

# 石岛湾海域海洋浅层地质条件 及灾害地质特征

陈丽洁<sup>1</sup>, 王玉莲<sup>1\*</sup>, 王振兴<sup>2</sup>, 仲祥裕<sup>1</sup>, 王强<sup>1</sup>, 鲁彦伯<sup>1</sup>

(1. 山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队(山东省第六地质矿产勘查院), 山东 威海 264209; 2. 山东省地矿建设有限公司, 山东 济宁 272100)

**摘要:**石岛湾海域是黄海西北部的重要海湾, 是环渤海经济圈与东北亚贸易的重要节点, 区位优势明显。本文通过浅地层剖面测量、多波束水深测量及地质钻探, 结合该区域的历史地质资料, 分别对研究区海底地形地貌、浅地层地质结构、灾害地质特征进行了分析研究。结果表明, 研究区海底地形整体较平缓, 坡度起伏变化不大; 地貌类型主要为海底平原; 浅地层结构分为 2 个地层单元, Su1 为全新世楔状沉积体, 是全新世海平面上升时期形成的沉积环境较稳定的海相层, Su2 地层为末次冰期盛冰期形成的陆相沉积; 灾害地质因素主要为楔状泥质沉积体、埋藏古河道和浅埋起伏基岩。

**关键词:**石岛湾; 地形地貌; 浅地层结构; 灾害地质

中图分类号: P67

文献标识码: A

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2025.06.008

## 0 引言

近年来, 随着海洋经济的快速发展, 海洋工程建设项目建设项目日益增多, 也对海洋地质环境造成了一定影响, 海洋地质灾害时有发生, 对人们的生命财产及生产环境构成了较大威胁, 海洋地质调查工作越来越受到人们的重视<sup>[1-2]</sup>。前人在南海海域、威海海域、山东半岛海域均开展了海洋地质的研究工作, 对海洋灾害地质特征亦有初步研究, 对海洋工程建设、海洋资源开发利用等具有一定的积极作用。石岛湾海域具有我国北方最大的渔港、国家一类开发口岸, 是环渤海经济圈与东北亚贸易的重要节点, 区位优势明显。本文利用《山东省威海市荣成海岸带综合地质调查》项目在石岛湾海域开展的浅地层剖面测量、多波束水深测量及地质钻探工作成果, 研究了石岛湾海域海洋地质条件和灾害地质特征, 能够为该区海洋经济开发与利用提供基础地质资料, 具有重要的理论与实际意义<sup>[3]</sup>。

## 1 研究区概况

石岛湾海域位于山东半岛最东端的荣成市, 属于南黄海海区<sup>[4]</sup>, 东部与镆铘岛相邻, 西依赤山山脉, 水深 7~21 m, 潮流属不正规半日潮, 最大潮差 1.65 m 左右。因受地形地貌等因素的影响, 海流比较复杂, 近岸海域多属环岸流, 流速较小, 一般为 0.15~0.5 m/s; 10 m 等深线以外海域流速较大, 一般为 0.8~0.9 m/s, 流向自西南至东北向。境内近海风浪、涌浪并存, 风浪为主要浪型, 年际波动幅度不大, 风浪与涌浪的主波向均为向岸方向。

研究区所在陆块处于中朝陆块的东南缘和中央造山区的东端, 属于胶北隆起的乳山-威海复背斜<sup>[5]</sup>。地层主要出露新生代第四纪地层<sup>[6]</sup>, 岩浆岩非常发育, 以中酸性岩为主, 形成时代有新元古代及中生代, 新元古代岩浆岩岩性以花岗质片麻岩为主, 中生代岩浆岩岩性以正长花岗岩、石英正长岩、含黑云辉石正长岩为主(图 1)。区内变质岩经受了多期

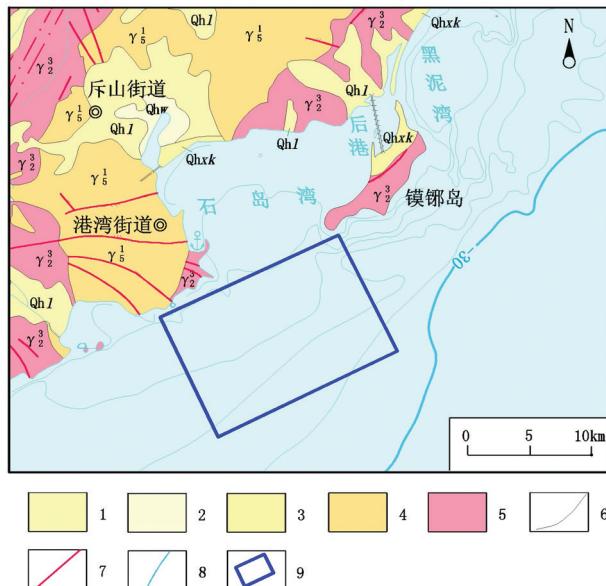
收稿日期: 2025-03-26; 修订日期: 2025-05-04; 编辑: 王敏

基金项目: 山东省自然资源厅地质勘查项目: 山东省威海市荣成海岸带综合地质调查(鲁勘字[2022]63 号)

作者简介: 陈丽洁(1997—), 女, 山东威海人, 工程师, 主要从事水工环地质及海洋地质相关工作; E-mail: 84641352@qq.com

\* 通信作者: 王玉莲(1983—), 女, 山东菏泽人, 正高级工程师, 主要从事水工环地质及海洋地质相关工作; E-mail: alane1983@163.com

不同时代的变形作用改造,韧性剪切带极为发育。中生代以来,在太平洋板块朝着欧亚板块下方俯冲的作用下,工作区内构造活动强烈,形成一系列构造岩浆岩带和大型断裂,其构造形迹以浅层次脆性形变为主。



1—第四纪临沂组;2—第四纪潍北组;3—第四纪旭口组;4—中生代印支期侵入岩;5—新元古代南华纪侵入岩;6—地质界线;7—断裂;8—海水等深线;9—研究区位置。

图 1 研究区区域地质略图

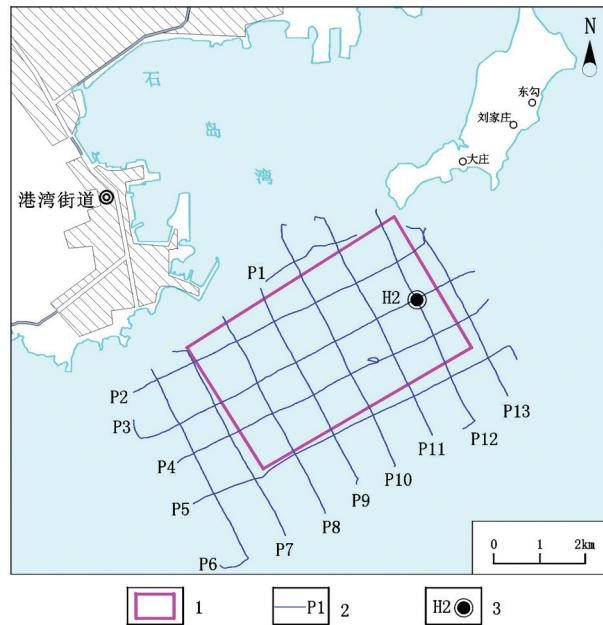
研究区域属于东亚季风区,季风特点明显,夏季多为偏南风,冬季多为偏北风,同时具有典型的海洋性气候特点,冬无严寒,夏无酷暑,且降水充足<sup>[7]</sup>。

## 2 研究方法

为了解研究海域内地形地貌和浅地层结构特征,山东省地质矿产勘查开发局第六地质大队(山东省第六地质矿产勘查院)于 2023 年 9—10 月开展了多波束水深测量、浅地层剖面测量和地质钻探工作(图 2)。

多波束水深测量野外数据采集软件采用 Qinsy 软件,数据解译与编辑软件采用 Qimera 软件,水下地形图编辑软件采用南方 CASS11.0 软件。测量采用全覆盖方式进行,测量过程中,船只保持沿测线行进,航速控制在 4~6 kn。根据研究区海区特点、水深情况及设备要求,测线间距 50 m,测线覆盖区有 20% 的重叠,测量分辨率为水深的 0.5%,精度为水深的 2%;采集精确水深地形数据后,通过数据处理

软件获取研究海域地形成图及 DTM 数字地面模型。



1—多波束水深测量范围;2—浅地层剖面测量测线及编号;3—地质钻探位置及孔号。

图 2 研究区地质调查工作示意图

野外浅地层剖面测量工作使用荷兰 Geo 公司的浅地层剖面系统仪器,定位采用美国 Trimble 公司的 SPS 461 信标机,导航软件采用 Haida6.1 导航系统。经试验后,确定了浅地层剖面测量的工作参数为<sup>[8]</sup>:激发间隔 1 000 ms,能量 800 J,带通滤波 200~2 000 Hz,记录量程 200 ms,地层平均声速 1 600 m/s,船速 4.5~5 kn。主测线平行于海水等深线布设,联络测线垂直于主测线,测网按 1 km×1 km 的网距布设,共布设测线 13 条,使用 GeoSuite AllWorks 软件进行了多次波压制、带通滤波、增益处理、剖面解译和平面解译,划分了工作区内地层层序。

海域地质钻探采用 XY-200 型号钻机、Φ130 岩心管、Φ180 套管,施工时进行全孔取心,回次进尺小于 3 m,钻进操作时,实时记录进尺数据,包括回次,钻具长度、水深、机上余尺、孔深、回次进尺、岩心采取率等,及时进行钻孔岩心编录等工作。

通过多波束水深测量获取水下地形图、DTM 数字地面模型以及水下目标的大小、形状和高低变化,浅地层剖面测量获取高分辨率地震数据后进行噪音剔除、多次波压制、增益、滤波等处理工作,获得较清晰的地层界面信息,结合地质钻探资料的进一步验

证,揭示了研究区地质条件及灾害地质特征。

### 3 地形地貌特征

石岛湾海域地形呈现北部及西北部高,东部及南部低的趋势。研究区水深大致在 7~21 m 之间,其中大部分区域水深集中在 12~20 m 之间,平均水深约 16 m。除北部小部分区域外,整体海底地形平缓,坡度起伏变化不大,为东亚大陆架的一部分。

研究区地貌主要为海底平原,偶有小突起,可能为礁石,未发现沉船等明显的海底障碍物。测区北部较浅,海底凹凸不平,可能为海底隆起,中部较为光滑,海床表面较为平坦,随着远离陆地深度开始急剧增加,呈现出一定的坡度(图 3)。

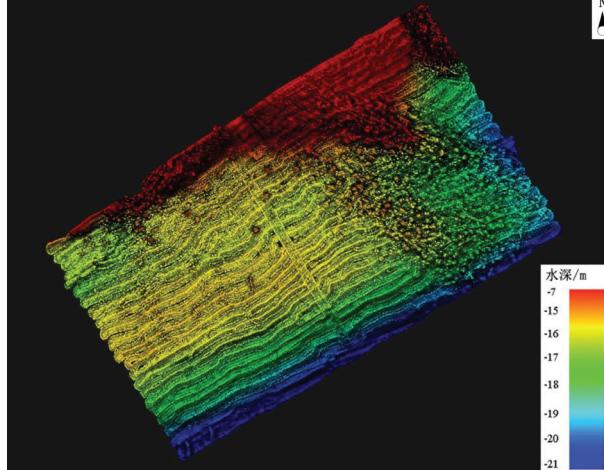


图 3 研究区多波束测量水下地形图

### 4 浅地层结构特征

通过对浅地层剖面测量所得地震剖面的反射结构、波组特征,以及上超、下超、顶超、削截等地层反射终止方式展开详细剖析与研究<sup>[9]</sup>,结合钻孔岩性的描述,进而对浅地层剖面的地层层序反射界面予以划分。结果显示,石岛湾海域从浅到深依次为 D0、D1、D2 共 3 个反射界面,其中 D0 界面为海底反射面,代表地层和海水的分界面,以高连续性和强振幅为特征(图 4)。应用层序地层学的方法研究沉积层结构,根据识别地层反射界面,建立地层层序,划分了 2 个地层单元,从上到下依次是 Su1、Su2(见表 1)。

#### 4.1 地层单元 Su1 和 D1 界面

D1 界面比较明显地显示在浅地层剖面上(图 5、

图 6、图 7),是冰后期随着海平面不断上升,临滨带持续向陆后退而形成的区域性海侵面,也是冰后期的初始海泛面,显示为强振幅,连续性较好<sup>[10-11]</sup>,较为平缓,在研究区广泛分布。D1 的埋藏深度为 1.4~12.2 m,深度变化较大,东北部靠近大陆岸线埋深最浅,只有 1.4 m,向西南方向深度逐渐增加至 12.2 m,平均埋藏深度 8.5 m。

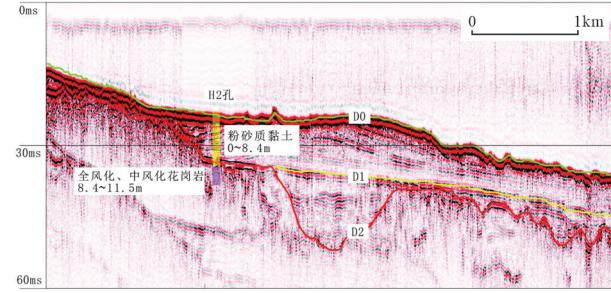


图 4 钻孔 H2 与 P12 测线浅地层剖面对比图

表 1 浅地层剖面地层单元划分及地震相特征

序号	地层层序				地震相特征		沉积环境
	底界面	单元	顶	底	内部反射特征	外形特征	
1	D1	Su1	平行	上超	平行反射,高频率,强震幅,连续性好	席状	浅海沉积
2	D2	Su2	平行	上超	平行反射,局部有前积反射,强震幅,连续性好	席状	陆相沉积

Su1 为从海底向下和 D1 界面之间的地层(图 5、图 6、图 7),工作区南北向和东西向地震剖面上出现明显的楔状沉积体 Su1,Su1 单元内的地震相特征表现为强振幅、高频率、连续性好的平行结构。该单元在工作区分布广泛,是全新世海平面上升时期形成的沉积环境较稳定的海相层<sup>[8,12-13]</sup>,根据钻孔显示岩性主要为粉砂质黏土。该单元层序发育较稳定,厚度变化较大,厚度范围在 1.4~12.2 m,该单元层序的发育特点是研究区西南部较厚,其中最厚处约 11.0~12.2 m,靠近海岸附近或湾内海域较薄,厚度一般小于 5 m 或不发育。

#### 4.2 地层单元 Su2 和 D2 界面

D2 界面是基岩的顶界面(图 5、图 6、图 7),埋藏深度 0~23.0 m,基岩出露位置主要在石岛镇、镆铘岛镇的近岸海域,埋深最深的位置位于石岛湾口门处。从测线 P12 浅地层剖面中可以看出,D1 与 D2 界面之间存在一层疑似粉质黏土层,因地层分布不连续,钻孔内并未揭露。电火花采集系统无法穿透

基岩, D2 以下地层结构无法识别。

Su2 地层单元的底界面为侵蚀间断面 D2(图 5、图 6、图 7), 显示为波状起伏的状态。Su2 地层单元在调查区的中部呈现出主要分布的态势, 显示出高振幅且近似水平的连续反射层, 沉积厚度 0~14.8 m, 在离岸太近的区域厚度减小至零, 其后缺失。推断 Su2 地层为末次冰期盛冰期形成的陆相沉积<sup>[8,12-13]</sup>, 岩性推测为粉砂、粉质黏土, 层底侵蚀作用较强烈, 地层厚度变化较大。

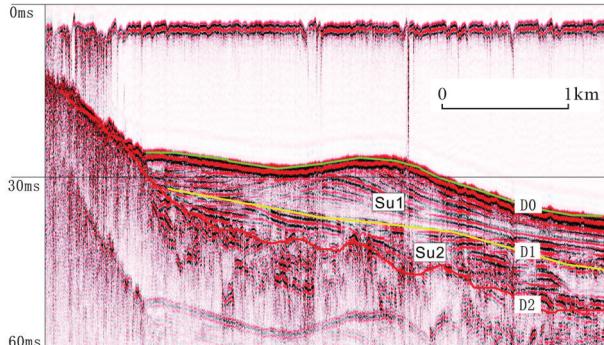


图 5 P2 测线浅地层剖面图

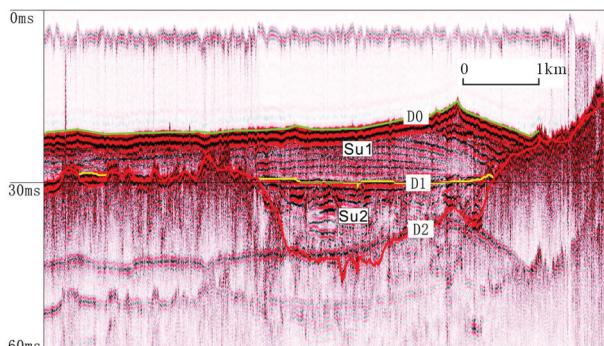


图 6 P5 测线浅地层剖面图

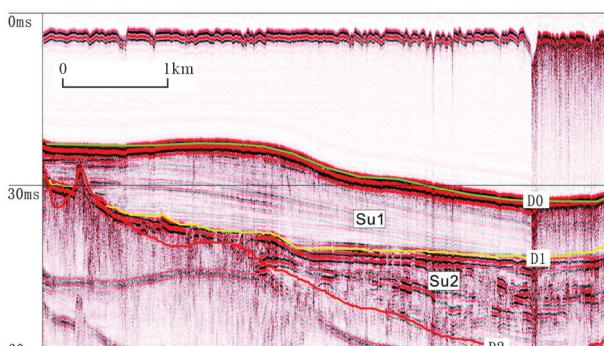


图 7 P13 测线浅地层剖面图

#### 4.3 覆盖层埋藏厚度

根据工作区覆盖层厚度分布情况, 可分析不同海域的沉积环境差异, 同时在预防海底地质灾害, 以

及保障海上工程的施工建设具有重要的意义<sup>[10]</sup>。

根据调查结果可知, 工作区覆盖层的厚度范围为 0~23.0 m。近岸区域覆盖层厚度较薄, 一般不超过 10 m。覆盖层最厚的区域位于研究区西南部及中部靠近湾口的地区, 局部地区的厚度超过了 15~20 m。

## 5 主要灾害地质特征

灾害地质是指那些对人类生命财产有危害可能性的地质因素, 也就是能够引发直接危害, 或者产生潜在影响的地质条件与地质现象<sup>[14-16]</sup>。研究区内发育的楔状泥质沉积体、古河道及浅埋(或裸露)基岩等地质体主要与后期的构造活动、岩浆活动有关, 这些地质体让原本的地层形态与内部结构发生了改变。一旦出现典型地质体, 往往意味着有宏观构造活动, 或者处于特殊沉积环境, 而且, 这些地质体还可能引发地质灾害。

### 5.1 楔状泥质沉积体

楔状泥质沉积体是发育在大陆架边缘的一种形态特殊的泥质沉积体。其在沉积过程中速度过快, 导致内部排水不畅, 孔隙水压力升高, 削弱了沉积抗剪强度; 且泥质沉积物本身胶结程度较低, 易在应力变化下发生剪切破坏; 楔状体前缘一般坡度较陡, 在重力作用加剧下有失稳的风险。此外, 楔状泥质沉积在波浪或潮汐作用的周期性荷载, 以及海底开挖、油气开采等人类工程活动扰动等, 都可降低沉积体的稳定性, 诱发滑动形成灾害。

石岛湾海域 Su1 为向南、向西进积的水下楔形沉积体, 是一套海相软泥层。根据钻孔岩性分别为粉砂质黏土、淤泥质黏土。该地层结构具有较显著的流变特性, 承载力小, 强度低, 重度小, 含水量和孔隙比大, 且渗透性很小, 压缩性高。一旦受到扰动, 土体强度将明显下降, 甚至产生流动状态, 为工程建设带来巨大不利影响。

### 5.2 埋藏古河道

晚第四纪时期中国东部陆架海区气候经历了冰期-间冰期交替的变化过程, 造成陆-海的升降变化, 早期的河道纷纷进入海底, 并且埋藏于不同厚度的沉积物之下, 形成埋藏古河道<sup>[17-18]</sup>。由于埋藏古河道由高渗透性的砂砾层组成, 结构松散, 力学性质不均, 在外力扰动下可能触发灾害, 特别是部分地段存

在软弱夹层,建筑物桩基穿透时,可能引发边坡失稳造成灾害。

工作区地形较为平坦,更新世以来海平面多次升降,曾经大部分裸露为陆地,谷状(V字形)负地形即是低海平面时期河流在陆架作用的结果。工作区识别出典型的古河道沉积主要位于 P8 侧向附近(图 8),宽十余米,下切深度达 10 m,顶部是海侵河道充填沉积,其填充的沉积物沉积构造复杂,结构性质多变,土体力学性质也复杂多变,为不良工程地质因素,会对海底管线铺设、海上工程建设以及平台安装等造成影响<sup>[19-20]</sup>,处理不当有可能造成巨大损失。

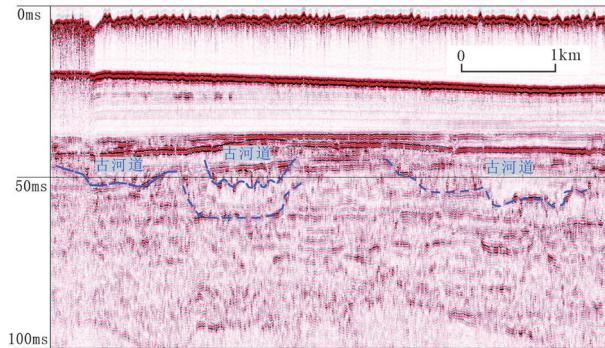


图 8 埋藏古河道示意图

### 5.3 浅埋起伏基岩

浅埋起伏基岩指浅地层剖面揭示的基岩,沉积物不发育或者上覆少量沉积物。基岩面起伏导致上覆土层厚度差异,土体压缩性不同,且基岩面陡变处易形成软弱结构面,在工程建设、地震、降雨等特定情况下可引发地质灾害。

本次工作在测线 P12 发现裸露基岩,在测线 P5(图 9)发现浅埋基岩。在浅地层剖面上,基岩顶界面主要呈现为中-高频、强振幅且较为连续的反射特征,而其内部的反射模糊杂乱,没有明显的层理结构,同时,该界面还对两侧地层产生了明显的扰动<sup>[12]</sup>。

浅埋起伏基岩地区的海底地形复杂,可能会对船舶航行造成障碍,增加航行风险,甚至可能导致船只搁浅或损坏;在工程建设领域,基岩通常是优质的承力层。不过,一旦基岩表面起伏不平,就可能致使海底构筑物的基础持力不均匀,进而引发构筑物歪斜,严重时甚至会倾倒。此外,浅埋且表面起伏剧烈的基岩,还有可能与滑坡、断层等地质现象相伴出现,在特定外力作用下,容易引发地质灾害。所以,海底发育的浅埋起伏基岩,会给海上建设工程带来

诸多不利影响<sup>[21]</sup>,在工程建设中应当谨慎对待。

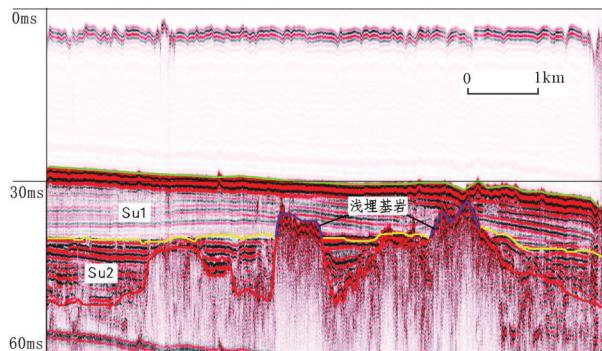


图 9 浅埋基岩示意图

## 6 结论与讨论

本文根据多波束水深测量、浅地层剖面测量以及地质钻探资料,总结了石岛湾海域地质条件及灾害地质特征,揭示了末次冰期以来海平面升降对区域沉积环境的控制作用,分析了研究区存在的灾害地质隐患以及不利影响,不仅对区域海洋工程建设具有直接指导价值,更为陆架区复杂地质环境下的灾害防控提供了理论方法创新。

(1)石岛湾海域地形呈现北部及西北部高,东部及南部低的趋势。研究区水深大致在 7~21 m 之间,整体海底地形平缓,坡度起伏变化不大,地貌主要为海底平原,偶有小突起,可能为礁石,未发现沉船等明显的海底障碍物。

(2)石岛湾海域自上而下识别出 D0、D1、D2 共 3 个反射界面,划分了 2 个地层单元 Su1、Su2。Su1 为全新世楔状沉积体,岩性主要为粉砂质黏土,是全新世形成的沉积环境比较稳定的海相层,厚度范围在 1.4~12.2 m;Su2 地层为末次冰期盛冰期形成的陆相沉积,岩性推测为粉砂、粉质黏土,厚度 0~14.8 m。

(3)石岛湾海域灾害地质因素主要为楔状泥质沉积体、埋藏古河道和浅埋起伏基岩。楔状泥质沉积体在研究区广泛分布;埋藏古河道主要分布在 P8 测线附近,宽十余米,下切深度达 10 m;浅埋基岩主要分布在测线 P5 附近,测线 P12 发现裸露基岩。灾害地质因素对工程建设可能会产生巨大的不良影响,因此,在进行工程建设项目时,应尽量避开此类区域。无法避开时,应当采取必要的防护措施,以免给国家和人民的生命财产造成重大损失。

## 参考文献：

- [1] 林曼曼. 青岛近海海域灾害地质特征研究[D]. 石家庄: 石家庄经济学院, 2025.
- [2] 吴振, 李岩, 王松涛, 等. 威海市近海海域浅地层结构及灾害地质特征[J]. 山东国土资源, 2018, 34(9): 42-48.
- [3] 王光栋, 高鸿, 王文治. 日照市近海海域灾害地质类型及特征分析[J]. 山东国土资源, 2014, 30(11): 36-38.
- [4] 李继业, 冷宇, 潘玉龙, 等. 石岛海域污损生物生态学研究[J]. 海洋湖沼通报, 2019(6): 139-146.
- [5] 王楠, 李广雪, 张斌, 等. 山东荣成靖海卫海滩侵蚀研究与防护建议[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2012, 42(12): 83-90.
- [6] 李杰, 李倩, 宋明春, 等. 胶东大邓格金多金属矿床地质地球化学特征及意义[J]. 中国地质, 2016, 43(1): 221-237.
- [7] 郭萍. 石岛湾典型岸段侵蚀致因及防护措施研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [8] 顾效源, 王伟. 山东芝罘湾附近海域浅地层结构特征[J]. 海岸工程, 2021, 40(2): 131-139.
- [9] 胡新强. 海州湾及邻近海域浅部地震地层层序及海底滑塌研究[D]. 青岛: 山东科技大学, 2016.
- [10] 于剑峰, 顾效源, 韩明智, 等. 丁字湾近岸海底沉积物地层单元划分及沉积特征[J]. 山东国土资源, 2020, 36(3): 26-33.
- [11] 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.
- [12] 顾效源, 于剑峰, 韩明智, 等. 单道地震技术在海洋地质调查中的应用: 以威海褚岛北部海域为例[J]. 山东国土资源, 2020, 36(1): 72-78.
- [13] 王敬, 韩忠, 袁星芳. 桑沟湾周边海域晚更新世以来的层序地层[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(9): 68-76.
- [14] 赵景蒲, 贺森, 张建英, 等. 东营市近海海域灾害地质类型及特征分析[J]. 山东国土资源, 2018, 34(7): 55-60.
- [15] 张燕挥, 张一, 勇晓宇, 等. 山东省长山列岛北部海域浅表层海洋灾害地质特征及成因机制分析[J]. 山东国土资源, 2024, 40(4): 25-32.
- [16] 贾永刚, 陈天, 李培英, 等. 海洋地质灾害原位监测技术研究进展[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2022, 33(3): 1-14.
- [17] 孙杰, 詹文欢, 贾建业, 等. 珠江口海域灾害地质因素及其与环境变化的关系[J]. 热带海洋学报, 2010, 29(1): 104-110.
- [18] 吴俊峰. 渤海沿岸晚更新世以来海平面变化的地层记录[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2024.
- [19] 郝义, 王光栋, 张启慧, 等. 日照市海岸带古河道分布特征研究[J]. 山东国土资源, 2020, 36(5): 20-26.
- [20] 王明田, 庄振业, 葛淑兰, 等. 辽东湾中北部浅层埋藏古河道沉积特征及对海上工程的影响[J]. 海洋科学进展, 2000, 18(2): 18-24.
- [21] 仇建东, 刘健, 孔祥淮, 等. 山东半岛南部滨浅海区的海洋灾害地质[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(1): 27-33.

## Geological Conditions and Geological Characteristics of Disasters in Shidao Bay Sea Area

CHEN Lijie<sup>1</sup>, WANG Yulian<sup>1</sup>, WANG Zhenxing<sup>2</sup>, ZHONG Xiangyu<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>1</sup>, LU Yanbo<sup>1</sup>  
(1. No. 6 Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources (No. 6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources), Shandong Weihai 264209, China; 2. Shandong Geo-engineering Construction Limited Corporation, Shandong Jinan 272100, China)

**Abstract:** Shidao Bay sea area is an important bay in the northwest of the Yellow Sea and a key node for trade between the Bohai Rim Economic Circle and Northeast Asia with significant geographical advantages. Through shallow profile measurement, multi beam water depth measurement and geological drilling, combining with historical geological data, seabed topography, shallow geological structure and disaster geological characteristics of the study area have been analyzed and studied. It is indicated that the overall seabed terrain in the study area is relatively flat, with little variation in slope fluctuations. The main landform type is submarine plain. The shallow geological structure is divided into two stratigraphic units. Su1 is a wedge-shaped sedimentary body of the Holocene, which is formed during the period of sea level rise in Holocene and has a relatively stable sedimentary environment. Su2 is a terrestrial sedimentary layer formed during the Last Glacial Maximum. The main geological factors of disasters are wedge-shaped mudstone sedimentary bodies, buried ancient river channels, and shallow buried undulating bedrock.

**Key words:** Shidao Bay; topography; shallow geological structures; disaster geology