

■ 程洁红 孔 峰 编著

环境污染治理 技术与实训

第二版



化学工业出版社

■ 程洁红 孔 峰 编著

环境污染治理 技术与实训

第二版



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本以培养高层次应用型人才应用能力和创新能力为目的,综合运用污染治理技术,重点介绍环境污染治理技术技能培养和实验能力应用的简明培训教程。

第二版修订时对第一版内容进行了大量删减、修正和精炼,如对第一版涉及的固体废弃物的成分分析、渗沥毒性测试、无害化、稳定化、材料化等方面的实验,进行了提炼和删改。另外,还删除了部分操作难度大、无法得知实际效果的实验。全书由四部分构成。第一部分为环境污染治理专业基础实验,侧重于基础实验技能的训练。第二部分为综合性、设计性实验,是建立在验证性实验的基础上,对各类专业基础实验项目进行综合,设计了环境监测和三废治理的综合性、设计性实验。第三部分为探究性实验,是探索如何提高读者科研能力,为未来科学研究工作奠定基础。第四部分是技能培训,包括污水处理工的技能鉴定培训内容。本书内容实用,既有经典实验项目,也有创新性实验,可操作性强。通过本书学习,可使读者掌握环境污染治理技术实际内容,达到举一反三的目的。

本书可供广大从事环境科学研究、环境治理保护工作、环保设备生产企业的科技人员、工程技术人员及管理人员参考,也可作为工科院校相关专业师生教学参考书、教材或技术培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境污染治理技术与实训/程洁红,孔峰编著. —2 版.

—北京:化学工业出版社,2017.10

ISBN 978-7-122-30360-8

I. ①环… II. ①程…②孔… III. ①环境污染-污染防治 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 184157 号

责任编辑:朱 彤
责任校对:王 静

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:高教社(天津)印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 478 千字 2018 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

《环境污染治理技术与实训》一书于2012年4月出版以来,受到广大读者的关注,读者反映较好,充分表明这是一本内容丰富、深入浅出、图文并茂、理论与实践并重的工程技术书籍,也是一本实用而简明的环境工程专业实验参考书籍。

但是在第一版出版后的近5年时间里,我国不仅环境污染治理技术水平发展很快,不断有新技术、新方法出现,而且环境工程专业领域的实验教学方法也在不断改进和完善之中。此外,近年来本科教学水平评估以及正在开展的专业评估、工程教育专业认证等活动,都进一步促进了实验教学的改革,从原来的验证性实验逐步发展成为以实验项目为主的多元化、多层次的教学实验。

因此,为了适应环境污染治理技术与实践的新要求,笔者对第一版进行了修订,对一些内容进行了修改和调整。主要修改内容如下。

由于第一版中有些内容过于繁复,不够精练,并且包括了一些重复性的理论知识介绍,也存在少量疏漏,第二版修订时将这些内容进行删减、修正和精练。第二版对第一版涉及的固体废弃物的成分分析、渗沥毒性测试、无害化、稳定化、材料化等方面的实验,进行了提炼和删改,同时删除了第10章内容,因该部分内容涵盖在环境工程本科专业课程中。另外,还删除了部分操作难度大、无法得知实际效果的实验,如“垃圾渗滤液的污染物在包气带中的迁移”的探究性实验等内容。

全书由程洁红和孔峰编著,感谢江苏理工学院化学与环境工程学院的蒋莉、高永、陈娴、路娟娟等对本书编写给予的帮助。全书由程洁红负责统稿和定稿,程洁红、孔峰、陈娴负责校对。本书第二版的出版获得了江苏理工学院环境工程校重点学科资助。

由于笔者水平和经验有限,本书仍有不足之处,热忱希望广大读者提出宝贵意见。

编著者

2017年8月

第一版前言

经济和社会的发展,导致环境污染现象加剧,水、气、声、固四方面的环境污染物不断翻新,新的环境污染问题不断出现,对环境污染治理技术人才提出更高、更新要求,因此,社会越来越需要具有较强应用能力和创新能力,具有能针对环境污染问题,综合运用污染治理技术,确定环境污染治理工艺的高层次应用型人才,而目前大多数验证性实验已经不能满足当前人才培养的最新要求。

环境工程专业是一门实践性很强的专业学科,该专业的主干课程如《环境监测》、《环境微生物学》、《水污染控制工程》、《大气污染控制工程》、《固体废弃物处理与处置》、《物理性污染控制工程》等课程都必须开设实验。目前还没有一本将以上课程实验融合在一起的实验教程。现有的与环境工程专业有关的实验教材或书籍,又大多以常规、验证性实验为主,而编入综合性、设计性实验及更深入的研究性、探索性实验内容的简明实验教程并不多见。

目前我国职业资格证书制度已经比较完善,每年需要参加职业技能鉴定的人数不断增加,环保行业大部分要求从业人员拥有职业资格证书。在上述情况下,编者总结了多年教学和实践经验,在长年从事工种职业技能鉴定和培训工作基础上,组织一线人员编写了这本《环境污染治理技术与实训》简明教程。

本书以循序渐进为主,共分为四部分。第一部分为环境污染治理专业基础实验,包括环境分析监测基础实验、环境微生物实验、金属分析测试实验和环境污染治理基础实验。专业基础实验为验证性实验,侧重于基础实验技能的训练。第二部分为综合性、设计性实验,是建立在验证性实验的基础上,对各类专业基础实验项目进行综合,设计了环境监测和三废治理的综合性、设计性实验。第三部分为探究性实验,是将编者部分成熟的科研成果转化为实验项目,使读者接触环境工程领域的研究前沿,提高读者科研能力,为未来科学研究工作奠定基础。第四部分是技能培训,包括污水处理工和三废处理工两个工种的技能鉴定培训内容。

本书的特点是符合环境工程专业本科人才培养目标要求,内容实用,由浅入深,从专业基础到应用,既有经典实验项目,也有创新性实验,可操作性强。通过本书学习,可使读者掌握环境污染治理技术的使用方法,并能达到举一反三的目的。本书可供广大从事环境科学研究、环境治理保护工作、环保设备生产企业的科技人员、工程技术人员及管理人员参考,也可作为

工科院校相关专业师生教学参考书、教材或技术培训用书。

全书由程洁红和孔峰任主编、副主编，参加本书编写的教师还有蒋莉、高永、陈娴、路娟娟，由程洁红负责统稿和定稿，程洁红、孔峰、陈娴负责校对。本书在编写过程中得到了上海交通大学朱南文教授和江苏技术师范学院周全法教授的热心指导，在此表示衷心感谢！

由于编者时间有限，书中不足之处在所难免，恳请同行专家、学者和广大读者不吝指教，提出宝贵意见。

编 者

2012年2月

目录

第1章 绪论.....	1
1.1 目的与任务	1
1.2 实验教学程序	2
1.3 实验教学要求	2

第一篇 专业基础实验

第2章 环境分析监测基础实验.....	6
2.1 水质监测	6
2.1.1 水的 pH 和电导率的测定	6
2.1.2 悬浮固体和浊度的测定	8
2.1.3 色度的测定.....	10
2.1.4 水的总硬度的测定.....	11
2.1.5 水的化学需氧量的测定.....	12
2.1.6 高锰酸盐指数的测定——酸性高锰酸钾法.....	15
2.1.7 水质总磷、总氮的测定.....	16
2.1.8 水中氨氮的测定.....	19
2.1.9 水质溶解氧的测定——碘量法.....	23
2.1.10 水质五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定.....	24
2.1.11 水质总有机碳 (TOC) 的测定——燃烧氧化-非分散红外吸收法.....	27
2.1.12 水中氟化物的测定——氟离子选择电极法	28
2.1.13 水中挥发酚类的测定	30
2.1.14 废水中油的测定	33
2.1.15 废水中苯系化合物的测定	35
2.2 大气监测.....	36
2.2.1 大气中总悬浮颗粒物的测定——重量法.....	36
2.2.2 沉降天平法测定粉尘粒径分布.....	38
2.2.3 大气中氮氧化物的测定——盐酸萘乙二胺分光光度法.....	40
2.2.4 大气中二氧化硫的测定——盐酸副玫瑰苯胺分光光度法.....	42

2.2.5	大气中一氧化碳的测定——非色散红外吸收法	44
2.2.6	室内空气污染监测	45
2.3	固体监测	55
2.3.1	土壤中镉的测定	55
2.3.2	土壤中汞的测定	56
2.3.3	固体废物中铜的测定	57
2.3.4	固体废物中铬的测定	58
2.4	环境噪声的物理监测	60
第3章	环境微生物实验	62
3.1	环境微生物基础实验	62
3.1.1	光学显微镜的操作及微生物个体形态的观察	62
3.1.2	显微镜测微技术	64
3.1.3	微生物细胞的显微镜直接计数和测量	66
3.1.4	酵母菌的形态观察	67
3.1.5	培养基的制备和灭菌	68
3.1.6	细菌淀粉酶的定性测定	71
3.1.7	细菌纯种分离、培养和接种技术	72
3.1.8	细菌的染色和油镜的使用	75
3.1.9	细菌生长曲线的测定(比浊法)	77
3.1.10	环境因素对微生物生长的影响	79
3.2	环境污染微生物实验	81
3.2.1	叶绿素a和叶绿素b含量的测定(分光光度法)	81
3.2.2	水中细菌总数的测定	82
3.2.3	水中总大肠菌群的测定——多管发酵法	84
3.2.4	土壤中放线菌的分离、纯化、计数与形态观察	88
第4章	金属分析测试实验	90
4.1	镍的分析实验	90
4.1.1	丁二酮肟沉淀重量法	90
4.1.2	丁二酮肟分光光度法	91
4.1.3	EDTA滴定法	92
4.2	铜的分析实验	93
4.2.1	铜试剂法	93
4.2.2	碘量法	94
4.3	锌的分析实验	95
4.3.1	碘量法	95
4.3.2	EDTA容量法	97
4.4	铬的分析实验	98
4.4.1	二苯碳酰二肼分光光度法	98
4.4.2	离子交换实验法	99
4.5	镉的分析实验	101

4.5.1	EDTA 络合滴定法	101
4.5.2	双硫脲分光光度法	102
4.6	铅的分析实验	103
4.6.1	铬酸铅沉淀-亚铁滴定法	104
4.6.2	EDTA 容量法	105
4.7	铁的二氮杂菲分光光度法分析实验	106
4.8	原子吸收分光光度法	107
4.8.1	镉的分析实验	108
4.8.2	铅的石墨炉原子吸收分光光度法	109
4.8.3	铜、镉、铅、锌等金属元素的测定	111
第5章	环境污染治理基础实验	114
5.1	水污染控制工程实验	114
5.1.1	沉淀与澄清	114
5.1.2	过滤实验	121
5.1.3	城市污泥(活性污泥)实验	126
5.1.4	加压溶气气浮实验	137
5.1.5	曝气设备清水充氧性能测定实验	140
5.1.6	氧化沟实验	144
5.1.7	离子交换实验	146
5.1.8	活性炭吸附实验	148
5.1.9	纳滤与反渗透实验	152
5.1.10	恒压膜过滤实验	156
5.2	大气污染控制工程实验	160
5.2.1	除尘性能测定实验	160
5.2.2	油烟净化器性能测定	166
5.2.3	催化转化法去除汽车尾气中的氮氧化物	168
5.3	固体废弃物处理与处置实验	169
5.3.1	固体废物的破碎实验	170
5.3.2	固体废物的压实实验	172
5.3.3	固体废渣渗沥模型试验	175

第二篇 综合性、设计性实验

第6章	环境监测综合性、设计性实验	179
6.1	校园河水中的生物检测与评价实验	179
6.2	校园环境空气质量监测实验	181
6.3	水果、蔬菜、谷类中有机磷农药的多残留的测定——气相色谱法	182
第7章	三废治理综合性、设计性实验	184
7.1	耗氧速率的测定及废水可生化性与毒性的评价	184
7.2	废水可生化性综合性实验	186

7.3 间歇式活性污泥法实验	189
7.4 自动控制废水生化处理组合工艺模拟实验	191
7.5 厌氧消化处理工艺实验	192
7.6 城市污泥好氧消化处理工艺实验	193
7.7 城市污泥中 Cu、Zn 和 Ni 的测定(FAAS 法)	194
7.8 城市垃圾固体废物组成的测定	195
7.9 垃圾性能测定分析	197
7.10 垃圾渗滤液综合处理实验.....	198
7.11 膜分离水质净化实验.....	199

第三篇 探究性实验

第 8 章 三废处理探究性实验.....	204
8.1 光催化法处理高浓度难降解有机工业废水实验	204
8.2 电凝聚气浮和电化学法处理有机污染物实验	206
8.3 化学实验室有毒有害废水无害化处理	207
8.4 城市污泥的处理与综合利用实验	207
8.5 有机垃圾厌氧生物制气探究性实验	210
8.6 电镀污泥的电解法回收铜实验	212
8.7 固体废物热解法制备活性炭实验	213
8.8 工业废气中挥发性有机化合物的测定	215
8.9 焚烧处理有害固体废弃物及分析	216
8.10 有机固体沼渣肥分评价.....	217

第四篇 技能培训

第 9 章 污水处理工职业技能培训.....	220
9.1 概述	220
9.2 污废水处理工职业技能鉴定规范	220
9.2.1 鉴定要求	221
9.2.2 鉴定内容	222
9.2.3 附录习题	229
9.3 三废处理工职业技能鉴定规范	245
9.3.1 鉴定要求	245
9.3.2 鉴定内容	246
9.3.3 附录习题	262
参考文献.....	265

1.1 目的与任务

自然科学除数学外，几乎都可以说是实验科学，离不开实验技术。实验不仅用来检验理论正确与否，而且大量的客观规律、科学理论的发现与确立都是从科学实验中总结出来的，因此实验技术是科学研究的重要手段之一。

实验教学是教学环节中的重要组成部分，是理论教学的继续、补充、扩展和深化。环境工程本身就是工程类学科，需要大量的实验解决科学问题，因而实验技术更为重要。一些现象、规律、理论，需要通过实验来验证和掌握。就是工程设计、运行管理中的很多问题，也都离不开实验，需要通过实验确定相关参数，解决相关问题。例如，废水处理工程中活性污泥系统沉淀池的设计，其污泥沉速与极限固体通量等重要设计参数都要通过实验测定，才能正确地选择。同时，环境工程实验可应用于指导水监测、处理的研究，改进现有工艺、设备以及研究新工艺、设备。因此，在学习环境工程有关专业课程的同时，必须加强环境污染治理技术的实验学习，注意培养自己独立解决工程实践中一些实验技术问题的能力。

本书的实验分为以下五种类型。

(1) 演示性实验 演示性实验就是由实验指导教师操作，学生观摩的实验。由于实验操作复杂，难度较大，若让学生操作则超过本科教学培养的目标要求，但同时学生又必须对实验内容、先进的实验方法和现代实验仪器有所认识和了解，因此需要实验教师操作演示。或者实验操作量较少，经实验教师准备后，大部分是由仪器设备完成的实验。本书的演示性实验较少，出现在第5章。

(2) 验证性实验 验证性实验是结合学生在课堂上所学的理论知识，为验证某个理论而进行的、预先知道实验结论的实验。学生通过验证性实验更好地消化吸收课堂上所学的理论知识。本书第一篇专业基础实验基本上均为这部分实验。

(3) 综合性实验 学生经过一个阶段理论课和实验课的学习，综合运用所学知识和技能，完成一定的实验内容。可以在一门课程的一个小循环之后安排综合实验，培养学生理论联系实际和综合实验能力。综合性实验也是几个实验的组合，分为一般综合和大综合。一般综合实验也称一门课程的几个实验的综合，该类实验主要是涉及某门课程的几个章节的内容；大综合实验是涉及几门课程的实验综合。本书的第二篇综合性、设计性实验包括了这部分实验内容。

(4) 设计性实验 学生根据实验题目，运用所学知识，确定实验方案，独立操作完成实验，写出实验报告，并且进行综合分析。培养学生的思考能力、组织能力和实验能力，可实现

夯实学生的基础理论知识,使专业综合素质巩固提高。设计性实验也可根据实验设计题目不同分为一般设计性的和综合设计性的。本书的第二篇综合性、设计性实验包括了这部分实验内容。

(5) 探究性实验 探究性实验是在不知道实验结果的前提下,先进行合理假设,再设计一系列实验来验证假设的实验过程。本书的探究性实验均来自于教师科研项目的成果,将科研成果进行设计后形成,在第三篇的第8章。探究性实验能够培养学生的学习兴趣、启迪正确的科研方法,培养学生的创新能力、解决环境问题的实践能力。

本书的主要目的与任务如下。

① 通过实验的观察、分析,加深对环境工程有关基本概念、现象、规律与基本原理的理解。

② 掌握一般环境工程实验技能和仪器、设备的使用方法,具有一定的解决实验技术问题的能力。

③ 学会设计实验方案和组织实验的方法。

④ 学会对实验数据进行测定、分析与处理,从而能得出切合实际的结论。

⑤ 培养实事求是的科学态度和工作作风。

1.2 实验教学程序

为了更好地实现教学目的,使学生学好本门课程,下面简单介绍实验研究工作的一般程序。

(1) 明确任务和实验目的 根据教师提出的问题,确定实验任务、实验目标和实验目的,了解通过实验,需要掌握哪些基本概念、技术和方法,得到哪些能力训练,最终获得哪些实验结果或结论。

(2) 确定实验方案 确定实验目标后要根据人力、设备、药品和技术能力等方面的具体情况进行实验方案的设计。实验方案应包括实验目的、装置、步骤、计划、测试项目和测试方法等内容。

(3) 进行实验研究 根据设计好的实验方案进行实验,包括以下三个步骤。

① 收集实验数据。定时测试并做好记录。

② 定期整理分析实验数据。实验数据的可靠性和定期整理分析是实验工作的重要环节。实验者必须经常用已经掌握的基本概念分析实验数据,通过实验数据分析加深对基本概念的理解,并且发现实验设备、操作运行、测试方法和实验方向等方面的问题,以便及时解决,使实验工作能较顺利地进行。

③ 实验小结。通过实验数据的系统分析,对实验结果进行评价。小结的内容包括以下几个方面:通过实验掌握了哪些新的知识;是否解决了提出研究的问题;是否证明了文献中的某些论点;实验结果是否可用,以改进已有的工艺设备和操作运行条件,或设计新的实验设备;当实验数据不合理时,应分析原因,提出新的实验方案。

由于受课程学时等的条件限制,学生只能在已有的实验装置和规定的实验条件范围内进行实验,并且通过本课程的学习得到初步的培养和训练,为今后从事实验研究和进行科学实验打下好的基础。

1.3 实验教学要求

(1) 课前预习 为完成好每个实验,学生在课前必须认真阅读实验教材,清楚地了解实验

项目的目的要求、实验原理和实验内容,写出简明的预习提纲。预习提纲包括:①实验目的和主要内容;②需要测试项目的测试方法;③实验中应注意事项;④准备好实验记录表格。

(2) 实验设计 实验设计是实验研究的重要环节,是获得满足要求实验结果的基本保障。综合性、设计性实验及探究性实验的实验设计需在实验指导教师的指导下完成,以达到使学生掌握实验设计方法的目的。

(3) 实验操作 学生实验前应该仔细检查实验设备、仪器仪表是否完整齐全。实验时严格按照操作规程认真操作,仔细观察实验现象,精心测定实验数据并详细填写实验记录。实验结束后,要将实验设备和仪器仪表恢复原状,将周围环境整理干净。学生应注意培养自己严谨的科学态度,养成良好的工作和学习习惯。

(4) 实验数据处理 通过实验取得大量数据后,必须对数据做科学的整理分析,去伪存真、去粗取精,以得到正确可靠的结论。

(5) 编写实验报告 将实验结果整理编写成一份实验报告,是实验教学必不可少的组成部分。这一环节的训练可为今后写好科学论文或科研报告打下基础。实验报告包括下述内容:①实验目的;②实验原理;③实验装置和方法;④实验数据和数据整理结果;⑤实验结果讨论。对于科研论文,最后还要列出参考文献。实验教学的实验报告,参考文献一项可以省略。实验报告的重点放在实验数据处理和实验结果的讨论。

环境分析监测基础实验

本章分四部分,即环境分析监测基础实验、环境微生物实验、金属分析测试实验和环境污染治理基础实验。本章实验类型多为验证性实验,是环境工程专业必须掌握的基本实验技术,涉及环境监测、环境微生物、水污染控制工程、大气污染控制工程和固体污染控制工程的知识内容。

本章还增添了金属分析测试实验,是水体、土壤、污水、固体废弃物等环境中存在的或人们生产活动中排放物质的重金属分析测试。金属分析测试实验可以设计成验证性实验,也可在综合性、设计性实验以及探究性实验中应用到。

2.1 水质监测

2.1.1 水的 pH 和电导率的测定

2.1.1.1 pH 的测定

(1) 实验原理 pH 值为水中氢离子活度的负对数, $\text{pH} = -\lg \alpha_{\text{H}^+}$, pH 值测定是废水分析中最重要和最经常进行的分析项目之一。pH 值可间接表示水的酸碱程度。pH < 7 表示溶液呈酸性, pH = 7 表示溶液呈中性, pH > 7 表示溶液呈碱性。通常采用玻璃电极法和比色法测定 pH 值。

玻璃电极法以玻璃电极为指示电极,饱和甘汞电极为参比电极组成电池。该电池的电动势符合能斯特方程式:

$$E = E^\ominus - \frac{2.303RT}{F} \text{pH}$$

在 25℃ 溶液中每改变一个 pH 单位,其电位差的变化为 59.16mV。许多 pH 计上有温度补偿装置,以便校正温度差异。为了提高测定的准确度,校准仪器时选用的标准缓冲溶液的 pH 值,应与水样中的 pH 值接近。

(2) 实验仪器 pH 计、玻璃电极、甘汞电极、磁力搅拌器、50mL 烧杯。

(3) 实验试剂

① 水:蒸馏水煮沸数分钟,赶出 CO_2 并冷却。pH 在 6~7 之间即可使用。

② pH 标准缓冲溶液:通常使用在 25℃ 下, pH = 4.008, pH = 6.865, pH = 9.180 三种标准缓冲溶液。

a. pH = 4.008:称取 10.12g 邻苯二甲酸氢钾 (G.R),定容至 1000mL。

b. pH=6.865: 将磷酸二氢钾和磷酸氢二钠在 110~130℃ 下烘 2h, 冷却后, 称取 3.388g KH_2PO_4 (G. R) 和 3.533g Na_2HPO_4 (G. R) 稀释于水中定容至 1000mL。

c. pH=9.180: 称取 3.80g 硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 定容至 1000mL。

也可购置市售的 pH 标准缓冲溶液的固体试剂, 按要求稀释配制。

(4) 实验方法与步骤

① 仔细阅读仪器说明书。

② 打开仪器, 检查电极连接无误, 预热 1h 以上。

③ 将水样与标准溶液调到同一温度, 记录测量温度, 把仪器温度补偿旋钮调至该温度处。

④ 清洗电极, 用滤纸吸干水分, 将电极浸入与水样 pH 值不超过 2 个 pH 单位的标准溶液中搅拌, 待读数稳定后, 调节定位钮校准仪器。取出电极后, 仔细冲洗, 吸干水分, 浸入第二个标准溶液中, 其 pH 值约与前一个相差 3 个 pH 单位。若测定值与标准溶液的 pH 值大于 0.05pH 时, 需检查仪器、电极和标准溶液是否有问题, 排除异常情况, 方可测定水样。

⑤ 用水仔细清洗电极, 吸干水分, 然后将电极浸入待测水样中搅拌, 读数稳定后记录其 pH 值。

(5) 注意事项

① 玻璃电极在使用前应在蒸馏水中浸泡 24h 以上, 用毕, 冲洗干净, 浸泡水中。

② 玻璃球泡易破损, 使用时要小心, 安装时应高于甘汞电极的陶瓷芯端。玻璃电极受污染时, 可用 0.1mol/L 稀盐酸溶液除去无机盐垢后, 用丙酮除去油污, 然后浸泡一昼夜后使用, 若清洗无效, 应更换电极。

③ 玻璃电极的内电极与球泡之间, 甘汞电极的内电极与陶瓷芯之间不可存在气泡, 以防断路, 若发现有气泡, 可用手指弹几下。

④ 甘汞电极的饱和氯化钾液面必须高于汞体, 并且有适量氯化钾晶体存在。使用时, 拔掉橡皮帽和橡皮塞, 使盐桥溶液维持一定的流速渗漏, 保持与待测溶液通路, 不用时, 应套好橡皮帽, 以防蒸发和渗漏。

⑤ 注意防止甘汞电极的陶瓷砂芯的空隙被堵塞, 应及时清洗。

⑥ 温度对 pH 值的测量是有影响的, 因此样品的 pH 标准溶液的温度必须一致。

⑦ 为防止空气中 CO_2 的影响, 应在测量时打开水样瓶塞。同时测量应注意远离各类污染, 如盐酸和氨水等。

⑧ 注意电极的出厂日期, 存放时间过长的电极性能将变劣。

2.1.1.2 电导率的测定

(1) 实验原理 由于电导是电阻的倒数, 因此, 当两个电极插入溶液中, 可以测出两电极间电阻 R , 根据欧姆定律, 温度一定时, 这个电阻值与电极的间距 L (cm) 成正比, 与电极的截面面积 A (cm^2) 成反比。即 $R = \rho L / A$ 。

由于电极面积 A 和间距 L 都是固定不变的, 故 L/A 是一常数, 称为电导池常数 (以 Q 表示)。比例常数 ρ 称为电阻率。其倒数 $1/\rho$ 称为电导率, 以 K 表示。

$$S = 1/R = 1/(\rho Q)$$

S 表示电导度, 反映导电能力的强弱。所以 $K = QS$ 或 $K = Q/R$ 。

当已知电导池常数并测出电阻后, 即可求出电导率。

(2) 实验仪器

① 电导率仪: 误差不超过 1%。

② 温度计: 能读至 0.1℃。

③ 恒温水浴锅: (25±0.2)℃。

(3) 实验试剂

① 纯水: 将蒸馏水通过离子交换柱, 电导率小于 $1\mu\text{S}/\text{cm}$ 。