

# 杭州湾及其邻近海域沉积物中 Fe、Mn、Ca、Mg的地球化学研究

鲍根德

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州)

**摘要** 本文通过对杭州湾及其邻近海域29个站位的表层沉积物化学、粘土矿物及碎屑矿物资料的分析, 详细研究了开放型海湾沉积物中Fe、Mn、Ca、Mg元素地球化学特征。

研究表明, 1) 与同类型海湾相比, 杭州湾显示高Fe、Mn、Mg低Ca的特点。表明物质来源丰富, 而生物作用较弱; 2) Fe、Mn主要来自长江和钱塘江径流搬运, 受粘土控制。Mg主要来自粘土对海水中 $Mg^{2+}$ 的吸附, 同时受上覆水盐度的影响; 3) 北区元素间关系明显的比南区强烈, 表明南区物质来源较北区复杂; 4) 主断面沉积物中Mg/Ca由河口向海洋增加, 并与有机碳呈明显的正相关, 显示杭州湾及邻近陆架区可能发生着原始碳酸盐(钙)白云岩化的反应。

**关键词** 铁 锰 钙 镁 沉积物 杭州湾及其邻近陆架

**作者简介** 鲍根德 男 40岁 工程师 海洋沉积物地球化学

## 前 言

近年来, 随着河口港湾研究的不断深入, 有关半封闭型海湾元素地球化学的研究已有不少报道, 例如, 东京湾、胶州湾和墨西哥湾等(曹钦臣等, 1982; 鲍根德, 1989; Tieh et al.1973)。然而对开放的喇叭型海湾的研究较少。

杭州湾北邻长江口及杭嘉湖平原, 南依浙江省肖绍平原和姚北平原, 是中国中部沿海一大强潮河口湾, 潮差大, 潮流急, 是著名的“钱江潮”发源地; 水体悬沙浓度为世界河口湾所罕见, 是典型的喇叭型海湾。

1981年12月, 1982年5月, 7月, 10月, 浙江省海岸带调查队, 对杭州湾及其邻近海域进行了四个航次的水文、化学、地质、生物等调查取样。笔者通过对沉积物样品中Fe、Mn、Ca、Mg等元素的分析。同时与水文、地质资料对比研究, 指出了研究区沉积物上述元素的分布特征、来源及其地球化学行为。其中, Fe、Ca、Mg用容量法滴定。Mn用比色法分析。

杭州湾及其邻近海域自然环境和沉积环境的基本特征见文献(6)。

表 1 不同类型海湾沉积物中元素含量比较 (%)

Table 1 Comparison of elements in sediments of different estuaries.

海 区 项 目	长江口及 邻近陆架	东海 大陆架	杭州湾及 邻近陆架	南极 普里兹湾	日本 七尾湾	日本 东京湾	墨西哥湾	胶州湾	渤海湾
Fe	4.32	2.71	4.19	3.19	4.62	3.97	2.98	3.82	3.48
Mn	0.104	0.060	0.072	0.064	0.023	0.670	0.055	0.077	0.076
Ca	3.45	4.00	3.12	4.00	2.89	1.44		1.49	
Mg	1.66	1.41	1.63	0.66	1.21	1.26		1.03	
样品数	11	497	29	10	19	12	39	69	387
资料来源	(1)	(2)	本文	(6)	(11)	(8)	(10)	(5)	(3)
类 型	河口及陆架		喇叭型海湾		半封闭型海湾				

(1) 中美联合调查资料, 1981 航次。(2) 东海大陆架调查资料。

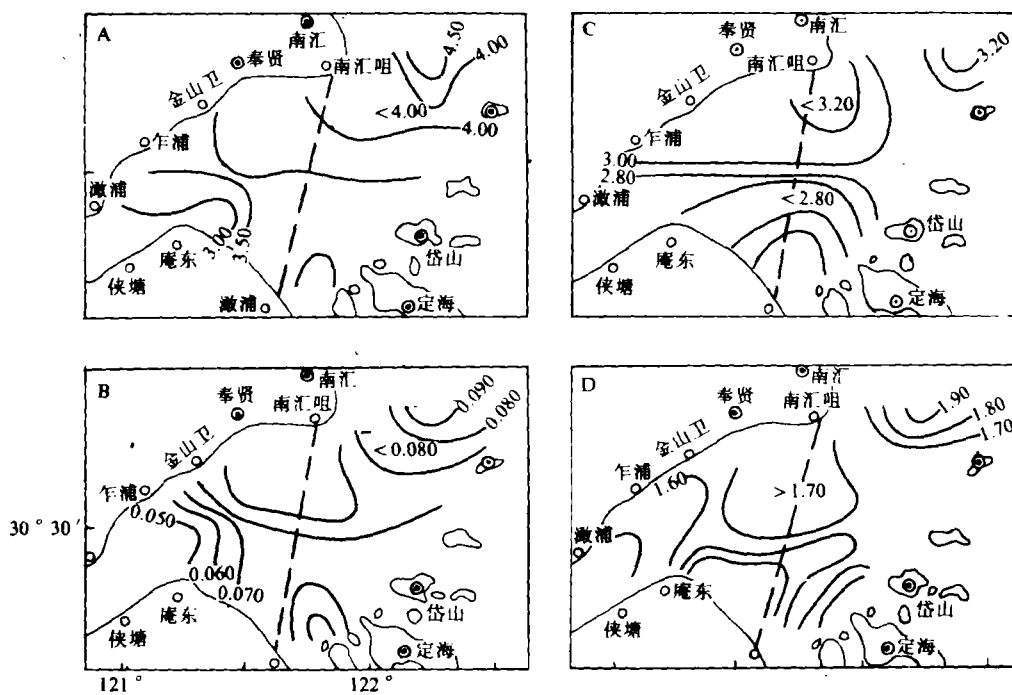


图 1 沉积物中 Fe、Mn、Ca、Mg 的平面分布 (%)

A: Fe, B: Mn, C: Ca, D: Mg.

Fig. 1 Distribution of Fe, Mn, Ca, Mg in sediments (%).

A. Fe B. Mn C. Ca D. Mg

## 一、元素的含量分布特征

### 1. 元素的含量

本区沉积物中 Fe、Mn、Ca、Mg 的含量变化范围和平均含量分别为: Fe, 2.74—5.40%, 平均为 3.76%; Mn, 0.039—0.112%, 平均为 0.074%; Ca, 2.60—4.02%, 平均为 3.08%; Mg, 1.24—2.00%, 平均为 1.73%。与其它湾区的比较见表 1。

从表 1 可见, 研究区 Fe、Mg、Ca 与长江口及邻近陆架粉砂质沉积物接近。与同类型海湾南极普里兹湾相比, 显示高 Fe、Mn、Mg 低 Ca 的特点。与半封闭型海湾相比, 除 Fe 比日本七尾湾, Mn 比胶州湾、渤海湾稍低外, 其它元素都比这些海湾高, 尤其是 Ca、Mg 高出一倍乃至几倍, 显示高 Ca、Mg 的特点。

### 2. 元素的平面分布趋势

图 1A、B、C、D 是沉积物中 Fe、Mn、Ca、Mg 元素的平面分布。

如果以北纬  $30^{\circ}30'$  和南汇咀至 浦断面为界线, 把整个研究区划分为南区和北区, 湾区和邻近海域进行比较。那么, 无论是 Fe、Mn 还是 Ca、Mg, 北区比南区高, 邻近海域除 Ca 以外比湾区高, 但非常接近 (表 2)。

表 2 不同区段元素的含量比较 (%)

Table 2 Comparison of elements in sediments of different area.

区域 \ 元素	Fe	Mn	Ca	Mg	样品数
南区	3.42	0.062	2.91	1.62	13
北区	4.05	0.084	3.22	1.70	16
湾区	3.72	0.072	3.11	1.65	13
邻近海域	3.80	0.076	3.06	1.69	16

## 二、元素的来源及控制因素

图 2 表明, 杭州湾及邻近海域沉积物中 Fe、Mn 与粘土呈强烈的正相关, 表明 Fe、Mn 主要赋存于细粒物质中。这是由于粘土对海水中 Fe、Mn 的吸附。

Mg 与粘土的关系比 Fe、Mn 弱得多 (图 2), 其含量分布与地理位置、水文状况较密切。一般离岸近, 受径流影响强烈的地区含量较低, 这主要是大洋水  $Mg^{2+}$  的含量 (占海水总量 0.130%) 比淡水高得多, 而沉积物中 Mg 主要来自粘土矿物对海水中  $Mg^{2+}$  的吸附。表明 Mg 的含量除了受粘土控制外, 还受覆水盐度的影响。台湾暖流的盐度比长江冲淡水和钱塘江水高得多, 因此, 研究区的东南部 Mg 的含量高, 导致三个舌状分布 (图 1C)。

海洋沉积物中 Ca 的来源较为复杂, 既有贝壳, 有孔虫, 介形虫, 也有陆源碳酸盐碎屑矿物 (磷灰石、石膏等) 和少量的无机沉积碳酸盐 (自生方解石、白云石)。一般认为, 在近岸或河口地区, 由于陆源沉积物不仅稀释碳酸盐, 也会掩埋钙质生物, 因此钙含量相对较

少。而在远岸地区, 由于沉积速率低, 环境相对稳定, 生物碳酸盐含量占据优势, 故而 Ca 的含量就高 (黄德佩等, 1984)。

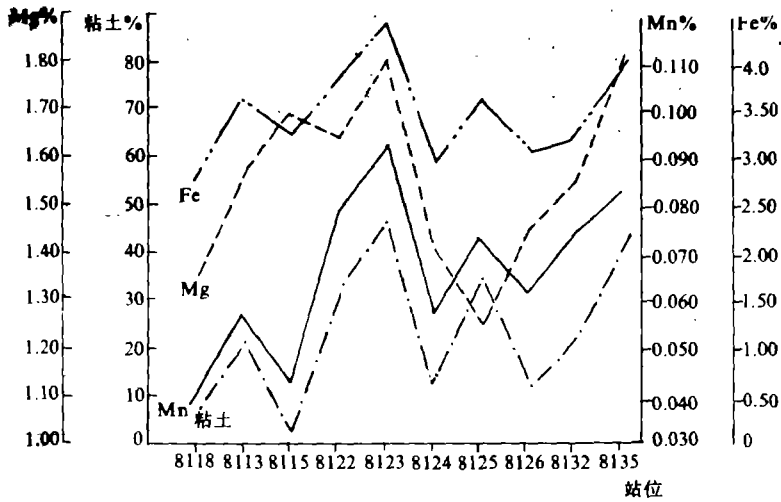


图 2 沉积物中 Fe、Mn、Mg 与粘土的关系

Fig. 2 Relationship between Fe, Mn, Mg and clay in sediments.

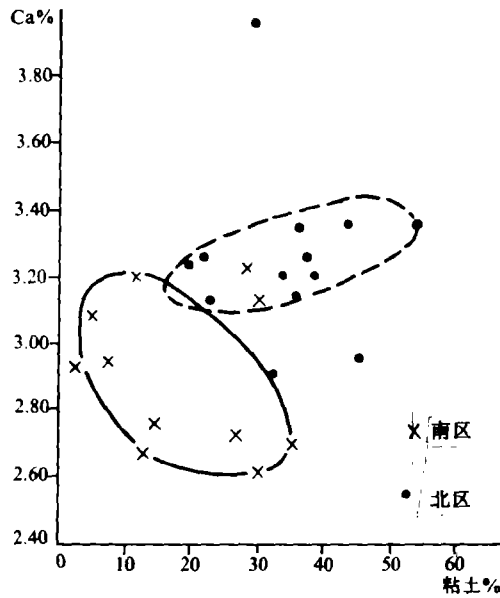


图 3 沉积物中 Ca 与粘土的关系

Fig. 3 Relationship between Ca and clay in sediments.

图 3 为沉积物中 Ca 与粘土的关系。北区沉积物中 Ca 与粘土呈弱的正相关, 而南区呈

负相关。这表明南区陆源物质可能对 Ca 的含量起着重要的作用。

南区沉积物含钙的碎屑矿物明显比北区多, 而含钙的生物介壳北区比南区多。表明南区沉积物中 Ca 主要来自钱塘江及其沿岸地区岩石风化产物——碎屑矿物, 从而与粘土呈负相关 (图 3)。而北区则可能来源于生物介壳及海洋环境中的无机化学沉淀。北区水深, 沉积速率低, 有机质丰富, 有利于生物生长、繁殖, 从而与粘土呈正相关 (图 3)。值得指出的是, 上述生物作用相对陆架、大洋要弱得多, 正相关关系较弱, 可能陆源颗粒碳酸盐也占有一定的比例 (例如云母等片状矿物)。

### 三、元素地球化学特征

#### 1. 元素间相关

对所测元素的数学统计及南北区进行的比较结果 (表 3), 可以看出有以下的规律性:

表 3 元素间相关系数统计

Table 3 Correlation coefficients of elements in sediments.

	Fe			Mn			Ca		
	总	北	南	总	北	南	总	北	南
Mn	0.89	0.90	0.86						
Ca	0.50	0.54	0.14	0.51	0.56	0.10			
Mg	0.68	0.90	0.63	0.47	0.83	0.32	0.14	0.45	-0.17

就整个研究区来说, 共有四对元素呈正相关。因为前述的 Fe、Mn 的来源、存在形式基本相同, 所以关系密切。Mg 存在形式与 Fe、Mn 相同, 而来源有所差别, 其相关性次之。Ca 因为既有陆源的, 又有生物在海洋环境中合成的, 其存在形式既有碎屑矿物, 又有生物介壳, 因而与 Fe、Mn 的关系最差。

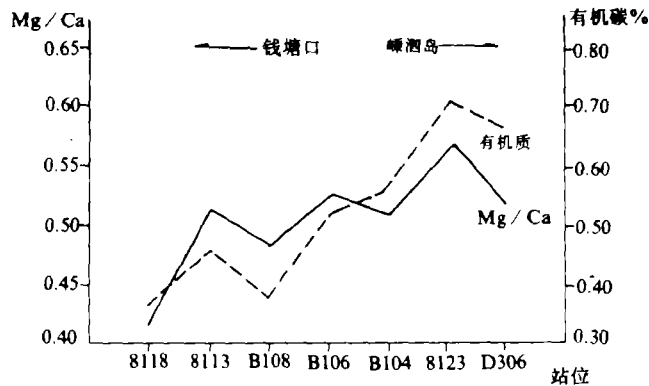


图 4 沉积物中 Mg/Ca 与环境的关系

Fig. 4 Relationship between Mg/Ca and sedimentary environment.

如南北区比较, 北区明显的比南区密切。尤其是南区除了 Fe 与 Mn, Fe 与 Mg 有一定相关性外, 其它均无相关, 这表明南区沉积物中元素来源比北区复杂。

## 2. 元素比值及其与沉积环境的关系

本区沉积物中 Mg/Ca 比值在 0.43—0.71 之间, 比胶州湾低, 比东海陆架高、比南海中部稍高。图 4 是纵向主断面上(北纬 30°30′)沉积物中 Mg/Ca 变化及其与有机碳的关系。Mg/Ca 由钱塘江口门段向外海升高, 并与有机碳呈正相关。这表明可能发生着原始的碳酸钙与海水中的  $Mg^{2+}$  进行着白云岩化反应, 使沉积物中 Mg/Ca 增大, 这从 8122、8123、8125 站发现自生白云石得到佐证。由河口向海洋, 沉积物由粗到细, 有机碳含量、上覆水盐度、水体中  $Mg^{2+}$  由低到高, 海水的碱性由弱到强, 而高盐、高 pH 是白云石形成的必需条件。

## 结 论

1. 与同类型海湾相比, 杭州湾及邻近海域沉积物显示高 Fe、Mn、Mg, 低 Ca 的特点。与半封闭型海湾相比, Fe、Mn 和 Mg 显示高含量特征。

2. Fe、Mn、Ca、Mg 分布的共同点是北区比南区高, 邻近海域与湾区接近。不同之处是由于元素来源、存在形式不尽相同, 导致 Fe、Mn 呈西东、东西两个舌状分布, Ca 呈南北、北南舌状分布, 而 Mg 则呈东西、西东和南北三个舌状分布。

3. Fe、Mn 主要来自长江冲淡水及钱塘江径流带来的陆源物质, 受粘土控制; Mg 主要来自细粒物质对海水中  $Mg^{2+}$  的吸附, 并受上覆水盐度影响; 南区沉积物中 Ca 主要赋存于钱塘江上游及沿岸陆地岩石风化的碎屑矿物, 北区主要来自生物介壳及无机化学沉积。

4. 北区沉积物中元素间相关明显比南区强烈, 表明南区的物质来源较北区复杂。

5. 主断面上(北纬 30°30′)沉积物中 Mg/Ca 由河口向海洋增加, 并与有机碳呈正相关, 表明杭州湾及邻近陆架区可能发生着原始的碳酸钙与海水中  $Mg^{2+}$  进行着白云岩化反应。

本文在写作过程中曾得到张桂芬、冯应俊同志的帮助; 海岸带调查队提供了样品和资料。在此一并致谢。

收稿日期: 1988 年 11 月 2 日

## 参 考 文 献

- (1) 毛汉礼、沈鸿书, 1964, 海洋科学集刊, 1期, 126—168页。
- (2) 李家芳、章绍英, 1986, 海洋通报, 5卷1期, 19—23页。
- (3) 郭津年、李健博等, 1983, 海洋科学, 4期, 22—25页。
- (4) 夏文杰、李秀华, 1986, 沉积学报, 4卷2期, 19—25页。
- (5) 曹钦臣、涂仁亮, 1982, 海洋学报, 4卷4期, 473—482页。
- (6) 黄德佩、鲍根德, 1984, 南极科学考察论文集, 189—201页。海洋出版社。
- (7) 鲍根德, 1989, 台湾海峡, 4卷17期, 365—375页。
- (8) 石桥雅义、上田俊三、山本善一, 1970, 日本海洋学会志, 26卷4期, 189—194页。

- (9) Tieh T.T., Tyle T.E., et al., 1973, Chemical variations in Sedimentary facies of an inner continental shelf environment, North Gulf of Mexico, *Sedimentary Geology*, V.9, No.2, p.101—115.
- (10) Yamamoto, Yoshikazu et al., 1977, The Chemical composition and Nickel, Copper, Zinc and Lead contents of Nanao Bay sediments, *Journal of the oceanographical Society of Japan*, V.33, No.5, p.242—246.

## Geochemistry of Fe, Mn, Ca, Mg in Sediments from Hangzhou Estuary and it's Adjacent Shore

Bao Gende

(Second Institute of Oceanography, SOA, Hangahou)

### Abstract

As the study of the open estuary, Fe, Mn, Ca, Mg elements concentration, source and geochemistry characteristics in sediments are discussed in detail. The results are as follows:

1) Fe, Mn, Mg in sediments of Hangzhou estuary are higher and Ca is lower than that in sediments of the Prydz estuary and Antractics, the average value of Fe, Mn, Mg and Ca are 3.76%, 0.074%, 1.73% and 3.08% respectively. It shows that the characteristics of high Ca and Mg in sediments of the studying area.

2) The horizontal distribution of Fe, Mn and Ca, Mg in sediments are both the same and different. The distribution law of Fe, Mn, Ca and Mg are as follows: Fe, Mn increase from estuary to the centre of estuary and decrease from Nanwei mouth to the centre of the estuary, the distribution of Fe, Mn tongue into centre of estuary; There are also two tongues of Ca with  $30^{\circ} 30'$  north latitude as boundary line; The distribution of Mg is more complex than that Fe, Mn, Ca, there are three thongues from Qiantangjiang runoff, Shoushan island and the dilute water of Yongjiang to the centre of the area respectively.

3) Fe, Mn, Mg in sediments exist in fine sediments, and Fe, Mn came mainly from movement of the dilute water of Yongjiang and Qiantangjiang runoff and controlled by clay; Mg came mainly from the absorption of clay to  $Mg^{2+}$  in seawater and effected by the salinity of overlying water; Ca of south area came mainly from Qiantangjiang runoff and the weathering of rock in the coastal area and probably came mainly from biological shells and deposition of inorganic chemistry in north area.

4) The relation of elements in north area are stronger obviously than that in south, especially, except for correlation between Fe and Mn, Mg, there are no correjation in the south. It shows that the sources and exist forms of elements in south sediments are more complex than that in the north.

5) The study of the correlation between ratio of elements ( $Mg/Ca$ ) in sediments shows that  $Mg/Ca$  in sediments increases from the mouth to the near shore and there is positive correlation between the organic carbon in sediments and  $Mg/Ca$ , it is found that there are bitter spar on manily section, it shows that the reaction of original calcium cabonate in sediments with  $Mg^{2+}$  in seawater was processed