

# 典型电器工业区河涌沉积物中的多溴联苯醚空间和垂直分布

邱孟德<sup>1,2,3,4,5</sup>, 邓代永<sup>2,3,4</sup>, 余乐浵<sup>6</sup>, 孙国萍<sup>2,3,4</sup>, 麦碧娴<sup>6</sup>, 许玫英<sup>2,3,4\*</sup>

(1. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301; 2. 广东省微生物研究所, 广州 510070; 3. 广东省菌种保藏与应用重点实验室, 广东省微生物应用新技术公共实验室, 广州 510070; 4. 广东省华南应用微生物重点实验室-省部共建国家重点实验室培育基地, 广州 510070; 5. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 6. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

**摘要:** 对珠江三角洲佛山市顺德区容桂镇电器工业区河涌沉积物多溴联苯醚(PBDEs)的含量进行了空间和垂直分布研究. 选择该镇中心城区内河涌作为研究河道. 根据河涌水流情况选取8个采样点采集沉积物样品. 所有样品中均检出PBDEs. 各监测点的PBDEs总含量变化范围为62~349 ng·g<sup>-1</sup> (平均为178 ng·g<sup>-1</sup>), 各采样点的浓度差异较大. 其中, 十溴联苯醚含量为56~337 ng·g<sup>-1</sup> (平均为171 ng·g<sup>-1</sup>), 占PBDEs总含量的90%~99% (平均95%). 所检测到的部分同系物(如BDE-196、197和203)可能是BDE-209的降解产物. PBDEs的垂直分布模式显示0~10 cm层面样品的PBDEs浓度为147 ng·g<sup>-1</sup>, 30~40 cm层面样品的PBDEs浓度为260 ng·g<sup>-1</sup>, PBDEs在沉积物中的丰度随垂直深度的增加而增加. 12种同系物在采自各个深度层样品中的比例基本相同, 由十溴工业品来源的BDE-209、208、207和206占总PBDEs的94%, 而五溴和八溴所占比例较低. 由此可见, 该地区普遍存在PBDEs污染, 其中十溴联苯醚是最主要污染物, 这可能与十溴工业品是电器工业主要使用的阻燃材料相关.

**关键词:** 多溴联苯醚; 十溴联苯醚; 分布模式; 河涌底泥; 电器工业区

中图分类号: X131 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)02-0580-07

## Horizontal and Vertical Distribution of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in River Sediment from a Typical Electrical Equipment Industrial Area

QIU Meng-de<sup>1,2,3,4,5</sup>, DENG Dai-yong<sup>2,3,4</sup>, YU Le-huan<sup>6</sup>, SUN Guo-ping<sup>2,3,4</sup>, MAI Bi-xian<sup>6</sup>, XU Mei-ying<sup>2,3,4\*</sup>

(1. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; 2. Guangdong Institute of Microbiology, Guangzhou 510070, China; 3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Microbial Culture Collection and Application/Guangdong Open Laboratory of Applied Microbiology, Guangzhou 510070, China; 4. State Key Laboratory of Applied Microbiology (Ministry-Guangdong Province Jointly Breeding Base), South China, Guangzhou 510070, China; 5. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 6. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) were determined in sediment collected from a river in a typical electrical equipment industrial area, Ronggui, Foshan. Eight samples were collected from river sediment. The results indicated that PBDEs were presented in all samples. Spatial trends showed that the concentrations of PBDEs in all sediment samples were ranged from 62 ng·g<sup>-1</sup> to 349 ng·g<sup>-1</sup>, with an average of 178 ng·g<sup>-1</sup>. The predominant congener was BDE-209 (90%~99%), which ranged from 56~337 ng·g<sup>-1</sup>, with an average of 171 ng·g<sup>-1</sup>. Some of congeners such as BDE-196, 197 and 203 may be were the degradation product of BDE-209. Vertically, the concentrations of PBDEs were increased with the depth, whereas the concentrations were 147 ng·g<sup>-1</sup> in layer 0~10 cm and 260 ng·g<sup>-1</sup> in layer 30~40 cm, respectively. Distribution profile of PBDEs in vertical direction was similar in different depths. The commercial deca-BDE (94%), which contained BDE-209, 208, 207 and 206, was the dominate pollutant with minor contributions from penta- and octa-BDEs. The results suggested that this area was polluted by PBDEs and BDE-209 was the most dominate congener, which is related with the manufacturing activities for electrical equipment.

**Key words:** polybrominated diphenyl ethers (PBDEs); BDE-209; distribution profile; river sediment; electrical equipment industrial area

收稿日期: 2011-03-29; 修订日期: 2011-05-04

基金项目: 广东省自然科学基金研究团队项目(9351007002000001); 佛山市顺德区容桂街道科技计划项目; 广东省中国科学院全面战略合作项目(2010B09031048); 佛山市院市合作项目(2010YS023)

作者简介: 邱孟德(1985~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为环境微生物学. E-mail: tottiqiu@163.com

\* 通讯联系人, E-mail: xumy@gdim.cn

多溴联苯醚 (polybrominated diphenyl ethers, PBDEs) 是一类常用的溴代阻燃剂, 被广泛应用于电子产品、纺织、家具、防火材料、装饰物、塑料等制品中, 主要的工业品有五溴、八溴和十溴联苯醚<sup>[1]</sup>. 由于 PBDEs 被大量生产和添加, 并随着产品的使用和废弃进入环境, 在世界范围内进行长距离的迁移转化而被广泛检测到<sup>[2~8]</sup>, 甚至在人类母乳中以每 5 年增加一倍的速度增长<sup>[9]</sup>. 由于 PBDEs 在环境中具有持久性、生物蓄积性和潜在的生物毒性, 有关其污染问题已引起了世界各国的高度关注. 五溴和八溴联苯醚已被欧盟和美国限制使用<sup>[10]</sup>, 并被列入《持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》的控制清单, 而十溴联苯醚在亚洲和世界各国的生产和使用量仍在上升<sup>[11]</sup>. 近年来, 针对我国环境中的 PBDEs 已开展了较多的调查研究<sup>[2, 12, 13]</sup>, 结果显示 PBDEs 在我国环境中广泛分布, 个别地区的 PBDEs 浓度已达到惊人的水平 (97 400 ng/g)<sup>[4]</sup>. 电子/电器的制造过程和电子废弃物的拆解是 PBDEs 向环境中释放的 2 个主要途径, 目前有关这些典型区域环境中 PBDEs 的研究大多集中于电子废弃物拆解区<sup>[4, 14~16]</sup>, 对于 PBDEs 在电子/电器制造业工业区的分布研究相对较少<sup>[17, 18]</sup>.

本研究对采自广东佛山容桂电器工业区内河涌沉积物中的 PBDEs 进行分析, 考察 PBDEs 的空间分布和垂直变化趋势, 了解其在空间尺度上的分布差异, 以期为制订电器工业区河涌沉积物中 PBDEs 污染治理方案提供科学数据.

## 1 材料与方法

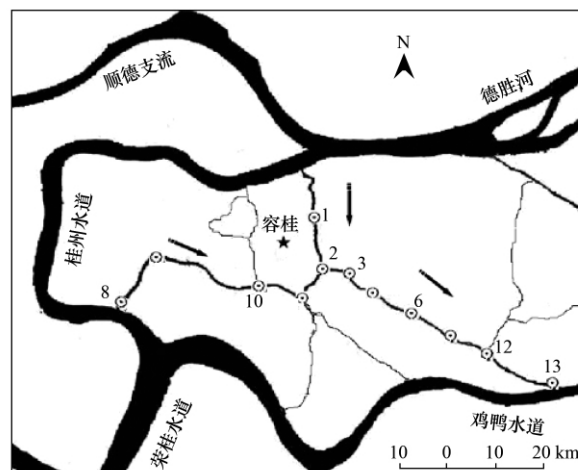
### 1.1 研究位点与样品采集

选择容桂镇中心城区内河涌作为研究河道. 容桂镇位于佛山市顺德区南部, 该镇辖区被容桂水道、顺德支流、鸡鸭水道和桂洲水道包围, 辖区内大小河涌密布. 该镇已形成了以智能家电、信息电子、医药保健、精细化工、机械模具等五大支柱的工业体系. 该镇生产的电器主要是家用电器, 如: 冰箱、微波炉、空调等. 2010 年实现规模以上工业产值 1 376 亿元, 是电器加工制造业的典型代表. 近年来, 不断加大的人口压力和工业扩张使得镇内河涌受到严重的工业和生活源污染. 西北起始端为桂洲大道中与狮山路交汇处, 西南侧起始于红星桂堂小学, 末端至广珠高速, 全长约 4.2 km 的河道范围 (图 1). 取样点主要有桂洲大道西 (1 号点), 新涌终点 (2 号点), 文塔公园 (3 号点), 容桂实验中学 (6 号点) 等 8 个点, 河

涌的水流方向是 1~2 号  $\delta$ ~2 号 2 号沿 3 号至 6 号流向. 2010 年 7 月于此河涌采集表层沉积物, 并采集了 3 号点垂直尺度的沉积物样品, 分别为 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm. 运回实验室后置于 -20℃ 冰箱.

### 1.2 样品的处理及分析

利用冷冻干燥器 (Christ Alpha-4, Germany) 对样品进行冷冻干燥, 约 24 h, 然后进行研磨, 过 75 目筛后贮存在棕色磨口瓶中, 避光保存. 所有样品均经过 200 mL 的正己烷/丙酮 (1:1, 体积比) 索氏抽提 48 h. 抽提前抽提器和冻凝管等用正己烷/丙酮混合液进行清洗, 并加入定量的回收率指示物 (<sup>13</sup>C-PCB141 和 PCB209) 和铜片除硫.



图中箭头方向表示水流方向

图 1 容桂内河涌沉积物采样点分布示意<sup>[19]</sup>

Fig. 1 Location of sampling sites

抽提液在旋转蒸发器上浓缩并将溶剂置换成正己烷 (约 1 mL). 浓缩液经多层硅胶氧化铝复合柱纯化. 该复合柱从下到上依次是: 6 cm 氧化铝, 2 cm 中性硅胶, 5 cm 碱性硅胶, 2 cm 中性硅胶, 6 cm 酸性硅胶, 1 cm 无水硫酸钠. 用 70 mL 二氯甲烷/正己烷混合溶剂 (1:1, 体积比) 洗脱. 洗脱液浓缩定容至 200  $\mu$ L, 加入一定量 PBDEs 进样内标, 详细的前处理流程见文献 [22].

仪器分析采用岛津气相色谱-质谱联用仪 (Shimadzu GCMS-QP2010), 负化学电离 (NCI). 三~七溴联苯醚使用 DB-XLB (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m, J&W Scientific) 色谱柱进行分离, 升温程序为: 110℃ 保持 1 min, 以 8  $^{\circ}$ C  $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的速度上升到 180℃ 后保持 1 min, 再以 2  $^{\circ}$ C  $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的速度上升到 240℃ 后保持 5 min, 然后以 2  $^{\circ}$ C  $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的速度上升至 280℃ 后保持 25 min, 最后以 5  $^{\circ}$ C  $\cdot$ min<sup>-1</sup> 的速度上升

到 290℃ 后保持 13 min. 其他条件为: 载气为高纯氮, 反应气为甲烷; 柱流速为 1.0 mL·min<sup>-1</sup>, 离子源温度 200℃, 界面温度 280℃, 进样量为 1 μL, 无分流进样. 八~十溴联苯醚使用 CP-Sil 13CB(12.5 m × 0.25 mm × 0.25 μm, Varian) 色谱柱进行分离, 升温程序为: 110℃ 以 8℃·min<sup>-1</sup> 的速度升到 300℃ 后保持 20 min, 柱流速 1.5 mL·min<sup>-1</sup>, 无分流高压进样. PBDEs 的仪器分析扫描离子为: 三~九溴联苯醚荷质比 (*m/z*) 为 79、81; 十溴联苯醚 *m/z* 为 79、81、486.7 和 488.7; 回收率指示物<sup>13</sup>C-PCB141 的 *m/z* 为 372、374, PCB209 的 *m/z* 为 498、500; 内标<sup>13</sup>C-PCB208 的 *m/z* 为 476、478<sup>[2]</sup>.

在分析过程中质量保证/质量控制措施(QA/QC)包括: 在分析过程中同时运行 QC 控制样(方法空白、空白加标、基质加标和样品重复样)及分析前对所有样品添加回收率指示物标样. 空白加标中目标化合物回收率为 96.8% ± 9.2%; 基质加标中目标化合物回收率为 98.7% ± 10.6%; 所有样品中回收率指示物<sup>13</sup>C-PCB141 和 PCB209 的回收率分别为 98.4% ± 8.2% 和 97.8% ± 9.5%. BDE-209 的检出限(3 倍信噪比)为 0.2 ng·g<sup>-1</sup>, 其他 PBDEs 为 0.01 ~ 0.1 ng·g<sup>-1</sup>. 痕量 BDE-47 在方法空白中有检出, 实际样品的含量已进行空白扣除.

## 2 结果与讨论

### 2.1 PBDEs 在沉积物中的空间分布

PBDEs 在 8 个表层沉积物样品中均检出, 总含量为 62 ~ 349 ng·g<sup>-1</sup>, 平均为 178 ng·g<sup>-1</sup>. 1 号点的浓度最低, 而 6 号点的浓度最高, 约是 1 号的 6 倍. 从图 2(a) 中可以看出各研究区域的含量水平存在一定的差异, 表现为: 6 号 > 13 号 > 2 号 > 12 号 > 10 号 > 8 号 > 3 号 > 1 号. 所检出的 PBDEs 同系物共 13 种, 分别为 BDE-47、66、100、99、153、183、197、203、196、208、207、206 和 BDE-209(图 2). 其中 BDE-209 是最主要的单体, 平均占总量的 84.6%. 工业品 PBDEs 主要有 3 种: 商用五溴联苯醚(BDE-28、47、66、99、100、138、153 和 154)、商用八溴联苯醚(BDE-183、196、197、201 和 203)、商用十溴联苯醚(BDE-206、207、208 和 209). 本研究中来自十溴工业品 PBDEs 的含量为 56 ~ 337 ng·g<sup>-1</sup>, 平均为 171 ng·g<sup>-1</sup>, 占有 PBDEs 总量的 90% ~ 99%, 平均占 95%(图 2). 此结果表明, 该地区 PBDEs 的污染源主要来自十溴工业品, 而五溴和八溴的浓度较低. 推测这主要是由于该地区以电子电器工业为主, 而十溴工业品是电子电器产品中使用的最主要阻燃材料.

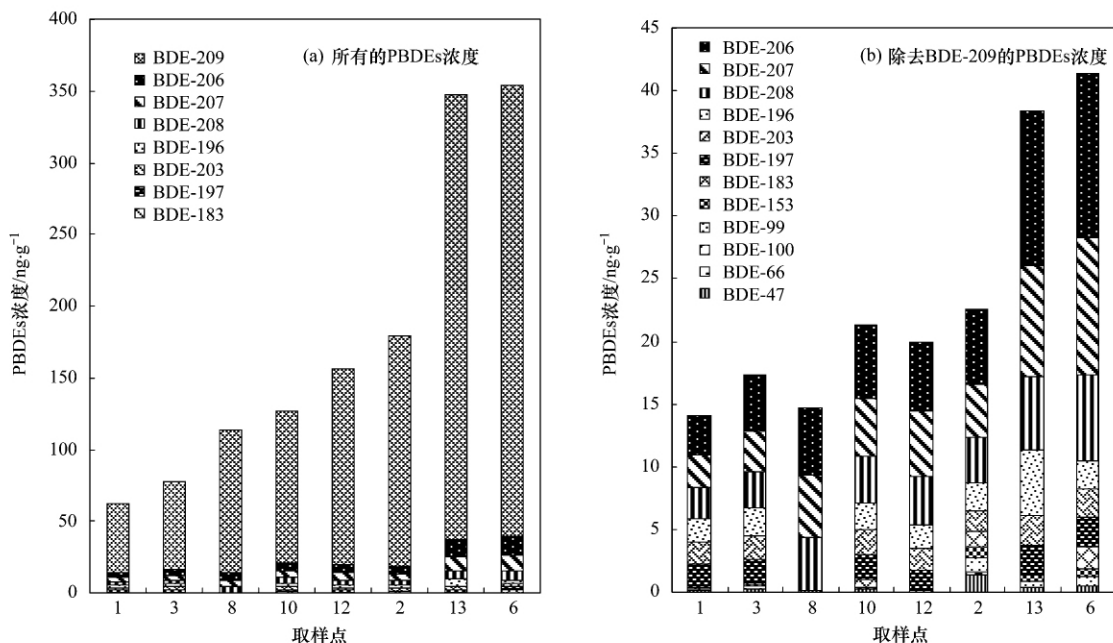


图 2 不同取样点沉积物中 PBDEs 的分布

Fig. 2 Distributions of PBDEs in surface sediments from the sampling sites

PBDEs 的同系物分布模式表明(除去 BDE-209) 3 种九溴同系物占了绝大部分(80%) 其次为

BDE-196(9.1%)、197(6.6%) 和 203(7.5%) . 不同采样点的分布模式有所不同(图 3) .

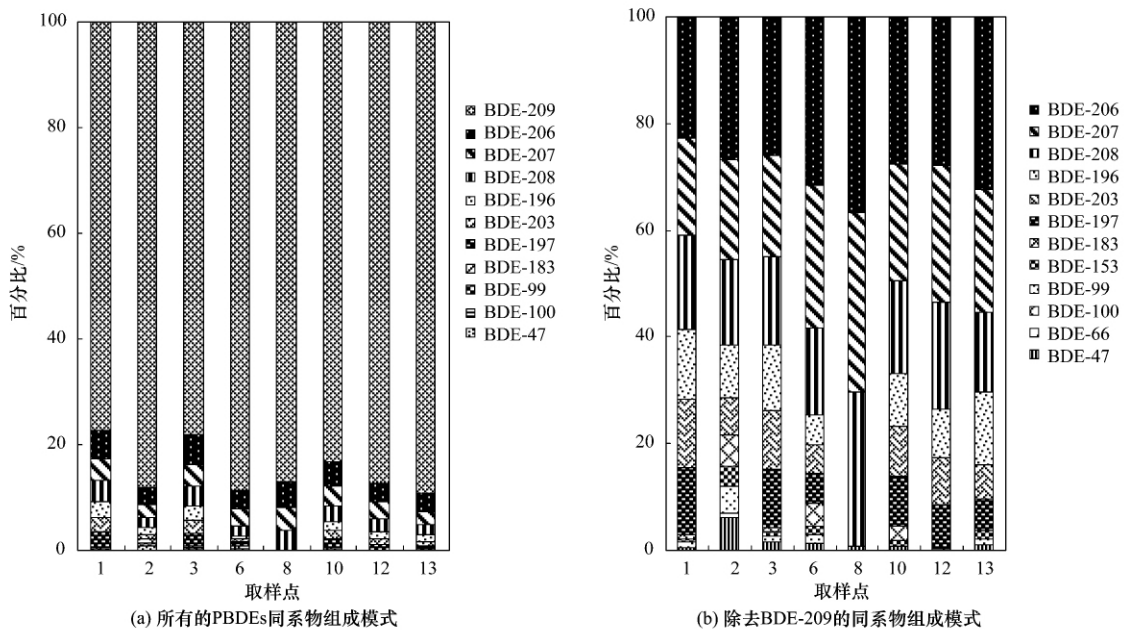


图3 不同取样点的PBDEs同系物组成模式

Fig. 3 Distribution profile of PBDEs in surface sediments from the sampling sites

实验结果表明,河涌各采样点沉积物中PBDEs的浓度差异较大,呈现出上游浓度低于下游浓度.内河涌上游的1号、8号点浓度较低,而最下游的采样点13、12和6号浓度较高.而2号点浓度高的原因可能与2个方向的水流汇集相关,并且此段河涌较宽,水流缓慢,沉积的淤泥较多,PBDEs得以在此处蓄积.而2号点下游的3号点PBDEs浓度并不高,原因有待进一步调查.6号点下游的13号点和12号点浓度低于6号点,可能是由于这2个点靠近水流速较快的鸡鸭水道,不利于沉积物对PBDEs的吸附.

从PBDEs的同系物组成模式上看,十溴联苯醚是PBDEs污染的重要组成部分,十溴联苯醚阻燃剂工业品的使用可能是最重要的来源.其次是八溴BDE-196、197和203,但八溴工业品中的主要成分BDE-183的检出率并不高[图2(b)],推测八溴工业品也被一定程度地使用,但所检测到的部分BDE-196、197和203可能是来自BDE-209的降解产物<sup>[20-21]</sup>.总体上,不同采样点的分布模式差异较小,这表明它们具有相似的纳污模式.

对研究区域内的十溴工业品浓度与非十溴同系物(除去十溴工业品中的同系物)的浓度之间进行相关分析,结果发现这两者之间具有较好的相关性( $R^2 = 0.8073$ ),即随着沉积物中十溴工业品浓度的

提高,非十溴同系物的浓度也相应提高(图4),表明十溴与非十溴同系物具有相同的输入途径.

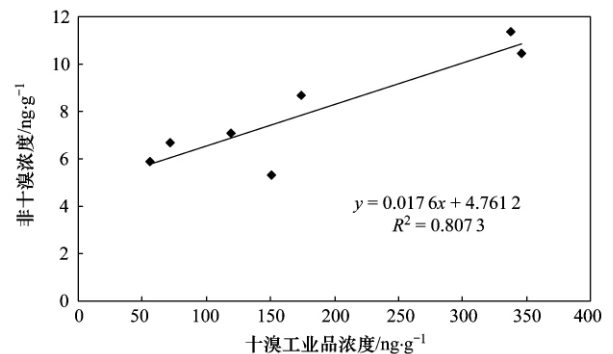


图4 沉积物中十溴工业品浓度与非十溴浓度之间的相关性

Fig. 4 Correlations between commercial deca-BDE mixture and PBDEs (without commercial deca-BDE mixture) concentration

## 2.2 PBDEs在沉积物中的垂直分布

PBDEs在不同深度的沉积物样品中均被检出.共检出12种PBDEs的同系物,分别为BDE-28、47、99、153、183、197、203、196、208、207、206和BDE-209. PBDEs在沉积物中的含量随深度的增加而增加.0~10 cm表层沉积物样品中的PBDEs浓度最低( $147 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ),而30~40 cm底层沉积物样品中PBDEs的浓度最高( $260 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ) [图5(a)].低溴代PBDEs(除去十溴联苯醚)的总量为25~40

ng·g<sup>-1</sup> [图 5( b) ].

从 PBDEs 在沉积物垂直方向的组成模式上看, 12 种同系物在采自不同深度样品中的比例基本相

同, 其中 BDE-209 占 83% ,BDE-208、207 和 206 共占 11% ( 图 6) . 其中, 十溴工业品占 PBDEs 总量的 94% , 而五溴和八溴工业品所占比例较低.

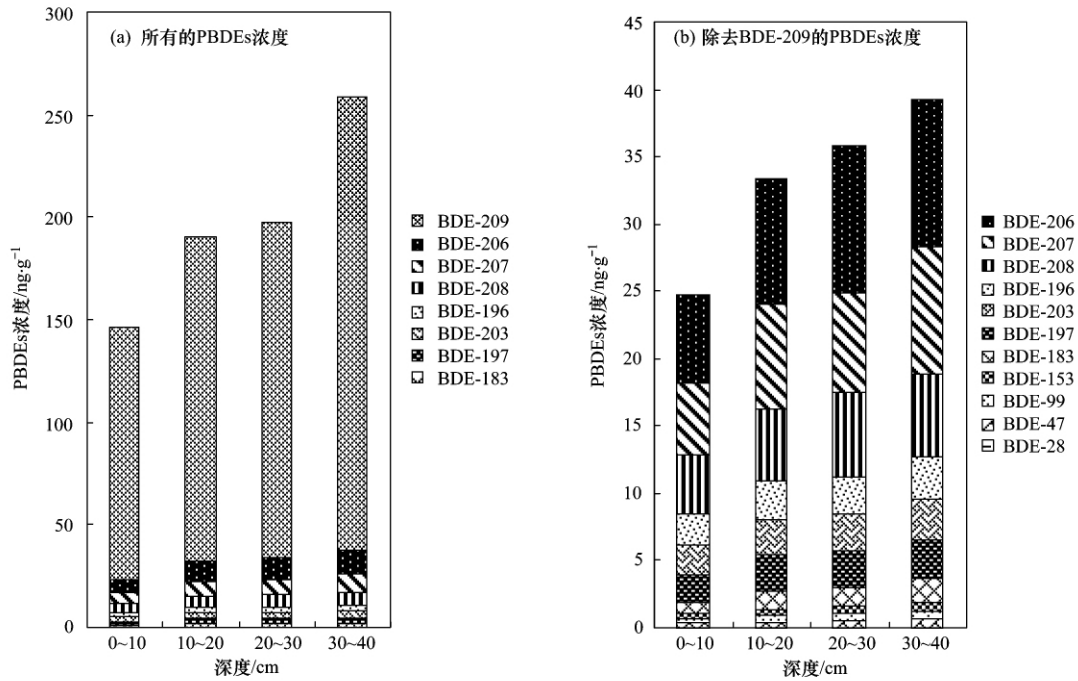


图 5 垂直方向上的 PBDEs 浓度

Fig. 5 Vertical distribution of PBDEs concentrations

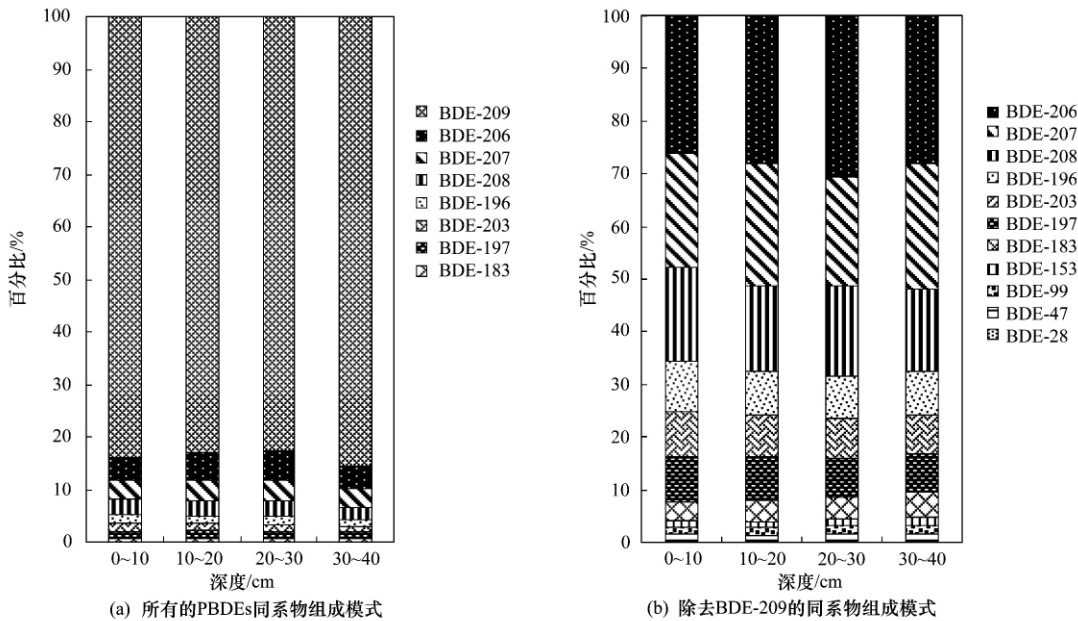


图 6 垂直方向的 PBDEs 组成模式

Fig. 6 Vertical distribution profile of PBDEs

不同深度的 PBDEs 分布模式展示了不同时间段的污染物输入模式, 其含量变化在一定程度上反

映了时间尺度上 PBDEs 输入到沉积物中的量变. 结果表明, 近一段时间该地区 PBDEs 的输入模式比较

接近,但在沉积物中的含量则随深度的增加而增加,越靠近上层,PBDEs 的含量越低.这种情况估计是由于以下 3 方面的原因引起的:①由于近年来该地区进行了产业结构调整,污染严重、效益差的企业倒闭或者迁出,使环境中 PBDEs 的排放量减少;②由于环保相关部门采取了截污等环保措施,使得污染物的排放减少;③该地区电子/电器工业产品中所使用的 PBDEs 阻燃剂可能正被其它新型的替代品取代.在广东省另一个电子制造业工业区(东莞)河流沉积物垂向分布研究中也发现类似情况,BDE-209 在近年来(按沉积速率<sup>[18]</sup>估算大约从 2000 年初期左右)的沉积物中呈现递减趋势,而其替代品(十溴二苯乙烷)呈现逐渐递增<sup>[22]</sup>.

### 3 结论

(1) PBDEs 在沉积物中的水平分布模式表明,PBDEs 在各采样点的含量差异较大,内河涌上游的 1 号、8 号点浓度较低,而最下游的采样点 13、12 和 6 号浓度较高.

(2) PBDEs 的同系物分布模式表明,BDE-209 是最主要的污染物.十溴工业品占有所有 PBDEs 的 90%~99%,平均占 95%.表明该地区 PBDEs 的污染源主要来自于十溴工业品.这可能与该地区以电子电器工业为主相关.所检测到的部分同系物(如 BDE-196、197 和 203)可能是 BDE-209 的降解产物.

(3) PBDEs 在沉积物中的垂直分布显示,越靠近沉积物的上层,PBDEs 的含量越低,这表明该地区在生产使用过程中向环境中释放 PBDEs 的量有所减少.这可能是由于该工业区所使用的阻燃产品种类发生了转变,有必要加强对其它新型阻燃材料替代品的调查研究.

#### 参考文献:

- [1] De Wit C A. An overview of brominated flame retardants in the environment [J]. *Chemosphere*, 2002, **46**(5): 583-624.
- [2] Mai B X, Chen S J, Luo X J, *et al.* Distribution of polybrominated diphenyl ethers in sediments of the Pearl River Delta and adjacent South China Sea [J]. *Environmental Science & Technology*, 2005, **39**(10): 3521-3527.
- [3] Wang L C, Hsi H C, Wang Y F, *et al.* Distribution of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polybrominated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PBDD/Fs) in municipal solid waste incinerators [J]. *Environmental Pollution*, 2010, **158**(5): 1595-1602.
- [4] Leung A O W, Luksemburg W J, Wong A S, *et al.* Spatial distribution of polybrominated diphenyl ethers and polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soil and combusted residue at Guiyu, an electronic waste recycling site in southeast China [J]. *Environmental Science & Technology*, 2007, **41**(8): 2730-2737.
- [5] 黄玉妹,陈来国,许振成,等. 家庭尘土中多溴联苯醚的含量及人体暴露水平初步研究 [J]. *环境科学*, 2010, **31**(1): 168-172.
- [6] Lorber M. Exposure of Americans to polybrominated diphenyl ethers [J]. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 2007, **18**(1): 2-19.
- [7] Uemura H, Arisawa K, Hiyoshi M, *et al.* Congener-specific body burden levels and possible determinants of polybrominated diphenyl ethers in the general Japanese population [J]. *Chemosphere*, 2010, **79**(7): 706-712.
- [8] Gauthier L T, Hebert C E, Weseloh D V C, *et al.* Dramatic changes in the temporal trends of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in herring gull eggs from the Laurentian Great Lakes: 1982-2006 [J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, **42**(5): 1524-1530.
- [9] Norén K, Meironyté D. Certain organochlorine and organobromine contaminants in Swedish human milk in perspective of past 20-30 years [J]. *Chemosphere*, 2000, **40**(9-11): 1111-1123.
- [10] Shaw S D, Kannan K. Polybrominated diphenyl ethers in marine ecosystems of the American continents: foresight from current knowledge [J]. *Reviews on Environmental Health*, 2009, **24**(3): 157-229.
- [11] Messer A. Mini-review: polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants as potential autism risk factors [J]. *Physiology & Behavior*, 2010, **100**(3): 245-249.
- [12] Wang Y W, Yang R Q, Wang T, *et al.* Assessment of polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Tibetan butter [J]. *Chemosphere*, 2010, **78**(6): 772-777.
- [13] Su G Y, Gao Z S, Yu Y J, *et al.* Polybrominated diphenyl ethers and their methoxylated metabolites in anchovy (*Coilia* sp.) from the Yangtze River Delta, China [J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2010, **17**(3): 634-642.
- [14] 陈社军,田密,罗勇,等. 多溴联苯醚在电子废弃物拆卸地沉积物中的垂直分布 [J]. *环境科学*, 2010, **31**(12): 3088-3092.
- [15] 王璟,陈社军,田密,等. 电子废弃物处理地室内外灰尘中多溴联苯醚的污染及其人群暴露水平 [J]. *环境科学*, 2010, **31**(1): 173-178.
- [16] 陈多宏,李丽萍,毕新慧,等. 典型电子垃圾拆解区大气中多溴联苯醚的污染 [J]. *环境科学*, 2008, **29**(8): 2105-2110.
- [17] 曾艳红,罗孝俊,孙毓鑫,等. 东江下游入河排污水卤系阻燃剂质量浓度及排放通量 [J]. *环境科学*, 2011, **32**(10): 2891-2895.
- [18] Zhang X L, Luo X J, Chen S J, *et al.* Spatial distribution and vertical profile of polybrominated diphenyl ethers,

- tetrabromobisphenol A, and decabromodiphenylethane in river sediment from an industrialized region of South China [J]. *Environmental Pollution*, 2009, **157**(6): 1917-1923.
- [19] 吴青梅, 罗慧东, 孙国萍, 等. 典型感潮内河涌水质污染特征调查研究 [J]. *环境科学学报*, 2011, **31**(10): 2210-2216.
- [20] 邱孟德, 陈杏娟, 邓代永, 等. 溴代阻燃剂微生物降解的研究进展 [J]. *微生物学通报*, 2010, **37**(7): 1043-1047.
- [21] Deng D Y, Guo J, Sun G P, *et al.* Aerobic debromination of deca-BDE: isolation and characterization of an indigenous isolate from a PBDE contaminated sediment [J]. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2011, **65**(3): 465-469.
- [22] 陈社军, 麦碧娴, 曾永平, 等. 珠江三角洲及南海北部海域表层沉积物中多溴联苯醚的分布特征 [J]. *环境科学学报*, 2005, **25**(9): 1265-1271.

## 《环境科学》多项引证指标名列前茅

2011年12月2日,中国科学技术信息研究所在中国科技论文统计结果发布会上公布了2010年度中国科技论文统计结果.统计结果显示2010年度《环境科学》多项引证指标位居环境科学技术、安全科学技术类科技期刊前列.

综合评价总分86.5,排名第一(排名前三名的期刊分别是《环境科学》86.5,《中国环境科学》77.9,《环境科学学报》77.3).

总被引频次5197,排名第一(排名前三名的期刊分别是《环境科学》5197,《环境科学学报》3914,《农业环境科学学报》3700).

影响因子1.125,排名第三(排名前三名的期刊分别是《环境科学研究》1.531,《中国环境科学》1.457,《环境科学》1.125).

综合评价总分是根据中国科技期刊综合评价指标体系,计算多项科学计量指标(总被引频次、影响因子、他引率、基金论文比、引文率等),采用层次分析法确定重要指标的权重,分学科对每种期刊进行综合评定,计算出每个期刊的综合评价总分.这项指标屏蔽了各个学科之间总体指标背景值的差异,使科技期刊可以进行跨学科比较.根据发布的统计结果,2010年度《环境科学》综合评价总分86.5,在被统计的1998种核心期刊中名列第27位,在被统计的36种环境科学技术、安全科学技术类期刊中名列第一.