

典型电子垃圾拆解区大气中多溴联苯醚(PBDEs)的季节变化特征

陈多宏^{1,2}, 毕新慧^{2*}, 钟流举¹, 盛国英², 傅家谟²

1. 广东省环境监测中心, 广东 广州 510045; 2. 有机地球化学国家重点实验室/中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640

摘要: 电子垃圾污染问题已经引起了人们的广泛关注。研究了一典型电子垃圾拆解区及其上下风向大气中 PBDEs 的季节变化特征。结果表明, 夏季电子垃圾拆解区大气中 Σ_{17} BDEs 总浓度为 $9\ 930\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$, 冬季 Σ_{20} BDEs 的总浓度高达 $41\ 476\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$; 和夏季相比, 冬季五溴-联苯醚的百分比降低了 16.7%, 而十溴-联苯醚升高了 10.2%, 但是, 其组成仍然是五溴-联苯醚为主, 十溴-联苯醚次之, 八溴-联苯醚最少。上下风向地区大气中 PBDEs 浓度及其组成成分由于受到电子垃圾拆解、本地生产方式和季节变化的影响也表现出相应的变化形式。

关键词: 大气; 电子垃圾; 多溴联苯醚; 季节变化

中图分类号: X511

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 05-1068-05

电子垃圾(electronic-waste, E-waste)指废弃的电子产品, 主要由塑料、金属等组成, 包括电脑、印刷机、电视、电话等^[1]。由于人们对更新、更有效电子产品的追求, 电子产品的使用寿命越来越短。由此全球产生了相当数量的电子产品。据估计, 发达国家电子垃圾正在以每年 4% 的速度递增, 已成为增长最快的垃圾潮流^[2]。电子垃圾不仅数量大, 而且还含有大量有毒有害物质^[3]。

发达国家产生的电子垃圾有 50%~80% 被运送到中国、印度、巴基斯坦和越南等国家进行处理, 其中的 90% 被运送到中国^[2]。而在中国, 电子垃圾主要是在民间作坊集散地进行大规模的处理。由于这些作坊的拆解工艺非常原始, 没有任何的安全措施, 在对这些电子垃圾进行拆解、回收、烘烤、酸洗和焚烧等处理过程中, 会产生大量的有害物质包括二噁英、多溴联苯醚(polybrominated diphenyl ethers, PBDEs)和重金属等, 严重地污染了当地的空气、土壤、水和生物体, 对当地居民的健康状况也构成一定威胁^[1,4]。已有越来越多的研究表明电子垃圾拆解区 PBDEs 的污染非常严重, 不仅如此, 污染源区 PBDEs 还可以通过大气进行长距离的输送, 造成更大范围的污染^[5-7]。因此, 对于典型电子垃圾拆解地区大气中 PBDEs 的研究无疑是非常重要的。典型电子垃圾拆解区大气中 PBDEs 研究已经较多^[8-9], 但是, 其 PBDEs 的季节性污染特征的研究还有很多需要探讨的地方。本文针对典型电子垃圾拆解区大气中 PBDEs 季节性污染特征做了较详细的研究, 为深入了解

其污染机理提供科学支持。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

采样点分别设置在电子垃圾拆解区(E)及其上、下风向的对照区—S 和 R。S 和 R 地区均无电子垃圾拆解业, 主要是制衣行业, 距离 E 约 10 km。采样时间为 2005 年 9 月(由于采样条件等因素的限制, 没有采集 R 的大气样品)和 12 月分别代表夏季和冬季的大气样品。当地冬季常吹偏北风, 夏季常吹偏南风或东南风, 夏季时, S 位于 E 的上风向; 冬季时, S 位于 E 的下风向, R 位于 E 的上风向。

在各采样点均使用大流量大气采样器(武汉天虹智能仪器厂)同时采集总悬浮颗粒物和气相样品, 每台采样器在采集样品前均使用流量校正器进行流量校正。采样流量为 $0.3\sim 0.4\ \text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}$, 各采样点每天采样时间均为 16 h, 每个季节分别采集 7 d。

1.2 标准物质

标准物质: BDE-17, BDE-28, BDE-47, BDE-66, BDE-71, BDE-85, BDE-99, BDE-100, BDE-138, BDE-153, BDE-154, BDE-183, BDE-190, BDE-197, BDE-203, BDE-196, BDE-208, BDE-207, BDE-206 和 BDE-209。回收率指示物为 ^{13}C -PCB141 和 PCB-209, 内标为 ^{13}C -PCB208。其中 PBDEs 标样和 PCB-209 购自 Accustandards, USA; 回收率指示物 ^{13}C -PCB14 和内标 ^{13}C -PCB208 购自 Cambridge Isotope Laboratories。

1.3 PBDEs 的提取分离

PBDEs 的提取过程主要如下, 将采集到的大气

基金项目: 中国科学院知识创新工程区域需求方向项目(kzcx2-yw-139); 有机地球化学国家重点实验室开放基金项目(UGL-200807)

作者简介: 陈多宏(1979年生), 男, 博士, 主要从事环境监测与研究。E-mail: duohongchen@yahoo.com.cn; duohongchen@hotmail.com

*通信作者: 毕新慧, 女, 研究员, 研究领域为大气环境化学。

收稿日期: 2010-03-20

颗粒相滤膜样品和气相 PUF 用净化后的滤纸包好, 加入定量的回收率指示物, 经 200 mL 的 *V*(正己烷) *V*(丙酮)=1:1 索氏抽提 72 h, 浓缩并经过多级硅胶氧化铝柱净化后定容为 200 μ L, 加入定量内标, 进行 GC/MS 分析。

1.4 仪器分析及分析条件

分析仪器为岛津气相色谱/质谱联用仪 (Shimadzu GC/MS-QP2010), 采用负化学电离(NCI)和选择离子检测(SIM)模式。对低溴联苯醚(三溴-七溴)采用色谱柱 DB-XLB(30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m, J&W Scientific)分离。升温程序为: 110 $^{\circ}$ C(保持 1 min), 以 8 $^{\circ}$ C \cdot min $^{-1}$ 的速率升至 180 $^{\circ}$ C, 然后以 2 $^{\circ}$ C \cdot min $^{-1}$ 速率升至 240 $^{\circ}$ C(保持 5 min), 再以同样的升温速率升至 280 $^{\circ}$ C(保持 25 min), 最后以 5 $^{\circ}$ C \cdot min $^{-1}$ 升至 290 $^{\circ}$ C(保持 15 min)。进样口温度为 280 $^{\circ}$ C; 不分流自动进样 1 μ L。对高溴联苯醚(八溴-十溴)采用短色谱柱 CP-Sil 13 CB (12.5 m \times 0.25 mm \times 0.2 μ m)检测。升温程序为: 110 $^{\circ}$ C起温, 以 8 $^{\circ}$ C \cdot min $^{-1}$ 的速率升至 290 $^{\circ}$ C(保持 15 min)。进样口温度 280 $^{\circ}$ C, 不分流进样 1 μ L。仪器分析扫描离子分别为: 三溴-九溴联苯醚为 79、81 $m\cdot z^{-1}$; 十溴联苯醚为 79、81、486.7 和 488.7 $m\cdot z^{-1}$ 。回收率指示物 ^{13}C -PCB141 为 372 和 374 $m\cdot z^{-1}$, PCB-209 为 496、498 和 500 $m\cdot z^{-1}$ 。内标 ^{13}C -PCB208 为 474、476 和 478 $m\cdot z^{-1}$ 。

仪器检测限定义为 3 倍信噪比(S/N=3), 当色谱峰 S/N \geq 3, 认为该化合物被检测出。

1.5 质量保证和质量控制(QA/QC)

每个样品中均加入回收率指示物 ^{13}C -PCB141 和 PCB-209。每批样品同时分析 QA/QC 样品, 包括方法空白、空白加标、基质加标和样品平行样。

用一个半 PUF 做穿透实验发现, 后半块 PUF 中 PBDEs 的浓度小于前 PUF 中浓度的 5%, 表明前 PUF 有效地捕捉了气相中的 PBDEs。每个采样点均进行了野外空白实验。野外空白实验中检测到少量的 BDE-47, -99 和 -209, 但是其浓度均小于样品中的 5%。回收率指示物 ^{13}C -PCB141 和 PCB-209 的回收率分别为 71%~117%和 79%~115%, 本论文发表结果均未经过回收率校正。

2 各采样点 PBDEs 的季节变化特征及其成因分析

2.1 各采样点 PBDEs 的浓度水平

表 1 和表 2 分别列出了夏季和冬季主要目标化合物在电子垃圾拆解区 E 和周边地区 S 和 R 的 PBDEs 平均质量浓度以及各目标化合物所占的百分

表 1 采样点夏季大气中 PBDEs 的质量浓度

Table 1 The PBDE concentrations in the atmosphere of sampling sites in summer

PBDEs	S			E		
	平均值	标准方差	比例/%	平均值	标准方差	比例/%
BDE-28	23.2	14.8	6.66	818	503	8.23
BDE-47	95.1	56.3	27.3	2748	2130	27.7
BDE-66	13.3	10.9	3.81	656	532	6.61
BDE-100	5.42	2.82	1.55	133	101	1.34
BDE-99	36.6	22.5	10.5	1656	1431	16.7
BDE-154	4.99	4.07	1.43	115	63.1	1.16
BDE-153	10.7	9.12	3.07	336	179	3.39
BDE-183	15.2	11.6	4.36	336	309	3.38
BDE-197	4.48	4.17	1.29	114	77.2	1.15
BDE-203	6.01	4.73	1.72	104	82.6	1.05
BDE-208	6.17	6.74	1.77	173	131	1.74
BDE-207	15.2	14.8	4.36	399	267	4.02
BDE-209	98.9	111	28.4	1945	1583	19.6
$\Sigma_{17}PBDEs$	349	300	100	9930	5940	100

表 2 采样点冬季大气中 PBDEs 的质量浓度

Table 2 The PBDE concentrations in the atmosphere of the sampling sites in winter

PBDEs	R			S			E		
	平均值	标准方差	比例/%	平均值	标准方差	比例/%	平均值	标准方差	比例/%
BDE-28	216	244	8.21	157	209	6.69	2080	1321	5.01
BDE-47	653	855	24.7	403	546	17.2	6146	5063	14.8
BDE-66	185	232	7.01	130	177	5.54	2067	1554	4.98
BDE-100	80.4	99.3	3.05	39.2	44.2	1.68	1011	915	2.44
BDE-99	470	600	17.8	269	347	11.5	4911	3900	11.8
BDE-154	50.7	54.7	1.92	37.9	42.0	1.62	777	743	1.87
BDE-153	87.9	109	3.33	65.3	74.5	2.79	1034	823	2.49
BDE-183	53.2	55.5	2.08	62.2	57.9	2.66	1188	1346	2.86
BDE-197	20.9	24.6	0.79	28.9	25.9	1.24	660	756	1.59
BDE-203	25.1	27.6	0.95	34.8	30.1	1.49	684.6	768	1.65
BDE-208	40.3	43.0	1.52	54.8	45.1	2.34	1392	1480	3.36
BDE-207	94.3	100	3.57	129	104	5.52	3521	3705	8.49
BDE-209	362	318	13.7	740	547	31.7	12374	14260	29.83
$\Sigma_{20}PBDEs$	2560	2741	100	2339	2320	100	41476	32172	100

比。虽然 BDE-17, -71 和-190 这 3 种化合物在夏季样品中没有检测,但是由于他们的浓度很少,所以不会对 2 个季节 PBDEs 污染水平的评价造成影响。

E 区,夏季大气中 \sum_{17} BDEs 的质量浓度为 $9\ 930\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$,冬季 \sum_{20} BDEs 的质量浓度高达 $41\ 476\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$,这与当地电子垃圾的拆解和焚烧有着密不可分的关系^[10]。

夏季,采样期间主导风向为西南风,S 虽位于 E 的上风向,其质量浓度水平也达到了 $349\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$,这一方面是由于 S 当地的制衣行业使用了大量的海绵,会释放大量的 PBDEs 特别是低溴代 PBDEs^[11],对本地区造成较严重的 PBDEs 污染;另一方面,由于 S 和 E 的距离仅 10 km,大气风向的不稳定必然会使 S 受到强污染源 E 的影响。冬季,由于本地制衣行业排放 PBDEs,以及 S 处于 E 的下风向(采样期间主要受到偏北风的影响),其 PBDEs 质量浓度大幅上升,高达 $2\ 339\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。冬季时,R 点虽在电子垃圾拆解区的上风向,其质量浓度也达到了 $2\ 560\ \text{pg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。这主要由于受近距离电子垃圾拆解的影响,以及本地制衣行业排放 PBDEs 和气象条件等因素的影响。

2.2 各采样点 PBDEs 的分布特征

3 个采样点 PBDEs 的分布特征见图 1。可以看出,无论是夏季还是冬季,BDE-47, -99, -209 都是最主要的同系物。夏季,商业用品十溴-联苯醚主要成分 BDE-209 在 S 和 E 的百分比分别为 28.4%和 19.6%;组成商业用品五溴-联苯醚的 5 种主要同系

物(BDE-47, 99, -100, -153 和-154)占 \sum_{17} BDEs 总质量分数的 43.8%(S)和 50.2%(E);而八溴-联苯醚的 2 种主要同系物(BDE-138 和-183)仅占 \sum_{17} PBDE 总质量分数的 4.65%(S)和 3.85%(E)。

冬季,BDE-209 在 R、S 和 E 的百分比分别为 14.1%、31.7%和 29.8%;组成五溴-联苯醚的 5 种主要同系物占 \sum_{20} BDEs 总质量分数的 52.4%(R)、34.8%(S)和 33.5%(E);而八溴-联苯醚的 2 种主要同系物仅占 \sum_{20} BDEs 总质量分数的 2.86%(R)、3.40%(S)和 3.78%(E)。

和夏季相比,冬季时 E 和 S 的五溴-联苯醚的百分比有所降低,而十溴-联苯醚有所升高。尽管如此,这 3 个地区的 PBDEs 污染物仍然是五溴-联苯醚为主,十溴-联苯醚次之,八溴-联苯醚最少。

2.3 PBDEs 季节变化的原因分析

高温和日照:和夏季相比,冬季时 E 区的五溴-联苯醚的百分比降低约 16.7%,而十溴-联苯醚约升高 10.2%。这主要是因为夏季的高温天气会加剧低溴代 PBDEs 释放到大气中^[5,12],而较强的日照条件又会加速高溴代 PBDEs 发生光降解,产生低溴代 PBDEs^[13],从而造成大气中低溴代 PBDEs 百分组成有所上升。相反地,冬季时,较低的温度不利于低溴代 PBDEs 释放到大气中,另一方面,气温偏低,日照较弱、时间较短,不利于 PBDEs 的光降解。

降雨作用:采样点年降雨量达 1 300 ~ 1 800 mm,主要集中在 7—9 月。夏天降雨的冲刷作用会降低大气中 PBDEs 的含量^[14];而冬季是当地的干

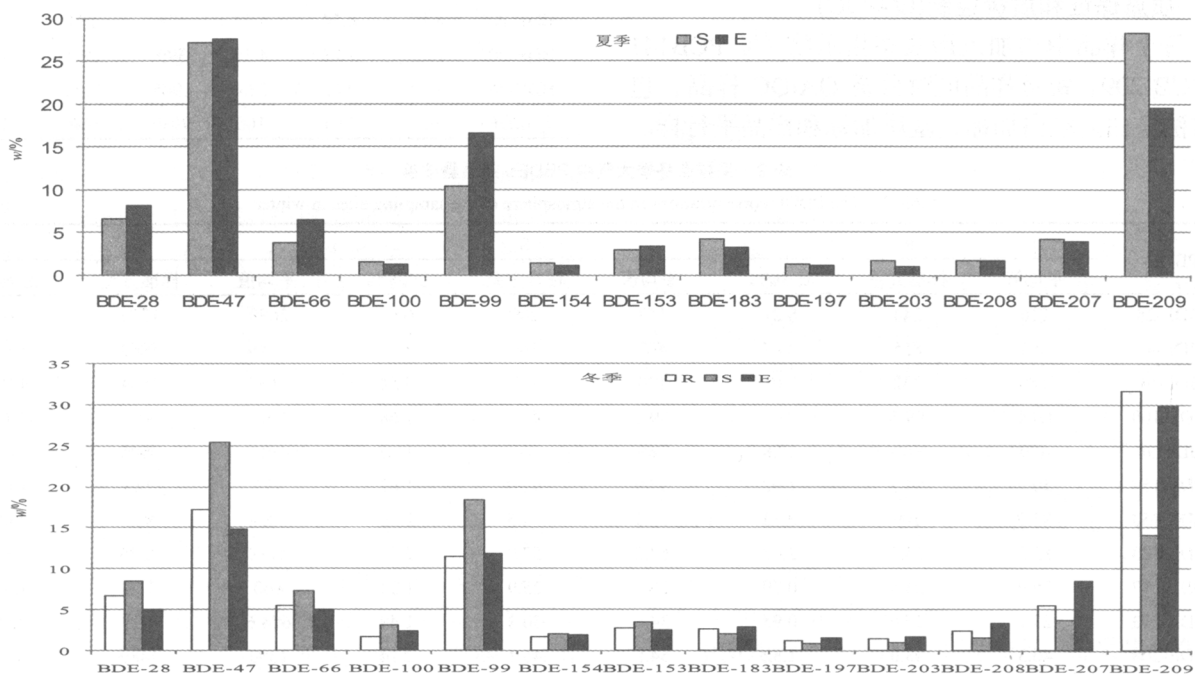


图1 各采样点夏季与冬季主要 PBDEs 百分比对比

Fig.1 PBDE pattern profiles in summer and winter

季，由降雨造成的冲刷作用很小。

大气混和层高度和逆温效应：夏季时，大气混合层比较高，利于大气扩散、稀释，使得大气中污染物浓度降低；冬季时，大气混合层比较低，而且容易形成逆温效应，造成大气很难向外扩散、稀释，使得冬季大气中污染物浓度升高。

3 与国内外相关研究的对比

表3是北美洲、欧洲和亚洲部分地区大气环境中PBDEs浓度以及BDE-209的百分比。对照本研究结果可以看出：E区BDE-47、-99和-209浓度均远高于世界其它非工业地区室外环境，特别是在冬

季。BDE-47、-99和-209的浓度分别是广州一严重PBDEs污染工业区(IN-1)的3倍、7倍和3倍^[15]。BDE-47和-99甚至是瑞典一电子垃圾拆解大厅内的5倍和2倍^[16]。但是，BDE-209却要低于该拆解大厅的浓度。这种分布形式的区别显示了不同地区PBDEs的使用模式有所差异^[17]。十溴-联苯醚是瑞典电子垃圾拆解的主要成分，而E区电子垃圾主要含溴污染物是五溴-联苯醚。

对于E区上、下风向(S和R)PBDEs的污染也比较严重。S夏季BDE-47和-99浓度约是Chicago的5倍^[18]，是广州城区的4倍和2倍^[15]。R区BDE-47

表3 世界各地大气环境中PBDEs的质量浓度

位置	BDE-47	BDE-99	BDE-100	BDE-209	Σ BDEs ^a	BDE209%	采样点类型	部分地区	文献
Eagle Harbor(苏必利尔湖)	2.90	2.10	0.29	<0.1	5.50	<1.82	边远地区	北美洲	[19]
Sturgeon Point(伊利湖)	3.80	2.80	0.39	<0.1	7.20	<1.39	郊区	北美洲	[19]
Sleeping Bear Dunes(密歇根湖)	8.40	5.30	0.80	<0.1	15.0	<0.67	郊区	北美洲	[19]
Chicago(美国)	33.0	16.0	2.00	0.30	52.0	0.58	城区	北美洲	[19]
Chicago(美国)	17.4	7.39	1.83	60.1	100	60.1	城区	北美洲	[18]
Michigan(美国)	6.18	5.14	1.09	<1.52	16.2	<9.37	边远地区	北美洲	[18]
Indiana(美国)	7.01	5.14	1.02	<2.21	19.0	<11.7	教育园区	北美洲	[18]
Arkansas(美国)	9.16	5.37	1.16	<9.02	30.0	<30.0	农业地区	北美洲	[18]
Louisiana(美国)	6.91	2.99	0.73	<2.78	16.4	<16.9	边远地区	北美洲	[18]
固体垃圾焚烧厂(瑞典)	2.10	1.90	0.40	10.4	16.7	62.3	工业区	欧洲	[20]
NCC(瑞典)	1.70	0.90	0.30	6.50	10.0	65.0	城市背景	欧洲	[20]
Gotska Sandon(瑞典)	1.80	1.20	0.70	6.10	8.60	70.9	边远地区	欧洲	[20]
电子垃圾拆解厂(瑞典)	1200	2600	250	36000	63690	56.5	工厂厂房	欧洲	[16]
B-1(中国)	26.8	31.8	5.54	478	577	82.8	城市背景	亚洲	[15]
U-1(中国)	26.9	17.5	3.02	264	347	76.1	城区	亚洲	[15]
IN-1(中国)	2182	1058	229	4192	7859	53.3	工业区	亚洲	[15]
IN-2(中国)	74.7	66.1	9.90	750	973	77.0	工业区	亚洲	[15]
Kyoto(日本)	0.59~23	0.38~19.9	0.05~3.6	<1.5~48	4.4~80	<67.72	城区	亚洲	[21]
Osaka(日本)		2.0~6.6 ^b		100~340		>95	城区	亚洲	[22]

a: PBDEs 总和; b: 三溴至七溴联苯醚之和

和-99分别是广州工业区(IN-2)的9倍和7倍^[15]。由此也可以看出，电子垃圾拆解不仅对当地造成了严重的PBDEs污染，对上、下风向地区也造成了严重影响。

4 总结

电子垃圾的拆解不仅对E区大气造成了严重的PBDEs污染，而且对其上下风向地区也造成了较严重的污染情况，特别是在气候条件不利的冬季。夏季和冬季，PBDEs的分布特征有所差异，但仍然是五溴联苯醚为主，十溴联苯醚次之，八溴联苯醚最少。

参考文献：

[1] WONG M H, WU S C, DENG W J, et al. Export of toxic chemicals-A review of the case of uncontrolled electronic-waste recycling[J]. En-

vironmental Pollution, 2007, 149: 131-140.

- [2] SCHWARZER S, BONO A D, PEDUZZI G, et al. E-waste, the hidden side of IT equipment's manufacturing and use[R]. Environment Alert Bulletin, 2005: 5.
- [3] PUCKETT J, BYSTER L, WESTERVELT S, et al. Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia[R]. The Basel Action Network, 2002: 25.
- [4] LI H R, YU L P, SHENG G Y, et al. Severe PCDD/F and PBDD/F pollution in air around an electronic waste dismantling area in China[J]. Environmental Science and Technology, 2007, 41: 5641-5646.
- [5] GOUIN T, HARNER T. Modelling the environmental fate of the polybrominated diphenyl ethers[J]. Environment International, 2003, 29: 717-724.
- [6] JAWARD F M, MEIJER S N, STEINNES E, et al. Further studies on the latitudinal and temporal trends of persistent organic pollutants in Norwegian and U.K. background air[J]. Environmental Science and Technology, 2004, 38: 2523-2530.

- [7] 张娴, 高亚杰, 颜昌宙. 多溴联苯醚在环境中迁移转化的研究进展[J]. 生态环境学报, 2009, 18: 761-770.
ZHANG Xian, GAO Yajie, YAN Changzhou. Advance in researches on the transport and transformation of polybrominated diphenyl ethers in environment[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18: 761-770.
- [8] HAN W L, FENG J L, GU Z P, et al. Polybrominated diphenyl ethers in the atmosphere of Taizhou, a major e-waste dismantling area in China[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2009, 83: 783-788.
- [9] Ni H G, ZENG H, TAO S, et al. Environmental and human exposure to persistent halogenated compounds derived from e-waste in China[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2010, 29: 1237-1247.
- [10] DENG W J, ZHENG J S, BI X H, et al. Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste recycling site compared with Guangzhou and Hong Kong, South China[J]. Environment International, 2007, 33: 1063-1069.
- [11] D'SILVA K, FERMANDES A, ROSE M. Brominated organic micropollutants-igniting the flame retardant issue[J]. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2004, 34: 141-207.
- [12] HARNER T, SHOEIB M. Measurements of octanol-air partition coefficients (K_{OA}) for polybrominated diphenyl ethers (PBDEs): predicting partitioning in the environment[J]. Journal of Chemical and Engineering Data, 2002, 47: 228-232.
- [13] BEZARES-CRUZ J, JAFERT C T, HUA I. Solar photodecomposition of decabromodiphenyl ether: products and quantum yield[J]. Environmental Science and Technology, 2004, 38: 4149-4156.
- [14] TER SCHURE A F H, LARSSON P. Polybrominated diphenyl ethers in precipitation in Southern Sweden(Skåne, Lund)[J]. Atmospheric Environment, 2002, 36: 4105-4022.
- [15] CHEN L, MAI B, BI X, et al. Concentration levels, compositional profiles, and gas-particle partitioning of polybrominated diphenyl ethers in the atmosphere of an urban city in South China[J]. Environmental Science and Technology, 2006, 40: 1190-1196.
- [16] SJÖDIN A, CARLSSON H, THURESSON K, et al. Flame retardants in indoor air at an electronics recycling plant and at other work environments[J]. Environmental Science and Technology, 2001, 35: 448-454.
- [17] 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: 2105-2110.
CHEN Duohong, LI Liping, BI Xinhui, et al. PBDEs pollution in the atmosphere of a typical e-waste dismantling region[J]. Environmental Science, 2008, 29: 2105-2110.
- [18] HOH E, HITES R A. Brominated flame retardants in the atmosphere of the East-Central United States[J]. Environmental Science and Technology, 2005, 39: 7794-7802.
- [19] STRANDBERG B, DODDER N G, BASU I, et al. Concentrations and spatial variations of polybrominated diphenyl ethers and other organohalogen compounds in great lakes air[J]. Environmental Science and Technology, 2001, 35: 1078-1083.
- [20] AGRELLA C, TER SCHURE A F H, SVEDER J, et al. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) at a solid waste incineration plant I: atmospheric concentrations[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38: 5139-5148.
- [21] HAYAKAWA K, TAKATSUKI H, WATANABE I, et al. Polybrominated diphenyl ethers(PBDEs), polybrominated dibenzop-dioxins/dibenzofurans (PBDD/Fs) and monobromo- polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (MoBPXDD/Fs) in the atmosphere and bulk deposition in Kyoto, Japan[J]. Chemosphere, 2004, 57: 343-356.
- [22] OHTA S, NAKAO T, NISHIMURA H, et al. Contamination levels of PBDEs, TBBPA, PCDDs/DFs, PBDDs/DFs, and PXDDs/Fs in the environment of Japan[J]. Organohalogen Compounds, 2002, 57: 57-60.

The seasonal variation character of PBDEs in the atmosphere of the typical e-waste dismantling area

CHEN Duohong^{1,2}, BI Xinhui², ZHONG Liuju¹, SHENG Guoying², FU Jiamo²

1. Environmental Monitoring Center of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510045, China

2. The State Key Laboratory of Organic Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou, Guangdong 510640, China

Abstract: The environmental pollution problem result from e-waste dismantling has become a global concern. This study was performed to characterize the seasonal variation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the atmosphere of the e-waste dismantling area and its upwind and downwind areas. The results showed that the total PBDE concentrations reached 9 930 pg·m⁻³ in summer and 41 476 pg·m⁻³ in winter in the atmosphere of the e-waste dismantling area. The percentage of Penta-BDE decreased 16.7%, and Deca-BDE increased 10.2% in the winter compared with summer. However, commercial Penta-BDE was the dominant contaminants in the two seasons, followed by Deca-BDE, and the Octa-BDE was minor. It shows corresponding changes in the upwind and downwind areas due to the E-waste dismantling, the local production and the seasonal variations.

Key words: atmosphere; e-waste; PBDEs; seasonal variation