

# 赣江流域持久性有机污染物 (POPs) 沉积记录 ——OCPs 和 PCBs 分子地层学研究

丁 勇<sup>1</sup> 谢振东<sup>2</sup> 陈建勋<sup>1</sup>

(1.江西应用技术职业学院,江西 赣州 341000;2.江西省地质调查研究院,江西 南昌 332000)

**摘要:**通过对赣江河漫滩剖面沉积物中持久性有机污染物中 OCPs 和 PCBs 沉积记录进行研究,确定赣江流域有机污染历史。根据其浓度变化,进行了分子地层学的划分,其中在 26~46 cm 层段都存在 HCHs、DDTs 和 PCBs 的高浓度残留量,并且 DDTs 高浓度残留量则延续的更长。整个剖面中 OCPs 和 PCBs 残留量属于非污染状态,但应注意其重新被释放到环境中的风险。POPs 分子沉积记录与赣江流域使用历史记录相一致,从而具有一定研究近现代沉积物的年代学意义。

**关键词:**有机污染物;分子地层学;赣江流域

**中图分类号:**X141 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)03-0827-08

在 20 世纪 60—80 年代中国曾大量生产使用有机氯农药 OCPs (有机氯杀虫剂类),生产过 PCBs (多氯联苯),并进口过装有 PCBs 的电力容器<sup>[1-4]</sup>。由于它们化学性质稳定,因此在整个生态圈的环境中残留了部分 POPs (持久性有机污染物)。POPs 大多具有致癌、致畸和致突变性,在环境中不易降解,具有一定的挥发性,能在全世界进行迁移传播,并通过食物链在生物体内富集,对生态环境系统和人类健康构成直接或者潜在的威胁,这引起国际社会对 POPs 高度关注<sup>[5-7]</sup>。国内众多学者对环境水中、土和生物体中等 POPs 的残留进行了大量的研究<sup>[8-25]</sup>。中国地质调查局在实施多目标地球化学调查项目中也把 POPs 列入生态地球化学调查与评价对象<sup>[26-27]</sup>。江西在 20 世纪 60—80 年代广泛使用了大量的有机氯农药 OCPs 和装有 PCBs 的电力容器<sup>[28]</sup>。近年来一些学者对鄱阳湖沉积物以及人体中的部分持久性有机污染物进行了初步的研究,取得了一些研究成果<sup>[29-31]</sup>。本文则研究通过对赣江河漫滩剖面沉积物中持久性有机污

染物(POPs)中的部分 OCPs 和 PCBs 的沉积记录,全面的研究流域污染历史,建立起可对比研究的分子地层,对地区 POPs 污染防治有重要的参考意义。

## 1 样品采集位置及特征

赣江总流域面积 83 500 km<sup>2</sup>,约占江西总面积的 50%,流经的地区是江西的主要农业产区。沉积柱于 2006 年 10 月采集位于赣江下游流入鄱阳湖的南支河漫滩,该处一般丰水期即被江水淹没,但是在枯水期即可露出水面。

沉积物颜色为灰黄至灰褐色,岩性以粉砂质粘土和粉砂层互层为主,岩性从上至下为:0~4 cm 为灰—灰黄色粉细砂层,根系较多;4~7 cm 为深灰色粉砂质粘土;7~10 cm 为灰黄色粉砂层;10~16 cm 为深灰色粉砂质粘土层;16~20 cm 为黄褐色粉砂层夹深灰色粘土;20~26 cm 为灰黄色粉砂层;26~44 cm 深灰色粉砂质粘土层夹透镜状黄褐色粉砂;44~62 cm 黄褐色粉—细砂层夹粉砂质粘土;62~68 cm

收稿日期:2011-09-20;改回日期:2012-01-04

基金项目:江西省人民政府和国土资源部中国地质调查局合作项目“江西省鄱阳湖及周边经济区农业地质调查”(1212010511213)资助。

作者简介:丁勇,男,1958 年生,副教授,主要从事资源勘查类教学与科研;E-mail:dingyong8654@qq.com。

深灰色粘土层夹透镜状黄色粉砂;68~76 cm 灰黄色粉砂质粘土夹透镜状黄褐色粉—细砂;76~98 cm 灰黄色粘土质粉砂层。

采样按自然旋性沉积物,2~3 cm 取样野外现场采样,用聚乙烯袋密封,送实验室后冷冻保存。

## 2 分析测试方法和分析结果

样品过 20 目筛( $\leq 0.84$  mm),经室温风干混匀后缩分,将试样分取 30~50 g,用于有机项目分析,分析项目及分析方法检出限见表 1。

HCHs、DDTs、艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂,样品 10.00 g,加 80 mL(1+1)丙酮-正己烷浸泡过夜,超声 10 min,过滤,净化,浓缩至 1 mL 待测。 $\beta$  氯丹、六氯苯、七氯、PCBs、样品 10.00 g 加 4 g 硅藻土,加 80 mL(1+1)丙酮-正己烷浸泡过夜,超声 10 min,过滤,净化,浓缩至 1 mL 待测。分析方法气相色谱法(GC)。为确保分析可靠性,有机项目采用加检出限 2~10 倍的标准加入量,测定 12 次,计算分析平均值与加入量的回收率进行质量监控,要求  $RE \leq 70\% \sim 130\%$ 。并计算单个标样 12 次测定的相对标准偏差  $RSD\% \leq 30\%$ 。

分析测试工作由国土资源部合肥矿产资源监督检测中心完成。

## 3 结果与讨论

### 3.1 分析结果和样品检出率

分析结果见表 2,样品中 HCHs 的检出率为 94.3%,其中  $\alpha$ -HCH 为 85.7%、 $\beta$ -HCH 为 77.1%、 $\gamma$ -HCH 为 94.3%和  $\delta$ -HCH 为 71.4%;DDTs 的检出率为 94.9%,其中 p,p'-DDE 为 64.1%、p,p'-DDD 为 87.1%、o,p'-DDT 为 64.1%和 p,p'-DDT 为 53.8%;艾氏剂的检出率为 87.2%;狄氏剂的检出率为 89.7%;异狄氏剂的检出率为 15.3%; $\beta$  氯丹的检出率为 41%;六氯苯的检出率为 82.1%;七氯的检出率为 100%;PCBs 的检出率为 100%。

### 3.2 OCPs 和 PCBs 分子地层记录

HCHs 的残留量在剖面上划分出 5 个的层段(图 1)。68~98 cm 层段,HCHs 只有微量检出,其中  $\beta$ -HCH 和  $\delta$ -HCH 的大部分未检出,这个阶段的 HCHs 残留主要为上部下渗或者是流域外远距离输入;68~46 cm 层段,HCHs 的 4 种异构体同时有检出,反映流域内开始受到 HCHs 的影响,

表 1 分析方法的检出限

Table 1 Detection limit of the analytical method

分析项目	分析方法检出限/(ng/g)
HCH	1
DDT	5
艾氏剂	8
狄氏剂	1
异狄氏剂	5
$\beta$ 氯丹	5
六氯苯	2
七氯	2
PCBs	2

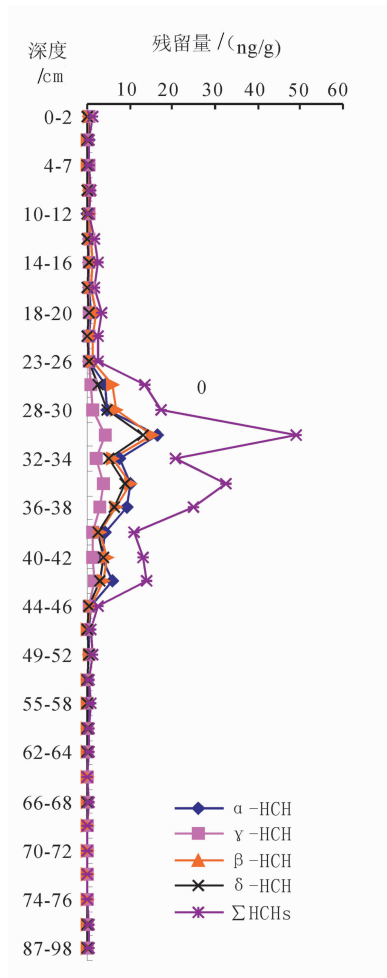


图 1 HCHs 及 4 种异构体在剖面分布特征

Fig.1 Spatial distribution of HCHs and its four amorphous forms along the cross section

$\Sigma$ HCHs 平均残留量为 0.52 ng/g; 在 26~46 cm 层段,是剖面上 HCHs 残留量浓度最高的阶段,主要以  $\alpha$ -HCH、 $\beta$ -HCH 和  $\delta$ -HCH 为主,向上  $\Sigma$ HCHs 依次出现 3 个峰值 14.12 ng/g、32.71 ng/g、14.12 ng/g。

和 49.13 ng/g,在 30~32 cm 处出现最高峰值后开始快速下降;12~26 cm 层段,HCHs 的残留量较前一阶段明显较低,  $\sum$ HCHs 平均残留量为 2.40 ng/g;0~12 cm 层段,HCHs 的残留量则进一步下降到非常低的含量,  $\sum$ HCHs 平均残留量为 0.79 ng/g。

根据 DDTs 的残留量,由下至上在剖面上可划分出 3 个层段(图 2)。46~98 cm 层段,DDTs 只有微量检出,其中 p,p'-DDT 未检出,p,p'-DDE 和 o,p'-DDT 的检出率也较低,只有 p,p'-DDD 的检出率相对高,达到 67%,但是残留量较低,均低于检出限;7~46 cm 层段,这个阶段是 DDTs 在剖面上残留量最高的阶段,4 种异构体均有检出,主要是以 p,p'-DDE 和 o,p'-DDT 的残留为主,  $\sum$ DDTs 出现 4 个峰值,分别为 11.41 ng/g、9.13 ng/g、9.13 ng/g 和 20.84 ng/g,其中在 12~14 cm 为最高残留量;0~12 cm 层段,

DDTs 的残留量快速下降,但是在近地表处略有升高,  $\sum$ DDTs 平均残留量为 2.68 ng/g。

异狄氏剂、艾氏剂、狄氏剂的残留量不高,均低于检出限。其中异狄氏剂检出率低,在剖面下部的异狄氏剂决大部分未检出,在剖面下部的异狄氏剂决大部分未检出,在 0~12 cm 层段,剖面上表现为异狄氏剂残留量快速增加,在近地表处达到最大残留量。

PCBs 的残留量在整个剖面中都有检出,是检出率最高的一项 POPs,整个剖面可以划分出 4 个层段(图 3):44~98 cm 层段,这个阶段 PCBs 残留量为 0.13~1.5 ng/g;32~44 cm 层段,这个阶段是 PCBs 在剖面上的残留量最多的,PCBs 残留量平均 3.79 ng/g,最高 4.83 ng/g;4~32 cm 层段,PCBs 维持在小幅度波动的水平,平均 1.44 ng/g,0~4 cm 层段 PCBs 的残留量继续下降,最高残留量在近地表处为 0.73 ng/g。

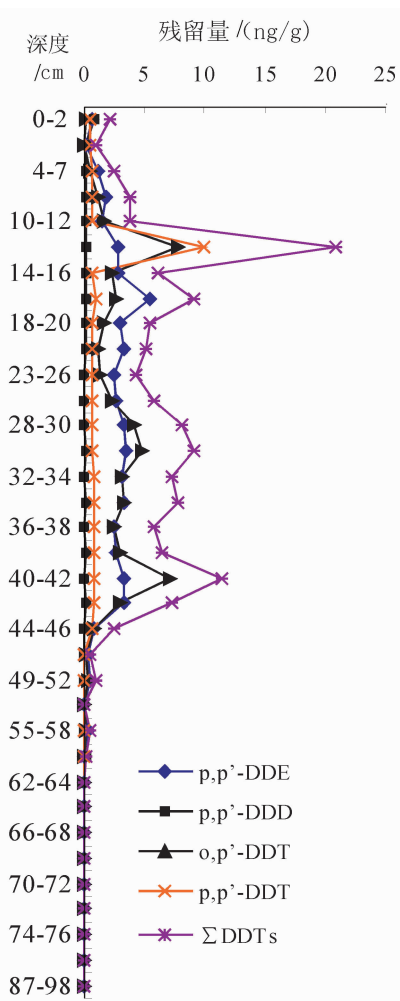


图 2 DDTs 及 4 种异构体在剖面上分布特征  
Fig.2 Spatial distribution of DDTs and its four amorphous forms along the cross section

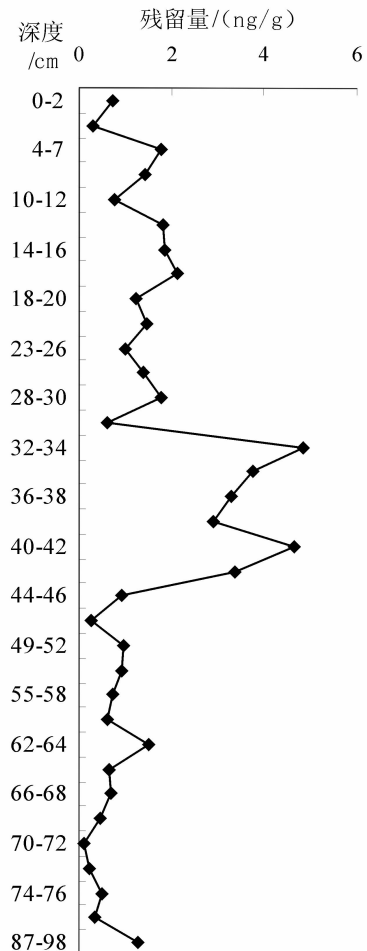


图 3 PCBs 在剖面上的分布  
Fig.3 Spatial distribution of PCBs along the cross section

表 2 赣江南支河漫滩沉积物柱样中 OCPs 和 PCBs 残留量 (ng/g)  
 Table 2 Concentrations (ng/g) of residual OCPs and PCBs in core samples from the sediments in flood plain along the south branch of the Gangjiang River

样号	深度/cm	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\Sigma$ HCHs	p, p'-DDE	p, p'-DDD	o, p'-DDT	p, p'-DDT	$\Sigma$ DDTs	艾氏剂	$\beta$ -氯丹	狄氏剂	异狄氏剂	七氯	六氯苯	$\Sigma$ OCPs	PCBs
1	0-2	0.32	0.45	0.52	0.1	1.4	0.61	0.84	0.22	0.51	2.19	0.14	0.15	0.19	1.15	0.24	0.27	5.74	0.73
2	2-4	0.22	0.06	0.17	0.06	0.5	0.24	0.24	0.07	0.46	1.01	0.09	ND	0.16	0.65	0.09	0.18	2.7	0.32
3	4-7	0.22	ND	0.23	ND	0.45	1.19	0.22	0.46	0.67	2.54	0.12	0.13	0.14	0.62	0.12	0.35	4.46	1.77
4	7-10	0.29	0.36	0.22	0.1	0.98	1.81	0.18	1.15	0.72	3.86	0.14	0.21	0.21	0.76	0.13	0.25	6.54	1.45
5	10-12	0.03	0.27	0.22	0.08	0.6	1.51	0.1	1.59	0.61	3.81	0.13	0.17	0.21	0.7	0.1	0.31	6.02	0.79
6	12-14	0.33	0.99	0.26	0.14	1.72	2.86	0.23	7.77	9.99	20.84	0.17	0.22	0.23	ND	0.13	0.27	23.58	1.84
7	14-16	0.61	1.38	0.33	0.24	2.56	2.86	0.19	2.32	0.68	6.06	0.15	0.18	0.21	ND	0.08	0.3	9.54	1.87
8	16-18	0.46	0.92	0.28	0.16	1.82	5.39	0.16	2.59	0.99	9.13	0.1	0.13	0.18	ND	0.1	0.26	11.71	2.11
9	18-20	0.64	2.24	0.28	0.24	3.4	3.04	0.11	1.71	0.6	5.46	0.11	ND	0.21	ND	0.13	0.21	9.53	1.25
10	20-23	0.54	1.34	0.28	0.19	2.35	3.27	0.08	1.21	0.58	5.15	0.11	ND	0.22	ND	0.1	0.36	8.28	1.48
11	23-26	0.58	1.43	0.29	0.22	2.53	2.43	0.03	1.29	0.58	4.33	0.11	ND	0.24	ND	0.1	0.21	7.51	1
12	26-28	4.21	5.74	1.04	2.37	13.36	2.7	0.04	2.39	0.58	5.72	0.12	0.25	0.27	ND	0.12	0.21	20.04	1.38
13	28-30	4.82	6.61	1.3	4.56	17.28	3.37	0.06	4.06	0.69	8.18	0.08	0.17	0.23	ND	0.08	0.24	26.27	1.76
14	30-32	16.63	15.15	4.15	13.2	49.13	3.53	0.1	4.88	0.63	9.13	0.11	0.18	0.31	ND	0.11	0.28	59.24	0.63
15	32-34	7.8	5.85	2.32	4.93	20.9	3.16	0.07	3.14	0.87	7.25	0.09	ND	0.19	ND	0.06	0.27	28.74	4.83
16	34-36	9.95	10.15	3.65	8.96	32.71	3.34	0.12	3.38	0.88	7.71	0.07	ND	0.19	ND	0.06	0.23	40.96	3.74
17	36-38	9.21	6.59	3.03	6.28	25.11	2.43	0.08	2.54	0.83	5.87	0.12	0.08	0.18	0.28	0.06	0.23	31.93	3.28
18	38-40	4.1	3.05	1.33	2.55	11.03	2.59	0.13	2.94	0.78	6.44	0.06	0.1	0.16	ND	0.07	0.21	18.07	2.9
19	40-42	3.42	4.58	1.35	3.73	13.08	3.32	0.08	7.17	0.84	11.41	0.07	0.12	0.18	ND	0.07	0.23	25.17	4.64
20	42-44	5.84	3.83	1.66	2.8	14.12	3.35	0.15	2.98	0.85	7.32	0.1	0.08	0.16	ND	0.05	0.25	22.09	3.37
21	44-46	0.89	0.7	0.32	0.54	2.45	0.9	0.03	0.81	0.7	2.43	0.05	0.06	0.12	ND	0.06	0.19	5.37	0.92
22	46-49	0.35	0.18	0.19	0.12	0.84	0.26	ND	0.16	ND	0.41	ND	ND	0.1	ND	0.05	0.18	1.59	0.27
23	49-52	0.48	0.39	0.25	0.21	1.33	0.57	ND	0.37	ND	0.94	ND	ND	0.15	ND	0.06	0.21	2.69	0.95
24	52-55	0.15	ND	0.13	ND	0.28	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	0.07	ND	ND	0.04	0.19	0.62	0.91
25	55-58	0.38	0.13	0.19	0.07	0.77	0.31	ND	0.19	ND	0.5	0.05	ND	0.12	ND	0.05	0.2	1.7	0.73
26	58-62	0.15	0.01	0.13	0.01	0.31	0.08	0.09	0.07	ND	0.24	0.05	ND	0.11	ND	0.05	ND	0.77	0.61
27	62-64	0.12	ND	0.12	ND	0.24	ND	0.05	ND	ND	0.05	0.05	ND	ND	ND	0.08	0.18	0.6	1.51
28	64-66	ND	ND	0.12	ND	0.12	ND	ND	ND	ND	0.05	0.05	ND	ND	ND	0.06	ND	0.23	0.68
29	66-68	0.12	ND	0.13	ND	0.25	ND	0.03	ND	ND	0.03	0.05	ND	0.1	ND	0.05	0.2	0.68	0.69
30	68-70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	0.02	0.05	ND	ND	ND	0.06	ND	0.14	0.47
31	70-72	ND	ND	0.11	ND	0.11	ND	0.02	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	0.06	ND	0.2	0.13
32	72-74	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05	ND	ND	0.05	0.05	ND	0.1	ND	0.06	ND	0.26	0.22
33	74-76	ND	ND	0.11	ND	0.11	ND	0.04	ND	ND	0.04	0.05	ND	ND	ND	0.07	ND	0.28	0.5
34	76-87	0.11	ND	0.11	ND	0.22	ND	0.04	ND	ND	0.04	0.05	ND	0.1	ND	0.05	0.17	0.63	0.34
35	87-98	0.11	0.02	0.12	ND	0.26	ND	0.02	ND	ND	0.02	0.05	ND	0.11	ND	0.07	0.19	0.7	1.28

### 3.3 POPs 沉积记录的环境学意义

农药中的 DDTs 以  $p,p'$ -DDT 为主,而  $p,p'$ -DDE 和  $p,p'$ -DDD 极少, $p,p'$ -DDT 在好氧情况下降解为  $p,p'$ -DDE,在厌氧情况下,降解为  $p,p'$ -DDD,因此  $p,p'$ -DDE/ $p,p'$ -DDD 可以判断降解过程的氧化还原条件, $>1$  以氧化降解为主<sup>[8]</sup>。58 cm 以下  $p,p'$ -DDE 大部分未检出,该面之下以还原降解为主,58cm 以上则为氧化降解为主。近地表出现还原降解,这与接受新的 DDT 有关,从比值上看,新的 DDT 输入主要来源上游以降解风化的沉积物。

整个剖面上 DDTs 残留时间比 HCHs 长,而且残留量也高于 HCHs,是流域内最主要的一类 POPs。DDTs 停止使用后,这是由于目前仍然在生产使用三氯杀螨,三氯杀螨商品中均含有非常高的 DDTs(包括  $p,p'$ -DDE、 $p,p'$ -DDD、 $p,p'$ -DDT 和  $o,p'$ -DDT 4 种异构体)。

异狄氏剂、艾氏剂和狄氏剂在中国没有进行过大规模的工业化生产,在表层出现异狄氏剂残留量增高的现象说明流域内有存在一定数量的使用。

整个剖面中 OCPs 和 PCBs 残留量属于非污染状态,但是由于 OCPs 和 PCBs 具有生物富集性,因此对于河漫滩沉积物中 OCPs 和 PCBs 因河流的水动力条件的改变,使之重新释放到环境中,要引起高度的重视。

### 3.4 POPs 沉积记录的年代学意义探讨

近现代沉积物的测年方法主要采用  $^{137}\text{Cs}$  和  $^{210}\text{Pb}$  测年技术,而在开放的河流系统中使用  $^{137}\text{Cs}$  和  $^{210}\text{Pb}$  测年技术具有相对的难度。而地区中 POPs 的大量输入是一次重大的环境事件,因此它们对这事件在沉积物中的记录可作为事件地层学研究标志。

DDTs 和 HCHs 在土壤中降解一般为 2~4 年,消失 95% 需要 10~30 年。在国际上的大部分地区,有机污染物有确切的开始使用和禁用时间。中国从 1952 年批量生产 HCHs 和 DDTs,在 20 世纪 60~80 年代,有机氯农药是中国生产和使用的主要品种,当时除未生产和使用艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂和灭蚁灵外,曾大量生产和使用 DDT、六六六、毒杀芬、六氯苯、氯丹和七氯。其中 DDT 的累计施用量约 40 多万 t,占国际用量的 20%,六六六使用量 490 多万 t,比同期国际多 3 倍多,1983 年中国开始在农业禁止中使用六六六和 DDT<sup>[1,3,4]</sup>。1952 年江西开始使用六六六、滴滴涕乳剂等有机氯农药,50~70 年代特别是

60 年代中期后,药量急剧增大,1982 年使用和生产杀虫剂达到最高峰,1983 年 4 月根据国务院的规定,停止生产六六六、滴滴涕<sup>[28]</sup>。DDTs 停止使用后,仍然在生产使用三氯杀螨,三氯杀螨商品中均含有非常高的 DDTs(包括  $p,p'$ -DDE、 $p,p'$ -DDD、 $p,p'$ -DDT 和  $o,p'$ -DDT 四种异构体)。

有资料显示,1988—1989 年的南昌市母乳和婴儿中 DDT 在全国各大城市中是最高的<sup>[29]</sup>,反映了这个时期受 DDTs 的环境暴露威胁十分严重,至 90 年代末,则大幅度下降,这与沉积柱剖面上的 DDTs 记录存在偶合。因此从这几个方面来看,持久性有机污染物在近现代河流沉积物年代学方面可以起到辅助定年的作用。

## 4 结论

赣江南支河漫滩沉积物中持久性有机污染物(POPs)中的部分 OCPs 和 PCBs(多氯联苯)的沉积记录,反映了流域 POPs 在地区污染历史,样品中以 PCBs 和七氯的检出率最高达到 100%, 次为 DDTs 和 HCHs,并以 DDTs 的高残留量时间最长,其中在 26~46 cm 层段存在 HCHs、DDTs 和 PCBs 的高浓度残留量期。整个剖面中 OCPs 和 PCBs 残留量属于非污染状态,但是由于 OCPs 和 PCBs 具有生物富集性,对于环境发生改变而使之重新释放到环境中,要保持密切的关注。由于 POPs 在一个地区使用有明确的记录,因此在近现代河流沉积物年代学方面可以起到辅助定年的意义。

### 参考文献(References):

- [1] 王宝金,张天民,严冬,等.持久性有机污染物对环境的影响及对策[J].地质与资源,2007,16(4):293-296,315.  
Wang Baojin, Zhang Tianmin, Yan Dong, et al. Persistent organic pollutants: influence on environment and countermeasures [J]. Geology and Resources, 2007, 16(4):293-296,315(in Chinese with English abstract).
- [2] 温雪峰,李金惠,朱雪梅,等.我国废弃电路板资源化现状及其对策[J].矿冶,2005,14(1):66-69.  
Wen Xuefeng, Li Jinhui, Zhu Xuemei, et al. Reutilization status of waste printed circuit boards and corresponding countermeasures in China[J]. Mining & Metallurgy, 2005, 14(1):66-69(in Chinese with English abstract).
- [3] 刘明阳,刘建华,张馥.我国有机氯污染物污染现状及监控对策[J].环境科学与技术,2004,27(3):108-110.  
Liu Mingyang, Liu Jianhua, Zhang Fu. Organochlorine pollutants

- and monitoring method in China [J]. Environmental Science and Technology, 2004, 27 (3):108-110 (in Chinese with English abstract).
- [4] 胡建信, 窦艳伟, 赵子鹰, 等. 中国淘汰滴滴涕的环境影响分析[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(3):222-225.  
Hu Jianxin, Dou Yanwei, Zhao Ziyang, et al. The environmental impact analysis on phasing out DDT in China [J]. Environmental Pollution and Control, 2006, 28 (3):222-225 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘相梅, 彭平安, 黄伟林. 六六六在自然界中的环境行为及研究动向[J]. 农业环境与发展, 2001, 2:38-40.  
Liu Xiangmei, Peng Pingan, Huang Weilin. HCH in the nature of the environmental behavior and research trends[J]. Environment and Development in Agriculture, 2001, 2:38-40 (in Chinese with English abstract).
- [6] 刘征涛. 持久性有机污染物的主要特征和研究进展 [J]. 环境科学研究, 2005, 18(3):93-100.  
Liu Zhengtao. Persistence organic pollutants of characteristics and research progress [J]. Research of Environmental Science, 2005, 18 (3):93-100(in Chinese with English abstract).
- [7] 阮栋梁, 张英锋, 张永安, 等. POPs 持久性有机污染物和危害[J]. 渤海大学学报, 2006, 27(3):193-198.  
Ruan Dongliang, Zhang Yingfeng, Zhang Yongan, et al. Persistence organic pollutants harm [J]. Bohai University Journal, 2006, 27(3):193-198(in Chinese with English abstract).
- [8] 赵中华, 张路, 于鑫, 等. 太湖表层沉积物中有机氯农药残留及遗传毒性初步研究[J]. 湖泊科学, 2008, 20(5):579-584.  
Zhao Zhonghua, Zhang Lu, Yu Xin, et al. Distribution of organochlorine pesticide residues and potential genotoxicity in surface sediments from Lake Taihu [J]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20(5):579-584(in Chinese with English abstract).
- [9] 舒卫先, 李世杰. 北大湖沉积岩心中有机氯农药 HCH 和 DDT 残留垂直分布特征及沉积环境意义[J]. 第四纪研究 2008, 28(4):683-689.  
Shu Weixian, Li Shijie. Vertical distribution characteristics of HCHs and DDTs in two sediment cores from northern TaiHu Lake and their sedimentary environment significance[J]. Quaternary Research, 2008, 28(4):683-689(in Chinese with English abstract).
- [10] 李娟娟, 陈家玮, 刘晨. 北京郊区土壤中 DDT(滴滴涕)残留调查及评价[J]. 地质通报, 2008, 27(2):252-256.  
Li Juanjuan, Chen Jiawei, Liu Chen, et al. Investigation and evaluation of DDT residues in soils in the suburbs of Beijing, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(2):252-256(in Chinese with English abstract).
- [11] 姜安玺, 刘丽艳, 李一凡, 等. 我国持久性有机污染物的污染与控制[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2004, 21(2):97-101.  
Jiang Anxi, Liu Liyan, Li Yifan, et al. Pollution and control of persistent organic pollutant in China [J]. Journal of Natural Science of Heilongjiang University, 2004, 21 (2):97-101 (in Chinese with English abstract).
- [12] 孙艳, 何孟常, 杨志峰, 等. 黄河中下游表层沉积物中多氯联苯的污染特征[J]. 环境化学, 2005, 24(5):590-594.  
Sun Yan, He Mengchang, Yang Zhifeng, et al. The characteristics of polychlorinated biphenyls pollution in surface sediments of mid-and down-stream of Yellow River [J]. Environmental Chemistry, 2005, 24(5):590-594(in Chinese with English abstract).
- [13] 袁旭音. 太湖底泥中多氯联苯的特征与环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3):272-276.  
Yuan Xuyin. Characteristics and environmental effects of polychlorinated biphenyls in sediments from Taihu Lake [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2004, 13(3):272-276(in Chinese with English abstract).
- [14] 申荣艳, 骆永明, 章钢娅, 等. 长江三角洲地区城市污泥中多氯联苯和有机氯农药含量与组分研究[J]. 土壤, 2006, 38(5):539-546.  
Shen Rongyan, Luo Yongming, Zhang Gangya, et al. PCBs and OCPs in municipal sludges from Yangtze River Delta Area [J]. Soils, 2006, 38(5):539-546(in Chinese with English abstract).
- [15] 陈静生, 高学民, QI Min, 等. 我国东部河流沉积物中的多氯联苯[J]. 环境科学学报, 1999, 19(6):614-618.  
Chen Jingsheng, Gao Xuemin, Qi Min, et al. The contents of polychlorinated biphenyl in river sediments in eastern China [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 1999, 19 (6):614-618 (in Chinese with English abstract).
- [16] 杨建丽, 刘征涛, 周俊丽, 等. 中国主要河口沉积物中 PCBs 潜在生态风险研究[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(9):187-190, 197.  
Yang Jianli, Liu Zhengtao, Zhou Junli, et al. Ecological risk assessment of sediment PCBs pollution in main estuaries of China [J]. Environmental Science and Technology, 2009, 32 (9):187-190,197 (in Chinese with English abstract).
- [17] 张祖麟, 洪华生, 余刚. 闽江口持久性有机污染物——多氯联苯的研究[J]. 环境科学学报, 2002, 22(6):788-791.  
Zhang Zulin, Hong Huasheng, Yu Gang. Preliminary study on persistent organic pollutants (POPs)——PCBs in multi-phase matrices in Minjiang River Estuary [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2002, 22 (6):788-791 (in Chinese with English abstract).
- [18] 马梅, 王子健, Anders S dergren. 官厅水库和永定河沉积物中多氯联苯和有机氯农药的污染[J]. 环境化学, 2001, 20(3):238-243.  
Ma Mei, Wang Zijian, S dergren. Contamination of PCBs and organochlorinated pesticides in the sediment samples of guanting reservoir and Youding River [J]. Environmental Chemistry, 2001, 20(3):238-243.
- [19] 麦碧娟, 林峥, 张干, 等. 珠江三角洲沉积物中毒害有机物的污染现状及评价[J]. 环境科学研究, 2001, 14(1):19-23.  
Mai Bixian, Lin Zheng, Zhang Gan, et al. The pollution situation and risk assessment of toxic organic compounds in sediments from Pearl River Delta[J]. Research of Environmental Sciences, 2001, 14 (1):19-23.
- [20] 邢颖, 吕永龙, 刘文彬, 等. 中国部分水域沉积物中多氯联苯污染物的空间分布、污染评价及影响因素分析[J]. 环境科学, 2006,

- 27(2):228-234.
- Xing Ying, Lv Yonglong, Liu Wenbin, et al. Assessment of PCB pollution in spatial distribution and analysis of the PCB sources in sediments in China [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2006, 27(2):228-234.
- [21] 杨毅, 刘敏, 许世远, 等. 长江口潮滩表层沉积物中 PCBs 和 OCPs 的分布[J]. 中国环境科学, 2003, 23(2):215-219.
- YANG Yi, LIU Min, XU Shi-yuan, et al. Distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in the tidal beach surface sediments of Yangtze estuary[J]. China Environmental Science, 2003, 23(2):215-219.
- [22] 郑海龙, 陈杰, 邓文靖. 土壤环境中的多氯联苯(PCBs)及其修复技术[J]. 土壤, 2004, 36(1):16-20.
- Zheng Hailong, Chen Jie, Deng Wenjing. Polychlorinated biphenyls in soil environment and remediation of PCBs - contaminated soil[J]. Soils, 2004, 36(1):16-20.
- [23] 阮禄章, 张迎梅, 赵东芹, 等. 白鹭作为无锡太湖地区环境污染指示生物的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2):263-268.
- Ruan Luzhang, Zhang Yingmei, Zhao Dongqin, et al. Egretta garzetta as a bioindicator of environmental pollution in Tai Lake region[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(2):263-268(in Chinese with English abstract).
- [24] 刘仁沿, 吴世培. 长江口以北沿海主要经济贝类中有机氯农药和多氯联苯的分布及评价[J]. 海洋环境科学, 1996, 15(3):29-35.
- Liu Renyan, Wu Shipai, Wang Bin. Distribution and Evaluation of the Organic Chlorine Pesticide and PCB in the Economic Shellfish from North of the Changjiang Mouth [J]. Marine Environmental Science, 1996, 15(3):29-35.
- [25] 龚钟明, 董元华, 安琼. 夜鹭卵中几种多氯联苯(PCBs)的残留特征[J]. 中国环境科学, 2001, 21(2):124-127.
- Gong Zhongming, Dong Yuanhua, An Qiong. Residue character of polychlorinated biphenyls (PCBs) in eggs of night heron. [J]. China Environmental Science, 2001, 21(2):124-127.
- [26] 汪庆华. 浙江省农业地质环境调查项目工作进展综述[J]. 中国地质, 2004, 31 (增刊):30-39.
- Wang Qinghua. An overview of agrogeological environmental surveys in Zhej[J]. Geology in China, 2004, 31(supp):30-39.
- [27] 张德存, 张宏泰. 江汉平原多目标地球化学调查主要成果与意义[J]. 中国地质, 2001, 28(4):1-4
- Zhang Decun, Zhang Hongtai. Main results and significance of multi-purpose geochemical survey in the Jianghan plain [J]. Geology in China, 2001, 28(4):1-4
- [28] 《中国农业全书·江西卷》编辑委员会编. 中国农业全书·江西卷[M]. 北京:中国农业出版社, 2001:59-61.
- Editorial committee of China Agricultural Pandect Jiangxi. China Agricultural Pandect Jiangxi [M]. Beijing:China Agricultural Publishing House, 2001:59-61(in Chinese).
- [29] 刘小真, 周文斌, 魏洽, 等. 鄱阳湖区海会镇洲滩底泥有机氯农药污染研究[J]. 环境与健康杂志 2008, 25, (5):385-388.
- Liu Xiaozhe, Zhou Wenbin, Wei Qia, et al. Bottomland sediment chlorine pesticide contamination in Haihui Town in Lake Area [J]. Journal of Environment Health, 2008, 25, (5):385-388.
- [30] 刘国金, 王志辉, 马召坤. 多介质逸度模型研究鄱阳湖流域 p,p'-DDT [J]. 江西科学, 2007, 25(2):141-146.
- Liu Guojin, Wang Zhihui, Ma Zhaokun. The study on p,p'-DDT in the drainage area of Poyang Lake using Tapl3 model [J]. Jiangxi Science, 2007, 25(2):141-146(in Chinese with English abstract).
- [31] 何加芬, 万勇, 李志龙, 等. 南昌市人奶有机氯农药残留量调查[J]. 中国公共卫生管理, 2001, 17(5):408-409.
- He Jiafen, Wan Yong, Li Zhilong, et al. Human milk survey of organochlorine pesticide residues in Nanchang [J]. China Public Health Management, 2001, 17 (5):408-409 (in Chinese with English abstract).

## Sedimentation records of persistent organic pollutant (POPs) in Ganjiang River basin: molecular stratigraphic study of OCPS and PCBs

DING Yong<sup>1</sup>, XIE Zheng-dong<sup>2</sup>, CHEN Jian-xun<sup>1</sup>

(1. Jiangxi College of Applied Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China;

2. Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 332000, Jiangxi, China)

**Abstract:** This paper deals with the sedimentation records of POPs such as OCPs and PCBs in sediments along the cross section of flood plain of Ganjiang River so as to determine the history of organic pollution. Classification of molecular stratigraphy was carried out on the basis of the evolution of the concentration of organic compounds, which indicates that there exist high concentrations of residual HCHs, DDTs and PCBs at the depth from 26 to 46 cm, with high level of residual DDTs being found even in deeper areas. Although the concentrations of residual OCPs and PCBs do not exceed the contamination standard, special attention should be paid to the potential release of such pollutants to the surrounding environment. The sedimentation records of POPs are consistent with the development history of Ganjiang River and hence such studies contribute to the study of the age of contemporary sediments.

**Key words:** organic pollution, molecular stratigraphy

---

**About the first author:** DING Yong, male, born in 1958, associate professor, mainly engages in teaching and study of resources exploration; E-mail: dingyong8654@qq.com.