

煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室资助出版

重金属污染土壤(渣场) 环境危害及综合防治技术

ZHONGJINSHUWURANTURANGZHACHANGHUANJING
WEIHAIJIZONGHEFANGZHISHU

李东伟 尹光志 焦斌权 著



科学出版社

煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室资助出版

重金属污染土壤(渣场) 环境危害及综合防治技术

李东伟 尹光志 焦斌权 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

重金属污染土壤(渣场)环境危害已经成为环境保护领域的研究热点之一。本书是在作者多年进行重金属污染土壤(渣场)研究的基础上撰写而成的,以理论研究为主,与实践相结合。内容包括重金属的环境毒性和危害,重金属污染渣场的环境危害,重金属污染场址的人群健康风险评估,重金属废水污染防治,重金属废渣微生物原位修复及资源再利用,重金属污染土壤的电动修复等。

本书可作为环境监测与评价、环境监测与治理技术、农业环境保护技术等环境类专业教材,也适用于矿物加工、农学、园艺、生态、土壤等专业学生的教材与参考书,还可供有关工程技术人员以及从事环境保护工作的各级人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

重金属污染土壤(渣场)环境危害及综合防治技术 / 李东伟, 尹光志, 焦斌权著. —北京: 科学出版社, 2012.1
煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室资助出版
ISBN 978-7-03-033051-2

I. 重… II. ①李… ②尹… ③焦… III. ①重金属污染: 土壤污染—污染防治 IV. ①X530.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 263728 号

责任编辑: 韩卫军 唐静仪 / 封面设计: 陈思思

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>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年2月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2012年2月第一次印刷 印张: 14.25

字数: 300千字

定价: 58.00元

前 言

矿产资源是人类生产和生活的基本资源之一，但矿产资源的开发在对国民经济起重要推动作用的同时也带来了比较严峻的环境问题。重金属对环境的污染是多方位、多途径的，对大气、地表水、地下水、土壤和生态环境都有不同程度的污染，而这些都是人类赖以生存的物质基础，是不可缺少的自然资源。这些人类环境的重要组成部分在工业（特别是采矿、冶炼、化工等工业）高速发展的今天，随着工业废物携带的重金属的浸入，生态环境受到了极大的污染。重金属污染场址严重威胁周边环境的安全，给周边的自然生态环境、社会经济生活带来了较大的负面影响。它不仅直接限制周边植物的生长，通过食物链影响着人类的身体健康，更以污染地下水的形式给人类的生活带来了严重的隐忧。

本书以重金属污染场址为研究对象，通过现场调查和系统采样，借助微波消解仪、荧光光谱仪等仪器完成了污染场址及其周边重金属含量的环境毒性分析；借鉴国际先进的污染场址风险评估系统，开发完成适合国内应用的重金属污染场址风险评估系统，对污染场址及周边农田土壤进行污染风险评估；开发了重金属污染场址人群健康风险评估软件；进行了含重金属废水的污染防治技术研究；对矿山开采过程中产生的废石、尾矿等固体废物进行了微生物原位修复，同时回收利用其中的重金属；对重金属污染土壤进行电动修复，并提出修复效率的影响因素及控制措施。本书为重金属污染场址的评价、修复及资源再利用提供了一整套新方法和新思路。书中提出的监控和减少重金属污染的措施和建议，可有效解决污染场址中重金属的迁移以及保障自然环境、下游的居民、牲畜、耕地的环境安全问题。

本书是在作者带领的课题组多年来从事这方面研究工作成果基础上撰写完成的。课题组已毕业的徐中慧、袁雪、高先萍、兰天、杨建、高峰、何小曼、王克浩、朱方志、何岸宁、肖祖菊、梁志蓉、陈国丽、郑学成等博士生和硕士生以及在读博士生李斗、刘晋、杨克和在读硕士生彭熙、卢丽丽、张少剑、王倩、樊萌、张继成、许国静为课题组在该领域的研究作出了贡献，为这本书的完成付出了巨大的努力。回顾多年来的研究历程，课题组的老师和同学们在这个奋进向上的集体中团结奋斗、和谐向上、忘我工作，既经历了无数的艰辛，也品尝到成功的喜悦。在此，感谢课题组每位老师和研究生们所付出的努力。本书的完成仅仅是重金属污染土壤环境灾害及综合防治技术领域研究工作的开端，今后的路还很

长，需要做出更大的努力，取得更大的突破，为我国环境保护和可持续性发展的科学技术研究作出贡献。本书的出版，旨在为推动重金属污染土壤环境灾害及综合防治技术发展贡献一份绵薄之力。

本书主要章节由李东伟、尹光志、焦斌权、徐中慧、杨克等撰写；李斗、刘晋、彭熙、卢丽丽参与部分内容的写作和修改；彭熙、徐中慧、杨克、卢丽丽在本书统一编排、文字校对、图表设计、内容增删等方面做了大量的工作；全书最后由李东伟定稿。

本书的出版得到煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室的资助，在此我们表示衷心感谢。

在撰写的过程中，笔者虽尽力而为，但限于知识水平以及对学科交叉综合性的把握，书中错误与缺点在所难免，敬请读者批评指正。

李东伟

2011年6月于重庆大学民主湖

目 录

前 言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 国内外重金属污染现状	(1)
1.1.1 重金属及重金属污染	(1)
1.1.2 国外重金属污染现状	(1)
1.1.3 国内重金属污染现状	(2)
1.2 矿业废渣重金属污染途径	(4)
1.2.1 污染大气	(4)
1.2.2 污染土壤	(5)
1.2.3 污染地表水	(6)
1.2.4 污染地下水	(6)
1.3 国内外重金属污染防治技术现状	(7)
1.3.1 土壤中重金属污染修复方法	(7)
1.3.2 水体中重金属污染修复方法	(8)
第 2 章 重金属的环境毒性和危害	(10)
2.1 汞 (Hg)	(10)
2.1.1 汞污染的来源	(11)
2.1.2 汞的代谢	(12)
2.1.3 汞的毒理作用	(14)
2.1.4 汞的环境标准	(15)
2.2 铅 (Pb)	(15)
2.2.1 铅污染的来源	(16)
2.2.2 铅的代谢	(17)
2.2.3 铅的毒性及毒性机理	(19)
2.2.4 铅的环境标准	(20)
2.3 镉 (Cd)	(20)
2.3.1 镉污染的来源	(21)
2.3.2 镉的代谢	(22)
2.3.3 镉的毒性及毒性机理	(23)
2.3.4 镉的环境标准	(24)

2.4 砷 (As)	(24)
2.4.1 砷污染的来源	(25)
2.4.2 砷的代谢	(26)
2.4.3 砷的毒性及毒性机理	(26)
2.4.4 砷的环境标准	(27)
2.5 铬 (Cr)	(28)
2.5.1 铬污染的来源	(28)
2.5.2 铬的代谢	(29)
2.5.3 铬的毒性及毒性机理	(30)
2.5.4 铬的环境标准	(31)
2.6 铜 (Cu)	(32)
2.6.1 铜污染的来源	(32)
2.6.2 铜的代谢	(33)
2.6.3 铜的毒性及毒性机理	(33)
2.6.4 铜的环境标准	(34)
2.7 锌 (Zn)	(34)
2.7.1 锌污染的来源	(35)
2.7.2 锌的代谢	(35)
2.7.3 锌的毒性及毒性机理	(36)
2.7.4 锌的环境标准	(37)
第3章 重金属污染土壤(渣场)环境危害研究	(38)
3.1 重金属污染土壤(渣场)基本概况	(40)
3.2 研究区域现场调查情况	(43)
3.2.1 现场调查情况	(43)
3.2.2 水样分析	(43)
3.3 固体废物及周边土壤样品的采集	(44)
3.4 污染物种类的筛选	(49)
3.5 样品全量实验分析	(51)
3.5.1 全量分析试样的制备	(51)
3.5.2 全量分析方法和依据	(51)
3.5.3 全量分析结果	(51)
3.6 固体废物腐蚀性实验鉴别	(56)
3.6.1 固体废物腐蚀性鉴别依据和方法	(56)
3.6.2 固体废物腐蚀性鉴别测试结果	(56)
3.7 固体废物急性毒性实验	(57)
3.7.1 急性毒性初筛试样制备	(57)

3.7.2	急性毒性初筛方法	(58)
3.7.3	急性毒性初筛结果	(58)
3.7.4	急性毒性结果判别	(59)
3.8	固体废物的浸出液毒性分析	(59)
3.8.1	浸出毒性试样的制备	(60)
3.8.2	浸出毒性分析的依据和方法	(60)
3.8.3	浸出毒性分析结果	(61)
3.8.4	浸出毒性结果判别	(61)
3.9	毒性研究结论	(63)
3.9.1	渣场固体废物调查结论	(63)
3.9.2	渣场实验分析结论	(63)
3.9.3	社会调查结论	(64)
3.10	污染综合防治研究	(64)
3.10.1	“三化”处置原则	(64)
3.10.2	处置重点	(65)
3.10.3	废渣的分选	(65)
3.10.4	废渣的资源化利用	(66)
3.10.5	渣场防护系统	(68)
第 4 章	重金属污染场址人群健康风险评估	(72)
4.1	人群健康风险评估实施的必要性	(73)
4.2	系统研究目标	(73)
4.2.1	评估系统设计的总体目标	(73)
4.2.2	具体目标	(74)
4.3	健康风险评估简介	(74)
4.3.1	危害鉴定	(74)
4.3.2	剂量反应评估	(75)
4.3.3	评估	(76)
4.3.4	风险特征描述	(76)
4.4	层次性健康风险评估简介	(77)
4.5	本评析方法适用范围	(77)
4.6	人群健康风险评估系统的设计	(78)
4.6.1	风险评估系统的评估层次	(78)
4.6.2	风险评估系统的操作流程	(80)
4.6.3	系统参数定义说明	(89)
4.7	评估软件开发	(90)
4.7.1	软件开发技术特点	(90)

4.7.2	系统功能	(91)
4.7.3	功能模块设计	(91)
4.8	数据库表格设计	(93)
4.9	代码设计	(95)
4.10	系统界面设计	(95)
4.11	固体废物及周边土壤样品的采集	(101)
4.11.1	废渣采样	(101)
4.11.2	山下农田土壤采样	(103)
4.12	样品全量实验分析	(105)
4.12.1	全量分析试样的制备	(105)
4.12.2	全量分析方法和依据	(106)
4.12.3	全量分析结果	(106)
4.12.4	评估参数设置	(108)
4.12.5	评估结果	(109)
4.12.6	对比验证	(114)
4.13	效果与结论分析	(115)
第 5 章	含重金属废水污染防治技术研究	(117)
5.1	重金属废水的来源及危害	(117)
5.1.1	重金属废水的来源	(117)
5.1.2	重金属离子的危害	(118)
5.1.3	重金属的排放标准	(119)
5.1.4	重金属废水的污染特性	(120)
5.1.5	重金属废水处理原则	(120)
5.2	处理重金属废水的技术现状	(120)
5.2.1	化学法	(121)
5.2.2	物理化学法	(121)
5.2.3	生物法	(123)
5.2.4	物理法	(124)
5.3	“化学沉淀—铁氧体法”实验研究	(125)
5.3.1	研究概况	(125)
5.3.2	国内外现状	(126)
5.3.3	铁氧体法处理重金属废水的机理	(126)
5.3.4	废水的基本性质	(133)
5.3.5	实验测试参数	(134)
5.3.6	正交实验设计	(135)
5.4	实验结果	(137)

5.4.1	水质分析	(137)
5.4.2	沉淀物分析	(147)
5.5	现场实验	(149)
5.5.1	水质资料	(149)
5.5.2	实验仪器及设备	(150)
5.5.3	实验结果及分析	(151)
5.6	结论与展望	(153)
5.6.1	结论	(153)
5.6.2	展望	(154)
第 6 章	含重金属废渣微生物原位修复及资源再利用	(155)
6.1	微生物浸矿的研究现状	(155)
6.1.1	微生物浸矿机理	(155)
6.1.2	国内外研究现状	(157)
6.2	浸矿微生物的选择与培养	(159)
6.2.1	浸矿菌种选择	(159)
6.2.2	浸矿菌种的培养	(160)
6.3	硫杆菌富集培养	(164)
6.3.1	At. f 菌的培养	(164)
6.3.2	At. t 菌的培养	(166)
6.4	柠檬酸对黄铜尾矿的浸矿影响	(168)
6.4.1	铜矿尾矿砂样品	(168)
6.4.2	浸矿菌的驯化培养	(169)
6.4.3	浸矿作用后的 SEM 观察	(169)
6.4.4	At. f 菌的浸矿实验结果	(171)
6.5	催化剂 Ag^+ 对浸矿的影响	(181)
6.5.1	浸矿作用后的 SEM 观察	(182)
6.5.2	体系中亚铁离子的氧化活性	(183)
6.5.3	浸提过程中浸矿率的变化	(184)
6.6	结论与展望	(187)
第 7 章	重金属污染土壤的电动修复	(190)
7.1	土壤电动修复的起源与发展	(190)
7.2	土壤电动修复技术的原理	(191)
7.2.1	土壤电动修复的特点	(191)
7.2.2	土壤电动修复机理	(192)
7.2.3	电动去除过程能量消耗与成本	(193)
7.3	土壤电动修复的影响因素及改进措施	(193)

7.3.1	pH 聚焦效应	(194)
7.3.2	土壤特性	(194)
7.3.3	重金属在土壤中的存在形态	(195)
7.3.4	电极特性及分布	(195)
7.3.5	其他影响因素	(195)
7.3.6	电动修复的增强改进措施	(196)
7.4	原位电动修复工艺	(197)
7.4.1	Lasagna TM 工艺	(197)
7.4.2	Electro-Klean TM 工艺	(198)
7.5	电动修复技术其他研究应用实例	(198)
7.5.1	实验方案设计	(199)
7.5.2	实验结束后废渣环境有效性分析	(201)
7.5.3	实验结束后废渣浸出毒性分析	(203)
7.5.4	去除效率分析	(205)
7.5.5	结论与展望	(209)
参考文献		(210)

第 1 章 绪 论

改革开放三十年来，中国的国民经济实现了飞速发展，矿业开采和加工行业空前兴旺。目前，中国已经成为世界有色金属第一生产和消费大国。矿产资源是国家经济和社会发展的物质基础。矿产资源的开发利用在对国民经济发展起重要推动作用的同时，也带来了比较严峻的环境问题^[1-3]。随着矿产资源利用强度的加大，其对自然生态环境、社会经济生活带来的负面影响也愈加突出。

1.1 国内外重金属污染现状

1.1.1 重金属及重金属污染

目前，对重金属的概念尚无严格的定义，化学上根据金属的密度把金属分成重金属和轻金属，常把密度大于 5 g/cm^3 的金属称为重金属。具体来说，重金属是指元素周期表中原子序数在 23 以上的金属，如金、银、铜、铅、锌、镍、钴、铬、汞、镉等大约 45 种。从环境污染方面来说，重金属是指生物毒性显著的汞、镉、铅、铬以及类金属砷等，其中对人体毒害最大的有 5 种：铅、汞、铬、砷、镉。重金属污染是由重金属及其化合物引起的环境污染。重金属在环境中很难被降解，能在植物和动物体内积累，浓度逐步增加，通过食物链进入人体体内造成危害^[4,5]。

1.1.2 国外重金属污染现状

日本是世界上最早发现重金属污染的国家，也是重金属污染严重的国家之一。在日本南部九州湾的水俣镇，从 1939 年开始，日本氮肥公司的合成醋酸厂含汞的生产废水一直排入水俣湾。这种汞被鱼食用后在体内转化成有毒的甲基汞。1953 年，日本水俣湾的居民开始出现水俣病。这是一种因人食用被汞污染的鱼后汞在人体内聚集从而产生的怪病：患者开始时只是口齿不清、步履蹒跚，继而面部痴呆、全身麻木、耳聋眼瞎，最后变成神经失常，直至躬身狂叫、全身痉挛而死。至 1991 年 3 月底，被确认为水俣病的达 2248 人（其中死亡 1004 人）。据报道，患者人数远不止此，仅水俣镇的受害居民即达万余人。20 世纪 50 年代，由于日本片面追求工业和经济的发展，加之对环境问题缺乏应有的认识，出现了一系列重金属污染导致的危害事件。在日本富山市神通川流域曾出现过一种

称为“痛痛病”的怪病，其症状表现为周身剧烈疼痛，甚至连呼吸都要忍受巨大的痛苦。后来的研究证实，造成“痛痛病”的主要原因是当地农民用锌矿排出的含有镉的废水浇灌水稻田，而镉也就通过水—水稻而进入人体。到1979年为止，先后有80多人因食用“镉米”死亡，直接受害的人数就更多。此外，苏联1990年在奥斯克曼市发生铅中毒事件；1993年美国发生铜、铅中毒事件；同时，墨西哥、玻利维亚、挪威等国先后公布了不同程度的重金属污染中毒事件。这些事件都对人类生命造成了严重的威胁。此外，重金属污染对自然生态环境、社会经济生活以及社会稳定和谐的负面影响也是难以估量的。

1.1.3 国内重金属污染现状

近年来，我国的重大环境污染和重金属中毒事件频繁发生。2005年广东韶关冶炼厂设备检修期间违法超标排放含镉废水，致使北江韶关段镉严重超标，对下游广州、佛山、清远等地区上千万人的饮水安全和成千上万企业的正常用水造成严重威胁。2009年湖南浏阳爆发了镉中毒事件，近3000名村民体检后发现509人镉超标。肇事化工厂周边500 m范围内为镉的严重污染区，500~1200 m为轻度污染区。镉慢性中毒的主要危害是肾损伤，身体积聚过量的镉会损坏肾小管功能，造成肾损伤，引起体内蛋白质流失，进而导致骨质疏松症，使周身疼痛。急性镉中毒大多是由于在生产环境中一次吸入或摄入大量镉化物引起的。大剂量的镉是一种强的局部刺激剂，含镉气体通过呼吸道会引起呼吸道刺激症状，如出现肺炎、肺水肿、呼吸困难等。镉从消化道进入人体，人会出现呕吐、胃肠痉挛、腹疼、腹泻等症状，甚至可因肝肾综合症死亡。

湖南的母亲河——湘江流域的重金属污染越来越严重。湘江流域局部的正常供水被打断，流域内4000万人口的饮用水安全受到威胁，因重金属超标危害人体健康的事故时有发生，鱼类大幅减少，数以千亩计的农田不能耕种，部分地区的鱼类、粮食、蔬菜不能食用。2008年，江苏省邳州市运河镇新三河村发生大规模铅中毒事件，全村100多个14岁以下儿童中，铅中毒人数达41人，其中最小的不到1岁，还有65人被查出高血铅症。2009年，陕西凤翔和湖南武冈爆发“血铅事件”。在这两个对于大多数中国人来说相对陌生的地方，均有千人左右被检出“血铅”超标，绝大部分是小孩，其中一部分人因为血铅含量大大超过标准，被认定为重度铅中毒。2009年湖南郴州又爆发“血铅事件”，超过300人血铅中毒。2010年初湖南嘉禾县再次爆发“血铅事件”，250名儿童血铅超标。2010年1月1日，广东清远市政府通报血铅超标事件，检查的54人中，49人被确诊为血铅超标，4名属重度铅中毒。2010年1月3日，江苏盐城大丰市政府对外宣布，大丰经济开发区河口村接受检查的110名儿童中，51名儿童被查出血铅含量超标。血铅超标对孩子的发育将会带来非常负面的影响，具体表现为：影响智力发育和骨骼发育，造成消化不良和内分泌失

调,导致贫血、高血压和心律失常,破坏肾功能和免疫功能等。2010年7月3日、7月18日,福建紫金矿业集团有限公司铜矿湿法厂两度发生铜酸水渗漏事故,分别导致9100 m³、500 m³的污水流入汀江,致使汀江部分河段遭受严重污染,大量网箱养鱼死亡。上杭县中都镇和下都乡所在的棉花滩库区是该县主要的养殖聚集区,也是此次污水渗漏事件中损失最为严重的地区。整个下都乡有近300户养鱼户,仅豪康村的270多户中就有约80户在从事养殖业,网箱养殖是他们最主要的收入来源。这一事故导致棉花滩库区死鱼和中毒鱼达378万斤。受污染地区的居民不敢饮用自来水,推升了当地水价。另外,此次污染直接导致紫金矿业近4亿元的损失。

目前国内外公开报道的重金属污染事件见表1-1。

表 1-1 国内外重金属污染事件

序号	时间(年)	国家	地点	重金属	事件及危害
1	1953~1956	日本	水俣镇	汞	水俣镇受害居民达万余人,1972年日本环境厅统计,水俣镇共180人患水俣病,死亡50多人
2	1955~1972	日本	富山市	镉	到1972年3月,痛痛病患者已达到230人,死亡34人
3	2005	中国	广东韶关	镉	违法超标排放含镉废水致使北江韶关段镉严重超标,对下游上千万人的饮用水安全造成威胁
4	2008	中国	江苏邳州	铅	大规模铅中毒,三河村100多名14岁以下儿童中铅中毒人数达41人,还有65人被查出高血压
5	2009	中国	湖南浏阳	镉	3000名村民体检509人镉超标
6	2009	中国	陕西凤翔 湖南武冈	铅	两地均有千人左右被检出血铅超标,且绝大部分是小孩
7	2009	中国	湖南郴州	铅	超过300人血铅中毒
8	2010	中国	湖南嘉禾	铅	250名儿童血铅超标
9	2010	中国	广东清远	铅	接受检查的54人中有49人被查出血铅超标,其中4名属于重度铅中毒
10	2010	中国	江苏盐城	铅	大丰经济开发区河口村110名儿童中有51名儿童被查出血铅含量超标
11	2010	中国	福建汀江	铜	上杭县等污染区378斤万鱼死亡或中毒、当地居民不敢饮用自来水,紫金矿业直接经济损失达4亿
12	2010	中国	云南鹤庆	铅	大理鹤庆县发生大规模的铅污染事件,39名儿童疑似血铅超标住院

从重金属污染事件对人体的伤害过程中,我们归纳总结了三个特点:一是微量剧毒、长期积累,后果严重。长期饮用含有重金属的水,有毒元素在人体内积累,可导致神经系统破坏以及肺癌、肝癌、食道癌等多种癌症。对成年人来说,致癌期约为10年,重金属污染对儿童影响更大,可导致神经系统病变和智力发

育不全。二是终身有害,不可逆转。重金属污染造成的病变绝大部分是不可逆的,难以医治。三是杀手无形,难以提防。由于大多数重金属在水中以无机物离子的形式存在,无色无味,一般很难直观检测,即使仪器检测也需高精确度的仪器才能检验出来,而一般县级实验室不具备检测条件。

我国的重金属污染除了地理地质因素导致的天然污染外,其余大部分是人为污染,主要污染源为重金属的开采和加工行业,如金属冶炼、废渣随意堆置、电镀、金属加工等。国家环保部部长周生贤透露,前段时间的12起重金属、类金属污染事件,已经致使4035人血铅超标、182人镉超标,引发了32起群体性事件。目前中国的重金属污染致病事件正进入高发期,矿产资源的无序开发是环境重金属污染的主要源头。重金属在环境中属持久性污染物,其污染持续的时间相当长,有关模型预测显示,废渣堆的污染会持续500年之久,未经处置的尾矿污染也在100年左右。

近年来,重金属污染事件频发,其严重的危害后果逐渐引起了人们的注意,环境科学领域也对此进行了越来越深入的研究。在当今社会,重金属与人类的生活息息相关,渗透到衣食住行的各个方面。因此,对重金属污染的研究在今天尤为重要。

1.2 矿业废渣重金属污染途径

在自然条件下,矿业废渣中重金属元素在风化作用(物理、化学和生物作用)下被释放出来从而进入大气、土壤和水体中,给采矿区及其周围环境带来了严重的污染。重金属一旦进入环境体系就成为永久污染物质。在环境中它通常不能被微生物分解,只能是不同形态之间的转化。因此,它对环境的污染是多方位多途径的。下面分别从大气、地表水、地下水、土壤四个方面阐述它对环境的污染。

1.2.1 污染大气

大气重金属污染是困扰世界城市环境与发展的严重环境污染之一。矿区空气中有大量含重金属的颗粒物,通过风的输送扩散到周围地区。在输送过程中,多数重金属物质发生化学转化,生成毒性更强的二次污染物,这既扩大了污染范围,又加重了危害。大气中的重金属颗粒可以通过自然沉降和雨水淋溶作用进入土壤和水体中,产生交叉污染。大气颗粒物中的重金属还可通过呼吸作用、吞食作用和皮肤接触进入生物体内,从而影响生物机体。重金属如Pb、Cd、Ni、Mn等多以气溶胶、粉尘或蒸气的形式通过呼吸作用进入人体,吸附在小颗粒物上的重金属极易沉淀在肺泡区,危害着人体呼吸系统,而且重金属随着血液循环在体

内长期积累,与机体内的有机物质结合并转化成毒性更强的金属有机化合物,从而影响人体健康。

1.2.2 污染土壤

与大气污染、水体污染这些可见的污染相比,土壤污染具有一定的隐蔽性。土壤污染是指土壤中有害物质含量过多,超过土壤的自净能力,引起土壤的组成结构和功能发生变化,土壤微生物活动受到抑制,有害物质或其分解产物在土壤中逐步积累,通过“土壤-植物-人体”或者“土壤-水-人体”最终危害人类身体健康。

有专家指出,我国土壤污染状况已经影响到耕地质量、食品安全甚至人类的身体健康。土壤污染面积不断增加,在20世纪80年代末期,我国污染面积只有几百万公顷,而现在已超过一千万公顷。土壤污染类型多样化,其中严重的是重金属污染,根据中国科学院生态研究所的研究结果显示,目前我国受镉、砷、铬、铅等重金属污染的耕地面积近两千万公顷,约占耕地总面积的五分之一,每年全国因重金属污染而减产粮食达1000多万吨。此外农药、抗生素、病原菌等也成为土地污染的源头。土壤污染肉眼难以观测,往往需要通过检测土壤质量及其对人畜健康状况的影响才能确定。通常情况下,重金属首先危害到土壤微生物,不适应重金属的微生物数量会剧烈减少,甚至灭绝,只有适应重金属的微生物才能存活下来,逐渐成为土壤优势菌。重金属对农作物也有很强的毒害作用,其影响在于:一方面重金属能破坏植物的组织,从而降低植物的产量和品质,如土壤中镉含量过高会破坏植物叶片的叶绿素结构并最终导致植物衰亡,土壤中铜、锌含量超过一定限度时,作物根部会受到严重损害,使植物对水分和养分的吸收受到影响,从而生长不良甚至死亡;另一方面,重金属可以在植物体内富集,研究表明,随着表层土壤镉污染的加重,水稻籽粒中的镉含量逐步提高,当上层土壤中镉含量达到5 mg/kg时,水稻籽粒中的镉质量分数达到0.264~0.337 mg/kg,而上层土壤镉达到10 mg/kg时,籽粒中的镉可高达0.418~0.554 mg/kg。据估计,人体中的重金属镉70%来自于蔬菜,而蔬菜作物中积累的镉主要来源于菜园土壤,部分来自灌溉水。除此之外,土壤中的重金属还可经由雨水淋滤及地表径流作用转移进入地表水系统,进而通过地表水和地下水的交互作用污染地下水体,对饮用水安全构成威胁。

“土壤中毒”绝不是耸人听闻,而是事实。在广西、云南、湖南等省和自治区,一些受到重金属污染的土地上,原本正常生长的农作物由于重金属超标而无法存活,人们难觅蔬菜和粮食的踪影。随着经济社会的发展,中国的土壤重金属污染日益严重。环境保护部门此前估算的数据显示,全国每年因重金属污染的粮食高达1200万吨,造成的直接经济损失超过200亿元。国土资源部称目前全国10%以上的耕种土地已受到重金属的污染。中国科学院地理科学与资源研究所陈

同斌研究员说过,因矿产资源采掘不当而使废弃采矿地大量裸露,重金属通过水流等途径污染农田,造成土壤中的重金属含量严重超标,直接影响到农作物的产量和品质,威胁人类健康。

土壤重金属污染是全球面临的一个亟待解决的环境问题,“土壤重金属的污染问题不容忽视,但也不能夸大,一定要实事求是,因为有些地方的污染土壤是可以修复的。”陈同斌研究员如是说,尽管种植超量积累植物在治理重金属污染土壤方面具有很大的潜力,但在实际中仍存在问题,如自然界中的超量积累植物不仅种属稀少,而且往往有地域分布的局限性。此外,多数超量积累植物往往存在生物量小、生长缓慢、气候环境适应性差等问题。因而,筛选和栽培驯化自然界中存在的超量积累植物,使其能适用于实际应用,仍然是当前植物修复研究的一项重要任务。

1.2.3 污染地表水

水体环境的重金属污染危害已成为水环境面临的重要污染问题之一,著名的“公害病”——水俣病和痛痛病分别是由重金属汞和镉污染引起的。重金属毒性大、难降解,进入水体之后可以直接通过饮用水或生活用水作用于人体,也能为水生动植物富集吸收,进入食物链进而危害人畜安全。有实验证明,镉质量浓度为1.0 mg/L的溶液24 h可使栅藻中毒,表现为细胞质萎缩,叶绿体被破坏。重金属对水生动物也有很强的毒害作用,鱼类短暂地暴露在高浓度的重金属溶液中会导致应激反应,鱼体的免疫能力降低。重金属铜、锌、锰的积累对鱼类的性别、体长都存在一定的影响。

铅、汞、砷重金属污染是最常见的,也是危害最大的。一般来说饮用重金属超标的地下水会导致慢性中毒,一般症状为皮肤起色斑,手脚的角质层增厚、变色,四肢疼痛,甚至行动困难,重金属中毒一般很难治好,且致癌率较高,已有许多村子成为癌症村。此外氟中毒对人类的危害也很严重,过量的氟能腐蚀人的骨骼、牙齿。

1.2.4 污染地下水

地下水是指埋藏在地面下,存在于岩石和土壤的孔隙中,可以流动的水体。

2009年10月中旬,海口市工商局对超市、商场的饮料进行专项抽查并检测。11月23日的检验报告结果显示农夫山泉和统一企业的三种产品总砷含量超标。随后,农夫山泉和统一企业对海口市工商局的抽检过程及结果的合法性和真实性提出强烈质疑。11月27日,海口市工商局将涉嫌总砷含量超标的抽检产品备份送往中国检验检疫科学研究院综合检测中心复检,复检结果显示抽检产品全部合格。12月1日,被炒得沸沸扬扬的“统一”和“农夫山泉”的“砒霜门”事件,发生了戏剧性逆转。海口市工商局称,此前被认定的总砷超标不能饮用的