

有机农药六六六对胶州湾海域水质的影响^{*}

——水域迁移过程

杨东方^{1,2,4}, 苗振清¹, 徐焕志¹, 丁咨汝³, 胡海燕¹

(1. 浙江海洋学院海洋科技学院 舟山 316000; 2. 浙江海洋学院生物地球化学研究所 舟山 316000;
3. 中国海监第四支队 宁波 315000; 4. 国家海洋局北海环境监测中心 青岛 266033)

摘 要: 根据 1979—1984 年 (缺少 1980 年) 的胶州湾水域调查资料, 分析了胶州湾水域有机农药六六六 (HCH) 的垂直分布, 提出了六六六的水域迁移过程, 研究结果表明, 此过程出现 3 个阶段: 从污染源把六六六输出到胶州湾水域、把六六六输入到胶州湾水域的表层、六六六从表层沉降到底层。在胶州湾, 六六六的垂直分布按照时空分布来划分区域。在时间尺度上, 一年中的春季、夏季和秋季; 在空间尺度上, 把胶州湾水域分为 3 部分水域: 湾内、湾口和湾外。通过不同的时空区域六六六的垂直分布, 进一步提出了六六六的水域迁移机制, 阐明了六六六垂直分布的规律及原因。

关 键 词: 六六六; 垂直分布; 水域迁移过程; 水域迁移机制; 胶州湾

六六六 (HCH) 是防治害虫的有效农药, 而且经历了大量的持续使用。在 20 世纪 60—70 年代, 六六六和滴滴涕的产量占我国杀虫剂产量的 60%~70%。我国土壤大面积施用六六六等农药长达 20 多年, 长期大量的使用, 农田土壤也积累了大量的六六六残留物, 沉积于土壤和地表中的农药残留物经过雨水的冲刷汇入江河, 对水体环境造成极大的污染^[1-16]。研究水体中六六六的垂直分布, 了解六六六对水体环境的污染有着非常重要的意义。

根据 1979—1984 年 (缺少 1980 年) 的胶州湾水域调查资料, 研究有机农药六六六在胶州湾水域的存在状况^[8-16]。在 1979—1984 年 (缺少 1980 年) 期间, 在胶州湾水体中六六六的含量逐年都在减少^[14]; 胶州湾水域六六六的污染源发生了很大变化, 变化分为 3 种类型: 重度污染源、轻度污染源以及没有污染源^[15]; 通过胶州湾沿岸水域的六六六含量变化, 展示了六六六的陆地迁移过程: 六六六含量变化由胶州湾

附近盆地的雨量大小所决定^[16]。本研究根据 1979—1984 年 (缺少 1980 年) 胶州湾的调查资料, 研究六六六在胶州湾海域的垂直分布, 为治理六六六污染的环境提供理论依据。

1 调查水域、材料与方法

1.1 胶州湾自然环境

胶州湾是一个半封闭的深入内陆的天然海湾, 位于黄海中部、山东半岛南部, 35°55'N—36°18'N, 120°04'E—120°23'E, 面积为 446 km², 平均水深为 7 m, 最大水深为 50 m, 是一个半封闭型海湾, 周围为青岛、胶州、胶南等市、县区所环抱。胶州湾入海的河流有 10 余条: 其中径流量和含沙量较大的为大沽河和洋河。

1.2 数据来源与方法

本研究分析时所用六六六调查数据由国家海洋局北海环境监测中心提供。胶州湾水体六六六的调查^[8-12]是按照国际标准方法, 这个方

^{*} 基金项目: 国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室基金资助——溢油鉴定技术评估 (07EMC08); 中国科学院知识创新工程重要方向项目——长江口及其附近海域的营养盐的变化过程 (KZCX 2-207); 国家海洋局北海监测中心主任科研基金资助——长江口、胶州湾、莱州湾及其附近海域的生态变化过程 (05EMC16)。

法与古堂秀等^[7]是一致的。

在1979年5月、8月、11月;1981年4月和8月;1982年4月、6月、7月和10月;1983年5月、9月和10月;1984年7月、8月和10月,进行胶州湾水体六六六的调查^[8-12]。以每年4月、5月、6月代表春季;7月、8月、9月代表夏季;10月、11月、12月代表秋季。

2 结果

2.1 1979年垂直分布

在胶州湾,湾内西南水域的站位为H36,湾口水域的站位为H35,湾外水域的站位为H34。

在春季,湾内西南水域的站位H36:六六六的表层值小于底层,在夏季和秋季,六六六的表层值大于底层。湾口水域的站位H35:六六六的表层值在1年中小于底层。湾外水域的站位H34:六六六的表层值在1年中大于底层。

2.2 1981年垂直分布

在春季,A1,A2,A3,A5,A8,B5站在湾外、湾口、湾中心和湾西北部,远离海泊河、李村河和娄山河的入海口近岸水域。在这些站位,六六六的表层值在春季大于底层。A6,A7,D5站靠近海泊河的入海口水域,六六六的表层值小于底层。

在夏季,A1,A2,A3,A7,A8站在湾外、湾中心,远离海泊河、李村河和娄山河的入海口近岸水域,六六六的表层值在夏季小于底层。A5站在湾口,B5站在湾西北部,A6站靠近海泊河的入海口水域,在这些站位,六六六的表层值大于底层。

2.3 1982年垂直分布

在胶州湾,西南水域的站位为084、122。湾口水域的站位为083、123,湾内东部水域的站位为H37。

在春季,084、122站在湾内的西南水域,六六六的表层值在春季小于底层。083站在湾口水域,六六六的表层值大于底层。

在夏季,H37站在湾内的东部水域,六六六的表层值在夏季等于底层。084、122站在湾内的西南水域,123站在湾口水域,六六六的表

层值在夏季大于底层。083站在湾口水域,六六六的表层值小于底层。

在秋季,084、122站在湾内的西南水域,083站在湾口水域,六六六的表层值在秋季大于底层。123站在湾口水域,六六六的表层值小于底层。

2.4 1983年垂直分布

在胶州湾,湾内西南水域的站位为H36、H37,湾口水域的站位为H35,湾外水域的站位为H34、H82。

在春季,湾内水域的站位为H36、H37,湾外北部近岸水域的站位为H34,HCH的表层值在春季小于底层。湾口水域的站位为H35,湾外南部近岸水域的站位为H82,HCH的表层值大于底层。

在夏季,湾内水域的站位为H36、H37,湾外水域的站位为H34、H82,HCH的表层值在夏季大于底层。湾口水域的站位为H35,HCH的表层值小于底层。

在秋季,湾内水域站位为H36,湾口水域站位为H35,湾外北部近岸水域的站位为H34,六六六的表层值在秋季大于底层。湾内水域的站位为H37,湾外南部近岸水域的站位为H82,六六六的表层值小于底层。

2.5 1984年垂直分布

在胶州湾,湾内水域站位为2033,湾口水域站位为2032,湾外水域站位为2031。

在夏季,湾内水域的站位为2033,湾外水域的站位为2031,六六六的表层值在夏季大于底层。湾口水域的站位为2032,六六六的表层值小于底层。

在秋季,湾外水域的站位为2031,六六六的表层值在秋季大于底层。湾口水域的站位为2032,六六六的表层值小于底层。

3 讨论

3.1 污染源

在1979—1984年(缺1980年)期间,发现在1983年我国对六六六的禁用前后,六六六的污染源有很大变化。在禁用前,六六六的污染源的输入方式为河流;在禁用后,输入方式为

地表径流^[15]。时间尺度上,在整个胶州湾水域,从春季到夏季,六六六含量是增加的;从夏季到秋季,是减少的。在空间尺度上,向近岸水域输入六六六的含量是随着河流或地表径流的大小而变化,也就是随着雨量的大小而变化^[16]。因此,在胶州湾水域,六六六的含量,通过海泊河、李村河和娄山河均从湾的东北部入海,和通过地表径流直接输入湾的北部近岸水域。

3.2 水域迁移过程

在胶州湾水域,六六六的含量随着季节的变化进行迁移。

在禁用前,六六六污染源的输入方式为河流,在春季,才开始春耕,没有大量的六六六等杀虫剂的施用,输入胶州湾表层水域六六六的含量与夏季相比,相对较低。在河流入海口近岸水域,前一年六六六含量的沉降累积比较高,沉积的胶州湾底层水域六六六的含量与表层相比,相对较高。这样,在河流入海口的近岸水域,六六六的表层值小于底层。在禁用后,六六六污染源的输入方式为地表径流,六六六的含量非常低。这样,在地表径流入海口的近岸水域,六六六的表层值小于底层。

在湾口和湾外的水域,由于没有大量的六六六输入胶州湾表层水域,六六六含量的沉降累积比较低,沉积在胶州湾底层水域六六六的含量与表层相比,相对较低。于是,在这样的水域,六六六的表层值大于底层。

1979年春季,在湾内的西南水域,六六六的表层值在春季小于底层。在湾外水域,六六六的表层值大于底层。

在1981年的春季,靠近海泊河的入海口水域,六六六的表层值在春季小于底层。在湾外、湾口、湾中心和湾西北部,六六六的表层值大于底层。

1982年春季,在湾内的西南水域,六六六的表层值在春季小于底层。在湾口水域,六六六的表层值大于底层。

1983年春季,靠近湾口的湾内水域,湾外北部近岸水域,六六六的表层值在春季小于底层。在湾口水域,在湾外南部近岸水域,六六六的表层值大于底层。

在夏季,各种农作物进入生长的旺盛期,农业害虫开始增多,六六六等杀虫剂的施用大量增加。同时,降雨量显著增加,沉积于土壤和地表中的农药残留物经过雨水的冲刷汇入江河。这样,禁用前后,从春季到夏季,输入胶州湾水域六六六的含量都在增加^[16]。于是,在夏季,在河流入海口的近岸水域及附近的湾内水域,六六六的表层值大于底层。

由于在夏季,输入胶州湾水域六六六的含量与春季相比,相对较高。六六六含量的沉降累积比较高的地点远离河流入海口的近岸水域。这样,在远离河流入海口的近岸水域,六六六的表层值小于底层。

在湾口水域以及湾外的水域,由于夏季输入胶州湾水域六六六的含量比较高,有时大量六六六迁移到湾口及湾外的水域,六六六含量的沉降累积比较高,造成六六六的表层值小于底层;有时只有少量六六六迁移到湾口及湾外的水域,六六六含量的沉降累积比较低,造成六六六的表层值小于底层。

1979年夏季,在湾内的西南水域,六六六的表层值大于底层。在湾口水域,六六六的表层值小于底层。在湾外水域,六六六的表层值大于底层。

1981年夏季,靠近海泊河的入海口水域,六六六的表层值大于底层。在湾口、湾中心和湾西北部,六六六的表层值小于底层。在湾外,六六六的表层值也小于底层。

1982年夏季,在湾内东部水域,六六六表层值与底层相同。在湾内的西南水域,六六六表层值大于底层。在湾口部分水域,六六六表层值大于底层,在湾口另一部分水域,六六六表层值小于底层。

在1983年和1984年夏季,靠近湾口的湾内水域,六六六的表层值大于底层。在湾口水域,六六六的表层值小于底层。而在湾外水域,六六六的表层值大于底层。

在秋季,农民不施用农药驱赶农业害虫,同时,降雨量也减少,输入胶州湾水域六六六的含量与春季相比,相对较低,与夏季相比,相对更低^[16]。因此,输入胶州湾水域六六六的含量大大降低。六六六在底层脱离水体,进入

水底的沉积物中, 就会导致六六六在底层的值降低。这样, 就会出现部分水域, 六六六表层值在秋季大于底层; 部分水域六六六表层值在秋季小于底层。

1979 年秋季, 在湾内的西南水域, 六六六的表层值大于底层。在湾口水域, 六六六的表层值小于底层。在湾外水域, 六六六的表层值大于底层。

1982 年秋季, 在湾内的西南水域, 六六六的表层值大于底层。在湾口部分水域, 六六六的表层值大于底层, 在湾口另一部分水域, 六六六的表层值小于底层。

1983 年秋季, 在靠近湾口的湾内部分水域, 六六六的表层值大于底层, 在近湾口的湾内另一部分水域, 六六六的表层值小于底层。同样, 在湾外部分水域, 六六六的表层值大于底层, 在湾外另一部分水域, 六六六的表层值小于底层。在湾口水域, 六六六的表层值大于底层。

1984 年秋季, 在湾口水域, 六六六的表层值在秋季小于底层。而在湾外水域, 六六六的表层值大于底层。

在 1979—1984 年 (缺 1980 年) 期间, 在胶州湾水体中六六六含量的垂直分布, 是由水域迁移过程所决定, 六六六的水域迁移过程出现 3 个阶段: 从污染源把六六六输出到胶州湾水域、把六六六输入到胶州湾水域的表层、六六六从表层沉降到底层。这可用模型框图来表示 (图 1)。六六六的水域迁移过程通过模型框图来确定, 就能分析知道六六六经过的路径和留下的轨迹。对此, 模型框图展示了: 六六六含量的变化来决定在水域迁移的过程。



图 1 六六六的水域迁移过程模型框图

3.3 水域迁移机制

根据六六六的表层和底层垂直分布, 将整个水域分为 X、Y、Z 三部分, 分别称为 X 水域、Y 水域和 Z 水域。X 水域为输入六六六的河流和地表径流入海口近岸水域, Y 水域为远离 X 近岸水域的水域, 而且 Y 水域包

括了沉降到底层的大量六六六。Z 水域为更远离 X 近岸水域的水域, 在 Z 水域的表层几乎没有大量的六六六, 也没有沉降到底层的大量六六六。

在春季, 输入胶州湾水域六六六的含量与夏季相比, 相对较低。于是, 在 X 水域六六六表层值小于底层, 在 Y 水域 HCH 表层值大于底层, 在 Z 水域 HCH 表层值大于底层 (图 2)。

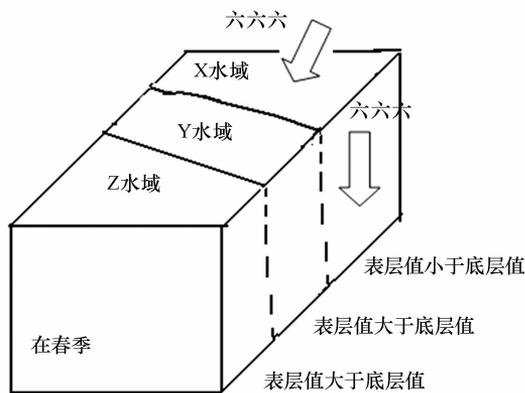


图 2 六六六在春季的水域迁移机制

在夏季, 输入胶州湾水域六六六的含量与春季相比, 相对较高。于是, 在 X 水域六六六的表层值大于底层, 在 Y 水域 HCH 的表层值小于底层, 在 Z 水域六六六的表层值大于底层 (图 3)。这表明六六六入海后沉降较快。

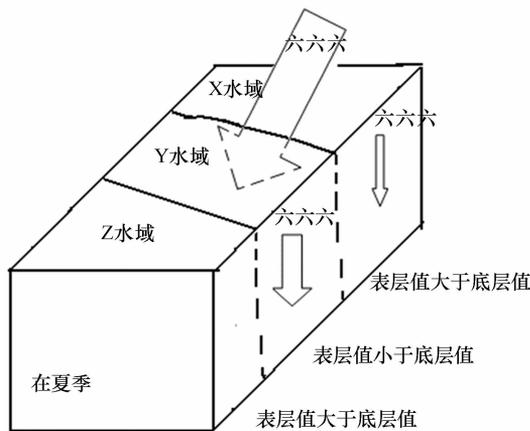


图 3 六六六在夏季的水域迁移机制

在秋季, 输入胶州湾水域六六六的含量与春季相比, 相对较低; 与夏季相比, 相对更低。而且六六六在底层脱离水体, 进入水底的沉积物中, 因此就会导致六六六在底层的值降低。

于是,在X水域、Y水域和Z水域中,部分水域六六六的表层值大于底层,部分水域六六六的表层值小于底层(图4)。

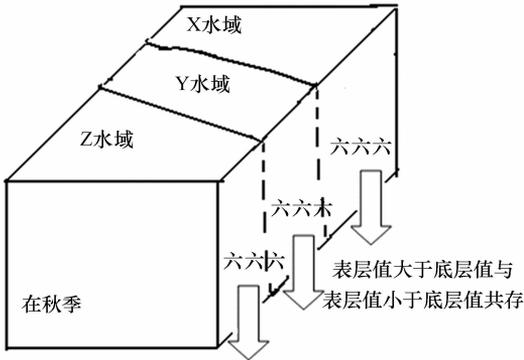


图4 六六六在秋季的水域迁移机制

4 结论

在1979—1984年(缺1980年)期间,在胶州湾水体中六六六含量的垂直分布变化,是由水域迁移过程所决定。六六六的水域迁移过程出现3个阶段:从污染源把六六六输出到胶州湾水域、把六六六输入到胶州湾水域的表层、六六六从表层沉降到底层。

1979—1984年(缺1980年)期间,六六六的水域迁移过程表明:春季,在河流入海口的近岸水域及附近的湾内水域,六六六的表层值小于底层;在湾口和湾外的水域,六六六的表层值大于底层。夏季,在河流入海口的近岸水域及附近的湾内水域,六六六的表层值大于底层;在湾口水域,六六六的表层值小于底层;在湾外水域,六六六的表层值大于底层。秋季,在河流入海口的近岸水域及附近的湾内水域,在湾口和湾外水域,六六六的表层值大于底层和小于底层都有。

因此,通过胶州湾水域六六六的垂直分布,证明了六六六的水域迁移过程。六六六的水域迁移机制也得到了证实。

参考文献

[1] 华小梅,单正军. 我国农药的生产,使用状况及其污染环境因子分析[J]. 环境科学进展,1996,4(2): 33—45.

[2] COLBORN T, SMOLEN M G, ROLLAND R.

Environmental neurotoxic effects: The search for new protocols in functional teratology[J]. Toxicol and Health, 1998, 14(1/2):9—13.

- [3] 赵玲,马永军,董爱平. 宁波农业生态环境污染现状研究[J]. 农业环境与发展,2002(4):15—17.
- [4] 杨科璧,王建中,张平,等. 六六六在自然界中的环境行为及其危害消除研究现状[J]. 河南农业科学,2006(10):67—70.
- [5] 张玉廷,肖彦春,刘艳. 辽东湾鲑鱼圈水域螺类水产品中六六六农药污染调查[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2006,8(4):10—12.
- [6] SAVINOV V M, SAVINOVA T N, MATLSHOV G G, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorines (OCs) in bottom sediments of the Guba Pechenga, Barents Sea, Russia [J]. Sci Total Environ,2003,306(1): 39—56.
- [7] 古堂秀,徐贤义,张添佛. 渤海湾的有机氯农药和多氯联苯[J]. 海洋科学集刊,1988,29(1):77—85.
- [8] 杨东方,高振会,曹海荣,等. 胶州湾水域有机农药六六六分布及迁移[J]. 海岸工程,2008,27(2): 65—71.
- [9] 杨东方,高振会,孙培艳,等. 胶州湾水域有机农药六六六春、夏季的含量及分布[J]. 海岸工程,2009, 28(2): 69—77.
- [10] 杨东方,高振会,黄宏,等. 胶州湾水域有机农药六六六污染源及分布[J]. 海岸工程,2009,28(4): 69—79.
- [11] 杨东方,石强,郭军辉,等. 胶州湾水域有机农药六六六分布及稀释过程[J]. 海岸工程,2010,29 (1): 59—66.
- [12] 杨东方,郭军辉,丁咨汝,等. 胶州湾水域有机农药六六六分布及残留量[J]. 海岸工程,2010,29 (2): 72—76.
- [13] 杨东方,丁咨汝,郑琳,等. 胶州湾水域有机农药六六六的分布及均匀性[J]. 海岸工程,2011,30(2): 66—74.
- [14] 杨东方,陈豫,吴绍渊,等. 有机农药六六六对胶州湾海域水质的影响Ⅰ. 含量的年份变化[J]. 海洋科学,2010,34(12):52—56.
- [15] 杨东方,苗振清,丁咨汝,等. 有机农药六六六对胶州湾海域水质的影响Ⅱ. 污染源变化过程[J]. 海洋科学,2011,35(5): 112—116.
- [16] 杨东方,丁咨汝,石强,等. 有机农药六六六对胶州湾海域水质的影响:陆地迁移过程[J]. 地球科学前沿,2012,2(1): 31—36.