

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第3期

Vol.34 No.3

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

BP网络框架下MODIS气溶胶光学厚度产品估算中国东部PM _{2.5}	郭建平, 吴业荣, 张小曳, 李小文(817)
北京市近地层颗粒物浓度与气溶胶光学厚度相关性分析研究	林海峰, 辛金元, 张文煜, 王跃思, 刘子锐, 陈传雷(826)
气象因素对长三角背景地区甲烷浓度的影响分析	浦静姣, 徐宏辉, 顾骏强, 马千里, 方双喜, 周凌晔(835)
密闭化填埋作业条件下的场内恶臭污染分布情况与分析	路鹏, 吴世新, 戴志锋, 张晓辉, 苏昭辉, 周小飞, 代占国, 卢旭飞, 郑斌, 沈凯, 卫潘明(842)
冬季中国东海海水中挥发性卤代烃的分布特征和海-气通量	何真, 陆小兰, 杨桂朋(849)
2000~2010年大鹏湾颗粒有机物的年变化和年际变化	李绪录, 周毅频, 夏华永(857)
渤海湾浮游植物与环境因子关系的多元分析	周然, 彭士涛, 覃雪波, 石洪华, 丁德文(864)
青藏高原淡水湖泊水化学组成特征及其演化	王鹏, 尚英男, 沈立成, 伍坤宇, 肖琼(874)
漳卫南运河流域非点源污染负荷估算及最佳管理措施优选	徐华山, 徐宗学, 刘品(882)
面向对象的湖泊污染控制智能工程设计方法	邹锐, 周璟, 刘永, 朱翔, 赵磊, 阳平坚, 郭怀成(892)
九龙江口湿地植物凋落物对沉积物有机质赋存的贡献	罗专溪, 邱昭政, 王振红, 颜昌宙(900)
修复达标土壤回填对地下水环境影响的层次化评估方法应用研究	钟茂生, 姜林, 姚珏君, 樊艳玲, 夏天翔, 李婷婷, 田美影(907)
去除地下水中硝酸盐的渗透性反应墙研究	李秀利, 杨君君, 卢晓霞, 张姝, 侯珍(914)
北京城区雨水管道沉积物污染负荷研究	李海燕, 徐波平, 徐尚玲, 崔爽(919)
城市污水处理厂及其受纳水体中5种典型PPCPs的赋存特征和生态风险	温智皓, 段艳平, 孟祥周, 陈玲(927)
城市景观娱乐水体微生物风险评价	孙傅, 沙婧, 张一帆, 刘彦华(933)
模拟曝气生物滤池去除邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯试验研究	李伟, 赵晶, 余健, 任文辉(943)
膜生物反应器处理工业废水中膜污染及膜过滤特性研究	范举红, 余素林, 张培帅, 兰亚琼, 刘锐, 陈吕军(950)
γ -Al ₂ O ₃ 负载磷钨酸催化强化电催化法处理水中酸性大红3R的研究	岳琳, 王开红, 郭建博, 杨景亮, 刘宝友, 廉静, 王涛(955)
活性炭催化过硫酸钠降解金橙G动力学	杨梅梅, 周少奇, 刘琳, 郑可(962)
ABR反应器处理碱减量印染废水的启动研究	杨波, 钟启俊, 李方, 田晴(968)
O ₃ -BAF深度处理制革废水中沿程污染物降解规律	余彬, 刘锐, 程家迪, 范举红, 李昌湖, 冉坤, 曹国华, 陈吕军(974)
规模化猪场养殖废水UASB-SFSBR-MAP处理工艺中试研究	王亮, 陈重军, 陈英旭, 吴伟祥(979)
连续流态下以城市污水培养好氧颗粒污泥及颗粒特性研究	牛姝, 段百川, 张祚薰, 刘士峰, 张家铭, 王聪, 周丹丹(986)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅰ)——模型的建立	张超, 陈银广(993)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅱ)——动力学模拟	张超, 陈银广(998)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅲ)——模型的应用	张超, 陈银广(1004)
三峡水库两条支流水-气界面CO ₂ 、CH ₄ 通量比较初探	李哲, 白镭, 郭劲松, 方芳, 蒋滔(1008)
不同土地利用方式下土壤呼吸空间变异的影响因素	陈书涛, 刘巧辉, 胡正华, 刘艳, 任景全, 谢薇(1017)
黄土区农田和草地生态系统土壤呼吸差异及其影响因素	周小刚, 张彦军, 南雅芳, 刘庆芳, 郭胜利(1026)
层次化健康风险评估方法在苯污染场地的应用及效益评估	姜林, 钟茂生, 梁竞, 姚珏君, 夏天翔, 樊艳玲, 李敬东, 唐振强(1034)
海州湾滩涂重金属污染的历史记录	张瑞, 张帆, 刘付程, 尹福军, 丁迎军, 高金荣, 陈晶, 邵威(1044)
草海典型高原湿地表层沉积物重金属的积累、分布与污染评价	张清海, 林昌虎, 谭红, 林绍霞, 杨鸿波(1055)
大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析	程芳, 程金平, 桑恒春, 于金莲, 席磊, 皮帅帅(1062)
典型有色金属矿山城市小河流沉积物重金属形态分布及风险评估	李如忠, 姜艳敏, 潘成荣, 陈婧, 徐晶晶(1067)
典型有色金属矿业城市零星菜地蔬菜重金属污染及健康风险评估	李如忠, 潘成荣, 徐晶晶, 陈婧, 姜艳敏(1076)
城市表层土壤磁化率与重金属含量分布的相关性研究	陈秀端, 卢新卫, 杨光(1086)
典型热带林地土壤团聚体颗粒中重金属的分布特征及其环境意义	龚仓, 徐殿斗, 成杭新, 任雅阁, 刘志明, 刘应汉, 刘飞, 聂海峰, 郑祥, 马玲玲(1094)
生态沟渠底泥属性与磷吸附特性研究	张树楠, 贾兆月, 肖润林, 杨凤飞, 余红兵, 刘锋, 吴金水(1101)
三峡库区澎溪河底泥及消落区土壤磷的形态及吸附特性研究	孙文彬, 杜斌, 赵秀兰, 何丙辉(1107)
Triton X-100在黄土上的吸附行为及影响因素	钟金魁, 赵保卫, 朱琨, 钱小龙, 张杰西(1114)
新疆哈密地区有机氯农药大气、土壤残留特征、气-土交换及潜在生态风险	马子龙, 毛蒲萱, 丁中原, 高宏, 黄韬, 田慧, 郭强(1120)
青海省西宁市与天峻县大气中得克隆与十溴联苯醚的水平与来源	何畅, 金军, 马召辉, 王英, 扎西卓玛, 马丽花(1129)
太湖沉积物中多溴联苯醚和类二噁英多氯联苯的水平垂直分布	马召辉, 金军, 元学奎, 王英, 姜霞, 何松洁, 李明圆(1136)
典型电器工业区河涌沉积物中有机污染物特征分析	刘近, 邓代永, 许玫英, 孙国萍(1142)
柴油轿车颗粒多环芳烃的排放特性	谭丕强, 周舟, 胡志远, 楼狄明(1150)
机械炼焦过程生成飞灰中多环芳烃分布特征研究	牟玲, 彭林, 刘效峰, 白慧玲, 张建强(1156)
污泥干化床与芦苇床稳定化污泥中多环芳烃的含量比较	崔玉波, 孙红杰, 冉春秋, 李金凤, 谢瑶(1161)
固体添加剂对污泥焚烧过程中重金属迁移行为的影响	刘敬勇, 孙水裕, 陈涛(1166)
铸造废砂的环境毒性研究	张海凤, 王玉珏, 王劲磷, 黄天佑, 熊鹰(1174)
Cr ⁶⁺ 生物可利用度检测的微生物全细胞传感器CB10的构建及其响应特征	侯启会, 马安周, 庄绪亮, 庄国强(1181)
反硝化脱硫工艺中微生物群落结构及动态分析	于皓, 王爱杰, 陈川(1190)
农业废物好氧堆肥中环境因子对nirK、nirS和nosZ数量的影响	胡春晓, 陈耀宁, 张嘉超, 唐聪, 曾光明(1196)
蚯蚓体内过氧化物还原蛋白PRDX基因对土壤PAHs污染胁迫的转录响应	林康丽, 郑森林, 宋玉芳, 邱晓燕, 薛文玲(1204)
有序介孔碳载金/L-赖氨酸/纳米金修饰电极的制备及其对邻苯二酚、对苯二酚的检测响应研究	周耀渝, 汤琳, 李贞, 刘媛媛, 杨贵德, 伍梦诗, 雷晓霞, 曾光明(1211)
新建核电站风险信息沟通实证研究	贺桂珍, 吕永龙(1218)
《环境科学》征订启事(942) 《环境科学》征稿简则(992) 信息(932, 949, 1061, 1210) 专辑征稿通知(1173)	

大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析

程芳^{1,2}, 程金平^{2*}, 桑恒春³, 于金莲¹, 席磊², 皮帅帅²

(1. 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240; 3. 上海市海洋事务管理中心, 上海 200050)

摘要: 大金山岛是上海自然陆地海拔最高点, 为了探明大金山岛陆域土壤重金属污染状况及其相关性, 本研究以网格法及蛇形采样法进行布点采样, 采用单因子污染指数法及潜在生态危害指数法对大金山岛陆域土壤环境重金属污染状况进行评价。结果表明, 大金山岛陆域土壤重金属基本符合一级土壤标准, 其中 Cd 有轻微污染, 样品超标率为 85.4%; 其次是 Pb, 超标率为 26.8%; Zn 和 Cu 未超标。Pb-Cu、Pb-Zn、Cu-Zn 之间在 $P=0.05$ 水平有显著正相关性, 说明其同源性较高, 受成土母质影响很大, 这也间接说明大金山岛被保护尚好, 受人为活动影响较小。

关键词: 大金山岛; 重金属; 土壤污染; 评价; 相关性

中图分类号: X53 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)03-1062-05

Assessment and Correlation Analysis of Heavy Metals Pollution in Soil of Dajinshan Island

CHENG Fang^{1,2}, CHENG Jin-ping², SANG Heng-chun³, YU Jin-lian¹, XI Lei², PI Shuai-shuai²

(1. College of Life and Environmental Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 3. Shanghai Marine Affairs Management Center, Shanghai 200050, China)

Abstract: The Dajinshan Island is the highest altitude point in the nature land of Shanghai. In order to find out the status of soil heavy metals pollution of the Dajinshan Island and its correlation, this paper used the methods of grid and serpents sampling to collect samples, and applied the single factor pollution index method and potential ecological harm index method to assess the pollutions status. The results showed that the main contributor of soil heavy metal pollution in Dajinshan Island was Cd, with an over-standard rate of 85.4%, followed by Pb, with an over-standard rate of 26.8%, whereas Zn and Cu were not excessive. In addition, there was significant positive correlation between Pb-Cu, Pb-Zn and Cu-Zn at the level of $P=0.05$, suggesting that they had high homology and were easily influenced by the soil forming materials. This was an indirect evidence that the Dajinshan Island was well protected and not much affected by human activities.

Key words: the Dajinshan Island; heavy metal; soil pollution; evaluation; correlation

金山三岛位于杭州湾东北部, 与大陆隔离, 自然环境优良、生物种类繁多、自然植被保存良好, 是上海地区野生植物资源最丰富的地方, 也是环境质量最为清洁的区域^[1]。1991年10月, 上海市人民政府批准金山三岛及其邻近海域为“市级海洋自然保护地”^[2]。

近年来, 随着城市工业化进程的加快, 给生态环境带来严重的破坏, 尤其是土壤环境污染因其具有滞后性、隐蔽性及长期性等特点尚未引起人们足够的重视^[3]。金山三岛海洋自然保护地处于上海市金山石化厂附近, 受气候异常及大气沉降作用的影响, 使得大气中的重金属进入土壤, 给金山三岛陆域土壤生态环境带来威胁^[4]。及时掌握保护区的生态环境状况, 这将对进一步提高自然保护地的管理水平、充分发挥自然保护地的各种功能具有十分重要的意义^[5,6]。但是大金山岛远离大陆, 且无居民居

住, 因此受外界影响较小, 受污染可能性也比较小。因此, 本研究选取土壤中常见的重金属污染因子铅、镉、铜、锌作为参评因子。到目前为止, 学者们对大金山岛地形地貌、植被^[7,8]、浮游生物^[9]等相关研究已获取较多研究成果, 但尚缺乏土壤环境污染方面的系统研究, 尤其是大金山岛土壤重金属污染的现状研究更是鲜有报道。本研究基于大金山岛陆域环境调查结果, 分析了大金山岛土壤重金属的污染现状, 并探讨了各重金属元素之间的内在相关性, 以期为大金山岛陆域土壤污染的防治和治理提供了科学依据。

收稿日期: 2012-06-08; 修订日期: 2012-07-25

基金项目: 上海市海洋管理事务中心项目

作者简介: 程芳(1987~), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境化学。

* 通讯联系人, E-mail: jpcheng@sjtu.edu.cn

1 土壤样品采集

1.1 采集方法及布点

采用网格法,对大金山岛陆域进行划分,采集表层土壤样品。在每个单元格里按照“随机”、“等量”和“多样混合”的方法^[10,11],采集4~5个土壤样品,

取混合样品,充分混匀后采用四分法取土1 kg,采样深度0~20 cm。2011年8月,于大金山岛南坡和北坡分别采集混合土壤样品25个和16个,总计41个土样。具体采样点分布情况如图1所示(其中,S1~S25代表南坡采集的25个样品,N1~N16代表北坡采集的16个样品)。

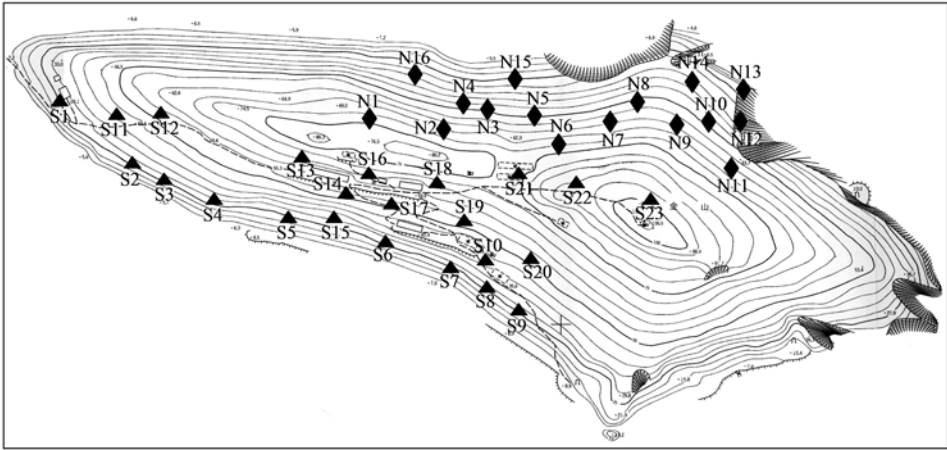


图1 大金山岛土壤采样点分布示意
Fig. 1 Distribution of soil sampling sites on the Dajinshan Island

1.2 样品制备

土样放置在室内自然风干,人工剔除根须、石块等杂物,粉碎,过20目的筛子,一部分用作物理分析,其余部分土样在玛瑙钵中充分研磨至粉末状,过100目筛子,置于磨口玻璃瓶中保存,进行化学分析。

1.3 测量方法

土壤参照环境质量标准(GB 15618-1995)^[12],称取已经研磨过筛的土壤样品0.1 g,经HNO₃-HClO₄消解后,采用火焰原子吸收分光光度法测定样品中Zn含量;用石墨炉原子吸收测定样品中的Cu、Pb和Cd的含量。

2 评价方法

2.1 重金属单因子污染指数法

我国对自然保护区土壤重金属含量的最大值也做了明确规定,大金山岛属于生态自然保护区,土壤质量应该符合土壤环境质量标准(GB 15618-1995)中的一级标准,采用单因子污染指数法^[13,14]对土壤重金属污染进行评价,计算公式如下:

$$P_i = C_i/S_i \tag{1}$$

式中, P_i 为土壤污染物*i*的环境质量指数; C_i 为土壤污染物*i*的实测值,mg·kg⁻¹; S_i 为土壤污染物*i*

的评价标准,mg·kg⁻¹。
 $P_i \leq 1$,未污染; $1 < P_i \leq 2$,轻污染; $2 < P_i \leq 3$,中污染; $P_i > 3$,重污染。当 P_i 值越大则表示污染越严重。

2.2 生态危害系数评价法

潜在生态危害系数法^[15],是瑞典科学家Hakanson提出的一种沉积物中重金属的评价方法,为了使区域质量评价更具有代表性和可比性,Hakanson从重金属的生物毒性角度出发建议对重金属元素进行评价^[16,17]。根据这一方法,某区域土壤中单一重金属第*i*种重金属的潜在生态危害系数 E_r^i 可表示为:

$$E_r^i = T_r^i \times P_i^i \tag{2}$$

式中, P_i^i 为重金属*i*的污染因子; T_r^i 为重金属*i*的毒性系数。

土壤中多种重金属元素潜在生态危害指数(RI)是各单一重金属元素的潜在生态危害指数(E_r^i)之和:

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i \tag{3}$$

该方法只需要土壤中重金属总量分析数据,方法的实用性大大提高^[18,19]。各种重金属的毒性系数见表1所示。

表 1 土壤中各重金属的毒性系数

Table 1 Toxicity coefficient of heavy metals in soil				
金属元素	Pb	Cd	Cu	Zn
毒性系数	5	30	5	1

表 2 重金属潜在生态危害系数与污染程度的关系

Table 2 Relationship of the potential ecological risk coefficient and pollution degree of heavy metals					
项目	污染程度的等级划分				
E_r^i	$E_r^i < 40$	$40 \leq E_r^i < 80$	$80 \leq E_r^i < 160$	$160 \leq E_r^i < 320$	$E_r^i \geq 320$
RI	$RI < 50$	$50 \leq RI < 300$	$300 \leq RI < 600$	$RI > 600$	$RI > 600$
污染程度	轻微生态危害	中等生态危害	强生态危害	很强生态危害	极强生态危害

3 大金山岛重金属污染与评价

3.1 重金属单因子污染指数分析

通过测定大金山岛采集的 41 个土壤样品中铅、镉、铜、锌等 4 种重金属的含量,绘制重金属实测值与土壤环境标准 I 类土壤标准的比较图,如图 2~5

依据单一重金属的潜在生态危害系数 E_r^i 可将土壤中重金属污染状况划分为 5 个等级;多个重金属的潜在生态危害系数 RI 可将土壤中重金属污染状况划分为 5 个等级;其污染程度的具体关系见表 2。

所示;把测定结果分别代入式(1)中,就得到各种金属指标的富集系数,其整理结果如表 3 所示。

从上述图 2~5 和表 3 可以看出,除了个别样品,土壤中各种金属含量差异不大,这说明金属在土壤中的分布较均匀。其中铅和镉的污染指数较大,是大金山岛重金属污染的主要贡献者。

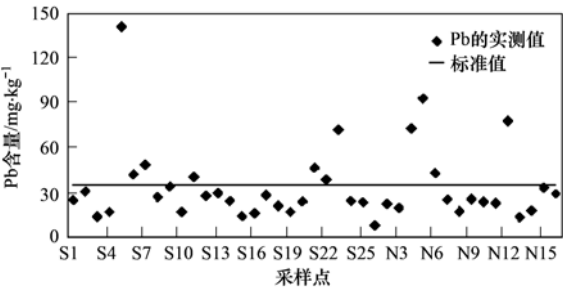


图 2 Pb 含量实测值与标准值的比较

Fig. 2 Comparison of Pb content between the measured value and the standard value

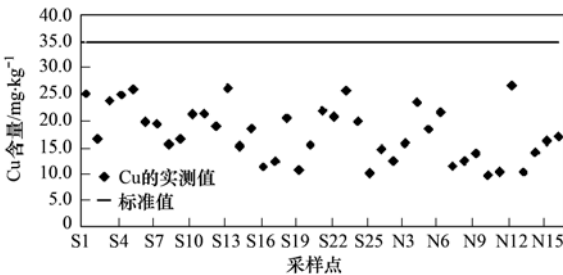


图 4 Cu 含量实测值与标准值的比较

Fig. 4 Comparison of Cu content between the measured value and the standard value

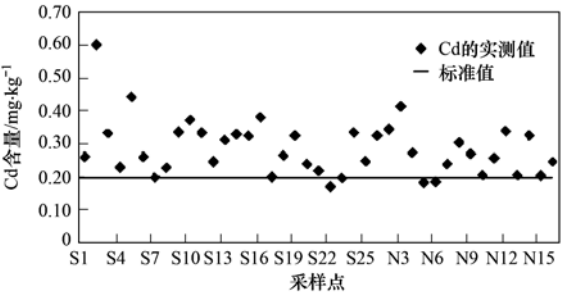


图 3 Cd 含量实测值与标准值的比较

Fig. 3 Comparison of Cd content between the measured value and the standard value

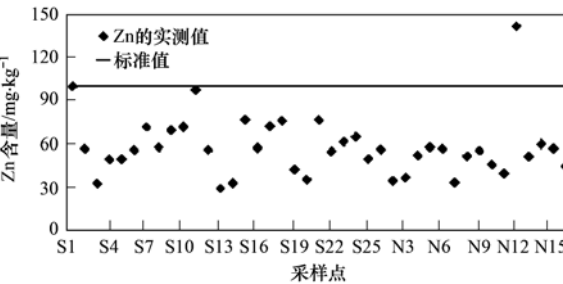


图 5 Zn 含量实测值与标准值的比较

Fig. 5 Comparison of Zn content between the measured value and the standard value

表 3 土壤重金属污染因子评价结果

Table 3 Evaluation results of pollution factor for heavy metals in soil									
监测项目	测试点数量	评价指数 范围 P_i	污染指数 P_i						超标率 /%
			$P_i \leq 1$ (未污染)		$1 < P_i \leq 2$ (轻污染)		$P_i > 2$		
			个数	百分率/%	个数	百分率/%	个数	百分率/%	
Pb	41	0.23 ~ 8.74	30	73.2	6	14.6	5	12.2	26.8
Cd	41	0.86 ~ 3.01	6	14.6	32	78.0	3	7.3	85.4
Cu	41	0.28 ~ 0.76	41	100	0	0	0	0	0
Zn	41	0.29 ~ 1.42	40	97.6	1	2.4	0	0	2.4

从图 2 可以看出,大金山岛土壤中 Pb 的含量大部分处于最大标准值以下,超标率达到 26.8%,属于轻度污染. 其中北坡有一样品铅含量达到 $306\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,污染因子高达 8.74,属于重污染,造成这样的结果可能是因为外界人为因素带来的污染源,造成小面积的污染;其余几个样品虽然也超标,但是污染指数均在 1~3 之间,污染程度不是很大.

去掉个别铅含量超高的点,大金山岛土壤铅含量均值为 $30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,符合国家一级标准. 与上海市其他几个海岛潮间带沉积物含铅量相比较:崇明岛、长兴岛、横沙岛及无居民岛铅平均含量分别为 27.8、15.6、21.2、 $16.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,以长兴岛铅平均含量最低,崇明岛最高,其次为横沙岛,所以大金山岛铅含量较其他无居民岛稍微偏高,和崇明岛较为相近.

大金山岛土壤中镉含量超标较为严重,高达 85.4%,但是从图 3 可以看出,镉的实测值均在最大标准值($0.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)上下波动,其超标样品污染因子大多数集中在 1~2 之间,属于轻度污染,这可能与土壤背景值较高有很大关系. 其均值($0.29\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)与附近化学工业区土壤背景值^[20~22]($0.281\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)相差不大,这可能是成土母质和成土因素影响以及 20 世纪 50~70 年代该地区部队驻扎人为引入的结果. 当然,另一方面也与重金属的大气沉降带来的污染有一定关系.

铜的污染指数相对较小,均 <1 ,这说明大金山岛暂时未受到铜污染. 锌的污染指数相对也不大,所测定的 41 个样品中只有 1 个样品锌含量超标,但是其污染指数 <2 ,属于轻度污染,总体来说,大金山岛几乎未受到锌污染.

3.2 大金山岛土壤中重金属的潜在生态危害评价

把表 3 中计算所得各土壤样品中各重金属元素的富积系数和表 2 中各种重金属的毒性系数 T_r^i 代入公式(2),将计算得到的大金山岛表层土壤中单一重金属的潜在生态危害系数 E_r^i ,并依据公式(3),得到多种重金属潜在生态危害系数 RI,计算结果如表 4 所示.

由表 4 可知,从单个重金属的潜在生态危害系数来评价,大金山岛所有监测点土壤中重金属 Pb、Cd、Cu、Zn 的潜在生态危害系数均值远远小于 40,属于轻微生态危害;个别样品铅的潜在生态系数略大于 40,达到中等生态危害程度. 其潜在生态危害顺序为: $\text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$. RI 值达到 17.58,处于轻微生态危害程度.

表 4 大金山岛土壤重金属潜在生态危害评价结果

Table 4 Evaluation results of the potential ecological risk of heavy metals in the soil of Dajinshan Island

项目	E_r^i		均值	污染程度
	最小值	最大值		
Pb	1.20	43.7	5.68	轻微生态危害
Cd	5.13	18.06	8.58	轻微生态危害
Cu	1.40	3.80	2.57	轻微生态危害
Zn	0.29	1.42	0.58	轻微生态危害
RI	10.18	59.07	17.58	轻微生态危害

比较两种重金属污染评价方法,不难发现,用污染指数法表征土壤受污染程度时,Pb 的污染系数已经接近于受污染的临界值,个别点甚至已经远远大于 1,属于重污染. 但是,如果用潜在生态危害评价法分析,Pb 的生态危害程度较轻,其原因可能是有些重金属元素虽然富积程度较高,但其具有亲颗粒性,容易被其他颗粒物迁移进入土壤中矿化埋藏使它们对生物的毒性降低,所以只有把重金属在土壤环境中的富积程度与其对生态系统的潜在生态危害程度相结合,才能全面反映土壤中重金属的污染状况^[23].

3.3 相关性分析

土壤重金属来源于成土母质和人类活动. 同来源的重金属之间存在着相关性,土壤中重金属含量与土壤性质的相关性除受元素本身性质影响外,与元素所处的环境及其元素的来源有很大的关系.

由表 5 相关性分析结果可知,Pb-Cu、Pb-Zn、Cu-Zn 之间在 $P=0.05$ 水平有显著正相关性^[24],说明它们的同源性很高,这也说明大部分重金属含量受人为活动干扰较少,主要与成土母质有关^[25]. 其他重金属元素之间均不存在相关性.

表 5 土壤重金属元素之间的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between heavy metals in soil

	Pb	Cd	Cu	Zn
Pb	1			
Cd	0.076 635	1		
Cu	0.466 636	0.040 724	1	
Zn	0.588 099	0.006 748	0.402 3	1

4 结论

总体来说,大金山岛被保护较好,污染状况不是很严重. 与土壤环境标准 I 类土壤标准相比较,土壤重金属超标率最严重的是 Cd,这与土壤背景值偏高有一定关系,因此不能定义受污染严重;其次,Pb 有轻微污染;而铜和锌并未污染. 4 种重金属潜在生态危害顺序为: $\text{Cd} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$,均属于

轻微生态危害程度。总潜在系数 RI 值达到 17.58,处于轻微生态危害程度。由于大金山岛属于无人岛,所以受人为活动影响较小,各金属元素之间存在一定相关性,其污染大多与成土母质有关。总体来说,个别点出现铅含量远远超过标准值,可能是渔民上岛活动或是一些游客上岛造成的,这也提示有关部门,要规范管理条例,加强管理力度,制定切实可效的管理方法,以求保护大金山岛原生态的自然环境。

参考文献:

- [1] 张松龄. 上海的绿色明珠——上海金山岛海洋自然保护区 [A]. 见: 中国自然科学博物馆协会. '93 自然科学博物馆与环境国际学术讨论会论文集 [C]. 北京: 中国自然科学博物馆协会, 1993.
- [2] 上海市城市规划设计研究院. 金山三岛海洋生态自然保护区保护规划 [R]. 上海: 上海市城市规划设计研究院, 2001.
- [3] 明金 E, 著. 王蔼玲, 常连贵, 廖进德, 译. 地下水污染调查与预测计算 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1978.
- [4] 纪焕红, 叶属峰, 王金辉, 等. 金山三岛海洋生态自然保护区海域营养盐变化趋势与评价 [J]. 海洋环境科学, 2004, 23(2): 36-39.
- [5] 李丕学, 何金林. 上海市开展海岛开发利用与保护的对策分析 [J]. 海洋湖沼通报, 2011, (4): 122-125.
- [6] 杨邦杰, 吕彩霞. 中国海岛的保护开发与管理 [J]. 中国发展, 2009, 9(2): 10-14.
- [7] 朱春玲, 韩玉洁, 谢锦忠, 等. 上海大金山岛森林群落调查与特征分析 [J]. 林业科技开发, 2008, 22(6): 56-59.
- [8] 达良俊, 杨永川, 陈燕萍. 上海大金山岛的自然植物群落多样性 [J]. 中国城市林业, 2004, 2(3): 22-25.
- [9] 纪焕红, 叶属峰, 黄秀清. 上海市金山三岛海域浮游动物分布特征 [J]. 海洋通报, 2004, 23(5): 87-91.
- [10] 高怀友, 赵玉杰, 师荣光, 等. 区域土壤环境质量评价基准研究 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(S1): 342-345.
- [11] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-1001.
- [12] GB 15618-1995, 土壤环境质量标准 [S].
- [13] 叶文虎, 栾胜基. 环境质量评价学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1994. 671.
- [14] 窦磊, 周永章, 王旭日, 等. 针对土壤重金属污染评价的模糊数学模型的改进及应用 [J]. 土壤通报, 2007, 38(1): 101-104.
- [15] 徐争启, 倪师军, 庾先国, 等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算 [J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 112-115.
- [16] Chapman P M, Wang F Y, Adams W J, et al. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids [J]. Environmental Science and Technology, 1999, 33(22): 3937-3941.
- [17] 霍文毅, 黄风茹, 陈静生, 等. 河流颗粒物重金属污染评价方法比较研究 [J]. 地理科学, 1997, 17(1): 81-86.
- [18] 张丽旭, 任松, 蔡健. 东海三个倾倒区表层沉积物重金属富集特征及其潜在生态风险评价 [J]. 海洋通报, 2005, 22(2): 92-96.
- [19] 张亮, 曹丛华, 任荣珠, 等. 岚山港海洋临时倾倒区表层沉积物重金属污染、潜在生态风险评价及变化趋势分析 [J]. 海洋通报, 2011, 30(2): 234-239.
- [20] 陈玲, 夏俊, 李宇, 等. 上海化学工业区土壤环境背景值调查 [J]. 生态学杂志, 2005, 24(1): 65-69.
- [21] 杨忠芳, 朱立, 陈岳龙. 现代环境地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 1999. 381-382.
- [22] 勒斯勒 H J, 朗格 H, 著. 卢焕章, 徐仲伦, 译. 地球化学表 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 169-172.
- [23] 窦磊, 周永章, 王旭日, 等. 针对土壤重金属污染评价的模糊数学模型的改进及应用 [J]. 土壤通报, 2007, 38(1): 101-105.
- [24] Adriano D C. Trace element in the terrestrial environment [M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1986.
- [25] 邱海源. 土壤重金属潜在生态危害评价及其同源相关性研究 [J]. 资源节约与环保, 2011, (1): 68-70.

CONTENTS

Estimation of PM _{2.5} over Eastern China from MODIS Aerosol Optical Depth Using the Back Propagation Neural Network	GUO Jian-ping, WU Ye-rong, ZHANG Xiao-ye, <i>et al.</i> (817)
Comparison of Atmospheric Particulate Matter and Aerosol Optical Depth in Beijing City	LIN Hai-feng, XIN Jin-yuan, ZHANG Wen-yu, <i>et al.</i> (826)
Impacts of Meteorological Factors on Atmospheric Methane Mole Fractions in the Background Area of Yangtze River Delta	PU Jing-jiao, XU Hong-hui, GU Jun-qiang, <i>et al.</i> (835)
Dispersion and Analysis of Odor Pollution in Landfill Area Under the Enclosed Operation Condition	LU Peng, WU Shi-xing, DAI Zhi-feng, <i>et al.</i> (842)
Distribution Characteristics and Sea-Air Fluxes of Volatile Halocarbons in the East China Sea in Winter	HE Zhen, LU Xiao-lan, YANG Gui-peng (849)
Intra- and Inter-annual Variabilities of Particulate Organic Matter in the Mirs Bay from 2000 to 2010	LI Xu-lu, ZHOU Yi-pin, XIA Hua-yong (857)
Phytoplankton Assemblages and Their Relation to Environmental Factors by Multivariate Statistic Analysis in Bohai Bay	ZHOU Ran, PENG Shi-tao, QIN Xue-bo, <i>et al.</i> (864)
Characteristics and Evolution of Hydrochemical Compositions of Freshwater Lake in Tibetan Plateau	WANG Peng, SHANG Ying-nan, SHEN Li-cheng, <i>et al.</i> (874)
Estimation of Nonpoint Source Pollutant Loads and Optimization of the Best Management Practices (BMPs) in the Zhangweinan River Basin	XU Hua-shan, XU Zong-xue, LIU Pin (882)
An Object-Oriented Intelligent Engineering Design Approach for Lake Pollution Control	ZOU Rui, ZHOU Jing, LIU Yong, <i>et al.</i> (892)
Contribution of Plant Litters to Sediments Organic Matter in Jiulong River Estuary Wetland	LUO Zhuang-xi, QIU Zhao-zheng, WANG Zhen-hong, <i>et al.</i> (900)
Application of Tiered Approach to Assess the Impact of Backfilling Remediated Soil on Groundwater	ZHONG Mao-sheng, JIANG Lin, YAO Jue-jun, <i>et al.</i> (907)
Removal of Nitrate from Groundwater Using Permeable Reactive Barrier	LI Xiu-li, YANG Jun-jun, LU Xiao-xia, <i>et al.</i> (914)
Research on Pollution Load of Sediments in Storm Sewer in Beijing District	LI Hai-yan, XU Bo-ping, XU Shang-ling, <i>et al.</i> (919)
Occurrence and Risk Assessment of Five Selected PPCPs in Municipal Wastewater Treatment Plant and the Receiving Water	WEN Zhi-hao, DUAN Yan-ping, MENG Xiang-zhou, <i>et al.</i> (927)
Microbial Risk Assessment of Urban Water Bodies for Aesthetical and Recreational Uses	SUN Fu, SHA Jing, ZHANG Yi-fan, <i>et al.</i> (933)
Study on Removal of Di-(2-Ethylhexyl) Phthalate by Using of Small-Scale Biological Aerated Filter	LI Wei, ZHAO Jing, YU Jian, <i>et al.</i> (943)
Mechanism of Membrane Fouling and Filtration Characteristics in a Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment	FAN Ju-hong, YU Su-lin, ZHANG Pei-shuai, <i>et al.</i> (950)
Enhanced Electro-Chemical Oxidation of Acid Red 3R Solution with Phosphotungstic Acid Supported on γ -Al ₂ O ₃	YUE Lin, WANG Kai-hong, GUO Jian-bo, <i>et al.</i> (955)
Degradation Kinetics of Activated Carbon Catalyzed Persulfate Oxidation Orange G	YANG Mei-mei, ZHOU Shao-qi, LIU Dan, <i>et al.</i> (962)
Study on the Start-up of the Anaerobic Baffled Reactor for Treating Alkali-dewighting and Dyeing-printing Wastewater	YANG Bo, ZHONG Qi-jun, LI Fang, <i>et al.</i> (968)
Study on the Pollutants Removal Performance Along the Advanced Treatment in Tannery Wastewater by O ₃ -BAF	YU Bin, LIU Rui, CHENG Jia-di, <i>et al.</i> (974)
Effect of Pilot UASB-SFSBR-MAP Process for the Large Scale Swine Wastewater Treatment	WANG Liang, CHEN Chong-jun, CHEN Ying-xu, <i>et al.</i> (979)
Cultivation of Aerobic Granular Sludge with Municipal Wastewater and Studies on Its Characteristics Under the Continuous Flow	NIU Shu, DUAN Bai-chuan, ZHANG Zuo-li, <i>et al.</i> (986)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (I) : Model Constitution	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (993)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (II) : Process Simulation	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (998)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (III) : Model Application	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (1004)
Comparative Study on Water-air CO ₂ , CH ₄ Flux in Two Tributaries in the Three Gorges Reservoir, China	LI Zhe, BAI Lei, GUO Jin-song, <i>et al.</i> (1008)
Factors Influencing the Spatial Variability in Soil Respiration Under Different Land Use Regimes	CHEN Shu-tao, LIU Qiao-hui, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (1017)
Differences in Soil Respiration Between Cropland and Grassland Ecosystems and Factors Influencing Soil Respiration on the Loess Plateau	ZHOU Xiao-gang, ZHANG Yan-jun, NAN Ya-fang, <i>et al.</i> (1026)
Application and Benefit Evaluation of Tiered Health Risk Assessment Approach on Site Contaminated by Benzene	JIANG Lin, ZHONG Mao-sheng, LIANG Jin, <i>et al.</i> (1034)
History of Heavy Metal Pollution from Tidal Flat in Haizhou Bay	ZHANG Rui, ZHANG Fan, LIU Fu-cheng, <i>et al.</i> (1044)
Accumulation, Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in Surface Sediment of Caohai Plateau Wetland, Guizhou Province	ZHANG Qing-hai, LIN Chang-hu, TAN Hong, <i>et al.</i> (1055)
Assessment and Correlation Analysis of Heavy Metals Pollution in Soil of Dajinshan Island	CHENG Fang, CHENG Jin-ping, SANG Heng-chun, <i>et al.</i> (1062)
Fraction Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Stream Sediments from a Typical Nonferrous Metals Mining City	LI Ru-zhong, JIANG Yan-min, PAN Cheng-rong, <i>et al.</i> (1067)
Contamination and Health Risk for Heavy Metals via Consumption of Vegetables Grown in Fragmentary Vegetable Plots from a Typical Nonferrous Metals Mine City	LI Ru-zhong, PAN Cheng-rong, XU Jing-jing, <i>et al.</i> (1076)
Correlativity Study of the Distribution of Soil Magnetic Susceptibility and the Heavy Metal Contents in Xi'an City	CHEN Xiu-duan, LU Xin-wei, YANG Guang (1086)
Distribution Characteristics and Environmental Significance of Heavy Metals in Soil Particle Size Fractions from Tropical Forests in China	GONG Cang, XU Dian-dou, CHENG Hang-xin, <i>et al.</i> (1094)
Study on Phosphorus Adsorption Characteristic of Sediments in an Ecological Ditch	ZHANG Shu-nan, JIA Zhao-yue, XIAO Run-lin, <i>et al.</i> (1101)
Fractions and Adsorption Characteristics of Phosphorus on Sediments and Soils in Water Level Fluctuating Zone of the Pengxi River, a Tributary of the Three Gorges Reservoir	SUN Wen-bin, DU Bin, ZHAO Xiu-lan, <i>et al.</i> (1107)
Sorption Behavior of Triton X-100 on Loess and Affecting Factors	ZHONG Jin-kui, ZHAO Bao-wei, ZHU Kun, <i>et al.</i> (1114)
Residual Levels in Air, Soil and Soil-Air Exchange of Organochlorine Pesticides in Hami Region of Xinjiang and Its Potential Ecological Risk	MA Zi-long, MAO Xiao-xuan, DING Zhong-yuan, <i>et al.</i> (1120)
Levels and Sources of Decabromodiphenyl Ether and Dechlorane Plus in Xining and Tianjun, Qinghai Province, China	HE Chang, JIN Jun, MA Zhao-hui, <i>et al.</i> (1129)
Vertical Distribution of PBDEs and DL-PCBs in Sediments of Taihu Lake	MA Zhao-hui, JIN Jun, QI Xue-kui, <i>et al.</i> (1136)
Characteristics of Organic Pollutants in the Sediments from a Typical Electronics Industrial Zone	LIU Jin, DENG Dai-yong, XU Mei-ying, <i>et al.</i> (1142)
Emission Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Exhaust Particles from a Diesel Car	TAN Pi-qiang, ZHOU Zhou, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (1150)
Characterization of PAHs in Fly Ashes from Coke Production	MU Ling, PENG Lin, LIU Xiao-feng, <i>et al.</i> (1156)
Comparison of PAHs Distribution in Stabilized Sludge by Sludge Drying Bed and Reed Bed	CUI Yu-bo, SUN Hong-jie, RAN Chun-qiu, <i>et al.</i> (1161)
Effects of Adsorbents on Partitioning and Fixation of Heavy Metals in the Incineration Process of Sewage Sludge	LIU Jing-yong, SUN Shui-yu, CHEN Tao (1166)
Environmental Toxicity of Waste Foundry Sand	ZHANG Hai-feng, WANG Yu-jue, WANG Jin-lin, <i>et al.</i> (1174)
Construction and Properties of a Microbial Whole-cell Sensor CB10 for the Bioavailability Detection of Cr ⁶⁺	HOU Qi-hui, MA An-zhou, ZHUANG Xu-liang, <i>et al.</i> (1181)
Structure and Dynamics of Microbial Community in the Denitrifying Sulfide Removal Process	YU Hao, WANG Ai-jie, CHEN Chuan (1190)
Effects of Physico-chemical Parameters on the Abundance of the Denitrification-associated Genes <i>nirK</i> , <i>nirS</i> and <i>nosZ</i> During Agricultural Waste Composting	HU Chun-xiao, CHEN Yao-ning, ZHANG Jia-chao, <i>et al.</i> (1196)
Impact of PAHs on the Expression of PRDX in Earthworm (<i>Eisenia fetida</i>)	LIN Kang-li, ZHENG Sen-lin, SONG Yu-fang, <i>et al.</i> (1204)
Preparation of OMC-Au/L-Lysine/Au Modified Glassy Carbon Electrode and the Study on Its Detection Response to Hydroquinone and Catechol	ZHOU Yao-yu, TANG Lin, LI Zhen, <i>et al.</i> (1211)
Risk Communication in Construction of New Nuclear Power Plant	HE Gui-zhen, LÜ Yong-long (1218)

《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3月15日 34卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 3 Mar. 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

国内外公开发行人