

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

铅污染诊断表征及防控区域划分技术

■ 李旭祥 陈 洁 王成军 著
杜新黎 他维媛



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

环保公益性行业科研专项

铅污染诊断表征及防控区域划分技术

■ 李旭祥 陈 洁 王成军 著
杜新黎 他维媛



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

铅污染诊断表征及防控区域划分技术/李旭祥,王成军著.
—西安:西安交通大学出版社,2015.1
(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)
ISBN 978-7-5605-6930-7

I. ①铅… II. ①李… ②王… III. ①铅污染-污染防治-
研究 IV. ①X56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 300132 号

书 名 铅污染诊断表征及防控区域划分技术
著 者 李旭祥 陈 洁 王成军 杜新黎 他维媛
责任编辑 叶 涛

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 西安建科印务有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 353 千字
版次印次 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-6930-7/X·10
定 价 45.00 元

读者购书、书店添货,如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。
订购热线:(029)82665248 (029)82665249
投稿热线:(029)82664954
读者信箱:jdldgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

编 著 委 员 会

顾 问 吴晓青

组 长 熊跃辉

副组长 刘志全

成 员 禹 军 陈 胜 刘海波

序 言

我国作为一个发展中的人口大国,资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作,提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下,环境保护工作成效显著,在经济增长超过预期的情况下,主要污染物减排任务超额完成,环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长,资源环境约束进一步强化,环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减,环境质量改善的压力不断加大,防范环境风险的压力持续增加,确保核与辐射安全的压力继续加大,应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点,解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题,确保环保工作不断上台阶出亮点,必须充分依靠科技创新和科技进步,构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》(以下简称《规划纲要》),提出了建设创新型国家战略,科技事业进入了发展的快车道,环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求,原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会,出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》,确立了科技兴环保战略;2012年,环境保护部召开第二次全国环保科技大会,出台了《关于加快完善环保科技标准体系的意见》,全面实施科技兴环保战略,建设满足环境优化经济发展需要、符合我国基本国情和世界环保事业发展趋势的环境科技创新体系、环保标准体系、环境技术管理体系、环保产业培育体系和科技支撑保障体系。几年来,在广大环境科技工作者的努力下,水体污染控制与治理科技重大专项实施顺利,科技投入持续增加,科技创新能力显著增强;现行国家标准达1300余项,环境标准体系建设实现了跨越式发展;完成了100余项环保技术文件的制修订工作,确立了技术指导、评估和示范为主要内容的管理框架。环境科技为全面完成环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构,支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动,“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署,环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护科技发展规划》确定的重点领域和优先主题,立足环境管理中的科技需求,积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”以来,环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 439 项,涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域,共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与,逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前,专项取得了重要研究成果,提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案,形成一批环境监测预警和监督管理技术体系,研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术,提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议,为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”以来环保公益性行业科研专项项目研究成果,及时总结项目组织管理经验,环境保护部科技标准司组织出版环保公益性行业科研专项经费系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果,具有较强的学术性和实用性,可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版,在科技管理上也是一次很好的尝试,我们希望通过这一尝试,能够进一步活跃环保科技的学术氛围,促进科技成果的转化与应用,为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

前 言

重金属污染是我国面临的严重环境问题,明确污染所在地的污染物来源有利于对污染地的健康进行风险评价和风险管理,可以有效地控制土壤污染、保障环境安全和农业可持续发展。因此,关注污染地污染物来源的识别和解析的研究者日益增加。为准确找到污染源并及时切断污染途径,降低危害发生的概率,追溯铅污染物的来源显得尤为重要。同时,重点研究重点地区或典型行业的重金属污染源解析技术与污染过程分析,重点防控区域划分及风险分级技术研究,涉铅企业环境安全防护距离研究也是重要的课题。

本书是环境保护部环保公益性行业科研专项“Pb 污染诊断和表征体系建立及防控区域划分技术研究”(项目编号:201109053)研究成果,内容包括铅同位素污染诊断表征及铅源辨析方法,铅污染扩散与时空分布特征分析,环境安全防护距离计算方法,重金属污染安全评价及防控区域分析系统建立。本项目研究方法和成果具有一定的局限性,不足之处请批评指正。

本项目参加单位有西安交通大学,西安建筑工程学院、陕西省环境科学研究院、陕西省环境监测中心站。参加本书编写有西安交通大学杨柳、郑刘孙、侯康、于凯、余娟娟、赵世君、邓文博、张菁、王靖靖,西安建筑工程学院刘勇、冯涛,陕西省环境科学研究院梁俊宁、李文慧,陕西省环境监测中心站李和义、张秦铭、周驰,中科院地球环境研究所刘禹研究员、金章东研究员、刘卫国研究员。还要感谢对项目做出贡献的西安建筑工程学院刘华、马红周、张琼华、孙大林,陕西省环境科学研究院司全印高工、刘杰、宋丽娜,陕西省环境监测中心站刘建利、张宇、李飞、张凯,中国地质大学周炼教授,中科院贵阳地球化学研究所赵志琦研究员,西北大学袁洪林教授,广州大学常向阳教授,台湾大学张尊国教授。

本书在编写中引用了其他科研工作者的研究实例,在此表示衷心感谢!

目 录

序言

前言

1 绪论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 研究意义	(3)
1.3 研究方法	(4)
2 国内外铅污染标准	(5)
2.1 大气环境	(5)
2.1.1 各国大气环境标准体系	(5)
2.1.2 大气环境质量标准限值	(6)
2.1.3 大气排放标准限值	(7)
2.2 土壤环境	(8)
2.2.1 国外土壤标准	(8)
2.2.2 国内土壤标准	(9)
2.3 食品安全	(10)
3 土壤重金属污染评价	(12)
3.1 土壤重金属污染评价方法	(12)
3.2 某冶炼厂周边土壤中重金属含量空间分布	(16)
3.2.1 数据的初步处理和图形的绘制	(16)
3.2.2 重金属空间分布和来源分析	(19)
3.3 土壤重金属污染评价	(27)
3.3.1 土壤重金属污染指数评价	(27)
3.3.2 土壤环境生态风险评价	(31)
3.4 研究区域铅浓度的时间变化	(33)
4 铅同位素示踪	(34)
4.1 同位素示踪基本原理	(34)
4.1.1 同位素示踪在国内外研究及应用进展	(34)
4.1.2 铅锌矿中铅同位素比值分布	(35)
4.2 铅指纹概念模型的建立及表示	(37)
4.2.1 铅的成因与分类	(39)
4.2.2 铅的特征	(40)
4.2.3 铅指纹概念模型及定义	(40)
4.2.4 铅指纹的表现形式	(41)

4.3	指纹图谱相似性计算理论	(41)
4.3.1	铅指纹图谱的建立	(41)
4.3.2	铅指纹图谱的相似性测度计算	(42)
4.3.3	铅源解析及贡献率分析	(44)
4.4	铅同位素比值测定	(45)
4.4.1	试样前处理方法	(45)
4.4.2	试样测定	(48)
4.5	实验结果及分析	(49)
4.5.1	铅同位素比值范围变化	(49)
4.5.2	土壤中铅同位素比值与质量浓度之间的关系	(51)
4.6	铅同位素示踪污染源	(53)
4.6.1	污染源解析技术	(53)
4.6.2	研究区土壤铅同位素示踪污染源定性解析	(53)
4.6.3	酸溶态铅同位素组成	(62)
4.6.4	研究区土壤铅同位素示踪污染源定量解析	(65)
4.7	各端元相对贡献率距离相关模型定量分析	(69)
4.7.1	距离相关模型计算贡献率	(69)
4.7.2	距离相关模型的应用	(71)
5	树木年轮元素含量与环境变化	(75)
5.1	树木年轮学的基本概念	(75)
5.1.1	树木年轮解剖学特征	(75)
5.1.2	树木年轮的基本概念	(76)
5.1.3	树木年轮学的基本原理	(77)
5.2	树木年轮采样和元素检测	(80)
5.2.1	采样	(80)
5.2.2	样品前处理	(80)
5.2.3	常用的分析方法	(80)
5.3	环境重金属污染历史研究实例	(82)
5.3.1	树轮样品的采集	(82)
5.3.2	样品中化学元素分析	(82)
5.3.3	元素质量浓度与树轮宽度的关系	(84)
5.3.4	从统计学角度初探元素在树轮中的行为	(90)
5.3.5	植物对环境污染的监测作用	(93)
5.3.6	利用树轮中元素质量浓度的变化反演环境污染历史	(95)
5.4	冶炼厂周边树轮的环境指示	(103)
5.4.1	样品的采集	(103)
5.4.2	树轮样品元素测定	(103)
5.4.3	各种元素含量在树轮中的逐年变化情况	(104)
5.5	利用树轮反演环境污染的意义	(107)

5.5.1	环境监测方面	(107)
5.5.2	环境修复方面	(109)
5.5.3	人体健康方面	(110)
6	地表水体沉积物与环境示踪	(111)
6.1	地表水体的重金属污染现象	(111)
6.2	采样方法	(114)
6.2.1	采样设备的一般要求	(114)
6.2.2	采样系统的类型	(115)
6.2.3	采样和数据的统计分析	(116)
6.3	湖泊沉积年代学	(117)
6.3.1	^{14}C 年代学	(117)
6.3.2	^{137}Cs 测定年代	(118)
6.3.3	^{210}Pb 测定年代	(118)
6.3.4	^{210}Pb 和 ^{137}Cs 年代判定的可靠性以及存在的问题	(119)
6.4	冶炼厂周边湖底沉积物分析	(120)
6.4.1	样品采集	(120)
6.4.2	沉积物样品前处理	(121)
6.4.3	重金属分布分析	(121)
7	铅空间积累效应和安全防护距离模拟预测分析	(126)
7.1	铅冶炼企业大气颗粒物重金属粒径分布规律研究	(126)
7.1.1	有组织污染物粒径分布规律	(126)
7.1.2	无组织污染物粒径分布规律	(128)
7.2	大气降尘重金属特征及来源分析	(132)
7.2.1	降尘监测	(132)
7.2.2	降尘量分析	(134)
7.2.3	降尘重金属含量及空间分布特征	(136)
7.2.4	日沉降通量分析	(140)
7.2.5	降尘重金属元素的地累积指数评价	(141)
7.2.6	降尘重金属来源分析	(142)
7.3	铅空间积累效应模拟分析	(146)
7.3.1	大气预测模拟技术流程	(146)
7.3.2	CALPUFF 模型模式介绍	(147)
7.3.3	模型参数设定	(153)
7.3.4	CALPUFF 预测模块参数	(155)
7.4	模型适用性研究	(155)
7.4.1	空气质量模拟值与监测值相关性	(156)
7.4.2	降尘模拟值与监测值相关性	(156)
7.5	环境影响的预测	(158)

7.5.1 电厂环境影响预测	(158)
7.5.2 铅锌冶炼厂环境影响预测	(159)
7.5.3 防护距离确定	(168)
7.6 小结	(178)
8 基于 GIS 的铅污染诊断和表征体系及防控区域分析系统建立	(179)
8.1 系统框架	(179)
8.2 系统设计说明	(179)
8.2.1 系统总体设计与分析	(179)
8.2.2 数据库设计	(180)
8.3 系统开发技术路线与系统模式	(180)
8.3.1 技术路线	(180)
8.3.2 系统模式	(181)
8.4 系统功能说明与实现	(181)
8.4.1 基础数据处理模块	(181)
8.4.2 数据统计分析模块	(181)
8.4.3 可视化分析模块	(184)
参考文献	(186)
附 录	(202)
附录 1 铅污染诊断和表征样品采集、制备及浓度分析规范(建议稿)	(202)
附录 2 铅污染源解析的样品采集、制备及铅同位素分析规范(建议稿)	(211)
附录 3 铅冶炼行业防控区域划分技术规范(建议稿)	(221)

1 绪论

1.1 研究背景

近年来,我国发生了许多血铅事件:2006年3月至2008年12月,河南省卢氏县范里镇东寨村和南苏村,两村人口2001人,患高铅血症334人,轻度铅中毒59人,中度铅中毒44人;2009年5月,江西省永丰县某村,数百儿童中约80%不同程度铅超标,有的竟高出标准230%;2009年8月,河南省济源市三家大型铅冶炼企业周边1000米防护区范围内的克井镇、承留镇、思礼镇的10个村,对区内14岁以下少年儿童进行血铅检测,被检测的3108名儿童中,有1008人血铅值在 $250\mu\text{g/L}$ 以上;2009年8月,湖南省邵阳市武冈市文坪镇有1354人血铅疑似超标,600名儿童需要医治,通过湖南省劳动卫生职业病防治所检测认定,高铅血症($100\sim 199\mu\text{g/L}$)儿童38名,轻度铅中毒($200\sim 249\mu\text{g/L}$)儿童28名,中度铅中毒($250\sim 449\mu\text{g/L}$)的儿童17名;2009年8月,云南省昆明市东川区铜都镇营盘村和大寨村对1000多名儿童进行微量元素检测,血铅值大于 $100\mu\text{g/L}$ 有200多人,约占检测人数的19%;2009年8月,陕西省宝鸡市凤翔县长青镇851名14岁以下儿童血铅超标,其中血铅含量超过 $250\mu\text{g/L}$ 的174名儿童属中、重度铅中毒;2009年8月13日,湖南郴州市嘉禾县环保局检测到的数据显示,污染源企业附近泥土铅含量超出国家标准5.52倍,砷超标2.1倍,镉超标0.6倍,在郴州市住院治疗的血铅中毒人数达到28人;2009年12月,广东省清远市龙塘镇检测的246名儿童,检测值达 $450\mu\text{g/L}$ 以上的儿童有8人,其余为正常及轻、中度超标;2010年1月,浙江省盐城市大丰经济开发区河口村接受检查的110多名儿童中,有51名儿童被查出血铅含量超标;2010年3月,四川省内江市隆昌县渔箭镇,政府组织的1599人次(包括复查)体检情况表明,已做出的854份报告单中,血铅含量异常有94人,其中包括儿童88人($100\sim 199\mu\text{g/L}$ 74人, $200\sim 249\mu\text{g/L}$ 7人, $250\sim 449\mu\text{g/L}$ 7人),成人6人($400\sim 599\mu\text{g/L}$);2010年6月,湖北省咸宁市崇阳县30名成人和儿童被检查出血铅超标,某厂11名工人中,10人血铅超标,1人铅中毒,并且19名未成年人中,12名属于高血铅症,1人轻度铅中毒,4人中度中毒,2人严重中毒;2010年6月,云南省大理白族自治州鹤庆县,水、土壤、空气中铅超标,84名儿童疑似血铅超标;2010年10月,安徽省安庆市怀宁县月山镇,通过对61人进行尿样检测分析,发现39人血铅超标;2010年11月,山东省泰安市宁阳县,兖城镇辛安店吴家林村145人中血铅超过国际铅中毒标准(等于或大于 $100\mu\text{g/L}$)的有121人;2010年12月,安徽省安庆市怀宁县高河镇,200多名儿童被送至省立儿童医院接受血铅检查,血铅超标儿童数量达100多名;2011年12月,福建省南安市康美镇福铁村,水井水质铅含量超标,20多名儿童被查出血铅超标;2011年5月,浙江省湖州市德清县,共检测出332名职工和农民血铅超标,其中包括成人233人,儿童99人;2011年3月,浙江省台州市路桥区峰江街道上陶村等村,对658名村民进行血铅检测,查出172人血铅含量超标,其中包括53名儿童;2011年5月,对广东省河源市紫金县河源三威电池有限公司500米范围内的村民及学校学生2231人进行了检测,结果显示,241名村

民及学生血铅超标,其中 96 名重度超标,35 名患者需要排铅治疗;2011 年 7 月,上海江森自控国际蓄电池有限公司引起康桥儿童血铅事件;2012 年 2 月,丹霞冶炼厂、凡口铅锌矿、金佰诚和華源、澳科、金利达、宏达等多家涉铅企业排污和自然环境特殊性等因素导致广东仁化县董塘镇儿童血铅超标;2012 年 7 月,江西吉安怀疑因污染导致儿童铅超标。

我们参加了关于 2009 年发生在陕西宝鸡东岭冶炼公司厂区附近的铅污染事件污染源解析、环境铅含量监测、大气模拟反演及污染程度评价等方面的工作。我们认为,需要对土壤和大气中 Pb 理化特征进行系统研究,全面了解环境铅量,及其来源、途径、方式、分布,分析土壤和大气污染扩散和变化的趋势,这将对正确评价土壤和大气环境污染特征、维护当地居民健康和社会稳定,具有重要的意义。

土地是人类生存、发展的“命脉”,在社会经济发展中发挥着重要作用。土壤是“生命之基,万物之母”,在自然生态系统中作为能量和物质交换的枢纽,是工农业发展和建设城市现代化的物质基础,当不断从环境向土壤输入能量和物质时,就会引起土壤各种物理化学性质的变化。频繁的人类活动,诸如采矿冶炼业、工业、废弃物堆放、交通排放和使用农药化肥等的影响,使得重金属对土壤的污染越来越严重,根据“突变率”的毒理学评价,土壤中重金属污染是所有危险污染物中紧随杀虫剂位居第二的污染。工业化城市的重金属污染元素主要是汞、镉、铅、铬、铜等,工业迅速发展的同时,给环境带来很大的挑战,尤其是受人为干扰最大的表层土壤环境。工业燃煤、工业“三废”排放、垃圾焚烧、含铅汽油燃烧、含铅农药、化肥、油漆的使用是环境中铅的主要来源。近年来,随着人类活动的加剧,有些工业区以及公路附近的土壤和空气中的铅浓度已经远高于当地的背景值。铅可通过膳食、呼吸等途径进入人体,并蓄积达到有害水平。由于铅在土壤中产生的污染不易被发现并且不可逆转,容易导致铅在农作物中的积累,致使土壤、大气等环境介质成为农作物可能的铅污染来源,造成食品在第一环节就存在安全风险。土壤污染对社会经济发展、生态环境、食品安全和农业可持续发展构成严重威胁,并危害人体健康,因此研究土壤中铅的污染问题,也成为当今世界上一个重要的环境、社会、经济和技术问题。

我国国民经济和社会发展第十二个五年规划就是要以科学发展为主题,确保科学发展取得新的显著进步,确保转变经济发展方式取得实质性进展,基本要求之一是坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点,以解决饮用水不安全和空气、土壤污染等损害群众健康的突出环境问题为重点,加强综合治理,改善环境质量;加强对重大环境风险源的动态监测与风险预警及控制,提高环境与健康风险评估能力。

一百年前澳大利亚 Gibsori 医生发表了题为《围廊和墙壁上的油漆是昆士兰儿童铅中毒的原因》的论文,揭开了困扰已久的儿童铅中毒病因之谜。之后,在世界范围内开始了对环境铅污染和儿童铅中毒近一个世纪的研究和干预。国内外目前主要通过原子吸收法、阳极溶出伏安法(ASV)、等离子体发射光谱分析法(ICP-AF)及其与质谱联用法(ICP-MS)等测定大气样品中铅浓度,判定大气中铅污染的来源;通过食品作物监测,研究重金属对植物的遗传毒理作用;通过水质-微型生物群落监测法分析原生动物群落的结构和群集过程的特征,从而了解重金属浓度,了解地表水体铅污染的基本状况和主要污染源。美国最新的测定重金属污染评价方法是浸出法毒性鉴定(TCLP)土地作物污染状况,国内有通过应用标准化方法建立矿区土壤环境地球化学基线模型,评价重金属污染状况。环境中铅的调查方法目前主要采用统计学方法。我们在凤翔环境事件调查时发现,统计学方法无法对环境多个来源铅进行有效辨

析。而铅同位素示踪法可以有效辨析多源铅的来源。从保护人群健康出发,国家规定 1 公里作为铅锌冶炼企业环境安全防护距离,但是其科学依据还需深入研究。我们认为,铅锌冶炼厂的环境安全防护距离,应当考虑企业规模、工艺水平、烟囱高度、气象条件等,参照环境评估报告结论确定。另外,空气、蔬菜、食物的铅含量标准也应更严谨科学,特别是土壤铅标准应说明其所指代的真正含义。

目前土壤和大气环境质量的评价方法虽然各有优缺,但都是根据区域监测结果作数学方法上的评判,用这些评价方法做出的区域污染的评价结果,在某种程度上可以说明区域污染的水平 and 程度,也能够对不同区域的污染水平做出对比和说明,但是这些传统的评价方法不能反映空间上的变化,不能分析区域污染空间变化的趋势,不能判断区域内各地区的污染状况,尤其大尺度区域发生污染时,传统评价方法和手段就显示出其本身固有的缺陷和不足。

随着计算机技术和信息技术的发展,地统计学和地理信息系统逐渐被引入到环境评价中。地统计学是研究空间变异性比较稳健的工具,可以最大保留空间信息,在地理信息系统软件的支持下,可以用来揭示区域各环境要素的分布特征和规律。但是,作为一种空间数据的分析工具,地统计学软件在图像表达方面还远远不够。地理信息系统可以将大量的各类空间存储管理并处理,可以将不同来源、不同格式结构和不同影像或分辨率的空间数据融合起来,可以同时数据的统计分析、模型的建立和制图方面都有强大的功能,这对地统计软件学的空间分析与模拟是一种很好的辅助工具。GIS 可把大区域范围内土壤样点的属性数据和地理数据结合起来,通过地理数据能够比较容易地定样点之间的距离,进而根据属性数据可以计算出变量之间的差异,从而得到地统计学所要的步长与半方差的函数关系,使分析大尺度环境特性的变异规律变得较为方便。地统计学与 GIS 结合,能充分发挥各自的优势。在环境特性研究中,应用地统计学来分析并模拟环境特性的空间分布模式与结构,并进行插值;而 GIS 能非常容易地使环境分析图可视化。环境学家们将地统计学得来的空间插值图与地形图等融合起来,可以发现更多的隐藏信息。

近年来,国内外侧重于对土壤中重金属及微量元素的环境质量健康风险评价。进入 20 世纪 80 年代以后,我国学者才逐渐认识到上述空间与时间变异的重要性和实用性,并先后开展土壤调查和对土壤成分变异方面的研究。

重金属污染有一个重要特点就是其环境的积累性,积累性意味着需要提前预防和环境的污染最终需要清除和恢复。无论是污染预防,还是污染治理和修复,都需要了解其来源及其不同源的扩散规律,尤其是多源性的重金属污染。发生在陕西省凤翔县长青工业区的铅污染就是典型的多源性铅积累环境污染事件。因此,以凤翔县长青工业区的铅污染为解剖对象,进行源解析和时空规律(污染方式、分布和扩散类型等)探索,建立起其表征体系,为铅等重金属的防控与治理提供技术支持便是本课题的目的。

1.2 研究意义

明确污染所在地的污染物来源有利于对污染地的人身健康进行风险评价和风险管理,可以有效地控制土壤污染、保障环境安全和农业可持续发展。因此,准确找到污染源并及时切断污染途径,降低危害发生的概率,有非常重要的科学意义。铅同位素研究方法已经在地球化学和同位素地质年代学中成熟应用,也逐渐被应用于环境科学中。

我们采用环境监测、仪器分析、化学分析、大气扩散模式、地统计学和 GIS 等研究手段,针对特定研究区域,建立主要铅源的同位素指纹图谱,研究环境铅及其不同来源的解析及方法;根据源排放特征,结合自然环境等要素,计算各个源贡献的铅的时空分布、分析积累效应;根据铅的时空分布及积累效应分析结果,给出涉铅企业环境安全防护距离的建议,以及铅污染防治的意见和建议,为落实国家重金属污染综合防治“十二五”规划提供必要的技术支撑。

1.3 研究方法

(1)基于电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)以及多接收电感耦合等离子体质谱(MC-ICP-MS)方法,分析环境中铅来源的单源指纹鉴定,建立图谱,研究铅源的贡献。

(2)分析源排放特征,利用大气模型模拟 Pb 污染时空分布,为确定环境安全防护距离提供依据。

(3)基于 GIS 技术,研发 Pb 污染诊断和表征体系及防控区域分析系统,实现信息展示、统计、分析和预测等功能。

(4)研究建立铅污染防治原则、技术、方案(包括:铅源同位素指纹图谱、铅的源辨析方法、铅污染扩散与时空分布模拟、环境安全防护距离计算方法)等;密切结合环保业务部门需求,为重金属污染预防和减排提供技术支撑。

总之,通过环境科学(土壤、大气)、气象学、化学、地理学、信息科学等多学科的交叉研究,针对凤翔县长青工业园具体情况,建立 Pb 金属同位素污染诊断体系和污染表征体系,将土壤环境、大气环境、气候环境、地域特征等因素联系起来,分析大气与土壤铅含量的时空分布特征,解析污染现象发生的过程与机制,面向重金属污染事件,提出环境安全防护距离计算方法,科学确定污染分布,明确环境安全防护距离,为污染预测、控制、恢复与重建等提供技术支撑。

基本技术路线见图 1-1。

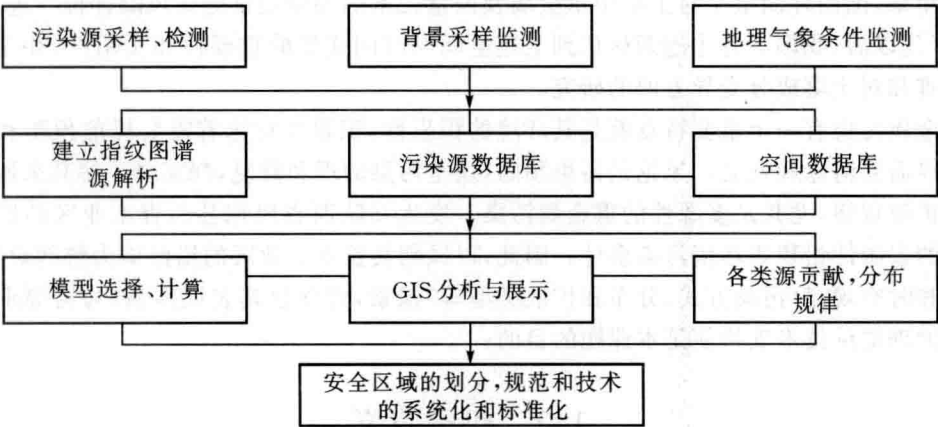


图 1-1 技术路线

2 国内外铅污染标准

铅是环境中主要的重金属污染源,不同国家和地区在空气、土壤、食品等环境标准中,对铅的含量有严格控制但存在一定的差异。通过对各国的环境标准比较,可以了解不同国家和地区对铅及其化合物的限值差异性。

环境标准是环境管理目标和效果的表示,是环境管理的基础性数据。环境标准的制定和实施是环境行政的起点和环境管理的重要依据。截至2010年11月23日,我国累计颁布各类国家级环境标准1397项,其中含现行国家环境标准1286项和废止的各类标准111项。各个主要国家和地区环境标准中所规定的项目中,除常规污染物之外,铅也被列为环境质量主要控制项目之一。可见大部分国家和地区都或多或少的存在着铅污染的困扰。由于各国经济社会发展条件不同,环境标准体系与标准制定方法也有所区别,所以铅污染限值在不同国家和地区存在差异。

环境标准在环境管理、环境执法等方面有着重要的作用。各个主要国家和地区环境标准都有不同的制定依据、制定流程和法律性质。加拿大实行由议会和省众议院制定环境标准框架、政府即内阁制定细节性的管理规定、行政长官颁发排放许可或行政命令和法院做出有关环境标准判例的环境标准制定模式。日本的环境标准由环境厅向健康和福利省以及通产省征求意见并结合企业的技术情况制定。美国的环境标准由EPA颁布,美国排放限制准则是以技术为依据的,它根据不同工业行业的工业技术、污染物产量水平处理技术等因素来确定各种污染物排放限值。欧盟的环境标准是以指令或者条例形式颁布的,欧盟环境指令的立法没有统一的程序,以质量标准为目标,以综合污染控制为主,实施有较长的过渡期。我国的环境标准由国家环境保护总局制订,并与国家质检总局联合发布。

2.1 大气环境

2.1.1 各国大气环境标准体系

1. 中国大气环境标准

我国大气标准体系按内容分三类:环境空气质量标准、大气污染物综合排放标准、测定方法标准、标准样品标准和基础标准。按级别分主要有国家标准、地方标准和行业标准。具体到铅污染浓度限值的大气标准有:《环境空气质量标准》(GB3095—1996)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996)、《铅锌工业污染物排放标准》(GB25466—2010)、《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ2.1—2007)、《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078—1996)。

2. 美国大气环境标准

美国的大气标准分两大类:环境空气质量标准、大气污染物排放标准。其中排放标准体系又分为常规污染物和有害大气污染物。有害大气污染物排放标准(NESHAP)由美国环保署

(EPA)统一制定;常规污染物分为新源(由 EPA 制定全国统一标准)、现源(由各州制定标准)如图 2-1 所示。

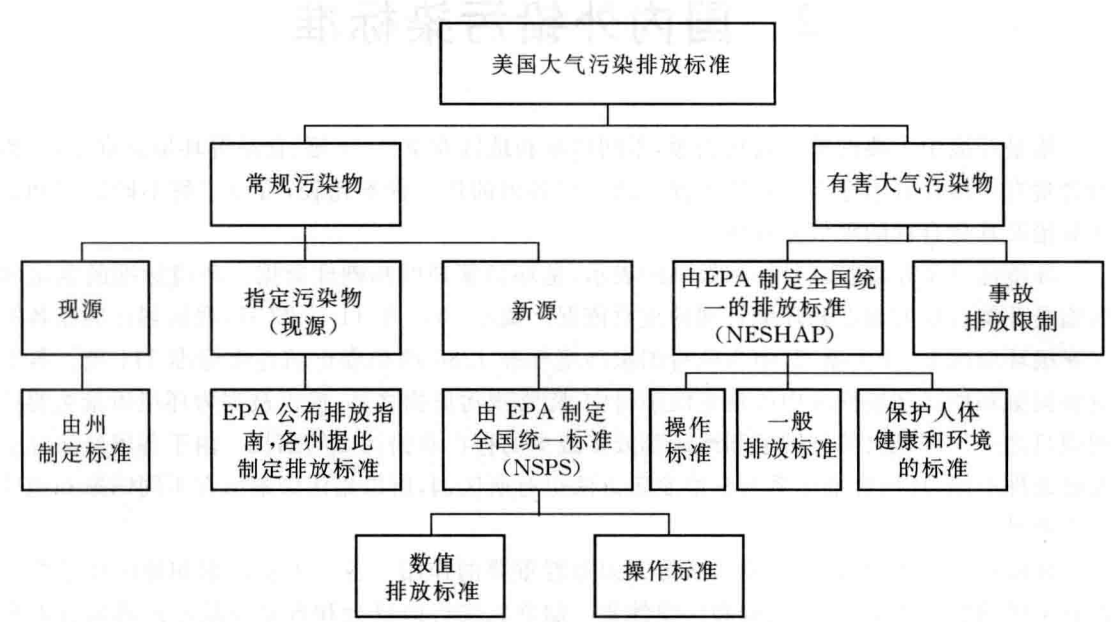


图 2-1 美国大气污染物排放标准体系

3. 欧盟大气环境标准

欧盟的环境标准是以指令形式发布的。截至 2003 年底,欧盟共发布了 50 余条有关大气环境标准的指令。欧盟的大气环境标准也分两大类:环境空气质量标准、大气污染物排放标准。其中环境空气质量标准包括有统一的空气质量框架指令(欧盟第 96/62/EC 号指令),除此之外,针对各常规污染物和有害污染物各颁布了多条指令:包括关于 SO₂、NO₂、NO_x、颗粒物和 Pb 在环境空气中的限值(欧盟第 2001/744/EC 号指令)。大气污染物排放标准是按照固定源和移动源分类制定。固定源大气污染物排放标准包括限制大型焚烧厂空气污染物排放限值(欧盟第 2001/80/EC 的指令);废物焚烧(欧盟第 75/439/EEC 号指令);VOCs 排放限值的指令;其他大气污染源排放指令。移动源包括道路车辆和非道路可移动机器指令。

2.1.2 大气环境质量标准限值

表 2-1 中国和美国、欧盟的空气质量标准保护对象

国家/地区	级别	保护对象
美国	初级和次级	初级保护公共健康为主;次级保护自然生态及公众福利
欧盟	不分级	保护人体健康和生态环境
中国	一级、二级、三级	一级保护自然保护区、风景名胜区和 其他需要特殊保护的地区; 二级保护城镇规划中确定的居住区、商业交通居民混合区、文化区、一般工业区和农业区; 三级保护特定工业区