

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第3期

Vol.33 No.3

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

典型排放源黑碳的稳定碳同位素组成研究 陈颖军,蔡伟伟,黄国培,李军,张干(673)

天山典型冰川区雪冰中碳质气溶胶浓度特征研究 王圣杰,张明军,王飞腾,李忠勤(679)

兰州市夏秋季颗粒物谱分布特征研究 赵素平,余晔,陈晋北,刘娜,何建军(687)

不同交通状况下道路边大气颗粒物数浓度粒径分布特征 杨柳,吴焯,宋少洁,郝吉明(694)

南京市夏季大气气溶胶新粒子生成事件分析 王红磊,朱彬,沈利娟,康汉青,刁一伟(701)

西北干旱区降水中 $\delta^{18}O$ 变化特征及其水汽输送 李小飞,张明军,李亚举,王圣杰,黄小燕,马潜,马雷宁(711)

海南东部河口和近岸海域总溶解态无机砷的分布及季节变化 曹秀红,任景玲,张桂玲,张金娥,杜金洲,朱德弟(720)

大辽河口痕量元素砷的河口混合行为 简慧敏,姚庆祯,于立霞,田琳(727)

渤海湾表层沉积物各形态重金属的分布特征与生态风险评价 徐亚岩,宋金明,李学刚,袁华茂,李宁(732)

青岛近岸表层海水中PAHs的分布特征及物源初步解析 李先国,邓伟,周晓,唐旭利,魏新运,王岩(741)

广西乐业大石围天坑群多环芳烃的干湿沉降 孔祥胜,祁士华,黄保健,张原,李杰(746)

上海宝山区城市土壤铅污染来源的同位素判别 董辰寅,张卫国,王冠,马鸿磊,刘圆,刘莹,叶雷平,俞立中(754)

溶质迁移模型在地下水有机污染源识别中的应用 王树芳,王丽亚,王晓红,林沛,刘久荣,辛宝东,贺国平(760)

地下水污染风险评估中特征污染物量化方法探讨 王俊杰,何江涛,陆燕,刘丽雅,张小亮(771)

用于地下水回灌的再生水预处理工艺研究 高滢滢,张薛,赵璇,赵刚(777)

菲律宾蛤仔养殖对胶州湾沉积物-水界面生源要素迁移的影响 邓可,刘素美,张桂玲,陆小兰,张经(782)

南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,安静(794)

上海都市农业村域地表水非点源氮素的时空分异特征 王楠,毛亮,黄海波,张进忠,周培(802)

不同粒径地表街尘中重金属在径流冲刷中的迁移转化 何小艳,赵洪涛,李叙勇,连宾,王小梅(810)

新型人工湿地对工业区降雨径流的净化研究 何丽君,马邕文,王金泉,李东亚,王艳(817)

改性膨润土应急截留液态有机物的性能及机制 李宇,刘贤君,张兴旺,雷乐成(825)

卵圆卡盾藻香港株过氧化氢产生的影响因素研究 江涛,吴霓,钟艳,江天久(832)

芽孢杆菌B1胞外活性物质对球形棕囊藻的溶藻特性研究 李蕾,赵玲,尹平河(838)

底泥对洋河水库微囊藻和鱼腥藻生长影响的研究 储昭升,张玉宝,金相灿,徐颖,杨红君(844)

新型无极准分子光源深度处理水相中含N-杂环化合物 叶招莲,汪斌,路娟娟,李峰,张仁熙(849)

La/Ce掺杂钛基二氧化铅电极的制备及电催化性能研究 郑辉,戴启洲,王家德,陈建孟(857)

DTT对三苯基甲烷染料脱色的研究 潘涛,刘大伟,任随周,郭俊,孙国萍(866)

pH及络合剂对亚铁活化 $S_2O_8^{2-}$ 氧化去除活性艳蓝的影响研究 张成,王金泉,马邕文,王艳,黄明智,兰明(871)

臭氧降解高浓度腐殖酸动力学 郑可,周少奇,杨梅梅(879)

采用体积信息熵表征颗粒污泥系统稳定性及其稳定机制 李志华,姬晓琴,李胜,谢磊,赵海龙,王晓昌(885)

活性污泥的理化性质与絮凝调理投药量的关系 李婷,王毅力,冯晶,徐萌(889)

不同颗粒龄的好氧颗粒污泥性能的研究 周曼,杨昌柱,濮文虹,罗应东,龚建宇(896)

颗粒粒径与数量对硝化与反硝化过程的影响 李志华,曾金锋,李胜,姬晓琴,王晓昌(903)

氧化沟不同曝气模式对氮磷去除性能的优化与比较 郭昌梓,彭党聪,陈雪梅,王丹(910)

生物沥浸的酸化效应对城市污泥脱水性能的影响 朱海凤,周立祥,王电站(916)

2种不同生物接触氧化工艺性能差异的微生物研究 钱殷,全向春,裴元生,马景赞,陶锬(922)

微生物群落对土壤微生物呼吸速率及其温度敏感性的影响 范分良,黄平容,唐勇军,李兆君,梁永超(932)

干旱沙区人工固沙植被演变过程中土壤有机碳氮储量及其分布特征 贾晓红,李新荣,周玉燕,李元寿(938)

密云水库上游流域土壤有机碳和全氮密度影响因素研究 王淑芳,王效科,欧阳志云(946)

外加营养源作用下微生物黏结剂对土壤团聚体的影响 莫艳华,汤佳,张仁铎,李方舟(952)

低分子量腐殖酸改性蒙脱土对黄曲霉素的吸附作用 姚佳佳,康福星,高彦征(958)

液固比对土壤洗涤去除多环芳烃效果的影响 吴威,姜林,陈家军,彭胜(965)

基于PPI的土地利用优化研究 武晓峰,李婷(971)

若尔盖高原湿地藻类多样性研究 陈曦,刘如钢,王艳芬,张洪勋(979)

3种杀真菌剂对AM真菌侵染和黄芩生长的影响 贺学礼,王平,马丽,孟静静(987)

崇明东滩夏季沉积物厌氧氨氧化菌群落结构与空间分布特征 郑艳玲,侯立军,陆敏,谢冰,刘敏,李勇,赵慧(992)

厌氧条件下2,2',4,4'-四溴联苯醚的微生物降解 卢晓霞,陈超琪,张姝,欧阳,尹力,吴蔚(1000)

重金属对白腐菌降解十溴联苯醚的影响 熊士昌,尹华,彭辉,何宝燕,龙焰,叶锦韶,张娜,彭素芬(1008)

有机农药滴滴涕和毒死蜱生物降解机制的分子模拟研究 林玉珍,曾光明,张娉,陈明,蒋敏,张嘉超,鲁伦慧,刘利锋(1015)

高效木薯渣分解复合菌群RXS的构建及其发酵特性研究 何江,毛忠贵,张庆华,张建华,唐蕾,张宏建(1020)

四环素类抗生素污染畜禽粪便的厌氧消化特征 童子林,刘元璐,胡真虎,袁守军(1028)

上推流厌氧反应器连续干发酵猪粪产沼气试验研究 陈闯,邓良伟,信欣,郑丹,刘刘,孔垂雪(1033)

《环境科学》征稿简则(878) 《环境科学》征订启事(1007) 信息(759, 770, 870, 1027)

上海宝山区城市土壤铅污染来源的同位素判别

董辰寅¹, 张卫国^{1*}, 王冠¹, 马鸿磊¹, 刘圆², 刘莹¹, 叶雷平¹, 俞立中¹

(1. 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062; 2. 华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200062)

摘要: 对上海市宝山区月浦公园和蕴川公路菜田采集的土壤柱样, 进行了土壤粒度、铅(Pb)含量及其稳定同位素比值的垂向变化分析, 以探讨土壤的铅污染特征及其来源。结果表明, 菜田和公园土壤柱样中铅含量分别为 17.2 ~ 34.8 mg·kg⁻¹ 和 17.5 ~ 36.5 mg·kg⁻¹, 菜田土壤²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 分别为 0.827 ~ 0.849 和 2.082 ~ 2.101, 公园土壤则为 0.839 ~ 0.848 和 2.089 ~ 2.099。2个土壤柱样中铅含量及其富集因子(EF)、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 比值都随深度增加而减小, 菜田和公园表层土壤(表层10 cm)Pb的富集因子基本都大于1.5, 指示了菜田和公园土壤表层较高含量的铅系人为活动外源输入所致。对比前人关于上海不同污染源铅稳定同位素比值的搜索结果, 菜田和公园表层土壤铅同位素特征介于长江河口潮间带沉积物和工业燃煤粉尘之间, 且 EF > 1.5, 样品更接近燃煤产物, 说明宝山区表层土壤铅污染主要来自工矿企业燃煤所产生的粉尘。

关键词: Pb; 稳定同位素; 污染来源; 土壤; 上海

中图分类号: X53 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)03-0754-06

Lead Isotope Signatures and Source Identification in Urban Soil of Baoshan District, Shanghai

DONG Chen-yin¹, ZHANG Wei-guo¹, WANG Guan¹, MA Hong-lei¹, LIU Yuan², LIU Ying¹, YE Lei-ping¹, YU Li-zhong¹

(1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. School of Resources and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Two soil cores were collected from the Yuepu Park and a vegetable field near the Yunchuan Road in Baoshan district, Shanghai. Particle size, Pb content and Pb stable isotopic ratios were measured to examine Pb contamination status and its source. The results indicate that Pb concentration in the vegetable field soil and Yuepu park soil varies from 17.2 mg·kg⁻¹ to 34.8 mg·kg⁻¹ and 17.5 mg·kg⁻¹ to 36.5 mg·kg⁻¹, respectively. The observed Pb isotopic ratios of vegetable field samples vary from 0.827 to 0.849 for ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb, and 2.082 to 2.101 for ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb, while those of Yuepu Park samples range from 0.839 to 0.848 and 2.089 to 2.097, respectively. Pb content, its enrichment factor (EF) and Pb stable isotopic ratios increase upward in both soil cores. EF values of surficial (top 10 cm) vegetable field samples and park samples are mostly greater than 1.5, suggesting that higher Pb contents in topsoils are caused by anthropogenic activities. Compared with previous reports on Pb isotope signatures of different environmental materials in Shanghai, Pb isotopic ratios in the two soil cores are between those of Yangtze River intertidal sediments and the dust of coal combustion, and those of soil samples with EF > 1.5 are closer to the isotopic ratios of coal combustion dust. It indicates that topsoil in the Baoshan district is contaminated by dust derived from coal combustion.

Key words: Pb; stable isotopic; pollution source; soil; Shanghai

铅是城市土壤污染的主要重金属元素之一, 因其具有非生物降解性以及通过食物链富集影响人类健康的特性, 引起了广泛关注^[1-5]。辨别城市土壤铅污染来源, 可为铅污染控制和治理提供合理依据。由于铅的稳定同位素在自然界中不产生同位素分馏, 几乎不受次生过程的影响, 可以较好地保留污染源的源区特点, 因此铅同位素已被广泛地应用于河流、湖泊、海洋沉积物以及大气悬浮颗粒物、土壤、血铅污染等的污染源判别^[6-14]。

上海市宝山区集中了宝钢、石洞口电厂等大型工矿企业, 同时区内交通运输繁忙, 因而重金属污染比较严重, 已有不少学者对上海宝山区大气降尘和土壤开展了相关研究^[15-19]。同时, 利用铅同位素进

行上海地区大气悬浮颗粒物以及 PM₁₀、PM_{2.5} 的铅污染来源判别, 已有不少报道^[20-24], 但是对于上海城市土壤铅同位素特征的研究还较少, 国内主要见于长春、南京、杭州等地城市表土的研究^[25-27]。本研究拟通过上海市宝山区城市土壤柱样的采集, 分析土壤铅含量及铅同位素的垂向分布特征, 利用铅同位素“指纹效应”来辨别宝山区土壤铅污染来源, 以期城市土壤污染控制提供科学依据。

收稿日期: 2011-05-04; 修订日期: 2011-07-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41001331); 中国博士后科学基金项目(20100480612)

作者简介: 董辰寅(1988~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向环境磁学与环境污染, E-mail: chenying_d@126.com

* 通讯联系人, E-mail: wgzhang@sklec.ecnu.edu.cn

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

宝山区位于上海市北部,东北濒临长江,东临黄浦江,是重要的钢铁生产基地、港口集装箱生产和出口基地及能源、水源、副食品生产和供应基地,区内分布有宝钢、上钢等大型钢铁厂及相关配套设施,并建有石洞口发电厂,因而重工业污染较为严重(图1)。宝山区近郊分布有大量农田,区内土壤类型以水稻土为主,菜田灰潮土主要分布在南部地区^[28]。

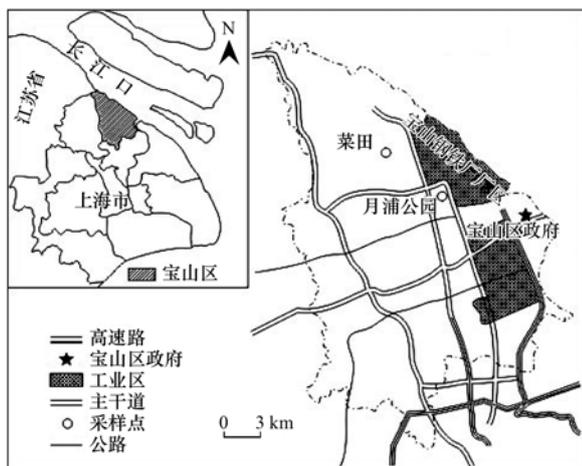


图1 研究区域和采样点分布示意

Fig. 1 Map of study area showing sampling sites

1.2 研究方法

2009年11月,在宝山区蕴川公路旁的菜田和人为干扰较小的月浦公园,各采集土壤柱样一只,菜田土壤柱样采集深度为56 cm,公园为40 cm。以2 cm间距进行分割取样。在室内将样品置于40℃的烘箱内干燥后,去除草根等动植物残体和小石块,留取少量全样用于粒度测定,其余用玛瑙研钵研磨,过120目筛,以备分析。采用HNO₃-HClO₄-HF法进行样品消解,Pb含量的测定采用Perkin Elmer公司生产的AANALYST800型原子吸收光谱仪,Al元素采用IRIS Intrepid II XSP型ICP-AES进行测定,在分析测定中采用国家标准物质(GSD-9)进行质量控制,上述2种元素的回收率分别为102.7%和96.7%。Pb同位素测定使用HR-ICP-MS(Element 2),测试过程中在每个样品中加入Tl作为内标^[29],用国际标准物质NBS981监控流程分析质量,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb分析精度分别为0.05%和0.06%。全样经5% H₂O₂和0.2 mol·L⁻¹ HCl处理后,加入0.5 mol·L⁻¹六偏磷酸钠溶液,超声振荡充分分散后,采

用库尔特激光粒度仪(Coulter LS-100Q)进行粒度分析^[30]。

2 结果与讨论

2.1 Pb的垂向分布特征及富集因子

菜田和公园土壤Pb含量变幅分别为17.2~34.8 mg·kg⁻¹和17.5~36.5 mg·kg⁻¹,平均含量分别为22.6 mg·kg⁻¹和24.8 mg·kg⁻¹。垂向上菜田和公园土壤均呈现出随深度增加,Pb含量逐渐减小,在到达一定深度后含量趋于稳定的现象,表层土壤(0~15 cm)Pb含量明显高于下层土壤。2个土壤柱样中铅含量最大值分别为34.8 mg·kg⁻¹(菜田)和36.5 mg·kg⁻¹(公园),均超出了上海土壤背景值(25.5 mg·kg⁻¹)^[31]。在15 cm以下深度,菜田和公园土壤Pb含量较小,均低于背景值(图2)。

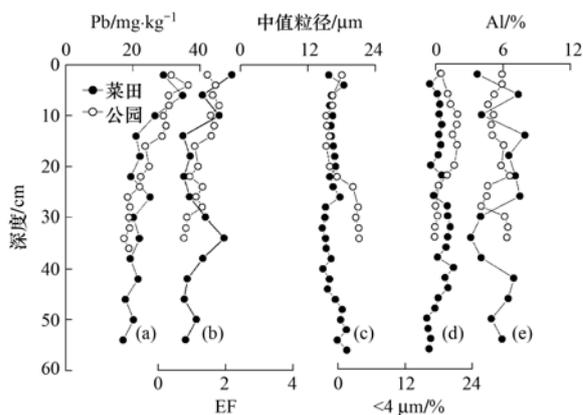


图2 Pb、富集因子、中值粒径、<4 μm组分及Al含量的垂向分布特征

Fig. 2 Vertical distributions of Pb, enrichment factor, median size, <4 μm content and Al

土壤重金属含量易受粒度影响,通常随粒度变细,重金属含量增加^[32~34]。由图2所示,菜田和公园土壤柱样中值粒径范围分别是15.1~19.0 μm和15.3~21.1 μm,垂向上波动不大。Al作为黏土含量的代用指标,垂向上变化也不明显。相关分析表明(表1和表2),菜田土壤Pb含量同粒度和Al含量没有明显的相关性,而公园土壤Pb含量同黏土(<4 μm)含量呈明显的正相关,同时与Al含量也存在一定的正相关关系。

为消除粒度对Pb含量造成的影响,可通过计算富集因子(EF),以判断元素的自然或污染成因。富集因子计算公式为:

$$EF = \frac{(Me/Al)_{\text{样品}}}{(Me/Al)_{\text{背景}}}$$

式中, $(Me/Al)_{\text{样品}}$ 为土壤样品中分析金属与 Al 的比值, $(Me/Al)_{\text{背景}}$ 是背景中分析金属与 Al 的比值, 在

表 1 菜田土壤 Pb 与粒度、Al 的相关系数 ($n=14$)

Table 1 Pearson correlation coefficients between Pb and particle size as well as Al contents in the soil core of vegetable field ($n=14$)						
	中值粒径	黏土	粉砂	砂	Al	Pb
中值粒径	1					
黏土	-0.55	1				
粉砂	0.46	-0.73	1			
砂	0.21	-0.52	-0.21	1		
Al	-0.28	0.24	-0.63	0.45	1	
Pb	-0.14	0.07	-0.31	0.28	0.19	1

表 2 公园土壤 Pb 与粒度、Al 的相关系数¹⁾ ($n=17$)

Table 2 Pearson correlation coefficients between Pb and particle size as well as Al contents in the soil core of park ($n=17$)						
	中值粒径	黏土	粉砂	砂	Al	Pb
中值粒径	1					
黏土	-0.96	1				
粉砂	0.30	-0.21	1			
砂	0.67	-0.76	-0.48	1		
Al	-0.32	0.23	-0.07	-0.16	1	
Pb	-0.93	0.86	-0.01	-0.76	0.46	1

1) 黑体表示在 0.01 水平显著相关

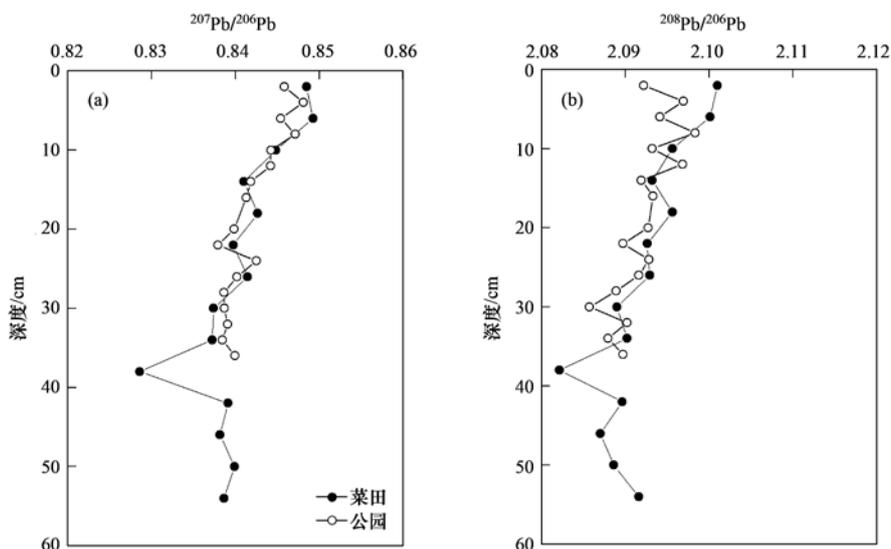


图 3 Pb 同位素的垂向分布特征

Fig. 3 Vertical distributions of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$

由图 4 所示, 菜田与公园土壤的 Pb 含量与 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 呈现显著的正相关, 即随着 Pb 含量增加, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 也呈增加趋势, 但富集因子与 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 无明显相关性。

2.3 Pb 污染源辨析

土壤表层较高的 Pb 含量以及富集因子, 说明菜田和公园表层土壤已经受到人为污染。城市土壤 Pb

此选用上海市土壤背景值^[30], 其中 $\omega(\text{Al}) = 7.0\%$, $\omega(\text{Pb}) = 25.5 \text{ mg/kg}$ 。一般认为, EF 介于 0.5 ~ 1.5 之间, 重金属主要来源于成土母质或自然风化过程, 当 $\text{EF} > 1.5$ 时, 人类活动是重金属元素的一个主要来源^[35]。由图 2 可知, 菜田、公园土壤 Pb 的 EF 值表层高于底层, 其中菜田土壤 10 cm 以上, 公园土壤 14 cm 以上深度 Pb 的 EF 值基本都大于 1.5, 而上述深度以下 Pb 的 EF 值基本都小于 1.5。这说明菜田和公园表层土壤 Pb 含量均受到较强的人为活动影响, 而土壤底部 Pb 含量主要受到成土母质或自然风化过程的影响。

2.2 Pb 同位素特征

菜田土壤 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值分别介于 0.829 ~ 0.849 和 2.082 ~ 2.101 之间。公园土壤 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值分别介于 0.839 ~ 0.848 和 2.089 ~ 2.097 之间。Pb 同位素在菜田和公园土壤中垂向变化特征同其含量变化相似, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 最大值出现在表层, 随深度增加比值减小, 15 cm 以上层位的 Pb 同位素比值明显大于 15 cm 以下的土壤(图 3)。

的污染源包括燃煤所产生的粉尘、汽车尾气、建筑水泥等。对上海不同环境介质研究表明^[20-22, 24], 含铅汽油的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值最高, 其次为燃煤所产生的粉尘, 长江河口潮间带沉积物 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值较低(表 3)。与上海环境介质中铅同位素数据相比(图 5), 菜田和公园土壤铅同位素特征介于长江河口潮间带沉积物和燃煤产物之间, $\text{EF} < 1.5$ 的土壤样品

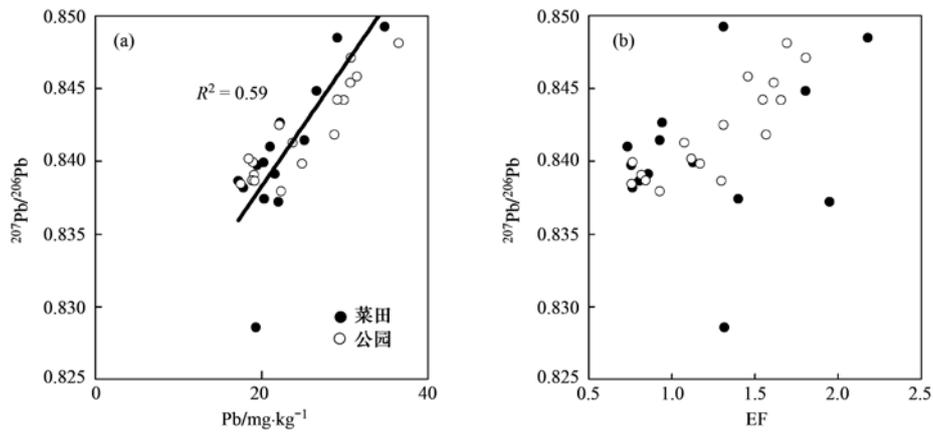


图 4 Pb 同位素与 Pb 含量和富集因子的相关性

Fig. 4 Relationships between Pb and ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb, EF and ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb

表 3 上海主要环境污染物质的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb

Table 3 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb and ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb ratios of environmental materials in Shanghai

项目	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	文献
长江河口潮间带样品	0.844 ± 0.002	2.096 ± 0.004	[36]
汽车尾气(含铅)	0.901 ± 0.005	2.194 ± 0.007	[22]
汽车尾气(无铅)	0.872 ± 0.004	2.124 ± 0.006	[22]
粉煤灰	0.860 ± 0.002	2.111 ± 0.001	[22]
煤	0.860 ± 0.010	2.121 ± 0.018	[21]
上海 PM ₁₀	0.861 ± 0.002	2.105 ± 0.005	[20]
上海 PM _{2.5}	0.863 ± 0.030	2.113 ± 0.009	[24]
蕴川公路菜田	0.841 ± 0.005	2.095 ± 0.009	本研究
月浦公园	0.842 ± 0.003	2.092 ± 0.003	本研究

铅同位素特征与长江河口潮间带沉积物最为相似，而 EF > 1.5 的样品铅同位素特征总体上要趋向于粉煤灰的铅同位素比值，同汽车尾气排放物有着明显的差别。宝山区土壤母质系长江河口沉积物^[28]，因此 Pb 的自然来源与长江河口潮间带沉积物较为相似。Chen 等^[21]指出，上海大气总悬浮颗粒物中 Pb 的主要来源是工业燃煤而非汽车尾气，汽车尾气的贡献不足 30%。在本采样区域内分布有大型的工矿企业，如宝山钢铁厂、石洞口电厂等，在其生产过程中都会消耗大量的煤炭，虽然有些企业安装了静电除尘设备，但是 < 10 μm 的细颗粒粉尘仍能被释放到大气中^[37]，这些含 Pb 的粉尘进入大气，最终经过大气干湿沉降，在土壤表层富集，使土壤表层 Pb 含量升高。史贵涛等^[38]发现上海宝山区公园灰尘中 Pb 含量可高达 350.7 mg·kg⁻¹，也进一步验证了上述观点。

3 结论

(1) Pb 含量、富集因子(EF)和 Pb 同位素的垂

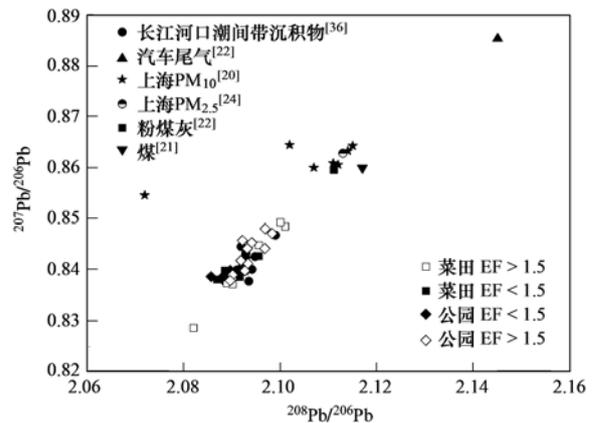


图 5 土壤样品与上海主要环境污染物质类型的 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 与 ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 比值比较

Fig. 5 Comparison of ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb and ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb ratios between soil samples and previously reported environmental materials in Shanghai.

向分布表明，上海宝山区菜田和公园土壤剖面表层土壤中 Pb 含量升高，系污染所致。

(2)宝山区表层土壤中 EF < 1.5 的样品 Pb 同位素特征接近于长江口潮滩沉积物，而表层土壤 EF

> 1.5 的样品一般具有较高的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 比值,反映了燃煤粉尘污染的影响。

参考文献:

- [1] Lee H C, Kim M K, Jo W K. Pb isotopic ratios in airborne PM₁₀ of an iron/metal industrial complex area and nearby residential areas; Implications for ambient sources of Pb pollution [J]. Atmospheric Research, 2010, **99**(3-4): 462-470.
- [2] Fenger J. Air pollution in the last 50 years-From local to global [J]. Atmospheric Environment, 2008, **43**(1): 13-22.
- [3] Duzgoren-Aydin N S. Sources and characteristics of lead pollution in the urban environment of Guangzhou [J]. Science of the Total Environment, 2007, **385**(1-3): 182-195.
- [4] 符娟林, 章明奎, 厉仁安. 杭州城市土壤铅的化学形态和可溶性研究 [J]. 浙江大学学报 (农业与生命科学版), 2004, **30**(3): 305-310.
- [5] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 南京城市土壤 Pb 的含量及其化学形态 [J]. 环境科学学报, 2002, **22**(2): 156-160.
- [6] Komárek M, Ettler V, Chrastny V, *et al.* Lead isotopes in environmental sciences: a review [J]. Environmental International, 2008, **34**(4): 562-577.
- [7] Lima A L, Bergquist B A, Boyle E A, *et al.* High-resolution historical records from Pettaquamscutt River basin sediments: 2. Pb isotopes reveal a potential new stratigraphic marker [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2005, **69**(7): 1813-1824.
- [8] Hosono T, Su C C, Okamura K, *et al.* Historical record of heavy metal pollution deduced by lead isotope ratios in core sediments from the Osaka Bay, Japan [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2010, **107**(1): 1-8.
- [9] Hao Y C, Guo Z G, Yang Z S, *et al.* Tracking historical lead pollution in the coastal area adjacent to the Yangtze River Estuary using lead isotopic compositions [J]. Environmental Pollution, 2008, **156**(3): 1325-1331.
- [10] Hu X, Wang C, Zou L M. Characteristics of heavy metals and Pb isotopic signatures in sediment cores collected from typical urban shallow lakes in Nanjing, China [J]. Journal of Environmental Management, 2011, **92**(3): 742-748.
- [11] Ewing S A, Christensen J N, Brown S T, *et al.* Pb isotopes as an indicator of the Asian contribution to particulate air pollution in urban California [J]. Environmental Science and Technology, 2010, **44**(23): 8911-8916.
- [12] Liang F, Zhang G L, Tan M G, *et al.* Lead in children's blood is mainly caused by coal-fired ash after phasing out of leaded gasoline in Shanghai [J]. Environmental Science and Technology, 2010, **44**(12): 4760-4765.
- [13] Cheng H F, Hu Y N. Lead (Pb) isotopic fingerprinting and its applications in lead pollution studies in China: a review [J]. Environmental Pollution, 2010, **158**(5): 1134-1146.
- [14] Cloquet C, Carignan J, Libourel G, *et al.* Tracing source pollution in soils using cadmium and lead isotopes [J]. Environmental Science and Technology, 2006, **40**(8): 2525-2530.
- [15] 陈圆圆, 孙小静, 王军, 等. 上海市宝山区大气降尘污染时空变化特征 [J]. 环境化学, 2009, **28**(6): 859-863.
- [16] 谢小进, 康建成, 李卫江, 等. 上海宝山区农用土壤重金属分布与来源分析 [J]. 环境科学, 2010, **31**(3): 768-774.
- [17] 陈圆圆, 孙小静, 王军, 等. 上海宝山区农业用地土壤重金属空间分异规律及分布特征研究 [J]. 环境化学, 2010, **29**(2): 215-219.
- [18] 巫和昕, 胡雪峰, 张国莹, 等. 上海市宝山区土壤重金属含量及其分异特征 [J]. 上海大学学报 (自然科学版), 2004, **10**(4): 400-405.
- [19] 叶荣, 胡雪峰, 潘贇, 等. 上海宝山区城市表土重金属累积的空间分布规律 [J]. 土壤, 2007, **39**(3): 393-399.
- [20] Zheng J, Tan M G, Shibata Y, *et al.* Characteristics of lead isotope ratios and elemental concentrations in PM₁₀ fraction of airborne particulate matter in Shanghai after the phase-out of leaded gasoline [J]. Atmospheric Environment, 2004, **38**(8): 1191-1200.
- [21] Chen J M, Tan M G, Li Y L, *et al.* A lead isotope record of Shanghai atmospheric lead emissions in total suspended particles during the period of phasing out of leaded gasoline [J]. Atmospheric Environment, 2005, **39**(7): 1245-1253.
- [22] Tan M G, Zhang G L, Li X L, *et al.* Comprehensive study of lead pollution in Shanghai by multiple techniques [J]. Analytical Chemistry, 2006, **78**(23): 8044-8050.
- [23] 张桂林, 谈明光, 李明林, 等. 上海市大气气溶胶中铅污染的综合研究 [J]. 环境科学, 2006, **27**(5): 831-836.
- [24] Chen J M, Tan M G, Li Y L, *et al.* Characteristics of trace elements and lead isotope ratios in PM_{2.5} from four sites in Shanghai [J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, **156**(1-3): 36-43.
- [25] 吴华龙, 张长波, 章海波, 等. 铅稳定同位素在土壤污染物来源识别中的应用 [J]. 环境科学, 2009, **30**(1): 227-230.
- [26] 杨忠平, 卢文喜, 辛欣, 等. 长春市城市土壤铅同位素组成特征及其来源解析 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2008, **38**(4): 663-669.
- [27] 路远发, 杨红梅, 周国华, 等. 杭州市土壤铅污染的铅同位素示踪研究 [J]. 第四纪研究, 2005, **25**(3): 355-362.
- [28] 朱保和, 顾伯民, 姚家驹. 上海市宝山县志 [M]. 上海: 上海人民出版社, 1992. 156-160.
- [29] Chillud S N, Hemming S, Shuster E L, *et al.* Stable lead isotopes, contaminant metals and radionuclides in Upper Hudson River sediment cores: implications for improved time stratigraphy and transport processes [J]. Chemical Geology, 2003, **199**(1-2): 53-70.
- [30] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 280-281.
- [31] 王云, 汪雅谷, 罗海林. 上海市土壤环境背景值 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 37.
- [32] 方圣琼, 胡雪峰, 徐巍, 等. 长江口潮流沉积物的性状对重金属累积的影响 [J]. 环境化学, 2005, **24**(5): 586-589.
- [33] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖, 等. 南京城市土壤重金属含量及其影响因素 [J]. 应用生态学报, 2004, **15**(1): 123-126.
- [34] 张卫国, 俞立中, Hutchinson S M. 长江口南岸边滩沉积物重

- 金属污染记录的磁诊断方法[J]. 海洋与湖沼, 2000, **31**(6): 616-623.
- [35] Zhang J, Liu C L. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2002, **54**(6): 1051-1070.
- [36] Zhang W G, Feng H, Chang J N, *et al.* Lead (Pb) isotopes as a tracer of Pb origin in Yangtze River intertidal zone [J]. Chemical Geology, 2008, **257**(3-4): 257-263.
- [37] Pavageau M P, Pécheyran C, Krupp E M, *et al.* Volatile metal species in coal combustion flue gas [J]. Environmental Science and Technology, 2002, **36**(7): 1561-1573.
- [38] 史贵涛, 陈振楼, 许世远, 等. 上海市区公园土壤重金属含量及其污染评价[J]. 土壤通报, 2006, **37**(3): 490-494.

关于反对个别作者一稿两投行为的联合声明

为保证所发表论文的首创性和学术严谨性,《环境科学》、《中国环境科学》、《环境科学学报》编辑部和《Journal of Environmental Sciences》编辑部特发表如下联合声明。

我们明确反对个别作者的一稿两投或变相一稿两投行为。自即日起,我们各刊在接受作者投稿时,要求论文全体作者就所投稿件作出以下承诺(附在投稿上):

1) 来稿所报道的研究成果均系全体作者的原创性研究成果,文中报道的研究成果(含图、表中数据的全部或部分)未曾发表亦未曾投其它科技期刊。

2) 在接到所投期刊编辑部关于稿件处理结果之前,所投稿件的全部或部分内容不再投其它科技期刊。

我们将认真对待作者所作的上述承诺,并建立信息共享机制,对违背上述承诺的作者(包括在文中署名的全体作者)采取联合行动。

净化学术环境、促进学术繁荣是学术期刊作者和编者的共同责任。我们诚恳地希望广大作者能够了解我们的上述立场和做法,并积极宣传和配合。

《环境科学》编辑部

《中国环境科学》编辑部

《环境科学学报》编辑部

《Journal of Environmental Sciences》编辑部

CONTENTS

Stable Carbon Isotope of Black Carbon from Typical Emission Sources in China	CHEN Ying-jun, CAI Wei-wei, HUANG Guo-pei, <i>et al.</i> (673)
Characteristics of Carbonaceous Aerosol Concentration in Snow and Ice of Glaciers in Tianshan Mountains	WANG Sheng-jie, ZHANG Ming-jun, WANG Fei-teng, <i>et al.</i> (679)
Size Distribution Properties of Atmospheric Aerosol Particles During Summer and Autumn in Lanzhou	ZHAO Su-ping, YU Ye, CHEN Jin-bei, <i>et al.</i> (687)
Particle Number Size Distribution near a Major Road with Different Traffic Conditions	YANG Liu, WU Ye, SONG Shao-jie, <i>et al.</i> (694)
Atmospheric Particle Formation Events in Nanjing During Summer 2010	WANG Hong-lei, ZHU Bin, SHEN Li-juan, <i>et al.</i> (701)
Characteristics of $\delta^{18}\text{O}$ in Precipitation and Moisture Transports over the Arid Region in Northwest China	LI Xiao-fei, ZHANG Ming-jun, LI Ya-ju, <i>et al.</i> (711)
Distributions and Seasonal Variations of Total Dissolved Inorganic Arsenic in the Estuaries and Coastal Area of Eastern Hainan	CAO Xiu-hong, REN Jing-ling, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (720)
Mixing Behavior of Arsenic in the Daliaohe Estuary	JIAN Hui-min, YAO Qing-zheng, YU Li-xia, <i>et al.</i> (727)
Variation Characteristics and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in the Surface Sediments of Bohai Bay	XU Ya-yan, SONG Jin-ming, LI Xue-gang, <i>et al.</i> (732)
Distribution of PAHs in Surface Seawater of Qingdao Coast Area and Their Preliminary Apportionment	LI Xian-guo, DENG Wei, ZHOU Xiao, <i>et al.</i> (741)
Atmospheric Deposition of PAHs in Dashiwei Karst Tiankeng Group in Leye, Guangxi	KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, HUANG Bao-jian, <i>et al.</i> (746)
Lead Isotope Signatures and Source Identification in Urban Soil of Baoshan District, Shanghai	DONG Chen-yin, ZHANG Wei-guo, WANG Guan, <i>et al.</i> (754)
Solute Transport Modeling Application in Groundwater Organic Contaminant Source Identification	WANG Shu-fang, WANG Li-ya, WANG Xiao-hong, <i>et al.</i> (760)
Quantitative Method of Representative Contaminants in Groundwater Pollution Risk Assessment	WANG Jun-jie, HE Jiang-tao, LU Yan, <i>et al.</i> (771)
Study on the Advanced Pre-treatments of Reclaimed Water Used for Groundwater Recharge	GAO Yu-tuan, ZHANG Xue, ZHAO Xuan, <i>et al.</i> (777)
Influence of <i>Ruditapes philippinarum</i> Aquaculture on Benthic Fluxes of Biogenic Elements in Jiaozhou Bay	DENG Ke, LIU Su-mei, ZHANG Gui-ling, <i>et al.</i> (782)
Influence of Spatial Difference on Water Quality in Jiuxiang River Watershed, Nanjing	HU He-bing, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, <i>et al.</i> (794)
Temporal and Spatial Variation of Non-Point Source Nitrogen in Surface Water in Urban Agricultural Region of Shanghai	WANG Nan, MAO Liang, HUANG Hai-bo, <i>et al.</i> (802)
Migration and Transformation of Heavy Metals in Street Dusts with Different Particle Sizes During Urban Runoff	HE Xiao-yan, ZHAO Hong-tao, LI Xu-yong, <i>et al.</i> (810)
Treatment Studies of Industrial Rainoff With a New Type of Constructed Wetland	HE Li-jun, MA Yong-wen, WAN Jin-quan, <i>et al.</i> (817)
Emergent Retention of Organic Liquid by Modified Bentonites: Property and Mechanism	LI Yu, LIU Xian-jun, ZHANG Xing-wang, <i>et al.</i> (825)
Production of Peroxide Hydrogen in <i>Chattonella ovata</i> Hong Kong Strain	JIANG Tao, WU Ni, ZHONG Yan, <i>et al.</i> (832)
Characteristics Study of Extracellular Active Substance of <i>Bacillus</i> sp. B1 on <i>Phaeocystis globosa</i>	LI Qiang, ZHAO Ling, YIN Ping-he (838)
Effects of Sediment on the Growth of <i>Microcystis</i> and <i>Anabaena</i> in Yanghe Reservoir	CHU Zhao-sheng, ZHANG Yu-bao, JIN Xiang-can, <i>et al.</i> (844)
New-Type Electroless Excilamp for Advanced Treatment on Nitrogen-Heterocyclic Compounds (NHCs) in Aqueous Solution	YE Zhao-lian, WANG Bin, LU Juan-juan, <i>et al.</i> (849)
Preparation and Electro-catalytic Characterization on La/Ce Doped Ti-base Lead Dioxide Electrodes	ZHENG Hui, DAI Qi-zhou, WANG Jia-de, <i>et al.</i> (857)
Study on Decolorization of Triphenylmethane Dyes by DTT	PAN Tao, LIU Da-wei, REN Sui-zhou, <i>et al.</i> (866)
Influences of pH and Complexing Agents on Degradation of Reactive Brilliant Blue KN-R by Ferrous Activated Persulfate	ZHANG Cheng, WAN Jin-quan, MA Yong-wen, <i>et al.</i> (871)
Degradation Kinetics of Ozone Oxidation on High Concentration of Humic Substances	ZHENG Ke, ZHOU Shao-qi, YANG Mei-mei (879)
Index of Stability and Its Mechanisms of Aerobic Granular System Using Volume-based Information Entropy	LI Zhi-hua, JI Xiao-qin, LI Sheng, <i>et al.</i> (885)
Relationship Between Physicochemical Characteristics of Activated Sludge and Polymer Conditioning Dosage	LI Ting, WANG Yi-li, FENG Jing, <i>et al.</i> (889)
Research of Aerobic Granule Characteristics with Different Granule Age	ZHOU Man, YANG Chang-zhu, PU Wen-hong, <i>et al.</i> (896)
Effect of Size and Number of Aerobic Granules on Nitrification and Denitrification	LI Zhi-hua, ZENG Jin-feng, LI Sheng, <i>et al.</i> (903)
Optimization and Comparison of Nitrogen and Phosphorus Removal by Different Aeration Modes in Oxidation Ditch	GUO Chang-zi, PENG Dang-cong, CHENG Xue-mei, <i>et al.</i> (910)
Effect of Acidification on the Dewaterability of Sewage Sludge in Bioleaching	ZHU Hai-feng, ZHOU Li-xiang, WANG Dian-zhan (916)
Microbial Ecology Analysis of the Biofilm from Two Biological Contact Oxidation Processes with Different Performance	QIAN Yin, QUAN Xiang-chun, PEI Yuan-sheng, <i>et al.</i> (922)
Altered Microbial Communities Change Soil Respiration Rates and Their Temperature Sensitivity	FAN Fen-liang, HUANG Ping-rong, TANG Yong-jun, <i>et al.</i> (932)
Storages and Distributed Patterns of Soil Organic Carbon and Total Nitrogen During the Succession of Artificial Sand-Binding Vegetation in Arid Desert Ecosystem	JIA Xiao-hong, LI Xin-rong, ZHOU Yu-yan, <i>et al.</i> (938)
Factors Controlling Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Densities in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, North China	WANG Shu-fang, WANG Xiao-ke, OUYANG Zhi-yun (946)
Impact of Microbial Aggregating Agents on Soil Aggregate Stability Under Addition of Exogenous Nutrients	MO Yan-hua, TANG Jia, ZHANG Ren-duo, <i>et al.</i> (952)
Adsorption of Aflatoxin on Montmorillonite Modified by Low-Molecular-Weight Humic Acids	YAO Jia-jia, KANG Fu-xing, GAO Yan-zheng (958)
Influence of Operating Parameters on Surfactant-enhanced Washing to Remedy PAHs Contaminated Soil	WU Wei, JIANG Lin, CHEN Jia-jun, <i>et al.</i> (965)
Study on the Land Use Optimization Based on PPI	WU Xiao-feng, LI Ting (971)
Research on Algal Diversity in Zoige Alpine Wetland	CHEN Xi, LIU Ru-yin, WANG Yan-fen, <i>et al.</i> (979)
Effects of Three Fungicides on Arbuscular Mycorrhizal Fungal Infection and Growth of <i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	HE Xue-li, WANG Ping, MA Li, <i>et al.</i> (987)
Community Structure and Spatial Distribution of Anaerobic Ammonium Oxidation Bacteria in the Sediments of Chongming Eastern Tidal Flat in Summer	ZHENG Yan-ling, HOU Li-jun, LU Min, <i>et al.</i> (992)
Microbial Degradation of 2,2',4,4'-Tetrabrominated Diphenyl Ether Under Anaerobic Condition	LU Xiao-xia, CHEN Chao-qi, ZHANG Shu, <i>et al.</i> (1000)
Effect of Heavy Metals on Degradation of BDE-209 by White-rot Fungus	XIONG Shi-chang, YIN Hua, PENG Hui, <i>et al.</i> (1008)
Biodegradation Mechanism of DDT and Chlorpyrifos Using Molecular Simulation	LIN Yu-zhen, ZENG Guang-ming, ZHANG Yu, <i>et al.</i> (1015)
Construction of a Microbial Consortium RXS with High Degradation Ability for Cassava Residues and Studies on Its Fermentative Characteristics	HE Jiang, MAO Zhong-gui, ZHANG Qing-hua, <i>et al.</i> (1020)
Anaerobic Digestion of Animal Manure Contaminated by Tetracyclines	TONG Zi-lin, LIU Yuan-lu, HU Zhen-hu, <i>et al.</i> (1028)
Continuous Dry Fermentation of Pig Manure Using Up Plug-Flow Type Anaerobic Reactor	CHEN Chuang, DENG Liang-wei, XIN Xin, <i>et al.</i> (1033)

《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)

2012年3月15日 33卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 3 Mar. 15, 2012

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: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行