

DOI: 10. 16562/j. cnki. 0256-1492. 2016. 06. 003

滦河冲积扇-三角洲的范围和类型及其演化

薛春汀^{1,2,3}

(1. 中国地质调查局 滨海湿地生物地质重点实验室, 青岛 266071;

2. 国土资源部 海洋油气资源和环境地质重点实验室, 青岛 266071;

3. 中国地质调查局 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:从晚更新世晚期(早于距今 15 000 年前)至大约距今 2 500 年前滦河从河北省迁安流出山区, 形成以迁安为顶点的老滦河冲积扇-三角洲, 大约 2500 年前滦河改道, 在迁安瓜村东北冲出断层破碎带, 夺青龙河, 形成以滦县为顶点的新滦河冲积扇-三角洲。全新世海侵最大边界为冲积扇和三角洲的分界, 该界限以北为老冲积扇和新冲积扇, 界限以南为老三角洲(陡河口至溯河口)和新三角洲(溯河口至现代河口北), 滦河冲积扇-三角洲的西界在迁安-陡河口, 新、老滦河冲积扇-三角洲的界限在滦县-滦南-溯河口, 曹妃甸岛是老三角洲废弃后仍然残留的障壁岛。滦河三角洲既具有河控三角洲的特点, 也有波控三角洲的特点, 但滦河三角洲海岸波能相当低, 显现出波控三角洲的特点是因为滦河入海泥沙粒度粗的原因, 将它归类于河控-波控三角洲更为合适。

关键词: 冲积扇-三角洲; 障壁岛; 河控-波控三角洲; 滦河

中图分类号: P736. 2

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2016)06-0013-10

冲积扇是锥型、低角度平缓倾斜(通常 $<5^{\circ}$)、位于河流从狭窄的山谷出山后宽阔的平原和谷地形成的松散沉积物堆积体, 那里河流突然摆脱了受山谷限制的状态, 在这一变化过程中坡度的变化并不重要, 冲积扇常常与快速的抬升区, 特别是垂向断裂活动区相伴生。它们常常形成于干旱至半干旱气候区, 但也形成于潮湿气候区^[1]。近河口处河流导出的陆上和水下海岸堆积体称作三角洲^[2]。冲积扇之前可以是平原、高原、宽阔的河谷、河流或者海洋。如果在直面海洋的情况下, 在河口附近, 形成潮坪和水下堆积体, 并逐步进积和加积, 冲积扇之前便发育三角洲, 从而形成冲积扇-三角洲。

滦河三角洲是我国研究得最早的三角洲之一。最初, 认为从滦县城向东至赤洋口为滦河三角洲的北界, 西界在滦县-滦南-柏各庄以西^[3]。稍后, 认为滦河冲积扇-三角洲东界(即原来三角洲的北界)从滦县东南行至刘台庄后折向北行至团林以北, 这一修正去掉了刘台庄以西大面积的平原地区, 但仍然包括七里海一带的海岸沙丘, 而西界没有修正。将这一滦河冲积扇-三角洲的北部称作冲积平原, 南部称作三角洲^[4], 这是首次将三角洲与北部的冲积扇

相区分(虽然当时没有称作冲积扇)。李从先等^[5]确定的滦河冲积扇-三角洲东界从滦县东南行至北石各庄后正东行至滦河口以北, 不包括七里海一带的海岸沙丘, 其西界为滦县-滦南-柏各庄, 然后沿 $118^{\circ}29'$ 向南延伸至海岸。在此范围内, 北部属于滦河冲积扇, 南部发育滦河三角洲(图 1), 这是第一次明确提出滦河冲积扇-三角洲这一概念。大港油田地质研究所等^[6]确定的滦河冲积扇-三角洲范围与李从先等^[5]的范围大体相当, 近几十年来大多依上述认识作为滦河冲积扇-三角洲的范围。

2007 年对滦河三角洲的范围提出不同的意见。滦河三角洲由两个大型三角洲体组成: 西部为大型三角洲体, 位于陡河口至溯河口之间; 东部为新大型三角洲体, 位于溯河口和现代滦河三角洲之间。曹妃甸、腰坨、草木坨、蛤坨等应形成于老三角洲体发育期^[7]。这种看法与以前的观点有所不同, 由于只是在讨论河海相互作用时提及的看法, 并没有说明这样划分的依据, 也没有图件显示滦河三角洲的范围。

本文根据已经发表的成果讨论滦河冲积扇-三角洲的范围、历史变迁、三角洲发育过程中障壁岛的形成和消失及滦河三角洲类型。由于作者赞同李从先等^[5]所确定的滦河冲积扇-三角洲东界, 故本文在讨论范围时只涉及以迁安为顶点, 南至陡河口-溯河口海岸这一带的归属问题。

基金项目: 渤海湾西部等重点海岸带综合地质调查 (DD20160144)

作者简介: 薛春汀(1937—), 男, 研究员, 从事海洋地质研究, E-mail: hdxuechunting@163.com

收稿日期: 2015-12-16; **改回日期:** 2016-04-29. 张光威编辑

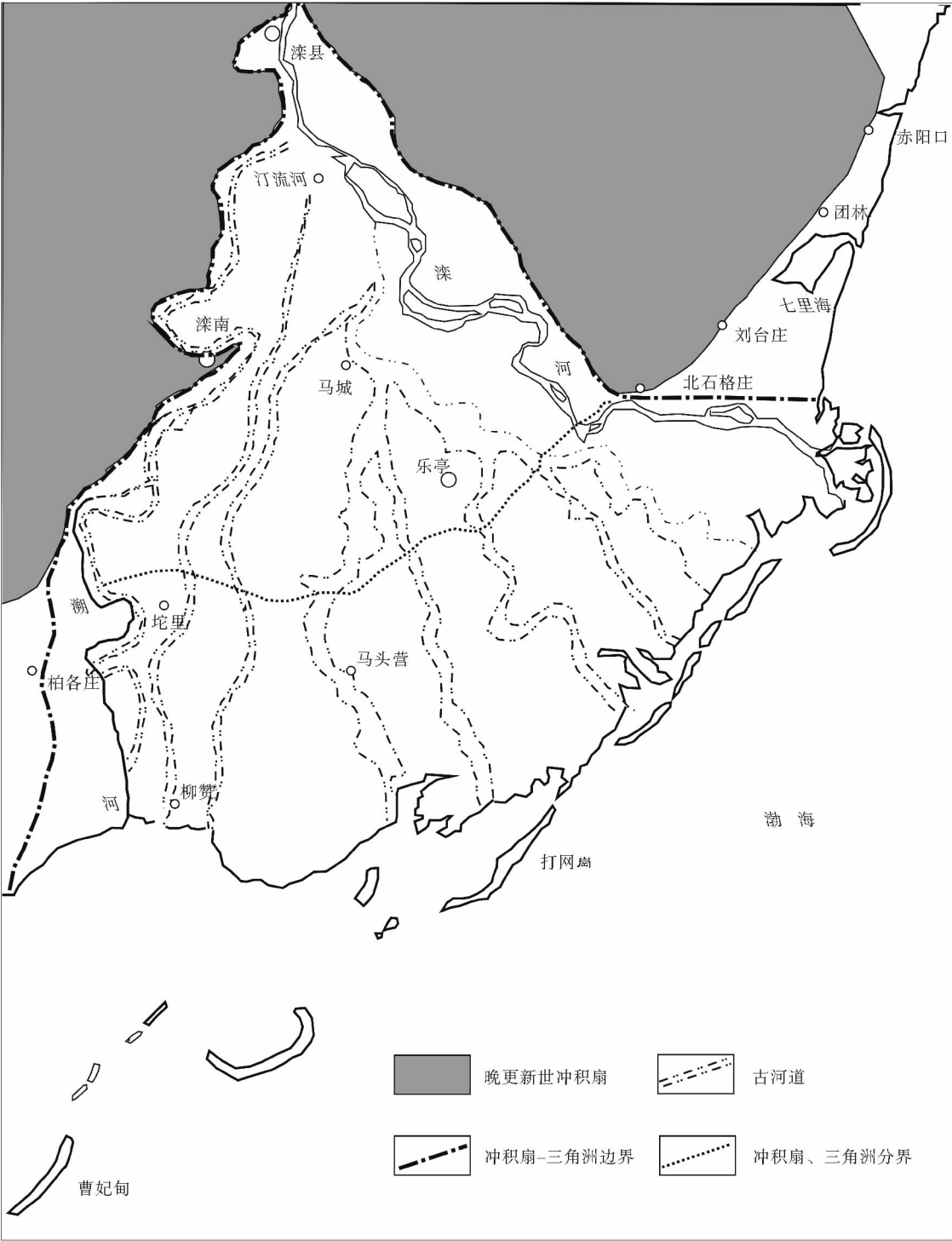


图 1 滦河冲积扇-三角洲(据文献[5]等)

Fig. 1 The commonly recognized Luanhe River fan-delta (reference [5])

1 三角洲的范围和组成

公元前 450 年古希腊历史学家希罗多德 (Herodotus) 将尼罗河口处三角形的冲积物分布地区称作希腊语 Δ (英语 delta, 汉语三角洲)。在近代地

质学中,将近河口处河流导出的陆上和水下海岸堆积体称作三角洲,它包括陆上三角洲平原(上三角洲平原和下三角洲平原)及水下三角洲。下三角洲平原位于低潮线和潮汐影响的范围之间,上三角洲平原位于三角洲顶点(分流河道经常决口的地点附近)至不受潮汐或海洋影响的部分,它基本上是河谷向

海方向的扩展和延伸以及其沉积物泛滥的范围,即被河流(分流)作用控制的范围,水下三角洲则指位于低潮线以下的三角洲堆积体^[2],这基本上是地貌学概念。根据这一定义陆上三角平原包括河口附近的潮坪,而水下三角洲不包括潮坪^[2,8-10]。上三角洲沉积物分布的范围受到其他河流河道、该三角洲废弃分流河道、自然高地或堤坝的限制,而入海后(包括进入潮坪环境),由于波浪、海流的作用沉积物扩散的范围要大得多,下三角洲平原和水下三角洲在平行海岸方向延伸的范围基本相同,明显地超过上三角洲的分布范围(图 2),这已经被现代黄河三角洲活动叶瓣的分布范围所证实^[11-12]。我国许多其他三角洲也具有这样的特点,长江三角洲上三角洲平原的南界在杭州湾北岸中部的全塘附近^[13],虽然至今还难以确定长江水下三角洲的南界到底在那里,但至少在 N30°以南^[14]。这样,至少浙江北部海岸的潮坪可以看做是长江三角洲的下三角洲平原,其范围远远地超过长江三角洲上三角洲平原的范围。

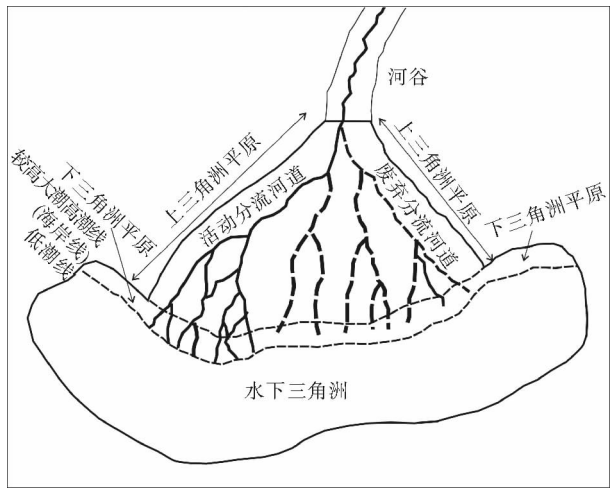


图 2 三角洲的范围和组成
(据文献[8]修改)

Fig. 2 Extents and components of a delta
(modified after reference[8])

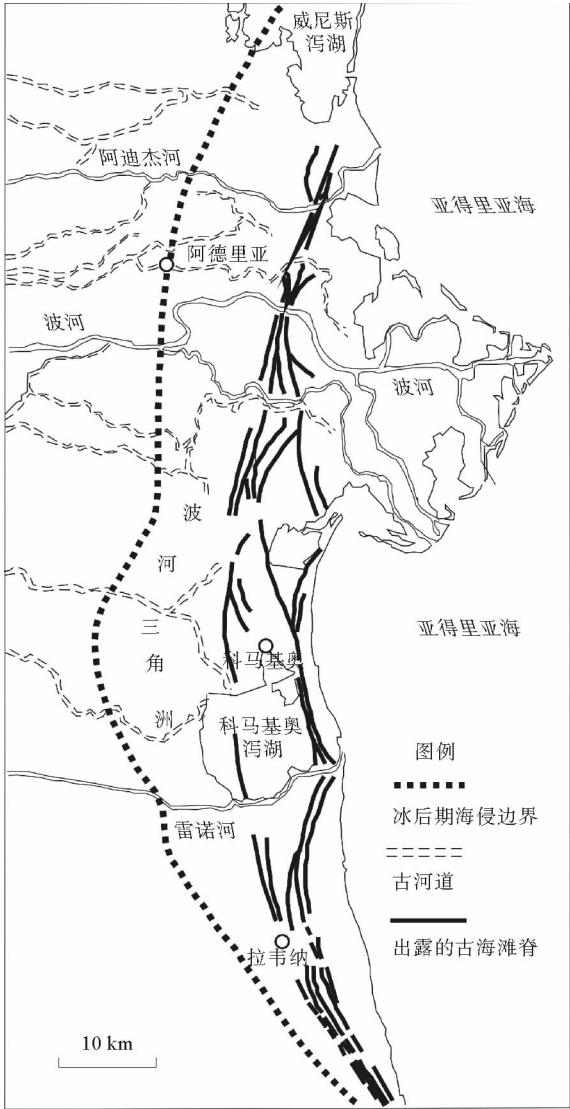
一些中文文献常常将三角洲划分为 3 个部分:三角洲平原或陆上三角洲,指的是上述的上三角洲平原;潮坪,即上述的下三角洲平原;及水下三角洲(与上述概念相同)。三角洲中的最重要界限是海岸线。从沉积环境,特别是所含生物遗体方面看,潮坪(下三角洲平原)更与低潮线以下的水下三角洲相近,却与上三角洲平原完全不同。尤其在钻孔岩心沉积环境分析时更是如此,很难将下三角洲平原与上三角洲平原划分为同一个大的沉积单元,毕竟,下

三角洲平原属于海洋沉积环境,而上三角洲平原属于陆地沉积环境。而且潮汐影响的范围这一界限,更接近海岸线的概念。无论是现场调查的感官印象,还是从地理图件上获得的位置,这一界限更容易确定。尽管作者认为中国地质学家对三角洲的三分法更有道理,然而国外的传统二分法概念已经应用多年,也没有什么大的不妥,为了与国外的划分保持一致,作者还是应用传统的国外学术界已经使用多年的概念。

然而,在很多情况下依据这一理想的、以地貌学为基础的定义来确定三角洲的范围是困难的,因为确定三角洲顶点很困难,或者完全做不到,而且常常没有必要。近几十年来在河口附近的海岸平原有了很多钻孔岩心,并进行了系统的研究,使得关于河口附近的三角洲范围有了另一种概念,那就是河流入海后泥沙堆积形成的三角洲沉积物的分布范围,这更倾向是地质学概念。越来越多的作者采用这一概念确定三角洲范围。诸如,有些河流在入海处没有明显的分流河道存在,也没有明显的分流河道摆动,很难将下游平原与三角洲平原区分开,如长江三角洲和淮河三角洲^[13,15],辽河三角洲也是这样。通过对若干钻孔的研究,河流入海泥沙沉积物分布范围更容易确定,也更合理。有些河流可能历史上的确存在分流和分流改道现象,但由于历史久远早期的分流河道已被后来的河流沉积物所覆盖,或者被人类改造而难于辨认,例如全新世黄河三角洲就是这样^[16]。有的三角洲是由多条河流共同形成的,如渤海南岸的潍河-弥河三角洲是由弥河、白浪河、潍河及胶莱河共同塑造的^[17],追溯各个河流分流位置的变迁更加困难。上述这些三角洲都是以河流入海泥沙堆积形成的三角洲沉积物分布范围作为三角洲的范围。如果全新世最大海侵以来一直发育这个三角洲,则以全新世海侵的最大范围的海岸线(大约在 7 000 cal. aBP)和现在的海岸线作为这一三角洲的范围,如意大利的波河三角洲^[18, 19](图 3),中国的长江三角洲^[13]。

如果一个三角洲是在某一三角洲形成之后发育至现在,则这一三角洲发育之前的海岸线和发育之后的海岸线作为三角洲的边界。7 000 cal. aBP 至 1128 年在苏北形成淮河三角洲,淮河本身像长江一样没有分流和分流改道现象。淮河三角洲是一个南北向狭长的三角洲,西界是海侵最大范围时的海岸线,东界是第二道砂堤东侧的海岸线^[15]。1128 年至 1855 年黄河夺淮在苏北入海形成苏北黄河三角洲,虽然有这一时期分流改道的记录,但并不完整,而且

受到人为控制^[20],很难根据分流河道的位置确定三角洲的范围,而且意义十分有限。通常以苏北第二道砂堤东侧 1128 年海岸线和现在的海岸线作为苏北黄河三角洲(平原)的范围^[21]。至于冲积扇-三角洲这一类型,则完全不能根据分流河道及沉积物泛滥的范围确定三角洲边界。因为导致三角洲叶瓣迁移的河道变迁大多发生在在冲积扇上,其三角洲的范围只能以下三角洲平原和水下三角洲沉积物的分布范围为依据确定,通常是以冰后期海侵边界来确定,例如滦河冲积扇-三角洲就是这样一种情况,全新世海侵边界以北为滦河冲积扇,以南为滦河三角洲(图 4)。



以全新世海侵最大范围和现在的海岸线为三角洲的范围。
在最大海侵边界与出露的古海滩脊之间有众多的埋藏
古海滩脊(据文献[18]修改)

图 3 波河三角洲

Fig. 3 The Po River delta plain

The postglacial transgression maximum is the landward boundary
of the delta plain-simplified (after reference [18])

2 老滦河三角洲的证据

2.1 陡河口至溯河口一带存在水下三角洲

陡河口至溯河口(唐海-南堡)一带是一片广阔的海岸低地,高程小于 5 m^[6, 22]。1956 年前是常受海水侵袭的滨海荒滩,地势低洼,土地含盐碱量较高,1956 年沿海岸修建了一条 161 km 的海堤,才防止了海水侵袭,使土壤含盐碱量降低^[23],显然,这是典型的海岸低地环境。第四系松散沉积物厚度达 500 m^[24],位于滦南县坨里钻孔深 260 m 左右,全部为第四系松散沉积物,共发现 4 个海相层,其中 120 m 以浅 3 个海相层,全新世海相层位于孔深 5 m 左右^[25],由此看来,坨里孔位于接近全新世最大海侵的边界线。距现今海岸 40 km 的宁河县岳龙及以东位于唐山市丰南区的油葫芦泊在地表之下发现有孔虫,表明全新世海侵已经到达那里^[26],全新世海侵到达坨里-黄各庄以北(图 4)。从这一海岸线至陡河口-南堡-溯河口海岸的距离为 17~33 km,由于海侵前,陆地地表北高南低,向南倾斜,南堡附近海洋沉积物必然更厚,没有水下三角洲沉积物是不可能将海岸线推进那样远的距离。

2.2 滦河供给了水下三角洲沉积物

滦河发源于河北省丰宁县西北的巴彦图古尔山麓,流经内蒙古高原、燕山山区后进入平原,在河北省乐亭县入渤海,全长 877 km,流域面积 444 900 km²。滦河上的潘家口水库于 1979 年 10 月开始蓄水。1929—1979 年年平均径流量 $4.72 \times 10^9 \text{ m}^3$,输沙量 $22.19 \times 10^6 \text{ t}$,含沙量 4.70 kg/m^3 (表 1)^[27]。滦河在迁西县城以北沿河流分布 4 级阶地,迁西县城以东只发育两级阶地,相当于城北的第 1 和第 2 级阶地。古滦河曾经从迁西向南延伸,而不是像现在这样在迁西城附近由南流改为正东流。由于在迁西城东十多千米处第 2 阶地沉积物中保存的古树 ¹⁴C 年龄为 $(13\ 000 \pm 200) \text{ aBP}$,曾认为在迁西改道东流的时间是比 13 000 年前还要早,迁安县沙岭村冲积扇地表之下 2~3 m 泥质粉砂中的古木 ¹⁴C 年龄为 $(15\ 245 \pm 230) \text{ aBP}$ ^[28],据此可以推测,滦河在迁西改道东流的时间比 15 000 年前还要早。以迁安为顶点的冲积扇上分布着呈扇状分布的若干古河道,向南延伸到接近全新世海侵边界,之南由于农业和养殖业的开发古河道变得不清楚。从古河道分布的方向判断,这一时期的冲积扇可以西到沙河,没有

之西的蓟运河到达这里的迹象,表明陡河口至溯河口(唐海-南堡)一带的全新世海洋沉积物正是由滦河供给的。也就是说迁安至陡河口-溯河口是老滦河冲积扇-三角洲;黄各庄-坨里以南广阔的海岸低地是老滦河三角洲,以北则是老滦河冲积扇(图 4)。

后来滦河侵蚀下切迁安东南、瓜村东北的断层破碎带,夺得了原青龙河的下游河道,形成以滦县为顶点的冲积扇,改道的时间推测大约在全新世初^[28]。问题是全新世海侵边界为黄各庄北至坨里北的海岸线,自 7 000 cal. aBP 以来向前推进 17~33 km,只有存在三角洲海岸线才有可能这样大幅

度的推进。根据古河道判断,这个三角洲只可能是滦河形成的,在瓜村东北的改道的时间只是推测为全新世初,并没有可靠的年代学证据^[28],如果改道的时间更晚,是在 7 000 cal. aBP 以后的某一时间,一切问题便迎刃而解。考虑到改道前形成的三角洲成陆面积比改道后的成陆面积还要大,而战国时期(公元前 475-221 年)以前人类活动影响较小,从战国开始人类活动导致的水土流失加剧,而且越来越严重,推测这次改道发生在 2 500 年前左右,大约 2 500 cal. aBP 以来形成以滦县为顶点的新滦河冲积扇-三角洲(图 4)。

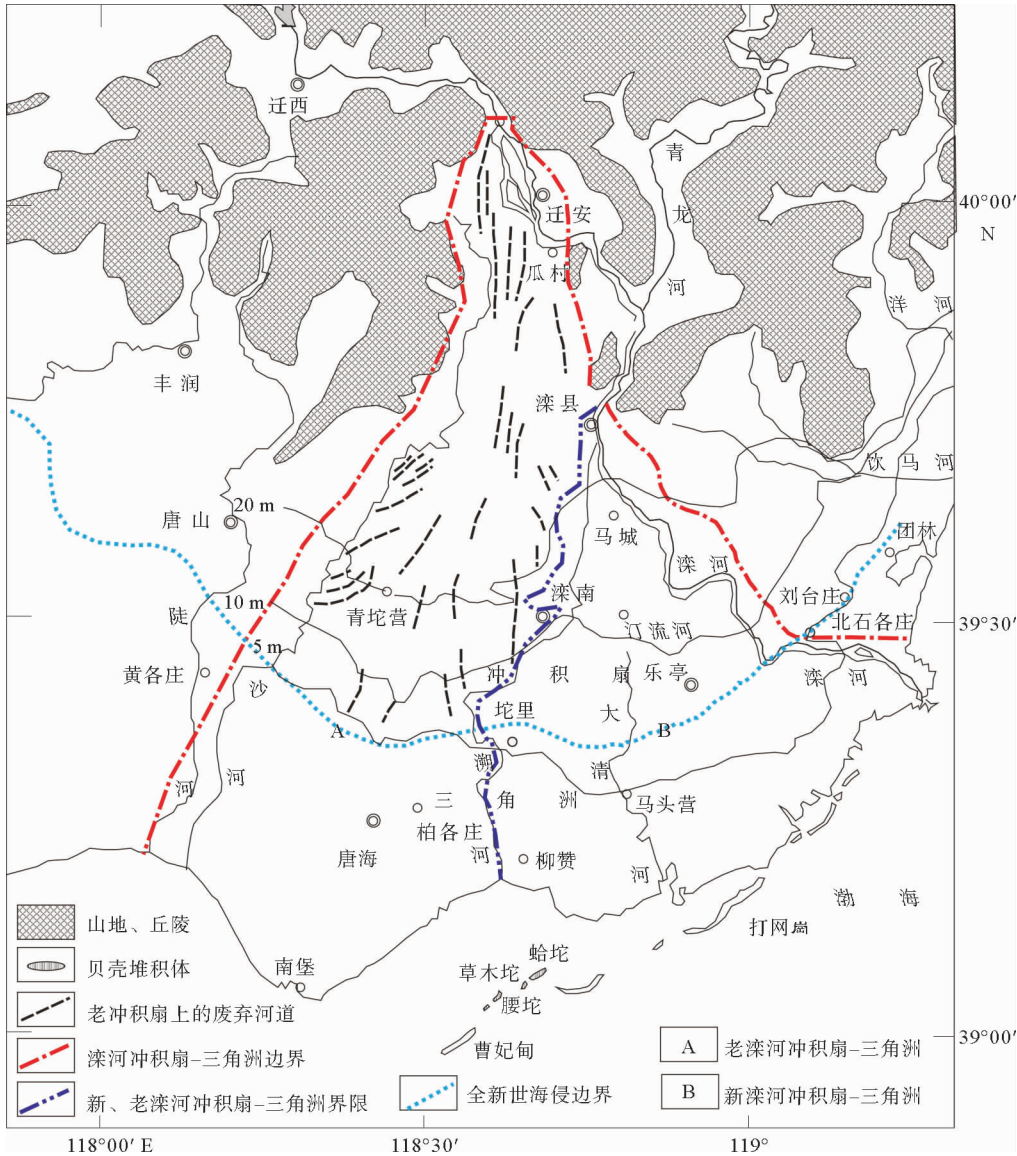


图 4 滦河冲积扇-三角洲(老冲积扇上的废弃河道,据高善明,(1987)^[28])

Fig. 4 Luanhe River fan-delta

2.3 滦河老三角洲废弃后形成曹妃甸障壁坝岛

从滦河口至曹妃甸滨外坝大致为 NE—SW 方向延伸,距大陆海岸线 1~20 km 不等,自东北向西南越来越远,障壁岛之间的水道越来越宽。三角洲的分流河道废弃后其外侧的砂坝一方面向陆地方向迁移,另一方面逐渐变得平直,而潟湖则因三角洲平原的沉陷和潮沟的溯源侵蚀而逐渐增宽^[29],这一解释是正确的。只是当时认为滦河三角洲西界在柏各庄以南,溯河口以西不远,最老的三角洲叶瓣在柳赞一带,在曹妃甸地区形成三角洲,其废弃后形成曹妃甸障壁坝岛,这一点值得商榷。

密西西比河三角洲叶瓣废弃后由于波浪作用和地面下沉在外侧形成呈弧形延伸的障壁岛,如尚德卢尔群岛(Chandeleur Islands)。这一弧形线上的每个沙岛的延伸方向大致与废弃海岸方向平行,而不与废弃后的大陆海岸垂直或很大的交角。这些障壁岛最终将在波浪作用下消失,典型的河控三角洲,只要有足够的砂就可以形成障壁岛^[30-31]。曹妃甸岛向海一侧受到波浪的作用出现侵蚀陡坎,岛屿面积缩小^[29],曹妃甸沙岛与南堡-溯河口海岸大致平行。曹妃甸岛距离柳赞太远,岛屿延伸方向与柳赞一带海岸交角很大,柳赞三角洲叶瓣废弃后形成曹妃甸岛不太可能。对比密西西比河三角洲叶瓣废弃后的地质作用,可以推测,陡河口至溯河口老滦河三角洲

废弃后早期可能形成过一个弧形的障壁岛群,西侧的较老,已经消失,位于东南侧的曹妃甸岛是老滦河三角洲废弃后形成并惟一留存的障壁岛。如果没有人类干预,最终也将消失(图 4),这样解释较为合理。

3 关于滦河波控三角洲

滦河流域中山区面积占整个流域面积的 98%^[27],是中国东部较大入海河流中,山区面积占整个流域面积比例最大的。潘家口水库 1979 年 10 月开始蓄水,1929 年至 1979 年代表接近自然状态下的滦河入海输沙量仅次于黄河、长江和珠江,入海的含沙量仅次于黄河,可见滦河是入海输沙量和含沙量很高的河流^[27, 32-36](表 1)。滦河口的障壁坝沉积物主要为细砂,中砂含量为 10%~20%。三角洲前缘为细砂和粉砂质细砂^[37],可以推测,滦河入海泥沙是中国各主要河流入海泥沙中最粗的。根据遥感资料和历史记载已经判断出自 14 世纪以来的河道变迁,700 年的时间至少改道 4 次,可见改道的频繁程度^[29],正是这些发生在冲积扇上的改道,形成了一个三角洲叶瓣,这与一般的三角洲(如现代黄河三角洲)的分流改道形成不同的三角洲叶瓣是不一样的。

表 1 中国主要入海河流水文状况
Table 1 Hydrology of the China major rivers entering the sea

河流	流域面积 /10 ⁴ km ²	测站	控制面积 /10 ⁴ km ²	径流量 /10 ⁸ m ³	输沙量 /10 ⁸ t	含沙量 /(kg/m ³)	测量 年代	文献
长江	180	大通	170.54	9051	4.33	0.486	1950—2000	文献[32]
黄河	75.22	利津	75.19	464	13.22	28.50	1950—1959	文献[33]
珠江	45.07			3 283.00	0.873 5	0.108~0.319	1954—1980	文献[34]
辽河	19.95	六间房	13.65	27.50	0.088 9	3.23	1954—1979	文献[35]
海河	21.11	海河闸	21.11	98.7	0.080 3	0.81	1919—1956	文献[36]
滦河	4.449	滦县	4.369	47.2	0.221 9	4.70	1929—1979	文献[27]
				18.4	0.0103	0.56	1980—1987	

表 2 秦皇岛海域各向波浪要素(1980—2003 年)(据文献[38])
Table 2 Wave elements in sea area of Qinhuangdao (1998—2003)

波向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	平静
平均波高/m	0.3	0.6	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	
最大波高/m	1.3	1.5	2.6	2.8	2.8	1.9	3.5	3.0	2.1	1.8	1.5	1.4	1.5	0.8	0.8	1.2	
出现频率/%	0.78	1.22	3.33	5.68	8.60	6.25	6.42	6.40	18.69	11.87	6.12	4.86	2.85	0.55	0.42	0.39	15.57

渤海是一个半封闭的海湾,周边大部分被陆地环绕,风浪是该区的主要类型,涌浪的影响很弱,距离滦河口较近的秦皇岛平均潮差 66 cm,最大潮差 376 cm (1980—2002 年)。据 1972—1985 年秦皇岛站测量数据,主要波浪方向为 S 向和 SE 向,这两个方向平均波高 0.5~0.6 m;NE 向平均波高最大,为 0.8 m;次为 ENE 向,为 0.7m;其他方向为 0.3~0.6 m,最大波高极值 3.5 m(表 2)^[38]。

滦河口的波能显然比黄海和东海各河口的波能都要低,就是与渤海内的主要河口比较起来也不算高。考虑与面向海岸方向的波浪强度相比,只比辽河口高,比海河口略低,比黄河三角洲沿岸和莱州湾南岸都低^[39-40]。滦河口波能并不高,但却被认为是波控三角洲^[41-42],波控三角洲发育在高波能海岸。位于西非海岸面向大西洋的塞内加尔三角洲 (Senegal River delta) 通常被认为是典型的波控三角洲^[2, 43],那里海岸常年存在来自大西洋南南西方向的波浪,浪高 0.5~1.5 m^[44]。面向宽阔的孟加拉湾、印度东海岸的戈达瓦里河冲积扇-三角洲 (Godavari River fan-dela) SW 向浪高约 2 m, NE 向约 2 m;风暴期间浪高大于 3~4 m^[45]。显然,滦河三角洲的波能比塞内加尔三角洲及戈达瓦里河三角洲低得多。

滦河输沙量大,含沙量高,7 000 cal. aBP 以来形成的滦河三角洲陆地面积相当大,河道多次在冲积扇上摆动形成许多叶瓣,现在的活动叶瓣向海突出,从这些特点来看具有河控三角洲的特点。然而,河口外明显地发育障壁坝—潟湖体系,又显示波控三角洲的特点,但河口并没有高波能环境。实际上,河口外沙坝的形成需要有一定强度的波浪外,入海泥沙粒度的粗细起着重要的作用。当粒度比较粗,砂的比例较高时,即便波能并不高,也明显地表现出波浪控制的特点。可见入海泥沙的粒度对于三角洲类型的划分有多么重要。毕竟滦河口外波能低,综合起来滦河三角洲应该属于河控-波控三角洲。

4 滦河三角洲的演化

大约在晚更新世末期至大约 2 500 年前滦河在河北省迁安离开山区形成冲积扇,并形成 7 000~2 500 aBP 前的老滦河冲积扇-三角洲。冲积扇上的滦河河道变迁主要是由西向东,较老的三角洲叶瓣位于陡河口至溯河口海岸的西段,较新的位于东段,因沉积物压实下沉和波浪作用海岸后退至现在的位置。由于年代久远,海岸西段形成的障壁坝岛,在波

浪作用下早已经消失;东段大部分障壁坝也已消失,惟一留下的曹妃甸岛在人工造陆前也在逐渐变小。蛤坨、草木坨、腰坨属于贝壳堆积体,与曹妃甸沙岛性质完全不同^[29],其年代也要年轻得多(图 4)。

大约在 2 500 年前滦河在瓜村(位于迁安南)东北冲破断层破碎带,在滦县城附近离开山地,形成以滦县为顶点的新滦河冲积扇-三角洲。由于改道频繁,沿海岸分布的各个叶瓣是公元 14 世纪以来形成的,应该属于叶瓣自西向东的第二轮变迁^[6],打网岗等沙岛就是这些叶瓣废弃后形成的障壁坝岛(图 4)。

全新世海侵边界即为冲积扇和三角洲的界限,大约在黄各庄-坨里-北石各庄一线。此线接近 5 m 等高线。此线以北为滦河冲积扇,坡度较陡;此线以南为滦河三角洲,坡度平缓。显示依据海洋沉积物分布划分的界限与依据地貌划分的冲积扇、三角洲的界限大体一致(图 4)。

5 结论

(1)7 000~2 500 cal. aBP 发育以迁安为顶点的老滦河冲积扇-三角洲,大约 2 500 年前以来发育以滦县为顶点的新滦河冲积扇-三角洲。整个滦河冲积扇-三角洲的西界在迁安-陡河口,新老滦河冲积扇-三角洲的界限在滦县-滦南-溯河口,两个冲积扇顶点至全新世海侵最大边界为冲积扇,海侵边界至现在的海岸线为滦河三角洲。

(2)从地貌形态看,滦河三角洲既具有河控三角洲的特点,也有波控三角洲的特点。滦河三角洲海岸位于渤海内,波能相当低,但滦河入海泥沙量高,粒度粗,显示波控三角洲的特点,即它是一个河控-波控三角洲。

参考文献 (References)

[1] Bull W B. Recognition of alluvial-fan deposits in the stratigraphic record [C]//Society of Economic Paleontology and Mineralogy. Special Publication, 1972, 19: 290-303.

[2] Wright L D. River Deltas[C]// Coastal Sedimentary Environments. New York: Springer-Verlag, 1985: 1-76.

[3] 高善明. 全新世滦河三角洲的沉积模式[J]. 地理学报, 1981, 36(3): 303-314. [GAO Shanming. Facies and sedimentary model of the Luanhe River delta[J]. Acta Geographica Sinica, 1981, 36 (3): 303-314.]

[4] 高善明. 对滦河三角洲一些补充和再认识[J]. 地理学报, 1982, 37 (4): 424-426. [GAO Shanming. Supplement and new recognition on Luanhe River delta[J]. Acta Geographica

- Sinica, 1982, 37 (4): 424-426.]
- [5] 李从先,陈刚,王传广,等. 论滦河冲积扇-三角洲沉积体系[J]. 石油学报, 1984, 5 (4): 29-36. [LI Congxian, CHEN Gang, WANG Chuanguang et al. On the Luanhe River alluvial fan-delta complex[J]. Acta Petrolei Sinica, 1984, 5 (4): 29-36.]
- [6] 大港油田地质研究所,海洋石油勘探局,同济大学海洋地质研究所. 滦河冲积扇—三角洲沉积体系[M]. 北京:地质出版社, 1985. [Geologic Institute of Dagang Petroleum Field, Marine Petroleum Exploration Bureau, Marine Geology Institute of Tongji University. Luanhe River Alluvial Fan-delta Sedimentary System [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.]
- [7] 王颖,傅光翻,张永战. 河海交互作用沉积与平原地貌发育[J]. 第四纪研究, 2007, 27 (5): 674-689. [WANG Ying, FU Guanghe, ZHANG Yongzhan. River-sea interactive sedimentation and plain morphological evolution[J]. Quaternary Sciences, 2007, 27 (5): 674-689.]
- [8] Colman J M, Wright L D. Analysis of Major River System and Their Deltas, Procedures and Rationale, with Two Examples [M]. Louisiana State University, Coastal Studies Institute. Technical Report, 95, 1971.
- [9] Colman J M, Prior D B. Deltaic Sand Bodies[M]. American Association of Petroleum Geologists Continuing Education Course, 1980.
- [10] Penland S, Kulp M A. Deltas[C]// Encyclopedia of Coastal Sciences. Dordrecht: Springer, 1985: 362-374.
- [11] 李广雪,薛春汀. 黄河水下三角洲沉积厚度、沉积速率及砂体形态[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1993, 13 (4): 35-44. [LI Guangxue, XUE Chunting. Sediment thickness, sedimentation rate and silt body shape of the Yellow River subaqueous delta lobe[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1993, 13 (4): 35-44.]
- [12] 薛春汀. 现代黄河三角洲叶瓣的划分和识别[J]. 地理研究, 1994, 13 (2): 59-66. [XUE Chunting. Division and recognition of modern Yellow River delta lobes[J]. Geographical Research, 1994, 13 (2): 59-66.]
- [13] 李从先,汪品先. 长江晚第四纪河口地层学研究[M]. 北京:科学出版社, 1998. [LI Congxian, WANG Pinxian. Late Quaternary Stratigraphy in Yangtze River delta[M]. Beijing: Science Press, 1998.]
- [14] 陈中原,许世远,严钦尚. 全新世长江水下三角洲沉积相的研究[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22 (1): 29-36. [CHEN Zhongyuan, XU SHiyuan, YAN Qinshang. Sedimentary facies of Holocene subaqueous Changjiang River delta [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1991, 22 (1): 29-36.]
- [15] 薛春汀,刘健,孔祥淮. 全新世淮河三角洲初步研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30 (5): 892-901. [XUE Chunting, LIU Jian, KONG Xianghuai. Preliminary study of Holocene Huaihe River delta on west coast plain of Yellow Sea, China[J]. Quaternary Sciences, 2010, 30(5): 892-901.]
- [16] Xue C T. Historical change in the Yellow River delta, China [J]. Marine Geology. 1993, 113: 321-330.
- [17] 薛春汀,丁东. 渤海莱州湾南岸潍河-弥河三角洲:沉积序列和沉积格架[J]. 地理科学, 2008, 28 (5): 672-676. [XUE Chunting, DING Dong. Weihe River-Mihe River delta in south coast of Bohai Sea, China: sedimentary sequence and architecture[J]. Scientia Geographica Sinica, 2008 (5): 672-676.]
- [18] Bondesan M, Favero V, Vinals M J. New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene[J]. Quaternary International, 1995, 29/30: 105-110
- [19] Correggiani A, Cattaneo A, Trincardi F. The modern Po Delta system: lobe switching and asymmetrical prodelta growth [J]. Marine Geology, 2005, 222-223: 49-74.
- [20] 张忍顺. 苏北黄河三角洲及滨海平原的成陆过程[J]. 地理学报, 1984, 39 (2): 174-184. [ZHANG Renshun. Land-forming history of the Huanghe River delta and coastal plain of the North Jiangsu[J]. Acta Geographica Sinica, 1984, 39 (2): 174-184.]
- [21] 薛春汀,周永青,朱雄华. 晚更新世末至公元前7世纪的黄河流向和黄河三角洲[J]. 海洋学报, 2004, 26 (1): 48-61. [XUE Chunting, ZHOU Yongqing, ZHU Xionghua. The Huanghe River course and delta from end of the Late Pleistocene to the 7th century BC[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26 (1): 46-61.]
- [22] 牛永君,王艳萍. 唐海湿地功能研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7: 2610-2613. [NIU Yongjun, WANG Yanping. Research of Tanghai wetland function[J]. Science, Technology and Engineering, 2007, 7: 2610-2613.]
- [23] 牛永君,张义文,马秀峰. 唐海湿地动态变化研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35: 5261-5263. [NIU Yongjun, ZHANG Yiwen, MA Xiufeng. Research on wetland dynamic variation in Tanghai[J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2007, 35: 5261-5263.]
- [24] 陈望和,倪明云. 河北第四纪地质[M]. 北京:地质出版社, 1987: 34-75. [CHEN Wanghe, NI Mingyun. Quaternary Geology of Hebei Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 34-75.]
- [25] 李元芳,高善明,安凤桐. 滦河三角洲地区第四纪海相地层及其古地理意义的初步研究[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13: 433-439. [LI Yuanfang, GAO Shanming, AN Fengtong. A preliminary study of the Quaternary marine strata and its paleogeographic significance in the Luanhe delta region [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1982, 13: 433-439.]
- [26] 李元芳,高善明,安凤桐. 渤海湾西北岸全新世海侵问题[J]. 海洋湖沼通报, 1982(3): 32-33. [LI Yuanfang, GAO Shanming, AN Fengtong. Holocene transgression in northwestern coast of Bohai Bay[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1982(3): 32-33.]
- [27] 钱春林,任美镔. 引滦工程对滦河下游水文及河道的影响[J]. 海河水利, 1991(4): 10-16. [QIAN Chunlin, REN Meie. Effects of water conservancy projects on hydrology and channel of lower Luanhe River[J]. Water Conservancy of Haihe River, 1991(4): 10-16.]
- [28] 高善明. 第四纪以来滦河中下游水系变迁[J]. 地理集刊,

1987(18): 52-63. [GAO Shanming. Quaternary changes of Luanhe River middle and lower channel[J]. *Memoirs of Geography*, 1987(18): 52-63.]

[29] 李从先,陈刚,王利. 滦河废弃三角洲和沙坝-泻湖沉积体系[J]. *沉积学报*, 1983, 1(2): 60-71. [LI Congxian, CHEN Gang, WANG Li. The abandoned deltas of the Luanhe River and the barrier-lagoon sedimentary systems[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1983, 1(2): 60-71.]

[30] Penland S, Boyd R. Shoreline changes on the Louisiana barrier coast[J]. *IEEE, Oceans*, 1981, 81: 209-219.

[31] Penland S, Suter J R, Boyd R. Barrier island arcs along a abandoned Mississippi River deltas [J]. *Marine Geology*, 1985, 63: 197-233.

[32] 王金军, 贺宝根. 长江输沙与河口冲淤变化关系[J]. *上海师范大学学报: 自然科学版*, 2000, 34(4): 96-100. [WANG Jinbao, HE Baogen. Research on the relationship between sediment transportation of the Yangtze River and erosion-deposition variation of the Yangtze Estuary[J]. *Joiurnal of Shanghai Normal University -Natural Sciences*, 2000, 34(4): 96-100.]

[33] 陈先德. 黄河水文[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996: 71-86. [CHEN Xiande. *Hydrology of Yellow River* [M]. Zhengzhou: Yellow River Water Conservancy Press, 1996: 71-86.]

[34] 王文介. 华南入海河流泥沙及其对海岸和陆架的影响初探[J]. *泥沙研究*, 1986(4): 27-36. [WANG Wenjie. The effect of sediment loads discharged by the rivers in South China on the coast and shelf[J]. *Journal of Sediment Research*, 1986(4): 27-36.]

[35] 王玉广, 何宝林. 辽东湾北部浅海区现代冲淤动态分析[J]. *海洋湖沼通报*. 1993(4): 13-19. [WANG Yuguang, HE Baolin. Modern erosion and accumulation trends of the north shallow region of Liaodong Bay[J]. *Transections of Oceanology and Limnology*, 1993(4): 13-19.]

[36] 温随群, 邢焕政. 海河口水沙特征及运动规律分析[J]. *海河水利*, 2004(2): 28-31. [WEN Suiqun, XING Huanzheng. Hydrology of Haihe River mouth[J]. *Water Conservancy of Haihe River*, 2004(2): 28-31.]

[37] 李从先, 李萍, 王利, 等. 现代滦河三角洲沉积相组合[J]. *地质科学*, 1985(2): 202-210. [LI Congxian, LI Ping, WANG Li, et al. Facies assemblage of present Luanhe delta[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1985(2): 202-210.]

[38] 河北省国土资源厅. 河北省海洋资源调查与评价 综合报告 [M]. 北京: 海洋出版社, 2007: 85-129. [Department of Land and Resources of Hebei Province. *Investigation and Evaluation of Marine Resources of Hebei Province*, Technical Report[M]. Beijing: China Ocean Press, 2007: 85-129.]

[39] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志, 第十四分册(重要河口)[M]. 北京: 海洋出版社, 1998. [Editorial Board of Bays of China. *Bays of China*, Part 14 (Main River mouths)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1998.]

[40] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志 第三册(山东半岛北部和江苏省海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 1-82. [Editorial Board of Bays of China. *Bays of China*, Part 3[M]. Beijing: China Ocean Press, 1991: 1-82.]

[41] 许世远, 陈中原. 中国大河三角洲发育的共同性和差异性[J]. *地理学报*, 1995, 50(6): 481-490. [XU Shiyuan, CHEN Zhongyuan. Similarity and discrepancy of major delta process on eastern coast of China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(6): 481-490.]

[42] 李从先, 王强, 范代读. 海洋三角洲沉积 [C]//中国沉积学. 北京: 石油工业出版社, 2013: 812-905. [LI Congxian, WANG Qiang, FAN Daidu [C]// *Sedimentology of China*. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013: 812-905.]

[43] Anthony E J. Wave influence in the construction, shaping and destruction of river deltas: A review[J]. *Marine Geology*, 2015, 361: 53-78.

[44] Anthony E J. Beach-ridge development and sediment from West Africa[J]. *Marine Geology*, 1995, 129: 175-186.

[45] Rao K N, Saito Y, Nagakumar et al. Palaeogeography and evolution of the Godavari delta, east coast of India during the Holocene: An example of wave-dominated and fan-delta settings[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015, 440: 213-233.

EXTENTS, TYPE AND EVOLUTION OF LUANHE
RIVER FAN-DELTA SYSTEM, CHINA

XUE Chunting^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Coastal Wetland Biogeosciences, China Geological Survey, Qingdao 266071, China;

2. Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China;

3. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: The Luanhe River ran off the mountain area at Qian'an, Hebei Province before about 2500 years ago and then formed the old Luanhe Rive fan-delta with its apex at Qian'an (7000-about 2500 cal. aBP). About 2500 years ago the Luanhe River changed its channel and formed the young Luanhe River fan-delta with its apex at Luanxian (2500 cal aBP). The western boundary of the Luanhe Rive fan-delta is located at Qian'an-the Douhe River mouth. The boundary between the old and young fan-deltas is at Luanxian-Luan-nan-the Suhe River mouth. The Luanhe River has high sediment discharge and concentration when it enters the sea, and its channel shifted for several times on the alluvial fan, forming many deltaic lobes in lo-bate shape. The deltaic coast is an low wave energy environment. Because barrier islands form off the mouth, the delta looks like a wave-dominated delta, which is closely related with coarser sediments-sand. The Luanhe River delta, in fact, is a river-wave dominated delta.

Key words: fluvial fan-delta; barrier island; river-wave dominated delta; Luanhe River