

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2014.02.002

# 上海市陆源入海排污口排污状况及其对邻近海域的影响

国峰,李志恩,刘鹏霞,范海梅

(国家海洋局东海环境监测中心,上海 200137)

**摘要:** 统计分析2005—2010年上海市陆续开展监测的29个陆源入海排污口排污状况,并对该时期石洞口污水处理厂排污口邻近海域的环境状况进行评价。结果表明,6年间,市政排污口占总监测排污口数量的45%,其污水排放量占总量的80%,是上海市最大的入海污染源;COD、悬浮物、NH<sub>3</sub>-N位居入海污染物(指标)排放量的前3位,共占98.80%;COD、NH<sub>3</sub>-N、总有机碳、磷酸盐和悬浮物是主要超标污染物;在石洞口污水处理厂排污口邻近海域19.33 km<sup>2</sup>的监测范围内,营养盐含量超第四类海水水质标准,但沉积物质量符合排污口邻近海域环境质量要求,大型底栖生物状况基本稳定,说明陆源排污对其邻近海域水质存在一定程度的影响。

**关键词:** 陆源污染;入海排污口;排污状况;邻近海域;上海市

中图分类号: X55

文献标志码: A

文章编号: 1004-6933(2014)02-0006-05

## Sewage discharge from land-based sewage outlets to sea in Shanghai City and effects on adjacent marine areas

GUO Feng, LI Zhien, LIU Pengxia, FAN Haimei

(East China Sea Environmental Monitoring Center of State Oceanic Administration, Shanghai 200137, China)

**Abstract:** The sewage discharge from 29 land-based sewage outlets to the sea monitored in Shanghai City during the period from 2005 to 2010 was investigated and analyzed. Meanwhile, the environment of the marine area adjacent to the sewage outlet of the Shidongkou Sewage Treatment Plant was assessed. The results show that, over the six years, municipal sewage outlets accounted for 45% of the total outlets monitored, while the sewage quantity discharged by municipal sewage outlets accounted for 80% of the total sewage quantity. Thus, municipal sewage outlets were the largest source of pollution to the sea in Shanghai City. COD, suspended sediment, and NH<sub>3</sub>-N were the top three pollutants discharged into the sea, accounting for 98.80% of the total pollutants. The five main standard-exceeding pollutants included COD, NH<sub>3</sub>-N, total organic carbon, phosphate, and suspended sediment. Within a monitoring range of 19.33 km<sup>2</sup> in the marine area adjacent to the sewage outlet of the Shidongkou Sewage Treatment Plant, the nutrient content exceeded the grade IV standard of the Sea Water Quality Standard of China, while the quality of the sediment met the Marine Sediment Quality Standard of China. The state of macro-benthonic organisms was generally steady. This verifies that land-based pollutant discharge has a certain impact on the water quality of adjacent marine areas.

**Key words:** land-based sources of pollution; sewage outlet to sea; state of sewage discharge; adjacent marine area; Shanghai City

中国沿海省市的人口已经从1953年的2.43亿上升到2010年的5.36亿<sup>[1-2]</sup>。据预测,从中国中、西部到东部的人口迁移热潮至少将持续到2020年<sup>[3]</sup>。沿海地区巨大的人口负荷以及日益增加的污水排放量对环境造成很大的压力<sup>[4]</sup>。据估算,80%的

海洋污染物来自于陆上,很显然,陆源污染对海洋生态环境健康带来的影响将不可避免<sup>[5]</sup>。为全面掌握陆源入海排污现状,自2005年起,国家海洋局在全国范围内开展了陆源入海排污口的调查和监测工作。为作好上海市陆源入海排污口调查和监测工作,有利

基金项目:国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201005014-01,201305027-6)

作者简介:国峰(1971—),女,高级工程师,博士,从事海洋环境监测与评价工作。E-mail:gfcn007@hotmail.com

于查清上海市近岸、近海水域受污染的来龙去脉,及时掌握上海污染源的动态,至2010年,上海市陆续对29个入海排污口开展了多频次监测,并对石洞口污水处理厂邻近海域环境实施了监测。本文着重对2005—2010年上海市陆源入海排污口的排污状况进行统计分析,同时对2005—2009年石洞口邻近海域环境状况进行评价。

## 1 调查区域与评价方法

### 1.1 调查区域和采样频率

排污口调查区域包括上海市行政辖区内长江口和杭州湾近岸的浦东新区(含原南汇区)、奉贤区和金山区,先后涉及的排污口共计29个,2005—2010年每年监测4~6次。

在石洞口污水处理厂排污口邻近海域设置8个监测站位(图1),监测排污口排污对邻近海域的影响,每年监测1~4次。

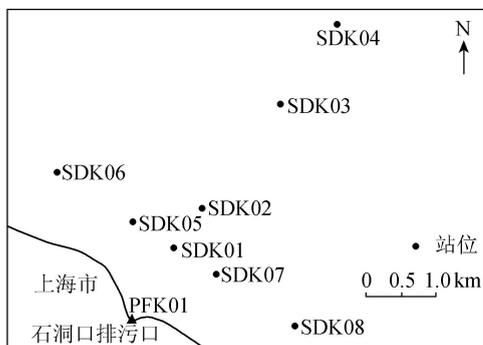


图1 石洞口排污口邻近海域监测站示意图

### 1.2 数据处理

排污口污水样品在排污口泵站采集。以排污口取样的瞬时浓度作为污染物日平均排放浓度;年度各污染物浓度取全年该污染物各次监测浓度的平均值。

污水排放数据从排污单位调查获取,单个排污口污水排放量取全年各次调查数据的平均值,将年度污水平均排放量乘以年度污染物浓度,即得到污染物入海量,将各污染物入海量相加,即得到单个排污口污染物排海总量。

邻近海域年度各监测指标的浓度取全年该指标在所有站位各次监测浓度的平均值。

### 1.3 评价标准与评价方法

#### 1.3.1 评价方法

采用单因子评价方法:

$$S = C_i / C_s$$

式中: $S$  为标准指数; $C_i$  为某项参数的实测值; $C_s$  为该项参数的评价标准。

#### 1.3.2 评价标准

排污口水质执行 DB 31/199—1997《上海市污

水综合排放标准》中的二级标准。邻近海域水质评价执行 GB 3097—1997《海水水质标准》第四类海水水质标准,沉积物质量评价执行 GB 18668—2002《海洋沉积物质量标准》第三类沉积物质量标准。

## 2 结果与讨论

### 2.1 入海排污口评价

自2005—2010年,相继开展了29个排污口监测,其中市政排污口有13个,占排污口总数的45%,其余均为工业排污口。这些排污口分布在上海市长江口和杭州湾沿岸各区,历年来实施监测的排污口数量略有不同,具体见表1。

表1 2005—2010年实施监测的排污口数量统计 个

年份	市政排污口	工业排污口	合计
2005	5	13	18
2006	5	14	19
2007	5	13	18
2008	3	9	12
2009	8	6	14
2010	10	3	13

#### 2.1.1 污水及污染物排放量统计

从表2可以看到,市政排污口6年间污水排放量占各年度污水总量的比例范围为51%~95%,平均为80%。结合表1,虽然市政排污口在数量上仅占45%,但其平均入海污水排放量约占总量的80%,这一数据说明上海市的入海污水主要从市政排污口排入海。2009、2010年市政排污口污水排放量较之前4年急剧增加,其原因是这两年新增了对上海市竹园污水处理厂排污口和白龙港水质净化厂排污口的监测,这是上海市除石洞口污水处理厂之外的另外两大市政排污口,其每日污水排放量分别高达90.5万t和218万t,远大于其余27个排污口的日污水排放量总和。

表2 2005—2010年排污口污水排放量统计

年份	市政污水 年排放量/ 万t	工业污水 年排放量/ 万t	年污水排 放总量/ 万t	市政污水 量占总量 的比例/%	工业污水 量占总量 的比例/%
2005	15555	14766	30321	51	49
2006	16973	6188	23161	73	27
2007	16264	1041	17305	94	6
2008	3048	971	4019	76	24
2009	161984	11358	173342	93	7
2010	166420	9641	176061	95	5

由于6年中每年实施监测的排污口数量、污染物(指标)均有调整,单纯比较年度之间污染物排放量绝对值无法体现排污的真实情况,因此本文仅将COD、悬浮物、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、石油类、活性 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{Cr}^{6+}$ 和氧化物等污染物入海年排放量<sup>[6-7]</sup>进行统计(表3),并计算各污染物占6年来平均年排放量总量的比例,

以比较各污染物(指标)在排放总量中所占的比例。数据均引自上海市海洋环境监测预报中心监测数据。

表3 排污口污染物(指标)年排放量 t

年份	COD	悬浮物	NH <sub>3</sub> -N	石油类	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	Cr <sup>6+</sup>	氰化物
2005	16 126	4 319	4 039	359	88	1.1	
2006	13 000	13 000	2 000	400	200	5.0	3
2007		13 000	2 000	100	100	30.0	3
2008	8 855	8 766	2 793	109	52	1.2	5.94
2009	16 015	18 119	3 616	105	875	5.0	
2010	74 687	35 688	16 965	1 723	842		263
平均	25 737	15 482	5 236	466	360	8.5	68.74

2005—2010年,以COD入海平均年排放量为最大,其6年平均排放量占总排放量的比例高达54.35%;其次是悬浮物入海排放量,占32.69%;NH<sub>3</sub>-N占11.06%。这3项污染物(指标)的占年总排放量的比例合计占98.09%,其余指标合计仅占1.91%。

### 2.1.2 污染物含量分析

从表4所列的统计数据可以看出,市政排污口的悬浮物和PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P最大浓度明显高于工业排污口,分别约为工业排污口最大浓度的3.3倍和2倍。市政排污口的其他5种污染物最大浓度均明显低于工业排污口,其中,工业排污口的Cr<sup>6+</sup>、氰化物、COD的最大值分别是市政排污口最大值的12.9、7.3和5.9倍。两类排污口污染物的最小值比较接近,仅COD略有差异,市政排污口的COD指标约为工业排污口的2.6倍。

分析可知,工业排污口的污染程度要比市政排污口严重得多,特别是在有毒有害污染物的排放中,工业排污口的排放形势更为严峻。

### 2.1.3 排污口水质评价

2005—2010年,超标排污口比例的范围为57.1%~94.7%(图2),以2006年超标的排污口比例最高。上海市陆源入海排污口超标污染物共计13种(图3)。若以超标排放某污染物的排污口数量占监测该污染物的排污口总数的比例统计污染物的超标率,则超标污染物从高到低分别为石油类、BOD<sub>5</sub>、有毒有机物(苯胺、萘、氰化物、硝基苯、甲苯)、粪大肠菌群、Cr<sup>6+</sup>和pH。其中,COD和NH<sub>3</sub>-N的超标率最高,超标排污口的数量均为监测排污口总数的

72%;其次是总有机碳(TOC)、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P和悬浮物,均约为54%。超标排放这5种污染物的排污口均超过监测排污口总数的50%,是上海市陆源入海排污口的主要污染物质。

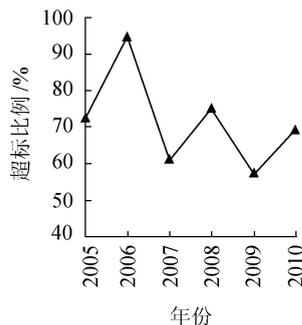


图2 历年超标排污口比例

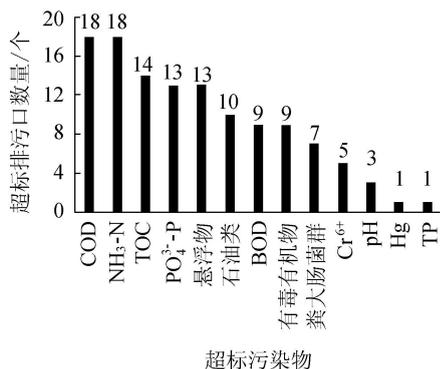


图3 超标排放污染物的排污口数量

## 2.2 石洞口污水处理厂排污口邻近海域质量状况

### 2.2.1 水环境质量

根据GB 3097—1997《海水水质标准》,排污口邻近海域水体中有两项指标超第四类水质标准,分别为无机氮(IN)和活性PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P,标准指数分别为3.74和1.42,无机氮污染情况尤为严重。COD<sub>Mn</sub>、BOD<sub>5</sub>、石油类、Cr<sup>6+</sup>、氰化物、挥发酚、Hg、Cd、Pb、As等项监测指标均符合第四类水质标准,能够满足周边海域功能区要求(表5)。

比较2005—2010年排污口邻近海域超标污染物的浓度变化趋势(图4),无机氮质量浓度的变化趋势与活性PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P的变化趋势相反,2005年为最小值0.667 mg/L,此后逐年增加,至2007年达到最大值2.52 mg/L,此后两年质量浓度持续降低,接近于6年平均值。活性PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P质量浓度自2005年连续3年降低,至2007年降至最小值0.033 mg/L,此后

表4 2005—2010年排污口污染物(指标)质量浓度

排污口类别	$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{悬浮物})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{石油类})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{PO}_4^{3-}\text{-P})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Cr}^{6+})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{CN}^-)/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
市政(最大浓度)	440.8	1394.0	99.57	11.666	10.48	137.00	71.05
市政(最小浓度)	30.0	23.0	2.88	0.003	0.07	0.18	0.51
工业(最大浓度)	2581.3	420.0	267.48	50.477	5.11	1770.15	515.60
工业(最小浓度)	11.5	21.3	0.06	0.012	0.02	0.48	1.82

表 5 2005—2010 年排污口邻近海域水质监测结果

监测项目	pH	盐度/‰	温度/℃	$\rho(\text{悬浮物})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{IN})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{PO}_4^{3-}\text{-P})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{石油类})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
均值范围	7.30 ~ 7.94	0.0153 ~ 0.0310	27.5 ~ 30.1	125 ~ 331	1.34 ~ 2.44	1.112 ~ 2.540	0.667 ~ 2.520	0.0330 ~ 0.0899	4 ~ 58.13
6 年平均		0.0217	29	187.0	1.87	1.76	1.87	0.0641	33.99
标准指数均值					0.38	0.35	3.74	1.4200	0.07

监测项目	$\rho(\text{Cr}^{6+})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{氰化物})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{挥发酚})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{总汞})/(\text{ng} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Cd})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Pb})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{As})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Chl-a})/(\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
均值范围	0.420 ~ 37.430	0.876 ~ 1.230	0.952 ~ 48.400	22.75 ~ 70.00	0.039 ~ 0.089	1.03 ~ 4.35	1.39 ~ 4.57	0.95 ~ 2.17
6 年平均	8.362	1.053	21.70	48.89	0.059	2.26	2.71	1.56
标准指数均值	0.170	0.010	0.43	0.05	0.010	0.05	0.05	

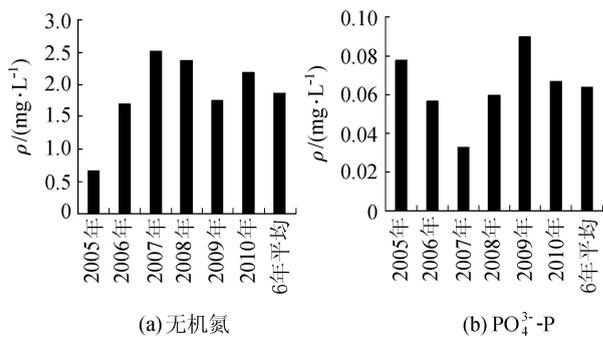


图 4 2005—2010 年排污口邻近海域超标污染物浓度变化情况

两年质量浓度持续增加,2009 年达到最大值 0.089 9 mg/L,2010 年又有所降低,略高于 6 年平均值。

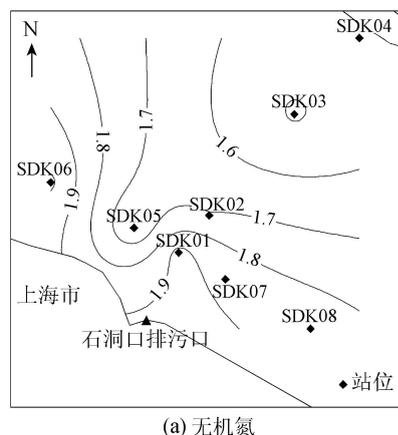
根据单因子评价法,2005—2010 年,在石洞口邻近海域 19.33 km<sup>2</sup> 的监测范围内,所有站点的无机氮和活性 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 含量均超第四类海水水质标准,劣四类水质区面积占监测海域面积的 100%,二、三、四类水质区面积为 0。从 2009 年无机氮和活性 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 的平面分布(图 5)可见,无机氮和活性 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 的分布基本一致,均表现为从排污口附近海域向外海方向浓度呈非常明显的梯度大幅度降低,说明排污口污水排放对邻近海域水质存在一定程度的影响。

### 2.2.2 沉积物环境质量

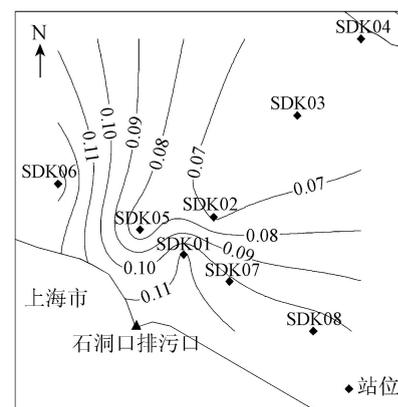
2005—2009 年排污口邻近海域沉积物中主要监测要素年平均含量的年际变化趋势见图 6。有机质年平均质量分数自 2005 年持续增加,至 2007 年出现最大值 0.98%,随后两年持续降低。石油类污染物质量比连续 3 年持续降低,2007 年出现低值 12.5 μg/g,2008 年增加到 27.1 μg/g,2009 年降低到最低值。

表 6 2005—2009 年排污口邻近海域沉积物监测结果

统计指标	有机质/%	硫化物 w/(μg · g <sup>-1</sup> )	石油类 w/(μg · g <sup>-1</sup> )	Pb w/(μg · g <sup>-1</sup> )	Cd w/(μg · g <sup>-1</sup> )	Cr w/(μg · g <sup>-1</sup> )	As w/(μg · g <sup>-1</sup> )	Hg w/(ng · g <sup>-1</sup> )
最小值	0.08	0.31	2.20	13.4	0.086	16.30	3.91	5.47
最大值	1.47	66.40	80.40	61.50	0.468	6.00	13.20	106.00
平均值	0.79	14.67	22.92	33.17	0.20	30.18	7.82	51.84
标准指数	0.32	0.04	0.03	0.38	0.31	0.24	0.23	0.16



(a) 无机氮



(b) 活性磷酸盐

图 5 2009 年石洞口邻近海域无机氮和活性磷酸盐平面分布

2005—2009 年,排污口邻近海域沉积物中有机质、硫化物、石油类、Pb、Cd、Cr、Hg、As 的标准指数范围为 0.03 ~ 0.38(表 6),均符合第三类标准,满足排污口邻近海域功能区沉积物质量要求,标准指标从高到低居前 3 位的是 Pb、有机质和 Cd。

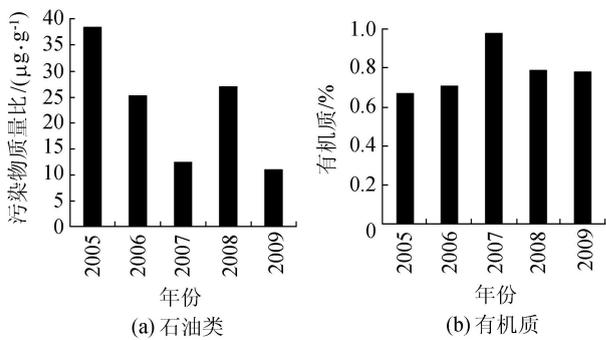


图 6 2005—2009 年主要沉积物含量的变化情况

### 2.2.3 底栖环境质量

2005—2009 年,排污口邻近海域共鉴定出大型底栖生物 5 ~ 17 种,大型底栖生物的检出率大于 85%,以 2006 年检出底栖生物种最多,其余 4 年的底栖生物种类数量比较稳定。优势种主要为河蚬、钩虾 Sp.、圆锯齿吻沙蚕、寡鳃齿吻沙蚕和丝异须虫。排污口邻近海域的大型底栖生物状况基本稳定,未出现大的波动,优势种也未发生大的变化。

表 7 2005—2009 年石洞口排污口邻近海域大型底栖生物检出情况

年份	种类	优势种
2005	7	寡毛类(未定种)、寡鳃齿吻沙蚕、河蚬
2006	17	甲壳类(钩虾 Sp.)、多毛类(寡鳃齿吻沙蚕)
2007	5	河蚬、钩虾 Sp.
2008	7	丝异须虫、圆锯齿吻沙蚕、河蚬
2009	9	河蚬、钩虾 Sp.、圆锯齿吻沙蚕、丝异须虫

## 3 结论与建议

2005—2010 年,市政排污口以其 45% 的数量贡献了上海市平均 80% 的人海污水排放量,说明上海市陆源入海排污口的主要污染源来自于市政排污口,但工业排污口的污染程度要比市政排污口严重得多,工业排污口的有毒有害污染物排放形势更为严峻,因此,对于工业排污口的管理应予以加强。

在通过排污口排放入海的污染物中,以 COD 入海排放量最大,占年平均总排放量的比例高达 54.89%;其次是悬浮物排放量,占 32.93%;NH<sub>3</sub>-N 占 10.98%。这 3 项污染物(指标)的占年总排放量的比例合计占 98.80%。而在超标排放污染物的排污口中,超标率超过 50% 的污染物分别为 COD、NH<sub>3</sub>-N、TOC、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P、悬浮物。在节能减排“十二五”规划中,COD、NH<sub>3</sub>-N 是重要的控制指标,本文的分析表明,至少在 2005—2010 年间,COD、NH<sub>3</sub>-N 仍然是陆源入海排污中总量较大且超标率较高的两项指标。在已经开始的“十二五”规划实施中,迫切需要加强对排放上述污染物的管理。

在对排污口邻近海域 19.33 km<sup>2</sup> 的海洋环境监测中发现,所有监测站位水体中营养盐含量均超第四类海水水质标准,且从排污口附近海域向外海方向浓度呈非常明显的梯度大幅度降低,这与文献[8]所得到的结论相一致。沉积物质量均符合排污口邻近海域质量要求说明排污口污水排放对邻近海域水质存在一定程度的影响,但尚未发现对沉积物造成明显的影响。石洞口邻近海域大型底栖生物状况基本稳定,而相邻的杭州湾周边海域的底栖生物生存环境破坏逐年加剧<sup>[9]</sup>,与之相比,石洞口附近的陆源排污尚未对其邻近海域大型底栖生物产生明显的影响。

### 参考文献:

- [1] 国家统计局. 第一次全国人口普查公报[R]. 北京: 国家统计局, 1954.
- [2] 国家统计局. 第六次全国人口普查主要数据公报(第二号)[R]. 北京: 国家统计局, 2010.
- [3] 胡英. 城镇化进程中: 农村向城镇转移人口数量分析[J]. 统计研究, 2003(7): 20-24. (HU Ying. Analysis on numbers of population transfers from rural area to urban area during urbanization[J]. Statist Research, 2003(7): 20-24. (in Chinese))
- [4] 国家环境保护部. 2012 年中国环境状况报告[R]. 北京: 国家环境保护部, 2012.
- [5] LI Daoji, DAG D. Ocean pollution from land-based sources: East China Sea[J]. Ambio, 2004, 33(1/2): 107-113.
- [6] 上海市海洋局. 2005 年上海市海洋环境质量公报[R]. 上海: 上海市海洋局, 2005.
- [7] 上海市海洋局. 2009 年上海市海洋环境质量公报[R]. 上海: 上海市海洋局, 2009.
- [8] 陈慧敏, 孙承兴, 仵彦卿. 上海海域污染源分析及控制对策[J]. 水资源保护, 2011, 27(2): 70-79. (CHEN Huimin, SUN Chengxing, WU Yanqing. Analysis of pollutant sources in Shanghai Sea and control countermeasures[J]. Water Resources Protection, 2011, 27(2): 70-79. (in Chinese))
- [9] 周燕, 龙华, 余骏. 应用大型底栖动物污染指数评价杭州湾潮间带环境质量[J]. 海洋环境科学, 2009, 28(5): 473-481. (ZHOU Yan, LONG Hua, YU Jun. Assessment on environmental quality in tideland of Hangzhou Bay by macrozoobenthos pollution index[J]. Marine Environmental Science, 2009, 28(5): 473-481. (in Chinese))

(收稿日期: 2013-04-28 编辑: 高渭文)