

文章编号: 1004 - 7271(2000)03 - 0200 - 04

## 杭州湾漕泾沿岸水化学状况

臧维玲<sup>1</sup>, 江敏<sup>1</sup>, 戴习林<sup>1</sup>, 蔡云龙<sup>1</sup>, 朱正国<sup>1</sup>, 支利蓉<sup>1</sup>, 徐桂荣<sup>2</sup>

(1. 上海水产大学渔业学院, 上海 200090; 2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

**摘要:** 本文报道了1999年1月-5月杭州湾畔金山漕泾地区用于水产养殖的河口沿岸水化学状况: 总含盐量( $16.09 \pm 2.17$ )g/L; 碱度( $1.61 \pm 0.61$ )mmol/L; pH值为 $8.00 \pm 0.12$ ; 阴阳离子中含量最高者分别为( $8.37 \pm 1.23$ )g/L的 $\text{Cl}^-$ 与( $5.05 \pm 0.72$ )g/L的 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ , 为典型河口区水质特点。属海水水质类型, 即氯化水、钠组、Ⅲ型( $\text{Cl}^-$ )。常规水质指标如下:  $\text{N}_\text{T}$ 为( $2.01 \pm 0.40$ )mg/L, 其中 $\text{NH}_3 - \text{N}_\text{T}$ 占52.9%,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 占46.6%,  $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 占0.5%; 有效磷 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 含量为( $0.021 \pm 0.010$ )mg/L; 氮磷比( $\text{N/P}$ ) = 212(原子比); 化学需氧量( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )为( $10.59 \pm 1.42$ )mg/L; 五日生化需氧量( $\text{BOD}_5$ )为( $1.52 \pm 0.67$ )mg/L; 溶解氧(DO)平均值为( $8.29 \pm 0.68$ )mg/L。

**关键词:** 沿岸; 水化学; 有效氮; 有效磷

中图分类号: 9912 文献标识码: A

## Hydrochemistry of the coast along Caojing, Hangzhou Bay

ZANG Wei-ling<sup>1</sup>, JIANG Min<sup>1</sup>, DAI Xi-lin<sup>1</sup>, CAI Yun-long<sup>1</sup>, ZHU Zheng-guo<sup>1</sup>, ZHI Li-rong<sup>1</sup>, XU Gui-rong<sup>2</sup>

(1. Fisheries College, SFU, Shanghai 200090, China; 2. Shencao Especial Fisheries Culture Company of Shanghai, Shanghai 201507, China)

**Abstract:** Hydrochemistry of the coast along Caojing, Hangzhou Bay was studied from January to May in 1999. The results are summarized as follows: Total salt content was about  $16.09 \pm 2.17$ g/L; Alkalinity was  $1.61 \pm 0.61$ mmol/L; pH was  $8.00 \pm 0.12$ .  $\text{Cl}^-$  ( $8.37 \pm 1.23$ g/L) and  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ( $5.05 \pm 0.72$ g/L) were the richest among those anion and cation ions, thus water of this area had obvious estuary characteristics and subordinated to seawater style, namely  $\text{Cl}^-$  type. Contents of effective nitrogen ( $\text{N}_\text{T}$ ) in the area were rich,  $\text{N}_\text{T}$  content reached  $2.01 \pm 0.40$ mg/L, in which  $\text{NH}_3 - \text{N}_\text{T}$  amounting to 52.9%;  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  amounting to 46.6% and  $\text{NO}_2^- - \text{N}$  amounting to 0.5%; Content of effective phosphorus was  $0.021 \pm 0.010$ mg/L; N/P was 212; the chemical oxygen consumption ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) was  $10.59 \pm 1.42$ mg/L;  $\text{BOD}_5$   $1.52 \pm 0.67$ mg/L. Dissolved oxygen was  $8.29 \pm 0.68$ mg/L.

**Key words:** coast; Hydrochemistry; effective nitrogen; effective phosphorus

河口区是陆地、海洋和大气之间各种过程相互作用最活跃的水域, 这里的环境和生态系统受到来自陆地和海洋双重作用的影响。全球有二分之一左右的工业城市坐落在河口及邻近地区, 优越的自然条件给城市的发展带来了机遇, 但城市发展的同时反过来给它们赖以发展的河口区及邻近海域造成了严重污染<sup>[1]</sup>。我国也一样, 1993年以来, 我国大部分地区养殖的中国对虾发生前所未有的暴发性流行病, 中国对虾大面积死亡。地处杭州湾北岸的上海郊区(金山、南汇、奉贤等)的养殖场也不例外。至今中国

收稿日期: 2000 - 06 - 02

作者简介: 臧维玲(1938 - ), 女, 上海人, 教授, 现从事渔业水域环境保护方面的研究工作。

对虾养殖未走出低谷,而其它水产品养殖也有不同程度的病害发生。水质作为水产养殖的关键因素之一,近些年为人们所关注,对于杭州湾北岸潮间带的水质状况曾有人作过调查<sup>[2]</sup>。但近年来未见报道。处于杭州湾畔养殖用水正是来自潮间带,其排放的废水常随潮水涨落又反复被纳入贮水河作为养殖用水,有关这一水域的水化学状况报道较为罕见。因此,调查研究海湾沿岸水域水化学状况,对发展沿海海水养殖甚为重要。为此,于1999年1月-5月对杭州湾畔漕泾地区海水养殖取水的沿岸河口水进行了水化学指标的分析测定,为今后更好地开展养殖工作提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 取样时间与地点

选取金山区漕泾上海申漕特种水产品开发公司养殖用水贮水河闸门外水域为采样点(见图1),于每月大、小潮高潮、水深1-2m处取样分析测定。

### 1.2 测定内容与方 法

pH用pHB-4型酸度计测定,用海水比重计测定现场比重,盐度由不同温度下比重盐度公式换算,溶解氧(DO)与五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)用叠氮化钠碘量法测定<sup>[3,4]</sup>,化学需氧量(COD)用碱性高锰酸钾法测定<sup>[3]</sup>,硬度及硫酸根离子用络合法测定<sup>[5]</sup>,碱度(A)用酸直接滴定法<sup>[6]</sup>,氯离子(Cl<sup>-</sup>)以容量沉淀法测定<sup>[5]</sup>,钠钾(Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>)用阿列金差减法计算求得<sup>[7]</sup>,总氨氮(NH<sub>3</sub>-N<sub>t</sub>)与亚硝基氮(NO<sub>2</sub>-N)及硝酸氮(NO<sub>3</sub>-N)用比色法测定<sup>[6]</sup>,非离子氨氮(NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub>)根据文献提供方法计算得到<sup>[8]</sup>;可溶性磷用磷钼蓝比色法测定<sup>[6,9]</sup>。



图1 杭州湾漕泾示意图

Fig.1 The sketch map of Caojing, Hangzhou Bay

## 2 结果与讨论

### 2.1 主要化学成分含量及分析

#### 2.1.1 水质类型

杭州湾漕泾地区沿岸水分析测定结果列于表1。由表1可知,阴、阳离子含量最高者分别为Cl<sup>-</sup>和Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>,且HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup><Mg<sup>2+</sup>+Ca<sup>2+</sup>,据阿列金分类法<sup>[7]</sup>,漕泾地区沿岸河口水属海水类型,即Cl<sub>1</sub><sup>海</sup>,氯化水,钠组,Ⅲ型。

#### 2.1.2 pH及盐度变化

表1表明,今年1月-5月,水温由3.5℃升至23.8℃,温度变化达20.3℃。这样大的温度变化范围,pH的变化幅度却很小,最小值为7.84,最大值为8.16,平均为8.00±0.12。这与有关资料报道相一致<sup>[2]</sup>。pH变化如此之小,主要取决于海水中二氧化碳体系的缓冲作用。根据公式求得河口区表征水体缓冲能力的缓冲容量(β)为0.1~0.3mmol/L,其中40%水样的β为0.2~0.3mmol/L,略低于大洋水的缓冲容量(约0.4mmol/L)<sup>[10]</sup>。如此稳定的酸碱性环境有利于河口区生物的生长、繁衍。

由表1可知,河口水盐度变化幅度很大。仅4、5月,盐度变化由11.68升至18.74,最大值与最小值差7.06,此符合一般河口水盐度变化特点。1999年的盐度为近年来最高值,平均值为15.4;而1998年,因长江发冬汛,盐度降至近年来冬季的最低值,仅为6.5<sup>①</sup>,而且有资料<sup>[11]</sup>指出:河口水主要受大陆径流

影响,河口区潮间带淡水平衡不稳定,不同年份各月降水径流量差异很大,同时海洋环流各年情况不同,所以表面盐度年变化每年都不尽相同,极值出现时间也不稳定,不象温度那样规律性强。可见,河口区盐度变化相当复杂。

表1 1999年1月-5月河口区沿岸水质指标测定结果

Tab.1 Analytical results of coastal water quality in estuary from January to May in 1999

采样日期	1.13	2.28	3.4	3.9	4.3	4.8	5.2	5.5	5.25	5.31
水温(°C)	3.5	8.5	11.6	8.6	12.8	14.5	19.0	20.0	21.0	23.8
pH	7.88	8.07	8.11	7.88	8.14	8.16	8.10	7.95	7.90	7.84
比重	1.0140	1.0072	1.0135	1.0145	1.0140	1.0145	1.0115	1.0115	1.0102	1.0090
ΣGi(g/L)	17.0	11.1	16.7	17.8	17.2	16.4	15.6	15.6	13.1	13.6
DO(mg/L)	-	-	8.84	9.36	8.51	8.61	8.28	7.59	7.88	7.28
COD(mg/L)	9.24	-	10.67	11.05	8.11	9.93	11.48	10.69	13.17	10.97
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	-	-	1.96	2.55	-	1.86	1.62	1.27	0.84	-
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> (mg/L)	5598.4	3584.9	5477.3	5828.1	5675.6	5393.7	5127.8	5199.9	4299.0	4443.8
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	221.24	179.56	227.65	239.68	224.45	214.83	205.74	203.07	173.68	176.35
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	653.72	434.19	644.97	689.55	642.04	625.18	575.57	578.82	486.40	507.48
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	9408.4	6108.7	9235.2	9812.4	9331.4	9013.9	8302.1	8302.1	6993.7	7186.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	1068.10	686.83	1048.98	1147.92	1283.36	1087.40	1252.62	1234.37	1024.96	1112.86
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	68.07	88.54	70.41	68.07	66.65	59.92	149.05	137.26	122.73	147.12
A(ammol/L)	1.12	1.46	1.16	1.12	1.10	0.99	2.46	2.26	2.02	2.42
水质类型	● <sub>16.2</sub> <sup>64.8</sup>	● <sub>11.7</sub> <sup>44.7</sup>	Cl <sub>16.7</sub> <sup>64.4</sup>	Cl <sub>17.6</sub> <sup>88.7</sup>	Cl <sub>17.9</sub> <sup>64.0</sup>	Cl <sub>18.7</sub> <sup>62.0</sup>	Cl <sub>16.2</sub> <sup>56.7</sup>	Cl <sub>17.3</sub> <sup>57.7</sup>	Cl <sub>14.7</sub> <sup>48.7</sup>	Cl <sub>13.7</sub> <sup>50.5</sup>

2.1.3 溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)与五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)

从表1看出,河口区DO随温度升高,其含量递减,而溶氧饱和度呈递增趋势,变化幅度在88.0%~97.4%之间。化学需氧量(COD)随温度升高呈递增趋势,变化范围为8.11~13.17mg/L,平均为(10.59±1.42)mg/L,按通常将化学需氧量达到13~15mg/L的水即属肥水的标准<sup>[5]</sup>,则此处河口水已接近肥水标准。海水水质标准对渔业和海水养殖用水中COD的要求为小于3mg/L,如此高的COD,对于养殖与苗种培育均不利。如用于育苗,必须进行净化处理,否则难以取得良好效果。五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)变化范围为0.84~2.55mg/L,平均值为1.52mg/L,尚符合渔业水质标准<sup>[10]</sup>。

2.1.4 常量离子变化特点

表2列出漕泾河口区常量离子含量的均值及大洋水常量离子含量。由表2可知,由于受河水的影响,河口水主要离子的含量失去了海水的特点,特别是失去了海水所具有的常量成分恒定性原理这一重要特征<sup>[10]</sup>。尽管河口水主要离子绝对含量与大洋水相差甚大,但各离子含量大小顺序与海水相一致,阴离子大小顺序为Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,阳离子为Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup>。

表2 漕泾沿岸水及大洋水常量离子含量均值

Tab.2 Average contents of constant ions of coastal water along Caojing and ocean water g/L

	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
河口水	5.054	0.207	0.584	8.369	1.095	0.098
大洋水	11.147	0.413	1.294	19.353	2.712	0.142

可见,河口水受海水影响超过河水,故仍属海水类型。

2.2 氮磷营养元素

表3列出1999年3月至5月,杭州湾北岸漕泾地区闸外附近营养元素含量及均值。表3表明,漕泾地区河口水有效氮含量丰富,三态氮总量(N<sub>t</sub>)均值为(2.01±0.40)mg/L,其中总氨氮(NH<sub>3</sub>-N<sub>t</sub>)占总氮(N<sub>t</sub>)的52.9%,硝酸氮占46.6%,亚硝基氮占0.5%。总氨氮和硝酸氮含量都很高,这与有关资料调查结果一致<sup>[2]</sup>。而根据文献[12]关于长江口外东海区营养元素含量数据统计可知,总量(N<sub>t</sub>)为0.140mg/L,总氨氮占35%,硝酸氮占60%,亚硝基氮占5%,两个区域总氮含量悬殊,而且总氨氮和硝酸氮占总氮比例大小正好相反,由此可见,河口区近岸有效氮含量有其不同于外海的特点。

表3 1999年3月-5月漕泾沿岸水营养元素含量  
Tab.3 Contents of nutrient elements of coastal water along Caojing from March to May in 1999 mg/L

	3.4	3.9	4.3	4.8	5.2	5.5	5.25	5.31	平均值
$N_i$	1.58	2.88	1.69	1.97	1.95	2.21	2.02	1.82	$2.01 \pm 0.40$
$NO_2^- - N$	0.506	0.498	0.758	0.973	1.022	1.213	1.340	1.196	$0.938 \pm 0.322$
$NO_3^- - N$	0.014	0.008	—	0.005	0.019	0.008	0.010	0.014	$0.010 \pm 0.006$
$NH_3 - N_i$	1.060	2.370	0.933	0.995	0.907	0.985	0.673	0.607	$1.016 \pm 0.550$
$NH_3 - N_m$	0.019	0.009	0.026	0.027	0.037	0.052	0.025	0.025	$0.028 \pm 0.013$
$PO_4^{3-} - P$	0.014	0.020	0.015	0.018	0.018	0.013	0.025	0.045	$0.021 \pm 0.010$

注:“—”为未检出

有效氮含量如此之高,一部分是由于河水携带所致<sup>[13]</sup>,再就是河口区水产养殖大量排水造成。养殖用水的排换都集中在潮间带,而地处杭州湾北部的河口区符合盐楔型河口港湾环流模式<sup>[14]</sup>,且为强潮汐区,海湾中海水来回运动,不易输入海洋,因而养殖排放水中携带的大量有机物(包括生物尸体、排泄物、残饵等)便聚于河口区;大量有机物分解,致使水体  $NH_3 - N$  和  $NO_2^- - N$  含量较高,且高浓度  $NH_3 - N_m$  和  $NO_2^- - N$  对养殖生物有毒害作用,能诱发生物疾病<sup>[15]</sup>。

该地区可溶性磷含量较低,平均为  $(0.021 \pm 0.010) \text{mg/L}$ ,  $N/P = 212$ (原子比)。胡明辉和杨逸萍<sup>[16]</sup>曾提出,长江口水域中, $N/P$  为 40~150,而海洋生物和大洋水氮磷比通常约为 16。当  $N/P > 30$  时,三角褐指藻等多种浮游植物生长均受到磷含量过低的限制。可见河口区氮磷含量的比例严重失调,处于非最佳状态。

综上所述,杭州湾漕泾地区河口水属海水类型,盐度变化复杂,pH 较稳定,COD 与三态氮含量均较高,且氨氮( $NH_3 - N_i$ )占比例最大,有效磷缺乏。故该处河口水遭到一定程度的污染。

### 3 结语

(1)常量成分含量。主要离子中,阴、阳离子含量最高者分别为  $Cl^-$  和  $Na^+ + K^+$ ,1999年1月-5月平均值分别为  $(8.37 \pm 1.23) \text{g/L}$  和  $(5.05 \pm 0.72) \text{g/L}$ ,水质属海水类型( $Cl^-_{Na}$ )。  $\sum Ci = (16.09 \pm 2.17) \text{g/L}$ ,  $A = (1.61 \pm 0.61) \text{mmol/L}$ 。

(2)pH 与盐度。河口水缓冲能力较强,pH 稳定。盐度与气候变化密切相关。

(3)三态氮含量丰富、有效磷缺乏。 $N_i = (2.01 \pm 0.40) \text{mg/L}$ ,  $NH_3 - N$  占 52.9%,  $NO_3^- - N$  占 46.6%,  $NO_2^- - N$  占 0.5%,  $PO_4^{3-} - P = (0.021 \pm 0.010) \text{mg/L}$ ,  $N/P = 212$ ,比例严重失调。

### 参考文献:

- [1] 陈宗团,江毓武,徐立,等.河口及近岸海域环境污染研究动态[J].海洋通报,1997,16(6):86-89.
- [2] 中国海岸带办公室《海水化学调查报告》编写组.中国海岸带和海涂资源综合调查专业报告集(海水化学调查报告)[R].北京:海洋出版社,1990.180-182,188-198.
- [3] 中国医学科学院卫生研究所.水质分析法[M].北京:人民卫生出版社,1979.161-167.
- [4] Alsterberg, G. Method for the determination of dissolved oxygen in water in the presence of nitrous acid[J]. Biochem Zool, 1925,159:36-47.
- [5] 雷衍之,于淑敏,徐捷.无锡市河埭口高产鱼池水质研究[J].水产学报,1983,7(3):185-199.
- [6] 臧维玲.养鱼水质分析[M].北京:农业出版社,1991.44-96.
- [7] 汤鸿霄.用水废水化学基础[M].北京:中国建筑工业出版社,1979.75-76.
- [8] Alabaster J S, Loyd R. Water Quality Criteria for Freshwater Fish(2nd Edit)[M]. Published by Butterworths Cambridge,1982.85-87.
- [9] Atkins W R G, Wilson E G. The phosphorous and arsenic compounds of sea water[J]. J Mar Biol Ass. UK., 1927,14:609-613.
- [10] 陈桂荣,臧维玲,金送笛,等.水化学[M].北京:中国农业出版社,1993.182-183.
- [11] 山东海洋学院海洋热学教研室.海洋学[M].青岛:山东海洋学院出版社,1982.82-85.
- [12] 雷宗友,朱宛中,夏福兴,等.中国海环境手册[M].上海:上海交通大学出版社,1988.553-564.
- [13] 张正斌.海洋化学[M].上海:上海科技出版社,1984.331-332.
- [14] 吴瑜端.海洋环境化学[M].北京:科学出版社,1982.3.
- [15] 臧维玲,江敏,张建达,等.亚硝酸盐和氨对罗氏沼虾幼体的毒性[J].上海水产大学学报,1996,5(1):15-22.
- [16] 胡明辉,杨逸萍.长江口浮游植物生长的磷酸盐限制[J].海洋学报,1989,11(4):439-443.