

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第7期

Vol.33 No.7

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

三峡库首秭归地区大气降水硫同位素组成及示踪研究	吴起鑫, 韩贵琳 (2145)
成都春季生物质燃烧和沙尘期间气溶胶散射特征及其重建	岳建华, 陶俊, 林泽健, 朱李华, 曹军骥, 罗磊 (2151)
太湖上空大气气溶胶光学厚度及其特征分析	饶加旺, 马荣华, 段洪涛, 姜广甲, 尚琳琳, 周琳 (2158)
环上海地区干霾气溶胶垂直分布的季节变化特征	徐婷婷, 秦艳, 耿福海, 陈勇航, 张华, 刘琼, 马晓骏 (2165)
南京冬季市区和郊区气溶胶中 PAHs 浓度的昼夜特征及粒径分布	张红亮, 樊曙先, 顾凯华, 朱彬, 范洋, 祖繁, 李红双, 孟庆紫, 何佳宝 (2172)
青岛大气气溶胶水溶性无机离子研究: 季节分布特征	刘臻, 祁建华, 王琳, 陈晓静, 石金辉, 高会旺 (2180)
城市污水处理厂生成的微生物气溶胶的污染特性	邱雄辉, 李彦鹏, 牛铁军, 李美玲, 马智慧, 苗莹, 王湘君 (2191)
基于 WEPS 模型的天津郊区土壤风蚀起尘及对中心城区迁移量估算	陈莉, 韩婷婷, 李涛, 姬亚芹, 白志鹏, 王斌 (2197)
浒苔绿潮与苏北近岸海域营养盐浓度的关系研究	高嵩, 石晓勇, 王婷 (2204)
福建沿海近 10 a 赤潮基本特征分析	李雪丁 (2210)
HSPF 水文水质模型应用研究综述	李兆富, 刘红玉, 李燕 (2217)
城市降雨径流模拟的参数不确定性分析	黄金良, 林杰, 杜鹏飞 (2224)
利用 CDOM 吸收系数估算太湖水体表层 DOC 浓度	姜广甲, 马荣华, 段洪涛 (2235)
嘉善地区水环境敏感点水质影响权重分析及风险等级判定	谢蓉蓉, 逢勇, 张倩, 陈可, 孙明园 (2244)
重庆市盘溪河水质不同季节日变化规律及水质评价	张千千, 王效科, 郝丽岭, 逯非, 欧阳志云, 侯培强, 张烨 (2251)
南京市湿地水质对城市化影响强度的响应研究	郝敬锋, 刘红玉, 胡和兵, 安静, 张小红 (2259)
宁夏沙湖浮游植物与水环境因子关系的研究	邱小琮, 赵红雪, 孙晓雪 (2265)
影响太子河流域鱼类空间分布的不同尺度环境因子分析	丁森, 张远, 渠晓东, 孔维静, 刘思思, 孟伟 (2272)
大型底栖动物生物评价指数比较与应用	耿世伟, 渠晓东, 张远, 林坤德 (2281)
青藏高原纳木错流域水体总汞的时空分布特征	王康, 康世昌, 郭军明, 张强弓, 黄杰, 郑伟 (2288)
青藏高原纳木错湖水主要化学离子的时空变化特征	郭军明, 康世昌, 张强弓, 黄杰, 王康 (2295)
用物理-生态集成技术局部控制富营养化	李秋华, 夏品华, 吴红, 林陶, 张友春, 李存雄, 陈丽丽, 杨帆 (2303)
太湖氮素出入湖通量与自净能力研究	陈小锋, 揣小明, 曾巾, 刘涛, 杨柳燕 (2309)
富营养湖泊沉积物中磷组分对硫酸盐的响应	袁探, 华玉妹, 朱端卫, 赵建伟, 蔡建波 (2315)
巢湖表层沉积物磷的空间分布差异性研究	温胜芳, 单保庆, 张洪 (2322)
南京地区典型有机污染物长距离输送潜力研究	方利江, 吴有方, 丁中原, 马子龙, 柳敏, 高宏 (2330)
东海内陆架沉积物中黑碳分布及其与持久性有机污染物的相关性研究	林田, 方引, 陈颖军, 胡利民, 郭志刚, 张干 (2335)
嘉陵江重庆段表层水体多环芳烃的污染特征	蔡文良, 罗固源, 许晓毅, 杜炯 (2341)
电子废物拆解区河流沉积物中多氯联苯的污染水平、分布及来源	王学彤, 李元成, 缪绎, 张媛, 孙阳昭, 吴明红, 盛国英, 傅家谟 (2347)
基于梯形模糊数的沉积物重金属污染风险评价模型与实例研究	李飞, 黄瑾辉, 曾光明, 唐晓娇, 白兵, 蔡青, 祝慧娜, 梁婕 (2352)
渤海湾海岸带开发对近岸沉积物重金属的影响	秦延文, 郑丙辉, 李小宝, 张雷, 时瑶, 曹伟 (2359)
崇明东滩表层沉积物重金属空间分布特征及其污染评价	李雅娟, 杨世伦, 侯立军, 周菊珍, 刘英文 (2368)
白洋淀底泥重金属形态及竖向分布	李必才, 何连生, 杨敏, 孟睿, 袁冬海, 席北斗, 舒俭民 (2376)
西南涌酸挥发硫化物浓度水平及影响因素研究	刘晓冰, 温琰茂, 利锋, 吴昌华, 段志鹏 (2384)
氨氮在饮用水生物滤池内的去除机制	刘冰, 范辉, 余国忠, 于鑫, 赵承美, 李清飞, 张舒婷, 魏博 (2394)
Cu(II) 印迹壳聚糖交联膜的表征及其吸附热力学特性	张玉红, 张爱丽, 周集体, 孙筱雨 (2403)
声电氧化处理扑热息痛的研究	戴启洲, 马文姣, 沈宏, 陈浚, 陈建孟 (2410)
粉煤灰吸附-Fenton 及热再生处理亚甲基蓝废水的特性研究	白玉洁, 张爱丽, 周集体 (2419)
利用双室微生物燃料电池处理模拟废水的产电特性研究	张永娟, 李永峰, 刘春研, 王艺璇, 李龙, 王籽人, 董义兴 (2427)
Zn/Cr 型阴离子黏土的制备、表征及其对活性艳橙 X-GN 的去除性能研究	王小蓉, 吴平霄 (2432)
核电站低放射性废水在封闭水体中的输移规律研究	武国正, 徐宗学 (2438)
A + OSA 污泥减量工艺碳元素平衡与减量机制研究	翟小敏, 高旭, 张曼曼, 贾丽, 郭劲松 (2444)
系列混合碳源在 EBPR 系统颗粒化进程中的影响研究	蒋涛, 孙培德, 徐少娟 (2451)
氧化还原介体催化强化 <i>Paracoccus versutus</i> 菌株 GW1 反硝化特性研究	李海波, 廉静, 郭延凯, 赵丽君, 杜海峰, 杨景亮, 郭建博 (2458)
1 株转座子插入突变菌株 TB34 的筛选及产氢分析	刘洪艳, 王广策, 侍浏洋, 朱大玲 (2464)
蜜环菌漆酶对氯酚类污染物催化降解条件优化	秦仁炳, 朱显峰, 吴珂, 张晶晶, 赵海康 (2470)
双季稻田 CH ₄ 和 N ₂ O 排放特征及品种筛选研究	傅志强, 朱华武, 陈灿, 黄瑛 (2475)
闽江河口短叶茳苳湿地 CH ₄ 和 N ₂ O 排放对氮输入的短期响应	牟晓杰, 刘兴土, 仝川, 孙志高 (2482)
青海三江源地区退化草地土壤全氮的时空分异特征	彭景涛, 李国胜, 傅瓦利, 易湘生, 蓝家程, 袁波 (2490)
不同降雨条件下侵蚀泥沙黏粒含量的变化规律	吴凤至, 史志华, 方怒放, 岳本江 (2497)
土壤性质对单一及复合污染下外源镉稳定化过程的影响	吴曼, 徐明岗, 张文菊, 武海雯 (2503)
多氯联苯污染农田土壤的原位生态调控修复效应	潘澄, 滕应, 骆永明, 涂晨, 李秀芬, 马婷婷, 张满云, 李振高, 宋静 (2510)
不同作物根系多环芳烃吸收特征差异的比较研究	梁宵, 占新华, 周立祥 (2516)
废气和废渣协同作用脱钠反应特性及机制研究	伊元荣, 韩敏芳 (2522)
中国第三产业能源碳排放影响要素指数分解及实证分析	卢愿清, 史军 (2528)
《环境科学》征稿简则 (2431)	
《环境科学》征订启事 (2532)	
信息 (2157, 2271, 2367, 2418)	

电子废物拆解区河流沉积物中多氯联苯的污染水平、分布及来源

王学彤¹, 李元成¹, 缪绎¹, 张媛¹, 孙阳昭², 吴明红¹, 盛国英^{1,3}, 傅家谟^{1,3}

(1. 上海大学环境与化学工程学院, 上海 200444; 2. 中华人民共和国环境保护部, 北京 100035; 3. 中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广州 510640)

摘要: 用 GC- μ ECD 分析法测定了浙江台州路桥河流表层沉积物中 144 种多氯联苯同类物的含量. 目的是了解该地区河流沉积物中 PCBs 的污染水平、空间分布特征和可能来源. 结果表明, 在路桥区河流沉积物样品中 PCBs 同类物均有不同程度检出, $\sum$ PCBs 的浓度范围 1.66 ~ 5 930 ng·g⁻¹, 均值为 763 ng·g⁻¹. 样品组成以 tri-CBs、tetra-CBs 和 penta-CBs 为主, 含量百分比范围分别为 2.63% ~ 57.6%、10.4% ~ 54.6% 和 7.82% ~ 46.1%; octa-CBs 和 deca-CB 含量最低, 含量百分比范围分别为 0 ~ 8.57% 和 0 ~ 11.0%. 聚类分析表明, 22 个样品的污染与 Ar1248 有关, 9 个样品的污染与 Ar1254 有关; 6 个样品的污染与 Ar1016、Ar1232 和 Ar1242 有关. 与国内外其它研究及相关环境质量标准相比, 该区域表层沉积物 PCBs 污染处于中高水平, 具有较高的生态风险.

关键词: 电子废物; 沉积物; 多氯联苯; 分布; 聚类分析; 来源

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)07-2347-05

Levels, Distribution and Possible Sources of Polychlorinated Biphenyls in River Sediments from an Electronic Waste Recycling Area

WANG Xue-tong¹, LI Yuan-cheng¹, MIAO Yi¹, ZHANG Yuan¹, SUN Yang-zhao², WU Ming-hong¹, SHENG Guo-ying^{1,3}, FU Jia-mo^{1,3}

(1. School of Environmental and Chemical Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 2. Ministry of Environmental Protection of the People's Public of China, Beijing 100035, China; 3. State Key Laboratory of Organic Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The concentrations of 144 polychlorinated biphenyls (PCBs) in the river sediments from Luqiao were analyzed by GC- μ ECD. The objectives of this study were to understand the contents, spatial distribution and possible sources of PCBs. The $\sum$ PCBs concentrations detected in the river sediments were in the range of 1.66 to 5 930 ng·g⁻¹, with a mean of 763 ng·g⁻¹. Tri-CBs, tetra-CBs and penta-CBs were the primary PCB congeners in all samples, accounting for 2.63% - 57.6%, 10.4% - 54.6% and 7.82% - 46.1%, respectively. Octa-CBs and deca-CBs were the minor PCB congeners in all samples, with the percentages of 0 - 8.57% and 0 - 11.0%, respectively. The hierarchical cluster analysis (HCA) showed that 22 samples were mainly polluted by Ar1248, 9 samples were polluted by Ar1254, and 6 samples were contaminated by Ar1016, Ar1232 and Ar1242. The PCBs concentrations found in the present study were at an upper-middle level compared with those in other studies in the world. The PCBs pollution in the present area had a high ecological risk.

Key words: electronic waste; sediments; polychlorinated biphenyls (PCBs); distribution; hierarchical cluster analysis (HCA); source

多氯联苯 (PCBs) 具有化学性质稳定、传热性好及介电常数低等优点, 曾被广泛用于电容器、增塑剂、镇流器、复印纸、阻燃剂和粘合剂等. 这些产品的不当处置, 导致大量 PCBs 进入环境. 毒理学研究表明, PCBs 具有“三致作用”、生殖毒性、免疫毒性、神经毒性和内分泌干扰作用^[1]. 浙江台州是中国较早的电子废物拆解地之一, 原始的拆解方式导致了当地的环境污染, 使其成为备受关注的热点地区之一^[2~7]. 目前, 针对该区域河流表层沉积物中 PCBs 的报道较少, 本研究选择台州路桥区河流表

层沉积物作为对象, 探讨该区域表层沉积物中 PCBs 的污染水平、空间分布特征和来源, 以期为当地水环境污染防治提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 样品采集

收稿日期: 2011-09-24; 修订日期: 2011-11-07

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (40830744); 上海市重点学科项目 (S30109)

作者简介: 王学彤 (1963 ~), 男, 副教授, 主要研究方向为环境分析化学与环境物理化学, E-mail: wangxt0323@yahoo.com.cn

2007 年 3 月, 使用抓斗式采样器在路桥区主要河流采集了 39 个表层沉积物样品(0 ~ 10 cm), 各采样点的分布如图 1 所示. 样品采集后带回实验室风干、研磨、过 60 目筛, 最后贮存在棕色磨口瓶中, 密封、低温避光保存.

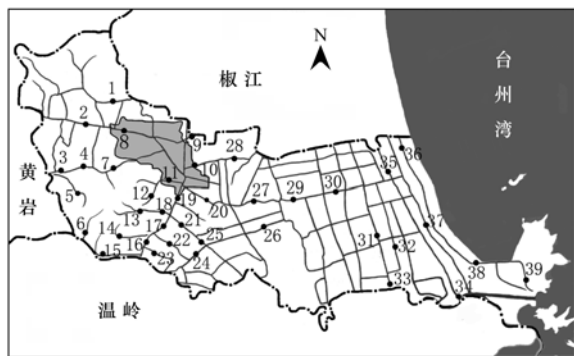


图 1 路桥区河流沉积物采样点分布示意

Fig. 1 Locations of sampling sites for river sediments in Luqiao

1.2 标准物质与材料

实验所用丙酮、二氯甲烷、正己烷和异辛烷均为分析纯(上海国药集团), 采用全玻璃蒸馏系统二次蒸馏, 并经色谱检验无干扰峰. 硅胶(100 ~ 200 目)和中性氧化铝(100 ~ 200 目)依次用丙酮、二氯甲烷、正己烷抽提后在 130℃ 下活化 16 h. 硅胶经酸化处理(44 g 浓硫酸/100 g 硅胶), 氧化铝加入 6% 的超纯水去活化, 充分振荡至无结块, 密封保存在干燥器中, 平衡 24 h. 旋转蒸发仪 R-215 (瑞士 Buchi), Milli-Q 超纯水机(美国 Millipore 公司).

标样: 144 种 PCBs 混标(C-CS-01、PCB-C-CS-02、PCB-C-CS-03、PCB-C-CS-04 和 PCB-C-CS-05)、回收率内标 PCB30 和进样内标四氯间二甲苯购自美国 Accustandard 公司.

1.3 样品前处理

准确称取 10 g 沉积物样品, 与 10 g 无水硫酸钠研磨均匀, 加入一定量回收率内标, 用丙酮和正己烷混合溶剂(体积比为 1:1)索氏提取 24 h. 提取前加入新鲜活化铜片. 提取液用旋转蒸发仪浓缩, 将溶剂转换为正己烷后过硅胶/氧化铝复合柱分离净化. 样品上柱后, 正己烷淋洗, 收集洗脱液, 浓缩、转换溶剂, 加入进样内标, 异辛烷定容至 0.1 mL, 待 GC- μ ECD 分析.

1.4 样品分析

所用仪器为气相色谱仪-电子捕获检测器(Agilent 6890GC- μ ECD). 色谱条件: DB-XLB 色

柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m, J&W Scientific), 进样口温度 225℃, 检测器温度 320℃, 载气为高纯 He, 柱流速 1 mL $\cdot$ min $^{-1}$, 不分流进样. 程序升温条件: 初始温度 70℃, 保持 2 min; 以 10℃ $\cdot$ min $^{-1}$ 升至 150℃, 再以 2.5℃ $\cdot$ min $^{-1}$ 升至 275℃, 保持 10 min. 采用保留时间定性, 内标法定量.

总有机碳(TOC)测定: 风干并过筛后的沉积物样品用 10% 的 HCl 去除无机碳, 60℃ 烘干, 用元素分析仪测定 TOC 的含量.

1.5 质量保证及质量控制

目标化合物的基质加标回收率为 76% ~ 117% ($n=5$). 每 12 个样品增加一个实验室空白和一个平行样品. 平行样品的相对标准偏差 < 15%. 以 3 倍信噪比作为方法的检测限(LODs), 方法检测限为 0.001 ~ 0.079 ng $\cdot$ g $^{-1}$. 样品中回收率指示物回收率介于 65% ~ 113% 之间. 分析结果未经回收率校正, 所有结果均以干重表示.

1.6 统计分析

相关分析和聚类分析所用软件为 SPSS 15.0, 样品中 PCBs 同类物的浓度低于其 LOD 时, 取 1/2 LOD 进行统计计算.

2 结果与讨论

2.1 PCBs 的含量及分布

在测定的 144 种同类物中, 因 PCB1、PCB2、PCB3 响应较小未对其进行分析, 其余 141 种同类物均有不同程度检出. 141 种 PCBs 同类物的检出率范围为 56.4% ~ 94.9%, 其中 PCB44、PCB52、PCB59/42、PCB64/41、PCB40/103、PCB84、PCB92、PCB99、PCB110、PCB132/153、PCB137 和 PCB138/178/163 的检出率 > 90%.

各样品 PCBs 总浓度($\sum$ PCBs)为 1.66 ~ 5930 ng $\cdot$ g $^{-1}$ 均值为 763 ng $\cdot$ g $^{-1}$. 24 和 31 号样品由于基质干扰严重不参与分析, 下同. 从各样品 $\sum$ PCBs 来看, 32、39、6、13 和 11 号样品 $\sum$ PCBs 较高, 分别为 2120、3280、3660、5840 和 5930 ng $\cdot$ g $^{-1}$; 30、37、2、34、8 和 28 号样品 $\sum$ PCBs 较低, 分别为 1.66、2.54、2.61、5.00、5.63 和 9.19 ng $\cdot$ g $^{-1}$. 从各同类物浓度来看, PCB95、PCB5/8、PCB31/53 和 PCB28 浓度较高, 分别为 1030、1340、1590 和 2010 ng $\cdot$ g $^{-1}$; PCB201、PCB172 和 PCB191 浓度较低, 分别为 3.57、3.95

和 $9.87 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.2 PCBs 同族体的组成特征

从 PCBs 同族体的百分组成(图 2)可以看出,样品中 PCBs 以 tri-CBs、tetra-CBs 和 penta-CBs 为主,三者占样品 PCBs 总量的 80.7%, 含量范围分别为 2.63% ~ 57.6%、10.4% ~ 54.6% 和 7.82% ~

46.1%, 均值分别为 24.6%、25.8% 和 27.2%, 这可能与当地曾长期从事大量含变压器油电子垃圾的拆卸有关。在所有样品中, nona-CBs 和 deca-CB 含量最低, 二者仅占样品 PCBs 总量的 0.779%, 含量范围分别为 0 ~ 8.57% 和 0 ~ 11.0%, 均值为 0.568%、0.746%。

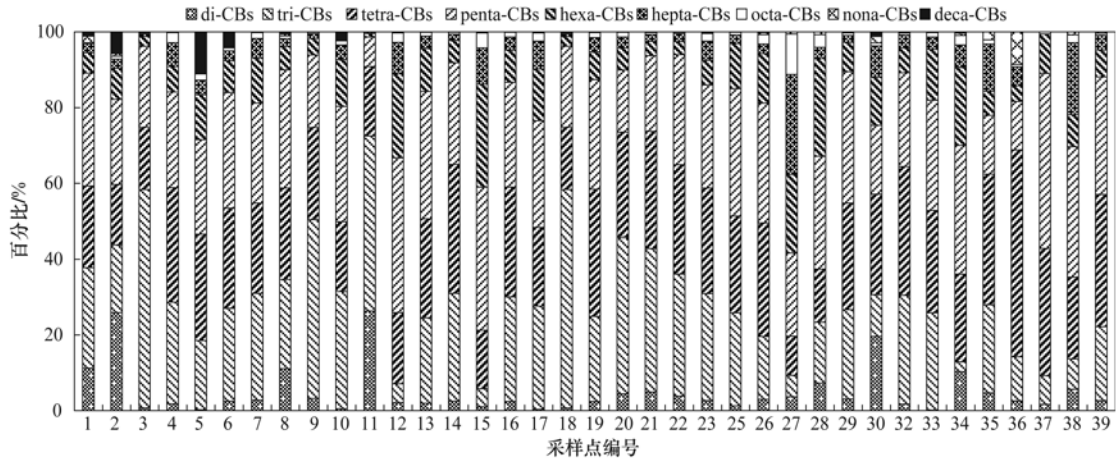


图 2 沉积物样品中 PCBs 同族体的相对组成
Fig. 2 Relative compositions of PCBs congeners in river sediments

2.3 PCBs 来源解析

为研究沉积物样品与 8 种工业品中 PCBs 同族体组成的关系, 进而弄清样品中 PCBs 的可能来源, 对数据进行 Z 得分标准化变换后进行了聚类分析(hierarchical cluster analysis, HCA)。从谱系聚类结果(图 3)可以看出, 37 个沉积物样品和 8 种 PCBs 工业品可分为 5 类, 第一类包括 3、9、11、18、20 和 21 号样品及工业品 Ar1016、Ar1232 和 Ar1242, 表明该类样品的污染与工业品 Ar1016、Ar1232 和 Ar1242 有关; 第二类包括 22 个样品和工业品 Ar1248, 表明这类样品的 PCBs 污染受工业品 Ar1248 影响; 第三类包括 9 个样品和工业品 Ar1254, 表明这类样品的污染与 Ar1254 有关; 第四类仅包括 Ar1260 和 Ar1262 这 2 种工业品; 第五类只包括 Ar1221 工业品。

2.4 与其它地区沉积物中 PCBs 含量的比较及风险评估

与国内外相关研究结果(表 1)相比, 研究区域表层沉积物 $\sum$ PCBs 均值高于黄河^[8]、珠江^[9]、长江武汉段^[10]、温榆河^[11]、海河^[12]、辽河^[13]、古巴 Cienfuegos Bay^[14]、土耳其 Istanbul Strait^[15] 和巴西 Guanabara Bay^[16]; 但低于美国 Michigan Lake^[17] 和日本 Shorenji River^[18] 的污染水平。总体来说, 本研究区域表层沉积物 PCBs 污染处于中高水平。

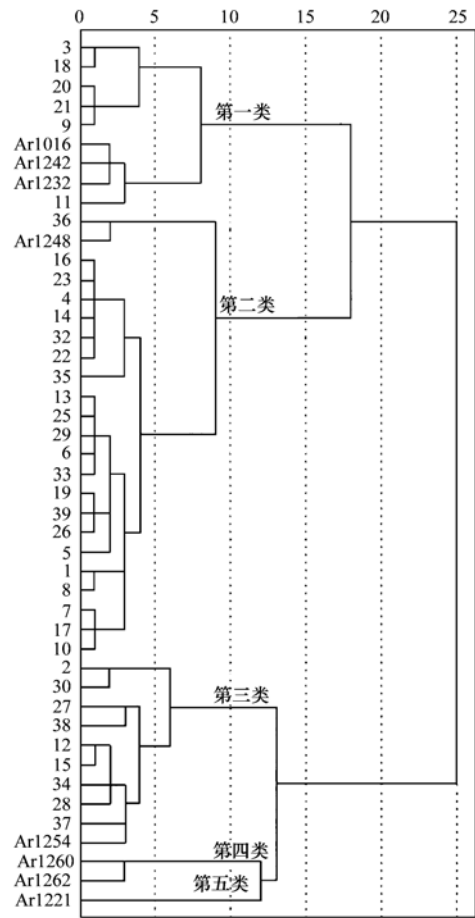


图 3 沉积物样品与 PCBs 工业品谱系聚类
Fig. 3 Tree diagram for river sediment samples and technical formulations of PCBs

表 1 不同区域表层沉积物中 PCBs 的含量比较(以干重计)/ng·g⁻¹

Table 1 Comparison of PCBs concentrations in sediments with those in other studies (dw)/ng·g⁻¹

研究地点	PCBs 同类物数目	∑ PCBs	平均值	文献
黄河	—	nd ~ 5.98	3.10	[8]
珠江	37	5.10 ~ 11.0	7.96	[9]
长江	39	1.2 ~ 45.1	9.2	[10]
温榆河	27	32.0 ~ 76.6	59.56	[11]
海河	32	nd ~ 253	66.8	[12]
辽河	130	1.853 ~ 1 075.606	232.868	[13]
古巴 Cienfuegos Bay	11	1.854 ~ 15.489	6.23	[14]
土耳其 Istanbul	18	0.017 9 ~ 539.746	32.096	[15]
巴西 Guanabara Bay	7	17.83 ~ 184.16	80.552	[16]
美国 Lake Michigan	163	53 ~ 3 500	7 400	[17]
日本 Shorenji River	17	8 000 ~ 9 400	8 700	[18]
路桥	144	1.66 ~ 5 930	763	本研究

1) —表示未提及; nd 表示未检出

与加拿大环境委员会制订的淡水沉积物环境质量标准^[19]相比, 27 个样品 ∑ PCBs 高于临时指导值(ISQG, 34.1 ng·g⁻¹), 其中 14 个样品 ∑ PCBs 高于可能风险值(PEL, 277 ng·g⁻¹). 与 MacDonald 等^[20]的研究相比, 27 个样品 ∑ PCBs 高于临界效应浓度(TEC, 35 ng·g⁻¹), 12 个样品 ∑ PCBs 超过中等效应浓度(MEC, 340 ng·g⁻¹), 5 个样品 ∑ PCBs 高于极端效应浓度(EEC, 1 600 ng·g⁻¹). 与 Long 等^[21]的研究相比, 28 个样品 ∑ PCBs 高于毒性效应低值(ERL, 22.7 ng·g⁻¹), 15 个样品 ∑ PCBs 高于毒性效应中值(ERM, 180 ng·g⁻¹). 通过以上比较说明, 该区域 PCBs 污染具有较高的生态风险.

3 结论

(1) 在台州路桥区主要河流沉积物样品中 141 种 PCBs 同类物均有不同程度检出, 检出率为 56.4% ~ 94.9%. ∑ PCBs 范围 1.66 ~ 5 930 ng·g⁻¹, 均值为 763 ng·g⁻¹. 与国内外其它研究相比, 该区域表层沉积物 PCBs 污染处于中高水平. 与相关环境质量标准相比, 研究区域 PCBs 污染具有较高的生态风险.

(2) 表层沉积物样品中 PCBs 同族体组成特征为: 样品组成以 tri-CBs、tetra-CBs 和 penta-CBs 为主, 三者占样品 PCBs 总量的 80.7%. 在所有采样点中, nona-CBs 和 deca-CB 含量最低, 仅占样品 PCBs 总量的 0.779%.

(3) 聚类分析表明, 22 个样品的污染与 Ar1248

有关; 9 个样品的污染受 Ar1254 影响; 6 个样品的污染与 Ar1016、Ar1232 和 Ar1242 有关.

参考文献:

[1] World Health Organization/International Programme on Chemical Safety. Environmental health criteria 70; principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food [M]. Geneva, 1987.

[2] Shen H T, Ding G Q, Han G G, *et al.* Distribution of PCDD/Fs, PCBs, PBDEs and organochlorine residues in children's blood from Zhejiang, China [J]. *Chemosphere*, 2010, **80** (2): 170-175.

[3] Fu J J, Wang Y W, Zhang A Q, *et al.* Spatial distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated biphenyl ethers (PBDEs) in an e-waste dismantling region in Southeast China: Use of apple snail (*Ampullariidae*) as a bioindicator [J]. *Chemosphere*, 2011, **82** (5): 648-655.

[4] Shen C F, Huang S B, Wang Z J, *et al.* Identification of Ah receptor agonists in soil of e-waste recycling sites from Taizhou area in China [J]. *Environmental Science and Technology*, 2008, **42** (1): 49-55.

[5] Xing G H, Liang Y, Chen L X, *et al.* Exposure to PCBs, through inhalation, dermal contact and dust ingestion at Taizhou, China-A major site for recycling transformers [J]. *Chemosphere*, 2011, **83** (4): 605-611.

[6] Han W L, Feng J L, Gu Z P, *et al.* Polychlorinated biphenyls in the atmosphere of Taizhou, a major e-waste dismantling area in China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, **22** (4): 589-597.

[7] Zhang X Y, Ruan X L, Yan M C, *et al.* Polybrominated diphenyl ether (PBDE) in blood from children (age 9-12) in Taizhou, China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, **23** (7): 1199-1204.

[8] He M C, Sun Y, Li X R, *et al.* Distribution patterns of nitrobenzenes and polychlorinated biphenyls in water, suspended particulate matter and sediment from mid-and down-stream of the

- Yellow River (China) [J]. *Chemosphere*, 2006, **65**(3): 365-374.
- [9] Wang H S, Du J, Leung H M, *et al.* Distribution and source apportionments of polychlorinated biphenyls (PCBs) in mariculture sediments from the Pearl River Delta, South China [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, **63**(5-12): 516-522.
- [10] Yang Z F, Shen Z Y, Gao F, *et al.* Occurrence and possible sources of polychlorinated biphenyls in surface sediments from the Wuhan reach of the Yangtze River, China [J]. *Chemosphere*, 2009, **74**(11): 1522-1530.
- [11] Luo J P, Ma M, Zha J M, *et al.* Characterization of aryl hydrocarbon receptor agonists in sediments of Wenyu River, Beijing, China [J]. *Water Research*, 2009, **43**(9): 2441-2448.
- [12] Zhao L, Hou H, Zhou Y Y, *et al.* Distribution and ecological risk of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in surficial sediments from Haihe River and Haihe Estuary Area, China [J]. *Chemosphere*, 2010, **78**(10): 1285-1293.
- [13] Zhang H J, Zhao X F, Ni Y W, *et al.* PCDD/Fs and PCBs in sediments of the Liaohe River, China: levels, distribution, and possible sources [J]. *Chemosphere*, 2010, **79**(7): 754-762.
- [14] Tolosa I, Mesa-Albernas M, Alonso-Hernandez C M. Organochlorine contamination (PCBs, DDTs, HCB, HCHs) in sediments from Cienfuegos bay, Cuba [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, **60**(9): 1619-1624.
- [15] Okay O S, Karactk B, Başak S, *et al.* PCB and PCDD/F in sediments and mussels of the Istanbul strait (Turkey) [J]. *Chemosphere*, 2009, **76**(2): 159-166.
- [16] de Souza A S, Torres J P M, Meire R O, *et al.* Organochlorine pesticides (OCs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments and crabs (*Chasmagnathus granulata*, Dana, 1851) from mangroves of Guanabara Bay, Rio de Janeiro State, Brazil [J]. *Chemosphere*, 2008, **73**(1): S186-S192.
- [17] Martinez A, Norström K, Wang K, *et al.* Polychlorinated biphenyls in the surficial sediment of Indiana Harbor and Ship Canal, Lake Michigan [J]. *Environment International*, 2010, **36**(8): 849-854.
- [18] Oshita K, Takaoka M, Kitade S I, *et al.* Extraction of PCBs and water from river sediment using liquefied dimethyl ether as an extractant [J]. *Chemosphere*, 2010, **78**(9): 1148-1154.
- [19] Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables, update 2002 [S]. http://www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg_summary_table.pdf.
- [20] MacDonald D D, Dipinto L M, Field J, *et al.* Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2000, **19**(5): 1403-1413.
- [21] Long E R, Macdonald D D, Smith S L, *et al.* Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments [J]. *Environmental Management*, 1995, **19**(1): 81-97.

CONTENTS

Isotopic Composition and Isotope Tracing of Sulfur in Atmospheric Precipitation at the Head Area of the Three Gorges Reservoir, China	WU Qi-xin, HAN Gui-lin (2145)
Characterization and Reconstruction of Aerosol Light Scattering Coefficient at Chengdu During Biomass Burning and Dust Storm Period in Spring	YUE Jian-hua, TAO Jun, LIN Ze-jian, <i>et al.</i> (2151)
Aerosol Optical Thickness of the Atmospheric Aerosol over Taihu Lake and Its Features; Results of In-site Measurements	RAO Jia-wang, MA Rong-hua, DUAN Hong-tao, <i>et al.</i> (2158)
Seasonal Variations in the Vertical Distribution of Aerosols During Dry Haze Periods in Regions Around Shanghai	XU Ting-ting, QING Yan, GENG Fu-hai, <i>et al.</i> (2165)
Size Distributions and Diurnal Variations in the Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Winter in Urban and Suburban Nanjing, China	ZHANG Hong-liang, FAN Shu-xian, GU Kai-hua, <i>et al.</i> (2172)
Seasonal Distribution of Water-Soluble Inorganic Ions in the Atmospheric Aerosol in Qingdao	LIU Zhen, QI Jian-hua, WANG Lin, <i>et al.</i> (2180)
Pollution Characteristics of Microbial Aerosols Generated from a Municipal Sewage Treatment Plant	QIU Xiong-hui, LI Yan-peng, NIU Tie-jun, <i>et al.</i> (2191)
Estimation of the Effect Derived from Wind Erosion of Soil and Dust Emission in Tianjin Suburbs on the Central District Based on WEPS Model	CHEN Li, HAN Ting-ting, LI Tao, <i>et al.</i> (2197)
Variation of Nutrient Concentrations at the Inshore Coastal Area of Northern Jiangsu Province and the Occurrence of Green Tide Caused by <i>Enteromorpha prolifera</i>	GAO Song, SHI Xiao-yong, WANG Ting (2204)
Analysis on Characteristics of Red Tide in Fujian Coastal Waters During the Last 10 Years	LI Xue-ding (2210)
Review on HSPF Model for Simulation of Hydrology and Water Quality Processes	LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Yan (2217)
Parameter Uncertainty Analysis for Urban Rainfall Runoff Modelling	HUANG Jin-liang, LIN Jie, DU Peng-fei (2224)
Estimation of DOC Concentrations Using CDOM Absorption Coefficients; A Case Study in Taihu Lake	JIANG Guang-jia, MA Rong-hua, DUAN Hong-tao (2235)
Weight Parameters of Water Quality Impact and Risk Grade Determination of Water Environmental Sensitive Spots in Jianshan	XIE Rong-rong, PANG Yong, ZHANG Qian, <i>et al.</i> (2244)
Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality in Different Seasons of Panxi River in Chongqing	ZHANG Qian-qian, WANG Xiao-ke, HAO Li-ling, <i>et al.</i> (2251)
Responses of Wetland Water Quality to Influence the Strengthness of Urbanization in Nanjing, China	HAO Jing-feng, LIU Hong-yu, HU He-bing, <i>et al.</i> (2259)
Studies on Relationship of Phytoplankton and Water Environmental Factors in Shahu Lake	QIU Xiao-cong, ZHAO Hong-xue, SUN Xiao-xue (2265)
Influence on the Spatial Distribution of Fish in Taizi River Basin by Environmental Factors at Multiple Scales	DING Sen, ZHANG Yuan, QU Xiao-dong, <i>et al.</i> (2272)
Comparison and Application of Biological Indices of Macroinvertebrates in River Health Assessment	GENG Shi-wei, QU Xiao-dong, ZHANG Yuan, <i>et al.</i> (2281)
Spatial and Temporal Distribution of Total Mercury (T-Hg) in Different Water Bodies of Nam Co, Tibetan Plateau	WANG Kang, KANG Shi-chang, GUO Jun-ming, <i>et al.</i> (2288)
Temporal and Spatial Variations of Major Ions in Nam Co Lake Water, Tibetan Plateau	GUO Jun-ming, KANG Shi-chang, ZHANG Qiang-gong, <i>et al.</i> (2295)
Eutrophication Control in Local Area by Physic-ecological Engineering	LI Qiu-hua, XIA Pin-hua, WU Hong, <i>et al.</i> (2303)
Nitrogenous Fluxes and Its Self-Purification Capacity in Lake Taihu	CHEN Xiao-feng, CHUAI Xiao-ming, ZENG Jin, <i>et al.</i> (2309)
Response of Phosphorus Components in Sediments from Eutrophic Lake to External Sulfate	YUAN Tan, HUA Yu-mei, ZHU Duan-wei, <i>et al.</i> (2315)
Spatial Distribution Character of Phosphorus Fractions in Surface Sediment from Chaohu Lake	WEN Sheng-fang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong (2322)
Long-range Transport Potential of Typical Organic Pollutants in Nanjing	FANG Li-jiang, WU You-fang, DING Zhong-yuan, <i>et al.</i> (2330)
Distribution of Black Carbon in the Surface Sediments of the East China Sea and Their Correlations with Persistent Organic Pollutants	LIN Tian, FANG Yin, CHEN Ying-jun, <i>et al.</i> (2335)
Contamination Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Water from Jialing River in Chongqing	CAI Wen-liang, LUO Gu-yuan, XU Xiao-yi, <i>et al.</i> (2341)
Levels, Distribution and Possible Sources of Polychlorinated Biphenyls in River Sediments from an Electronic Waste Recycling Area	WANG Xue-tong, LI Yuan-cheng, MIAO Yi, <i>et al.</i> (2347)
Assessment Model for Heavy Metal Pollution in Sediment Based on Trapezoidal Fuzzy Numbers and Case Study	LI Fei, HUANG Jin-hui, ZENG Guang-ming, <i>et al.</i> (2352)
Impact of Coastal Exploitation on the Heavy Metal Contents in the Sediment of Bohai Bay	QIN Yan-wen, ZHENG Bing-hui, LI Xiao-bao, <i>et al.</i> (2359)
Spatial Distribution and Contamination Evaluation of Heavy Metals in the Intertidal Surface Sediments of Eastern Chongming	LI Ya-juan, YANG Shi-lun, HOU Li-jun, <i>et al.</i> (2368)
Speciation and Vertical Distribution of Heavy Metals in Sediments of Baiyangdian Lake	LI Bi-cai, HE Lian-sheng, YANG Min, <i>et al.</i> (2376)
AVS Concentrations in Xinan Creek and the Influencing Factors	LIU Xiao-bing, WEN Yan-mao, LI Feng, <i>et al.</i> (2384)
Mechanism of NH_4^+ -N Removal in Drinking Water Biofilter	LIU Bing, FAN Hui, YU Guo-zhong, <i>et al.</i> (2394)
Characterization and Thermodynamic Properties of Cu(II) Imprinted Chitosan Crosslinked Membrane	ZHANG Yu-hong, ZHANG Ai-li, ZHOU Ji-ti, <i>et al.</i> (2403)
Studies on the Degradation of Paracetamol in Sono-electrochemical Oxidation	DAI Qi-zhou, MA Wen-jiao, SHEN Hong, <i>et al.</i> (2410)
Study on Treatment of Methylene Blue Wastewater by Fly Ash Adsorption-Fenton and Thermal Regeneration	BAI Yu-jie, ZHANG Ai-li, ZHOU Ji-ti (2419)
Electricity Generation Performance of Two-Chamber Microbial Full Cell in the Treatment of Simulated Wastewater	ZHANG Yong-juan, LI Yong-feng, LIU Chun-yan, <i>et al.</i> (2427)
Preparation and Characterization of Zn/Cr-LDHs and Their Removal Performances of Reactive Brilliant Orange X-GN	WANG Xiao-rong, WU Ping-xiao (2432)
Transport Processes of Low-level Radioactive Liquid Effluent of Nuclear Power Station in Closed Water Body	WU Guo-zheng, XU Zong-xue (2438)
Analysis of Carbon Balance and Study on Mechanism in Anoxic-Oxic-Settling-Anaerobic Sludge Reduction Process	ZHAI Xiao-min, GAO Xu, ZHANG Man-man, <i>et al.</i> (2444)
Effect of Mixed Carbon Sources in the Granulation Process of EBPR System	JIANG Tao, SUN Pei-de, XU Shao-juan (2451)
Biocatalyst of Redox Mediators on the Denitrification by <i>Paracoccus versutus</i> Strain GW1	LI Hai-bo, LIAN Jing, GUO Yan-kai, <i>et al.</i> (2458)
Isolation of a High Hydrogen-producing Mutant TB34 Generated by Transposon Insertion and Analysis of Hydrogen Production	LIU Hong-yan, WANG Guang-ce, SHI Liu-ying, <i>et al.</i> (2464)
Condition Optimization for Degradation of Chlorophenols Using Laccase from <i>Amillariella mellea</i>	QIN Ren-bing, ZHU Xian-feng, WU Ke, <i>et al.</i> (2470)
Characterization of CH_4 , N_2O Emission and Selection of Rice Cultivars in Double Cropping Rice Fields	FU Zhi-qiang, ZHU Hua-wu, CHEN Can, <i>et al.</i> (2475)
Short-term Effects of Exogenous Nitrogen on CH_4 and N_2O Effluxes from <i>Cyperus malaccensis</i> Marsh in the Min River Estuary	MOU Xiao-jie, LIU Xing-tu, TONG Chuan, <i>et al.</i> (2482)
Temporal-spatial Variations of Total Nitrogen in the Degraded Grassland of Three-River Headwaters Region in Qinghai Province	PENG Jing-tao, LI Guo-sheng, FU Wa-li, <i>et al.</i> (2490)
Temporal Variations of Clay Content in Eroded Sediment Under Different Rainfall Condition	WU Feng-zhi, SHI Zhi-hua, FANG Nu-fang, <i>et al.</i> (2497)
Effects of Soil Properties on the Stabilization Process of Cadmium in Cd Alone and Cd-Pb Contaminated Soils	WU Man, XU Ming-gang, ZHANG Wen-ju, <i>et al.</i> (2503)
<i>In-situ</i> Remediation of Polychlorinated Biphenyls Polluted Soil by Ecological Controlling Measures; A Field Trial	PAN Cheng, TENG Ying, LUO Yong-ming, <i>et al.</i> (2510)
Characterization Comparison of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Uptake by Roots of Different Crops	LIANG Xiao, ZHAN Xin-hua, ZHOU Li-xiang (2516)
Characteristics and Mechanism of Sodium Removal by the Synergistic Action of Flue Gas and Waste Solid	YI Yuan-rong, HAN Min-fang (2522)
Decomposition Model of Energy-Related Carbon Emissions in Tertiary Industry for China	LU Yuan-qing, SHI Jun (2528)

《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7月15日 33卷 第7期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 7 Jul. 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

国内外公开发行人