

水质分析读本

北京化工学院 刘 珍 主 编



水利电力出版社

水质分析读本

北京化工学院 刘 珍 主 编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是介绍水质分析的普及读物。书中全面介绍了水质分析化验人员应具备的基础知识、基本操作和基本原理。

全书分十章，内容包括：水质分析引论，水样采集和预处理，水质分析数据处理，水质分析计算，水质分析中常用的滴定分析法、仪器分析法以及分离方法，水质分析基本操作，水质分析项目的测定，水质分析室的建设和常用电器。主要章节后附有学习要求和习题，可供自学参考。

本书选材具体实用，内容通俗易懂，适于作自学参考书和培训教材。书中涉及的物理量皆采用法定计量单位。

本书可供各部门具有高中文化程度、初参加水质分析工作的人员学习使用；也可供从事水质分析多年的技术人员阅读参考。

21100/13

水质分析读本

北京化工学院 刘 珍 主编

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 14.5印张 320千字

1989年9月第一版 1989年9月北京第一次印刷

印数0001—4960册

ISBN 7-120-00855-2/X·2

定价9.30元

前 言

随着工农业的发展和人类生活的提高，自然环境中被污染的现象越来越严重，它直接影响着人类的健康，甚至威胁着人类的生命。世界闻名的甲基汞中毒症，即水俣病，就是一例。因此环境污染问题，已成为一项严重的社会问题，正引起各国人民的重视。

环境污染虽然是伴随着工农业发展而出现的，但决不是工农业发展的必然结果，只要加强对环境的监测和治理是能够缓解和彻底解决这一问题的。国务院有关部门曾多次提出，随着四化建设和工农业的发展，要做好三废处理工作，以维持自然界的生态平衡。这是关系到人民健康和经济发展的大事。我国环境保护的基本方针是：“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”。

目前工农业经济改革的形势大好，小企业、小工厂如雨后春笋般地出现，因此环境保护问题，必然成为重要的课题。为了适应环境保护工作的迅速发展，满足广大环保初级技术人员的要求，我们编写了这本《水质分析读本》。

本书的编写是以水质分析项目为基础的，内容包括：环境保护的重要性，水质的一些基本概念，水质分析基本操作，各种溶液的配制和浓度的计算，误差及数据处理等基础内容。在测定方法上，书中以化学分析法和分光光度法为主，

介绍基本概念及所涉及的基本理论。同时根据环境监测科学发展和国产仪器大量生产的情况，纳入了电位分析法及原子吸收光谱分析法，其中着重介绍仪器的使用和所涉及的基本原理。本书所编写的水质分析项目的测定方法，都是根据多年实践经验总结出来的。此外对水质分析实验室的建设也做了一定的介绍。各主要章节后都附有该章节的学习要求和复习题及部分答案，以供复习和练习。

本书在编写时，既考虑初参加水质分析工作的人员所需要的基础知识、基本技能，也考虑到从事水质分析工作多年的专业人员所需要的基本理论和现代分析技术。此书可为读者进一步深入阅读水质分析专业书刊打下基础。

本书由北京化工学院刘珍、黄沛成、崔仁秀和白秀才同志编写，刘珍同志担任主编。全书经北京师范大学张铁垣副教授审阅，审稿中提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于我们对水质分析及目前污染情况，调查研究得尚不全面，不妥之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

1988.5

目 录

前言

第一章 水质分析引论	1
第一节 环境科学的概念	1
第二节 水污染的含意及分类	1
一、水污染的含意 二、水污染的类型	
第三节 水质分析方法的选择	2
一、分析化学的任务和作用 二、定量分析方法分类 三、滴 定分析法简介 四、水质分析方法的选择	
第二章 水样采集和预处理	8
第一节 水样的采集和保存	8
一、水样的采集 二、水样的保存 三、水质监测项目的确定	
第二节 水样的预处理	21
一、适用于分光光度法的水样预处理 二、适用于原子吸收光 谱法的水样预处理	
第三章 水质分析数据处理	26
第一节 准确度与精密度	26
一、准确度与误差 二、精密度与偏差 三、平均精密度的表 示法 四、平均值的置信界限 五、准确度与精密度的关系	
第二节 误差来源及消除方法	35
一、系统误差 二、偶然误差 三、提高分析结果准确度的 方法	
第三节 有效数字及运算规则	39
一、有效数字概念 二、有效数字中“0”的意义 三、数字 修约规则 四、有效数字运算规则	

第四节 可疑值的取舍	44
一、分析结果的判断 二、分析结果数据的取舍	
第四章 水质分析计算	48
第一节 法定计量单位	48
第二节 水质分析中常用的物理量和单位	49
一、物质的量 二、质量 三、体积 四、摩尔质量 五、摩尔体积 六、元素的相对原子质量 七、物质的相对分子质量	
第三节 水质分析中常用的浓度及表示法	53
一、质量百分浓度 二、体积百分浓度 三、物质B的物质的量浓度 四、滴定度 五、百万分比浓度 六、十亿分比浓度 七、体积比浓度	
第四节 水质分析计算基础	58
一、物质的量、质量及摩尔质量的关系 二、两种物质定量反应时的关系 三、等物质的量的规则	
第五节 标准溶液的配制和计算	62
一、标准溶液的配制方法 二、标定方法 三、标准溶液浓度的计算示例	
第六节 水质分析计算	65
一、直接滴定计算法 二、中间滴定计算法 三、返滴定计算法	
附 摩尔浓度和当量浓度介绍	73
一、摩尔浓度 二、当量和当量浓度	
第五章 水质分析中常用的滴定分析法	80
第一节 酸碱滴定法	80
一、概述 二、酸碱指示剂 三、酸度测定 四、碱度测定 五、有机氮及氨氮的测定	
第二节 络合滴定法	112
一、络合物概念 二、络合滴定法概述 三、EDTA的性质及其应用 四、络合平衡 五、金属指示剂 六、水硬度的测定	
第三节 沉淀滴定法	132
一、概述 二、银量法确定理论终点的方法 三、氯离子的测	

定 四、氰化物的测定	
第四节 氧化还原滴定法	141
一、氧化还原滴定法 二、化学需氧量的测定 三、硫化物的测定 四、苯酚的测定	
第六章 水质分析中常用的仪器分析法	158
第一节 比色分析及分光光度法	158
一、概述 二、基本原理 三、目视比色法 四、光电比色计 五、分光光度计 六、光电比色计及分光光度计的检验和维护 七、分光光度法 八、比色分析条件的选择 九、分光光度法的误差来源	
第二节 原子吸收光谱分析法	193
一、概述 二、基本原理 三、原子吸收光谱分析仪 四、原子吸收光谱分析法 五、测量条件的选择	
第三节 电位分析法	206
一、电化学基础知识 二、酸度测量与酸度计 三、离子选择性电极 四、电位滴定法	
第七章 水质分析中常用的分离方法	234
第一节 概述	234
第二节 沉淀分离法	234
一、利用氢氧化物沉淀形式分离 二、利用硫化物沉淀形式分离 三、利用有机沉淀剂分离	
第三节 溶剂萃取分离法	240
一、基本原理 二、萃取体系的分类和可萃体的形成	
第四节 离子交换分离法	245
一、离子交换树脂 二、离子交换过程	
第八章 水质分析基本操作	253
第一节 天平称量	253
一、天平称量原理 二、天平分类 三、半自动电光天平 四、单盘电光天平 五、样品称量方法	
第二节 滴定分析基本操作	262
一、容量瓶 二、移液管和吸量管 三、滴定管	

第三节 重量分析基本操作	272
一、沉淀条件的选择 二、沉淀的制备 三、沉淀的过滤与洗涤 四、沉淀的干燥和灼烧	
第四节 蒸馏基本操作	282
一、常压蒸馏 二、减压蒸馏 三、精馏 四、水蒸气蒸馏	
第五节 萃取基本操作	287
一、间歇萃取 二、连续萃取	
第九章 水质分析项目的测定	290
第一节 物理性质的测定	290
一、色度 二、浑浊度 三、温度 四、臭和味 五、pH值 六、悬浮物和蒸发残渣	
第二节 有毒物的测定	305
一、氟离子的测定——分光光度法 二、氟离子的测定——离子选择电极法 三、挥发酚的测定——分光光度法 四、酚的测定——溴酸钾滴定法 五、砷离子的测定——分光光度法 六、铅离子的测定——分光光度法 七、氰离子的测定——硝酸银滴定法 八、氰离子的测定——分光光度法 九、总铬的测定——分光光度法 十、汞离子的测定——分光光度法	
第三节 氨、氮、氧的测定	339
一、氨氮的测定——分光光度法 二、亚硝酸氮的测定——分光光度法 三、硝酸氮的测定——分光光度法 四、化学需氧量的测定——重铬酸钾法 五、化学需氧量的测定——高锰酸钾法 六、溶解氧的测定——碘量法	
第四节 无机物的测定	359
一、硬度的测定——EDTA滴定法 二、铁离子的测定——分光光度法 三、锰离子的测定——分光光度法 四、铜离子的测定——分光光度法 五、锌离子的测定——分光光度法 六、氯离子的测定——硝酸银滴定法 七、硫酸根离子的测定——硫酸钡重量法 八、碘离子的测定——分光光度法 九、硫离子的测定——碘量法 十、硫离子的测定——分光光度法 十一、铁、锰、铜、锌、镉、铅离子的测定——原子吸收光谱分析法	

第十章 水质分析室的建设和常用电器	391
第一节 水质分析室的建设	391
一、水质分析人员的岗位责任 二、化验室工作要求 三、水质分析室的建筑及室内设施 四、玻璃仪器的管理 五、精密仪器的管理 六、化学药品的安全管理制度 七、消防常识 八、高压气瓶的存放、搬运和使用规则 九、急救药品及器械 十、化验室常用工具 十一、图书资料的管理	
第二节 常用电器	407
一、电气工具 二、加热设备 三、制冷设备 四、其它	
附 安全用电常识	432
附录	436
附表 1 常见化合物的式量	436
附表 2 难溶化合物的溶度积	444
附表 3 无机酸、碱在水溶液中的离解常数(25°C)	446
附表 4 有机酸、碱在水溶液中的离解常数(25°C)	448
附表 5 主要工业部门废水中的污染物	449
附表 6 化学元素周期表	452
参考文献	453

第一章 水质分析引论

第一节 环境科学的概念

环境科学主要是以研究人类环境中出现的问题，寻求解决这些问题的方法和途径，并以保护和改善人类生活环境为宗旨的科学。

近几十年来，随着人类经济活动的巨大发展，环境的人为污染愈来愈严重。工业的三废（废气、废水、废渣），农业使用的农药，军事上核武器的试验，以及大量的日益增多的生活污水和垃圾，是环境污染的主要来源。这些污染对人类健康都会造成严重的威胁。环境科学就是为保护和改善人类环境，保障人类身体健康而发展起来的。

第二节 水污染的含意及分类

一、水污染的含意

自然环境中，水源是很丰富的，因此水的使用是不成问题的。但是目前有些国家和地区出现了水供应的危机。原因之一是水被污染。举世闻名的甲基汞中毒，后被称为水俣病的事件，就是一个明显的事例。

水体中进入某种污染物，使水质变坏，这种现象称为水污染。水是否被污染，很难用一个通用标准来衡量，因为这需要

根据水的用途而定。例如饮用水中酚含量应在 0.002mg/L 以下，而一般地面水中酚含量却允许达到 0.01mg/L 。对前者言超过 0.002mg/L 就有危害，而对后者超过 0.01mg/L ，才有危害。由此可见，水污染的含意应根据水的不同用途而定。

二、水污染的类型

1. 物理性污染

污染物可使水的物理特性发生变化，例如水产生恶臭，异常浑浊，悬浮体增多，水温上升等。

2. 化学性污染

水中溶解氧减少，硬度变大，含有大量重金属离子，含有某种毒物及放射性物质等，均属于水的化学性污染。

3. 生物性污染

水中出现病菌、寄生虫、微生物及病毒等为生物性污染。

综上所述，水质的保护与防止污染是一项关系到工农业发展和人身健康的大事。我国对水污染是采取预防为主方针。最主要的措施是对水质分析项目定期监测，严格控制污水和废水的排放标准，以免水体被污染。

第三节 水质分析方法的选择

水质分析项目的测定方法，基本上是分析化学方法。因此有必要介绍一下什么是分析化学。

一、分析化学的任务和作用

分析化学是研究确定物质化学组成的分析方法和有关原理的科学。例如在水质分析中，我们得到如下的测定结果：

组 成	Cu	Ni	Cr	Pb	氰化物	氟化物
含量(mg·mL ⁻¹)	0.01	0.1	1.0	0.1	0.02	1.0

从以上分析结果看，分析工作有两个任务。首先要确定物质的组分，完成此项任务的方法称为定性分析法；然后再测定这些组分的含量，完成此项任务的方法，称为定量分析法。由此可知，分析化学由定性分析和定量分析两大部分组成。

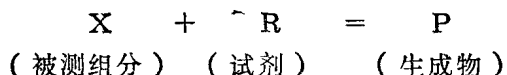
在一般分析工作中，都是先做定性分析，后做定量分析的。因为只有知道存在哪些组分之后，才能选择合适的定量分析方法来测定该组分的含量。但在水质分析中，一般要控制的分析项目，大都是已知的，仅由于地区的不同，组分含量有所差异而已。在此情况下，就无需进行定性分析，可以直接选择定量分析方法测定组分的含量。

二、定量分析方法分类

根据测定原理和使用仪器的不同，定量分析法可分为化学分析法和仪器分析法。

1. 化学分析法

化学分析法是以化学反应为基础的分析方法。可用通式表示为：



由于反应类型的不同，操作方法的不同，化学分析法又分为：

(1) 重量分析法

此法是根据化学反应生成物的重量，求被测组分含量的

方法。

(2) 滴定分析法 (也称容量分析法)

此法是根据化学反应中所消耗标准溶液的体积和浓度, 求被测组分含量的方法。

(3) 气体分析法

此法是根据化学反应中所生成气体的体积或气体与吸收剂反应生成的物质的量, 求被测组分含量的方法。

2. 仪器分析法

仪器分析法是以物质的物理和物理化学性质为基础, 并借用较精密的仪器来测定被测物质含量的分析方法。如光学分析法、电化学分析法、色谱分析法和质谱分析法等。

(1) 光学分析法

它主要有比色法和分光光度法。分光光度法又分为: 可见光、紫外和红外分光光度法。此外还有原子吸收光谱分析法、发射光谱法及荧光分析法等。

(2) 电化学分析法

常用的有电位滴定法、电导分析法、电解分析法、极谱分析法和库仑分析法等。

(3) 色谱分析法

常用的有气相色谱法、高压液相色谱法、薄层层析法和纸层析法等。

(4) 其它分析法

仪器分析法中还有质谱分析法、X射线分析法、放射化学分析法及核磁共振分析法等。

仪器分析法的特点是: 快速、灵敏、样品用量少。但是由于我国精密贵重的分析仪器的产量和质量尚难满足实际需要, 而化学分析法使用的仪器简单, 对于大量和中等含量的

物质，测量的准确度都较高，因此仍较广泛应用于科研和生产实践中。化学分析法和仪器分析法各有其优缺点，也各有其局限性，两者是相辅相承的。可以说，化学分析法是基础，仪器分析法是发展方向。

三、滴定分析法简介

滴定分析法是水质分析中常用的方法，它是以化学反应为基础的分析方法。但是并非所有的化学反应都能用于进行滴定分析，作为滴定分析基础的化学反应必须满足以下要求：

1) 反应要有确切的定量关系，即按一定的反应历程快速完成。

2) 对于反应速度慢的反应，要有加快的措施。

3) 主反应要不受共存物质的干扰。

4) 要有确定理论终点的方法。

滴定分析所需要的仪器设备比较简单，操作较易掌握，分析速度较重量分析法快。当待测组分含量在1 %以上时，测定的相对误差可达0.2 %左右。

根据标准溶液和被测物质反应的类型，滴定分析法可分为以下四类：

1) 酸碱滴定法——是利用酸碱反应的滴定分析法。用来对酸、碱、弱酸盐或弱碱盐进行滴定。

2) 沉淀滴定法——是利用形成沉淀的反应的滴定分析法。其中应用最广泛的方法是银量法。

3) 络合滴定法——是利用形成络合物反应的滴定分析法。其中应用最广泛的方法是，以EDTA标准溶液测定多种金属离子含量的方法。

4) 氧化还原滴定法——是利用氧化还原反应的滴定分

析法。它可以利用氧化剂的标准溶液来测定还原性物质的含量，也可以用还原剂的标准溶液来测定氧化性物质的含量。

进行滴定分析还必须具备以下三个条件：

1) 要有准确称量物质重量的分析天平，测量溶液体积的容量器皿。

2) 要有能进行滴定的标准溶液。

3) 要有能准确确定理论终点的指示剂。

有关分析天平的称量技术和容量器皿的使用操作将在第八章中介绍。有关标准溶液的配制和指示剂的选用，在水质项目的测定中介绍。

四、水质分析方法的选择

各种天然水、饮用水、排放水等，都是水质分析的对象。在分析时，应按所测组分的含量，共存物质的种类来选择适合的分析方法。

1. 选择分析方法的依据

(1) 待测组分的含量

在实际分析操作中，应按待测成分的含量多少来选择方法。例如在测定氯离子含量时，若含量在每升数毫克以上，应选择滴定分析法；如在每升数毫克以下，最好采用仪器分析法。

(2) 共存物质的影响

所选择的分析方法，有时可能受待测组分以外的共存物质的影响，因此必须预先知道存在何种影响物质，该物质是否已达到妨碍测定方法准确度的浓度。如已达到，则必须采取措施消除，否则应另选方法。

2. 水质分析项目

在水质分析中，常用滴定分析法，应尽量少用重量法。

当水体中污染物的含量很低时，应选用仪器分析法。本书介绍以下常测的水质项目：

- 1) 酸度、碱度及氨氮的测定——酸碱滴定法。
- 2) 水硬度的测定——络合滴定法。
- 3) 氯离子的测定——沉淀滴定法（银量法）。
- 4) 化学需氧量的测定——氧化还原滴定法（高锰酸钾法）。
- 5) 化学需氧量的测定——氧化还原滴定法（重铬酸钾法）。
- 6) 溶解氧的测定——氧化还原滴定法（碘量法）。
- 7) 酚的测定——氧化还原滴定法（溴酸盐法）。
- 8) 氟化物、氰化物、硫化物、砷化物、酚、氨氮、亚硝态氮等微量组分的测定——分光光度法、离子选择性电极法。
- 9) 汞、铬、镉、铜、锌、铅、铁、锰等微量组分的测定——分光光度法、原子吸收光谱分析法。
- 10) pH值、电导率等的测定——电化学分析法。