

D219 孔和渤海湾北部晚第四纪地质环境

胡广元¹, 庄振业², 印 萍³, 赵东波^{4,5}, 刘 爽^{2,6}, 王 玲⁷

(1 青岛出版社, 青岛 266061; 2 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛 266100;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 4 福建海洋研究所, 厦门 361000;

5 福建省海岛与海岸带管理技术研究重点实验室, 厦门 361013;

6 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100; 7 山东省临沂市地震局, 山东临沂 276000)

摘 要:对渤海湾北部 D219 孔岩心样品进行了沉积地层学、生物地层学和年代地层学分析测试,将该孔自上而下划分为海相—滨海相、陆相、海相、陆相 4 个地层,按单井划相方法阐述了本区晚第四纪层序沉积历史。39 ka BP 所处的时期相当于献县海侵,本区的陆地平原被淹没;23 ka BP 海水退出渤海,本区又成为陆地;8~9 ka BP(或 8.5 ka BP)海水再次侵入本区至今。以 D219 孔为主,与本区 30 余孔进行对照认为,本区在全新世海侵前是低缓平原,东西向总坡度约 1.7‰,其上分布南堡和歧口两古河道系统。前者河宽小、曲率小,是流量较小的平原河系;后者河宽大、曲流汉道多,是流量较大的自 SW 向 NE 流的河系。

关键词:渤海湾北部;晚第四纪;地层;古地形;古河道

中图分类号:P67

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.06003

渤海湾位于渤海西部,北起河北省大清河口的捞鱼尖,南迄黄河三角洲上的刁口,湾口宽约 112 km,面积约 $1.75 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1],海底向 NE 方向微倾,水深一般小于渤海平均水深(约 18m)^[2],湾的北部横卧一东西长约 50 km、南北宽约 10 km,水深 30m 左右的凹槽(图 1)。D219 孔位于该凹槽的中部西北侧。晚更新世以来渤海湾共发生过沧州海侵、献县海侵和全新世的黄骅海侵^[3],相应海相层和其间的陆相地层记录着区内晚第四纪的环境演变历史。曾有许多学者研究过渤海的

晚第四纪海相层^[2,4,5],也曾有末次盛冰期陆架沙漠化^[6]和有无黄河入湾^[7]等讨论以及全新世海侵前渤海古河道的研究^[8]。但对本区古环境讨论并不清晰,难以满足愈来愈高的海底工程要求。

笔者拟按单井划相方法对 D219 孔岩心进行分析,揭示渤海湾北部(38°33′—39°16′N, 117°25′—119°10′E)晚第四纪地层层序,着重阐述末次盛冰期前后渤海湾北部的古环境。同时参照区内其他钻孔资料探讨全新世海侵前陆地地形和古河道系统等古环境问题。

1 研究方法

D219 孔系工程钻,现场对岩心做容重、抗剪和标贯等试验后,仍有 90% 的取心率。前人围绕该孔还进行了测深、浅层物探和旁侧声纳浅层剖

收稿日期:2017-01-18

基金项目:国土资源大调查项目“中荷海岸带全球变化响应的比较研究”(1212010911072);福建省海岛与海岸带管理技术研究重点实验室项目(CIMIS-201601)

作者简介:胡广元(1984—),男,硕士,主要从事海洋地质方面的研究工作。E-mail: huguangyuan84@hotmail.com

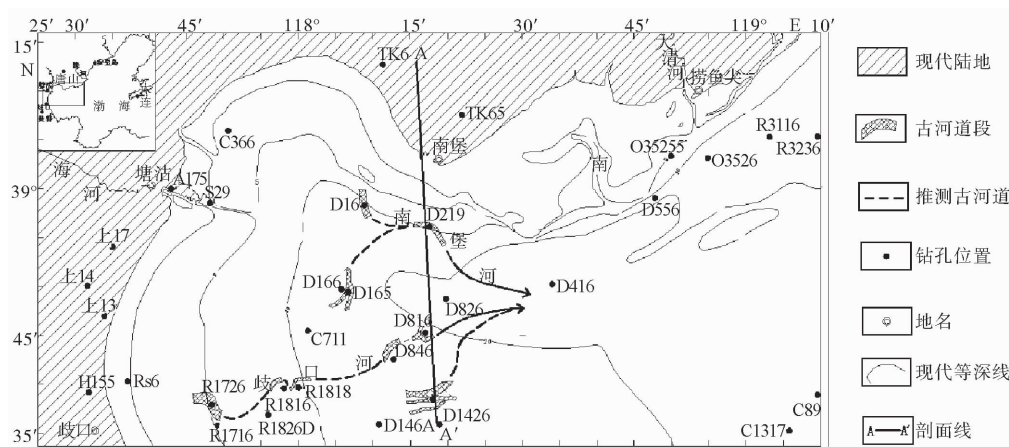


图1 渤海湾北部钻孔位置及古河道系统

Fig. 1 Location map showing boreholes and paleochannel systems

面等测试。本工作按 30 m 之内每米 10 cm 的取样率对岩心样品做了粒度、微体古生物、有机质和沉积矿物等分析以及个别段的 ^{14}C 和沉积构造等测试,详细划分了地层,解释了古环境。其中微体古生物由天津地质矿产研究所完成鉴定, ^{14}C 年代测试由海洋地质实验检测中心完成,其他项目均由中国海洋大学按海洋地质调查规范要求完成测试。确定全新世海侵底界面是恢复该区晚第四纪古环境工作的核心,作者又从生产单位搜集到本区 3 个工程钻岩心和测试资料图,通过岩性地层学、生物地层学、年代地层学以及声学地层学等方法综合分析全新世海侵底界面和古环境。对于缺乏岩心样品的钻孔,使用声学反射特征来划分海、陆相地层,例如,以古河道充填顶面和河间地硬土层高度来确定海相层下伏不整合界面,然后解释该不整合界面的高程和下伏古河道系统。

2 地层

D219 孔位于渤海湾北部($38^{\circ}56'10.3''\text{N}$, $118^{\circ}17'09.2''\text{E}$),实测水深 17.6 m。孔口高程 -19.7 m(黄海基准,下同),孔深 40 m,自上而下打穿了全新世海相层(I)和晚更新世晚期的陆相(II)、海相(III)和陆相(IV)层,按照粒度、微古化石、 ^{14}C 测年、沉积构造、声学层和岩性等资料综合划分地层特征(图 2)如下:

(1)全新世海相层(I) 埋深 0~10.8 m,又

称第一海相层,分为浅海相(I₁)和滨海相(I₂)2个亚层。

(2)浅海相层(I₁) 埋深 0~9.4 m,由极软的青灰色粉砂质黏土组成,含贝壳碎屑、粉砂包裹体(1 cm)和夹粉砂薄层(0.5 cm),具水平层理,单层厚 2~3 mm,含有丰富的有孔虫和海相介形虫化石。按优势种情况称为厚壁卷转虫(*Ammonia conpertitesta* Zheng)—陈氏新单角介(*Neomonoceratina chenae* Zhao)组合,其他成分有明亮五块虫(*Quinquiloculina argunica* (Gerre))、阿卡尼圆形五块虫(*Q. akneriana rotunda* (Gerke))、冷水面颊虫(*Buccella frigida* (Cushman))、具瘤先希希望虫(*Protelphifium tuberculata* d'orbigny)、孔缝筛九字虫(*C. porisuturalis* Zheng)、球室卷转虫(*A. globosa*)、缝裂希希望虫(*E. magellanicum* Heron-Aden et Earlang)、拉马克五块虫(*Q. lamarcniana* d'orbigny)、光滑抱环虫(*Spiroloculina laevigata* Cushman and Todd)、多变假轮虫(*Pseudorotalia gaimardii*)等有孔虫和二沫涡刺轮花介(*Acanthocythereis niitsumai* Ishigaki)、中华海面介(*Albileberis sinensis* Ho)、肯登沟眼花介(*Alocopocythere kendengensis* Kingma)、舟平形介(*Aurila cymba* (Brady))、皮桑双角花介(*Bicornucythere bisanensis* (Okuba))、崎岖中华美花介(*Sinocytheridea impressa* (Brady))等海相介形虫。微古化石特点是分异度低,优势度高,含外海

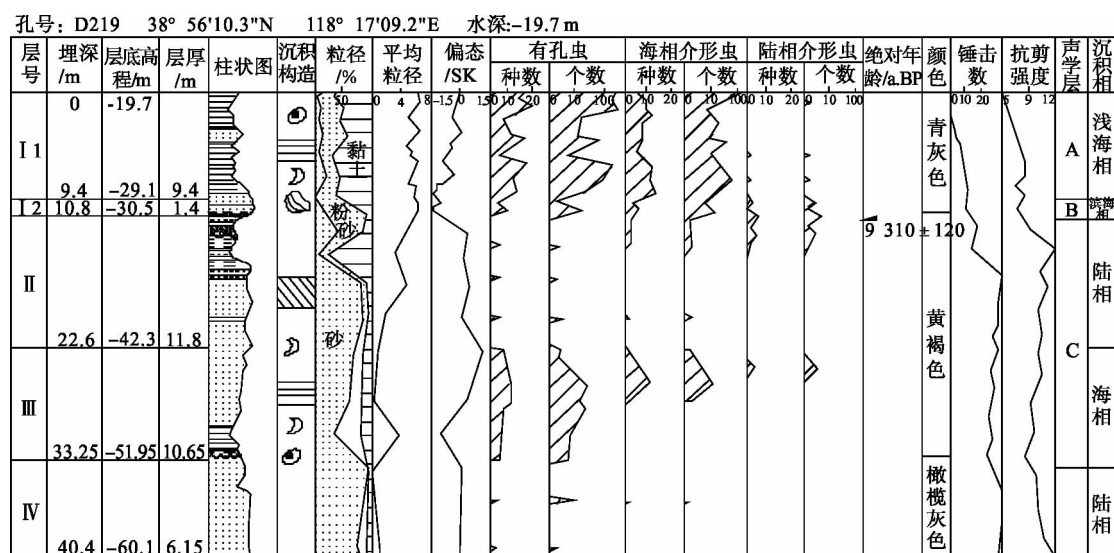


图2 渤海 D219 孔地质柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of borehole D219 in Bohai Sea

来种和零星陆相介形虫如小玻璃介(*Cadoniella Schneider*)等。在埋深 5.20~5.35 m 附近的地层中,有孔虫的种数、个数均变少。

(3)滨海湖沼近岸河口相(I₂) 埋深 9.4~10.8 m,厚 1.4 m,由中等密度暗灰色粉砂、黏土夹层组成。含有孔虫、海相介形虫厚壁卷转虫—日本穆塞介(*Munseyella japonica* (Hanai))组合,其他成分有凹坑筛九字虫(*C. gnythosuturatum* Ho, Hu et wany)、拉马克五块虫、冷水面颊虫和陈氏新单角介(*Neomonoceratina chenae* Zhao)等,种数稀少单调,分异度低。下部见完整贝壳和贝壳碎块、小砾石和枝叶等滨岸相成分,以及纯净小玻璃介(*Candoniella albicans*)等的淡水种化石,代表水深较浅的滨海湖沼或者近岸河口环境。

(4)陆相层(II) 埋深 10.8~22.6 m,厚 11.8 m,由黄色黄棕色的致密粉砂组成,上部是粉砂黏土互层,顶部有 1.2 cm 厚的灰色富有机质的硬黏土粉砂层,¹⁴C 年龄为(9.1±0.12) ka BP。含纯净小玻璃介—柯氏土星介(*Ilyocypris cornae* Mandelstam)微体组合化石,其他成分尚有白小旋螺(*Gyraulus albus* (O. F. Müller))、针孔花形介(*Cytheromorpha acupunctata* (Bradley))、丰满陈氏介(*Tanella opima* Chen)、线星介(*Lineocypris Zalaiyi*)和光滑蓝蛤(*Aloidis laevis*)等陆相介形类,显示平原沼泽和干旱草地的

沉积环境,但下半部为 5 m 厚的细砂层具斜层理,单层 5~6 mm,推测为河床边滩砂层。

(5)第 2 海相层(III) 埋深 22.6~33.25 m,厚 10.65 m,由黄色含大量贝壳碎屑的粉砂或砂质粉砂组成,具水平层理,承压力强,偶夹砂层。含 10 余种有孔虫和海相介形虫化石,以厚壁卷转虫和多变假轮虫为优势种,其他化石成分有凹坑筛九字虫、具瘤先希虫、孔缝筛九字虫、柯尼卡圆形五块虫、陈氏新单角介、中华花介(*Sinocythere sinensis* Chen)和崎岖中华花介等,种数较多但个数较少。

(6)陆相层(IV) 埋深 33.25~40.4 m,厚 6.15 m,未见层底,沉积物为灰黄色细砂,致密较硬。

3 渤海湾北部晚第四纪环境演变

渤海晚第四纪层序和环境演变历史已于前人 BC1 孔和 S3 孔的相关研究确立过^[2,4,5],献县海侵始末和全新世海侵的起始(8.5 ka BP)界限以及它们之间的海相、陆相和海相的沉积层序也概括确认过,但不够具体全面。D219 孔是渤海湾北部相标志最全、分析资料最丰富的代表性孔。其 40 m 厚的地层揭示了晚第四纪的环境演变历史,钻孔最下部的 IV 层,反映了渤海湾北部当时是陆地平原环境,按地层对比^[2,8],应在 40 ka BP 之

前。Ⅲ层以大量有孔虫和海相介形虫化石和其他沉积特征证明为浅海环境,其中的多变假轮虫不仅是当时渤海的常见种,也是现代东海的优势种之一,反映当时渤海水温较高,水深也可观,与邻区相应地层对照^[2,8],这次海侵应是渤海的献县海侵(23~39 ka BP)^[5],海侵范围大于全新世海侵^[3]。23 kaBP 之后海水退出渤海,沉积了Ⅱ层下部的 5 m 厚的细砂层,砂分选好,具斜层理,推测为是河床边滩沉积环境。Ⅱ层上部的粉砂层,含大量陆相介形虫化石,有机质丰富,应为沼泽平原河流环境,特别是顶部埋深 11.15~11.30 m 处的富有机质黑色黏土及其¹⁴C 年龄(9.1 ± 0.12) ka BP,说明属于晚更新世末和全新世海侵前夕的湿润气候和近岸积水的沼泽环境,也说明海水在 8~9 ka BP 之间(8.5 ka BP 左右^[8,9])才淹没到渤海湾北部。Ⅰ₂层厚度只有 1.4 m,其海陆混合相化石群,粗砂、小砾石、贝壳碎块、植物枝叶等成分证明是全新世海侵的底砾层,属于滨岸沉积环境以及海侵初期的河口三角洲环境。Ⅰ₂层厚 10.8 m,记录了全新世海侵海水由滨岸到浅海发展演变的过程,直至今日渤海湾北部海水上升到 18~30 m 深,海底以大量细粒悬浮沉积为特征,沉积了近 10 m 厚的富有孔虫的和松软的粉砂黏土地层。

4 全新世海侵前的古环境

4.1 全新世海侵前的古地形

以上通过岩性、微古、¹⁴C 和声学层等方法,确定了 D219 孔一带全新世海侵前的海、陆相地层之间的不整合界面,该界面揭示了全新世渤海海侵前的陆地环境,依同方法对本区海底和近岸 D219、H155、上 13、RS6、TK6、O35255 等 9 个钻孔岩心样品和其余 20 余钻孔附近物探测试等地质资料做了分析研究,按照岩心中的如下标志,①界面下伏¹⁴C 年龄,② B 声学层底界,③ 古河道充填层顶面,④ 古河间地硬土层顶面,⑤ 海相有孔虫层底界,⑥ 滨海相底砾层底界,⑦ 含贝壳和贝壳碎屑层的底界,⑧ 青灰色粉砂质层与下伏黄褐色土层分界,得到该 31 个点的全新世海陆相层之间的不整合界面(全新世海侵底界面)。将它们的界面高程(黄海基准)列于表 1,在不考虑全新世海侵以来新构造运动差异的情况下绘成本区全新世海侵前的古地形等高线图(图 3)。

据图 3 可知渤海湾北部地区全新世海侵前陆地古地形是较为平坦的大平原,古地形总体趋势是西高东低,中部有一宽浅的凹槽。东西高程最

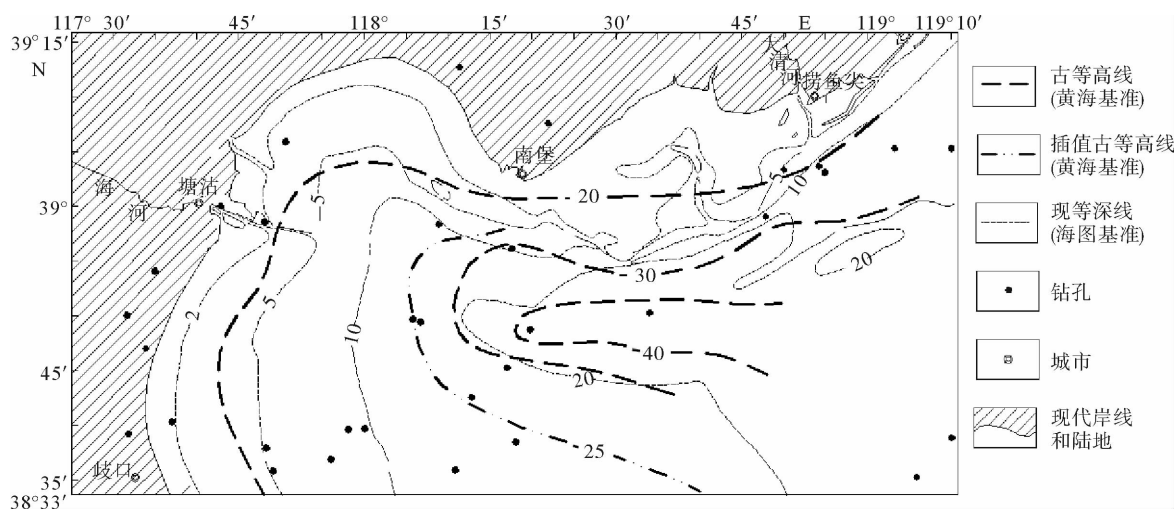


图 3 渤海湾北部全新世海侵前古地形及等高线

Fig. 3 Landform and contour map of northern Bohai Bay before Holocene transgression

表 1 渤海湾北部全新世海侵底界面高程统计

Table 1 Holocene initial transgression boundaries in boreholes

孔号	位置		孔口高程/m	海相层底界面高程/m	确定界面主要依据
	纬度/N	经度/E			
D219	38°56'10.3"	118°17'09.2"	-19.7	-30.5	①(9 310±120)⑤⑥
C1317	38°35'	119°06'	-23.8	-33.9	⑤⑦
C89	38°48'49"	119°10'07"	-27.5	-38.95	⑤
H155	38°39'11"	117°32'15"	3.7	-14.3	①(8 830±130)⑤⑧
上 13	38°47'11"	117°34'05"	2.6	-14.4	①(9 010±90)⑤⑧
上 17	38°53'47"	117°34'46"	2.8	-12.2	⑤⑦⑧
上 14	38°50'14"	117°31'56"	2.8	-17	⑤⑧
D165	38°49'30"	118°06'04.6"	-18.05	-25.05	③④⑧
D16	38°58'34"	118°08'43"	-12.9	-23.25	②⑧
D846	38°42'29"	118°12'11"	-17.8	-25	②③④
D816	38°45'04"	118°16'33"	-21.6	-27.6	②③④
D826	38°48'56"	118°19'39"	-29.4	-41.0	②③④
D146A	38°35'54"	118°10'04"	-16.3	-29.6	②⑦
D1426	38°38'08"	118°17'26"	-17.6	-23.6	②③④
R1816	38°39'30"	117°57'38"	-12.05	-22	②③④
R1818	38°39'41"	117°59'36"	-12.8	-23.1	②③④
R1826D	38°36'53"	117°55'24"	-10.5	-23.5	②⑦
R1726	38°37'57"	117°47'44"	-7	-22	②③④
R1716	38°35'56.9"	117°48'25"	-7.6	-21.6	②⑦
RS6	38°37'28"	117°41'49"	-6.3	-18.1	①(9 870±110)⑦
TK6	39°12'28.87"	118°11'29"	1.7	-13.5	①(8 785±150)⑤
TK65	39°07'59"	118°22'59"	1.7	-10.5	①(9 080±235)⑤
D416	38°50'12"	118°33'41"	-29.5	-42.5	②⑤
D166	38°49'31"	118°06'05"	-17.7	-24.9	②⑧
A175	38°59'55"	117°43'18"	3.53	-15.3	①⑧
O35255	39°03'08"	118°50'01"	-7.1	-16.45	①(8 650±200)⑤
O3526	39°03'51"	118°54'49"	-13.4	-21.75	①⑤
R3236	39°05'30"	119°10'18"	-21.2	-25.7	⑦⑧
R3116	39°05'33.4"	119°03'39"	-21.9	-27.7	⑧
S29	38°57'40"	118°47'39"	4.7	-19.24	①⑤
D556	38°59'04"	118°47'48"	-21	-29.3	②③④

注:全新统不整合底界面确定依据:① 界面下伏¹⁴C 年龄;② B 声学风层底界;③ 古河道充填层顶面;④ 古河间地硬土层顶面;⑤ 海相有孔虫层底界;⑥ 滨海相底砾层底界;⑦ 含贝壳和贝壳碎屑层的底界;⑧ 青灰色粉砂质层与下伏黄褐色土层分界

大差值约 21.7 m,由西部的水深-12.2 m 至东部的一33.9 m,东西方向的总坡度约为 1.7‰,比现黄河三角洲(0.5‰)和华北平原(0.2‰)的地形坡

度稍大一些。主要宽浅凹槽谷底分布于研究区的中东部,呈 EW 向展布,A—A'剖面(位置见图 1)横切该谷,据图 3 知南北宽约 12 000 m,谷底高约

-41 m(D826 孔)到-42.5 m(D416 孔),平缓向东倾斜,坡度约 0.5‰,东端可能展宽,因无钻孔数据尚难定论。该凹槽北侧谷坡坡度稍大,约 7.6‰,南侧先有一较缓陡坡,如图 4 的 D826 至 D816 高差约 13.4 m,坡度达 2.1‰,自 D816 向南坡度变缓为 2.8‰,直至渤海湾南部和黄河三角洲。

现水深图与本区古地形总地势相类似,沿古凹槽区也有一较深水带(约 30 m),但该带南北两侧全新世海相地层厚度有明显差异,北侧(图 4)约等于南侧厚度的两倍,至南堡近岸的厚度可达南侧的 3 倍,推测与北侧距滦河三角洲较南侧距黄河三角洲较近有关。

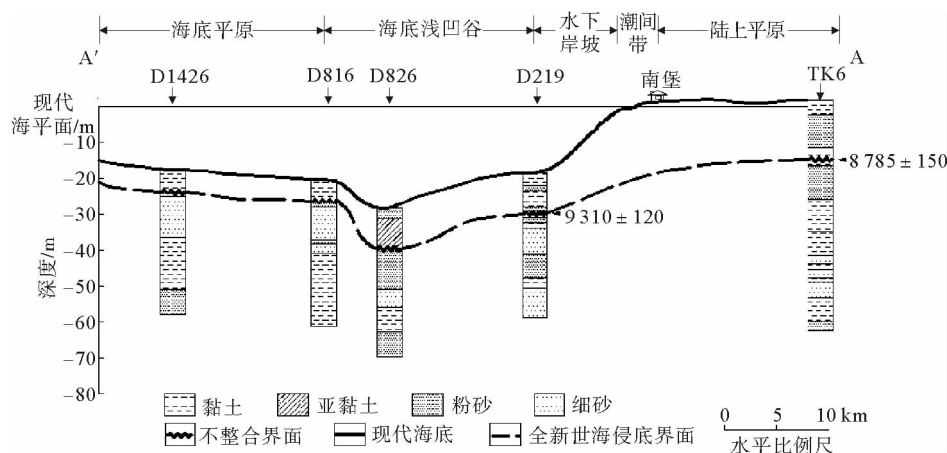
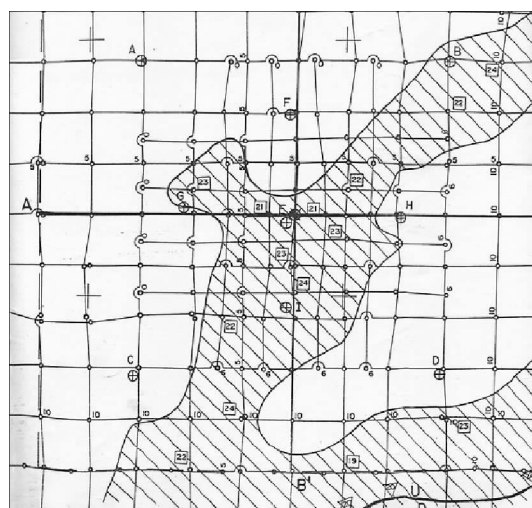


图 4 A—A' 钻孔联合剖面图(剖面位置见图 1)

Fig. 4 A—A' section

4.2 海底古河道特征

本区全新世古宽缓凹槽和平原古环境曾有不同解释,赵松龄^[6]在其著作《陆架沙漠化》中提到渤海全新世海侵前为沙漠和沙丘之间的低洼地。作者根据该区 31 个钻孔岩心地层和古生物化石分析,认为是河流和河谷平原,物探剖面上还清晰见到切割的河谷和谷底谷间硬土层,本文连接各含古河道孔资料初步绘成古平原上的古河道系统。本区 31 个钻孔中发现 9 个孔中的 9 段古河道(图 1),基于海底工程稳定性的要求^[8,10],前人已对陆架各古河道的特征做过详细勘测^[8-10,12-14],现将本区 9 段古河道详细参数列于表 2,其中各古河段的河宽、河长及方向等数据来自生产单位的地质特征图,如图 5 的古河道河宽度垂直于河段切取,属于真河宽^[14,15]。切深为古河道充填层(即图 6 的 B 层)顶底高度差,海底坡度和河面比降以两河段充填层顶面高程差与距离之比代替^[14,15](图 6)。其他水文参数是根据现代河流公式(表 2 脚注^[11,12,15-17])计算而得。



注:阴影部分为古河道,测线间距为 100 m

图 5 D816 河段地质特征图的古河道

(据 D816 孔物探剖面解释图)

Fig. 5 Spatial map of paleochannel D816

据表 2 可知,各河段普遍弯曲发育,宽深比较大,河底坡度甚小,说明是流量多变的平原曲流河。根据各河段的位置大概可连成两条古河系

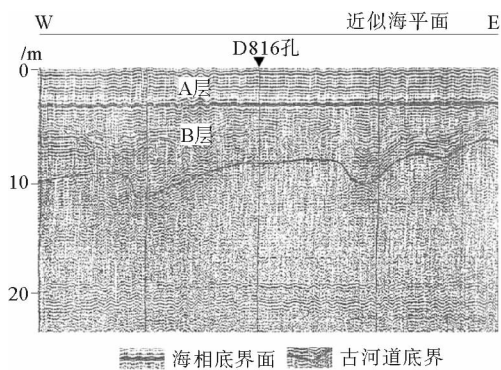


图 6 D816 河段物探剖面及古河道底界剖面
Fig. 6 Shallow seismic profile and paleochannel of D816

(图 1)。由 D16、D165 和 D219 古河段组成的系统,距南堡较近,暂称为南堡河系,其河宽和弯曲度均较小,水流比较集中,流量相对不大,河性较为温和,有顺古凹槽向东流之趋势。由 R1726、R1816、R1818、D1426、D846、D816 及 D826 连成的河道系统似乎来源于歧口一带,暂称为歧口河系。该河系自西南向东北方向延伸,各河段平缓,曲流汉道较频,流量变差较大,如 R1726 河段流量达 3 872.4 m³/s,几乎接近现黄河洪水流量,河宽达到 800 m,显然是一条当时平原上的大河,可能是当时的古黄河。

表 2 渤海湾北部全新世海侵前古河段特征统计表

Table 2 Characteristic parameters of the paleochannels in northern Bohai Bay before Holocene transgression

河段名称	纬度/N	经度/E	古河道宽/m	河段长/m	河道切深/m	河水流向	宽深比	河底坡度/‰	河面比降/‰	悬移质含量	曲率	流量/(m ³ /s)
D219	38°56′10.3″ N	118°17′09.2″E	80	1 000	6	W—SE	13.3			13.72	1.74	487.50
D16	38°58′34″ N	118°08′43″E	80	800	5	N—S	16			11.56	1.66	431.52
R1726	38°37′57″ N	117°47′44″E	800	1 200	6	NW—SE	133	0.8	0.8	1.63	0.93	3872.36
R1816	38°39′30″ N	117°57′38″E	230	400	4	SW—NE	57.5			3.54	1.17	963.41
R1818	38°39′41″ N	117°59′36″E	120	1 800	6	S—N—E	20	0.1	0.58	9.40	1.56	701.04
D165	38°49′29.99″N	118°06′04.59″E	190	2 500	8	S—N	23.75	0.4	1.2	8.02	1.49	1281.79
D1426	38°37′22.34″N	118°19′41.79″E	250	1 200	6.5	W—S	38.46			5.13	1.31	1430.80
D846B	38°42′29.46″N	118°12′11.26″E	100	800	6.5	SW—NE	15.38	3.75	1.25	11.99	1.67	627.35
D816	38°45′04.45″N	118°16′32.76″E	300	1 400	4	W—S	400	1.43	1.43	0.59	0.69	405.37

注:(1)部分古河道水文参数依① $F=W/D=225M^{-1.08}$;② $P=3.5F^{-0.27}$ 。(3) $Q=2.89W^{1.56}/F^{0.66}$ 计算。公式中 W 为河宽;D 为切深;F 为河道宽深比;M 为悬移质含量;P 为弯曲率;Q 为河流年平均流量^[11-12,15-17]。(2)河段名称即钻孔名,见图 1

据 9 条古河段的流向可推测,南堡、歧口两条古河系均汇入上述古宽浅凹槽浅谷附近,并向东流入渤海中部(图 1)。

5 结论

(1)渤海湾北部 D219 孔岩心测试分析资料,将该孔自上而下划分为海相—滨海相、陆相、海相、陆相 4 个地层。阐明了本区晚第四纪经历了陆地、海洋、陆地、海洋 4 个环境较现在高演化阶段。大约 39 ka BP 献县海侵前,渤海湾北部为陆地平原环境,献县海侵(23~39 ka BP)时渤海湾水温较现在高,海水范围较现在大,23 ka BP 之

后海水退出渤海,至全新世海侵前的盛冰期和冰消期渤海湾北部长时期裸露成陆地,以河湖沉积为主。全新世海侵约在 8~9 ka BP 之间(或 8.5 ka BP)海水开始淹没渤海湾北部,直至今日。

(2)本区 31 个钻孔岩心和分析资料说明,全新世海侵前渤海湾北部为陆地平原地貌,古地形较为平坦,总趋势是西高东低,总坡度只有 1.7‰左右,类似于黄河三角洲和华北平原地形。本区中东部分布一宽浅的凹槽缓谷,谷底平缓,约水深—41~—42.5 m。

(3)渤海湾北部古平原上分布南堡和歧口两条古河道系统,推测汇于上述凹槽宽缓谷区,并向东流入渤海中部。南堡古河道河宽和弯曲度较

小,流量不大,是较为温和的平原河。歧口古河道河宽大、曲流汉道频、切深小、流量比较大,应是自SW向NE的一条较大河道,可能为当时的古黄河。

参考文献:

- [1] 陈则实,王文海. 中国海湾引论[M]. 北京:海洋出版社, 2005:1-583.
- [2] 秦蕴珊,等. 渤海地质[M]. 北京:科学出版社,1985:1-232.
- [3] 赵松龄,杨光复,苍树溪,等. 关于渤海湾海相地层与海岸线问题[J]. 海洋与湖沼,1978,9(1):15-25.
- [4] 庄振业,许卫东,刘东生,等. 渤海南部 S₃ 孔晚第四纪海相地层的划分及环境演变[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999,19(2):27-35.
- [5] 韩有松,孟广兰,王少青,等. 中国北方沿海第四纪地下卤水[M]. 北京:科学出版社,1996:1-193.
- [6] 赵松龄. 陆架沙漠化[M]. 北京:海洋出版社,1996:1-280.
- [7] 夏东兴,刘振夏,吴桑云,等. 末次冰期黄河解体事件初探[J]. 海洋与湖沼,1996, 27(5):511-517.
- [8] 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.
- [9] 刘升发,庄振业,龙海燕. 渤海东部晚第四纪环境演变及潮流沙席沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008,28(1):25-31.
- [10] 余一欣,周心怀,魏刚,等. 渤海湾地区构造变换带及油气意义[J]. 古地理学报,2008,10(5):556-560.
- [11] 许炯心. 基于对 Leopold-Wolman 关系修正的河床河型判别[J]. 地理学报,2004,59(3):462-467.
- [12] 刘奎,庄振业,刘冬雁,等. 长江口外陆架区埋藏古河道研究[J]. 海洋学报,2009,5:80-88.
- [13] 叶银灿,等. 中国海洋灾害地质学[M]. 北京:海洋出版社, 2016.
- [14] Nordfjord S, Goff J A, Austin J A, et al. Seismic geomorphology of buried channel systems on the New Jersey outer shelf: assessing past environmental conditions[J]. Marine Geology, 2005, 214: 339-364.
- [15] Schumm S A. Experimental study of channel patterns[J]. Bulletin of the Geological Society of America, 1972, 83: 1755-1770.
- [16] 任明达,王乃梁. 现代沉积环境概论[M]. 北京:科学出版社,1981:1-231.
- [17] 朱而勤. 东营凹陷渐新世沙三上至沙二时期古河流体系的分析[J]. 中国海洋大学学报,1980, 10(2):101-112.

THE HOLE D219 AND THE LATE QUATERNARY PALEOGEOGRAPHIC ENVIRONMENT IN THE NORTHERN BOHAI BAY, CHINA

HU Guangyuan¹, ZHUANG Zhenye², YIN Ping³, ZHAO Dongbo^{4,5}, LIU Shuang^{2,6}, WANG Ling⁷

(1 Qingdao Publishing House, Qingdao 266061, China; 2 College of Marine Geoscience, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China; 4 Fujian Institute of Oceanography, Xiamen 361000; 5 Fujian Provincial Key Laboratory of Coast and Island Management Technology Study, Xiamen 361013, China; 6 Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, MOE, China, Qingdao 266100, China; 7 Seismological Bureau of Linyi City, Linyi 276000, Shandong, China)

Abstract: Lithological, biological and chronological stratigraphic studies are carried out for the hole D219 which is located at the northern Bohai Bay. The deposits of the hole may be divided into four sets, i. e. marine-littoral facies, continental facies, marine facies and continental facies again in a descending order. Single well facies analysis reveals that seawater invaded into the northern Bohai Bay at 39 ka BP, corresponding to the Xian Country Transgression. It then retreated from the Bohai Sea at 23 ka BP. Around 8.5 ka BP the research area was covered by seawater again. Based on the data from D219 and another 30 boreholes, it is concluded that the northern Bohai Bay was a plain in Late Quaternary with two paleochannel systems. The topographic gradient of the plain is no more than 1.7‰. The Nanpu River was small, but the Qikou River flowing from southwest to northeast was a meandering river with high discharge and multiple branches.

Key words: northern Bohai Bay; Late Quaternary; quaternary strata; ancient landform; paleochannel