

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2011.02.016

上海海域污染源分析及控制对策

陈慧敏, 孙承兴, 仵彦卿

(上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240)

摘要 :为了研究陆源污染对上海海域的影响,分析长江入海污染物通量的季节变化、黄浦江与长江对上海海域污染的贡献率、上海海域主要污染物的时空分布特征。结果表明:污染物随季节基本呈规律性变化,长江入海污染物对海域污染的贡献远大于黄浦江,长江和黄浦江对上海海域影响最大的污染物是 TP;上海市主要污水排放系统对上海海域的 N、P 污染有很大贡献。最后提出控制上海海域污染形势的对策建议。

关键词 :上海海域; 污染物; 长江; 黄浦江

中图分类号 :X55 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2011)02-0070-05

Analysis of pollutant sources in Shanghai Sea and control countermeasures

CHEN Hui-min, SUN Cheng-xing, WU Yan-qing

(College of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract : In order to study the influence of terrestrial pollutants on the Shanghai Sea, the seasonal change of pollutant flux entering the sea from the Changjiang River, the pollution contribution rate of the Changjiang River and the Huangpu River to the Shanghai Sea, the main pollutants of both rivers, and the spatial and temporal distribution of the main pollutants in the Shanghai Sea were analyzed. The results showed that pollutant fluxes generally changed with the season. The pollutant contribution of the Changjiang River was much larger than that of the Huangpu River. The main pollutant of both the Changjiang River and the Huangpu River was total phosphorus (TP). The main wastewater discharge systems in Shanghai City were also the main sources of nitrogen (N) and phosphorus (P) to the Shanghai Sea. Finally, responsive control countermeasures are proposed.

Key words : Shanghai Sea; pollutants; Changjiang River; Huangpu River

海洋环境是地球生命保障系统的一个基本组成部分。但在过去几十年里,近海海域水质不断恶化,导致一系列重大海洋环境问题,如海洋生态系统失衡、生物多样性锐减、物种濒临灭绝、赤潮等海洋灾害频发,等等。上海市位于长江冲积平原、中国大陆海岸线的中心部位,北依长江口,南临杭州湾,是我国工业的发祥地和经济发展的龙头。上海海域的水环境关系到上海市社会经济的可持续发展。然而近年来,上海海域一直处于严重污染状况,污染源主要来自沿岸污水的排放以及长江和黄浦江携带的污染物^[1]。笔者对上海海域污染特征及其来源进行深入

调查分析,以期上海海域的保护管理工作提供科学依据。

1 研究区背景

研究区域为上海海域(30.5°~32°N,121°~123°E),北起崇明岛南北支附近海域,南至杭州湾北岸,东至东海部分海域。数据来源于国家海洋局东海分局环境监测中心。监测中心1984年开始在上海海域内实施常规监测。从1984年8月第1航次到2006年11月的22年间一共进行了65个航次的监测,平均每年约3个航次,其中洪水期(5—10月)36

基金项目 :上海市海洋 908 专项 (PJ2)

作者简介 :陈慧敏 (1984—)女,福建福州人,硕士研究生,研究方向为水资源管理。E-mail :chenhm668@sina.com

通讯作者 :仵彦卿 教授。E-mail :wuyanqing@sjtu.edu.cn

次 枯水期(11月到次年4月)29次。累计站位约5000个,平均约77 站位/航次。除监测航次之外,监测站位一般分布在东经123°以西水域,站点沿着长江冲淡水主轴线、排污口、河口湾以及岸线分布,共43个站位,如图1所示。

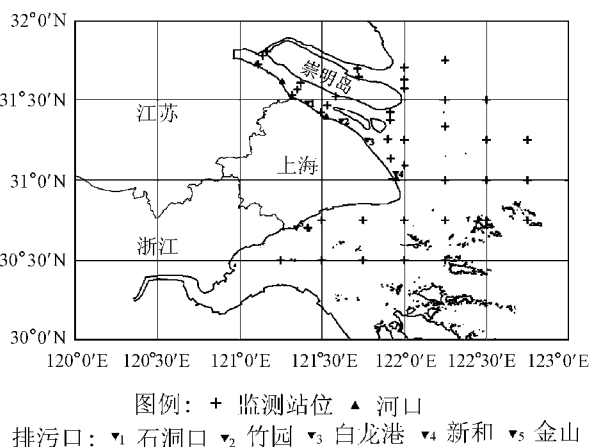


图1 上海海域监测站点分布

对于主要污染河流(长江与黄浦江)的监测,监测断面选在徐六泾和吴淞口,并在2月份和5月份各断面分别设5个和3个监测站位(见图2),而8月份和11月份在吴淞口HP03下方增设2个监测站位。水深不大于5m时,采表层水;水深在5~10m时,采表层和底样水样;水深大于10m时,采表层、中层和底层水样。油类只采表层样。采样时间分别在2005年和2006年的2、5、8和11月。样品采集以及分析方法按照GB17378—1998《海洋监测规范》实施。

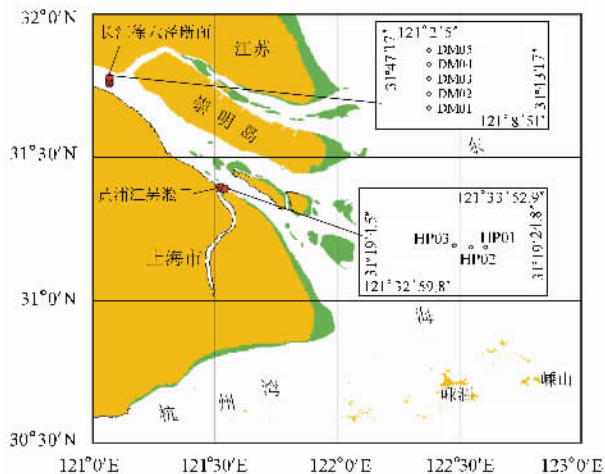


图2 主要污染河流入海物监测站位

2 结果与讨论

2.1 长江入海污染物通量的季节变化

2.1.1 COD

2005、2006年长江入海污染物COD入海月通量均在8月达到峰值,其值分别为60.40万t和127.72

万t,在2月和11月达到最低值,其值分别为27.53万t和10.51万t,如图3所示。由于长江径流量通常有明显的季节变化特征,即在丰水期5—10月淡水输入量占全年径流量的71.7%,枯水期(11月至次年4月)占全年径流量的28.3%,而径流量的季节性变化也引起了悬浮物(SS)的季节性变化^[2]。除了8月份外,2006年其他月份的SS入海通量明显比2005年低,2月份甚至减少了95.2%(表1)。结合图3可知,除了2006年5月SS入海通量比2005年低,COD入海通量比2005年高外,COD入海通量基本上与SS的季节变化规律相同。因此长江COD入海通量除了明显受到径流量、SS入海通量的季节性变化的影响外,还可能受到陆源排放的影响。

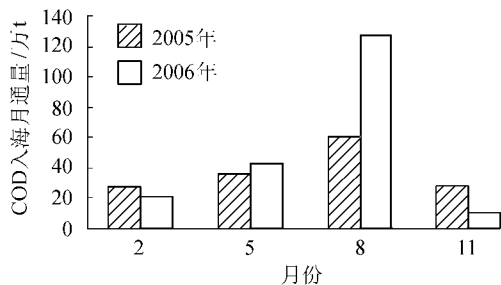


图3 长江COD入海通量的季节变化

表1 2005~2006年长江SS入海通量季节变化

时间	SS 通量/10 ⁶ t	时间	SS 通量/10 ⁶ t
2005-02	4.114	2006-02	0.198
2005-05	7.151	2006-05	3.623
2005-08	20.096	2006-08	40.314
2005-11	4.262	2006-11	2.830

2.1.2 营养盐

2005—2006年长江TP、NO₃⁻-N和硅酸盐入海通量与COD有相似的季节变化规律,即在8月达到峰值,其中2005年同期峰值更高,分别为8280.00t,211941.79t和344817.22t;在2月达到最低值,其中2006年同期值相对更低,分别为2664.00t,42759.00t,77404.00t,如图4所示。TP、NO₃⁻-N和硅酸盐的最高入海通量分别是最低入海通量的3.1、5.0、4.4倍。2年间NH₄⁺-N和NO₂⁻-N的入海通量也呈现季节变化规律,即2月通量最高,11月通量最低,NH₄⁺-N入海月通量最高值出现在2006年2月,为17868.00t,最低值出现在2006年11月,为325.00t,最高值与最低值相差近54倍;NO₂⁻-N入海月通量最高值在2005年2月,为1193.00t,最低值在2006年11月,为72.00t,最高值与最低值相差近15倍。NH₄⁺-N和NO₂⁻-N在枯水期的入海通量大于丰水期,表明水体受到工业废水和生活污水的点源影响较大,而TP、NO₃⁻-N和硅酸盐在丰水期的入海通量大于枯水期,

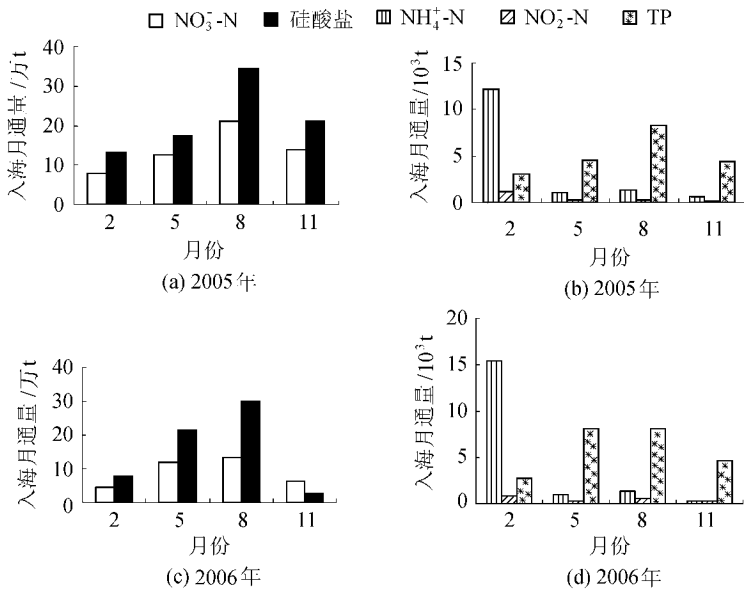


图4 长江营养盐入海通量的季节变化

表明水体受非点源污染较大,尤其可能受到农业面源的影响,因为农业面源污染往往随农田径流入河流,所以受到降水等条件的影响,往往表现为丰水期高于枯水期。

2005—2006年, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 入海月通量占溶解态无机氮(DIN)入海月通量的百分比见表2。由表2不难看出长江DIN入海通量中以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主,占69.71%~99.36%,而 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 分别在0.50%~29.13%和0.05%~1.30%波动。其中2月 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 入海月通量占DIN入海月通量的比重相对其他月较大, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 最大值可达29.13%, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 最大值可达1.30%。由于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 是N的还原态,而 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 是N的稳定形态,N污染多以还原态N的形式排入水体,经过硝化作用, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 氧化为 $\text{NO}_2^-\text{-N}$,然后再氧化成稳定的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,这个过程要消耗水体中大量的氧^[3],所以2月份 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 占DIN入海通量百分比的提高,表明水体正受到污染,同时正进行着硝化过程。且由于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 排放超过水体的季节自净能力而未能被分解或未能被完全分解,因此 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$

表2 不同形态氮盐占DIN月入海通量的百分比

时间	不同形态氮盐占DIN月入海通量的百分比/%		
	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$
2005-02	13.19	1.30	85.51
2005-05	0.83	0.16	99.01
2005-08	0.64	0.12	99.23
2005-011	0.50	0.05	99.45
2006-02	29.13	1.16	69.71
2006-05	0.82	0.13	99.05
2006-08	1.01	0.27	98.72
2006-11	0.52	0.12	99.36

N的含量升高。而在其他季节由于受到温度、光照等因素的影响,微生物的分解能力提高,因此水体的自净能力增大, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的浓度随之升高^[4]。

2.1.3 其他污染物

2005—2006年石油类污染物和砷(As)的月入海通量都于8月份达到峰值,分别约为3867t和275t,且均于2月达到最低值,3年间最低值分别约为513t和61t。重金属的变化与As的变化趋势相似,只是峰值提前出现在5月份,2年间的最大值约为2162t,最小值为950t,如图5所示。长江石油类和As的入海通量丰水期大于枯水期,可能是受到船舶等面源污染的影响。

2.2 主要河流对上海海域污染的贡献

根据2006年长江和黄浦江入海污染物监测数据,对主要污染河流和主要入海污染物进行分析,如表3、图6所示。由表3可知,长江对上海海域污染贡献率远高于黄浦江,而且长江8月对上海海域污染的贡献率最大,而11月份相对最小。由图6可知2006年2月份和11月份TP和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 是长江和黄浦江的主要入海污染物,TP和总汞是5月份和8月份主要入海污染物,即TP对上海海域污染造成的影响一年四季都是最严重的,因此要对TP的排放严格控制。

表3 2006年长江、黄浦江对上海海域污染贡献分析

月份	等标污染负荷比		对上海海域污染贡献率比值
	长江	黄浦江	
2	0.961	0.039	24.6
5	0.975	0.025	39.0
8	0.985	0.015	65.7
11	0.923	0.077	12.0

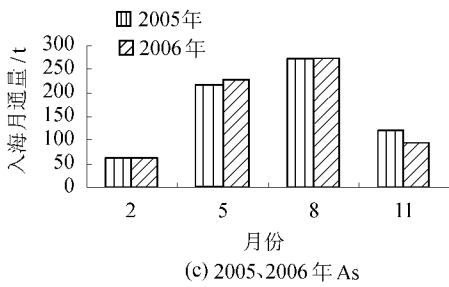
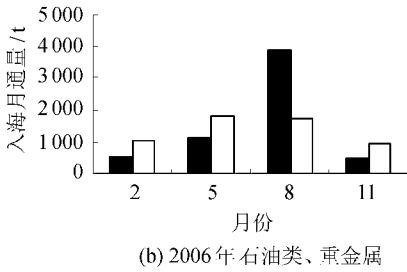
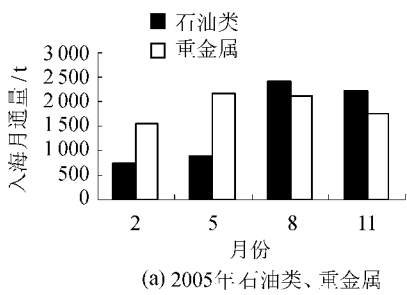


图5 长江石油类、重金属和As入海通量的季节变化

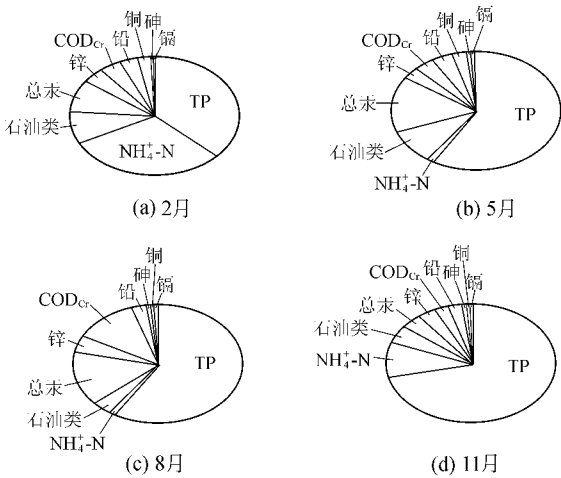


图6 2006年入海污染物等标污染负荷比

2.3 入海主要污染物的时空分布特征

为了更好地对上海海域主要污染物进行控制,故对1996—2006年主要污染物在上海海域空间分布变化特征进行污染源分析。入海污染物的时空分布变化图采用高维空间插值算法,从而消除监测时间不统一和边界截断误差的影响,如图7所示。方法是选择在43个监测站位坐标上进行插值,在时间上选择整点监测时刻做等时间间隔最邻近插值,通过求平均降低误差,然后将1996—2006年分为两个

时段,对每个时段内各站点对应的时刻监测值求平均值后,用克里格空间插值法绘制主要污染物在上海海域的空间分布⁵¹。

对照图1,由图7(a)(b)可知2000年以前磷酸盐($PO_4\text{-P}$)的高值区主要位于杭州湾附近,2000年之后扩大到竹园、白龙港和新和排污口附近。从等值线分布密度可看出长江口东南方向较为稀疏,北部较密,这与长江江冲淡水主要向东南方向流动相符。由图7(c)(d)可知 $NH_4^+\text{-N}$ 的高值区也集中在白龙港、新和与竹园排污口附近,并且2000年之后该排污口附近海域的 $NH_4^+\text{-N}$ 浓度明显上升,其他区域浓度略微上升。上海海域表层 $PO_4\text{-P}$ 在2000年前后从24~42 $\mu\text{g/L}$ 变化为24~54 $\mu\text{g/L}$, $NH_4^+\text{-N}$ 由30~120 $\mu\text{g/L}$ 变化为26~130 $\mu\text{g/L}$,而根据《水资源公报》(1996—2006年)统计结果,随着人口的增加,上海市生活污水排放量呈现稳步上升的趋势,从2000年前的11.4亿t左右增加到2006年的14.85亿t,这与竹园、白龙港和新和排污口排放的 $PO_4\text{-P}$ 和 $NH_4^+\text{-N}$ 对上海海域影响程度加大的事实相符。由图7(e)(f)可知总汞高值区主要分布在杭州湾金山石化和沿黄浦江入海口往南附近海域,并且2000年之前浓度较高,为60~90 $\mu\text{g/L}$,2000年之后有所下降,为40~50 $\mu\text{g/L}$ 。黄浦江入海口以南附近海域的汞污染来源主要是苏州河和黄浦江沿线大、中型企业。由以上分析可以看出上海市的主要污水排放系统排放对海域的 $PO_4\text{-P}$ 、 $NH_4^+\text{-N}$ 污染贡献较大,对总汞的贡献相对较小。并且随着近年来上海市 $PO_4\text{-P}$ 和 $NH_4^+\text{-N}$ 排放量的增加,对上海海域水质影响程度加大。

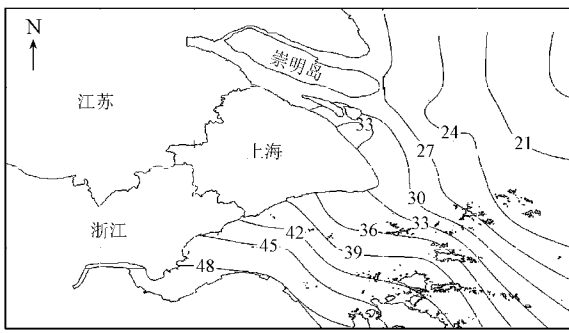
3 结语

a. 长江污染物的入海通量基本上随季节成规律性变化。COD、TP、硅酸盐、 $NO_3^-\text{-N}$ 、As、石油类污染物入海通量都在8月达到最大,重金属则在5月达到最大,而最低值均出现在冬末春初。 $NH_4^+\text{-N}$ 和 $NO_2^-\text{-N}$ 的入海通量都在2月份达到最大,在11月份达到最小。这种变化规律与季节性径流、点面源的污染类型有关。

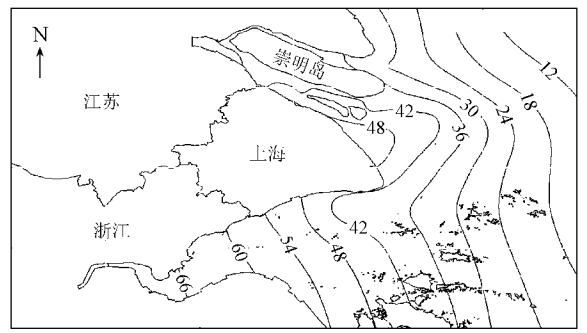
b. 长江和黄浦江是上海海域主要污染河流,但是长江对上海海域污染的贡献比率比黄浦江高得多,二者对上海海域污染贡献率比值为12.0~65.7。

c. 长江与黄浦江入海污染物对上海海域污染一年四季影响最大的是TP,而 $NH_4^+\text{-N}$ 、总汞分别在2月和11月以及5月和8月对海域污染造成较大的影响。

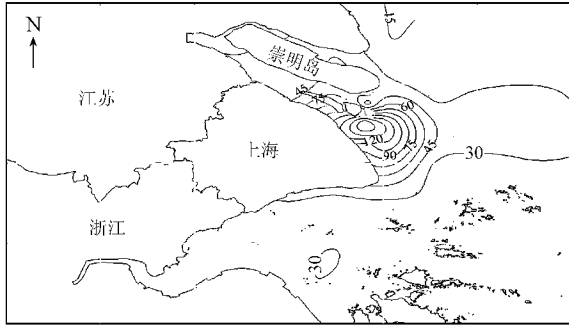
d. 上海市竹园、白龙港、新和等主要污水排放



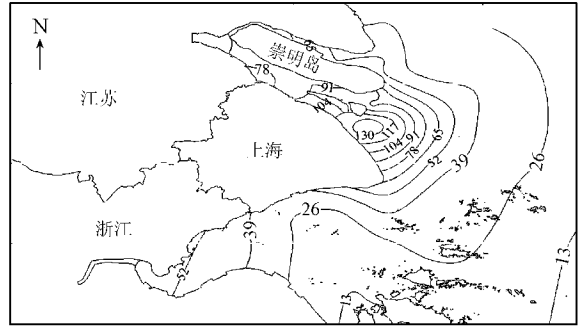
(a) PO₄-P (1996-2000年)



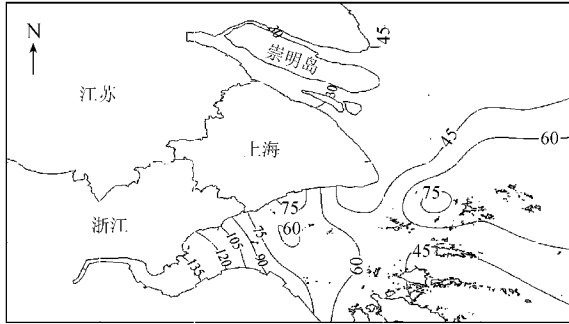
(b) PO₄-P (2001-2006年)



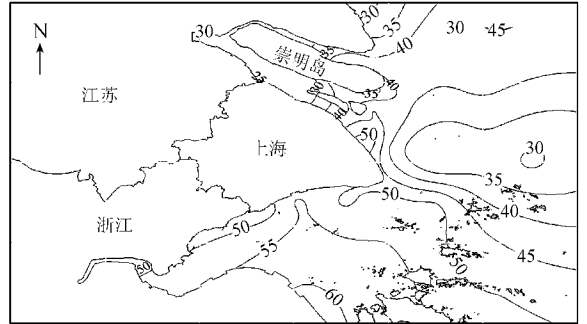
(c) NH₄⁺-N(1996-2000年)



(d) NH₄⁺-N(2001-2006年)



(e) 总汞(1996-2000年)



(f) 总汞(2001-2006年)

图7 1996—2000年、2001—2006年表层水 PO₄-P、NH₄⁺-N、总汞的时空分布

口对上海海域的 PO₄-P、NH₄⁺-N 污染贡献较大,对总汞的贡献相对较小。

4 建议

a. 由于长江口入海污染物通量基本上随季节呈现规律性变化,因此建议进一步深入研究排放口污染物的稀释、扩散、底泥吸附和微生物降解等过程,对污染物总量进行季节性控制,同时根据季节性环境容量,调整污染物的排放量和污水处理程度,使海洋资源得到合理开发利用。

b. 除了8月外,2006年长江SS的入海通量比2005年下降很多的现象,应引起有关部门的注意。建议加强长江口泥沙监测及长江口岸滩侵蚀的监测,从而进一步弄清三峡工程对SS入海量的影响,关注SS浓度的减少对长江口乃至东海生态环境的影响。

c. 由于TP和TN仍然是影响上海海域水质的主要污染物,是2000年以来赤潮频发的主要原因^[6],因此一方面要重视面源污染控制工作,控制农

肥使用量,提高生活污水氮磷处理水平,优化监测站位布局,加密近海重点污染区的监测站位;另一方面由于现有的污水排放口的扩散器距岸边较近,造成污水沿岸向下游输移,对近岸水环境影响较大,故对于要新建的污水排放口,应根据航道、地质、经济能力等情况,尽可能将扩散器设置在主流附近,从而有利于污水的稀释扩散^[7]。

d. 对于黄浦江入海口附近出现局部高汞区,应引起注意,着眼上游太湖来水、下游潮水和本市工业企业排放废水三方面控制汞污染。

参考文献:

- [1] 康建成,吴涛,任惠茹,等.上海海域水污染源的变化趋势[J].人口·资源与环境,2008,18(3):181-184.
- [2] CHEN Shen-liang. Seasonal, neap-spring variation of sediment concentration in the joint area between Yangtze Estuary and Hangzhou Bay[J]. Science in China(Series B),2001,44:58-59.

(下转第79页)

了消除强势区域和弱势区域之间的潜在冲突,促进各区域协同有序发展,以水资源的可持续利用支撑经济社会的可持续发展,实现人水和谐,提出以下对策建议。

a. 通过法律手段和经济手段,规范上游区域污水排放制度。制订上游区域污水排放标准,规范排放后的水质要求及排放数量限制,加强政府监管力度,对各控制断面的水质进行监测,对违反规定的区域负责人严格依法问责。

b. 通过政府预留水量,实施对弱势区域的补偿。由于经济社会发展的不确定性,为满足未来发展用水需求和国家重大发展战略用水需求,在水权初始分配时应当预留一定的水量份额。预留水量份额尚未分配前,可以将其相应的水量合理分配给弱势区域使用,弱势区域借此机会,提高经济发展水平,克服自身的经济弱势。

c. 通过政府转移支付,促进弱势区域的发展。政府通过转移强势区域的部分产出,以及强势区域对弱势区域的无偿支持和帮助,来改善弱势区域的水利基础设施,增强节水意识,提高节水技术的投入力度,实现弱势区域的水资源可持续利用能力。

4 结 语

笔者对流域初始水权分配中的弱势群体进行了界定和评价,评价结果有利于政府根据各区域的弱势等级,实现对弱势群体的保护由静态救助向动态帮扶转变。基于我国水资源国家所有的特点,在初始水权分配过程中一定要加强政府的宏观调控,政府要规范利益分配机制、畅通利益表达机制、优化利益整合机制、健全利益补偿机制,切实做好弱势群体的利益保护工作,为构建和谐社会清除障碍。

参考文献:

[1] 吴凤平,葛敏.水权第一层次初始分配模型[J].河海大

(上接第74页)

- [3] JONES J G. Denitrification in freshwater[C]//GOLTERMAN H L. Denitrification in the Nitrogen Cycle[M]. New York: Plenum Press, 1985: 252-239.
- [4] 郑丙辉,曹承进,秦延文,等.三峡水库主要入库河流氨营养盐特征及其来源分析[J].环境科学, 2008, 29(1): 1-6.
- [5] 李岫,仵彦卿,范梅梅.高维空间插值在海洋环境数据预

学学报:自然科学版, 2005, 33(2): 216-219.

- [2] 徐士忠.漳河上游水事纠纷的现状、存在问题与对策研究[J].海河水利, 2007(2): 10-13.
- [3] 罗尖,章元明.和谐社会建设与省际水事纠纷处理机制的完善[J].水利发展研究, 2008(1): 42-45.
- [4] 吴丹,吴凤平,陈艳萍.水权配置与水资源配置的关系剖析[J].水资源保护, 2009, 25(6): 76-80.
- [5] 胡继连,葛颜祥.黄河水资源的分配模式与协调机制:兼论黄河水权市场的建设与管理[J].管理世界, 2004(8): 43-52.
- [6] 贺骥,刘毅,张旺,等.松辽流域初始水权分配协商机制研究[J].中国水利, 2005(9): 16-18.
- [7] 王济干.区域水资源配置及水资源系统的和谐性研究[D].南京:河海大学, 2003.
- [8] 吴凤平.基于和谐性判断的交互式水权初始分配方法[J].河海大学学报:自然科学版, 2006(1): 104-107.
- [9] 陈利文.城镇弱势群体的形成及其利益保护研究[D].长沙:国防科学技术大学, 2005.
- [10] 叶兵,蒋兆雷.构建和谐社会中的弱势群体利益实现机制[J].南京工业大学学报:社会科学版, 2006(1): 10-14.
- [11] GALLIE D. Health effects of the new labour market[M]. Germany: Springer, 2002: 245-266.
- [12] BOLDERSON H. Exclusion of vulnerable groups from equal access to social security[J]. Social Security as a Human Right, 2007, 26: 129-143.
- [13] 吴槐庆,吴慎重.对资源环境价格改革与弱势群体利益保障问题的研究[J].价格理论与实践, 2007(11): 15-16.
- [14] 王慧军.公共政策过程中的利益冲突分析[J].行政管理, 2007(8): 30-33.
- [15] 徐雪高.农民传媒资源分配不公问题研究[J].燕山大学学报, 2007, 8(3): 49-53.
- [16] 马智利,王淼.煤炭开采利益公平分配研究[J].国土与自然资源研究, 2007(3): 63-65.

(收稿日期: 2010-04-06 编辑: 徐娟)

处理中的应用[J].海洋环境科学, 2009, 28(6): 730-733.

- [6] ZHANG Jing, YANG Shi-lun, XU Zhao-li. Impact of human activities on the health of ecosystems in the Changjiang Delta Region[J]. The Environment in Asia Pacific Harbours, 2006, 7(1): 93-111.
- [7] 刘成,何耘,李行伟,等.上海市污水排放口污染物运动轨迹模拟[J].水利学报, 2003(4): 117-118.

(收稿日期: 2010-12-13 编辑: 徐娟)