

海洋地质十七号船及其在海岸带 地质调查中的应用

石满乾, 刘维平*, 韩凯飞, 于富安*, 龚旭杰, 王美南, 王宏宇

(中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心, 山东烟台 264004)

摘要: 海岸带地质调查对于了解我国沿海地区资源分布和生态环境状况、推动城镇化发展、保障经济持续增长以及应对频发的自然灾害具有至关重要的意义。海洋地质十七号船是由我国自主设计、建造的小吨位海岸带综合地质调查船, 填补了我国该领域的空白, 提升了我国海岸带地质调查能力。该船的钻探系统针对不同地层配套多套取心钻具, 并针对海岸带钻探作业特点, 制定安全应急措施, 顺利完成了北黄海西部海域一个140 m深钻孔的钻探任务, 岩心采取率达92.7%。实践证明, 海洋地质十七号船钻探系统可圆满完成海岸带地质调查钻探取心任务。

关键词: 海岸带地质调查; 海洋钻探; 海洋地质十七号船; 钻探船; 取心钻具

中图分类号: P634; P714+.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2026)01-0099-05

Marine Geology No. 17 Vessel and its application in coastal geological survey

SHI Manqian, LIU Weiping*, HAN Kaifei, YU Fu'an*, GONG Xujie, WANG Meinan, WANG Hongyu

(Yantai Center of Coastal Zone Geological Survey, China Geological Survey, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: Coastal geological surveys play a pivotal role in understanding resource distribution and ecological conditions in China's coastal regions, promoting urbanization development, ensuring sustainable economic growth, and addressing frequent natural disasters. The Marine Geology No. 17 Vessel, independently designed and constructed by China, is a small-displacement integrated coastal geological survey vessel. It fills a critical gap in China's capabilities in this field and significantly enhances the nation's coastal geological survey capacity. The vessel's drilling system is equipped with multiple coring tools tailored to different stratigraphic layers, and emergency safety protocols have been established specifically for coastal drilling operations. The system successfully completed a 140m deep drilling task in the western waters of the North Yellow Sea, achieving a core recovery rate of 92.7%. Field applications have demonstrated that the drilling system of the Marine Geology No. 17 Vessel can effectively fulfill coastal geological survey drilling and coring missions.

Key words: coastal geological survey; marine drilling; the Marine Geology No. 17 Vessel; drilling vessel; coring drilling tools

0 引言

海岸带是海洋和陆地相互作用的结合部, 是水

圈、岩石圈、生物圈和大气圈的交汇区, 是海陆作用最活跃的地带^[1], 承担着陆海之间的物质交换, 自然

收稿日期: 2025-02-10; 修回日期: 2025-04-28 DOI: 10.12143/j.ztgc.2026.01.015

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“胶东北部海岸带与岛礁综合地质调查”(编号: DD20220990)、“东部地区战略性矿产靶区查证技术支撑(烟台中心)”(编号: DD20242961)

第一作者: 石满乾, 男, 汉族, 1978年生, 中心副主任, 高级工程师, 从事水文与工程地质调查相关技术和管理工, 山东省烟台市芝罘区机场路287号, 2016449757@qq.com。

通信作者: 刘维平, 男, 汉族, 1986年生, 室主任, 高级工程师, 从事探矿工程相关技术和管理工, 山东省烟台市芝罘区机场路287号, 563916176@qq.com。

于富安, 男, 汉族, 1991年生, 工程师, 从事探矿工程相关工作, 山东省烟台市芝罘区机场路287号, yufuan2022@163.com。

引用格式: 石满乾, 刘维平, 韩凯飞, 等. 海洋地质十七号船及其在海岸带地质调查中的应用[J]. 钻探工程, 2026, 53(1): 99-103.

SHI Manqian, LIU Weiping, HAN Kaifei, et al. Marine Geology No. 17 Vessel and its application in coastal geological survey[J]. Drilling Engineering, 2026, 53(1): 99-103.

资源丰富。我国海岸带涉及沿海11个省(区、市)及港澳台地区,是我国城镇化程度最高、人口密度最大、经济最发达、工程建设活动最密集的地区^[2]。海岸带同时也是生态环境脆弱区,滨海湿地退化、海岸侵蚀淤积、水土污染、海水入侵等环境问题突出,红树林、珊瑚礁、海草床、动植物等生物多样性下降,地震、海啸、风暴潮等自然灾害频发^[3]。针对这些资源环境问题,亟需进一步加强海岸带地质调查工作,提高海岸带地质资源环境认识程度,支撑服务海洋经济发展和生态文明建设。

我国的海岸带地质调查工作起步较晚,从20世纪60年代陆续开展,经历了起步阶段(1950—1970年代)、发展阶段(1980—2000年代)、成熟阶段(21世纪初)。2015年,中国地质调查局首次系统全面开展海岸带综合地质调查工作,资源环境生态并重、陆海统筹、深浅结合,基础与应用并重。2024年,中国地质调查局批准烟台海岸带地质调查中心牵头实施全国海岸带地质调查工作,成立海岸带地质科学研究中心,标志海岸带地质调查工作进入新的发展阶段。“海洋地质十七号”船是我国自主设计专门从事海岸带地质调查工作的综合性船舶,集钻探、水下静力触探、物探、表层取样多功能于一体,为我国海岸带地质调查提供了专业化装备保障,为未来海岸带地质调查工作开展奠定了坚实基础^[4-7]。

1 海洋地质十七号船简介

海洋地质十七号船(图1)是一艘以岩心钻探为主、兼顾地球物理调查和海洋水文环境调查的综合调查船,总长49.50 m,型宽12.00 m,吃水2.70 m,满载排水量930.7 t,航速12节,自持力24 d。



图1 海洋地质十七号船

Fig.1 The Marine Geology No. 17 Vessel

海洋地质十七号船搭载HYZ-500YT型海洋钻探系统,如图2所示,由井架、给进系统、升降补偿系统、回转型顶驱、钻杆盒、甲板延伸平台、安全卡瓦、

取样绞车、钻杆拧管机及配套底座、起下钻卷扬、司钻房及配套装置、液压动力站系统、泥浆泵及配套装置、泥浆池及附属装置、回浆处理装置、海底基盘、海底基盘绞车、恒张力装置、钻具、月池盖及其转运系统和散料、辅料集装箱等组成,正常作业海况3级(1.25 m波高,蒲福5级风),自存海况6级(6 m波高,蒲福10级风)。主要技术参数见表1。



图2 海洋地质十七号船钻探系统

Fig.2 Drilling system on the Marine Geology No. 17 Vessel

表1 海洋地质十七号船钻探系统技术参数

Table 1 Parameters of the Marine Geology No. 17 Vessel

参数名称	参数值
最大钻深(Φ110 mm口径)/m	300
作业最大水深/m	100
井架高度/m	19
井架额定载荷/kN	500
卷扬最大提升力/kN	100
顶驱最大载荷/kN	250
顶驱额定扭矩/(kN·m)	12
升降补偿范围/m	±1.5
最大补偿速度/(m·s ⁻¹)	1.2
基盘绞车提升能力/kN	120
取样绞车拉力/kN	50
泥浆泵最大排量/(L·min ⁻¹)	320
泥浆舱(池)容量/m ³	6
液压泵站额定压力/MPa	24
液压泵站电机功率/kW	75/55

2 海岸带地质调查钻探施工特点

海洋钻探施工,首先将钻探船航行至预定作业

地点,通过锚泊系统或动力定位系统实现定位。在定位过程中,需要实时监测船只的位置和姿态,确保准确无误^[8-13]。海岸带地质调查钻探施工具有显著区别于陆地及深海作业的特殊性。

2.1 作业环境复杂

施工区域多位于航运密集区,需建立VTS(船舶交通服务系统)联动机制,实时监测半径5海里(1海里=1852 m)内的船舶动态。

受潮汐、波浪、海流等动态海洋环境制约,作业窗口期需严格控制在低潮平流时段,有效作业窗口期短,工作时间紧张。

海洋环境具有高盐度、高湿度、强腐蚀性以及风浪流等复杂的海洋动力条件,钻探船要具备良好的稳定性和抗风浪能力,同时还要进行升降补偿。钻探设备和机具需要做好防腐蚀措施。

2.2 定位难度大

为了准确获取目标地层的地质信息,钻探船需要精确定位在预定的钻探位置,以确保钻探过程中的位置偏差控制在允许范围内。与陆上钻探相比,海洋钻探船没有固定的地面支撑,更容易受到水流和风力的影响,定位难度更大。

2.3 设备集成度高

海岸带地质调查钻探船需要集成钻探设备、动力系统、定位系统、泥浆处理系统等,需要在有限的空间内合理布局,以实现高效、安全作业。同时,设备之间的协同工作要求高,任何一个环节出现故障都可能影响整个钻探工程的进度和安全。

2.4 海底地质条件复杂

海底地质条件多样,可能存在松软的沉积物、致密的泥层、松散的砂层、复杂的地质构造以及高压、高盐度等特殊地质环境。在钻探过程中,需要根据不同的地质条件及时调整钻探工艺和参数。

2.5 环保要求严格

海洋环境生态系统脆弱,钻探施工过程中产生的岩屑、冲洗液、废水以及废气等都需要进行严格的处理和排放控制,避免对海洋环境造成污染。这就要求钻探船配备完善的环保处理设施,对施工过程中的废弃物进行分类、处理和回收。

3 海岸带地质调查钻探施工方法

以位于北黄海西部海域的CGSNY01钻孔为例,阐述海岸带地质调查钻探施工的工艺方法。该

孔设计孔深140 m,旨在通过高分辨率沉积学分析,查清中更新世以来地层三维格架特征及海陆交互沉积演化过程。

3.1 钻探技术要求

(1)钻探施工须严格按照任务书要求和《海洋地质取样技术规程》规定,终孔需经地质人员同意。

(2)钻进过程中每回次取心前应测量水深,并记录在班报表上,水深为实时水深,以便校准孔深。

(3)岩心采取率按回次计算,规程要求泥质地层(黏土和粉砂)不小于80%,砂质地层(细砂至粗砂)不小于60%。岩心采取率不得连续两个回次不满足技术要求。对于粗砾石层(或卵石层)不做取心率要求,但必须获取一定样品。

(4)全孔连续取心,岩心管内径不小于72 mm。钻进过程中如发生走锚,重新抛锚就位后,可对已钻取岩心的孔段进行扫孔,扫孔深度比原钻进深度至少浅2 m,即取样重叠长度不小于2 m。

(5)钻进的回次长度应满足鉴别小于0.2 m的层厚要求,砂层回次进尺不宜超过2 m,泥层回次进尺不宜超过3 m。

3.2 取心技术方法

本着获取原状岩心的原则,采用 $\varnothing 168$ mm套管隔离海水,并为钻孔导向,用 $\varnothing 50$ mm钻杆配合单管取心钻具进行钻进^[10-16]。地层主要以软土及黏土层、砂土混层和饱和砂层为主,采取硬质合金钻头钻进,针对不同的地层采用压入、锤击、回转、干钻等工艺取心,同时用冲洗液护壁或跟管护壁工艺。

3.2.1 软土层

表层淤泥质软土层为流塑状,易受外力扰动,主要采用压入法取心,并在钻头内侧加装花瓣式拦簧,减少岩心损失。首先,下放 $\varnothing 168$ mm隔水套管,当接近海底时,使用 $\varnothing 108$ mm单管钻具实施第一回次的取心工作。待第一回次取心完成,将 $\varnothing 168$ mm套管沉入泥层一定深度后固定套管。固定妥当后,下放单管钻具进行清孔,确认孔底干净后,进行第二回次的取心工作。如此循环,直到地层承载力较高时开始下入套管进行冲洗液循环钻进。

3.2.2 黏土层和砂土层

钻具组合为 $\varnothing 110$ mm硬质合金钻头+ $\varnothing 108$ mm单管钻具(内含 $\varnothing 90$ mm PVC衬管)+ $\varnothing 50$ mm钻杆,采用干钻法取心。

3.2.3 饱和砂层

饱和砂层松散无胶结,极易冲散,用含 $\text{O}75\text{ mm}$ PVC衬管的 $\text{O}90\text{ mm}$ 取土管进行锤击取心,取心后冲洗液循环回转扫孔到底,再进行下一回次取心。

3.3 泥浆配比

在海上施工主要水源为海水,冲洗液排进海里,考虑抗盐性和环保要求,以黄原胶和膨润土为主要材料,制定出2种针对不同地层的冲洗液:

(1)第四系泥层:冲洗液配比为海水+12%膨润土,主要解决坍塌、掉块、排粉排砂、护壁等问题,为下一步扩孔打好基础,冲洗液黏度 $35\sim 43\text{ s}$,密度 $1.05\sim 1.07\text{ g/cm}^3$,pH 7.5。

(2)砂层:易造成钻孔缩径、坍塌,要求冲洗液失水性、护壁性能较好,使用配方为海水+6%优质膨润土+0.3%黄原胶,冲洗液黏度 $28\sim 32\text{ s}$,密度 $1.04\sim 1.07\text{ g/cm}^3$,pH 7.5。

3.4 施工效果

全孔取心76回次,岩心采取率达92.7%,其中细砂层取心12回次,岩心采取率67%~100%,黏土层取心64回次,岩心采取率86%~100%,不存在连续两个回次采取率不达标的情况,满足任务书和规范要求。岩心样品见图3。



图3 岩心切样照片

Fig.3 Photographs of core cuttings

4 安全风险应对措施

根据施工海域情况,结合以往海洋钻探作业经验,制定了安全风险应对措施^[15-19]。

4.1 恶劣天气

海洋钻探作业易受天气影响,准确预测与科学应对至关重要。作业前,提前获取风、浪、气压等数据,掌握台风、风暴潮等恶劣天气动向,合理规划钻探作业航次时间,并做好应对预案。作业中,预测到恶劣天气时应提前停止钻探作业,及时驶入避风港。加强船舶与陆地监控中心的实时通信,根据天气变化及时调整应对策略,保障人员和设备安全。

4.2 过往船只

钻探作业工区处于航道范围,过往船只较多,易对钻探作业造成影响,危及作业安全。施工前,向主管机关申请将以钻探船为中心半径500 m的水域划定为安全作业区,并发布航行通(警)告。作业时,要密切关注过往船只,防止任何船只靠近。

4.3 地质钻探

开钻前,技术人员应进行地层资料、设计要求等技术交底,以便施工人员参考,并优选合适的钻进工艺参数。复杂地层钻进时,要把控关键要点。

一方面,要依据地层实际情况,科学合理选择转速、泵量、冲洗液密度和黏度等参数。同时,严密监测钻压、悬重、泵压等动态变化,特别注意避免钻速过快,以防引发地层失稳、钻具损坏等不良后果。操作时应保持上行钻柱相对快、下行钻柱相对慢的节奏,最大程度避免对地层的冲击以及钻具承受异常应力。

另一方面,若遭遇埋钻或卡钻等突发状况,切勿慌乱操作。此时要缓慢提拉钻具,动作一定要平稳、缓和,避免暴力提拉导致情况恶化。与此同时,提高冲洗液的排量,使冲洗液能在钻柱外环空快速流动,进而形成稳定的流动通道,不仅有助于缓解埋钻或卡钻带来的压力,还能为后续解卡等补救措施创造有利条件,保障钻进作业顺利进行。

5 结语

实践证明,海洋地质十七号船及其钻探系统能够圆满地完成海岸带地质调查取心任务。

(1)我国自主设计、建造的海洋地质十七号船填补了我国小吨位海岸带综合地质调查船的空白,搭载的HYZ-500YT型钻探系统,提升了海岸带地质调查能力。

(2)海洋地质十七号船针对不同地层采用不同的取心工艺和器具,可在表层、黏土层、砂层获取高质量样品。

(3)针对海岸带钻探作业风险,海洋地质十七号船制定的应对措施降低了安全风险,保证钻探作业的正常进行。

(4)首钻成功是对海洋地质十七号船的实战检验,标志着该船已完全具备海岸带地质调查能力,为海岸带地质调查事业增添“利器”。目前施工人员还在不断地熟悉和优化钻探系统。

参考文献(References):

- [1] 肖国强,王福,印萍,等.我国海岸带地质调查工作回顾与展望[J].华北地质,2022,45(1):92-100.
XIAO Guoqiang, WANG Fu, YIN Ping, et al. Review and prospect of the coastal geological survey of Chinese mainland: [J]. North China Geology, 2022,45(1):92-100.
- [2] 印萍,林良俊,陈斌,等.中国海岸带地质资源与环境评价研究[J].中国地质,2017,44(5):842-856.
YIN Ping, LIN Liangjun, CHEN Bin, et al. Coastal zone geo-resources and geo-environment in China[J]. Geology in China, 2017,44(5):842-856.
- [3] 文冬光,吴登定,张二勇.中国海岸带主要环境地质问题[C]//2004年海岸带地质环境与城市发展研讨会.天津:中国地质调查局,2004:29-35.
WEN Dongguang, WU Dengding, ZHANG Eryong. Main environmental geological problems in the coastal zone of China[C]//2004 Symposium on Coastal Geological Environment and Urban Development. Tianjin: China Geological Survey, 2004:29-35.
- [4] 何桥宝.海洋地质调查船地质钻探系统集成设计[J].广东造船,2018,37(4):28-31.
HE Qiaobao. Integrated design of geological drilling system for Marine geological survey ship [J]. Guangdong Shipbuilding, 2018,37(4):28-31.
- [5] 王世栋,田烈余,王俊珠,等.海洋地质十号船钻探系统及其在海洋地质调查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(2):24-29.
WANG Shidong, TIAN Lieyu, WANG Junzhu, et al. Drilling system on marine geology 10 Ship and its application in marine geological survey [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(2):24-29.
- [6] 王达,赵国隆,左汝强,等.地质钻探工程的发展历程与展望——回顾探矿工程事业70年[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(9):1-31.
WANG Da, ZHAO Guolong, ZUO Ruqiang, et al. The development and outlook of geological drilling engineering: To review the 70th anniversary of exploration engineering [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(9):1-31.
- [7] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.海洋深水钻探船及取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):152-154.
ZHAO Erxin, CAI Jiapin, JIA Meiling, et al. Offshore deep water drilling ship and technology of sample [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(S1):152-154.
- [8] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.我国海洋钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014(9):43-48, 70.
ZHAO Erxin, CAI Jiapin, JIA Meiling, et al. Marine drilling technique in China [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014(9):43-48, 70.
- [9] 叶建良,张伟,谢文卫.我国实施大洋钻探工程的初步设想[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(2):1-8.
YE Jianliang, ZHANG Wei, XIE Wenwei. Preliminary thoughts on implementation of the ocean drilling project in China [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(2):1-8.
- [10] 秦毅.桂北地区罗地1井钻探施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):56-59, 88.
QIN Yi. Practice of well luodi-1 drilling construction in North of Guangxi [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(1):56-59, 88.
- [11] 杨光.波浪补偿钻探设备在海洋岩土工程勘察中的应用[J].价值工程,2024,43(12):111-113.
YANG Guang. Application of wave compensation drilling equipment in marine geotechnical engineering exploration [J]. Value Engineering, 2024,43(12):111-113.
- [12] 廖天保.奋斗五号船钻探系统及其在海上风电场地质调查中的应用[J].西部探矿工程,2021,33(10):64-66,73.
LIAO Tianbao. Drilling system of Strive V ship and its application in geological investigation of offshore wind farms [J]. West-China Exploration Engineering, 2021,33(10):64-66,73.
- [13] 许启云,牛美峰,方意平,等.绳索取心钻进技术在水平钻孔中应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):34-36.
XU Qiyun, NIU Meifeng, FANG Yiping, et al. Application of wire-line coring drilling technology in horizontal well [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(12):34-36.
- [14] 杨芳.海域地质岩心钻探关键技术分析与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(7):23-29.
YANG Fang. Analysis and application of the key technology in geologic drilling in shallow sea [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(7):23-29.
- [15] 王林清,马汉臣,许本冲,等.浅海伸缩套管钻探工艺研究[J].钻探工程,2021,48(7):40-45.
WANG Linqing, MA Hanchen, XU Benchong, et al. Research on shallow sea drilling technology with telescopic casing [J]. Drilling Engineering, 2021,48(7):40-45.
- [16] 阮海龙,陈云龙,赵义,等.海洋超深水地质调查钻探实践[J].地质装备,2018,19(1):3-5,10.
RUAN Hailong, CHEN Yunlong, ZHAO Yi, et al. Drilling practice in marine ultra-deep water geological survey [J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(1):3-5, 10.
- [17] 丁仲礼.中国大洋钻探二十年[J].科学通报,2018,63(36):3866-3867.
DING Zhongli. Twenty years of ocean drilling in China [J]. Chinese Science Bulletin, 2018,63(36):3866-3867.
- [18] 汪品先.大洋钻探五十年:回顾与前瞻[J].科学通报,2018,63(36):3868-3876.
WANG Pinxian. Fifty years of scientific ocean drilling: review and prospect [J]. Chinese Science Bulletin, 2018,63(36):3868-3876.
- [19] 翦知潜.进军深海科学前沿——我国参与大洋钻探的进展[J].科学通报,2018,63(36):3877-3882.
JIAN Zhimin. Towards the scientific frontier of deep-sea research: Progress of China's participation in ocean drilling [J]. Chinese Science Bulletin, 2018,63(36):3877-3882.

(编辑 王跃伟)