

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第9期

Vol.34 No.9

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

利用PUF被动采样技术研究长三角城市群大气中多环芳烃的时空分布及来源	张利飞, 杨文龙, 董亮, 史双昕, 周丽, 张秀蓝, 李玲玲, 钮珊, 黄业茹 (3339)
FTIR对大气颗粒物PM _{2.5} 中硝酸盐的定量分析	刘娜, 魏秀丽, 高闯光, 徐亮, 焦洋, 李胜, 童晶晶, 程已阳 (3347)
福建茫荡山地区春季大气O ₃ 、HONO、HCHO、H ₂ O ₂ 对·OH的贡献率研究	刘昊, 王会祥 (3352)
水体类固醇雌激素污染现状研究进展	都韶婷, 金崇伟, 刘越 (3358)
嘉兴市地表水中兽用抗生素的污染现状调查	闫幸, 余卫娟, 兰亚琼, 李立, 吕升, 叶朝霞, 张永明, 刘锐, 陈吕军 (3368)
上海食用鱼中短链氯化石蜡的污染特征	姜国, 陈来国, 何秋生, 孟祥周, 封永斌, 黄玉妹, 唐才明 (3374)
水体环境内毒素活性的鲎法定量检测及影响因素研究	张灿, 刘文君, 张明露, 田芳, 孙雯, 钱令嘉, 战锐 (3381)
四环素类抗生素对淡水绿藻的毒性作用	徐冬梅, 王艳花, 饶桂维 (3386)
光照对东海典型赤潮藻生长及硝酸还原酶活性的影响	李鸿妹, 石晓勇, 丁雁雁, 唐洪杰 (3391)
围隔实验中浒苔在不同营养盐条件下的生长比较	庞秋婷, 李凤, 刘湘庆, 王江涛 (3398)
长江口及邻近海域浮游植物色素分布与群落结构特征	赖俊翔, 俞志明, 宋秀贤, 韩笑天, 曹西华, 袁涌铨 (3405)
长江中下游湖泊超微型真核藻类遗传多样性研究	李胜男, 史小丽, 谢微微, 龚伊, 孔繁翔 (3416)
峡谷型水源水库的氮、磷季节变化及其来源分析	黄廷林, 秦昌海, 李璇 (3423)
九龙江河流-库区系统沉积物磷特征及其生态学意义	鲁婷, 陈能汪, 陈朱虹, 王龙剑, 吴杰忠 (3430)
氮在高含沙水向人工浅水湖泊补水期间的变化规律	陈友媛, 申宇, 杨世迎 (3437)
石灰石和黄铁矿-石灰石人工湿地净化河水的研究	张菁, 李睿华, 李杰, 胡俊松, 孙茜茜 (3445)
杭州湾潮滩湿地3种优势植物碳氮磷储量特征研究	邵学新, 李文华, 吴明, 杨文英, 蒋科毅, 叶小齐 (3451)
滇池优势挺水植物茭草和芦苇降解过程中DOM释放特征研究	谢理, 杨浩, 渠晓霞, 朱元荣, 鄢元波, 张明礼, 吴丰昌 (3458)
自来水处理工艺对溶解相中全氟化合物残留的影响	张鸿, 陈清武, 王鑫璇, 柴之芳, 沈金灿, 杨波, 刘国卿 (3467)
J市饮用水氯消毒副产物分析及其健康风险评价	李晓玲, 刘锐, 兰亚琼, 余素林, 文晓刚, 陈吕军, 张永明 (3474)
水中硫酸根及溶解氧质量浓度变化对管垢金属元素释放的影响	吴永丽, 石宝友, 孙慧芳, 张枝焕, 顾军农, 王东升 (3480)
重金属捕集剂对水中微量Hg(II)的处理研究	胡运俊, 盛田田, 薛晓芹, 谭丽莎, 徐新华 (3486)
聚合氯化铁-聚(环氧氯丙烷-二甲胺)复合絮凝剂在模拟水处理中的混凝特性研究	刘新新, 杨忠莲, 高宝玉, 王燕, 岳钦艳, 李倩 (3493)
镁铝复合脱色絮凝剂的微观结构形态及絮凝机制	桑义敏, 常雪红, 车越, 谷庆宝 (3502)
钴掺杂铁酸铋活化过硫酸盐降解水中四溴双酚A的研究	欧阳磊, 丁耀彬, 朱丽华, 唐和清, 廖海星 (3507)
以海泡石为载体的双金属多相类芬顿催化剂的制备及表征	宿程远, 李伟光, 刘兴哲, 王恺尧, 王勇 (3513)
氧化还原介体调控亚硝酸盐反硝化特性研究	赵丽君, 马志远, 郭延凯, 席振华, 杜海峰, 刘晓宇, 郭建博 (3520)
缓释碳源滤池用于二级出水的深度脱氮	唐蕾, 李彭, 左剑恶, 袁琳, 李再兴 (3526)
微膨胀对好氧颗粒污泥脱氮过程中N ₂ O产生量的研究	陈丽丽, 高大文 (3532)
Fenton试剂与CPAM联合调理对污泥脱水效果的影响研究	马俊伟, 刘杰伟, 曹芮, 岳东北, 王洪涛 (3538)
高效厌氧氨氧化颗粒污泥的动力学特性	唐崇俭, 熊蕾, 王云燕, 郑平 (3544)
内蒙古温带草原氮沉降的观测研究	张菊, 康荣华, 赵斌, 黄永梅, 叶芝祥, 段雷 (3552)
湘中矿区不同用地类型面源Cd输出负荷的原位实验研究	刘孝利, 曾昭霞, 陈喆, 铁柏清, 陈求稳, 叶长城 (3557)
蠡湖沉积物重金属形态及稳定性研究	王书航, 王雯雯, 姜霞, 宋倩文 (3562)
密云县境内潮河流域土壤重金属分析评价	于洋, 高宏超, 马俊花, 李迎霞, 莫雁, 孔彦鸿 (3572)
西北干旱区黄河沿岸典型工业带表土磁性特征及其环境意义	许淑婧, 张英, 余晔, 王博, 夏敦胜 (3578)
复合稳定剂对砷污染土壤的稳定研究	王浩, 潘利祥, 张翔宇, 李萌, 宋宝华 (3587)
湖南下水湾铅锌尾矿库优势植物重金属含量及富集特征	何东, 邱波, 彭尽晖, 彭亮, 胡凌雪, 胡瑶 (3595)
安太堡露天矿复垦地不同人工植被恢复下的土壤酶活性和肥力比较	王翔, 李晋川, 岳建英, 周小梅, 郭春燕, 卢宁, 王宇宏, 杨生权 (3601)
三苯基锡的微生物降解及其对降解菌的影响	叶锦韶, 田云, 尹华, 彭辉, 黄捷, 麻榆佳 (3607)
二氯甲烷降解菌Methylobacterium rhodesianum H13的分离鉴定及降解特性研究	刘洪霞, 朱润晔, 欧阳杜娟, 庄庆丰, 陈东之, 陈建孟 (3613)
引物选择对污泥微生物多样性分析的影响	徐爱玲, 吴等等, 宋志文, 任杰, 夏岩, 董珊珊, 刘梦 (3620)
钙铝类水滑石衍生复合氧化物的SO ₂ 储存性能研究	曹琳, 王海林, 解强 (3627)
基于转运站满负荷的北京市新东西城区生活垃圾物流优化方案研究	袁京, 李国学, 张红玉, 罗一鸣 (3633)
重金属污染土壤治理与生态修复论坛会议论文	
多证据分析技术在地表重金属污染评价中的应用研究	姜林, 钟茂生, 朱笑盈, 姚珏君, 夏天翔, 刘辉 (3641)
我国城市不同功能区地表灰尘重金属分布及来源	李晓燕, 刘艳青 (3648)
黄河下游滩区开封段土壤重金属分布特征及其潜在风险评价	张鹏岩, 秦明周, 闫江虹, 胡长慧, 赵亚平 (3654)
青岛北站规划区原场地表层土壤重金属污染研究	朱磊, 贾永刚, 潘玉英 (3663)
某铅蓄电池厂土壤中铅的含量分布特征及生态风险	郑立保, 陈卫平, 焦文涛, 黄锦楼, 魏福祥 (3669)
某铅冶炼厂对周边土壤质量和人体健康的影响	周小勇, 雷梅, 杨军, 周广东, 郭广慧, 陈同斌, 万小铭, 梁琪, 乔鹏伟 (3675)
某铅蓄电池厂表土不同粒径中铅分布规律研究	岳希, 孙体昌, 黄锦楼 (3679)
原位生物稳定固化技术在铬污染场地治理中的应用研究	张建荣, 李娟, 许伟 (3684)
淋洗剂对多金属污染尾矿土壤的修复效应及技术研究	朱光旭, 郭庆军, 杨俊兴, 张晗芝, 魏荣菲, 王春雨, Marc Peters (3690)
铅蓄电池厂污染土壤中重金属铅的清洗及形态变化分析	任贝, 黄锦楼, 苗明升 (3697)
超声波辅助化学萃取对某工业场地铅污染土壤修复效果研究	王鑫杰, 黄锦楼, 刘志强, 岳希 (3704)
摩擦清洗修复铅污染土壤的参数优化及清洗效率评价	杨雯, 黄锦楼, 彭会清, 李思拓 (3709)
土壤重金属钝化修复剂生物炭对镉的吸附特性研究	郭文娟, 梁学峰, 林大松, 徐应明, 王林, 孙约兵, 秦旭 (3716)
无机稳定剂对重金属污染土壤的化学稳定修复研究	曹梦华, 祝玺, 刘黄诚, 王琳玲, 陈静 (3722)
《环境科学》征稿简则(3404) 《环境科学》征订启事(3444) 信息(3492, 3551, 3696, 3715)	

某铅冶炼厂对周边土壤质量和人体健康的影响

周小勇¹, 雷梅¹, 杨军¹, 周广东², 郭广慧², 陈同斌^{1*}, 万小铭¹, 梁琪¹, 乔鹏炜¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所环境修复中心, 北京 100101; 2. 北京瑞美德环境修复有限公司, 北京 100041)

摘要: 为了解铅冶炼厂对周边土壤的污染程度和人体健康危害状况, 对河南省某铅冶炼厂周边的土壤、村民血液和头发中的铅含量进行调查, 探讨了铅冶炼厂卫生防护距离估算的合理性。结果表明, 铅冶炼厂周边 M 村和 Y 村的儿童血铅含量全部超过国际铅中毒诊断标准, 最高血铅含量为 $491 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 其轻度、中度和重度铅中毒率分别为 52.5%、42.5% 和 5.0%; Y 村的儿童发铅超标率达 100%, 最高值为 $156 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 儿童的发铅平均含量是成年人的 2.9 倍。同时, 铅冶炼厂周边 66.7% 的农田表层土壤 (0~20 cm) Pb 含量超过土壤环境质量标准 (GB 15618-1995) 的二级标准 ($350 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{pH} > 7.5$), 最高值达 $1687 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 导致铅冶炼厂周边儿童的健康受到损害。因此, 铅冶炼厂的卫生防护距离的科学估算及其周边重金属污染土壤的修复应引起重视。

关键词: 铅; 冶炼厂; 土壤; 血铅; 发铅; 卫生防护距离

中图分类号: X820.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2013)09-3675-04

Effect of Lead on Soil Quality and Human Health Around a Lead Smeltery

ZHOU Xiao-yong¹, LEI Mei¹, YANG Jun¹, ZHOU Guang-dong², GUO Guang-hui², CHEN Tong-bin¹, WAN Xiao-ming¹, LIANG Qi¹, QIAO Peng-wei¹

(1. Center for Environmental Remediation of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Beijing Remed Environmental Remediation Co., Ltd., Beijing 100041, China)

Abstract: In order to disclose soil pollution caused by lead (Pb) smeltery and its human health risks, this study investigated Pb concentrations in farmland soil, hair and blood of residents surrounding a Pb smeltery in Henan Province, and discussed the rationality of estimation of the health protection zone from the Pb smeltery. It was found that the Pb concentrations in blood of children living in both M and Y villages exceeded the international Pb poisoning diagnostic criteria. The highest Pb concentration in blood was $491 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, with the percentages of mild, medium and severe Pb poisoning reaching 52.5%, 42.5% and 5.0%, respectively. Pb concentrations in hair of children living in Y village were in excess of the related standard, with the highest being $156 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, and the average value 2.9 times of that in hair of adults. In terms of Pb in soil, Pb concentrations in 66.7% of the topsoils (0-20 cm) around the smeltery exceeded Grade II ($350 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{pH} > 7.5$) of the National Soil Environmental Quality Standard (GB 15618-1995), with the highest reaching up to $1687 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The severe soil pollution may have played a role in children's health issues in the villages surrounding the smeltery. Therefore, more attention should be paid to the scientific estimation of health protection zone from Pb smeltery and the remediation of heavy-metal contaminated soil in the surrounding areas.

Key words: lead; smeltery; soil; blood Pb level; hair Pb level; health protection zone

近年来,我国儿童血铅超标事件呈高发态势。据统计,2010年~2011年8月,在陕西凤翔、湖南武冈、广东清远、安徽怀宁和浙江台州等地共发生18起血铅超标事件^[1]。铅是已知毒性最大、累积性极强的重金属之一,长期蓄积于人体严重损害神经、造血系统及消化系统,对婴儿、儿童的智力和身体发育影响尤为严重^[2]。在发展中国家有1500~1800万儿童由于铅中毒造成大脑永久损害^[3],我国儿童血铅中毒率高达33.8%^[4]。有研究表明^[4~7],儿童铅中毒往往与周边的铅冶炼相关。为进一步了解铅冶炼厂周围的土壤污染程度和人体健康危害状况,对河南省某铅冶炼厂周边的农田土壤、居民的血液和头发中铅含量进行调查,并分析其卫生防护距离估算的科学性,以期对污染土壤综合治

理和政府决策提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

河南省某铅冶炼厂成立于2005年,由14家使用落后烧结锅技术的小型铅冶炼厂整合重组而成,目前形成了年生产10万t冶炼铅和6万t电解铅的能力。土壤样品采集如图1所示,以该铅冶炼厂烟囱为中心点,在冶炼厂的东南向的Y村和西北向的M村共采

收稿日期: 2012-08-11; 修订日期: 2012-12-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271479); 国土资源部公益性行业科研专项(201111020-4)

作者简介: 周小勇(1976~),男,博士,主要研究方向为土壤污染调查与修复, E-mail: zhouxxy@igsnrr.ac.cn

* 通讯联系人, E-mail: chentb@igsnrr.ac.cn

集 18 个农田表层(0 ~ 20 cm)土壤样品,装入聚乙烯袋,带回实验室. 在 Y 村随机采集本地儿童及成年人的头发样品,用不锈钢剪刀剪取头枕后部距发根 2 cm 处的头发 1 ~ 2 g,装入聚乙烯袋,共采集 15 个发样,儿童和成年人样品分别为 9 个和 6 个.

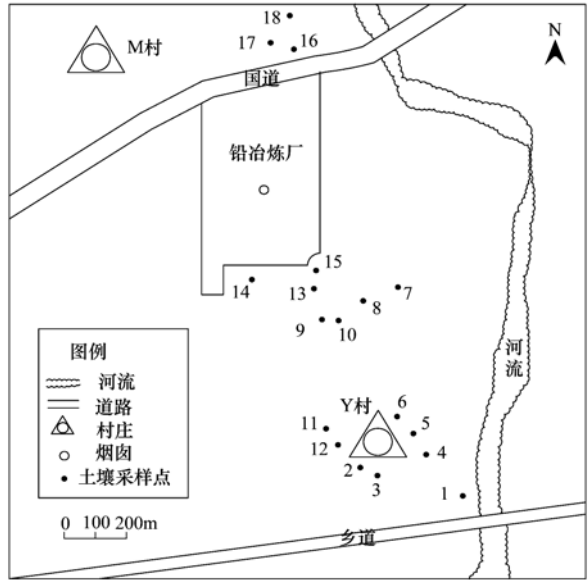


图 1 某铅冶炼厂周边土壤采样点分布示意

Fig. 1 Distribution of soil sampling points around the lead smeltery

1.2 样品的分析测定

土壤样品经自然风干后,四分法取出部分土样用木棒碾碎使全部通过 2 mm 筛,再用玛瑙研磨机 (HLXPM-Φ120×3,武汉探矿机械厂) 研磨,使其全部通过 100 目尼龙筛,后用 $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4 = 4:1$ 消解;发样用中性洗涤剂浸泡 4 h 后,用蒸馏水洗 3

遍,再用去离子水洗 3 遍,烘箱烘干、剪碎,用电子天平称取发样 0.50 g 左右,放入玻璃三角瓶中加优级纯硝酸消解至澄清. 土壤和发样的 Pb 含量用 ICP-OES (Optima 5300 DV,美国 PE 公司) 测定.

Y 村和 M 村 40 名儿童的血铅数据来自他们在医院检测的血铅报告.

2 结果与分析

2.1 血铅含量

根据国际血铅诊断标准^[8],血铅 $\geq 100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 即为铅中毒,其中 $100 \sim 199 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 为轻度铅中毒, $200 \sim 449 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 为中度铅中毒, $450 \sim 699 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 为重度铅中毒. 由表 1 可知,铅冶炼厂周边两个村庄(Y 村和 M 村)的儿童血铅平均含量高达 $233 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,所有儿童的血铅含量均超过铅中毒水平,其中轻度、中度和重度铅中毒率分别为 52.5%、42.5% 和 5.0%. 虽然不同性别的儿童血铅含量没有显著差异 ($P > 0.05$),但女童重度铅中毒率比男童高出 9.5%.

2.2 发铅含量

在 Y 村所调查的居民中(表 2),86.7% 的居民发铅含量超过发铅的污染上限标准 ($10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[9],其中儿童的发铅超标率达 100%,其含量介于 $18.3 \sim 156 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,最高超标 14.6 倍;儿童的发铅平均含量是成年人的 2.9 倍,其超标率比成年人高出 33.3%,表明儿童体内蓄积的铅较高. 因此,铅冶炼厂周边儿童存在较严重的发铅超标现象,应引起高度重视.

表 1 铅冶炼厂周边儿童的血铅含量

Table 1 Lead concentrations in the blood of children living around the lead smeltery

性别	样品数量(n)	铅含量范围 / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	铅平均值 / $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	铅中毒率/%			
				轻度	中度	重度	小计
男	19	156 ~ 393	236	57.9	42.1	0	100
女	21	110 ~ 491	230	47.7	42.8	9.5	100
总计	40	110 ~ 491	233	52.5	42.5	5.0	100

表 2 铅冶炼厂周边居民的发铅含量

Table 2 Lead concentrations in the hair of residents living around the lead smeltery

人群	样品数量(n)	年龄(岁)	铅含量范围 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	铅平均值 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	超标率/%
儿童	9	8 ~ 14	18.3 ~ 156	60.3	100
成年人	6	24 ~ 43	7.80 ~ 36.1	20.6	66.7
合计	15	8 ~ 43	7.80 ~ 156	44.4	86.7

2.3 冶炼厂周边农田土壤铅含量

冶炼厂周边农田土壤的铅含量范围为 $149 \sim 1687 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (图 2),其中 66.7% 的土壤超过土壤

环境质量标准 (GB 15618-1995) 的二级标准 ($350 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{pH} > 7.5$). Pb 含量较高的 10 ~ 12 号采样点都出现在 Y 村的西北向(图 1),其中 12 号样的铅

含量高达 $1\,687\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,是土壤环境质量二级标准的4.8倍;这说明Y村农田土壤的Pb的累积非常严重,这与该村处于铅冶炼厂夏季主导风向(东南向)的下风向有密切关系。而在Y村东南向离冶炼厂烟囱距离最远(1 600 m)的1号采样点的Pb含量只有 $149\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,这表明铅冶炼厂含铅烟尘对下风向的土壤污染范围少于1 600 m。由于Y村周边没有其它明显的铅污染源,因此,该铅冶炼厂可能是导致Y村儿童血铅和发铅都超标的主要污染源。

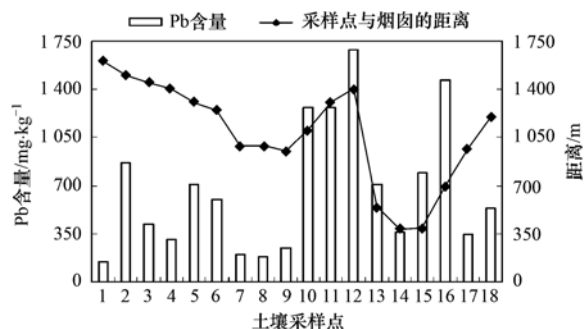


图2 铅冶炼厂周边土壤铅含量及其与烟囱的距离

Fig. 2 Lead contents in soil and the distance between soil sampling points and the chimney of the lead smelter

值得注意的是,冶炼厂周边土壤中的铅含量并未随着与冶炼厂距离的增加呈现一个简单的递减趋势,两者没有显著相关性($P>0.05$),这可能与冶炼厂烟囱的高度、厂区的主风向和风速以及农田土壤的地表环境等因素有关。

3 讨论

目前,我国是世界上最大的铅生产国和消费国,2011年我国铅产量已达464万t,约占世界总产量的46%,连续19a居世界第一位^[10]。我国铅冶炼的生产工艺几乎全都采用火法,即传统的烧结焙烧-鼓风炉熔炼流程^[11],生产过程中不可避免地产生铅烟尘的无组织排放,对周边环境尤其是近距离环境产生严重污染^[12]。本研究中的铅冶炼厂由14家采用烧结锅技术炼铅的小冶炼厂重组而成,前期对环保投入不够,经常偷排富含铅烟尘和 SO_2 的烟气,导致处于冶炼厂下风向的Y村土壤Pb含量不断累积;并通过呼吸道吸入含铅烟尘、消化道摄入铅超标食品以及皮肤接触铅等途径造成周边儿童血铅和发铅超标,直至严重铅中毒。环境铅污染是造成儿童血铅含量升高的主要原因,而导致环境铅污染的两大重要原因是铅在现代工业中的大量应用和含铅汽油的广泛使用^[4,13]。我国在2000年7月1日开始禁止

使用含铅汽油,近7a血铅含量和铅中毒率相比以前均有明显降低^[14],这说明汽车尾气不再是造成我国儿童铅中毒的主要因素,而铅冶炼继续成为儿童铅中毒的主要来源之一。这在陕西凤翔、湖南武冈、广东清远、安徽怀宁、浙江台州等地不断发生的儿童血铅超标事件中得到佐证。同时,土壤是今后儿童最重要的铅暴露源^[15],因此,铅冶炼厂的污染物排放及其周边的铅污染土壤必须得到有效管理和治理。

我国儿童铅中毒问题的普遍性和严重性已毋庸置疑,全国儿童血铅中毒率达33.8%^[4]。由于人发中铅含量可反映个人在某一时期的铅接触水平,同时采集方便,易于运输和保存,并可避免交叉感染,所以国内外已广泛采用发铅作为评价铅接触的指标^[2]。Y村儿童的发铅含量明显高于成年人,这与下列因素有关:①儿童代谢快、活动量大、易感性强、接触途径多和不良卫生习惯等导致铅的蓄积^[16];②含铅气体比重较大,近地面铅浓度较高,含铅悬浮颗粒大多漂浮在离地1m左右的儿童呼吸带上^[4],造成了呼吸道承受的铅暴露剂量较成年人高16倍^[17],故儿童遭受大气铅污染的危害更大;③儿童铅吸收率高,一般高达42%~53%,约为成人的5~8倍,而排铅能力只有成年人的30%^[18],故儿童体内的铅蓄积高于成年人。

截止2007年,我国已颁布31个卫生防护距离的国家标准^[19],但缺乏铅冶炼厂的卫生防护距离标准^[20]。很多铅冶炼厂的卫生防护距离小于1 000 m^[21,22]。本研究中的铅冶炼厂周边儿童的血铅和发铅都超标与其卫生防护距离设置有密切关系。该冶炼厂在关于技改的环境影响评价报告中建议卫生防护距离为600 m;而在笔者的调查中,离冶炼厂污染源烟囱最近距离600 m的M村和1 300 m的Y村儿童血铅和发铅都严重超标,两村农田土壤最高Pb含量(12和16号采样点)分别超标3.2倍和3.8倍。在陕西凤翔血铅事件中,距离东岭冶炼厂2 000 m以外的村子也发现了200多例儿童血铅超标^[23]。这说明铅冶炼厂与周边村庄的卫生防护距离过近,甚至1 300 m的距离(如Y村)也达不到卫生防护的作用。因此,卫生防护距离应根据冶炼厂的冶炼工艺、生产规模、污染源大小及高度、污染物治理水平、风向、风速和周边地形地貌等因素进行科学设定^[24],并使用人群流行病学调查结果进行修正^[20,22]。

为避免本研究的铅冶炼厂继续对周边环境造成

污染和村民健康带来危害,应采取以下措施:①冶炼厂改进生产工艺,由传统的烧结焙烧改成富氧底吹等先进工艺,使烟气排放达标;并增加环保投入,已有的环保设施真正运行起来,对容易造成污染的污染源进行严密监测、消减污染物排放量,直到完全达标排放。②重新科学计算卫生防护距离,并辅以人群流行病学调查结果进行修正;在卫生防护距离之内的居民进行搬迁,对铅中毒的儿童进行排铅治疗,直至康复。③修复冶炼厂周边重金属污染的农田土壤,以保障农产品的质量和人体健康。修复工程应由当地政府主导,科研院校制定修复技术方案,污染企业提供修复资金,第三方监理监督修复过程及效果。

4 结论

(1)河南省某铅冶炼厂周边两个村庄的 40 名儿童血铅含量和 Y 村儿童的发铅含量都超标,其中轻度、中度和重度的血铅中毒率分别为 52.5%、42.5% 和 5.0%,血铅和发铅的最高含量分别为 $491 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $156 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,儿童的发铅含量明显高于成年人。

(2)铅冶炼厂下风向的农田表层土壤铅污染非常严重,超标率达 66.7%,最高超标 4.8 倍,导致距离铅冶炼厂 1 300 m 村庄儿童的健康受到损害。

(3)铅冶炼厂的卫生防护距离的科学计算及其周边的铅污染土壤修复应引起重视,以保障铅冶炼厂周边的土壤质量和人群健康安全。

参考文献:

- [1] 程明明,高永军,张文彦,等.推动铅产业转型升级 防止血铅事件[J].中国有色金属,2012,(9):62-63.
- [2] 王银玉,陈泽堂,吴用.临川市儿童发铅含量调查[J].广东微量元素科学,2000,7(10):30-34.
- [3] 任旭红.铅污染及其危害[J].中国公共卫生,1999,15(9):839-841.
- [4] 王舜钦,张金良.我国儿童血铅水平分析研究[J].环境与健康杂志,2004,21(6):355-360.
- [5] 黄维,连兵,常沁春,等.某铅冶炼厂周围环境铅污染调查[J].环境与健康杂志,2007,24(4):234-237.
- [6] 曾燃元,金文达.某铅冶炼厂对周围儿童血铅水平的影响[J].中国卫生工程学,2009,8(3):176-177.
- [7] Soto-Jiménez M F, Flegal A R. Childhood lead poisoning from the smelter in Torreón, México[J]. Environmental Research, 2011, 111(4): 590-596.
- [8] Yang C C, Kumar A S, Zen J M. Precise blood lead analysis using a combined internal standard and standard addition approach with disposable screen-printed electrodes [J]. Analytical Biochemistry, 2005, 338(2): 278-283.
- [9] 王倩,吴萍,王洁.两种诊断标准下 2141 名学龄前儿童血铅水平分析[J].中国民康医学,2007,19(9):746-748.
- [10] 单一良,姚炎中.铅冶炼企业离清洁生产还有多远? [N]. 中国产经新闻报,2012-06-18(第 D04 版).
- [11] 郑玉新,王忠旭,戴宇飞,等.金属冶炼行业职业危害分析与控制技术[M].北京:冶金工业出版社,2005. 141.
- [12] 徐幼和.炼铅厂卫生防护距离的确定[J].有色金属加工,2006,35(6):47-49.
- [13] Meyer P A, Brown M J, Falk H. Global approach to reducing lead exposure and poisoning[J]. Mutation Research, 2008, 659(1-2): 166-175.
- [14] He K M, Wang S Q, Zhang J L. Blood lead levels of children and its trend in China[J]. Science of the Total Environment, 2009, 407(13): 3986-3993.
- [15] 任慧敏,王金达,王国平,等.沈阳市土壤铅对儿童血铅的影响[J].环境科学,2005,26(6):153-158.
- [16] 周敏.环境铅污染与铅毒危害[J].中国煤炭工业医学杂志,2005,8(3):207-209.
- [17] 张金良,何康敏,王舜钦,等.中国儿童血铅水平及变化趋势研究[J].环境与健康杂志,2009,26(5):393-398.
- [18] 刘耀珍,李赞.原子荧光方法测定全血中铅[J].中国卫生检验杂志,2007,17(11):2014-2015.
- [19] 张伟,戈鹤山,洪燕峰.我国卫生防护距离标准的历史、现状与未来[J].环境与健康杂志,2007,24(9):730-731.
- [20] 许宁,闫旭,胥占忠,等.铅冶炼业卫生防护距离标准探讨[J].环境与健康杂志,2012,29(5):464-465.
- [21] 周祖延,张秀珍,吴才刚,等.村镇铅冶炼厂卫生防护距离的研究[J].中国公共卫生,1991,7(7):299-302.
- [22] 薛诚,毕俊.某铅冶炼厂卫生防护距离的估算[J].中国预防医学杂志,2010,11(2):159-161.
- [23] 张延龙.六问凤翔政府:善意和诚意在哪里? [EB/OL]. <http://www.eeo.com.cn/observer/shelun/2009/08/27/149515.shtml>.
- [24] 林春绵,张震杰,陈金海,等.环境影响评价中卫生防护距离设置的探讨[J].环境科学与技术,2008,31(7):129-131.

CONTENTS

PUF Passive Air Sampling of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmosphere of the Yangtze River Delta, China: Spatio-Temporal Distribution and Potential Sources	ZHANG Li-fei, YANG Wen-long, DONG Liang, <i>et al.</i> (3339)
Quantitative Analysis of Nitrate in Atmospheric Particulates PM _{2.5} with Fourier Transform Infrared Spectroscopy	LIU Na, WEI Xiu-li, GAO Min-guang, <i>et al.</i> (3347)
Study on Contribution Factor to Atmospheric ·OH by O ₃ , HONO, HCHO and H ₂ O ₂ in Spring at Mangdang Mountain, Fujian Province	LIU Hao, WANG Hui-xiang (3352)
A Review on Current Situations of Steroid Estrogen in the Water System	DU Shao-ting, JIN Chong-wei, LIU Yue (3358)
A Study on the Veterinary Antibiotics Contamination in Groundwater of Jiaxing	LÜ Xing, YU Wei-juan, LAN Ya-qiong, <i>et al.</i> (3368)
Contamination Characteristics of Short-Chain Chlorinated Paraffins in Edible Fish of Shanghai	JIANG Guo, CHEN Lai-guo, HE Qiu-sheng, <i>et al.</i> (3374)
Detection of Endotoxin Activity in Water Environment and Analysis of Influence Factors for TAL Assay	ZHANG Can, LIU Wen-jun, ZHANG Ming-lu, <i>et al.</i> (3381)
Cellular Response of Freshwater Green Algae to the Toxicity of Tetracycline Antibiotics	XU Dong-mei, WANG Yan-hua, RAO Gui-wei (3386)
Illumination's Effect on the Growth and Nitrate Reductase Activity of Typical Red-Tide Algae in the East China Sea	LI Hong-mei, SHI Xiao-yong, DING Yan-yan, <i>et al.</i> (3391)
Compare the Growth of <i>Enteromorpha prolifera</i> Under Different Nutrient Conditions	PANG Qiu-ting, LI Feng, LIU Xiang-qing, <i>et al.</i> (3398)
Phytoplankton Pigment Patterns and Community Structure in the Yangtze Estuary and Its Adjacent Areas	LAI Jun-xiang, YU Zhi-ming, SONG Xiu-xian, <i>et al.</i> (3405)
Genetic Diversity of Picoeukaryotic Phytoplankton in the Lakes Along the Middle-lower Reaches of the Yangtze River	LI Sheng-nan, SHI Xiao-li, XIE Wei-wei, <i>et al.</i> (3416)
Studies on Seasonal Variation and Sources of Nitrogen and Phosphorus in a Canyon Reservoir Used as Water Source	HUANG Ting-lin, QIN Chang-hai, LI Xuan (3423)
Characteristics of Sediment Phosphorus in the Jiulong River-Reservoir System and Its Ecological Significance	LU Ting, CHEN Neng-wang, CHEN Zhu-hong, <i>et al.</i> (3430)
Variation of Nitrogen During the High Suspended Sediments Concentration Water Supply in an Artificial Shallow Lake	CHEN You-yuan, SHEN Yu, YANG Shi-ying (3437)
Limestone and Pyrite-Limestone Constructed Wetlands for Treating River Water	ZHANG Jing, LI Rui-hua, LI Jie, <i>et al.</i> (3445)
Dynamics of Carbon, Nitrogen and Phosphorus Storage of Three Dominant Marsh Plants in Hangzhou Bay Coastal Wetland	SHAO Xue-xin, LI Wen-hua, WU Ming, <i>et al.</i> (3451)
Dissolved Organic Matter Release of <i>Zizania caduciflora</i> and <i>Phragmites australis</i> from Lake Dianchi	XIE Li, YANG Hao, QU Xiao-xia, <i>et al.</i> (3458)
Influence of Tap Water Treatment on Perfluorinated Compounds Residue in the Dissolved Phase	ZHANG Hong, CHEN Qing-wu, WANG Xin-xuan, <i>et al.</i> (3467)
Study on Chlorinated Disinfection Byproducts and the Relevant Health Risk in Tap Water of J City	LI Xiao-ling, LIU Rui, LAN Ya-qiong, <i>et al.</i> (3474)
Effect of the Change in Sulphate and Dissolved Oxygen Mass Concentration on Metal Release in Old Cast Iron Distribution Pipes	WU Yong-li, SHI Bao-you, SUN Hui-fang, <i>et al.</i> (3480)
Research on Low-level Hg(II) Removal from Water by the Heavy Metal Capturing Agent	HU Yun-jun, SHENG Tian-tian, XUE Xiao-qin, <i>et al.</i> (3486)
Coagulation Characteristics of Polyferric Chloride-Poly (Epichlorohydrin-Dimethylamine) Composite Flocculant for Simulated Water Treatment	LIU Xin-xin, YANG Zhong-lian, GAO Bao-yu, <i>et al.</i> (3493)
Microstructure Morphology and Flocculation Mechanism of the Decolorizing Flocculant Poly-aluminum(III)-magnesium(II)-sulfate	SANG Yi-min, CHANG Xue-hong, CHE Yue, <i>et al.</i> (3502)
Efficient Degradation of Tetrabromobisphenol A in Water by Co-doped BiFeO ₃	OUYANG Lei, DING Yao-bin, ZHU Li-hua, <i>et al.</i> (3507)
Preparation Bimetallic Heterogeneous Fenton-Like Catalyst as Sepiolite Supported and Its Surface Chemical Characterization	SU Cheng-yuan, LI Wei-guang, LIU Xing-zhe, <i>et al.</i> (3513)
Nitrite Denitrification Characteristics with Redox Mediator	ZHAO Li-jun, MA Zhi-yuan, GUO Yan-kai, <i>et al.</i> (3520)
Advanced Nitrogen Removal Using Innovative Denitrification Biofilter with Sustained-Release Carbon Source Material	TANG Lei, LI Peng, ZUO Jian-e, <i>et al.</i> (3526)
N ₂ O Production in Nitrogen Removal by Micro-expansion of Granular Sludge	CHEN Li-li, GAO Da-wen (3532)
Sludge Dewaterability with Combined Conditioning Using Fenton's Reagent and CPAM	MA Jun-wei, LIU Jie-wei, CAO Rui, <i>et al.</i> (3538)
Kinetic Characteristics of High-rate ANAMMOX Granules	TANG Chong-jian, XIONG Lei, WANG Yun-yan, <i>et al.</i> (3544)
Monitoring Nitrogen Deposition on Temperate Grassland in Inner Mongolia	ZHANG Ju, KANG Rong-hua, HUANG Bin, <i>et al.</i> (3552)
Non-Point Loads of Soluble Cadmium by <i>in situ</i> Field Experiment with Different Landuses, in Central Hunan Province Mining Area	LIU Xiao-li, ZENG Zhao-xia, CHEN Zhe, <i>et al.</i> (3557)
Heavy Metal Speciation and Stability in the Sediment of Lihu Lake	WANG Shu-hang, WANG Wen-wen, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3562)
Analysis and Evaluation of Heavy Metals Along the Chaohe River in Miyun County	YU Yang, GAO Hong-chao, MA Jun-hua, <i>et al.</i> (3572)
Magnetic Properties of Topsoils in Typical Industrial Belt Along the Yellow River in Arid Regions in Northwest China and Their Environmental Significance	XU Shu-jing, ZHANG Ying, YU Ye, <i>et al.</i> (3578)
Study on Composite Stabilization of Arsenic (As) Contaminated Soil	WANG Hao, PAN Li-xiang, ZHANG Xiang-yu, <i>et al.</i> (3587)
Heavy Metal Contents and Enrichment Characteristics of Dominant Plants in a Lead-Zinc Tailings in Xiashuiwan of Hunan Province	HE Dong, QIU Bo, PENG Jin-hui, <i>et al.</i> (3595)
Comparison of Soil Fertility Among Open-pit Mine Reclaimed Lands in Antaibao Regenerated with Different Vegetation Types	WANG Xiang, LI Jin-chuan, YUE Xiang-yi, <i>et al.</i> (3601)
Biodegradation of Triphenyltin and Its Effect on <i>Klebsiella pneumoniae</i>	YE Jin-shao, TIAN Yun, YIN Hua, <i>et al.</i> (3607)
Isolation and Degradation Characteristics of Dichloromethane-Degradation Bacterial Strain by <i>Methylobacterium rhodesianum</i> H13	LIU Hong-xia, ZHU Run-ye, OUYANG Du-juan, <i>et al.</i> (3613)
Effect of Different Primers on Microbial Community of Activated Sludge	XU Ai-ling, WU Deng-deng, SONG Zhi-wen, <i>et al.</i> (3620)
Reaction of SO ₂ over CaAl Mixed Oxides Derived from Hydrotalcites Samples	CAO Lin, WANG Hai-lin, XIE Qiang (3627)
Optimization for MSW Logistics of New Xicheng and New Dongcheng Districts in Beijing Based on the Maximum Capacity of Transfer Stations	YUAN Jing, Li Guo-xue, ZHANG Hong-yu, LUO Yi-ming, <i>et al.</i> (3633)
Application of Multiple Lines of Evidence Analysis Technology in the Assessment of Sites Contaminated by Heavy Metals	JIANG Lin, ZHONG Mao-sheng, ZHU Xiao-ying, <i>et al.</i> (3641)
Heavy Metals and Their Sources in Outdoor Settled Dusts in Different Function Areas of Cities	LI Xiao-yan, LIU Yan-qing (3648)
Study on Distribution Characteristics and Potential Ecological Risk of Soil Heavy Metals in the Yellow River Beach Region in Kaifeng City	ZHANG Peng-yang, QIN Ming-zhou, YAN Jiang-hong, <i>et al.</i> (3654)
Study on Pollution Evaluation of Heavy Metal in Surface Soil of the Original Site of Qingdao North Station	ZHU Lei, JIA Yong-gang, PAN Yu-ying (3663)
Distribution Characteristics and Ecological Risk of Pb in Soils at a Lead Battery Plant	ZHENG Li-bao, CHEN Wei-ping, JIAO Wei-tao, <i>et al.</i> (3669)
Effect of Lead on Soil Quality and Human Health Around a Lead Smeltery	ZHOU Xiao-yong, LEI Mei, YANG Jun, <i>et al.</i> (3675)
Distribution Characteristics of Lead in Different Particle Size Fractions of Surface Soil of a Lead-acid Battery Factory Contaminated Site	YUE Xi, SUN Ti-chang, HUANG Jin-lou (3679)
Research on the Application of <i>In-situ</i> Biological Stabilization Solidification Technology in Chromium Contaminated Site Management	ZHANG Jian-rong, LI Juan, XU Wei (3684)
Research on the Effect and Technique of Remediation for Multi-Metal Contaminated Tailing Soils	ZHU Guang-xu, GUO Qing-jun, YANG Jun-xing, <i>et al.</i> (3690)
Analysis of Washing Efficiency and Change in Lead Speciation in Lead-contaminated Soil of a Battery Factory	REN Bei, HUANG Jin-lou, MIAO Ming-sheng (3697)
Remediation Efficiency of Lead-Contaminated Soil at an Industrial Site by Ultrasonic-assisted Chemical Extraction	WANG Xin-jie, HUANG Jin-lou, LIU Zhi-qiang, <i>et al.</i> (3704)
Parameters Optimization and Cleaning Efficiency Evaluation of Attrition Scrubbing Remediation of Pb-Contaminated Soil	YANG Wen, HUANG Jin-lou, PENG Hui-qing, <i>et al.</i> (3709)
Adsorption of Cd ²⁺ on Biochar from Aqueous Solution	GUO Wen-juan, LIANG Xue-feng, LIN Da-song, <i>et al.</i> (3716)
Effect of Inorganic Amendments on the Stabilization of Heavy Metals in Contaminated Soils	CAO Meng-hua, ZHU Xi, LIU Huang-cheng, <i>et al.</i> (3722)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2013年9月15日 34卷 第9期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 9 Sep. 15, 2013

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发刊