

# 我国河口湿地生态系统 持久性有机污染物 生态效应研究进展

胡国成 戴家银 许木启 中国科学院动物生态与保护生物学重点实验室 100080

进入21世纪以来,随着工农业迅速发展,城市化规模不断扩大,直接或间接产生污染物的数量和种类逐年增加,污染物对生态环境的胁迫和毒害作用越来越明显。我国海岸线绵长,海淡水资源丰富。众多河口分布在东南海岸。河口湿地生态系统是江河和海洋的交汇点,是注入河

流中的污染物的归宿地之一。河口区独特的生态系统对持久性有机污染物(Persistent Organic Pollutants, 下简称 POPs)的响应非常敏感。

POPs具有持久性,长期残留性,生物蓄积性,高毒性等特征,能够在大气环境中长距离迁移并能沉降回到地

着一些碎屑将水螅体遮盖起来,所以极难被人们发现。在恶劣环境条件下,水螅体会自行收缩,并分泌一层较坚硬的保护膜将水螅体包裹起来,成为休眠体。休眠体可以通过水生植物和动物(如鸟足)或人为无意携带及水流、大风等因素,传播到各处。当遇到适合的环境条件,休眠体又可发育为水螅体。

### 三、桃花水母的形态结构

桃花水母在水中是半透明乳白色,伞体部分为扁半球型。伞体中部向腹面伸出一略长于伞体半径的垂管,垂管端部中央为口,口的周边具4片散开的唇,由口径垂管直通呈方形的胃腔。胃腔与自伞部向四方辐射的4条辐管相通,并与伞体周缘的一条环管通连。

伞体边缘具很多粗细长短不一的触手,触手数量多达298条~736条(以宁波所采标本为例)。根据触手着生部位和长短不一可分为6级~7级。伞体腹面沿环管周缘向中部延伸形成一圈环形缘膜。管状的平衡囊,着生在缘膜上触手的基部,数量可达107个~191个。刺丝囊呈环状排列集中生长在刺丝疣上,

呈乳突状或半球形。囊袋状生殖腺4个,着生于辐管上,活体时生殖腺呈绿或黄褐色。桃花水母的螅状体极小,一般长度只有0.1mm~0.5mm,行附着生活,可以进行无性繁殖而形成多个水母体。由于螅状体个体小,采样难,尚未见螅状体形态结构的描述资料。

### 四、保护万绿湖桃花水母资源,进行科学研究与开发利用的建议

桃花水母是地球上最低等、最原始的无脊椎动物。其基因组较小,分析基因比较容易,是研究物种进化的较佳生命个体,在教学上也是较好的实验材料。桃花水母独有的基因,对现代基因工程的研究具有重要的实用意义。研究桃花水母对于探索生命的发展史、动物胚胎演化史等都有着重要的学术意义和科学价值。

桃花水母体在水中看去晶莹透明,舞姿轻盈美丽,体态状如桃花又似朵朵洁白的微型降落伞,忽上忽下、若隐若现,给人以韵致无限的观感,再加它的古生物学价值极易引发人们的猎奇心态,所以桃花水母的旅游观赏

价值极大。

基于桃花水母具有以上重要的科学研究和观赏价值,特建议如下:

1.尽快建立国内最具生态优势条件的河源市“万绿湖桃花水母自然保护区”,该项目应有中科院或高等院校有条件的相关单位参与,可以争取申请国家自然科学基金的扶持。

2.尽快建立“万绿湖桃花水母养殖示范基地”进行人工繁殖工作,从而开展有关桃花水母生殖细胞发育过程的研究;受精机理研究;世代交替的机制及影响因子的研究工作。

3.在高等院校或科研单位的主持下,从分子生物学水平上进行定种工作。

4.通过对桃花水母生态学的研究,系统掌握桃花水母出现与生存所需的最佳生态条件,完成其生活史的系统研究工作。更好地保护我国桃花水母资源,保护桃花水母的生态环境,为国家提供系统、有力的科学依据。

5.筹建“万绿湖桃花水母博物馆”,从而提高当地旅游品位,进一步开发万绿湖的旅游资源。

面,对人类健康具有严重危害。2001年有12种POPs作为优先控制的有机污染物列入《斯德哥尔摩公约》。近年来,国际上十分关注POPs的研究,关于POPs在河流、湖泊及近海岸河口生态系统中分布、迁移、积累及其放大规律的研究已有一些报道,并对一些POPs的来源作了深入调查和分析。

### 一、河口湿地生态系统特点及POPs来源

河口区域是陆地与海洋的交接地带,具有多种环境功能和生态价值,同时又是环境脆弱带和敏感带,极易受人为活动的影响和破坏。复杂的环境因子的变化,使得河口生态系统明显不同于海域和内陆河流。独特的环境条件,导致河口生态系统具有丰富的生物资源,完整的营养级结构。我国东南沿海大部分河口及其周围地区人口密集,人类活动频繁,工农业发展迅速,城市化程度较高。工业废水、废渣、废气排放,农业生产区农药的使用,海上油田及渔船泄漏事故的发生,船舶工业防腐剂、防腐漆的应用;港口、码头产生的垃圾等直接或间接进入河口生态系统,这一系列污染源对河口生态安全构成威胁。

### 二、河口生态系统中POPs的分布、迁移

#### 1. POPs在河口水体中的分布

我国河口主要分布在东部沿海,包括大连湾、锦州湾、渤海湾、胶州湾、长江口、黄河口、珠江口等。研究表明,我国主要河口生态系统都不同程度的遭到POPs的污染。有机氯农药属于持久性有机污染物,虽然我国于1983年禁止生产和使用六六六(BHC)和滴滴涕(DDT),但是由于BHC和DDT残留周期长,在一些河口水体中仍然存在。关于有机氯农药在水体中分布、迁移的研究较多,而且仍是研究新热点之一。

长江是我国第一大河流,长江河口区域水污染问题,目前主要存在于近岸水体,主要原因是干流沿岸城市 and 上海市工业废水、生活污水未经处理或处理未达标就排入水体。同时受水土流失和农业污染源的作用,河口近岸水域的水质和水生生态环境受到一定程度的影响。长江口有机污染物共有9类234种,其中49种属于美国列出的129种优先控制污染物,24种属于我国列出的58种优先控制污染物。黄河河口区域污染源也主要来自干流沿岸和近岸城市的工业废水、生活污水、水土流失、农药使用等。监测结果显示黄河河口区水体有机污染物共有192种,其中,挥发性有机污染物33种,半挥发性有机污染物159种,有62种属于美国列出的192种优先控制的污染物,33种属于我国列出的58种优先控制的污染物。黄河河口区多环芳烃(PAHs)为 $0.458 \mu\text{g/L}$ ,超出《地表水环境质量标准》2倍多;农药类污染物为 $0.045 \mu\text{g/L}$ ,稍微超出《地表水环境质量标准》。

珠江三角洲地区是我国另一个重要工业区,经济的飞速发展,土地的大规模开发利用等因素使得珠江三角洲主要河流、河口及南海北部海域成为POPs污染的高风险区。珠江干流河口区水体中有机氯农药的含量为 $9.7\text{ng/L} \sim 122.5\text{ng/L}$ ,其中HCHs和DDTs的含量分别为 $5.8\text{ng/L} \sim 99.7\text{ng/L}$ ,

$0.52\text{ng/L} \sim 9.53\text{ng/L}$ ,季节变动趋势显示枯水期的含量明显低于丰水期。张祖麟等(2001)检测了九龙江口表层水和间隙水中有机氯农药的分布情况,测定结果表明:表层水中有机氯含量范围为 $51.3\text{ng/L} \sim 2479\text{ng/L}$ ,间隙水中的含量范围是 $266\text{ng/L} \sim 3335\text{ng/L}$ ,间隙水中有机氯农药比表层水中的浓度高,说明其倾向于吸附在沉积物颗粒上,其浓度差使有机污染物可能通过再悬浮等过程从底层向上层迁移。

随着环渤海地区经济的快速发展,环渤海地区污染日益严重。关于有机氯农药、多氯联苯、多环芳烃等有机污染物在渤海湾及河口处分布已有一些报道。渤海湾近岸河口区水体中HCHs、DDTs和PCBs含量分别为 $224.7\text{ng/L}$ 、 $2.6\text{ng/L}$ 、 $5.0\text{ng/L}$ ;位于蓟运河和永定新河汇合处河口区水体中HCHs和DDTs、PAHs含量分别为 $305.7\text{ng/L}$ 、 $3.4\text{ng/L}$ 、 $220\text{ng/L}$ ,远岸河口区水体HCHs、DDTs、PCBs和PAHs含量较低。这些研究数据表明渤海湾入海口海区POPs的含量受海河、蓟运河、大沽河等河水携带的陆源污染物所控制。

大连湾、辽东湾是我国海产品养殖基地之一,有关养殖区域有机氯污染调查情况显示,两个海湾表层海水有机氯浓度分别为 $4.52\text{ng/L}$ 、 $41.94\text{ng/L}$ ,均超出我国渔业水质标准。谭培功等(2006)进行了莱州湾海域水体中有机氯农药和PCBs的浓度水平和分布特征的研究,结果显示,莱州湾海域表层水体中有机氯农药浓度范围为 $\text{ND} \sim 32.7\text{ng/L}$ ,底层水中的浓度范围为 $\text{ND} \sim 11.7\text{ng/L}$ ;PCBs在底层水样中度范围为 $4.5\text{ng/L} \sim 27.7\text{ng/L}$ 。该海域有机氯农药和多氯联苯的分布特征是近岸高,离岸低,由近岸向湾外延伸方向依次减少。综合我国主要河口和海湾环境污染的主要研究成果,从POPs在水体中的分布特征可以看出,内陆河流的径流输入是持久性有机污染物的主要来源,河口和海湾持续性有机污染物的浓度,一定程度上受海水混合、稀释和扩散过程所控制。

#### 2. POPs在河口沉积物中的分布

水体中的沉积物是POPs的存贮库。通过内河入海的大部分污染物将直接分布到海水中,而大约1/3的污染物被底泥吸收,通过生物分解过程,被生物体吸收转化,通过食物链积累并放大。杨毅等(2002, 2003)研究了长江口潮滩表层沉积物中有机污染物的分布,结果显示含氯有机物总量在 $1.16\text{ng/g} \sim 55.0\text{ng/g}$ 之间,平均值为 $11.2\text{ng/g}$ ,多氯联苯(PCBs)总含量为 $0.19\text{ng/g} \sim 18.95\text{ng/g}$ ,均值为 $2.70\text{ng/g}$ ,有机氯污染物和PCBs的分布特征相似,离排污口近的取样点污染物含量高,离排污口较远的采样点污染物含量较低;刘敏等(2001)研究了长江口潮滩表层沉积物中的多环芳烃(PAHs)的分布特征,结果显示PAHs在沉积物中的分布为 $263\text{ng/g} \sim 6372\text{ng/g}$ ,平均值为 $1662\text{ng/g}$ 。沉积物中的PAHs可能来源于石油污染物的输入。麦碧娴等(2000)研究珠江三角洲河流和珠江口表层沉积物中PAHs和有机氯农药的分布特征,发现珠江广州河段及澳门内港的PAHs和有机氯农药含量最高;陈伟琪等(2004)报道了珠江口表层沉积物和悬浮颗粒物中有机污染物的含量及其分布,结

果发现悬浮颗粒物中的HCHs、DDTs和PCBs的含量随取样位置和季节的不同而异,且悬浮颗粒物中的有机物含量比沉积物中的更高。

海河干流和大沽排污河沉积物中有机氯农药的残留分析表明HCHs和DDT污染相当严重。海河沉积物中HCHs和DDT残留范围分别为3.3ng/g~76.0ng/g、1.57ng/g~221.6ng/g,大沽排污河沉积物中HCHs和DDT的残留范围分别为2.3ng/g~124.6ng/g、11.3ng/g~237.3ng/g,与国内部分河流表层沉积物中HCHs、DDT的含量相比,海河和大沽排污河沉积物中有机氯农药含量较高,沉积物中大部分HCHs、DDT残留可能主要来自农田土壤残留。

到目前为止,我国尚未颁布海洋表层沉积物的POPs污染评价标准。美国国家海洋大气管理局(NOAA)制定了河口沉积物污染物风险评价标准,即低效应范围(Effects Range-Low, ER-L)和中效应范围(Effects Range-Median, ER-M)。当POPs含量低于ER-L值时,则对生物体不会发生负面影响;当高于ER-M值时,则对生物体可能产生毒性影响;当介于两者之间,则可能发生负面影响(见表1)。

表1 美国国家海洋大气管理局(NOAA)

泥沙质量准则(ng/g干重)			
项目	PCBs	PAHs	DDTs
ER-L	22.7	4022	1.58
ER-M	180	44792	46.1

对于我国东南沿海的主要河口而言,长江口、黄河口、珠江口、海河河口、胶州湾沉积物中PCBs含量低于ER-L,不会对生物体产生负面影响;长江口、海河河口及胶州湾沉积物中PAHs含量也低于ER-L,说明这些河口环境中的PAHs也不会对生物体产生负面影响,珠江口沉积物中PAHs含量介于ER-L和ER-M,可能会产生负面影响;长江口沉积物中DDTs含量明显低于ER-L,不会对生物体产生负面影响,而珠江口和海河河口沉积物中DDTs的含量也介于ER-L和ER-M之间,很可能产生负面影响。比较分析可知珠江河口区污染较其他河口严重(见表2)。

### 3. POPs在生物体内的分布

河口区表层沉积物中含有的POPs,可以通过食物链转运、迁移到高营养级,从而在生物体内富集,严重威胁人类健康。对于河口区生长的底栖动物而言,具有生长周期短、活动范围小的特点,通过测定其体内的污染物含量,能够在一定程度上说明其生长环境的污染情况。珠江河口区海域翡翠贻贝体内HCHs、DDTs和PCBs的含量范围分别为ND~1.1ng/g、9.5ng/g~191ng/g、82.8ng/g~615.1ng/g,

平均值分别为0.44ng/g、70.9ng/g、185.6ng/g;长江口软体动物(河蚶、蛭蛭)和河蟹(无齿相手蟹)体内POPs分布资料显示,HCHs在软体动物体内的范围是1.2ng/g~5.5ng/g,平均值为3.5ng/g,在河蟹体内HCHs含量高于软体动物,其范围是2.0ng/g~25.7ng/g,平均值为13.8ng/g;DDTs在软体动物体内的范围是26ng/g~68.8ng/g,平均值为34.5ng/g,在河蟹体内DDTs含量低于软体动物,其范围是1.5ng/g~24.8ng/g,平均值为5.9ng/g。杨志军等将大连湾牡蛎和贻贝作为生物标志物(Biomarker),研究二噁英及多氯联苯在生物体内的分布情况,结果表明牡蛎和贻贝样品中二噁英含量分别为0.05ng/g干重、0.22ng/g干重,PCBs的含量分别为0.59ng/g干重、0.82ng/g干重。从研究结果可以看出多氯联苯的含量明显高于二噁英,环境中多氯联苯的背景值大于二噁英的背景值。

水产品质量安全关系到消费者的身体健康。根据我国《食品中农药最大残留限量》(GB 2763-2005)规定,DDTs的暂定每日耐受摄入量(PTDI)为0.01mg/kg,水产品中的残留限量0.5mg/kg;HCHs的PTDI为0.002mg/kg,水产品中的残留量为0.1mg/kg。对于体重70kg的消费者来说,按照GB2763-2005,DDTs和HCHs的暂定每日耐受摄入量分别为700000ng、140000ng。以渤海湾为例,如果消费者每天消耗1kg海产品,则相当于摄取DDTs、HCHs分别为29400ng、1270ng,低于GB2763-2005规定的暂定每日耐受摄入量。由于底栖动物在河口生态系统中属于初级消费者,人类处在食物链的最高营养级,而POPs可以通过食物链逐级积累,对人体健康构成威胁。

### 三、POPs在食物链中的放大作用

#### 1. POPs生物放大作用的原因

生物放大作用(biomagnification)是指生物体内某种元素或难分解化合物的浓度随生态系统中食物链营养级的提高而逐步增大的现象。在同一条食物链上,高营养级生物以低营养级生物为食,随着营养级升高,POPs浓度也逐步增大。POPs化学结构稳定,在生物体内长期滞留,具有高的亲脂性。POPs在水生生态系统的生物放大作用非常明显。利用稳定性碳和氮同位素构建食物链营养级结构模型,通过生物放大作用,使得一些POPs在食物链高营养级中易于检出。通常情况下,POPs在生物体内累积主要取决于生物体的吸收和排泄能力,同时与POPs的辛醇分配系数(Kow)、分子量等物理性质有关。对中国江豚研究显示:PCBs和PBDE生物放大因子范围与其辛醇分配系数(logKow)的范围基本相似。鱼、贝类对DDT有很强的富集作用。牡蛎能将其体内的DDT含量提高到周围海水水体中含量的7万倍。水生生物个体大小、年龄、性别及脂肪含量都将影响POPs的积累。

表2 我国主要河口区沉积物中POPs分布情况(ng/g干重)

POPs类型	长江口	黄河口	珠江口	海河河口	胶州湾
PCBs	0.19~18.95(2.70)	0.7~2.4(1.3)	0.18~1.82(0.67)	2.9~3.5(3.2)	0.65~32.9
PAHs	263~6372(1662)		1167~21329(4891)	24.7~34.6(28)	82~4567(1002)
DDTs	0.12~0.57(0.34)		1.36~8.99(2.84)	1.57~7.35(6.47)	

## 《中国水产》“渔业节能”技术栏目征稿启事

“这里我想谈一下渔业节能问题。渔业特别是海洋捕捞业是高耗能产业，渔业节能对降低生产成本、提高生产效率、增加渔民收入都具有重要意义，是建设资源节约型社会的题中之义。以渔船节能为例，目前我国渔船每年柴油消耗量约800多万吨，如按每吨5000元计算，成本高达400亿元。如果节约10%，一年就可减少成本40亿元。希望各地高度重视渔业节能工作，加强相关政策研究和科技创新，大力推广节能技术和设备，使渔业节能工作有一个大的进步。”

以上是范副部长在今年的全国农业工作会议渔业专业会上讲话中着重强调渔业节能问题的内容。为响应范副部长的讲话精神，传播各地渔业节能的新技术、新方法，《中国水产》决定增加“渔业节能”技术专栏，希望广大渔业工作者充分发挥自身的聪明才智，从实践出发，探索节约能耗的技术和方法，踊跃来稿。来稿请以电子文件格式发送电子邮件至我社，邮箱地址 fish8899@263.net。

《中国水产》编辑部

2007年5月

(上接第73页)省外水产苗种的疾病很容易被带入辽宁省。因此启动对进出省境的水产苗种管理，督促和指导各市检查进出省境水产苗种的检疫工作显得刻不容缓。

6. 加快水产苗种检疫标准制定 水产苗种的检验检疫是以标准(规程)为尺度的，目前只有少数几个疫病检疫规程，且以淡水偏多，而产量、产值总量占辽宁省水产苗种生产比例2/3左右的几十个海水品种没有检疫操作规程，无标准可参照；在现有的水产苗种标准中，在遗传特性及药物残留方面缺乏具体规范，标准可操作性差，急需完善。出台大宗水产苗种检疫规程，逐渐改变大宗生产品种质量标准落后于生产实际需要的状况，全面提升水产苗种检疫水平已成当务之急。

### 2. POPs生物放大作用的危害

POPs在参与河口生态系统的物质循环和能量流动过程中会发生复杂的形态变化，通过生物代谢可能转变为毒性更大的物质。许多有机物在低浓度时无明显生态效应，但进入生态系统后，在各种生物和非生物因素作用下，会改变自身的性质、数量和分布，在到达生物器官组织时就会产生明显的危害效应。

### 四、前景展望

河口湿地生态系统复杂而多变，生物资源丰富，是许多生物种群繁殖、育幼和栖息的场所。河口特定的枢纽位置决定了其对人类社会发展的意义，也因此更容易受到人类活动的影响，从而造成河口生态环境的恶化。我国

7. 尽快提高从业者苗种管理意识 经过一年的大力宣传，水产苗种生产单位和个人对苗种管理有了一定的认识，但要想达到像对农、林种子一样的认识程度尚有一定差距，加大宣传力度，采取各种各样的宣传形式是近几年苗种管理工作的重要组成部分和长期工作任务，只有这样，才能让从业者的苗种管理意识尽快得到提高。

8. 建立考评机制，加大各级部门重视程度 总的来说，《条例》颁布实施一年来，大部分地区主管部门都比较重视，开局顺利，但是个别地区重视程度仍显得不够，这在一定程度上影响了工作进度。各项计划要做到领导到位、措施到位、任务到人、责任到人，建立长效考评机制，确保辽宁省水产苗种管理工作快速、有序进行。

河口湿地 POPs 的研究刚刚起步，一些研究主要集中在 POPs 的含量测定以及污染监测等方面，关于 POPs 对河口生态系统中水生生物影响的分子机制及其在食物链中的积累放大机制研究相对较少。因此，加强如下几个方面的研究显得尤为重要：①继续开展 POPs 在河口湿地生态系统中的积累、迁移转化的动力学研究；②加强 POPs 对河口湿地系统中生物群落生态效应的研究，筛选河口区特有的生物指示种；③开展 POPs 分子生态毒理学研究，确定敏感的生物标志物(Biomarker)并探讨其有效性；④构建河口湿地生态系统 POPs 生物放大模型，建立生态风险综合评价的指标体系；⑤开展河口湿地 POPs 污染生态修复的理论基础和技术途径研究。

# 我国河口湿地生态系统持久性有机污染物生态效应研究进展



作者: [胡国成](#), [戴家银](#), [许木启](#)  
作者单位: [中国科学院动物生态与保护生物学重点实验室, 100080](#)  
刊名: [中国水产](#) PKU  
英文刊名: [CHINA FISHERIES](#)  
年, 卷(期): 2007, 378(5)  
被引用次数: 1次

## 本文读者也读过(10条)

1. [余国营](#), [徐小清](#), [张晓华](#), [敖鸿毅](#), [Yu Guoying](#), [Zhang Xiaohua](#), [Xu Xiaoqing](#), [Ao Hongyi](#) [富营养化与污染物间的相互作用及其生态效应](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#)2000, 19(4)
2. [刘芳文](#), [颜文](#) [珠江口及其邻近水域的化学污染研究进展](#)[期刊论文]-[海洋科学](#)2002, 26(6)
3. [鲍达明](#), [但新球](#), [吴后建](#), [吴协保](#), [BAO Da-Ming](#), [DAN Xin-Qiu](#), [WU Hou-Jian](#), [WU Xie-Bao](#) [星湖国家湿地公园水质现状与恢复研究](#)[期刊论文]-[湿地科学与管理](#)2007, 3(3)
4. [王国平](#) [湿地磷的生物地球化学特性](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#)2004, 18(4)
5. [罗宏宇](#), [黄方](#), [张养贞](#) [辽河三角洲沼泽湿地时空变化及其生态效应](#)[期刊论文]-[东北师大学报\(自然科学版\)](#)2003, 35(2)
6. [骆世昌](#), [余汉生](#) [珠江口及附近海域生物体中BHC和DDT的含量研究](#)[期刊论文]-[海洋通报](#)2001, 20(2)
7. [李春娣](#), [颜文](#), [陈忠](#) [河口区毒害有机污染物及其生态效应研究进展](#)[期刊论文]-[矿物岩石地球化学通报](#)2003, 22(3)
8. [MIAO Bai-ling](#), [宝日娜](#), [HOU Qiong](#), [张自国](#), [YANG Ze-long](#), [乌兰](#), [MIAO Bai-ling](#), [Borina](#), [HOU Qiong](#), [ZHANG Zigu](#), [YANG Ze-long](#), [Ulan](#) [内蒙古自治区典型湿地的生态效应](#)[期刊论文]-[中国农业气象](#)2008, 29(3)
9. [刘兆普](#), [邓力群](#), [刘友兆](#), [沈其荣](#), [陈省平](#) [海涂人工湿地不同利用方式能值特征与生态效应](#)[期刊论文]-[南京农业大学学报](#)2003, 26(4)
10. [魏泰莉](#), [杨婉玲](#), [赖子尼](#), [张琦](#), [刘锰](#) [珠江口水域鱼虾类重金属残留的调查](#)[期刊论文]-[中国水产科学](#)2002, 9(2)

## 引证文献(1条)

1. [管卫兵](#), [陆锋](#), [陈辉辉](#), [何文辉](#) [亚洲苦草抗盐能力研究初报](#)[期刊论文]-[湖南农业科学](#) 2011(13)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zhongguosc200705048.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zhongguosc200705048.aspx)