

# 日照黄海海域冷水团勘察工程施工工艺探究

张 辉

(山东省第八地质矿产勘查院, 山东 日照 276800)

**摘要:**日照万泽丰渔业有限公司黄海冷水团优质鱼类绿色养殖项目是山东省首批公布的新旧动能转换重大项目, 规划海域面积 20 km<sup>2</sup>。工程勘察是工程建设项目首先开展的基础性工作, 是项目选址、设计和施工的重要依据。本文通过有效盘活有限资源, 科学论证、严谨施工, 创新钻探船改造、重力导向装置实现深海套管安放, 成功实施了该项目的工程勘察工作, 为远海深水勘察施工提供了经验。

**关键词:**深水海域工程勘察; 钻探船; 抵抗洋流影响; 重力导向装置

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)05-0052-06

## Site investigation process at Rizhao Yellow Sea Cold Water Mass

ZHANG Hui

(Shandong Province 8th Geological Mineral Exploration Institute, Rizhao Shandong 276800, China)

**Abstract:** The prize fish green cultivation project of Rizhao Wanzefeng Fishery Co., Ltd. at Yellow Sea Cold Water Mass is one of the first major projects for upgrading of the old development mode to the new one in Shandong province. The planned marine area is 20km<sup>2</sup>. Site investigation is the first basic work for the construction project, and also the important basis of project site selection, design and construction. With effectively utilizing limited resources, proper verification, careful construction, innovative renovation of the drilling ship, and placement of the deep-sea casing with the gravity guide device, site investigation was successfully completed for the project, providing experiences for offshore deepwater investigation works.

**Key words:** deep water site investigation; drilling ship; resistance to ocean currents; gravity guidance device

## 0 引言

近年来,随着国家对海洋经济开发的愈发重视,开发资金投入大幅增加,海洋地质勘探工作的需求不断增多,对技术要求越来越高,施工难度逐渐加大,提升钻探工艺技术水平、持续增强科技创新能力、实现绿色勘察施工成为了地质人需要思考的重要任务及使命。

## 1 工程概况

日照万泽丰黄海冷水团鱼类养殖海域位于中韩海域交界处附近,距陆地约 180 海里,圆心半径为 1 海里的海域(见图 1 中红色区域)。在养殖海域建设养殖网箱,养殖网箱周长约 180 m,直径约 60 m,主体高度约 35 m。拟建场地水深约 70 m,洋流流速

约 3 m/s,海面平均浪高 8~10 m。

为查明场地地层分布情况、地形地貌、地基岩土种类及其分布特征,本次勘察共布置钻孔 3 个,钻孔编号为 ZK1、ZK2 和 ZK3。钻孔呈三角形分布,设计孔深 50 m。

## 2 钻探设备

### 2.1 钻探平台

#### 2.1.1 钻探施工船选取

施工区域位于深海区,且项目工作量少、钻孔深度浅,经分析采用钻探船作为钻探平台较为合理,考虑到租赁专业钻探船成本太高,经与万泽丰渔业有限公司沟通协调,决定对其公司的大型养殖工船(鲁岚渔养 61699)进行技术改造后作为钻探施工用船,

收稿日期:2019-01-18; 修回日期:2019-04-22 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.05.010

作者简介:张辉,男,汉族,1971 年生,副院长,高级工程师,探矿工程专业,主要从事小口径钻探及岩土工程设计、施工等工作,山东省日照市秦皇岛路 18 号,sddkzh@163.com。

引用格式:张辉.日照黄海海域冷水团勘察工程施工工艺探究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):52-57.

ZHANG Hui. Site investigation process at Rizhao Yellow Sea Cold Water Mass[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(5):52-57.



图 1 项目交通位置图

Fig.1 Project traffic location

该船基本参数见表 1,实践证明该船性能参数能够满足该项目施工要求<sup>[14-15]</sup>。

表 1 大型养殖工船基本参数

Table 1 Basic parameters of large farming boat

船长/m	81.10	总长/m	86.00
主机总功率/kW	1856.00	总吨位/t	2416
型宽/m	18.00	型深/m	5.20
设计吃水/m	3.80	设计排水量/m <sup>3</sup>	4832.32
锚的型式	霍尔锚	质量/kg	1920.00
		数量/只	3
	大抓力锚	质量/kg	2000.00
		数量/只	3
锚机	型号	YMB-38	
	功率/kW	20.00	
	数量	2	
锚链	等级材料	AM2	
	直径/mm	38.00	
	长度/m	440.00	
锚索	材料	钢丝绳	
	直径/mm	40.00	
	长度/m	400.00	

### 2.1.2 钻探施工船改造<sup>[8]</sup>

养殖工船不具备钻探功能,为此我院组织钻探工艺、机械维修及工程勘察等方面的专业技术人员组成技术专家攻关小组,经过简单的技术改造加工,搭建经济、实用和安全的临时海上钻探平台。

在船舶尾部上下甲板垂向对应位置采用切割方法,割开直径 780 mm 的圆孔,用直径 760 mm 无缝钢管焊接后形成钻具上下通道。

平台搭建在船体上,平台高出甲板 60 cm,其上用 5 cm 厚的木板铺平、铺牢,木板上面固定钻塔和钻机。

船舱内装满压舱淡水,增加钻进时船体的稳定性。

图 2 为施工现场图,经实际施工验证,技改效果良好。



图 2 施工现场图

Fig.2 Construction site

### 2.2 钻机及参数<sup>[1]</sup>

本次勘察受海域水深、洋流影响较大,孔径较大(钻孔开孔口径 130 mm、终孔口径 110 mm),海底地层复杂,缺少已有钻探资料等因素影响,钻探选用 XY-4 型钻机,主要用于揭露场区勘察深度范围内

的地层结构、分布规律,定性进行岩土层的划分,并进行原位测试及取样测试。钻机主要技术参数见表2。

表2 XY-4型钻机主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of XY-4 drill

参数	参数值	
钻孔深度/m	1000(Φ42 mm 普通钻杆)	
立轴回转角度/(°)	0~360	
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2730×1100×1800	
钻机质量(不含动力)/kg	1720	
立轴转速/(r·min <sup>-1</sup> )	正转低速	97,178,255,370
	正转高速	297,548,781,1136
	反转低速	79
	反转高速	242
立轴行程/mm	600	
立轴最大提升力/kN	80	
立轴最大加压力/kN	60	
立轴最大回转扭矩/(N·m)	2610	
立轴通孔直径/mm	68	

### 3 钻探船锚泊定位技术<sup>[4-5,13]</sup>

(1)钻探船头顶流逆水停泊,采用红外测距仪,配合步话机定位,随时跟踪钻船,确保迅速准确。

(2)船体正前方抛主锚,左右两侧抛边锚,边锚每侧为两只,呈八字形抛置,锚绳选择直径25 mm的D型钢丝绳,边锚绳与主锚绳之间夹角为60°,锚总数量为6只,锚型为霍尔锚和大抓力锚。

(3)为保证施工期间孔位稳定以及锚体的起、下作业安全与质量,专门租赁一小船辅助抛锚作业。

## 4 钻探工作遇到的难题及措施

### 4.1 风浪影响

勘察海域季风8~10级,浪高8~10 m,极大地影响施工平台的稳定。

采取措施:增大施工平台的抗风浪能力。采用大型海水养殖工船一艘,船舶总长度86 m,型宽16 m,通过技术改造满足钻探施工要求。

### 4.2 洋流影响<sup>[9]</sup>

洋流最大流速3 m/s,对所下钻具形成很大的冲力,容易使套管、钻具倾斜,影响钻探质量。

采取措施:结合工程的特征及现场工况,设计合理施工方案。采用重力导向装置,首先将直径40 cm,长度80 cm的圆钢加工成纺锤形重锤,一端连接直径25 mm钢丝绳,用养殖工船抛锚机将重锤下

入海底,待沉入淤泥层固定后,将上部钢丝绳用卷扬拉直固定,将Φ146 mm套管,沿垂向固定的钢丝绳逐节下放,为防止洋流及涌浪打断套管,在套管连接处部采用3根短钢筋进行现场焊接,确保套管接头处的稳定性。

通过施工人员的严谨操作,顺利完成了套管下放工作,套管下入海底约5 m,累计下放套管78 m,为本次施工任务顺利完成奠定了坚实基础。具体施工方法见图3。

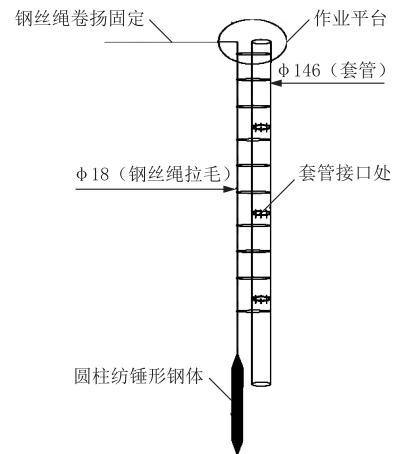


图3 重力导向装置下放套管示意图  
Fig.3 Lowering casing with gravity guiding device

### 4.3 通讯不畅

施工海域没有手机信号,施工现场与外界联系不便。

采取措施:现场配备2部卫星电话,确保通讯畅通,及时交流沟通施工进度、洋流流向、天气情况等。

## 5 钻探施工工艺

### 5.1 钻进工艺<sup>[6-7]</sup>

工程钻遇地层大多为淤泥、淤泥质土、粉土、中砂、砾砂等,钻探过程中钻孔易坍塌,直接影响施工进度及质量。因此,钻孔设计开孔直径为130 mm,终孔直径为110 mm,钻孔结构示意图见图4;在淤泥、砂层等易坍塌孔段实行跟管钻进技术,双管钻进工艺;当淤泥、砂层厚度较大,跟管钻进受限制时,采取大密度冲洗液护壁钻进,冲洗液密度控制在1.3 g/cm<sup>3</sup>左右;减少回次进尺长度,回次进尺>2.0 m。

海上钻进与陆地的主要不同在于受海浪波动的影响较大。为补偿波动的影响,钻进中松开液压卡盘,靠钻具自重加压钻进,避免出现压弯或压断孔内

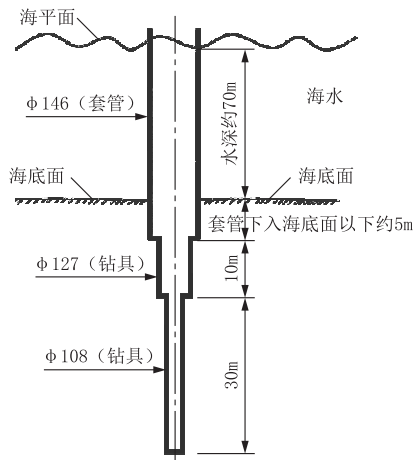


图 4 钻孔结构示意图

Fig.4 Diagram of borehole structure

钻具的现象。

## 5.2 冲洗液技术

### 5.2.1 冲洗液循环

冲洗液循环系统的建立要由钻遇地层特点、施工周期长短、冲洗液的环保程度等多种因素决定。由于本项目地层简单、孔浅,采取小泵量无泵取心钻进,冲洗液用量少,没有必要建立冲洗液循环系统,也可以简化钻探船场地布置<sup>[12]</sup>。

### 5.2.2 冲洗液配方

为适应现场条件,采用低固相海水冲洗液,配方为:1 m<sup>3</sup> 海水+30~40 kg 钠膨润土+5 kg 抗盐共聚物,该冲洗液具有环保、较低的滤失量,泥皮质量好,良好的流变性能和抑制性能等特点,经钻探验证,效果非常好。

### 5.2.3 冲洗液维护与管理

充分利用现场条件,合理安放泥浆池。为保证冲洗液性能参数可控,现场配备密度计、漏斗粘度计、滤失量仪、含砂量仪和 pH 值试纸等冲洗液性能测试工具。每班至少测定一次冲洗液的常规性能,并填入班报表中,保持冲洗液性能稳定。更换冲洗液类型时,应事先试验、优化配方,确定更换程序。施工中应根据冲洗液性能的变化和钻遇地层及时调整、补充处理剂。现场冲洗液配制及循环系统应防雨、防污染。冲洗液材料及堵漏材料应分类、妥善保管。

## 6 钻探主要成果

### 6.1 施工情况

海上勘察施工时间从 2018 年 3 月 23 日开始到

2018 年 4 月 14 日结束,历时 23 d,共计完成钻孔 3 个,完成工作量 136.5 m,粘土岩心采取率 95%,粉土岩心采取率 85%,砂土岩心采取率 80%,岩心采取率满足规范要求。本次勘察满足了项目的设计需要,查明了该工程所在位置处土层分布和岩土物理、力学指标,为养殖工程设计提供了可靠的依据。

## 6.2 取得成果

### 6.2.1 原位测试

依据岩心特性,确定了岩土的分层界限。采用双桥静力触探仪进行静力触探,取得了土的侧阻力、锥头阻力数据<sup>[3]</sup>。

### 6.2.2 取样和室内土工试验结果

淤泥和淤泥质土采用固定活塞薄壁取土器,连续静压法采取 II 级原状样,粉土采用单动三重管回转取土器,连续回转法采取 I 级不扰动样;粉砂采用厚壁敞口取土器,重锤少击法采取 III 级显著扰动样。对不扰动样品进行物理力学性能试验,提供了地层物理力学指标;对显著扰动样品进行颗粒分析试验,提供了砂土的各级颗粒组成百分比。取海水水样分析,评价了海水对建筑材料的腐蚀性<sup>[2,10]</sup>。

取得的岩土物理力学指标包括:质量密度、天然含水量、土粒比重、液限、塑限、液性指数、塑性指数、内摩擦角、粘聚力、空隙压力指数、无侧限抗压强度测试、压缩系数、压缩模量等。

依据钻探情况、室内土工试验结果及经验估算各岩土层地基承载力及相关物理力学参数见表 3。

## 7 安全保障措施

### 7.1 钻探安全生产管理

(1) 钻探船安装避雷针。

(2) 各种机械设备的防护设施、安全装置应齐全完好,外露的转动部位应设置可靠的防护罩或防护套。

(3) 发电机组、电动机、配电箱、电器开关等采取了防潮防护;配电箱或开关箱安装漏电保护装置。

(4) 现场配备 10 个 5 kg 干粉灭火器材,在消防风险点高的部位合理安放。

(5) 所有临空临海处安放防护设施,栏杆、护链、护网。

(6) 遇有重雾视线不清时(能见度 $<2$ 级),遇有暴雨雷电天气和能见度小于钻塔高度的浓雾天气停止作业。

表3 岩土层地基承载力及相关物理力学参数  
Table 3 Bearing capacity of foundation and related physical and mechanical parameters of rock layer

层号	岩土名称	$f_d/\text{kPa}$	$E_0, E_s/\text{MPa}$	渗透系数/ $10^{-3}$ ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ )经验值	无侧限抗压强度 $q_u/\text{kPa}$	空隙压力 系数 $A$	侧阻力 $f_s/$ $\text{kPa}$	锥头阻力 $q_c/$ $\text{kPa}$
①	淤泥	60	$E_{s_{0.1-0.2}}=2.1$	0.004	35	2.0	5	0.25
②	粉砂	120	$E_0=7.0$	1.000			15	0.40
② <sub>1</sub>	粉土	100	$E_{s_{0.1-0.2}}=4.2$	0.200		1.5	20	1.00
③	淤泥质粉质粘土	80	$E_{s_{0.1-0.2}}=2.9$	0.004	60	1.5	20	0.50
④	粉质粘土	160	$E_{s_{0.1-0.2}}=5.4$	0.004		1.0	50	1.50
④ <sub>1</sub>	粉土	160	$E_{s_{0.1-0.2}}=10.9$	0.200		1.0	60	1.80

## 7.2 海上作业安全生产管理<sup>[11]</sup>

(1)海上作业人员应经过安全培训,考试合格后,按照相关安全要求持证上岗。

(2)施工作业前,应向日照市海事部门报告并备案。

(3)钻探船和辅助船应配备可充足的救生食品、饮用水及救生圈、救生衣、救生艇等逃生急救器材。

## 7.3 应急安全管理

(1)按照相关海域海事管理规定设置航行交通警示标志。

(2)建立以船长和机长为组长的安全应急指挥领导小组,全面负责组织实施安全预案。

(3)配置了必要的应急资源,准备和保存一份应急通讯表(包括日照市应急救援服务机构、日照市政府机构和联系部门、我院和万泽丰公司安全管理部门等),按照规定的时间组织应急计划演练。

(4)设立应急值班,保持与现场指挥联络畅通。现场 24 h 配有值班辅助船,以备紧急情况下撤离,陆上备有值班车辆。

(5)加强天气预报资料收集,与日照市的水文、气象部门保持密切联系,每天至少 4 次接收天气预报信息,掌握准确、及时的水文和气象情况。当接受到大风预警或其他恶劣天气状况时,应立即启动应急预案。

## 8 绿色勘察

(1)钻探平台应配备以下环保设施:冲洗液净化循环系统,泥浆泵、柴油机冷却水喷淋循环系统,废油回收专用罐,冲洗液等化学材料储备房,容量足够的污水池、废浆池。

(2)发电机组、柴油机组、油罐、钻具区等易污染的地方四周应有环形污水槽,并配备油污回收罐,污水槽外缘应高出平台 10 cm。

(3)钻探平台应进行清污分流,雨水排水系统及设施应根据当地历年降雨量情况进行设计;雨水可直接外排,污水应流入钻孔废水池。

(4)在循环罐区、冲洗液材料库区等搭设防雨篷的生产区,防雨篷的外缘应超过污水槽的外缘。

(5)不许向施工作业及周边海域倾倒工业废水、废油、废渣和生活垃圾;不许在钻探平台焚烧废弃物。

(6)不可使用剧毒或含有重金属等国家禁止使用的冲洗液材料。

(7)充分做到污水回收利用,泥浆泵、水刹车的冷却水应循环使用,冲洗钻台等污水,经污水池沉淀后也应循环使用;污水不能回收利用的部分,存放在污水池中,必须外排时,外排水质排放标准应符合国家规定。

(8)钻探平台产生的生活垃圾应集中堆存,定期消毒,不可降解的,分拣、分置处理。钻探竣工后,按日照市政府环保部门的要求处理,做到工完料净、作业区域海域清洁。

(9)禁止钻探作业人员乘船或下海采集珊瑚、捕捞海洋生物。

## 9 结语

通过采用大型养殖工船搭建钻探平台,创新性地采用重力导向装置下放套管,克服了海洋钻探过程存在的强风浪、强洋流及海水深度影响。圆满完成了本次勘察任务。为初步设计提供了详实的岩土数据及地基基础方案建议,积累了深海地区勘察的宝贵经验。为山东省新旧动能重点项目提供了技术服务,对类似项目有很好的借鉴作用。

## 参考文献(References):

- [1] 王达 何远信.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014.

- WANG Da, HE Yuanxin. Geological drilling handbook[M]. Changsha Hunan: Central South University Press, 2014.
- [2] DZ/T 0017-91, 工程地质钻探规程[S].  
DZ/T 0017-91, Drilling regulations for engineering geology [S].
- [3] GB 50021-2017, 岩土工程勘察规范[S].  
GB 50021-2017, Code for investigation of geotechnical engineering[S].
- [4] 胡建平, 李庆庆. 海上船载式移动钻探平台创新及应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9): 52-57.  
HU Jianping, LI Qingqing. Maritime shipborne mobile drilling platform innovation and application[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(9): 52-57.
- [5] 陈师逊, 杨芳. 海上工程平台的设计与应用分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 46-50.  
CHEN Shixun, YANG Fang. Design and application of the offshore engineering platform[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(4): 46-50.
- [6] 吴立明. 下白石特大桥梁详勘工程海上钻探工艺[J]. 探矿工程, 2001, (3): 16-17.  
WU Liming. Marine drilling technique used in the detailed investigation for the Xiabaishi extra-large bridge[J]. Exploration Engineering, 2001, (3): 16-17.
- [7] 王邦和. 海上工程地质钻探施工方法[J]. 探矿工程, 1980, (5).  
WANG Banghe. Offshore geo-engineering drilling method[J]. Exploration Engineering, 1980, (5).
- [8] 宋宝杰, 栾东平, 杨芳, 等. “探海 1 号”大陆架科学钻探平台的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(9): 9-13.  
SONG Baojie, LUAN Dongping, YANG Fang, et al. Design and application of “Tanhai No.1” Platform for the Continental Shelf Scientific Drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(9): 9-13.
- [9] 刘治, 孙宏晶. 三山岛北部海域金矿海上钻探施工管理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(4): 85-92.  
LIU Zhi, SUN Hongjing. Offshore drilling construction management of gold deposit in the Northern Sea Area of Sanshan Islands[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(4): 85-92.
- [10] 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.  
WU Qiuyun, ZHAO Erxin. Calculation of resistance to motion of TK-1 press piston sampler and marine sampling test [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(6): 16-19.
- [11] 孙宏晶, 刘治. 小口径岩心钻探海上施工安全风险管控[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(10): 88-89, 92.  
SUN Hongjing, LIU Zhi. Safety risk control of offshore construction for small-diameter core drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(10): 88-89, 92.
- [12] 李进令, 孟庆宝, 李新勇. 海上工程勘察深孔施工技术[J]. 西部探矿工程, 2003, (7): 125, 129.  
LI Jinling, MENG Qingbao, LI Xinyong. Deep hole construction technology for offshore site investigation[J]. West-China Exploration Engineering, 2003, (7): 125, 129.
- [13] 王光辉, 陈必超. 浅海水域工程勘察钻探方法和技术措施[J]. 探矿工程, 2003, (4): 9-11.  
WANG guanghui, CHEN Bichao. Drilling methods and technical measures of geo-technical investigation in Neritic Area [J]. Exploration Engineering, 2003, (4): 9-11.
- [14] 陆岩, 钟广复. 青岛胶州湾大桥海上施工平台的搭建技术[J]. 科技信息, 2011, (25): 300-301.  
LU Yan, ZHONG Guangfu. Erection technology of offshore working platform for Qingdao Jiaozhou Bay Bridge[J]. Science & Technology Information, 2011, (25): 300-301.
- [15] 李怀印, 李宏伟. 不同类型海上平台的建造费用[J]. 油气田地面工程, 2010, 29(2): 34-35.  
LI Huaiyin, LI Hongwei. Production costs of different types of offshore platforms[J]. Oil-Gas Field Surface Engineering, 2010, 29(2): 34-35.

(编辑 韩丽丽)