青岛东南部海域地形地貌特征研究

李大伟[1]，肖晶晶[2]，关文辉[1]，朱涛[2]，朱婉璐[1]，王道宽[1]，秘向丽[2]，姜悦[3,4]

［1. 三峡新能源（烟台牟平区）有限公司 烟台 264100；2. 上海勘测设计研究院有限公司 上海 200335；
3. 自然资源部北海调查中心 青岛 266100；4. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室 青岛 266000］

摘要：研究区位于山东半岛南部青岛以东海域，隶属于南黄海地区。文章通过多波束全覆盖测深和侧扫声呐对其展开了全面的调查，将获得的数据进行处理，并结合研究区域的相关历史资料，对研究区的水深地形特征和海底地貌特征进行了详细分析。研究认为，研究区的水深在 −41.3 ～ −50.7 m 之间，且总体呈现自西北向东南逐渐变深的趋势。依据相关历史资料，将研究区划分为四级地貌单元，对第四级地貌进行了详细划分，主要发育缓坡、古河谷、洼地、古河道等微地貌。

关键词：山东半岛；南黄海；海底地形；多波束测深；侧扫声呐；海底地貌

中图分类号：P737.2 **文献标志码：**A **文章编号：**1005-9857（2026）04-0080-09

Research on the Topographic and Geomorphic Characteristics of the Southeastern Sea Area of Qingdao

LI Dawei[1]，XIAO Jingjing[2]，GUAN Wenhui[1]，ZHU Tao[2]，ZHU Wanlu[1]，
WANG Daokuan[1]，BI Xiangli[2]，JIANG Yue[3,4]

［1. China Three Gorges Renewables（Yantai Muping District）Co., Ltd.，Yantai 264100，China；2. Shanghai Survey，Design and Research Institute Co.，Ltd.，Shanghai 200335，China；3. North China Sea Survey Center，MNR，Qingdao 266100，China；4. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Environment and Disaster Prevention and Mitigation，Qingdao 266000，China］

Abstract：The study area is located in the sea east of Qingdao in the southern part of the Shandong Peninsula，belonging to the South Yellow Sea region. This study conducted a comprehensive investigation of it through beam full coverage sounding and side-scan sonar，processed the obtained data，and combined with the relevant historical materials of the study area，carried out a detailed analysis of the water depth topography and seabed geomorphic features of the study area. It found that the water depth in the study area ranges from −41.3 m to −50.7 m，and generally showed a trend of gradually deepening from northwest to southeast. The study area was divided into four levels of geomorphic units based on relevant historical data. The fourth-level geomorphic units were further detailedly

收稿日期：2025-10-16；**修订日期：**2026-01-22

基金项目：中国三峡新能源（集团）股份有限公司资助（NBWL202400457）；山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室“揭榜挂帅”项目资助（2024J01）.

作者简介：李大伟，工程师，研究方向为海上风电风险管理

通信作者：姜悦，助理工程师，研究方向为海洋地质

classified，mainly including gentle slopes，ancient river valleys，depressions，and ancient river channels and so on.

Keywords：Shandong Peninsula；South Yellow Sea；Seabed topography；Multi-beam depth sounding；Side-scan sonar；Seabed geomorphology

0　引言

山东半岛南部海域地处南黄海西北部，是连接陆架浅海与海岸带的关键地带。该区域受古黄河、古长江及现代海洋动力过程的共同影响，沉积动力复杂，海底地貌形态多样。同时，该海域也是海洋工程建设、海底管线布设及海洋资源开发的重要区域，其精细的海底地形与地貌特征对于海洋空间规划与地质环境安全具有重要的现实意义。

目前，针对南黄海大范围的海底地形与沉积格局，前人已开展过系统的区域地质调查与研究，基本建立了该海域的地貌分类框架与沉积地层格架[1-3]。然而，受早期调查技术手段的限制，以往的研究多基于单波束测深或稀疏的浅地层剖面数据，难以实现对海底微地貌的高分辨率识别与精细刻画。尤其是在山东半岛南部青岛以东的特定海域，其水深地形变化细节、微地貌类型的空间展布及其成因机制等，尚缺乏基于全覆盖、高精度探测数据的系统分析。鉴于此，本研究采用多波束测深系统与侧扫声呐技术，对山东半岛南部青岛以东海域开展了全覆盖式的海底地形与地貌调查。在对获取的高精度数据进行处理与分析的基础上，结合区域历史资料，本文重点对该海域的水深地形特征和海底地貌类型进行了详细分析。研究旨在查明研究区的水深分布规律与地形变化趋势，并在前人研究基础上建立四级地貌分类体系，精细识别浅丘、缓坡、古河谷、洼地、古河道等微地貌单元的空间分布，以期为该海域的沉积动力演化研究及海洋工程实践提供基础地质数据与科学参考。

1　研究区概况

1.1　研究区位置

南黄海是位于朝鲜半岛和中国大陆之间的半封闭陆架海，东西宽约 550 km，南北长约 870 km，平均水深 46 m，地形呈东西不对称分布，西缓东陡，整体地势由两侧向中央倾斜[1-2]。本研究区位于山东省青岛市东南部海域，处于西部缓坡与东部陡坡之间的地形转换带上，具有独特的地形过渡属性。

1.2　研究区地质概况

南黄海在构造上隶属于欧亚板块下的东亚大陆构造单元，进一步归属于扬子地块。该地块的太古宇—古元古代结晶岩系，如康滇杂岩、河口群、大红山群、崆岭群及朝鲜涟川群等，共同构成了扬子地块的陆核；晋宁运动后形成其原始古陆结晶基底。作为下扬子海域的主体部分，南黄海基底变质较深，主要由太古宙—元古宙经历强烈混合岩化与花岗岩化作用的片麻岩、片麻花岗岩及混合岩组成。扬子地块沉积盖层发育较好，可划分为两套。第一套为震旦系—志留系，广泛分布于全区；第二套为泥盆系—中三叠统[3-5]。

南黄海盆地属于大型叠合盆地，下部为古生代—中生代海相沉积盆地，上部为中生代—新生代陆相沉积盆地。自南向北，该盆地可分为以下构造单元：苏南勿南沙隆褶带、南黄海南部盆地、南黄海中部隆起、南黄海北部盆地以及胶南临津辽隆褶带[6-7]，研究区位于南黄海北部盆地。

根据南黄海中西部大量的浅地层剖面资料和多个钻孔数据，利用时深转换关系（声速采用 1 600 m/s），计算了南黄海中西部 T1 界面以上的地层厚度，即全新世地层厚度。全新世沉积可分为山东半岛东南部沉积区、南黄海中部沉积区、古黄河水下三角洲沉积区和苏北潮流沙脊沉积区四个区[8-9]，研究区位于南黄海中部沉积区。

南黄海中西部全新世沉积具有空间分布不连续的特点，大致以 35° N 为界，北侧山东半岛东南部全新世“Ω”形沉积、近岸楔形沉积与南黄海中部丘状沉积相连，但又是两个相对独立的个体。南侧古黄河水下三角洲沉积和苏北潮流沙脊沉积相连，但成因上也是相对独立的个体，形成时间也不同[9-12]。

2 研究数据与方法

本文对研究区进行了多波束全覆盖测深和侧扫声呐调查，获得了翔实的原始数据。水深地形测量采用 SeaBat T50P 多波束测深系统。SeaBat T50P 多波束测深系统工作频率选用 400 kHz，波束角为 0.5°×1°。姿态数据由 Hydrins 姿态和罗经一体化惯性导航系统提供，艏向精度为 0.01°，横纵摇精度为 0.01°。侧扫声呐探测使用 Klein 4000 侧扫声呐系统，发射频率为低频 100 kHz、高频 400 kHz。测量过程中同时记录两种频率的数据。

测线布设宽度为水深的 4 倍，平均水深按 40 m 计，覆盖宽度约为 160 m，按照相邻条带覆盖重叠率 10%的要求，主测线间距取 144 m。沿南北向研究区边界，以 144 m 为测线间隔布设主测线，沿东西向，以 3 000 m 为测线间隔布设检查线。本文对原始数据处理之后，将结果与历史资料进行对比分析，得到研究区的水深地形特征和地貌特征。

2.1 水深地形数据处理

多波束资料处理使用 CARIS HIPS and SIPS 12 软件包，数据成图使用 Fledermaus 软件。

首先，在 CARIS 软件中创建船配置文件，建立新项目后导入原始数据，加载姿态传感器数据进行姿态改正，加载声速剖面文件和潮位文件进行声速和潮位改正，编辑条带水深数据和子区水深数据，生成网格化水深地形曲面和等深线，最终输出为离散的水深数据。将经过处理的水深数据导入 Fledermaus 软件，进行数据网格化处理，生成水深图和三维水深地形模型[13-14]。

2.2 侧扫声呐数据处理

侧扫声呐资料后处理与解释使用 SonarWiz 7 后处理软件。将各测线的声呐影像数据导入软件中，对其进行 TVG 改正、斜距改正和速度改正，并将其镶嵌成完整的海底声呐影像图。根据声呐影像数据记录的海底反射信号，判读路由区的海底地貌特征，并结合水深地形测量和浅地层剖面资料分析海底微地貌单元的分类和特征，同时完成特殊地貌体和目标物的形态识别和参数量取。将解译的地貌类型和海底目标物输出为 .dxf 格式的文件，在 CAD 中编绘海底面状况图[15-16]。

通过查阅文献资料和开展侧扫声呐调查，获取研究区域的海底地貌概况和实测数据，并结合多波束等调查资料对海底地貌进行分类和描述，根据分类和描述结果绘制研究区域海底地貌图。

3 水深地形特征分析

如图 1 所示，研究区水深总体呈自西向东逐渐变深的趋势，海底地形也表现自西向东倾斜的特征，水深位于 −41.3 ～ −50.7 m，最小水深 −41.3 m 位于研究区西侧边界附近，最大水深 −50.7 m 位于研究区东南角边界附近。研究区海底地形略有起伏，但绝大部分研究区地形坡度在 0.5° 以内，坡度在 0.5° 以上的区域主要分布在研究区西部、中西部的负地形区域（图 2）；最大地形坡度 3.6° 位于研究区西北侧边界附近，该处为深约 2 ～ 5 m 的负地形，负地形周边水深在 −42.3 m 左右。沿研究区中心东西向剖面轴线，水深自西向东由 −42 m 逐渐变深至 −49 m 左右，轴线上最大坡度 0.3°，轴线总体坡度约 0.02°（图 3）；南北向剖面轴线，水深在 −46 ～ −49 m 之间，地形略有起伏，轴线上最大坡度为 0.6°，轴线总体坡度约 0.01°（图 4）。

4 海底地貌特征分析

4.1 历史资料分析

海底地貌研究是海洋地质学的核心领域之一，重点探讨海底地形的形态特征、形成机制、演变规律，以及其与地质构造、沉积过程、海洋动力环境和生物活动之间的相互作用。该研究覆盖从大陆架、大陆坡至深海平原、海沟与大洋中脊等多种海底环境，并涉及地质学、地球物理学、海洋学及水文学等多学科的交叉融合。海底地貌类型的划分通常依据其形成的主导因素与次要因素，采用分析组合的方法进行系统归类[17]。

根据海底地貌的规模差异，并遵循从宏观到微观、从群体到个体的分类原则，可将南黄海海底地貌划分为 4 个等级（表 1 和图 5）。一级地貌单元对应地壳结构的差异，属板块构造控制下形成的巨型或大型地貌。在中国海域范围内，一级地貌包括大

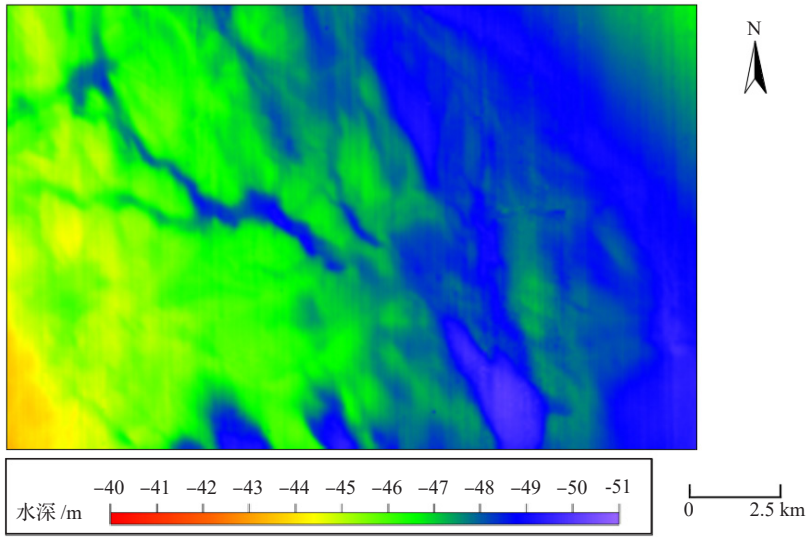


图 1　研究区水深地形

Fig.1　Bathymetric map of the study area

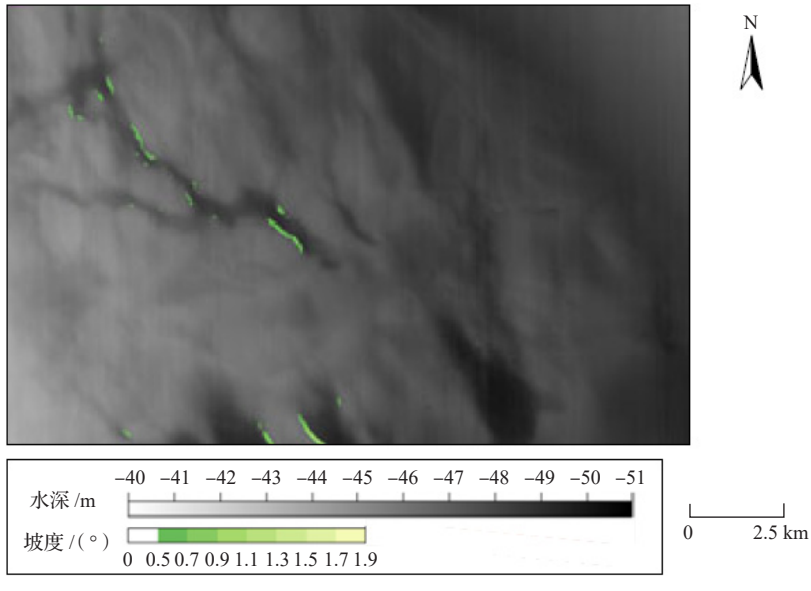


图 2　研究区地形坡度

Fig.2　Seafloor slope map of the study area

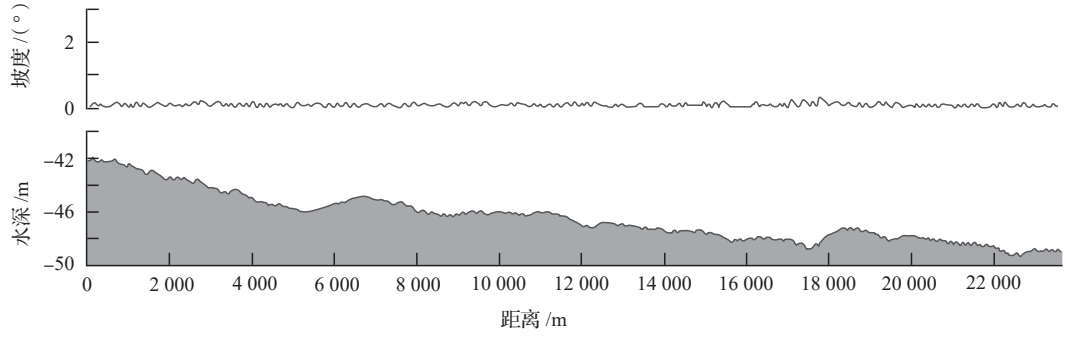


图 3　研究区 W-E 向中轴线剖面地形

Fig.3　Topographic profile along the W-E central axis of the study area

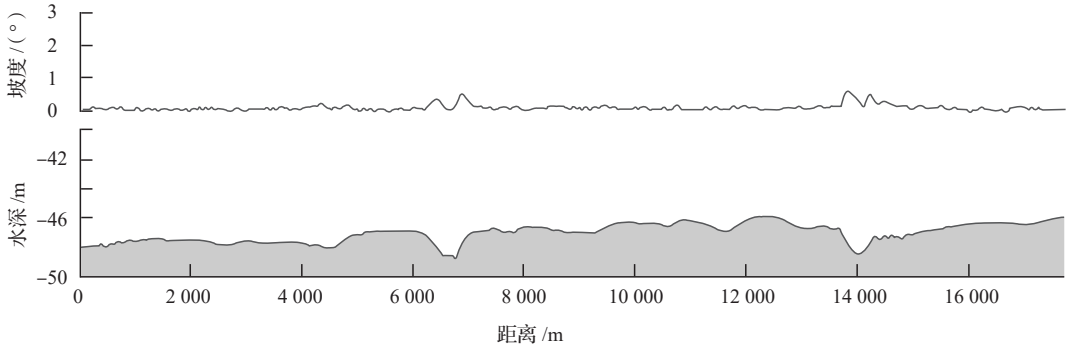


图 4 研究区 N-S 向中轴线剖面地形

Fig.4 Topographic profile along the N-S central axis of the study area

表 1 南黄海地貌类型分级分类[17]

Table 1 Classification and grading of geomorphic types in the South Yellow Sea

一级地貌	二级地貌	三级地貌		四级地貌
		地貌类型	成因分析	
大陆地貌	海岸带地貌	水下侵蚀—堆积岸坡	侵蚀和堆积	冲蚀沟槽
		水下侵蚀—堆积浅滩	堆积和侵蚀	
		海湾堆积平原	堆积作用	
		水下构造台地	构造作用基础上侵蚀和堆积	溯谷
		水下构造台坡		
	大陆架地貌	陆架侵蚀平原	侵蚀作用为主	古河谷、古洼地
		陆架侵蚀洼地		潮流沙脊
		古三角洲平原	堆积作用为主	冲蚀谷
		陆架堆积平原		
		陆架侵蚀—堆积斜坡	堆积和侵蚀	冲蚀谷
		潮流沙脊群	侵蚀和堆积	潮流沙脊、冲蚀沟槽

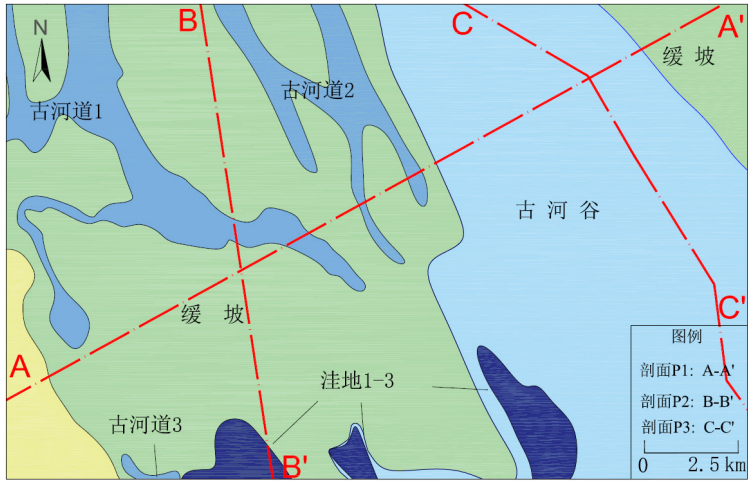


图 5 研究区域海底地貌分类

Fig.5 Seabed geomorphological classification of the study area

陆地貌、过渡带地貌和大洋地貌，南黄海所处的一级地貌属于大陆地貌。二级地貌是在一级框架内，根据地壳性质、地质构造及外营力作用进一步划分出的大型地貌类型，如海岸带、陆架（岛架）、陆坡（岛坡）和深海盆地等。南黄海涉及的二级地貌主要为海岸带地貌和大陆架地貌。三级地貌则是在一级和二级地貌背景的基础上，由内、外营力共同作用，并受径流、潮流、波浪、沿岸流、风力和重力等多重动力影响所形成的中型地貌，依据形态特征可识别出如陆架侵蚀平原、潮流沙脊群和水下侵蚀—堆积岸坡等类型。四级地貌为从三级地貌中进一步划分出的小型独立地貌体，除陆架区形态较为复杂外，其他区域一般结构简单[17-19]。

通过对历史资料的收集整理，可以看出研究区域一级地貌类型为大陆地貌，二级地貌类型为大陆架地貌，三级地貌类型为陆架侵蚀—堆积斜坡（Ⅸ），斜坡上发育古河谷，走向为西北—东南。研究区域周边的地貌类型是西侧和北侧为陆架侵蚀平原（Ⅵ），南侧为古三角洲平原（Ⅶ），东侧为陆架堆积平原（Ⅹ）。

4.2　研究区地貌特征分析

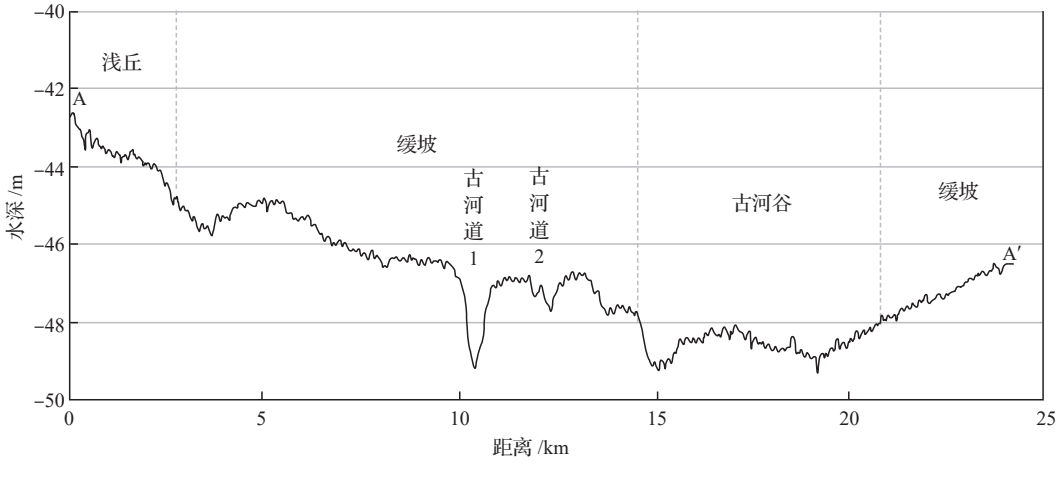
根据调查结果并结合文献资料，研究区域微地貌类型为缓坡和古河谷，其上发育洼地和古河道，具体如图 5 所示。

为便于更直观地分析不同地貌的状态和变化情况，在区域内选取 P1 ～ P3 共 3 条剖面线，绘制地貌剖面图（图 6）。P1 为垂直等深线的剖面，P2 为贯穿缓坡的剖面，P3 为古河谷轴线所在的剖面。

4.2.1　缓坡与古河道

研究区域内缓坡共有两处，分别位于研究区域中部和东部边界，从东西两侧向中间的古河谷缓缓下降。缓坡面积约占研究区域总面积的 1/2，其中，中部缓坡面积较大，东部缓坡面积较小。中部缓坡近似平行四边形，西北—东南方向长 19.8 km，西南—东北方向长 11.8 km。东部缓坡近似直角三角形，东西最大长度为 4.6 km，南北最大长度为 5.1 km。两处缓坡的水深在 −45 ～ −48 m 之间，中部缓坡坡度约 0.25‰，东部缓坡坡度约 0.50‰，呈西缓东陡的态势。

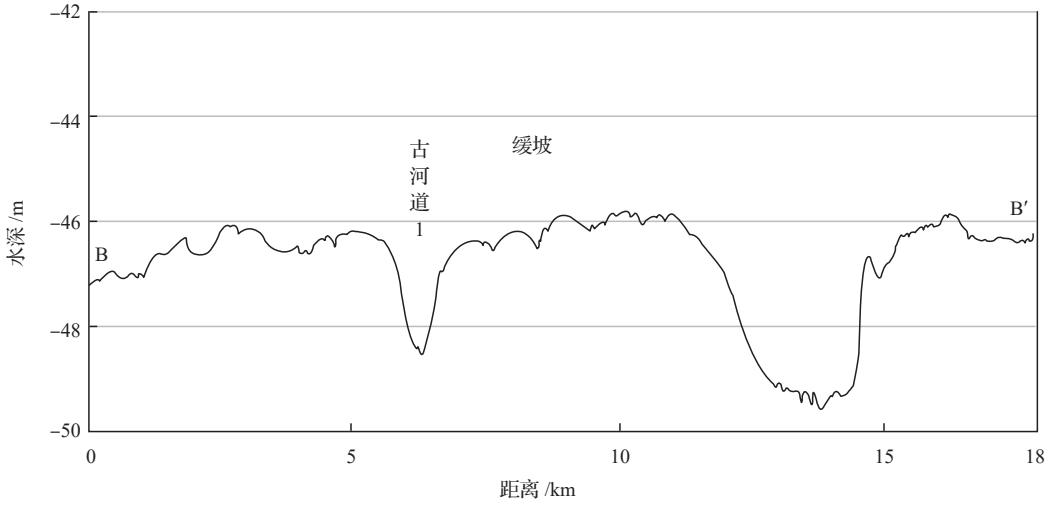
古河道是河流沉积在地层框架内留下的具体痕迹。研究区域内古河道共有 3 处，均发育在缓坡之上。从西向东、从北向南依次编号为古河道 1 ～ 3。古河道 1 ～ 2 流经缓坡北部，流域面积较大，河道较宽，其中，古河道 1 纵切较深，古河道 2 纵切较浅；古河道 3 流经缓坡南部，流域面积较小，河道较窄，纵切较浅。由图 1 可以看出，古河道明显比周边区域更深，深度在 −48 ～ −50 m 之间，其中古河道 1 有明显的坡度变化，坡度在 0.5° ～ 0.7° 之间。



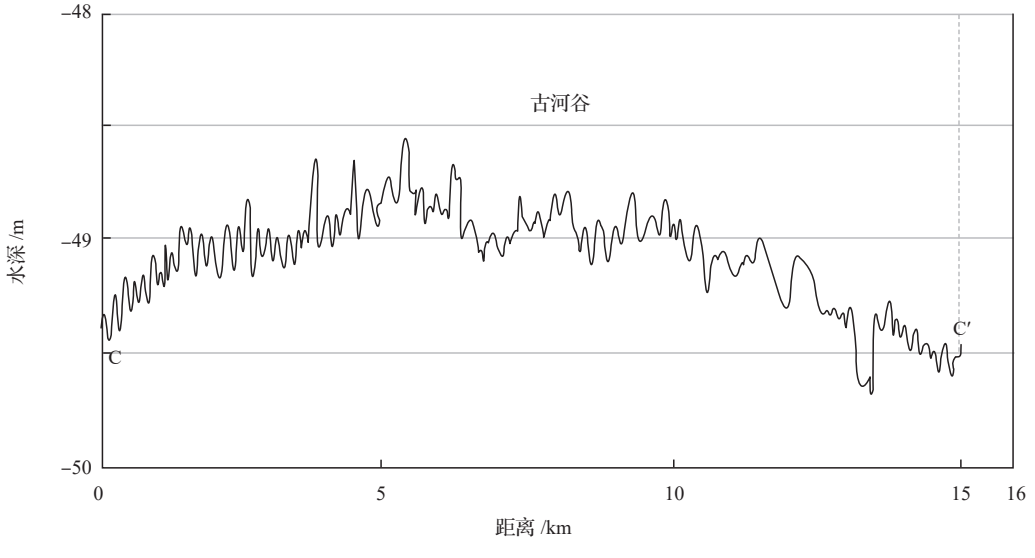
（a）P1

图 6　剖面地貌分类

Fig.6　Geomorphological classification along profile



（b）P2



（c）P3

图 6 剖面地貌分类（续图）

Fig.6 Geomorphological classification along profile

4.2.2 古河谷与洼地

古河谷是河流侵蚀塑造的大型地貌框架，主要位于研究区域东部。古河谷面积约占研究区域总面积的 1/3，呈现西北窄东南宽的态势，北侧最窄，南侧最宽，西北—东南方向长度超过 20 km。古河谷内地形变化较为平缓，水深沿河谷走向呈现先变浅后变深的趋势，垂直河谷走向呈现两边浅中间深的趋势。古河谷内大部分水深都超过 −48.0 m，其中，西北侧水深 −48.0 ～ −49.0 m，中间略浅，在 −47.5 ～ −48.5 m 之间，东南侧水深 −49.0 ～ −50.5 m。古河谷内沿河谷走向的平均坡度约 0.08‰，最大坡度（不考虑洼地）出现在东南方向 49 m 等深线以深区域，约 0.50‰；垂直河谷走向的平均坡度在 0.45‰～ 1.33‰之间。古河谷轴线位于古河谷中部偏东一侧，为西北—东南走向，水深呈现先变浅后变深趋势，基本上深于 −48.8 m。古河谷内共发育 3 处洼地，洼地形状呈椭圆形、鲸鱼形等，面积大小不一，最小的 0.12 km^2，最大的 9.79 km^2。

4.3　小结

研究区域一级地貌类型为大陆地貌，二级地貌类型为大陆架地貌，三级地貌类型为陆架侵蚀—堆积斜坡，四级地貌可划分为缓坡和古河谷，其上还发育洼地和古河道。该区域的演化受海平面变化、河流作用、海洋动力（潮流与波浪）及构造沉降的联合控制。

缓坡共有两处，分别位于研究区域中部和东部边界，缓坡面积约占研究区域总面积的 1/2，其中，中部缓坡面积远大于东部缓坡面积。中部缓坡近似平行四边形，长期处于相对稳定的堆积环境，沉积补偿较好，保留了较完整的宽缓地貌。东部缓坡近似直角三角形，靠近古河谷东缘，可能受后期水流侵蚀改造较强，或基底地形本身较陡，导致堆积受限、坡度略增。古河谷主要位于研究区域东部，面积约占研究区域总面积的 1/3，呈现西北窄东南宽的形态，符合河流纵剖面上游窄、下游宽的基本特征，指示其为冰期低海平面时期的河流下切产物。北侧最窄处约 5.5 km，南侧最宽处超过 10 km，西北—东南方向长度超过 20 km。

研究区域地貌是以河流作用为主、海侵改造为辅的产物。缓坡为古河谷两侧的残留阶地或泛滥平原，古河谷为冰期低海平面时期的河流下切主谷，洼地与古河道则是河流侧向迁移与沉积作用的次级痕迹。整体反映出一个由陆向海过渡、受海平面变化控制的典型陆架侵蚀—堆积地貌系统。

5　结论

水深地形数据不仅是描绘海底起伏的地图，更是理解地球系统、保障人类活动安全和开发海洋资源的关键基础信息，具有极其广泛和重要的现实意义。本文基于多波束、侧扫声呐和历史资料，对研究区域开展了水深地形与地貌分析，认为其整体呈现自西向东的变化趋势，水深逐渐变深，倾斜程度逐渐变大。补充了这一区域的相关数据，为今后更好地对该区域进行开发研究提供了基础数据，有助于该区域的航道规划与维护、海洋资源开发与工程建设、海洋科学研究与环境保护等。

参考文献（References）：

[1] 季云，殷勇，李清，等. 南黄海辐射沙脊群苦水洋海域晚更新世以来沉积特征及环境演化[J]. 南京大学学报（自然科学），2015，51(3)：641-657.
JI Yun，YIN Yong，LI Qing，et al. The core-recoded strata and environmental changes since the Late Pleistocene in Kushuiyang area of the radial tidal sandy ridge system，Jiangsu offshore，southern Yellow Sea[J]. Journal of Nanjing University(Natural Sciences)，2015，51(3)：641-657.

[2] 殷勇，张宁. 南黄海辐射沙脊群西洋潮道晚更新世晚期以来沉积环境[J]. 古地理学报，2010，12(5)：618-628.
YIN Yong，ZHANG Ning. Sendimentary environments of Xiyang tidal channel of radial tidal sand ridge system since the late period of Late Pleistocene in South Yellow Sea[J]. Journal of Palaeogeography，2010，12(5)：618-628.

[3] 温珍河，张训华，姚长新，等. 中国东部海区及邻域地质构造特征与演化[C]// 亚洲大陆深部地质作用与浅部地质—成矿响应学术研讨会论文摘要，2008.
WEN Zhenhe，ZHANG Xunhua，YAO Changxin，et al. Geological structural characteristics and evolution in the eastern coastal area of China and its surrounding regions[C]//Abstracts of the symposium on deep geological processes and surface geological and mineralization responses in Continental Asia，2008.

[4] AN Z S，KUTZBACH J E，PRELL W L，et al. Evolution of Asian monsoons and phased uplift of the Himalaya-Tibetan plateau since Late Miocene times[J]. Nature，2001，411(6833)：62-66.

[5] BEERLING D J，ROYEr D L. Convergent Cenozoic CO_2 history[J]. Nature Geoscience，2011，4(7)：418-420.

[6] BI L，YANG S，LI C，et al. Geochemistry of river-borne clays entering the East China Sea indicates two contrasting types of weathering and sediment transport processes[J]. Geochemistry，Geophysics，Geosystems，2015，16：3034-3052.

[7] 张晋. 3.5 Ma 以来南黄海西部沉积演化史及其环境响应[D]. 北京：中国科学院大学（中国科学院海洋研究所），2019.
ZHANG Jin. Sedimentary evolution in the western South Yellow Sea and its environmental responses since 3.5 Ma[D]. Beijing：

University of Chinese Academy of Sciences(Institute of Oceanology，Chinese Academy of Sciences)，2019.

[8] 陈晓辉，陆凯，田振兴，等．晚更新世以来南黄海中部进积体序列与古河流系统[J]．海洋地质与第四纪地质，2023，43(4)：85-96.
CHEN Xiaohui，LU Kai，TIAN Zhenxing，et al．Progradational sediment：succession and paleo-channel system in the central South Yellow Sea since the Late Pleistocene[J]．Marine Geology and Quaternary Geology，2023，43(4)：85-96.

[9] 仇建东，张勇，吴凤萍，等．南黄海中西部全新世地层沉积特征[J]．海洋地质与第四纪地质，2023，43(2)：77-91.
QIU Jiandong，ZHANG Yong，WU Fengping，et al．Sedimentary characteristics of Holocene sediments in the Middle-Western South Yellow Sea[J]．Marine Geology and Quaternary Geology，2023，43(2)：77-91.

[10] 陈影影，夏非，张振克．苏北—南黄海西部第四纪长江埋藏古河道分布研究进展[J]．海洋地质与第四纪地质，2020，40(4)：40-54.
CHEN Yingying，XIA Fei，ZHANG Zhenke．Research progress on distribution of Quaternary buried paleo-Yangtze River channels in the North Jiangsu-western South Yellow Sea[J]．Marine Geology and Quaternary Geology，2020，40(4)：40-54.

[11] 陶倩倩，刘保华，李西双，等．晚更新世南黄海西部陆架的古长江三角洲[J]．海洋地质与第四纪地质，2020，40(4)：40-54.
TAO Qianqian，LIU Baohua，LI Xishuang，et al．The ancient Yangtze River Delta of the western shelf of the south Yellow Sea during the Late Pleistocene[J]．Marine Geology and Quaternary Geology，2020，40(4)：40-54.

[12] WANG L Y，LI G X，XU J S，et al．Strata sequence and paleochannel re-sponse to tectonic，sea-level，and Asian monsoon variability since the Last Pleistocene in the South Yellow Sea[J]．Quaternary Research，2019，92(2)：450-468.

[13] 王起超．多波束测深系统在水下地形测量中的研究与应用[J]．测绘与空间地理信息，2025(S1)：187-188.
WANG Qichao．Research and Application of Multi-beam Sounding System in Underwater Topographic Survey[J]．Surveying and Spatial Geographic Information，2025(S1)：187-188.

[14] 董雨．多波束测深系统在海洋航道测量中的应用研究[J]．工程技术研究，2023，8(15)：122-124.
DONG Yu．Research on the application of multi-beam bathymetry system in marine channel measurement[J]．Engineering Technology Research，2023，8(15)：122-124.

[15] 邓湛胤，唐珂仪，熊月，等．侧扫声呐多波束测深技术研究[J]．工程技术研究，2005(10)：1-4.
DENG Zhanyin，TANG Keyi，XIONG Yue，et al．Research on side-scan sonar multi-beam depth measurement technology[J]．Engineering Technology Research，2005(10)：1-4.

[16] 罗深荣．侧扫声呐和多波束测深系统在海洋调查中的综合应用[J]．海洋测绘，2003，23(1)：3.
LUO Shenrong. Comprehensive application of side-scan sonar and multi-beam bathymetry system in marine surveying[J]．Marine Surveying，2003，23(1)：3.

[17] 孔祥淮，陆凯，徐晓达，等．南黄海地形地貌特征及其成因探讨[J]．海洋地质与第四纪地质，2022，42(6)：21-31.
KONG Xianghuai，LU Kai，XU Xiaoda，et al．A study on the characteristic and its cause of topography and geomorphology of the South Yellow Sea[J]．Marine Geology and Quaternary Geology，2022，42(6)：21-31.

[18] 徐晓达，孔祥淮，陆凯，等．中国东部海域地形地貌[M]．北京：地质出版社，2021：48-114.
XU Xiaoda，KONG Xianghuai，LU Kai，et al．Topography and geomorphology of the eastern sea area of China[M]．Beijing：Geological Publishing House，2021：48-114.

[19] 秦亚超，顾兆峰．连云港海域废黄河水下三角洲北翼的沉积特征与空间分布[J]．海洋学报，2019，41(11)：101-116.
QIN Yachao，GU Zhaofeng．The depositional feature and spatial distribution of the northern flank of the abandoned subaqueous Yellow River Delta off the Lianyungang coast，western South Yellow Sea[J]．Haiyang Xuebao，2019，41(11)：101-116.