



辽东半岛全新世沉积物记录的古气候变化研究进展

张威, 马瑞丰, 刘亮, 杨蝉玉, 刘畅, 柴乐

引用本文:

张威, 马瑞丰, 刘亮, 杨蝉玉, 刘畅, 柴乐. 辽东半岛全新世沉积物记录的古气候变化研究进展[J]. 沉积学报, 2022, 40(5): 1355-1366.

ZHANG Wei, MA RuiFeng, LIU Liang, YANG ChanYu, LIU Chang, CHAI Le. Research Progress on Paleoclimate Change from Holocene Sediment Records in Liaodong Peninsula[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2022, 40(5): 1355-1366.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

青海湖东岸全新世风成沉积地球化学特征及其古气候意义

Geochemical Characteristics of Aeolian Deposits on the Eastern Shore of Qinghai Lake and Their Paleoclimatic Implications since the Holocene

沉积学报. 2021, 39(5): 1198-1207 <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2020.066>

南岭东部定南大湖沉积物粒度敏感组分及末次冰消期环境记录

Evolution of Climate Recorded by Sensitive Grain-Size Components of Dahu Swamp Since 16ka, Nanling Mountains, South China

沉积学报. 2018, 36(2): 310-318 <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2018.035>

浙江北湖桥岩芯记录的早一中全新世环境演变

History of Environmental Change during Early-Middle Holocene Recorded by Beihuqiao Core in Zhejiang China

沉积学报. 2016, 34(3): 543-554 <https://doi.org/10.14027/j.cnki.cjxb.2016.03.012>

山东广饶地区晚更新世以来沉积演化与古气候变迁

Depositional Evolution and Paleoclimate Changes Since Late Pleistocene in Guangrao Area, Shandong Province

沉积学报. 2016, 34(1): 79-89 <https://doi.org/10.14027/j.cnki.cjxb.2016.01.007>

鲁北平原晚第四纪地层结构及沉积演化

Stratigraphic Structure and Sedimentary Evolution during Late Quaternary in Lubei Plain

沉积学报. 2016, 34(1): 90-101 <https://doi.org/10.14027/j.cnki.cjxb.2016.01.008>

辽东半岛全新世沉积物记录的古气候变化研究进展

张威¹, 马瑞丰^{1,2}, 刘亮¹, 杨蝉玉^{1,3}, 刘畅¹, 柴乐⁴

1. 辽宁师范大学地理科学学院, 辽宁大连 116029

2. 鞍山师范学院管理学院, 辽宁鞍山 114007

3. 忻州师范学院地理系, 山西忻州 034000

4. 东华理工大学地球科学学院, 南昌 330013

摘要 全新世气候变化与人类发展关系密切, 古气候重建工作对现代气候环境的研究与保护具有很大的借鉴意义, 是当今全球变化研究的重点热点之一。从辽东半岛全新世沉积物入手, 详细汇总了其分布、类型与岩性情况, 并收集主要孢粉及贝壳信息对全新世气候及海平面重建成果进行总结与分析。结果表明: 1) 本区全新世沉积物分布较为分散、层序多样且存在缺失, 剖面/钻孔大多集中于辽南地区的金州区、普兰店市、瓦房店市、庄河市及丹东东港市, 且多集中于黄海岸; 2) 沉积物类型主要为潟湖/湖沼沉积物、海积物、坡积/洪冲积物 3 种; 3) 该区全新世气候演变过程为干冷—湿热—干冷的模式, 其中 8.0~3.0 ka B.P. 是气候最适宜期, 沉积记录显示在 5.6 ka B.P. 前后, 出现一次降温(变干)事件; 4) 该区最大的海侵发生在 6.5~5.0 ka B.P., 在 9.3~8.0 cal. ka B.P. 经历了一次海退事件。后期需在技术应用、学科交叉等方面加强研究。

关键词 辽东半岛; 全新世; 古气候; 进展

第一作者简介 张威, 男, 1969 年出生, 博士研究生, 教授, 第四纪环境学, E-mail: zhangweilnu@163.com

中图分类号 P532 **文献标志码** A

0 引言

生物的演化、人类的迁徙、文明的发展和消亡都受气候变化的影响。在气候变化的过程中, 物种的爆发和消亡, 人类文明的扩张和衰落, 很大程度上取决于物种或者人类对气候变化的应对。为了更加精细化地揭示气候变化的规律与驱动力, 国际地圈生物圈计划(IGBP)应运而生, 其中一个重要研究计划就是过去全球变化研究(Past Global Changes, PAGES), 而 PAGES 计划的核心研究内容之一是全新世气候变化的精细化研究。2012 年 6 月的“里约+20”峰会提出了 10 年“未来地球计划”, 该计划将回答全球环境如何以及为何会发生变化等重要科学问题, 涉及的研究重点包括季风区气候变化与人类活动、全球气候变化及关键区的气候响应等^[1]。

全新世, 即第四纪最近一次间冰期, 又被称为现代间冰期, 与深海氧同位素 MIS I 阶段相对应。全新

世最明显的特征是气候普遍转暖, 中纬度和高纬度地区的冰川开始消融, 植被的分布地带逐渐向高纬度和高海拔地区迁移, 气候、土壤、植被、湖泊以及动物群都出现了明显的变化, 并已经完全演化为现代面貌^[2]。辽东半岛受东亚季风及海陆交互作用, 在全新世期间沉积了大量陆相及海相沉积物, 这些沉积物忠实地记录了该区的气候变化信息, 具有很好的研究价值。同时, 辽东半岛全新世气候变化也是我国最早开展相关研究的区域之一, 具有丰富的成果积累, 这些成果是很好的参考资料和研究基础。本文拟从辽东半岛的地质构造、现代地貌、已有沉积物样品及其揭示的气候变化信息等方面入手, 对本区前期研究成果进行总结, 并提出未来的研究展望。

1 辽东半岛地质构造背景及现代地貌

燕山运动是中生代(距今约 2.5 亿年~6 500 万年)中国东部广泛发生的造山运动。此次运动造就了本区地貌的主要轮廓。华夏(NE)、新华夏(NNE)

收稿日期: 2020-09-07; 收修改稿日期: 2021-01-08

基金项目: 辽宁省特聘教授项目(60618006); 辽宁省社会科学规划基金重点项目(L20AKG001) [Foundation: Distinguished Professor Foundation of Liaoning, No. 60618006; Liaoning Province Social Science Planning Fund Project, No. L20AKG001]

及NW向两组断裂对辽东半岛轮廓起到了主要的控制作用。辽东半岛在构造上位于新华夏第二巨型隆起带, 郯庐断裂带北部东侧。出露地层以太古宙—古元古代地层为主, 广泛分布岩浆岩、寒武系变质岩、混合岩, 缺失或零星分布寒武纪以后的地层。金州断裂带将半岛分成了东西两部分, 东侧主要辽东山地, 海拔多在200 m以上, 最高峰可达1 000 m, 而西侧主要是丘陵和平原^[3]。辽东半岛海岸岬湾更迭, 蜿蜒曲折, 滨岸地区主要是由前震旦系的结晶片麻岩、片麻岩、石灰岩、震旦系的石英岩、黏土板岩和混合花岗岩等组成的低山丘陵^[4]。中部海拔600~800 m的千山山脉构成了半岛的骨脊(图1)。

辽东半岛地貌上为山地丘陵, 属东北东部山地三级区^[5]。本区地貌主要由中低山, 如千山、老秃顶子山及大黑山等组成, 除此之外就是分布于沿海的多级海蚀阶地, 如老虎滩和黑石滩(有40~50 m的海蚀阶地^[6])。千山山脉为本区分水岭, 将水系分成辽东沿黄海诸河水系和辽东湾东部沿渤海诸河水系。注入黄海的河流主要有碧流河、大洋河、英那河、大沙河、庄河及登沙河等, 注入渤海的主要有复州河、大清河等。境内大部分河流流程短, 河谷狭窄, 河床坡度大, 集流时间短, 因此大多在暴雨后洪水暴涨, 无雨时河床干涸(图1)。

2 辽东半岛全新世沉积物分布特点及种类

2.1 全新世沉积物的整体分布特征

长期间歇性和差异性抬升^[7]导致本区第四纪沉积地层非常不发育, 且发育程度不均衡。本区较大面积

被剥蚀丘陵所占据, 低洼地区则普遍分布有第四纪沉积物, 早、中更新世地层零星分布^[8], 晚更新世及全新世普遍沉积厚度较薄, 多分布在丘陵间沟谷、河流两侧、河流入海口、海湾等, 多数丘陵间沟谷及海岸低地沉积物, 普遍3~4 m左右即接近/到达基岩, 如金州大莲花泡子^[9-11]、西团瓢^[12]、普兰店泡子^[11,13]、大南岛前洼屯、长兴岛八岔沟^[11,13-16]等地沉积物。河口海岸处沉积物普遍可达10 m以上, 如清水河^[17-23]、小官屯^[16-17,20,23]等, 该区也有厚50 m以上的区域, 如东沟ZK1^[16]、鸭绿江入海口^[8]等。相比于构造运动相同的山东半岛, 第四纪沉积的厚度类似, 且沿岸厚度基本为20~50 m。相比于第四纪沉积厚360 m左右的下辽河平原^[24], 其厚度差异性较大。依据前期研究工作, 对相关岩心/剖面分别从空间分布及成因进行汇总介绍。

2.2 全新世沉积物依据空间分布分类

本区主要研究点大多集中于辽南地区的金州区、普兰店市、瓦房店市、庄河市及丹东东港市, 多集中于黄海海岸(图2)。作者依据研究点的区位分布, 将其归纳为4区: 1) 长兴岛—东岗区; 2) 金州—普兰店区; 3) 大洋河区; 4) 鸭绿江—东沟区。长兴岛—东岗区位于辽东半岛渤海海岸, 主要有2个代表性剖面: 莲花山苇甸子^[11,19,22]及八岔沟古潟湖^[11,13-16], 前人曾对两处绘制了地质剖面图, 后者是本区代表性较强, 研究较早且深入的经典剖面, 除早期学者开展的工作外, 前人同样在此进行了加密采样, 将沉积相进一步划分, 并识别了全新世早期的海退/海面停滞地质事件^[11-13]。除此之外, 北部东岗及大嘴子一带分布的古潟湖及贝壳堤, 也做了相关年代的测定工作。

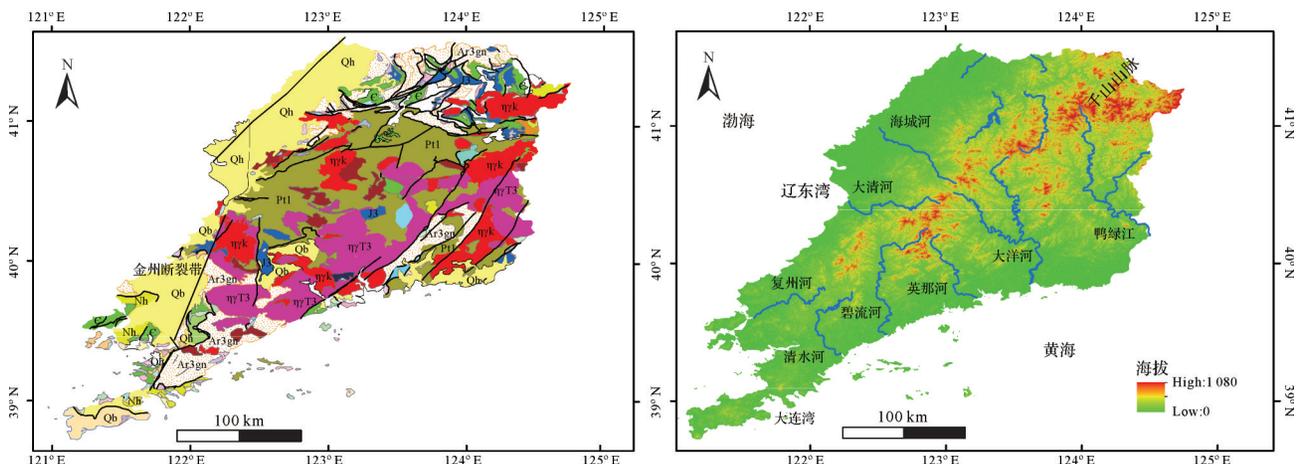


图1 辽东半岛地质简图(1/250万)与DEM图

Fig.1 Geological (1/2.5 million) and DEM map of the Liaodong Peninsula

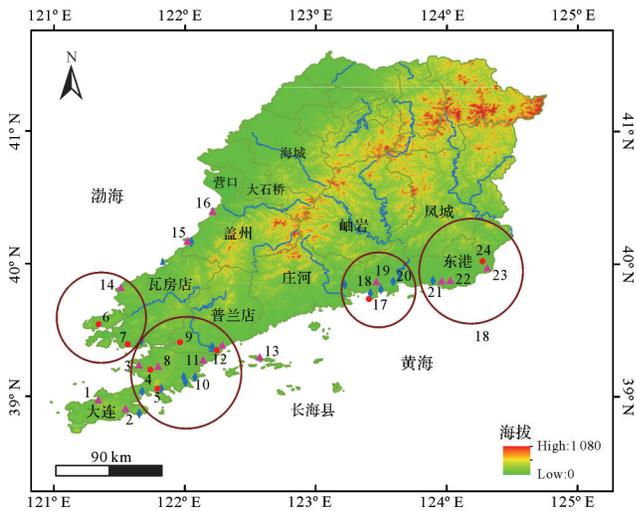


图2 辽东半岛第四纪主要钻孔/剖面分布图

1. 营城子 145; 2. 星海公园; 3. 前盐村; 4. 大莲花泡子; 5. 大窑湾盐西; 6. 八岔沟系列; 7. 莲花山苇甸子; 8. 西团瓢; 9. 普兰店泡子; 10. 朱家屯/城山头; 11. 蔡家屯; 12. 清水河; 13. 长山岛大盐场; 14. 东岗; 15. 仙人岛; 16. 鲛鱼圈 Ck 系列; 17. 大南岛前洼屯; 18. 栗子房李家沟; 19. 范家屯; 20. 小宫屯; 21. ZK1; 22. 220; 23. 东沟前阳石门; 24. 东沟罗锅桥; 蓝色菱形代表贝壳堤及砾石堤位置

Fig.2 Distribution of main Quaternary boreholes/profiles in the Liaodong Peninsula

1. 145 of Yingchengzi; 2. Xinghai park; 3. Qianyan village; 4. Dalianhua pool; 5. saltern of Dayaowan; 6. Bachagou; 7. Weidianzi of Lianhua Mountain; 8. Xituanpiao; 9. pool of Pulandian; 10. Zhujia village/Chengshantou; 11. Caijia village; 12. Qingshui River; 13. saltern of Changshan Island; 14. Donggang; 15. Xianren Island; 16. CKs of Bayuquan; 17. Qianwa village, Danan Island; 18. Lijiagou of Lizifang; 19. Fanjia village; 20. Xiaogong village; 21. ZK1; 22. 220; 23. Qianyangshimen of Donggou; 24. Luoguo bridge of Donggou; The blue rhombus represents the position of the shells and gravel ridge

金州—普兰店区位于辽东半岛中部,集中了较多前期研究的岩心/剖面。代表性剖面有普兰店(新金县)泡子^[11,13]、金州大莲花泡子^[9-11]、西团瓢^[12]、前盐^[12]、朱家屯/城山头^[11,22,25]、蔡家屯^[19-20,22]、大窑湾盐场^[19,22]、清水河^[17-23]等。普兰店因古莲子的发现而驰名中外,泡子剖面中的泥炭层及孢粉组合信息为本区全新世气候变化框架奠定了重要的基础。本区是早期研究成果的重要产出地之一。

大洋河区相关的研究与前面两个区域同步开展,代表性钻孔为小宫屯^[16-17,20,23]、范家屯^[17,20-21]及李家沟^[13],方晶^[15,26-27]对大洋河平原多个沟谷开展了较为细致地研究,对小区域不同位置泥炭的形成及海平面变化进行了解析。

鸭绿江—东沟区是辽东半岛第四纪沉积物,尤其是全新世沉积物最为发达的地区。发生于本区的东沟海侵,与华北平原的天津海侵、华南地区的长乐海侵及欧洲的弗兰德里海侵相对应^[24]。代表性钻孔有东沟前阳石门^[12-13,22]、ZK1^[16]及东沟罗锅桥^[20,28]等。从东沟到大孤山之间遗存的几道贝壳堤^[13,17,20,22-23],

一直被视为是辽东半岛全新世海平面变化的最具代表性的标志物。

2.3 全新世沉积物依据成因分类

本区全新世沉积物的成因类型主要有如下三种(图3):1)湖沼相沉积物(潟湖、淡水湖沼、泥炭);2)海洋沉积物;3)坡积/洪冲积物。其中湖沼相沉积物(潟湖/淡水湖沼)普遍位于岩心/剖面的中部,很少直接暴露于地表,一般为相对暖期的产物。海洋沉积物位于岩心/剖面的中/下部,一般上覆湖沼相沉积物或坡积/洪冲积物,为全新世海侵产物。坡积/洪冲积物普遍处在岩心/剖面的底部,也有整体出露的情况,为相对冷期的产物,沉积年代包含更新世和全新世两个时期^[8]。以下选取研究较为深入的几个岩心/剖面,结合各自岩性和成因进行进一步划分和总结。

2.3.1 湖沼相沉积物—古潟湖沉积

本区沉积物主体为古潟湖相的代表性岩心/剖面为:大窑湾盐西^[17,21-22]、八岔沟^[11,13-16]、清水河^[17-23]及蔡家屯^[19-20,22](图2)。其中大窑湾盐西潟湖剖面深度为2.2 m,岩性为:0~1.1 m为灰白色粉砂并含有完整贝壳和植物根系及铁染锈斑,1.1~2.2 m为深灰色淤泥质粉砂,含大量贝壳和植物残骸(1.17 m的¹⁴C年代为2 850±130 a B.P.,日历年为2 747~3 270(2 997) cal. a B.P.)。八岔沟潟湖方面,前人曾对其进行地质剖面图的绘制,并发现其存在新、老潟湖。此后,方晶^[15]垂直于现代海岸,沿不同离海距离进行了钻孔(B1-B5)分析,其岩性基本为上部褐色粉砂及黏土并在其中部/底部沉积有泥炭层,中部为灰色粉砂及黏土,底部为灰色细沙与黏土互层/基岩,厚度为3~9 m不等。清水河钻孔(11.74 m)岩性为:0~3.0 m,黄色中粗砂和砾石;3.0~4.2 m为青灰色淤泥,含少量海生贝壳,夹粗砂透镜体;4.2~6.48 m,青灰色粗砂;6.48~10.22 m,深灰色淤泥,含盾形化石,为潟湖沉积物;10.22~11.74 m,黄灰色粗砂砾石,含花岗岩、石英岩碎块,其中9.16~9.36 m处淤泥年代为6 515±160 a B.P.(7 155~7 678 cal. a B.P.,7 405 cal. a B.P.)。除此之外,蔡家屯钻孔(11.84 m)岩性为:0~3.0 m,灰色粉砂,含少量黄色沙砾和植物根系;3~3.75 m,黄灰色淤泥质粉砂,含大量云母和石英砾具有水平层理;3.75 m以上粉砂和泥质为潟湖相,以下为冲洪积物。由此可见,潟湖相沉积物在本区多位于近海岸,厚度普遍较薄,基本上覆于冲洪积物/基岩之上,而后被陆相砂质沉积物所掩埋。

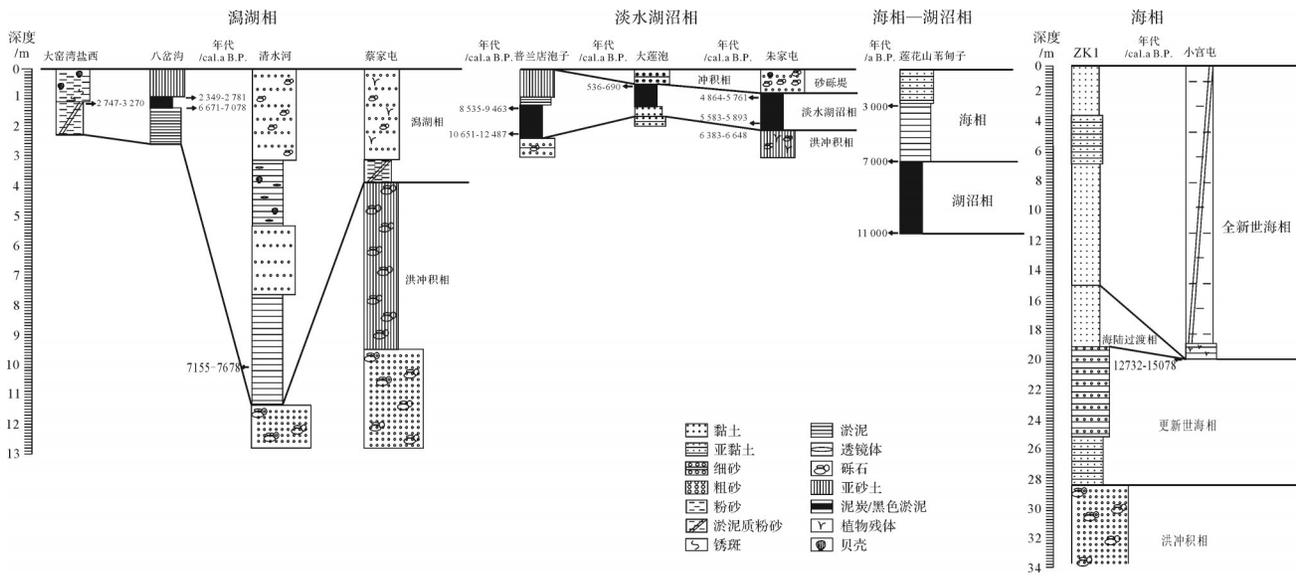


图3 辽东半岛主要沉积物岩性图

Fig.3 Lithological map of major sediments in Liaodong Peninsula

2.3.2 湖沼相沉积物—淡水湖沼沉积

沉积物主体为湖沼相的代表性岩心/剖面为:普兰店泡子^[11,13]、大莲泡^[9-11]及朱家屯^[11,22,25]。普兰店泡子湖沼相泥炭剖面岩性为:1)灰黄、棕黄色亚砂土夹细粉砂,厚0.4~1.5 m;2)黑灰色淤泥质亚黏土,含古莲子;3)黑色淤泥厚0.3~0.5 m;4)棕黑色泥炭;5)细砂夹砾石厚4.1~5.8 m,最下部为基岩。李雪铭^[9-10]、刘国海等^[11]均对大莲泡剖面做过一定研究,其岩性为:0~0.65 m,黄棕色粉砂;0.65~0.85 m,黑色草炭层;0.85~1.1 m,淤泥质草炭层;1.1~1.3 m,黑色淤泥层;1.3~1.65 m,灰褐色黏土;1.65~2.2 m,黄棕色亚黏土。朱家屯剖面为砂砾堤沉积物,小砾石直径1~3 cm,磨圆度极好,含海生贝壳片。底面高出平均高海面2.2~2.55 m;黑色泥炭夹粉砂层透镜状,最大厚度2.0~2.5 m。层内含许多半炭化的树干段,微体生物鉴定未发现海相化石,属淡水湖沼相。顶部(海边)叠加的砂砾堤沉积与泥炭层为侵蚀不整合接触;棕色亚砂土、亚黏土夹碎砾石上层棕灰带绿色,有大量垂向植物根管,氧化后变成棕红色;砾石直径2~3 cm,大者11~20 cm,个别最大砾石直径超过30 cm,局部集中处似有不显的成层性,但未经过分选,属丘前湿地沉积物;剖面海边及其下位置出露古生代灰岩,海水作用将其塑造成侵蚀地貌。本区淡水湖沼沉积一般位于山间谷地、古河道之上或海边洼地(全新世高海面未抵达区域),厚度同样较薄,淡水湖沼沉积物基本上覆于砂质、亚黏土等洪冲积物或基岩,随后被细粉砂或砾石所掩埋。

2.3.3 湖沼相沉积物—泥炭沉积

辽东半岛拥有丰富的泥炭资源,泥炭在全新世的早期、中期及晚期都有发育(表1),但其发育并不连续,且发育种类、位置及背景各异,以沿海潟湖型泥炭最为丰富。本区全新世泥炭研究的重要性表现为其发育的开始与结束,均与气候变化紧密联系,且泥炭自身富含了大量有机质来源信息,对揭示该区全新世气候变化细节,具有一定意义。

辽东半岛南部的辽南地区,泥炭剖面研究较多。辽南地区泥炭依据成因分为3种类型:潟湖型、河漫滩型和沟谷型。在泥炭层的分布上,绝大部分位于沿海冲积、三角洲平原的河漫滩洼地、沿海低山、丘陵台地(或阶地)上的沟谷洼地。本区泥炭厚度不超过100 cm,分布较为零散,且研究剖面较少,主要研究剖面分布见图4。早全新世泥炭基本沉积于剖面的底部,而中一晚全新世泥炭基本位于剖面表层(表1)。本区发育于沿海的泥炭层均与海平面变化紧密相关,随着海平面的进退变化,主要有3个有利于泥炭发育的时期:首先为全新世早期,由于海侵造成地下水位抬升,河流排水不畅,如孢子泥炭及莲花山苇甸子泥炭^[20,29];其次为海侵最大时期,海平面停滞期形成,如八岔沟泥炭^[13-15,30]、朱家屯泥炭及长海县大盐场泥炭^[31];最后为全新世中期后,海退过程中的几次停滞,表现为庄河大南岛泥炭^[13]等。西团瓢泥炭^[12]及大莲泡泥炭^[11]均形成于近1500年前后,与以上经典成因有所差异,两处泥炭年代较晚且位于山间盆地,其主要为水热变化导致的湖泊消亡,利于泥

表1 辽东半岛主要泥炭沉积信息
Table 1 Information of the main peat sediment of Liaodong Peninsula

形成时期	剖面名称	泥炭位置/m	测年位置/m	测年物质	测定年代/a B.P.	日历年/cal.a B.P.	发表时间
晚全新世	西团瓢	约0.5 m	不详	泥炭	1 880±106	1 537 ~ 2 008	1986 ^[12]
	大莲泡	0.65~1.3	顶部	泥炭	663±65	536 ~ 690	1992 ^[11]
	大南岛	1.4~2.9	顶部	泥炭	2 050±95	1 745 ~ 2 183	1977 ^[13]
	大南岛	1.4~2.10	不详	木头	2 435±100	2 310 ~ 2 751	1977 ^[13]
	栗子房李家沟	1.0~1.5	顶部	泥炭	2 750±100	2 715 ~ 3 166	1977 ^[13]
中全新世	八盆沟	0.9~1.2	顶部	泥炭	2 530±100	2 349 ~ 2 781	1977 ^[13]
	星海公园	0.3~0.3	顶部	泥炭	3 974±160	4 062 ~ 4 843	1985 ^[19]
	朱家屯	中部	顶部	泥炭	4 705±200	4 864 ~ 5 761	1985 ^[19]
	朱家屯	中部	顶部	泥炭	4 949±73	5 583 ~ 5 893	1992 ^[11]
	朱家屯	中部	底部	泥炭	5 689±75	6 383 ~ 6 648	1992 ^[11]
	前盐村	表层	不详	泥炭	5 495±100	6 107 ~ 6 489	1986 ^[12]
早全新世	莲花山苇甸子	3.0~4.5	底部	泥炭	11 000	—	1992 ^[11]
	普兰店泡子	1.6~2.2	顶部	泥炭	8 070±190	8 535 ~ 9 463	1977 ^[13]
	普兰店泡子	1.6~2.2	底部	泥炭	9 950±300	10 651~12 487	1977 ^[13]

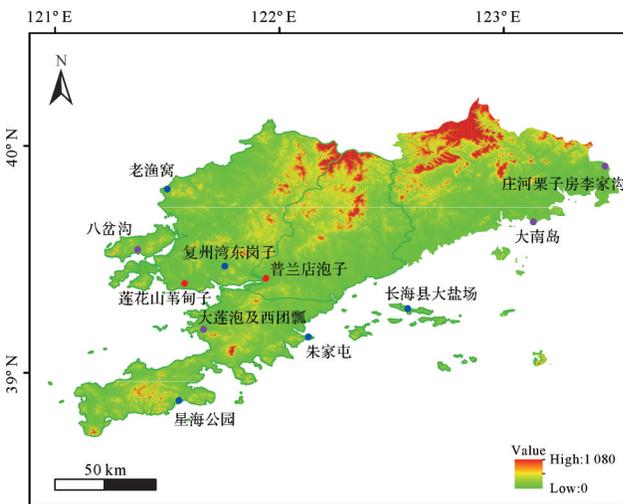


图4 辽南地区主要泥炭分布图

红色圆点为早全新世泥炭;蓝色圆点为中全新世泥炭;
紫色圆点为晚全新世泥炭

Fig.4 Peat distribution in southern Liaoning

red circles = Early Holocene peat; blue circles = Middle Holocene peat;
purple circles = Late Holocene peat

炭发育。总体而言,本区泥炭层成因是气候与不同的小区域地貌共同作用的产物。

2.3.4 海相沉积

沉积物主体为海相沉积的代表性岩心/剖面为: ZK1^[16]及小官屯^[16-17,20,23]。ZK1孔深52.46 m,孔口标高5 m左右,剖面自上而下为:0~3.53 m灰色淤泥质黏土;3.53~6.87 m灰绿色亚黏土;6.87~15.17 m灰绿色淤泥质黏土,微体古生物鉴定表明,在5.33 m和8.66 m处含有少量墨西哥竖口虫;在1.8~14.79 m区间有圆筛藻,15 m以上的三层为全新世海相沉积。

15.17~19.24 m为灰褐色黏土,为海陆过渡相或沼泽相沉积;19.24~27.23 m为灰、灰褐色中细砂,局部夹亚砂土,为晚更新世海相地层;27.23~28.13 m为薄层淤泥质亚黏土;28.13~52.46 m主要组成一些含砾冲积物质。除此之外,小官屯钻孔同样沉积有一定厚度的海相层。其岩性为:0~19.3 m青灰色粉砂质泥,含大量云母,具有水平层理;19.3~20.5 m深灰色淤泥,含植物根系和腐烂木屑。在20.2~20.5 m处取淤泥¹⁴C样年代为11 694±470 a B.P.(12 732~15 078(13 685)cal. a B.P.)。整个剖面中含有大量圆筛藻和三角硅藻化石,代表了浅海沉积环境,但是海相性愈往下愈弱。本区典型的全新世海相沉积物多位于辽东半岛东部鸭绿江及大洋河一带,沉积厚度较大,底部为冲积沙砾层或更新世地层,中部为海相沉积,上部为陆相泥质沉积物。

2.3.5 淡水湖沼—海相沉积

沉积物主体为淡水湖沼—海相沉积的代表性剖面为:莲花山苇甸子。莲花山苇甸子剖面为潟湖相淤泥下伏湖沼相泥炭层。沉积剖面由上而下岩性为:0~1.2 m,褐灰色亚黏土;1.2~3 m,青灰色及黑色淤泥;3~3.5 m,灰黑色泥炭;3.5~4 m,黑色淤泥;4~4.5 m,灰黑色泥炭;5 m以下为基岩。此套沉积物为距今7 000 a以前由于发生全新世海侵,使得原来的淡水湖沼遭受海水影响,从而演变成潟湖。此过程在辽东半岛全新世期间应不在少数,需在今后的研究工作中进一步挖掘其沉积演变过程、气候变化事件及海平面变化信息。

2.3.6 坡积/洪冲积物

本区坡积/洪冲积物相对于其他类型的沉积物来讲,分布最为普遍,厚度同样差异性较大。其多存在于全新世沉积物之下,形成年代普遍为早更新世—全新世,岩性基本为棕红色/紫红色/棕黄色亚黏土砾石/卵石层及不含砾石的亚黏土/黏土层,其中以营城子的坡积物最厚。全新世坡/洪冲积物主要分布于山间/丘间谷地及河谷平原及支流河谷,岩性主要为褐黄色、灰黄色含碎石亚黏土/亚砂土,局部为黄白色中细砂夹层,底部多含黏土碎石^[8]。

3 辽东半岛古气候变化研究进展

3.1 孢粉记录的气候变化过程

孢粉方面,将前人主要研究剖面的孢粉信息^[9,11,29]列下表2。可见,辽东半岛全新世早期乔木较少,以桦、榆、桤木及少量松为主,陆生草本以蒿、芦苇,水生草本以狐尾藻等为主。中期乔木比重增加,阔叶树种以栎、榆为主,晚期则体现了环境恶化,耐旱耐贫瘠的种类,如藜科、卷柏等增加。相对应的气候信息,前人归纳为早全新世——干冷,中全新世——湿热,晚全新世——干冷。

相比较而言,同样处于北方季风区的巴丹吉林沙漠地区在11 ka以前为干燥的风沙环境,在早全新世(11~7.2 ka)时期,旱生孢粉含量开始减少,并出现了较多的挺水植物,表明了水位的升高,环境湿润^[32]。石羊河流域的红水河剖面孢粉在12.2~11.6 cal.ka B.P.期间,以云杉为代表的乔木孢粉含量下降,表明了干燥气候,可能对应YD事件,而全新世开始后的11.6~9.7 cal.ka B.P.期间,云杉属和松属划分增加显著,表明了气候的湿润,可能与亚洲季风增强有关^[33]。

然而,全新世早期季风的增强,是否在辽东半

岛古植被类型变化上产生较大的影响并无定论。早期研究工作得到的全新世早期乔木树种稀少及“荒芜”的植被,是否是全新世早期的景观,也有待于进一步补充年代数据进行验证。关于本区全新世的植被景观以及古气候变化,需在今后结合高分辨率的年代数据并采用新的全新世分期进行细致辨别。

3.2 辽东半岛全新世海平面变化进展

3.2.1 贝壳堤的分布及指示意义

贝壳堤是由海生贝壳如魁蛤、文蛤、蛭、螺、扇贝等及其碎片和细砂、粉砂、泥炭、淤泥质黏土薄层组成的堤状地貌堆积体,在与海岸大致平行或交角很小的潮间带的自然堆积,其形成于高潮线附近,前人将其作为古海岸在地貌上的可靠标志^[34]。

贝丘遗址作为一种特殊的文化现象,其可能为史前文化人类居住过的地方,大量人类食余后所抛弃的贝壳和各种蚌类的堆积^[35]。安志敏^[36]在早期考察中,首次发现了磨盘山贝丘遗址。本区贝壳堤易与贝丘遗址混淆,在进行野外调查需结合贝壳堤所含物质(如是否大量含有陶器残片等)、所处位置(如是否为墓葬周围)、堆积年代等信息进行综合判别,明确其是否为古潮汐所致还是古人类生活堆砌所致,从而更有针对性地分析其环境意义。本文以下内容仅涉及由古潮汐自然形成的贝壳堤。

典型的贝壳堤在辽东半岛有多处。分布于半岛东西两侧,其中以大孤山附近的贝壳堤最具规模,以下做简要汇总描述:

(1) 大孤山^[20,23]

贝壳堤Ⅲ:分布于大孤山西北刘叉砬子、王家砬子一带,距海岸线约11~13 km,贝壳堤高出海面7~10 m,贝壳层厚约20~30 cm,主要由褶牡砺贝壳组成。经测定贝壳层的年龄为4 270±120 a B.P.(3 832~4 527(4 188)cal. a B.P.)。

表2 辽东半岛地区几个剖面孢粉资料对比

Table 2 Comparison of pollen data from profiles in Liaodong Peninsula

剖面	位置	晚全新世	中全新世	早全新世
大沟北剖面	庄河	草本减少,木本桤木增多外,其他阔叶树种及松属花粉减少	旱生草本植物藜科和蒿属。木本植物以松属、栎属占优势	含莎草科的苔草属和禾本科的芦苇属,木本植物花桤木属、栎属为主
朱家屯剖面	金州	草本植物蒿属居优势,禾本科、莎草科、狐尾藻及香蒲等减少	栎、桦、榛优势,禾本科、香蒲、莎草及狐尾藻等明显增加,水龙骨和环纹藻等及藻类居多	以蒿属、禾本科、狐尾藻等为主;木本花粉次之,以栎属和松属居多
大莲泡剖面	金州	草本及水生植物减少至消失,中华卷柏增加至全部	水生植物含量较高,香蒲狐尾藻及莲花粉木本增加松、栎平分秋色	孢粉贫乏,仅见几科松花粉,草本植物为号属,水生植物香蒲、狐尾藻及双星藻科
普兰店泥炭	普兰店	—	—	桦属占优势,榆属多于栎属,外侧滨海地带,发育以蒿属和藜科为主的旱生、盐生草本群落。

贝壳堤Ⅱ:位于乱泥砬子与张家砬子之间,距海岸线1.5~2 km,高出海面4~5 m。贝壳堤近东西向分布,长约1 km,贝壳主要为纹蛤碎片。

贝壳堤Ⅰ:张家砬子以东、近东西走向,长约200 m,高出海面2~3 m,贝壳为纹蛤。该贝壳堤的形成年代约为2.0~2.5 ka B.P.。

(2) 大洋河黄土坎^[21-22]

贝壳堤位于大孤山东南,黄土坎农场附近的高潮滩以上。贝壳堤Ⅰ:张家砬子以东残留长20余米,高出海面2~3 m。沉积物自上而下:1)灰黄色贝壳沙,含大量完整文蛤贝壳,厚45 cm,贝壳较硬(轻度风化);2)棕黄色沙砾石,厚12 m,夹许多秦汉时代的红砖碎块及少量炉渣;3)贝壳堤下伏地层,灰黑色淤泥厚1.8 m,夹三层1~5 cm厚的木炭屑和灰烬透镜体,含文蛤碎片;4)灰绿色粉沙层,出露厚度10 m左右。

贝壳堤Ⅱ:乱泥砬子、张家砬子一线以南,距海1.5~2.0 km,东西走向,长约1.0 km,宽50~80 m,高出海面约4 m,组堤物质主要是文蛤贝壳和碎片,明显风化(一掰即碎)。堤外侧的老海滩,生长芦苇、碱蓬等(现已辟成虾池),内侧高4~5 m的海积平原(或阶地),种植水稻等作物。

由于不同学者对以上两处贝壳堤考察点描述及命名的差异性,结合两处贝壳堤的相邻位置关系,也可将其归为一处贝壳堤带,为“大孤山—大洋河贝壳堤带”。

(3) 复县东岗乡大嘴子^[20-21]

长度可达500~600 m。第Ⅰ、Ⅱ道堤顶高4 m,年代分别为1 640±70 a B.P.(1 377~1 639(1 519)cal. a B.P.),740±16 a B.P.(663~686(675)cal. a B.P.);第Ⅲ道堤顶高5 m,贝壳堤之间距离大于10 m,贝壳主要为牡蛎,保存完整,年代相对最老。¹⁴C年龄为1 624±70 a B.P.(1 357~1 625(1 498)cal. a B.P.)。

(4) 其他^[21]

庄河县青堆子湾大吕屯、侯屯、大南岛等地也有高出海面3~5 m,长1~2 km的砾石贝壳堤。南尖子乡杨大屯的砂砾石贝壳堤高出海面4 m,宽8~10 m。瓦房店市东岗乡小孙屯、打狗嘴子、旅顺龙五塘都有小型含贝壳的砾石堤。大连市郊牧城异乡、莲花泡乡还有含贝壳的滨海砂堤。老虎滩以外的第Ⅰ道贝壳堤形成时代约为2.0~1.5 ka B.P.。大洋河东黄土坎农场附近张家砬子和青堆子湾“砂岭子”一带,均有2~3 m和3~5 m高的砂砾贝壳堤。

3.2.2 相对海平面高度变化及地质事件

在第四纪,尤其是1 Ma以来,全球气候变化表现为显著的冰期—间冰期旋回的特征,同时导致海平面升降幅度>100 m^[37]。全新世海平面相关研究前人工作认为冰后期,气候转暖,海平面随之上升。

相关研究表明,在9.0 ka B.P.前后海水侵入本区海岸带,在7.0 ka以前,海侵达到最大范围。6.0~5.6 ka B.P.期间由于气候变化引起海面降低。近5.0 ka以来,海平面总体呈下降趋势。辽东半岛沿岸多处分布有3.4 ka B.P.、2.0~1.5 ka B.P.的贝壳堤^[11]。符文侠等^[20,29]进一步补充认为全新世中后期海平面开始下降过程中,出现过四次间歇性停顿(岸线相对稳定)阶段,其年代分别为4.5~4.0 ka B.P.、3.0 ka B.P.、2.0~1.5 ka B.P.和1.0 ka B.P.前后。渤海西岸天津地区的几道贝壳堤,同样体现出4个变化期(6.0~5.0 ka B.P.、4.0~3.5 ka B.P.、3.0~2.5 ka B.P.和1.5~1.0 ka B.P.)和4个岸线稳定期(5.0~4.0 ka B.P.、3.5~3.0 ka B.P.、2.5~1.5 ka B.P.和1.0 ka B.P.前后)^[38]。史本恒^[39]通过对辽东半岛新石器时代诸文化遗存的分布范围及出土贝壳等遗物总结得到,辽东半岛东港地区最大的海侵发生在6 500~5 000 a B.P.,其时间上限可追溯到8 000 a B.P.。钟以章等^[23]收集整理辽东半岛近海地区的¹⁴C样品,依据其年代与高程,得到了全新世以来的海平面曲线(图5)。

随后,方晶等^[15,27]将泥炭作为全新世最高海平面的标志,通过对辽东半岛东部的大孤山一带海岸平原沟谷埋藏泥炭的研究,认为海平面在6.0~5.0 ka B.P.达到最高并比现代高出1.7 m。八岔沟泥炭显示早于5.8 cal. ka B.P.,该区达到全新世最高海

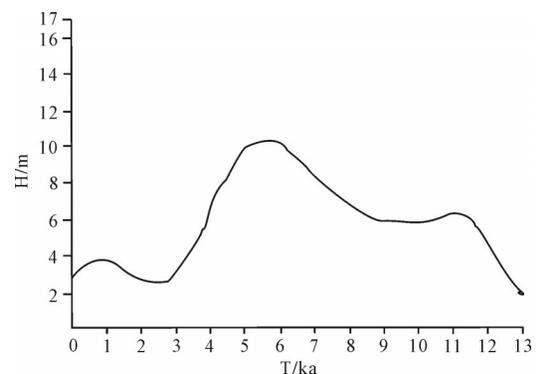


图5 辽东半岛全新世海平面变化曲线
(据文献[23]修改)

Fig.5 Typical curves showing variation in sea level along the Liaodong Peninsula since the Holocene (modified from reference [23])

平面^[44]。全新世最高海平面期的平均海拔高度3.4~3.6 m,两地均记录了9.3~8.0 cal. ka B.P.经历了一次海退地质事件^[30]。在海水最早入侵时间方面,研究认为在12.0 ka B.P.前后就已经进入大洋河平原^[28]。此外,从20.0 cal. ka B.P.开始,海水再次迅速上升并形成了环渤海地区的第一次海侵^[40]。

受后期人类活动及自然风化的影响,海平面进退的痕迹可能遭受破坏,尤其是在基岩海岸部分。辽东半岛两岸不同区域的潮差差异较大,也会导致古海岸线识别困难,同时受构造运动及海岸地形影响^[41],海水入侵规模可能非常有限,同样导致海平面变化的痕迹模糊。

3.3 气候变化过程与短期快速气候变化事件

前人对辽南地区全新世沉积地层(6个不连续剖面)、植被演替及海平面变化三方面做了初步的总结,认为本区全新世可划分为普兰店期(早全新世,10.0~8.0 ka B.P.)、大孤山期(中全新世,8.0~2.5 ka B.P.)和庄河期(晚全新世,2.5~0 ka B.P.)。植被演替则经历了桦木林到阔叶林至针阔叶混交林,同时植被演替和海岸变迁的历史表明,8.0~3.0 ka B.P.的大孤山期前期,是冰后期的最为温暖湿润的气候最适宜时期,也是一万年来的高海面时期^[13]。在随

后的一些工作中,尤其是孢粉分析,均证实了本区全新世气候演变过程为干冷—湿热—干冷的模式。在动物化石证据方面,王清^[42]通过辽东半岛獐遗骸的数量及年代来反应气候的变化,以6.0~5.0 ka的高峰值为界,之前属于增长阶段,之后则属于在波动中下降的阶段,其中3.7~3.4 ka最明显的低谷期。经过3.4~3.0 ka的快速回升后至3.0 ka以后又趋于消亡。但是由于缺乏精准的年代学控制,早期的气候演变结论需进行更多的载体来验证、补充或校正。

短期快速气候变化事件,前人揭示较少。除方晶提出全新世早期的海退事件外,仅在朱家屯湖沼相泥炭剖面通过孢粉记录了约5.6 ka B.P.前后,气候曾出现过一次暂短的降温(变干)事件^[11,29]。更多的全球性短期快速气候变化事件是否在辽东半岛有着较好的响应,以及是否被记录到,值得深入研究。

3.4 区域对比及驱动机制

石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录具有绝对定年和较高分辨率的特点,其凭借可靠的年代控制及指代意义明确的指标,成为全球古气候重建的基准。石笋记录的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化是最好的季风演化记录。图6可见我国董哥洞^[43]与三宝洞^[40]石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线,董哥洞石笋记录的季风降水演化已成为全球范围内季风强度的参考时标。其记

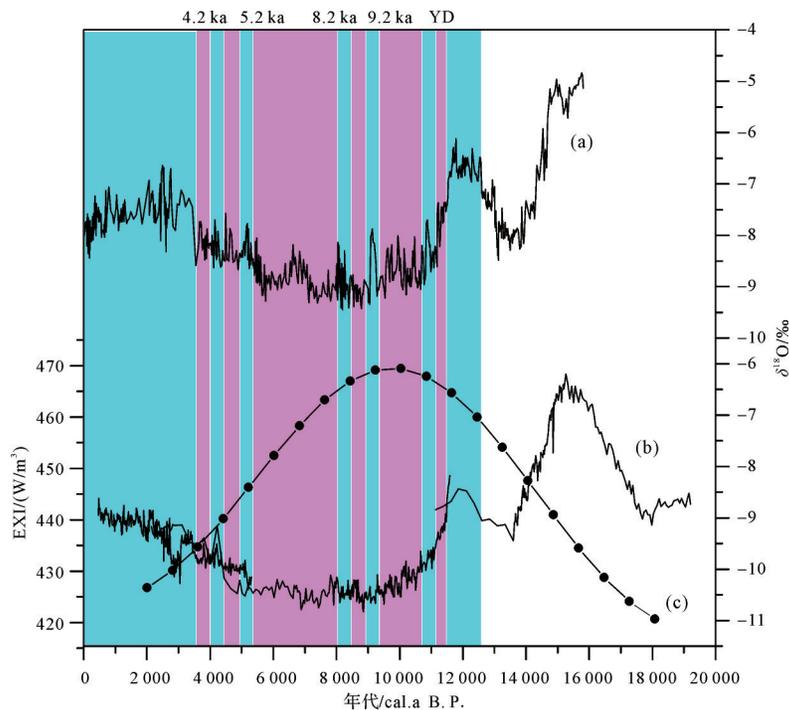


图6 石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的气候变化

(a)董哥洞;(b)三宝洞;(c)北半球65°N太阳辐射曲线

Fig.6 Climate changes recorded by stalagmite $\delta^{18}\text{O}$

(a) Dongge cave; (b) Sanbao cave; (c) solar radiation curve for 65° N

录了在13.0~12.5 ka时期, $\delta^{18}\text{O}$ 开始增加。受YD事件的影响,直到11.5 ka, $\delta^{18}\text{O}$ 降低至 -7.4‰ ,降低状态持续到9.0~8.0 ka,而此阶段持续降低的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在11.5~8 ka期间发生了11次打断,4次最大的打断(振幅大于 1‰)发生在11.2 ka、10.9 ka、9.2 ka、及7.1/7.2 ka,其中9.2 ka的振幅可达 1.4‰ 。在全新世晚期记录到最大的 $\delta^{18}\text{O}$ 大幅度正向偏移发生在 3550 ± 59 a B.P.。以上 $\delta^{18}\text{O}$ 震荡变化在三宝洞石笋中同样有着很好的记录。

从前期研究成果来看,辽东半岛全新世沉积物记录了在全新世中期丘陵山谷地带形成了较多的古湖,河口及沿海地带则出现了海进的现象。孢粉在本区全新世剖面中同样记录了植被景观从荒芜到繁盛再到荒芜的景象。全新世气候变化同样遵循全新世前期干冷,中期湿热水量充沛,晚期干冷的大趋势。太阳辐射强度变化引起的全新世东亚季风强度的改变,是本区气候变化的决定性因素。由于沉积物样品特点及前期研究的精度较低等原因,对于石笋所反映出来的全新世短期快速气候事件,已有的沉积物并没有很好的记录,对短期快速气候变化事件的发生时间与响应程度的挖掘,都是今后研究的重点。

4 前人工作不足及展望

4.1 不足之处

前人工作在沉积物的分布及类型上做了较为全面的研究,然而,受特定期研究条件的限制,在细节上仍存在不足。

(1) 剖面/钻孔代表性方面。前人对辽东半岛第四纪沉积物进行了详尽调查,然而研究的广度和深度依旧欠缺。对不同小区域、不同时期沉积物的类型及层序特征的归纳和总结也稍显不足,难以将区域剖面信息的连续性或是多样性反映出来,没有形成连点成线,连线成片的效果。

(2) 年代的科学性方面。在沉积物年代数据上存在一定的缺陷。首先,剖面选取的年代数据较少,未能完整构建某一剖面的年代框架,测年材料的选取方面,同一层位缺少不同测年材料的交叉验证,数据往往具有一定的不确定性,同时部分数据并未进行日历年校正。全新世分期方面,需更新采用新的国际统一分期。

(3) 岩性描述与沉积单元划分。对沉积剖面/钻孔的描述多采用感官进行颜色加质地的描述,可补充比色卡、色度计以及粒径等,对沉积物物理性质进

行定量描述。前人已经依据丰富的野外经验对沉积环境进行早、中和晚全新世时段的初步辨别,而对于沉积中断或沉积速率差异较大的情况,需严格结合高分辨率年代数据进行划定。

(4) 载体信息分析。古气候的恢复多采用较低分辨率的样品进行孢粉分析,同时也对有孔虫等微体古生物化石进行粗略的鉴定,对载体的古气候信息分析较为单一片面且缺乏定量性重建。在多气候代用指标的应用性上非常不足,使得载体中记录的古气候信息并未得到完整详尽地挖掘。

4.2 展望

随着科技的发展,新的成果与方法不断涌现,为我们提供了强大的理论与技术手段支撑。在未来辽东半岛全新世气候变化方面的研究方向,作者提出如下几点。

(1) 基础沉积工作方面。继续加强剖面/钻孔的挖掘工作,包含单一剖面的高分辨率分析与气候重建,同时重点研究小区域沉积特征及地貌演化过程。进一步补充本地全新世沉积层序信息,全面突显本区全新世沉积层序的特征。

(2) 气候变化研究方面。采用多种气候代用指标进行全新世气候重建,全新世气候变化过程模式的探索,尤其是短期快速气候变化事件的识别,需要加强。采用基础的沉积学、地球化学(有机、无机)以及高分辨率的微体古生物(孢粉、硅藻、介形类等)的应用,重点加强气候的定量重建工作。同时,区域对比与气候变化的驱动力,需进行深入探讨。

(3) 理论验证方面。由于研究成果多集中在早期,一些结论必然需要经过新的方法来进行验证、补充及纠正。除此之外,相对于国内外的最新研究成果,如关于全新世大暖期的穿时性、短期快速气候变化事件如9.2 ka、8.2 ka、5.2 ka、4.2 ka及小冰期、气候变化驱动力,如早期冰筏事件、中期东亚季风强度变化以及晚期ENSO的影响。均需要不断以全新世沉积物为载体,进行高分辨率的分析验证工作。

(4) 多学科交叉。对古气候的研究,不应只谈气候变化,应跳出自然地理学、气候学及地貌学等学科的范畴,广泛进行学科交叉。如结合本区考古学成果,探讨不同时期人类发展与气候环境的关系;结合生物化学与分子生物学技术,进一步实现古植被的重建和古温度的定量重建;结合地理信息系统,实现古地貌演化的模拟等。

参考文献 (References)

- [1] 周天军,陈晓龙,吴波. 支撑“未来地球”计划的气候变化科学前沿问题[J]. 科学通报,2019,64(19):1967-1974. [Zhou Tianjun, Chen Xiaolong, Wu Bo. Frontier issues on climate change science for supporting future earth[J]. Chinese Science Bulletin, 2019, 64(19): 1967-1974.]
- [2] 夏正楷. 第四纪环境学[M]. 北京:北京大学出版社,1997. [Xia Zhengkai. Quaternary environment [M]. Beijing: Peking University Press, 1997.]
- [3] 夏怀宽. 辽宁金州活动断裂带特征和地震[J]. 华北地震科学, 1991,9(2):21-28. [Xia Huaikuan. The feature of Jinzhou active fault zone and its relation with seismicity[J]. North China Earthquake Sciences, 1991, 9(2): 21-28.]
- [4] 符文侠,李光天,魏成凯. 晚更新世以来辽东半岛海岸变迁的初步探讨[J]. 海洋湖沼通报,1987(2):25-30. [Fu Wenxia, Li Guangtian, Wei Chengkai. Preliminary study of the coast change along the coast of Liaodong Peninsula since the Late Pleistocene Epoch [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1987 (2): 25-30.]
- [5] 肖荣寰,唐成田. 辽东半岛沿海成层地貌的分异[J]. 东北师大学报(自然科学版),1981(4):83-90. [Xiao Ronghuan, Tang Chengtian. The differentiation of the stratum landforms in Liaodong Peninsula [J]. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 1981(4): 83-90.]
- [6] 李培英,傅命佐,刘国海,等. 长山群岛和辽东半岛南部的海岸阶地及新构造运动特征[J]. 海洋与湖沼,1992,23(2):124-132. [Li Peiying, Fu Mingzuo, Liu Guohai, et al. Marine terrace and characteristics of neotectonic movements on the Changshan Islands and the southern Liaodong Peninsula [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1992, 23(2): 124-132.]
- [7] 符文侠,贾锡钧. 第四纪以来辽宁海岸升降问题的探讨[J]. 辽宁师院学报(自然科学版),1982(3):44-49. [Fu Wenxia, Jia Xijun. Discussion on the rise and fall of Liaoning coast since the Quaternary [J]. Journal of Liaoning Normal University (Natural Science Edition), 1982(3): 44-49.]
- [8] 符文侠,何宝林,刘伟. 辽东半岛沿海第四纪地层特征及其分布[J]. 海洋通报,1992,11(4):58-64. [Fu Wenxia, He Baolin, Liu Wei. Characteristics and distribution of Quaternary strata along coast of Liaodong Peninsula [J]. Marine Science Bulletin, 1992, 11(4): 58-64.]
- [9] 李雪铭. 辽南大莲泡沉积物的沉积特征及古环境变化[J]. 沉积学报,1997,15(1):80-84. [Li Xueming. Sedimentary characteristics of the Dalianpao sediment in southern Liaoning and its paleoenvironment changes [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(1): 80-84.]
- [10] 李雪铭. 辽南大莲花泡全新世地层中某些元素分布规律及古环境意义[J]. 海洋科学,1998,22(1):55-58. [Li Xueming. Distributive regularities of some elements in the Holocene sediments in Dalianhupu, south Liaoning, and their paleoenvironmental significance [J]. Marine Sciences, 1998, 22(1): 55-58.]
- [11] 刘国海,高善明,李元芳,等. 大连地区全新世泥炭沉积环境及海面波动[J]. 地理研究,1992,11(4):38-46. [Liu Guohai, Gao Shanming, Li Yuanfang, et al. Sea level fluctuation and deposit environment of the Holocene peat in Dalian region [J]. Geographical Research, 1992, 11(4): 38-46.]
- [12] 夏怀宽,张先泽. 辽东半岛沿海地区海岸地貌及其所反映的新构造运动[J]. 地震地质,1986,8(1):41-49. [Xia Huaikuan, Zhang Xianze. Landforms of the coastal area of the Liaodong deninsula and their representative neotectonic motion [J]. Seismology and Geology, 1986, 8(1): 41-49.]
- [13] 中国科学院贵阳地球化学研究所第四纪孢粉组,C14组. 辽宁省南部一万年来自然环境的演变[J]. 中国科学:地球科学,1977(6):603-614. [Quaternary Sporopollen Formation, Guiyang Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Group C14. Evolution of the natural environment in the southern Liaoning province during 10,000 years [J]. Science China (Seri. D):Earth Sciences, 1977(6): 603-614.]
- [14] 方晶,胡克,杨永强,等. 辽东半岛长兴岛八岔沟古泻湖型泥炭的形成及全新世最高海平面[J]. 吉林大学学报,2009,39(3):461-469. [Fang Jing, Hu Ke, Yang Yongqiang, et al. Paleoenvironments of Holocene lagoon peat and the highest sea-level in Bachagou, Changxing Island, Liaodong Peninsula [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(3): 461-469.]
- [15] 方晶. 全新世辽东半岛海岸冲积低地地形发育和相对海面变化的研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2009. [Fang Jing. Study on the geomorphic development and relative sea-level changes in the coastal alluvial lowlands of Liaodong Peninsula in Holocene [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2009.]
- [16] 符文侠. 下辽河平原和辽东半岛海岸带晚更新世以来的海侵[J]. 地理研究,1988,7(2):73-80. [Fu Wenxia. A study of the transgression process since Late Pleistocene on the coast zone of Lower Liaohe River plain and the Liaodong Peninsula [J]. Geographical Research, 1988, 7(2): 73-80.]
- [17] 符文侠,何宝林,孙试斌,等. 晚更新世末期以来辽东半岛东部滨海沉积相与沉积环境的探讨[J]. 地理科学,1987,7(1):29-34. [Fu Wenxia, He Baolin, Sun Shibin, et al. An approach to the facies and environment of the littoral deposits in the east Liaodong Peninsula since the late stage of the Late Pleistocene [J]. Scientia Geographica Sinica, 1987, 7(1): 29-34.]
- [18] 符文侠,贾锡钧,魏成凯,等. 河流泥沙对辽东半岛海岸的填充作用[J]. 黄渤海海洋,1984,2(2):49-55. [Fu Wenxia, Jia Xijun, Wei Chengkai, et al. Filling effect of discharge silt on the coast in the Liaodong Peninsula [J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1984, 2(2): 49-55.]
- [19] 符文侠,焦亚宁,魏成凯. 从海积地貌和沉积特征看辽东半岛南部沿岸全新世海水入侵趋势[J]. 海洋湖沼通报,1985(3):

- 37-41. [Fu Wenxia, Jiao Yaning, Wei Chengkai. Understanding the trend of the Holocene transgression through the characteristic of the marine depositional configuration and sedimentation on the southwest coast in the Liaodong Peninsula[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1985(3): 37-41.]
- [20] 符文侠,李光天,魏成凯,等. 辽东半岛东部晚第四纪海面变迁[J]. 海洋与湖沼, 1989, 20(3): 252-262. [Fu Wenxia, Li Guangtian, Wei Chengkai, et al. Late Quaternary shoreline migration along the eastern coast of Liaodong Peninsula [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1989, 20(3): 252-262.]
- [21] 符文侠,苗丰民,魏成凯. 辽东半岛黄海沿岸溺谷湾岸的充填与成陆过程[J]. 海洋学报, 1995, 17(5): 95-102. [Fu Wenxia, Miao Fengmin, Wei Chengkai. Filling and land-forming process of the drowning valley in the Yellow Sea coast of Liaodong Peninsula [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1995, 17(5): 95-102.]
- [22] 高善明,李元芳,刘国海. 辽宁海岸沙砾堤—潟湖体系沉积特征与全新世海面变化[J]. 地理学报, 1992, 47(2): 129-138. [Gao Shanming, Li Yuanfang, Liu Guohai. Depositional characteristics of the system of sand-gravel outer bar and lagoon and eustasy in Holocene in Liaoning coastal zone [J]. Acta Geographica Sinica, 1992, 47(2): 129-138.]
- [23] 钟以章,高常波. 辽东半岛全新世海平面变化及近5000年来的地壳运动[J]. 海洋科学, 1988, 12(1): 4-8. [Zhong Yizhang, Gao Changbo. Sea level changes in the Holocene and crustal movement in the past 5000 years in the Liaodong Peninsula[J]. Marine Sciences, 1988, 12(1): 4-8.]
- [24] 杨文才,林景星. 辽东半岛东南岸全新世海进的认识[J]. 地质科学, 1985(2): 196-201. [Yang Wencai, Lin Jingxing. Preliminary notes on Holocene transgression in the southeast coast of Liaodong Peninsula [J]. Scientia Geologica Sinica, 1985(2): 196-201.]
- [25] 戴晓兰. 全新世以来辽东半岛南部环境演变与人地关系研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2007. [Dai Xiaolan. The analysis on the environmental changes and man-land relationship of southern Liaodong Peninsula in Holocene [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2007.]
- [26] 方晶,杨永强,马宏伟,等. 辽东半岛大孤山古溺谷平原沉积环境的复原: 基于岩心黏土混浊水电导率和pH值以及硅藻组合[J]. 海洋学报, 2012, 34(6): 133-141. [Fang Jing, Yang Yongqiang, Ma Hongwei, et al. Edimentary environmental analysis based on the electric conductivity and pH of stirred clayed drilling cores in water and diatom recovered from the old drowned valley plain in the Dagu Mountain, Liaodong Peninsula in China [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2012, 34(6): 133-141.]
- [27] 方晶,胡克. 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[J]. 第四纪研究, 2007, 27(5): 797-805. [Fang Jing, Hu Ke. Holocene environment and the highest sea-level based on diatom assemblages from the peat mbedded in the ditch in Dagu Mountain, Liaodong Peninsula[J]. Quaternary Sciences, 2007, 27(5): 797-805.]
- [28] 魏成凯,李光天,符文侠,等. 北黄海淤泥质海岸发育的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(3): 35-42. [Wei Chengkai, Li Guangtian, Fu Wenxia, et al. A preliminary study on the development of the mud-flat coast of the north Yellow Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1984, 4(3): 35-42.]
- [29] 符文侠,王玉广,刘国海. 辽宁沿海泥炭堆积与全新世海面变化[J]. 黄渤海海洋, 1995, 13(2): 23-32. [Fu Wenxia, Wang Yuguang, Liu Guohai. Peat accumulation and sea level changes in Holocene along the coast of Liaoning [J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1995, 13(2): 23-32.]
- [30] 方晶,武亚芳,李瑞武,等. 辽宁沿海早、中期全新世海进中的一次海退事件探讨[J]. 地学前缘, 2009, 16(2): 396-403. [Fang Jing, Wu Yafang, Li Ruiwu, et al. Discussion on the marine regression event during the Early-Middle Holocene in the Liaoning coast [J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(2): 396-403.]
- [31] 任明达,李淑鸾,徐海鹏. 渤海现代海进现象剖析[J]. 海洋学报, 1988, 10(1): 67-75. [Ren Mingda, Li Shuluan, Xu Haipeng. Analysis of modern transgression in the Bohai Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1988, 10(1): 67-75.]
- [32] 宁凯. 巴丹吉林沙漠湖泊沉积孢粉和正构烷烃记录的全新世环境变化[D]. 兰州: 兰州大学, 2018. [Ning Kai. Holocene environmental evolution implied by pollen and n-alkanes in groundwater recharge lakes, Badain Jaran Desert, northwestern China [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2018.]
- [33] 李育,王乃昂,李卓仑,等. 石羊河流域全新世孢粉记录及其对气候系统响应争论的启示[J]. 科学通报, 2011, 56(2): 161-173. [Li Yu, Wang Naiang, Li Zhuolun, et al. Holocene palynological records and their responses to the controversies of climate system in the Shiyang River drainage basin [J]. Chinese Science Bulletin, 2011, 56(2): 161-173.]
- [34] 许玉林. 新石器时代晚期—青铜时代初期辽东半岛黄海沿岸的海侵[J]. 辽宁地质, 1985(4): 366-372. [Xu Yulin. On the transgression in alongshore of the Yellow Sea the eastern Liaoning Peninsula from the late Neolithic Age to during the initial Bronze Age [J]. Liaoning Geology, 1985(4): 366-372.]
- [35] 王禹浪,崔广彬. 辽东半岛的贝丘、积石冢与大石棚文化[J]. 大连大学学报, 2005, 26(1): 18-21. [Wang Yulang, Cui Guangbin. Shell hills, the accumulate stone tomb and large stone canopy culture in Liaodong Peninsula [J]. Journal of Dalian University, 2005, 26(1): 18-21.]
- [36] 安志敏. 记旅大市的两处贝丘遗址[J]. 考古, 1962(2): 76-81. [An Zhimin. Two shell hill sites in Lvda city [J]. Archaeology, 1962(2): 76-81.]
- [37] Rohling E J, Foster G L, Grant K M, et al. Correction: Corrigendum: Sea-level and deep-sea-temperature variability over the past 5.3 million years [J]. Nature, 2014, 510(7505): 432.

- [38] 张业成,胡景江,刘春风. 全新世以来渤海海岸变迁历史及未来发展趋势的初步分析[J]. 中国地质科学院 562 综合大队集刊, 1989: 213-232. [Zhang Yecheng, Hu Jingjiang, Liu Chunfeng. Preliminary analysis of the future developing tendency and the vicissitudinous history in the coast of Bohai Sea since Holocene series[J]. Bulletin of the 562 Comprehensive Geological Brigade, Chinese Academy of Geological Sciences, 1989: 213-232.]
- [39] 史本恒. 辽东半岛全新世最大海侵的考古学观察[J]. 四川文物, 2006(6): 37-41. [Shi Benheng. Archaeological discovery of the largest palaeogeographical transgression in Liaodong Peninsula[J]. Sichuan Cultural Relics, 2006(6): 37-41.]
- [40] Yi L, Yu H J, Ortiz J D, et al. A reconstruction of Late Pleistocene relative sea level in the south Bohai Sea, China, based on sediment grain-size analysis[J]. Sedimentary Geology, 2012, 281: 88-100.
- [41] 符文侠,魏成凯,焦亚宁. 辽东半岛基岩海岸地貌与沉积特征[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 1986(3): 71-78. [Fu Wenxia, Wei Chengkai, Jiao Ya'ning. Landform and sedimentary characteristics of bedrock coast in Liaodong Peninsula[J]. Journal of Liaoning Normal University (Natural Science Edition), 1986(3): 71-78.]
- [42] 王清. 辽东半岛的獐与古环境变迁[J]. 考古与文物, 1999(5): 28-34. [Wang Qing. Roe deer in Liaodong Peninsula and the changes of ancient environment[J]. Archaeology and Cultural Relics, 1999(5): 28-34.]
- [43] Dykoski C A, Edwards R L, Cheng H, et al. A high-resolution, absolute-dated Holocene and deglacial Asian monsoon record from Dongge cave, China[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2005, 233(1/2): 71-86.

Research Progress on Paleoclimate Change from Holocene Sediment Records in Liaodong Peninsula

ZHANG Wei¹, MA RuiFeng^{1,2}, LIU Liang¹, YANG ChanYu^{1,3}, LIU Chang¹, CHAI Le⁴

1. School of Geography, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China

2. School of Management, Anshan Normal University, Anshan, Liaoning 114007, China

3. Department of Geography, Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China

4. School of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

Abstract: Research on climate change in the Holocene has been fruitful in recent years. However, research in the Liaodong Peninsula has rarely been reported. The studies were mostly concentrated in the 1980s to 1990s, and few reports have appeared since. In order to better carry out research on Holocene climate change in this area, important research results are summarized here. This study begins with Holocene sediments (including peat) reported for the Liaodong Peninsula, and summarizes their distribution, types and lithology, and collects the research results of Holocene climate and sea-level reconstruction based on the properties of pollen and shell deposits. Finally it summarizes the deficiencies of previous work and proposes future research directions. The results show that the distribution of Holocene sediments in this area is relatively scattered, the sequence is diverse, and there are deficiencies. Most of the studied sections/cores were concentrated in Jinzhou District, Pulandian city, Wafangdian city and Zhuanghe city in southern Liaoning and Donggang city in Dandong, concentrated along the Yellow Sea coast. Sediment types are mainly lagoon/lake sediments, marine sediments, and sloping flood sediments. In terms of climate change, the Holocene climate in this area evolved from dry and cold to humid and warm to dry and cold. The Holocene Optimal Period in this area was 8.0-3.0 ka B.P. including a cooling (drying) event occurred at 5.6 ka B.P.. The maximum transgression occurred in 6.5-5.0 ka B.P. and experienced a regressive event during 9.3-8.0 ka.cal B.P.. In future it will be necessary to strengthen technical application and interdisciplinary research.

Key words: Liaodong Peninsula; Holocene; paleoclimate; progress