

达里湖冬季环境取样钻探技术研究

刘蓓^{1,2}, 刘娇¹, 李志军¹, 李国民¹, 刘宝林¹

(1. 中国地质大学(北京)地质超深钻探国家专业实验室, 北京 100083; 2. 武警黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

摘要:以内蒙古达里湖环境取样钻探为例, 针对环境科学钻探中精确取样、原位取样、原状取样及钻进效率问题, 介绍了钻探器具的选择及优化改进, 对活塞式钻具静压法、锤击法和顿钻法进行分析、探讨和评价。根据活塞式钻具钻进、取样特点, 综合优选顿钻成孔法与双钻孔交替取样技术。结合施工技术实践应用情况, 进一步优化和改进活塞钻具施工技术, 确保了取样质量满足地质科研要求, 提高了钻进效率, 降低了钻探成本。

关键词:湖泊取样; 环境科学钻探; 活塞钻具; 顿钻; 达里湖

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)11-0019-04

Research on Sampling Technology for Dalinuoer Lake Environmental Scientific Drilling in Winter/LIU Bei^{1,2}, LIU Jiao¹, LI Zhi-jun¹, LI Guo-min¹, LIU Bao-lin¹ (1. National Lab on Scientific Drilling, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. No. 5 Detachment of the Gold Army, CAPF, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: With the case of environmental sampling drilling in Dalinuoer Lake in Inner Mongolia, according to the accurate and original (in dimension and state) samples obtaining and the drilling efficiency, the paper introduces the selection and the optional improvement of drilling tools; analyzes and discusses the static pressure, hammer beating and cable drilling of piston drilling tool with evaluation. By the drilling and sampling characteristics of the piston drilling tool, the cable drilling and alternative sampling in double boreholes are optimized. In comparison to the above both ways, by simultaneously using piston and cable drilling, more accurate and original samples can be extract with higher efficiency.

Key words: lake sampling; environmental scientific drilling; piston drilling tool; cable drilling; Dalinuoer Lake

0 引言

达里湖(又名达里诺尔湖)位于内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗西北部^[1], 海拔 1200~1500 m, 面积 228.837 km², 平均水深 7~8 m, 分别由贡格尔河、亮子河、沙里河、耗来河及地下水和雨水供给^[2,3]。达里湖为碳酸盐型半咸水湖泊, pH 平均值为 8.25。该地区年平均气温为 1~2℃, 最低气温可达 -45℃, 冬季湖面冰厚达 500~700 mm。近年来由于气候干旱, 湖水大量蒸发, 盐碱度不断提高, 湖泊面积逐年萎缩, 对达里诺尔国家自然保护区内的珍稀候鸟、渔业生产以及周边区域的可持续发展构成了潜在威胁和风险^[4]。

为研究达里湖地区地质历史时期气候及环境的变迁等信息, 须对沉积物的原状样品做测年及古地磁分析研究。2013年1月, 中国科学院地质与地球物理研究所与中国地质大学(北京)国家深部钻探实验室合作, 在达里湖开展湖泊环境取样钻探工作。

达里湖取样层为第四系沉积物, 以有机质淤泥、泥质砂、粗砂和细砂为主。为保证取出的湖底沉积

物满足科研要求, 钻孔设计位于达里湖近湖心位置, 该处的水深为 9.2 m(2013年1月测)。钻孔位置选择主要考虑该处的沉积物受人类历史活动干扰小, 暴雨及洪水等携带的冲积物影响小。

1 环境取样难点

第四系沉积地层大多为欠固结、弹塑性强的未成岩地层^[5]。钻探施工的最终目的就是为了获取原状的湖泊沉积物样品。因此对环境钻探取样技术提出了更高的要求。

(1) 精确取样。施工要求全孔取心率达到 100%, 每回次岩样首尾应完好相对接, 做到完整无缺。即使缺 1 cm 的样品, 对于环境钻探相当于缺失数百年至万年的资料^[6]。

(2) 原位取样。取出的样品应无污染, 保证取出样品的层位与实际地下埋藏位置相对应。在环境钻探起下钻过程中, 将上部孔壁砂、土层刮至孔底, 这属于整体地层错位, 干扰了原有地层沉积的序列, 将会造成研究人员错误推演古环境、古气候的变化规律。

收稿日期: 2013-06-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“全新世大暖期气候敏感带古温度、古降水、古植被”(41130101)

作者简介: 刘蓓(1986-), 男(汉族), 陕西西安人, 中国地质大学(北京)硕士研究生在读, 武警黄金第五支队助理工程师, 地质工程专业, 从事钻探设备及钻具方面研究, 北京市海淀区学院路 29 号, mouse-lb@163.com。

(3)原状取样。保持岩心样品原有真实的面貌,不受扰动或扰动很小。松散胶结的砂或淤泥质地层,取样时由于湖水冲蚀、钻具振动、样品自重等因素,将岩样冲走。

(4)钻进效率。对于湖泊环境钻探来说,浅部地层(一般在5 m范围内,因地层而异),钻进取样质量好、效率高、设备简单、操作方便等;对于更深的地层取样则表现为施工难度大、取样质量不好、钻进速度慢、机械效率低等特征。

(5)施工季节。对于湖泊钻探施工季节很重要,由于施工作业场地为湖面,这就决定了湖泊钻探有别于一般的地质钻探施工。在气候恶劣的冬季,应特别做好钻探平台的防寒取暖工作,对样品进行防冻保护,防止取出的样品冻裂损坏。

2 钻探器具选择

2.1 钻机及动力

钻机采用日产D-1B型立轴钻机^[7],该钻机体

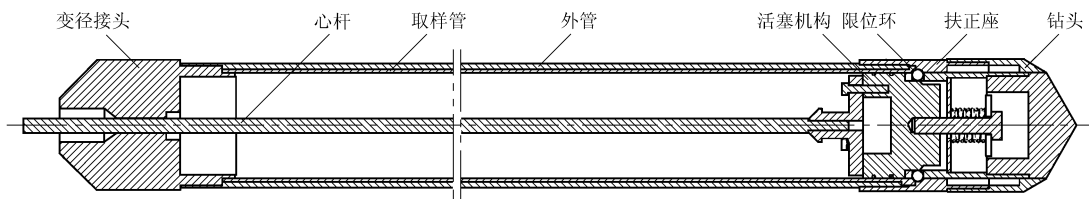


图1 活塞式钻具主要结构示意图

活塞与钻头所组合形成的锥形锥度大,钻头面所受的正作用压力大,挤压钻进时需要克服的阻力大,挤压进尺速度慢。因此,对钻头进行了改进设计,采用小锥度实心钻头(见图2右图),可极大地减小了钻头的钻进阻力,提高钻进成孔速度。



大锥度空心钻头

小锥度实心钻头

图2 两种钻头结构图

2.2.2 钻杆及接手改进

选用 $\varnothing 42$ mm(接手外径56 mm)钻杆代替日本 $\varnothing 40$ mm钻杆。其主要改进方面是采用锥形螺纹丝扣,而日本钻杆采用直螺纹丝扣,锥形螺纹丝扣钻杆在拧卸时更方便快捷,劳动强度小。采用 $\varnothing 56$ mm

积小、质量轻、结构紧凑,钻进深度大,操作简单。适用于对空间范围要求较小的环境钻探平台使用。

动力采用美国 KOHLER KL3400 汽油发电机组。发电机取代以往的柴油机,发电机组改善了施工对作业环境的影响。冬季气温低,为确保作业平台温度适宜,钻探平台基本采用封闭式。柴油机废气对作业环境污染大,对人体健康有害,噪声也会影响钻探人员的施工操作。发电机组可提供富裕的动力电源,现场方便使用电力设备,如水泵、泥浆泵、照明灯、电焊机及电炉等,还可实现就地加工、改进钻具或急用的零部件,如焊接管材,加工钻具、钻杆、钻头。

2.2 钻具及辅助工具

取样钻具选用活塞式钻具,其具有取样质量好、结构简洁、机构灵活、操作方便、质量轻及施工劳动强度低等优势。活塞钻具主要结构如图1所示^[8]。

2.2.1 钻头改进

活塞式钻具钻进主要依靠活塞锥形头及大锥度空心钻头(见图2左图)对地层进行挤压式钻进。

钻杆接手,一是增强了钻杆稳定性,在静压或冲击钻进时传力效果好;二是钻杆接手设计有垫插槽,可尽量减少使用夹持器,采用垫叉施工作业,加快上下钻速度,消除安全隐患。

2.2.3 夹持工具选择垫叉

冬季施工温度很低,钻杆在离开水面的瞬间即可结冰,这对施工作业造成很大的安全隐患。夹持器辅助提钻、下钻,钻杆容易滑脱,造成跑钻甚至伤人事故,否则应设有专人采用喷灯烤干钻杆方可使用。采用垫叉则完全消除了这种隐患,确保了施工安全,降低了辅助时间,减少了操作人员劳动。

3 施工工艺

3.1 成孔方法

顿钻成孔法在本次钻探中表现出特有的优势。顿钻法是一种古老的钻井方法^[9],采用人、畜、机械等方法提升钻杆(包括钻具等井下部分)距井底一定高度(一般为0.5~1 m)储存势能,依靠钻具自重向下冲击,钻头上下往复碎岩成孔^[10,11]。该方法在压实

的粗砂及细砂地层施工中表现出了很好的成孔效果。

在之前呼伦湖、岱海及达里湖的环境钻探中,无论是压卡式钻具还是活塞式钻具,一直采用静压法或锤击的方法进行钻进和成孔,以致钻进速度慢,取样深度小,施工效率低等。本次钻探方法采用顿钻成孔法,实行成孔与取样两套施工方案。该方法极大的提高了钻孔取样深度,图 3 为近些年来国家深部钻探实验室在国内湖泊的取样情况(乌拉盖湖为干涸湖),本次取样深度远远超过 2004 年达里湖取样深度。

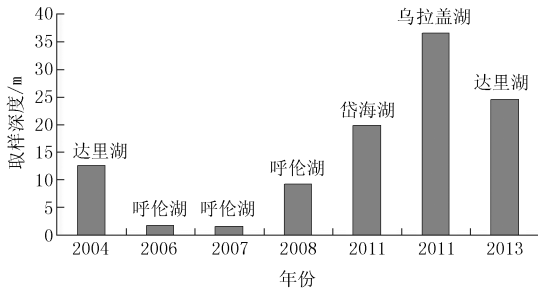


图 3 国内湖泊环境钻探取样情况

活塞式钻具,采用静压法取样原状性能好,无污染。适宜用于湖泊沉积层的浅部(达里湖 10 m 范围内)松软淤泥质或含泥质较高的软砂层,甚至靠钻具及钻杆自重,即可达到预定取样位置。遇见压实或含水率低的细砂或粗砂地层时,静压法钻进则有一定困难,必须采用钻机进行给压或人工加压,若压力不稳或方向偏离易造成钻杆弯曲,且钻进速度极慢。静压法成孔质量差,钻孔易偏斜,在无套管护壁的情况下提钻,钻孔即可发生坍塌、缩径,甚至埋孔,造成下一回次钻具无法到达预计孔底。

锤击法比静压法成孔速度快,无需冲洗液,无冲刷,岩样扰动比较小,且适宜松散的粗砂或细砂地层。打吊锤法也存在很多缺陷,在砂层中钻进时,由于砂层强度大,对钻头截面的作用力很大,致使钻头压入地层受阻,钻进速度很慢;钻进成孔时,活塞易脱卡,无法按预计孔深取样;锤击法能效低,钻进时因锤击点距离孔底钻头很远,钻杆的弹性很大,吊锤回弹量大,锤击点偏离钻孔中心,易使钻杆弯曲,钻具与孔壁存在摩擦力等,这些因素均可致使传递至

钻头的能量减小。在松散的砂层,由于锤击法引起钻杆震动,致使砂层液化孔壁坍塌或埋钻,严重时起拔钻具困难,甚至无法起拔钻具。

比较以上 2 种方法,顿钻成孔法主要有如下优势:(1)冲击能大,利用率高,在成孔的过程中,冲击能来自钻具和钻杆总的动能,传递至钻头的能量高效集中;(2)钻进速度快,实践统计顿钻成孔法钻进时间约为打吊锤法的 1/3,纯钻进速度可达 2.4 m/h;(3)成孔质量好,依靠钻具及钻杆本身自重形成冲击力直接作用于孔底,钻头采用光面小锥度实心钻头,孔底对钻头的阻力小,钻头可把孔底泥砂挤压至钻孔四周,压实加固孔壁;另外钻具反复上下窜动,湖水及湖底表层粘性淤泥容易进入孔内,在孔壁上可形成光滑和密实的泥皮,保护钻孔孔壁稳定;观察发现钻具起拔后 24 h,钻孔基本不塌、不埋,钻具可顺利下放至目标深度;(4)钻孔垂直度好,钻头对中性好,在钻头钻进的同时,上部钻具修整孔壁,保证钻孔垂直光滑。

3.2 施工技术

采用双钻孔交替取心法,即设 2 个并列钻孔(A 孔、B 孔中心距约 0.8 m),钻具总长及机上余尺经过精确计算,每回次取样时的两钻孔孔底标高首尾相接,交替取样。施工基本步骤如下。

(1)取样(第一回次)。下放悬臂套管并固定于 A 孔孔口,组装钻具(大锥度空心钻头)、加杆,并安装内管等机构(取样钻具组合如图 1 所示结构)。计算钻具总长及机上余尺,下钻至 A 孔目标层(开始取样层)。采用钻塔上的钢丝绳卡(钩)悬挂固定活塞钻芯杆,采用静压法或锤击法钻进取样。

(2)提钻退样。钻进至目标长度(岩心管留有余量)或满管时,拆卸芯杆,起拔钻具至地表,退出装有样品的内管。

(3)确定 B 孔取样位置。切除岩样上部污染样品和下部扰动样品,测量岩样长度,核算岩心长度与钻进进尺差,计算 B 孔取样孔深。换钻头(小锥度实心钻头)或加杆,无需安装内管等机构(成孔钻具组合如图 4 所示结构),计算钻具总长及机上余尺。

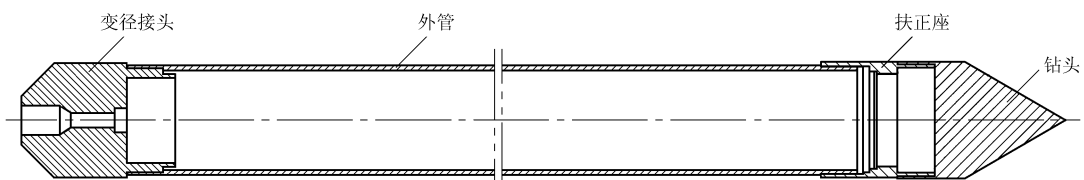


图 4 成孔钻进钻具组合结构示意图

(4)成孔。移动悬臂套管至B孔上方并固定,下钻冲击成孔,直至步骤(3)所计算的B孔取样孔深(为防止样品上部扰动破坏,应稍小于取样孔深50~100 mm)。

(5)取样。提钻组装钻具,换钻头(大锥度空心钻头)、加杆,并安装内管等机构,计算钻具总长及机上余尺,下钻至B孔取样孔深。采用钻塔上的钢丝绳卡(钩)悬挂固定活塞钻芯杆,采用静压法或锤击法钻进取样。

(6)重复步骤(2)~(5)进行A、B孔交替成孔、取样等,直至取样结束。

3.3 取样效果

实践证明:采用活塞式钻具,结合顿钻技术钻进、取样具有成孔质量好,样品污染扰动小,回次进尺长,钻进速度快,机械效率高,辅助工作时间短,劳动强度低等特点。双钻孔交替取心法可保证岩心采取率达到100%,取出样品的层位与实际地下埋藏位置相对应,每回次岩样首尾准确相接,能做到无丢失、无漏取。

3.4 技术优化

(1)采用悬臂套管扶正,可导正钻具进入目标钻孔,约束钻杆偏斜,一定程度上可提高吊锤或静压钻进时的能量传递效率。但悬臂套管扶正不足是在双孔交替钻进时,需移动套管,这就要求套管对正钻孔需准确。套管在湖水中易受到外力偏斜,稳定性差。可采用双孔双套管施工,把套管下至稳定地层,无需移动,还可防止上部软弱地层塌孔或缩孔。

(2)采用变频控制系统,实现电机无级调速。孔内可实现低速大力起拔,在湖水中可控制取样钻具匀速稳定上升。可确保取样过程中提下钻速度,降低孔内负压对样品的抽吸作用,减少湖水对钻头附近样品的冲蚀破坏。

(3)采用活塞式钻具最大特点是无需泥浆钻进,在很大程度上确保了岩心的完整性和原状性。但钻头附近(约100 mm长)样品在提升过程中受湖水冲蚀较严重,因此应在钻头附近设置封口装置,根据实际情况,可采用压卡式钻具卡簧结构^[12]。

(4)活塞式钻具透气孔防护,钻进取样由于震动,孔壁的泥砂易通过透气孔进入内管,引起活塞堵塞,取样管与活塞相对运动静止,样品无法进入管内。可在透气孔周围加设透气纱布,既要通气还要防止泥砂进入。

(5)优化记录报表。双钻孔交替取样需每次下钻前必须准确计算开始钻进或取样时的孔深。因

此,报表记录及计算很重要,记录中出现错误,最终导致取样错误或丢失。可根据该施工特点,设计适用的班报表,以达到能方便清晰记录、计算与验查。

4 取得成果

通过冬季达里湖钻探实践,技术经验总结如下:

(1)顿钻成孔法及双钻孔交替取样技术可满足环境湖泊取样钻探的需求,取样率达到了100%。

(2)顿钻成孔法,老技术新用法,在湖泊环境取样钻探工作中属首次应用,并取得了突破性的技术经验,钻探取样深度达到了24.53 m。

(3)优选钻探设备器具,改善钻进方法和活塞钻施工技术,极大的提高了湖泊钻探取样质量和钻探效率,减少了施工工期,降低劳动强度,改善作业环境,节约了钻探成本。

5 结语

从钻探设备及器具选择至活塞钻取样施工技术的优化、改进,促使达里湖环境科学钻探任务圆满完成。结合环境科学钻探实际需求及施工作业环境,优选施工技术方法。开阔了环境湖泊取样施工技术新思路,为今后的湖泊环境取样钻探工作积累了宝贵经验。

参考文献:

- [1] 宝日娜,杨泽龙,刘启,等.达里诺尔湿地的小气候特征[J].中国农业气象,2006,27(3):171-174.
- [2] 陈子红,焦世英.达里诺尔湖化学特征与发展态势[J].中国环境管理干部学院学报,2000,(S1):78-80.
- [3] 赵丽囡,陈子红,韩力峰.达里诺尔湿地水化学特征与发展态势[J].内蒙古环境保护,2000,12(4):27-28.
- [4] 赵万苍,何江,宋文杰,等.达里诺尔湖表层沉积物中腐殖质的分布特征[J].农业环境科学学报,2011,30(2):341-346.
- [5] 许青海,刘维鹏,白宝云,等.湖泊相沉积层大陆环境科学钻探技术探索[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):20-22.
- [6] 赵尔信,贾美玲,蔡家品,等.精细、原位、保真取样技术的进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1).
- [7] 刘宝林,何跃文,司敬成.湖泊环境科学钻探施工技术[J].探矿工程,1999,(2):47-49.
- [8] 宋涛,刘宝林,李国民.冬季呼伦湖环境科学钻探冰上湖泊钻探平台及取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(10):1-6,10.
- [9] 耿瑞伦.地质钻探技术的历史回顾与展望[J].探矿工程,1999,(S1).
- [10] 肖永明,刘汉朝,王锐.浅述近代冲击(顿钻)钻井工艺技术[J].盐业史研究,2003,(3):45-49.
- [11] 王益.冲击式顿钻钻头的探索[J].盐业史研究,1992,(4):47-55.
- [12] 肖丽辉,李国萍,郭再峰,等.三层管压卡取样钻具在岱海取样工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):40-42.