上的试样落回称量瓶,然后盖好瓶盖,准确称其质量。两次质量之差,即为试样的质量。按上述方法连续递减,可称量多份试样。有时一次很难得到合乎质量范围要求的试样,可重复上述称量操作 1~2 次。

二、分光光度计

1. 分光光度计的工作原理

分光光度计的基本原理是溶液中的物质在光的照射激发下,产生对光吸收的效应(图 1-3)。物质对光的吸收是具有选择性的,各种不同的物质都具有各自的吸收光谱,因此某单色光通过溶液时,其能量就会被吸收而减弱,其能量减弱的程度和物质的浓度有一定的比例关系,即符合朗伯比尔吸收定律表达式:

$$A = \log \frac{I_0}{I} = kbC, \quad T = \frac{I}{I_0}$$

式中: A ——吸光度;

I ——透射光强度;

I_0 ——入射光强度;

k ——吸收系数;

b ——溶液厚度;

C ——溶液浓度;

T ——透过率。

从以上公式可以看出,当入射光、吸收系数和溶液的光径长度不变时,透过光随溶液的浓度的变化而变化的,分光光度计就是根据上述基本原理而设计的。

2. 分光光度计的组成与构造

各种型号的分光光度计基本上都是由五部分组成:① 光源;② 单色器(包括产生平行光和把光引向检测器的光学系统);③ 样品室;④ 接受检测放大系统;⑤ 显示器或记录器(图 1-4)。

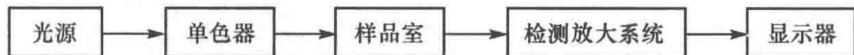


图 1-4 分光光度计的构造框图

3. 分光光度计的使用

1) 721 型分光光度计

(1) 使用仪器前,使用者应该首先了解仪器的结构和工作原理,以及每个操作旋钮的功能。在未接通电源之前,应该对于仪器的安全性进行检查,电源线接线应牢固,接地要良好,各个调节旋钮的起始位置应该正确,然后再接通电源开关。

(2) 在仪器尚未接通电源时,电表的指针必须位于“0”刻线上,若不是这种情况,则可以用电表上的校正螺丝进行调节。

(3) 将仪器的电源开关接通,打开比色皿暗箱盖,选择需用的单色波长,灵敏度选择请参照(4),调节“0”电位器使电表指针指“0”,然后将比色皿暗箱盖合上,比色皿座处于蒸馏水校正位置,使光电管受光,旋转调节“100%”电位器使电表指针到满度附近。仪器预热约 20 min。

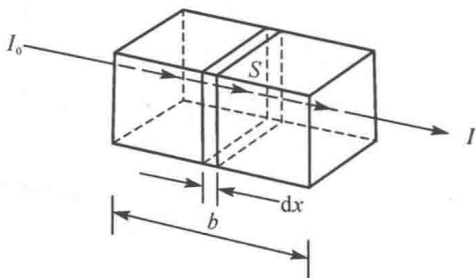


图 1-3 单色光通过溶液示意图

(4) 放大器灵敏度有 5 档,逐步增加,“1”档最低。其选择原则是在保证能使空白档良好调到“100%”的情况下,尽可能采用灵敏度较低档,这样仪器将有更高的稳定性。所以使用时一般置于“1”档,灵敏度不够时再逐渐升高,但改变灵敏度后须按(3)重新校正“0”和“100%”。

(5) 预热后,按(4)连续几次调整“0”和“100%”,仪器即可以进行测定工作。

(6) 如果大幅度改变测试波长,在调整“0”和“100%”后稍等片刻(钨灯在急剧改变亮度后需要一段热平衡时间),当指针稳定后重新调整“0”和“100%”即可工作。

2) VIS-723G 型可见光分光光度计(图 1-5)

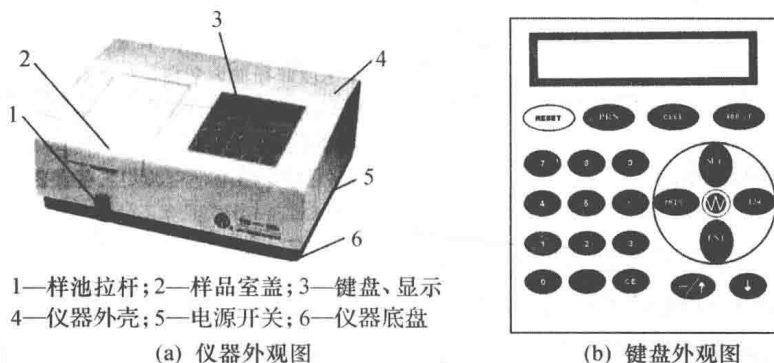


图 1-5 VIS-723G 型可见光分光光度计

(1) VIS-723G 型可见光分光光度计的基本参数和技术指标:

波长范围:330~1 100 nm 最小波长间隔:0 nm

波长准确度:±1 nm 飘移:≤0.004 A/h(500 nm 处)

(2) 按键说明:

① RESET:系统复位键,按下此键后,仪器将重新自检,所有测量结果丢失,相当于切断再开启系统电源,但钨灯不会受到影响。

② 数字键:包括 0~9、负号、小数点、CE(清除键,错按了数字键但没有按“ENT”时可用),用于数据输入。其 1、2、3、4 还可用于菜单项选择。

③ PRN:打印键,在图谱处理、数据查询、活性计算、浓度测量、定波长及浓度的测量结果等界面下有效。

④ CELL:比色皿配对误差校正开关键,在主界面下用于比色皿配对,在定波长、浓度、动力学的参数界面下作为比色皿配对误差校正开关。

⑤ 100%T:透过率调百键(即吸光度为零),仅在实时测量和测建曲线界面下有效。

⑥ MODE:方式控制键,在主界面下用于选择光度测量方式为定波长或扫描(同时仪器自动选择对应的数据处理方式),在其余界面下用于选择显示方式为 T 或 A。

⑦ SET:设置键,通常在修改参数时用到(按下后有字符闪烁),在实时测量界面下用于修改系统时间和日期,在主界面下用于进行波长校正。

⑧ ESC:返回键,用于取消操作或退回上一级界面。

⑨ ENT:确认键,用于数据输入的确认,在字符闪烁时若不需要修改应按“ENT”确认。

⑩ ↑:上行键,用于向上翻页,在“图谱缩放”功能下用于游标手动左移,此键与“—”键共用。

⑪ ↓:下行键,用于向下翻页,在“图谱缩放”功能下用于游标手动右移,在波长扫描的参数界面下用于选择扫描速度,在动力学扫描的参数界面下用于选择计时单位(分或秒)。

(3) VIS-723G 型可见光分光光度计

① 开机前,检查各电缆是否连接正确、可靠,电源是否符合要求,全系统是否可靠接地,全部达到要求后可通电运行。

② 开启仪器电源,钨灯点燃,仪器自检,自检过程中,不得打开样品室盖。

③ 每次开机自检后,应先预热 30 min,再进行测量。

④ 自检“OK”并预热一段时间后,可以按“ESC”进入仪器主界面,开始测量工作。

⑤ 样品浓度测量须先用标准样品建立标准曲线,然后测未知浓度样品。

三、COD 快速测定仪

1. 工作原理

化学需氧量(COD 或 COD_Cr)是指在一定的严格条件下,水中的还原性物质在外加的强氧化剂的作用下,被氧化分解时所消耗氧化剂的数量,单位“mg/L”。化学需氧量反映了水中受还原性物质污染的程度,这些物质包括有机物、亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等。一般水及废水中无机还原性物质的数量相对不大,而被有机物污染是很普遍的,因此 COD 可作为有机物质相对含量的一项综合性指标。

QCOD-2E 型 COD 测定仪(化学需氧量速测仪)采用密封消解法消解样品,并采用先进的冷光源、窄带干涉技术及微电脑自动处理数据,直接显示样品的 COD 值。

2. 使用方法

(1) 开机预热 3 min,消解器自动升温至 165 °C。

(2) 吸取 3 mL 待测样品置于清洗干净的消解管中(如样品氯离子含量过高,需加入 1 mL 硫酸汞溶液),再加入 1 mL 相应浓度的氧化剂及 5 mL 催化剂,盖塞摇匀。

(3) 吸取 3 mL 蒸馏水(空白样)置于清洗干净的消解管中(如步骤(2)加入了 1 mL 硫酸汞溶液,则需加入 1 mL 硫酸汞溶液,否则不加),再加入 1 mL 相应浓度的氧化剂及 5 mL 催化剂,盖塞摇匀。

(4) 将消解管依次插入消解炉孔内,盖上防护罩,待温度降至低于设定值后按“消解”键,仪器自动定时消解,消解完毕后蜂鸣器报警。

(5) 取出消解管至试管架,自然冷却 2 min 后,再水冷至室温。

(6) 根据水样浓度向每支消解管内加入相应的蒸馏水(如测无氯水样,则 5~100 mg/L 量程加蒸馏水 1 mL,100~1 200 mg/L 量程加蒸馏水 3 mL,100~200 mg/L 量程加蒸馏水 8 mL;如测含氯水样,因此前已加入 1 mL 硫酸汞溶液,则 5~100 mg/L 量程不需加蒸馏水,100~1 200 mg/L 量程加蒸馏水 2 mL,1 000~200 mg/L 量程加蒸馏水 7 mL),盖塞摇匀,待测。



(7) 按“查询曲线”键,利用箭头键选择所需的标准曲线序号,按“确认”键确认。

(8) 按“测试空白”键,将已消解好待测的空白样注入比色皿内(充满比色皿 2/3 容积即可),测定其吸光度,待吸光度值稳定后,按“确认”键,仪器自动调零。

(9) 按“测试样品”键,将已消解好待测的样品注入比色皿内(充满比色皿 2/3 容积即可),仪器显示其吸光度及样品的 COD 值。

四、普通光学显微镜

1. 基本结构

普通光学显微镜由光学放大系统和机械装置两部分组成。这两部分很好地配合,才能发挥显微镜的作用。光学放大系统一般包括目镜、物镜、聚光器、光源等;机械装置一般包括镜筒、物镜转换器、聚焦器、镜台、镜臂和底座等。

标本的放大主要由物镜完成,物镜放大倍数越大,它的焦距越短,物镜的透镜和玻片间距离(工作距离)也越小。放大倍数为 $90\sim 100\times$ 的物镜为油镜,油镜的工作距离很短,使用时须格外注意。目镜只起放大作用,不能提高分辨率,标准目镜的放大倍数是 10 倍。聚光器能使光线照射标本后进入物镜,形成一个大角度的锥形光柱,因而对提高物镜分辨率是很重要的。聚光器可以上下移动,以调节光的明暗。可变光圈可以调节入射光束的大小。

2. 工作原理

显微镜的放大效能(分辨率)是由所用光波波长长短和物镜的数值口径决定的,缩短使用的光波波长或增加数值口径可以提高分辨率。可见光的光波波长幅度比较窄,而紫外光波长短,可以提高分辨率,但不能用肉眼直接观察。利用减小光波波长来提高光学显微镜分辨率是有限的,提高分辨率的理想措施是提高物镜的数值口径,可以采用提高介质折射率的方法。例如,可用香柏油做介质。因空气的折射率为 1,而香柏油的折射率为 1.51,和载片玻璃的折射率(1.52)相近,这样光线可以不发生折射而直接通过载片、香柏油进入物镜,从而提高分辨率。显微镜总的放大倍数是目镜和物镜放大倍数的乘积,物镜的放大倍数越高,分辨率越高。

3. 操作步骤

(1) 将显微镜自显微镜柜子或木盒内取出时,要用右手握紧执手,轻轻拿出。由于镜体较重,必须用左手托住镜座,才能做较远距离的搬动。

(2) 将显微镜置于实验台上时,应放在身体的左前方,离桌子边缘约 30 mm 处。右侧可放记录本或绘图纸等。

(3) 使用显微镜前,首先要调节好光源。在实验室中可利用灯光或自然光,但不能用直射的阳光,以免损伤眼睛。为了迅速而正确地对光,应先用 $10\times$ 物镜,把光圈放到最大位置,在用眼睛观察目镜中视野的同时,转动反光镜,使视野的光线最明亮、最均匀。如果距离光源较近,可用平面的反光镜;如果距离光源较远,可用凹面的反光镜。有的显微镜不具有聚光器,则应用凹面的反光镜。

(4) 把制片放在显微镜的镜台上,将要观察的部位准确地移到物镜的下面,然后用压片