

- 11 Michel B. Rare earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid-rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. *Chem Geol*, 1991, 93: 219~ 230
- 12 Ludwig K R. ISOPLOT: A plotting and regression program for radiogenic isotope data(Ver. 2. 90). US Geological Survey Open —File Report, 1996, 91(445): 1~ 47
- 13 Vollmer R. Rb-Sr and U-Th-Pb systematics of alkaline rocks: the alkaline rocks from Italy. *Geochim Cosmochim Acta*, 1976, 40: 283~ 295
- 14 Faure G. *Principles of Isotope Geology*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1986
- 15 Zheng Y F. Influences of the nature of the initial Rb-Sr system on isochron validity. *Chem Geol (Isotope Geoscience Section)*, 1989, 80: 1~ 16
- 16 覃振蔚. 混合等时线及其在同位素年代学中的意义. *中国科学, B辑*, 1987(1): 95~ 103

(1997-04-21 收稿, 1997-08-18 收修改稿)

南黄海东侧冰消期以来的沉积层序与环境演化

李绍全 刘健 王圣洁 杨子赓

(地质矿产部海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要 报道了南黄海东侧陆架上两个钻孔岩芯的沉积层序和年代序列, 并结合该区的浅地层剖面解释, 分析了冰消期以来南黄海的海侵进程和环境演化. 两孔的地层记录表明, 末次冰期最盛时黄海海平面在- 123 m 以下, 14 000 a 时海平面位于- 85 m, 黄海暖流形成于冰消期海侵的早期. 此外, 还探讨了黄海暖流对南黄海沉积作用的控制和涡旋泥质沉积的物源.

关键词 南黄海 沉积层序 涡旋沉积 环境演化

黄海是典型的冰后期陆表海, 受中国大陆和朝鲜半岛的限制呈半封闭状态. 东侧陆架受海流和强潮汐作用影响. 在济舟岛西北海域内($33^{\circ}30'N \sim 35^{\circ}30'N$, $125^{\circ}15'E \sim 126^{\circ}15'E$) 有一块近南北向延伸、向西突出的弧形泥质沉积分布区, 南北长 230 km, 东西最宽处 55 km, 中部顶面微上凸. 该泥质沉积体的厚度从不足 1~ 60 m, 中部厚, 边缘薄, 随下伏砂脊的起伏而变化(图 1). $33^{\circ}30'N$ 以北至鸭绿江口是潮流砂脊发育的海区^[1]; 在 $35^{\circ}30'N$ 以南至济舟岛西北海区出现一个逆时针涡旋^[2], 恰好对应泥质沉积分布区. 在这强潮汐作用控制的陆架上厚层泥质沉积体的形成机制、时代和物源一直是沉积学和海洋地质学界关注的问题. 为进行区域地层对比和寻求上述问题的答案, 韩国资源研究所与地质矿产部海洋地质研究所合作在南黄海东侧陆架泥质沉积区施工了两个浅钻. 本文根据这两个孔的资料报道冰消期以来的沉积序列和环境演化, 并探讨涡旋泥质沉积的成因.

1 海上钻探及样品测试

使用上海海洋地质调查局第一海洋地质调查大队的“勘 407”钻探船, 采用双管钻进方法获取非扰动岩芯. 钻进过程中连续测量水深的变化, 逐回次计算孔深. 用差分 GPS 定位并在钻进过程中监视船的位置, 精度为 ± 20 m. 在($33^{\circ}49.496'N$, $125^{\circ}45.009'E$) 水深 62 m 处施

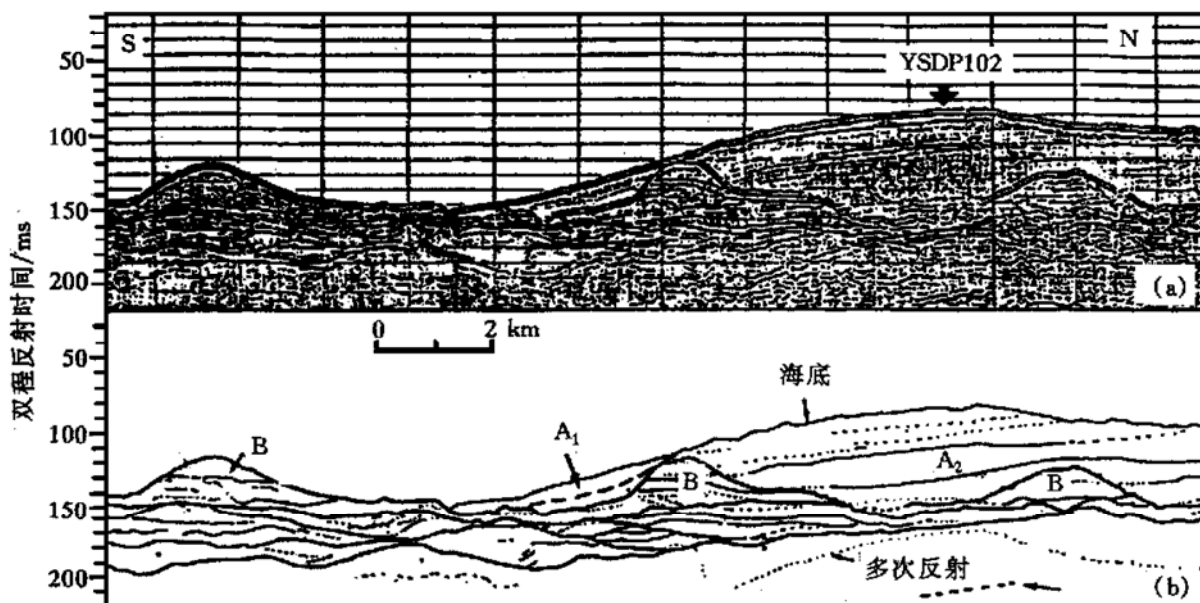


图1 YSDP102孔附近的电火花浅地层剖面(a)及解释地层剖面(b)

地层单元B为潮流沙脊,北剖被泥质沉积体 A_1A_2 覆盖,剖面的南部潮流沙脊直接出露于海底。 A_1 和 A_2 分别为涡旋泥质沉积的上部和下部,两者之间为一内反射界面(本剖面由韩国资源研究所提供)

工了YSDP102孔,孔深60.65 m,非扰动岩芯的采取率为55%。在($34^{\circ}29.246'N$, $125^{\circ}29.201'E$)水深53 m施工了YSDP103孔,孔深34.52 m,非扰动岩芯的采取率为89%。

岩芯保存在 $4^{\circ}C$ 的冷库中。编录时剖开岩芯描述照相。为研究沉积构造,全部岩芯都做了X光透视照相。按适当间距取样进行物质组分、地球化学、古地磁和测年等方面的研究。具体测试项目包括:粒度分析、碎屑矿物鉴定、粘土矿物的X光衍射定量分析、有孔虫和介形类的定量分析鉴定、有孔虫壳体氧碳同位素分析、岩芯的磁化率和古地磁倾角测量、沉积物年代研究(AMS ^{14}C 法、稀释 ^{14}C 法和石英Ge心的ESR法)。本文只报道部分测试结果。

2 冰消期以来的地层序列

YSDP102和YSDP103两孔的地层划分如图2所示,这两个孔的层序及浅地震剖面都显示在冰消期以来这一海区发育了3个地层单元,它们之间由2个明显的界面分隔开。由于YSDP 103孔比YSDP 102孔更靠近南黄海东侧的海岸,它们包含的沉积相略有差异。具体来讲,YSDP 102孔的3个单元自下而上为:(A)滞留沉积层,(B)潮流砂脊,(C)涡旋泥质沉积层;YSDP 103孔的3个地层单元是:(A)滞留沉积层,(B)海滩砂和潮坪沉积,(C)涡旋泥质沉积层。下面描述这2个岩芯孔中的沉积相。

(1) 海侵滞留砂砾层。YSDP102孔自57.60~60.65 m,YSDP103孔自32.13~34.52 m为含贝壳碎屑的粗砂砾石层,是海水侵蚀改造陆架沉积物或基岩风化壳而形成的滞留沉积。

(2) 潮流砂脊/‘残留’砂。YSDP102孔自51.57~57.60 m为暗黄棕色(10YR4/2)~黄棕色(10YR5/4)含贝壳碎屑的中、细砂夹薄层青灰色(5B5/1)~暗浅灰绿色(5GY4/1)粉砂质泥和透镜状、波状粉砂质砂或细砂。从穿过该孔的浅地层剖面上(图1)可看到该砂层呈波状沙脊形态,波高20~30 m,剖面线上砂脊的波长6~8 km,表明为潮流砂脊,且与上覆泥层为整合接触。沿剖面向南追索可发现砂脊直接出露于海底,北西-南东向延伸。特别应该指出的

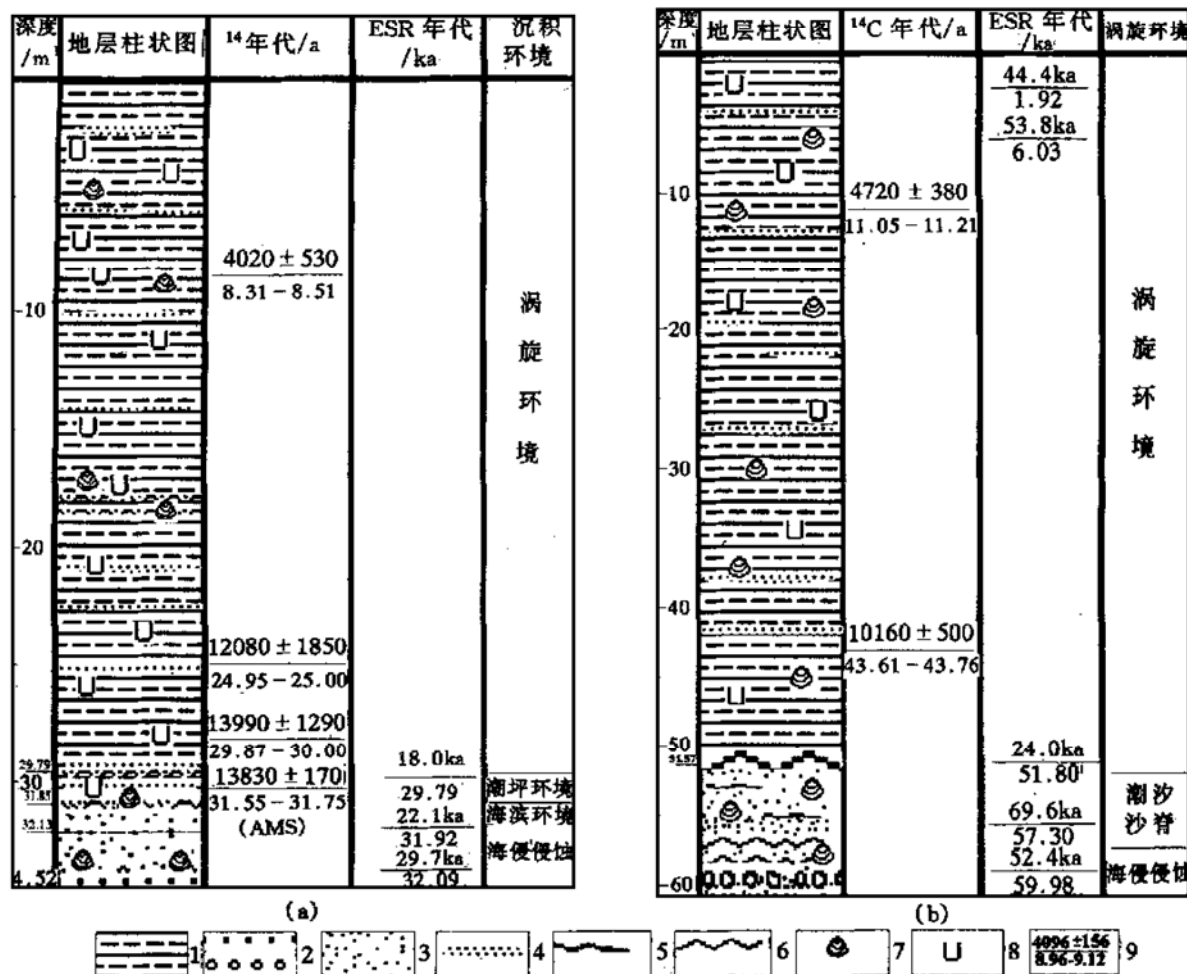


图2 YSDP103孔(a)和YSDP102孔(b)综合地层柱状图

1为泥/粉砂质泥,2为砂砾,3为中/粗砂,4为粉砂纹层,5为脉状/波状层理,6为砂脊顶,7为贝壳碎片,8为虫孔,9为年代/位置

是,在YSDP102孔附近6m水深处所测的流速最大为92 cm/s,流向近南北,与海底潮流砂脊的延伸方向不一致.可见这些潮流沙脊不是现代潮流作用的产物,应属‘残留’沉积的范畴^[3].

(3) 海滩砂. YSDP103孔自31.85~32.13m为中黄褐色(10YR5/4)粗砂夹橄榄灰色(5Y4/1)含贝壳的泥质粗砂,低角度冲洗交错层理发育,表明属海滩砂.

(4) 潮坪沉积. YSDP103孔自29.79~31.85m为中深灰色(N4)粉砂质泥和薄层粉、细砂互层.具透镜状、脉状和波状层理,生物潜穴十分发育,表明属潮坪沉积.29.87~30.00m有机碳的稀释法¹⁴C年代为(13 990 ± 1 290) a,31.55~31.75m有孔虫的AMS ¹⁴C年代为(13 830 ± 170) a.

(5) 涡旋泥质沉积. YSDP102孔自0.00~51.57m,YSDP103孔自0~29.79m为暗浅绿灰色(5G4/1)和橄榄灰(5GY4/1)粉砂质泥和泥,岩性均匀,中值粒径变化在7~8 Φ之间.在X光透射下,可发现厚度1~2mm的粘土层的隐层理.泥质沉积中常夹有厚不足0.5mm的由风暴作用形成的浅灰色的粉砂或细砂纹层.YSDP103孔的粉砂纹层的密集程度远高于YSDP102孔.整个泥质沉积中无明显的沉积间断.因为这块泥质沉积区刚好与济舟岛西北

海区的涡旋^[2]相对应,并且其沉积特征与南黄海中部的涡旋泥质沉积^[4, 5]类似,我们也将其解释为涡旋泥质沉积. YSDP102孔和YSDP103孔分别以13.5 m和7.85 m为界,其上部的岩芯含水量高且软,下部的含水量低且较硬. 这一界线在浅地层剖面上为一内反射界面,将泥质沉积体分为两个亚单元,其环境意义尚需进一步研究. 泥质沉积体与下伏的潮流砂脊之间无沉积间断,二者之间的波状界面是潮流沙脊的原始表面. 从浅地层剖面上可看到泥层的厚度取决于下伏潮流砂脊的起伏(图1). 两个孔的有孔虫AMS ¹⁴C年代和有机碳的稀释法¹⁴C年代数据(图2),表明涡旋泥质沉积体形成的年代大致始于14 000 a. 耐人寻味的是沉积物中石英颗粒Ge心的ESR年代都是在18 000~70 000 a之间,将在下节中讨论其地质意义.

3 讨论和结论

(1) 冰消期海侵开始的路径、时间和过程. 根据南黄海东侧南部潮流砂脊的分布以及南黄海现代海底地形特征,推测黄海冰消期的海侵是从济州岛两侧开始向西北方向推进的,济州岛西北海区NW-SE向的潮流砂脊代表了海侵初期强潮流作用的产物. YSDP103孔在29.79~31.85 m的潮坪沉积形成约14 000 a,由此推算该孔底部冰消期海侵最早期形成的滞留砂砾层不早于15 000 a,即黄海冰消期海侵始于15 000~14 000 a之间的某个时期,这与全球其他各地冰消期海侵开始的时间^[6]基本一致. 由于YSDP102孔60.65 m的层序都是在冰消期海侵开始之后形成的,加之该孔水深62 m,因此推算末次冰期最盛时的海平面在-123 m以下. 另外,根据YSDP103孔29.79~31.85 m潮坪沉积物的年代数据,可以得出在14 000 a前后海平面约在-85 m的位置,说明海侵初期海平面快速上升.

(2) 黄海暖流的形成及其对黄海沉积作用的控制. YSDP102孔51.75 m以上为泥质沉积,以下为潮流砂脊. 潮流砂脊产生于高能水流对陆架早期沉积物的改造,而泥则是悬移物质在低能环境下沉积的产物. 两者之间在环境上的突变极可能标志着黄海暖流的形成. 一旦黑潮的分枝进入黄海即黄海暖流形成,黄海水体就被黄海暖流分成东、西两部分^[7],黄海的环流体系随之改变,海侵初期南黄海东侧NW-SE向的潮流被近S-N向的潮流代替. 同时由于黄海暖流的驱动,在其两侧的水体中形成了不同尺度的涡旋. 另外,海底地形的变化和不同水体间的相互作用,使黄海暖流在北上爬坡的同时在黄海东侧陆架南部产生了上升流^[2],造成底层水向涡旋中心辐聚,水体中呈悬浮状态的细粒物质被带进涡旋内沉积下来.

(3) 涡旋泥质沉积的物源. 黄海东侧陆架上涡旋沉积的物源是一个尚未解决的问题. 根据韩国科学家的计算(Jeong-hae Chang等,1997,个人通讯),这块泥质沉积体的量是冰消期以来朝鲜半岛进入黄海的所有河流输砂总量的2倍以上,因此应该还有其他的物源. 我们认为一个重要的物源是冰后期海侵对黄海陆架冰期沉积物的改造所产生的细粒物质. 海侵过程中海水对陆架冰期沉积物的改造使砂-砾成为‘残留’砂或古潮流砂脊,而粉砂质泥-泥在搬运过程中可被陆架涡旋捕获而沉积下来. 为这一解释提供佐证的是黄海东侧涡旋泥质沉积物中石英颗粒Ge心的ESR年代. 在冰消期以来的海侵过程中,海水对陆架沉积物的改造、搬运和沉积过程都是在水下进行的,水面之上的阳光照晒难以使水下石英颗粒Ge心的ESR信号消失,即涡旋泥中石英颗粒Ge心的ESR年代值基本代表了陆架沉积物被改造、搬运之前的年龄. 黄海东侧涡旋泥质沉积物中石英颗粒Ge心的ESR年代都在18 000~70 000 a之间,正

好说明其来源于陆架冰期沉积物. 至于该涡旋泥质沉积物是否有直接来自黄河和/或长江的物质,有待于进一步研究.

致谢 本工作为国家自然科学基金(批准号:49776293)和“中韩合作黄海第四纪地质对比研究”资助项目.

参考文献

- 1 Bang H K, Lee C W, Oh J K. Origin and characteristics of sand ridges in the western continental shelf of Korean Peninsula. *The journal of the Korean Society of Oceanography*, 1994, 29(3): 217~ 227
- 2 蓝淑芳,顾传晟,傅秉照. 南黄海暖流水附近冷水块的分析. *海洋科学集刊*, 1986, 27: 55~ 64
- 3 刘锡清. 中国大陆架的残留沉积. *海洋地质与第四纪地质*, 1987, 7(1): 1~ 14
- 4 申顺喜,陈丽蓉,高良,等. 南黄海冷涡沉积和通道沉积的发现. *海洋与湖沼*, 1993, 24(6): 563~ 570
- 5 申顺喜,李安春,袁巍. 南黄海中部的低能沉积环境. *海洋与湖沼*, 1996, 27(5): 518~ 523
- 6 Broecker W S, Denton G H. The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1989, 53: 2 465~ 2 501
- 7 杨作升,郭志刚,王兆祥,等. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海输送的宏观格局. *海洋学报*, 1992, 14(2): 81~ 90
(1997-05-14 收稿, 1997-08-06 收修改稿)

阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据

刘良 车自成 王焰 罗金海 王建其 高章鉴

(西北大学地质学系, 西安 710069)

摘要 岩石化学研究表明,阿尔金茫崖地区基性火山岩属拉斑玄武岩系列,稀土配分均为 LREE 略富集型, Th/Ta 比值接近 1(少数 > 1.5), Nb/Y 为 0.34~ 0.62, Ti/Y 为 310~ 443(平均 381), Ti/V 为 37~ 62, Zr/Nb 为 9.4~ 12.4, Sr/Rb 为 12~ 80(平均为 37), Nb/Th 为 7.7~ 16.8, 显示了 E-MORB 或 OIB 的特征. $\epsilon_{Nd}(t) = 3.95 \sim 4.12$, 表明其源区来自亏损的软流圈地幔, 但又有富集地幔的加入. 据此, 并结合区域地质和岩石组合等资料综合分析, 可为区内基性火山岩具有蛇绿岩的性质. 另外, 8 件基性火山岩的 Sm-Nd 同位素数据构成了一条相关性较好的等时线, 其等时线年龄为 $(481.3 \pm 53) \text{ Ma}$, 表明阿尔金茫崖蛇绿带形成于早古生代.

关键词 阿尔金山 茫崖 蛇绿岩 Sm-Nd 等时线年龄

在塔里木板块东南缘的阿尔金山南坡, 沿阿尔金主断裂西起于田县南, 东至新疆_青海交界的茫崖一带, 已知有 71 个规模不等的镁铁_超镁铁质岩体断续分布在长约 700 km 的范围内¹⁾, 不少学者分析认为这条构造_岩浆带具有蛇绿岩的性质, 称为阿帕_茫崖(或简称茫崖)蛇绿岩带^{[1, 2]1)}. 目前由于研究程度较低, 该蛇绿岩带还未被广泛认可; 另外, 尽管有人综合区域地层对比推测其形成时代应为早古生代^{[2] 2)}, 但缺乏直接可靠的化石或同位素年龄证据. 本文通过对茫崖蛇绿岩中基性火山岩的地球化学特征和 Sm-Nd 等时线年龄的研究结果, 为探讨

1) 李先梓, 李行, 杨星, 等. 新疆铂族元素成矿地质条件及找矿方向研究. 新疆维吾尔自治区 305 项目办公室, 1990

2) 青海省地质矿产局. 茫崖工作委员会幅(1: 20 万)区域地质调查报告, 1985