

环境工程 实验指导书

杨俊 王鹤茹 主编

HUANJING GONGCHENG SHIYAN ZHIDAOSHU



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

环境工程实验指导书

HUANJING GONGCHENG SHIYAN ZHIDAOSHU

杨 俊 王鹤茹 主编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

环境工程实验指导书/杨俊,王鹤茹主编. —武汉:中国地质大学出版社,2015. 12
ISBN 978 - 7 - 5625 - 3764 - 9

- I . ①环…
- II . ①杨…②王…
- III . ①环境工程-实验-教材
- IV . ①X5 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 268107 号

环境工程实验指导书		杨 俊 王鹤茹 主编	
责任编辑:舒立霞		责任校对:代 莹	
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮政编码:430074	
电 话:(027)67883511	传真:67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn	
经 销:全国新华书店		http://www.cugp.cug.edu.cn	
开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16		字数:282 千字	印张:11
版次:2015 年 12 月第 1 版		印次:2015 年 12 月第 1 次印刷	
印刷:武汉市籍缘印刷厂		印数:1—1 000 册	
ISBN 978 - 7 - 5625 - 3764 - 9			定价:28.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

环境工程实验是环境工程专业的一门实践性必修课,是环境工程专业教学的重要组成部分。本教材可使学生了解环境工程领域的相关技术和相关工艺原理,掌握环境工程专业的实验研究方法和实验技术,培养学生分析和处理数据的能力。

全书分为三篇。第一篇是总论篇,包括绪论、误差理论与实验数据处理、样本的采集与保存等,主要介绍了实验教学的目的和要求,数据处理和样品采集保存的方法。第二篇是水处理实验篇,包含混凝沉淀实验、活性炭吸附实验、离子交换实验(软化实验)、铁碳内电解实验、光化学氧化实验、颗粒自由沉淀实验、电解实验、曝气设备充氧性能的测定实验及污泥脱水性能的测定实验 9 个实验内容,着重于培养学生的实验操作能力和数据处理能力。第三篇是演示实验篇,包含粉尘粒径分布的测定实验、粉尘真密度的测定实验、数据采集板式高压静电除尘演示实验、光催化法去除空气污染物演示实验、机械振打布袋除尘演示实验、生物法气体净化塔演示实验、填料式气体吸收塔演示实验、吸附法气体净化氮氧化物演示实验、旋风除尘演示实验及高压静电油烟净化 10 个大气污染控制演示实验内容,以及反渗透纯水设备演示实验、工业废水处理流程演示实验、光降解实验、气浮实验及无阀滤池演示实验 5 个水污染控制演示实验内容,着重于介绍环境工程领域水、气处理的主要技术手段和工艺流程,加深学生对基本概念和理论知识的理解。

本实验指导书由中南财经政法大学信息与安全工程学院安全及环境工程教研室杨俊和实验中心王鹤茹编写。此外,本书在编写过程中得到了学院领导的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2015 年 8 月

目 录

第一篇 总论篇

第一章 绪 论	(3)
一、实验教学目的	(3)
二、实验教学要求	(3)
三、环境工程实验室的安全知识	(5)
第二章 误差理论	(6)
一、真值与平均值	(6)
二、误差的基本概念及分类	(8)
三、误差的表示方法	(8)
四、精密度和准确度	(12)
五、误差分析	(13)
第三章 实验数据整理	(15)
一、有效数字与运算	(15)
二、可疑观测值的取舍	(15)
第四章 实验数据的方差分析	(18)
一、方差分析的用途	(18)
二、等重复实验的方差分析	(18)
三、不等重复实验的方差分析	(21)
第五章 实验数据的表示法	(22)
一、列表表示法	(22)
二、图形表示法	(22)

三、方程表示法..... (24)

第六章 样品的采集与保存 (33)

一、水样的采集与保存..... (33)

二、气体样本的采集与保存..... (36)

三、固体样本的采集与保存..... (42)

第二篇 水处理实验篇

实验一 混凝沉淀实验..... (49)

一、实验目的..... (49)

二、实验原理..... (49)

三、实验设备及试剂..... (50)

四、实验步骤..... (51)

五、实验结果..... (51)

六、思考与讨论..... (52)

实验二 活性炭吸附实验 (53)

一、实验目的..... (53)

二、实验原理..... (53)

三、实验设备及试剂..... (54)

四、实验步骤..... (55)

五、实验结果..... (55)

六、思考与讨论..... (56)

实验三 离子交换实验(软化实验) (57)

一、实验目的..... (57)

二、实验原理..... (57)

三、实验设备及试剂..... (58)

四、实验步骤..... (58)

五、实验结果..... (58)

六、思考与讨论..... (59)

实验四 铁碳内电解实验 (60)

一、实验目的..... (60)

二、实验原理..... (60)

三、实验设备及试剂	(61)
四、实验步骤	(61)
五、实验结果	(61)
六、思考与讨论	(62)
实验五 光化学氧化实验	(63)
一、实验目的	(63)
二、实验原理	(63)
三、实验设备及试剂	(63)
四、实验步骤	(63)
五、实验结果	(64)
六、思考与讨论	(64)
实验六 颗粒自由沉淀实验	(65)
一、实验目的	(65)
二、实验原理	(65)
三、实验设备及试剂	(66)
四、实验步骤	(67)
五、实验结果	(67)
六、思考与讨论	(68)
实验七 电解实验	(69)
一、实验目的	(69)
二、实验原理	(69)
三、实验设备及试剂	(69)
四、实验步骤	(69)
五、实验结果	(70)
六、思考与讨论	(71)
实验八 曝气设备充氧性能的测定实验	(72)
一、实验目的	(72)
二、实验原理	(72)
三、实验设备与试剂	(74)
四、实验步骤	(74)
五、实验结果	(75)
六、思考与讨论	(76)

实验九 污泥脱水性能的测定实验 (77)

一、实验目的..... (77)

二、实验原理..... (77)

三、实验设备及试剂..... (81)

四、实验步骤..... (81)

五、实验结果..... (82)

六、思考与讨论..... (83)

第三篇 演示实验篇

实验一 粉尘粒径分布的测定实验 (87)

一、实验目的..... (87)

二、实验原理..... (87)

三、实验装置及配套设备..... (88)

四、技术参数..... (89)

五、操作步骤..... (89)

实验二 粉尘真密度的测定实验 (91)

一、实验目的..... (91)

二、实验原理..... (91)

三、实验装置及配套设备..... (92)

四、操作步骤..... (92)

实验三 高压静电除尘演示实验 (94)

一、实验目的..... (94)

二、实验原理..... (94)

三、实验装置及配套设备..... (95)

四、技术参数..... (96)

五、操作步骤..... (96)

实验四 光催化法去除空气污染物演示实验 (98)

一、实验目的..... (98)

二、实验原理..... (98)

三、实验装置及配套设备..... (98)

四、技术参数..... (99)

五、操作步骤..... (99)

实验五 机械振打布袋除尘演示实验 (100)

一、实验目的 (100)

二、实验原理 (100)

三、实验装置及配套设备 (100)

四、技术参数 (101)

五、操作步骤 (101)

实验六 生物法气体净化塔演示实验 (103)

一、实验目的 (103)

二、实验原理 (103)

三、实验装置及配套设备 (103)

四、技术参数 (104)

五、操作步骤 (104)

实验七 填料式气体吸收塔演示实验 (106)

一、实验目的 (106)

二、实验原理 (106)

三、实验装置及配套设备 (106)

四、技术参数 (107)

五、操作步骤 (107)

实验八 吸附法气体净化氮氧化物演示实验 (109)

一、实验目的 (109)

二、实验原理 (109)

三、实验装置及配套设备 (109)

四、技术参数 (110)

五、操作步骤 (110)

实验九 旋风除尘演示实验 (112)

一、实验目的 (112)

二、实验原理 (112)

三、实验装置及配套设备 (112)

四、技术参数 (113)

五、操作步骤 (113)

实验十 高压静电油烟净化演示实验 (114)

一、实验目的 (114)

二、实验原理 (114)

三、实验装置及配套设备 (114)

四、技术参数 (115)

五、操作步骤 (116)

实验十一 反渗透纯水设备演示实验 (117)

一、实验目的 (117)

二、实验原理 (117)

三、实验装置及配套设备 (117)

四、操作步骤 (118)

实验十二 工业废水处理流程演示实验 (119)

一、实验目的 (119)

二、实验原理 (119)

三、实验装置及配套设备 (119)

四、操作步骤 (120)

实验十三 光降解实验 (122)

一、实验目的 (122)

二、实验原理 (122)

三、实验装置及配套设备 (122)

四、操作步骤 (123)

实验十四 气浮实验 (124)

一、实验目的 (124)

二、实验原理 (124)

三、实验装置及配套设备 (125)

四、操作步骤 (125)

实验十五 无阀滤池演示实验 (126)

一、实验目的 (126)

二、实验原理 (126)

三、实验装置及配套设备 (126)

四、操作说明 (127)

附录

附录一	格拉布斯(Grubbs)检验临界值 T_α 表	(131)
附录二	F 分布表	(132)
附录三	相关系数检验表	(144)
附录四	水质采样样品的保存和管理技术规定(HJ 493—2009)	(145)
附录五	水中硬度的测定(络合滴定法)	(156)
附录六	碘量法测定水中溶解氧 DO	(160)
附录七	水中饱和溶解氧浓度与其对应温度的关系表	(163)
主要参考文献		(164)

第一篇 总论篇



第一章 绪 论

一、实验教学目的

实验教学的宗旨是培养学生理论与实际相结合的操作技能,实事求是、精益求精的科学态度,以及分析问题和解决问题的实践能力。本课程的教学目的如下:

(1)使学生了解环境工程领域的相关技术和相关工艺原理,加深学生对基本概念和理论知识的理解。

(2)使学生掌握环境工程专业的实验研究方法和实验技术。

(3)使学生初步掌握数据分析处理技术,逐步培养学生进行科学研究的能力。

(4)使学生具有分析问题与解决问题的能力,树立实事求是的科学态度和严谨的工作作风。

二、实验教学要求

1. 课前预习

(1)课前必须认真阅读实验教材并做好预习报告,上实验课时应携带预习报告。预习报告内容包括实验目的、实验原理、实验设备及要求、实验内容与步骤、需测试项目的测试方法及实验注意事项。

(2)熟悉实验的操作步骤,对于每一步操作的内容、解决的问题、使用的设备仪器、取样检验的项目、观察和记录的内容、注意事项,要求要做到心中有数,并在实验前准备好实验记录数据所用的表格。

(3)环境工程实验一般均需要多人配合进行,因此,实验前做好实验分工,使参加实验的每个人员各负其责,如取样、操作、分析、观察、记录等,使整个实验在进行过程中有条不紊,准确无误。

2. 实验操作

(1)实验前仔细检查实验中所需的装置、设备、仪器、容器及所需的化学试剂是否完整齐全。熟悉所使用仪器、装置的性能,以及使用条件、精度和量程等,并检查设备的完好性。

(2)正式进入实验过程前,由指导实验的教师检查同学对实验内容了解的程度、准备工作是否完善、预习报告的完成情况等。

(3)实验中特殊仪器的使用首先要请教指导教师,不得擅自使用,以免造成错误的操作,使仪器被损害。

(4)实验时严格按照操作规程进行,按照事先的人员分工,做好实验过程的操作、取样的分析、现象的观察及实验结果的记录。

(5)实验结束后,清洗实验设备、仪器及器皿并恢复原状,周围环境整理干净,养成认真、细致、整洁的良好实验习惯。

(6)要将实验过程的全部记录交给指导教师审核、签字,方可离开。

3. 实验数据处理

数据的整理是整个实验过程的总结,是实验技术的重要组成部分,通过实验所得数据整理既可检验实验效果的好坏,又可及时发现实验中所存在的问题。实验数据的整理分析主要包括实验误差的分析、有效数字的取舍、实验数据的整理、实验数据的完善。

4. 编写实验报告

将实验数据整理后,编写实验报告,实验报告应包含实验目的、实验原理、实验设备及要求、实验内容与步骤、实验结果与数据处理以及分析和讨论。

实验报告是对整个实验的全面总结,是整个实验的宝贵资料,要求全篇报告文字通顺、字迹端正、图表整齐、结果正确、讨论认真,实验报告书写要求如下:

(1)实验报告必须在规定的时间内独立完成,按时交给指导教师。

(2)报告内容包括实验目的、实验原理、实验设备、实验内容与步骤、原始数据、数据处理、结果分析及问题讨论。

(3)问题讨论是报告中的重要一项,主要是对实验时观察到的重要现象及实验中出现的操作误差带来不正确结果的缘由进行讨论,也可以对实验提出改进性意见以及新的要求和希望。

(4)实验报告经指导教师批阅后,如认为有必要重做者,应按指定时间补做,以达到实验的真实效果。

5. 实验规则

(1)实验时,应遵守操作规则,遵守一切规章制度,保证实验安全进行。

(2)遵守纪律、不迟到、不早退、保持室内安静,不大声谈笑、喧哗,不乱走、乱动,不许在实验室内嬉戏及恶作剧。

(3)使用水、电、气、药品、试剂都应本着节约的原则。

(4)未经教师允许不得乱动精密仪器,如发现仪器损坏,应立即报告并追查原因。

(5)随时注意室内卫生,废纸及脏物不能随地乱丢,实验完毕将玻璃仪器洗净,把实验桌打扫干净,公用仪器、试剂、药品均要整理好。

(6)实验时要集中注意力,认真操作,仔细观察,积极思考,实验数据要及时地记入报告中,不得涂改伪造,如有记错可在原数据上画一杠,再在旁边记下正确值。

(7)实验结束后,轮流值日,负责打扫、整理实验室,检查水、气、门窗是否关好,电闸是否关掉,以保证实验室的安全。

实验室规章制度是人们长期从事实验工作的总结,它是保持良好环境和工作秩序、防止意外事故、做好实验的重要前提,也是培养学生优良素质的重要措施。

三、环境工程实验室的安全知识

实验室本身就存在着某些危险因素,但只要实验人员严格遵守操作规程和规章制度,无论做什么实验都要牢记安全第一,经常保持警惕,事故就可以避免。如果预防措施可靠,发生事故处理得当,就可以使损害减到最小程度。安全知识不可忽视,这里将实验室可能存在的某些危险因素及其注意要点做一简介。

1. 易燃易爆物质的安全措施

实验室常用有机溶剂,有机溶剂大多都是易燃易爆的物品,它们的沸点低、挥发性大,闪点都在室温甚至 0℃ 以下,很容易着火。

易燃溶剂在一定的温度和压力下,其蒸气与空气组成可燃性混合物,溶剂蒸气与空气混合后达到一定浓度范围,遇到明火时就会燃烧或爆炸。

为此,在实验室内必须注意防火安全。防火安全是最主要的,也是经常遇到的注意事项,万一不慎失火,首先要冷静,并迅速切断电源,用纯棉布或防火砂子将火扑灭。绝对不可用水去灭火,用水不但不能灭火,反而会助长火势。因为水的相对密度较大,使有机溶剂上浮更易燃烧,所以,应特别注意。在可能的情况下,最好不要用泡沫灭火器或四氯化碳灭火器去灭火,前者污染环境,后者易在高温下生成对人体有毒的光气,只有在火势较大,用简单的方法难以扑灭时,才用这类灭火器。

2. 防止强氧化剂的腐蚀

实验室中常用高氯酸、硝酸、硫酸、盐酸及双氧水等强氧化剂,它们具有氧化性。同时还有腐蚀性,操作时应注意安全,因皮肤或服饰一旦接触了这类氧化性较强的物质将会被腐蚀,所以,不可大意。更主要的是在配制混酸时,首先,要看准溶液的密度说明,然后先取密度较小的酸,后倾入密度较大的酸,一边加入一边不断搅拌,使混酸立刻均匀混合,避免激烈反应产生不安全因素。

3. 实验室的安全管理

实验室的安全管理工作,在保证有一个安全的工作环境方面起着相当重要的作用。因此,每一个实验室在实验教学时,均应设置一位安全员,负责实验教学时的安全管理工作。安全员必须具备良好的安全知识,能够判断危险,设法使危险减小或者是消除。

从管理方面要求建立一套完善的安全管理条例和安全制度,同时,要求实验室的房屋要设足够的火警安全通道,并且在恰当的地点设置安全设备。安全员要知道安全器材及安全设备的存放地点,并熟悉它们的用法,以保证实验室在教学时具有安全的工作环境。

第二章 误差理论

在环境工程实验中常常需要进行多次定量测定,获得大量数据,进而经过计算得到实验结果。实验结果的可靠性十分重要,实践表明,同一个实验项目多次重复测定,结果总是存在差异,即真实值与实验值之间存在差异,这种差异是由实验环境、实验人员的技术水平、实验设备或实验方法引起的。随着实验方法和实验设备的不断完善、实验人员技术水平的不断提高,实验误差可逐渐减小,但没有办法完全消除。也就是说,绝对准确是没有的,测定误差普遍存在。因此,科学地处理实验数据十分重要,应包含误差分析和数据处理两部分。误差分析即对所测对象进行分析研究,估计测试结果的可靠性,并对取得的数据给予合理的解释;数据处理即将所得数据归纳整理,并采用科学合理的方式表示出各数据之间的相互关系。

一、真值与平均值

实验测试过程中,受实验者的技术水平、仪器设备、实验方法及实验环境等因素的影响,实验者无法获得真实值。如果对同一项目进行无限多次测试,根据误差分布定律正负误差出现的几率相等的概念,求得各测试值的平均值,在无系统误差的情况下,此值为接近真值的数值。一般来说,测试次数总是有限的,用有限测试次数求得的平均值,只能是真值的近似值。

常用的平均值包括算术平均值、均方根平均值、加权平均值、中位值(中位数)和几何平均值。计算平均值方法的选择,主要取决于一组测试值的分布类型。

1. 算术平均值

算术平均值是最常用的一种平均值,当测试值呈正态分布时,算术平均值最近似真值,其公式为:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1-2-1)$$

式中: $\bar{x}$ ——算术平均值;

x_i ——各次测试值, $i=1,2,\cdots,n$;

n ——测试次数。

2. 均方根平均值

均方根平均值应用较少,其公式为:

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}} \quad (1-2-2)$$