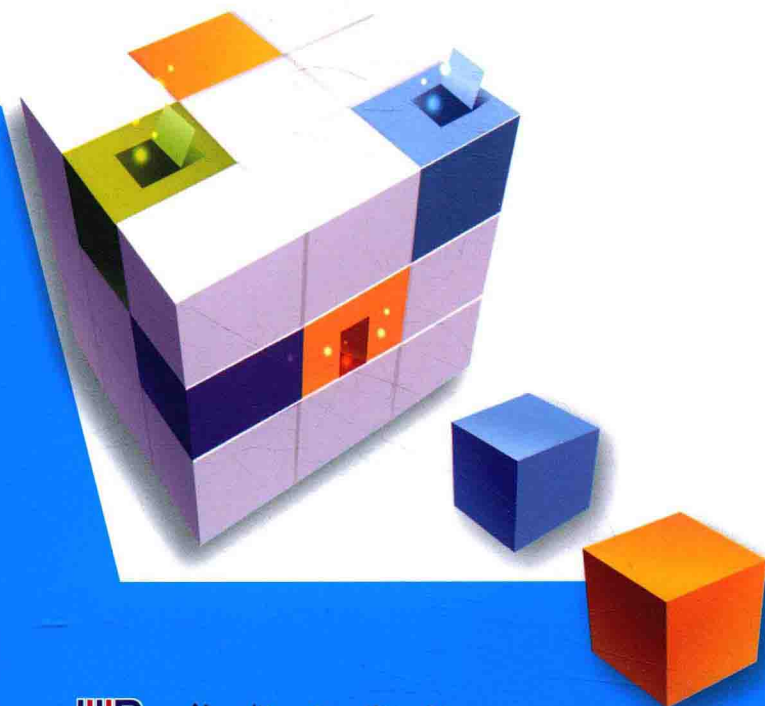


环境科学与工程系列教材

环境科学 综合实验

Comprehensive Experiments of
Environmental Science

史伟 银玉容 编



科学出版社

环境科学与工程系列教材

环境科学综合实验

史 伟 银玉容 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《环境科学与工程系列教材》中一本。本书中共 38 个实验,其内容涵盖水质分析、微生物、大气污染监测、固体环境样品污染分析、水处理工程以及其他环境指标分析的检测。既注重对学生在环境类专业领域基本实验技能的培养和锻炼,同时也反映了本学科当前国内外最新的研究分析方法,具有内容丰富、选材广泛、实用性强等特点。

本书可作为高等院校环境类专业大中专学生及研究生的实验指导书,也可供从事环境保护、环境监测、环境工程、给水排水及相关工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学综合实验/史伟,银玉容编. —北京:科学出版社,2016.3
(环境科学与工程系列教材)

ISBN 978-7-03-047652-4

I. ①环… II. ①史…②银… III. ①环境科学-实验-高等学校-教材
IV. ①X-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 049144 号

责任编辑:朱 丽 杨新改 / 责任校对:张小霞
责任印制:徐晓晨 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 4 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016 年 4 月第一次印刷 印张:15 1/4

字数:291 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《环境科学与工程系列教材》丛书编委会

主 编 叶代启

副主编 朱能武 银玉容

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

党 志	郭楚玲	刘 利	卢桂宁
马伟文	牛晓君	秦玉洁	施召才
石振清	史 伟	宋小飞	杨 琛
易筱筠	银玉容	张太平	张小平
朱能武	邹定辉		

丛 书 序

环境教育的兴起是 20 世纪以来人们对环境问题的严重性、资源的有限性以及生态环境破坏的难以恢复性的体验与认知的结果。1948 年托马斯·普里查德(Thomas Pritchard)提出了“环境教育”一词,但真正现代意义上的“环境教育”起源和发展于 20 世纪 60 年代西方发达国家的“生态复兴运动”。环境教育的历史演进,从 20 世纪 60 年代出现在学校教育后,便常被视为是自然研习(nature study)、户外教育(outdoor education)、环境修复教育(environmental conservation education)的传承者。然而环境教育的特质与内涵,在社会、科学、技术三者的交互作用中,特别重视有关环境危机的问题,所以环境教育虽然继承于自然研习、户外教育及环境修复教育,但也有别于它们。而今进入 21 世纪,环境教育又蜕变为永续发展教育(sustainable development education)。

环境教育是国际环境界的新事物,是历史的产物,是随着公众社会的发展,为解决新出现的环境问题而产生的。随着经济社会的发展,公众的生产能力不断提高,规模不断扩大,致使许多自然资源被过度利用,生态环境日益恶化。面对全球日益严重的环境问题,国际社会达成了共识:通过宣传和教育,提高人们的环境意识,是保护和改善环境的重要治本措施。但是对环境教育的定义、性质、目标该当如何确定,由于个人的学术背景不同、观点兴趣各异,而产生了不同的见解。通过对环境教育定义的界定,能帮助我们进一步认识环境教育的本质。

环境教育的未来发展趋势,一是公众的环境教育,包括中小学的环境教育,旨在使广大人民群众养成自觉保护环境的道德风尚,提高全民族的环境与发展意识。通过环境通识教育,能够使人们更好地理解地球上的生命都是相互依赖的,提升公众的经济、政治、社会、文化及科技认识水平,加深人们对环境问题影响社会可持续发展的理解,使得公众能够更加有效地参与地方、国家和国际层面上有关环境可持续发展活动,推动整个社会向着更为公正和可持续发展的未来前进。二是专业性的环境教育,主要目的是培养和造就消除环境污染和防治生态破坏,改善和创造高质量的生产和生活环境所需的各种专门人才,培养和造就具有环境保护与持续发展综合决策和管理能力的各层次管理人才。

《环境科学与工程系列教材》丛书是华南理工大学环境学科多年从事环境科学与工程类课程的教学和实践经验的总结。这套丛书涵盖了目前较为缺乏的《环境物理学》《环境生态学》《环境统计学》《城市水工程概论》《固体废物处理与处置工程》等专业理论课程教材,《水质分析实验》《环境科学综合实验》实验类教材,以及

《环境通识教育教程》《环境科学与工程通识教程》环境通识类教材。

该丛书的内容丰富翔实,是作者们多年教学实践和相关科研成果的结晶,是环境科学与工程类教材的有益补充和丰富,必将从全局上有力推动环境教育的发展,值得同行重视和参考。

该丛书结构严谨、语言通俗、内容科学、案例经典,推荐环境科学与工程及相关领域的教师、学生、环保人员阅读使用。



2016年2月

前 言

本书根据全国高等学校环境科学专业指导委员会制定的《环境科学课程教学基本要求》编写而成。环境科学课程旨在对环境类本科生实验动手能力的培养,该课程在高等学校环境类专业教学改革和环境保护治理的实践中起着举足轻重的作用,它是环境工程、环境科学和给排水工程等专业本科生的专业基础课。掌握必要的环境实验原理和操作技能对于理解和认识环境学科的有关原理,从事环境科学的研究工作具有重要意义。

本书根据国家“211”重点本科院校环境科学教学内容以及学科发展的需要,将环境监测实验、水处理技术实验、水污染控制实验和大气污染控制实验等进行整合编写而成,对环境科学专业具有很强的针对性,同时也结合学科发展,将最新的环境科学分析和处理技术进行了整合。

本书共分七部分,共计 38 个实验。第一部分是水质分析实验,第二部分是微生物实验,第三部分是大气污染监测,第四部分是固体环境样品污染分析实验,第五部分是其环境指标分析,第六部分是水处理工程实验,第七部分是能力提升。内容涵盖了水质分析、微生物检测、大气污染监测、固体环境样品污染分析、水处理工程以及其他环境指标的检测。本书既注重学生在环境类专业领域基本实验技能的培养和锻炼,同时也反映了国内外环境科学最新的研究分析方法,具有内容丰富、选材广泛、实用性强等特点。

参加本书编写工作的有朱能武、银玉容、施召才、马伟文和史伟。华南理工大学环境学院的肖锦教授以及张刚高级工程师给了本书很多宝贵意见,在此表示感谢!

本书编写过程中,由于涉及的内容较多,限于编者知识面和编写水平有限,难免存在疏漏和不足之处,敬请专家学者、同行和广大读者提出宝贵意见,以待日后改进。

作 者

2014 年 9 月

目 录

丛书序

前言

第一部分 水质分析实验

实验 1	水的物理性质监测	3
实验 2	碘量法测定水中溶解氧	6
实验 3	生物化学需氧量的测定	9
实验 4	化学需氧量的测定——重铬酸钾法	13
实验 5	水中挥发酚的测定	16
实验 6	总磷的测定——钼酸铵分光光度法	21
实验 7	水中氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的测定	25
实验 8	水中铬的测定——分光光度法	31
实验 9	富营养化湖泊中藻类的检测(叶绿素 a 法)	35
实验 10	离子色谱测定 F^- 、 Cl^-	38

第二部分 微生物实验

实验 11	培养基的制备和灭菌	43
实验 12	显微镜的使用及微生物基本形态的观察	48
实验 13	微生物的分离、接种及培养方法	56
实验 14	水中细菌菌落数和大肠菌群数的测定	61
实验 15	微生物生理生化实验	69
实验 16	苯酚降解菌的驯化与分离	76
实验 17	质粒 DNA 的提取、纯化与鉴定	78
实验 18	聚合酶链式反应(PCR)扩增 DNA 片段实验	84

第三部分 大气污染监测

实验 19	总悬浮颗粒物的测定	89
实验 20	大气中氮氧化物的测定——盐酸萘乙二胺分光光度法	92
实验 21	大气中二氧化硫的测定——甲醛缓冲溶液吸收-盐酸副玫瑰苯胺分 光光度法	96

实验 22	大气中甲醛的测定——酚试剂分光光度法	102
实验 23	大气中苯系化合物的气相色谱测定	110
实验 24	高效液相色谱法测定环境中的多环芳烃	113
实验 25	模拟有机废气的催化净化	117
实验 26	吸附法处理气态污染物	121

第四部分 固体环境样品污染分析实验

实验 27	土壤有机质含量测定	127
实验 28	土壤和茶叶样品中铜和锌的含量测定——原子吸收分光光度法 ...	130
实验 29	土壤中农药残留量的测定——气相色谱法	133

第五部分 其他环境指标分析

实验 30	环境噪声监测	139
实验 31	有机物的正辛醇-水分配系数的测定	144

第六部分 水处理工程实验

实验 32	工业污水可生化性实验	149
实验 33	曝气设备充氧能力测定	152
实验 34	SBR 处理工艺实验——间歇式活性污泥处理设备的工艺实验	156
实验 35	生物接触氧化工艺实验	160

第七部分 能力提升

实验 36	混凝实验	167
实验 37	吸收光谱法的测定条件试验——邻二氮菲吸收光谱法测定 水中铁	175
实验 38	气相色谱定量分析方法——校正面积归一法	180

附录 1	仪器使用说明	184
附录 2	常用环境标准及常用试剂的配制	197
附录 3	水体监测布点及样品采集和保存	201
附录 4	气体监测布点及样品采集和保存	211
附录 5	室内空气监测布点及样品采集和保存	218
附录 6	土壤环境监测布点及样品采集和保存	223
参考文献		231

第一部分 水质分析实验

实验 1 水的物理性质监测

一、实验目的

- (1) 了解色度、浊度、透明度、pH、电导率、悬浮物的基本概念。
- (2) 掌握色度、浊度、透明度、pH、电导率、悬浮物的测定方法。

二、基本概念和原理

(1) 透明度:水样的澄清程度。采用十字法测定,其原理是根据检验人员的视力观察水样的澄清程度。以清楚地见到放在透明度计底部画有宽度为 1 mm 的黑色十字而看不见 4 个黑点时的水柱的高度为透明度,单位为 cm。

(2) 悬浮物(SS):水样通过孔径为 $0.45\ \mu\text{m}$ 的滤膜或中速定量滤纸,截留在滤膜上并在 $103\sim 105\ ^\circ\text{C}$ 烘干至恒重的固体物质。

(3) 电导率:表示溶液导电能力的指标。常用于间接推测水中离子成分的总浓度,单位为 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。本实验采用电导率仪测定电导率。

(4) 色度:水的颜色深浅。水质分析中所表示的颜色就是指水的真实颜色,因此在测定水色度前,水样需要先澄清或经离心机分离或经 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤除去悬浮物,但不能用滤纸过滤,因为滤纸能吸收部分颜色。水的真实颜色仅指溶解物质产生的颜色,又称“真色”。

测定水样色度有两种方法:铂钴比色法和稀释倍数法。铂钴比色法适用于清洁水、轻度污染并略带黄色的水,比较清洁的地面水、地下水和饮用水等。稀释倍数法适用于污染较严重的地面水和工业废水。两种方法应独立使用,一般没有可比性。本实验采用稀释倍数法测定水样色度。

(5) 浊度:表示水中悬浮物对光线通过时所发生的阻碍程度。它与水样中存在的颗粒物的含量、粒径大小、形状及颗粒表面对光散射特性等有关。水样中的泥沙、黏土、有机物、无机物、浮游生物和其他微生物等悬浮物和胶体物质都可使水体浊度增加。本次实验以硫酸肼和六次甲基四胺的聚合物作为浊度标准液,用浊度仪测定浊度。

(6) pH:是溶液中 H^+ 活度的负对数,是水化学中常用的和最重要的检验项目之一。天然水的 pH 多在 $6\sim 9$ 范围内,这也是我国污水排放标准中的 pH 控制范围。通常采用玻璃电极法测定 pH。

三、实验仪器

pH 计、2100P 浊度仪、电导率仪、抽滤装置、透明度计、比色管等。

四、实验步骤

(一) 色度的测定

(1) 将待测水样倒入 250 mL 或体积更大量筒中,静置 15 min,取上层液体作为试样进行测定。

(2) 分别取试样和光学纯水于具塞比色管中,加至标线,将具塞比色管放在白色表面上。具塞比色管与该表面应呈合适的角度,使光线被反射自具塞比色管底部向上通过液柱。垂直向下观察液柱,比较试样和光学纯水,描述样品呈现的色度和色调。

(3) 将试样用光学纯水逐级稀释成不同倍数,分别置于比色管并加至标线。将具塞比色管放在白色表面上,用上述方法与光学纯水进行比较。将试样稀释至刚好与光学纯水无法区别为止,记下此时的稀释倍数。

稀释的方法如下:

① 试样的色度在 50 倍以上时,用移液管计量吸取试样于容量瓶中,用光学纯水稀释至标线,每次取大的稀释比,使稀释后色度在 50 倍之内;

② 试样的色度在 50 倍以下时,在具塞比色管中取试样 25 mL,用光学纯水稀释至标线,每次稀释倍数为 2;

③ 试样或试样经稀释至色度很低时,应自具塞比色管倒至量筒适量试样并计量,然后用光学纯水稀释至标线,每次稀释倍数小于 2。

将逐级稀释的各次倍数相乘,所得之积取整数值,以此来表达样品的色度。

(二) 透明度的测定

(1) 将水样倒入透明度计内。

(2) 松开弹簧夹,观察水样,直到明显见到黑十字线而又看不见 4 个黑点为止,记下液面高度(cm)。

(三) 悬浮物(SS)的测定

(1) 安装抽滤装置。用胶管连接好抽气口和抽滤瓶,将布氏漏斗安放在抽滤瓶上。

(2) 将恒重好的滤纸称重并记下滤纸重量,然后将滤纸折好放在布氏漏斗中,用蒸馏水润湿滤纸,使其紧贴漏斗。

(3) 取一定体积的均匀水样,倒入漏斗中抽滤。抽至将干时,每次用蒸馏水 10 mL 连续洗涤三次,继续抽滤至干。

(4) 取出载有悬浮物的滤纸,移入烘箱中于 103~105℃烘干至恒重。

(四) 浊度的测定(参见“附录 1 II 浊度仪的使用”)

(五) 电导率仪的测定(参见“附录 1 III 电导率仪的使用”)

五、实验结果

将上述各步骤测定结果填入表 1-1。

表 1-1 数据记录统计表

	色度	透明度/cm	浊度/NTU	pH	电导率/(μ S/cm)	SS/(mg/L)
水样 1		—	—			—
水样 2		—	—			—
水样 3	—			—	—	
水样 4	—			—	—	
水样 5	—	—	—	—	—	

实验 2 碘量法测定水中溶解氧

一、实验目的

- (1) 了解测定溶解氧(dissolved oxygen, DO)的意义和方法。
- (2) 掌握碘量法测定溶解氧的操作技术。

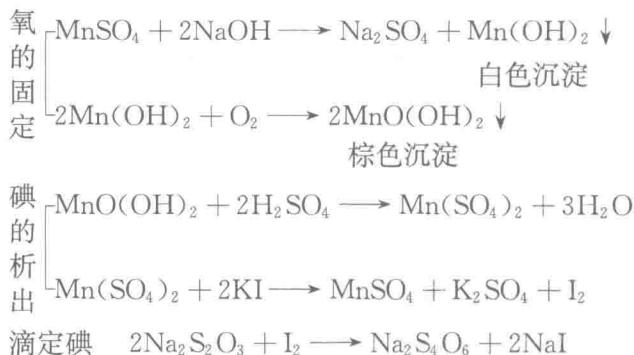
二、实验原理

溶于水中的氧称为溶解氧。当水体受到还原性物质污染时,溶解氧即下降;而有藻类繁殖时,溶解氧呈过饱和。因此,水体中溶解氧的变化情况在一定程度上反映了水体受污染的程度。

碘量法测定溶解氧的依据是利用氧的氧化性,在碱性环境中将低价锰氧化成高价锰,生成四价锰的氢氧化物沉淀。加酸后,氢氧化物沉淀溶解并与碘离子反应释出游离碘,以淀粉作指示剂,用硫代硫酸钠标准溶液滴定释出的碘,可计算溶解氧的含量。

反应按下列各式进行:

碘量法测 DO 的化学反应式:



根据硫代硫酸钠的用量,可计算出水中溶解氧的含量。

三、实验试剂

- (1) 具塞碘量瓶(250 mL 或 300 mL)。
- (2) 硫酸锰溶液:称取 480 g 硫酸锰($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)溶于水中,溶解后稀释至 1 L,若有不溶物应过滤。

(3) 碱性碘化钾溶液:称取 500 g 氢氧化钠溶解于 400 mL 水中,称取 150.0 g 碘化钾溶解于 200 mL 水中。待氢氧化钠溶液冷却后,将两溶液混匀,用水稀释至 1000 mL,储于塑料瓶中,用黑纸包裹避光。

(4) 浓硫酸。

(5) 3 mol/L 硫酸溶液,即约为(1+5)的硫酸。

(6) 1%(m/V)淀粉溶液:称取 1 g 可溶性淀粉,用少量水调成糊状,再用刚煮沸的水稀释至 100 mL(也可加热 1~2 min)。冷却后加入 0.1 g 水杨酸或 0.4 g 氧化锌防腐。

(7) 0.0250 mol/L 重铬酸钾标准溶液:称取 7.3548 g 在 105~110℃烘干 2 h 后的重铬酸钾,溶解后转入 1000 mL 容量瓶内,用水稀释至刻度,摇匀。

(8) 0.0250 mol/L 硫代硫酸钠溶液:称取 6.2 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,溶于经煮沸冷却后的水中,加入 0.2 g 无水碳酸钠,稀释至 1000 mL,储于棕色试剂瓶内,使用前用 0.0250 mol/L 重铬酸钾溶液标定。标定方法如下:

在 250 mL 碘量瓶中加入 100 mL 水、1.0 g 碘化钾、5.00 mL 0.0250 mol/L 重铬酸钾溶液和 3 mL (1+5)硫酸,摇匀,加塞后置于暗处 5 min,用待标定的硫代硫酸钠溶液滴定至浅黄色,然后加入 1%淀粉溶液 1.0 mL,继续滴定至蓝色刚好消失,记录用量,平行做 3 份。

硫代硫酸钠溶液的浓度 C_1 为

$$C_1 = \frac{6 \times C_2 \times V_2}{V_1} \quad (2-1)$$

式中, C_2 ——重铬酸钾标准溶液的物质的量浓度, mol/L;

V_1 ——消耗的硫代硫酸钠溶液的体积, mL;

V_2 ——重铬酸钾标准溶液的体积, mL。

四、实验步骤

(1) 将洗净的 250 mL 溶解氧瓶用待测水样荡洗 3 次,用虹吸法取水样注满溶解氧瓶,迅速盖紧瓶盖,瓶中不能留有气泡,平行做 3 份水样。

(2) 取下瓶塞,分别加入 MnSO_4 溶液 1 mL 和碱性碘化钾溶液 2 mL(加溶液时,移液管顶端应插入液面以下)。盖上瓶塞,注意瓶内不能留有气泡,然后将溶解氧瓶反复摇动数次,静置,当沉淀物下降至瓶高一半时,再颠倒摇动一次。继续静置,待沉淀物下降至瓶底后,轻启瓶塞,加入 2 mL (1+5)硫酸(移液管插入液面以下)。小心盖好瓶塞,颠倒摇匀。此时沉淀应溶解。若溶解不完全,可再加入少量浓硫酸至溶液澄清且呈黄色或棕色(因析出游离碘),置于暗处 5 min。

(3) 从每个溶解氧瓶内取出 2 份 100 mL 水样,分别置于 2 个 250 mL 溶解氧

瓶中,用硫代硫酸钠溶液滴定。当溶液呈微黄色时,加入 1% 淀粉溶液 1 mL,继续滴定至蓝色刚好消失为止,记录用量。

五、数据处理

$$\text{溶解氧浓度}(\text{mg/L}) = \frac{\frac{C_1}{2} \times V_1 \times 16}{100} \times 1000 \quad (2-2)$$

式中, C_1 ——硫代硫酸钠溶液的浓度, mol/L;

V_1 ——消耗的硫代硫酸钠溶液的体积, mL。

六、注意事项

(1) 水样呈强酸或强碱时,需要用氢氧化钠或盐酸溶液调至中性后测定。

(2) 水样中游离氯大于 0.1 mg/L 时,应先加入硫代硫酸钠除去,方法如下:

250 mL 的溶解氧瓶装满水样,加入 5 mL 3 mol/L 硫酸和 1 g 碘化钾,摇匀,此时应有碘析出,吸取 100 mL 该溶液于 250 mL 碘量瓶中,用硫代硫酸钠标准溶液滴定至浅黄色,加入 1% 淀粉溶液 1 mL,再滴定至蓝色刚好消失。根据计算得到的氯离子浓度,向待测水样中加入一定量的硫代硫酸钠溶液,以消除游离氯的影响。

(3) 水样采集后,应加入硫酸锰和碱性碘化钾溶液以固定溶解氧,当水样含有藻类、悬浮物、氧化还原性物质时,必须进行预处理。