

西藏澜沧江班达水电站水上钻探施工技术

班金彭, 黄明勇, 代云鹏, 彭 坤

(贵州省地质矿产勘查开发局一一五地质大队, 贵州 贵阳 551400)

摘要: 在水上尤其是在水流比较快的江、河上进行钻探施工, 与陆地相比, 具有施工难度大、危险系数高、钻探效率低等难点。大型水电站往往选在高山峡谷之中, 前期勘探条件极为恶劣, 水上钻场运送极为困难, 而河心孔钻探是一种有效验证河床覆盖层厚度的技术手段, 在水电站勘探中通常会遇到。本文根据班达水电站勘探水上钻探工程, 介绍该项目水上钻探施工所用的油桶筏制作安装及参数计算和验证, 锚固使用的钢丝绳选择及强度验证, 江面过渡设备优化设计, 保护套管下入方式和垂直度校核, 油桶筏转移, 覆盖层成孔及取心工艺, 坚硬强研磨基岩钻进工艺等关键技术。

关键词: 水上钻探; 油桶筏; 锚固; 松散覆盖层; 坚硬强研磨地层

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2020)06-0019-07

Overwater drilling technology for the Banda Hydropower Station on the Lancang River in Tibet

BAN Jinpeng, HUNG Mingyong, DAI Yunpeng, PENG Kun

(Geological Team 115, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 551400, China)

Abstract: Unlike drilling on land, drilling on water, especially where water flow is relatively fast, is difficult with high risk factors and low drilling efficiency. Large hydropower stations are often deployed among alpine valleys. Though exploration conditions are extremely adverse, and transportation over water is extremely difficult, river core drilling is a technical method for effectively verifying the thickness of the river bed cover, which is usually encountered in hydropower station exploration. This article introduces the oil drum raft used for offshore drilling in terms of fabrication and installation, and calculation and verification of various parameters, as well as selection and strength verification for the anchoring steel rope. Description is also made of the optimization design of the ferrying equipment, the setting manner the verticality calibration of the protection casing, overburden drilling and coring technology, drilling in hard and high abrasive bedrock, etc., which can provide reference for similar projects in the future.

Key words: water drilling; oil drum raft; anchoring; loose cover; hard and high abrasive stratum

0 引言

水上钻探也称为水域钻探, 目前水上钻探平台主要有漂浮钻探平台和架空式钻探平台, 工程实践中需要根据工程类别、水流特征、施工环境等条件, 本着安全、方便、经济适用的原则, 选择合适的水上

钻探平台^[1-2]。澜沧江班达水电站由于受到水落高差、公路运输、水深、水流等诸多不利因素的影响, 使用钻船平台和架空式钢结构油桶筏受到限制。最终选择易于运输、搬迁和组装的油桶筏式水上漂浮钻探平台。

收稿日期: 2020-03-16; 修回日期: 2020-05-05 DOI: 10.12143/j.tkgc.2020.06.004

基金项目: 贵州省地矿局地质科学基金项目“人工吹填珊瑚岛礁钻探取心技术研究及应用”(编号: 黔地矿科合[2017]22号)

作者简介: 班金彭, 男, 布依族, 1986年生, 工程师, 地质工程专业, 硕士, 长期从事钻探技术研究和管理工作, 贵州省清镇市北门桥一一五地质大队, 973643757@qq.com。

通信作者: 黄明勇, 男, 汉族, 1989年生, 助理工程师, 石油工程专业, 长期从事深孔钻探技术研究和管理工作, 贵州省清镇市北门桥一一五地质大队, 490125400@qq.com。

引用格式: 班金彭, 黄明勇, 代云鹏, 等. 西藏澜沧江班达水电站水上钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(6): 19-25, 66.

BAN Jingpeng, HUANG Mingyong, DAI Yunpeng, et al. Overwater drilling technology for the Banda Hydropower Station on the Lancang River in Tibet[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(6): 19-25, 66.

澜沧江班达勘探区地层主要以砂砾覆盖层和坚硬强研磨的花岗岩为主,在钻进过程中钻头钻速慢、寿命短,加之油桶筏随水流不断起伏,钻进效率低。本文根据工程实际情况,采取人工投料辅助研磨和优化钻进参数的方法,提高水上钻进坚硬强研磨地层工作效率。

1 项目概况

班达水电站位于西藏察雅县,属澜沧江流域,夏季湿润,冬季寒冷干燥。年平均气温 10℃,年均降水量 350~450 mm,多年平均流量 653 m³/s,汛期主要集中于 6—9 月,汛期江水涨幅变化大,水流量总体较大,不适宜水上钻探施工。枯水季节基本不下雨,加之温度低,冰川融化水量减小,水流较为平稳,主要在每年的 1—5 月中旬及 11—12 月,是施工河心孔的最佳时段。

本项目主要为了查明河床覆盖层厚度、物质成分及下伏基岩风化特征、岩体完整性、透水性等。由上到下钻遇地层主要为砂砾层、强风化覆盖层、花岗岩地层,岩石可钻性为 6~8 级。

2 主要技术要求

- (1) 钻孔直径:终孔直径 ≤ 75 mm。
- (2) 套管下入深度:进入严重垮孔段以下 5~10 m。
- (3) 岩心采取率:保证岩心采取率 $> 90\%$ 。
- (4) 其他要求:①准确测量钻孔位置水深;②进入基岩段每 5 m 进行 1 次常规压水试验。具体试验段数视情况而定;③配合地质专业采取岩样并作好地质编录等工作;④钻孔完工后配合物探专业开展物探测试。

3 设备选型

水上施工因受油桶筏承载能力的限制,要求筏面上尽量减少重物的摆放,增加施工过程中的安全系数^[3]。在高原地区施工,动力设备效率减弱,设备施工能力要有一定的保留,根据调研,本项目采用 XY-2 型地质岩心钻机。其负荷能力及配置能满足孔深 200 m,终孔口径 ≤ 76 mm 的技术要求。

4 油桶筏制作及应用

4.1 前期工作准备

在水上尤其是流动速度较快的江面上进行钻探

施工,安全问题较为突出,一旦发生安全事故,后果十分严重,因此必须采取有效措施,防止意外发生。施工常见事故有:锚固钢丝绳断裂导致油桶筏被冲走;江水涨落及流速变化导致钻杆、套管折断,造成孔内事故甚至废孔;安全防护不到位导致人员溺水等。因此施工前应掌握当地水文、气候及周边环境资料,着重了解以下几点^[3-4]:

(1) 了解适合水上钻探施工的季节。本项目所在地区为每年的 1—5 月、11—12 月。

(2) 钻孔布置位置枯水季节水深。本项目钻孔分布地区水深大概在 5~10 m。

(3) 施工水域水流速度,油桶筏所处位置要求水流速度尽可能小,最大不超过 0.8 m/s。

(4) 施工过程中上游有无水库或者电站出现放水的情况,避免在施工过程中出现水量急剧变化带来重大安全事故。

4.2 油桶筏制作

4.2.1 油桶筏制作要求

(1) 易于拆卸,在运输条件极差的环境下能够分批运达现场,到场后能快速组装并投入使用。

(2) 油桶筏平面必须有足够的空间来摆放设备、材料和便于操作。如果平面面积过小,不利于工作开展,还容易引发安全事故^[5]。

4.2.2 油桶筏浮力计算

本项目河心孔设计最深孔深为 200 m。根据钻进深度,现场使用的钻探设备、材料为:XY-2 型钻机 1 台,BW-160 型水泵 1 台, $\Phi 146$ mm \times 6 mm 保护套管 20 m,机架及钻塔各 1 套, $\Phi 114$ mm 钻杆 30 m, $\Phi 89$ mm 钻杆 150 m, $\Phi 71$ mm 钻杆 200 m 以及其它配套材料。施工期间人员限定为 4 人。上述设备、材料、油桶筏木方及人员总质量约为 6 t,为了减小油桶筏上的承载压力,钻杆和其他不常用工具可以在钻进过程中使用时再逐渐搬到筏上,经过对载重的优化配置后,筏上长期具有的总质量约为 5 t。

假设空油桶全部浸在水中,这时浮力最大,承载该总质量所需的空油桶数量^[6-7]:

$$F_{\text{浮max}} = \rho_{\text{水}} g V_{\text{排水}} = N(\pi D^2 H \rho_{\text{水}} g / 4 - Q) \quad (1)$$

则:

$$N = 5000 / (\pi D^2 H \rho_{\text{水}} / 4 - Q) \quad (2)$$

式中: $F_{\text{浮max}}$ ——水对油桶筏的浮力,N; N ——所需的空油桶数量,个; D ——油桶直径,56 cm; H ——油桶高,86 cm; $\rho_{\text{水}}$ ——水密度,1000 kg/m³; Q ——

空油桶的自重, 24 kg/个。

代入式(1)、(2)求得空油桶数为 26.63 个。此计算结果为油桶全部沉没于水中的最少油桶个数, 在实际生产过程中必须乘以安全系数, 方能确保正常生产。根据水利水电工程钻探规程对水上钻探漂浮钻场安全系数 > 3 的要求, 制作油桶筏时空油桶个数应不少于 80 个^[8]。

4.2.3 现场油桶筏设计及安全系计算验证

在安全的情况下油桶筏面尺寸需要满足钻探施工需要, 机场一般需要长 10 m、宽 6 m 的空间才能方便施工。考虑油桶筏的实用性和便于施工, 根据油桶尺寸, 现场油桶筏设计为: 油桶按 10 排 × 11 排列成长方体, 共需使用油桶 109 个, 最终油桶筏的平面尺寸达到长 10.0 m, 宽 6.0 m, 实物如图 1 所示。油桶筏在不工作的情况下, 水流对筏产生平行于水面的冲击力, 上拉钢丝绳对筏的四角产生斜向上方的拉力, 下拉钢丝绳主要起固定作用, 不做拉紧处理。正常情况下, 为保守起见, 忽略钢丝绳对油桶筏向上的作用力。根据浮力公式^[9-10]:

$$\begin{aligned} F_{\text{浮}} &= 109 \times g (\pi D^2 H_{\text{水}} / 4 - Q) \quad (3) \\ &= 109 \times 9.8 \times (3.14 \times 0.56^2 \times \\ &\quad 0.86 \times 1000 / 4 - 24) \\ &= 200513.29 \text{ N} \end{aligned}$$

式中: $F_{\text{浮}}$ ——正常钻进工作时筏受到的浮力, N。

正常钻进情况下, 油桶筏的浮力 $F_{\text{浮}} = 200513.29 \text{ N}$, 筏上载重为 49000 N, 安全系数达到 4.1, 符合水利水电工程钻探规程对安全施工的要求。



图 1 油桶筏结构实物图

Fig.1 Picture of the oil drum raft

4.3 锚固方式及计算依据

根据现场实际情况, 油桶筏采用在两岸岩石钻孔打眼, 在孔内打入螺纹钢的方法进行锚固。

4.3.1 钢丝绳及绳卡的选择

在油桶筏制作完成后, 在岸边将主要设备及部分材料搬到油桶筏上, 并使用钢丝绳等将油桶筏拉到指定的钻孔位置上。在选择钢丝绳时钢丝绳的抗拉能力尤其重要, 实际施工过程中钢丝绳主要受水流横向冲击力和油桶筏的向下作用力。根据现场锚固情况, 钢丝绳与油桶筏夹角约 10° , 考虑最大水流冲击力为油桶沉入水中 0.56 m 时的情况。水流速度考虑最大流速 0.8 m/s。将每排油桶迎水面理想化为一块完整的钢板, 长 6 m、宽 0.56 m, 共计 11 块, 水流冲击在油桶上面后速度变为 0 m/s (此时受到的冲击力最大)。在水流方向力处于平衡状态, 采用动量定理计算冲击力模型如下^[11-13]:

$$mv = F_{\text{冲}} t \quad (4)$$

dt 时间内撞击的水流质量为:

$$m = \rho v S dt \quad (5)$$

原式为:

$$\rho v S dt \cdot v = F_{\text{冲}} \cdot dt$$

则冲击力计算公式为:

$$F_{\text{冲}} = \rho S v^2 \quad (6)$$

式中: m ——dt 时间内冲击到油桶筏的水量, kg; v ——水流速度, m/s; $F_{\text{冲}}$ ——水流冲击力, N; S ——水流冲击面面积, m^2 。

将数据代入式(6)求得:

$$F_{\text{冲}} = 1000 \times 0.56 \times 6 \times 0.8^2 \times 11 = 23654.4 \text{ N}$$

钢丝绳拉力与冲击力的关系如下式:

$$2F_{\text{拉}} \cos 10^\circ = F_{\text{冲}} \quad (7)$$

则:

$$F_{\text{拉}} = F_{\text{冲}} / (2 \cos 10^\circ)$$

式中: $F_{\text{拉}}$ ——钢丝绳的拉力, N。

代入数据计算得: $F_{\text{拉}} = 12009.46 \text{ N}$ 。

经过计算, 每根钢丝绳承受的拉力为 12.0 kN。

根据钢丝绳国家标准《重要用途钢丝绳》(GB 8918-2006)查得, 常用几种钢丝绳的破断拉力和允许拉力(水利水电工程钻探规程要求锚固钢丝绳安全系数为 5~8, 主锚钢丝绳直径 15~25 mm)见表 1。

表 1 钢丝绳型号与拉力对照表
Table 1 Wire rope size and tension

钢丝绳直径/mm	钢丝绳破断拉力(极限负荷)/kN	允许拉力(安全负荷)/kN
12	75.1	9.38
13	88.1	11.01
14	102.0	12.75
16	133.0	16.63

通过表1对照分析,选择 $\varnothing 14$ mm钢丝绳就可以达到安全系数8以上的要求,考虑施工区域下午6点至9点风力较大,一般为5~6级大风,最终选择 $\varnothing 16$ mm钢丝绳及不锈钢绳卡。

4.3.2 锚孔位置的选择及锚杆参数校核

(1)在河心孔的两岸,具有稳定基岩可供打眼,用于锚固钢丝绳。根据钢丝绳受力与角度之间的关系,钢丝绳与水平面之间的夹角越小,钢丝绳的拉力就能得到最大的利用,结合现场实际情况,最终选择在两岸的稳定基岩上打锚固孔,左岸上游锚固点离油桶筏30 m左右距离,离江面6 m高,左岸下游锚固点离油桶筏20 m左右距离,离江面6 m高;右岸上游锚固点离油桶筏30 m,锚固点离江面5 m,右岸下游锚固点离油桶筏20 m,锚固点离江面5 m高。经过以上数据分析,钢丝绳与水面(或油桶筏)的夹角都控制在水利水电工程钻探规程要求的 10° 以内。

(2)锚杆强度校核。现场采用 $\varnothing 50$ mm的螺纹钢作为锚杆,风钻钻头 $\varnothing 50$ mm,成孔口径 $\varnothing 52$ mm,深度1 m, $\varnothing 50$ mm螺纹钢长度1.5 m,地面确保留有0.5~0.6 m。由于钢丝绳的拉力作用,螺纹钢危险截面即弯矩最大的面是螺纹钢与岩石的交界面,距离钢丝绳作用点10 mm左右。危险截面所受的弯矩为:

$$\begin{aligned} M &= F_{拉} L \\ &= 12009.46 \times 0.01 \\ &= 120.09 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned} \quad (9)$$

弯矩作用下的正应力为:

$$\sigma = M/W = M/(0.0982D^3) \quad (10)$$

代入数据得:

$$\sigma = 9.78 \text{ MPa}$$

查表得 $\varnothing 50$ mm螺纹钢的抗弯强度 σ_p 为600 MPa。

$$\sigma < \sigma_p$$

强度足够。

4.3.3 油桶筏锚固要点

(1)钻场定位后^[14],应定期检查主、辅钢丝绳与钻场各连接部位,并保证连接牢固。

(2)油桶筏顺水流方向摆放,上游左右2根钢丝绳起拉伸和定位作用,下游2根钢丝绳起定位作用。

(3)当水上有漂浮物时,应在钻场前方适当位置设置人字筏进行拦截^[15]。

(4)岸边锚固采用打孔的方式,根据现场情况选择在固定基岩上打孔,孔深1.0 m,孔径 $\varnothing 50$ mm,打入 $\varnothing 50$ mm螺纹钢,上留0.5~0.6 m,钢丝绳拉紧后与水面成接近 10° 角。

(5)钢丝绳末端采用绳卡固定,采用16 mm绳卡,间隔70 mm,每个接头至少3只。

(6)水位上涨或下降要根据水情及时拉紧或放松钢丝绳,保障钻场安全及孔位固定。

4.4 过渡方式

在充分考虑过渡河段地形地貌、河道水文特征及过渡人员数量、使用频次等因素的情况下,本项目水上交通设计用油桶筏过渡。油桶筏设置专用码头。使用双钢丝绳牵引,连接在固定索道上行驶,严禁自由滑行。避免在水急的情况下造成事故。

使用油桶筏过渡时,严禁载重大件设备,实际载重量应小于其载重能力(最大荷载、最大载人数)的1/3。

油桶筏的过渡要选择在流水平缓,河面宽阔,河水较浅河段;选择远离激流险滩和水流紊乱河段停靠,结构图如图2所示。

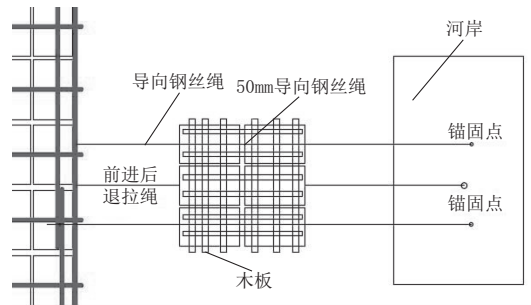


图2 渡船示意图

Table 2 Ferry boat

4.5 钻探设备的布置及安装

油桶筏组装完毕并拉到孔位固定好后,通过渡船将小型工具、材料运至油桶筏上,将钻机、泥浆泵、发电机组、钻杆、工具等有序摆放在筏上,注意重量均匀分配,保持筏的稳定性。按水上钻探操作相关规定和注意事项将设备安装好^[16-17]。

4.6 油桶筏的转移

在施工河心孔前,必须合理安排油桶筏个数以及其施工的钻孔,布置钻孔位置和设计施钻顺序,原则上从上游往下游逐个施工,可以有效提高油桶筏转移效率和降低劳动强度,如果钻孔布置顺序不当或者补充勘察时,逆流转移油桶筏将会十分的困难,

现场往往采取拆卸筏子后由岸边转移至下一个孔位。转移油桶筏步骤如下:

(1)首先选定好下一个钻孔孔位,将锚固孔钻好,拉好钢丝绳。

(2)在筏附近上游两边平坦宽阔的地方打两个锚固孔,用足够长的 $\text{O}16\text{ mm}$ 钢丝绳做牵引,将钢丝绳与油桶筏固定好,绷紧。在筏的中部栓 1 根 $\text{O}16\text{ mm}$ 的安全绳,用于随时将筏拉向岸边。

(3)逐步松开一侧两根钢丝绳,将筏拉到另一侧岸边水流比较平缓的区域,逐渐松开上拉钢丝绳,缓缓将筏往下游放。

(4)随时注意筏的移动速度和方向,将筏慢慢放向下一个钻孔位置,并将其拉到缓水区,依次将锚固钢丝绳拴好。

移动油桶筏时,必须确保令行禁止,行动统一;放绳速度不能太快,防止油桶筏倾覆甚至超越孔位;上拉绳和下拉绳、中部安全绳共 5 组人员分开协同工作,相隔一定的距离;移孔时,两边同时逐步放绳,使油桶筏始终保持在钢丝绳拉力下平稳移动,当出现旋转时及时调整放绳速度,以免旋转倾覆。边移动观察定位标记,筏快到孔位时,逐渐紧固锚绳,减小油桶筏移动速度,最终停止在钻孔位置附近,通过不断的调整,将筏固定在孔位上。

5 钻探施工工艺

5.1 水上钻探注意事项

工程勘察水上钻探钻进工艺与陆上钻探有一定的差别,因施工条件和外部环境较为恶劣,水上钻探需要注意以下几点^[18-19]:

(1)由于水流对钻具有较大的冲击力,钻孔开孔时容易发生偏斜,因此在开孔前需要下一定深度的表层套管,要求套管垂直地下到江底并与油桶筏固定。

(2)在钻进过程中,油桶筏经常受水流、风力等因素的影响,容易发生位移,导致套管弯曲无法下入钻具,当套管断裂后无法找到套管口及孔位。

(3)开孔时通常会遇到较厚覆盖层,因含水率超高,钻进振动后砂砾悬浮,取心率达不到设计或规范的要求,因此钻进过程中需采取适合的取心工艺。

(4)在安全生产方面,比陆地上更为复杂。如油桶筏的移动、定位及下保护套管,对安全有更高的要求。应严格执行水上钻探操作规程,预防事故发生。

5.2 套管下入

在无保护的条件下钻进水流会对钻具产生持续的冲击力,对钻进工作造成严重阻碍,主要表现为:在开孔的时候钻具直接下入会被水流冲偏,无法在指定点完成开孔工作;在钻进过程中,水流阻碍钻杆旋转,影响钻进效率;在起钻后无法再次下钻到原来的孔位上,钻进工作无法持续进行。因此在开钻前下入 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管作为保护套管,其主要作用为:准确的孔口定位和保护孔口;将孔口延伸到油桶筏平面,实现与陆地钻探一样的正常起下钻;保护内层小口径套管和钻具,隔绝水流对钻具的冲击^[14]。

5.2.1 下管技术要求

套管对钻进工作至关重要,尤其内层套管必须具有较高的垂直度,否则容易出现憋钻和断钻杆,孔内事故频发,因此,在下保护套管时应注意以下事项:

(1)套管连接前,必须严格检查每根套管丝扣,丝扣不好的禁止使用,连接时每个接头必须用管钳拧紧。

(2)下管过程中,由经验丰富机长或技术员指挥操作,保证套管垂直度。

(3)下管过程中,安全员必须驻守现场指导安全工作,发现隐患及时处理。

5.2.2 孔口下管装置设计

为保证套管下入方便、降低劳动强度和安全风险,提高套管垂直度,本项目设计了一个孔口下管装置,其结构组成为:1 块边长 1.5 m 厚 5 mm 的钢板,1 根 $\text{O}168\text{ mm}\times 3\text{ m}$ 套管,4 根 $\text{O}14\text{ mm}\times 1.5\text{ m}$ 螺纹钢。在钢板中间割出 $\text{O}168\text{ mm}$ 圆孔,将 $\text{O}168\text{ mm}$ 套管对准圆孔焊接,再使用 4 根螺纹钢进行焊接加固。在钢板的两边各打出 1 排圆孔,用于将钢板与油桶筏木方固定。将制作好的孔口下管保护装置转移到油气桶筏上,顺水流方向慢慢将 $\text{O}168\text{ mm}$ 套管下入水中,最终钢板与木方完全平齐,并将钢板与木方固定。

5.2.3 套管下入

在下 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管前,先测定钻孔位置江水深度,然后在油桶筏上连接好 2 根 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管,将套管从孔口下管装置圆孔下入,下管时使用钢丝绳绑在套管上朝水流方向拉上部套管,确保 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管与 $\text{O}168\text{ mm}$ 套管平行。下入过程中根据需要增接 $\text{O}146\text{ mm}$ 套管直至下入江底,套管到达江底后将上部套管沿水流方向拉,直至两根套管平

行,同时采用悬挂重锤法矫正套管垂直度,再上提下放立轴钻杆,检查是否憋钻^[15]。

当 $\varnothing 146$ mm 套管到达江底后采用吊锤向下轻轻击打套管,击打几次后校正一次套管垂直度,若有倾斜,上提调整。采用击打外层套管和小一级钻具通孔取心,直至外套管不再下沉,如果还未穿过砂砾层,采用跟管钻进技术和干钻取心工艺,循环往复几次,直至进入基岩 2 m 左右,下入技术套管。技术套管高出筏面 20~30 cm,多余部分切掉。如果条件允许,可以配备不同型号的 20~100 cm 的短套管几根,涨落水时便于加长和操作。

5.3 钻进工艺

河心孔钻遇地层主要为覆盖层和坚硬强研磨基岩。其中覆盖层采取跟管钻进+无水干钻提钻取心技术,基岩采用人工投料辅助研磨绳索取心钻进技术。

5.3.1 覆盖层钻进工艺

覆盖层主要有松散无胶结砂砾层和强风化地层。砂砾层因水完全浸泡,没有压缩固结,开孔时采取跟管钻进,套管护壁成孔。通过击打的方式将最外层套管下至较硬的覆盖层,采用小一级钻具掏心的方式将钻孔向下延伸,再不断击打外层套管和掏心,直至 $\varnothing 146$ mm 套管无法下沉为止。

砂砾层江水完全浸泡,为保证取到岩心,因此在开孔时选择使用 $\varnothing 127$ mm 钻具进行开孔,采用单管干钻进行取心钻进,当向下钻进速度缓慢或者无法向下钻进时提钻取心, $\varnothing 127$ mm 进入稳定岩层 2 m 后下入 $\varnothing 108$ mm 技术套管。

5.3.2 坚硬强研磨基岩地层钻进技术

该地区基岩主要由英安岩、花岗岩组成,由于长期受冰冻及流水影响,岩石硬度变化较大,表现为由浅至深硬度逐渐变大,研磨性逐渐增强。岩石可钻性为 6~8 级。在钻进过程中出现严重的打滑现象,钻进效率低^[20],针对该地区岩石坚硬、耐磨的特点,本项目采取多种技术措施提高钻进效率,以下分别对各种措施取得的效果进行阐述。

5.3.2.1 常规钻头绳索取心钻进

根据地质设计书提供的地质资料和以往钻探实践,本项目准备了几种硬度和形状的钻头,采取常规绳索取心钻进和常用几种钻头的优化组合,钻进效果如表 2 所示。从表中可以看出,各种钻头的钻进效率都很低,寿命短, $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 齿轮钻头能够钻进 9 m 左右, $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 尖齿钻头能够钻进 3 m 左右。钻进过

程中最大的特点是前期钻头磨损较快,后期打滑严重,无进尺。

表 2 $\varnothing 76$ mm 常规钻头使用效果分析

Table 2 Analysis of drilling results with $\varnothing 76$ mm conventional drill bits

钻头类型	基岩进尺/m	平均时效/m	使用效果
$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 齿轮钻头	93.45	1.10	一般,钻头寿命短
$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头	80.13	0.82	较差,钻头打滑严重
$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 齿轮钻头	51.25	0.55	很差,钻头打滑严重
$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 尖齿钻头	89.55	1.20	一般,尖齿磨损后无法钻进
$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 尖齿钻头	65.34	0.93	一般,尖齿磨损后无法钻进
$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 尖齿钻头	38.70	0.70	一般,尖齿磨损后无法钻进
$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 平底钻头	52.50	0.90	较差,钻头打滑
$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 平底钻头	30.18	0.55	较差,钻头打滑严重
$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 平底钻头	8.35	0.40	较差,钻头打滑严重

注:钻进地层为英安岩、花岗岩。

5.3.2.2 人工投料辅助研磨钻进

为解决钻头钻速慢、寿命短、地层“打滑”等问题,现场采取人工投岩心碎粒、石英颗粒、瓷料颗粒等材料辅助研磨的钻进方式,经过多次试验,齿轮钻头具有明显的效果,如表 3 所示。采用 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头和瓷料颗粒组合,钻进速度快,钻头使用寿命长,平均每个钻头能够钻进 40~50 m,取得较好的钻进效果和经济效益。

表 3 人工投料辅助研磨钻进效果分析

Table 3 Analysis of drilling results with manual dropped abrasive materials

使用辅料	钻头类型	基岩进尺/m	平均时效/m	使用效果
岩心颗粒	$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 齿轮钻头	28.20	1.65	一般
	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头	33.47	1.16	一般
	$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 齿轮钻头	9.26	0.87	较差
石英颗粒	$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 齿轮钻头	12.45	1.60	一般
	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头	24.20	1.04	较差
	$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 齿轮钻头	5.60	0.81	较差
瓷料颗粒	$5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 齿轮钻头	128.10	2.44	较好
	$10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头	338.19	2.05	较好
	$25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 齿轮钻头	9.26	1.10	较差

注:钻进地层为英安岩、花岗岩。

5.3.2.3 特制钻头钻进

为了解决常规钻头钻速慢、寿命短的难题,在现场采用人工投料辅助研磨钻进工艺的同时,项目技术负责人积极与钻头生产厂家进行技术交流,并将现场岩心寄送到厂家进行试验,生产能够与该地层特性匹配的特制钻头,经过现场使用,钻速平均能够达到 2 m/h,能够满足该地层钻进需求。因项目工期和工程量原因,该钻头没有得到大量使用和验证。

5.3.3 钻进参数

通过对岩心分析和现场试验,采用高钻压、高转速、低泵量能够取得较快的钻进速度。高钻压有利于金刚石钻头出刃和磨削岩层,能够降低油桶筏在起伏过程中对孔底钻压的影响,维持孔底处于受压状态;高转速能够增加单位时间内钻头磨削岩石的次数,提高钻速;较低泵量能够确保冷却钻头的同时不冲走孔底瓷料颗粒和岩屑,减少钻头“打滑”现象,增强钻头出刃和磨削能力。现场采用钻压为 12~15 kN,转速为 600~800 r/min,泵量为 44 L/min。

6 结语

(1)水电站勘查多位于深山峡谷之中,施工条件极差,油桶筏便于运输搬迁,对组装机地要求不严格,而且可以根据钻孔深浅,载重量大小决定筏面积的大小,应用起来非常方便,在水电站勘查施工中非常适用。

(2)在施工过程中,尤其需要做好下保护套管工作,保护套管垂直度越高,后期钻进工作就越顺利,若偏斜度过大,容易发生事故。

(3)在油桶筏转移过程中,力求稳妥,不得经过水流湍急区域,否则极易造成倾覆。如必须经过水流湍急区域,可以选择在水流较小的时间段或者将油桶筏拆卸,通过岸上转移至下个钻孔位置。

(4)采用人工投瓷料颗粒辅助研磨和 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 齿轮钻头能够有效解决钻速慢、钻头寿命短问题,操作简便、效果显著、经济效益高。

(5)采用 12~15 kN 的高钻压即能够保证孔内钻头出刃和磨削,又能降低油桶筏起伏造成的减压影响,维持孔底受压状态。

参考文献 References):

- [1] 张成志,武柏林,辛志相.深谷河床水上钻探平台设计及应用[J].山西建筑,2016,42(5):234-236.
ZHANG Chengzhi, WU Xianglin, XIN Zhixiang. Design and application of over-water drilling platform of deep-valley river-bed[J]. Shanxi Architecture, 2016,42(5):234-236.
- [2] 刘振杰.水上作业平台的制作及在水库库区勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(10):43-45.
LIU Zhenjie. Construction of operating platform on water and the application in reservoir area for exploration[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007,34(10):43-45.
- [3] 肖冬顺,张辉,常宝,等.深水湍急河流水上勘探施工工艺与技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):76-79.
XIAO Dongshun, ZHANG Hui, CHANG Bao, et al. Con-

- struction process of exploration on deep and rushing river and the technical measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(9):76-79.
- [4] 田冈.大宽度高流速水上钻探施工关键技术—以澜沧江河流穿越岩土工程勘察为例[J].中国高新技术,2019(22):10-12.
TIAN Gang. Key technologies for large-width and high-flow water drilling — Taking geotechnical investigation for Lancang River crossing as an example[J]. China High Technology, 2019(22):10-12.
- [5] 张明林,周光辉,洪炉,等.金沙江白鹤滩水电站急流水上钻探方法的研究及应用[J].工程勘察,2018(S1):187-189.
ZHANG Minglin, ZHOU Guanghui, HONG Lu, et al. Research and application of the drilling method over rapid waters for Baihetan Hydropower Station on Jinsha River[J]. Engineering Survey, 2018(S1):187-189.
- [6] 郑长斌,张炼红.常规工程勘察水上钻探实用安全技术[J].西部探矿工程,2016(4):64-66.
ZHENG Changbin, ZHANG Lianhong. Practical safety technology for overwater drilling in conventional geo-engineering survey[J]. West-China Exploration Engineering, 2016(4):64-66.
- [7] 刘振杰.水上钻探作业平台的制作及应用[J].中国煤田地质,2007(S1):29-31.
LIU Zhenjie. Making and application of waterborne drilling platform[J]. China Coalfield Geology, 2007(S1):29-31.
- [8] SL 291-2003,水利水电工程钻探规程[S].
SL 291-2003, Code of practice in drilling for water resources and hydropower engineering[S].
- [9] 王丹彤.“汽油桶筏”在水上钻探中的应用[J].山东国土资源,2014,30(7):57-59.
WANG Dantong. Study on application of petrol tank raft platform in drilling on waterways[J]. Shandong Land Resources, 2014,30(7):57-59.
- [10] 杨绍克,赵治宇,李波.腾龙桥电站钻探水上平台的设计及水上钻探技术[J].西部探矿工程,2007(1):53-55.
YANG Shaoke, ZHAO Zhiyu, LI Bo. Design of the drilling platform and overwater drilling technology for Tenglongqiao Hydropower Station[J]. West-China Exploration Engineering, 2007(1):53-55.
- [11] 张超.苏丹国水利大坝勘察—水上钻探施工流程[J].矿产勘查,2010,1(6):576-578.
ZHANG Chao. Hydropower dam investigation in Sudan — The technique process of offshore drilling[J]. Mineral Exploration, 2010,1(6):576-578.
- [12] 吴德军,胡俭春,李舜丰.拉萨河水上钻探施工技术[J].吉林地质,2010,29(3):106-107.
WU Dejun, HU Jianchun, LI Shunfeng. Construction technology of water drilling in Lhasa River[J]. Journal of Jilin Geology, 2010,29(3):106-107.
- [13] 康荣,刘佰炼,高飞.万州长江三桥深水区钻探定位施工方法探讨[J].人民长江,2013,44(6):74-76.
KANG Rong, LIU Bailian, GAO Fei. Positioning method for geologic survey in deep water area of Wanzhou No.3 Yangtze River Bridge[J]. Yangtze River, 2013,44(6):74-76.