

DOI: 10.3724/SP.J.1140.2014.06171

渤海地貌类型及分布特征

徐晓达^{1,2}, 曹志敏¹, 张志珣², 王中波²

(1. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 青岛 266100;

2. 国土资源部 海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:渤海属于中国封闭的陆架浅海, 主要由辽东湾、渤海湾、莱州湾、渤中洼地以及渤海海峡组成, 总称“三湾一峡一盆地”, 通过对相关地区区域地质调查所获取资料的整理和研究, 同时结合前人的工作成果, 对渤海的地貌类型进行了重新的厘定和分类, 将渤海分为三级地貌类型 8 种, 四级地貌形态 4 种。同时根据表层沉积物的分布特征, 并且结合渤海沿岸河流的输沙、沿岸流的作用及波浪对海岸带的影响, 对于渤海不同地貌类型分布特征进行了圈定。

关键词: 地貌类型; 分布特征; 渤海

中图分类号: P736.22

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2014)06-0171-09

1 区域地质背景

渤海是一个封闭的陆架浅海, 其东面有渤海海峡与北黄海连通, 其余三面被我国的辽宁、河北、天津和山东包围, 面积约为 7.8 万 km², 渤海主要由五部分组成, 分别为辽东湾、渤海湾、莱州湾, 三湾围绕着渤中洼地以及渤海海峡。总体呈“三湾一峡一盆地”的地貌格局。辽东湾位于渤海的北部, 呈 NNE 向延展, 湾口以河北的大清河口与辽宁的老铁山岬连线为其南界, 湾顶东起盖县, 西至小凌河口, 为淤泥质海岸, 地形整体从湾顶及两岸向中央倾斜, 等深线基本平行于岸线, 但坡度极缓(图 1)。在辽东湾的东南部发育有 7 条等深线呈指状排列的地形, 就是著名的辽东浅滩。渤海湾位于渤海西部, 东部以河北的大清河口与山东半岛北岸的老黄河口连线为界, 渤海湾内的海底地形由湾顶向渤海中央倾斜, 湾内水深较浅, 通常小于 20 m。莱州湾位于渤海的南部, 由黄河口与山东半岛龙口的砣矶岛的连线作为其北界, 湾内地形平坦, 略向渤海中央倾斜, 水深通常小于 15 m。渤中洼地近四边形, 地形平坦, 水深多为 20~30 m, 由于渤海四周几乎被大陆所包围, 并有黄河、滦河、六股河、辽河等河流, 每年都带来大

量的陆源物质, 除就近沉积于河口及湾内以外, 其余部分则被漂移至渤海中央洼地, 最终在此沉降下来。渤海海峡位于辽东老铁山至山东蓬莱之间, 宽约 104.3 km。庙岛群岛由约 40 个岛礁组成, 北自北城隍岛, 南到登州头, 呈北东向排列于海峡中, 把海峡分割成若干水道。较大的水道有 8 条, 由北而南为老铁山水道、大小钦水道、北砣矶水道、高山水道、侯矶水道、南砣矶水道、长山水道和登州水道, 这些水道和岛礁构成了海峡沟脊相间的崎岖地形。渤海的整体海底地势自辽东湾、渤海湾、莱州湾向中部洼地及渤海海峡倾斜, 平均坡度 28.9'', 10 m 以浅水深占总面积的 26%, 平均水深为 18 m, 最大水深出现在山东半岛最东端成山角外, 深度达到 82 m^[1-2]。

自 20 世纪 50 年代末我国开展了全国性的综合海洋调查, 开始对渤海的表层地质地貌状况进行调查, 后期的很多研究成果都基于此次调查获得的大量基础资料, 如秦蕴珊等^[3]编制的渤海地质专著, 刘振夏等^[4]渤海潮流动力地貌特征, 耿秀山等^[5]渤海海底地貌类型, 后期随着调查手段和方法的提高, 对该区域的调查取得了丰富的成果, 如渤海潮流沙脊的研究^[6-7], 渤海海峡老铁山水道的^[8]研究。而从 2004 年开始启动的“近海海洋综合调查”专项调查对整个渤海近岸水深地形进行了系统调查, 调查采用高精度的单频测深及多波束测深仪, 以及高清晰度的侧扫声纳及浅地层剖面仪, 获得了大量详实的实测资料, 其中, 2007—2009 年中科院海洋研究所分别在本项目工作区的黄河口和莱州湾近岸海域组织多个航段的地形地貌调查, 绘制调查区域 1:5 万水深地形图, 并结合地形、底质、侧扫和地球物理资

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目 (GZH200800501, 1212011220113); 国家自然科学基金项目 (41206053)

作者简介: 徐晓达(1970—), 男, 博士生, 主要从事海洋地质调查研究, E-mail: king_xgd@126.com

收稿日期: 2014-02-17; 改回日期: 2014-10-30. 周立君编辑

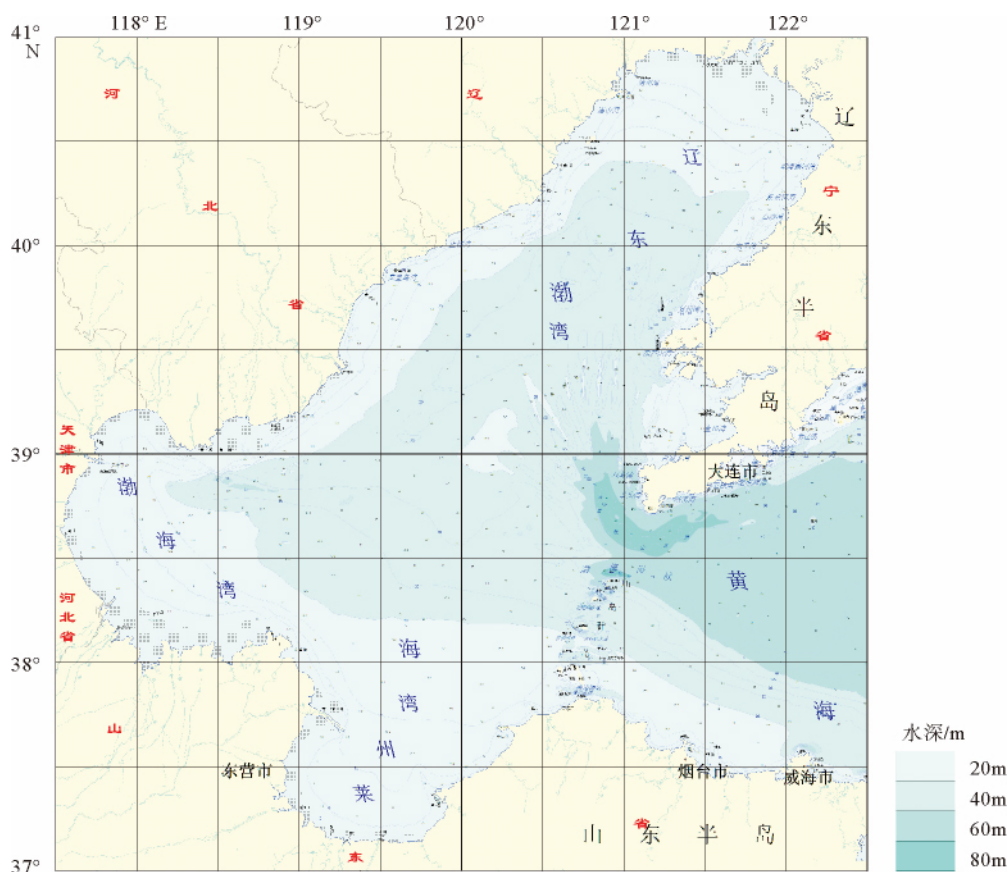


图1 渤海海底地形

Fig. 1 Submarine topographic map of the Bohai Sea

料, 编绘 1:50 000 海底地貌图, 编写相应的调查报告; 国家海洋局一所则在塘沽、秦皇岛等区块开展了多波束调查。调查查明了该海区的海底地形地貌特征及微地貌形态, 并对其形成演化的机理进行了系统的分析和研究。前期在渤海某一小范围的区块内做了大量的基础调查工作, 但从覆盖面上看有一定的局限性, 青岛海洋地质所自 2008 年以来开展了大连幅及天津幅的海洋区域地质调查, 覆盖整个渤海海域, 并根据实测资料编制了该海域 1:100 万地形图及地貌图, 对于渤海的地形地貌进行了系统的描述、厘定和划分, 并编写了相关的成果报告。

2 地貌类型

渤海地貌图的编制是以地形图作为地理底图, 并结合包括单频测深、多波束、侧扫声纳、浅地层剖面等相关资料编制而成(图 2)。渤海地貌图依托于 1:100 万大连幅及天津幅区域地质调查所取得的相关资料, 并结合前人在该区域所取得的成果, 对渤海的地貌类型进行了划分。本项研究中, 主要根据

地貌形态反映成因和成因控制形态的内在联系, 以“形态与成因相结合, 内营力与外营力相结合, 分类与分级相结合”为原则, 根据地貌形成的主次因素, 采取分析组合方法, 依据发育规模, 先宏观后微观, 先群体后个体的惯例, 把地貌分为 4 级, 渤海主要以三、四级地貌为主。三级地貌是在二级地貌内, 根据次一级的形态划出的地貌类型, 成因可能以内营力为主, 也可能是外营力为主, 或者是二者共同作用的结果。依据地貌划分原则, 渤海属于一个大陆架浅海盆地, 地貌类型较单一。

影响地貌发育的因素有很多, 在渤海区域, 通过对现代水动力条件、沉积作用过程及海平面变化等影响因素的研究, 对渤海地貌的发育及分布特征进行了分析和厘定, 这些因素对于地貌的形成及演化起到了重要的作用, 主要影响因素包括以下这些方面:

(1) 渤海海区的构造单元及基底的构造性质直接影响渤海海岸地貌类型的分布与海底的地貌特征。

(2) 河流对渤海地貌的影响也是非常巨大, 流入渤海的河流主要有黄河、海河、滦河、辽河等, 其携带

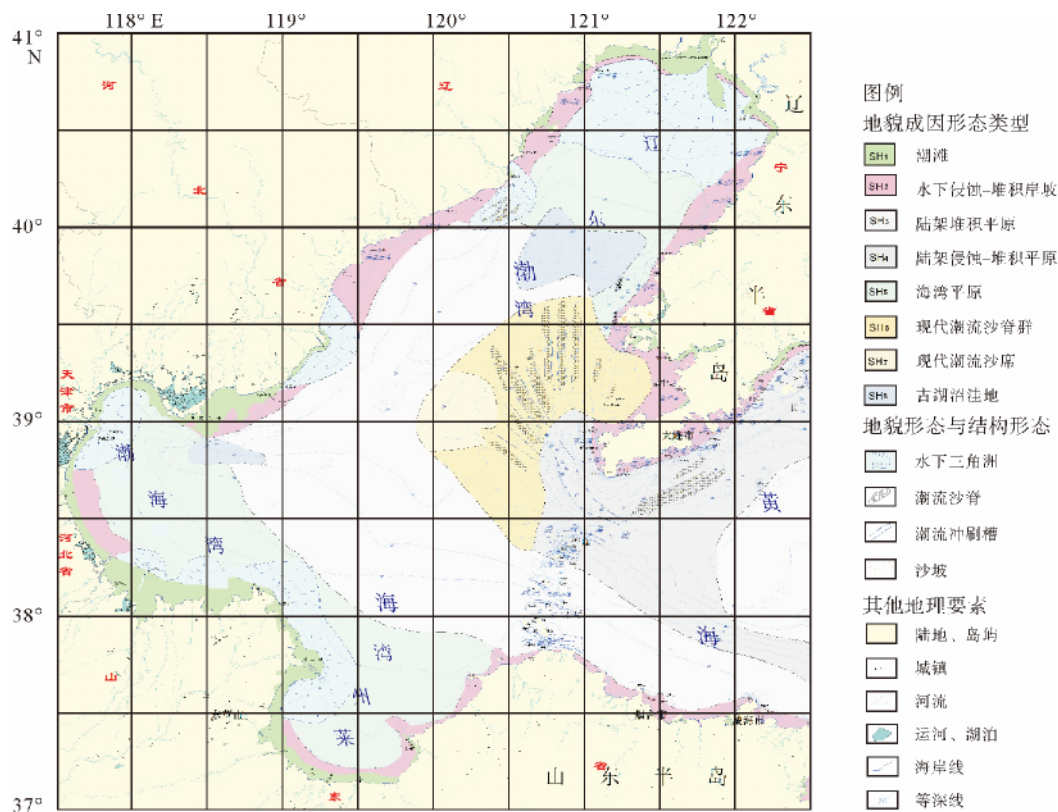


图 2 渤海海底地貌

Fig. 2 Submarine geomorphologic map of the Bohai Sea

的陆源碎屑物质在河口附近堆积,发育各自的三角洲沉积,直接对渤海近岸区三角洲地貌的形成和发展产生直接的作用。

(3)波浪、潮流等也会对近岸地貌产生巨大的影响。波浪与潮流形成的冲刷力是形成近岸地貌形态的基本动力,决定着现代海岸地貌发育的动力过程。

(4)沉积作用对于渤海地貌的影响非常巨大。渤海周边的河流带来大量的陆源物质,除在河口处沉积形成三角洲地貌外,通常还会顺着沿岸流移动,并且在适宜的地点发生沉积,由此形成渤海区域宽阔的淤泥质海岸,从而形成最初海岸地貌的雏形。

(5)冰期间冰期海平面的变化也对区域地貌的发育产生重要的影响。渤海在第四纪期间发生过多次大规模的海进海退,海平面的变化直接影响地貌堆积体的形成、发展及演化。冰期时,海平面降低,海水退出,渤海成为陆地;间冰期时,海水进入渤海形成海侵,两者间或交替发生,对渤海的地貌类型及形态产生重要的影响。

根据以上地貌分类原则,结合本区的水深和地形特征,将渤海的海底地貌分类为:三级地貌单元 8 类,四级地貌形态 4 种。具体分类见表 1。

表 1 渤海地貌分类系统

Table 1 Classification system of geomorphology in the Bohai Sea

二级地貌	三级地貌	四级地貌
	潮滩 (SH ₁)	
	水下侵蚀-堆积岸坡 (SH ₂)	
大陆架地貌	陆架堆积平原 (SH ₃)	水下三角洲
	陆架侵蚀-堆积平原 (SH ₄)	潮流沙脊
	海湾平原 (SH ₅)	潮流冲刷槽
	现代潮流沙脊群 (SH ₆)	沙波
	现代潮流沙席 (SH ₇)	
	古湖沼泽地 (SH ₈)	

2.1 三级地貌类型

2.1.1 潮滩 (SH₁)

潮滩多分布在堆积平原区、海湾及大河的河口两侧,有时与潮流沙脊和三角洲伴生,潮滩通常比较平坦,其发育与沿岸的岩性、构造、河流输沙海岸动力(波浪、潮汐作用)有关。渤海海域的潮滩广泛分布在辽东半岛、河北、天津和胶东半岛的近岸区。沉积物主要以细粒的泥质沉积物为主。潮间带及潮下

带的岸坡非常平缓,又因处在低波能、中潮差的区域,在风、波浪、潮汐和海流的共同作用下,海底再悬浮的物质与入海径流携带的细粒物质沉降,形成了泥质潮坪沉积。由于环境的差异,其淤长或被侵蚀的状况直接受到沿岸河流所携带的陆缘物质的补给程度及潮流作用的影响。潮滩滩面平坦,常发育小型冲刷潮沟、各种波痕、流痕及浅凹地。潮间带地貌分类和沉积物横向分异明显,沉积物由黏土-泥质粉砂-粉砂-砂质粉砂-细砂构成,呈由细而粗逆变。

2.1.2 水下侵蚀-堆积岸坡(SH₂)

水下岸坡通常指海岸向海以明显的自然斜坡直抵陆架平原的近岸斜坡地貌,它们的分布常被海湾、河口三角洲、河口湾或沿岸台地间断而呈不连续带状,是沿岸泥砂与海洋动力相互作用分布较广的近岸地貌^[1],水下岸坡分为侵蚀型、堆积型和侵蚀-堆积型。渤海海域水下岸坡基本位于15 m水深以浅的海域,其中侵蚀型岸坡主要分布在辽东半岛老铁山岬角沿岸及大连周边,在胶东半岛的烟台至莱州一线及东营附近也有一定范围的分布,由基岩海岸经强潮流侵蚀而成,属海洋动力辐聚的高能侵蚀岸坡,其中辽东半岛老铁山岬角陡崖直下水深50 m海底,上界直接与岸线相邻,宽度为3~5 km,坡度达5°42′~11°18′,坡面常由裸露基岩或薄层砾石组成。侵蚀-堆积岸坡在区域内有广泛分布,如辽东半岛西岸、山东半岛东部等,岸坡宽度变化较大,坡度可高达0°20′,下限水深20~40 m。沉积物主要源于沿岸中小河流和沿岸侵蚀物质。堆积岸坡是区域内分布范围最广的水下岸坡区。分布于除辽东半岛西岸以外的大部分渤海沿岸海域。岸线平直,岸坡宽10~40 km。受堆积作用影响,岸坡地势平坦,坡度<0°03′,坡脚水深一般为5~10 m。堆积岸坡地貌过程以堆积作用为主,其发育岸段往往也是淤泥质海岸和潮滩发育岸段,由沿岸大河黄河、海河、滦河、辽河、六股河等提供丰富的物质来源,大量入海泥沙随沿岸流扩散、淤积而成,沉积物较细,多为泥

质粉砂。

2.1.3 陆架堆积平原(SH₃)

在渤海的中央盆地发育有陆架堆积平原,大致相当于渤中拗陷的位置,面积大约为30 000 km²,呈三角形延伸与辽东湾、渤海湾以及莱州湾三湾相接,并通过渤海海峡南部与北黄海相接(图3)。除渤海海峡附近之外,海底都极为平坦,沉积物以细砂为主,受黄河物质扩散影响显著。本区水深20~30 m,是一个北窄南宽,近似三角形的盆地,盆地中部低洼,东北部稍高。从地貌上讲,渤海中央盆地是一个浅海堆积平原,中央盆地虽然处于渤海环境的宁静区,但是它介于海峡与渤海湾之间,受到潮流的作用使得入海物质沉淀后不断粗化,使得较细物质被冲刷潮流带走,而留下细砂,这也是渤海中央盆地中心分布着细砂而周围分布着粉砂的主要原因。下伏古地貌面的起伏影响着现代海相沉积的厚薄。在个别地方,存在一些规模较小的浅洼地地貌,其形成可能与埋藏古地貌或沉积物的不均匀沉降有关。在渤海海峡附近,因受强潮流影响,发育有潮流冲刷槽等地貌形态。

2.1.4 陆架侵蚀-堆积平原(SH₄)

在渤海区域仅见于渤海海峡北段,通过渤海海峡与北黄海西北部的侵蚀-堆积陆架平原相连接(图4)。其中在渤海海峡口门处由于强潮流的作用,下蚀作用显著,水深可达到70 m。在山东半岛的北部有一坡降陡峻地带,等深线与岸线大致平行,从水深25 m迅速降至水深45 m左右。在侵蚀-堆积陆架平原上,还有众多微地貌形态发育,如古河谷、水下阶地、沙堤、现代冲刷槽、沙波等。

2.1.5 海湾平原(SH₅)

主要指渤海湾、莱州湾及辽东湾的大部分地区。海底平坦(渤海湾0.3‰、辽东湾0.2‰、莱州湾0.16‰),表层物质系泥质粉砂、粉砂质黏土及黏土质软泥,它们主要来源于入海河流所携带的细粒物质。具体描述如下:

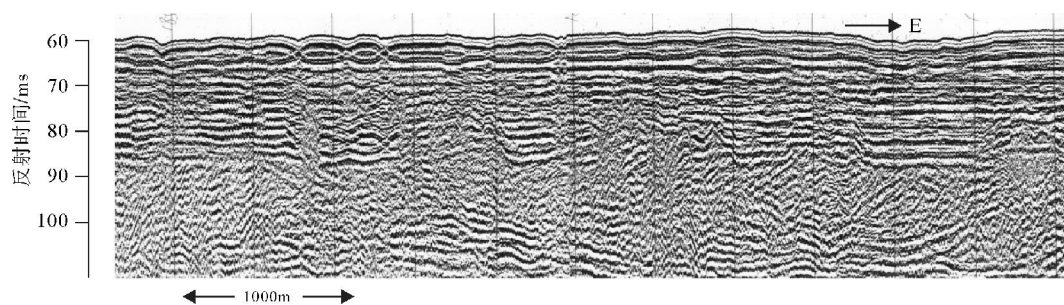


图3 渤海陆架堆积平原(测线Z14)

Fig. 3 The submarine accumulative plain in the Bohai Sea (line Z14)

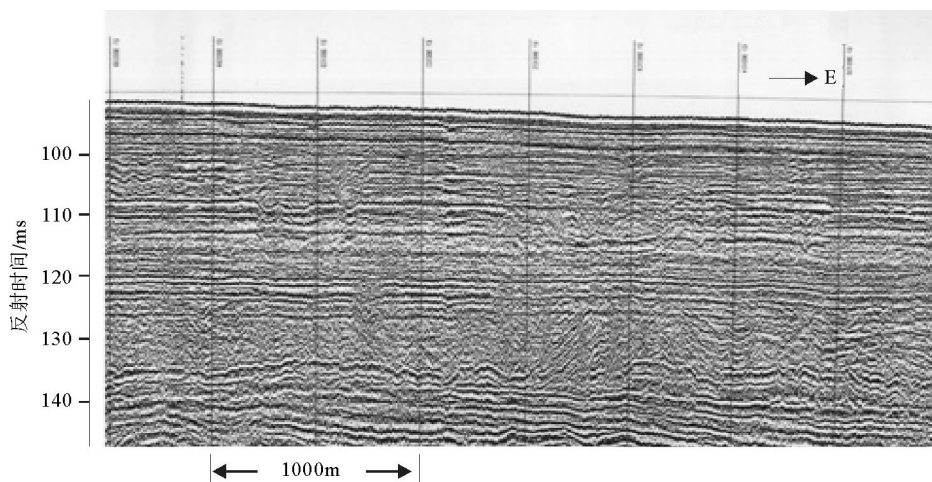


图 4 渤海陆架侵蚀-堆积平原(测线 Z06)

Fig. 4 The submarine erosional-accumulative plain in the Bohai Sea (line Z06)

(1) 辽东湾平原

位于滦河口至长兴岛西角以北海域,向北东延伸。海底地形平缓,向海湾中央微微倾斜。辽东湾的沉积物主要来源于周边入海河流、外来海水带入、沿岸岛屿及基岩的侵蚀等,其中以河流输入物质的贡献最为突出^[9],周边有辽河、双台子河等河流携带大量陆源物质入海,入海泥沙总量约 40×10^6 t/a,形成保存完整的晚第四纪沉积。湾内大部分海区水深小于 30 m,仅有辽中洼地超过 30 m^[3]。北部与辽河三角洲相连,水下地形平缓,沉积了由辽河等带入海中的泥沙。湾内的波浪以风浪为主,最大波高可达 5 m,以 NNE 向为主。湾内潮汐为不规则的半日潮,潮流以往复流为主,最大潮差 2.8 m,平均潮差自湾口向湾内递增,湾口处平均潮差仅有 0.8 m,而湾顶可达 2.7 m,湾内的环流受到黄海暖流余脉及沿岸流影响^[10-11]。该区沉积物以砂质粉砂、砂质泥和泥质砂为主。砂质粉砂分布在辽东湾的南北两侧,分布范围广,是本区主要沉积类型之一;泥质砂主要分布在辽东湾的东西两侧,其中在东侧分布较广;砂质泥分布在辽东湾西岸、中部以及西南海域,分布范围较广。

(2) 渤海湾平原

渤海湾位于渤海西部,水深 5~20 m,只有北部曹妃甸以南水深较大,有一水深 30 m 左右的深槽,其向西凹入弧形浅水海湾平原,构造上与沿岸地区为同一坳陷区,构造线为东西向,目前仍处于下沉过程中。本区由于蓟运河、海河、黄河等大量泥沙输入,形成了宽广的海湾堆积平原。水下地形平坦单调,坡度较小,为 0.16‰,海底地形整体自西南向东北倾斜。该区沉积物主要以粉砂、砂质粉砂为主,分布于渤海湾的大部分海区,其间还分布着斑状的砂

质泥和泥质砂以及少量的粉砂质砂。海河由渤海湾的西北岸边入海,年平均入海沙量仅为 119×10^{-3} t,但是海河径流输入的泥沙颗粒很细,中值粒径大都为 5~20 μm ,这也是渤海湾附近沉积物粒级比较细的主要原因之一^[12-13]。

(3) 莱州湾平原

海湾开阔,水深大都在 15 m 以内,水下地形简单,坡度平缓,约 0.16‰,由南向中央盆地倾斜。本区有较厚的现代沉积物。东部沿岸的泥沙,在常向风、波浪、潮流的综合作用下,在蓬莱以西形成了大片沙质浅滩与沿岸沙嘴。同时,在岛屿与海岸之间,形成水下连岛沙坝。黄河入海的泥沙,除在口门堆积外,大部分是悬浮状态,黄河口外主要余流方向是北东—东,黄河大部分泥沙随流东去,向南转入莱州湾海湾堆积平原沉积下来;另一部分泥沙自河口直接冲入渤海深水区;较少部分泥沙则随较弱余流向西北方向运移,成为渤海湾的重要泥沙来源。黄河巨量的入海泥沙对本区海底地貌的塑造有很重要的影响。

2.1.6 现代潮流沙脊群(SH₆)

现代潮流沙脊群主要指辽东浅滩地区,面积约为 8 000 km²。它的北面与辽中洼地接壤,东南面接渤海海峡北段的潮流冲刷槽谷,西侧为辽东浅滩潮流沙席区。辽东浅滩为分选良好、稳定矿物富集的细沙沉积,组成规模巨大的水下沙脊与潮沟相间的呈扇形分布的潮流堆积地貌(图 5)。辽东浅滩潮流沙脊,由 7 条主要的沙脊组成,发育于水深 10~35 m,形似伸开的手指状,地形起伏较大,这些指状潮流沙脊分别沿 NS、NNW、NW 向发育,长达数千千米至数十千米,脊、沟高差可达 30 余米,一般宽约 2~10 km。浅地层剖面上,内部层理大多清晰,有的呈

现半透明层,整体多为斜交前积反射结构,沙脊的底部界面呈下超接触。沙脊总体向渤海海峡辐聚,随着水深增加而坡度变陡,向辽东湾呈辐射状展开,水深变浅坡度渐缓。沙脊断面结构表明,脊、沟具有相同的表层沉积盖层。通过侧扫声纳图像发现,在潮流沙脊之上有与沙脊走向垂直的沙波存在。这些现象说明,本区的地貌为标准的现代潮流沙脊地貌。辽东浅滩表层沉积物主要为细砂,沙脊脊部水深较浅,分布有黄灰色、黄褐色或灰色细砂和少量中细砂。沟槽处水深增大,粒径偏细,颜色趋深,呈灰色或深灰色细砂至粉砂质砂。辽东浅滩潮流沙脊沉积物分布格局是脊粗槽细。其粒度和矿物特征说明遭受潮流长期淘洗、拔选和分异,具有典型的潮流砂特征。

积物主要由灰褐或褐灰色粉砂质砂组成,粒径大小多介于沙脊脊部和沟槽之间^[14]。该底形和沉积物分别受潮流控制,其与潮流沙脊的主要区别是地形整体隆起,无明显脊槽相间底形。通常由于潮流性质不同,可形成不同地貌形态,在往复流作用下,形成潮流沙脊;在旋转流作用下形成潮流沙席。该海域潮流流速略小于辽东浅滩,而潮流椭圆率绝对值大于0.4,反映潮流的往复性减弱,旋转性增强,使潮流的次生横向环流减弱,甚至消失,不能形成脊槽相间的地貌形态,而形成平坦而突起的沙席。该区物质主要来自于老铁山水道,由潮流侵蚀、搬运后沉积形成。渤海潮流沙席作为渤东潮流三角洲的一部分,大约在316~214 kaBP以来开始快速沉积,形成了厚度为0~6 m的渤中浅滩沙席。潮流沙席的演化过程大致可以分为9~8、8~316、316~214 kaBP以来3个阶段,且近年来基本上与物源区达到了平衡,处于相对稳定状态^[15]。

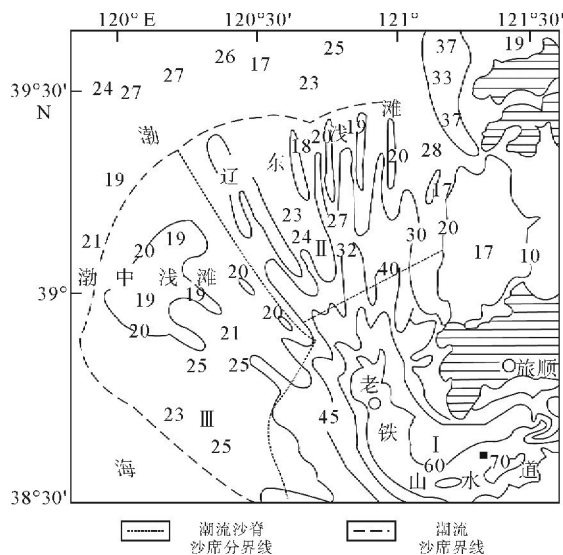


图5 渤海潮流沉积分布(据文献[4]补充修改)

Fig. 5 Distribution of tidal deposits in the Bohai Sea

2.1.8 古湖沼洼地(SH₈)

渤海陆架存在碟状洼地,地形平坦,保留较明显的低洼轮廓。在全新世海相层下,属晚更新世末期或全新世早期的埋藏湖沼沉积。在渤海内的古湖沼洼地共有两处。一处位于辽东湾中部地区,辽东浅滩区的北部,在30 m附近发育,面积约为2 200 km²,即通常所说的辽中洼地(图6);另一处位于渤海湾东北部曹妃甸以南的海域,其深度也超过30 m,面积约为500 km²,处于近东西走向的大型古河谷通道中。这两处古湖沼洼地的全新世现代沉积层都很薄,其地貌形态基本保留了晚更新世低海面时期的原貌。沉积物以具水平层理的黑色黏土及细粉砂为主。

2.1.7 现代潮流沙席(SH₇)

渤海海域潮流沙席主要分布在渤海偏东部,老铁山水道西北侧、辽东浅滩西侧。地形上显示为一大块凸起底形,其顶面水深约15 m,外围水深为25~30 m,面积约为3 500 km²,通常称为渤中浅滩。沉

2.2 四级地貌形态

2.2.1 水下三角洲

在黄河、海河、滦河、六股河、辽河等河口水下均发育有规模不等的水下三角洲,由于河口处的海洋

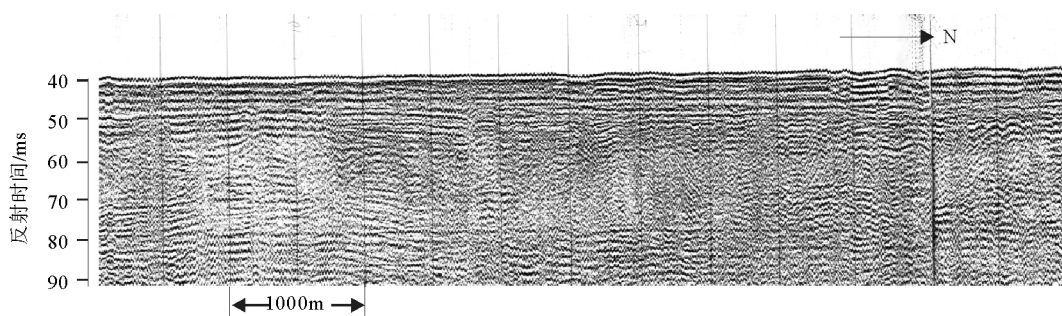


图6 渤海古湖沼洼地(测线 L3-1)

Fig. 6 Paleomarine-related depressions (line L3-1)

动力强度的变化以及河流入海的水、沙输运量的不同,在河口处常形成不同沉积模式的三角洲,这些水下三角洲由砂砾及粉砂黏土混杂而成。有的河口三角洲甚至被改造为水下沙脊,如六股河口外的水下沙堤,沙堤长约 7~13 km,宽约 2~5 km,相对高差 9~15 m。

渤海海域的水下三角洲以河控三角洲为主,其中黄河口外的三角洲形态最为突出,面积最大,约 3 000 km²。它们代表 19 世纪中叶,黄河自利津入海以来,尾间不断摆动,陆上三角洲迅速向海推进,而逐渐形成水下堆积体。其扇形面以 0.67‰ 的坡度向海延伸至 20 m 等深线附近。介于渤海湾与莱州湾之间的黄河三角洲,是一个巨大的扇形三角洲。距今 6 000 年来,由于黄河携带巨量泥沙入海,导致海岸线迅速外推,三角洲顶点不断下移,河口处先后形成过 11 个三角洲,而废弃的老黄河口则由于泥沙供应不足而冲刷后退。巨量入海泥沙不仅营造了广阔的三角洲平原,而且在渤海湾南部与莱州湾北部平坦海底上建造了一个巨大的圆弧形水下三角洲,其范围北起大口河,南至小清河。而滦河三角洲则属于以波浪作用为主的波控三角洲,滦河口自曹妃甸逐渐迁移至目前的入海位置,期间也发生过多次的改道,现在河口发育的三角洲是 1915 年渤海大海啸时滨海大沙丘被滦河冲决而成,由于滦河的输沙量为 $1\,990 \times 10^4$ t/a,因此,滦河三角洲以 123~138 m/a 的速率快速进积,三角洲前缘直抵 10~12 m 水深线,距离岸线 4~8 km,沉积物以黏土质粉砂和粉砂质黏土为主。

2.2.2 潮流沙脊

渤海海域现代潮流沙脊广泛发育,主要包括渤海东部海域辽东浅滩潮流沙脊、辽东半岛东南近岸潮流沙脊及辽东湾东侧六股河口与西侧白沙湾近岸海域潮流沙脊(图 7)。辽东浅滩潮流沙脊,由 7 条主要的沙脊组成,发育于水深 10~35 m,形似伸开

的手指状,地形起伏较大,这些指状潮流沙脊分别沿 NS、NNW、NW 向发育,长达数千米至数十千米,脊、沟高差可达 30 余米,一般宽约 2~10 km。浅地层剖面上,内部层理大多清晰,有的呈现半透明层,整体多为斜交前积反射结构,沙脊的底部界面呈下超接触。在辽东半岛东南近岸区的潮流沙脊主要由 4 条彼此平行的 NE—SW 向展布的潮流沙脊组成,水深 40~50 m,沙脊长 35~75 km,高 3~17 m,脊宽 3~7 km,物源显示多元化特征:落潮流携带老铁山水道侵蚀物质、沉积区附近和近岸岛屿的侵蚀物质、沿岸河流输入和沿岸流的搬运物质。

2.2.3 潮流冲刷槽

区域内的潮流冲刷槽主要分布在老铁山水道、辽东浅滩沙脊间,大型潮流冲刷槽主要发育在地形狭束的海区,如海峡、岛屿间的海域。渤海海域潮流冲刷槽主要有两种类型:

(1)老铁山水道冲刷槽:主要分布在渤海海峡及周边,渤海海峡位于黄渤海的交界处,是海水进出渤海的主要通道,南北两侧为两个深水槽,中间略凸起,宽约 41 km,是以涨潮流作用为主的水道。由于潮流流速快,最大可超过 5 kn,底蚀作用强,因此在海峡的岛屿之间发育若干侵蚀槽沟,水道底部崎岖不平,全新世沉积物基本缺失,晚更新世的细砂、硬黏土出露,并有砾石及贝壳堆积。冲刷槽形态各异,但基本与水流的方向一致,随着水流刨蚀作用的增强,冲刷槽有进一步变深的趋势。老铁山水道是我国海岸带最深、规模最大的冲刷槽,最大水深 84 m。

(2)潮流沙脊间的侵蚀沟槽:主要分布在渤海东部辽东浅滩,之所以称为冲刷槽是因为介于两个沙脊之间,从形态上看属于负地形。沟槽处水深增大,粒径偏细,颜色趋深,呈灰色或深灰色细砂至粉砂质砂。一般为窄长的槽状,冲刷槽长达十几千米到几十千米,宽可达数千米。脊槽相间排列,水深多为 15~30 m,潮流流速 1~2 节。辽东浅滩潮流沙脊

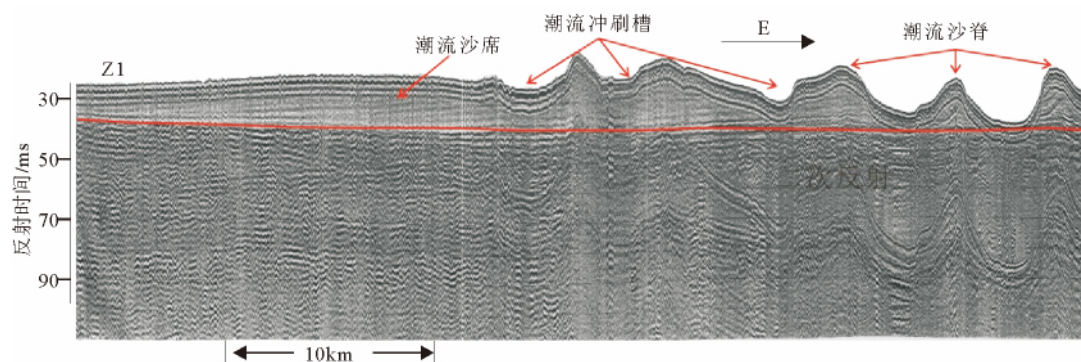


图 7 渤海现代潮流沙脊、潮流冲刷槽及潮流沙席

Fig. 7 Modern tidal sand ridges, tidal scour furrow and tidal sand sheet

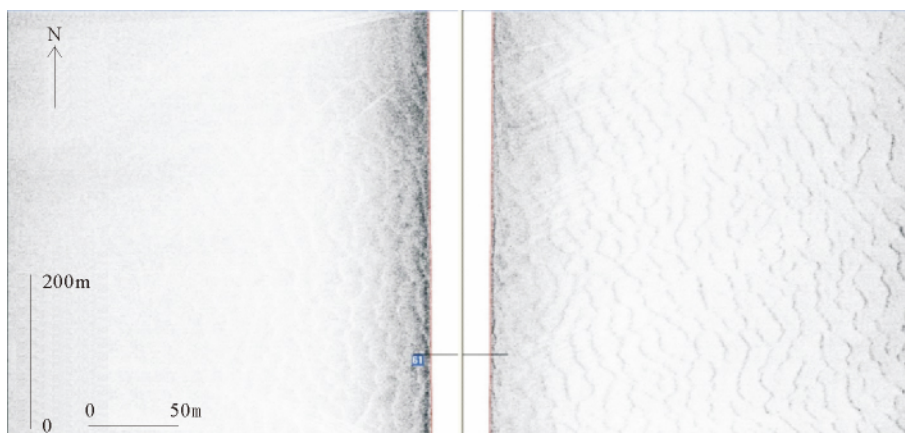


图8 辽东湾近岸海域发育的典型沙波侧扫图

Fig. 8 Typical sand ripples developed in the Liaodong Bay identified from side-scan images

沉积物分布格局是脊粗槽细。

2.2.4 沙波

潮流沙脊与潮流沙席的表面常伴有一些波状起伏的活动沙丘。浅地层剖面上,沙波常与潮流沉积相伴生,发育于潮流沙脊的两翼,通常是产状较陡的一侧沙波非常发育,有时也见于平坦的海底,沙波发育地区周围地层一般为砂质沉积区。侧扫声纳图像中反映的沙波呈一系列波痕状,形态各异,大小不一,大面积成片发育。渤海海域沙波在渤海海峡周边潮流沉积区、辽东半岛东南近岸潮流沙脊区均有发育(图8)。

3 结论

(1)渤海目前整体呈现的“三湾一峡一盆地”的地貌格局受很多因素的控制,结合所获得的实测资料进行研究,渤海的地貌类型及分布主要受到以下因素的影响:构造作用的影响、波浪及潮流作用的影响、河流带来的巨量陆源物质在渤海发生沉积对地貌产生的影响、渤海在第四纪期间发生过多次海进海退,由此引发的海平面的变化也对渤海地貌的形成产生重要的影响。

(2)根据所获取的实测资料及前人的工作成果,对渤海的地貌类型进行了厘定和划分,共分为8种地貌类型和4种地貌形态。地貌类型主要分为潮滩、水下侵蚀-堆积岸坡、陆架堆积平原、陆架侵蚀-堆积平原、海湾平原、现代潮流沙脊群、现代潮流沙席、古湖沼洼地;地貌形态主要包括潮流沙脊、潮流冲刷槽、水下三角洲、沙波。

(3)表层沉积物以砂质粉砂、粉砂质砂、砂质泥、泥质砂、粉砂和砂组成。

参考文献 (References)

- [1] 许东禹,刘锡清,张训华,等. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社,1997. [XU Dongyu, LIU Xiqing, ZHANG Xunhua, et al. China Offshore Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.]
- [2] 蔡锋,曹超,周兴华,等. 中国近海海洋海底地形地貌[M]. 北京:海洋出版社,2013. [CAI Feng, CAO Chao, ZHOU Xinghua, et al. China Offshore Ocean-Submarine Topography and Geomorphology [M]. Beijing: Ocean Press, 2013.]
- [3] 中国科学院海洋研究所. 渤海地质[M]. 北京:海洋出版社,1985. [Institute of Oceanology. Chinese Academy of Sciences. Bohai Geology [M]. Beijing: Ocean Press, 1985.]
- [4] 刘振夏,汤毓祥,王揆洋,等. 渤海东部潮流动力地貌特征[J]. 黄渤海海洋,1996,14(1):7-21. [LIU Zhenxia, TANG Yuxiang, WANG Kuiyang, et al. Tidal dynamic geomorphicsystem in the east part of the Bohai Sea [J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1996, 14(1): 7-21.]
- [5] 耿秀山. 黄渤海地貌特征及形成因素探讨[J]. 地理学报,1981,48(4):423-434. [Geng Xiushan The geomorphological features and forming factors of submarine relief in the Bohai Sea and Yellow Sea [J]. Acta Geographica Sinica, 1981, 48(4): 423-434.]
- [6] 刘振夏,夏东兴. 中国近海潮流沉积沙体[M]. 北京:海洋出版社,2004. [LIU Zhenxia, XIA Dongxing. Tidal Depositional Sandbodies in the Coastal China Seas [M]. Beijing: Ocean Press, 2004.]
- [7] LIU Zhenxia, XIA Dongxing, Berne S, et al. Tidal deposition systems of China's continental shelf, with special reference to the eastern Bohai Sea [J]. Marine Geology, 1998, 145: 225-253.
- [8] 刘建华,王庆,仲少云,等. 渤海海峡老铁山水道动力地貌特征及演化研究[J]. 海洋通报,2008(1):68-74. [LIU Jianhua, WANG Qing, ZHONG Shaoyun, et al. Study on dynamic geomorphology evolution of the Lao Tieshan channel, the Bohai Strait [J]. Marine Science Bulletin, 2008(1): 68-74.]

- [9] 乔淑卿,石学法,王国庆,等. 渤海底质沉积物粒度特征及其输运趋势探讨[J]. 海洋学报,2010, 32(4):139-147. [QIAO Shuqing, SHI Xuefa, WANG Guoqing, et al. Discussion on grain-size characteristics of seafloor sediment and transport pattern in the Bohai Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, 32(4): 139-147.]
- [10] 苗丰民,李淑媛,何宝林. 辽东湾北部潮滩及浅海区泥沙运移趋势[J]. 海洋地质与第四纪地质,1992, 12(3):23-37. [MIAO Fengmin, LI Shuyuan, HE Baolin. Sediment transport trends in the tidal flat and shallow water of the northern Liaodong Bay[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1992, 12(3):23-37.]
- [11] 赵保仁,庄国文,曹德明,等. 渤海的环流、潮余流及其对沉积物分布的影响[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(5): 466-473. [ZHAO Baoren, ZHUANG Guowen, CAO Deming, et al. Circulation, tidal residual currents and their effects on the sediments in the Bohai Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1995, 26(5):466-473.]
- [12] 秦蕴珊,廖先贵. 渤海湾海底沉积作用的初步探讨[J]. 海洋与湖沼,1962, 4(3):199-205. [QIN Yunshan, LIAO Xiangui. Preliminary research of marine sedimentation in the Bohai Bay[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1962, 4(3):199-205.]
- [13] 邢焕政. 海河口岸线演变及泥沙来源分析[J]. 海河水利, 2003,2:28-30. [XING Huanzheng. Sediment provenance and shoreline evolution in the Haihe River mouth[J]. Haihe Water Resources, 2003, 2:28-30.]
- [14] 刘振夏,夏东兴,汤毓祥,等. 渤海东部全新世潮流沉积体系[J]. 中国科学 B 辑,1994,24(12):1331-1338. [LIU Zhenxia, XIA Dongxing, TANG Yuxiang, et al. Tidal depositional systems of eastern Bohai sea of Holocene[J]. Science in China (Series B),1994,24(12):1331-1338.]
- [15] 刘升发,庄振业,龙海燕. 渤海东部晚第四纪环境演变及潮流沙席沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(1): 25-31. [LIU Shengfa, ZHUANG Zhenye, LONG Haiyan. Environmental evolution and tidal sand sheet sedimentation in late Quaternary in the east Bohai Sea[J]. Marine Geology and Quaternary Geology,2008,28(1):25-31.]

THE TYPES AND DISTRIBUTION PATTERN OF GEOMORPHOLOGY IN THE BOHAI SEA

XU Xiaoda^{1,2}, CAO Zhimin¹, ZHANG Zhixun², WANG Zhongbo²

(1. Ocean University of China, Qingdao 266100;

2. Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, MLR, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071)

Abstract: The Bohai Sea is a semi-closed shallow shelf sea, consisting of three bays, one strait, and one basin. The geomorphology of it is discussed on the basis of the newly acquired data from a series of regional marine geological survey in recent years in addition to the data from previous works. A geomorphic classification system including 8 categories of III-grade geomorphic types and 3 kinds of IV-grade geomorphic shapes is established according to the distribution of sediment types, river transportation, and the influence of the longshore current and waves on the coastal zone.

Key words: geomorphic types; distribution characteristics; Bohai