

文章编号: 1006-6616 (2002) 04-0307-08

晚更新世末期中国北方陆架区 冰缘现象的发现

于洪军¹, 韩德亮², 徐兴永³

(1. 国家海洋局第一海洋研究所, 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室, 青岛 266061;
2. 青岛海洋大学, 青岛 266071; 3. 中国科学院海洋研究所, 青岛 266071.)

摘要: 末次冰期极盛期, 海面下降, 陆架裸露。寒流爆发南下, 使亚洲东部平原区比世界同纬度地区的气温低。强寒流的侵袭, 使海退后的陆架平原成为我国东部冰缘地貌的形成区之一。陆架上的冰缘地貌包括: 大面积分布的沙地、成群出现的沙丘、零散分布的塌陷沉积、类似揉皱现象的波状夹层、频频出现的冰楔等。

关键词: 古寒潮; 古冰缘地貌; 中国北方陆架

中图分类号: P534.63⁺1

文献标识码: A

北半球古冰缘现象的研究已有近百年之久, 而末次冰期时海退后陆架平原上的冰缘现象, 还很少被问津。20 世纪初, 地质学家已发现冰冻作用也是地貌营力之一。目前冰缘现象的研究已经不局限于冰川区。南京大学杨怀仁教授认为: 钱塘江北岸从五云山至江边有几级显著的剥蚀面及沉积面, 分别高出钱塘江水面 280m、190m、130m、80m、40m、20m, 在 80m 面上覆盖以薄层第四纪融冻岩屑, 40m 面上沉积较厚, 大部分为第四纪的融冻泥流堆积^[1]。作者认为, 在远离冰川区的海退后的陆架, 在古寒潮的不断吹蚀之下同样会出现冰缘地貌。陆架上的冰缘地貌可以包括: 大面积分布的沙地、成群出现的沙丘、零散分布的塌陷沉积、类似揉皱现象的波状夹层、频频出现的冰楔等。它们的分布范围基本上在 30°N 以北的地区。日本列岛上也普遍存在古冰缘遗迹, 日本富士山永久冻土区的年平均气温的下限是 -14℃ ~ -16℃, 与极地边缘永久冻土带南界的年平均气温 -1℃ ~ -2℃ 基本一致^[2, 3]。在陆架区众多的冰缘地貌已被全新世海侵发生以来的沉积物和海水所覆盖, 惟有一些海岸沙丘、沿岸沙地还残存着。浅地层剖面仪记录的出现, 特别是彩色浅地层剖面仪记录的问世, 为渤海、黄海和东海陆架古冰缘地貌遗迹的研究开拓了一个新的途径。

1 晚更新世末期陆架区冰缘环境的形成

晚更新世晚期的末次冰期最盛时期, 北半球冰川盛行。那时的渤海、黄海和东海的大部

收稿日期: 2002-01-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 40076014, 40176013)

作者简介: 于洪军 (1965-), 男, 国家海洋局第一海洋研究所, 博士, 研究员, 博士生导师, 海洋第四纪地质专业。

E-mail: hjyu@public.qd.sd.cn

分出露成陆,与华北平原连成一片,构成亚洲东部最大的SN向低平原。该大平原深受来自极端严寒的西伯利亚强大寒潮的频繁侵袭。当这一强大寒流爆发南下,使亚洲东部平原区比世界同纬度地区的气温要低,并把冰缘环境扩展到舟山群岛一带。无疑,强寒潮的频繁侵袭使海退后的陆架平原,就成为我国东部冰缘地貌的主要形成区。末次冰期最盛时期,那时的古风暴活动可以直接吹蚀海底平原,使陆架发生沙漠化,并形成一系列古沙漠地貌^[4~6]。与此同时,在含有水分的地区,留下了塌陷沉积、类似揉皱现象的波状夹层以及类似冰楔的沉积结构。

从气象学的研究得知,亚洲北部冷空气聚集到一定程度,并发展成高空槽冷锋时,在冷锋后高压前的气压梯度大。使锋区的大气斜压性加大,冷空气不断下沉,暖空气逐渐上升,在低层水平加速度的方向上,由冷空气指向暖空气占据的地方,这就形成锋后的偏北风加大。同时,冷空气下沉,也使锋后地面风速加大。蒙古高原和西伯利亚东部是现代亚洲北部冷空气形成的源地。那里由于纬度偏高,冰雪反射率增大,使密度较大的冷空气不断堆积加厚,成为北半球的重要寒冷区之一。起源于北极地区的冷空气随风南下,其前缘即为寒潮冷锋。冷锋过境时风向一般都转为西北,风速猛增,温度下降,气压升高^[7]。

末次冰期海退时期,频繁的寒潮活动直接吹蚀陆架,势必带来大风与低温环境。其结果使陆架发生沙漠化,形成大面积沙海与沙丘群分布区,同时也促进冰冻成卤资源的形成和冰缘地貌的诞生。

2 中国东部陆架平原区的冰缘地貌的主要类型

2.1 大面积分布的风成沙、风成沙丘

长期以来,由于条件所限,无法知道陆架上究竟存不存在埋藏沙丘群。浅地层剖面仪测量技术在陆架上的应用,展示了陆架区多种埋藏沙丘的内部结构特征,以及它们在空间上的分布规律。从渤海北部的昌黎沙丘群经渤海海底的沙丘群到渤海南部的沙丘群,它们连成一片,构成我国北方沿海地区最大的古沙丘分布区。秦皇岛附近的七里海,在现代条件下还残存着海岸沙丘。它们主要分布在滦河口以北至北戴河之间的沿岸地带,其宽约2km,长约40km的范围内。其中滦河口和大蒲河口之间发育最佳,大蒲河口向东北沙丘逐渐消失,变为低平的沙地。单个沙丘的宽度一般300m~500m,小者仅100m~200m,高度可超过40m,一般为20m~25m。从该沙丘群向南进入渤海海底,用浅地层剖面仪进行测量,已经发现在全新世以前的地层中,也存在着埋藏沙丘群和古沙漠分布区。海底沙漠是我国海面变化研究过程中的重要发现,这一新的认识为我们重新探讨陆架环境的演化过程提供了新的依据。

渤海南部的沙丘群主要分布在潍坊附近,在这些沙丘中都含有少量的有孔虫壳体^[8,9]。在北黄海海岸上沙丘也比较普遍,位于双岛湾—酒馆—姜各庄一线以北,烟台附近也存在沙丘分布区,另外在山东海阳县、日照市的海岸上至今仍可找到沙丘。山东半岛东部成山头附近的柳芥是典型的古沙丘群分布区,当地的红色沙,从海岸到山坡上广为分布,已发生严重的水土流失(图1)。南黄海的苏北浅滩则是最大的埋藏沙丘群,全新世海侵发生以后,又将其改造成潮流沙脊群。福建沿岸长乐、梅花—江田一带为典型,风沙带宽500m以上,沙丘高10余米,构成沙丘景观^[10]。

2.2 休止角型沉积结构

在沙丘的形成过程中,存在休止角型结构,它是指沙体在自然情况下最大的堆积角度。



图 1 山东半岛成山头附近的残存沙丘

Fig.1 The remains of dune in Chenshantou, Shandong Peninsula

风力搬运的沙体容易形成这样的堆积角度，所以休止角型结构是风成沉积的重要特征之一，在其形成过程中，堆积角度 $< 34^\circ$ 。这种休止角型沉积结构在南黄海中部地区保存很好，十分容易找到。在青岛大沽河河床的下部也存在休止角型沉积结构，如图 2 所示。在该处的休止角型沉积以上为厚 46cm 的黑色湖相沉积，再向上才是目前所见的大沽河沙体沉积。此外，青岛大沽河的下游的河堤上还存在分别被称为南沙梁和北沙梁的地区，表明这里是高出它处的沙丘堆积体。经实际考察，那里是由分选非常好的粉细沙和细沙所组成。

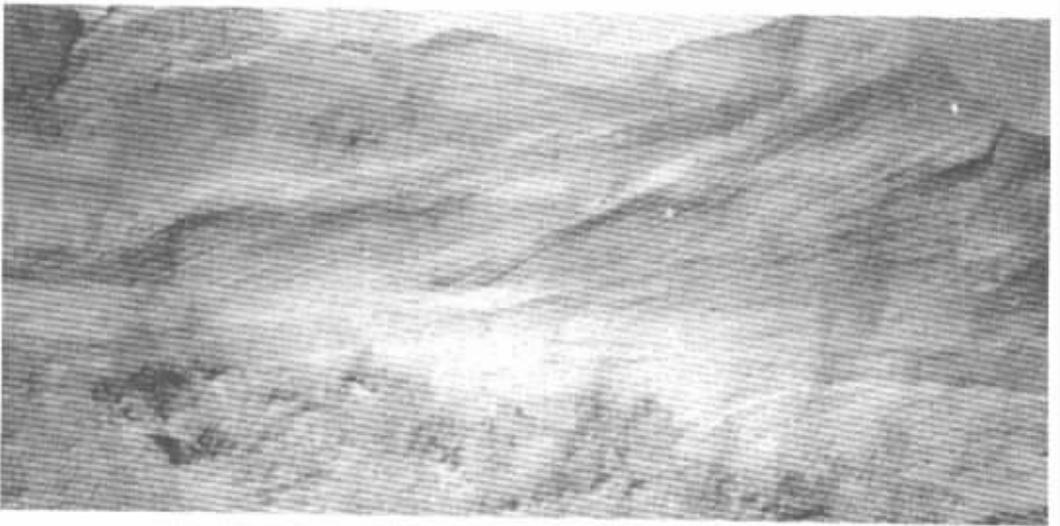


图 2 青岛大沽河河床下部的休止角型沉积结构

Fig.2 The "angle of repose" structure in the bed of Dagu river, Qingdao

2.3 斑块状分布的塌陷沉积

塌陷沉积就是浅地层剖面仪测量技术所记录到的冰缘现象之一,如图3所示。在寒冷气候下,松散沉积物中水体的体积发生了变化。当水体结冰时产生向下的压力,使冰体下的松散地层向下凹(这是一种不可逆的过程),也就是向下弯曲,冰面上可以继续接受沉积。当温度变暖时,冰又发生融化,导致松散层下沉,形成新的沉积层。经过反复进行,最终形成塌陷型沉积结构。由于冰缘环境中含有不同形式的地下冰,受热融化后,而形成热融洼地,成为湖塘或发育沼泽。所以在塌陷沉积中,有可能出现较多层的泥炭沉积。值得注意的是,在塌陷沉积层中,越向上沉积层的范围越小,显示为多次塌陷的地质特征,如图3所示,该塌陷剖面位于 $30^{\circ}17'N$, $124^{\circ}54'E$,相当于古长江三角洲地区。图4则具有不对称型塌陷沉积的特征,该剖面位于 $32^{\circ}6'N$ 、 $126^{\circ}20'E$,它们都为单一存在。当冻土中的死冰融化成水而移

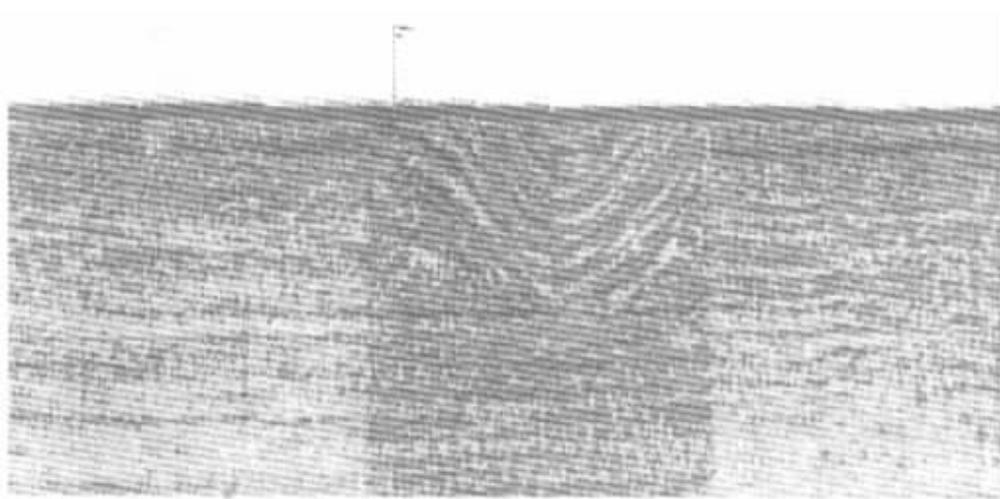


图3 东海对称型塌陷沉积断面

Fig.3 Sedimentary section with symmetric texture in the East China Sea

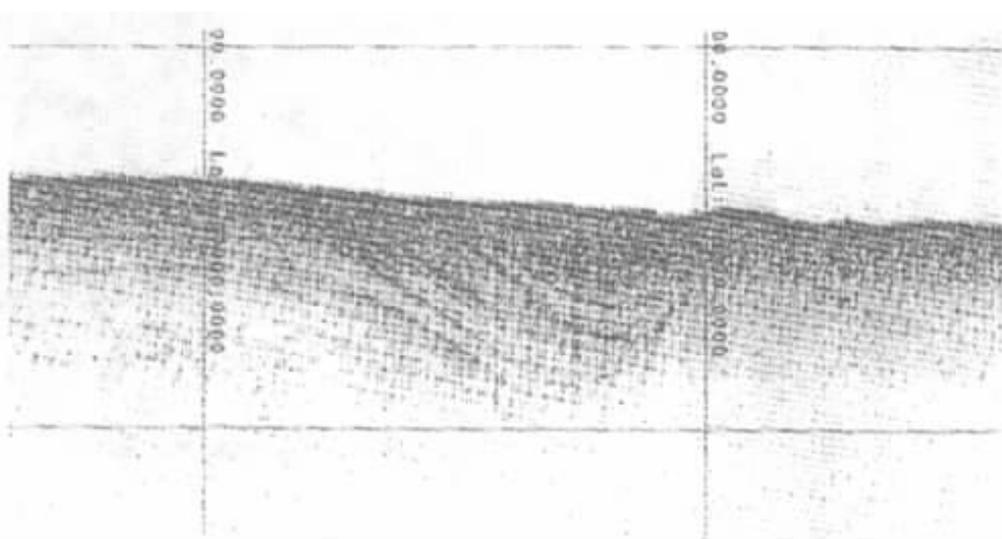


图4 东海不对称型塌陷沉积断面

Fig.4 Sedimentary section with dissymmetric texture in the East China Sea

往它处时，冰中夹杂的沉积物则慢慢地滑塌下来。在这种情况下，原先的沉积层序未发生明显的变化，而形成非常对称的塌陷型结构，这是到目前为止发现的“斑块状冻土”的最南分布区。类似的现象，在黄海和渤海海底的浅地层剖面仪的记录中，都可以找到。

2.4 冰缘揉皱结构

冰缘揉皱结构在中国东北的三江平原是普遍存在的。那里的冰缘揉皱构造产生在流水沉积形成的地层中。水平层理较为发育，物质组成为沙层、亚粘土或粘土层，揉皱层与其下的未扰动层界线较明显，而且界面基本上在同一平面上，这说明当时发生揉皱作用时，季节性活动层比较稳定，气候条件波动不大，强烈的揉皱构造形态表明经历了较长的融冻过程。因为在其形成过程中，一般是每年秋末自地表向下冻结时，由于底部的多年冻结层起着顶托作用，结果使中间的未冻结的含水土层受到来自上、下两个方向的冻胀挤压而产生塑性变形，这种酷似揉搓作用而发生的变化，经过多年长期缓慢变化的积累，结果就出现了揉皱结构^[11]。令人惊奇的是，在 30°6'N, 124°47'E 附近的古长江三角洲中也出现了这种揉皱现象，而位于其南侧的晚更新世末期的长江三角洲的浅地层剖面仪测量记录中，就不存在这种现象（图 5）。从图 5 中可以看出，该剖面的上、下显示为水平沉积的特征，惟有夹在其中的地层具有这种揉皱现象。

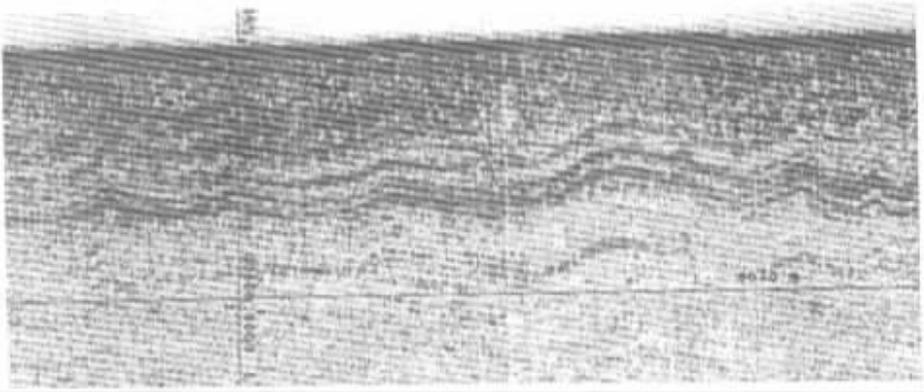


图 5 东海北部冻融型（揉皱现象）沉积断面

Fig.5 Sedimentary texture of the ice-contact origin in the north of the East China Sea

2.5 类冰楔型沉积结构

冰楔，是周边物质向冰楔体内充填过程中物质沿着其陡壁滑落下来时堆积而成。古冰楔的存在也有明显的环境意义，它的形成需要严寒的条件，上层在冻结过程中产生一定的压力，发生挤压，温暖期到来时，冻结层融化，水分沿着裂隙下渗，而冷期时复又冻结而增大压力，这样促使裂隙向纵横两个方面扩展。据报道，能够形成冰楔的基本气候条件是月平均温度必须在 -10°C 以下，年平均气温在 -7°C 或者在 -6°C ，目前在阿拉斯加活动的冰楔区，年平均温度在 $-6^{\circ}\text{C} \sim -8^{\circ}\text{C}$ ^[11]。东海北部陆架上能出现这样的沉积结构，表明冰期时温度降低的幅度比过去推测的幅度要大的多，图 6 剖面位于 30°11'N, 125°25'E。从图的左侧可见自上而下，垂直型冰楔，深度大于 20m，上部宽度不一，冰楔中的沉积物滑落现象十分明显，没有分选与层理。由于目前还未能得到钻孔资料所证实，暂用类冰楔型沉积结构来描述这种地貌特征。

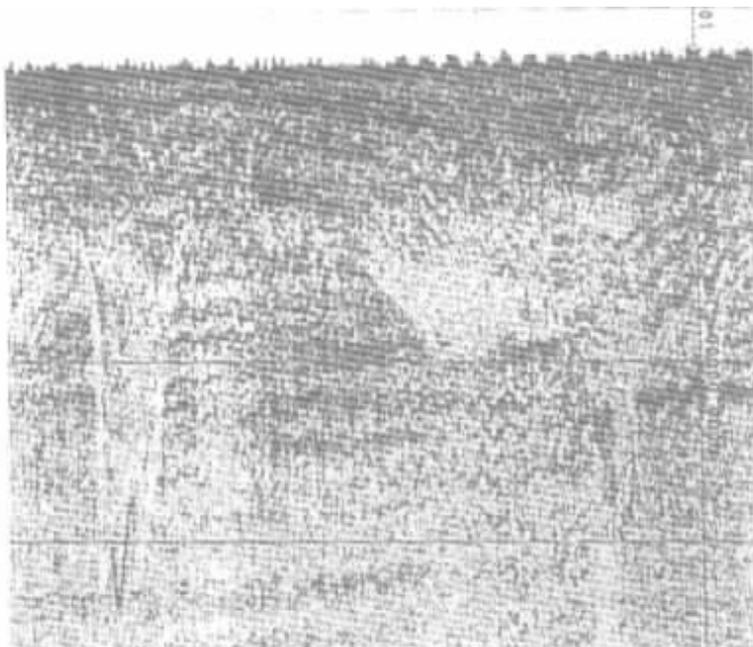


图 6 东海北部类冰楔形沉积结构

Fig.6 Sedimentary texture similar to ice wedge in the northern East China Sea

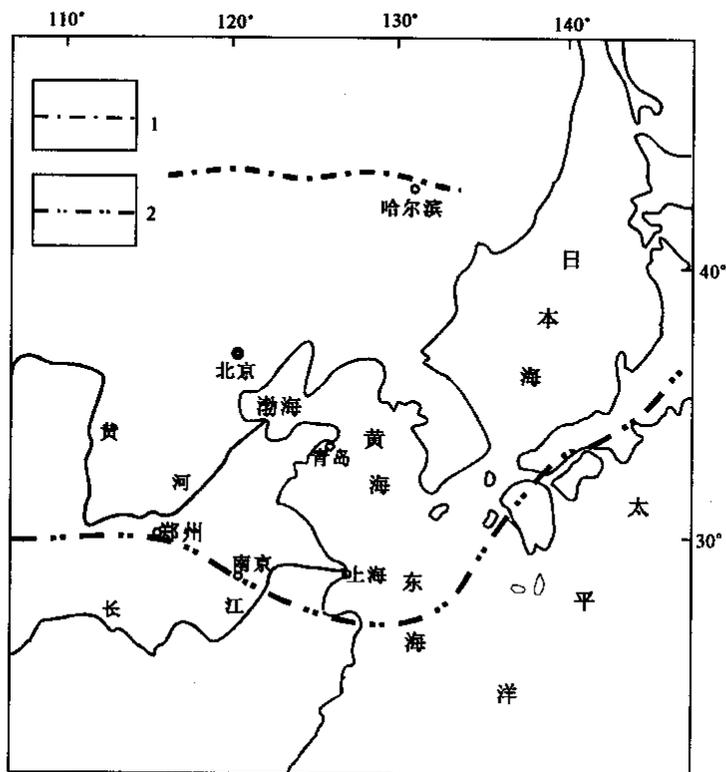


图 7 晚更新世末期陆架区古冰缘分布 (据文献¹⁻³编制)

Fig.7 Distribution of the frozen earth on shelf region in the upper stage of Late Pleistocene

1. 示现代块状永久冻土的南界; 2. 示最后冰期海退时期块状永久冻土的南界

3 渤海、黄东海陆架区冰缘区界线的确定

代表冰缘气候的冰缘动物群披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis* Blumenbach) 猛犸象 (*Mammuthus primigenius* Blumenbach) 化石主要分布在 38°N 以北地区, 向南散布到 31°N 的上海地区, 日本男女列岛、朝鲜海峡一带的海底, 也多次发现它们的踪迹。冰缘动物群生存必需依赖冰缘苔原环境, 这类动物群的生存空间与冰缘环境密切相关。从陆架沉积物的分布特征来看, 如果掀掉全新世海侵以来的形成几个泥质沉积区 (长江三角洲、新老黄河三角洲、浙闽沿岸的泥质条带、东海北部济州岛西南泥块、黄海中部泥区、北黄海的泥团区) 以后, 渤海、黄海和东海陆架区, 基本上为一片沙海分布区, 该陆架沙海的形成与东亚季风活动有关, 也与寒潮的频繁活动密切相关。另外, 各种冰缘的形成与喜冷动物群的最南活动区相一致。据此编制成晚更新世末期陆架区古冰缘分布图 (图 7)。从图 7 可以看出, 晚更新世末期陆架区古冰缘的南界, 也是喜冷动物群的分布的南界、黄土分布的南界、冰冻成卤资源的南界。古长江活动的江北地区, 也是古寒潮频繁活动的通道。陆架平原上无山体阻挡, 使冰缘线明显地向南弯曲。

4 结束语

晚更新世末期中国北方陆架冰缘现象的研究, 对准确地恢复古环境的变迁过程, 弄清海岸古卤水资源形成机理, 解决沙质海岸地区海水入侵问题, 寻找海岸淡水资源等有着重要的意义。这项研究才刚刚开始, 有待进一步的深入探讨。

参 考 文 献

- [1] 杨怀仁, 等. 长江中下游环境变迁与生态系统 [A]. 杨怀仁教授论文选集. 环境变迁研究 [C]. 南京: 河海大学出版社, 1995. 1~500.
- [2] 小畴尚. 古冰缘现象 [A]. 日本第四纪学会编. 日本第四纪研究 [C]. 北京: 海洋出版社 (中译本), 1984. 127~134.
- [3] 小林国夫. 古冰川作用 [A]. 日本第四纪学会编, 日本第四纪研究 [C]. 北京: 海洋出版社 (中译本), 1984. 118~126.
- [4] 赵松龄, 于洪军, 等. 晚更新世末期东海北部古冬季风盛衰变更的地质记录 [J]. 地质力学学报, 2001, 7 (4): 289~295.
- [5] 赵松龄. 陆架沙漠化 [M]. 北京: 海洋出版社, 1995. 1~175.
- [6] 夏东兴, 刘振夏, 李培英. 渤海古沙漠的推测 [J]. 海洋学报, 1991, 13 (4): 540~546.
- [7] 李克让. 中国气候变化及其影响 [M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 65~81.
- [8] 李培英, 夏东兴, 刘国海. 中国东部海岸带黄土成因及冰期渤海沙漠化之探讨 [A]. 中国海陆第四纪对比研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1991. 50~60.
- [9] 李培英, 夏东兴, 刘国海. 辽东海岸带黄土 [J]. 地质学报, 1992, 66 (1): 82~94.
- [10] 金翔龙. 东海海洋地质 [M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 1~142.
- [11] 李风华. 东北三江平原的古冰缘构造特征及其环境意义 [A]. 中国东北平原第四纪自然环境形成与演化 [C]. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 1991. 202~207.

DISCOVERY OF PERIGLACIAL PHENOMENA FORMED AT THE LAST STAGE OF LATE PLEISTOCENE ON CONTINENTAL SHELF , NORTH CHINA

YU Hong-jun¹ , HAN De-liang² , XU Xing-yong³

(1. *Key Lab. of Marine Sediment and Environmental Geology , First Institute Oceanography of SOA Qingdao 266061 , China ;*

2. Qingdao University of Oceanography , Qingdao 266071 , China ;

3. Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences , Qingdao 266071 , China .)

Abstract : At the last Ice Age , the sea level lowered and accordingly water retreated from continental shelf. Affected by cold snap from the North , the temperatures of plain area of East Asia are lower than other areas in same geographic latitude , and the continental shelf plain became one of periglacial geomorphies in east China. These shelf periglacial geomorphy includes widely distributed sandlots , groups of sand dunes , bits and pieces of washin sediment , sedimentary texture of the ice-contact origin , sedimentary texture similar to ice wedge in the northern East China Sea ect.

Key words : ancient cold snap ; paleo-periglacial geomorphy ; continental shelf in North China

(上接第 322 页)

A SUMMARY REVIEW OF RESEARCH PROGRESS ON GLOBAL CHANGE IN THE SOUTH CHINA SEA

ZHU Zhao-yu^{1 2} , QIU Yan³ , ZHOU Hou-yun¹ , CHEN Jun-ren³ ,

OUYANG Ting-ping¹ , ZHONG He-xian³ , XIE Jiu-bing¹

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry , Chinese Academy of Sciences , Guangzhou 510640 , China ;* 2. *State Key Laboratory of*

Loess and Quaternary Geology , Institute of Earth Environment , Chinese Academy of Sciences , Xi'an 710054 , China ;

3. Guangzhou Marine Geological Survey , Ministry of Land and Resources , Guangzhou 510760 , China .)

Abstract : On the basis of data from the literatures and author's study some important progresses of the research into global change in the South China Sea have been reviewed in this paper. The chronostratigraphic sequence covered about 33 Ma has been established ; Long-term sequence records and high-resolution records of paleo-environment have been investigated ; A series of paroxysmal events (such as the Middle Pleistocene Evolution , the Heinrich event , the D-O events , the fire events , the Toba volcanic event and the tektite event , etc.) have been discovered in the cores from the South China Sea. The results indicate that it is necessary to deepen the research into the South China Sea for understanding the coupled system of atmosphere-marine-continent and the dynamics of global change.

Key words : global change ; South China Sea ; chronostratigraphy ; long-term sequence ; paroxysmal events ; high-resolution record