

佛山东部地下水酞酸酯分布特征及其成因探讨*

黄冠星¹, 孙继朝¹, 陈奎¹, 刘景涛¹, 荆继红¹, 张玉玺¹, 杜海燕², 支兵发²
(1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061; 2. 广东省地质调查院, 广州 510080)

摘要: 为了解佛山东部地下水中酞酸酯(PAEs)的分布情况, 于2005-2007年在该地区采集了69组地下水样和12组地表水样, 用气相色谱-质谱联用技术进行测试。结果显示: 地下水PAEs的检出率为59.4%, 地下水 Σ PAEs(6种PAEs的总和)的浓度在未检出 $\sim 7.6\mu\text{g/L}$ 之间。6种PAEs中仅邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯(DEHP)和邻苯二甲酸二正丁酯(DnBP)两种有检出, 无PAEs超标。地下水PAEs主要分布于研究区的中心区, 部分出现于南部, 北部未见PAEs检出; 地下水PAEs的检出以单种检出为主。地表水和地下水中均以检出DnBP和DEHP这两种PAEs为主, 地表水检出PAEs的含量明显高于地下水中PAEs的含量。环境中废弃的塑料制品所释放的PAEs以及含PAEs地表废水的下渗均为该地区地下水PAEs的重要来源。影响该地区地下水PAEs含量的因素有PAEs的使用总量、各种PAEs的物理化学性质、地下水中的微生物及其生存环境以及土地利用状况等。

关键词: 地下水; 酞酸酯; 分布特征; 佛山东部

中图分类号: X832 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2008)06-0070-06

酞酸酯(PAEs), 又名邻苯二甲酸酯, 是一类重要的有机化合物, 作为塑料制品生产中的增塑剂, 被广泛运用于工农业生产和日常生活中。目前, 随着大量塑料制品的全球性应用, 导致PAEs在环境中无处不在。据报道, PAEs在大气^[1]、地表水体^[2-3]、土壤^[4]以及沉积物^[5]等环境中都已有检出。近十几年来的研究表明, 多种PAEs具有毒性, 是环境激素类物质^[6-8]。因此, 有关PAEs在环境中的存在水平已成为国内外的研究热点。目前, 虽然关于PAEs在大气、地表水体、土壤以及沉积物等环境中的研究都已有报道, 而地下水环境中PAEs的存在水平却未见相关报道。本文选择珠江三角洲佛山市东部地区地下水环境进行研究, 采样分析邻苯二甲酸二甲酯(DMP)、邻苯二甲酸二乙酯(DEP)、邻苯二甲酸二正丁酯(DnBP)、邻苯二甲酸二正辛酯(DnOP)、邻苯二甲酸丁苄酯(BBP)以及邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯(DEHP)这6种被美国列为优先控制污染物的PAEs^[9]在地下水中的含量, 以了解该地区地下水的PAEs污染现状, 探讨PAEs在地下水中的分布及影响因素, 为研究PAEs在环境中的迁移转化规律奠定基础。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

2005-2007年在佛山市东部共采集地下水样69组(图1)、地表水样12组, 地下水样的布点按照每100 km²为3-10个样, 重点地区根据情况加密布设, 地表水样与部分地下水样相对应(地表水样附近的地下水样大多在其100 m范围内)。所用采样瓶为1 L的棕色玻璃瓶(瓶盖内附有聚四氟乙烯膜)。取样井为一些民井和现场挖坑, 民井先抽水, 等恢复水位后, 于水下50 cm用不锈钢定深取样器取样; 挖坑一般挖到潜水位以下50 cm左右, 先将最初渗出的水排出, 等坑水位稳定、水变清, 于水下30 cm处取样。地表水样, 则用不锈钢杯取水(距离河岸约5 m的水面), 然后缓慢倒入取样瓶中(避免暴气)。取完样后, 将取样瓶倒立, 检查瓶里是否有气泡(若有, 需重取), 然后贴上标签, 立刻放置于冷藏箱, 冷藏箱温度确保在0~4℃之间(用冰块)。

1.2 样品的分析

有机样品在采集之后一直保持低温并于5 d内送实验室测试分析, 样品预处理方法为分液漏斗液

* 收稿日期: 2008-04-20

基金项目: 中国地质调查局基金资助项目(2010534807), 中国地质科学院水文地质环境地质研究所基金资助项目(SK07021; SK07004)

作者简介: 黄冠星(1981年生), 男, 助理研究员; 通讯联系人: 孙继朝; E-mail: gwwsun@263.net.cn



图 1 佛山东部地下水 PAEs 分布图

Fig. 1 Distribution of PAEs in groundwater in eastern Foshan
-液萃取法, 采用气相色谱-质谱联用技术 (GC-MS), 执行标准参照美国国家环保总局的方法 (EP-075C)。

1.3 样品的质量控制

样品的质量控制状况通过分析实验室空白样、重复样、野外空白样, 以及实验室单一控制样来实现, 测试结果显示所有实验室空白样和野外空白样 (实验室提供的纯水样, 每批样品都有一组野外空白样) 的各项数据都小于检出限, 加标溶液浓度均为 5.00 μg/L, 重复样与其原样测试结果相同

(均未检出), 而单一控制样的回收率也在可接受的范围内 (表 1)。

表 1 单一控制样回收结果

Tab. 1 The recovery result of single control sample				
有机组分	检测浓度 (μg · L ⁻¹)	回收率 %	回收率可接受范围	
			最低/%	最高/%
DMP	5.42	108	69	112
DEP	5.38	108	68	117
DnBP	5.83	117	72	129
BBP	5.44	109	56	125
DEHP	5.30	106	60	128
DnOP	5.07	101	56	121

2 结果与讨论

2.1 佛山东部地下水中酞酸酯的分布特征

69 组地下水样的结果显示 (表 2), 41 组地下水样有 PAEs 检出, 检出率达 59.4%, 地下水 6 种 PAEs 的总和浓度在未检出 ~7.6 μg/L 之间, 平均浓度为 1.76 μg/L。6 种 PAEs 中, 仅 DnBP 和 DEHP 这两种 PAEs 有检出, 其中, DEHP 检出频率较高, 共检出 32 组, 检出率达 46.4%, 最大浓度为 7.0, 平均浓度为 1.48 μg/L; DnBP 次之, 检出 18 组, 检出率为 26.1%, 最大浓度为 2.0, 平均浓度为 0.27 μg/L。从 DEHP 和 DnBP 的各种含量来看, 佛山东部地区地下水受 DEHP 污染的程度明显要重于受 DnBP 污染的程度。对照我国最新的生活饮用水卫生标准 (DnBP ≤ 3 μg/L, DEHP ≤ 8 μg/L)^[10], 显示佛山东部地区地下水中 DEHP 和 DnBP 这两种检出组分均未有超标现象。表明佛山东部地区地下水虽然受到了一定的 PAEs 污染, 但其含量普遍较低, 未对该地区人类健康产生危害。

表 2 佛山东部地下水 PAEs 含量

Tab. 2 Phthalate esters concentrations of groundwater in eastern Foshan

项目	DMP	DEP	DnBP	BBP	DEHP	DnOP	ΣPAEs ^①
检出限/(μg · L ⁻¹)	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	-
检出数/组	0	0	18	0	32	0	41
检出率/%	0	0	26.1	0	46.4	0	59.4
最大值/(μg · L ⁻¹)	D	ND	2.00	ND	7.00	ND	7.60
平均值 ^② /(μg · L ⁻¹)	0	0	0.27	0	1.48	0	1.75

注: ① ΣPAEs 表示 6 种 PAEs 的总和, ② 计算中, 把未检出的作零处理; “ND” 表示未检出; “-” 表示无资料。

从 PAEs 的检出情况来看, 佛山东部地区地下水中, DEHP 的分布范围较广, DnBP 次之, 其余 4 种 PAEs 未检出。从地域分布上看, 地下水 PAEs 主要分布于佛山东部的中心区, 部分出现于南部,

北部未见 PAEs 检出 (图 1); 从行政区域分布上看, DnBP 组分的检出率为南海区 > 禅城区 > 顺德区 > 三水区, DEHP 组分的检出率为禅城区 > 顺德区 > 南海区 > 三水区, 而 6 种 PAEs 总含量的检出

率为禅城区 > 南海区 > 顺德区 > 三水区 (表 3); 地下水 PAEs 的检出以单种 PAEs 检出为主, 少部分水样同时检出两种 PAEs, 无同时检出 3 种以上 PAEs 组分的水样 (图 1)。

佛山东部部分地表水的 PAEs 结果 (表 4) 显示该地区地下水 PAEs 的分布特征与其地表水存在明显的相似性。佛山东部部分河水中, 也以检出 DnBP 和 DEHP 这两种 PAEs 为主, DEP、DMP 等次

之, DnOP 和 BBP 均无检出。而不同之处在于地表水中各种 PAEs 的含量明显高于地下水中 PAEs 的含量, 除 DnOP 和 BBP 在地表水和地下水中均无检出之外, 其余 PAEs 组分在地表水中的最高含量及平均含量均高于地下水, 且地表水中 DnBP 和 DEHP 这两种 PAEs 的最高含量均超出最新的国家生活饮用水卫生标准^[10], 表明地表水相对于地下水遭到了更严重的 PAEs 污染。

表 3 分区地下水 PAEs 含量¹⁾

Tab. 3 Phthalate esters concentrations of groundwater in eastern Foshan

地区	DMP		DEP		DnBP		BBP		DEHP		DnOP		ΣPAEs	
	检出率	含量	检出率	含量	检出率	含量	检出率	含量	检出率	含量	检出率	含量	检出率	含量
南海区	0	ND	0	ND	35.5	ND-1.7	0	ND	45.2	ND-7.0	0	ND	67.7	ND-7.6
顺德区	0	ND	0	ND	22.2	ND-1.5	0	ND	55.6	ND-5.6	0	ND	61.1	ND-5.0
三水区	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	10	ND-4.0	0	ND	10	ND-4.0
禅城区	0	ND	0	ND	30	ND-2.0	0	ND	70	ND-5.7	0	ND	80	ND-5.9

1) ΣPAEs 表示文中 6 种 PAEs 的总和; “ND” 表示未检出; 含量单位为 μg/L, 检出率为 %

表 4 佛山东部地表水 PAEs 含量

Tab. 4 Phthalate esters concentrations of surface water in eastern Foshan

项目	DMP	DEP	DnBP	BBP	DEHP	DnOP	ΣPAEs ^①
检出限/(μg · L ⁻¹)	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	-
平均值 ^② /(μg · L ⁻¹)	5.89	0.56	1.45	0	6.29	0	14.20
最大值/(μg · L ⁻¹)	33.30	2.00	5.30	ND	40.00	ND	42.30
标准值 ^③	-	300	3	-	8	-	-
检出率/%	25.0	33.3	58.3	0	58.3	0	75.0
检出数/组	3	4	7	0	7	0	9
超标数/组	-	0	3	-	3	-	-
超标率/%	-	0	25.0	-	25.0	-	-

①ΣPAEs 表示文中 6 种 PAEs 的总和, 计算中, 把未检出的作零处理; ②计算中, 把未检出的作零处理; ③中国 2006 年制定的最新生活饮用水卫生标准; “ND” 表示未检出; “-” 表示无资料

2.2 成因分析

2.2.1 地下水中 PAEs 的来源 环境中 PAEs 的来源包括人工合成和天然来源。PAEs 作为增塑剂广泛用于食品包装材料、容器、医疗用品及人造革等的制造, 还常常作为原料用于香味剂、化妆品等的合成。由于 PAEs 与塑料分子的相容性很好, 它们之间由氢键或范德华力联接, 彼此保留各自相对独立的化学性质^[11], 因此随使用时间的推移, 可由塑料中转移到外环境, 造成对空气、水体以及土壤的污染。PAEs 的天然来源虽然比较广泛^[12], 在葡萄、烟叶等植物组织中都或多或少地含有 PAEs, 以及部分微生物也有合成 PAEs 的能力, 但是这些天然来源 PAEs 的量往往很少, 很难成为地下水 PAEs 的主要来源。本次调查研究显示, 佛山东部

部分地下水中 PAEs 组分检出含量较高的往往是其地表或包气带以及含水层中含有一些废弃塑料制品 (土地开发利用程度高, 部分地区表层为人工杂填土夹杂一些塑料制品), 如, 佛山市南海区盐步镇某地的 3 个地下水样全部有 PAEs 检出, 且在挖坑取样时发现包气带中含有一些已废弃的塑料袋。另外, 部分地下水 PAEs 含量可能受该地区的含 PAEs 地表废水下渗或侧向污染的影响。如, 佛山市南海区佛山水道的 DEHP 含量为数十 μg/L, 而沿垂直水道方向间隔几 m、几十 m 不等布设 4 个地下水点, 结果这 4 个水样的 DEHP 含量在 4.6 ~ 5.8 μg/L, 具有很好的对应性。说明环境中已废弃塑料制品的 PAEs 释放和含 PAEs 地表废水的下渗或侧向污染均为佛山东部地下水中 PAEs 的重要来

源。

2.2.2 地下水 PAEs 的影响因素分析

(1) PAEs 的使用总量

结合本研究分析结果,对比前人的相关研究结果表明在大气、地表水、河流底泥、土壤以及地下水环境中均以检出 DnBP 和 DEHP 为主,且 DnBP 和 DEHP 组分的浓度范围或平均浓度总体明显高于 DMP、DEP、BBP 以及 DnOP 等其它四种 PAEs^[2,4,8,13]。而根据有关报道显示目前世界上 PAEs 的年产量至少在 200 万 t 以上,其中,应用最广泛的就是 DEHP^[14]。另外,据相关人士 2006 年的数据统计显示我国已成为全球 DnBP 的最大生产国和消费国,其 DnBP 年产量是日本的几十倍^[15]。上述 PAEs 使用情况均表明地下水、土壤、地表水以及大气等环境中 PAEs 的含量与人类在其生存环境中的各种 PAEs 使用量存在明显的相关性。

(2) 地下水中的微生物及其生存环境

相关研究表明 DMP、DEP、DBP、DEHP、DOP 的土壤物理降解、化学降解等非生物作用不突出,主要的降解是微生物的作用^[16],且在灭菌条件下,土壤中 DEHP、DBP 等 PAEs 的降解速率会明显降低^[17],说明地下水中的微生物将直接影响地下水 PAEs 的降解程度。此外,一些研究还表明地下水温度、氧化还原环境以及 pH 值等因素通过影响地下水的微生物来间接影响 PAEs 的生物降解^[5,14,17-18]。

(3) PAEs 的物理化学性质

地下水 PAEs 含量除受生物降解影响之外,还受各种 PAEs 本身的分子量和化学结构等物理化学性质的影响,因为不同的物化性质所体现的环境特征明显不同^[19](表 6)。DEHP 和 DnOP 的固-水分配系数 (K_{oc}) 和辛醇-水分配系数 (K_{ow}) 明显大于另外 4 种 PAEs 的 K_{oc} 、 K_{ow} ,即,DEHP 和

DnOP 相对较容易被环境介质(包气带介质、含水介质等)所吸附,且在包气带和地下水环境中的迁移性较弱。本研究的样品分析结果显示佛山东部地区 DnBP 的地表水平均含量与其地下水平均含量的比值 a (5.4 倍) 大于 DEHP 的地表水平均含量与其地下水平均含量的比值 b (4.3 倍),而根据 DnBP 和 DEHP 的 K_{oc} 和 K_{ow} ,理论上,DnBP 和 DEHP 如果从地表通过包气带下渗到地下水中, a 应该小于 b 。表明佛山东部地下水 PAEs 可能更多的来自含水层中废弃塑料制品的释放或含 PAEs 地表废水通过优势通道直接下渗(包气带阻止作用被去除,地表废水及塑料中 DEHP 含量均普遍高于 DnBP)。另一方面, a 大于 b 可能体现了生物降解对地下水 PAEs 含量的影响,因为 DEHP 的分子量明显大于 DnBP,导致其微生物转化速度常数 (K_b) 仅为 DnBP 的万分之一(表 5)。

(4) 土地利用状况

研究区地下水 PAEs 的检出状况与该地区的地形密切相关,即,研究区的北部三水区 and 南部顺德区的龙江镇一带为丘陵和台地区,其地下水 PAEs 检出率明显偏低,而中部南海区和禅城区以及南部顺德区(龙江镇一带到顺德区中心除外)主要为平原河网区,其检出率明显偏高(图 1)。分析认为研究区的土地利用状况可能是导致上述结果的主要原因之一。因为三水区等地的地势相对较高,土地利用较原始,大多未被开发或开发程度较低,其地表和包气带环境遭受 PAEs 污染的程度明显较低(含废弃塑料垃圾少);而平原河网区则刚好相反,其土地开发利用程度较高,城镇化程度较高,地表和包气带环境遭受 PAEs 污染明显(本次研究的实地调查显示佛山东部平原区的地表及部分包气带中含有大量的废弃塑料垃圾)。

表 5 PAEs 的主要环境参数^[19]

Tab. 5 Major environmental parameters of PAEs

化合物名称	分子量	水中溶解度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	辛醇-水分配系数	固-水分配系数	微生物转化速度 常数/ h^{-1}
DMP	194.2	5.0E3 (25℃)	3.63	17.4	5.2E-6
DEP	222.2	896 (25℃)	295	142	1E-7
DnBP	278.3	13 (25℃)	3.6E5	1.7E5	1.9E-8 ~ 4.4E-8
DnOP	391	3.0 (25℃)	7.4E9	3.6E9	3.1E-10
DEHP	391	0.4 (25℃)	4.1E9	2.0E9	4.2E-12
BBP	312	2.9	3.6E6	1.7E3	3E-9

3 结论

(1) 研究区地下水 PAEs 的检出率为 59.4%, 地下水 Σ PAEs (6 种 PAEs 的总和) 的浓度在未检出 $\sim 7.6 \mu\text{g/L}$ 之间。6 种 PAEs 中, 仅 DnBP 和 DEHP 这两种 PAEs 有检出, DEHP 的检出率为 46.4%, DnBP 次之, 检出率为 26.1%, 无 PAEs 超标。

(2) 就 PAEs 的检出情况而言, 地下水中 DEHP 的分布范围较广, DnBP 次之; 从地域分布上看, 地下水 PAEs 主要分布于研究区的中心区, 部分出现于南部, 北部未见 PAEs 检出; 地下水 PAEs 的检出以单种检出为主, 少部分水样同时检出两种 PAEs, 无同时检出 3 种以上 PAEs 组分的水样。

(3) 研究区地下水 PAEs 的分布特征与其地表水存在明显的相似性, 地表水和地下水中均以检出 DnBP 和 DEHP 这两种 PAEs 为主, 但地表水中各种 PAEs 的含量明显高于地下水中 PAEs 的含量, 部分地表水中的 DnBP 和 DEHP 的含量已超标。

(4) 环境中废弃的塑料制品所释放的 PAEs 以及含 PAEs 地表废水的下渗均为研究区地下水 PAEs 的重要来源。影响该地区地下水 PAEs 含量的因素有 PAEs 的使用总量、各种 PAEs 的物理化学性质、地下水中的微生物及其生存环境以及土地利用状况等。

参考文献:

- [1] TEIL M J, BLANCHARD M, CHEVREUIL M. Atmospheric fate of phthalates esters in an urban area (Paris - France) [J]. *Sci Total Environ*, 2006, 354 (2 - 3): 212 - 23.
- [2] 沙玉娟, 夏星辉, 肖翔群. 黄河中下游水体中邻苯二甲酸酯的分布特征 [J]. *中国环境科学*, 2006, 26 (1): 120 - 124.
- [3] SHA Yujuan, XIA Xinghui, XIAO Xiangqun. Distribution characters of phthalic acid ester in the waters middle and lower reaches of the Yellow River [J]. *China Environmental Science*, 2006, 26 (1): 120 - 124.
- [4] 王春, 李晓东, 史玉坤, 等. 南通市地表水中邻苯二甲酸酯类污染状况研究 [J]. *南通大学学报: 医学版*, 2007, 27 (3): 167 - 170.
- [5] WANG Chun, LI Xiaodong, SHI Yukun, et al. Study on pollution condition of phthalate esters in surface water in Nantong city [J]. *Journal of Nantong University (Medical Sciences)*, 2007, 27 (3): 167 - 170.
- [6] 蔡全英, 莫测辉, 李云辉. 广州、深圳地区蔬菜生产基地土壤中邻苯二甲酸酯 (PAEs) 研究 [J]. *生态学报*, 2005, 25 (2): 283 - 288.
- [7] CAI Quanying, MO Cehui, LI Yunhui. The study of PAEs in soils from typical vegetable fields in areas of Guangzhou and Shenzhen, South China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (2): 283 - 288.
- [8] CHANG BV, LIAO CS, YUAN SY. Anaerobic degradation of diethyl phthalate, di-n-butyl phthalate, and di-(2-ethylhexyl) phthalate from river sediment in Taiwan [J]. *Chemosphere*, 2005, 58: 1601 - 1607.
- [9] ARCADI FA, COSTA C, ZMPERATORE C, et al. Oral toxicity of DEHP during pregnancy and suckling in the Long-Evans rat [J]. *Food Chem Toxicol*, 1998, 36 (11): 963 - 970.
- [10] SHEA K M, BALK S J, BEST D, et al. Pediatric exposure and potential toxicity of phthalate plasticizers [J]. *Pediatrics Evanston*, 2003, 111 (6): 88 - 93.
- [11] 胡雄星, 韩中豪, 刘必寅, 等. 邻苯二甲酸酯的毒性及其在环境中的分布 [J]. *环境科学与管理*, 2007, 32 (1): 37 - 40.
- [12] HU Xiongxing, HAN Zhonghao, LIU Biyin, et al. Distribution of phthalic acid esters in environment and its toxicity [J]. *Environmental science and management*, 2007, 32 (1): 37 - 40.
- [13] WHO/IPCS global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors [M]. Geneva: World Health Organization, 2002.
- [14] GB 5749 - 2006, 生活饮用水卫生标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [15] YANG H C, CHUN S K. Histopathological study of acute toxicity of ammonia on common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Bull Korean Fish Soc*, 1986, 19 (3): 249 - 256.
- [16] NAGINI S, SELVAM S. Phthalate ester plasticizers - A review [J]. *Trends Life Sci*. 1994, 9 (1): 9 - 16.
- [17] 关卉, 王金生, 万洪富, 等. 雷州半岛典型区域土壤邻苯二甲酸酯 (PAEs) 污染研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26 (2): 622 - 628.
- [18] GUAN Hui, WANG Jinsheng, WAN Hongfu, et al. PAEs pollution in soils from typical agriculture area of Leizhou peninsula [J]. *Journal of agro-environment science*, 2007, 26 (2): 622 - 628.
- [19] 丁鹏, 赵晓松, 刘剑峰. 酞酸酯类化合物 (PAEs) 研究新进展 [J]. *吉林农业大学学报*, 1999, 21 (3): 119 - 123.
- [20] DING Peng, ZHAO Xiaosong, LIU Jianfeng. Advances in the research of phthalate esters [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 1999, 21 (3): 119 - 123.
- [21] <http://www.paddic.com/News/content/2006/10/7011.html>, 2006 - 10 - 13.
- [22] 李立忠, 崔龙哲, 孙杰, 等. 酞酸酯类化合物在土壤中的残留测定及降解 [J]. *环境科学与技术*, 2005, 28

- (4):54-60.
- LI Lizhong, CUI Longzhe, SUN Jie, et al. Residual analysis and decomposition of PAEs in soil[J]. Environmental science and technology, 2005,28(4):54-60.
- [17] 陈英旭,沈东升,胡志强,等. 酞酸酯类有机毒物在土壤中降解规律的研究[J]. 环境科学学报,1997,17(3):340-345.
- CHEN Yingxu, SHEN Dongsheng, HU Zhiqiang, et al. Degradation of phthalic acid esters(PAEs) in soils[J]. Acta Scientiae Circumstantiae,1997,17(3):340-345.
- [18] 曾锋,傅家谟,盛国英,等. 邻苯二甲酸酯类有机污染物生物降解性研究进展[J]. 环境科学进展,1999,7(4):1-13.
- ZENG Feng, FU Jiamo, SHENG Guoying, et al. The research progress on the biodegradability of phthalate esters[J]. Advances in environmental science, 1999,7(4):1-13.
- [19] 胡望钧. 常见有毒化学品环境事故应急处置技术与监测方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006:22.

Characteristics and Origin of Phthalic Acid Esters in Groundwater at Eastern Foshan, Guangdong

HUANG Guan-xing¹, SUN Ji-chao¹, CHEN Xi¹, LIU Jing-tao¹, JING Ji-hong¹, ZHANG Yu-xi¹,
DU Hai-yan², ZHI Bing-fa²

(1. The Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China; 2. Guangdong Institute of Geological Survey, Guangzhou 510080, China)

Abstract: In order to find out the distribution characteristics of phthalic acid esters (PAEs) in groundwater, which include dimethyl phthalate (DMP), diethyl phthalate (DEP), di-n-butyl phthalate (DnBP), butyl benzyl phthalate (BBP), bis (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), and di-n-octyl phthalate (DnOP), sixty-nine groups of groundwater samples and 12 groups of surface water samples collected from the east area of Foshan during 2005 to 2007 were tested by gas chromatography and mass spectrum. The results show that the detection rate of PAEs is 59.4% in groundwater, and the total PAEs concentration is lower than 7.6 $\mu\text{g/L}$. Of 6 kinds of PAEs, only DEHP and DnBP have been detected. The PAEs concentrations in groundwater do not exceed the standard. Most samples with PAEs are distributed in the centre of research area. Most groundwater samples contain one kind of PAEs, only some samples have two kinds of PAEs. DnBP and DEHP are the dominating PAEs in groundwater and surface water, and PAEs concentrations in surface water are higher than those in groundwater. PAEs released from abandoned plastic products in environment and infiltrated from the surface are important sources of PAEs in groundwater at eastern Foshan area. Factors affecting the PAEs concentration of groundwater in eastern Foshan area include the total use of PAEs, the physicochemical properties of PAEs, microorganisms and their living conditions in groundwater, and land use status, etc.

Key words: groundwater; phthalic acid esters; distribution characteristics; eastern Foshan