

# 渤海湾西晚更新世以来 3 期海侵与古河道研究

鲁庆伟, 郭 维, 石文学, 王西玉, 詹 健, 贾 超

LU Qingwei, GUO Wei, SHI Wenxue, WANG Xiyu, ZHAN Jian, JIA Chao

天津华北地质勘查局地质研究所, 天津 300170

Geological Institute of North China Geological Exploration Bureau of Tianjin, Tianjin 300170, China

**摘要:**通过对钻孔岩心详细的沉积特征、微体古生物、测年(AMS  $^{14}\text{C}$ 、OSL)等综合研究,表明研究区晚更新世以来受到区域性的 3 期海侵事件影响,多表现为边缘海滨海湖沼相沉积。同时,追踪了 3 期海侵最大影响边界:晚更新世早期最大海侵(第 3 海侵层)位于唐官屯-西长屯-梁头镇;晚期最大海侵(第 2 海侵层)位于大黄洼—三呼庄一带;全新世海侵(第 1 海侵层)使整个研究区受到影响,其最大影响边界需进一步开展向西追踪工作,前人资料显示可西至文安县。另外,晚更新世以来发育 4 期古河道,且影响和制约海侵层及影响范围。二者相互作用,形成晚更新世以来的海陆交互沉积地层格架和滨浅海冲海积平原。利用年代学及深海氧同位素 MIS(Marine isotope stages)1、3、5 阶段 3 期海侵层标志层位等,对 4 期古河道形成时代进行了限定。结果表明,自下而上的 4 期古河道形成于 MIS 5、MIS 4、MIS 3 晚期—早全新世早期、晚全新世。研究结果可为该区域晚更新世以来的古地理演变、陆海变迁及水工环地质调查提供重要的地学资料。

**关键词:**天津;渤海湾;晚更新世;海侵;古河道

**中图分类号:**P531;P534.63<sup>+</sup>1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2021)04-0480-11

**Lu Q W, Guo W, Shi W X, Wang X Y, Zhan J, Jia C. Study on the three stages of transgression and paleochannel of western Bohai Bay since the Late Pleistocene. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(4): 480-490**

**Abstract:** The comprehensive studies of sedimentary characteristics, micropaleontology and dating(AMS  $^{14}\text{C}$ , OSL) of boreholes indicate that western Bohai Bay has been affected by three stages of regional transgression events since the late Pleistocene, and its sediments is mostly characterized by marginal seashore lake marsh facies. At the same time, the boundaries of the greatest influence of three stages' transgression were traced, namely Tangguantun - XichangTun - Liangtou boundary representing the third and the largest transgression in the early period of the Late Pleistocene, Dahuangwa - Sanhuzhuang boundary representing the second transgression in the late period of the late Pleistocene, and the first transgression in Holocene affecting the entire research area. The maximum impact boundary of the first transgression needs to be further traced to the west, and the predecessors' data show that it can extend to Wenan County. Furthermore, four stages of paleochannels were developed since the late Pleistocene, and they affected and restricted the sea invasion layer and the influence scope. The interaction between transgression and paleochannel resulted in the formation of marine and continental intersedimentation framework and the offshore alluvial plain since the Late Pleistocene. The formation age of the four paleochannels was defined by the use of chronology, deep-sea oxygen isotope MIS(Marine isotope stages) and the marker beds of three stages'(1, 3, and 5) transgression. It is shown that the four stages, paleochannels were formed(from bottom to up) in the Early Holocene and the Late Holocene. The above results can provide important geological data for the study of paleogeography, land and sea changes and hydrogeology-engineering-environmental geology in the region.

**Key words:** Tianjin; Bohai Bay; Late Pleistocene; transgression; paleochannel

收稿日期:2019-08-22;修订日期:2019-12-10

资助项目:中国地质调查局项目《天津 1:5 万静海(J50E007012)、唐官屯(J50E008012)幅区域地质调查》(编号:DD20160042-8)

作者简介:鲁庆伟(1982-),男,硕士,高级工程师,从事区域地质及第四纪地质工作。E-mail:qingweilu@163.com

研究区位于华北平原东北部、渤海湾西岸、天津南部平原区,为滨海冲积平原。无基岩出露,被厚层第四系覆盖。钻孔揭露地层有新生界第四系、新近系、古近系及更老地层<sup>[1]</sup>。

古近纪以来,华北平原基本处于下沉中。研究区第四系底板埋深 130~220 m<sup>[2-3]</sup>。新生界底板埋深 1000~1200 m<sup>①</sup>,钻孔 ZK1 揭露为 980 m<sup>②</sup>。

在地质构造上,华北盆地是一个新生代断陷盆地<sup>[4-5]</sup>。渤海湾西发育北北东向相间排列的次一级拗陷和隆起(冀中拗陷、沧县隆起、黄骅拗陷)<sup>[6]</sup>(图 1)。研究区构造位置属三级构造单元之沧县隆起。

由高原、山地流经平原进入海洋的源-汇过程中,河流的能量得以突然释放,因而研究区成为河流改道迁徙最频繁的场。同时,受全球性气候变化引起的海平面波动和岸线的频繁迁移影响,渤海湾西晚更新世以来经历 3 次海陆交替过程<sup>[7-9]</sup>,分布 6 条贝壳堤遗迹<sup>[10]</sup>。因此,研究区为古河道和海侵研究提供了天然理想实验室。前人对河北平原古河道多有研究<sup>[11-14]</sup>;对辽东湾古河道<sup>[15-16]</sup>、莱州湾南平原区古河道<sup>[17-18]</sup>,以及长江南京以下段古河道<sup>[19]</sup>等均有研究,但多集中于晚更新世晚期—早全新世古河道的研究。然而,渤海湾西天津市辖区缺

乏对古河道研究的报道。对于海侵层<sup>[7-9,20-24]</sup>及贝壳堤研究<sup>[25-28]</sup>的报道较多,但缺乏海侵边界由海向陆方向的追踪。

本次通过施工钻孔地层的沉积特征、微体古生物、大化石鉴定、测年等,对晚更新世以来的海侵层与古河道分期及年代限定和二者相互作用进行了研究,并追踪了 3 期海侵层最大影响范围。本次研究可为本区域晚更新世以来的古地理演变、陆海变迁及水工环地质调查提供基础地质参考资料。

## 1 材料与研究方法

### 1.1 钻孔岩心编录

采用旋转机械钻进,岩心直径 108 mm,岩心采取率 96%,孔斜小于 1°。将取出的岩心对半劈开,摆入 PVC 管,以 5 m 一组照相、编录和取样。

### 1.2 AMS <sup>14</sup>C 测年

采样对象为钻孔新鲜岩心中无污染的泥炭,分别在 ZKT1 孔、ZKQ1 孔、ZKQ2 孔、ZKQ3 孔和 ZK1 孔 5 个钻孔中取 AMS<sup>14</sup>C 样品 8 件(表 1),及时密封并送至北京大学考古实验室完成测试。树轮校正所用曲线为 IntCal13 atmospheric curve,所用程序为 OxCalv4.2.4。

### 1.3 OSL 测年

由于砂层可吸收更多的光照,本次光释光(OSL)

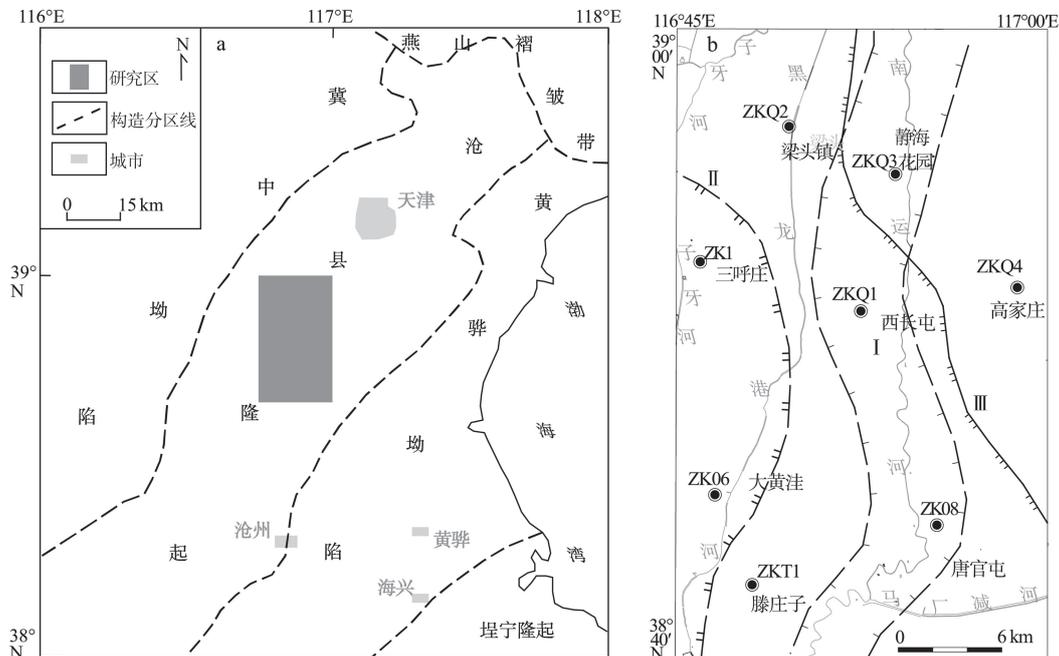


图 1 研究区构造位置图(a)与研究区钻孔位置和海侵范围(b)  
Fig. 1 Tectonic map (a) and drilling site, transgression ranges (b) of the study area

测年材料选取砂质样品,分别在 ZKQ1、ZKT1 孔等共取光释光样品 2 件(表 2),测试工作由自然资源和规划部海洋地质实验检测中心完成。检测依据为 HDJ-ZY-ZX-28(自然资源部海洋地质实验检测中心释光测年方法)和 GB/T 20260—2006(海底沉积物化学分析方法),主要检测仪器型号:Daybreak 2200 型释光测量仪(YQ-12)、Thermo X Series II 型等离子体质谱仪(YQ-18)、IRIS Intrepid II XSP 型等离子体发射光谱仪(YQ-5),检测温度 20~22℃,湿度 25%~34%。

#### 1.4 微体古生物鉴定

取样品 20 g 放入量杯中并用双氧水加水浸泡,用 280 目筛淘洗,筛上物置于蒸发皿并放入烤箱烘干,利用显微镜分门别类挑选、鉴定和统计,包括有孔虫、介形类、双壳类、腹足类等。制作统计曲线图,结合沉积特征进行沉积环境判别,利用测年结果进行年代标定。

## 2 测试结果与分析

### 2.1 测年结果

AMS<sup>14</sup>C 测年结果见表 1,OSL 测年结果见表 2。

### 2.2 地层划分

#### 2.2.1 全新世地层

研究孔(ZKQ2、ZKQ3、ZKQ1、ZKT1 和 ZK1 孔)全新世海侵层基底泥炭获得 AMS<sup>14</sup>C 日历年龄分别为 9025 cal.a BP,7880 cal.a BP,8910 cal.a BP,7640 cal.a BP,7930 cal.a BP。按国际年代地层表(v2018/08)<sup>[29]</sup>以 0.0117 Ma 为全新世开始的年龄值,属于全新世。

赵华等<sup>[30]</sup>对天津大直沽 ZH2 钻孔利用红外释光(IRSL)测年,发现距今 30~10 ka 期间处于沉积间断状态。李凤林等<sup>[31]</sup>研究发现,渤海湾西 H1 孔、ZH2 孔、ZH4 孔相距 60 km,在大致相同的埋深(15~

表 1 AMS<sup>14</sup>C 测年结果  
Table 1 Dating results of AMS<sup>14</sup>C

序号	实验室 编号	野外 编号	取样深度 /m	测试 材料	<sup>14</sup> C 惯用 年龄 /a BP	日历 年龄 /cal.a BP
1	BA161610	ZKQ2 <sup>14</sup> C-4	9.95	泥炭	8160±35	9025
2	BA161612	ZKQ3 <sup>14</sup> C-2	9.98	泥炭	7025±35	7880
3	BA161613	ZKQ3 <sup>14</sup> C-3	25.65	泥炭	37850±210	41975
4	BA161490	ZKQ1 <sup>14</sup> C-6	28.30	泥炭	25390±90	29460
5	BA161492	ZKQ1 <sup>14</sup> C-8	10.15	泥炭	7975±35	8910
6	BA171639	ZKT1 <sup>14</sup> C-5	25.35	泥炭	32850±180	36770
7	BA171638	ZKT1 <sup>14</sup> C-4	9.60	泥炭	6805±30	7640
8	BA161601	ZK1 <sup>14</sup> C-3	13.50	泥炭	7125±35	7930

注:BA 为北京大学考古文博学院年代实验室编号;<sup>14</sup>C 半衰期为 5568 a,自 1950 年起算

20 m)存在 20~10 ka BP 期间的沉积间断,孢粉组合为松栎林草原植被,属冷干气候。末次盛冰期最低海面下降至-120 m。基于末次盛冰期低水位域偏氧化环境背景的认识<sup>[9,32-33]</sup>,将上覆开始出现积水环境的灰色沉积地层归为全新统。可以仿长江三角洲地区处理,笼统称为冰后期沉积<sup>[32,34]</sup>。

据上述判定,研究亚钻孔全新统底板埋深分别为 9.50 m(ZK1 孔)、13.10 m(ZKQ1 孔)、12.45 m(ZKQ2 孔)、23.40 m(ZKQ3 孔)、13.70 m(ZKQ4 孔)、11.70 m(ZKT1 孔)。

#### 2.2.2 晚更新世地层

据天津市区域地质志<sup>[1]</sup>,晚更新世地层发育 2 期海侵沉积(第 2、3 海侵层),且在江苏废黄河三角洲以北沿海地区皆可对比<sup>[35]</sup>。

对于第 2 海侵层,依据有机质<sup>14</sup>C 测年,其时代为 MIS 3 阶段晚期<sup>[9]</sup>,而依据 OSL 测年,其时代可能

表 2 OSL 测年结果

Table 2 Dating results of OSL

序号	实验室 编号	送样 编号	取样深度 /m	测试 材料	U /10 <sup>-6</sup>	Th /10 <sup>-6</sup>	K /%	质量 含水量/%	等效剂 量/Gy	年龄 /ka	误差 /ka
1	2017A 097	ZKQ1 OSL-2	37.20	粉砂	1.75	8.73	2.2	2.98	330.6	83.5	±8.4
2	2017A 188	ZKT1 OSL-2	53.30	粉砂	1.02	6.01	2.06	19.42	>375.0	>119.4	/

注:2017A 为自然资源和规划部海洋地质实验检测中心实验室编号

为 MIS 3 或 MIS 5<sup>[8, 36-38]</sup>; 对于第 3 海侵层, 最初报道在此海侵层下见古地磁 Blake 亚时<sup>[7]</sup>, 依据 OSL 测年, 可能为 MIS 5 或 MIS 7 阶段<sup>[8, 36, 38]</sup>, 而依据地层和气候特征, 其时代为 MIS 5 阶段<sup>[39]</sup>。

本次 ZKQ3、ZKQ1、ZKT1 孔分别在 25.65 m、28.30 m、25.35 m 获得 AMS<sup>14</sup>C 日历年龄为 41975 cal.a BP、29460 cal.a BP、36770 cal.a BP; ZKQ1 孔、ZKT1 孔分别在 37.20 m、53.30 m 获得 OSL 年龄 83.5 ka、大于 119.4 ka。国际年代地层表(v2018/08)以 0.126 Ma 作为晚更新世开始的年龄值。时代归属于晚更新世。

根据对晚更新世以来古季风影响沉积地层水热状况的理解和区域钻孔地层认识, 在没有直接测年技术可以判断晚更新世底界的情况下, 取第 3 海侵层层位下偏氧化或指示水体萎缩的岩石地层学标志, 符合岩石地层学标准<sup>[3]</sup>。这一岩石地层学做法在天津西北方向河北廊坊、北京大兴地区钻孔已经得到响应<sup>[40]</sup>。

依上述可以判定, 上更新统底板埋深分别为 52.10 m (ZK1 孔)、50.50 m (ZKQ1 孔)、51.80 m (ZKQ2 孔)、51.60 m (ZKQ3 孔)、50.30 m (ZKQ4 孔)、53.55 m (ZKT1 孔)。

### 2.3 沉积特征与古河道

华北平原古河道分为浅埋古河道(埋深小于 60 m)和深埋古河道(埋深大于 60 m), 多分布在拗陷区内。研究区古河道近南北向流经中部凹陷, 平面上多条古河道并行或交叉, 有条状高地古河道和槽状洼地古河道 2 种。垂向上分布有多期古河道。砂层底部有侵蚀面, 面上有磨圆钙核、扁平椭圆状粘土球和破碎丽蚌壳组成的河床滞留沉积。并有自下而上由粗到细的沉积旋回, 以中小型交错层理、水平层理为主。按伍登-温特沃思粒级标准, 砂的平均粒径 ( $M_z$ )  $\phi$  值为 3~6; 砂质含量为 85%~92%; 自上而下分选系数为 2.79~5.33, 概率曲线呈二段式, 频率曲线双峰, 偏度 ( $Sk$ ) 呈正偏态。本次在研究区钻孔晚更新世以来地层中识别出 4 期浅埋古河道。

### 2.4 微体古生物组合与海侵层

5 个 70 m 钻孔 (ZKQ1~ZKQ4、ZKT1) 研究结果如下。

#### 2.4.1 ZKQ1 孔沉积环境与海侵层 (图 2)

(1) 全新世层段 (13.10~0 m)

13.10~10.55 m 层段 (U5): 为浅灰色粉砂质粘

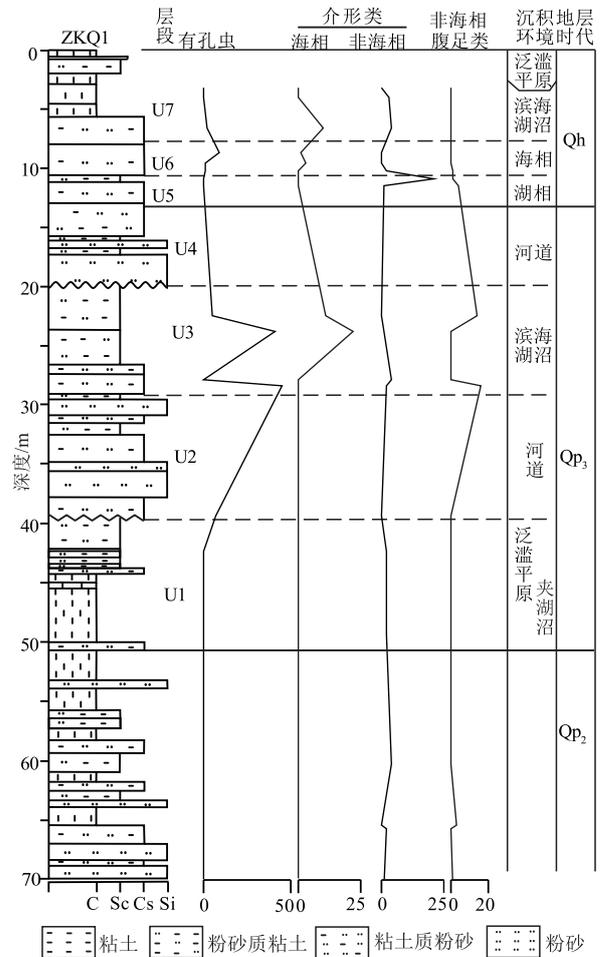


图 2 ZKQ1 孔岩性柱、微体古生物统计曲线与沉积环境、地层时代

Fig. 2 Lithostratigraphic column, micropaleontological statistical curve and sedimentary facies determination of Core ZKQ1  
Qh—全新世; Qp<sub>3</sub>—晚更新世; Qp<sub>2</sub>—中更新世; U1—层段;  
C—粘土; Sc—粉砂质粘土; Cs—粘土质粉砂; Si—粉砂

土, 含纯净小玻璃介、布氏土星介等非海相介形类, 以及白小旋螺等淡水腹足类。为湖相沉积。

10.55~8.10 m 层段 (U6): 为深灰色粘土质粉砂, 波状层理, 底部见生物潜穴, 略显生物扰动, 10.15 m 处获得 AMS<sup>14</sup>C 日历年龄 8910 cal.a BP, 时代属于中全新世 (据国际年代地层表 V2018/08)。含光滑九字虫、裂缝希望虫等有孔虫, 以及丰满陈氏介、典型中华美花介等海相介形类。为海相沉积。

8.10~0 m 层段 (U7): 下部为锈黄色夹潜育化粘土质粉砂, 波状层理。中部为灰色、灰黑色粉砂质粘土, 块状层理, 含零星裂缝希望虫、丰满陈氏介、小玻璃介、布氏土星介等。为滨海湖沼相。上

部为黄棕色粉砂质粘土。为泛滥平原沉积。

#### (2) 晚更新世层段(50.50~13.10 m)

50.50~39.70 m 层段(U1):上部为棕色粉砂质粘土,生物扰动较强,可见近垂直的生物潜穴被锈黄色粉砂充填,顶部较发育潜育化,含较多生物碎片;中下部为黄棕色夹浅灰色粉砂质粘土,含零星布氏土星介、纯净小玻璃介等非海相介形类。为泛滥平原夹湖(沼)相沉积。

39.70~29.10 m 层段(U2):以黄色粉砂为主,局部夹粘土质粉砂,冲刷侵蚀下伏地层,为河道沉积。37.20 m 获得 OSL 年龄  $83.5 \pm 8.4$  ka,相当于深海氧同位素 MIS 5 阶段。

29.10~19.65 m 层段(U3):上部为灰棕色粉砂质粘土,弱潜育化,局部可见近垂直的生物潜穴和生物轻扰动现象,见毛蚶、光滑河蓝蛤等海相生物;中部为浅黄灰色粉砂质粘土,局部砂质含量略高,波状层理,含零星钙质结核和少量有机质斑点;下部为灰色、灰黑色粘土质粉砂。28.30 m 处获得 AMS<sup>14</sup>C 年龄 29460 cal.a BP,相当于深海氧同位素 MIS 3 阶段。含光滑抱环虫、阿卡尼圆形五块虫、光滑九字虫、裂缝希望虫、毕克卷转虫变种等有孔虫。海相介形类以典型中华美花介为主,少许中华洁面介、布氏纯艳花介、陈氏新单角介等;含零星布氏土星介、柯氏土星介、双折土星介等非海相介形类;见白小旋螺、副豆螺等淡水腹足类壳体生物、光滑河蓝蛤等海相双壳类。为滨海湖沼沉积。

19.65~13.10 m 层段(U4):上部为锈黄色粘土质粉砂;下部为黄色粉砂。为分支河道沉积。

#### 2.4.2 ZKQ2 孔沉积环境与海侵层(图 3)

##### (1) 全新世层段(12.45~0 m)

12.45~9.90 m 层段(U4):中上部为灰色粉砂质粘土,块状层理、波状层理,含钙质结核;含小玻璃介等非海相介形类和白小旋螺等淡水腹足类。为湖沼沉积。

9.90~3.55 m 层段(U5):上部为灰色、灰黑色粘土质粉砂;中部为浅棕黄色粘土质粉砂;下部为灰色粉砂质粘土,基底泥炭获得 AMS<sup>14</sup>C 年龄 9025 cal a BP。含毕克卷转虫变种等有孔虫和小玻璃介未定种等非海相介形类,以及白小旋螺等。为滨海湖沼沉积,时代属于中全新世。

3.55~0 m 层段(U6):底部为锈棕黄色粘土质粉砂,中上部为棕色夹灰黑色粉砂质粘土。为泛滥

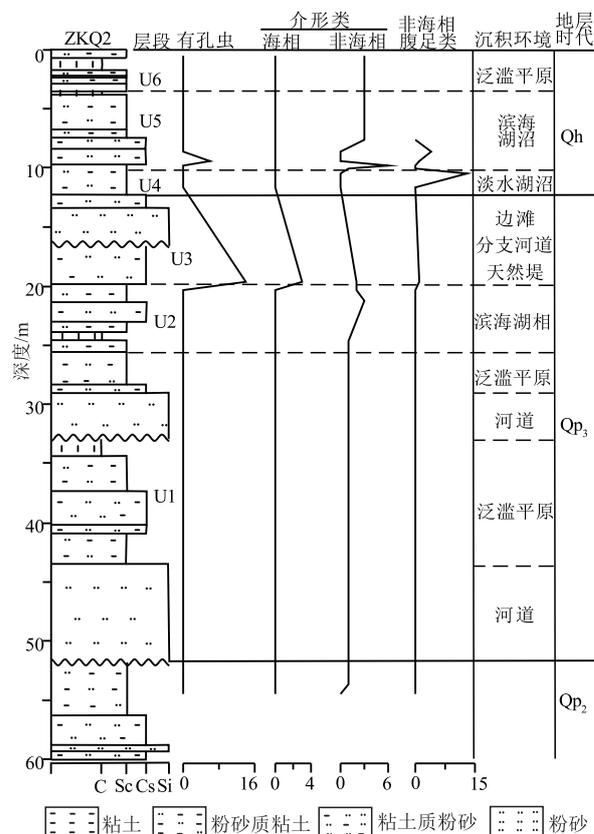


图 3 ZKQ2 孔岩性柱、微体古生物统计曲线与沉积环境、地层时代

Fig. 3 Lithostratigraphic column, micropaleontological statistical curve and sedimentary facies determination of Core ZKQ2

Qh—全新世; Qp<sub>3</sub>—晚更新世; Qp<sub>2</sub>—中更新世; U1—层段; C—粘土; Sc—粉砂质粘土; Cs—粘土质粉砂; Si—粉砂

平原沉积。

##### (2) 晚更新世层段(51.80~12.45 m)

51.80~25.00 m 层段(U1):包括 2 个河流相沉积旋回。第 I 旋回(51.80~32.95 m):①51.80~43.10 m 为黄色粉砂,松散、饱水,略显波状层理,底可见冲刷侵蚀面,为河道沉积。②43.10~32.95 m 为浅黄色、黄棕色粉砂质粘土、粘土质粉砂,为泛滥平原沉积。第 II 旋回(32.95~25.00 m):①32.95~28.20 m,黄色粉砂,松散、较饱水,底部可见冲刷侵蚀面,为河道沉积。②28.20~25.00 m,锈黄棕色粉砂质粘土,为泛滥平原沉积。

25.00~19.00 m 层段(U2):浅灰色粉砂质粘土,含毕克卷转虫变种、光滑九字虫等有孔虫,典型中华美花介等海相介形类,以及纯净小玻璃介、小玻璃介未定种等非海相介形类,见丽蚌、白小旋螺

等淡水生物壳体。为滨海湖沼沉积。

19.00~12.45 m 层段(U3):下部为砂粘互层;上部为黄色-锈黄色粉砂,波状层理,底部见冲刷侵蚀面;顶部为浅黄灰色粘土质粉砂,较饱水。为天然堤-河道-边滩沉积。

2.4.3 ZKQ3 孔沉积环境与海侵层(图 4)

(1)全新世层段(23.40~0 m)

23.40~9.95 m 层段(U4):中下部为黄灰色、浅灰色粉砂为主,局部夹薄层粘土质粉砂,松散较饱水,斜层理、波状层理;上部为浅灰色粘土质粉砂,波状层理,见河蓝蚬,含零星纯净小玻璃介等非海相介形类。为河流相-湖沼相沉积。

9.95~3.90 m 层段(U5):其中:9.95~8.20 m 为深灰色-浅灰色粉砂质粘土,块状层理,透镜状层理,含有机质斑点,上部局部见略浸染状潜育化,含光滑九字虫、毕克卷转虫变种、清晰希望虫等有孔虫,以及典型中华美花介、中华刺面介、中华洁面介等海相介形类,见光滑河蓝蛤。为海相沉积,基底泥炭获得 AMS<sup>14</sup>C 年龄 7880 cal.a BP,时代属于中全新世。8.20~3.90 m,下部为黄色粘土质粉砂;中部为粉砂质粘土,较发育潜育化和潜育化;上部为浅灰色、灰黑色有机质粘土,含毕克卷转虫变种、光滑九字虫等有孔虫;海相介形类典型中华美花介等,以及布氏土星介、纯净小玻璃介、小玻璃介未定种等非海相介形类。为滨海湖沼沉积。

3.90~0 m 层段(U6):浅黄色粘土质粉砂、浅棕色粘土。为泛滥平原沉积。

(2)晚更新世层段(51.60~23.40 m)

51.60~47.35 m 层段(U1):下部为浅灰色、灰色粘土质粉砂。块状层理、波状层理,含副豆螺、白小旋螺等淡水生物壳体;中部为灰黑色有机质粘土;上部为棕灰色粉砂质粘土,可见近垂直生物潜穴和生物扰动现象,弱发育浸染状潜育化。含毕克卷转虫变种、光滑九字虫、缝裂希望虫等有孔虫,丰满陈氏介、典型中华美花介、陈氏新单角介等海相介形类,以及布氏土星介、纯净小玻璃介、疏忽玻璃介、放射土星介等非海相介形类;见白小旋螺等。为滨海湖沼沉积。

47.35~26.20 m 层段(U2):其中 42.00~47.35 m 为黄色粉砂,波状层理,底部可见冲刷侵蚀面,为河道沉积。42.00~35.00 m 为黄棕色粉砂质粘土,波状层理,生物扰动构造,发育浸染状潜育化,为滨海湿地沉积。35.00~26.20 m 为 2 个边滩-泛滥平原的沉积旋回。

26.20~23.40 m 层段(U3):下部为灰色、灰黑色粘土。25.65 m 处获得 AMS<sup>14</sup>C 年龄 41975 cal. a BP,相当于深海氧同位素 MIS 3 阶段。上部为浅棕灰色粉砂质粘土,波状层理,略有生物扰动现象。含布氏土星介、柯氏土星介、疏忽玻璃介、纯净小玻璃介等非海相介形类,见白小旋螺等。为淡水湖沼沉积。

2.4.4 ZKQ4 孔沉积环境与海侵层(图 5)

(1)全新世层段(13.70~0 m)

13.70~6.30 m 层段(U5):底部 1.70 m 厚为滨海湖沼相的灰色粉砂质粘土;中上部为浅灰色粉砂,见冲刷面,为河道沉积。

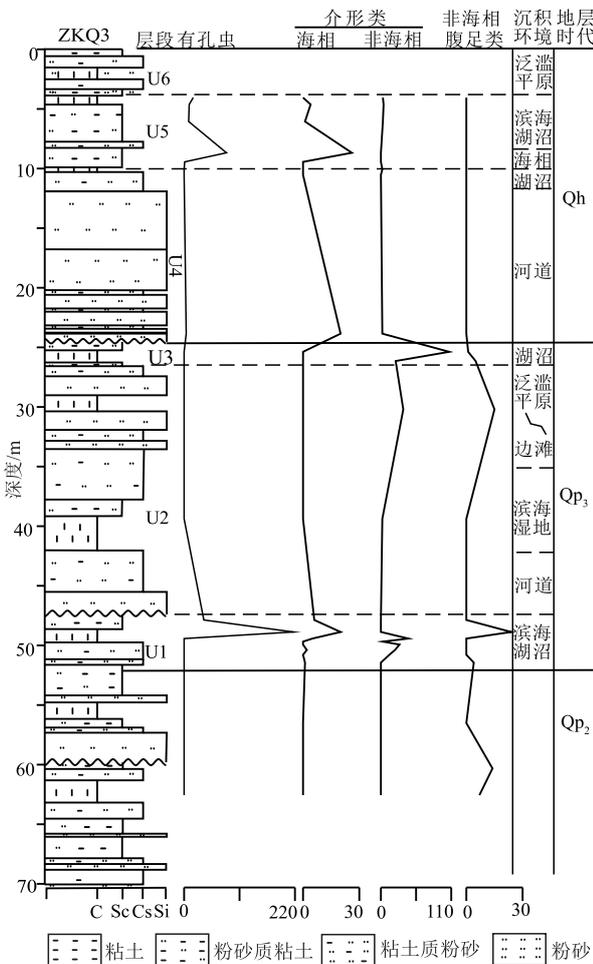


图 4 ZKQ3 孔岩性柱、微体古生物统计曲线与沉积环境、地层时代

Fig. 4 Lithostratigraphic column, micropaleontological statistical curve and sedimentary facies determination of Core ZKQ3 Qh—全新世; Qp<sub>3</sub>—晚更新世; Qp<sub>2</sub>—中更新世; U1—一段; C—粘土; Sc—粉砂质粘土; Cs—粘土质粉砂; Si—粉砂

6.30~2.00 m 层段(U6):锈棕黄色粘土质粉砂,见白小旋螺;含零星毕克卷转虫变种和光滑九字虫等有孔虫,以及小玻璃介未定种等非海相介形类。为滨海湿地沉积。

2.00~0 m 层段(U7):浅棕黄色粉砂质粘土。为泛滥平原沉积。

#### (2)晚更新世层段(50.30~13.70 m)

50.30~37.50 m 层段(U1):下部为浅灰黄色粉砂质粘土,中部为浅灰色粘土质粉砂;含毕克卷转虫变种、光滑九字虫、多变小假九字虫等有孔虫,以及典型中华美花介、丰满陈氏介、美山双角花介、陈氏新单角介等海相介形类,见光滑河蓝蛤、毛蚶、牡

蛎未定种、中华青蛤等海相双壳类;上部为锈棕黄色粘土质粉砂,生物潜穴较发育。为海相沉积,被上覆河道冲刷侵蚀。

37.50~27.60 m 层段(U2):下部为浅灰色、灰色粉砂,波状层理,松散较饱水,含丽蚌滞留沉积,底部可见侵蚀冲刷面。上部为棕黄色粘土质粉砂—锈黄色粉砂。为河道—边滩沉积。

27.60~24.60 m 层段(U3):为棕黄色夹浅灰色粉砂质粘土。为滨海湖沼沉积。

24.60~13.70 m 层段(U4):以黄色粉砂为主,中上部局部夹粘土质粉砂,顶部为浅黄棕色粉砂质粘土,底部可见侵蚀冲刷面。为河流相沉积。顶部可见LGM硬粘土(泛滥平原)—边滩相的粘土质粉砂沉积。

#### 2.4.5 ZKT1 孔沉积环境与海侵层(图6)

##### (1)全新世层段(11.70~0 m)

11.70~9.75 m 层段(U5):为浅灰色粉砂质粘土,块状层理为主,局部波状层理,含少量小玻璃介未定种等非海相介形类,以及零星白小旋螺。为湖相沉积。

9.75~6.75 m 层段(U6):为灰色、灰黑色粘土质粉砂,波状层理,含丽蚌,见零星光滑九字虫和腹结细花介。为滨海湖沼相沉积。

6.75~0 m 层段(U7):下部为黄棕色粉砂质粘土,上部为浅灰色粘土质粉砂,含副豆螺、海相介形类等,为滨海湿地沉积;顶部0.5 m的粉砂质粘土。为泛滥平原沉积。

##### (2)晚更新世层段(53.55~11.70 m)

53.55~42.25 m 层段(U1):为黄棕色粉砂质粘土夹3层灰色、灰黑色粉砂质粘土、粘土。含纯净小玻璃介、布氏土星介、疏忽玻璃等非海相介形类。为泛滥平原夹湖相沉积。53.30 m 获 OSL 测年大于119.4 ka,相当于深海氧同位素 MIS 5 阶段。

42.25~25.40 m 层段(U2):为黄色粘土质粉砂、黄棕色粉砂质粘土。局部夹湖相的浅棕灰色粉砂质粘土、锈黄色粘土质粉砂。为泛滥平原少夹湖相沉积。

25.40~19.00 m 层段(U3):下部为棕灰色粘土质粉砂,生物扰动构造;上部为棕黄灰色,较发育近垂直的生物潜穴;含较多毕克卷转虫变种、光滑抱环虫、光滑九字虫等有孔虫,典型中华美花介、陈氏新单角介、美山双角花介等海相介形类,以及零星纯净小玻璃介、布氏土星介等非海相介形类;见毛

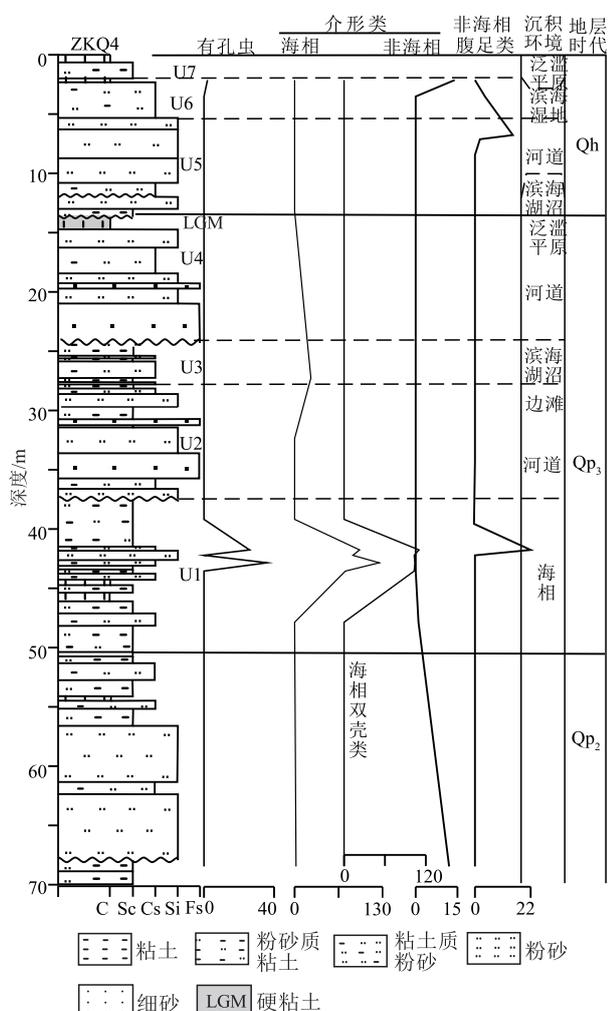


图5 ZKQ4孔岩性柱、微体古生物统计曲线与沉积环境、地层时代

Fig. 5 Lithostratigraphic column, micropaleontological statistical curve and sedimentary facies determination of Core ZKQ4

Qh—全新世; Qp<sub>3</sub>—晚更新世; Qp<sub>2</sub>—中更新世; U1—层段; C—粘土; Sc—粉砂质粘土; Cs—粘土质粉砂; Si—粉砂; Fs—细砂

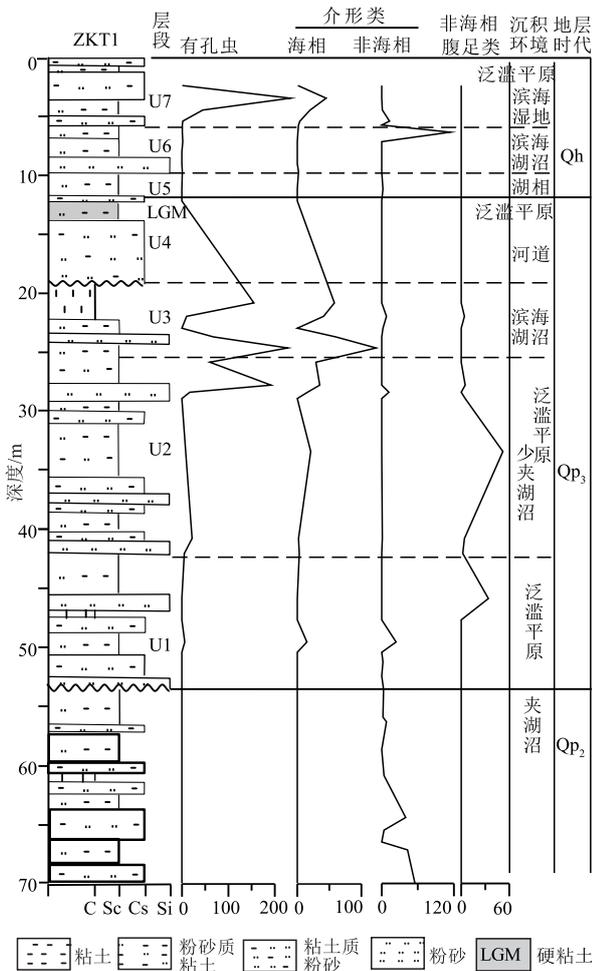


图 6 ZKT1 孔岩性柱、微体古生物统计曲线与沉积环境、地层时代

Fig. 6 Lithostratigraphic column, micropaleontological statistical curve and sedimentary facies determination of Core ZKT1  
 Qh—全新世; Qp<sub>3</sub>—晚更新世; Qp<sub>2</sub>—中更新世; U1—层段; C—粘土;  
 Sc—粉砂质粘土; Cs—粘土质粉砂; Si—粉砂

蚶、白小旋螺等。25.35 m 处获得 AMS<sup>14</sup>C 年龄 36770 cal.a BP, 相当于深海氧同位素 MIS3 阶段。为滨海湖沼沉积。

19.00~11.70 m 层段 (U4): 下部为浅黄色粉砂, 发育斜层理、波状层理, 为河道沉积; 上部为 LGM 棕红色含钙质结核的粉砂质粘土, 为泛滥平原沉积。

### 3 古河道分期与最大海侵影响边界

吴忱等<sup>[13]</sup>在对华北平原“大名—青县”一带 35 m 以浅的浅埋古河道划分出 3 期, 秦磊等<sup>[41]</sup>通过遥

感技术将此浅埋古河道带继续向北延伸至天津市静海区境内,

从重力资料看, 古河道流经区域为重力低值区<sup>③</sup>, 古微地貌相当于南北向存在次一级凹陷 (里坦凹陷), 沉积中心在北侧, 地势南部较北部略高, 表明构造控制古地貌及古河道、古流向。区内子牙河、黑龙港河、南运河等主干河流为古河道基础上演变而来的现代河流, 南水北调东线工程经今南运河, 进入北大港蓄水水库。其中南运河、子牙河为条带状隆起高地, 黑龙港河为槽状洼地, 与河北平原古河道特征一致<sup>[13]</sup>。

研究区除 35 m 以浅的 3 期古河道外, 35~55 m 深度存在晚更新世早期古河道, 即研究区 55 m 以浅沉积地层中自下而上可划分出 4 期古河道 (图 7)。同时, 通过钻孔地层组合特征研究, 表明该区域晚更新世以来受到 3 次不同程度的海侵事件影响, 与前人关于渤海湾西晚更新世以来存在 3 期海侵的认识一致<sup>[7-8, 21]</sup>。

(1) 一期古河道。埋深 35~55 m, 层位相当于 MIS 5 阶段的第 3 海侵层, 即晚更新世早期古河道。研究区东部高家庄 ZKQ4 孔含有孔虫和海相介形类, 生物扰动及潜穴发育, 表现为海侵, 其西侧西长屯 ZKQ1 孔、三呼庄 ZK1 孔同期表现为含丽蚌湖相; 西南侧唐官屯 ZK08 表现为河流相, ZKT1 孔表现为含丽蚌湖相, 西北侧静海区南花园村 ZKQ3 孔表现为滨海湖沼, 且受河流穿插影响, 静海西梁头镇 ZKQ2 孔表现为河流相, 说明三海 (第 3 海侵) 北西向海侵, 海侵边缘位于高家庄一带, 唐官屯—西长屯—梁头镇为最大海侵影响范围 (图 1-a、图 7)。以东表现为滨海潮坪相沉积, 以西为河湖相沉积。

(2) 二期古河道。埋深 25~35 m, 局部下切侵蚀至第 3 海侵层, 上覆第 2 海侵层, 相当于 MIS 4 阶段冷期低海面时期形成的下切古河道, 后受 MIS 3 阶段海平面上升淹没在海底。

(3) 三期古河道。埋深 15~20 m, 多地 (三呼庄、花园村、高家庄等) 该期古河道冲刷侵蚀至第 2 海侵层 (MIS 3 阶段); 上被中全新世 (滨) 海相地层掩盖, 基底泥炭获得 AMS<sup>14</sup>C 日历年龄 7930 cal.a BP、8910 cal.a BP、9025 cal.a BP、7880 cal.a BP, 或者上覆全新世早期湖相地层。为 MIS 3 晚期—早全新世早期下切古河道。



区域上,研究表明各外流大河均有末次盛冰期埋藏古河道<sup>[42]</sup>。大黄洼 ZK06 孔为河流相,三呼庄 ZK1 孔表现为含淡水丽蚌的湖相沉积,大黄洼—三呼庄一线以东 ZKQ1 孔、ZKQ2 孔、ZKQ3 孔、ZKQ4 孔、ZKT1 孔等表现为含海相(有孔虫、介形类)和非海相(介形类、腹足类和双壳类)生物的海陆过渡相(滨海湖沼)沉积。即位于子牙河附近的本期古河道(ZK1 孔)将第 2 海侵阻隔在古河道以东,以西表现为河湖相沉积(大黄洼 ZK06 孔同期为河流相),说明第 2 海侵最大影响范围至大黄洼—三呼庄一带(图 1-b)。

通过钻孔对渤海湾埋藏古河道沉积物地球化学特征研究<sup>[43-47]</sup>,认为该区发现的晚更新世晚期以来的古河道为古黄河水系。从而证明黄河最晚在末次盛冰期就已经打开了三门峡,并且其河道已伸入到渤海海域。

(4)四期古河道。埋深约 10 m 以浅。在大黄洼(ZK06 孔)、高家庄(ZKQ4 孔)等地钻遇古河道已下切冲刷至第 1 海侵层顶板。为晚全新世古河道。同时,第 1 海侵又受 3 期古河道的制约,海侵首先沿三期古河道(今南运河一带)(图 1-b)发生,而河间洼地(高家庄、梁头镇、三呼庄、滕庄子等地)形成滨海湖沼相沉积。不同地区受微地貌影响表现为同期异相及海侵强弱。静海一带近南北向古河道也是海侵影响范围的关键制约性因素。

研究区没有追踪到第 1 海侵(全新世海侵)的最大影响边界,据前人研究表明其最大影响边界向西到达文安县<sup>[10]</sup>。

另外,青县马厂炮台人工陡坎剖面揭露出宽约 50 m 的浅埋古河道,其底板有机质泥炭获得 AMS<sup>14</sup>C 测年 6670 a BP。下伏地层为灰色粘土质粉砂,含丽蚌、反扭蚌、缩缢蛭、青蛤等,为滨海湖沼沉积。说明约 7 ka BP 古黄河流入该区,河海作用在静海区管铺头一带形成具有海岸线指示意义的第 VI 道贝壳堤<sup>[10]</sup>(7000~7600 a BP)。随后古黄河不断进积,海岸线逐渐东移,依次发育 VI~I 道贝壳堤。据《山海经》记载,南宋(1128 a)时古黄河最终移出天津地区。

## 4 结论

(1)通过钻孔地层沉积特征、微体古生物鉴定、年代学(AMS<sup>14</sup>C、OSL)等研究,表明研究区晚更新

世以来发育 3 期海侵事件影响的滨海湖沼相沉积地层,并对 3 期海侵最大影响范围进行了追踪探讨。晚更新世早期海侵(第 3 海侵层),唐官屯—西长屯—梁头镇为最大海侵影响范围;晚期海侵(第 2 海侵层)至大黄洼—三呼庄一带;全新世海侵(第 1 海侵层)整个研究区受到影响,其最大影响边界需进一步开展向西的追踪工作,前人资料显示至文安县。

(2)利用年代学及 MIS 1、3、5 阶段 3 期海侵层标志层位等,对 4 期古河道形成时代进行了限定。表明自下而上古河道分别形成于 MIS 5、MIS 4、MIS 3 晚期—早全新世早期、晚全新世。

(3)4 期古河道与 3 期海侵交互作用,形成该区晚更新世以来的海陆交互沉积地层格架和滨海冲海积平原。

## 参考文献

- [1] 天津市地质矿产局.天津市区域地质志[M].北京:地质出版社,1992:3-142.
- [2] 姚政权,郭正堂,陈宇坤,等.渤海湾海陆交互沉积的磁性地层学[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(1):9-15.
- [3] 鲁庆伟,王强,詹健,等.渤海湾西岸沧县隆起中更新世地层间断[J].古地理学报,2018,20(4):665-679.
- [4] 李庶波,王岳军,张玉芝,等.南太行山中新代隆升过程:磷灰石裂变径迹证据[J].大地构造与成矿学,2015,39(3):460-469.
- [5] 孟元库,汪新文,陈杰.太行山新生代构造隆升的地质学证据[J].桂林理工大学学报,2015,35(1):15-28.
- [6] 大港油田地质编辑委员会.中国石油地质志[M].卷四,大港油田.北京:石油工业出版社,1991:74-113.
- [7] 赵松龄,杨光复,苍树溪,等.关于渤海湾西岸海相地层与海岸线问题[J].海洋与湖沼,1978,9(1):15-25.
- [8] 阎玉忠,王宏,李凤林,等.渤海湾西岸晚更新世沉积的差异性特征[J].第四纪研究,2006,26(3):321-326.
- [9] 王强,张玉发,袁桂邦,等.MIS3 阶段以来河北黄骠北部地区海侵与气候期对比[J].第四纪研究,2008,28(1):79-95.
- [10] 李凤林.渤海湾西岸环境地质图集[M].北京:地质出版社,2016:8:35-38.
- [11] 耿秀山.中国东部陆架的海底古河系[J].海洋科学,1981,5(2):21-26.
- [12] 吴忱.河北平原的地面古河道[J].地理学报,1984,39(3):268-276.
- [13] 吴忱,王子惠,许清海.河北平原的浅埋古河道[J].地理学报,1986,41(4):332-340.
- [14] 吴忱,朱宣清,何乃华,等.华北平原古河道的形成研究[J].中国科学,1991,2:188-197.
- [15] 郑永良,林美华.辽东湾水下古河道的初步探讨[C]//中国海洋湖沼学会.中国海洋湖沼学会 1963 年学术年会论文摘要汇编.北京:科学出版社,1964.
- [16] 王明田,庄振业,葛淑兰,等.辽东湾中北部浅层埋藏古河道沉积特征及对海上工程的影响[J].黄渤海海洋,2000,18(2):18-24.

- [17] 韩美, 李道高, 赵明华, 等. 莱州湾南岸平原地面古河道研究[J]. 地理科学, 1999, 14(5): 451-456.
- [18] 李道高, 赵明华, 韩美, 等. 莱州湾南岸平原浅埋古河道带研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(1): 23-29.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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): 83-88.
- [22] 王强, 李凤林, 李玉德, 等. 对渤海西南岸平原第四纪海侵命名的讨论[J]. 海洋学报, 1986, 8(1): 71-81.
- [23] 李元芳, 安凤桐. 天津平原第四纪微体化石群及其古地理意义[J]. 地理学报, 1985, 40(2): 165-169.
- [24] 高秀林, 王强, 李玉德, 等. 从天津 P8 孔看中更新世末期以来海侵期、气候期对比问题[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 6(1): 53-64.
- [25] 赵希涛, 张景文, 焦文强, 等. 渤海湾西岸的贝壳堤[J]. 科学通报, 1980, 6: 279-281.
- [26] 王强, 袁桂邦, 张熟, 等. 渤海湾西岸贝壳堤堆积与陆海相互作用[J]. 第四纪研究, 2007, 27(5): 775-786.
- [27] 王宏, 陈永胜, 田立柱, 等. 渤海湾全新世贝壳堤与牡蛎礁: 古气候与海面变化[J]. 地质通报, 2011, 30(9): 1405-14011.
- [28] 岳军, 张宝华, 耿秀山, 等. 渤海湾西岸的几道贝壳堤[J]. 地质学报, 2012, 86(3): 522-534.
- [29] 国际地层委员会. 国际年代地层表(v2018/08) [S]. 2018年8月(中文版).
- [30] 赵华, 卢演涛, 张金起, 等. 天津大直沽晚第四纪沉积物红外释光测年及环境变迁年代学[J]. 地质科学, 2002, 37(2): 174-183.
- [31] 李凤林, 王宏, 闫玉忠, 等. 渤海湾西岸滨海平原晚第四纪以来的沉积间断[J]. 地质调查与研究, 2004, 27(3): 124-135.
- [32] 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, 26(4): 39-51.
- [33] 谢叶彩, 王强, 龙桂, 等. 珠江口小榄镇—万顷沙地区晚更新世以来的海侵层序[J]. 古地理学报, 2014, 16(6): 835-850.
- [34] 吴标云, 李从先. 长江三角洲地区第四纪地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1988: 12-151.
- [35] 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, 4(4): 42-48.
- [36] 陈宇坤, 李振海, 邵永新, 等. 天津地区第四纪年代地层剖面研究[J]. 地震地质, 2008, 30(2): 383-398.
- [37] 陈永胜, 王宏, 裴艳东, 等. 渤海湾西岸晚第四纪海相地层划分及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(3): 747-759.
- [38] Yi L, Lai Z, Yu H, et al. Chronologies of sedimentary changes in the south Bohai Sea, China: constraints from luminescence and radiocarbon dating[J]. Boreas, 2013, 42(2): 267-284.
- [39] 胥勤勉, 袁桂邦, 张金起, 等. 渤海湾沿岸晚第四纪地层划分及地质意义[J]. 地质学报, 2011, 85(8): 1352-1367.
- [40] 赵勇, 王强, 李瑞杰, 等. 北京平原区南部 PGZ01 孔第四纪地层划分及其环境意义[J]. 古地理学报, 2018, 20(2): 337-348.
- [41] 秦磊, 詹华明, 宋小军, 等. 基于遥感技术的静海县浅埋古河道分析[J]. 地质调查与研究, 2008, 31(4): 321-327.
- [42] 赵艳霞, 徐全洪, 刘芳圆, 等. 近 20 年来中国古河道研究进展[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1): 3-11.
- [43] 韩桂荣, 徐孝诗, 辛春英. 黄海、渤海埋藏古河道区沉积物的地球化学特征 [C] // 中国海洋研究所. 海洋科学集刊. 北京: 科学出版社, 1998: 79-87.
- [44] 李凡, 于建军, 姜秀珩, 等. 南黄海埋藏古河系研究[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 501-508.
- [45] 李凡, 张秀荣, 李永植, 等. 南黄海埋藏古三角洲[J]. 地理学报, 1998, 53(3): 238-244.
- [46] 吴忱, 许清海, 阳小兰. 论华北平原的黄河古水系[J]. 地质力学学报, 2000, 6(4): 1-9.
- [47] 胡广元. 渤海湾全新世海侵前的古环境 [D]. 中国海洋大学硕士学位论文, 2010.
- ①天津市地质调查研究院. 天津市城市地质报告. 2008.
- ②天津华北地质勘查局地质研究所. 天津市煤炭地下气化可行性研究报告. 2016.
- ③天津市地球物理勘探中心. 天津市平原区 1:5 万重力调查报告. 2008.