

研究简报

## 珠江口现代沉积物中沉积磷酸盐的研究

蓝先洪

(地质矿产部海洋地质研究所, 青岛)

1967年, Nelson<sup>[1]</sup>首次提出了利用沉积磷酸盐的磷酸钙组分  $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$  作为泥质沉积物的古盐度指标。他把此法应用于分析一系列古生代泥岩和页岩的样品, 所得盐度值与古生物的结果相符。1972年, Meyerson<sup>[2]</sup>用沉积磷酸盐法测定了美国墨西哥湾海岸全新世潮汐沼泽沉积物的盐度变化, 其结果也与孢粉分析相吻合。尽管也有人发现沉积磷酸盐法应用不灵<sup>[3]</sup>, 但作为一种较新的测定古盐度方法, 值得继续探讨。

近年来, 我国虽对沉积磷酸盐法作过一些研究<sup>[4, 5]</sup>, 但只是零星的沉积样品测定。本文主要试图对珠江口现代沉积物的沉积磷酸盐与沉积环境关系进行探讨, 并讨论 Nelson 定量公式在我国的适用性。

### 一、样品的采集和分析

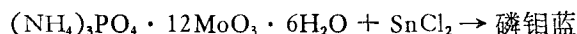
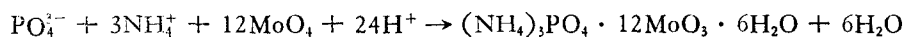
#### 1. 样品的采集

珠江口 49 个站位 53 个现代沉积物测试样品, 分别采集于三个区域(图 1): (1) 黄茅海, 从崖门到荷包岛以西, 共采集 8 个样品; (2) 磨刀门口外海滨, 从大横琴岛到大万山岛的西南, 共采集 5 个样品; (3) 伶仃洋至担杆列岛, 共采集现代沉积样品 40 个。这些样品分别于 1980 年 9 月和 1983 年 9 月采集。1980 年用重力取样管采集(0~2m), 1983 年用箱式取样器采集(0~70cm)。

#### 2. 分析方法<sup>2)</sup>

将采集的泥质沉积样品, 先阴干, 后磨碎去杂, 再通过 400 目筛孔备用。

分别用 0.5mol/L  $\text{NH}_4\text{F}$ , 0.1mol/L  $\text{NaOH}$  及 0.25mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  依次提取分离出样品中所含的磷酸铝、磷酸铁和磷酸钙, 分离所得的各种磷酸盐分别用钼蓝比色法测定, 其反应式如下:



沉积磷酸钙组分( $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$ )的计算公式为:

$$\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe}) = \frac{\text{磷酸钙中磷的克分子数}}{\text{磷酸钙中磷的克分子数} + \text{磷酸铁中磷的克分子数}}$$

1) 安风桐, 1981. 几种地球化学标志在滦河三角洲沉积环境中的应用。

2) 同济大学海洋地质系, 1978. 沉积磷酸盐古盐度分析法初步试验报告。

收稿日期: 1988年2月3日。

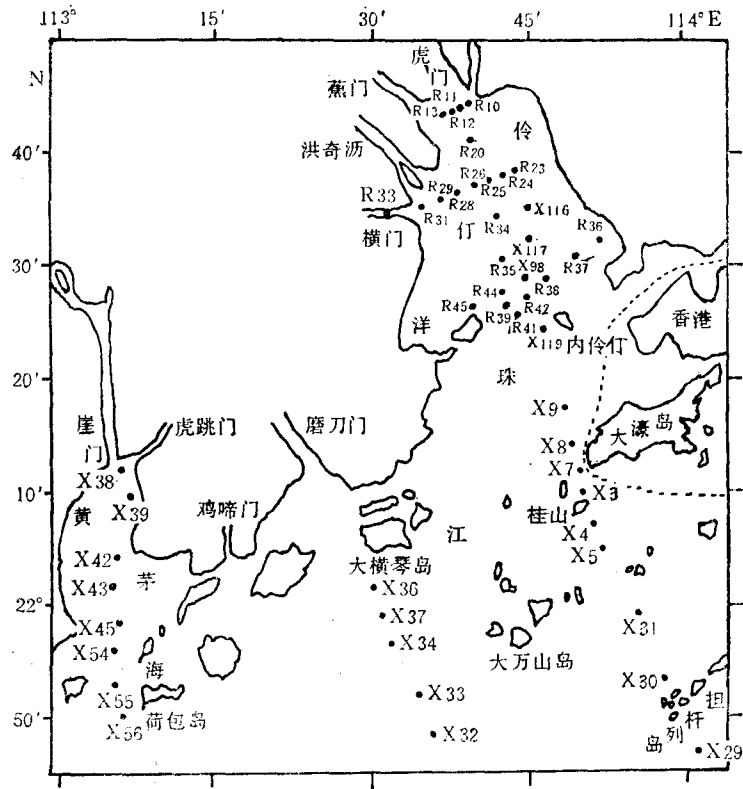


图 1 珠江口采样位置

Fig. 1 Sampling location in the Zhujiang River Estuary

根据 Nelson 盐度( $S$ )的经验定量公式<sup>[9]</sup>

$$\text{磷酸钙组分} = 0.09 + 0.026 \times \text{盐度值}(S\text{‰})。$$

## 二、珠江口采集区域的沉积特征

珠江水系主要由西江、北江和东江组成,支流众多,河口段水道纵横交错。各河的水、沙来量大小不一,因而河流动力差异很大。西江和北江分别占珠江总径流量的 73.5% 和 13.5%,而东江和流溪河仅占总径流量的 7.3% 和 0.5%<sup>[7]</sup>。因此,接纳西、北江来水的各口门,如磨刀门、鸡啼门、横门、洪奇沥和蕉门等河流动力较强;而主要接纳东江来水的虎门和潭江来水的崖门,则河流作用较弱。

黄茅海是以潮流作用为主的河口湾,这里年径流量远小于进潮量。河口湾正对来潮方向,潮流方向与河口湾及口门纵轴平行。沉积相有潮道相、潮流沙坝相、潮滩相<sup>[2]</sup>。沉积物主要由细砂、粉砂和粉砂质粘土组成。

磨刀门是以慢性-浮性作用为主的河口,年平均下泄流量  $2500\text{m}^3/\text{s}$ ,年平均进潮量  $1850\text{m}^3/\text{s}$ ,咸淡水混合整年为高度成层型或似层型。口外海滨为咸水海相沉积环境,沉积物主要为粘土质粉砂和粉砂质粘土。

由于珠江水系注入伶仃洋河口湾的四大口门(虎门、蕉门、洪奇沥、横门)径流大小和潮流强弱不同(表 1),各口门盐水入侵状况存在很大的差异。

表 1 伶仃洋各口门的径流和潮流<sup>[6]</sup>

Tab. 1 Runoff and tidal race in different mouths of the Lingdingyang estuary<sup>[6]</sup>

项目	口门	虎 门	蕉 门	洪奇沥	横 门	合 计
径流量(%) (净泄量)		23.6	35.6	12.8	28.0	100
年平均潮差(m)		1.69	1.34	1.20	1.08	
涨潮量(%)		81.1	12.7	3.0	3.2	100

由表 1 可见,蕉门、洪奇沥、横门三大河口是以径流作用为主。虎门由于其潮差较大,潮流强劲,因而潮流作用大于河川径流<sup>[6]</sup>;沉积物一般为细粉砂质淤泥,淤泥质细砂及少量粗中砂。

大濠岛以西至担杆列岛以南海域,沉积物样品采集于潮道相和陆架浅海相;系以咸水作用为主的沉积环境,海相程度较高<sup>[2]</sup>;沉积物主要为砂质粘土,粘土质粉砂或粉砂质粘土。

### 三、珠江口现代沉积物中的沉积磷酸盐

#### 1. 黄茅海现代沉积物的沉积磷酸盐

在黄茅海采集的 8 个样品,岩性为灰褐色泥至褐灰色粉砂质淤泥。为取得一定层位泥质沉积样,采用了不同的取样深度(表 2)。X39 站 56cm 处的青灰色含贝壳炭屑泥测得 <sup>14</sup>C 年龄为 850±130 年,其 1 000 年以来沉积环境基本与近代相同,为潮汐河口湾环境。分析结果表明,沉积磷酸盐的 Ca/(Ca + Fe) 组分为 0.22~0.74,换成古盐度为 5.0~25.0‰(表 2)。由表 2 可知,黄茅海沉积磷酸盐的 Ca/(Ca + Fe) 组分,中部最低,靠近河口及荷

表 2 黄茅海河口湾现代沉积磷酸盐分布

Tab. 2 Distribution of recent sedimentary phosphate in the Huangmaohai estuary

站 位	水深 (m)	取样深度 (cm)	Ca/(Ca + Fe)	S‰	沉积环境
X38	11.0	15—22	0.74	25.0	潮道
X39	8.6	40—45	0.60	19.6	
X42	6.4	30—35	0.49	15.4	
X43	4.8	20—26	0.22	5.0	潮下浅滩
X45	3.2	30—35	0.39	11.5	
X54	6.0	30—35	0.35	10.0	
X55	8.4	15—20	0.53	16.9	
X56	15.4	25—30	0.35	10.0	

包岛以西较高。这是由黄茅海特殊的地形地貌特征所决定的。黄茅海河口湾以潮流作用为主,发育有潮流作用所形成的深潮道和潮汐浅滩等地貌形态。取自以咸水作用为主的潮道相样品的  $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$  组分,介于 0.49~0.74,而咸淡水交汇的潮滩相样品的  $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$  组分为 0.22~0.53。说明了海底上升流引起海水向岸运动并深入到河口湾内<sup>[2]</sup>,对河口湾的水流结构和沉积环境产生了较大影响。黄茅海河口湾由于受到海水潮流的影响,一方面在较大范围内为咸淡水交互环境,另一方面潮道相则明显地表现出海相沉积特征。另外,在岛屿附近,由于近源侵蚀堆积,也是引起沉积磷酸盐组分变化的一个原因。

### 2. 磨刀门口外海滨现代沉积物沉积磷酸盐

磨刀门为西、北江主要分流河口之一,输出西、北江水量的 29%,沙量的 42.4%(包括鸡啼门)<sup>[7]</sup>。因此磨刀门河口的淤积速度较快,河道水流挟沙能力较强。据郭文莹、吴萍<sup>[1]</sup>的分析数据,磨刀门河口段沉积磷酸盐组分为 0.32~0.70,平均值为 0.48,表现出由微咸水向咸水的过渡特征。我们在口门外一定层位取得泥质样品 5 个,结果表明  $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$  组分介于 0.47~0.88,平均值为 0.66(表 3),表现出半咸水至咸水海相沉积特征,与微体古生物鉴定相一致<sup>[4]</sup>。

表 3 磨刀门口外海滨现代沉积物沉积磷酸盐

Tab. 3 Sedimentary phosphate in recent sediments of the Modaomen River mouth-out beach

站 位	水深 (m)	取样深度 (cm)	$\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$	S‰	沉积环境 <sup>[2]</sup>
X36	5.6	25—30	0.69	23.1	潮 道
X37	11.6	20—25	0.51	16.1	前缘加积
X34	20.6	15—20	0.47	14.6	
X33	29.4	20—25	0.88	30.6	前三角洲
X32	31.6	5—10	0.77	26.2	

### 3. 伶仃洋现代沉积物沉积磷酸盐

伶仃洋为珠江主要出口和最大的河口湾,是三角洲古海湾还没有被泥沙填满的残留水体。其西部为珠江四大河口(虎门、蕉门、洪奇沥、横门)汇集的淡水径流所控制;而东部则咸水控制较强。西部区域沉积物主要为淤泥质细砂和粉砂质粘土,比东部细粉砂质淤泥偏粗。伶仃洋浅层沉积物(15~300cm)研究<sup>[6]</sup>表明,西部在全新世晚期以来沉积环境变化不大,表现为河相为主的河海过渡相;而东部在 100cm 以下以河相为主或为河海过渡相,类似于西部,100cm 以上则递变为以海相为主的沉积环境,反映出越向近代海洋潮流作用越明显。我们在 27 个站位采集的 31 个现代沉积样品的分析结果(表 4)也反映了伶仃洋西部与东部之间存在的差异。如西部样品(R11, R12, R26, R29, R31, R33, R35, R45)换算成盐度值几乎都小于 10‰;而东部样品(R10, R23, R24, R34, R36, R37, R44, X117)换算成盐度值几乎都大于 10‰。 $\text{Ca}/(\text{Ca} + \text{Fe})$  平均值在西部为 0.29(7.7‰),在东部为 0.34

1) 郭文莹、吴萍,1982。珠江河口沉积磷酸盐的地球化学标志。

表 4 伶仃洋现代沉积物的 Ca/(Ca + Fe) 比值

Tab. 4 The ratio of Ca/(Ca + Fe) in recent sediments of the Lingdingyang estuary

地区	站 位	取样深度 (cm)	Ca/(Ca + Fe)	S%	沉积环境
西 部	R11	30~35	0.17	2.7	三角洲 水下平原
	R12	135~140	0.27	6.9	
	R13	95~100	0.37	10.8	
	R26	65~70	0.31	8.5	
	R28	80~90	0.50	15.7	
		185~190	0.29	7.7	
	R29	90~100	0.19	3.8	
	R31	73~78	0.24	5.8	
	R33	70~75	0.19	3.8	
	R35	135~145	0.29	7.7	
	R45	15~20	0.30	8.1	
	95~100	0.33	9.2		
东 部	R10	75~80	0.41	12.3	潮 汐 河 口 湾
	R20	110~115	0.37	10.8	
	R23	140~145	0.38	11.2	
	R24	90~95	0.34	9.6	
	R25	60~75	0.31	8.5	
	R34	95~100	0.34	9.6	
	R36	95~100	0.35	10.0	
	R37	95~100	0.39	11.5	
	R38	67~70	0.26	6.5	
	R41	70~95	0.24	5.8	
	R42	15~20	0.25	6.2	
		95~100	0.37	10.8	
	R39	95~100	0.27	6.9	
	R44	10~15	0.38	11.2	
		130~135	0.27	6.9	
	X116	25~30	0.31	8.5	
	X117	25~30	0.48	15.0	
X98	40~45	0.33	9.2		
X119	25~30	0.30	8.1		

(9.6‰),表明伶仃洋由西部向东部逐渐趋偏咸。重复分析的 4 个站位中,除 R28 号站位结果相差较大外,其它三个站位的两个结果基本一致。

在伶仃洋至担杆列岛以南区域测试了 9 个样品(表 5)。从图 2 的剖面图中,明显地表现出 Ca/(Ca + Fe) 比值具有显著地变化。据 X29 站位 33~63cm 处  $^{14}\text{C}$  测定,年代为  $2600 \pm 150$  年,为全新世晚期以来的沉积,其沉积环境与近代基本相同。由站位 X119 的 Ca/(Ca + Fe) 比值 0.30 向外至站位 X29 增加到 0.88,这种变化与本区微体古生物的研究相吻合<sup>[4,5]</sup>。

综上所述,珠江口现代沉积磷酸盐在黄茅海、磨刀门口外海滨和伶仃洋等区域基本上反映了现代沉积环境,因此其具有实用价值。

表 5 伶仃洋—担杆列岛现代沉积物沉积磷酸盐

Tab. 5 Sedimentary phosphate in recent sediments of the Lingdingyang—Dangan islands

站 位	取样深度 (cm)	Ca/(Ca + Fe)	S‰	沉积环境
X9	25~30	0.48	15.0	潮 道
X8	15~20	0.41	12.3	
X7	15~20	0.57	18.5	
X3	25~30	0.50	15.7	
X4	15~20	0.70	23.5	陆架浅海
X5	25~30	0.82	28.1	
X31	20~27	0.40	11.9	
X30	15~20	0.81	27.7	
X29	15~20	0.88	30.4	

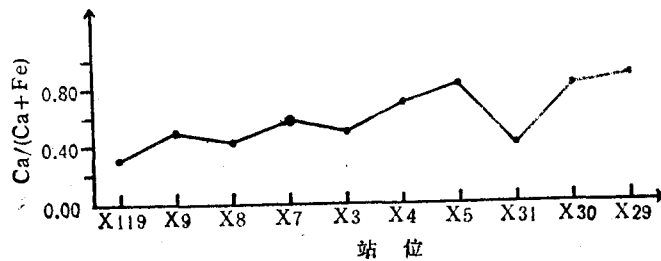


图 2 Ca/(Ca + Fe) 的断面分布

Fig. 2 Section distribution of ratio of Ca/(Ca + Fe)

为了探讨 Nelson 的盐度定量公式是否适用于我国的沉积环境, 我们测定了部分样品的水体盐度, 并校正为底层盐度<sup>[6]</sup>(表 6)。由表 6 可知, 沉积磷酸盐的 Ca/(Ca + Fe) 比值变化与底层盐度值成正比。将表 6 中数据与用 Nelson 的盐度定量公式求得结果相比较, 当 Ca/(Ca + Fe) 比值低时, 盐度定量公式所求得 S‰ 值偏高; Ca/(Ca + Fe) 比值高时, 求得 S‰ 值偏低。为此, 我们依据表 6 中的数据, 求得珠江口区域的盐度定量公式为:

$$\text{磷酸钙组分} = 0.277 + 0.018 \times S‰$$

表 6 Ca/(Ca + Fe) 比值、水体盐度及 S‰ 值比较

Tab. 6 Compare with ratio of Ca/(Ca + Fe), water salinity and S‰ value

站 位	X9	X7	X4	X30	X29
Ca/(Ca + Fe)	0.48	0.57	0.70	0.81	0.88
底层盐度(‰)	13.5	18.0	18.5	31.6	32.4
S‰	15.0	18.5	23.5	27.7	30.4
差别(%)	-10	-2.7	-21.3	14.1	6.6

两值间的相关系数为 0.94,可靠程度较好。由于样品数较少,这一公式有待继续研究。

#### 四、结 论

1. 实践证明,沉积磷酸盐有助于判别沉积环境的盐度变化,可为研究沉积相提供指相标志,因此它具有实用价值。

2. 珠江口现代沉积磷酸盐的  $Ca/(Ca + Fe)$  比值变化规律,与现代沉积环境的变化相吻合,表现出以河口区向外海,由淡水所控制的微咸水环境向以海水为主的咸水环境的过渡特征。

3. 珠江口现代沉积磷酸盐的  $Ca/(Ca + Fe)$  比值与底层盐度关系表明,两者呈线性相关,相关系数达 0.94,可用磷酸钙组分  $= 0.277 + 0.018 \times S\%$  来表示。

#### 参 考 文 献

- [1] 王益友、郭文莹、张国栋,1979。几种地化标志在金湖凹陷阜宁群沉积环境中的应用。同济大学学报 2: 51~60。
- [2] 王文介,1985。珠江口的沉积作用和沉积相。沉积学报 3(2): 129~139。
- [3] 同济大学海洋地质系编,1980。海、陆相地层辨认标志。科学出版社,186~193页。
- [4] 李淑鸾,1985。珠江口底质中有孔虫埋葬群的分布规律。海洋地质与第四纪地质 5(2): 83~104。
- [5] 李淑鸾,1985。珠江口底质中介形虫埋葬群的分布。热带海洋 4(4): 43~52。
- [6] 徐君亮、李永兴、蔡福祥等,1985。珠江口伶仃洋滩槽发育演变。海洋出版社,25~30,164~168页。
- [7] 黄镇国、李平日、张仲英等,1982。珠江三角洲形成发育演变。科学普及出版社广州分社,7~9页。
- [8] 蓝先洪、马道修、徐明广等,1987。珠江三角洲若干地球化学指标及指相意义。海洋地质与第四纪地质 7(1): 39~49。
- [9] Nelson, B., 1967. Sedimentary phosphate method for estimating paleosalinity. *Sci.* 158(3803): 913~920.
- [10] Meyerson, A. L., 1972. Pollen and paleosalinity analyses from a Holocen tidal marsh sequence, Cape May County, New Jersey. *Mar. Geo.* 12(5): 335~357.

## STUDIES ON SEDIMENTARY PHOSPHATE IN RECENT SEDIMENTS OF THE ZHUJIANG RIVER ESTUARY

Lan Xianhong

*(Institute of Marine Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources, Qingdao)*

### ABSTRACT

The Zhujiang river estuary is situated in subtropical zone. Systematic analysis of recent sediment samples has revealed that sedimentary phosphate has contributed to distinguish the salinity change of sedimentary environments and can provide a facies indicator of sedimentary facies. The change of the ratio of  $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Fe})$  in recent sedimentary phosphate of the Zhujiang river estuary is in agreement with the change of recent sedimentary environments. This implies that the ratio of  $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Fe})$  in sedimentary phosphate does reflect the paleoenvironment and paleosalinity to a certain degree.

The salinity value ( $S_{\text{‰}}$ ) evaluated by Nelson's salinity quantitative formula for the Zhujiang river estuary is relative to relationship of bottom layer salinity, which says that  $S_{\text{‰}}$  is partially high when the ratio of  $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Fe})$  is lower, but low when the ratio of  $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Fe})$  is high.