

海洋风电工程地质勘察船

陈以沫

广州海洋地质调查局, 广东 广州

Email: 393281992@qq.com

收稿日期: 2020年12月7日; 录用日期: 2020年12月28日; 发布日期: 2021年2月9日

摘要

目前, 海洋风电工程地质勘察船主要有搭载XY系列钻机钻探船、浅水钻探船和深水钻探船。分析和介绍了各类风电工程地质勘察船, 并对海洋钻探施工过程中的主要风险进行了分析, 最后给出具体的预防工程措施。得出如下结论: 我国海洋风电场的不断增加为海洋工程地质勘察船积累了丰富的作业经验。1) 我国目前的技术装备, 已具备开展自动化海洋地质调查钻探能力; 2) 随着我国海洋工程地质钻探实践开展的越来越广泛, 与国际先进的技术水平差距正逐步缩小。3) 当前海洋地质钻探工程技术中还存在很多问题需要解决, 如海洋钻探过程中泥浆的回收再利用、海洋钻探风险性高等问题, 需要在日后实践中不断加以完善和提高。

关键词

海洋风电, 钻探, 勘察船

Offshore Wind Power Engineering Geological Survey Ship

Yimo Chen

Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou Guangdong

Email: 393281992@qq.com

Received: Dec. 7th, 2020; accepted: Dec. 28th, 2020; published: Feb. 9th, 2021

Abstract

At present, the offshore wind power engineering geological survey ships mainly include XY series drilling rigs, shallow water drilling ships and deep water drilling ships. This paper analyzes and

文章引用: 陈以沫. 海洋风电工程地质勘察船[J]. 电力与能源进展, 2021, 9(1): 1-9.

DOI: 10.12677/aepe.2021.91001

introduces various kinds of wind power engineering geological survey ships, analyzes the main risks in the process of offshore drilling construction, and finally gives specific preventive engineering measures. The conclusion is as follows: the increasing number of offshore wind farms in China has accumulated rich operation experience for offshore engineering geological survey ships. 1) At present, China's technical equipment has the ability to carry out automatic marine geological survey and drilling; 2) With the development of China's marine engineering geological drilling practice, the gap with the international advanced technology level is gradually narrowing. 3) At present, there are still many problems to be solved in the engineering technology of offshore geological drilling, such as the recovery and reuse of mud in the process of offshore drilling, the high risk of offshore drilling, etc., which need to be improved and improved in the future practice.

Keywords

Offshore Wind Power, Drilling, Survey Ship

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 搭载 XY 系列钻机钻探船

钻探船一般有单体船和双体船两种，可以利用民用渔船或者工程船搭建，比较经济，而缺点是钻探平台应急撤离状况差，存在一定的安全风险。钻探平台船舶吨位一般在 500~2000 t [1] [2] [3] [4]。以 XY-2B 系列为例，钻机参数如表 1：

Table 1. Technical parameters of XY-2B drill

表 1. XY-2B 钻机技术参数

项目	参数
钻进深度	300 m
钻杆直径	50, 60 mm
钻孔角度	70~90 度
钻机外廓尺寸	2500 × 1100 × 1700 mm
钻机重量	1550 Kg (配柴油机) 1450 Kg (配电动机)
回转器立轴转速	正转：70, 146, 179, 267, 370, 450, 677, 1145 r/min; 反转：62, 157 r/min
立轴给进行程	550 mm
立轴提升能力	68 KN
立轴给进能力	46 KN
最大工作扭矩	2550 N.m

单体钻探船一般选择在船的一侧搭建，其平台面积一般在 90 m² 左右，船体宽度应大于 6 m。也有预留通孔的单体钻探船 [1] [2] [3] [4]。如图 1 所示，为在船的一侧搭建的单体钻探船。如图 2 所示，为预留通孔的单体钻探船。

双体钻探船一般由 2 艘吨位、尺寸相等的船体通过槽钢焊接而成 [1] [2] [3] [4]。如图 3 所示，为双体钻探船。



Figure 1. Single drilling vessel built on one side of the vessel
图 1. 在船的一侧搭建的单体钻探船



Figure 2. The single drilling vessel with reserved through hole
图 2. 预留通孔的单体钻探船



Figure 3. Twin drilling vessel
图 3. 双体钻探船

采用 XY 型岩心钻机一般均可满足浅海水域钻探要求，开孔直径 110 mm，终孔直径 91 mm (或 75 mm)，采用套管和泥浆护壁。弱风化岩及其以上地层采用双管硬质合金钻头钻进，微风化岩石采用金刚石单管钻进。岩心采取率：粘性土、土状强风化岩不小于 90%；砂土不小于 65%；破碎带、块状强风化岩、弱风化岩不小于 65%；微风化岩不小于 80%。岩心按顺序全部装箱并填写好岩心牌，拍照留存。

2. 浅水钻探船

目前国内的浅水钻探船主要有：中海油于 1979 年建造的“南海 503”，作业水深为 300 米，钻探能力 150 米，可从事工程物探调查、钻孔取样及其它调查。中海油“滨海 218”适合 100 米以浅水深作业，从事平台场址和管线路由钻探取样、海洋环境观测以及其他工程支持。如图 4 所示，为上海海洋石油局一海大队于 1981 年建造的“勘 407”，作业水深为 100 米、泥线下最大钻深约 300 米，配备有 HGD-600 型海洋工程地质勘查浅钻钻机，主要用于近海及浅海海洋工程地质钻探，海底沉积、地貌调查。



Figure 4. “407” marine engineering geological survey ship
图 4. “勘 407”海洋工程地质综合调查船

如图 5 所示，为广州海洋地质调查局于 1979 年建造的“奋斗五号”钻探船配备浅海 HGD-300 型海洋钻机，可承担钻探、多波束测量、地质取样等调查工作，不具备深水调查能力。如表 2 所示，为其船舶主要技术参数。如表 3 所示，为奋斗五号钻探船钻机技术参数。



Figure 5. “Fendou five” drilling ship
图 5. “奋斗五号”钻探船

Table 2. Technical parameters of “Fendou five” drilling ship

表 2. 奋斗五号钻探船技术参数

项目	参数
建造地点	广州
总长	68.45 m
型宽	10.00 m
吃水	3.75 m
满载排水量	1091.61 t
航速	12 kn
主机类型、台数	8300ZC × 2 台

Continued

主机功率	1100 × 2 匹马力
发电机	200 kW/台 × 2 台
自持力	30 天
船锚	特种大抓力锚(SMIC ST 锚): 2 个, 锚重 1.5 T, 锚绳长: 800 m
艉锚	2 个特种大抓力锚(SMIC ST 锚): 锚重 1.8 T, 锚绳长: 1000 m
锚机	由液压控制; 锚钢缆直径: 船锚 $\phi 28.0$ mm, 艉锚 $\phi 32.5$ mm

Table 3. Technical parameters of drilling rig of “Fendou five” drilling ship**表 3.** 奋斗五号钻探船钻机技术参数

项目	参数
钻机类型	HGD-300 型,
取样深度	300 m (含水深)
(月池)通孔直径	1580 mm
孔口直径	1000 mm~120 mm
钻机龙门高度	4500 mm
取样水深	5~150 m
最大起拔力	180 kN
钻塔高度	12 m
钻塔承载力	200 kN
卷扬机	分主卷扬和付卷扬
拧管机	由液压控制,对钻杆自动进行拧、卸、紧扣。
泥浆循环系统	BW-320 泵和 BW-250 泵各一台。配备备用 BW-250 泵一台。

“奋斗五号”船钻探是采用双层隔水套管方式作业, 现下 $\phi 178$ 套管将套管下至距离海底小于一米时先进行冲击钻进, 根据底质钻进深度不固定, 然后将 $\phi 178$ 套管下至海底($\phi 178$ 套管到底时最好是潮汐的最高潮或最低潮, 因为这个时候流速最小, 使钻孔与孔口偏移最小)。然后根据底质采用冲击钻进和回转钻进相结合钻至粘土层, 而后下 $\phi 127$ 套管, $\phi 127$ 套管除隔水外还有泥浆循环的作用(通过钻杆与 $\phi 127$ 套管间隙回收泥浆)。 $\phi 127$ 套管下好后进行正常钻进, 钻进过程中要做好孔深校正, 做到层位连续。岩芯管提到甲板后用高压水接头接到岩芯管顶部, 将样品压入样品管中密封, 密封后每个样品管填贴标签(标签内容包括: 工程名称、孔位编号、层位、样品长度、取样日期、等), 标签上下与岩芯上下一致, 并牢固的粘贴至样品管外壁。

3. 深水钻探船

海洋地质十号船是将海洋钻探、海底浅表层取样、地震探测、单波束及多波束探测、深拖探测等调查手段集于一身的综合地质调查船。而地质钻探系统是最主要的船载勘探装备, 用于对海底地层的岩心采集、测井、原位静力触探以及搭载水下调查设备等, 是获得地层原位样品及土层特性所必不可少的装备。海洋地质十号船采用“裸眼”钻井, 即采用无隔水管或套管[2]-[9]。如图 6 所示, 为“海洋地质十号”, 是我国深水工程勘察船。如图 7 所示, 为“海洋地质十号”船自动化钻探系统。如表 4 所示, 为海洋地质十号船自动化钻探系统技术参数。



Figure 6. Hai Yang Di Zhi Shi Hao
图 6. 海洋地质十号船

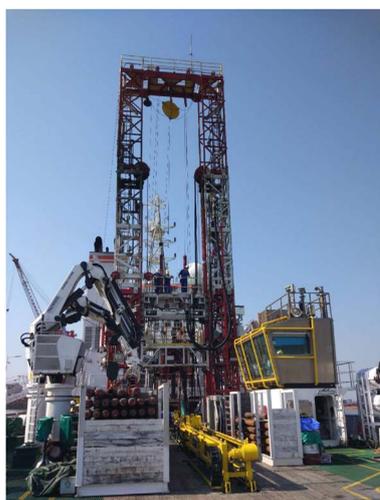


Figure 7. Drilling system of Hai Yang Di Zhi Shi Hao
图 7. 海洋地质十号船钻探系统

Table 4. Technical parameters of drilling system of Hai Yang Di Zhi Shi Hao
表 4. 海洋地质十号船钻探系统技术参数

项目	参数
水深+钻深	≥1100 m
最大地层钻深	400 m (具体钻深因地层而异)
井架有效高度	24.5 m
额定载荷	60 T
最大静钩载	600 kN
最大钩速	0.7 m/s
最大钻柱重量	400 kN
提升方式	油缸举升
顶驱中心通道直径	Φ127 mm
顶驱	输入功率: 300 kW
升沉补偿	400 kN

Continued

升沉补偿	±1.5 m
基盘绞车	提升能力: 300 kN
取样绞车拉力	30 KN; 速度: 0~80 m/min
泥浆舱(池)容量	约 20m ³ × 2
泥浆泵组型号及台数	Gardner Denver Pump-160 kW × 2 台
散料存储量(含甲板)	约 30 T
输入电压(船体提供)	三相三线 690 V ± 10%, 50 Hz ± 5% (800 kW) 三相三线 400 V ± 10%, 50 Hz ± 5% (100 kW)
供电电源	690 V, 50 Hz, AC
气源压力(船体提供)	0.7~1.0 MPa

与浅水钻探船和搭载 XY 系列钻机钻探船相比, 海洋地质十号船钻探系统更加先进。海洋地质十号船采用先进的液压驱动控制技术, 整个控制系统采用电液控制模式。钻探系统可实现自动化操作, 主要钻井功能均采用 PLC 集中控制, 实现起、下钻工作模式和钻进工作模式。顶驱、管子处理系统等主要设备均采用液压控制, 功率利用率高, 钻井成本相对低, 防爆安全性好。钻探系统顶驱的上提、下放功能通过一组举升油缸来实现, 取代了传统绞车来完成钻具提升/下放作业, 简化了天车, 取消了传统绞车和游车, 简化机械传动流程, 减小配套设备体积, 减轻整机重量。顶驱主传动采用液压驱动主轴旋转设计, 实现无级调速功能。钻探系统配备自动化管柱处理系统, 自动化程度高, 降低人工成本, 减少工人劳动强度: 钻探系统配有抓管机、钻杆盒、水平动力猫道、液气大钳、气动卡瓦等机械化工具, 可实现从管柱从钻杆盒至井口顶驱连接的自动化作业。所有自动化管柱系统均采用液压驱动, 在司钻房中集中控制[10]-[19]。

4. 海洋风电钻探主要风险与控制措施

4.1. 主要风险分析

- 1) 渔业活动频繁。随着航运与渔业的发展, 尤其是渔船、小船经常密布航道及作业区域, 给航行和钻探施工都带来了不安全因素。
- 2) 在调查区域内, 海底底质主要由砂、粉砂、粉砂质砂构成, 给抛工作锚后船舶的稳定性及下海水隔离套管工作带来较大的隐患和困难。
- 3) 作业时需要考虑热带风暴、台风和风暴潮的影响, 紧急情况下需要采取应急措施。
- 4) 作业工区处于航道范围, 过往大型商船、货轮比较多, 其航向、航速比较稳定, 作业中遇到时, 对方一般对呼叫等沟通的回应缓慢, 消极应对, 难以让其转向避让, 危及我船航行或作业安全。

4.2. 风险控制措施

1) 渔业活动对钻探施工影响的应对方案

由于海洋风电工程地质勘察的施工工区多临近陆地, 渔业活动较多, 即使是在禁渔期, 海洋钻探作业也容易受到渔船、渔网的影响, 其应对方案是钻探船在钻探作业过程中, 对在该区域内钻探船附近的渔船进行劝离, 对海洋钻探施工实施区域内的废旧渔网采取避让措施。后甲板人员和驾驶台加强了望, 钻探施工人员和驾驶台加强沟通和配合。

2) 海底底质对钻探施工影响的应对方案

由于调查区内海底底质主要由砂、粉砂、粉砂质砂、砂质粉砂构成, 在工作锚抛锚完成后, 建议船长对每个工作锚进行试拉, 以验证工作锚在海底的姿态是否正确, 各个工作锚的锚抓力在钻探施工期内

的最大流速时是否满足船舶稳定的要求。在进行下入海水隔离套管时,为了消除海底不良底质对下套管的影响,业务部在进行材料计划时,考虑采用套管钻进的方法或跟管钻进的施工工艺,同时配置各种不同规格、不同长度的套管数量,以满足各种不同钻进工艺的要求[20][21][22][23]。

3) 热带风暴、台风和风暴潮影响的应对方案

对于热带风暴、台风、风暴潮等重大危害自然现象,接到准确预警后,要及时安排撤离工作。

① 在项目开始前,收集项目施工区域周围适合规避台风的港口信息,在规避台风时选择合适的港口或锚地进行抛锚;

② 应于台风季节来临的前一个月,对钻探船用于防台风的设备和工具作一次全面的检查;

③ 在台风来临之前,钻探作业人员举行一次堵漏演习和应急操作演习,同时检查有关应用工具;

④ 台风季节当中每天应按照规定按时抄收气象报告,收集台风相关信息,包括:台风的半径、移动的方向和速度等;

4) 施工时,需要密切注意过往船只,防止任何船只靠近调查船。遇到紧急情况,提前做好警戒工作。

5. 结论

我国海洋风电场的不断增加为海洋工程地质勘察船积累了丰富的作业经验:

1) 我国目前的技术装备,已具备开展自动化海洋地质调查钻探能力;

2) 随着我国海洋工程地质钻探实践开展的越来越广泛,与国际先进的技术水平差距正逐步缩小;

3) 当前海洋地质钻探工程技术中还存在很多问题需要解决,如海洋钻探过程中泥浆的回收再利用、海洋钻探风险性高等问题,需要在日后实践中不断加以完善和提高。

参考文献

- [1] 许启云,周光辉,张明林,牛美峰,叶桂明. 海上风电场钻探技术[J]. 西北水电, 2017(4): 83-86+94.
- [2] 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.
- [3] 阮海龙,陈云龙,赵义海,等. 海洋超深水地质调查钻探实践[J]. 地质装备, 2018, 19(1): 3-6.
- [4] 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.
- [5] 王文立. 深水和超深水油气勘探难点技术及发展趋势[J]. 中国石油勘探, 2010, 15(4): 71-75.
- [6] 吴秋云,赵尔信. TK-1 型压入活塞式取样器运动阻力计算及海上取样试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(6): 16-19.
- [7] 李炯,王瑜,周琴,刘宝林,张凯,王志乔. 环境取样钻机的关键技术及发展趋势研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(9): 81-87.
- [8] 苏厚斌,马晓鹏,郑尊岐,孙永军,商振华. 山东招远水旺庄 3000m 科学钻探孔事故预防技术及管控效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(7): 1-7.
- [9] 石磊. 广东京村金矿大角度斜孔钻进工艺实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(6): 14-18.
- [10] 孙之夫,游鲁南,王林钢,所建成,李浩伟. 黄金地质绿色勘查方法与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(4): 1-6.
- [11] 李鑫淼,李宽,梁健,尹浩,王志刚,孙建华,张永勤. 复杂地层取心钻进堵心原因分析及其预防措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(12): 12-15.
- [12] 蒋太平,李果民,丁红卫. 四川省宣汉县钾盐普查 ZK001 参数井钻井施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(7): 25-29.
- [13] 罗冠平. 绳索取心钻进工艺在盐矿深部钻探中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(6): 8-13.
- [14] 李洪鹤,毛益林. 组合双管绳索取心钻具在羊石山金矿勘查中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(6): 24-27.
- [15] 李先经. 滨海大陆架特殊性岩土工程勘察钻探实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(4): 65-68.

-
- [16] 祁恩强, 朱金军. 梯子崖-富子岭矿区复杂地层钻探技术问题与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(9): 1-6.
- [17] 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.
- [18] 王世栋, 陈以沫, 耿成园, 等. 海洋深水自动化钻井设备与流程[J]. 地质装备, 2020, 21(2): 11-15.
- [19] 王世栋, 潘冬阳, 罗旭龙, 任旭光, 杨楠, 等. 海洋地质十号船钻柱升沉补偿系统的研究与应用[J]. 地质装备, 2020, 21(3): 22-26.
- [20] 王世栋, 潘冬阳, 廖天保, 董国强, 等. RGB32-100 海底基盘及其收放技术[J]. 地质装备, 2020, 21(4): 11-18.
- [21] 王世栋, 谭梦菲, 柳贡慧, 李军, 耿雪樵, 等. 粒子冲击钻井中管汇冲蚀磨损模拟分析[J]. 石油矿场机械, 2018, 47(4): 24-29.
- [22] 王世栋, 谭梦菲, 耿雪樵, 卢秋平, 等. 粒子冲击钻井中管汇冲蚀磨损试验研究[J]. 天然气技术与经济, 2018, 12(3): 31-32+77.
- [23] 王世栋, 张志刚, 耿雪樵, 等. 考虑方位漂移的水平井井眼轨道设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(7): 14-18.