

# 黄海辐射沙洲沉积物地球化学特征及其环境意义

陈平平, 葛晨东, 殷勇, 邹欣庆

(南京大学 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210093)

**摘要:** 对黄海辐射沙洲烂沙洋水道区域的 3 个钻孔共 81 个沉积物样品进行了微量、常量元素分析和  $^{14}\text{C}$  测年分析, 化学元素质量分数的变化与当时沉积环境的变化相对应。突发事件(如风暴潮)的发生不但在沉积物的岩性上有所体现, 而且在微量元素质量分数的变化上也有很明显的体现。微量元素 Zr 可作为沉积能量变化的地化指示剂, 潮汐通道北部的西太阳沙区域的沉积动力环境在 4 000 a 以前是较弱的。潮流通道的上段沉积物是来自水深较浅的区域, 由于潮流和波浪的作用使其能够保持稳定的水深。

**关键词:** 辐射沙洲; 微量元素; 环境变化; 沉积能量

**中图分类号:** P5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2005)05-0010-07

南黄海辐射沙脊群位于南黄海江苏岸外, 南北长 199.6 km, 东西宽 140 km, 面积 28 000 km<sup>2</sup> 由 70 多条沙脊及沙脊之间的潮流深槽组成<sup>[1]</sup>。其特点是: 规模巨大, 以平原海岸为基线向海呈辐射状分布(图 1a)。该区堆积着冰期低海面时长江汇入的巨量泥沙, 以及历史时期黄河夺淮入黄海的粉砂淤泥质沉积。在全新世海侵过程中, 受当地地形影响的辐聚与辐射状潮流往返作用, 使得该区脊槽多变, 水动力条件复杂。

以往有关此地区地球化学方面的研究大部分是在辐射沙洲表层取样分析的<sup>[2-16]</sup>, 而作者是在南黄海辐射沙脊群的主潮流通道——烂沙洋附近取得 3 个钻孔, 试从地球化学方法的角度来分析晚更新世以来辐射沙脊群中沙脊沉积环境变化, 分析化学元素与沉积环境的关系, 为洋口港的建设提供科学依据。

## 1 材料与方方法

于 2003 年 7 月在如东南黄海海域的西太阳沙北部、烂沙洋潮汐通道北部和潮汐通道附近 3 个站位进行了钻孔取样, 标号分别为 RD03A, RD03B 和 RD03C(图 1)。3 个钻孔的终孔深度分别为 49.6, 11.2 和 18 m。钻孔 RD03A 的水深是高潮 5.7 m、低潮 2.2 m, 钻孔 RD03B 的水深是高潮 11.2 m、低潮 8.5 m, 钻孔 RD03C 的水深是高潮 22.4 m、低潮 18.2 m。

钻孔取得后, 现场装入长 37 cm 的样桶, 用胶布封好, 为了保证样品的水分和样品的新鲜, 用蜡作了密

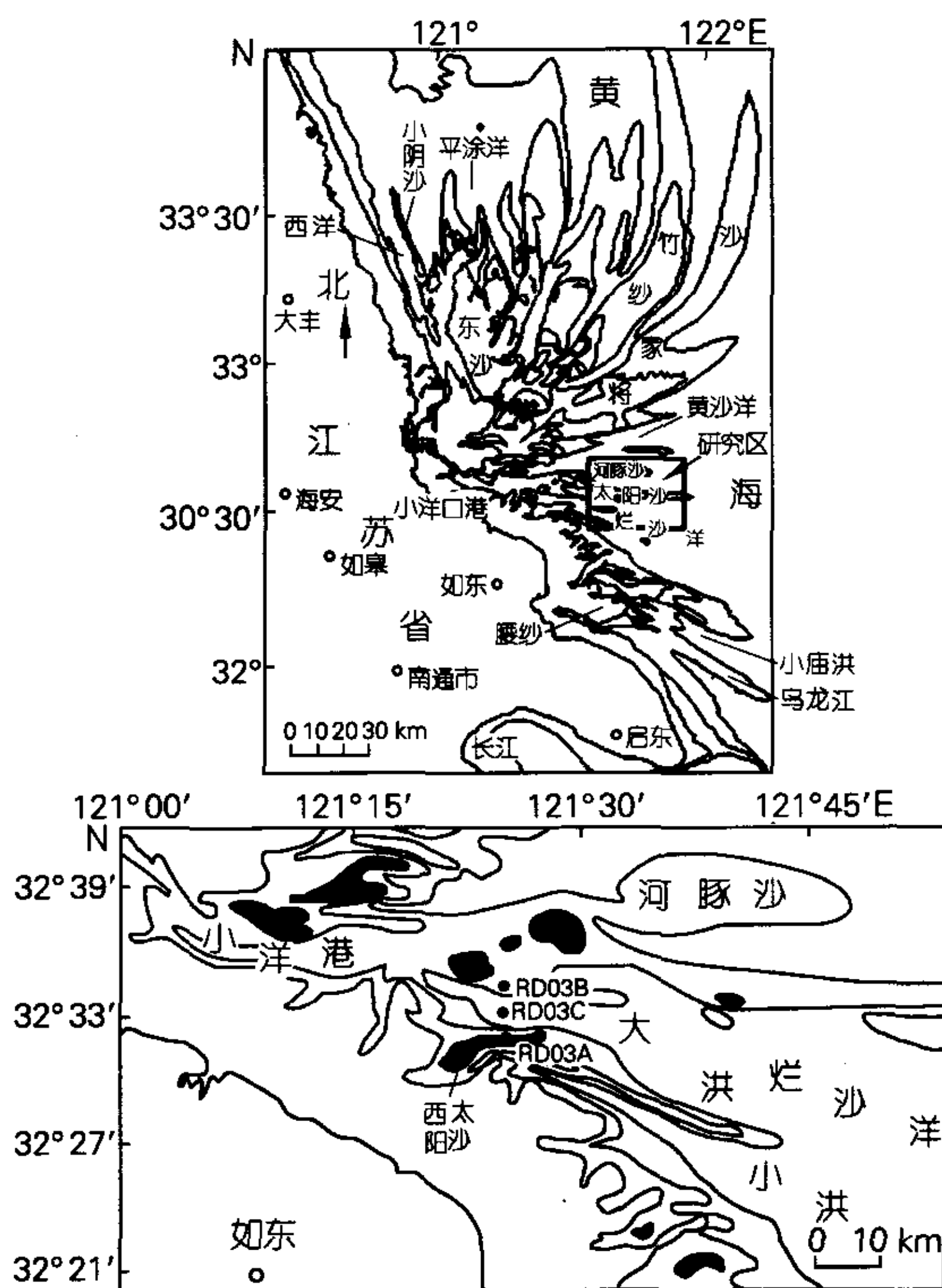


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area

收稿日期: 2004-08-26; 修回日期: 2005-03-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40371048)

作者简介: 陈平平(1980-), 女, 山东烟台人, 硕士研究生, 主要从事海洋地球化学研究, 电话: 025-83597539, E-mail: cppzh80@tom.com

封处理。样品取回来后,随即进行了剖样,按 2 cm 的间距进行分样。

为了避免沉积物粒度的差异造成对微量元素测试的误差,挑选样品时根据粒度资料,尽量挑选在同一粒级范围的砂质颗粒,进行元素分析。样品取完后,在烘箱 40℃ 恒温下烘干,然后用碾钵磨均匀以备用。分别对 3 个钻孔的细砂-极细砂范围的 55 个样品和 RD03A 钻孔的细粉砂范围的 7 个样品进行了微量元素测定。对 3 个钻孔的细砂-极细砂范围的 19 个样品进行了主量元素的测定。另外还对 3 个柱状样中的泥炭层进行了  $^{14}\text{C}$  测年。

微量元素采用法国克梅福生产的 JY38S 单道扫描型等离子光谱仪 (ICP-AES) 分析,检测下限为 0.01~0.1 mg/L,精密度为  $\text{RSD} \leq 2\%$ 。主量元素是采用瑞士 ARL 公司生产的 ARL-9800 型 x 射线荧光光谱仪分析, Si 的精度  $< \pm 0.2\%$ , 误差  $< \pm 0.7\%$ ; Al 的精度  $< \pm 0.05\%$ , 误差  $< \pm 0.2\%$ 。 $^{14}\text{C}$  测年样品是在 Quantulus-1220 低本底液闪仪上测量的,标准采用中国糖碳,本底用实验室合成苯,测量范围  $\leq 4.5$  万 a,效率为 73%。采用 LKB 公司提供的软件计算出样品的年代,样品的年代校正采用华盛顿大学提供的校正软件,是由国家地震局同位素实验室完成的。

## 2 结果

### 2.1 钻孔 RD03A 微量元素特征

#### 2.1.1 RD03A 钻孔的岩性特征

RD03A 孔位于西太阳沙潮成沙脊的前缘,在该孔的北面现有一个小的沙脊,系西太阳沙受到冲刷后形成。该钻孔的终孔深度为 49.6 m, 17.3 m 以上为连续取样,以下为不连续取样。根据岩性、沉积结构将沉积物分为 3 个沉积序列。上部 0~9 m,岩性主要为砂质粉砂、粉砂质砂、极细砂-细砂夹少量的粉砂质条带。中部 9~20 m,主要为极细砂-细砂,夹粉砂质条带,其它包括粉砂质团块和水平层理。下部 20~50 m 以极细砂-细砂、粉砂质砂或砂质粉砂为主,有较少的细粉砂夹层,在 15.8~16.8 m 之间沉积物分选性差,含有大量的贝壳砂和云母片,并且在 16.74 m 处为土灰色泥质粉砂,贝壳砂和下部泥质粉砂之间的接触关系属于侵蚀接触,因而可以推断该贝壳砂是由风暴的侵蚀作用形成的。根据 15.88 m 处的贝壳砂样品的  $^{14}\text{C}$  测年,年龄 3425 aB.P.  $\pm$  340 aB.P.,说明上段序列应该形成于晚全新世。对 22.97~23 m 处的深灰色粉砂进行了  $^{14}\text{C}$  测年,结果为 5735 aB.P.  $\pm$  240 aB.P.。根据这两点的测年可以得到此钻孔千年尺度上的沉积速率为 4~4.67 mm/a。

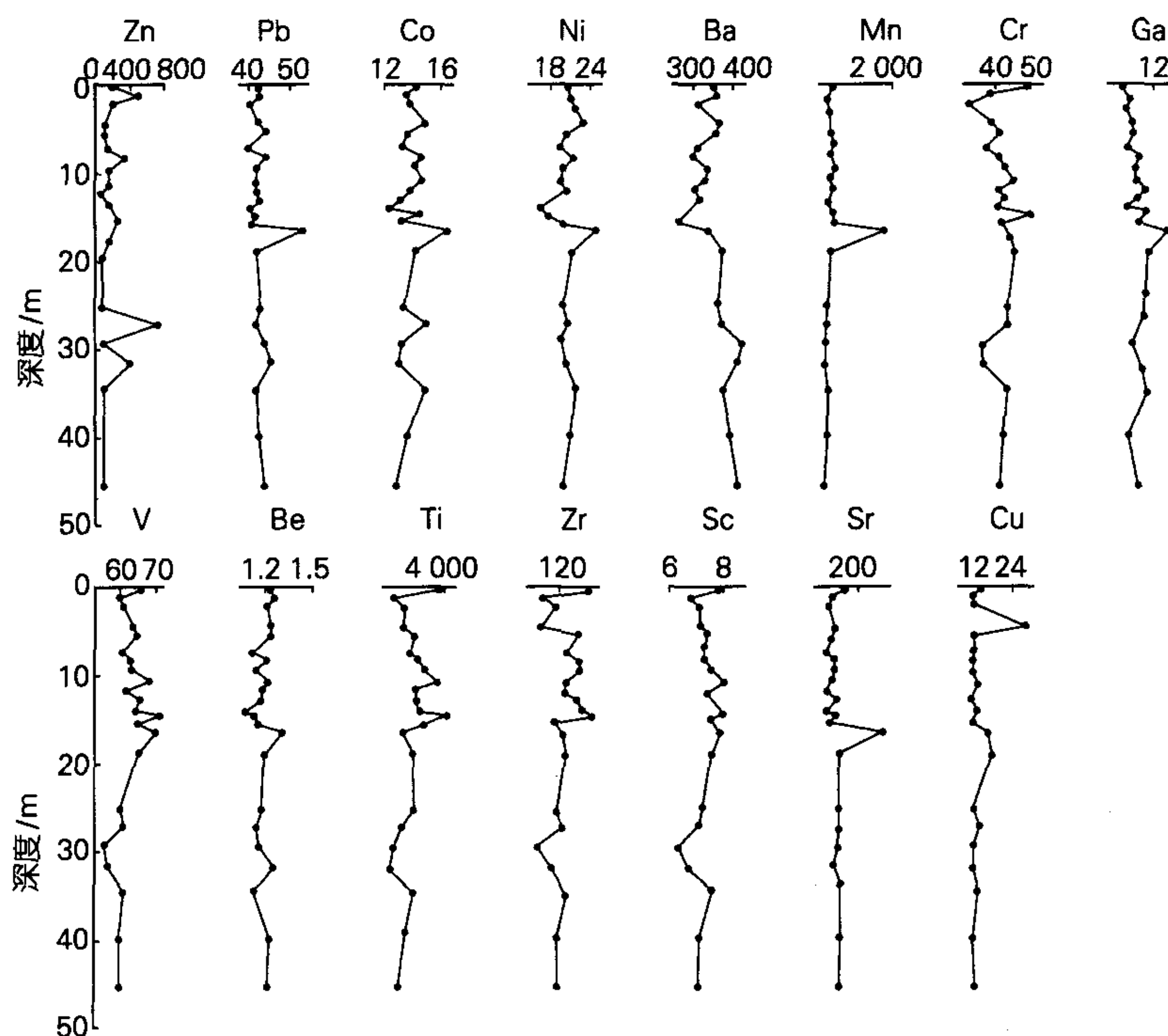


图 2 钻孔 RD03A 的微量元素质量分数 ( $\mu\text{g/g}$ )

Fig. 2 Depth profiles of minor elements contents in core RD03A

### 2.1.2 钻孔 RD03A 的微量元素特征

由图 2 可知 RD03A 钻孔中微量元素的垂向变化很可划分为 3 个旋回, 16.54 m 和约 5 m 处是这个旋回的分界点, Zn, Pb, Cu 等重金属元素的变化与其它元素的变化基本相同。在 5 m 左右各个元素有一个较小的高值, 而 16.54 m 左右大部分元素明显都有一个高值。除 Ba 以外, 其余元素随着深度的增加基本上质量分数都减少或者变化不大。而 Ba 元素在 15 m 左右达到最低值后, 随着深度的增加质量分数逐渐增加。

16.54 m 深度以下, 大部分的元素质量分数趋于平稳, 这也许与由于 20~50 m 为非连续取芯, 无法进行更为详尽研究也有关系。

## 2.2 钻孔 RD03B 微量元素特征分析

### 2.2.1 RD03B 钻孔的岩性特征

RD03B 孔位于烂沙洋潮流通道北部, 上部 6 m 主

要为土黄色细砂和极细砂, 中部 6~9.7 m 以极细砂—细砂为主, 含大量的泥质夹层, 变形层理和风暴沉积。8.22~8.27 m 为棕色贝壳砂, 有白蛤碎片, 产状杂乱, 与下部沉积物之间也为侵蚀接触, 但侵蚀面起伏不大。下部 9.7~11.2 m, 为深灰色的粉砂沉积。结构较均匀, 9.8 m 处的粘土质粉砂  $^{14}\text{C}$  测年的数据 4 640a.B.P.  $\pm$  230 a.B.P., 且根据此处的年龄推算, 该钻孔在千年尺度上的平均沉积速率为 2.16 mm/a, 低于 RD03A 钻孔的平均沉积速率。

### 2.2.2 钻孔 RD03B 的微量元素特征

RD03B 钻孔微量元素的垂向变化如图 3 所示。在 1.88 m 处有个明显的转折点, Cr, Ga, V 和 Be 元素在此处有高值。除 Zn 和 Be 外, 所有元素在 7.74 m 处均出现高值。Ba 在 7.74 m 处出现最高值。

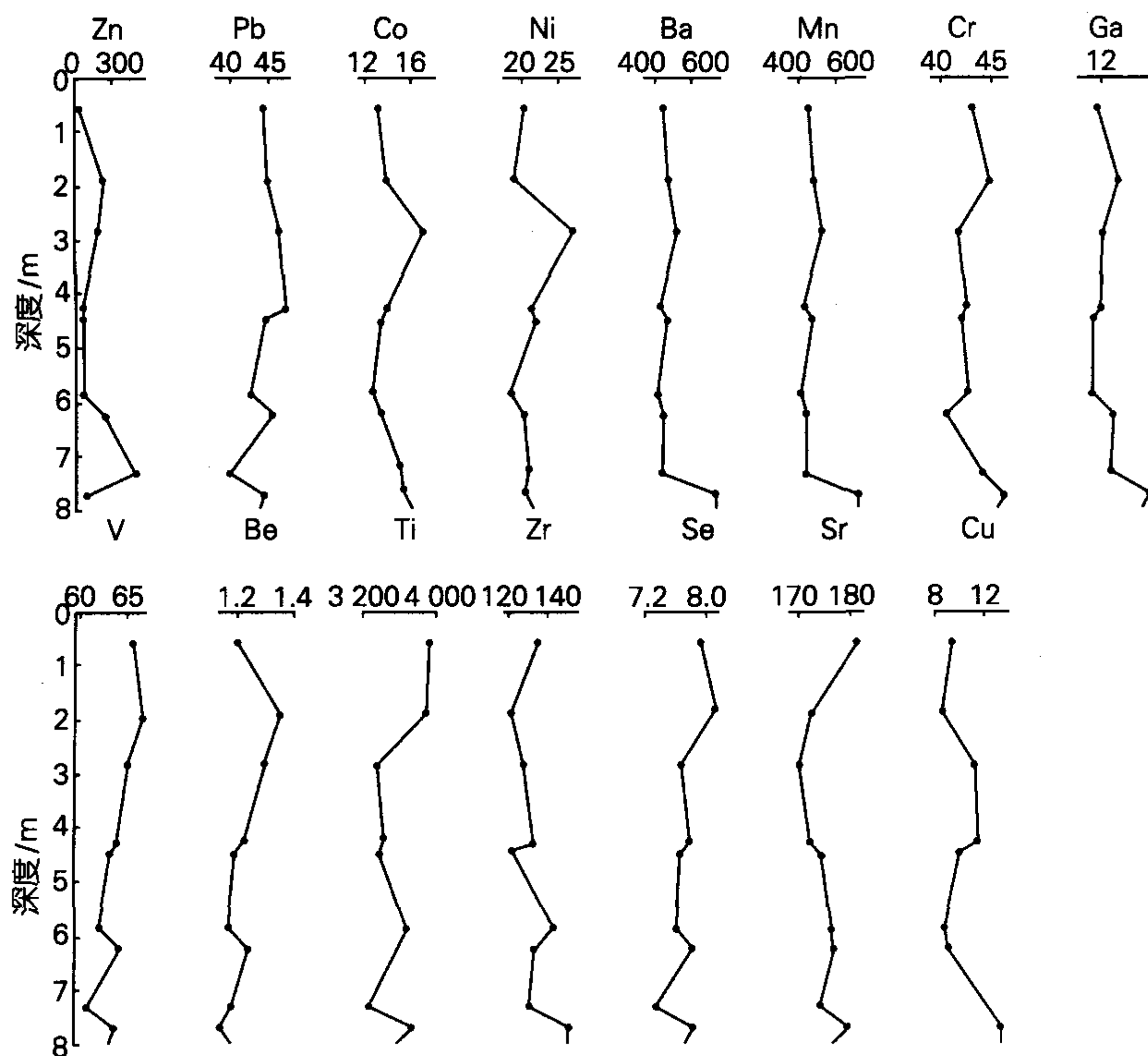


图 3 钻孔 RD03B 的微量元素质量分数( $\mu\text{g/g}$ )

Fig. 3 Depth profiles of minor elements contents in core RD03B

### 2.3 钻孔 RD03C 微量元素特征

#### 2.3.1 RD03C 钻孔的岩性特征

RD03C 孔位于烂沙洋潮汐通道的中部,水深大于 18 m。由于表层沉积物的粘结性较差,2.3 m 以上没有获得岩芯。2.3~8 m 以砂质粉砂-粉砂质砂为主,夹极细的粉砂条带,发育大量的变形层理和滑塌构造,可明显看出该套序列与滑塌沉积作用有关。中部 8~14.3 m 以极细砂-细砂沉积为主,夹有大量的深灰色极细粉砂,显示出频繁的沙泥互层形式。在 8.17 m 取沉积物样进行了  $^{14}\text{C}$  测年,年龄为 13 430 a B.P.  $\pm$  270 a B.P.,说明该段沉积物的年代已达到晚更新世。下部序列 14.3~18.1 m 以极细砂-细砂为主,夹少量的粉砂质砂和深灰色细粉砂。

#### 2.3.2 钻孔 RD03C 的微量元素特征

钻孔 RD03C 中的 Zn 质量分数与前两个钻孔的质量分数有明显的差异(见表 1),而其它元素则含量

相似。由图 4 可以看出大多数元素在 8.17 m 之上变化是很少的,除 Sr 在 8.17 m 处有最小值外,其余在此处均有高值。在 16.24 m 处也有一个高值,但 Ba 有最小值。Zn 的最高值出现在 11.58 m 处。因此整体看钻孔 RD03C 中元素变化有两处转折点 8.17 m 和 16.24 m 左右。

表 1 给出了 3 个钻孔微量元素的平均值,从这表可以看出,除了 Zn 外,3 钻孔微量平均值不大。Zn 在 RD03C 中的平均值明显比其它两个钻孔的含量少,由于 Zn 质量分数的增加与现代污染有关<sup>[6]</sup>,因此 RD03C 钻孔中 Zn 质量分数低的也许与此钻孔 2.3 m 以上的样品没有获取上,受现代污染的影响少有关。

表 1 还给出了钻孔 RD03A 的细粉砂和极细砂-极细砂沉积物中微量元素的平均值,可以看出同一钻孔中细粉砂的元素平均值两分数明显高于细砂-极细砂中的平均质量分数,这也说明了微量元素的含量与细颗粒物质的吸附作用有明显的关系。

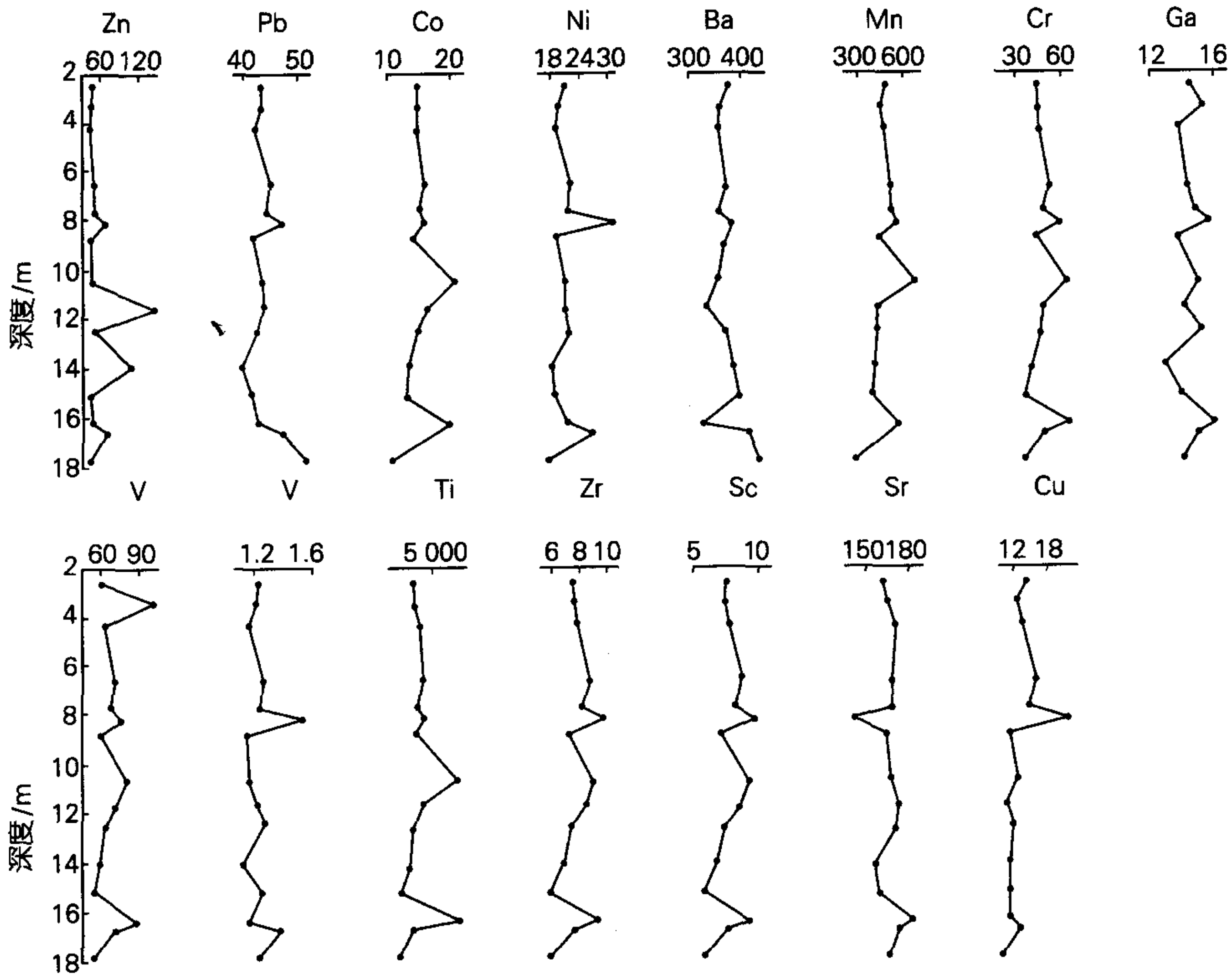


图 4 钻孔 RD03C 的微量元素质量分数( $\mu\text{g/g}$ )

Fig. 4 Depth profiles of minor elements contents in core RD03C

表 1 RD03A, RD03B 和 RD03C 钻孔的微量元素质量分数

Tab.1 Comparison of Average Minor Elements Contents Of Core RD03A, RD03B and RD03C

微量元素	微量元素质量分数( $\mu\text{g/g}$ )			
	RD03A 细粉砂 平均值*	RD03A 细砂-极 细砂平均值**	RD03B 细砂- 极细砂平均值***	RD03C 细砂- 极细砂平均值****
Zn	176.91	169.62	150.46	56.72
Pb	52.49	42.42	44.24	43.65
Co	16.37	13.85	14.57	15.31
Ni	27.48	20.05	21.11	21.49
Ba	394.06	337.20	381.62	363.80
Mn	533.87	457.20	505.44	454.00
Cr	57.86	41.42	46.06	49.43
Ga	14.43	11.03	12.68	14.62
V	75.93	61.94	63.48	65.77
Be	1.474	1.172	1.20	1.21
Cu	21.00	10.95	10.70	12.91
Ti	3 708.85	3 266.00	3 549.70	3 712.13
Zr	179.07	120.5	133.59	136.17
Sc	10.17	7.632	7.71	7.79
Sr	156.71	169.4	174.72	165.76

注: \* 是 7 个样品的平均值; \*\* 是 23 个样品的平均值; \*\*\* 是 10 个样品的平均值; \*\*\*\* 是 22 个样品的平均值。

2.4.3 三个钻孔的主量元素分析

表 2 给出了 3 个钻孔的主量元素质量分数, 可以看出 Si 在不同的钻孔中, 质量分数有所差异, RD03C 的质量分数明显比其他两个钻孔的质量分数低, 这主要与 RD03C 钻孔所处的位置为潮汐通道中部, 水深较大, 样品中砂的质量分数降低, 粉砂和粘土成分增加有关, 因为粗颗粒沉积富集石英碎屑。3 个钻孔的

Al 的平均含量分别为 5.06%, 5.05% 和 5.33%, 与 Si 的变化趋势相反。3 个钻孔中 Ca 的平均质量分数分别是 2.49%, 2.75% 和 2.95%; RD03C 中的质量分数明显高, 主要与生物贝壳富集有关。Mg 的平均质量分数分别为 1.01%, 1.11% 和 1.14%, 沉积物中如果含有较多的水黑云母、蒙皂石等富镁矿物可引起 Mg 质量分数的升高。

表 2 3 个钻孔主量元素

Tab.2 Major elements contents of three cores

样品号	采样 深度(m)	质量分数(%)										
		Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Si	S	Ti
RD03A-03	1.24	5.04	2.65	2.49	1.70	1.06	0.05	1.64	0.05	33.23	0.03	0.34
RD03A-09	5.44	5.04	2.51	2.52	1.57	1.09	0.05	1.59	0.05	32.92	0.03	0.36
RD03A-15	9.39	4.98	3.07	2.36	1.58	1.13	0.05	1.56	0.06	33.06	0.00	0.42
RD03A-19	11.86	5.09	3.11	2.46	1.59	1.15	0.05	1.53	0.06	32.55	0.02	0.44
RD03A-23	134.08	4.92	2.73	2.51	1.62	1.10	0.05	1.65	0.06	33.52	0.02	0.42
RD03A-25	15.54	5.06	2.71	2.69	1.69	1.18	0.06	1.59	0.05	33.07	0.03	0.40
RD03A-27	16.54	5.02	2.94	3.26	1.76	0.95	0.22	1.45	0.06	31.98	0.02	0.34

样品号	采样 深度(m)	质量分数(%)										
		Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Si	S	Ti
RD03A-34	29.44	5.09	1.19	2.03	1.78	0.68	0.04	1.62	0.04	36.07	0.01	0.28
RD03A-38	39.94	5.15	2.29	2.15	1.71	0.92	0.04	1.71	0.04	34.23	0.02	0.34
RD03A-40	45.64	5.23	1.77	2.17	1.78	0.87	0.04	1.77	0.04	34.72	0.02	0.32
平均值		5.06	2.49	2.46	1.68	1.01	0.07	1.61	0.05	33.53	0.02	0.37
RD03B-01	0.56	4.91	2.86	2.57	1.57	1.16	0.05	1.49	0.06	33.23	0.00	0.47
RD03B-08	4.29	5.13	2.35	2.57	1.52	1.06	0.05	1.57	0.05	32.98	0.03	0.41
RD03B-12	6.26	5.05	2.79	2.31	1.60	1.09	0.05	1.62	0.05	32.99	0.03	0.38
RD03B-16	8.34	5.10	3.02	2.35	1.62	1.12	0.05	1.66	0.05	32.62	0.02	0.37
平均值		5.05	2.75	2.46	1.58	1.11	0.05	1.51	0.05	32.96	0.02	0.41
RD03C-补1	2.54	5.37	3.16	2.50	1.68	1.16	0.06	1.70	0.05	31.83	0.03	0.38
RD03C-05	7.64	5.24	3.19	2.51	1.62	1.15	0.06	1.58	0.06	31.82	0.03	0.41
RD03C-08	10.54	5.49	2.92	2.60	1.65	1.14	0.05	1.61	0.06	31.72	0.02	0.42
RD03C-12	12.44	5.37	2.84	2.59	1.64	1.07	0.05	1.53	0.05	32.71	0.03	0.38
RD03C-18	16.66	5.19	2.64	2.64	1.63	1.16	0.05	1.58	0.04	33.06	0.03	0.36
平均值		5.33	2.95	2.56	1.64	1.14	0.05	1.60	0.05	32.23	0.03	0.39

注:本样品分析是由南京大学现代分析中心分析完成。

### 3 讨论

RD03A 沉积物的化学元素含量的垂向变化与岩性的变化是一致的。6 m 左右此区域的岩性为粘土质粉砂,粘土含量较高,因此大多数元素的质量分数在此处有明显的增加。在 16~17 m 处的岩性为土黄色细砂、极细砂,含有大量的贝壳,分选性差,从沉积结构上可以看出是风暴潮沉积。与之相对应的是在图 2 的 16.54 m 处,除了 Ba 外,各个元素在此处均有一个明显的高值,这说明,突发事件(如风暴潮)的发生在沉积物的化学元素质量分数上有明显的体现。

RD03B 钻孔在 7.8~8.1 m 的岩性为土灰色细砂、极细砂,含有大量的贝壳碎片,岩性比较致密,而且贝壳碎片的产状比较凌乱,显然和风暴沉积作用有关。而与此对应的是 RD03B 钻孔的大部分微量元素在 7.74 m 处均出现高值,这与 RD03A 的情况相符合,也进一步说明突发事件在化学元素的质量分数变化上有明显的体现。

Si, Ti 和 Zr 这 3 种元素可作为沉积能量环境的示踪剂<sup>[6]</sup>。Si 的富集反映了石英砂的含量高,而 Ti 和 Zr 质量分数的升高则可指示重矿物质量分数的提高,因为重矿物的富集与由波浪和高流速造成的颗粒分选效应有密切联系<sup>[6,18]</sup>,因此可作为高能环境的指示剂,且由于在一般沉积物中,Ti 质量分数是 Zr 的近 30 倍,所以少量重矿物的加入对 Zr 造成的影响比对 Ti

造成的影响大,因而 Zr 比 Ti 更适合作为高能沉积环境的指示剂<sup>[6]</sup>。由图 2 可以看出 Zr 的变化,14.66 m 处为一个转折点,此点之上的质量分数相对比下部的质量分数高。在 15.54 m 处的值较低,为 108.4 μg/g,结合超微化石显示的古水深,可知在 15.48 m 处的古水深可达 25 m,而此之上的古水深较浅,经常可以出现 0 m 古水深<sup>[19]</sup>。由于水深较浅,受波浪和潮流的影响大,因而沉积动力较大,所以可以初步判定西太阳沙区域在 4 000 a 以前的时期中的沉积动力条件较弱。

由图 4 可知,Zr 质量分数在 8.17 m 处有个转折,此深度以上含量较高,且通过超微化石显示该钻孔 8 m 以上的沉积物是来自浅水区<sup>[19]</sup>。因为在水深相对较浅的地方由于受到波浪和潮流的作用,其水动力条件较高,所以 Zr 的质量分数也相对较高。由于在水深较浅的区域,沉积物可充分受到波浪和潮流的淘洗和冲刷,因而可以使潮流通道区域保持一定的水深。

### 4 结论

微量元素的变化与沉积物岩性所反映出来的沉积环境有很好的对应关系,突发事件(如风暴潮)的发生不仅在沉积物的岩性上有所体现,在微量元素的含量变化上也有很明显的体现。

微量元素 Zr 可作为沉积能量变化的地化指示剂。RD03A 所在的西太阳沙区域在 4 000 a 以前的时

期里其沉积水动力条件是比较弱的。RD03C 所在的潮流通道区域, 其上部沉积物来自于水深较浅的区域。因其水动力条件较强, 因而可以保持通道相对稳定的水深。而此区域的具体冲淤变化情况, 则有待于进一步研究。

**致谢:** 南京大学城市与资源学系韩凯协助进行野外样品采集和室内样品分析。感谢南京大学地球科学系和南京大学现代分析中心完成微量和主量元素的测定。衷心感谢南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室高抒教授对本文提出宝贵意见。

**参考文献:**

- [1] 王颖. 黄海陆架辐射沙脊群 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 433.
- [2] 王爱萍, 杨守业, 李从先. 南京地区下蜀土元素地球化学特征及物源判别 [J]. 同济大学学报, 2001, 29(6): 657 - 661.
- [3] 蓝先洪, 申顺喜. 南黄海中部沉积岩心的地球化学特征 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(2): 33 - 38.
- [4] 梁宏锋. 大洋钻探与海洋地球化学 - 微量元素及稳定同位素地球化学记录 [J]. 海洋科学, 1993, 3: 19 - 24.
- [5] 杨守业, 李从先, 张家强. 长江与黄河沉积物元素组成及地质背景 [J]. 海洋地质与第四纪地质 1999, 19(2): 20 - 26.
- [6] Dellwig O, Hinrichs J, Hild A. Changing sedimentation in tidal flat sediments of the southern North Sea from the Holocene to the present: A geochemical approach [J]. *Journal of Sea Research*. 2000, 44, 195 - 208.
- [7] 陈志华, 石学法, 王湘芹, 等. 南黄海 B01 岩心的地球化学特征及其对古环境和古气候的反映 [J]. 海洋学报 2003, 25(1): 69 - 77.
- [8] Ridgway J, Shimmiel G. Estuaries as Repositories of Historical Contamination and their Impact on Shelf Seas [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2002, 55: 903 - 928.
- [9] Covell S, Fontolan G. Application of a normalization procedure in determining regional geochemical baselines [J]. *Environmental Geology* 1997, 30(1/2): 34 - 45.
- [10] 杜德文, 孟宪伟, 王永吉, 等. 沉积物物源组成的定量判别方法及其在冲绳海槽的应用 [J]. 海洋与湖沼 1999, 30(5): 532 - 539.
- [11] 杨守业, 李从先, 张家强. 苏北滨海平原全新世沉积物物源研究——元素地球化学方法与重矿物方法比较 [J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 458 - 463.
- [13] 杜德文, 石学法, 孟宪伟, 等. 黄海沉积物地球化学的粒度效应 [J]. 海洋科学进展, 2003, 21(1): 78 - 82.
- [14] 温孝胜, 赵焕庭, 王丽荣. 南沙群岛南永井岩心 3 常量和微量元素特征及其古环境意义 [J]. 海洋通报, 2001, 20(4): 32 - 38.
- [15] 付命佐, 朱大奎. 江苏岸外海底沙脊群的物质来源 [J]. 南京大学学报(自然科学版), 1987, 22(3): 536 - 544.
- [16] 高抒, 朱大奎. 江苏淤泥质海岸剖面的初步研究 [J]. 南京大学学报(自然科学版), 1988, 24(1): 75 - 84.
- [17] Chen Z, Ostaschuk R K, Yang M. Heavy metals on tidal flats in the Yangze Estuary, China [J]. *Environmental Geology*, 2001, 40(1): 742 - 749.
- [18] Ludwig G, Figge K. Schwermetallverteilung und Sandverteilung in der Deutschen Bucht [J]. *Geol Jb D*, 1979, 32, 23 - 68.
- [19] 邹欣庆. 江苏省如东县人工岛工程烂沙洋水道稳定性研究 [R]. 南京: 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室, 2003.

## Geochemical characteristics of radial submarine sand ridges, Yellow Sea, China

CHEN Ping - ping, GE Chen - dong, YIN Yong, ZOU Xin - qing  
(Ministry of Education Key Laboratory for Coast and Island Development, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Received: Aug., 26, 2004

Key words: radial submarine sand ridges; minor elements; sediment environment.

**Abstract:** Major and minor chemical elements were measured in the samples from 3 cores in radial submarine sand ridges of Yellow Sea. The age of the samples were measured by  $^{14}\text{C}$ . Variations in elements reflect the change of sediment environment. Enrichment of Zr indicates a higher depositional energy environment. 4 000 years ago, depositional energy in Xitaiyangsha was smaller.

(本文编辑: 刘珊珊)