

## 黄海、渤海陆架区可见黄河三角洲 沉积的形成时代

于洪军

**摘要：**对于黄河形成史的研究存在两种不同的意见，其一认为黄河在第三纪以前就已出现；其二认为黄河在晚更新世末期才最终得以贯通。黄河的贯通与青藏高原隆起密切相关，黄河不可能在海拔较高的源头出现之前就已存在。冰期海退时期的陆架不存在类似现在的黄河。现代长江口以北地区在末次冰期时期，为非常恶劣的自然环境，部分地区为冻土带分布区，部分地区为古沙漠活动区。海退时期的风暴作用是裸露的陆架上的主要外营力。从距今0.012Ma开始，全球气候转暖，大陆冰川逐渐消失，山地冰川后退，洋面升高。在这一过程中黄河得到较多的水量，贯穿成现代的河流系统。而后，随着海面的进一步升高，黄河三角洲不断向西迁移，而进入历史时期。

**关键词：**青藏高原；黄河；季风；陆架沙漠化

**中图分类号：**P512.2

**文献标识码：**A

## AGES OF THE YELLOW RIVER DELTA IN SHELF REGIONS OF THE YELLOW SEA AND THE BOHAI SEA

YU Hong-jun

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** There are two different opinions for the formation history of the Yellow River, one postulates that the Yellow River might have come into existence before Tertiary, the other supposes that it joined up into a long river only in the late stage of Upper Pleistocene. The presence of the whole course of the Yellow River is believed to be closely related to the uplifting of the Tibetan Plateau. It is not likely that it would come into being before the high elevation river head was formed. Today's Yellow River is not known to occur during the recession of sea in glacial periods. In the last glacial stage, the climate was very harsh in the area north of the modern estuary of the Changjiang River, that some areas were permafrost and the others barren-deserts. At that time, the aeoliation was the major exogenic force on the exposed shelf. Beginning from 12ka BP, the global climate became warm, resulting in gradual disappearance of continental glaciers, retreat of mountain glaciers, and rise of sea level. Consequently, the Yellow River was replenished with water to become the modern river system. With continued rising of sea level, the Yellow River delta moved continuously towards the west and ushered in the history of human beings.

**Key words:** Tibetan Plateau; the Yellow River; monsoon; shelf desertization

## 0 引言

在近代地质学发展的早期,地质学界的一些先驱们往往靠推测来论黄河的形成与演化。由于长江和黄河发育于同一山系,在讨论黄河发育史时,同时也讨论长江的演化史。据文献记载:早第三纪时,长江已经通过黄陵背斜轴部,并流过三峡地区,也就是说,长江及其支流早在第三纪时就已流经江汉平原东去。也有研究者认为,从白垩纪末到第三纪初,长江中游的流路已经奠定<sup>[1,2]</sup>。据文献<sup>[3]</sup>,中新世长江已是一条贯穿四川盆地、巫山山地和中下游平原的大河。黄汲清认为,上新世初扬子下游地形已到成年期,那时的秦岭已被南北两大水系(古黄河及扬子江)侵蚀到准平原的地步。他还认为早第三纪时黄河就出现了<sup>[1,4]</sup>。

有关研究表明,黄河流域第三纪时期湖泊众多,各盆地中大部分以红色碎屑沉积为主,局部出现石膏和盐岩层。早更新世时期,较大的湖泊有扎陵湖-鄂陵湖、唐克湖、共和湖、银川-河套湖、汾渭-三门湖及华北湖群。这些湖泊各自形成独立的集水系统,控制了当地的水系发育。中更新世时期,随着青藏高原的进一步隆起,西部地势的抬高加剧了河流的下切,湖盆开始逐个被切开、疏干而消亡。位于东部的三门湖消亡最早,约在早中更新世末,共和湖盆消亡于中更新世末,银川-河套湖盆大约消亡于晚更新世晚期。以上三大湖盆的相继消亡,使黄河中下游水文特征改变<sup>[5,6]</sup>。

由此可见,对于黄河形成史的研究,存在两种不同的意见,其一认为黄河在第三纪以前就已出现;其二认为黄河在晚更新世末期才最终得以贯通。作者认为:黄河的贯通与青藏高原隆起密切相关,黄河不可能在海拔较高的源头出现之前就已存在。据地质学家的研究,青藏高原西北部的强烈隆起始于上新世末,那时的青藏高原面起伏和缓,一般高度在海拔1000 m左右;自那时以来,上升幅度达3000 m~4000 m,晚更新世以来上升了1500 m;高原隆起具有整体性、阶段性和后期加速的趋势<sup>[7,8]</sup>。十分明显,只有当青藏高原隆起以后才具备形成贯穿EW方向的大河流的条件。

大量调查资料的积累和新技术的应用,人们逐渐发现黄河形成的时代不象过去所推测的那样古老,黄河有可能是非常年青的河流。从内陆的调查资料来看,黄河最后贯通的时代在晚更新世末期,也就是黄河中游三大湖泊消亡以后,黄河才得以贯通。这一认识与陆架区获得的资料非常一致。本文着重于陆架区最新获得的资料。

## 1 有关古河道的争议

随着海上调查资料的积累和卫星定位系统的应用,对百米深度以内浅地层结构的认识有了飞跃的发展。由于陆架上存在一定厚度的海水,在20世纪70年代以前,对海底环境的认识往往靠推测。当更新世冰期、间冰期气候交替出现的思想被海洋地质学家接受以后,自然要去探索最后冰期最盛时期黄海、渤海和东海陆架环境的变化。假如末次冰期以前存在黄河,那么随着冰期来临、海面降低、陆架出露,长江、黄河流向何处,这是国内外海洋地质学家共同关心的问题。在浅地层剖面仪测量记录出现以前,地质学界往往认为海面下降与河流向陆架延伸同步进行,这种认识直到现在也不乏追随者。于是较多的研究者到冲绳海槽去寻找古黄河三角洲沉积。经过多年的实际调查以后,海洋地质学家在冲绳海槽并未找到公认的河流三角洲相沉积。

由于受国外研究者的影响,在外陆架寻找古河道的踪迹似乎成为海洋地质学家的

共同愿望。中国陆架环境与北大西洋两侧的陆架环境明显不同，前者在末次冰期期间处于干旱而又寒冷的季风活动区，是北半球沙漠带的延伸区；而后者是冰盖活动区，末次冰期时形成了全球最大的冰盖，冰盖的相当一部分直接注入海洋。从距今0.015Ma前后，全球气候进入冰消期。经过数万年积累的冰量，要在7000~8000a时间内全部回归海洋。在大量冰川融水重新回归海洋的过程中，在陆架上留下了众多的河道，这是非常自然的地质现象。随着全新世海侵的到来，由冰融水形成的河道终于被海水所吞没，而后又为全新世沉积物所覆盖。

海洋浅地层测量技术，首先在大西洋北部的陆架区启用，在外陆架边缘确实存在许多埋藏古河道，取得大量富有成效的调查成果。同样的方法和同样的技术，在中国陆架区进行测量时，需要结合中国的环境背景才能得到科学的应用。黄河从兰州往东，很快就转向往北，在河套一带已达 $40^{\circ}\text{N}$ 以北地区，在冰期时期那里可能是永冻层分布区，不论是湖泊还是河流都会被冻结起来。只有进入冰消期以后，黄河才具备全流域疏通的条件。

限于海上测量技术的困难，要获得大理的浅地层剖面仪记录，对于海洋地质学界也非易事。所以较多的研究者仍旧相信传统的看法，继续沿用随着海面的降低河流跟着海面降低并向外陆架延伸；在进入冰消期以后又随着海面的上升而后退，这一传统的思路在学术界影响较大。作者荣幸地获得了从渤海西岸到冲绳海槽西侧的全部浅地层记录，对这些资料经过综合性分析，从渤海到东海并未发现有稳定分布的古河道遗迹。这一结论与传统的看法不一致。为了展示陆架区的浅地层记录，作者引用了有关海底地形的资料(图1)，实际上这些地形变化曾被误认为古河道断面[9]。

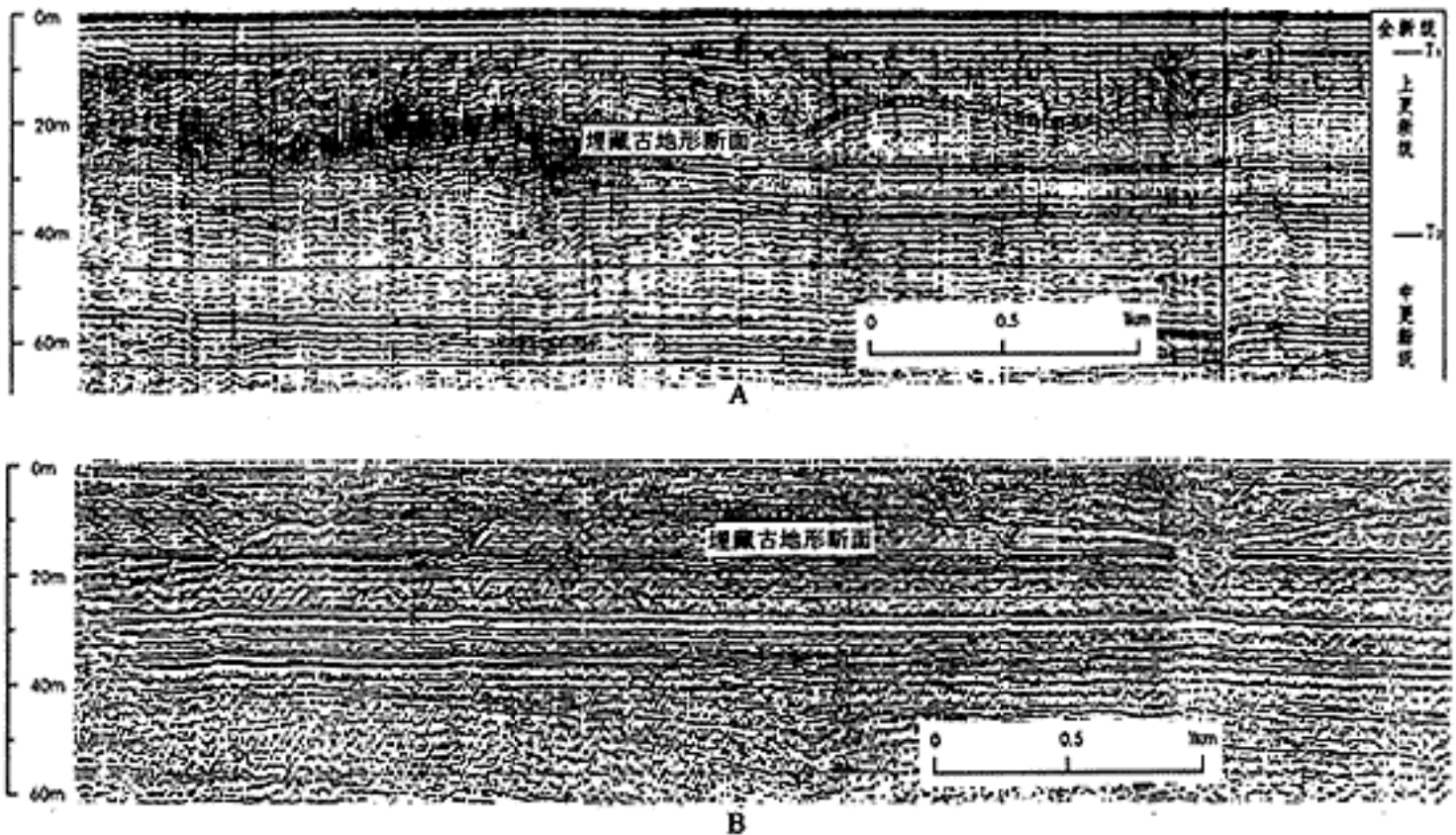


图1 晚更新世末期时的黄海地形断面 (引自文献[9])

Fig.1 Topographical section of the Yellow Sea during the late stage of Upper Pleistocene

图1A为古地形面,它位于 $35^{\circ}04'N$ ,  $123^{\circ}02'E$ ,水深60m。在“埋藏古地形断面”几个汉字的下面,呈水平延伸的几组双线记录,显示地层是连续分布,并未受到侵蚀;双线以下类似洼地的形态,可能为潜水活动所致。图1B是典型的被埋藏古地形断面,它不应该被解释为河道。图中显示为“V”字形的记录是一种失真现象,它不是“V”形河床的断面。因为由松散沉积物组成的地方,不能形成“V”形河床。因此,作者建议在研究古地貌特征时,要考虑以下几项原则:

(1)在研究中国陆架环境的基本特征时,特别要根据中国陆架区的古自然地理特征进行科学分析;

(2)要建立符合中国环境实际的海底埋藏地貌系统,把地形起伏与古河道断面区分开,用大量浅地层记录校正过去的推论;

(3)用河流比降的规律,讨论古河道的分布特征。假如黄河从渤海陆架出发,经山东半岛、黄海、东海到达冲绳海槽西侧入海,其长度要增加1000 km ~ 1500 km。现在黄河的平均比降为1/1000,冰期海退时期,如果陆架区的比降为1/5000,在现代渤海海底至少要下切数百米才能维持古黄河水系。这一深度远远超出浅地层剖面仪的记录。

## 2 晚更新世末期的环境与古地貌特征

### 2.1 古环境一般特征

末次冰期时的冰期气候,使全球的气温平均下降 $15^{\circ}$ 。温度的降低,使全球冰川发育,海面降低,陆架出露。随着全球温度的降低,蒸发量减少,干旱化沙漠化范围扩展,固体降水增加,液态降水减少,河流径流量降低,河道缩短。冻土带向南迁移,喜冷动物群南迁。与此同时,中国北方的寒潮加强,而夏季风明显减弱,形成与现今气候环境完全不同的景象<sup>[10]</sup>。对这些环境变化的基本了解是进行浅地层剖面仪记录解释的理论基础。

### 2.2 新技术的应用

在浅地层剖面仪测量记录出现以前,人们对于陆架上的宏观环境了解甚少。习惯上,以为海退后的陆架是一片广袤的陆架平原,众多的河流在其上流过,沼泽,湖泊比比皆是。海上测量技术的进步,特别是海底浅地层剖面仪的应用,好象使研究者有机会到海底“游弋”一样,去查看一下全新世海侵发生以前陆架地貌的特征。当该项测量技术在黄海、渤海海域应用以后,可以向人们展示更多的环境信息,迫使研究者不得不改变过去的传统认识。

形成陆架埋藏地貌环境的最重要的动力因素是古季风的的活动,没有强大的古冬季风的活动,仅仅干旱化的陆架环境也不能导致陆架沙漠化环境的形成。据作者的研究,末次冰期时期的风力搬运作用和风力吹扬作用,在黄海和渤海陆架上留下了长距离分布的风蚀界面,大面积海相地层发生解体,形成了厚层混杂堆积,塑造了多种类型的沙丘,出现了休止角型沉积结构,致使海相地层发生解体,产生了一系列衍生沉积等新的沉积结构与地貌类型。

### 2.3 埋藏地貌的发现

2.3.1 老海相地层发生解体 在浅地层剖面仪测量技术出现以前,人们总以为陆架上

的沉积物，是由老到新依次排列，原先形成的沉积物，应当保存于海底，而不会发生破坏。当运用浅地层剖面仪测量技术进行海底测量以后，研究者发现原先海侵时期形成的海相地层不是一成不变的。陆架区由于受到冰期、间冰期气候的影响，海面发生多次升降变动。每当海退时期陆架出露，风暴活动是陆架区的基本动力，原先形成的海相地层会发生解体。在一些来不及发生解体的部位仍旧残留着原先的海相地层，这就是风蚀台地的形成；也有的部位仅残留部分海相地层，标志着风蚀台地的缩小与消失。所以，风蚀台地消失的过程也是统一海相地层解体的过程。讨论晚更新世末期的陆架环境，首先建立海相地层解体的概念非常重要，只有老海相地层的解体，才能使老海相地层中的微体生物群扩散到陆相地层中，才能很好地解释 $^{14}\text{C}$ 测年资料中的年代颠倒的问题。

2.3.2 单向倾斜的沉积结构 南黄海的浅地层剖面仪测量记录显示，从西向东的剖面记录为表示风向稳定、形成长距离分布的单向倾斜的沉积结构。如在南黄海的中部地区，这种单一倾向的沙质沉积，长达150 km以上，在剖面的西部还夹有沙丘的断面，还有大量的斜层理(图2)。该斜层理剖面为EW向分布，证明晚更新世末期黄海陆架为风暴活动的场所，并不存在有大型河道经过这里。



图2 长距离分布的单向倾斜的沉积结构

Fig.2 The monoclinal deposit texture in long distance

2.3.3 典型的沙丘断面 在南黄海陆架上也存在若干沙丘群，一直被保存于海底。全新世海侵发生以后，该沙丘群被埋藏于海下。类似的埋藏沙丘广为分布，为当时陆架区的主要地貌类型之一。埋藏沙丘的存在，证明当时的陆架环境为风暴活动的场所。

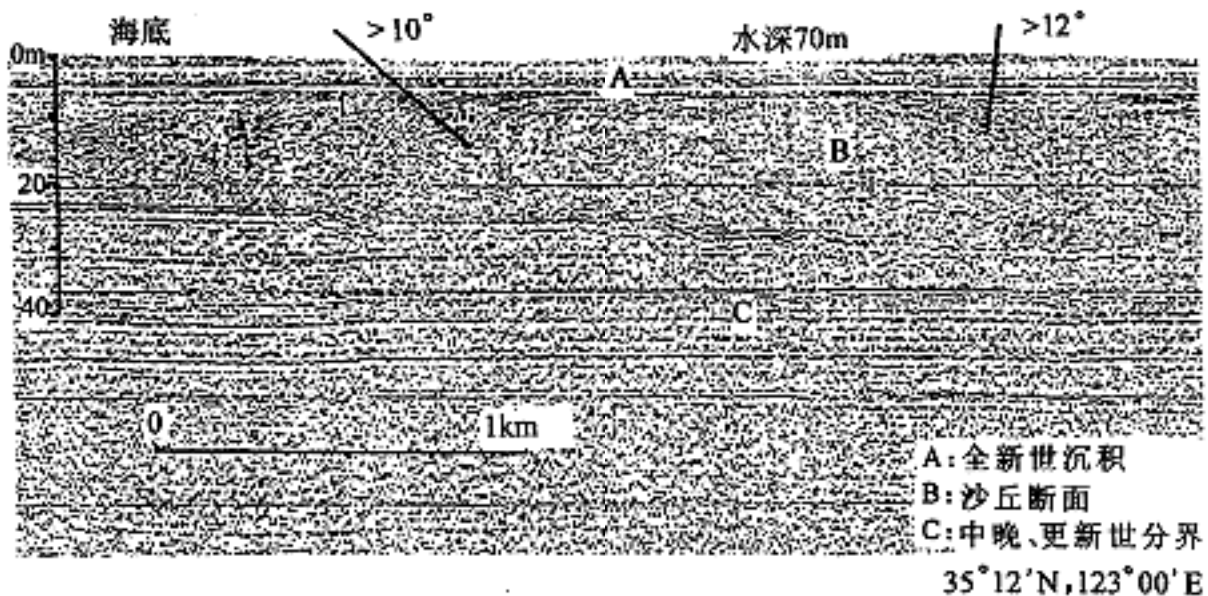


图3 南黄海典型的埋藏沙丘

Fig.3 Typical buried sand dune in the Southern Yellow Sea

### 3 黄河最初入海的时代与位置

海河口至长江口之间的海岸附近，曾钻取过若干个第四纪沉积岩岩心，孔深在300 m ~ 500 m，根据岩心分析资料，并未发现有早于全新世的黄河三角洲沉积。实际上，长江口以北的沿海海岸，仅存在全新世和历史时期以来的三角洲沉积。从陆架上获得的有关黄河的浅地层剖面仪的测量记录显示，现代的黄河大约在距今0.012 Ma时延伸到黄海陆架。在此以前的末次冰期时期，黄河在下游是否存在，到目前为止，尚无确凿的证据。

作者综合大量浅孔资料和浅地层剖面仪测量，编制出距今0.012 Ma时的海岸线，其深度在今日海面以下水深60 m处，基本轮廓如图4所示。从图4可以看出，黄海海面在升起的过程中，首先占据黄海的东部，也就是靠朝鲜半岛一侧。

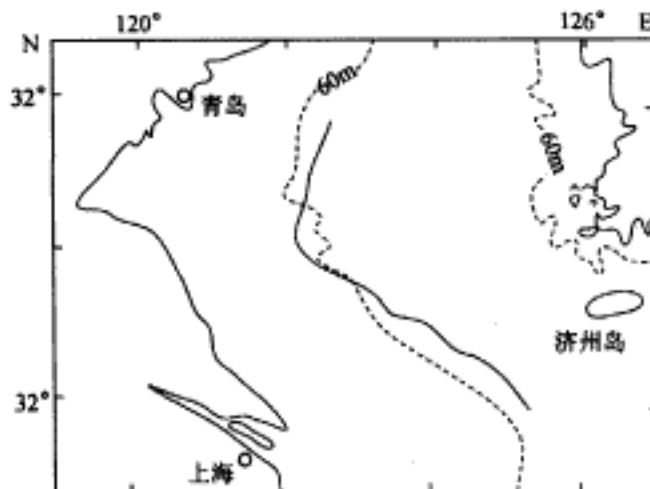


图4 据今0.012Ma时的海岸线  
Fig.4 The coast line from 12 ka BP

根据末次冰期时北方地区的降水量，气温降低的幅度，冻土带南移的距离，以及降水形式的改变等因素的分析，完全可以推断，冰期时期在陆架上不存在黄河。海退后的陆架如不存在黄河水系，就会形成更加干旱而又寒冷的环境。为了证实这一推论的正确性，作者在 $36^{\circ}\text{N} \sim 32^{\circ}\text{N}$ ， $122^{\circ}\text{E} \sim 124^{\circ}\text{E}$ 的范围内布置了16条平行的浅地层剖面测线，其方向与假定的“黄河河道”相垂直，总长度超过3000 km，经过详细分析，也未能找到古黄河的任何踪迹。既然，在黄海的中部无法找到有关黄河的任何踪迹，那么也就不存在黄河经过黄海而进入东海的推论。在现今的黄海陆架上，唯一可作为黄河三角洲的沉积物是位于现代旧黄河三角洲以东的海域，那里的黄河三角洲不是以侵蚀谷地的形式出现，而是以堆积型的方式出现，在浅地层记录谱上，显示得非常清晰(图5)。



图5 黄河三角洲在浅地层剖面上的记录(片段)  
Fig.5 The records of the shallow layer profiles in the Yellow River delta

当全球气候进一步变暖，冬季风逐渐减弱，黄海陆架的西部开始出现薄层硬粘土沉积，而后为薄层泥炭沉积。在这种环境变化的过程中，黄河才第一次出现在黄海陆架。图6中所展示的黄河三角洲堆积体，代表了自距今0.012Ma以来海面上升过程中黄河三角洲不断向西迁移的记录。这种现象表明：黄河在最初形成时，含沙量已很高，所到之处都留下大型三角洲沉积，在海底地貌上会留下特定的遗迹。黄河和北大西洋一带的河流性质不同，黄河拥有非常高的含沙量，具有特殊的造貌功能，是其它任何河流所不具备的特征，特别是在入海以后，黄河会形成大规模的三角洲沉积体系；而北大西洋一带的入海河流，泥沙含量低，往往形成侵蚀性河床。两地环境背景不同，河流性质不同，产生的环境效应也不相同。

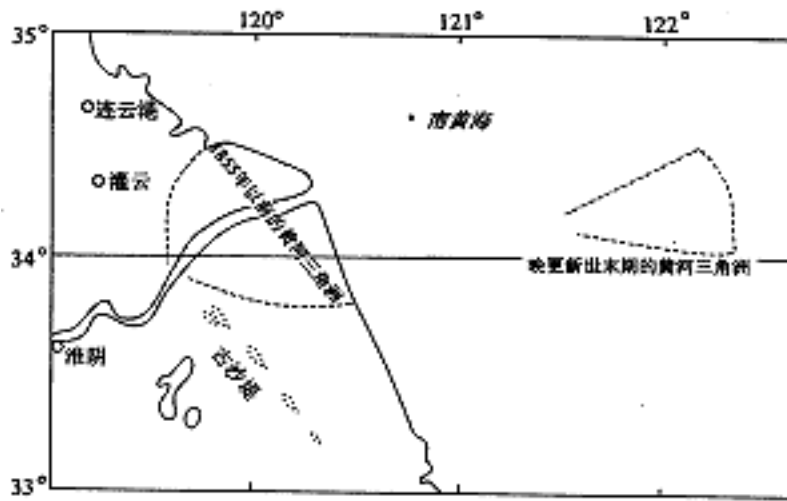


图6 晚更新世末期时形成的黄河三角洲位置

Fig.6 The location of the Yellow River delta formed in the late stage of Upper Pleistocene

#### 4 结语

黄河的形成与发育与青藏高原形成有关，也与黄河中、上游的湖泊消失有关。青藏高原隆起以前，地形的西高东低基本格局尚未形成，也就不可能出现自西而东的大型河流<sup>[11]</sup>。作者认为，末次冰期最盛时期，并不存在黄河，更不存在黄河从冲绳海槽入海问题。末次冰期最盛时期，渤海和黄海陆架连成一片，是古季风活动的场所，发生严重沙漠化<sup>[12]</sup>；寒冷的冰期气候，还使斑块状冻土带扩展到长江口一带。所以这时的黄海、渤海、东海陆架平原构成了北半球沙漠带的最东部地区。直到距今0.012 Ma时黄河最终得以贯通并演化至今。

基金项目：国家自然科学基金资助项目(49776296和49894170)

作者简介：于洪军(1965—)，男，中国科学院海洋研究所，博士，副研究员，从事海底地貌与第四纪地质研究。

作者单位：(中国科学院海洋研究所，青岛 266071)

#### 参考文献

- [1] 黄汲清.中国沿海地带之地文变迁[J].中国地质学会地质研究会会刊, 1928.23~39.
- [2] 陈丕基.中国侏罗、白垩纪古地理轮廓——兼论长江起源[J].北京大学自然科学学报, 1979, (3): 90~109.
- [3] 中国科学院中国自然地理编辑委员会.中国自然地理地貌[M].北京:科学出版社, 1980.38.



- [ 4 ] 蔡述明, 官子和. 跨江南北的古云梦泽说是不能成立的——古云梦泽问题讨论之二 [ J ] . 海洋与湖沼, 1982, 13(2) : 129 ~ 141.
- [ 5 ] 黄河水利委员会勘测规划设计院编. 黄河志(卷四), 黄河勘测志 [ M ] . 河南 : 河南人民出版社, 1991.267.
- [ 6 ] 杨景春. 中国地貌特征与演化 [ M ] . 北京 : 海洋出版社, 1993.52 ~ 58.
- [ 7 ] 张青松, 等. 青藏高原西北部第四纪环境的新认识 [ J ] . 地理学报, 1994, 49(4) : 289 ~ 297.
- [ 8 ] 刘代志. 青藏高原隆升的动力学模型研究 [ J ] . 地质论评, 1992, 38(1) : 60 ~ 67.
- [ 9 ] 李 凡, 等. 黄海埋藏古河道及灾害地质图集 [ M ] . 济南 : 济南出版社, 1998.24 ~ 33.
- [ 10 ] 赵松龄, 等. 江苏沿海平原第四纪磁性地层的研究 [ J ] . 海洋与湖沼, 1987, 18(2) : 173 ~ 180.
- [ 11 ] 赵松龄, 于洪军, 刘敬圃. 晚更新世末期陆架沙漠化环境演化模式的探讨 [ J ] . 中国科学, 1996, 26(2) : 142 ~ 146.
- [ 12 ] 赵松龄. 陆架沙漠化 [ M ] . 北京 : 海洋出版社, 1996.1 ~ 194.

收稿日期 : 1999-05-13