

天津市北部尔王庄地区末次盛冰期 下切河谷特征

樊航宇,张树栋,黄猛,张晓飞,周长红

(天津市地质调查研究院,天津 300191)

摘要: 渤海湾西岸尔王庄地区钻孔岩芯、微体古生物、孢粉及¹⁴C 测年等资料及联合地质剖面研究表明,末次盛冰期全球海平面下降使该地区形成下切河谷,冰后期海平面迅速上升引发的海侵造成古河谷的充填,依次形成河床相、河漫滩—河口湾相和三角洲相,与相邻的滦河扇三角洲下切河谷有差异,该下切河谷受海河水系控制,流向大致与古潮白河一致。其演化过程受海平面变化、构造运动和古气候等因素影响,经历了末次盛冰期深切、15~7 ka BP 海侵期间河床相及河漫滩—河口湾相的充填和之后海退形成的三角洲相埋藏等三个阶段。

关键词: 下切河谷;末次盛冰期;沉积相;渤海湾西岸;天津市

中图分类号: P534.631;P512.2 **文献标识码:** A

0 引言

下切河谷最早由 Fisk 等人在 1955 年研究论述密西西比河三角洲时提出^[1],其后在许多下切河谷沉积中发现了油气层,对其研究逐渐重视起来。从 1980 年代开始,随着层序地层学的兴起,下切河谷研究成为沉积地质学研究的热点,涉及从前寒武纪到现代的几乎所有地层。到目前为止,关于下切河谷的研究逐渐趋于成熟,提出了很多充填模式及沉积序列^[2-8],国际沉积学会亦两度出版下切河谷专集。

晚第四纪下切河谷形成及其充填过程,主要影响因素是全球海平面变化^[2-3,9-10]。晚第四纪下切河谷分布在现代河口三角洲地区,国内对其研究多集中于长江—东海大陆架、钱塘江、珠江、滦河等河口三角洲地区,特别是长江三角洲地区和杭州湾地区取得了一系列深入的研究成果^[2,8,10-16]。

北方海河水系下切河谷鲜有报道^[17]。首次发现是在 1987 年塘沽港新建灯塔工程地质钻探中,钻

孔终孔 30 m 深处砂层获得 9270±145 a BP 的测年数据^[18],其比西侧 2 km 工民建项目六个钻孔中稳定出现在 20 m 泥炭(测年 8590±120 ka 余)层位明显低了 10 m。王强总结了 40 余年来在天津—河北沿海钻孔地层中的末次盛冰期下切河谷的发现过程^[19]。

在实施“天津市 1:5 万黑狼口乡、林亭口镇、尔王庄乡、黄庄乡四幅区调”项目钻孔中,将钻孔资料与沿海地区钻孔地层对比,首次发现宝坻尔王庄地区有末次盛冰期 (Last Glacial Maximum, 简称 LGM)下切河谷,结合钻孔岩芯、微体生物、孢粉分析资料,本文将总结尔王庄地区 LGM 下切河谷充填特征,以丰富渤海湾西岸海河水系下切河谷研究内容,同时为本区晚第四纪地层结构和海侵层的研究提供参考。

1 区域地质概述

研究区位于渤海湾西岸(图 1a)、天津北部的宝

收稿日期: 2020-08-24; **责任编辑:** 王传泰

基金项目: 天津国土局项目“天津黑狼口乡等四幅 1:5 万区域地质调查”(编号:国土房任(2014)19 号)资助。

作者简介: 樊航宇(1984—),男,工程师,硕士,地质学专业,区域地质调查方向,中国地质大学(武汉)毕业,主要从事区域地质调查工作。
通信地址: 天津市南开区迎水道 20 号,天津市地质调查研究院;邮政编码:300191;E-mail:hangyu_fan@163.com

坨断裂以南,东部与滦河三角洲毗邻,现代地形整体趋势为西北高、南东低,潮白河、永定河、青龙湾河及蓟运河等多条河流流经本区后汇入渤海(图 1b)。该区域与整个渤海湾盆地一样,进入新近纪由断陷转为凹陷,开始整体下沉^[20-21],形成了约 150~350 m 厚的第四纪地层,其中下部为河流沉积,上部为海陆交互沉积,形成广阔的冲海积平原。

我国东部大平原与海岸带早全新世气候温凉略干,到中新世气候温暖湿润,晚全新世气候温凉偏干^[22]。受构造沉降作用及全球海平面变化影响,渤海湾西岸自晚更新世以来发育了 3 个海侵-海退层序^[17,23-26]。研究区碎屑物质来源于海河水系的古永定河、古潮白河和东北方向的滦河水系;其东北黄庄、东老口扬水站曾见有零星牡蛎出现,为中晚全新世局部潮汐汉道;东棘坨地区东西向卫星河挖掘,曾见 700 m 余长的牡蛎堆积体,但南北走向不清,属于河口相堆积^[27]。整个天津宁河—宝坻地区全新世为河口湾—潟湖发育区^[28]。我国东部沿海平原在末次盛冰期全球海平面降至最低时,形成低位体系域陆相沉积。冰后期(MIS1)随着海平面快速上升,约 7 kcal BP 达到最大海侵范围,形成滨岸沼泽-潮

坪环境的海侵体系域。之后,海平面上升变缓并逐渐趋于稳定,发育浅海-潮坪环境的高位体系域^[29]。

2 沉积相分析

末次冰期最盛时的低海面直接影响到长江河口出现下切河谷^[30],而当时全球海洋水圈变化亦影响到半封闭的渤海湾西岸,同样形成了下切河谷^[18]。在海平面变化、持续构造沉降、古气候及水动力等多种因素影响下造成不同级别的沉积旋回,出现复杂的水平相变和垂向层序。

天津市及东部滨海地区钻孔全新世海侵层序一般出现在 20 m 深度,研究区西端南侧武清双庙钻孔中,全新世海侵层序皆出现在 12 m 深度以内^[31]。在研究区内完成的 QHL04 孔、QEW06 孔、QEW02 孔、QEJ01 孔等钻孔中,均发现全新世棕灰色沉积地层低于这一深度,故判断有下切河谷发育。

本文以尔王庄东北部 QEJ01 孔为重点研究对象,在 0~30 m 深度内共划分为 11 层,同时在该孔进行了系统的微体生物、孢粉样品采集和鉴定工作。

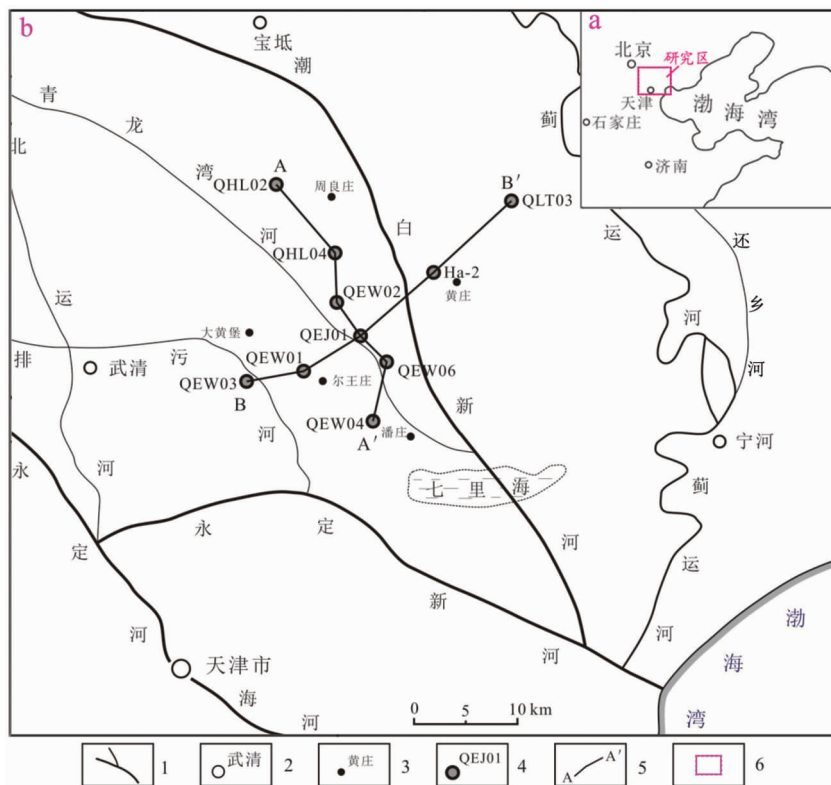


图 1 研究区位置(a)及钻孔分布图(b)

Fig. 1 Map showing geographical location and borehole layout

1. 主要河流; 2. 县区及地名; 3. 乡镇及地名; 4. 钻孔及编号; 5. 剖面及编号; 6. 研究区

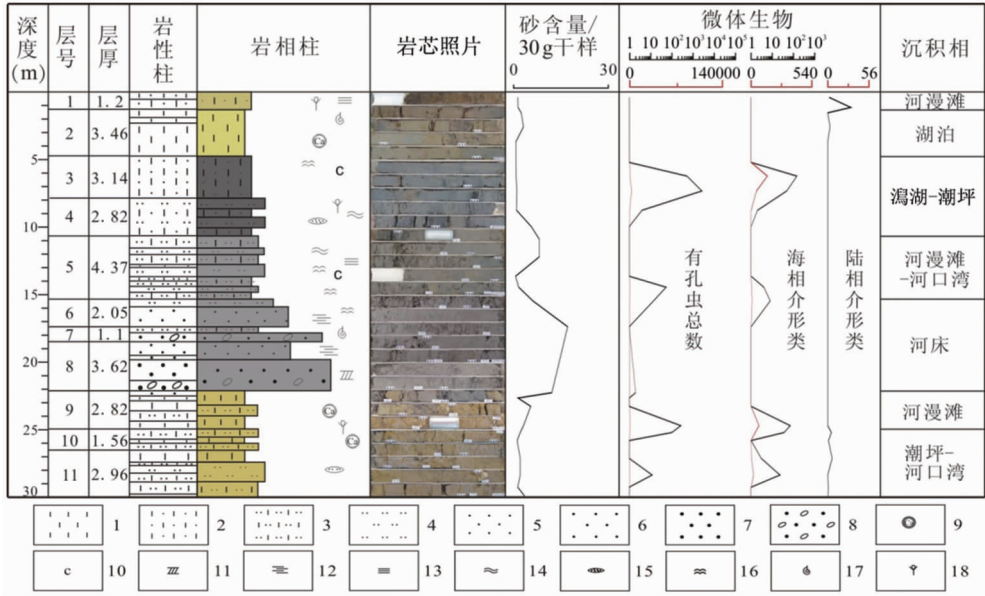


图 2 天津市宝坻区尔王庄 QEJ01 孔综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive column of QEJ01 in Erwangzhuang, Baodi District, Tianjin

1. 黏土; 2. 粉砂质黏土; 3. 黏土质粉砂; 4. 粉砂; 5. 细砂; 6. 中砂; 7. 粗砂; 8. 含砾粗砂;
9. 钙质结核; 10. 碳质斑点或条带; 11. 交错层理; 12. 平行层理; 13. 水平层理;
14. 波状层理; 15. 透镜层理; 16. 贝壳碎片; 17. 淡水腹足类; 18. 植物碎屑

在综合对比分析研究区数口钻孔资料基础上,将晚第四纪以来下切河谷充填过程中形成的沉积相类型划分为河床相、河漫滩—河口湾相和三角洲相(图 2)。

(1)河床相

主要由含砾粗砂、中粗砂、中砂及细砂组成,夹薄层粉砂和黏土质粉砂,灰色、棕灰色,底部为含砾粗砂,与下伏地层突变接触,砾石直径约 0.5 cm 左右,次圆状,向上逐渐减少;中部及上部为中粗砂、中砂和细砂,分选和磨圆相对较好,粒度向上变细,发育板状交错层理和平行层理,见淡水腹足类碎片;顶部为薄层粉砂及黏土质粉砂。在顶部见少量毕克卷转虫变种个体及典型中华美花介、中华刺面介等广盐海相介形类,同时见少量白小旋腹足类碎片,显示海平面上升初期,河流泛滥作用相应增大,后期方受到海水影响。

(2)河漫滩—河口湾相

主要由黏土质粉砂和粉砂组成,夹薄层黏土,灰色、深灰色,局部绿灰色,单层厚度均较薄,波状层理普遍发育,局部见水平层理,见大量贝壳碎片和碳质斑点。中部见淡水腹足类、白小旋腹足类,及少量广盐有孔虫毕克卷转虫变种、潮间带浅海介形类陈氏新单角介,下部见大量毕克卷转虫变种个体及少量典型中华美花介、中华刺面介等海相介形类;为低水位体系域沉积。

(3)三角洲—海积平原相

以潮坪—潟湖沉积为主,下部为粉砂与粉砂质黏土互层,上部为粉砂质黏土,黑灰色、深灰色,单层厚度薄,波状层理和透镜层理普遍发育,见贝壳碎片及植物碎屑,以及大量有孔虫和相对少量的海相介形类,包括厚壁卷转虫、毕克卷转虫变种、光滑九字虫、眼点弯背介、典型中华美花介、中华刺面介和斑纹三原介等,整体属低分异度高优势度低盐—广盐微体生物组合,符合古潟湖微体生物特征。

QEW01 孔和 QEW03 孔等少数钻孔中,见小型支流河口砂坝沉积,由灰色细砂组成,与上覆洪泛平原湖泊相渐变接触。

3 下切河谷沉积相展布

通过数十个钻孔对比分析,建立了研究区晚第四纪地层纵横剖面图(图 3、图 4),揭示了尔王庄地区存在下切河谷。下切河谷位置大致与现今青龙湾河一致,规模相对较小,最大下切深度达 16~23 m 不等,底部为一起伏不平的侵蚀面,中部埋藏较深,两翼变浅;东南部埋藏深,西北部埋藏相对浅。下切河谷两侧为古河间地。下切河谷内存在 3 种沉积相类型,自下而上依次为河床相、河漫滩—河口湾相、

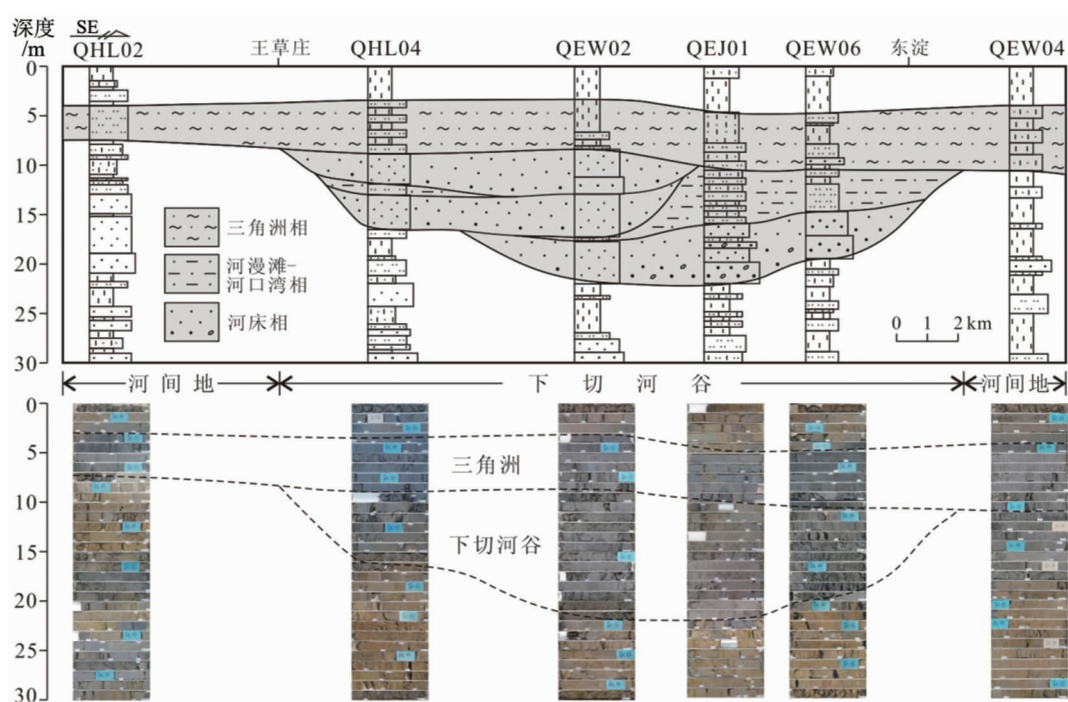


图3 A—A'联孔剖面及其岩芯照片

Fig. 3 The integrated drill hole A-A' cross section and core photos

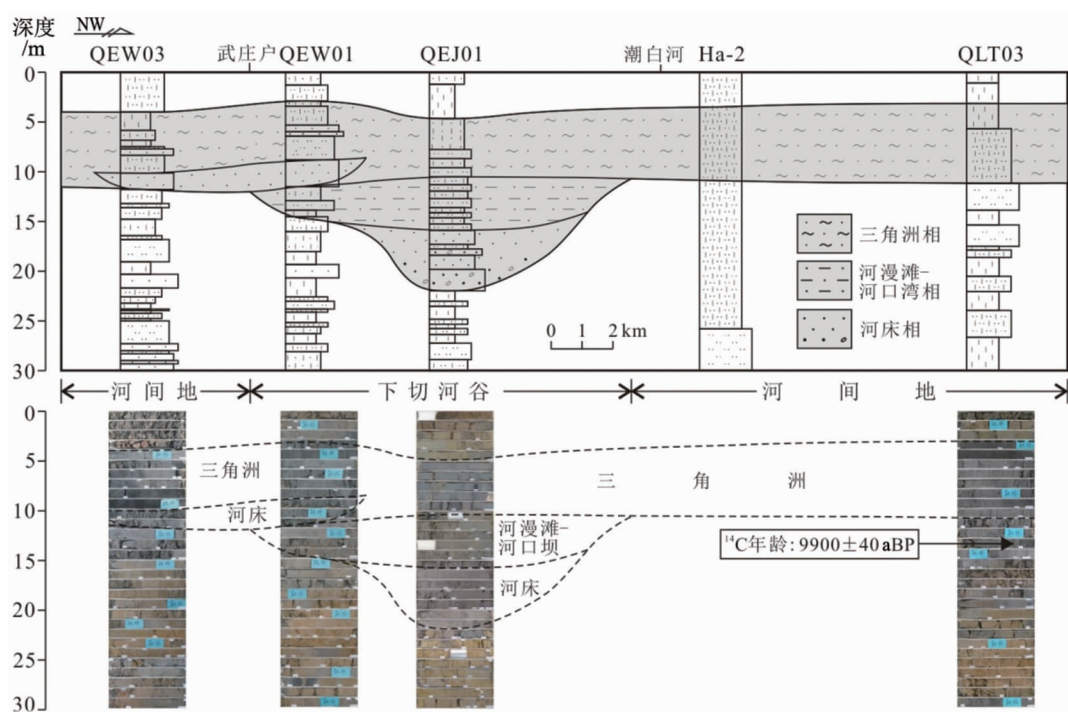


图4 B—B'联孔剖面及其岩芯照片

Fig. 4 The integrated drill hole B-B' cross section and core photos

三角洲相,其中河床相和河漫滩—河口湾相主要在下切河谷内出现,河床相厚度为3~6.77 m,河漫滩—河口湾相厚度为0.51~4.73 m,三角洲相在下切河谷内和河间均有出现,厚度为2~8.1 m不等。

A—A'剖面显示河床相存在叠置现象,且河床逐渐向北西方向迁移。B—B'剖面仅在QEJ01孔见下切河谷,其宽度明显变窄。对比分析认为本区下切河谷古水流方向由北西向南东,与近代潮白河流向

一致。

冰后期海侵由海向陆渐次发生,下切河谷中海侵形成时间明显早于古河间地,在长江口钻孔已经获得 62 m 深基底泥炭¹⁴C 测年 14500 ± 450 a BP 的数据,显示下切河谷充填始于末次冰消期^[18]。由于远离海岸,B—B剖面 QLT03 孔碳质黏土获得的¹⁴C 年龄为 9900 ± 40 a BP,根据 A—A'剖面线钻孔对比,鉴于 QEW02 孔灰色层段埋深低于沿海大多出现在 20 m 埋深的海侵层序,推测研究区下切河谷形成于末次盛冰期,在冰后期发生充填。天津沿海向西到静海县城南部陈官屯钻孔,基底泥炭测年时限为 10~7 ka,故以 7 ka 为最大海泛面出现时间^[18,30]。最大海泛面下部为河床相、河漫滩—河口湾相,自下而上具有海水逐渐加深、海洋因素影响逐渐变强的特点,构成海侵层序。上覆三角洲—海积平原相具海水逐渐减少特点,构成海退层序。

4 下切河谷充填层序的形成

综合对比分析认为,研究区下切河谷经历了深切、充填和埋藏三个阶段。随着末次盛冰期海平面大幅下降,各入海河流基准面下降,河流强烈下切形成底部为区域不整合面的下切河谷,河流携带的沉积物形成河床底部含滞留沉积,河间地区域堆积洪泛平原沉积物;末次盛冰期后,海平面由 15 ka 时的最低点迅速升至 7 ka 时的最高点^[32]。在此期间,研究区古气候逐渐转暖,由早期温凉逐渐变为晚期温湿气候,海平面迅速上升,河流水流量增大,沉积物供给充足,下切河谷从深切过程转为充填过程,早期形成河床相下部的溯源堆积含砾粗砂和上部中粗砂、中砂及细砂沉积,含海相有孔虫、海相介形类及淡水腹足类等碎片,构成海侵的河道充填层序,河间仍为洪泛平原堆积。晚期河口向陆地方向迁移,形成河漫滩—河口湾相沉积。迁移过程中河流的阶段性进积造成了多期河谷的叠置;7 ka 后,海侵进入鼎盛时期,海水溢出河谷,浸没河间地区域,形成广泛的三角洲沉积,完成下切河谷的埋藏过程。上覆地层以砂泥互层的潮坪沉积为主,含大量海相有孔虫、海相介形类。

5 与黄骅地区对比

河北省黄骅地区是黄河进入渤海湾西岸海侵区

的重要研究地点,该地钻孔全新统符合以全新世海侵层顶、底泥炭为界、建立的全新世海侵层序^[31],反映的是千年级的六级层序^[18]。

由于局部河流的进积作用,早全新世基底泥炭可以不是一层^[33]。即使如此,黄骅北部地区 5 个钻孔对比发现,20 cm 厚泥炭堆积时间域可达百年到数百年,大致自东向西钻孔基底泥炭测年分别是 8760 ± 195 a BP、 7350 ± 130 a BP、 6560 ± 140 a BP;海侵层序顶部海退型泥炭测年为 4770 ± 170 a BP、 2820 ± 80 a BP,显示西南方向最早发生了河流沉积超过海洋沉积的高度,且是在近 5 ka 的中全新世,成为重要的标志性地层^[34]。

但是本文报道的天津北部尔王庄与所在地区,由于没有充足的物质供给,长期延续冰后期以来形成的低洼积水环境,导致宁河—宝坻地区全新世古潟湖的出现,QEJ01 孔顶部出现较多的非海相淡水介形类即是后期淡化的证据;全新世海侵层序底部,又出现含砾粗砂,是与黄骅地区揭示的古黄河沉积截然不同的。显然,全新世以来的古地理、古环境变迁研究中,河流输砂的供给是不可回避的问题。

6 结语

钻孔岩芯、微体生物、孢粉及¹⁴C 测年等资料和绘制联合地质剖面显示,隶属古潮白河水系天津市北部尔王庄地区,存在受海面变化控制的 LGM 下切河谷;在晚更新世潮坪—河口湾沉积单元之上,在冰后期依次出现河床相、河漫滩—河口湾相和三角洲—海积平原相,与相邻的滦河扇三角洲地区下切河谷相序类型相同;下切河谷古位置大致与现代青龙湾河吻合,初步判断水流方向系由北西向南东,可能与现代潮白河流向基本一致,规模相对较小;其形成受极端海平面变化影响,经历了下切、充填和埋藏三个阶段,末次盛冰期时发生河流下切作用,15~7 ka 期间古气候转暖,海平面迅速上升,海侵过程中下切河谷完成河床相、河漫滩—河口湾相沉积物的充填,之后受河流进积作用影响,形成广泛的三角洲沉积。

致谢:承蒙中国地质调查局天津地质调查中心王强研究员提供资料、鉴定微体生物,并对文稿修改提出宝贵意见,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Fisk R, McFalan Jr E. Late Quaternary deltaic deposits of the Mississippi River [C]//Poldervaart Aire. Crust Earth Symposium. Geologic Society of American Special Paper, 1955, 67: 297 - 302.
- [2] 张桂甲, 李从先. 钱塘江下切河谷充填及其层序地层学特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(4): 57 - 68.
- [3] Hori K, Saito Y, Zhao Q, et al. Control of incised-valley fill stacking patterns by accelerated and decelerated sea-level rise: the Changjiang example during the last de-glaciation [J]. Geomorphology, 2002, 22: 127 - 132.
- [4] LIN Chunming, ZHUO Hongchun, GAO Shu. Sedimentary facies and evolution in the Qian tang River incised valley, eastern China [J]. Marine Geology, 2005, 219: 235 - 259.
- [5] Yoo D G, Lee C W, Kim S P, et al. Late Quaternary transgressive and highstand systems tracts in the northern East China Sea mid-shelf [J]. Marine Geology, 2002, 187: 313 - 328.
- [6] LIN Chunming, LI Guangxue, WANG Baichang, et al. Internal Structure of the incised Valley Fill in the Hangzhou Bay, Eastern China and Its Geological Implications [J]. Acta Geologica Sinica(English Edition), 2004, 78(3): 715 - 719.
- [7] Zaitlin B R, Dailry I R, Royd R. The stratigraphic organization of incised valley systems associated with relative sea level changes [C]//Incised Valley Systems: Origin and Sedimentary Sequence, SEPM Spec Publication, 1994, 51: 45 - 60.
- [8] 李从先, 范代读, 杨守业, 等. 中国河口三角洲地区晚第四纪下切河谷层序特征和形成[J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 87 - 97.
- [9] Wesccot W A. Channel and valley: Difference in words or meaning? [J]. The Leading Edge, 1997, 6: 867 - 873.
- [10] 张桂甲, 李从先. 晚第四纪钱塘江下切河谷体系层序地层特征[J]. 同济大学学报(自然科学版), 1998, 26(3): 320 - 324.
- [11] 张桂甲, 李从先. 末次冰期以来钱塘江河口湾充填的物质来源[J]. 科学通报, 1997, 42(16): 1741 - 1744.
- [12] 李从先, 陈庆强, 范代读, 等. 末次盛冰期以来长江三角洲地区的沉积相和古地理[J]. 古地理学报, 1999, 1(4): 12 - 25.
- [13] 林春明, 李广月, 卓弘春, 等. 杭州湾地区晚第四纪下切河谷充填物沉积相与浅层生物气勘探[J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 12 - 24.
- [14] 曹光杰, 张学勤, 熊万英. 冰后期长江河口段古河谷地层层序特征[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(3): 1 - 5.
- [15] 曹光杰, 王建, 屈贵贤. 末次盛冰期以来长江河口段河道演变研究综述[J]. 地球科学进展, 2006, 21(10): 1039 - 1045.
- [16] 赵宝成, 王张华, 李晓. 长江三角洲南部平原古河谷充填沉积物特征及古地理意义[J]. 古地理学报, 2007, 9(2): 217 - 226.
- [17] 王强, 李从先. 中国东部沿海平原第四系层序类型[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009, 29(4): 39 - 51.
- [18] 王强, 田国强. 中国东部晚第四纪海侵的新构造背景[J]. 地质力学学报, 1999, 5(4): 43 - 50.
- [19] 王强. 天津—河北沿海钻孔地层中的末次盛冰期下切河谷[J]. 地质力学学报, 2019, 25(5): 877 - 888.
- [20] Allen M, Macdonald D, Xun Z, et al. Early Cenozoic two-phase extension and late Cenozoic thermal subsidence and inversion of the Bohai Basin, northern China [J]. Marine and Petroleum Geology, 1997, 14(7/8): 951 - 972.
- [21] Hu S B, O'Sullivan P B, Raza A, et al. Thermal history and tectonic subsidence of the Bohai Basin, northern China: a Cenozoic rifted and local pull-apart basin [J]. Physics of The Earth and Planetary Interiors, 2001, 126(3): 221 - 235.
- [22] 施雅风, 孔昭辰. 中国全新世大暖期气候与环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [23] 王靖泰, 汪品先. 中国东部晚更新世以来海面升降与气候变化的关系[J]. 地理学报, 1980, 35(4): 299 - 312.
- [24] 汪品先, 闵秋宝, 卞云华, 等. 我国东部第四纪海侵地层的初步研究[J]. 地质学报, 1981(1): 1 - 13.
- [25] 王强, 李凤林. 渤海湾西岸第四纪海陆变迁[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3(4): 83 - 89.
- [26] 杨怀仁, 陈西庆. 中国东部第四纪海面升降、海侵海退与岸线变迁[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1985, 5(4): 59 - 80.
- [27] 王强, 李秀文, 张志良, 等. 天津地区全新世牡蛎滩的古海洋学意义[J]. 海洋学报, 1991, 13(1): 371 - 380.
- [28] 刘东生, 安芷生. 黄土第四纪地质全球变化(第三集)[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 128 - 132.
- [29] 王宏, 李建芬, 裴艳东, 等. 渤海湾西岸海岸带第四纪地质研究成果概述[J]. 地质调查与研究, 2011, 34(2): 81 - 97.
- [30] 李从先, 汪品先. 长江晚第四纪河口地层学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 4 - 197.
- [31] 李汉鼎, 吕金福, 王强, 等. 中国北方沿海泥炭与环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1995: 109 - 128.
- [32] Wu Z Y, Jin X L, Cao Z Y. Distribution, formation and evolution of sand ridges on the East China Sea shelf [J]. Science China(Earth Sciences), 2010, 53: 101 - 112.
- [33] 张宗祜. 中国北方晚更新世以来地质环境演化与未来生存环境变化趋势预测[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 59 - 98.
- [34] 王强, 张玉发, 袁桂邦, 等. MIS 3 阶段以来河北黄骅北部地区海侵与气候期对比[J]. 第四纪研究, 2008, 28(1): 79 - 95.

Characteristics of the Incised-Valley of the latest glaciation peak period at Erwangzhuang district in the north Tianjin

FAN Hangyu, ZHANG Shudong, HUANG Meng,

ZHANG Xiaofei, ZHOU Changhong

(*Tianjin Institute of Geological Survey, Tianjin 300191, China*)

Abstract: Study on data of drilling cores, micropalaeontology, pollen, ^{14}C dating and the integrated geological section of Erwangzhuang district in the Western Coast Bohai Bay show that the global sea level drop leads to incised-valley in this area, the post-glacial rise of sea level caused by transgression results in filling of the palaeo- valley to form in turn river bed, floodplain-estuary and delta sedimentary facies. The valley differs from that of the neighboring Luanhe fan delt. It was controlled by the Haihe river system with flow direction roughly coincided with the ancient Chaobaihe river. Under influenc of sea-level change, tectonic movements and ancient climate and other factors it evolved in three stages: 1)deep incision at the latest glacial peak period; 2)river bed, floodplain-estuary and delta sedimentary-facies filling sedimentation during 15~7 ka BP; 3)regression burial of the delta.

Key Words: incised-valley; latest glacial peak period; sedimentary facies; West coast of Bohai Bay; Tianjin