

# 全新世以来广西主要河口近岸沉积物粘土分布及富集特征\*

## Clay Distribution and Accumulation in Sediments of Main Estuary along Guangxi Coast Since Holocene

黄向青,夏真,梁开,张顺枝,崔振昂,潘毅

HUANG Xiang-qing, XIA Zhen, LIANG Kai, ZHANG Shun-zhi, CUI Zhen-ang, PAN Yi

(国土资源部海底矿产资源重点实验室,广州海洋地质调查局,广东广州 510760)

(Key Laboratory of Marine Mineral Resources, MLR, Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou, Guangdong, 510760, China)

**摘要:**【目的】了解粘土在广西主要河流出海口近岸的分布、变化、联系和富集特征。【方法】对钦州湾—廉州湾近岸浅海区沉积物进行取样测试,分析了4个钻孔43个岩芯样品和表层样品52个,阐明了该河口湾区全新世以来粘土分布、粒级分配、相互联系以及沉积环境、物源与富集。【结果】该区粘土广泛分布,钻孔粘土为0%~48.64%,表层为0%~62.10%,来源以河流和海岸侵蚀为主;垂向上粘土随环境变化而波动,总体上为下降趋势或者波动维持,但自晚全新世1m以来均为转折增加,多是F粒级的升高;粘土最细F粒级为主导因素,粒级分配显示该区粘土有一定的内在稳定性,与陆架浅海反相,高F粒级及其比例具有河相和河口湾指示意义。表层粘土是对全新世以来的继承和发展,F粒级比例在0.65以上,最高达0.84,显示河流影响的稳定性和加强迹象;粘土对动力沉积环境变化响应灵敏,环境选择性强。【结论】结合了粘土本底值的表层沉积物粘土富集系数C/C'显示,粘土主要在钦州湾口水下斜坡、钦州湾口与三娘湾的结合部近岸以及湾口西南部富集,与潮流控制的低动力沉积环境分区相对应。

**关键词:**近岸 粘土 分布 关系 富集

**中图分类号:**P532 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2014)04-0411-08

**Abstract:**【Objective】The distribution, variation, relationship and accumulation of clay were analyzed in main estuary in Guangxi coast in order to understand their characteristics. 【Methods】Four boreholes and 52 surficial sediments were sampled from outer Qinzhou Bay to western Beihai waters. Based on the sediment sampling and laboratory sample test data, the clay distribution, composition and variation were estimated since Holocene. 【Results】The clay widely appears in studied area ranging from 0%~48.64% in boreholes and 0%~62.10% in surficial sediments with inputting from river runoff and coast erosion. Vertical clay's concentration varies in waving way in boreholes, which generally showed a decreasing trend but transited since late Holocene 1m and increased. F grain takes main part of clay and indicates river-facies and

estuary - facies opposite to shallow shelf. Developed from late Holocene, the finest F grain of surficial sediments takes account the ratio of 0.65 in average and reaches the maximum of 0.84, revealing river's control maintains and enhances. The clay demonstrates a sensitive response to dynamic sedimentary environment by

收稿日期:2014-04-16

修回日期:2014-07-09

作者简介:黄向青(1964-),女,高级工程师,主要从事海洋地质环境研究。

\* 中国地质调查局“我国重点海岸带滨海环境地质调查与评价”项目(编号 1212010611403)资助。

means of average grain size and grain parameters. **【Conclusion】**Combining clay's background value and enriching index  $C/C_0$ , main clay accumulating areas include the mouth of Qingzhou Bay, the intersection of Qingzhou Bay and Sanniang Bay, and southwestern part of studied area, corresponding to deeper and tide controlled low energy areas.

**Key words:** near shore, clay, distribution, relationship, accumulation

**【研究意义】**粘土是近岸的主要沉积物组分,具有重要的物理、化学性质和生物效应,也是河口海湾悬浮物絮凝沉积的主体。粘土矿物可指示出物源和沉积物运移趋势,反映出古气候特征和古环境变迁,对环境变化敏感。华南西部的广西沿海位于北部湾北岸,为松散北海组/湛江组地层,河流发育,降水丰沛,岸线漫长。由于气候变化和水土流失<sup>[1~3]</sup>,研究广西主要河口湾粘土的分布、变化和富集具有积极的意义。**【前人研究进展】**前人多从粘土矿物含量、组成、比例等角度研究粘土来源和气候关系。**【本研究切入点】**通过沉积物取样和综合测试,探索粘土的历史变化特征和联系。**【拟解决的关键问题】**着重分析粘土自身的组成、分配、分布以及积累特征。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区位置

研究区位于北部湾北部的钦州湾至廉州湾近岸水域,其中钦州湾是广西最大海湾,其湾顶有茅岭江、钦江注入;廉州湾北部有广西最大的入海河流南流江,西北部有大风江注入(见图1)。

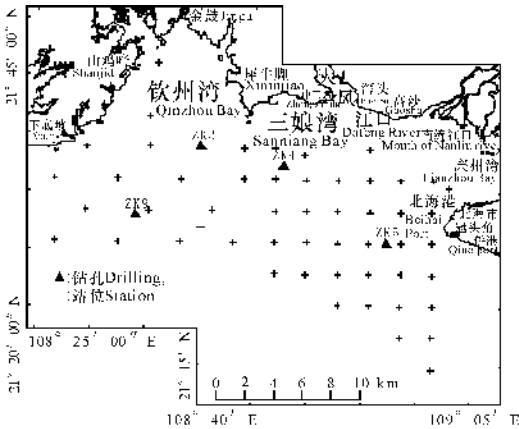


图1 研究区表层沉积物取样站位和钻孔站位

Fig. 1 The surficial sediments sampling stations and borehole sampling locations

### 1.2 样品及仪器

样品:碎屑矿物每个样品的干重为5.00g,分析粒级为0.063~0.25mm。

仪器:LEICA M165C显微镜;电感耦合等离子体发射光谱仪ICP4300DV,对仪器进行校验和标定,用于质量控制的空白样和回收样抽检合格率为

100%。

### 1.3 样品采集及测试方法

为查明广西近岸海洋地质环境特征,中国地质调查局“我国重点海岸带滨海环境地质调查与评价”项目于2006~2009年,自西向东逐年完成取样和测试工作<sup>[4,5]</sup>。站位布设考虑到代表性,自西向东钻孔分别位于钦州湾西部湾口、中部湾口、三娘湾近岸和北海半岛以西,共布设钻孔4个,表层站位52个(见图1)。对样品进行封装、编录并及时送回标准岩芯库储存,之后进行分样和实验室测试。

沉积物粒度分析采用沉降法,有机质、微量元素分析标准均为GB/T 12763.8-2007,分析岩芯样品43个,表层沉积物样品52个。

## 2 结果与分析

### 2.1 研究区全新世以来粘土的分布、关系与变化

#### 2.1.1 粘土与有机质、地球化学要素之间垂向变化关系

研究区内4个钻孔岩芯揭示全新世的厚度不均,ZK9全新统底界为9.70m,ZK3为4.40m,ZK4为14.50m,ZK5为6.5m,<sup>14</sup>C平均沉积速率在0.50~1.00mm/a之间,沉积比较缓慢。全新世以来粘土随着供给、河海交互而分段波动变化,由于海域供沙低微,一般高Sr/Ba和高海面应对应低粘土,海面开始下降和企稳,粘土开始增加。具体来看,自中晚全新世以来,ZK3粘土在接近顶部1.0m处快速出现,有机质同步增加,Sr/Ba自1.80m深度达到阶段最高之后开始略为降低后保持稳定,1.0m之下为砂,粘土几乎为0,综合矿物、粒度、有机质和Sr/Ba等,为受到海侵潮流沙脊向湾口水下斜坡转化阶段(图2 a1和b1);ZK9钻孔5~2m段,粘土较高,为河盛期,2~1m段粘土明显降低,Sr/Ba达到最高,1m以上伴随着Sr/Ba的逐步下降而粘土增加(图2 a2和b2);ZK4钻孔5m以上粘土为20.50%~48.64%,4~1m段,维持在低值区缓慢波动,尔后在1m附近向右转折增加(图2 a3和b3);ZK5粘土为22.62%~48.43%,总体上呈波动式减少,5m左右有机质和粘土最为丰富,Sr/Ba最低,在1.0m附近短时稳定之后,同以上钻孔一样,粘土开始向右转折增加,但转折

幅度较略小(图2 a4和 b4)。ZK9、ZK4、ZK5 钻孔均为河口口冲积相转向河口湾相,快慢有所不同。钻孔粘土各粒级变化同步,但自 1.0m 开始 ZK5 钻孔 F 粒级下降,9 $\phi$ 和 10 $\phi$ 上升,ZK3、ZK9 和 ZK4 钻孔粘土均以 F 粒级增加为特征。

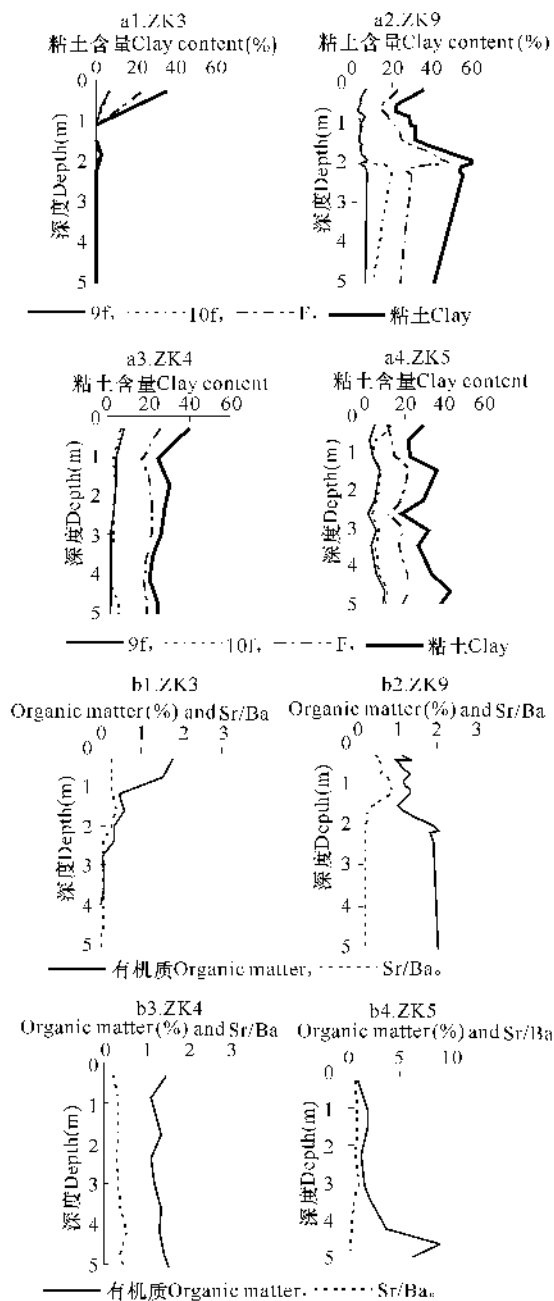


图2 研究区钻孔粘土粒级自中晚全新世以来的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of clay content and clay grain sizes in boreholes since Holocene in studied area

相关计算检验显示有机质与粘土为显著正相关,但分段变化并不完全同步,例如在 ZK3、ZK4 自 1m 以上两者为同步增加,在 ZK9、ZK5 则表现为粘土增加,有机质下降。粘土与陆源风化元素 Co、Ni、Zr、Sc、V、Ga 等相关系数为 0.80~0.89,经检验为显著

正相关,但与海相指示元素 Sr 为负相关,显示粘土的陆源性。

### 2.1.2 晚全新世以来粘土的沉积环境和层序

以上可见粘土随着河-海交互而变化。粘土均在 1m 以上,含量分布曲线转折增加,这时优势硅藻为半咸水种结节圆筛藻 (*Coscinodiscus nodulifer*)、条纹小环藻 (*Cyclotella striata*) 柱状小环藻 (*Cyclotella stylonum*),海水种具槽直链藻 (*Melosira sulcata*)、琴形舟形藻 (*Navicula lyra*),主要矿物组合为石英/长石/海绿石/云母/钙质生物碎屑,属于晚全新世 2000~1000a 以来,海面缓慢下降、河流进积和侵蚀堆积的河口湾层序<sup>[6~9]</sup>。粘土增加速率自东向西加大,为 17.25%/m~44.63%/m,平均含量为 27.02%~33.30%。Sr/Ba 维持在较低或者呈现降低趋势,介于 0.26~0.71,有机质表现不一,最高不到 1.40%,但超过 1.0%,尚属丰富,但两者有分化特征,多是 Sr/Ba 降低而有机质增高的方式。

### 2.1.3 粘土粒级的分配

粘土粒级走势相近,分化为两组即 F 粒级组和 9 $\phi$ 、10 $\phi$  组,F 粒级占优,方差贡献平均为 64.00%~73.00%,9 $\phi$ 、10 $\phi$  偏低且基本接近。钻孔 9 $\phi$  比例变化范围为 0.04~0.24,10 $\phi$  为 0.11~0.44,F 粒级为 0.50~0.83(图 3),9 $\phi$ :10 $\phi$ :F 平均为 0.15:0.19:0.66。除了 ZK9 阶段性小幅波动频繁之外,ZK4、ZK5 比例曲线比较光滑,两组之间有共轭对称性,显示粘土分配具有一定的内在稳定性。

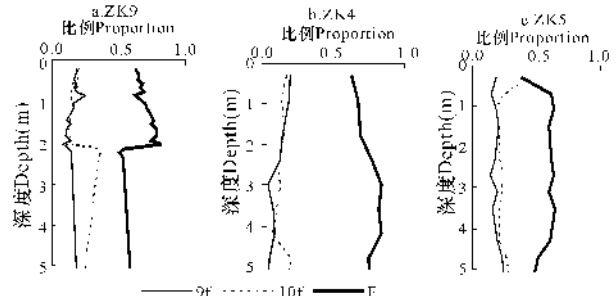


图3 研究区钻孔粘土粒级比例自中晚全新世以来钻孔的垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of clay grain ratio in boreholes since Holocene in studied area

### 2.1.4 F 粒级的河相指示性

全新世以来 F 粒级比例最高接近 0.90,与缓慢海侵造成河口口壅积的高有机质相对应<sup>[10~12]</sup>,这时的硅藻以半咸水种占优势,有孔虫基本未见。ZK9 钻孔比例最高达到 0.80,ZK4 的 F 粒级高比例期间为 0.75~0.88,对应于高有机质,以河流影响为主,2m 以上降低至 0.62~0.70,显示颗粒有所变粗,为

北海组/湛江组海岸侵蚀和河流共同影响。ZK5 早期即河流控制期 F 粒级比例也较高,最高达到 0.69,但其位置偏南,受到海侵比 ZK4 要早和快,多接受了北海半岛海岸侵蚀,颗粒偏粗一些,F 粒级比例降至 0.51~0.68,由于波浪对海岸淘蚀加剧,自 1.0m 以来缩小较快。F 粒级含量占优势揭示了该区河流相和河口湾本质。

## 2.2 表层粘土的分布以及分配

### 2.2.1 表层沉积物粘土的含量分布

表层粘土含量 0%~62.10%, 粒级含量平均 0%~39.95%, 9 $\phi$  和 10 $\phi$  粒级含量偏低, F 粒级仍然占主要地位。砂常常无粘土分布。从含量区间频率 *f* 分布来看(图 4), 9 $\phi$  以 2%~4% 最高, 其次是 10%~12%, 10 $\phi$  也是如此, 而 F 粒级以 8%~16% 最高, 粘土则以 16%~24% 最高。频率分布不均表明粘土还在不断富集。

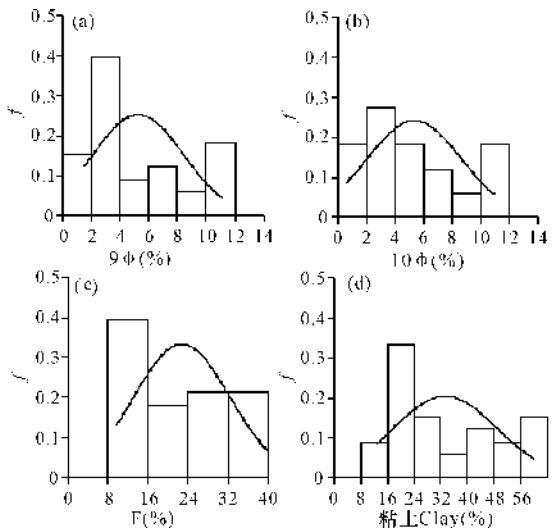


图 4 研究区表层沉积物粘土含量区间(%)频率 *f* 分布  
Fig. 4 Histogram of clay content and grain sizes in surficial sediments in studied area

### 2.2.2 表层沉积物粘土粒级的关系和分配

表层粘土粒级之间的相关系数为 0.78~0.95, 经检验为显著正相关, 与钻孔是一致的。F 粒级比例等值线范围 0.60~0.85, 大部分高于 0.65, 等值线总体趋势自河口或湾口向南降低, 0.75~0.85 高值区最靠近河口, 且以舌状向西南突出, 北海半岛以西深槽附近有一次高值区, 等值线为 0.75, 为来自南流江口细颗粒经廉州湾输入所致(图 5)。在犀牛角南部的三娘湾和研究区东南部波浪侵蚀岸段, F 粒级比例达到低值, 但相对前述钻孔顶部 F 粒级比例 0.38~0.62, 表层 F 粒级比例又有所增大, 显示河流影响的稳定性。

### 2.2.3 表层粘土粒级分配的对比

与位于研究区以南的陆架浅海表层沉积物进行对比<sup>[13]</sup>, 该陆架浅海是近岸物质向海扩散过渡地带, 以粘土质粉砂、粉砂质砂为主, 颗粒较粗, 平均粒径 1.79~7.21 $\phi$ , 分选好~差, 偏态收窄, 为 -0.22~0.59, 峰态变缓, 为 0.66~2.08, 显示出与研究区不同的颗粒特征和来源组成。粘土比例与研究区同样稳定但反相, 但以 9 $\phi$  占优势, 比例范围为 0.55~0.63, 10 $\phi$  次之, 在 0.23~0.25 之间, F 最低, 在 0.12~0.20 之间(图 6), 是由于河流影响大为减弱。再次表明粘土 F 粒级河相指示性。

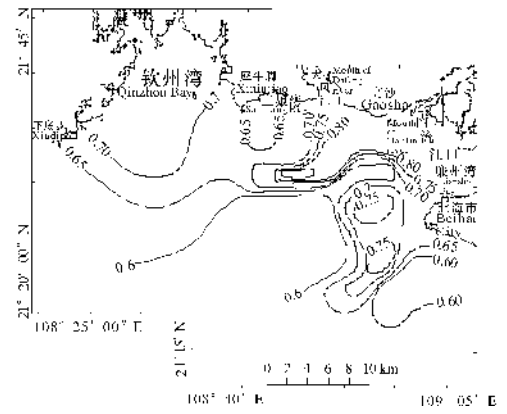


图 5 研究区表层沉积物粘土 F 粒级比例分布  
Fig. 5 F grain ratio in clay of surficial sediments in studied area

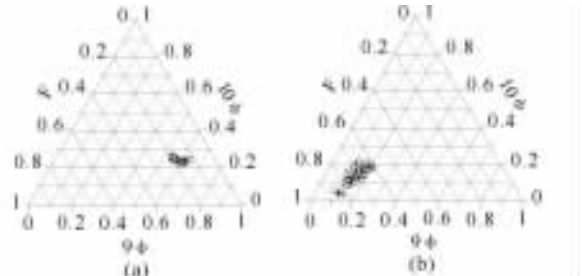


图 6 不同区域表层粘土粒级分配对比

Fig. 6 Clay grain size's ratio of surficial sediment in northern Beibu Gulf's shallow shelf and in studied area  
(a)北部湾北部陆架浅海;(b)研究区。

(a) Shallow shelf of the northern Beibu Gulf; (b) Study area.

## 2.3 表层粘土的来源、动力沉积环境与富集

### 2.3.1 表层粘土的来源

位于研究区西部的表层沉积物粒度、矿物组合、有机质、微体古生物与同样位置的钻孔 ZK3 自 1m 厚度的沉积物有对应关系, 在中部、东部也与钻孔 ZK4、ZK5 有对应关系(表 1), 湾口重矿物电气石/钛铁矿/锆石组合也与前人研究结果一致<sup>[14]</sup>。可见, 表层沉积物同样具备河口海湾相特征, 是对全新世以来的继承与发展, 来源于径流输入和海岸侵蚀, 侵蚀的

表 1 研究区钻孔 1m 以浅沉积物和表层沉积物特征

Table 1 Characteristics of surficial and borehole sediments above 1m in studied area

钻孔与分区 Boreholes and studied area	编号与分区 Borehole codes and sub-areas	平均粒径 Mean grain (φ)	分选系数 Sorting index (φ)	偏态 Skewness	峰态 Kurtosis	沉积物类型 Sediments types	主要碎屑矿物组合 Debris minerals	Sr /Ba	有机质 Organic matters (%)	主要微体古生物 Micro-paleobiology
钻孔 Boreholes	ZK3	5.48	4.27	0.30	0.99	粘土质砂 Clayey sand	石英/长石/风化物/黄铁矿/钛铁矿/云母/锆石/海绿石 Quartz/feldspar/ weathered ores/ pyrite/ilmenite/ mica/zircon/glaucconite	0.26	1.20	有孔虫为近岸种属 <i>Cavarotalia annectens</i> 、 <i>E. hispidulum</i> ，硅藻半咸水种 <i>Cyclotella striata</i> 、 <i>Melosira sulcata</i>
	ZK4	6.98	3.53	0.39	0.99	粘土质粉砂 Clayey silt	石英/长石/风化物/云母/海绿石/钙质生物碎屑 Quartz/feldspar/ Weathered ores/ mica / glauconite/Calcareous bioclastic	0.28	1.31	有孔虫为近岸种属 <i>Cavarotalia annectens</i> 、 <i>E. hispidulum</i> ，硅藻半咸水种 <i>Cyclotella striata</i> 、 <i>Cyclotella stylorum</i>
	ZK5	6.10	3.12	0.39	1.05	粘土质粉砂 Clayey silt	石英/长石/风化物/云母/海绿石，少量钛铁矿 Quartz/feldspar/Weathered ores/ mica /glauconite, a little ilmenite	0.71	1.35	有孔虫为近岸种属 <i>Cavarotalia annectens</i> 、 <i>E. hispidulum</i> ，硅藻半咸水种 <i>Cyclotella striata</i> 、 <i>Cyclotella stylorum</i>
表层分区 Sub-areas	西部 West	6.91	3.82	0.35	1.14	粉砂质粘土，粘土质砂 Clayey silt, Clayey sand	石英/长石/风化物/云母/海绿石/钛铁矿/锆石 Quartz/feldspar/ Weathered ores/ mica /glauconite /ilmenite/ zircon	0.31	1.12	有孔虫 <i>Cavarotalia annectens</i> ，硅藻半咸水种 <i>Cyclotella striata</i> 、 <i>Cyclotella stylorum</i> 、 <i>Melosira sulcata</i>
	中部 Central	6.45	4.41	0.46	1.07	粘土质砂 Clayey sand	石英/长石/风化物/云母/海绿石/钛铁矿 Quartz/feldspar/ Weathered ores/ mica /glauconite/ilmenite/	0.45	0.63	有孔虫 <i>Cavarotalia annectens</i> 、 <i>E. hispidulum</i> ，硅藻 <i>Cyclotella striata</i> 、 <i>Coccinodiscus nodulifer</i> 、 <i>Melosira sulcata</i>
	东部 East	5.45	4.36	0.50	1.78	砂，粘土质砂 Sand, Clayey sand	石英/长石/风化物/云母/海绿石/钛铁矿 Quartz/feldspar/ Weathered ores/ mica /glauconite /ilmenite/	0.65	0.67	有孔虫 <i>Cavarotalia annectens</i>

方式有周边志留系变质岩、侏罗系基岩、北海组/湛江组海岸侵蚀，海域来沙比较微弱<sup>[4,5,15]</sup>。

### 2.3.2 表层沉积物粘土来源划分

该区沉积物除有径流输入之外，还与周围相邻海岸侵蚀与再分配有关<sup>[4,5,14,15]</sup>，依据表层粘土 F 粒级比例，研究区粘土主要来源因素划分为：(1)研究区西北偏西即钦州湾口为钦州湾河流和海湾影响段；(2)西北部犀牛角以南即三娘湾近岸为海岸侵蚀段；(3)北部大风江和南流江影响段；(4)东北部、北海半岛岬角以西为河流和海岸侵蚀共同影响段；(5)研究区东南部的北海半岛南岸侵蚀段。

### 2.3.3 动力沉积环境分类

根据 Flemming 分类法<sup>[16]</sup>，该区有 3 大类动力沉积环境，即低能的低砂/高粉砂/高粘土、中能的中砂/中粉砂/中粘土和高能的高砂/低粉砂/低粘土，分别用 A、B、C 代号表示，并结合海岸类型进一步划分出 6 个亚环境：(1)A1 区：主要动力因素为潮流，水域开阔，平均粒径 3.64φ~7.55φ，分选 3.76φ~4.26φ，偏态 0.16~0.64，峰态 0.85~1.10，以粘土质砂为主  
广西科学 2014 年 8 月 第 21 卷第 4 期

(图 7)；(2)B1 区：主要动力因素为潮流，受湾内地形约束的潮流较大，到湾口扩散降低。平均粒径 4.86φ~7.01φ，分选 2.77φ~5.25φ，偏态 0.38~0.76，峰态 0.86~1.49。以砂为主，细颗粒组分增加；(3)C1 区：主要动力因素为河流和潮流。粘土含量几乎为 0，平均粒径 0.31φ~2.08φ，分选 0.24φ~1.05φ，偏态 -0.21~0.03，峰态 0.9~1.18，为古滨海平原砂体经过现代动力改造，地势向海以西南向倾斜，粉砂含量也极低；(4)C2 区：主要动力因素为河流，平均粒径 2.08φ~6.42φ，分选差~较好，河流流速在出海口分散减弱，粗颗粒沉落形成拦门砂；(5)C3 区：主要动力因素为波浪，海岸承受波浪入射和扰动。平均粒径 0.22φ~4.57φ，分选 1.06φ~4.53φ，偏态 -0.05~0.76，峰态 0.98~2.20，圆磨度好，以砂沉积物为主，几乎没有粘土；(6)B2：主要动力因素为河流、潮流以及岬角波浪入射，分选一般~差，是南流江口与廉州湾物质对外交换通道，细颗粒在此沉积。

再以  $(\delta C/C)/(\delta \phi/\phi)$  无量纲比值表示粘土对沉

积环境变化响应率,其中,  $C$  表示粘土含量,  $\varphi$  表示平均粒径,  $\delta$  表示变化,由粗颗粒环境→细颗粒环境或是河流、波浪影响环境→潮流影响环境,粘土均为正面响应且响应率较高,为 2.31~21.47(图 8)。可见粘土对动力环境的选择性很强,多在潮流控制水深较深处聚集,即以上 A、B 类型区域之内,且与砂的响应曲线以  $x$  轴共轭,表现相反。

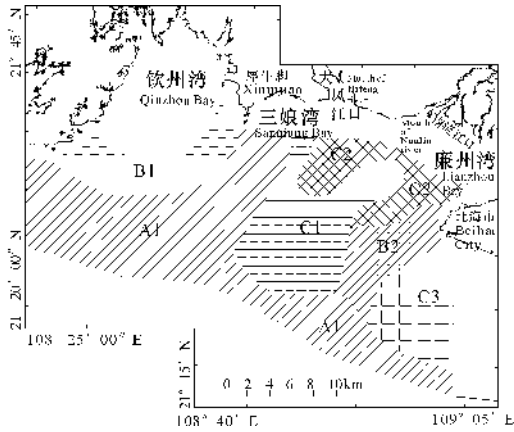


图 7 研究区动力沉积环境分区

Fig. 7 Dynamic sedimentary environment subdivision in studied area

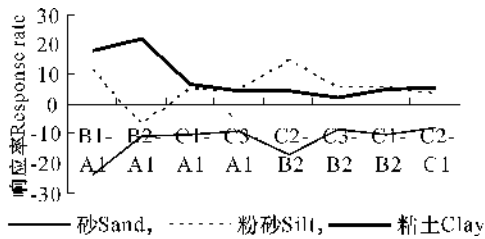


图 8 研究区表层粘土对动力沉积环境变化的响应性

Fig. 8 Clay response rate to dynamic sedimentary environment in studied area

### 2.3.4 表层粘土的富集和分区

表层粘土 25.85%~39.48%,略高于该 1m 厚度粘土的平均值(表 2),显示维持 1m 以来的上升趋势甚至还有加快,尤其是在西部。

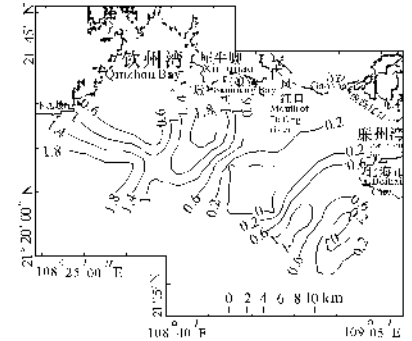
表 2 研究区表层与钻孔 1m 以上沉积物粘土平均含量

Table 2 Average clay in surficial and borehole above 1m of sediments in studied area

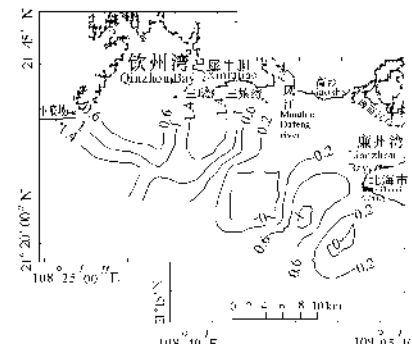
分区 Sub-areas	表层 Surficial sediments(%)	钻孔 Boreholes(%)
西部 West	39.48	27.42 (ZK3) 27.48 (ZK9)
中部 Central	33.63	32.52 (ZK4)
东部 East	25.85	25.12 (ZK5)

采用沉积物元素积累模型中的富集系数  $C/C'$  来表示粘土积累<sup>[17~19]</sup>,式中  $C$  为实测值,  $C'$  为区域本底值,根据以上垂直分布的分段性和稳定性,取 ZK4、ZK5 钻孔 3~4m 长度来计算本底值,依据其偏

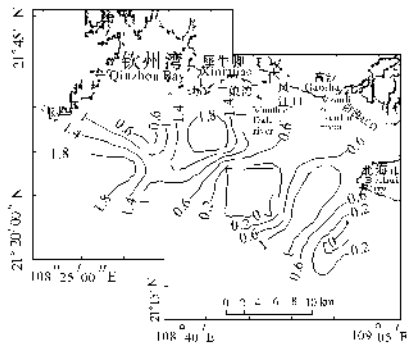
态分布特征,采用几何平均值±标准差来表示,得到  $9\varphi$ 、 $10\varphi$ 、 $F$  粒级及粘土背景值依次为 5.14%±2.10%、6.02%±1.21%、18.28%±4.44%、29.44%±4.59%。如图 9 所示,3 个粒级的  $C/C'$  均是在钦州湾口外水下斜坡较高,在钦州湾口与三娘湾结合部、西岸下底坡近岸达到最大,范围为 1.4~



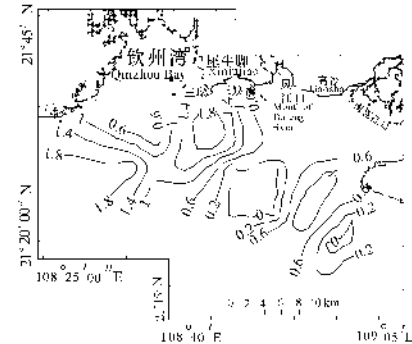
(a) 9φ



(b) 10φ



(c) F



(d) 粘土 Clay

图 9 研究区表层沉积物粘土富集系数  $C/C'$  等值线分布

Fig. 9 Clay accumulation index  $C/C'$  contours of surficial sediment in study area

1.8;大风江、南流江河口近岸发育有拦门沙,  $C/C'$  范围为 0.2~1.0, 中部古滨海平原尚无粘土, 等值线为 0, 北海半岛以西靠近深槽附近也沉积了粘土, 其  $C/C' > 1$ ; 北海半岛南岸波浪淘选强烈, 以砂为主, 富集系数很低。由于各粒级关系密切, 分布格局基本一致, 从粒级等值线范围来看, F 粒级富集系数  $> 1$  的范围最大。粘土富集区与潮流控制的低能动力沉积环境 A、B 类型相对应。

### 3 结论

(1) 研究区粘土具有陆源性, 其含量自全新世以来呈现波动变化, 总体呈现减少趋势或维持趋势, 但自晚全新世海退进积层序约 1m 深度以来, 粘土分布曲线转折增加, 范围为 29.40%~40.13%, 多以最细 F 粒级增加为特征。Sr/Ba 维持在较低或者呈现降低走向, 有机质表现不一。

(2) 粘土粒级之间有较好相关性, 分配具有一定稳定性, 以 F 粒级占优势, 具有河相和河口湾指示意义。粘土对动力沉积环境选择性强。

(3) 表层沉积物粘土是全新世以来的继承和发展, 维持晚全新世 1m 以来的含量或者增加趋势, 粘土结构显示现阶段河流对该区影响仍然稳定, 还有加强的迹象。表层粘土富集区域即  $C/C' > 1.0$  处主要分布于钦州湾口和三娘湾结合部近岸以及湾口西南。大风江口—南流江近岸大部分富集系数不到 1.0, 但北海半岛以西深槽附近出现富集区, 与低能动力沉积环境相对应。

#### 参考文献:

[1] 孙庆峰, 陈发虎, Christophe Colin, 等. 粘土矿物在气候变化研究中的应用进展[J]. 矿物学报, 2011, 31(1): 146-150.  
Sun Q F, Chen F H, Colin C, et al. Application progress of clay minerals in the researches of climate and environment[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(1): 146-150.

[2] 黎遗业. 广西红树林湿地现状与生态保护的研究[J]. 资源调查与环境, 2008, 29(1): 55-60.  
Li Y Y. Current situation and ecological protection of mangrove wetland in Guangxi[J]. Resources Survey and Environment, 2008, 29(1): 55-60.

[3] 黄艳霞, 覃安培. 试论广西水土保持生态建设与农业可持续发展[J]. 人民珠江, 2003(3): 5-6.  
Huang Y X, Tan A P. Primary analysis on ecological construction of land and water reserve and agricultural sustainable development[J]. Pearl River, 2003(3): 5-6.

[4] 广州海洋地质调查局. 北部湾广西近岸海洋地质环境与广西科学 2014 年 8 月 第 21 卷第 4 期

地质灾害调查成果报告(钦州湾幅)[R]. 广州: 广州海洋地质调查局, 2007.

Guangzhou Marine Geological Survey. Research report of Guangxi near shore geological environment and geological hazards, Beibu Gulf (Qinzhou Bay waters)[R]. Guangzhou: Guangzhou Marine Geological Survey, 2007.

[5] 广州海洋地质调查局. 北部湾广西近岸海洋地质环境与地质灾害调查成果报告(北海幅)[R]. 广州: 广州海洋地质调查局, 2009.  
Guangzhou Marine Geological Survey. Research report of Guangxi near shore geological environment and geological hazards, Beibu Gulf (Beihai waters)[R]. Guangzhou: Guangzhou Marine Geological Survey, 2009.

[6] 蔡锋, 陈峰. 广西廉州湾浅地层结构特征及其环境与工程意义[J]. 台湾海峡, 1995, 14(2): 113-117.  
Cai F, Chen F. Texture characteristics, environmental and engineering significance of sub-bottom layers in Lianzhou Bay, Guangxi[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1995, 14(2): 113-117.

[7] 邓朝亮, 刘敬合, 黎广钊, 等. 钦州湾海岸地貌类型及其开发利用自然条件评价[J]. 广西科学院学报, 2004, 20(3): 174-178.  
Deng C L, Liu J H, Li G Z, et al. Geomorphological types in the coast of the Qinzhou Bay and their assessment in natural conditions[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2004, 20(3): 174-178.

[8] 广西红树林研究中心. 北部湾广西南流江三角洲形成演变研究报告[R]. 北海: 广西红树林研究中心, 2013.  
Guangxi Mangrove Research Center. Research report on the evolution of Guangxi Nanliu River delta[R]. Beihai: Guangxi Mangrove Research Center, 2003.

[9] 叶维强, 黎广钊, 庞衍军. 广西钦州市犀牛脚全新世海相层初步分析[J]. 海洋通报, 1987, 6(4): 23-27.  
Ye W Q, Li G Z, Pang Y J. Preliminary study on holocene marine strata in Xiniujiang of Qinzhou City, Guangxi[J]. Marine Science Bulletin, 1987, 6(4): 23-27.

[10] 莫永杰, 廖思明, 葛文标, 等. 现代海平面上升对广西沿海影响的初步分析[J]. 广西科学, 1995, 2(1): 38-41.  
Mo Y J, Liao S M, Ge W B, et al. Primary analysis of the impacts to Guangxi coastal area by modern sea level rise[J]. Guangxi Sciences, 1995, 2(1): 38-41.

[11] 林宝荣. 广西防城湾全新世海侵及防城河三角洲的演变[J]. 海洋与湖沼, 1985, 16(1): 83-92.  
Lin B R. The transgression and change of the Fangcheng Delta in the Fangcheng Bay since holocene[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1985, 16(1): 83-92.

[12] 朱同兴, 冯心涛, 于远山, 等. 广西北海现代海岸沉积作用[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(4): 66-70.

- Zhu T X, Feng X T, Yu Y S, et al. Modern coastal sedimentation in Beihai, Guangxi[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2005, 25(4): 66-70.
- [13] 广州海洋地质调查局. 南海北部湾全新世环境演变与人类活动影响研究 2012 年度工作报告[R]. 广州: 广州海洋地质调查局, 2012.
- Guangzhou Marine Geological Survey. 2012 annual research report on Beibu Gulf holocene environment and the impacts of human activities, south China sea[R]. Guangzhou: Guangzhou Marine Geological Survey, 2012.
- [14] 黎广钊, 梁文, 刘敬合. 从沉积物中重矿物动力分区论钦州湾泥沙来源及运移趋势[J]. *海洋通报*, 2002, 21(5): 61-67.
- Li G Z, Liang W, Liu J H. Discussion on the source and transport tendency of silt in the Qinzhou Bay in terms of the dynamic partition zones of heavy minerals in the sediments[J]. *Marine Science Bulletin*, 2002, 21(5): 61-67.
- [15] 黎广钊, 梁文, 刘敬合. 廉州湾重矿物组合区与泥沙来源[J]. *广西科学*, 2002, 9(2): 119-123.
- Li G Z, Liang W, Liu J H. Heavy mineral assembly and silt sources in the sediment of Lianzhou Bay[J]. *Guangxi Sciences*, 2002, 9(2): 119-123.
- [16] 张伯虎, 陈沈良, 刘焱雄, 等. 广西钦州湾海域表层沉积物分异特征与规律[J]. *热带海洋学报*, 2011, 30(4): 66-70.
- Zhang B H, Chen S L, Liu Y X, et al. Sediment characteristics and differentiation in Qinzhou Bay, Guangxi, China[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2011, 30(4): 66-70.
- [17] 张少峰, 林明裕, 魏春雷, 等. 广西钦州湾沉积物重金属污染现状及潜在生态风险评[J]. *海洋通报*, 2010, 29(4): 450-454.
- Zhang S F, Lin M Y, Wei C L, et al. Pollution assessment and potential ecological risk evolution for heavy metals in the sediments of Qinzhou Bay[J]. *Marine Science Bulletin*, 2010, 29(4): 450-454.
- [18] 马玉, 李团结, 王迪, 等. 珠江口滨海湿地沉积物重金属污染现状及潜在生态危害[J]. *热带地理*, 2011, 31(4): 353-355.
- Ma Y, Li T J, Wang D, et al. Pollution and potential ecological risk of heavy metals in sediment of coastal wetland of the Pearl river estuary[J]. *Tropical Geography*, 2011, 31(4): 353-355.
- [19] 杨辉, 陈国光, 刘红樱, 等. 长江下游主要湖泊沉积物重金属污染及潜在生态风险评价[J]. *地球与环境*, 2013(2): 160-165.
- Yang H, Chen G G, Liu H Y, et al. Pollution of heavy metals in the sediments from the middle and lower reaches of the Yangtze river and its potential ecological risk assessment[J]. *Earth and Environment*, 2013(2): 160-165.

(责任编辑: 陆 雁)



# 投稿指南

## 1 来稿要求

### 1.1 稿件要素

稿件内容必须包括:题目、作者姓名、作者所在单位、所在省份和城市、邮政编码、中文摘要、关键词、英文题目、作者英文姓名、作者英文单位、英文摘要、英文关键词、正文、致谢(非必选)、参考文献等内容。

### 1.2 题目

应以简明、确切的语言反映稿件的重要思想和内容,一般不超过 20 字。

### 1.3 作者与单位

多位作者姓名用逗号隔开。所有作者均须注明所在单位全称、省份城市及邮编。

### 1.4 汉语姓名译法

姓在前名在后,姓用大写字母,名首字母大写,双名字中间加一短线(如:欧阳奋发,OUYANG Fen-fa)。

### 1.5 中、英文摘要

用第三人称撰写,应完整准确概括论文的实质性内容,试验研究论文摘要须标注【目的】……【方法】……【结果】……【结论】四个要素。英文摘要与中文摘要内容相对应(Abstract:【Objective】……【Methods】……【Results】……【Conclusion】)。

### 1.6 首页脚注标识要素

资助项目:项目名称(项目编号)。作者简介包括:姓名(出生年—),性别,学位,职称或职务,主要研究方向。如有通讯作者,请注明×××为通讯作者,E-mail。

### 1.7 稿件正文

试验研究论文应包括引言、材料与方法、结果与分析、讨论(非必要项)、结论等要素。引言须标注【研究意义】……【前人研究进展】……【本研究切入点】……【拟解决的关键问题】……等基本内容,“讨论”与“结论”部分须分开阐述。各层次标题用阿拉伯数字连续编号,如 0; 1, 1.1, 1.1.1; 2, 2.1, 2.1.1……层次划分一般不超过 3 级。

### 1.8 参考文献

所有类型的中文文献须对应翻译成英文。编排格式如下:

- [1] 陈宝玲,宋希强,余文刚,等.濒危书科植物再引入技术及其应[J].生物学报,2010,30(24):7055-7063.  
Chen B L, Sony X Q, Yu W G, et al. Re-introduction technology and its application in the conservation of endangered orchid[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(24): 7055-7063.

### 1.9 图和表

稿件可附必要的图和表,表用三线表表示,忌与文字表述重复,表的主题标目要明确。图表名、图表注及图表中所有的中文须有英文对照。图要大小适中,清晰,标注完整;照片尽量选用黑白照片。

### 1.10 量和单位

量名称及其符号须符合国家标准,采用法定计量单位(用国际通用符号,如面积单位“亩”换算成“公顷  $\text{hm}^2$ ”)。书写要规范化,并注明外文字母的大小写、正斜体及上下角标。容易混淆的字母、符号,请特别说明。

## 2 注意事项

- 2.1 本刊已开通网络投稿系统,投稿请登陆 <http://gxkk.cbpt.cnki.net/>,使用网上投稿和查稿系统。  
2.2 稿件一经采用,酌收版面费;刊登后,付稿酬含(《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据网及台湾华艺 CEPS 中文电子期刊服务网等)网络发行的稿酬,同时赠送样刊 2 本。  
2.3 本刊入编《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、万方数据网及台湾华艺 CEPS 中文电子期刊数据库并已加入 CNKI 优先数字出版合作协议。  
2.4 囿于人力、物力有限,本刊只通过期刊采编系统发送“稿件处理意见”,如需纸质意见,请向编辑部索取。