



海南岛北部全新世最大海侵古岸线的发现及其意义

张磊^{1,2,3)}, 王超群¹⁾, 麦发海⁴⁾, 贾丽云^{1,2,3)}, 孙东霞^{1,2,3)}, 张耀玲^{1,2,3)}, 杨肖肖¹⁾,

韩建恩¹⁾, 韩帅^{1,2,3)}, 吕同艳¹⁾, 杜建军¹⁾, 赵希涛⁵⁾, 胡道功^{1,2,3)}

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081;

2) 自然资源部活动构造与地质安全重点实验室, 北京, 100081;

3) 中国地质调查局新构造与地壳稳定性研究中心, 北京, 100081;

4) 海南省地质综合勘察院, 海口, 570206; 5) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

内容提要: 全新世大暖期的最大海侵对沿海地区具有深刻影响, 但是海南岛北部全新世的最大海侵范围研究较少。本研究利用高精度 DEM 数据解译以及野外钻探验证, 发现海南岛北部全新世精确的最大海侵古岸线空间展布位置, 其总面积约 260 km², 其中约 115 km² 属于现今的江东新区规划建设范围内, 占整个江东新区规划面积的 38%。海南岛北部全新世最大海侵古海岸线的发现, 不仅对理解南海全新世高海平面特征及规律提供琼北地区新证据, 并且对海南自贸区(江东新区)应对未来海平面升高问题提供背景参照。

关键词: 相对海平面变化; 古海岸线; 江东新区; 南海; 全新世

在全球气候变暖背景下, 全球平均海平面呈持续上升趋势, 海平面变化已成为全球性重大环境问题之一 (Levermann et al., 2013; Almar et al., 2021; Yang et al., 2021)。全球约 37% 的人口分布在距海岸线 100 km 范围以内 (Cochen et al., 1997), 中国有 41% 的人口和 60% 以上的财富分布在沿海地区 (时小军等, 2007)。IPCC 预测未来到公元 2100 年全球平均海平面将上升 0.52~0.98 m (Church et al., 2013), 预计到 2030 年、2050 年我国南海海平面将分别上升 30 cm 和 60 cm 左右 (时小军等, 2008; Huang and Qiao, 2015)。海平面上升会淹没沿海低地、加剧海岸侵蚀、海水入侵、风暴潮、土壤盐渍化等地质环境问题 (Nicholls and Cazenave, 2010), 是世界各国政府、科学家和社会公众共同关注的热点问题。

全新世以来, 全新世最大海侵淹没了沿海低洼地带的广阔平原, 导致海岸线大幅度迁移, 使海陆面积比例发生较大变化 (Meltzner et al., 2017), 全球海岸线发生的巨大变化, 对全球海陆格局、海岸发育造成了深刻影响, 对沿海人类生存与发展带来严重

挑战 (Rosentau et al., 2021)。因此, 准确了解与我们现代生活环境密切相关的全新世高海平面在沿海地区形成的最大海侵范围, 不仅对理解海平面变化规律、了解沿海地区全新世古气候、古环境变化有重要意义, 而且对预测未来发生海侵的范围和影响提供依据和支撑 (李长安等, 2022; 周良等, 2022)。

海南岛是南海西北部最大的岛屿, 面积为 33907 km² (吴传军等, 2014; 高抒等, 2016), 该岛北部濒临琼州海峡, 地形平坦, 海拔较低 (图 1), 广泛发育稳定的海相沉积 (夏蒙蒙等, 2019; 梁定勇等, 2021), 对海平面变化非常敏感, 但是目前对该地区全新世的最大古海岸线研究非常缺乏。因此, 对海南岛北部 (琼北) 全新世最大海侵古岸线进行研究, 不仅为理解南海全新世海平面变化规律提供琼北地区新证据, 而且为海南自贸区 (江东新区) 应对未来海平面上升的决策制定提供重要科学依据。

笔者等及所在项目组近年来在海南岛北部开展活动断裂调查时, 利用地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 大区域分析与地质学实际调查相结合的方法, 通过高分辨率数字高程模型

注: 本文为国家自然科学基金资助项目 (编号: 41807421) 和中国地质调查局地质调查项目 (编号: DD20190306) 的成果。

收稿日期: 2022-04-02; 改回日期: 2022-09-03; 网络首发: 2022-09-20; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2022.08.115

作者简介: 张磊, 男, 1986 年生, 博士, 助理研究员, 第四纪地质学专业, 主要从事第四纪地质与环境研究; Email: zhanglei1921@163.com。

(Digital Elevation Model, DEM)数据(分辨率 2 m)解译并结合钻探发现了琼北全新世精确的大区域最大海侵古海岸线空间分布位置。为该地区也是国家确定的海南自贸区重点建设园区之一(江东新区),应对未来海平面上升提供地质历史相似型时期的背景参照。

1 最大海侵古岸线高分辨率 DEM 解译

前人根据海侵后留下的海岸地貌以及沉积地层中留下的大量遗迹和记录,包括海相沉积层、牡蛎礁、古海蚀崖、贝壳堤等,研究全新世古海岸线(方晶和胡克, 2007; 范昌福等, 2010; Evelpidou et al. , 2019; Nirgi et al. , 2020; Kahlert et al. , 2021; 周良等, 2022)。以上方法主要是先恢复古海岸线的片段,再整理连接成连续的海岸线位置。这些研究对恢复全新世最大海平面古海岸线提供了重要参考。

但不同研究得出古海岸线存在一定差异,钻孔所反映的古海岸线也是离散的、局部的,而且得到海岸线范围有限,传统地质学方法进行大区域古海岸线重建则较为困难。

地理信息系统(GIS)能够处理大视野的数据,对于大范围特别是百千米区域的古地形、古海岸线重建有独特优势。前人利用不同 GIS 的方法重建古海岸线,包括 GIS 的地统计分析方法(数字高程模型(DEM)和样条差值法)(Hetherington et al. , 2004)、经过水文校正的古 DEM 重建模型(Markwick and Valdes, 2004)、Grid 和不规则三角网(TIN)方法(Mäkiäho, 2007)以及综合利用数字高程模型、相对海平面变化曲线和沉积厚度等数据重建古海岸线(姚衍桃等, 2009)。GIS 的方法能得到大范围的相对细致的海岸线信息。但前人研究多采用的是 30 m 分辨率的 DEM 数据进行的重建,分辨率较低。另外,基于 GIS 方法得到的古海岸线是否与实际相符



图 1 海南岛北部 DEM 解译最大海侵古岸线与验证钻孔空间展布位置

Fig. 1 The location of the maximum transgressive paleocoastline interpreted by DEM and the verification borehole in northern Hainan Island

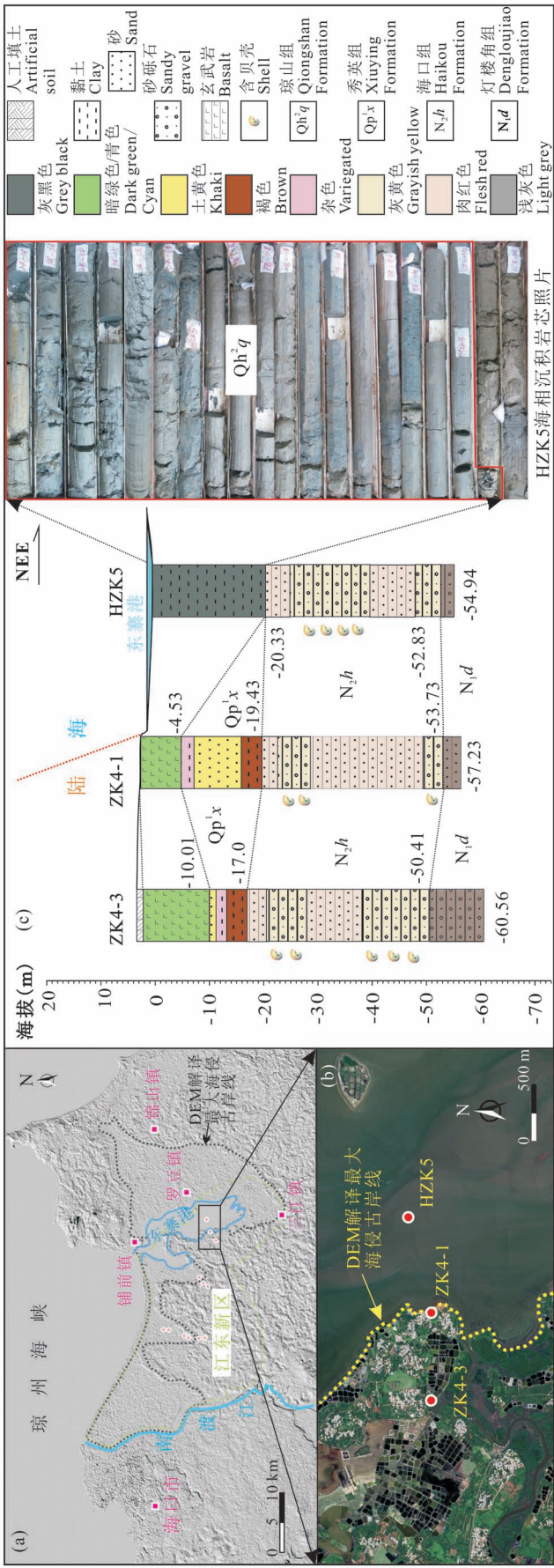


图 2 琼北地区 DEM 解译的古海岸线边界及部分实际钻孔 (HZK5、ZK4-1 和 ZK4-3), the remote sensing image from Google Earth

合,还必须要实地验证,否则可能得到错误结果。

针对以上全新世最大古海岸线研究中存在的问题,我们采用高分辨率(2 m 空间分辨率)的 DEM 数据对琼北进行 GIS 地貌解译。发现在南渡江以东、江东新区北部以及东寨港东部的铺前镇—锦山镇—罗豆镇—三江镇周边存在着一条明显的地形地貌分界线(图 1)。界线以内地形平坦(形成时代较新),海拔较低,总体上低于 3 m;界线以外地形高低不平(形成时代较老),起伏较大,总体高于 3 m。由于其处于濒临琼州海峡的海岸带,形态与海湾、海岬地貌轮廓相似(图 1),并且在该边界线内部获得的钻孔顶部均发育厚度不等的灰黑色黏土质粉砂、粉砂质黏土,且富含孔虫(梁定勇等, 2021)、宝塔蟹守螺等海相生物化石,表明其为海相沉积,因此该界线可能为最高海平面海退后留下的古海岸线遗迹,而界线内当地称为琼北大草原的平坦地形应为海蚀平原,古海岸线在现海岸线靠陆一侧。

2 最大海侵古岸线钻探验证

基于 GIS 方法得到的古海岸线是否与实际相符合,还需要实际海平面标志物进行验证。琼北广泛分布海相沉积(梁定勇等, 2021),海相地层向陆方向延伸并减薄至尖灭,海相沉积尖灭位置即最大古海岸线的位置(周良等, 2022)。因此,DEM 解译的界线以内如果存在海相沉积,边界线以外不存在海相沉积,那么该边界线即为海相沉积尖灭处,也就是真实的古海岸线边界。以此为判断准则,在 DEM 解译的边界线内外选择三处代表性位置进行了钻探验证(图 1)。

通过钻探,获得三组钻孔的联孔剖面(图 2~4)。从图 2 中可以看出解译边界外的 ZK4-3 和 ZK4-1 钻孔顶部不发育灰黑色海相沉积,而解译边界线内的 HZK5 顶部发育灰黑色海相沉积。因此古海岸线边界(海相沉积尖灭点)应该在钻孔 ZK4-1 和 HZK5 之间,DEM 解译边界也在这两个孔之间,因此该处的解译边界为真实的古海岸线边界。同样,从图 3 中可以看出解译边界外的 ZK6-3 和 ZK6-4 钻孔顶部不发育灰黑色

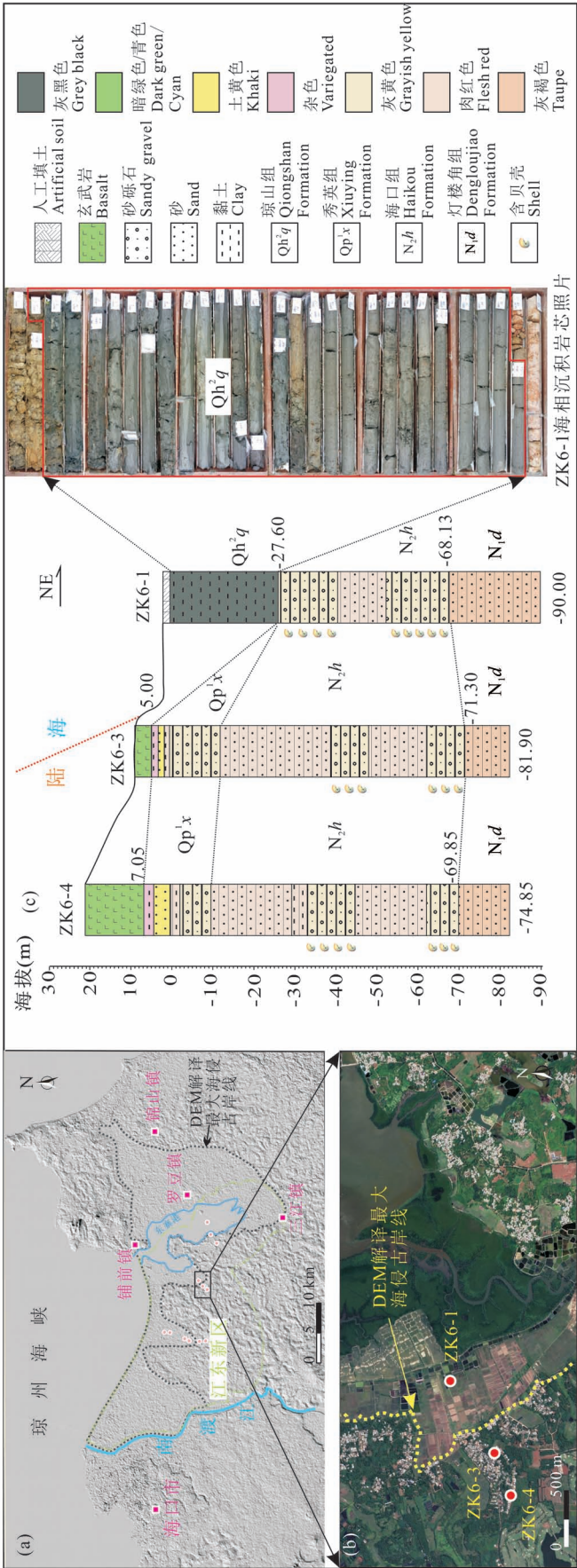


图3 DEM解译的古海岸线边界及部分实际钻孔 (ZK6-1、ZK6-3和ZK6-4) 验证, 遥感图引自Google Earth
Fig.3 Paleocoastline boundary interpreted by DEM and some verification boreholes (ZK6-1, ZK6-3 and ZK6-4), the remote sensing image from Google Earth

海相沉积,而解译边界线内的 ZK6-1 顶部发育灰黑色海相沉积,因此古海岸线边界应该在钻孔 ZK6-1 和 ZK6-3 之间,与 DEM 解译结果一致。从图 4 中也可以看出解译边界外的 ZK8-5 和 ZK8-3 钻孔顶部不发育灰黑色海相沉积,而解译边界线内的 ZK8-1、ZK8-2、ZK5-9 和 ZK5-6 顶部均发育灰黑色海相沉积,因此古海岸线边界应该在钻孔 ZK8-1 和 ZK8-3 之间,同样与 DEM 解译结果一致。综合以上三处联孔剖面,解译边界内钻孔顶部均发育灰黑色海相沉积,界线外均不发育灰黑色海相沉积,三处 DEM 解译边界均得到钻孔验证,因此,通过以上钻孔验证说明该 DEM 解译的边界为真实的古海岸线边界。

王超群等 (2022) 对最大古海岸线边界内的钻孔中的海陆相沉积进行了¹⁴C 和光释光测年 (图 4c),其中 ZK5-9 钻孔的海拔 0.36 m 处的光释光年龄为 6.1±0.5 ka,海拔 0.1 m 处的¹⁴C 年龄为 6.6~6.4 ka,而海陆相地层分界线的海拔在 0.31 m,因此,表明 ZK5-9 钻孔处海陆分界线处的年龄应该在 6.1~6.4 ka 之间。另外 ZK5-6 海拔 -0.5m 处的¹⁴C 年龄为 6.8±0.5 ka,而该钻孔的海陆相地层分界线处的海拔为 1.71 m,在该年龄位置之上,说明 ZK5-6 钻孔中海陆相地层的年龄应晚于 6.8 ka,这与 ZK5-6 的结果 (6.1~6.4 ka 之间) 是一致的。该地区海陆相地层的分界线海拔差别不是很大,因此年龄应当也是接近的,基于此推测认为海南岛北部该套海相沉积的顶部年龄属于中全新世,为中全新世琼山组海相地层,因此,该古海岸线应该形成于中全新世。

3 最大海侵古岸线的意义

3.1 理论意义

南海是西太平洋最大的边缘海,是中国近海中面积最大、水深最深的海区,是海陆相互作用最为典型的区域 (汪品先, 1996; 朱照宇, 2002)。关于南海周边地区全新世海平面的研究,前

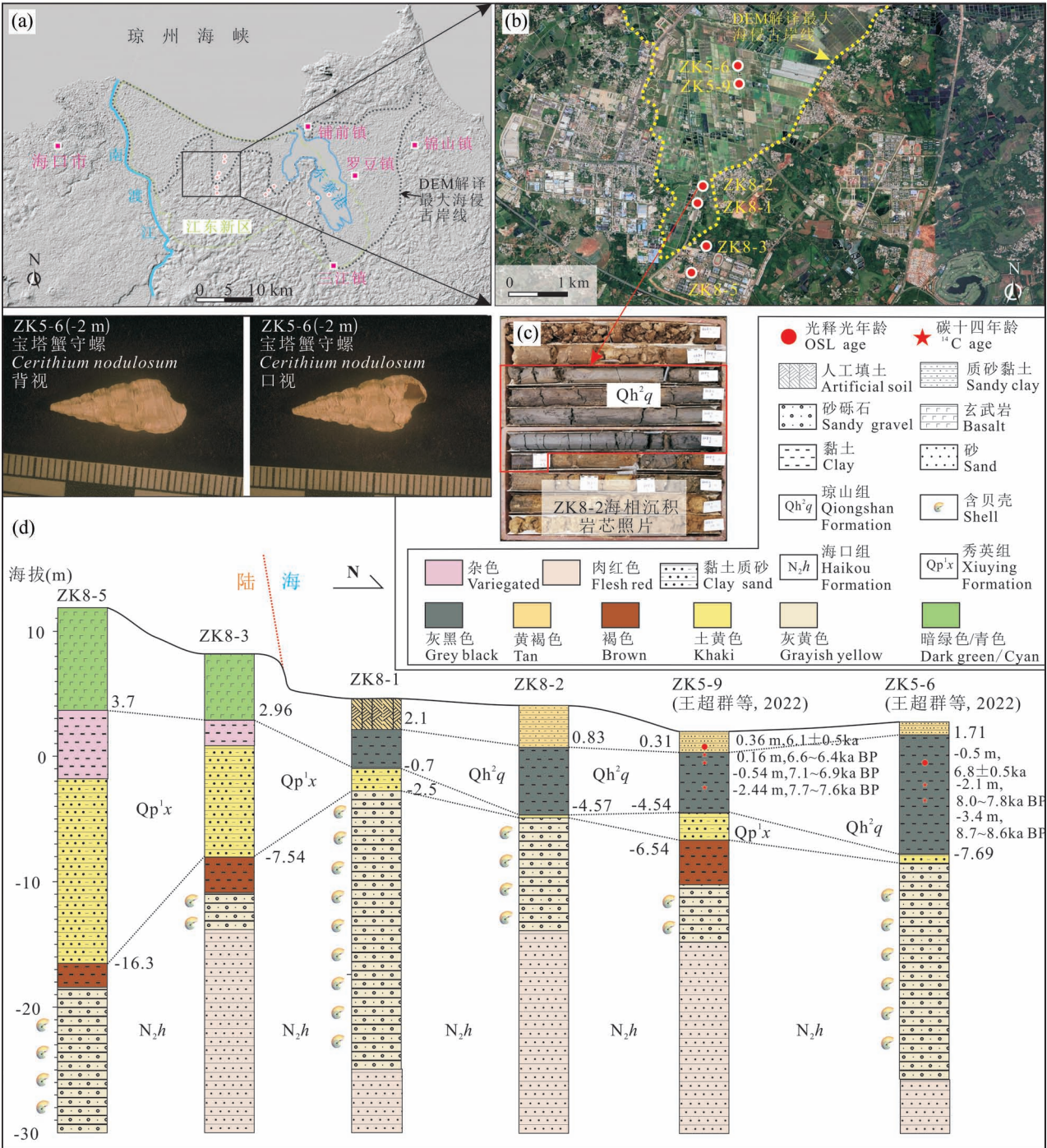


图 4 DEM 解译的古海岸线边界及部分实际钻孔 (ZK8-1、ZK8-2、ZK8-3、ZK8-5、ZK5-6 和 ZK5-9) 验证，遥感图引自 Google Earth

Fig. 4 Paleocoastline boundary interpreted by DEM and some verification boreholes (ZK8-1, ZK8-2, ZK8-3, ZK8-5, ZK5-6 and ZK5-9), the remote sensing image from Google Earth

人做了大量工作(时小军等, 2007; Tam et al., 2018)。周良等(2022)利用钻孔资料重建了珠江三角洲地区的晚更新世和全新世最大海侵界线。姚衍桃等(2009)根据古海岸线重建模型, 数字高程模型以及相对海平面变化曲线, 并结合钻孔资料, 对南海西北部末次盛冰期以来的古海岸线进行了重建。但是目前对于海南岛北部全新世精确的最大古海岸线研究还比较少, 本研究发现的琼北全新世最大古海

岸线边界为南海全新世最高海平面时期的影响范围提供琼北地区新证据。

3.2 现实意义

2018 年国务院印发中国(海南)自由贸易试验区总体方案的通知,海南自贸区建设正式成为国家重大战略,而海南自贸区建设的重点之一是琼北江东新区的开发建设。江东新区位于海口东部,南渡江以东,东寨港以西,濒临琼州海峡,总面积约 298 km²(梁定勇等, 2021)。通过以上 DEM 解译和钻探验证发现的琼北全新世最大海侵范围其面积约为 260 km²,超出现今海平面范围约 203 km²,其中约 115 km²属于现今的江东新区规划建设范围内,占整个江东新区规划面积的 38%(图 1)。根据海南长期验潮站观测数据结果:近几十年来海南岛沿岸海平面以 2.4 mm/a 持续上升;自然资源部发布的《2019 年中国海平面公报》中预计,未来 30 a(到 2050 年)海南岛沿海海平面将上升 0.6~2 m(自然资源部海洋预警监测司, 2020),海南岛沿海海平面多年上升速率居全国之首,且其预测海平面上升结果均高于同期全球平均值(石海莹等, 2018)。从目前趋势来看,海南岛北部海平面还将快速上升,因此海南岛北部的江东新区应考虑海平面上升对未来的可能影响,而本次研究发现的琼北全新世最大海侵范围,覆盖江东新区 38%的面积,能为将来海平面升高影响江东新区的准确范围提供参照,并对国土空间规划提供重要参考界线。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

- 范昌福, 裴艳东, 王宏, 李延河. 2010. 渤海湾西岸牡蛎壳体形态、生长速率与生长环境的关系. 海洋通报, 29(5): 526~533.
- 方晶, 胡克. 2007. 辽东半岛大孤山一带沟谷埋藏泥炭的硅藻组合以及古环境和全新世最高海平面. 第四纪研究, 27(5): 797~805.
- 高抒, 周亮, 李高聪, 王丹丹, 杨阳, 戴晨, 韩卓尘, 王辉, 屠佳雨, 杨保明. 2016. 海南岛全新世海岸演化过程与沉积记录. 第四纪研究, 36(1): 1~17.
- 李长安, 王伟, 侯红星, 祝晓松, 孙永辉. 2022. 杭州湾南岸平原海蚀地貌的发现及意义. 地质论评, 68(1): 287~292.
- 梁定勇, 许国强, 肖瑶, 陈晓清, 李孙雄, 麦发海, 文健, 符彩花. 2021. 海口江东新区新近纪—第四纪标准地层与组合分区. 科学技术与工程, 45(4): 554~566.
- 石海莹, 吕宇波, 冯朝材. 2018. 海平面上升对海南岛沿海地区的影响. 海洋开发与管理, 35(10): 68~71.
- 时小军, 陈特固, 余克服. 2008. 近 40 年来珠江口的海平面变化. 海洋地质与第四纪地质, 28(1): 127~134.
- 时小军, 余克服, 陈特固. 2007. 南海周边中全新世以来的海平面

- 变化研究进展. 海洋地质与第四纪地质, 27(5): 121~132.
- 王超群, 贾丽云, 胡道功, 胡健民, 张磊, 杨肖肖, 孙东霞, 麦发海, 白世彪, 宗开红, 吕同艳, 张耀玲, 韩帅, 韩建恩, 杜建军. 2022. 海口市江东新区马袅—铺前断裂第四纪活动特征. 地质学报, 96(2): 403~417.
- 汪品先. 1995. 十五万年来的南海. 上海: 同济大学出版社.
- 吴传军, 许德如, 郭涛, 周迎春, 候茂洲, 周岳强. 2014. 基于证据权重法的海南岛金多金属矿成矿预测研究. 地质力学学报, 20(1): 1~15.
- 夏蒙蒙, 王超群, 胡道功, 赵希涛, 贾丽云, 吴环环, 吕同艳. 2019. 琼东北八所组 ESR 年龄及其构造意义. 地质力学学报, 25(2): 257~266.
- 姚衍桃, Harff J, Meyer M, 詹文欢. 2009. 南海西北部末次盛冰期以来的古海岸线重建. 中国科学:地球科学, (6): 753~762.
- 周良, 王洋, 杜学斌, 卜建军, 吴俊, 吕万军, 刘秀娟. 2022. 珠江三角洲西缘晚第四纪沉积演化和最大海侵古岸线的重建. 沉积学报, 40(1): 119~135.
- 朱照宇, 邱燕, 周厚云, 陈俊仁, 欧阳婷萍, 钟和贤, 谢久兵. 2002. 南海全球变化研究进展. 地质力学学报, 8(4): 315~322, 314.
- 自然资源部海洋预警监测司. 2020. 2019 年中国海平面公报[OL]. [2022-09-03] http://gi.mnr.gov.cn/202004/t20200430_2510978.html
- Almar R, Ranasinghe R, Bergsma E W J, Diaz H, Melet A, Papa F, Vousdoukas M, Athanasiou P, Dada O, Almeida L P, and Kestenare E. 2021. A global analysis of extreme coastal water levels with implications for potential coastal overtopping. Nature Communications, 12(1): 3775.
- Church J A, Clark P U, Cazenave A, Gregory J M, Jevrejeva S, Levermann A, Merrifield M A, Milne G A, Nerem R S, Nunn P D, Payne A J, Pfeffer W T, Stammer D, and Unnikrishnan A S. 2013. Sea-Level Rise by 2100. Science, 342(6165): 1445~1445.
- Cochen J E, Small C, and Mellinger A. 1997. Estimates of coastal population. Science, 278: 1211~1212.
- Department of Marine Early Warning and Monitoring, Ministry of Natural Resources. 2020#. 2019 China sea level bulletin. [OL]. [2022-09-03] http://gi.mnr.gov.cn/202004/t20200430_2510978.html
- Evelpidou N, Pavlopoulos K, Vouvalidis K, Syrides G, Triantaphyllou M, Karkani A, and Paraschou T. 2019. Holocene palaeogeographical reconstruction and relative sea-level changes in the southeastern part of the island of Samos (Greece). Comptes Rendus Geoscience, 351(6): 451~460.
- Fan Changfu, Pei Yandong, Wang Hong, Li Yanhe. 2010#. Relationship among the form, growth rate and living environment of oyster shells in west coast of Bohai Bay. Marine Science Bulletin, 29(5): 526~533.
- Fang Jing, Hu Ke. 2007#. Holocene environment and the highest sea-level based on diatom assemblages from the peat imbeded in the ditch in Dagou mountain, Liaodong peninsula. Quaternary Sciences, 27(5): 797~805.
- Gao Shu, Zhou Liang, Li Gaocong, Wang Dandan, Yang Yang, Dai Chen, Han Zhuochen, Wang Hui, Tu Jiayu, Yang Baoming. 2016#. Processes and sedimentary records for Holocene coastal environmental changes, Hainan Island: an overview. Quaternary Sciences, 36(1): 1~17.
- Hetherington R, Barrie J V, Reid R G B, Macleod R, and Smith D J. 2004. Paleogeography, glacially induced crustal displacement, and Late Quaternary coastlines on the continental shelf of British

Columbia, Canada. *Quaternary Science Reviews*, 23(3~4): 295~318.

HuangChuanjiang, and Qiao Fangli. 2015. Sea level rise projection in the South China Sea from CMIP5 models. *Acta Oceanologica Sinica*, 34(3): 31~41.

Kahlert T, O’Donnell S, Stimpson C, Mai Huong N T, Hill E, Utting B, and Rabett R. 2021. Mid-Holocene coastline reconstruction from geomorphological sea level indicators in the Trùng An World Heritage Site, Northern Vietnam. *Quaternary Science Reviews*, 263: 107001.

Levermann A, Clark P U, Marzeion B, Milne G A, Pollard D, Radic V, and Robinson A. 2013. The multimillennial sea-level commitment of global warming. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America*, 110(34): 13745~13750.

Li Chang’an, Wang Wei, Hou Hongxin, Zhu Xiaosong, Sun Yonghui. 2022#. Marineabrasion landforms on the south shore of Hangzhou Bay: Discovery and implications. *Geological Review*, 68(1): 287~292.

Liang Dingyong, Xu Guoqiang, Xiao Yao, Chen Xiaoping, Li Sunxiong, Mai Fahai, Wen Jian, Fu Caihua. 2021#. Neogene—Quaternary stratigraphic standard and combined zoning of Haikou Jiangdong New District. *Science Technology and Engineering*. 21(26): 11052~11063.

Mäkiaho J P. 2007. Estimation of ancient and future shoreline positions in the vicinity of Olkiluoto, an island on the western coast of Finland: The difference between Grid and TIN based GIS-approaches. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252(3): 514~529.

Markwick P J, and Valdes P J. 2004. Palaeo-digital elevation models for use as boundary conditions in coupled ocean—atmosphere GCM experiments: a Maastrichtian (late Cretaceous) example. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 213(1): 37~63.

Meltzner A J, Switzer A D, Horton B P, Ashe E, Qiu Q, Hill D F, Bradley S L, Kopp R E, Hill E M, Majewski J M, Natawidjaja D H, and Suwargadi B W. 2017. Half-metre sea-level fluctuations on centennial timescales from Mid-Holocene corals of Southeast Asia. *Nature Communications*, 8(1): 14387.

Nicholls R J, and Cazenave A. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, 328(5985): 1517~1520.

Nirgi T, Rosentau A, Habicht H L, Hang T, Jonuks T, Jõelett A, Kihno K, Kriiska A, Mustasaar M, and Risberg J J. 2020. Holocene relative shore-level changes and Stone Age palaeogeography of the Pärnu Bay area, eastern Baltic Sea. *The Holocene*, 30(1): 37~52.

Rosentau A, Klemann V, Bennike O, Steffen H, Wehr J, Latinovic M, Bagge M, Ojala A, Berglund M, and Becher G P J. 2021. A Holocene relative sea-level database for the Baltic Sea. *Quaternary Science Reviews*, 266: 107071.

Shi Haiying, Lyu Yubo, Feng Zhaocai. 2018#. Influence of sea level rise on coastal areas of Hainan Island. *Ocean Development and Management*, 35(10): 68~71.

Shi Xiaojun, Chen Tegu, Yu Kefu. 2008#. Sea-level changes in Zhujiang estuary over last 40 years. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 28(1): 127~134.

Shi Xiaojun, Yu Kefu, Chen Tegu. 2007#. Progress in researches on sea-level changes in South China Sea since Mid-Holocene. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 27(5): 121~132.

Tam C Y, Zong Y, Hassan K B, Ismail H B, Jamil H B, Xiong H, Wu P, Sun Y, Huang G, and Zheng Z. 2018. A below-the-present late Holocene relative sea level and the glacial isostatic adjustment during the Holocene in the Malay Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 201: 206~222.

Wang Chaoqun, Jia Liyun, Hu Daogong, Hu Jianmin, Zhang Lei, Yang Xiaoxiao, Sun Dongxia, Mai Fahai, Bai Shibiao, Zong Kaihong, Lü Tongyan, Zhang Yaoling, Han Shuai, Han Jian’en, Du Jianjun. 2022#. Quaternary activity characteristics of the Maniao—Puqian fault in the Jiangdong New District of Haikou. *Acta Geologica Sinica*, 96(2): 403~417.

Wang Pinxian. 1995#. The South China Sea since 150ka. Shanghai: Tongji University Press.

Wu Chuanjun, Xu Deru, Guo Tao, Guo Yingchun, Hou Maozhou, Zhou Yueqiang. 2014#. Study on metallogenic prognosis for gold polymetallic deposits in Hainan Island based on evidence weighting method. *Journal of Geomechanics*, 20(1): 1~15.

Xia Mengmeng, Wang Chaoqun, Hu Daogong, Zhao Xitao, Jia Liyun, Wu Huanhuan, Lü Tongyan. 2019#. ESR dating of the Basuo formation in the northeastern Hainan Island and its tectonic significance. *Journal of Geomechanics*, 25(2): 257~266.

Yang H F, Yang S L, Li B C, Wang Y P, Wang J Z, Zhang Z L, Xu K H, Huang Y G, Shi B W, and Zhang W X. 2021. Different fates of the Yangtze and Mississippi deltaic wetlands under similar riverine sediment decline and sea-level rise. *Geomorphology*, 381: 107646.

Yao Yantao, Harff J, Meyer M, Zhan Wenhuan. 2009#. Reconstruction of ancient coastline in the northwest of the South China Sea since the Last Glacial Maximum. *Sci. China Ser. D—Earth Sci.*, (6): 753~762.

Zhou Liang, Wang Yang, Du Xuebin, Bu Jianjun, Wu Jun, Lü Wanjuan, Liu Xiujuan. 2022#. Sedimentary evolution and reconstruction of maximum coastline transgression during the Late Quaternary at the western margin of the Pearl River delta. *Acta Sedimentologica Sinica*, 40(1): 119~135.

Zhu Zhaoyu, Qiu Yan, Zhou Houyun, Chen Junren, Ouyang Tingping, Zhong Hexian, Xie Jiubing. 2002#. A summary review of research progress on global change in the South China Sea. *Journal of Geomechanics*, 8(4): 315~322, 314.

Maximum transgressionpaleocoastline in the Holocene in northern Hainan Island: Discovery and implications

ZHANG Lei^{1,2,3)}, WANG Chaoqun¹⁾, MAI Fahai⁴⁾, JIA Liyun^{1,2,3)}, SUN Dongxia^{1,2,3)}, ZHANG Yaoling^{1,2,3)},
YANG Xiaoxiao¹⁾, HAN Jian'en¹⁾, HAN Shuai^{1,2,3)}, Lü Tongyan¹⁾,
DU Jianjun¹⁾, ZHAO Xitao⁵⁾, HU Daogong^{1,2,3)}

1) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081;*

2) *Key Laboratory of Active Tectonics and Geological Safety, Ministry of Natural Resources, Beijing, 100081;*

3) *Research Center of Neotectonism and Crustal Stability, China Geological Survey, Beijing, 100081;*

4) *Hainan Geological Survey and Design Institute, Haikou, 570206;*

5) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

Abstract: The maximum transgression during the Holocene warm period has a profound impact on the coastal areas, however, there are few studies on the shape of the maximum transgression in the north of Hainan Island. In this paper, combining with the interpretation of high-resolution DEM data and field drilling verification, the spatial distribution position of the precise maximum transgressive paleocoastline in Holocene in the north of Hainan Island was discovered. The total area of the largest transgression area is about 260 km², of which about 115 km² belongs to the current planning and construction scope of Jiangdong New District, accounting for 38% of the planned area of the whole Jiangdong New District. The discovery of the Holocene maximum transgressive paleocoastline in northern Hainan Island not only provides new evidence for understanding the characteristics and laws of Holocene high sea level in the South China Sea, but also provides a background reference for Hainan Free Trade Port (Jiangdong New District) to deal with the problem of sea level rise in the future.

Keywords: Relative sea level change; Paleocoastline; Jiangdong New District; South China Sea; Holocene

Acknowledgements: This study is supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 41807421) and the Project of “Investigation and evaluation of active faults and crustal stability in Hainan Island and offshore(No. DD20190306)” of China Geological Survey Bureau. The authors are grateful to the reviewers and the editor for helpful comments that improved our paper.

First author: ZHANG Lei, male, born in 1986 in Xi'an, Shaanxi Province, assistant research fellow, mainly engaged in the research of Quaternary geology and environment; Email: zhanglei1921@163.com

Manuscript received on: 2022-04-02; Accepted on: 2022-09-03; Network published on: 2022-09-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2022.08.115

Edited by: ZHANG Yuxu

