

渤海湾西岸湾顶晚更新世——全新世年代地层序列 与地磁极漂移

赵长荣¹, J. Hus², 阎玉忠¹, 王 宏¹, 张金起¹

(1. 天津地质矿产研究所 天津市河东区大直沽八号路, 300170;

2. Centre de Physique du Globe, B-5670 Dourbes, Belgium)

摘 要:渤海湾湾顶海岸带 BQ1、BQ2 孔的磁性地层序列显示两孔分别在孔深 27.0 ~ 30.8 m 和 18.5 ~ 21.5 m 处存在地磁极漂移。BQ1 孔光释光(OSL)测年表明该漂移距今 15 ~ 25 ka BP, 与莫诺湖漂移的发生时间(23 ka BP)接近。相应地, BQ2 孔较前的漂移可能与哥德堡亚时相当。沉积学、古生物地层学、OSL 和古地磁综合研究, 建立了 BQ1 孔晚更新世以来的年代地层框架: 上更新统下限 73.53 m, 约 123.9 ka BP; 全新统下限 18.48 m, (10.3 ± 0.79) ka BP。上更新统上部陆相及海陆过渡相沉积物中 18.48 ~ 34.15 m 的 OSL 年龄 10.3 ~ 33.3 ka BP, 对应深海 OIS2 阶段; 上更新统下部的海相沉积物(第三海相层)中 66.65 ~ 73.53 m 的 OSL 年龄约 11 ~ 124 ka BP, 对应 OIS5c 阶段。

关键词:渤海湾; 地磁极漂移; OSL 测年; 上更新统下限

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2003)03-0183-10

渤海湾西岸湾顶部位系指天津市大港区和河北省黄骅市歧口地区, 自占地磁、¹⁴C 技术引入我国以来, 该地区进行了较多的研究, 先后有赵松龄等对南排河渔供 3 孔的工作^[1], 王强等对大港马棚口 S32 孔、G15 孔以及 S13 孔研究^[2]等。本文系在渤海湾海岸带 2000 ~ 2002 年白水头—歧口镇幅(西半幅)1:50000 区域地质调查中对 BQ1 孔、BQ2 孔综合研究基础上的初步总结。其中 BQ1 位于歧口以北约 5 km 的青静黄排水渠入海口北侧, 38°39.883' N, 117°33.808' E, 孔位接近平均大潮高潮线, 孔口高程+3.404 m, 孔深 95.6 m; BQ2 孔位于上古林东南约 2 km 的大港垃圾场南, 38°49.476' N, 117°30.039' E, 孔口标高-0.724 m, 孔深 30.5 m。图 1 标示出两孔的地理位置。

1 研究基础

南排河渔供 3 孔建立了二期海侵序列。海兴沧 13 孔占地磁测试研究确定了埋深 60 ~ 65 m 处三个样品构成的负极性漂移为 108 ~ 114 ka

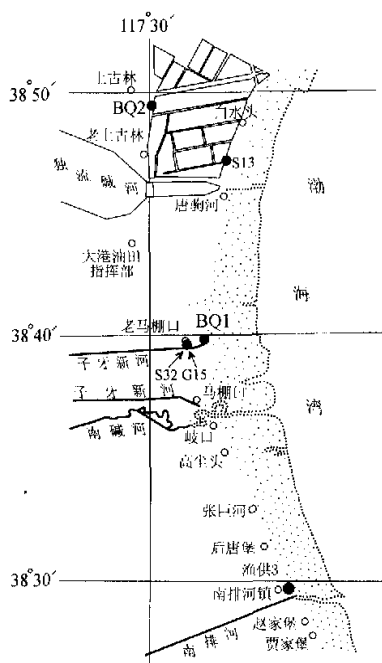


图 1 钻孔平面位置图

Fig. 1 Map showing the distribution of the Boreholes BQ1 and BQ2

收稿日期: 2003-07-10

地调项目: 白水头—歧口镇幅(西半幅)区域地质调查(0199201054)

作者简介: 赵长荣(1963), 女, 高级工程师, 主要从第四纪地质及年代地层学研究。

BP的Blake亚时,恰好位于第三海侵层之下,故判断第三期海侵始自晚更新世。14.72~14.87 m泥炭测年($8\,590 \pm 170$)a BP,15.83~16.11 m泥炭测年($9\,650 \pm 190$)a BP,表明海侵层之下底泥炭大体相当全新世底板。40.5~41.5 m处的 ^{14}C 测年大于32 000 a BP,指示第二海侵层。

马棚口 S32 孔 110 m 深度内建立了四期海侵层序,相邻的 G15 孔获得两个 ^{14}C 年龄:分别是 17.95 m 的 ($8\,830 \pm 130$) a BP 和 18.05 m 的 ($9\,405 \pm 120$) a BP,指示全新世的初始年代。

白水头南 S13 孔 19.9~20.18 m 处 18 cm 厚底泥炭分成四个样品进行测年,自下而上依次为 ($9\,510 \pm 95$) a BP、($9\,570 \pm 70$) a BP、($9\,010 \pm 95$) a BP 和 ($8\,540 \pm 90$) a BP。

天津市晚更新统塘沽组以第三海侵层底板开始^[3],但 S32 孔古地磁测量不成功,无法使用^[4],故其年代需要进一步确定。

全新统天津组由于早期的基底泥炭自东向西抬升,且年代渐新^[5,6],目前年代数据积累有缺欠,岩石地层学规律尚在总结中,故暂未进一步细分。柱状图中地层单位依然使用上述命名。

2 岩性描述

2.1 BQ1 孔

① 回填土 1.05 m

② 第一海相层:1.05~4.92 m 为暗棕色 (10YR 3/3) 粉砂质粘土与灰黄棕色 (10YR 4/2) 粘土质粉砂互层,含海相贝壳和腹足类。底部粘土减少,为粉细砂层,多具波状层理,局部见水平纹层和少量炭屑。4.92~14.5 m 为黑棕色 (10YR 3/2) 粉砂质粘土与灰黄棕色 (YR 4/2) 粘土粉砂、粉砂渐变过渡或互层,中上部夹贝屑层,下部单层渐薄,由下而上,粒度渐细。14.5~18.48 m 为棕灰色粉砂质粘土,夹粉砂透镜体,含炭屑和贝屑,含海相软体动物、有孔虫和介形虫。15.17~15.26 m 见动物潜穴,被粉砂充填。17.43 m

③ 第一陆相层及上部的海陆过渡相:18.48~21.0 m 暗灰黄色中细砂,为海陆过渡相;向下为陆相,21.0~27.05 m 黄棕色中细砂,略显微细层理,偶见少量贝屑与炭屑。25.4~25.7 m 处有斜层理,底部粉细砂条带呈包卷状,并有炭屑条带。27.05~30.84 m 中细砂层,黄棕色 (2.5Y 5/3),上部具有水平层理,下部发育斜层

理与交错层理,底部含贝屑。30.84~34.15 m 浊黄棕 (10YR 4/3) 至棕灰 (10YR 4/1) 粘土质粉砂,发育脉状层理和透镜层理。15.67 m

④ 第二海相层:棕灰色 (10YR 4/1),粉砂质粘土,厚层状,含贝屑。7.21 m

⑤ 第二陆相地层:41.36~44.74 m 粉细砂,含较多贝屑和炭屑,具压扁层理,含钙核。44.74~57.10 m 棕色 (10YR 4/6) 粘土质粉砂与黄棕 (2.5Y 5/4) 至浊黄棕 (10YR 5/3) 粉细砂互层,钙质胶结、钙核发育,见多处古土壤层和潜育层,并有剥蚀面及陆生腹足类。57.10~61.40 m 浊黄棕 (10YR 6/4) 粉砂质粘土与浊黄棕 (10YR 6/3-6/4) 粉细砂互层,发育铁染和钙核,含贝屑,韵律层厚度 20~70 cm,多呈正粒序,具水平和倾斜纹层理,在粘土层中发育砂质透镜层,含少量有孔虫及介形虫。61.40~66.65 m 粉砂质粘土与粉细砂互层,见透镜层理和斜层理,多为正粒序,65 m 处见由细而粗的反粒序,局部发育重矿物富集的黑灰色纹层。25.29 m

⑥ 第三海相层:66.65~69.83 m 棕灰色 (10YR 4/1) 粉砂质粘土,夹灰黄棕色 (10YR 5/2) 薄层粉砂层,及少量砂质透镜体,砂质沉积向上过渡为泥质沉积,具正粒序。中部发现少量海相腹足类,底部含贝壳富集层,与上覆地层呈不整合接触。69.83~71.19 m 粉砂质粘土,浊黄棕色 (10YR 4/3),致密,块状,散见钙核。71.19~73.53 m 为粘土质粉砂,浊黄棕色 (10YR 4/3),质地坚硬,钙质胶结发育,有钙核,底部有粉细砂层,具剥蚀面。6.88 m

⑦ 第三陆相地层:73.53~75.67 m 为黄棕色 (2.5YR 5/4) 至浊黄棕色 (10YR 5/4) 粉细砂,含钙核,为河流沉积。75.67~80.00 m 为暗棕色 (10YR 3/3-3/4) 粉砂质粘土,含浊黄棕色 (10YR 6/3) 钙质粉砂层,夹粉细砂条带和透镜体,层面不平整,正粒序。80.00~84.12 m 为粉砂质粘土,由下而上黄棕色 (10YR 5/6) 渐变为棕色 (10YR 4/4-4/6) 至浊黄棕色 (10YR 5/3) 和灰橄榄色 (5Y 5/2),致密,块状,不见层理,钙核及贝屑与上覆沉积界线清晰,有少量有孔虫和介形虫。84.12~88.00 m 为粉砂质粘土与粉细砂互层,棕色 (10YR 4/4) 至黄棕色 (10YR 5/6),发育水平层理和波状层理,粉细砂层中发育单向斜层理,底部见交错层理。88.00~93.20 m 为粉砂质粘土,棕色 (10YR 4/4),块状,含钙核,夹粉细砂层,下部出现粘土质粉砂和粉细砂层,钙

核发育,含有孔虫与介形虫。93.20 ~ 95.60 m 为黑棕色(10YR 2/2)粉砂质粘土,块状,含粉砂条带和透镜体,底部有黑棕色粘土层。20.27 m

2.2 BQ2 孔

①回填土 0.38 m

②第一海相层:0.38 ~ 2.32 m 淤泥质粘土层,黄棕色至灰黑色,灰黑色淤泥在棕色淤泥中呈薄层状和透镜状,其中夹不均匀分布的炭屑和炭斑,炭斑大者达 3 ~ 5 m,少见贝屑,于 1.87 ~ 1.90 m 处见较多的河蓝蛤幼体。2.32 ~ 6.00 m 粘土质粉砂夹粉砂质粘土层,粘土质粉砂黄棕色,含粉砂条纹和透镜体,局部见潜穴砂质填充体,含贝屑;粉砂质粘土,棕色,质地细软,局部含炭屑,本层含生物碎屑丰富,常见河蓝蛤,四角蛤蜊,托氏唱螺,织纹螺等,4.58 m 以下薄片镜蛤及其碎片多见,属潮间带中下区分子,见水平层理和透镜层理。6.00 ~ 10.9 m 粉砂质粘土夹粘土质粉砂和粉砂薄层,粉砂质粘土,棕灰色,质细软,渗水,含少量贝屑和炭屑,具细纹理,偶见透镜状粉砂层,粘土质粉砂,玫瑰灰色,致密,块状,含粉砂薄层(厚约 5 ~ 8 mm),见贝屑和炭屑,见斜交贯穿状的砂质潜穴,具水平层理和透镜层理,9 m 以下砂质潜穴和生物扰动现象增加,常见河蓝蛤织纹螺的原位个体和毛蚶与薄片镜蛤的碎片,10.1 ~ 10.2 m 见细粉砂夹层,含贝屑。10.9 ~ 14.23 m 粘土质粉砂,棕灰色,具不规则脉状层理和透镜层理,砂质囊状潜穴散布呈斑状构造,生物扰动现象明显,散见生物碎片,于本层底部见 4 cm 厚的黑灰色有机质富集层,并见大型厚壁瓣鳃类曲蚌(90 × 30 × 20 mm³),本层具强生物扰动特征,处于水下较深而平静的环境。13.85 m

③第一陆相层:14.23 ~ 14.81 m 细粉砂,粉砂质粘土与粘土质粉砂的变换层,茶褐至栗棕色,具波状和透镜层理,含贝屑和炭屑。14.81 ~ 17.60 m 粘土质粉砂,褐色,质地均匀,块状,不见其它明显层理,含钙核(直径约 2 ~ 5 mm),见轻度铁染,局部有炭屑,散见薄壁化石碎片,于本层底部见有中国蜗牛,小旋螺等陆相腹足类。17.60 ~ 20.80 m 粉砂至粘土质粉砂和粉砂质粘土的向上递变层,淡棕色,粉砂中不见层理,含丰富贝屑,显混杂堆积,为潮道中的冲流泥砂,粘土质粉砂夹粘土薄层,以脉状层理为主,散见钙核,也见铁锰核,顶

部粉砂质粘土,含少量钙核及炭质斑块,本层底部贝屑渐多,状似贝壳堤堆积,显示高潮位到达的位置。20.80 ~ 27.03 m 粉砂质粘土,粘土质粉砂与粉砂的互层状沉积层,丁香棕至淡棕色,三者沉积物的厚度比为 1:0.53:0.46,表明以细粒的泥质物为主,砂质泥与粉砂各占一半,多见波状层理,透镜层理,局部见脉状层理,以正粒序为主,少见贝屑与炭屑,仅于 22.95 m 见光滑河蓝蛤碎片,在泥质层中见砂质潜穴和生物扰动构造,22.3 ~ 22.65 m 处见有钙核(直径约 10 × 7 mm²,大者达 20 × 17 × 7 mm³)本层为潮间砂质泥混合坪沉积。27.03 ~ 29.5 m 粉砂质粘土与炭质粘土,玫瑰灰至淡铁灰,质地均匀,块状,夹粉砂纹层和炭质条带,29 ~ 29.3 m 砂质纹层增多,(间距 1 ~ 3 cm 不等)炭屑也增多,(炭斑直径 2 ~ 3 mm)。15.65 m

④第二海相层:粉砂质粘土,淡灰色,海相化石较多,*Natica* sp. (玉螺),*Nassarius* sp. (织纹螺),*Oliva* sp. (榧螺)等有腹足类及有孔虫化石。未揭露底板。1.00 m

3 方法

3.1 海相地层判别

根据沉积物的结构、色调与海相宏体古生物,首先在岩心描述阶段大体判定海相地层和受到海水影响的过渡相地层,并与进一步的微体古生物鉴定结果对比,从而划分出两个钻孔岩心的海相层的分布。

3.2 磁性地层学

磁学样品用 2 × 2 × 2 cm³ 塑料盒采取。BQ1 孔从 0 ~ 32.1 m 无间隔连续取样,32.2 ~ 95.6 m 以 10 cm 为间距取一个样,共取样 1 544 个;BQ2 孔全孔每 5 cm 取一个样,样厚 2 cm,两样间距 3 cm,共取 556 个样。两孔共计取样 2 100 个。

BQ1 孔大部分样品的天然剩余磁化强度(Natural Remanent Magnetization, NRM)在天津地质矿产研究所古地磁实验室用 DSm-2 型数字旋转磁力仪测量。BQ1 孔砂质较纯样品和 BQ2 孔所有样品,在比利时皇家地球物理中心用 2G-760 型三轴低温超导磁力仪测量。

所有样品的磁化率各向异性用比利时实验室的 KLY-S 型“卡帕桥”测量,仪器工作状态是 300 A/m,875 Hz 频率条件。

此外,用美国 Schonstedt TSD-1 或 2G 退磁仪对 14 个标准样品进行了逐步退磁。磁场强度分别是 2.5、5、7.5、10、15、20、25、30、40、50、60、80 和 100 mT。交变磁场退磁实验显示,一般情况下在野外的现代地磁场中和在运输期间获得的不稳定粘滞磁化强度成分可被低于 20 mT 的交变磁场清洗。我们对 BQ1 和 BQ2 两孔的一半样品,用 2G 退磁仪在 20、25 和 30 mT 的交变磁场中做了磁清洗。

经退磁后的约 525 个样品的饱和等温剩磁 (Isothermal remanent magnetization, IRM) 数值,由 2G 充磁仪 (2G pulse Magnetiser) 施加 1.5 T 直流场获得;之后在反方向加 300 mT 直流场获得反磁场等温剩磁 (IRM_{-0.3T})。两次测量值之差的一半为反磁性等温剩磁,同时两次测量之和的一半则

为顺磁性等温剩磁。这使我们能区分出反磁性和顺磁性部分对等温剩磁的贡献。

3.3 光释光

按照规范要求进行取样,选取适合做光释光测年的含砂较多的岩心作为样本。BQ1 孔共取 16 个光释光样品。

4 实验结果

4.1 微体古生物

36 个样品的介形类、有孔虫鉴定结果,证实了 BQ1 孔海陆相地层划分基本正确。BQ2 孔共取了 31 个微体古生物样,仅做了介形类化石鉴定。结果见表 1 及图 2。

第二海相层为棕灰色,见大量有孔虫,海相介形虫,未列入此表内。

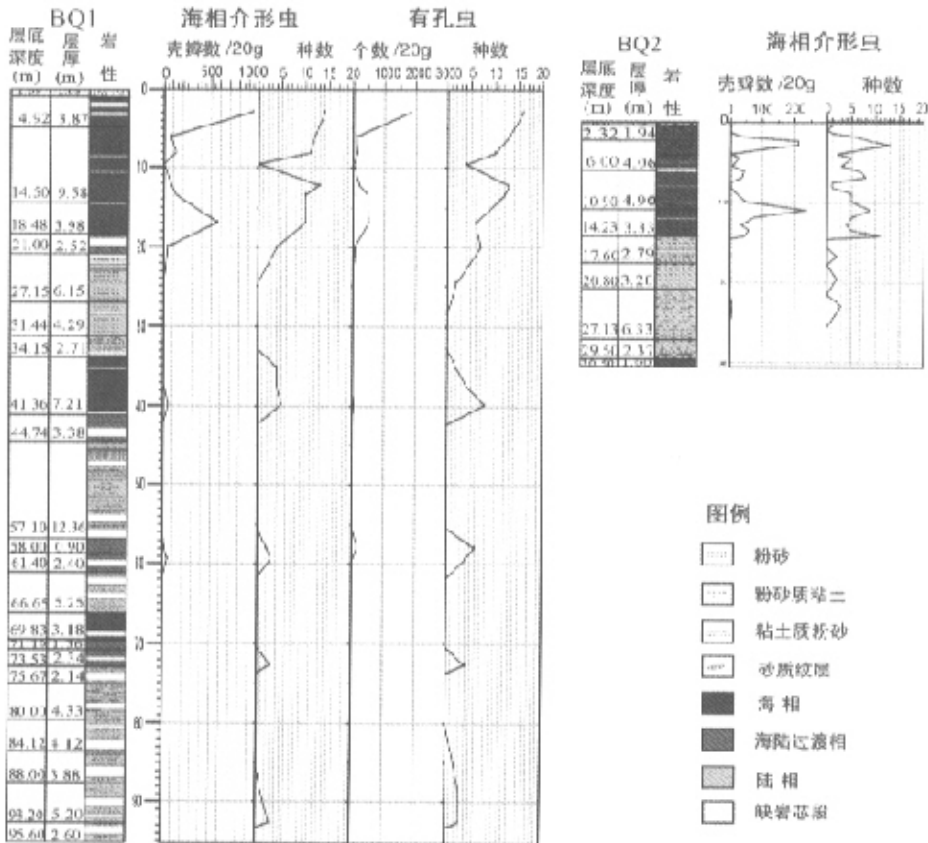


图 2 BQ1、BQ2 孔微体古生物垂向分布特征

Fig. 2 The vertical distribution of foraminifera and ostracoda assemblages of the Boreholes BQ1 and BQ2

表 1 BQ1、BQ2 的微体古生物化石统计分析表

Table 1 Analytical data showing micropaleontologic results of the Boreholes BQ1 and BQ2

BQ1 孔						BQ2 孔			
野外 编号	采样 深度 (m)	海相介形类		有孔虫		野外 编号	采样 深度 (m)	海相介形类	
		壳瓣数 /20g	种数	个数/20g	种数			壳瓣数 /20g	种数
W-01	2.95	940	14	1844	16	W-01A	0.40	5	1
W-02	6.00	76	12	116	13	W-1	0.95	0	0
W-03	8.10	130	11	148	10	W-20	1.40	4	1
W-04	9.45	0	0	25	4	W-2	1.85	40	6
W-05	12.20	79	13	217	13	W-39	2.35	210	9
W-06	13.50	128	10	474	12	W-49	2.85	210	13
W-07	17.00	572	10	496	6	W-3	3.35	112	8
W-08	20.05	48	4	60	7	W-68	3.95	3	2
W-09	24.50	0	0	6	2	W-4	4.50	25	5
W-10	28.30	0	0	0	0	W-5	5.45	6	3
W-11	30.10	0	0	0	0	W-100	6.20	42	7
W-12	33.00	0	0	0	0	W-6	6.90	36	8
W-13	35.10	5	4	2	2	W-126	7.55	1	1
W-14	37.42	6	4	9	4	W-137	8.20	2	1
W-15	39.80	54	5	48	8	W-7	8.90	17	5
W-16	42.43	0	0	0	0	W-171	9.90	48	5
W-17	46.65	0	0	0	0	W-8	10.95	234	9
W-18	50.07	0	0	0	0	W-207	11.85	74	5
W-19	52.85	0	0	0	0	W-9	12.85	34	4
W-20	55.45	0	0	0	0	W-235	13.50	56	5
W-21	58.00	18	2	176	6	W-10	14.17	45	11
W-22	59.45	52	3	32	4	W-257	14.60	0	0
W-23	61.77	0	0	0	0	W-277	15.60	0	0
W-24	63.95	0	0	0	0	W-11	16.70	2	2
W-25	66.22	0	0	0	0	W-311	17.75	0	0
W-26	70.50	0	0	0	0	W-12	19.55	2	2
W-27	72.67	4	3	5	4	W-381	21.50	0	0
W-28	73.70	0	0	0	0	W-13	22.90	6	3
W-29	75.76	0	0	0	0	W-14	25.65	0	0
W-30	77.70	0	0	0	0	W-504	27.85	0	0
W-31	80.10	0	0	0	0	W-15	29.40	0	0
W-32	85.36	0	0	0					
W-33	88.28	1	1	4	3				
W-34	92.50	6	3	7	3				
W-35	93.20	0	0	0	0				
W-36	95.14	0	0	0	0				

4.2 磁化率及各向异性特征

以磁化率(K)的椭球体的 3 个主轴,即最大轴 $K_{\max}$ 、中间轴 K_{int} 和最小轴 $K_{\min}$,表示磁化率的各向异性(AMS)。经用 Jelinek^[7]和有关软件

程序计算,其中 $K_{\max}/K_{\text{int}}$ 和 $K_{\text{int}}/K_{\min}$ 分别表示磁线理(L)和磁面理(F)。由 $T = [2\ln(K_{\text{int}}) - \ln(K_{\max}) - \ln(K_{\min})] / [\ln(K_{\max}) - \ln(K_{\min})]$ 表示形状参数(T)。T 值在整个椭圆体范围内是均匀的。当 T 值在 $0 \sim -1$ 之间变化时,为一完美的长椭球体,同时 $K_{\max} \gg K_{\text{int}} \approx K_{\min}$ 和 $L \gg F$; 当 T 值 $0 \sim +1$ 时,为一个完美的扁椭球体,同时 $K_{\max} \approx K_{\text{int}} \gg K_{\min}$ 和 $F \gg L$; 当形状参数 T 值为 0 时,为一不确定的或三轴椭球体,同时 $K_{\max} > K_{\text{int}} > K_{\min}$ 和 $F \approx L$ 。

删除那些磁化率最小值 $K_{\min}$ 的倾角小于 45° 的样,即在取芯和取样过程中已被扰动的样之后,仅少部分样的磁线理大于磁面理,形状参数 T 为负值,磁化率的各向异性椭球体为长椭球体。大部分样的磁线理小于磁面理,形状参数 T 值为正值,所以总体上说,BQ1 和 BQ2 孔的磁化率各向异性椭球体为扁椭球体。

4.3 地磁极性漂移

BQ1 孔天然剩磁磁倾角(Inclination, I)显示该孔的地磁极性以正极性为主,仅有几段为负值。对一半样品进行磁清洗($20 \text{ mT} \sim 25 \text{ mT} \sim 30 \text{ mT}$),测量其剩磁,经 PCA 软件处理以后,得出每个样的置信度。删除置信度 > 20 的样品及磁化率各向异性的最小轴倾角小于 45° 的样品(即不可靠的样)后,所剩余样品的磁倾角(I(30 mT))仍显示以正极性为主,表明全新世地层属布容正极性带(图 3)。但在 $27.0 \sim 30.8 \text{ m}$ 处,不但磁倾角仍以负值为主,而且天然剩余磁化强度 NRM 较低,天然剩余磁化强度 NRM 与磁化率 K 的比值、天然剩余磁化强度 NRM 与等温剩磁 IRM 的比值、 30 mT 磁场下退磁后的剩余磁化强度 NRM $_{30}$ mT 与磁化率 K 的比值、 30 mT 磁场下退磁后的剩余磁化强度 NRM $_{30}$ mT 与等温剩磁 IRM 的比值均较低,因为磁场漂移时强度较低,所以这一段地层的地磁极性被判定为极性漂移事件。

经同样处理的 BQ2 孔,其极性柱也以正极性为主,属布容正极性带(图 4)。在 $18.5 \sim 21.5 \text{ m}$ 处同样也发现了地磁极性漂移事件。

4.4 光释光测年

BQ1 孔共获得 14 个 OSL 年龄数据(表 2),大多数年龄与深度成正相关。如 6、7 号样的年

龄在 10 ka BP 左右,所处的位置在第一海相层底部,这与通常认为的全新统的底在第一海相层底的想法基本一致(BQ1 孔未见底泥炭层)。16 号样的年龄约 123 ka BP ,恰好位于第三海相层的下部。一般认为,第三海相层的底部即上更新统的底部^[1,2,3],年龄为 128 ka BP 。

但是,中间的一些年龄数据有倒置现象。如 $20.84 \sim 20.9 \text{ m}$ 的年龄大约 19 ka BP ,而 $28.2 \sim 28.26 \text{ m}$ 的年龄约 15 ka BP ;再如 $40.89 \sim 40.97 \text{ m}$ 的年龄约 68 ka BP ,而 $41.39 \sim 41.47 \text{ m}$ 处却是 62 ka BP ,均表现为上部的年龄老于下部的年龄,是否存在着再搬运的可能,尚待进一步研究。总之,这 14 个年龄数据给了我们关于 BQ1 孔较为可靠的基本年龄框架。

表 2 BQ1 孔 OSL 年龄数据一览表

Table 2 List showing the OSL data of the Borehole BQ1

深度 (m)	样号	年龄 (ka BP)
2.78 ~ 2.86	BQ1-OSL1	2.27 ± 0.2
3.56 ~ 3.64	BQ1-OSL2	1.71 ± 0.6
8.32 ~ 8.40	BQ1-OSL3	—
8.58 ~ 8.66	BQ1-OSL4	4.34 ± 0.51
12.9 ~ 12.98	BQ1-OSL5	5.78 ± 0.74
16.92 ~ 17.0	BQ1-OSL6	10.55 ± 0.67
17.82 ~ 17.90	BQ1-OSL7	10.3 ± 0.79
20.84 ~ 20.9	BQ1-OSL8	19.34 ± 1.42
28.2 ~ 28.26	BQ1-OSL9	15.26 ± 0.86
31.3 ~ 30.8	BQ1-OSL10	25.61 ± 1.14
33.08 ~ 33.16	BQ1-OSL11	29.25 ± 4.07
37.1 ~ 37.18	BQ1-OSL12	—
40.89 ~ 40.97	BQ1-OSL13	68.5 ± 6.1
41.39 ~ 41.47	BQ1-OSL14	62.2 ± 4.7
55.26 ~ 55.34	BQ1-OSL15	80.7 ± 13.5
71.70 ~ 71.78	BQ1-OSL16	123.9 ± 10.7

4.5 各层的层底标高

BQ1 孔、BQ2 孔相应层的层底标高见表 3,由表 3 可见,两孔的第一海相层底板和第一陆相层底的标高基本一致。

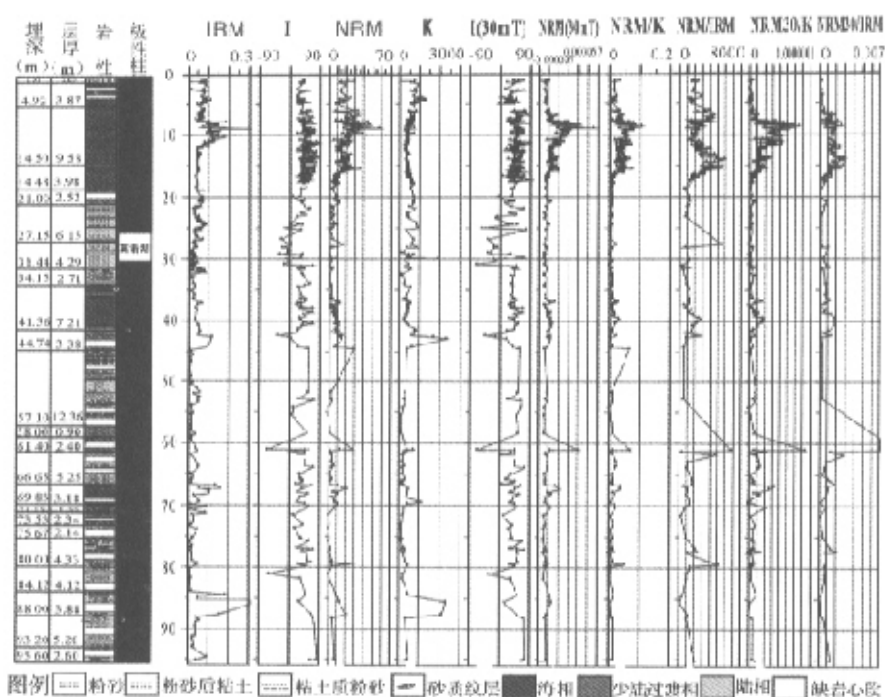


图3 渤海湾 BQ1 孔地磁极性柱及磁学参数曲线

Fig. 3 Geomagnetic polar column and curves of magnetic parameters of the Borehole BQ1, Bohai Bay coast

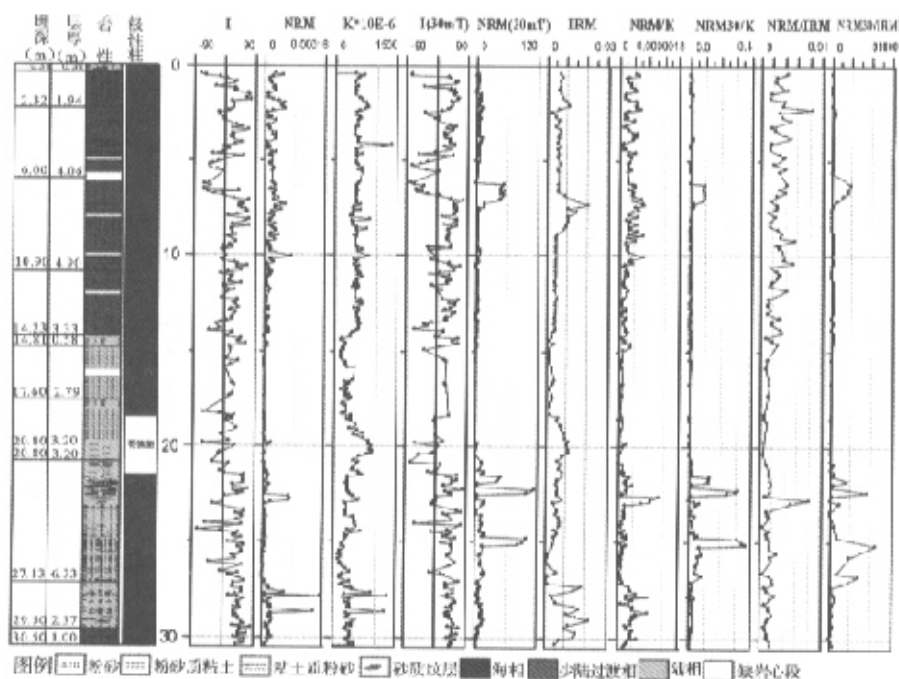


图4 渤海湾 BQ2 孔地磁极性柱及磁学参数曲线

Fig. 4 Geomagnetic polar column and curves of magnetic parameters of the Borehole BQ2, Bohai Bay coast

表 3 BQ1、BQ2 孔层底标高对比

Table 3 Comparison of the altitudes, converted from the buried depth of the bottom of each major bed, for the Boreholes BQ1 and BQ2

重要分层的底板		BQ1 孔		BQ2		标高差 m
		埋深(m)	标高(m)	埋深(m)	标高(m)	
孔口		-3.404		-0.724		
地层	第一海相层底板	18.48	-15.076	14.23	-14.954	-0.122
	第一陆相层底板	34.15	-30.746	29.5	-30.224	-0.522
	第二海相层底板	41.36	-37.956	—	—	—
	第一陆相层底板	66.65	-63.246	—	—	—
	第二海相层底板	73.53	-70.126	—	—	—
漂移	(顶板)	27.00	-23.596	18.50	-19.224	-4.372
	底板	30.80	-27.396	21.50	-22.224	-5.172

5 讨论与结论

BQ1 孔在埋深 27.0 ~ 30.8 m、BQ2 孔在 18.5 ~ 21.5 m 处分别存在地磁极漂移。它们是同一的、抑或分属不同事件，一直是我们关注的问题之一。沉积学表明，它们均处于第一和第二海相层之间，岩性基本相似。但是，二者的顶、底板高程相差较大：顶、底板高差分别为 4.372 m、5.172 m（表 3）。表 3 又显示两孔第一海相层、第一陆相层的底板标高基本相同。因两孔所处的环境基本相近，同期发生的漂移高差不应该如此之大。因此，初步推断两孔所记录的地磁极漂移不应为同期发生。哥德堡极性漂移系在瑞典所建^[8]，除在世界多见报道外，在北黄海海域站位岩芯研究中，与¹⁴C 测年结合的密集采样确定其发生在 13 ~ 11 ka BP^[9]之间。莫诺湖发生时间较老的数据是 31 ~ 33 ka BP^[10]，较新的数据为 23 ka BP^①。哥德堡与莫诺湖极性漂移均发生在深海氧同位素阶段 2^[11]（图 5），深海氧同位素阶段 2 处于冰期。其沉积物颗粒均较粗，也正符合冰期近海河流沉积物的特点。法国卢瓦尔河、美国密西西比河、科罗拉多河和荷兰莱茵—马斯河的晚第四纪地层研究表明，当气候变暖、海面上升时，河流的侵蚀基准面抬升，近海河段随之变为曲状河系，沉积物变细；反之，侵蚀基准面下降，河流比降加大，水动力增强，河型变为辫状河系，相应地沉积物较粗^[12]。由此推测，该层是冰期海面下降时的沉积物。BQ1 孔 28.2 ~ 28.26 m 处 OSL 年龄为 (15.26 ± 862) ka BP、31.3 ~ 30.8 m 处为 (25.61 ± 1.14) ka BP，与莫诺湖漂移的年龄 23 ka BP 相近，而与哥德堡地磁极漂移的

年龄相差较远。故 BQ1 孔所记录的地磁极漂移亚时与距今约 23 ka 的莫诺湖亚时接近。但是，BQ2 孔全新统之下所记录的负极性漂移因其较高的层位，而可能相当于哥德堡亚时。

长期以来，人们认为布容极性时中仅布莱克亚时是普遍存在的。但近年有人提出该亚时并不存在，甚至认为布容极性时仅有一个 C1n-1 (490 ~ 500 ka BP) 亚时^[13]。之所以会出现如此不同的看法，是因为“不同沉积环境中沉积速率和稳定磁性矿物含量的差异、沉积后生物的扰动作用、压实脱水效应、取样时样品内部结构变动等，都会影响（布容正向极性带中）反向极性磁化层测定的结果^[9]”。况且海域中还存在着底流冲刷的可能，会使问题更为复杂。调查区位于滨海地带，河流乃至强风暴潮的冲刷作用不可避免，这可能是导致两孔分别存在两个不同的极性漂移事件的原因。

BQ1 孔埋深 18.48 m 处的 OSL 年龄为 (10.3 ± 0.79) ka BP，故可将此处作为全新统底界，其标高为大约 15.076 m。埋深 71.70 ~ 71.78 m 处 OSL 年龄为 (123.9 ± 10.7) ka BP，与晚更新世的初始年龄 128 ka BP^[6] 接近。据地区性资料，上更新统底部相当于第三个海相层底部^[3]，而 BQ1 孔第三海相层的底界在 73.53 m。因此，BQ1 孔上更新统底在 73.53 m 处。故上更新统上部陆相及海陆过渡相沉积 18.48 ~ 34.15 m/10.3 ~ 33.3 ka BP 对应氧同位素阶段 2 (Oxygen Isotope Stage 2, OIS2)，上更新统下部为海相沉积（第三海相层），66.65 ~ 73.53 m/(约)11 ~ 124 ka BP，对应 OIS5e 阶段。

致谢：北京大学张家富测定 OSL 年龄，林芳、李建芬鉴定微体古生物；与王云生就河型、沉积物与气

① John Starduno et al. 在互联网上发布的数据。网址：www.iceagenow.com/Magnetic_Reversal_Chart.htm — 12k。

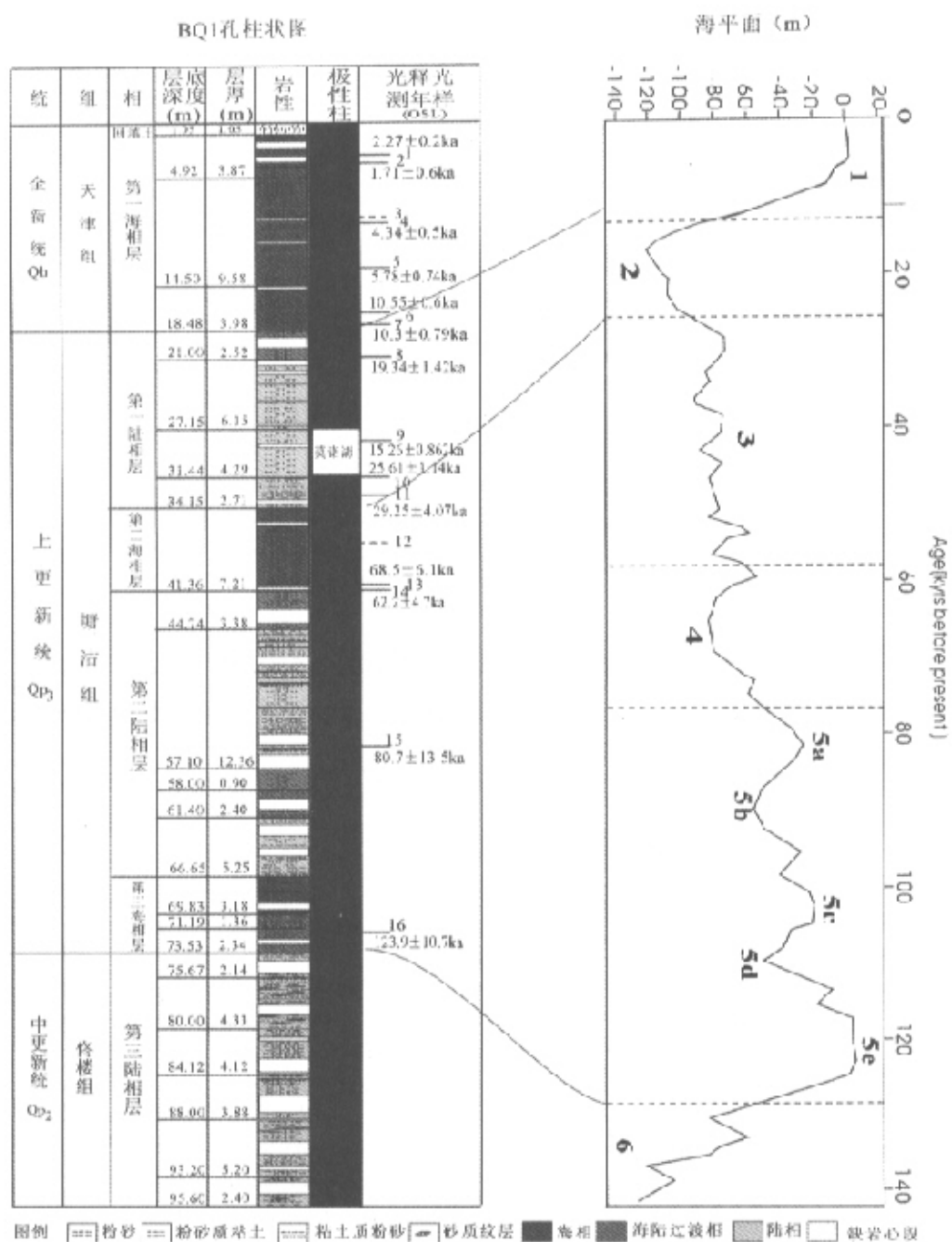


图 5 BQ1 孔地磁极性柱、地层及与巴布亚新几内亚 Huon 半岛珊瑚 U-Th 精确定年的冰川型海面变化曲线^[12](虚线标示氧同位素阶段界线)对比图

Fig. 5 A comparison of the geomagnetic polar column and stratigraphical framework of the BQ1 with the eustatic sea-level curve, based on the precision U-Th dating of corals from the Huon Peninsula, Papua New Guinea (dashed lines show the boundaries of the oxygen isotope stages)^[12]

候/海平面变化的关系、与周力平(北京大学)、韩家懋、朱日祥(中国科学院地质与地球物理研究所)就古地磁解释进行了有益的探讨,谨致谢意。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王强,高秀林,李玉德,等. 十五万年来渤海湾西、南岸平原海平面变化与古气候[A]. 赵松龄、苍树中国海平面变化[C]. 北京:海洋出版社, 1986, 53-60.
- [3] 王强,宋太伟,王云生. 第四系[A]. 邓永高. 中华人民共和国地质矿产部地质专报,一,区域地质,第29号,天津市区域地质志[C]. 北京:地质出版社, 1992, 116-156.
- [4] 王强,刘立军,徐海振,等. 华北平原第四系下限的再研究. 地质调查与研究, 2003, 26, 1: 51-60.
- [5] 王强. 渤海西岸全新世早期基岩泥炭堆积时间域初步研究[J]. 第四纪研究, 1999, 19, 1: 94.
- [6] 王强,吕金福,等. 海面变化与海岸变迁[A]. 王强: 中国北方沿海泥炭与环境[C]. 北京:海洋出版社, 1995, 109-128.
- [7] Jelinek V. The statistical theory of measuring anisotropy of magnetic susceptibility of some igneous and metamorphic rocks[J]. Geofysika, 1977, 88: 1-17.
- [8] Morner N - A. Gothenburg magnetic excursion[J]. Quaternary Research, 1977, 7, 413-427.
- [9] 丛有滋. 古地磁地层[A]. 刘敏厚、吴世迎、王永吉. 黄海南晚第四纪沉积[C]. 北京:海洋出版社, 1987, 252-281.
- [10] B. Larry, L. Joseph. Age of the Mono Lake excursion and associated tephra[J]. Quaternary Science Reviews, 2003, 22, 135-140.
- [12] Michael D Blum, TorbjÖrne E Törnqvist. Fluvial Responses to Climate and Sea - level Change: a Review and Look Forward[J]. Sedimentology, 2000, 47 (Suppl. 1), 2-48.
- [13] Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cenozoic[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 110, 6: 93-95.

Late Pleistocene—Holocene Chronostratigraphic Sequence and the Geomagnetic Polar Excursion on the West Coast of Bohai Bay

ZHAO Chang - rong¹, J. Hus², YAN Yu - zhong¹, WANG Hong¹, ZHANG Jin - qi¹

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin, 300170;

2. Centre de Physique du Globe, B(5670 Doubes, Belgium)

Abstract: The magnetic stratigraphical sequence of the Boreholes BQ1 and BQ2, on the west coast of Bohai Bay, shows that an excursion exists at the buried depth of 27.0 ~ 30.8 m for BQ1 and 18.5 ~ 21.5 m for BQ2, respectively. Two OSL ages at the position, dated in the BQ1, are (15.26 ± 0.86) ka BP and (25.61 ± 1.14) ka BP. The Mono Lake existed at ~ 23 ka BP. Therefore, the excursion in BQ1 is close to the Mono Lake excursion. The converted - elevation of the excursion, recorded by BQ2, is higher than it is in the BQ1. As a result, the subchron corresponds with Gothenburg event in BQ2. On the other hand, the stratigraphy framework is given by OSL dating and palaeomagnetic measurement, based on the sedimentological and palaeobiostratigraphical studies. In BQ1, the lower boundary of Late Pleistocene is at 73.53 m, ~ 123.9 ka BP; the lower boundary of Holocene is at 18.48 m, ~ (10.3 ± 0.79) ka BP. The upper part of Late Pleistocene is composed of the terrestrial deposits and transitional deposits as well from 18.48 m to 34.15m, 10.3 ~ 33.3 ka BP, corresponding to the Stage OIS2. The lower boundary of Late Pleistocene is marine facies, ie the Third Marine Bed at 66.65 ~ 73.53 m, 11 ~ 124 ka BP, corresponding to the Stage OIS5e.

Key words: Bohai Bay; geomagnetic polar excursion; OSL ages; the lower age of Late Pleistocene