

杭州湾溶解态的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} *

张力军 陈国华 谢式南 纪红 王渊

(青岛海洋大学化学化工学院 青岛 266003)

摘要 为研究杭州湾河口海水地区性水化学特征,于1994年5月和1993年8月在杭州湾14个大面站和两个连续站采集表层海水水样,对 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 及 S , Cl 等化学要素进行了测定。研究结果表明,与黄河口长江口一样,杭州湾中溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 主要受陆源径流与外海水物理混合稀释的影响,与 Cl 具有良好的线性关系。由于受北岸工业排废水的影响, Ca^{2+} 与 Cl 线性相关比 Mg^{2+} , SO_4^{2-} 稍差。 Mg^{2+} / Cl 比值、 SO_4^{2-} / Cl 比值与大洋水接近;而 Ca^{2+} / Cl 比值比大洋水高;估算了钱塘江 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的人海通量,该数据小于黄河、长江的对应值。

关键词 杭州湾 钱塘江 溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 通量

学科分类号 P734

杭州湾是我国中部一典型的喇叭型河口海湾。作者在测试各化学要素的基础上首次讨论了杭州湾溶解态的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 浓度、平面分布、 Cl 比值及稀释规律等;比较了两连续站水化学性质的异同;估算了 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的人海通量。本文报告了杭州湾海水在淡水混合过程中, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的地区性水化学特征,以期为该海域海水物理化学性质的研究提供科学依据。

1 实验

1.1 样品采集及预处理

1994年5月10日至11日采集了杭州湾海域大面站 b1—b14 表层水样;1994年2月2日采集了 A10(海图4128号站)的表层水样;1993年11月20日采集了钱塘江江水,采水站位坐标见表1。

于1993年8月26日至9月1日在杭州湾的两个连续站采集了大、中、小潮涨落憩时的12个表层水样和2个底层水样。采水站位坐标见表3。

水样密封于5升高密度塑料桶内,空运至实验室后,立即用 $0.45\mu\text{m}$ 滤膜过滤于硬质玻璃瓶中,测定 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , S , Cl 等化学要素。

1.2 分析测定方法

采用 WDA 型相对电导率测定仪, P105 国际标准海水 (IAPSO) 作为定位标准,测定 S , 准确度为 ± 0.001 (陈国华等, 1989)。以银量滴定法¹⁾测定 Cl , 相对标准偏差 $\pm 0.10\%$ 。以

* 国家自然科学基金资助项目, 49376270号。张力军, 女, 出生于1944年7月, 副教授, Fax: 0086-0532-2879091

1) GB12763, 4—91, 海洋调查规范——海水化学要素观测, 国家技术监督局, 1991-03-22批准

收稿日期: 1996-10-21, 收修改稿日期: 1997-05-23

Tsunogai(1968)的络合滴定法测Ca²⁺, 精密度为±0.1%。Olson(1982)等研究证明在正常海水情况下无须对Mg²⁺, Sr²⁺进行校正。本文研究的河口水中Ca²⁺与Mg²⁺, Sr²⁺的比例比正常海水大(赖利等, 1978), 无须进行校正。通过络合滴定(格拉斯霍夫主编, 1976)求得总碱土金属值, 减去Ca²⁺, Sr²⁺, 即为Mg²⁺。相对标准偏差为±0.10%。采用经典的EDTA络合滴定法(陈国珍, 1965)测定SO₄²⁻, 本研究对该方法稍做修改, 用称重代替滴定剂的体积量取, 准确度和精密度都达5×10⁻³。

2 结果与讨论

2.1 杭州湾海水中Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻含量及分布

杭州湾大面站海水(b1—b14)、A10海水、钱塘江水各水样化学要素分析结果见表1。

表1 杭州湾大面站Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻等测定值

Tab.1 Determined values of Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ ect. of Hangzhou Bay wide area stations

样品号	站位		采水时间 (年-月-日)	<i>S</i>	<i>Cl</i> (10 ⁻³)	Ca ²⁺ (10 ⁻³)	Mg ²⁺ (10 ⁻³)	SO ₄ ²⁻ (10 ⁻³)
	N	E						
b1	29° 59'	121° 44'	1994-05-10	26.339	14.568	0.313 3	0.969 6	1.689 6
b2	29° 57'	121° 51'	1994-05-10	26.397	14.582	0.315 1	0.973 4	2.003 5
b3	30° 30'	121° 47'	1994-05-10	20.369	11.173	0.247 7	0.751 6	1.605 7
b4	30° 30'	121° 42'	1994-05-10	18.347	10.105	0.226 7	0.675 2	1.395 1
b5	30° 29'	121° 30'	1994-05-10	14.032	7.732	0.187 6	0.518 8	1.113 0
b6	30° 28'	121° 22'	1994-05-10	12.582	6.952	0.198 5	0.461 1	0.987 6
b7	30° 30'	121° 10'	1994-05-10	12.402	6.820	0.210 3	0.451 6	0.985 1
b8	30° 34'	121° 15'	1994-05-10	12.405	6.886	0.459 9	0.424 9	0.932 7
b9	30° 39'	121° 21'	1994-05-10	12.097	6.643	0.178 5	0.443 5	0.970 9
b10	30° 45'	121° 30'	1994-05-11	12.618	6.899	0.185 3	0.463 5	0.995 3
b11	30° 40'	121° 47'	1994-05-11	14.352	7.871	0.184 4	0.529 6	1.137 6
b12	30° 46'	121° 47'	1994-05-11	13.944	7.681	0.180 9	0.514 4	1.108 4
b13	30° 49'	122° 00'	1994-05-11	18.171	9.982	0.225 6	0.671 5	1.407 7
b14	30° 30'	122° 05'	1994-05-11	23.782	13.072	0.287 6	0.875 2	1.849 7
A10	29° 55'	123° 12'	1994-02-02	34.350	18.957	0.398 5	1.261 2	2.680 4
钱塘江水	钱塘江桥下		1993-11-20	0.079	0.021	0.020 8	0.004 8	0.012 8

用计算机处理数据, 得出杭州湾大面站Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻与*Cl*的拟合方程分别为:

$$\text{Ca}^{2+} = 7.009 \times 10^{-5} + 1.636 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 0.969, n = 13, \text{b8 站舍去})$$

$$\text{Mg}^{2+} = -8.883 \times 10^{-6} + 6.756 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 14) \quad (1)$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 5.352 \times 10^{-5} + 1.357 \times 10^{-1} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 13, \text{b1 站舍去})$$

在我国学者(陈国华等, 1993; 王正方等, 1985)研究工作的基础上, 本文得出黄河口、长江口Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻与*Cl*的关系分别为:

黄河口:

$$\text{Ca}^{2+} = 6.822 \times 10^{-5} + 1.781 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 0.995, n = 26)$$

$$\text{Mg}^{2+} = 1.786 \times 10^{-5} + 6.591 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 0.999, n = 25) \quad (2)$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 1.139 \times 10^{-4} + 1.337 \times 10^{-1} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 10)$$

长江口:

$$\begin{aligned}
 \text{Ca}^{2+} &= 3.424 \times 10^{-5} + 1.968 \times 10^{-2} \text{Cl} & (r = 0.999, n = 11) \\
 \text{Mg}^{2+} &= 2.354 \times 10^{-6} + 6.851 \times 10^{-2} \text{Cl} & (r = 1.000, n = 11) \\
 \text{SO}_4^{2-} &= 5.924 \times 10^{-6} + 1.404 \times 10^{-1} \text{Cl} & (r = 1.000, n = 11)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

公式(1)及图1表明,与我国各大河口区一样,杭州湾调查海区海水中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 与 Cl 之间呈直线正相关趋势,其浓度主要受陆源径流(包括入湾江河水、工业排废水)与外海水物理混合稀释的影响。图2表明,杭州湾大面站 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 与 S 的平面等值线均沿东北-西南走向递变,这与由上海环保局提供数据、原山东海洋学院 1983 年计算的杭州湾 COD 浓度分布图走向一致(俞光耀等, 1988),这种浓度场的分布可能与潮流、径流在科氏力影响下相互作用模式有关。

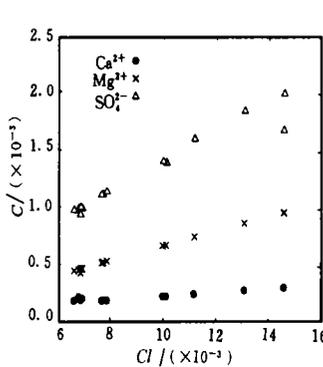


图1 杭州湾大面站 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 与 Cl 的关系

Fig.1 The relationship between Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} and Cl at Hangzhou Bay wide area stations

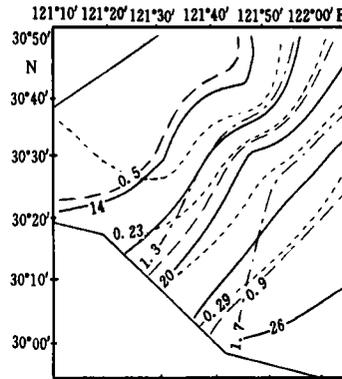


图2 杭州湾大面站 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ($\times 10^{-3}$), S 的平面分布

Fig.2 Horizontal distributions of Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ($\times 10^{-3}$), S at Hangzhou Bay wide area stations
— S ; ---- Ca^{2+} ; - - - Mg^{2+} ; - · - SO_4^{2-}

杭州湾大面站 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 平均比值为 $0.02731 \pm 1 \times 10^{-2}$, $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$ 为 $0.06651 \pm 1.7 \times 10^{-3}$, $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ 为 $0.1402 \pm 7.6 \times 10^{-3}$, 其中 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 比值比大洋水高 28.8%, 而 $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$, $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ 与大洋水接近(赖利等编, 1974)。

表1、式(1)和图1表明,杭州湾 Ca^{2+} 与 Cl 的线性相关性比 Mg^{2+} , SO_4^{2-} 稍差,靠近北岸工业经济发达地区海域的 b7—b10 站位的 Ca^{2+} 值偏高,其中 b8 号站位 Ca^{2+} 含量高达 0.4599×10^{-3} , 尤为异常(故在拟合 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 方程时舍去此点)。b8 站位 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 比大洋水高 214%, 而 $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ 比大洋水低 3.2%, $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$ 比大洋水低 7.6%(赖利等编, 1974), 这可能是由于高 Ca^{2+} 形成 CaSO_4 沉淀, 使 SO_4^{2-} 移出, 而 Ca^{2+} , Mg^{2+} 的共沉淀, 使得 Mg^{2+} 也有移出的缘故。另外,北岸钱桥至乍浦一带近岸水域存在着一系列变动的左旋或右旋的涡, 尤其是金山卫至乍浦一带, 这儿水深, 而涡的存在又不利于高 Ca^{2+} 的扩散和输送(俞光耀等, 1988)。由于受湾北岸工业排废和该海域水交换活跃程度差等原因的影响, 造成了杭州湾 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 较高, Ca^{2+} 与 Cl 的线性相关比 Mg^{2+} , SO_4^{2-} 稍差的结果。

在测定范围内, 根据各河口区的拟合方程计算出对应 Cl 的 Ca^{2+} / Cl 比值见表 2。表 2 表明, 由于黄河水高 Ca^{2+} 陆源的输入使黄河口对应 Cl 的 Ca^{2+} / Cl 比值最高, 杭州湾次之, 低 Cl 区尤其明显。杭州湾 Ca^{2+} / Cl 比值较高的原因也与北岸工业排废的影响有关。

表2 三大河口区的 Ca^{2+} / Cl 比值Tab.2 Ca^{2+} / Cl ratios of three estuary regions

Cl (10^{-3})	黄河口		长江口		杭州湾	
	Ca^{2+} (10^{-3})	Ca^{2+} / Cl	Ca^{2+} (10^{-3})	Ca^{2+} / Cl	Ca^{2+} (10^{-3})	Ca^{2+} / Cl
7	0.192 9	0.027 56	0.172 0	0.024 57	0.184 6	0.026 23
10	0.246 3	0.024 63	0.231 0	0.023 10	0.233 7	0.023 37
13	0.299 8	0.023 06	0.290 1	0.022 31	0.282 8	0.021 75

位于湾口南部近岸边的 b1 站位处于大陆和诸多海岛的交通要道上, 可能由于受甬江径流的影响, 从图 1, 表 1 可以看出它的 SO_4^{2-} 含量明显偏低, 故在 SO_4^{2-} / Cl 的线性拟合中将该点舍去。

两个连续站水样各化学要素分析结果列于表 3。二连续站 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 与 S 均

表3 杭州湾连续站 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 等测定值Tab.3 Determined values of Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} ect. of Hangzhou Bay continuity stations

站位 号	站位坐标		样品 号	采水时间	潮况	水层	S	Cl (10^{-3})	Ca^{2+} (10^{-3})	Mg^{2+} (10^{-3})	SO_4^{2-} (10^{-3})			
	N	E												
1 号	30°27'	121°30'	A5	1993-08-26	13:30	小潮落憩	表层	5.986	3.235	0.092 0	0.221 0	0.448 3		
			A12	1993-08-26	20:00	小潮涨憩	表层	5.746	3.106	0.089 9	0.211 9	0.472 8		
			A9	1993-08-29	13:00	中潮落憩	表层	6.162	3.388	0.093 7	0.226 7	0.498 8		
			A7	1993-08-30	00:00	中潮涨憩	表层	5.931	3.212	0.093 6	0.218 7	0.488 0		
			A14	1993-09-01	08:00	大潮落憩	表层	5.672	3.053	0.089 8	0.207 4	0.463 3		
			A17	1993-09-01	08:00	大潮落憩	底层	5.716	3.086	0.091 8	0.209 5	0.468 1		
									12.8m					
			A3	1993-09-01	13:00	大潮涨憩	表层	5.704	3.093	0.091 4	0.211 5	0.473 8		
A4	1993-09-01	13:00	大潮涨憩	底层	5.782	3.123	0.093 1	0.212 3	0.482 9					
						15.5m								
2 号	30°37'	120°47'	A13	1993-08-26	13:00	小潮落憩	表层	5.877	3.188	0.091 6	0.217 3	0.488 7		
			A15	1993-08-26	20:00	小潮涨憩	表层	11.092	6.067	0.147 7	0.408 7	0.890 8		
			A16	1993-08-29	17:30	中潮落憩	表层	6.198	3.393	0.095 7	0.229 1	0.514 5		
			A8	1993-08-29	23:30	中潮涨憩	表层	9.644	5.305	0.133 0	0.357 0	0.758 0		
			A11	1993-08-31	19:00	大潮落憩	表层	5.563	3.022	0.091 1	0.205 5	0.462 3		
			A6	1993-09-01	00:30	大潮涨憩	表层	10.617	5.822	0.144 8	0.394 0	0.822 4		

随潮汐呈周期性变化, 但 2 号连续站比 1 号站明显。2 号连续站落潮时 Ca^{2+} / Cl , SO_4^{2-} / Cl 比值均比涨潮时大, 符合正常规律。1 号连续站情况恰好相反, 落潮时 Ca^{2+} / Cl , SO_4^{2-} / Cl 比涨潮时略呈降低。以上这些现象可能与它们的余流场结构, 杭州湾北部复杂的地球化学特征相关连(俞光耀等, 1988)。

2.2 钱塘江水 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的入海通量

Garrels 等 (1971) 曾估计, 每年由陆地进入海洋的物质约 $250 \times 10^{14} \text{g}$, 这些物质几乎 85% 都要通过河口环境, 其中溶解态物质形式约有 $170 \times 10^{14} \text{g/a}$ (赖利等, 1978)。钱塘江为注入杭州湾的主要径流, 河长 428km, 年径流量为 $36.4 \times 10^9 \text{m}^3/\text{a}$ (卢金凯等; 1991)。根据钱塘江江水的 S 密度、径流量和河水密度、纯水密度、年径流量可估算出钱塘江入杭州湾的溶解质径流量分别为 $2.87 \times 10^6 \text{t/a}$ 和 $2.21 \times 10^6 \text{t/a}$, 两者数量级相同。钱塘江径流量约占全国入海河流的 2% (程天文等, 1984), 而溶解质径流量约占全国的 0.8%。由于常量元素 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 在杭州湾主要受物理混合稀释的影响, 可直接从钱塘江末端江水 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的浓度乘以径流量来估算 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 入海通量分别为 $0.763 \times 10^6 \text{t/a}$, $0.174 \times 10^6 \text{t/a}$, $0.465 \times 10^6 \text{t/a}$ 。依此也可估算出黄河水, 长江水溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的年入海通量。表 4 中数据表明, 黄河水中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} 浓度明显高, 然后以长江—钱塘江的顺序依次减小。黄河流经黄土高原, 黄土中含有 8%—9% 的 CaO , CaO 和黄河流域地质中白云岩的风化可能是高 Ca^{2+} 的来源, 白云岩的风化和山东西北的地下卤水可能是高 Mg^{2+} 的来源。南方河流流域地质结构多为含难以风化的石英、长石为主的沙岩、沙页岩, 再加上南方降雨量大、植被厚, 土质不易流失等诸多原因, 使得南方河

表4 钱塘江溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 入海通量

Tab.4 The fluxes to the ocean of dissolved Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} in Qiantang River

河流	径流量 ($\times 10^9 \text{m}^3/\text{a}$) (卢金凯等, 1991)	Ca^{2+}		Mg^{2+}		SO_4^{2-}	
		末端浓度 (10^{-3})	通量 ($\times 10^6 \text{t/a}$)	末端浓度 (10^{-3})	通量 ($\times 10^6 \text{t/a}$)	末端浓度 (10^{-3})	通量 ($\times 10^6 \text{t/a}$)
黄河 (陈国华等, 1993)	62.8	0.067	4.20	0.034 7	2.18		
长江 (王正芳等, 1985)	927.9	0.034 8	32.2	0.007 35	6.81		
钱塘江	36.4	0.021	0.763	0.004 8	0.174	0.012 8	0.465

流中 Ca^{2+} , Mg^{2+} 含量较少。

由于钱塘江江水年径流量小, Ca^{2+} , Mg^{2+} 浓度低, 其 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 入海通量明显小于高 Ca^{2+} , 高 Mg^{2+} 的黄河和径流量大的长江。

3 结论

3.1 杭州湾大面站表层水样中溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 与 Cl 呈直线正相关, 实验得出了其拟合方程分别为:

$$\text{Ca}^{2+} = 7.009 \times 10^{-5} + 1.636 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 0.969, n = 13, \text{b8 站舍去})$$

$$\text{Mg}^{2+} = -8.883 \times 10^{-6} + 6.756 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 14)$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 5.352 \times 10^{-5} + 1.357 \times 10^{-1} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 13, \text{b1 站舍去})$$

可见杭州湾海水中 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 主要受陆源径流 (入湾江河水, 工业排废水) 与外海水物理混合稀释的影响。

3.2 杭州湾大面站 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 为 $0.027 31 \pm 1 \times 10^{-2}$, $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$ 为 $0.066 51 \pm 1.7 \times 10^{-3}$, $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ 为 $0.140 2 \pm 7.6 \times 10^{-3}$, $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 比大洋水高 28.8%, $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$, $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ 与大洋水接近。b7—b10 的 $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ 比值偏高, 其中 b8 站位尤其明显, 其主要原因是受到来自湾北岸工业废水等陆源的影响。 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 的等值线沿东北—西南走向递变。由

于杭州湾北部复杂的地球化学特征和余流场结构,两连续站在水化学方面有所差异。

3.3 钱塘江溶解态 Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} 年入海量分别为 $0.763 \times 10^6 \text{ t/a}$, $0.174 \times 10^6 \text{ t/a}$, $0.465 \times 10^6 \text{ t/a}$, 均小于黄河、长江的相应值。

参 考 文 献

- 王正方 阮小正 姚龙奎, 1985. 长江口海域主要溶解物质的运移. 海洋与湖沼, 16(3): 222—229
- 卢金凯 杜国桓 胡素敏, 1991. 中国水资源. 北京: 地质出版社. 13—16
- 陈国华 吴葆仁, 1989. WDA 相对电导率仪. 海洋化学论文集. 北京: 海洋出版社. 71—81
- 陈国华 季 荣 谢式南等, 1993. 黄河口及渤海湾海水的密度. 海洋与湖沼, 24(2): 183—190
- 陈国珍, 1965. 海水分析化学. 北京: 海洋出版社. 213—225
- 俞光耀 孙英兰 赵可胜, 1988. 海湾物理自净能力分析 & 水质预测实例. 山东海洋学院学报, 18(2): 57—59
- 程天文 赵楚年, 1984. 我国沿海入海河川径流量与输沙量的估算. 地理学报, 39(4): 418—427
- 格拉斯霍夫, K. 主编, 1976. 陆贤昆 钱佐国 史致丽译, 1982. 海水分析方法. 北京: 科学出版社. 150—152, 154—157
- 赖利 J P, 斯基罗, G 主编, 1974. 刘光 邱贞花 刘文豪译, 1982. 化学海洋学, 第一卷(第二版). 北京: 海洋出版社. 446—454
- 赖利 J P, 切斯特, R 主编, 1978. 崔清晨 钱佐国译, 1985. 化学海洋学, 第 7 卷(第二版). 北京: 海洋出版社. 400
- Garrels R M, Mackenzie F T, 1971. Evolution of Sedimentary Rocks. New York: W W Norton. 397
- Olson F J, Chen C T A, 1982. Interference in the determination of Calcium in sea water. Limnol Oceanogr, 27: 375—380
- Tsunogai S, Nishimura M, Nakaya S, 1968. Complexometric titration of Calcium in the presence of larger amounts of magnesium. Talant, 15: 385—390

DISSOLVED Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} IN THE HANGZHOU BAY

ZHANG Li-jun, CHEN Guo-hua, XIE Shi-nan, JI Hong, WANG Yuan

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of Qingdao, Qigndao, 266003)

Abstract Hangzhou Bay is a typical trumpet estuary which lies in the middle of our country. It is a region where outersea water mixes with terrestrial freshwater. Its physicochemical property and water chemistry have special characteristics during the mixing process of freshwater and seawater. Seawater samples at 14 area stations and 2 adjacent stations in Hangzhou Bay were collected in May 1994 and Aug. 1993. Chemical key elements of dissolved Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl and S were measured. The results indicated that dissolved Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} at the Hangzhou Bay estuary had linear relationships with Cl as Huanghe and Changjiang River. Their concentrations were influenced by mixing and dilution with river water, industrial discharge and ocean water. Fit equatiopns are:

$$\text{Ca}^{2+} = 7.009 \times 10^{-5} + 1.636 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 0.969, n = 13, \text{b8station was deleted})$$

$$\text{Mg}^{2+} = -8.883 \times 10^{-6} + 6.756 \times 10^{-2} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 14)$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 5.352 \times 10^{-5} + 1.357 \times 10^{-1} \text{Cl} \quad (r = 1.000, n = 13, \text{b1 station was deleted})$$

The $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ ratio at area stations was $0.02731 \pm 1 \times 10^{-2}$, $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$ ratio was $0.06651 \pm 1.7 \times 10^{-3}$, $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ was $0.1402 \pm 7.6 \times 10^{-3}$ $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ ratio was 28.8% higher than that in the ocean. While $\text{Mg}^{2+} / \text{Cl}$ and $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ ratios were similar to those in the ocean. The high $\text{Ca}^{2+} / \text{Cl}$ ratios at individual stations were influenced by industrial discharge at the north of the bay. Isoleths of Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{SO}_4^{2-} / \text{Cl}$ changed progressively from northeast to southwest. Water chemistry of two continuity stations were different because of complicated global chemical characteristic on the north of Hangzhou Bay. Fluxes of dissovded Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} from Qiantang River to ocean were $0.763 \times 10^6 \text{ t/a}$, $0.174 \times 10^6 \text{ t/a}$, $0.465 \times 10^6 \text{ t/a}$, which were less than those of the Yellow River and Changjiang River.

Key words Hangzhou Bay Qiantang River Dissolved Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} Fluxes

Subject classification number P734