

长江口区水中的汞*

张淑美 郑舜琴 庞学忠

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

关键词 溶解汞, 颗粒汞, 总汞

提要 本文报告了1985年8月和1986年3月长江口区表层水中溶解汞、颗粒汞和总汞的含量及分布。并讨论了长江水与海水混合过程中汞的行为。

为预测三峡工程建成后对长江下游及长江口海域生态环境的影响, 我们从汞在该海域的分布情况、迁移和转化规律、自净能力、入海通量等方面进行了探讨。

一、材料和方法

1985年8月和1986年6月乘“金星二号”科学考察船从长江口27个站位(图1)采集了表层水样。

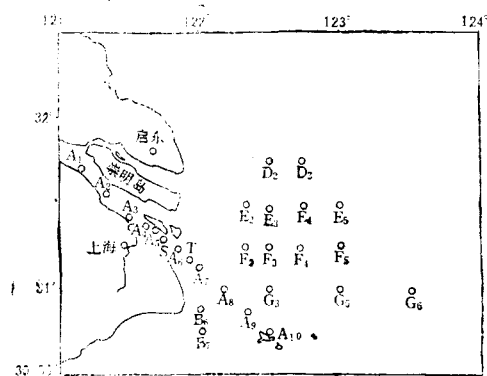


图1 站位图

Fig. 1 Locations of sampling station

水样采集后, 立即用 $0.45\mu\text{m}$ 聚醋酸纤维膜过滤, 滤膜及悬浮体保存于培养皿中, 滤液转移到试剂瓶内, 加混合酸使pH为1; 对盐度低于10‰的水样加NaCl作保护剂。水样用高锰酸钾消化, 悬浮体用硝酸—硫酸—高锰酸钾—

过硫酸钾消化, 用盐酸羟胺还原过量氧化剂, 消化后的样品在YYG-2型冷原子荧光测汞仪上进行测定^[1,2]。方法的检出限为 $0.001\mu\text{g/L}$, 精密密度对 $0.08\mu\text{g/L}$ 海水浓度为 $\pm 2.4\%$ 。

二、结果和讨论

1985年8月(丰水期)和1986年3月(枯水期)两个航次长江口区表层水中溶解汞、颗粒汞和总汞含量列于表1。

1. 溶解汞的分布

表1表明, 二航次长江口海域表层水中溶解汞的浓度, 除1985年8月吴淞口以下 A_4 — A_9 , B_6 和 B_7 诸站及1986年3月 A_5 站因受城市排污影响偏高外, 其它站位在丰水期、枯水期, 在长江下游河口区和长江口海区变化范围均为 0.001 — $0.010\mu\text{g/L}$, 各站位变化不大, 具有相对的均匀分布, 这与其它河口的情况一致^[4]。

2. 颗粒汞的分布

1985年8月长江下游河口区(A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , S , A_6 , T 站)颗粒汞含量为 0.012 — $0.022\mu\text{g/L}$, 平均为 $0.016\mu\text{g/L}$, 长江口海区颗粒汞含量为 0.001 — $0.005\mu\text{g/L}$, 平均为 $0.003\mu\text{g/L}$; 1986年3月长江下游河口区各站颗粒汞含量为 0.043 — $0.107\mu\text{g/L}$, 平均为 $0.065\mu\text{g/L}$ 。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1637号。

表 1 长江口区表层水中溶解汞、颗粒汞和总汞含量
Tab. 1 Dissolved, particulate and total mercury contents of surface water
in Changjiang River estuary

时间	1985 年 8 月				1986 年 3 月				
站 位	溶解汞 ($\mu\text{g/L}$)	颗粒汞 ($\mu\text{g/L}$)	总汞 ($\mu\text{g/L}$)	盐度 (‰)	溶解汞 ($\mu\text{g/L}$)	颗粒汞 ($\mu\text{g/L}$)	总汞 ($\mu\text{g/L}$)	盐度 (‰)	COD (mg/L)
A ₁	0.002	0.016	0.018	0	0.002	0.046	0.048	1.398	1.60
A ₂	0.006	0.018	0.024	0	0.001	0.043	0.044	0.831	1.27
A ₃	0.001	0.019	0.020	0	0.001	0.053	0.054	0.404	1.68
A ₄	0.020	0.022	0.042	0	0.001	0.049	0.050	0.494	1.91
A ₅	0.018	0.018	0.036	0	0.027	0.054	0.081	0.493	2.21
S	0.026	0.013	0.039	0	0.001	0.058	0.059	1.878	2.45
A ₆	0.024	0.012	0.036	0	0.002	0.107	0.109	2.768	3.70
T	0.015	0.016	0.031	0	0.003	0.101	0.104	5.194	3.46
A ₇	0.006	0.004	0.010	3.069	0.004	0.047	0.051	10.442	3.01
A ₈	0.023	0.004	0.027	6.200	0.001	0.077	0.078	18.018	3.77
A ₉	0.015	0.002	0.017	10.495	0.001	0.001	0.002	22.970	0.67
A ₁₀	0.005	0.002	0.007	24.310	0.005	0.001	0.006	27.435	0.54
B ₆	0.017	0.005	0.022	5.180	0.002	0.032	0.034	24.827	1.68
B ₇	0.015	0.001	0.016	6.266	0.001	0.020	0.021	21.535	1.28
D ₂	0.001	0.003	0.004	22.554	0.001	0.005	0.006	31.169	0.70
D ₃	0.001	0.003	0.004	20.070	0.003	0.002	0.005	32.227	0.47
E ₂	0.001	0.004	0.005	10.338	0.001	0.011	0.012	28.378	0.89
E ₃	0.001	0.004	0.005	14.446	0.006	0.001	0.007	31.669	0.61
E ₄	0.005	0.004	0.009	15.024	—	0.003	0.003	—	—
E ₅	0.010	0.004	0.014	18.721	0.004	0.001	0.005	33.533	0.39
F ₂	0.003	0.004	0.007	10.140	0.001	0.003	0.004	18.223	1.28
F ₃	0.003	0.003	0.006	11.122	0.002	0.005	0.007	21.218	1.36
F ₄	0.006	0.005	0.011	14.924	0.002	0.002	0.004	33.621	0.39
F ₅	0.007	0.004	0.011	25.469	0.001	0.002	0.003	33.608	0.34
G ₆	0.005	0.004	0.009	11.683	0.002	0.004	0.006	21.223	0.90
G ₅	0.004	0.001	0.005	26.074	0.004	0.002	0.006	32.001	0.39
G ₆	0.002	0.002	0.004	32.998	0.004	0.002	0.006	33.741	0.51

长江口海区颗粒汞含量为 0.001—0.077 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.010 $\mu\text{g/L}$ 。结果表明, 不论丰水期还是枯水期, 长江下游河口区水体中颗粒汞浓度远超过长江口海区, 长江口海区颗粒汞的水平分布随距河口距离的增远而明显降低。过去的工作^[3]和这两个航次的调查结果表明, 长江下游河口区及靠近河口区的各站颗粒汞占水体总汞的百分比较高, 分别是, 1983 年 5 月为 67—88%, 平均为 79%; 1985 年 8 月为 33—95%, 平均为 60%, 1986 年 3 月为 67—98%, 平均为 94%。随着与河口距离的增远, 颗粒汞

的百分含量逐渐减少, 如 A 断面的最远一站 A₁₀ 站 1985 年 8 月和 1986 年 3 月颗粒汞含量都下降到 28.6%。这表明颗粒汞是本水域中汞存在和迁移的主要形态。

3. 总汞的分布

1985 年 8 月长江下游河口区水体中总汞含量为 0.018—0.042 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.031 $\mu\text{g/L}$; 长江口海区水体中总汞含量为 0.004—0.027 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.010 $\mu\text{g/L}$, 1986 年 3 月长江下游河口区水体中总汞含量为 0.044—0.109 $\mu\text{g/L}$, 平均为 0.069 $\mu\text{g/L}$; 长江口海区水体中总汞

含量为 $0.002-0.078 \mu\text{g/L}$, 平均为 $0.015 \mu\text{g/L}$ 。各站水体中总汞含量分布和颗粒汞的分布一致, 长江下游河口区比长江口海区高, A_1-T 站总汞含量又远高于其他各站, 这是江水在入海口处受上海市西区和南区两个污水总管排放污水及沿岸工厂排污的严重影响造成的。其它站位的水平分布随距河口区距离的增远而明显降低(如图 3)。但 B_6, B_7 二站总汞含量偏高, 是受芦潮港河口和中港排污影响引起的。长江口区局部区间存在着不同程度的汞污染, 但都未超过国家规定海水水质标准。

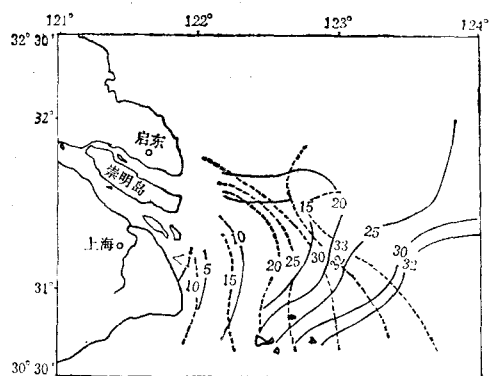


图 2 盐度分布(1985 年 8 月, 1986 年 3 月)

Fig. 2 The distribution of the salinity of sea water (Aug 1985, Mar 1986)

—— 1985 年 8 月 ($S_{\text{‰}}$); ---- 1986 年 3 月 ($S_{\text{‰}}$)

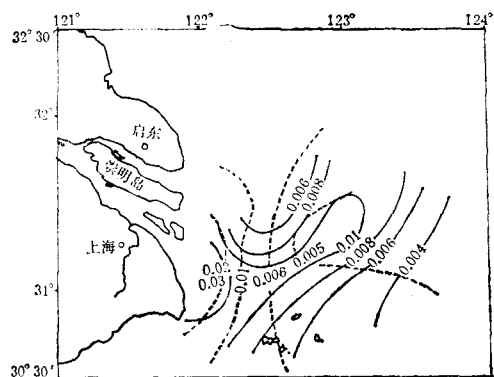


图 3 水体中总汞分布(1985 年 8 月, 1986 年 3 月)

Fig. 3 The distribution of total mercury contents in sea water (Aug 1985, Mar 1986)

—— 1985 年 8 月(总汞); ---- 1986 年 3 月(总汞)

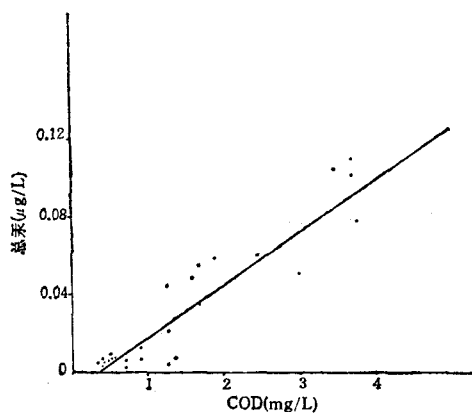


图 4 水体中总汞和 COD 的关系

Fig. 4 The relation of total mercury contents with COD in sea water

图 2¹⁾、3 表明, 水体中总汞含量随盐度升高而降低, 按回归分析计算结果呈负相关。其回归方程分别为:

$$T_{(1985.8, \text{总汞})} = 0.026 - 0.001S$$

$n = 27, r = -0.750$, 置信度 99% 时的 r 临界值为 0.470。

$$T_{(1986.3, \text{总汞})} = 0.070 - 0.002S$$

$n = 26, r = -0.796$, 置信度 99% 时的 r 临界值为 0.478。

我们又将 1986 年 3 月水体中总汞对相应的 COD 值²⁾进行相关分析(1985 年 8 月 COD 值未测定), 二者呈正相关, 见图 4。

$$T_{(\text{总汞})} = -0.010 + 0.029C_{(\text{COD})}$$

$n = 26, r = 0.921$, 置信度 99% 时的 r 临界值为 0.470。

以上结果表明, 水体中汞的存在与溶解颗粒有机物密切相关, 汞的迁移与载体的化学性质有关外, 也受液相的理化条件控制。当长江从淡水区进入咸淡水混合区后, 由于水的化学环境和动力状况的变化, 水体中的汞发生着复杂的物理、化学过程, 随着悬浮颗粒物凝聚、沉降转移到沉积相, 使水体中的汞含量逐渐降低到大洋水平, 这是长江口水域水体中汞的

1) 盐度由马锡年、李全生、沈万仁同志提供, 特此致谢。

2) COD 值由黄华瑞等同志提供, 特此致谢。

自净过程。

1985 年 8 月(丰水期)单位水体中总汞含量及颗粒汞占总汞含量的百分比都比 1986 年 3 月(枯水期)低,造成这一结果的原因,一方面由于枯水期江水流量减少而使入海段的稀释扩散不够,陆源排污引起了局部水域汞含量增高;另一方面 1986 年 3 月采样正值大风浪过后,涌浪引起沿岸海区表层沉积物的再悬浮。尽管如此,根据大通站水文资料 1985 年 8 月和 1986 年 3 月的长江月平均流量(分别为 33800 和 12290 m³/s)计算长江向河口海区输入总汞的月平均速率,得到丰水期(1985 年 8 月)为 2.7t/月,仍比枯水期(1986 年 3 月) 2.2t/月高。由此看出,长江汞的人海通量主要取决于长江入海的径流量。

以大通站为例,三峡建库后经水库调节 1—5 个月,长江下泄量有所增加,平均增加 4.5%,约为 5 个月年际变化的 1/20; 6—9 月下泄量与天然情况相同; 10 月下泄量减少 8.2%,占年际变化的 1/13。由此可见,三峡工程建成后年内仅水量分配有所变化,且入海径流量增减的相对变化不大,因此汞对长江生态环境不致产生明显影响。

综上所述,虽然长江口区 A₄—T 站因受长江口西区和南区污水总管排污的严重影响,及

B₆, B₇ 站受芦潮港和中港排污影响,使水体总汞含量偏高,在局部区域存在一定程度的汞污染,但总汞含量范围在 0.002—0.109 μg/L, 均在国家规定的海水水质标准范围之内。河口区水体中颗粒汞占总汞的 33—98% 的结果表明,颗粒汞是水体中汞存在和迁移的主要形态。总汞与 COD 呈正相关、与盐度呈负相关的关系表明,水体中汞的迁移与转化和载体的化学组成有关,水体中有机颗粒物对水体中汞的转移起主导作用。长江汞的人海量主要决定于长江的人海径流量,而三峡工程建成后长江入海年径流量变化不大,仅年内分配有所变化,且春秋两季江水下泄量,相对增减量分别仅占年际变化的 1/20 和 1/13,因而汞对长江的生态环境不致产生明显影响。

主要参考文献

- [1] 郑舜琴、张淑美, 1985. 渤海湾沉积物中的汞。海洋与湖沼 16(2): 121—126。
- [2] 张淑美、郑舜琴, 1984. 不同载气对冷原子荧光法直接测定海水中的痕量汞的影响。海洋科学 (6): 23—25。
- [3] 郑舜琴、张淑美, 1986. 长江下游及长江口海域中汞的分布。海洋科学 10(6): 22—24。
- [4] D. Cossa and J. Noel, 1987. Concentration of mercury in near shore surface water of the Bay of Biscay and in the Gironde estuary. Marine chemistry 20 (4): 389—396。

MERCURY IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY WATER*

Zhang Shumei, Zheng Shunqin and Pang Xuezhong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

Key Words: Dissolved mercury, Particulate mercury, Total mercury

Abstract

The concentration and distribution of dissolved, particulate and total mercury in the surface water of Changjiang River Estuary was studied in Aug., 1985 and Mar., 1986 and behavior of mercury during mixing of the Changjiang River water with seawater was also discussed.

* Contribution No. 1637 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.