

北部湾北部近岸全新世沉积环境变化及对 8.2 ka 小冷期的响应*

The Coastal Sedimentary Environmental Changes and Their Response to Early 8.2 ka Cold Event along in the Northern Beibu Gulf since Holocene

黄向青,梁开,林进清,张顺枝,潘毅,霍振海,刘雄

HUANG Xiangqing,LIANG Kai,LIN Jinqing,ZHANG Shunzhi,PAN Yi,
HUO Zhenhai,LIU Xiong

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

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

摘要:【目的】北部湾北部是东亚夏季风、印度季风以及蒙古冷高压影响的交汇处,对气候变化敏感,该区沉积物要素在全新世的分布与变化,可反映该区气候波动特征和海岸格局演进之影响因素。【方法】在北部湾北部广西水域依次钻取 3 孔岩芯并进行粒度、矿物、元素、微体古生物测试鉴定以及¹⁴C 测年,综合分析对比沉积物要素的垂直分布、变化以及响应特征。【结果】全新世孢粉组合为热带-亚热带山地组合。岩芯粒度波动旋回变化,经历了自河床向浅海湾的变迁,沉积物具有陆源性,元素等几乎与沉积旋回细组分同步变化。早期三角洲盆地钻孔显示为盐沼环境;相对晚更新世或者末期,全新世早期沉积物颗粒粗减细增,有机质增幅超过 700%。碎屑矿物种类增加,孢粉和硅藻化石逐步丰富,硅藻属种数也保持增加趋势,沉积速率为全新世平均值的 1.36~1.85 倍,具有风化较强、水沙丰沛、沉积快、物质分配活跃、生物较为繁盛的特点,与邻区全新世中早期气候适宜期相符合。早期气候仍然波动,可辨认出 8.2 ka 小冷期事件的影响,Sr/Ba 比值偏低。【结论】研究区作为东亚低纬度季风区海陆过渡界面,其环境变化与气候变化相联系。

关键词:北部湾北部 全新世 8.2 ka 小冷期 区域响应

中图分类号:P531 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-9164(2017)06-0614-09

Abstract:【Objective】The northern part of Beibu Gulf is not only in the area where East Asian summer monsoon meets Indian monsoon but also in the Mongolian cold high pressure zone. It is sensitive to climate changes. The distribution and variation of some indexes in the core sediments from this area since Holocene reflect the characteristics of climate fluctuation and the factors controlling the coastal evolution. 【Methods】In the northern Beibu Gulf, three cores were drilled from the area around Guangxi Province. The grain size, mineral and elemental compositions were determined, and paleontological identification and ¹⁴C dating were conducted. The vertical distribution, variation of some indexes and their response characteristics to the climate event were compared and discussed.

【Results】In Holocene the sporopollen assemblage was characterized by the species of tropical and subtropical mountains. The fluctuation of the grain sizes along the cores represented a sedimentary cycle, indicating the gradual change from the river bed deposits to the shallow bay deposits. The sediments were of terrig-

收稿日期:2017-07-08

修回日期:2017-11-04

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,E-mail:eegs2007@163.com。

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

enous origin and the elemental compositions were almost synchronous with the fine components in the sedimentary cycle. Boreholes from the early Delta basin showed that the sediments deposited in the salt marsh environment. Compared with the late Pleistocene or the end of the Late Holocene, in the sediments deposited during the early Holocene the coarse particles reduced and the fine particles increased, so the contents of organic matters increased by more than 700%. The types of detrital minerals also increased. The sporopollen and diatom fossils were abundant, and the number of diatom species also increased. The deposition rate was 1.36—1.85 times of the average rate in the whole Holocene. These features indicated the enhanced weathering, abundant sediment supplying, high deposition rates, and high biological productivity in this period, which was accommodated to the climate conditions. Although the climate still fluctuated, the effect of the small cold event in 8.2 ka was remarkable and the Sr/Ba ratio was low. **【Conclusion】**As a land-sea interaction zone in the low altitude monsoon region of East Asia, the environmental changes of the study area were associated with the climate changes.

Key words: northern coast of Beibu Gulf, Holocene, 8.2 ka cold event, regional response

0 引言

【研究意义】全新世是迈向现代的重要阶段,气候波动变化,出现了数次小冷期,对生态环境产生了显著影响。陆区全新世气候及其效应方面取得了诸多研究成果,但在海陆界面即近岸对全新世特殊事件下的沉积响应少有研究。北部湾以北与青藏高原和云贵高原东麓相邻,为华南和华东丘陵台地的过渡区,同受季风影响,气候关系密切,有待加强这方面的工作,国际上对包括北部湾北部的气候研究也予以关注^[1]。**【前人研究进展】**前人根据广西海岸第四系地层岩性和区域地质资料,认为第四纪海岸线受到断块运动等构造和气候变化因素的共同影响,第四纪地层滨海相沉积广泛存在,以淤泥、粘土和砂滩等组成^[2-3],并探讨总结了广西主要河口地貌类型和基本成因,分析了重要沉积物类型黏土在主要河口的分布和全新世以来的变化特征,研究了钦州湾岸线格局以及变化与响应^[4-6]。通过对末次冰期晚期以来黔桂地区洞穴石笋碳同位素的分析对比,认为气候具有冷暖波动变化特征^[7]。对该区全新世以来海侵过程分区差异和近岸各主要海湾的构造沉降速度进行进一步的研究,结果表明构造沉降速度差异是全新世以来广西沿岸海侵时间不同的原因之一^[8]。全新世作为塑造广西海岸线的重要阶段,周建超等^[9]对广西桂林岩溶区沉积物进行了孢粉等分析,结果显示中全新世以来区域气候波动表现在温度、湿度的变化和研究区水域面积扩展与收缩。各项成果加深了对广西气候演化和地质环境背景的认识。**【本研究切入点】**在广西近岸水域岩芯取样进行地质和年龄综合测试,研究沉积物要素的分布与变化特征。**【拟解决的关键问题】**探究北部湾北部全新世沉积环境和气候特征,以及对全新世早期重要的 8.2 ka 小冷期的响应及其意义。

1 材料与方法

1.1 取样

研究区位于广西北部湾北部近岸的钦州湾口-廉州湾水域,地形向南和西南缓慢倾斜,水域水深不到 20 m。2007 年—2009 年依次在该水域实施了直至基底的 3 个岩芯钻取(图 1),全新世底界采用氧同位素 1/2 期界限,年龄约 1.2 万年,并结合岩性和不整合强侵蚀面确定^[10-11]。全新统样品长度 6.5~14.6 m,以 20 cm 较细间距进行分样,获得 32~72 个样品。

1.2 样品测试与鉴定

1.2.1 孢粉鉴定

每个样品取样不到 10 g,经盐酸去钙处理之后,采用重液分离法使孢粉富集并制片。每个样品在 Leitz 显微镜下放大 200~300 倍观察统计 400 mm² 盖玻片下的孢粉数量。

1.2.2 ¹⁴C 测年

采用植物碳化残骸或者有孔虫 *Globigerinoides ruber* 壳体,由国土资源部海洋地质实验检测中心(青岛)完成,主要仪器是芬兰产 1220 型超低本底液闪谱仪。

1.2.3 沉积物粒度测试

对粗粒直径(>2 000 μm)采用筛分法,而余下细粒则采用激光粒度法,仪器为 Mastersizer 2000 激光衍射粒度分析仪,沉积物分类标准采用 GB/T 12763.8—2007。由广州海洋地质调查局实验测试所完成。

1.2.4 碎屑矿物测试

依据《海洋调查规范 海洋地质地球物理调查》GB/T 13909—1992,每个样品的干样质量为 6.00 g,分析粒极为 0.063~0.25 mm,矿物含量为占分析重

量的百分含量。

1.2.5 微体古生物硅藻与有孔虫鉴定

硅藻鉴定:每个样品取干样 1.0~10 g 放入烧杯,加入过氧化氢充分反应,沉积物颗粒分离,然后经过纯净水清洗、浓盐酸浸泡、过滤水冲洗至中性。再将样品倒入 50 mL 离心管并晾干,采用比重为 2.4 的重液进行浮选,把浮选液收集到离心管稀释到一定体积后,用滴管取 1/n 滴,用中性树脂制成固定片,最后在 Leica 显微镜下进行鉴定,放大倍数平均 300 倍,再换算硅藻丰度为个/g。

有孔虫鉴定:每个样品取干样 10~20 g,用清水浸泡,加入少许过氧化氢做松散剂,采用 0.063 mm 标准铜筛筛洗,再将样品烘干供鉴定使用。使用 Leica 双目实体显微镜鉴定并统计大于 0.15 mm 的个体。

1.2.6 化学元素分析

微量元素 (Co、Ni、Cu、Zn、V、Sr、Ba、Pb、Ga、Zr):试样经密闭分解,再在开放体系中蒸发除去氢氟酸,用盐酸加热溶解盐类并转化为硝酸介质。将试样置于聚四氟乙烯熔样罐中,加入硝酸和氢氟酸摇匀,密闭加热分解 48 h 之内冷却蒸干,再电热板加热溶解盐类蒸并近干,再加硝酸密闭加热溶解。冷却后加入内标溶液摇匀,用硝酸移至 50 mL 容量瓶中稀释至刻度备测。工作曲线的制备包括内标溶液、空白标准溶液、工作曲线标准溶液等,采用 ICP-OES 4300DV 型电感耦合等离子体发射光谱仪测定。

有机质测试依据 GB17378.5.18-2007。

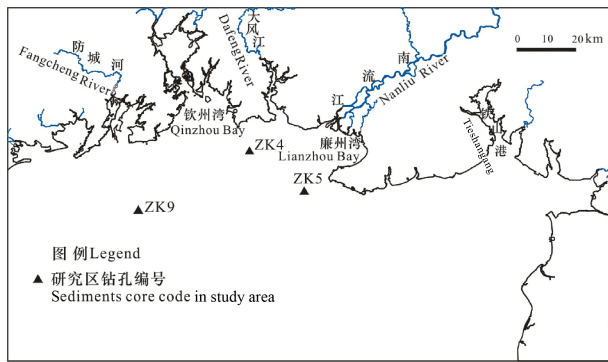


图 1 研究区和钻孔站位图

Fig. 1 Location map of study area and sediments core position

2 结果与分析

2.1 全新统孢粉组合及其气候意义

钻孔全新统孢粉具有分段特征。ZK4 钻孔孢粉自下而上划分两个基本组合:13.7~6.8 m,热带、亚热带木本花粉 *Castanopsis* 和 *Quercus* 大量出现,*Castanopsis* 尤为丰富,阔叶 *Halorrhagis* 以及

Agnolia 等开始出现,木本种类增加,蕨类以 *Cibotium barometz* 增加、*Microlepia* 减少为特征;6.8~0 m,以 *Microlepia* 等蕨类植物为主,植被较单调。ZK5 钻孔孢粉同为两个基本组合:5.6 m 以下未见任何化石,5.6~4.2 m 孢粉增加,热带、亚热带常绿木本 *Castanopsis* 与 *Quercus* 大量出现,蕨类热带种 *Cibotium barometz* 明显增加;4.2~0 m 孢粉相对丰富,共鉴定木本 8 个科属,蕨类 10 个科属,但以蕨类占优势,常见有 *Microlepia* 和 *Cibotium barometz* 等,木本次之,以 *Castanopsis* 和 *Quercus* 常见,热带-亚热带裸子植物 *Pinus* 多有出现。ZK9 钻孔 9.7~0 m 孢粉相对丰富,平均丰度为 58 粒/g,共鉴定出科属 18 个,以蕨类占优势,*Microlepia* 为绝对优势种,木本次之,以 *Castanopsis* 及 *Quercus* 常见,裸子植物以 *Pinus* 最为丰富,草本花粉稀少。总体上,以上孢粉组合面貌反映了热带、亚热带暖湿气候下植物的分布,其中前期(下段)较后期(上段)还要湿润一些。

2.2 全新世早期及中期沉积物年代

钻孔测年结果显示,由于气候波动和沉积环境的差异,年龄存在差异,ZK9 钻孔 5.2 m、2.3 m 年龄分别为(10 110±210) a BP、(8 590±220) a BP,ZK4 钻孔 10.4 m、6.0 m 分别为(7 985±33) a BP、(6 012±30) a BP,ZK5 钻孔 1.6 m 为(7 950±35) a BP。

2.3 粒度分布特征

岩芯沉积物粒度波动变化,以 ZK4 和 ZK5 为代表。ZK4 岩芯经历 3 个沉积旋回,可划分为 3 个阶段:① 14.5~11.0 m 为冲刷性河床环境,从组分累计含量分布可见,以砾石、砂占优势,粒径 phi 偏小,分选很差,偏态左偏,峰形尖锐;② 11.0~6.2 m 发生显著改变,成为盐沼,海绿石有所出现,粉砂和粘土平均含量相近,且占优势,砂和砾石含量较少,粒径 phi 值显著增加,颗粒变细,分选略有好转,趋向右偏,峰形有所平缓;③ 6.2~0 m 为浅海湾相环境,在波浪侵蚀作用下砂增加,粉砂变化不大,粘土降低,粒径变小,分选变差,趋向左偏,峰态趋向尖锐(图 2a1~e1)。经历了推移和跃移占优势到悬移组占优势的过程。ZK5 岩芯为 2 个沉积旋回:① 6.5~4.4 m 为河漫滩,以粉砂和粘土占优势,先是浅黄和灰黄粉砂质粘土,出现 15 cm 厚的薄砾石层,然后褐灰色粘土质粉砂,含少量生物壳体碎屑,粒径为 8.2~9.0 φ,分选较差,极右偏,平均峰态近 1.50,统计分布上峰形比较尖锐(图 2a2~e2);② 4.4~0 m,为浅海湾相,波浪对海岸侵蚀作用较强,砂含量增加,为青

灰色粘土质粉砂或者砂-粉砂-粘土,钙质生物碎屑丰富,粒径有所变细,分选进一步变差,偏态左移,峰态趋尖。

2.4 碎屑矿物分布特征

碎屑矿物有 10 余种,其中以轻矿物石英和长石为主,重矿物出现种类有磁铁矿、赤铁矿、铬铁矿、钛铁矿、辉石、石榴石、锆石、金红石、锐钛矿、电气石以及钙质生物碎屑等,含量波动变化,变异性较大。ZK4 岩芯第 1 个旋回由于为河流冲刷较强,钛铁矿持续出现。第 2 个旋回由于水动力较弱而出现还原环境,使得黄铁矿富集,盐沼环境出现海绿石。第 3 个旋回海绿石稳定发展,潮流扩散较强使得黄铁矿消失。整个阶段以石英为绝对优势,长石含量低于 5%,云母保持波动变化(图 3a1~e1)。除了初期第 1 旋回之外,钙质生物碎屑维持在较高水平。ZK5 岩芯第 1 旋回同样以石英为绝对优势,但波动较大,长石低于 6%,海绿石间断出现,黄铁矿丰富,风化矿物处于较低水平,云母波动变化。第 2 旋回石英的优势性有所减弱,海绿石保持稳定,由于水动力较强,增加了氧化性,使得黄铁矿消失,风化矿物较高(图 3a2~e2)。整个阶段钙质生物碎屑呈现线性增加趋势。

2.5 微量元素与有机质分布特征

微量元素含量与沉积物粒径有关,几乎与沉积旋

回同步变化。ZK4 岩芯第 1 旋回 Co、Cu、Ni、Pb、Sr 等普遍偏低,有机质 Org. M 贫乏,第 2 旋回含量达到最高阶段,分布曲线为右凸形态,有机质同样丰富,第 3 旋回大多数元素含量介于第 1 和第 2 旋回之间,有机质也是如此(图 4a1~f1);ZK5 岩芯在第 1 旋回除了 Sr 和 Ba,元素含量处于高值区,有机质富集,第 2 旋回由于进入河口海湾发展时期,水域开阔,水深加深,沉积物在水动力作用下有所分散使得元素和有机质含量降低,Sr 虽然有所波动,但平均值明显升高(图 4a2~f2)。

2.6 微体古生物主要特征

ZK4 岩芯在第 1 旋回未有有孔虫,第 2 旋回出现少量,第 3 旋回出现丰富,主要有底栖类浅海种和暖水种 *Cavartalia annectens*、*Elphidium advenum*、*Elphidium hispidulum*、*Hanzawaia concentrina*、*Quinqueloculina* spp.、*Bigenerina nodosaris* 等,偶见浮游类 *G. ruber*;ZK5 岩芯在第 1 旋回属种稀少,间断出现,均为底栖类,未出现浮游类。第 2 旋回属种数量开始增多。底栖类占优势,为 *C. annectens*、*E. advenum*、*E. hispidulum*、*H. concentrina*、*Quinqueloculina* spp.、*B. nodosaris* 等,浮游类偶见。复合分异度为 1.0~1.93,以玻璃质壳类为主。

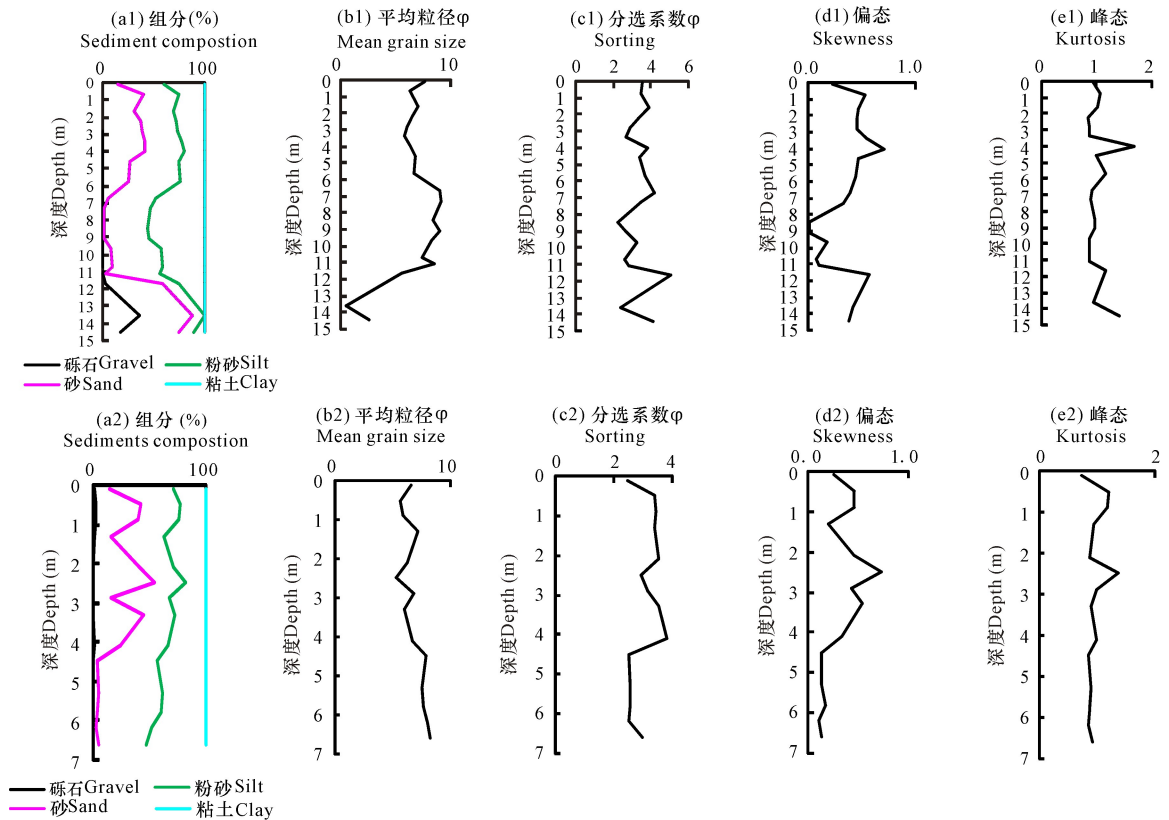


图 2 ZK4、ZK5 钻孔岩芯全新世沉积粒度分布

Fig. 2 Grain size distribution of sediments in the core ZK4 and ZK5 since Holocene

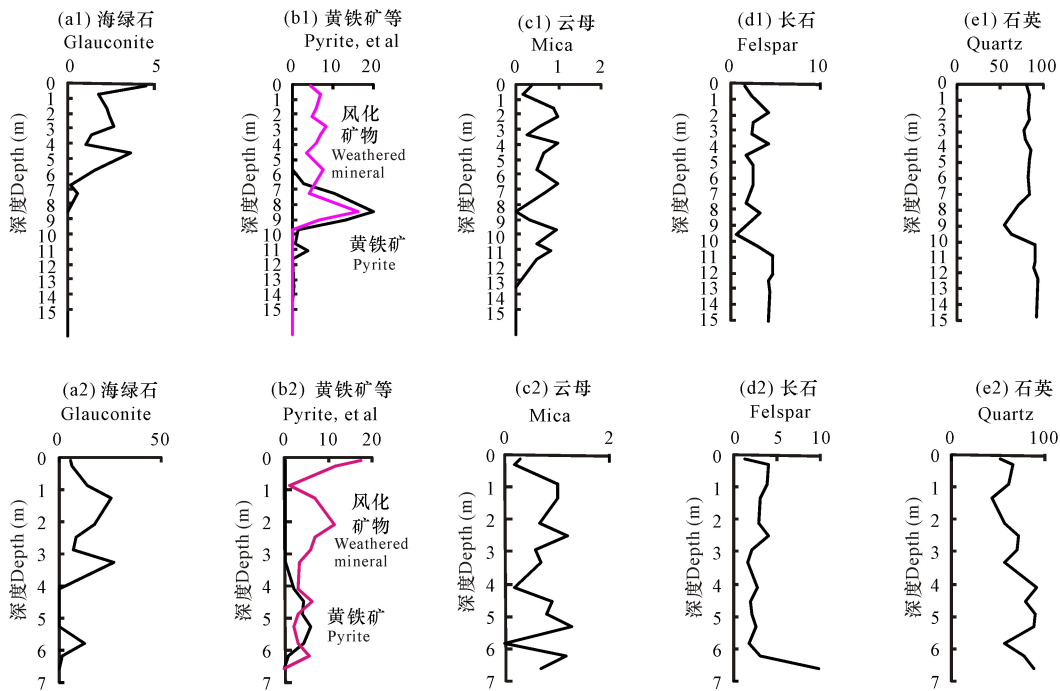


图3 ZK4、ZK5 钻孔岩芯全新世沉积物碎屑矿物含量(%)分布

Fig. 3 Detrital minerals content distribution of sediments in the core ZK4 and ZK5 since Holocene

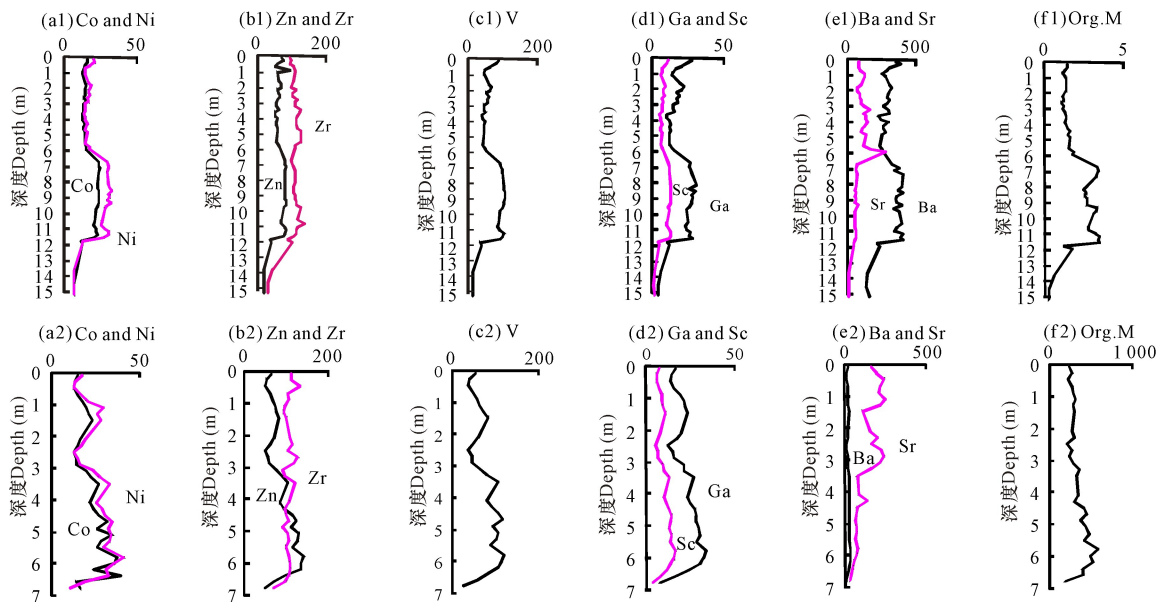


图4 ZK4、ZK5 钻孔岩芯全新世沉积物微量元素($\times 10^{-6}$)和有机质(%)含量分布

Fig. 4 Micro-geochemical elements ($\times 10^{-6}$) and organic matter distribution (%) of sediments in the core ZK4 and ZK5 since Holocene

共检出硅藻十余种。ZK4 岩芯硅藻丰度变化很大,在第1旋回出现峰值,以半淡水和半咸水的 *C. striata* 为绝对优势,余下为 *Cyclotella stylonum*,第2和第3旋回仍以 *C. striata* 仍以为主,但多出现 *Melosira sulcata*,也散见咸水种 *Rhizosolenia bergonii* 等;主要属种有 *C. striata*、*C. stylonum*、*M. sulcata* 及 *Nitzschia cocconeiformis*。ZK5 岩芯在第1旋回主要为 *C. striata* 和 *N. cocconeiformis*,之后旋回主要为 *C. striata*、*C. stylonum* 和 *M. sulcata*,

偶见 *N. cocconeiformis*。

2.7 Sr/Ba 分布和海平面变化

Sr/Ba 波动变化,结合碎屑矿物海绿石、生物钙质碎屑、有孔虫以及测年等,自西向东 ZK9、ZK4、ZK5 钻孔位置出现海侵最早年代依次为 8.0 ka BP、6.0 ka BP、9.0 ka BP,ZK5 在海平面快速达到最高后又快速下降,于(7 950 \pm 50) a BP 前后又开始第二次大规模海侵(图5)。这是由于 ZK9、ZK5 地处河谷地带,地势低洼,而 ZK4 地处断裂凹陷之间的相对隆

起处^[8]。

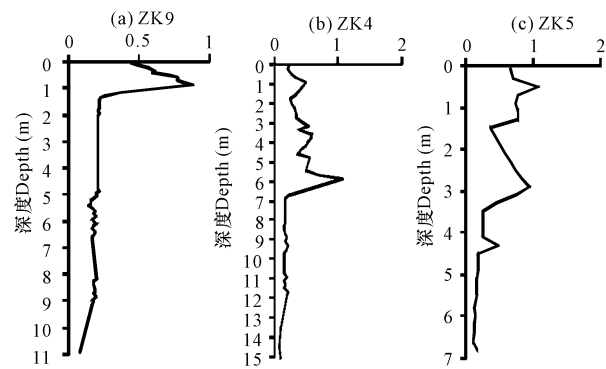


图5 钻孔岩芯全新世沉积物 Sr/Ba 比值分布

Fig. 5 Downcore variations of Sr/Ba since Holocene

2.8 全新世早期的小冷期事件

2.8.1 晚更新世后期或末期的环境特征

研究认为全新世气候变化总体可分为 11.0~8.5 ka、8.5~3.0 ka、3.0~0.0 ka 3 个阶段,彭学敏^[12]和施雅风等^[13]指出,中国季风区在 8.5~7.2 ka BP 为不稳定的冷、暖交替波动时段,早全新世为中等暖湿,中全新世为大暖期,晚全新世气温则有所下降。本岩芯显示,在全新世之前的晚更新世末期或者后期可能为古河流期间,ZK9 岩芯(62±6) ka BP (光释光测年)以来,由于已经进入末次冰期,沉积物普遍为粗颗粒,砾石和砂混杂,为山前坡积或风成,分选一般,岩性来看颜色灰色、青灰色居多,径流等水动力能量有限,碎屑矿物种类稀少,以石英和长石占绝对优势,无生物活动的钙质碎屑和硅藻,未有黄铁矿出现,微量元素 Pb、Cr、Sr、Ga 等呈现阶段变化,显示气候虽有波动,但总体干冷,与风力强、水位浅等邻区区域气候特征是一致的^[14-16]。

2.8.2 全新世早期的环境变化特征

岩芯显示全新世早期(11.5~8.0 ka BP)~2~2φ 即砾石和粗砂显著降低,过渡粒级 3~5 φ 有所参差,6 φ~F 细颗粒和极细颗粒同步增加,相对增幅 82.0%~1267.4%;除了 ZK9 岩芯 Ba 由于亚环境导致局部影响而有所减少外,微量元素几乎全部同步增加,最大增幅 362.6%。特别有机质,增幅超过了 700%,显示充足的光热条件和活跃的生物活动(图 6)。碎屑矿物种类有所增加,以石英和长石占据绝对优势,有少量钛铁矿,零星出现锆石。

ZK9 岩芯全新世早期孢粉化石为 68 个/g,以下晚更新统地层硅藻零星或者未有出现,孢粉仅零星见有 *Liquidambar sp.* 和 *Microlepidia sp.*, 为 4 个/g, ZK4、ZK5 岩芯早期平均孢粉丰度为 118 个/g,之前几乎没有孢粉化石,硅藻同样罕见或零星出现。全新世早期的 ZK4、ZK5 岩芯孢粉显示,木本和蕨类种数

保持上升态势(图 7a);硅藻属种数也呈现增加趋势,ZK5 岩芯在 2.0 m 达到最高(图 7b)。说明全新世早期气候改善,陆地和水体植物和浮游生物繁衍生长。

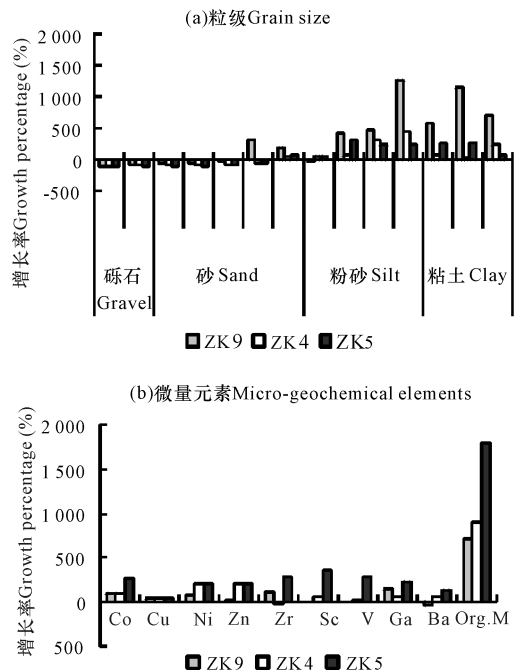


图6 钻孔岩芯沉积物粒级和元素在全新世早期的增幅

Fig. 6 Growth percentage of grain sizes and micro elements of sediments in the core during early Holocene

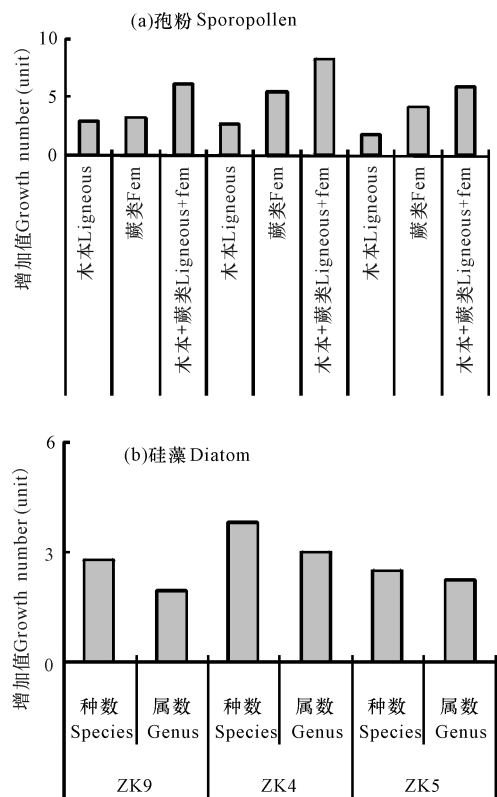


图7 钻孔岩芯沉积物全新世早期微体古生物属种数的增加值分布

Fig. 7 Growth number distribution of microfossil species in the core sediments during early Holocene

可见,岩芯显示全新世早期径流发育,风化增强,侵蚀活跃,河流挟沙力高,物质重新分配,沉积快速,沉积速率0.20~0.26 cm/a,为全新世平均沉积速率的1.36~1.85倍。以砂、粉砂、粘土为主,受到磨蚀颗粒呈现次圆或次棱角,生物碎屑逐渐出现。孢粉均以蕨类和木本依次占优势,含量分别为54.2%~

表 1 钻孔岩芯沉积物全新世早期 8.2 ka 小冷期年代

Table 1 Dating and estimated ages of sediments in the core during 8.2 ka cold event in early Holocene

特征点 Key depth	ZK9		ZK4		ZK5	
	深度 Depth (m)	实测年龄 Dating ages (a BP)	深度 Depth (m)	实测年龄 Dating ages (a BP)	深度 Depth (m)	实测年龄 Dating ages (a BP)
测年点 Dating depth	2.3	8 590±220	6.0	6 012±30	1.6	7 950±35
控制点 Controlled depth	5.2	10 110±210	10.4	7 985±33	5.5	
转折点 Transition depth	2.0	8 400*	10.7	8 300*	1.6	7 950±35

注: * 表示推算年龄

Note: * indicates the estimated ages

2.8.4 上述全新世早期明显环境变化转折点的特征在转折点附近孢粉蕨类减少,木本增加,显示林下茂盛蕨类植被改观,气候趋干,硅藻属数和种数降低,为-67%~-45%,生物活动有所下降(图 8a~b);微量元素几乎全面上升,增幅最大超过200%,沉积物砂大幅降低,粉砂和粘土明显升高,粒径也是如此,分选变化参差,有变好和变差两种,偏态均趋向右偏,峰态总体趋向平缓(图 8c~d)。黄铁矿有所出

75.2%、15.8%~35.4%,硅藻以 *C. striata* 占优势,气候暖润。这些特征与全新世早期适宜期气候相符。

2.8.3 上述全新世早期明显环境变化的年代

根据上述钻孔沉积物测年结果,并以此为控制点进行线性插值推算,得到的以上全新世早期环境变化转折点的年龄均在 8.0 ka BP 前后(表 1)。

现,陆源角闪石、锆石、云母、白钛石、锐钛矿等减少几乎至零,生物钙质碎屑降低,生物活动减弱,化学风化指标长石/石英降至最低。ZK5 钻孔位于三角洲盆地或者河谷,已有海水混入,海绿石有所发育。其它沉积物要素也显示孔隙比增大、含水率提高、密度减小^[7-8]。以上表明转折点气候变冷变干,径流萎缩,河槽淤缩,出现封闭性游积环境,物源减少,水位降低。

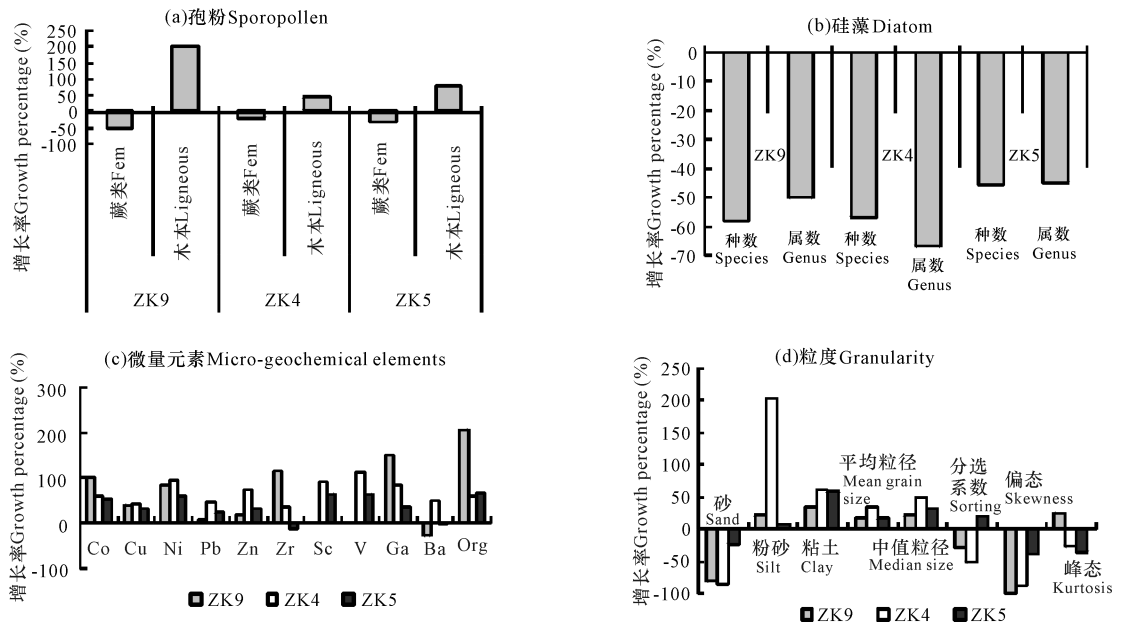


图 8 8.2 ka 小冷期期间岩芯沉积物要素的增长率分布

Fig. 8 The growth percentage of elements in the core sediments during 8.2 ka cold event

2.8.5 转折点与 8.2 ka 小冷期的关系
全新世中国气温集成序列可辨认出全新世早期有 8.2 ka 冷事件 C6,对应于大西洋冷事件 5^[17];青

藏高原东部全新世泥炭沉积物序列分析显示,8.2 ka BP 为气候段 I 和段 II 的转折点,表现为冬季风加强,夏季风撤退。青藏高原中部湖泊沉积物序列表明,全

新世早期为暖湿气候特征,但在 8.6~8.4 ka BP 发生两次强烈冷事件,冰芯、矿物等研究也有同样结果^[18-19]。青藏湖区全新世干湿曲线在 7.8~8.0 ka BP 前后有一次明显的下降变干变化,形成“V”型态^[20];云贵高原石笋记录揭示 8.5~8.1 ka BP 存在气温突降事件,贵州荔波董哥洞 D1 石笋碳氧同位素也有在此时间附近短暂偏重的记录^[21-23];雷州半岛湖光岩沉积物显示 11.0~6.0 ka BP 为夏季风强盛,气候温湿,但 8.4~8.3 ka BP 出现叶绿素、TOC、Sr/Rb、磁化率大幅度回调,夏季风消减,为一次干冷事件^[24]。广西近岸早全新世为热湿偏凉干气候 I 期,中全新世早期为热湿气候 II 期,8.0 ka BP 为两者气候转折点^[25-26]。近来对广西北部山地沼泽 20 ka 以来的有机碳同位素等的研究表明,碳同位素于 9.0~8.0 ka BP 存在一个正偏波动变化,可能与 8.2 ka 降温事件和本地物源发生输入变化有关^[27]。

如前所述,研究区 3 个钻孔于全新世初期所处环境为河滩或者沼泽等,该类地表水来自大气降水补给和浅层地下水渗透,对气候变化响应敏感,在转折点具备了同时发生性和同特征性,且与 8.2 ka 冷事件也具有可比性,应属于该全新世早期小冷期区域变化乃至全球变化的范畴。

3 结论

对位于北部湾北部的广西钦州湾口外、三娘湾口外以及南流江三角洲盆地前缘的钻孔沉积物进行了综合分析,得出如下结论:

(1)孢粉显示全新世为热带与亚热带组合,早期为感潮河流环境,经历了河流-河口沼泽-浅海湾的环境演化。碎屑矿物-重矿物组合显示以陆源为主,沉积物波动变化,经历了 2~3 个明显旋回,微量元素和有机质分布几乎与沉积旋回同步,与海侵过程之中海面升降有关。

(2)全新世早期约 8.4~8.0 ka BP 之前气候具有较为湿润,径流发育,化学风化较强,沉积较快,物质分配活跃的特征,微体古生物、碎屑矿物、微量元素相对于晚更新世大幅增加,钙质生物逐渐丰富。北部湾地处东亚低纬度季风区,该特征与全新世早期气候复苏以及适宜期是相对应的。

(3)研究区岩芯显示于 8.4~8.0 ka BP 出现一次明显的转折变化,显示气候变冷变干,径流枯缩,物源减少,水位下降,水动力变弱,形成淤浅性环境,可能是对 8.2 ka 小冷期气候之响应。

参考文献:

[1] YOO J, ROHLI R V. Global distribution of köppen-gei- 广西科学 2017 年 12 月 第 24 卷第 6 期

ger climate types during the last glacial maximum, mid-holocene, and present[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2016, 446: 326-337.

[2] 谢复飘. 北部湾广西海岸第四纪岸线变迁[J]. *技术与市场*, 2013, 20(3): 135-136.

XIE F P. Change of quaternary coastline in Guangxi Beibu Gulf coast[J]. *Technology and Market*, 2013, 20(3): 135-136.

[3] 张继淹. 广西第四纪地层划分与对比[J]. *广西地质*, 1998 (4): 1-6.

ZHANG J Y. Classification and comparison of quaternary strata in Guangxi[J]. *Guangxi Geology*, 1998 (4): 1-6.

[4] 陈波,董德信,邱绍芳,等. 北仑河口海岸地貌特征与环境演变影响因素分析[J]. *广西科学*, 2011, 18(1): 88-91.

CHEN B, DONG D X, QIU S F, et al. Analysis of coastal geomorphic features and influence factors of environmental evolution in Beilun Estuary[J]. *Guangxi Science*, 2011, 18(1): 88-91.

[5] 黄向青,夏真,梁开,等. 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[J]. *广西科学*, 2014, 21(4): 411-418.

HUANG X Q, XIA Z, LIANG K, et al. Clay distribution and accumulation in sediments of main estuary along Guangxi coast since Holocene[J]. *Guangxi Sciences*, 2014, 21(4): 411-418.

[6] 牙韩争,许尤厚,李谊纯,等. 岸线变化对钦州湾水动力环境的影响[J]. *广西科学*, 2017, 24(3): 311-315, 322.

YA H Z, XU Y H, LI Y C, et al. Effects of shoreline change on hydrodynamic environment in Qinzhou Bay[J]. *Guangxi Sciences*, 2017, 24(3): 311-315, 322.

[7] 张美良,朱晓燕,林玉石,等. 洞穴石笋的 $\delta^{13}\text{C}$ 记录研究[J]. *广西科学*, 2006, 13(1): 48-51, 57.

ZHANG M L, ZHU X Y, LIN Y S, et al. Study on $\delta^{13}\text{C}$ isotope records from stalagmites[J]. *Guangxi Sciences*, 2006, 13(1): 48-51, 57.

[8] 刘涛,黎广钊. 北部湾广西沿岸全新世海侵过程的区域差异[J]. *海洋学报*, 2015, 37(3): 70-76.

LIU T, LI G Z. The spatial discrepancy of holocene transgression in north Beibu Gulf of Guangxi coastline[J]. *Haiyang Xuebao*, 2015, 37(3): 70-76.

[9] 周建超,覃军干,张强,等. 广西桂林岩溶区中全新世以来的植被、气候及沉积环境变化[J]. *科学通报*, 2015 (13): 1197-1206.

ZHOU J C, QIN J G, ZHANG Q, et al. Vegetation, climate and depositional environment changes since the middle Holocene in the karst area of Guilin, Guangxi[J]. *Chin Sci Bull*, 2015(13): 1197-1206.

[10] 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报告[R]. 广州:广州海洋地质调查局, 2013.

Guangzhou Marine Geological Survey. Survey report of near shore marine geological environment and geological hazards in Guangxi, Beibu Gulf[R]. Guangzhou: Guangzhou Marine Geological Survey, 2013.

[11] 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报告(钦州湾幅、北海水域幅)[R]. 广州:广州海洋地质调查局, 2007-2008.

- Guangzhou Marine Geological Survey. Survey report of near shore marine geological environment and ecological hazards in Guangxi (Qinzhou Bay, Beihai waters), Beibu Gulf[R]. Guangzhou: Guangzhou Marine Geological Survey, 2007-2008.
- [12] 彭学敏. 中国全新世气候演化研究进展[J]. 河南科技, 2014(15):174-175.
PENG X M. The research progress on Holocene climatic evolution in China[J]. Journal of Henan Science and Technology, 2014, (15):174-175.
- [13] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件[J]. 中国科学: B 辑, 1992(12): 1300-1308.
SHI Y F, KONG Z C, WANG S M, et al. Climatic variation and important events during Holocene Megathermal in China[J]. Science in China: Series B, 1992(12): 1300-1308.
- [14] 覃嘉铭, 袁道先, 林玉石, 等. 桂林 44 ka BP 石笋同位素记录及其环境解释[J]. 地球学报, 2000, 21(4): 407-416.
QIN J M, YUAN D X, LIN Y S, et al. Isotopic records of stalagmites from Guilin since 44 ka BP and their environmental interpretation[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2000, 21(4):407-416.
- [15] 边彦明, 余佳, 邵兆刚, 等. 西藏佩枯错盆地晚更新世以来的孢粉组合特征及其古气候意义[J]. 地球学报, 2013, 34(1):87-94.
BIAN Y M, YU J, SHAO Z G, et al. Palynological assemblages in the Paiku Co basin of Tibet since late Pleistocene and their paleoclimatic significance[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2013, 34(1):87-94.
- [16] 吴晓英, 张倩雯, 张志高, 等. 藏北库木库里盆地 KM 剖面晚更新世沉积物粒度特征及其环境意义[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2015, 51(4):478-487, 495.
WU X Y, ZHANG Q W, ZHANG Z G, et al. Grain-size characteristics and environmental significance of late Pleistocene sediments at KM section in Kumukuli basin, northern Tibetan Plateau[J]. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 2015, 51(4): 478 - 487, 495.
- [17] 候光良, 方修琦. 中国全新世气温变化特征[J]. 地理科学进展, 2011, 30(9):1075-1080.
HOU G L, FANG X Q. Characteristics of Holocene temperature change in China[J]. Progress in Geography, 2011, 30(9):1075-1080.
- [18] 于学峰, 周卫健, FRANZEN L G, 等. 青藏高原东部全新世冬夏季风变化的高分辨率泥炭记录[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2006, 36(2):182-187.
YU X F, ZHOU W J, FRAZEN L G, et al. High resolution peat records on winter and summer monsoon climate changes in Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Science in China: Ser D: Earth Sciences, 2006, 36(2):182-187.
- [19] 吴艳宏, LÜCKE A, WÜNNEMANN B, 等. 青藏高原中部全新世气候变化的湖泊沉积地球化学记录[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(9):1185-1191.
WU Y H, LÜCKE A, WÜNNEMANN B, et al. Lake geochemical records on climatic change during Holocene in middle Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Science in China: Ser D: Earth Sciences, 2007, 37(9):1185-1191.
- [20] 郭超, 马玉贞, 胡才莉, 等. 中国内陆区湖泊沉积所反映的全新世干湿变化[J]. 地理科学进展, 2014, 33(6): 786-798.
GUO C, MA YU Z, HU C L, et al. Holocene humidity changes in inland China inferred from lake sediments[J]. Progress in Geography, 2014, 33(6):786-798.
- [21] 朱正杰, 苏菲, 陈敬安, 等. 西南地区全新世气候变化概述[J]. 地球与环境, 2009, 37(2):163-169.
ZHU Z J, SU F, CHEN J A, et al. Holocene climate changes in southwest China[J]. Earth and Environment, 2009, 37(2):163-169.
- [22] 李玲, 王嘉学, 黎亚波. 基于石笋记录的云贵高原古气候变化研究进展[J]. 云南地理环境研究, 2013, 25(5): 96-103.
LI L, WANG J X, LI Y B. The ancient climate change research progress on stalagmite records of Yunnan-Guizhou Plateau[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2013, 25(5):96-103.
- [23] 张美良, 程海, 林玉石, 等. 贵州荔波 1.5 万年以来石笋高分辨率古气候环境记录[J]. 地球化学, 2004, 33(1): 65-74.
ZHANG M L, CHENG H, LIN Y S, et al. High resolution paleoclimatic environment records from a stalagmite of dongge cave since 15000 a in Libo, Guizhou Province, China[J]. Geochimica, 2004, 33(1):65-74.
- [24] 吴旭东, 沈吉. 广东湖光岩玛珉湖沉积物漫反射光谱数据反映的全新世以来古环境演化[J]. 湖泊科学, 2012, 24(6):943-951.
WU X D, SHEN J. Paleoenvironment evolution since the Holocene reflected by diffuse reflectance spectroscopy from Huguangyan Maar Lake sediments, Guangdong Province[J]. Journal of Lake Sciences, 2012, 24(6):943-951.
- [25] 黎广钊, 梁文, 廖思明, 等. 广西沿海全新世以来气候变化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(3):49-60.
LI G Z, LIANG W, LIAO S M, et al. Climatic changes since Holocene along Guangxi coast[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1996, 16(3):49-60.
- [26] 黎广钊, 陈荣华, 梁文, 等. 北海外沙泻湖全新世微体古生物群特征及其古地理意义[J]. 东海海洋, 1999, 17(4):29-38.
LI G Z, CHEN R H, LIANG W, et al. Holocene micro-paleontological characteristics and its paleogeographical significance in the Waisha Lagoon, Beihai[J]. Donghai Marine Science, 1999, 17(4):29-38.
- [27] 满美玲, 郑卓, 李杰, 等. 广西北部山地沼泽 20 ka 以来的碳同位素组成与气候变化[J]. 热带地理, 2016, 36(3):468-476.
MAN M L, ZHENG Z, LI J, et al. Carbon Isotope compositions and climate changes of the past 20,000 years inferred from a mountainous peat bog of northern Guangxi[J]. Tropical Geography, 2016, 36(3):468-476.

(责任编辑:陆雁)