

上海市黄浦江水源地六六六、滴滴涕类内分泌干扰物污染特征分析及健康风险评价

程 晨, 陈振楼, 毕春娟, 许世远, 王东启

(华东师范大学资源与环境科学学院地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

摘要:通过现场采样及室内分析对上海市主要饮用水源地黄浦江上游干流河段表层水体, 表层沉积物及支流表层水体及其周边表层土壤中有机氯类内分泌干扰物的含量进行了检测。结果表明, 黄浦江干流 1 到 6 号采样点, 水体六六六含量在 $0.1\sim 0.12\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间, 滴滴涕含量在 $0.02\sim 0.03\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间; 表层沉积物中六六六含量在 $1.0\sim 7.0\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间, 滴滴涕含量在 $3.0\sim 32.0\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间; 支流 7 到 15 号采样点水体中只有 HCH 检出, 含量范围为 $0.02\sim 0.03\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。支流周边土壤中 DDT 含量范围为 $2\sim 8\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。根据表层水体和表层沉积物中的滴滴涕类内分泌干扰物的含量检测结果判断, 4~6 号采样点附近有新的 DDTs 污染物排入河道。根据实地考察推断, 污染源可能为畜禽养殖场所排畜禽粪便。利用健康风险评价模型评价, 目前黄浦江饮用水源地中 HCH、DDT 类污染物对人体健康的风险仍处较低水平。

关键词: 饮用水源地; 六六六、滴滴涕类内分泌干扰物; 污染特征分析; 健康风险评价
中图分类号: X592 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2008)02-0705-06

Pollution Characteristics and Health Risk Assessment of HCHs, DDTs in Drinking Water Sources of Huangpu River, Shanghai

CHENG Chen, CHEN Zhen-lou, BI Chun-juan, XU Shi-yuan, WANG Dong-qi

(Key Laboratory of Geo-information Science of the Ministry of Education, College of Resources and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The upper stream of Huangpu River is the main surface drinking water sources of Shanghai. The concentrations of the HCHs and DDTs in the surface water and surface sediment collected from the upper stream of Huangpu River were determined. The results show that from the sampling point 1 to point 6, the concentrations of the HCHs in the surface water is from $0.1\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ to $0.12\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, the DDTs is from $0.02\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ to $0.03\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; the concentrations of the HCHs in the surface sediment is $1.0\sim 7.0\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and the DDTs is $3.0\sim 32.0\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. From the sampling point 7 to point 15, the concentrations of HCHs is $0.02\sim 0.03\ \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ in the surface water of the mainly branches of the Huangpu River. The concentrations of DDTs is $2\sim 8\ \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ in the surface soil sampled from the side of the main branches of the Huangpu River. The concentrations of the DDTs indicate that there are new DDTs input in the area of sampling point 4 to point 6, implying that the new DDTs maybe come from the animal poultry manure which spill from the farms nearby. Based the model of water environmental health risk assessment, the risk of the HCHs, DDTs is low in the main drinking water sources of Shanghai.

Keywords: surface drinking water sources; HCHs, DDTs; pollution characteristics; water environmental health risk assessment

20世纪 90 年代以来, 随着各国学者对环境中有

收稿日期: 2007-06-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(40730526; 40701164); 上海市环保局招标项目; 上海市海洋局 908 专项项目(HAD1; HAD2); 上海市“十一五”重大科技攻关项目(07DZ12037); 第四十批中国博士后科学基金(20060400635)

作者简介: 程 晨(1982—), 男, 硕士研究生, 主要从事城市水资源与水环境研究。E-mail: zjcc007@yahoo.com.cn

通讯作者: 陈振楼 E-mail: zlchen@geo.ecnu.edu.cn

机污染物研究的深入, 发现有多种有机污染物存在内分泌干扰作用。美国环境保护组织下属的内分泌干扰物筛选测试咨询委员会将这些可以通过干扰激素功能, 从而引起个体或人群可逆性或不可逆性生物学效应的环境合成物称之为环境内分泌干扰物(endocrine disrupting chemicals)^[1], 缩写为 EDCs。

六六六、滴滴涕(HCHs, DDTs)类污染物属于内分泌干扰物的一类, 它们具有亲脂性、疏水性及低化

学和生物降解性。由于这些特性,它们可以在生物体内富集,并在食物链中实现放大^[2,3]。在国际上此类物质已被禁止使用,但在很多发展中国家,此类物质仍在以农药的形式被使用^[4]。1972年前曾经被广泛使用的杀虫剂甲氧滴滴涕(MXC)已被确认对男女胚胎都具有明显的负面作用^[5]。它们对生物包括人体的危害主要是能够与生物荷尔蒙的接受器相结合,模拟或者妨碍荷尔蒙的活性^[6],甚至能够模拟或者妨碍那些合成或清除荷尔蒙的生化酶的活性,从而导致荷尔蒙的陡增或陡减^[7]。Auger等、William等对滴滴涕及其代谢产物P, P'-DDE研究发现,两者都可与雄激素受体(AR)竞争性结合,阻止体内雄激素与AR的结合,从而抑制雄激素活性,发挥抗雄激素作用^[8,9]。

由于此类内分泌干扰物(EDCs)进入人体的主要途径就是对食品和水的直接摄入,掌握其在原水、自来水厂出厂水和管网水中的状况对采取相应的控制对策是十分重要的^[10]。城市饮用水水源易受到高强度人类活动的影响而造成EDCs污染。有研究表明即使在“可接受”的低浓度下,这些内分泌干扰物仍能对各生态系统造成显著影响^[11]。当此类污染物通过饮用水和食物进入人体后,可以破坏人体内分泌系统、神经系统和免疫系统等信息传递,影响机体的调节和内环境的稳定。临床上则表现为生殖障碍、出生缺陷、发育异常、代谢紊乱以及某些癌症^[12,13]。

目前上海市76.3%的饮用水源水由黄浦江上游饮用水水源地提供。上海市黄浦江饮用水源地的水质直接影响到上海市近1700万居民的日常用水质量和健康安全,但是目前针对该区域范围内六六六、滴滴涕类内分泌干扰物的污染特征的分析和健康风险的评价研究仍较少。因此本文试图通过对上海市饮用水源地六六六、滴滴涕类内分泌干扰物污染特征的分析,判断其污染的可能来源及影响其迁移转化的可能因素。通过对这两类污染物的健康风险评价为上海市水源地保护,水环境安全和人体健康安全保护措施的制定提供科学依据。

1 采样和研究方法

1.1 研究区域概况

黄浦江上游水源保护区共计1058 km²,其中一级饮用水源保护区、上游水源保护区、准水源保护区分别占4.4%、48.4%、47.2%。该区域地势低平,地貌属湖泊相沉积平原,坡度平缓,土质以粘土为主,表层地貌因受人工活动影响,形成塘浦河渠纵横贯通的格

局^[14]。黄浦江上游来水主要分为3支,根据其平、丰水期来水水量比例依次为:斜塘51%~60%;园泄泾23%~27%;大泖港17%~21%。

黄浦江上游有37个工业区,其中83.8%没有自建集中污水处理厂,10.8%虽然自建集中污水处理厂,但治理设施并未运转;并且这些工业区中约62.1%的企业不具备污水处理设施。2001年上游水源保护区内共有55家规模化畜禽养殖场,是上海畜禽饲养密度最高的地区,各类畜禽产生粪尿总量265800 t·a⁻¹,据估算至少有20%的固体粪便和50%的尿液因得不到处理利用而流失^[15]。

1.2 样品采集

样品分别采集于2006年7月5日和8月29日。采样断面如图1。具体采样点位用手持式GPS卫星定位,采样断面包括:黄浦江上游饮用水源地代表性断面6个,以及黄浦江上游水源地主要汇入支流断面9个。采样工具为不锈钢抓斗式采泥器,专用采水器,采样位置为河流中心。样品采集后均以棕色瓶保存,并迅速放入冷藏室(0~4℃),样品当天运送回实验室。

1.3 样品处理

1.3.1 水样前处理

取1L水样倒入分液漏斗,加入30mL二氯甲烷,然后加入回收率指示物标准使用溶液,振荡约2min,静置分层,下层有机相通过无水硫酸钠干燥过滤后收集至浓缩管中,重复操作3次,合并其提取液。将提取液吹氮浓缩至2~3mL,加入10mL正己烷转换溶剂,继续浓缩至小于1.0mL,用正己烷定容至1.0mL,待上机分析。

1.3.2 沉积物样前处理

样品经冷冻干燥后,称取20g土样,加入回收率指示物标准使用溶液10μL,加入适量高纯活性铜粉进行脱硫,用60mL二氯甲烷,超声波提取30min,重复操作3次后合并提取液。提取液经无水硫酸钠干燥后在旋转蒸发器上浓缩至2~3mL。浓缩液过Florisil柱(先用体积分数为1:9丙酮/正己烷混合液不间断冲洗5次)净化,然后用丙酮淋洗。淋洗液在旋转蒸发器上浓缩至2~3mL,加入10mL正己烷转换溶剂,继续浓缩至小于1.0mL,用正己烷定容至1.0mL,待上机分析。

1.4 样品分析

HCHs、DDTs类内分泌干扰物测定主要参照美国EPA8081A方法^[16]。所用仪器为Agilent 6890N型气相色谱仪,采用双柱双检测器(ECD, ⁶³Ni)系统。柱

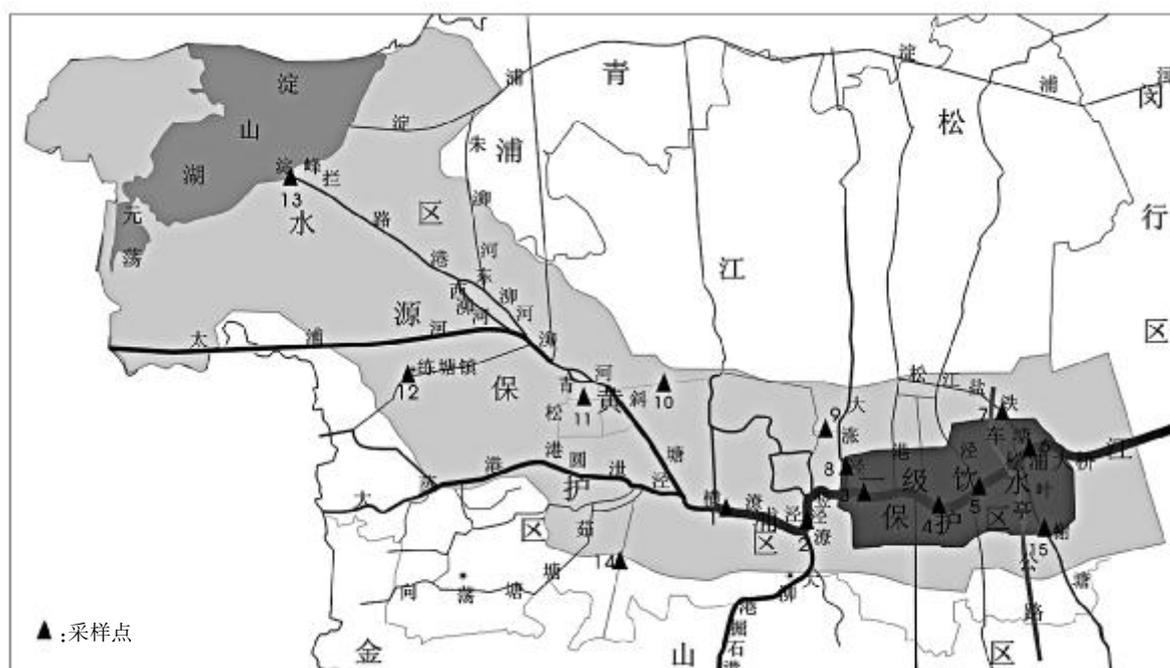


图1 黄浦江上游水源地各采样断面分布图

Figure 1 Sampling map in the upper stream of Huangpu River

1: DB-1701, 30 m × 530 μm × 1.0 μm 毛细管柱; 柱2: DB-608, 30 m × 530 μm × 1.0 μm 毛细管柱。进样口温度: 200 °C。柱升温程序: 初始温度 150 °C, 保持 0.5 min, 第1阶段程序升温 8.0 °C·min⁻¹, 至 240 °C; 第2阶段程序升温 3.0 °C·min⁻¹, 至 270 °C, 保持 8.0 min。非分流进样, 进样量为每次 2.0 μL。

所用有机溶剂均为农残级, 标准样品(购自 Supelco Bellefonte, USA), 含 20 种有机氯农药目标化合物, 其中包括 α-BHC、γ-BHC、β-BHC、δ-BHC、4,4'-DDE、4,4'-DDD、4,4'-DDT 等。有机氯农药的回收率指示物为 2,4,5,6-四氯间二甲苯和十氯联苯, 示踪物水样的回收率控制范围为 19.3%~94.6%, 沉积物样的回收率为 34.2%~96.6%, 此方法水样检出限为 0.02 μg·L⁻¹, 沉积物样检出限为 1.0 μg·kg⁻¹。

2 结果

2.1 HCHs、DDTs 类内分泌干扰物在表层沉积物和表层水中的含量及分布

在上海市黄浦江饮用水源地的表层水中 HCHs、DDTs 的含量都较低(见表1)。在 15 个采样点中多数采样点没有 HCHs、DDTs 检出, 有 HCHs 检出的只有 8 个。在 HCH 的 4 种异构体中只有 β-HCH 和 γ-HCH 两种被检出, 含量在 0.02~0.12 μg·L⁻¹ 之

间。DDTs 只有 4 个采样点检出, 含量在 0.02~0.03 μg·L⁻¹ 之间, 且 4 种异构体中仅有 p,p'-DDT 被检出。能检出的 HCHs、DDTs 类污染物中以 γ-HCH 和 p,p'-DDT 为主, 最高含量分别为 0.12 μg·L⁻¹ 和 0.03 μg·L⁻¹。

在水源地 13 个表层沉积物采样点中多数采样点没有 HCHs、DDTs 检出, 有 HCHs 检出的只有 2 个, 且均为 δ-HCH, 含量为 1.00 μg·kg⁻¹ 和 7.00 μg·kg⁻¹。DDT 的 3 种异构体在 6 个采样点均有不同程度的检出, 且 DDTs 总含量在 1.00~51.00 μg·kg⁻¹ 之间。能检出的 HCHs、DDTs 类污染物中以 δ-HCH 和 p,p'-DDT 为主, 最高含量分别为 7.00 μg·kg⁻¹ 和 32.00 μg·kg⁻¹。其中 6 号采样点的 p,p'-DDT 含量较其他各点高出一个数量级。

2.2 HCHs、DDTs 类内分泌干扰物在支流周边表层土壤中含量及分布

表2为黄浦江主要支流周边表层土壤中 HCHs、DDTs 类内分泌干扰物的含量。可见, 土壤中 HCH 的检出率较低, 仅有 14 号采样点检出。DDT 的检出率达 100%, 含量范围为 2~8 μg·kg⁻¹, 其中以 8 号和 10 号采样点的检出含量最高。根据各采样点的组分含量均为 DDE ≥ DDD, DDD > DDT, (DDE+DDD)/DDTs > 0.5 的特征, 基本判断沉积物中的 DDTs 为早期残留^[17,18]。

表1 黄浦江上游水源地各断面表层水及表层沉积物中HCHs、DDTs类内分泌干扰物含量($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Table 1 Concentrations of HCHs and DDTs in surface water and surface sediments of Huangpu River($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

采样点	表层水体					沉积物	
	β -HCH	γ -HCH	p,p'-DDT	δ -HCH	p,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDE
1	ND	0.12	0.03	ND	ND	8	2
2	ND	ND	ND	ND	ND	1	ND
3	ND	0.1	ND	1	3	4	8
4	ND	0.1	0.02	ND	10	5	2
5	ND	0.1	0.02	ND	3	2	2
6	ND	0.11	0.02	7	32	15	4
7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	—	—	—	—
9	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	ND
11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
12	ND	0.03	ND	ND	ND	ND	ND
13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
15	ND	ND	ND	—	—	—	—

注:表层水体检测限为 $0.02 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 表层沉积物检测限为 $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ND 为未检出或低于检测限。

结合对支流水体中污染物含量的测定, 可以基本判定, 在黄浦江支流中 HCHs、DDTs 类内分泌干扰物主要来源于早期残留, 且汇入黄浦江后对干流污染贡献较少。

3 讨论

由表1可见, 在各表层水采样点中有5个采样点的HCHs含量相对于其他地点较高。其中有4个位于上海市一级饮用水保护区内, 也就是上海市自来水厂取水口附近。因此HCHs类内分泌干扰物在表层水中的含量直接影响到上海市饮用水的供水质量。

在DDTs的检测中, $\text{DDT} > \text{DDD}$, $\text{DDT} > \text{DDE}$, $\text{DDTs} > 2 \times (\text{DDE} + \text{DDD})$ 。由于DDTs的降解次序为DDT降解为DDD, 然后降解为DDE^[17,18], 所以可以判断在4~6号点附近有新的DDTs污染物排入河道, 并

非为早期残留。而4~6号采样点位于上海市一级饮用水保护区中心, 所以应引起有关部门的足够重视。

在沉积物中目前能检出的HCHs类内分泌干扰物只有 δ -HCHs一种且浓度含量较低。检出点只有3号点和6号点, 其中6号点含量较高。由于HCHs的降解为逐级进行, 而目前检测出的只有 δ -HCHs一种且含量较低, 因此基本可以判断为早期残留为主。

DDT类内分泌干扰物在黄浦江底泥中含量相对较高。含量较高的主要为p,p'-DDT, 与表层水体含量分布相同的是最高点同样产生在6号点, 4~6号点范围内DDTs的含量较高。其组分含量特征为 $\text{DDE} \leq \text{DDD}$, $\text{DDD} < \text{DDT}$, $(\text{DDE} + \text{DDD}) / \text{DDTs} < 0.5$, 认为沉积物中的DDTs并非为早期残留^[17,18], 而是由新的污染源排入。表层水中DDTs的含量分布也证明了这一点。

由表1可见, 黄浦江上游水源地中HCHs、DDTs

表2 黄浦江水源地主要支流周边表层土壤中HCHs、DDTs类内分泌干扰物含量($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Table 2 Concentration of HCHs and DDTs in surface soil near main branches of the Huangpu River($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

采样点	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	p,p'-DDT	p,p'-DDD	p,p'-DDE
7	ND	ND	ND	ND	2.00	1.00	1.00
8	ND	ND	ND	ND	3.00	1.00	4.00
9	ND	ND	ND	ND	2.00	ND	2.00
10	ND	ND	ND	ND	2.00	1.00	5.00
11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.00
14	ND	1.00	ND	ND	4.00	ND	3.00
15	ND	ND	ND	ND	2.00	ND	2.00

注:表层土壤检测限为 $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, ND 为未检出或低于检测限。

类内分泌干扰物主要集中在黄浦江主干流区域。根据表3可以基本判定,在黄浦江支流中HCHs、DDTs类内分泌干扰物主要来源于早期残留,且汇入黄浦江后对干流污染贡献较少。因此可以基本判定在黄浦江一级水源地区域,即4~6号采样点附近有新的DDTs污染物排入。根据现场考察,该区域畜禽养殖场分布密集,且畜禽粪便有未经处理直接排入河道现象。由于畜禽本身并不产生DDTs污染物,因此推断畜禽养殖场生产过程中所用饲料及添加剂中含有DDTs污染物,从而导致该区域有新的DDTs污染物排入。

由于从1号至6号采样点,HCHs、DDTs类内分泌干扰物的浓度数据并没有一个逐渐降低的浓度梯度,由此判断水源地中污染物并不主要来源于上游进水。

4 健康风险评价

4.1 健康风险评价方法

根据研究污染物的种类和危害特点,本文选取的化学非致癌物质人体健康危害风险度计算模型^[19-21]为:

$$R^n = \sum_{i=1}^n R_{ig}^n \quad (1)$$

$$R_{ig}^n = (D_{ig} \times 10^{-6} / RfD_{ig}) / 70 \quad (2)$$

$$D_{ig} = 2.2 C_i / 70 \quad (3)$$

式中: R_{ig}^n 为化学致癌物 i 经饮水途径的平均个人健康危害风险度, a^{-1} ; R^n 为综合危害风险度, a^{-1} ; D_{ig} 为化学致癌物 i 经饮水途径的单位体重暴露剂量, $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$; 式(2)中的70为人平均寿命, a ; 式(3)中的2.2为成人每日平均饮水量, L ; C_i 为化学致癌物 i 浓度, $mg \cdot L^{-1}$; 式(3)中的70为成人平均体重, kg 。

4.2 模型应用

根据针对上海市居民的具体情况,本文对部分参数进行了相应的修正。2004年上海市人均男性寿命为78.08岁,女性人均寿命为82.48岁,人均期望寿命为80.29岁^[22]。2000年上海市成年男性平均体重为66.9 kg,成年女性平均体重为57.1 kg。因此计算公式修正为

$$R^n = \sum_{i=1}^n R_{ig}^n \quad (1)$$

$$R_{ig}^n = (D_{ig} \times 10^{-6} / RfD_{ig}) / (\text{男 } 78.08, \text{女 } 82.48) \quad (2)$$

$$D_{ig}^c = 2.2 C_i / (\text{男 } 66.9, \text{女 } 57.1) \quad (3)$$

注: 根据EPA标准,HCH的 RfD 值为 8×10^{-4}

$mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$, DDT的 RfD 值为 $5 \times 10^{-4} mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$ ^[23], C_i 分别取黄浦江一级水源地中各采样点HCH含量的平均值 ($0.1025 \times 10^{-3} mg \cdot L^{-1}$) 及 DDT含量的平均值 ($0.0225 \times 10^{-3} mg \cdot L^{-1}$)。

根据计算,如果以黄浦江一级水源地水体为直接饮用水,HCH对上海男性市民的健康风险值为 $5.396 \times 10^{-11} \cdot a^{-1}$, 对于女性的健康风险值为 $5.985 \times 10^{-11} \cdot a^{-1}$ 。DDT对上海男性市民的健康风险值为 $1.895 \times 10^{-11} \cdot a^{-1}$, 对于女性的健康风险值为 $2.102 \times 10^{-11} \cdot a^{-1}$ 。可见,对于上海市目前的人群状况,黄浦江饮用水源地中HCH、DDT的人体健康风险仍较低,为每年每千人中仅1~6人受到此两类污染物的毒害。

5 结论

(1)在黄浦江支流中HCHs、DDTs类内分泌干扰物主要来源于早期残留,且汇入黄浦江后对干流污染贡献较少。干流中污染物浓度并没有一个逐渐降低的浓度梯度,因此推断水源地中污染物并不主要来源于上游进水。

(2)通过含量计算,初步判断在位于上海市一级饮用水保护区中心的4~6号采样点附近有新的DDTs污染物排入河道。由于目前检测出的HCHs中只有 δ -六六六一种且含量较低,因此基本可以判断HCHs为早期残留为主。推断一级饮用水保护区中心中密集的畜禽养殖场可能是产生新DDTs的主要污染源。

(3)利用健康风险评价模型计算得出,黄浦江饮用水源地中HCH、DDT类污染物对上海市民的人体健康风险仍处较低水平。

参考文献:

- [1] US EPA. Endocrine disruptor screening and testing advisort committee (EDSTAC) final report[R]. Washington DC: US Environment protection Agency, 1998.
- [2] Swackhamer D, Hites R A. Occurrence and bioaccumulation of organo-chlorine compounds in fish from Siskiwit Lake, Isle Royale, Lake Superior[J]. *Environment Science Technology*, 1988,22:543-548.
- [3] Vassilopoulou V, Georgakopoulous-Gregoriades E. Factors influencing the uptake of organochlorines in red mullet (*Mullus barbatus*) from a gulf of central Greece[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1993,26:285-287.
- [4] Babu Rajendran R, Imagawa T, Tao H, et al. Distribution of PCBs, HCHs and DDTs, and their ecotoxicological implications in Bay of Bengal, India[J]. *Environment International*, 2005,31:503-512.
- [5] Amstislavsky S Y, Kizilova E A, Eroschenko V P. Preimplantation mouse embryo development as a target of the pesticide methoxychlor, Re-prod[J]. *Toxicol*, 2003,17:79-86.

- [6] Arnold S F, Klotz D M, Collins B M, et al. Synergistic activation of estrogen receptor with combinations of environmental chemicals[J]. *Science*, 1996,272: 1489-1492.
- [7] 薛南冬,王洪波,徐晓白. 水环境中农药类内分泌干扰物的研究进展[J].*科学通报*, 2005,50(22):2441-2449.
- [8] Auger J, Kunstman J M, Czyglik F, et al. Decline in semen quality among fertile men in Paris during the past 20 years[J]. *NewEngl J Med*, 1995,33(2):281-285.
- [9] William R, Christy R S, Susan C L, et al. Persistent DDT metabolite P,P'-DDE is a potent , androgen receptor antagonist[J]. *Nature*, 1995,375(15):581-585.
- [10] 周 鸿,张晓健,王占生. 水中内分泌干扰物在我国的研究进展[J].*中国给水排水*, 2002,18(9):26-28.
- [11] Magliulo L, Schreiberman, Martin P, et al. Endocrine disruption caused by two common pollutants at "acceptable" concentrations[J]. *Neurotoxicology and Teratology*, 2002,24(1):71-79.
- [12] Ashby J. Uterotrophic activity of bisphenol A in the immature rat[J]. *Environ Health Perspect*, 1998,106(11):719-720.
- [13] Sonnenschein C. An update review of environmental estrogen and androgen mimics and antagonists[J]. *J-Steroid-Biochem-Mol-Biol*, 1998, 65(1):143-150.
- [14] 车 越,杨 凯,范群杰,等. 黄浦江上游水源地水环境演变规律及其影响因素研究[J].*自然资源学报*, 2005,20(2):163-171.
- [15] 徐祖信,尹海龙. 黄浦江水质改善分析[J].*上海环境科学*, 2003,22(3):167-170.
- [16] EPA 8081A. Organochlorine pesticides by cap column GC[S]. Washington DC; US Environment protection Agency,1996.
- [17] Hitch R K, Day H P. Unusual persistence of DDT in some Western US-A soils[J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1992,48(2):255-264.
- [18] Hong H, Xu L, Zhang L, et al. Environmental fate and chemistry of organic pollutants in the sediment of Xiamen and Victoria harbors [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1995,31(4-12):229-236.
- [19] 钱家忠,李如忠,汪家权,等.城市供水水源地水质健康风险评价[J].*水利学报*,2004,8:90- 93.
- [20] 曾光明,卓 利,钟政林,等.水环境健康风险评价模型[J].*水科学进展*,1998,9(3):212-217.
- [21] 胡二邦.环境风险评价实用技术和方法[M].北京:中国环境科学出版社,2000.467-482.
- [22] <http://www.shanghai.gov.cn/shanghai/node2314/node16085/node16131/userobject21a161244.html>.
- [23] EPA.The Foundation for Global Action on Persistent Organic Pollutants: A United States Perspective.[in] Office of Research and Development Washington, DC 20460.2002,2:10-12.