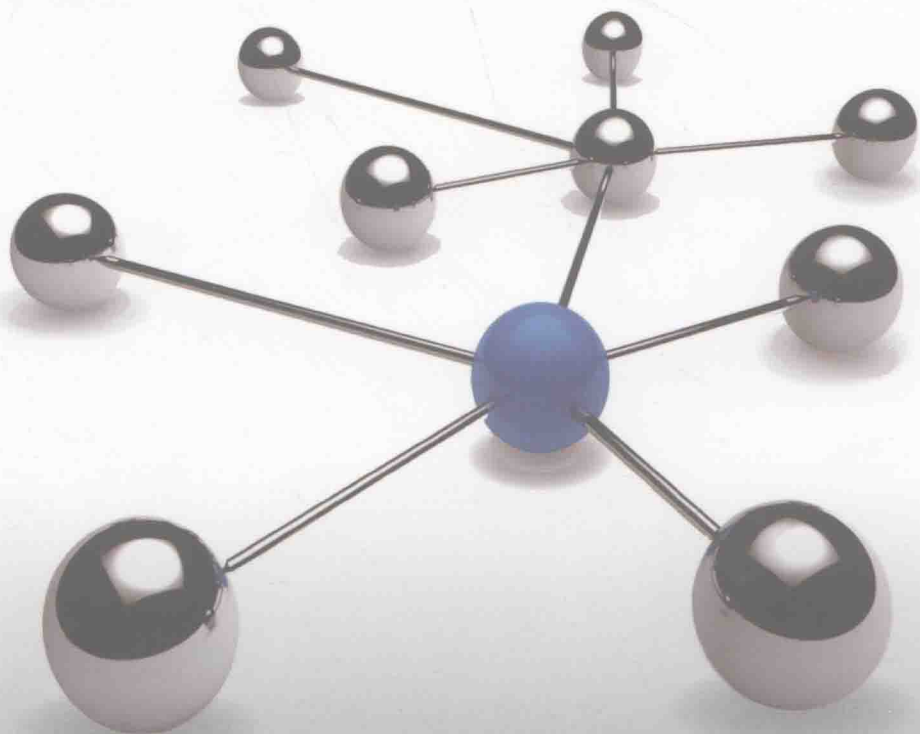


ENVIRONMENTAL
MONITORING TECHNOLOGY
OF HEAVY METALS

环境介质中 重金属监测技术

王业耀 主编



科学出版社

环境介质中重金属监测技术

王业耀 主编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是关于重金属监测方法的工具性参考书,由我国环境监测系统的工作人员编写,在现有监测方法基础上,结合相关课题的研究成果编写而成。全书分四篇共 14 章,系统介绍土壤、颗粒物、沉积物、生物、水体等环境介质中重金属监测分析的全过程,包括样品采集、保存、制备、前处理、测试及质量保证和质量控制。

本书通过大量详实的分析数据,重点突出不同分析方法及分析仪器之间的差异性及不同的适用条件,可供环境科学与工程相关专业的科研人员、工程技术人员,特别是重金属监测技术人员参考借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

环境介质中重金属监测技术 / 王业耀主编. —北京: 科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-057616-3

I. ①环… II. ①王… III. ①重金属污染—污染测定 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 117264 号

责任编辑: 朱 丽 宁 倩 / 责任校对: 樊雅琼

责任印制: 肖 兴 / 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>

艺堂印刷(天津)有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 25 3/4

字数: 500 000

定价: 168.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《环境介质中重金属监测技术》编写委员会

主 编：王业耀

副主编：许秀艳 张霖琳 朱日龙 李丽和 阴 琨
薛荔栋

编 委：（以姓氏汉语拼音为序）

陈丽琼	陈 明	杜 江	龚海燕	何东明
洪 欣	胡骏翔	黄 博	黄 云	金 玉
李丽和	林海兰	刘 畅	刘 贵	刘荔彬
陆喜红	欧 弢	任 兰	施 择	舒治冲
苏 荣	谭 丽	汤 琳	万 旭	王俊伟
王 燕	邢冠华	许人骥	许秀艳	薛荔栋
杨晓红	杨跃伟	阴 琨	于建钊	于 磊
于 勇	张霖琳	张榆霞	赵 娟	赵小学
郑 琛	朱梦杰	朱日龙	朱瑞瑞	

前 言

重金属污染是危害全球环境质量的主要问题之一。随着全球经济的快速发展,大量的重金属和类金属以各种途径进入大气、水、沉积物、土壤和生物环境中,引起严重的环境污染。重金属进入环境或生态系统后以各种物理形态或化学形态存留、积累和迁移,带来环境危害。

近年来,从湖南嘉禾、陕西凤翔、安徽怀宁等地儿童血铅超标,湖南浏阳“镉污染事件”到浙江台州“血铅事件”,我国重金属污染群体事件屡见不鲜。据不完全统计,水污染事件 70%以上由重金属污染造成,如 2005 年 12 月广东北江镉污染、2006 年江西赣江镉污染、2006 年 9 月湖南省岳阳县饮用水源受到剧毒砷化物污染及 2012 年 2 月广西龙江河“镉污染事件”。同时,土壤重金属污染也越来越引起关注。2014 年环境保护部、国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》披露,全国土壤点位超标率为 16.1%,污染类型以无机型为主;无机污染物超标点位占 82.8%,镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍 8 种无机污染物点位超标率分别为 7.0%、1.6%、2.7%、2.1%、1.5%、1.1%、0.9%、4.8%。重金属污染在我国已经处于高危态势,对我国的生态环境、食品安全和人群健康,以及经济可持续发展构成严重威胁。

重金属环境监测是重金属污染防治的基础,但是目前我国重金属监测技术尚不健全,各级环境监测单位的仪器配置和技术水平参差不齐,各种重金属的监测分析方法和研究成果缺乏有效利用和提升,监测数据的可比性还有待进一步提高。针对重点防控重金属的环境监测需求,2013~2016 年,中国环境监测总站牵头并联合湖南省环境监测中心站、广西壮族自治区环境监测中心站、云南省环境监测中心站等开展了“重点防控重金属关键先进监测技术适用性研究”项目(201309050)。该项目通过对大气颗粒物、土壤、沉积物、生物中重金属监测技术方法的研究,以及铅、汞化学形态分析方法的研究,建立了一套适用于我国实际环境监测工作的重点防控重金属监测方法体系,为我国重金属污染调查和环境监测提供可靠的技术支撑。

结合当前重金属监测的技术需求,依托“重点防控重金属关键先进监测技术适用性研究”(201309050)的相关研究成果,融合环境监测一线分析人员的实际经验,本书全面系统地介绍了土壤、颗粒物、沉积物、生物、水体等环境介质中重金属监测分析的全过程,包括样品采集、保存、制备、前处理、测试及质量保

证和质量控制过程,同时,根据目前环境监测需求,介绍了铅、汞化学形态的分析技术。本书通过大量详实的分析数据,重点突出不同分析方法及分析仪器之间的差异性及不同的适用条件,为重金属监测技术人员提供全面的参考借鉴。

本书在“重点防控重金属关键先进监测技术适用性研究”(201309050)研究报告及相关成果的基础上,由王业耀和许秀艳制定编写大纲,统筹全书的编写,全书分四篇共十四章。第一篇第一章由黄博编写,第二章由张霖琳编写,第三章由何东明编写,第四章由阴琨编写,第五章由薛荔栋编写。第二篇共三章,第六章共四节,第一节由朱日龙编写,第二节由于磊编写,第三、四节由朱瑞瑞编写;第七章共五节,第一节由朱日龙编写,第二节由赵小学和张霖琳编写,第三节由洪欣编写,第四节由汤琳、任兰、龚海燕、陆喜红、朱梦杰、陈明编写,第五节由刘畅、胡骏翔和薛荔栋编写;第八章由李丽和编写。第三篇共三章,第九章共四节,第一~三节由于磊编写,第四节由林海兰编写;第十章共三节,第一节由朱瑞瑞编写,第二、三节由郑琛编写;第十一章共五节,第一节由林海兰编写,第二节由赵小学和张霖琳编写,第三节由苏荣编写,第四节由任兰、汤琳、陆喜红、龚海燕、陈明、朱梦杰编写,第五节由舒治冲、薛荔栋和胡骏翔编写。第四篇共三章,第十二章由许秀艳编写;第十三章共三节,分别由许秀艳、邢冠华和谭丽编写。第十四章共五节,分别由于勇、王俊伟、万旭、许秀艳和于建钊编写。全书由许秀艳、张霖琳、朱日龙、李丽和、许人骥统稿,王业耀审定。

由于编者的水平和经验有限,书中难免存在疏漏之处,敬请同行专家和广大读者指正。

编 者

2017年10月于北京

可通过手机扫描右侧二维码查阅本书彩图。



目 录

前言

第一篇 重金属采样技术

第一章 土壤样品采样技术	3
第一节 土壤样品采样技术概况	3
一、监测目的	3
二、采样准备	4
三、采样点设置的一般原则	4
四、采样时期	4
五、样品采集的不同阶段	5
六、采样点数量和采样量	5
七、采样记录	5
第二节 土壤样品的采样设备	5
一、常规采样器	5
二、其他物品	9
三、新型采样设备	10
第三节 土壤样品的采集和保存	11
一、土壤采样准备	11
二、土壤样品采集方法	12
三、土壤样品保存	16
第四节 质量保证和质量控制	17
一、土壤样品采集前的准备	17
二、土壤样品的采集	18
三、土壤样品的流转	18
参考文献	19
第二章 颗粒物样品采样技术	20
第一节 颗粒物样品采样技术概况	20

第二节 颗粒物样品采样前的准备	20
一、采样器	20
二、滤膜	21
三、检查和校准	23
第三节 颗粒物样品的采集和保存	25
一、样品采集	26
二、样品保存	28
第四节 质量保证和质量控制	28
一、采样过程质量控制	28
二、称量过程质量控制	29
参考文献	30
第三章 沉积物样品采样技术	31
第一节 沉积物样品采样技术概况	31
第二节 沉积物的采样设备	31
一、抓斗式采样器	32
二、箱式采样器	32
三、活塞式重力柱状采样器	32
四、持杆重力采样器	33
五、活塞式柱状采样器	34
六、定深采样器	35
第三节 沉积物的采集和保存	35
一、适用范围及目的	35
二、相关定义	35
三、监测断面的布设	36
四、样品采集	38
五、样品保存与制作	39
六、采样记录	40
第四节 质量保证和质量控制	41
一、采样人员	41
二、采样设备洁净度要求	41
三、现场采样要求	41

四、干扰及潜在问题	41
参考文献	41
第四章 生物样品采样技术	43
第一节 生物样品采样技术概况	43
一、生物样品重金属采集分析的意义	43
二、采样技术	44
第二节 生物样品的采样设备	45
一、鱼和贝类的采样设备	45
二、苔藓的采集设备	45
第三节 生物样品的采集和保存	47
一、鱼和贝类的采集和保存	48
二、苔藓的采集和保存	50
第四节 质量保证和质量控制	51
参考文献	52
第五章 水样采样技术	53
第一节 水样采样技术概况	53
一、瞬时水样	53
二、周期水样（不连续）	53
三、连续水样	54
四、混合水样	54
五、综合水样	54
六、平均污水样	55
第二节 水样的采样设备	55
一、瞬时非自动采样设备	55
二、自动采样设备	57
第三节 水样的采集和保存	59
一、采样设备的准备	59
二、样品容器选择	59
三、采样步骤	60
四、样品的运送	65

第四节 质量保证和质量控制	65
一、污染来源	66
二、污染控制	66
参考文献	66

第二篇 重金属前处理技术

第六章 重金属前处理技术概述	69
第一节 酸消解技术	69
一、消解用酸	69
二、酸消解加热方式	70
第二节 碱熔技术	72
一、常用熔融剂	72
二、常用器皿	72
三、常用几种碱熔技术	73
第三节 粉末压片和熔铸玻璃片技术	74
一、粉末压片法	74
二、熔铸玻璃片法	75
第四节 浸提技术	75
一、水溶液提取	76
二、酸提取	76
三、盐类提取	77
四、联合试剂或络合剂提取	77
五、连续提取	78
参考文献	80
第七章 重金属前处理应用	81
第一节 土壤中重金属前处理应用	81
一、常用的前处理方法	83
二、前处理应用研究	87
第二节 颗粒物中重金属前处理应用	107
一、前处理方法	109
二、前处理应用研究	113
第三节 沉积物中重金属前处理应用	119

一、前处理方法	122
二、前处理应用研究	124
三、小结	143
第四节 生物中重金属前处理应用	146
一、样品制备	148
二、前处理方法	148
三、前处理应用研究	150
四、小结	155
第五节 水中重金属前处理应用	155
一、水中总量分析技术	155
二、水中可溶态分析技术	159
参考文献	161
第八章 质量保证和质量控制	163
第一节 概述	163
第二节 重金属分析前处理质量控制要求	164
一、普适性质量控制要求	165
二、不同介质重金属前处理质量控制要求	167
参考文献	171
第三篇 重金属仪器分析技术	
第九章 单元素分析仪器概述	175
第一节 紫外-可见分光光度法	175
一、概述	175
二、工作原理	175
三、适用元素	176
四、国内外常见仪器	176
五、注意事项	176
第二节 原子吸收分光光度法	177
一、概述	177
二、工作原理	177
三、适用元素	178

四、国内外常见仪器	178
五、注意事项	178
第三节 冷原子吸收法	179
一、概述	179
二、工作原理	179
三、适用元素	179
四、国内外常见仪器	180
五、注意事项	180
第四节 原子荧光光谱法	180
一、概述	180
二、工作原理	181
三、适用元素	182
四、国内外常见仪器	182
五、注意事项	183
参考文献	183
第十章 多元素分析仪器概述	184
第一节 X射线荧光光谱法	184
一、概述	184
二、工作原理	187
三、适用元素	188
四、国内外常见仪器	188
五、注意事项	189
第二节 电感耦合等离子体发射光谱法	189
一、概述	189
二、工作原理	192
三、适用元素	192
四、国内外常见仪器	192
五、注意事项	193
第三节 电感耦合等离子体质谱法	194
一、概述	194
二、工作原理	195

三、适用元素	196
四、国内外常见仪器	196
五、注意事项	196
参考文献	197
第十一章 重金属实用分析方法	198
第一节 土壤中重金属实用分析方法	198
一、土壤质量 汞的测定 冷原子吸收分光光度法 (直接测汞仪)	200
二、土壤质量 重金属的测定 原子吸收分光光度法	202
三、土壤质量 汞、砷、锑、硒、铋的测定 原子荧光分光光度法	207
四、土壤质量 重金属的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	210
五、土壤质量 重金属的测定 电感耦合等离子体质谱法	213
六、土壤中 9 种重金属有效态测定 1.0mol/L HCl 浸提法	217
七、土壤 8 种有效态元素的测定 二乙烯三胺五乙酸浸提-电感耦合 等离子体发射光谱法	219
八、土壤和沉积物 12 种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离 子体质谱法	225
第二节 颗粒物中重金属实用分析方法	236
一、颗粒物中金属的测定 火焰原子吸收分光光度计法	237
二、颗粒物中铅和镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度计法	239
三、颗粒物中金属的测定 原子荧光光谱法	242
四、颗粒物中金属的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	245
五、颗粒物中金属的测定 电感耦合等离子体质谱法	249
六、颗粒物中金属的测定 波长色散 X 射线荧光法	254
七、颗粒物中六价铬的测定 柱后衍生离子色谱法	259
第三节 沉积物中重金属实用分析方法	262
一、河流和湖泊 沉积物中铜、锌、锰的测定 火焰原子吸收分光 光度法	263
二、河流和湖泊 沉积物中铅、镉、镍、铬的测定 石墨炉原子吸收 分光光度法	267
三、河流和湖泊沉积物中汞、砷的测定 氢化物发生原子荧光光谱	273
四、河流和湖泊 沉积物中汞的测定 冷原子吸收分光光度法	276

五、河流和湖泊 沉积物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法	278
六、河流和湖泊 沉积物中金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法	282
第四节 生物中重金属实用分析方法	288
一、生物中重金属实用分析方法(鱼和贝)	288
二、生物中重金属实用分析方法(苔藓)	297
第五节 水中重金属实用分析方法	306
一、原子荧光光谱分析仪实用分析方法	310
二、冷原子吸收测汞仪实用分析方法	311
三、原子吸收分光光度计实用分析方法	311
四、电感耦合等离子体发射光谱仪实用分析方法	315
五、电感耦合等离子体质谱仪实用分析方法	318
六、分光光度法在水质重金属监测中的实用分析方法	320
参考文献	322

第四篇 铅、汞化学形态监测分析技术

第十二章 国内外重金属化学形态研究综述	327
第一节 开展重金属化学形态监测分析的必要性	327
一、我国开展重金属化学形态监测分析方法研究的重要性	327
二、国内外重金属化学形态分析技术现状和发展趋势	327
三、烷基铅和烷基汞的理化性质、环境危害及来源	329
四、环境管理工作对烷基铅与烷基汞监测的需要	332
第二节 国内外重金属化学形态相关分析方法研究	333
一、主要国家、地区及国际组织相关标准分析方法研究	333
二、国内相关方法标准	335
参考文献	336
第十三章 烷基铅监测分析技术	339
第一节 固相微萃取/气相色谱-质谱法测定水中四乙基铅	339
一、引言	339
二、实验优化	339

三、实用方法条件	342
四、质量保证和质量控制	344
五、注意事项	345
第二节 顶空/气相色谱-质谱法测定水中四乙基铅	345
一、引言	345
二、实验优化	345
三、实用方法条件	353
四、质量保证和质量控制	356
五、注意事项	357
第三节 乙基化衍生-顶空固相微萃取-气质联用法 测定水中三甲基铅和三乙基铅	357
一、引言	357
二、实验优化	358
三、实用方法条件	360
四、质量保证和质量控制	362
五、注意事项	363
参考文献	363
第十四章 烷基汞监测技术	364
第一节 用于汞形态分析的水质样品的保存研究	364
一、引言	364
二、用于汞形态分析的水质样品的贮存稳定性影响因素研究	364
三、用于汞形态分析的水质样品的保存方法研究	368
第二节 液相色谱-原子荧光联用法测定水中烷基汞	371
一、引言	371
二、实验优化	371
三、实用方法条件	372
四、质量保证和质量控制	374
五、注意事项	374
第三节 微波萃取-液相色谱-原子荧光联用测定土壤和沉积物中甲基汞的分析方法	375
一、引言	375

二、实验优化.....	375
三、实用方法条件.....	379
四、质量保证和质量控制.....	381
五、注意事项.....	381
第四节 碱提取-吹扫捕集-气相色谱-原子荧光法测定土壤和沉积物中 烷基汞的方法.....	381
一、引言.....	381
二、实验优化.....	382
三、实用方法条件.....	386
四、质量保证和质量控制.....	388
第五节 毛细管电泳-电感耦合-等离子体质谱法测定水中烷基汞.....	388
一、引言.....	388
二、实验优化.....	389
三、实用方法条件.....	390
四、质量保证和质量控制.....	392
参考文献.....	392

第一篇 重金属采样技术

环境监测计划及其实施的关键之一是保证样品具有代表性，采样工作是环境监测对于整个环境监测全过程的第一步。如何保证采样的代表性、准确性，是保证监测数据准确可靠的基础，也是环境监测全过程质量保证与质量控制的最关键的一个环节。现场采样的质量保证和质量控制措施得不到落实，再准确的实验室内分析结果也只是无源之水，无法保证监测数据的“五性”，即代表性、完整性、准确性、精密性、可比性。本篇结合重金属监测采样工作实际，对土壤、颗粒物、沉积物、生物、水质重金属采样技术加以总结阐述，以指导环境中各介质重金属监测的采样工作。