

全新世以来山东半岛东北部海面 变化的河流地貌响应^{*}

王 庆

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062)

提 要 对全新世以来山东半岛东北部沿岸的相对海面(基准面)变化,不同河流有截然不同的地貌响应方式。大沽夹河型河流的下游河谷中有分别与相对海面升降对应的溯源堆积期和溯源侵蚀期,但不同规模的河流仍有差异。黄水河型河流河谷未因基准面升降而发生侵蚀或堆积,河谷仅起了输沙通道的作用。此外,大沽夹河型河流的中下游河型在相对海面上升或下降时,还可能发生相应地网状化或曲流化。

关键词 全新世 相对海面变化 基准面 河流地貌响应 山东半岛东北部

分类号 中图法 P737.121

1 问题的提出

相对海面变化由水动型海面变化和地方性地壳升降运动共同决定,直接控制沿海地区入海河流的侵蚀基准面。为深入研究未来全球海面上升对沿海地区可能造成的环境地质灾害,有必要研究不同时间尺度基准面变化的河流地貌响应。河流基准面概念的提出已有100余年^[1~2],近年来对基准面变化与入海河流地貌发育关系的研究又有长足的进展^[3~7]。但这些研究多涉及较长时间尺度(如第四纪)基准面变化的河流地貌响应,对短尺度特别是1000~100 a尺度海面变化的河流地貌响应重视和研究不够。山东半岛东北部西起龙口、东迄石岛,地貌为低山丘陵,入海河流均为规模短小、纵坡降较大、冲积物较粗的山溪性河流(图1)。与源远流长的平原大河相比,这些河流对全新世以来相对海面变化,尤其是全新世最大海侵结束以来短尺度、小幅度海面变化的地貌响应更为直接和明显。此外,该地区大规模的移民和区域开发始于明、清两朝,此前不存在大范围水土流失的人文背景。因此,选择该地区河流为研究对象,将易于剔除非海面变化因素对河流地貌发育的影响。

2 现代河谷地貌与沉积结构

山东半岛东北部沿岸地区有大小河流20余条,均为直流入海的短小河流,其入海河口及附近海岸均发育有以河流输沙为主要泥沙来源的海积地貌体(图1)。这些河流上游均为基岩侵蚀河谷;中游河谷发育有1~2个河床裂点和1级阶地,裂点包括活动裂点和埋藏裂点,其中黄水河、中村河分别有1个活动裂点和1个埋藏裂点,大沽夹河有2个活动裂点,其余河流只有1个活动裂点,阶地包括基岩侵蚀阶地、堆积阶地(又分为内叠、上叠两种)和基座阶地;下游仅发育河漫滩,向两侧渐变为海积平原,中下游阶地和海积平原上发育有风成沙丘、沙地。不同河流的河谷地貌与沉积特征有较大差异,其中又以规模较大的大沽夹河、黄水河之间差异最为显著,分别代表了山东半岛东北部河谷地貌的两种基本类型。

(1) 大沽夹河^①

大沽夹河发育于低山、丘陵之间,自源头到老岚为上游,老岚到永福园为中游,永福园以下为下游。老岚附近河床发育活动裂点 P_1 , P_1 以下河段河谷两侧发育有一级堆积阶地 T_1 ,阶地向裂点附近逐渐变

收稿日期:1997-12-22;改回日期:1998-06-15

作者简介:王庆,1968年出生,博士,现在华东师范大学河口海岸国家重点实验室从事博士后研究,研究方向为河流与海岸动力地貌、沉积与治理。

^{*} 山东省教委资助项目。

^① 大沽夹河由外夹河、内夹河在下游汇合而成,其中外夹河为主流,本文仅涉及外夹河。

为高河漫滩,到裂点处高、低河漫滩归并为单一河漫滩(图 2)。阶地相对高度 1.7~ 3.5 m,向下游方向逐渐增大,但从福山向下游方向又逐渐减小,到永福园附近消失。在西珠岩、大沙埠、小沙埠等地的阶地上发育有风成沙丘或沙地,呈长条状沿河岸展布,沙丘相对高度 3~ 5 m。在东珠岩附近河床还有活动裂点 P_2 , P_2 下游附近河段河谷底部发育有高、低河漫滩, P_2 以上河段仅有一级河漫滩。下游无阶地发育,仅有河漫滩,海拔高度 2~ 4 m,纵向坡度 0.4‰ 此外,在注入河流中游的冲沟中普遍见有 1~ 2 个裂点。

外夹河中游河谷地貌横剖面由河流阶地 T_1 、河

漫滩 T' 、河床 T_0 等三级地貌面及其间陡坎组成(图 2)。据西珠岩附近钻孔揭露,阶地组成物质自上而下共分 5 层:

- ①细砂与粉砂质粘土、粘土质粉砂互层,浅灰色、灰白色,水平层理,厚 4.2 m;
- ②粗砂、砾石,底部有角砾石层,灰白色、灰黄色,斜层理,厚 1.6 m;
- ③泥炭,含有大量尚未完全腐烂的草本植物残体,灰色、灰黑色,水平层理,干后质地坚硬,厚 2.6 m;
- ④粗砂、砾石,灰黄色、橘黄色,砾石磨圆差,砂砾石间充填有少量粘土、亚粘土,分选性差,厚 2.83 m;
- ⑤基岩(花岗岩)。

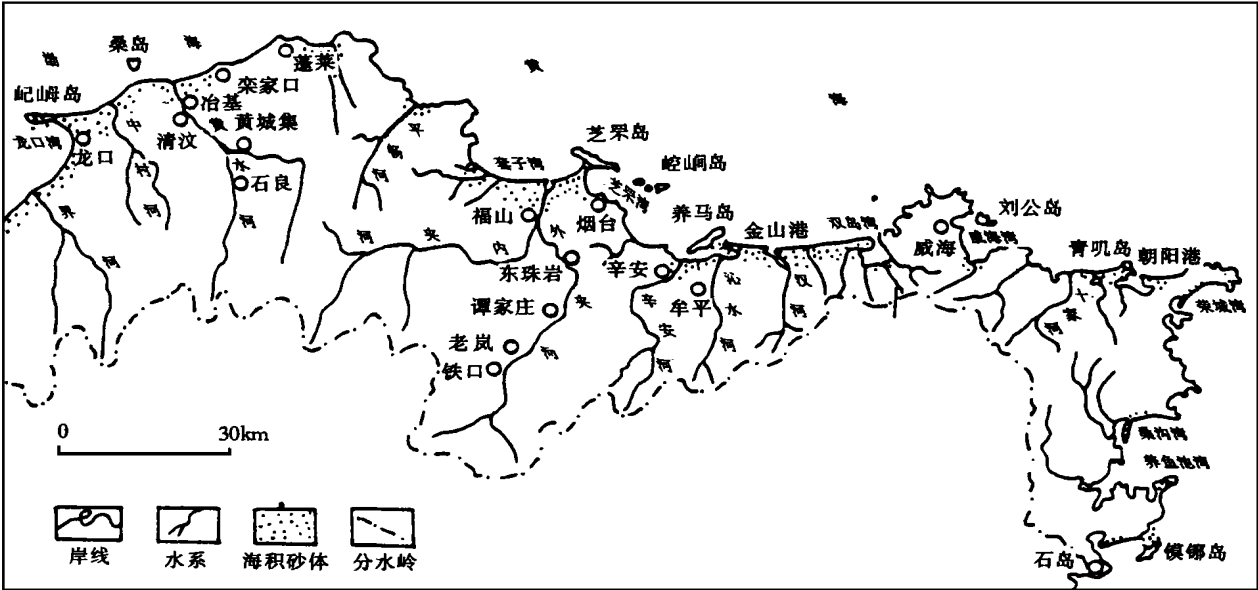


图 1 山东半岛东北部岸线和水系

Fig. 1 The coastline and drainage in the Northeastern Shandong Peninsula

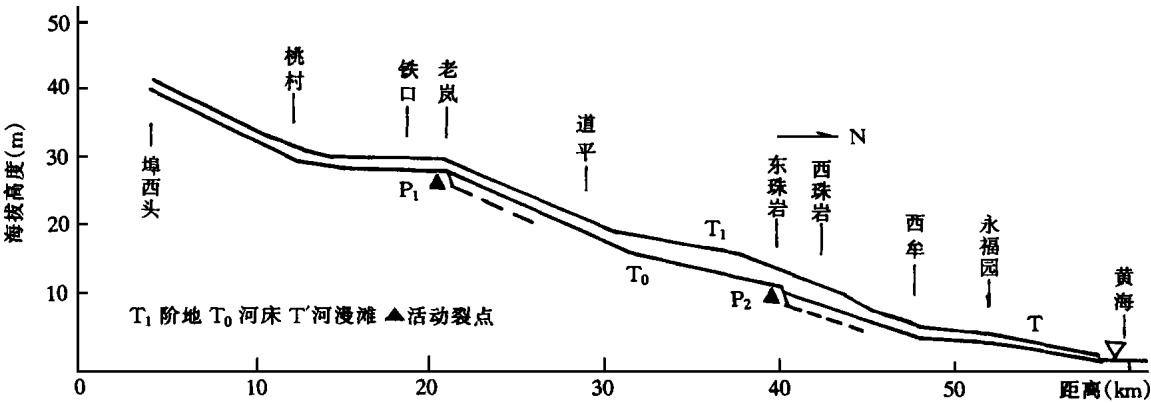


图 2 大沽夹河河谷地貌纵剖面图

Fig. 2 The Dagujia River valley's longitudinal geomorphic profile

其中①层和②层, ③层和④层分别构成下粗上细的二元沉积结构。③层自西牟到铁口间沿河连续分布, 在东珠岩以下河段见于钻孔或人工剖面, 东珠岩以上则直接出露于阶地陡坎下部, 在谭家庄、东珠岩等地直接构成现代河床和河漫滩(图 3)。不同河段的岩性略有差异, 如处于冲沟与河流交汇处的东珠岩、铁口等地河段, 颜色为灰黄色、黄褐色, 不含植物残体, 但含有多量指状根管构造, 根管产状以竖直为主。西珠岩、旺远两地③层顶部¹⁴C 年代分别为 3 790±45 a B. P. 和 2 339±75 a B. P.。此外, 在 P₁、P₂ 间局部河段(如回里)现代河漫滩下埋藏有下伏粗砂、砾石和灰黑色淤泥层, 其岩性与上述③层相似, 并含有大量腐烂树根, 但明显比③层松软, 仅分布于河谷谷底, 未延至阶地砂砾层以下。据上述资料, T₁ 在东珠岩以下为内叠阶地, 东珠岩以上为上叠阶地, 阶地类型的差异反映出阶地形成时河流

下切深度下游大、上游小。

(2) 黄水河

自源头到出山口(石良南)为上游段, 在出山口附近河床发育有活动裂点 P₁, 裂点处河床切入古老变质岩和更新统黄土状洪积层。黄水河中下游流经龙口断陷盆地, 自 P₁ 到冶基西(即 10 m 地形等高线与河谷交汇处)为中游段, 河谷发育有河流阶地 T₁, 阶地相对高度 1.5~2.5 m, 自下游向上游方向减小, 到 P₁ 处消失(图 4); 阶地面海拔高度 10~40 m, 阶地面较平坦, 纵向坡度为 2‰。从冶基到口门为下游段, 在冶基西发育有已被松散河床砂砾石埋藏的河床裂点 P₂; 河谷两侧无阶地发育, 但发育有宽阔的堆积河漫滩, 向两侧逐渐过渡为滩脊平原, 海拔高度 4~8.5 m, 由南向北缓倾, 沿河坡度 1‰; 河漫滩与中游段河谷两侧的阶地平原面间有明显的黄土质地形陡坎, 陡坎大致沿 10 m 等高线展布, 相对高

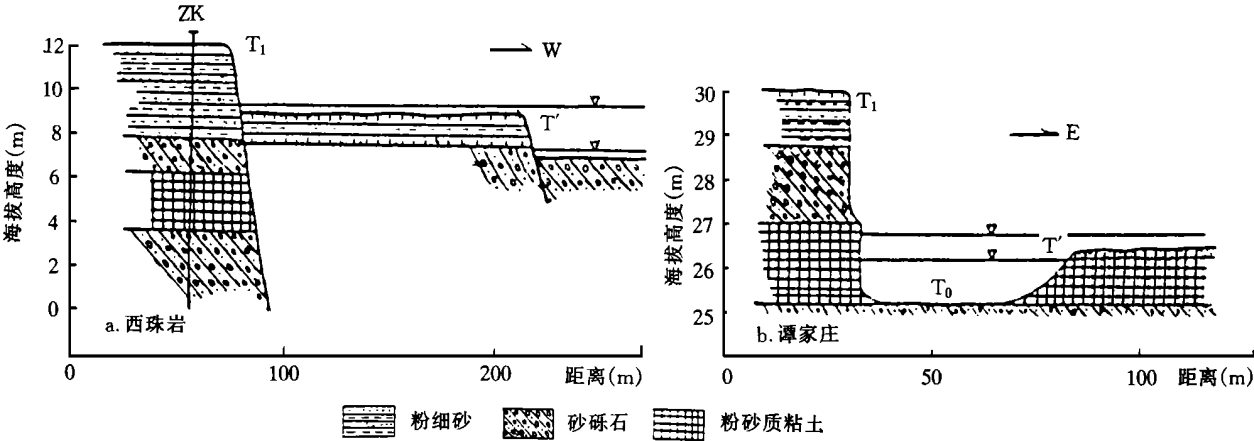


图 3 大沽夹河河谷地貌横剖面图

Fig. 3 The Dagujia River valley's transverse geomorphic profile

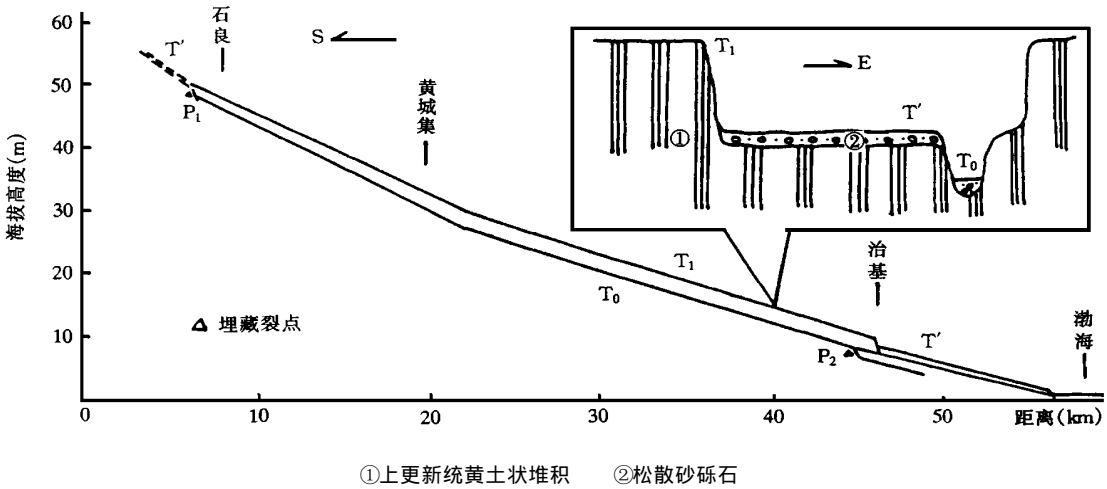


图 4 黄水河河谷地貌剖面图

Fig. 4 The Huangshui River valley's geomorphic profile

度 1~ 2 m; 组成河漫滩和滩脊平原的冲、海积层厚 3~ 4 m, 下伏黄土质侵蚀面。据上述资料, 黄土质陡坎和埋藏侵蚀面分别是全新世中期最大海侵时海蚀崖和海蚀平台残余, 其间交线即当时海岸线, 在古岸线与下游河床间有相对高度约 2~ 3 m 的海蚀陡坎存在。

黄水河中游阶地、河漫滩和河床均由上更新统黄土状堆积物组成, 仅局部河段河漫滩和河床被薄层松散砂砾石覆盖(图 4)。黄土状堆积物的岩性为粉砂质粘土、粘土质粉砂, 近出山口处含有多量中、粗砂, 甚至散布有较大砾石; 黄土为灰黄色、黄褐色, 干后质地坚硬, 层理不发育, 但有垂直节理。该层在龙口盆地内部及周缘山前广布,¹⁴C 年代为 24~ 12 ka B. P.^{①②}, 正值末次冰期时的最低海面时期。北李庄 8 号钻孔埋深 2.0~ 1.8 m 处, 孢粉为藜属、蒿属、松属组合, 指示黄土沉积时自然环境为以草原为主的针叶林-草原植被^③; 盆地东南缘黄土冲沟剖面上部裂缝中, 可见有呈竖直产状、由已钙质胶结的粗砂、小砾石组成的板块(脉状)次生体, 其上又被黄土状堆积覆盖, 可能是寒冷气候条件下的古冰缘现象。粒度分布特征表明黄土为暂时性洪水成因, 显然不同于全新世以来大沽夹河冲积物(图 5)。冶基和黄城集两地河床次生腐根的¹⁴C 年代分别为 8 238 ± 280 a B. P. 和 2 455 ± 285 a B. P.(表 1), 表明现代黄水河中游河谷形成于 8 000 多年前以来, 目前裂点 P₁ 仍在继续蚀退过程中。因此, 现代黄水河阶地为侵蚀阶地, 阶地面为晚更新世末次冰期时的山前洪积扇面。

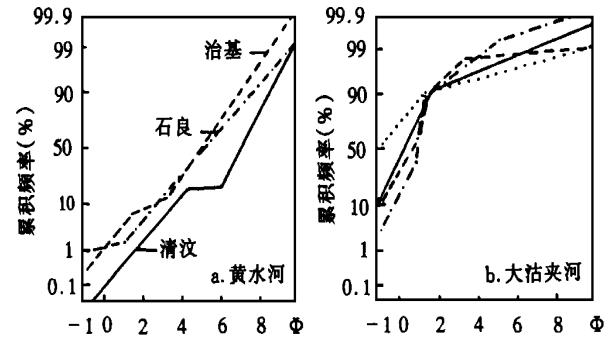


图 5 河流阶地沉积物粒度概率图
Fig. 5 The river terrace deposit's size probability graph

3 全新世以来河谷地貌发育分期

除注入渤海的黄水河、中村河等以外, 山东半岛东北部沿岸河流阶地砂砾石层均下伏有不同时代的河漫滩相泥炭, 其形成时代分别为 10 000 a B. P.、4 000~ 2 300 a. BP、1 600~ 1 500 a B. P.(表 1)。这 3 层泥炭沿河谷中下游连续分布, 是明显的标志层; 泥炭又被河床相砂砾石覆盖, 表明河床在达到或接近均衡状态后又发生堆积。根据¹⁴C 年代数据、河谷地貌与沉积结构, 把全新世以来山东半岛东北部河谷地貌发育划分为 3 个堆积期(I、II、III)和 3 个侵蚀期(I、II、III), 堆积期开始的年代分别为 10 000 a B. P.、4 000 a B. P.、1 600 a B. P., 侵蚀期开始的年代分别为 8 200 a B. P.、2 300 a B. P.、600 a B. P.(表 2)。

表 1 山东半岛东北部沿岸河谷泥炭¹⁴C 年代*
Table 1 The river valley's ¹⁴C ages of the Northeastern Shandong peninsula

编号	地 点	样品	标高(m)	河 流	¹⁴ C 年代(a B. P.)
1	龙口黄城集	腐根	23.5	黄水河	2 455±285
2	龙口冶基	腐根	8.5	黄水河	8 238±280
3	套子湾西南岸	泥炭	- 18.5	外夹河	10 310±260 ^[8]
4	烟台西珠岩	泥炭	6.2	外夹河	3 790±45
5	烟台旺远	泥炭	18.2	外夹河	2 340±75
6	牟平辛安庄	泥炭	5.3	辛安河	1 665±60
7	文登廐上	泥炭	2.2	廐上河	10 345±70
8	双岛湾外	泥炭	- 22.0	廐上河	9 295±170 ^[9]
9	威海泊于家	泥炭	12.0	十家河	1 590±135

* 本文提供的¹⁴C 年代均由北京大学考古系年代学实验室测定

表 2 全新世以来相对海面变化与河谷地貌发育分期
Table 2 The Holocene relative sea level change and the fluvial geomorphic development stages

相对海面变化	河谷堆积期开始时代	河谷侵蚀期开始时代
下降		III
600 a B. P.	III	600 a B. P. *
上升		
1 600 a B. P.	1 600 a B. P.	II
下降		
2 300 a B. P.	II	2 300 a B. P.
上升		
4 000 a B. P.	4 000 a B. P.	I
稳定		
6 000 a B. P.	I	
上升		
10 000 a B. P.	10 000 a B. P.	8 200 a B. P.

* 据裂点后退速率推算得

① 汉景泰. 蓬莱地区黄土成因探讨(学位论文). 北京: 中国科学院地质研究所. 1984
② 曲绵旭, 王文海主编. 龙口湾自然环境. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所. 1989
③ 国家海洋局第一海洋研究所. 海岸带地貌调查报告. 1984

黄水河、中村河河谷全新世以来仅有一个持续至今的侵蚀期 I, 裂点 P_1 和 P_2 之间河谷形成后没有明显的侵蚀或堆积发生。除黄水河、中村河外的其它河流, 按其长度、流域面积和输沙量可分为大、中、小三种类型, 大型河流仅有大沽夹河, 中型河流包括辛安河、鱼鸟河、平畅河、沁水河、十家河、汉河和温泉河等, 小型河流有廆上河、羊亭河和初村河等。对河流规模与河谷堆积期关系进行分析后发现, 不同规模河流之间河谷地貌发育有明显差异。全新世以来三个河谷堆积期大沽夹河均有, 辛安河等中型河流缺失 4 000~2 300 年前堆积期, 廆上河等小型河流 10 000 年以来仅有一个堆积期。

4 全新世以来河谷地貌发育与相对海面变化

野外观察、钻孔资料和粒度分析表明, 上述三期河谷堆积体均为厚度自下游向上游尖灭的楔状堆积体, 其垂直粒序为下粗上细。具有上述特征的河谷堆积地貌体被认为是海面上升时河谷溯源堆积的结果^[6~7]。以大沽夹河为例, 全新世早期海面上升导致河流发生溯源堆积, 到距今 4 000 年前下游河床才达到均衡状态, 其标志是形成阶地砂砾石层下伏的河漫滩相淡水泥炭。芝罘岛南岸泻湖沼泽相泥炭¹⁴C 年代为 $6\,050 \pm 150$ a B. P.^[8,9], 表明距今 6 000 年前相对海面就已趋于稳定, 因此相对海面上升结束 2 000 年后, 大沽夹河河床纵剖面才达到与上升后海面相适应的均衡状态。根据钻孔资料, 该时期大沽夹河形成的长条形河谷堆积体厚度下游大、上游小, 呈楔状嵌入 V 形基岩侵蚀河谷中; 从上述埋藏泥炭顶部¹⁴C 年代下游早、上游晚来看, 其上覆阶地砂砾石层开始堆积的时代下游早、上游晚, 堆积体呈下游厚、上游薄的楔形(图 6)。阶地面(即前述阶地砂砾石层顶面)沿河谷纵向坡度小于其下伏均衡沉积顶面坡度, 表明河谷对海面上升的堆积调整过程又为其后的相对海面下降终止, 河床纵剖面尚未达到均衡状态就发生溯源侵蚀。

裂点、阶地等地貌特征及河谷形成时代等表明, 全新世以来山东半岛东北部沿海地区河谷的 3 次侵蚀期均为溯源侵蚀, 但不同时代、不同河流溯源侵蚀的原因尚有差异。侵蚀期 I 仅见于黄水河和中村河, 黄水河下游治基附近河床次生腐根¹⁴C 年代为 $8\,238 \pm 280$ a B. P., 上游黄城集附近为 $2\,455 \pm 285$ a B. P., 裂点和阶地分布特征也表明此次侵蚀确为溯

源侵蚀, 但全新世早期相对海面变化以快速上升为特征, 显然溯源侵蚀期 I 的起因不是全新世以来的相对海面变化。根据前述河谷地貌沉积特征和¹⁴C 年代, 侵蚀期 I 是古黄水河、中村河在末次冰期低海面时开始的溯源侵蚀过程在全新世的继续; 埋藏裂点 P_2 实际上是古岸线与河床间的海蚀陡坎, 后因下游滩脊平原、河漫滩发育而被埋藏所成。侵蚀期 II、II 见于大沽夹河型河谷内, 其起因因为全新世后期的相对海面下降。

全新世以来河谷地貌发育表明, 山东半岛东北部全新世早期相对海面快速上升, 幅度约为 20 m, 平均速率约为 5 mm/a; 全新世中期(6 000~4 000 a B. P.) 相对海面基本稳定; 4 000 年前以来相对海面变化以波动式升降为特征, 有 2 个上升期、2 个下降期, 变化幅度为 2 m 左右, 变化速率约为 1~3 mm/a。

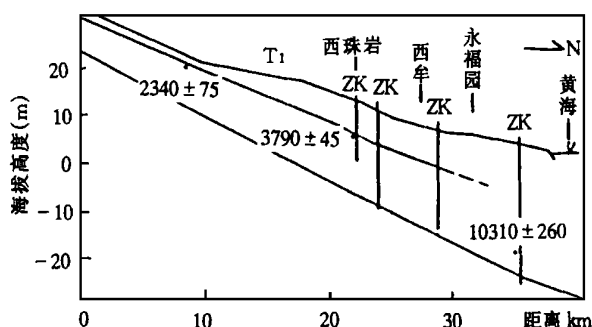


图 6 大沽夹河中下游河谷地貌与沉积结构

Fig. 6 The morphology and sedimental structure of the middle and low Dagujia River valley

5 全新世以来相对海面变化的河流地貌响应模式

(1) 大沽夹河模式

古大沽夹河在末次冰期低海面时开始的溯源侵蚀, 使现代大沽夹河中下游在全新世开始时已有深切的基岩侵蚀河谷, 河床纵剖面下游端低于现代海面约 20 m, 当时海岸线已位于现代河口附近。全新世以来相对海面上升时, 河流中下游河谷发生溯源堆积; 相对海面下降时, 则发生溯源侵蚀(图 7a)。山东半岛东北部除黄水河、中村河外, 其它河流的河谷地貌响应均符合此模式, 但不同规模河流仍有差别。大沽夹河具有较丰富输沙量, 因而其河床纵剖面在距今 6 000 年前相对海面趋于稳定后, 仅用 2

000 年就达到与海平面适应的均衡状态; 当距今 4 000 年前海面再次上升时又进入新的溯源堆积期, 此次溯源堆积期后因相对海面下降而终止, 河床未能达到均衡状态就开始溯源侵蚀, 形成现代河谷; 距今 1 600~ 600 年前溯源堆积期 II 发生于狭窄的 U 形谷内, 因而河床很快就达到均衡状态。中型河流在全新世最大海侵结束后 4 500 多年河床才达到均衡状态, 此后因海面上升又进入新的溯源堆积期。小型河流因输沙量有限, 全新世最大海侵结束以来从未达到均衡状态。

(2) 黄水河模式

晚更新世末干冷气候条件下黄水河发生洪积化, 来自上游的碎屑物质在龙口断陷盆地堆积, 形成山前洪积扇平原。全新世早期, 末次冰期低海面时开始的溯源侵蚀过程才逐渐达到黄水河下游, 现代侵蚀河谷开始形成。但是, 由于河谷切割深度很小, 下游河床海拔较高; 松散的黄土质岸线在全新世中期相对海面稳定后极易因海蚀而后退, 在下游河床和海蚀平台间形成陡坎, 使河谷成为海蚀崖上部的“悬谷”, 因此全新世中后期的相对海面升降没有改变河流的侵蚀—堆积状态。再者, 下输入海泥沙迅速被活跃的纵向泥沙流搬运走, 因而河口未向海大幅度延伸而导致中上游河谷发生溯源堆积。这样, 全新世期间中游河谷内无明显的侵蚀或堆积发生,

河谷仅起了流域产沙下输入海通道的作用(图 7b)。

除河谷地貌响应外, 河流还可能通过调整其河型来适应基准面变化^[6~7]。山东半岛东北部河流均为短小的山溪性河流, 其河道深受两侧基岩山地限制, 全新世以来的相对海面变化对河型调整的影响不明显。但是, 野外观测、遥感图像解译和地形图分析表明, 大沽夹河中游河型具有大型冲积平原上自由曲流的某些特点。现代大沽夹河中下游河岸, 除极个别基岩节点外, 均为全新世中、后期以来沉积的松散冲积砂砾石, 因而现代河道形成过程中基本不受基岩山地的影响。根据河谷地貌结构和¹⁴C 年代, 大沽夹河中下游河谷形成于 2 300~ 1 600 a B. P. 和 600 a B. P. 以来的相对海面下降期, 这表明全新世最大海侵结束以来相对海面下降时, 河流中下游在发生溯源侵蚀的同时, 其河型还可能发生曲流化。距今 2 300 a B. P. 以前的古河型, 只能从古冲积物粒度等沉积特征去推断。外夹河 4 000~ 2 300 a B. P. 加积期河床相冲积物的粒度分布特征较接近网状河, 表明相对海面上升时河道具有网状化趋势(图 5b)。

本文得到杨景春 陈吉余教授的指导, 深表谢忱。

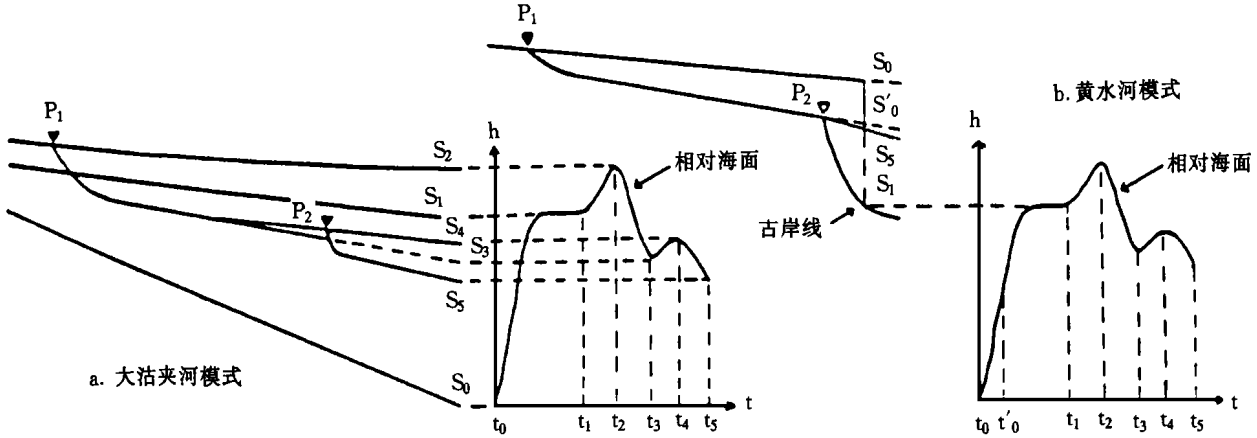


图 7 全新世以来河谷地貌响应模式示意图

Fig. 7 The sketch map of the model of the fluvial geomorphic response to the Holocene relative sea level change

参 考 文 献

- 1 Powell JW. Exploration of the Colorado River of the West. Washington, D. C. U. S. Gov. Printing Office, 1875. 291
- 2 Davis WM. Base-level, grade and peneplain. J. Geology, 1902, (10): 77– 111
- 3 Einsele G. Event deposits: the role of sediment supply and relative sea-level changes. Sed. Geology, 1996, (104): 11– 37
- 4 Muto T. Coastal fan processes controlled by sea level changes: a Quaternary example from the Tenryugawa fan system, Pacific coast of central Japan. J. Geology, 1987, (95): 716– 724
- 5 Muto T, et al. An illustration of a sea-level control model from a subsiding coastal fan system: Pleistocene Ogasayama formation, Central Japan. J. Geology, 1989, (97): 451– 463
- 6 Schumm SA. River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. J. Geology, 1993, (101): 279– 294
- 7 Wescott WA. Geomorphic thresholds and complex response of fluvial systems— some implications for sequence stratigraphy. A. A. P. G., 1993, (77): 1208– 1218
- 8 蔡克明. 烟台海湾成陆年代. 海洋科学, 1992, (2): 66
- 9 耿秀山, 等. 晚冰期以来山东沿岸的海面变动. 黄渤海海洋, 1987, (4): 38– 46

FLUVIAL GEOMORPHIC RESPONSE TO THE HOLOCENE RELATIVE SEA LEVEL CHANGES ALONG THE NORTHEASTERN SHANDONG PENINSULA

Wang Qing

(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research at ECN U Shanghai 200062)

ABSTRACT

To the same Holocene relative sea level (base level) changes along the Northeastern Shandong peninsula, different rivers have adopted two different geomorphic response ways. In the middle and lower Dagujia type river valleys, there are backfilling and headward erosion stages which accompanied relative sea level rising and falling stages respectively, and there are still differences among rivers with different scales. In the Huangshui type river valleys, no aggrading and incising stages, which resulted from the Holocene base level changes, have been found, and the valleys have only played a role of transporting the debris from the upper drainage basins into the sea. For the middle and lower Dagujia type rivers, the meandering and braided river systems have developed in response to the relative sea level falling and rising respectively.

Key Words: Holocene; Relative Sea Level Change; Base Level; Fluvial Geomorphic Response; the Northeastern Shandong Peninsula