

深圳主要河流中农药类环境激素污染调查

宗栋良¹,常爱敏¹,张光明²,管运涛²,梁栋¹,邓吴斌¹

(1. 深圳市水质检测中心,广东 深圳 518055;

2. 清华大学深圳研究生院环境工程与管理研究中心,广东 深圳 518057)

摘要:调查了深圳市 10 条主要河流农药类环境激素的污染现状。结果表明,深圳市各河流均受到农药类环境激素的污染,共有 15 种农药类环境激素被检出,质量浓度为未检出 ~ 4.8 $\mu\text{g/L}$ 。并推荐深圳市河流中优先控制的农药类环境激素为:六六六、 γ -氯丹、硫丹、环氧七氯、六氯苯、氟乐灵、联苯菊酯、二硫代农药。

关键词:河水;农药;环境激素;深圳

中图分类号: X824 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)06-0039-05

Pollution Investigation of Pesticide Hormones in River Water of Shenzhen

ZONG Dong-liang¹, CHANG Ai-min¹, ZHANG Guang-ming², GUAN Yun-tao², LIANG Dong¹, DENG Wu-bin¹

(1. Shenzhen Water Quality Testing Center, Shenzhen, Guangdong 518055, China;

2. Research Center for Environmental Engineering & Management, Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen, Guangdong 518057, China)

Abstract: The pesticide pollution situation of environmental hormones was investigated in 10 rivers of Shenzhen, China. Results showed that the rivers were polluted by 15 kinds of pesticide hormones, and the residues of pesticide hormones were ND ~ 4.8 $\mu\text{g/L}$. Eight kinds of pesticides were recommended as prior controlled pesticide hormones, including HCH, γ -chlordan, endosulfan, heptachlor epoxide, hexachlorobenzene, trifluralin, bifenthrin and dithiocarbamates.

Key words: River water; Pesticides; Environmental hormone; Shenzhen

环境激素问题已经在全世界引起强烈反响,得到许多国家政府和有关国际组织的高度重视,被视为像臭氧层被破坏、全球气候变暖一样的世界范围的重大环境问题^[1]。在世界野生动物基金会(WWF)、美国环保局等权威机构研究出的 67 种(类)环境激素中,农药类约占一半以上^[2],农药类环境激素是环境激素中最大的类别。

农药类环境激素可以分为有机氯类,有机磷类,氨基甲酯类,除虫菊酯类,二硫代类,以及其他不同类的农药。虽然有大量文献已经对农药在水环境中的污染做过许多研究,但除了官厅水库^[3]做过较为全面的农药类环境激素调查外,多数是停留在常规检测或水质标准规定的几种指标上,如六六六(HCH)、滴滴涕等^[4-7]。此外,由于地区水域特点和常用农药种类的不同,优先控制的农药类环

境激素也会有所不同,这就需要弄清农药类环境激素在水环境(水、底泥和生物)中分布和归宿^[8]。

现以深圳市主要河流为研究对象,选择了有机氯类、除虫菊酯类、有机磷类、二硫代类等 4 大类农药类环境激素为检测指标,较全面地调查深圳市河水中农药类环境激素的污染水平。

1 研究方法

1.1 水样的采集和保存

采样时间为 2009 年 2 月 16 日—2009 年 2 月 23 日,深圳 2 月份处于枯水期。

收稿日期:2009-04-06;修订日期:2009-08-20

基金项目:深圳市科技计划基金资助项目(SYF200646403);深圳市水利建设基金资助项目(25073317003)

作者简介:宗栋良(1974—),男,广东深圳人,工程师,硕士,主要研究方向为水体中痕量有机物检测和水处理。

采样点包括深圳市 10 条主要河流。分别为：深圳河、布吉河、大沙河、茅洲河、观澜河、西乡河、龙岗河、坪山河、福田河及新洲河。每条河流设置 1~3 个监测断面，共设置 28 个监测断面。

每个断面的主流线上设置 1 个采样点，水面以下 0.3 m~0.5 m 处。共 28 个水样。

水样以干净褐色玻璃瓶采集，采样瓶不得用水样预洗。水样采集后冷藏在 4℃，并于 72 h 内完成萃取，萃取后 40 d 内完成分析。

1.2 有机氯和菊酯类测定方法

采用气相色谱法测定 24 类有机氯和 7 种菊酯类。标准物质中，1, 2 - 二溴 - 3 - 氯丙烷 (5 000 mg/L) 和四氯间二甲苯 (内标, 固体) 购于美国 Accu Standard 公司；氟乐灵、*o* - HCH、*p* - HCH、*p*' - HCH、*o* - HCH、*p* - HCH、氯苯、乙草胺、七氯、甲草胺、三氯杀螨醇、环氧七氯、*o* - 氯丹、*p* - 氯丹、硫丹、*o* - 硫丹、反式九氯、*p*, *p*' - DDD、狄氏剂、除草醚、*p*, *p*' - DDE、*p*, *p*' - DDT、异狄氏剂、*p*, *p*' - DDD、联苯菊酯、三氟氯氰菊酯、氯菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、氟胺氰菊酯、溴氰菊酯等 30 种农药均购于农业部环境保护科研监测所，质量浓度均为 100 mg/L，溶剂分别为石油醚、正己烷、丙酮、甲醇等。

水样前处理过程：1 L 水样用 120 mL 二氯甲烷分两次萃取，合并收集有机层，用无水硫酸钠净化后 (必要时以硅酸镁净化)，放入氮吹仪中吹干，以正己烷定容至 0.5 mL 后待测。在实验中发现 1, 2 - 二溴 - 3 - 氯丙烷由于易在吹脱中损失，因此该农药的前处理采取 100 mL 水样，用 10 mL 正己烷萃取，无水硫酸钠净化后直接测定。

主要仪器为安捷伦 6890 气相色谱仪，带 ECD 检测器。色谱柱：DB - 35MS, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm。进样口温度：250℃。不分流进样，进样量 2 μL。检测器温度 310℃。柱流量 1.0 mL/min，恒流，载气为氮气。升温程序为：50℃ (保持 1 min)，以 25℃/min 升至 100℃，再以 5℃/min 升至 300℃ (保持 5 min)，共 48 min。

配置成 2 000 μg/L 的混标进样检测，其色谱峰见图 1(a) (b) (c)。

- (1) 各目标化合物的保留时间为：1, 2 - 二溴 - 3 - 氯丙烷 8.404 min；氟乐灵 19.700 min；内标 19.976 min；*o* - HCH 22.452 min；六氯苯 23.027 min；*p* - HCH 24.721 min；*o* - HCH 25.945 min；七氯和乙草胺 26.204 min；甲草胺 26.669 min；*p* - HCH 27.073 min；三氯杀螨醇 29.428 min；环氧七氯 30.110 min；*o* - 氯丹 30.743 min；反式九氯 30.867 min；*p* - 氯丹 31.136 min；硫丹 31.284 min；*p*, *p*' - DDE 32.105 min；狄氏剂 32.441 min；异狄氏剂 33.647 min；*o*, *p*' - DDT 和除草醚 33.981 min；*p*, *p*' - DDD 34.361 min；硫丹 34.736 min；*p*, *p*' - DDT 35.400 min；联苯菊酯 35.935 min；三氟氯氰菊酯 38.168 min；氯菊酯 40.504 min；氯氰菊酯 42.663 min；氟胺氰菊酯 43.904 min；氰戊菊酯 45.205 min；溴氰菊酯 47.062 min。

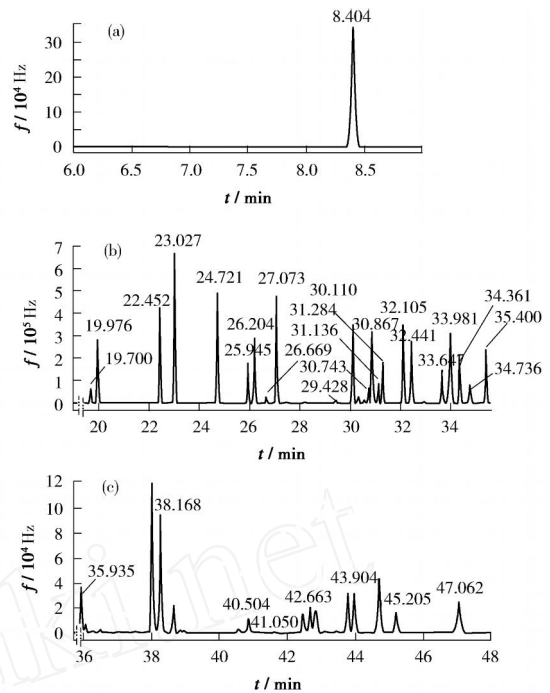


图 1 有机氯和菊酯类的色谱峰

26.669 min；*p* - HCH 27.073 min；三氯杀螨醇 29.428 min；环氧七氯 30.110 min；*o* - 氯丹 30.743 min；反式九氯 30.867 min；*p* - 氯丹 31.136 min；硫丹 31.284 min；*p*, *p*' - DDE 32.105 min；狄氏剂 32.441 min；异狄氏剂 33.647 min；*o*, *p*' - DDT 和除草醚 33.981 min；*p*, *p*' - DDD 34.361 min；硫丹 34.736 min；*p*, *p*' - DDT 35.400 min；联苯菊酯 35.935 min；三氟氯氰菊酯 38.168 min；氯菊酯 40.504 min；氯氰菊酯 42.663 min；氟胺氰菊酯 43.904 min；氰戊菊酯 45.205 min；溴氰菊酯 47.062 min。

(2) 色谱图中七氯与乙草胺、*o*, *p*' - DDT 和除草醚，不能完全分开，均计算其和。溴氰菊酯与十氯联苯也未能完全分开，因此十氯联苯不能作为内标。

(3) 在此条件下，各菊酯出现峰的个数为：联苯菊酯 1 个、三氟氯氰菊酯 2 个、氯菊酯 2 个、氯氰菊酯 4 个、氟胺氰菊酯 2 个、氰戊菊酯 2 个、溴氰菊酯 1 个。在色谱图中，这些峰没有出现交叉或重叠。

(4) 定量方法：采用内标法定量，四氯间二甲苯为内标。1, 2 - 二溴 - 3 - 氯丙烷的工作曲线范围为 10 μg/L ~ 500 μg/L，其他目标化合物的工作曲线范围为 500 μg/L ~ 2 500 μg/L，均含 5 种浓度

级。工作曲线相关系数在 0.993 ~ 1.00 之间。

(5) 水样质量浓度 0.5 μg/L 下菊酯类回收率为 60% ~ 70%, 其余有机氯类环境激素回收率为 82% ~ 114%。检出限 0.001 μg/L ~ 0.4 μg/L。

1.3 有机磷农药的测定方法

采用气相色谱 - 质谱仪测定甲基对硫磷和马拉硫磷等 2 类有机磷。其标准物质均购自国家标准物中心, 质量浓度均为 500 mg/L。水样的预处理按照 1.2 操作。

主要仪器为: Agilent 5973 N/6890 N 气相色谱 - 质谱联用仪。色谱条件为: HP - 5MS 色谱柱, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm, 汽化室温度 250 ; 升温程序: 50 保持 1 min, 25 /min 升至 100 保持 2 min, 再 20 /min 升至 210 ; 柱流量: 0.9 mL/min, 恒流模式; 不分流进样; 进样量 2 μL。质谱条件为: 离子源温度 230 ; 传输线温度 250 ; 离子源能量 70 eV; 溶剂延迟 5 min; 扫描方式 SM, 甲基对硫磷对应的特征离子为 109, 125 和 263, 马拉硫磷对应的特征离子为 173, 125 和 93。

配置成 250 μg/L 的混标进样检测, 其色谱峰见图 2。甲基对硫磷和, 马拉硫磷对应的出峰时间为 12.645 min 和 13.572 min。

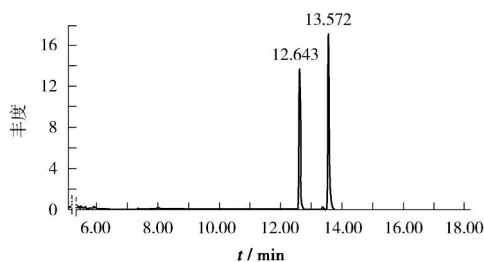


图 2 有机磷的总离子质谱峰

采用外标法定量, 工作曲线质量浓度范围为 250 μg/L ~ 2 000 μg/L, 5 个浓度级, 工作曲线相关系数平方分别为 0.997 和 0.991。甲基对硫磷和马拉硫磷的保留时间为 12.647 min 和 13.570 min, 检测下限分别为 0.05 μg/L 和 0.03 μg/L。水样 0.5 μg/L 质量浓度下回收率为 65% ~ 103%。

1.4 二硫代类农药测定方法

二硫代类农药主要指代森类和福美类等农药, 包括: 代森锰、福美双等。二硫代类农药的测定采用气相色谱 - 质谱联用仪, 测定二硫代农药酸解下

产生的 CS₂ 的量, 总残留以代森锌计。

水样用干净褐色玻璃瓶采集至满, 密封。水样送到实验室后, 立即准确量取 10 mL 水样于 20 mL 顶空瓶中, 加入配置好的氯化亚锡溶液^[9] 3 mL, 封盖后振荡混匀。

色谱条件: Agilent 5973N; 色谱柱 HP - 5MS, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm; 汽化室温度 100 ; 柱箱温度 40 保持 5 min; 柱流量 1.0 mL/min; 进样量 250 μL; 分流比 5 : 1。质谱条件: 离子源温度 230 ; 传输线温度 190 ; 溶剂延迟 2.2 min; 扫描方式 SM, 选择 76 为第一特征离子, 77 和 78 为第二特征离子。顶空条件: 德国 Gestel 自动顶空装置。平衡温度 70 ; 进样针温度 75 ; 平衡时间 30 min。

配置成 5 μg/L 的代森锌进样, 得到的 CS₂ 总离子质谱峰见图 3, CS₂ 出峰时间为 2.450 min。采用外标法定量, 工作曲线质量浓度范围为 5.0 μg/L ~ 50 μg/L, 5 个浓度级, 工作曲线 Y = 2 400X + 772, 相关系数平方为 0.999。

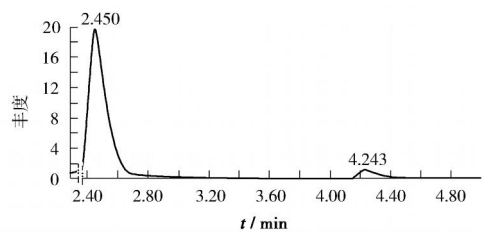


图 3 二硫化碳的总离子质谱峰

该方法对代森锌的检出限为 0.10 μg/L。在 20 μg/L 质量浓度下, 代森锌、代森锰、福美锌的回收率分别为 95% ~ 100%, 60% ~ 70%, 100% ~ 116%。

2 结果与分析

采用上述检测方法对深圳 10 条主要河流共 28 个监测断面的水样进行分析, 检出结果见表 1~3 (表中未列出的农药类环境激素均未检出)。

2.1 有机氯、有机磷和菊酯类农药

由表 1 可见, 测定的 24 类有机氯农药类环境激素中, 能检出的有 12 类。其中 - HCH (林丹) 检出率最高, 达 46.4%, 10 条河流中有 7 条河流的断面有检出; 其次为 - 氯丹, 检出率 39.3%; 硫丹的检出率为 25%。其他 9 种有机氯农药类的检

表 1 深圳市主要河流中有机氯农药类环境激素含量

| | | | | | | | | μg/L | |
|--------|-------|---------|-------|-------|--------|---------|------------|--------|-------|
| 序号 | 农药 | 检出地点 | 测定值 | 序号 | 农药 | 检出地点 | 测定值 | | |
| 1 | 氟乐灵 | 龙岗河吓陂 | 0.073 | 6 | 环氧七氯 | 新洲河红荔路西 | 0.089 | | |
| | | 龙岗河低山村 | 0.066 | | | 坪山河红花潭 | 0.091 | | |
| | | 龙岗河新西村 | 0.081 | | | 坪山河上洋 | 0.089 | | |
| | | 龙岗河葫芦围 | 0.079 | | | 观澜河企坪 | 0.090 | | |
| 2 | - HCH | 布吉河人民桥 | 0.025 | 7 | - 氯丹 | 布吉河草埔 | 0.032 | | |
| | | 深圳河河口 | 0.028 | | | 龙岗河吓陂 | 0.048 | | |
| 3 | 六氯苯 | 布吉河草埔 | 0.060 | 10 | 硫丹 | 龙岗河葫芦围 | 0.045 | | |
| | | 布吉河人民桥 | 0.061 | | | 龙岗河西坑 | 0.038 | | |
| | | 福田河河口 | 0.061 | | | 观澜河竹村 | 0.044 | | |
| | | 新洲河红荔路西 | 0.062 | | | 观澜河放马埔 | 0.049 | | |
| | | 茅洲河燕川 | 0.062 | | | 观澜河企坪 | 0.056 | | |
| | | 茅洲河光明农场 | 0.065 | | | 茅洲河光明农场 | 0.037 | | |
| 4 | - HCH | 布吉河草埔 | 0.065 | 8 | 反式九氯 | 茅洲河燕川 | 0.046 | | |
| | | 布吉河人民桥 | 0.067 | | | 茅洲河共和村 | 0.038 | | |
| | | 福田河河口 | 0.063 | | | 深圳河径肚 | 0.036 | | |
| 5 | - HCH | 新洲河红荔路西 | 0.060 | 9 | - 氯丹 | 布吉河人民桥 | 0.063 | | |
| | | 大沙河珠光桥 | 0.081 | | | 福田河河口 | 0.16 | | |
| | | 大沙河大冲桥 | 0.062 | 新洲河河口 | 0.32 | 11 | p, p'- DDE | 龙岗河新西村 | 0.055 |
| | | 龙岗河西坑 | 0.062 | | 龙岗河葫芦围 | | | 0.054 | |
| | | 观澜河放马埔 | 0.073 | 12 | 狄氏剂 | | | 福田河河口 | 0.11 |
| | | 观澜河企坪 | 0.075 | | | | | | |
| | | 茅洲河光明农场 | 0.070 | | | | | | |
| | | 茅洲河燕川 | 0.085 | | | | | | |
| | | 茅洲河共和村 | 0.21 | | | | | | |
| | | 西乡河水闸 | 0.11 | | | | | | |
| | | 深圳河径肚 | 0.056 | | | | | | |
| | | 深圳河罗湖桥 | 0.059 | | | | | | |
| 深圳河砖码头 | 0.10 | | | | | | | | |
| 6 | 环氧七氯 | 福田河田面村 | 0.090 | | | | | | |

表 2 深圳市主要河流中菊酯和有机磷农药环境激素含量

| | | | | μg/L |
|----|------|--------|-------|------|
| 序号 | 农药 | 检出地点 | 测定值 | |
| 13 | 联苯菊酯 | 坪山河碧岭 | 0.11 | |
| | | 坪山河红花潭 | 0.070 | |
| | | 龙岗河新西村 | 0.087 | |
| | | 龙岗河葫芦围 | 0.080 | |
| | | 茅洲河共和村 | 0.076 | |
| 14 | 马拉硫磷 | 坪山河红花潭 | 0.41 | |
| | | 坪山河上洋 | 0.050 | |

出率为 3.6% ~ 17.9%。

10 条河流中, 龙岗河、茅洲河、深圳河、布吉河等 4 条河流的有机氯农药污染相对严重。龙岗河以氟乐灵和 - 氯丹污染为主, 茅洲河以 - 氯丹和 - HCH 污染为主, 深圳河以 - HCH 和硫丹污染为主, 布吉河以六氯苯和 - HCH 污染为主。

表 3 深圳市主要河流二硫代农药残留量

| | | | | | | μg/L |
|----|---------|------|----|---------|------|------|
| 序号 | 采样断面 | 测定值 | 序号 | 采样断面 | 测定值 | |
| 1 | 布吉河草埔 | 0.37 | 15 | 龙岗河新西村 | 0.17 | |
| 2 | 布吉河人民桥 | 0.58 | 16 | 龙岗河葫芦围 | 0.82 | |
| 3 | 福田河田面村 | — | 17 | 龙岗河西坑 | 1.2 | |
| 4 | 福田河河口 | 0.54 | 18 | 观澜河竹村 | 0.40 | |
| 5 | 新洲河红荔路西 | 0.33 | 19 | 观澜河放马埔 | 0.21 | |
| 6 | 新洲河河口 | 0.82 | 20 | 观澜河企坪 | 0.90 | |
| 7 | 大沙河大学城 | — | 21 | 茅洲河光明农场 | 1.4 | |
| 8 | 大沙河珠光桥 | 0.02 | 22 | 茅洲河燕川 | 3.1 | |
| 9 | 大沙河大冲桥 | 0.42 | 23 | 茅洲河共和村 | 4.8 | |
| 10 | 坪山河碧岭 | 1.6 | 24 | 西乡河水闸 | — | |
| 11 | 坪山河红花潭 | 1.4 | 25 | 深圳河径肚 | 3.9 | |
| 12 | 坪山河上洋 | 1.4 | 26 | 深圳河罗湖桥 | 1.1 | |
| 13 | 龙岗河吓陂 | 0.49 | 27 | 深圳河砖码头 | 3.7 | |
| 14 | 龙岗河低山村 | 0.54 | 28 | 深圳河河口 | 2.2 | |

由表 2 可见, 测定的 7 类菊酯类农药中, 除联苯菊酯有检出外, 其余 6 类菊酯 (即三氟氯氰菊

酯、氯菊酯、氰菊酯、氟胺氰菊酯、氰戊菊酯、溴氰菊酯)均未检出。联苯菊酯的检出率为 17.9%;有机磷农药中,甲基对硫磷未检出;马拉硫磷检出率 7.1%。

HCH 的 4 种异构体中有 3 种(、)检出,而且 -HCH 的检出率最高,检出值也相对较高,这也与我国历史上曾大量使用 DDT 和 HCH,且 HCH 的用量远大于 DDT 的事实相符。

2.2 二硫代农药

由表 3 可见,28 个河流监测断面中,二硫代农药仅有 3 个断面未检出,检出率为 89.3%;10 条河流,除西乡河未检出外,其余 9 条河流均检出二硫代农药;含量相对较高的河流为茅洲河和深圳河。

国内外虽已规定并不断修改二硫代农药类环境激素在食品中的残留上限值(一般都是 mg/kg 级)^[10],但是均未规定地表水中的最高容许浓度。一般认为,在日常饮用水和文化生活用水中,代森锌的最高容许值为 $0.03 \mu\text{g/L}$ ^[11],可知目前深圳市地表水中的二硫代农药环境激素的浓度已经处于较高的水平。

和《地表水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)的限值相比,深圳市主要河流中的农药类环境激素浓度较低,均满足地表水标准。

3 结论

(1)深圳市主要河流均受到农药类环境激素的污染,共有 15 种农药类环境激素被检出,质量浓度值为未检出 $\sim 4.8 \mu\text{g/L}$ 。

(2)深圳市主要河流中有 12 种有机氯农药被检出,检出率最高的有机氯农药为林丹、-氯丹和硫丹,其检出率分别为 46.4%、39.3% 和 25%;菊酯类农药中仅联苯菊酯有检出,检出率 17.9%,质量浓度值为 $0.070 \mu\text{g/L} \sim 0.11 \mu\text{g/L}$;

有机磷农药中,甲基对硫磷未检出;马拉硫磷检出率 7.1%,质量浓度值为 $0.05 \mu\text{g/L} \sim 0.41 \mu\text{g/L}$;二硫代农药残留检出率为 89.3%,按代森锌计,残留量范围为未检出 $\sim 4.8 \mu\text{g/L}$ 。

(3)深圳市河流中优先控制的农药类环境激素建议为:HCH、-氯丹、硫丹、环氧七氯、六氯苯、氟乐灵、联苯菊酯、二硫代农药。

[参考文献]

- [1] 汪丰云. 环境激素化学 [J]. 化学世界, 2000 (5): 279 - 280.
- [2] 陈正夫,朱坚,周亚康. 环境激素的分析与评价 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 10 - 15.
- [3] 薛南冬,徐晓白,刘秀芬. 北京官厅水库中农药类内分泌干扰物分布和来源 [J]. 环境科学, 2006, 27 (10): 2081 - 2086.
- [4] 王杉霖,张剑波. 中国环境内分泌干扰物的污染现状分析 [J]. 环境污染与防治, 2005, 27 (3): 228 - 231.
- [5] 程晨,陈振楼,毕春娟,等. 中国地表饮用水水源地有机类内分泌干扰物污染现状分析 [J]. 环境污染与防治, 2007, 29 (6): 446 - 454.
- [6] 周颖,陆荣南. 南通鳊鱼及其养殖水体中有机氯农药调查 [J]. 环境监测管理与技术, 1996, 8 (3): 25 - 26.
- [7] 邹超,齐永安,庞玉娟,等. 固相微萃取 - 气相色谱法测定水中痕量有机氯农药 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19 (5): 26 - 29.
- [8] 薛南冬,王洪波,徐晓白. 水环境农药类内分泌干扰物的研究进展 [J]. 科学通报, 2005, 50 (22): 2441 - 2449.
- [9] 陈鹭平,邹伟,吴敏. 气相色谱法测定茶叶中二硫代氨基甲酸酯总残留量 [J]. 检验检疫科学, 2004, 14 (增刊): 22 - 25.
- [10] CALDAS E D, MIRANDA M C C. Dithiocarbamates residues in Brazilian food and the potential risk for consumers [J]. Food and Chemical Toxicology, 2004 (42): 1877 - 1883.
- [11] 苏联医学科学院. 代森锌的残留、代谢和毒性 [J]. 农药译从, 1984, 6 (1): 51 - 52.

本栏目责任编辑 李文峻

· 简讯 ·

云南推行一湖一条例

云南省 9 大高原湖泊 (滇池、抚仙湖、洱海、阳宗海、异龙湖、杞麓湖、星云湖、泸沽湖、程海) 水污染综合防治工作一直是云南环保工作的重中之重, 9 大高原湖泊水环境的好坏也是云南生态环境的重要标志。

云南省人大在原“一湖一条例”的基础上, 先后修订颁布了抚仙湖、星云湖、杞麓湖、程海保护条例, 目前滇池保护条例也正在制订中。这些条例为九湖治理提供了符合实际、切实可行的法律保障。

云南进行 9 湖治理时, 始终贯彻一湖一策的治理原则, 从源头上控制污染。对基本达到湖泊功能要求的湖泊如泸沽湖、抚仙湖、阳宗海、程海等 4 湖加强保护, 重点控制新的污染源, 控制农业和农村面源污染; 对滇池、洱海、杞麓湖、星云湖、异龙湖等 5 湖, 进行以总量控制为基础的污染源控制, 深化点源治理, 加强科研和湖泊监督管理能力建设。

摘自 www.jshb.gov.cn 2009 - 11 - 30