

# 环境分析化学



# 环境分析化学

陈国树 编著

江西科学技术出版社

# 环境分析化学

陈国树编著

江西科学技术出版社出版

(南昌市新魏路)

江西省新华书店发行 南昌市印刷四厂印刷

开本787×1092 1/32 印张23.75 插页1 字数55万

1988年9月第1版 1988年9月第1次印刷

印数 1—3,500

ISBN7-5390-0150-X/X·1

统一书号: 15425·38

定价: 5.76元

## 内 容 简 介

环境分析化学是近代发展起来的一门多学科相互渗透的新兴学科,是研究环境、保护环境的一门学科。本书全面系统地介绍了环境、环境污染,环境污染物,环境样品的采集、保存、处理、待测组分的分离与富集和环境分析方法等。在“环境分析方法”一章中,对常用的原子发射光谱法、原子吸收分光光度法、X射线荧光法、紫外—可见分光光度法、荧光分光光度法、红外分光光度法、气相色谱法、高压液相色谱法、离子选择电极法、溶出伏安法和流动注射法的基本原理、仪器设备、操作条件和分析方法,作了简明扼要的介绍。全书内容丰富,取材新颖。

本书可作为高等院校中环境地学、环境化学、环境医学、环境生物学、环境工程学等有关专业的教材或参考书,同时可供环境监测站、工矿企业、医院和卫生防疫站等单位从事环境分析的广大科技工作者参考。

## 前 言

环境问题是当前世界各国人民共同关心的问题，也是科学技术领域里重大的研究课题。因此，在发展现代社会经济和科学技术过程中逐步形成了一门综合性很强的环境科学。环境分析化学是环境科学的重要分支。它是探讨环境演化规律，揭示人类活动与自然生态关系，探索环境变化对人类生存的影响，研究环境污染综合防治措施，实施环境质量和评价环境质量等工作的重要手段，是一门涉及面广，与人民生活和健康有着密切关系，受到社会高度重视的学科，在环境科学中占有重要地位。

为了发展环境科学，保护环境，必须造就成千上万的有关专业人材。为此，许多高等院校相继创办了环境地学、环境生物学、环境医学、环境工程学、环境化学 and 环境保护等各种有关专业，把环境分析化学作为专业课或选修课，需要《环境分析化学》教材或参考书。与此同时，全国各部门、各大工矿企业、各省、市、地区，甚至许多县陆续地建立了环境分析监测机构，从事环境分析监测人员已发展到十万人以上，其中有些同志也需要有关环境分析化学方面的参考书。基此，编著者在科研、教学实践的基础上，编著了《环境分析化学》一书。

全书共分五章。第一章，绪论。阐述了环境分析化学的产生、任务、研究对象、研究方法和发展趋势。第二章，环境污染和环境污染物的来源、种类、性质和转化规律。第三章，环境样品的采集与处理。其中着重

叙述大气、水体、土壤和生物样品的采集、保存与处理方法。第四章，分离与富集。重点介绍分离富集方法的基本原理、分离富集方法及其影响因素。第五章，环境分析方法。结合我国实际情况，简明扼要地介绍了各种方法的基本原理、仪器设备、操作条件和测定方法等。

本书承蒙南开大学化学系史慧明教授作了全面审阅，北京大学化学系童沈阳教授和华东师范大学化学系贾锡平副教授提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢！另外，书内引用的文献资料较多，但鉴于篇幅的限制，未能将所用文献全部列出，敬请文献作者鉴谅。

由于编著者水平所限，缺乏经验，成稿仓促，书中一定会有不少的缺点与错误，恳望读者批评指正！

**陈国树**

1987年7月于南昌

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	(1)
<b>第一节 环境分析化学的产生</b> .....	(1)
<b>第二节 环境分析化学的作用与任务</b> .....	(2)
<b>第三节 环境分析化学的工作对象与特点</b> .....	(5)
一、工作对象 .....	(5)
二、工作特点 .....	(5)
<b>第四节 环境分析的性质与原则</b> .....	(8)
一、环境分析的性质 .....	(8)
二、环境分析的选择原则 .....	(9)
<b>第五节 环境分析方法</b> .....	(11)
一、结构分析与定性定量分析 .....	(11)
二、无机分析和有机分析 .....	(12)
三、化学分析和仪器分析 .....	(12)
四、生物指示分析与酶法分析 .....	(13)
五、仲裁分析 .....	(14)
<b>第六节 环境分析化学的发展过程与趋势</b> .....	(14)
一、痕量和超痕量分析方法的研究 .....	(15)
二、污染物的状态与价态分析方法的研究 .....	(15)
三、分析方法标准化 .....	(16)
四、分析方法连续自动化 .....	(16)

五、多种方法和仪器的联合使用.....	(17)
<b>第二章 环境污染与环境污染物 .....</b>	<b>(20)</b>
<b>第一节 环 境.....</b>	<b>(20)</b>
一、环境概念.....	(20)
二、环境的分类.....	(21)
三、人与环境.....	(23)
<b>第二节 环境污染.....</b>	<b>(24)</b>
一、环境污染概念.....	(24)
二、环境污染的类型.....	(25)
三、环境污染的特点.....	(25)
<b>第三节 环境污染的影响.....</b>	<b>(27)</b>
一、环境生物效应.....	(27)
二、环境化学效应.....	(28)
三、环境物理效应.....	(28)
<b>第四节 环境污染源.....</b>	<b>(29)</b>
一、污染源的概念.....	(29)
二、污染源的种类.....	(29)
<b>第五节 环境污染物.....</b>	<b>(33)</b>
一、大气中的污染物.....	(33)
二、水体中的污染物.....	(38)
三、土壤中的污染物.....	(40)
四、生物体中的污染物.....	(41)
<b>第六节 环境污染物的性质.....</b>	<b>(42)</b>
一、自然性.....	(42)
二、扩散性.....	(42)
三、毒性.....	(43)



四、活性和持久性.....	(43)
五、可积累性.....	(43)
六、生物可分解性.....	(44)
<b>第七节 环境污染物的迁移与转化</b> .....	(44)
一、污染物的迁移.....	(44)
二、污染物的转化.....	(45)
三、污染物的迁移与转化的关系.....	(46)
<b>第三章 环境样品的采集与处理</b> .....	(47)
<b>第一节 大气样品的采集与处理</b> .....	(47)
一、采样位置的选择.....	(47)
二、采样方法及其原理.....	(48)
三、采样仪器.....	(56)
四、最小采样量.....	(68)
五、采样效率.....	(69)
六、降尘的采集.....	(71)
七、样品的前处理.....	(72)
<b>第二节 水样的采集、保存与处理</b> .....	(75)
一、采样点的选择.....	(75)
二、采样方法.....	(78)
三、采样仪器.....	(80)
四、采样频率的确定.....	(84)
五、采样体积.....	(85)
六、水样的保存.....	(85)
七、水样的预处理.....	(90)
八、底泥的采集与处理.....	(91)
<b>第三节 土壤样品的采集、制备和预处理</b> .....	(93)

一、采样点的选择	( 93 )
二、采样深度	( 95 )
三、采样时间	( 95 )
四、采样量	( 95 )
五、采样仪器	( 96 )
六、土样的制备与保存	( 96 )
七、土样的预处理	( 98 )
<b>第四节 植物样品的采集与制备</b>	( 98 )
一、采样原则	( 98 )
二、采样方法	( 99 )
三、采样量	( 101 )
四、植物样品的制备	( 101 )
<b>第五节 动物样品的采集与制备</b>	( 102 )
一、水产样品的采集与制备	( 102 )
二、动物样品的采集与制备	( 102 )
<b>第六节 生物样品的预处理</b>	( 104 )
一、干灰法	( 104 )
二、湿法分解法	( 107 )
三、有机溶剂提取法	( 107 )

## 第四章 分离富集方法 (110)

### 第一节 概述 (110)

- |             |         |
|-------------|---------|
| 一、基本概念      | ( 110 ) |
| 二、分离富集的任务   | ( 111 ) |
| 三、分离富集方法    | ( 112 ) |
| 四、分离效率与分离系数 | ( 113 ) |

### 第二节 蒸馏与挥发分离法 (114)

一、挥发分离法	(114)
二、蒸馏分离法	(116)
<b>第三节 沉淀分离法</b>	(117)
一、沉淀分离法	(117)
二、共沉淀分离富集痕量组分	(127)
三、共结晶法	(135)
<b>第四节 泡沫分离法</b>	(136)
一、基本原理	(136)
二、泡沫分离方法	(137)
三、泡沫分离效率的影响因素	(139)
四、泡沫分离的装置与操作	(143)
<b>第五节 溶剂萃取分离法</b>	(144)
一、概述	(144)
二、萃取法的基本原理	(145)
三、萃取剂、萃取溶剂和助萃剂	(151)
四、萃取体系	(153)
五、影响萃取速度的因素	(162)
六、萃取方法与操作技术	(163)
七、萃取分离法的应用	(164)
<b>第六节 色谱分离法</b>	(167)
一、概述	(167)
二、色谱分离法的基本原理	(171)
三、吸附柱色谱分离法	(174)
四、分配柱色谱法	(182)
五、纸色谱分离法	(184)
六、薄层色谱法	(195)
七、反相分配色谱法简介	(218)

<b>第七节 离子交换分离法</b> .....	(220)
一、离子交换树脂.....	(220)
二、离子交换的基本原理.....	(229)
三、离子交换分离方法.....	(236)
四、应用实例.....	(248)
<b>第八节 选择溶解“相”分离法</b> .....	(249)
一、概 述.....	(249)
二、选择溶剂的基本原理.....	(250)
三、常用的选择溶剂与抑制剂.....	(255)
四、影响溶解过程的因素.....	(257)
五、操作方法.....	(259)
六、应用实例.....	(259)
<b>第五章 环境分析方法</b> .....	(261)
<b>第一节 原子发射光谱分析法</b> .....	(261)
一、概 述.....	(261)
二、基本原理.....	(263)
三、光谱分析的仪器.....	(264)
四、试样配制.....	(287)
五、光谱定性分析.....	(288)
六、光谱定量分析.....	(289)
七、原子发射光谱分析的应用实例.....	(297)
<b>第二节 原子吸收分光光度法</b> .....	(303)
一、概 述.....	(303)
二、基本原理.....	(305)
三、原子吸收分光光度计.....	(307)
四、分析方法.....	(319)

五、方法灵敏度与精密度	(320)
六、工作条件的选择	(322)
七、原子吸收分光光度法中的干扰及其消除	(328)
八、操作方法	(331)
九、原子吸收分光光度法的应用实例	(332)
<b>第三节 X射线荧光分析法</b>	<b>(341)</b>
一、概述	(341)
二、基本原理	(342)
三、X射线荧光光谱仪	(349)
四、定性分析	(362)
五、定量分析	(363)
六、应用实例	(367)
<b>第四节 紫外—可见分光光度法</b>	<b>(371)</b>
一、概述	(371)
二、紫外—可见光吸收光谱	(372)
三、紫外—可见分光光度法基本原理	(381)
四、紫外—可见分光光度计	(385)
五、显色反应的选择原则	(395)
六、测量技术与测量条件的选择	(418)
七、紫外—可见分光光度法的一般常用 分析方法	(420)
八、提高分光光度法灵敏度和选择性的途径	(424)
九、双波长分光光度法	(426)
十、导数分光光度法	(430)
十一、催化分光光度法	(432)
十二、应用实例	(444)
<b>第五节 荧光分光光度法</b>	<b>(506)</b>

一、概 述	(506)
二、荧光与物质结构的关系	(508)
三、荧光定量分析的基本原理	(511)
四、荧光强度测量仪器	(516)
五、分析方法	(521)
六、应用实例	(523)
<b>第六节 红外分光光度法</b>	<b>(531)</b>
一、概 述	(531)
二、红外分光光度法的基本原理	(534)
三、红外光谱仪	(561)
四、试样的制备	(567)
五、定性分析	(569)
六、定量分析	(573)
七、应用实例	(577)
<b>第七节 气相色谱法</b>	<b>(579)</b>
一、概 述	(579)
二、基本原理	(581)
三、气相色谱仪	(590)
四、气相色谱固定相	(597)
五、操作条件的选择	(604)
六、分析方法	(607)
七、气相色谱法的应用实例	(618)
<b>第八节 高效液相色谱法</b>	<b>(627)</b>
一、概 述	(627)
二、液相色谱的类型及其分离原理	(629)
三、高效液相色谱的基本理论	(634)
四、高效液相色谱仪	(637)

五、	高效液相色谱实验技术	.....	(642)
六、	定性、定量分析	.....	(648)
七、	应用实例	.....	(649)
<b>第九节</b>	<b>离子选择电极法</b>	.....	(654)
一、	概  述	.....	(654)
二、	基本原理	.....	(655)
三、	离子选择电极的类型和电极电位仪	.....	(657)
四、	离子选择电极的基本特性	.....	(664)
五、	使用离子选择性电极注意事项	.....	(667)
六、	测定方法	.....	(668)
七、	离子选择电极的应用实例	.....	(671)
<b>第十节</b>	<b>溶出伏安法</b>	.....	(675)
一、	概  述	.....	(675)
二、	基本原理	.....	(677)
三、	仪器与电极	.....	(687)
四、	测定方法	.....	(692)
五、	在环境分析中的应用实例	.....	(694)
<b>第十一节</b>	<b>流动注射法</b>	.....	(698)
一、	概  述	.....	(698)
二、	分析过程及其原理	.....	(700)
三、	仪器设备	.....	(703)
四、	分析技术	.....	(708)
五、	应用实例	.....	(713)
<b>附    录</b>		.....	(717)
<b>附录一</b>	<b>环境分析中的常用单位</b>	.....	(717)
(一)	绝对含量单位	.....	(717)

(二) 相对含量单位.....	(717)
(三) 常用浓度的换算.....	(718)
(四) 气体或蒸气浓度的换算.....	(719)
(五) 各种温度下气体的摩尔体积.....	(719)
<b>附录二 国内标准</b> .....	(720)
(一) 居住区大气中有害物质的最高允许浓度.....	(720)
(二) 车间空气中有毒物质的最高允许浓度.....	(721)
(三) 十三类有害物质的排放大气标准.....	(726)
(四) 地面水水质卫生要求.....	(730)
(五) 地面水中有害物质的最高允许浓度.....	(730)
(六) 农田灌溉用水水质标准.....	(732)
(七) 生活饮用水水质标准.....	(733)
(八) 自来水的水质标准.....	(734)
(九) 渔业水域水质标准.....	(735)
(十) 工业“废水”最高允许排放浓度.....	(736)
(十一) 粮食中化学毒物残留量标准.....	(737)
(十二) 粮食中(指原粮)有关毒物最高残 留允许含量.....	(737)
(十三) 几种主要食品中黄曲霉素 $B_1$ 最高允 许含量暂定标准.....	(737)
<b>主要参考文献</b> .....	(738)



# 第一章 绪 论

## 第一节 环境分析化学的产生

环境是相对于中心事物而言的，与某一中心事物有关的周围事物就是这一事物的环境。我们所研究的环境就是以人类为主体的外部世界，即人类赖以生存和发展的物质条件的综合体。它包括自然环境和社会环境。自然环境是直接或间接地影响到人类的一切自然形成的物质及其能量的总体。现在地球表面层大部分受到人类活动的影响，原生的自然环境已经不多了。特别是二十世纪五十年代以来，随着科学技术的发展，人类与自然界的斗争中，运用自己的智慧，通过劳动，不断地改造自然环境，创造新的生存和发展条件。然而，由于人类认识能力和科学技术水平的限制，在改造自然环境的过程中，往往产生意料不到的后果，资源大量消耗，人口剧增，各种物质在循环过程中出现了局部积累，使自然环境生态系统发生了变化，甚至造成了生态系统的崩溃，致使环境受到污染和破坏，危害着人类的生存，出现了严重的环境问题。

为了解决人类面临的环境问题，创造美好的生活和工作环境，人们运用了地学、生物学、化学、物理学、医学、工程学、数学、经济学和法学等多门学科的有关理论、技术和方法对环境问题进行了一系列调查和研究工作，创立了一门新兴的