

钻探技术在敖汉旗浅覆盖区 1: 5 万 地质填图中的应用研究

谭春亮, 宋殿兰, 岳永东, 林广利
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要: 利用钻探可连续取心的技术特点, 可查明第四系地层序列, 控制基岩顶面埋深与起伏、验证推测模型、研究地质构造、圈定地质体间的重要接触关系, 服务于填图。通过浅钻技术在敖汉旗四图幅覆盖区填图中的应用, 总结出一套适用于荒漠草原浅覆盖区填图的钻探技术方法组合, 并归纳出利用浅层钻探技术开展覆盖区填图的技术操作要点, 为相似景观区区域基础地质调查和矿产调查提供技术支持。

关键词: 浅覆盖区; 地质填图; 浅层钻探; 松散层; 植物胶

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)12-0043-05

Application Research on Drilling Technology for 1: 50000 Geological Mapping in Shallow Overburden Area of Aohan/TAN Chun-liang, SONG Dian-lan, YUE Yong-dong, LIN Guang-li (Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: By using the drilling characteristics of continuous coring, the Quaternary stratigraphic sequence can be found out, and then top surface depth and fluctuation of bedrock determination, estimation models verification, geological structures research, delineating important contact relation between geological bodies can be realized and can be used for geological mapping. Based on the application of shallow drilling technology for geological mapping in Aohan County, a set of drilling technical methods combination is summed up, which is suitable to the geological mapping in shallow overburden area of desert steppe, the key points of technical operation for overburden area mapping by shallow drilling are presented, which provides technical support for geological survey and mineral resources exploration in similar landscape area.

Key words: shallow overburden area; geological mapping; shallow drilling technology; loose layer; vegetable glue

1 项目概况

内蒙古 1: 5 万波罗和硕村(K50E009023)、孤山子村(K50E009024)、四道湾子镇(K50E010023)、玛尼罕乡(K50E010024)4幅荒漠草原覆盖区填图是中国地质调查局组织实施的二级项目“内蒙古中东部荒漠草原浅覆盖区 1: 5 万填图试点”的重点工作区之一。工作区主要位于内蒙古赤峰市敖汉旗辖区, 填图面积 1481 km², 其中, 覆盖区面积占 70%。前人工作集中在基岩出露区, 大面积第四系地质体分布区的地质图表达单一、内容简单, 已无法满足当地社会经济发展的需求。随着浅层钻探机具研发系列化与配套工艺方法的成熟^[1], 以及浅钻地球化学测量^[2]、以钻代槽技术方法的应用研究^[3]取得了一系列显著成果, 使得采用浅钻手段进行覆盖区“揭盖”填图成为可能。所谓浅覆盖区填图指在

第四系堆积物连续覆盖厚度 < 200 m、且覆盖面积占图幅面积 50% 以上的地区进行的地质填图。项目重点探索应用钻探手段揭露覆盖层, 查明覆盖层之下的基岩面基本地质结构和地质体空间展布, 并通过示范总结钻探在荒漠草原覆盖区的应用效果, 制定浅覆盖区 1: 5 万填图钻探技术方法和技术要求。按照 1: 5 万覆盖区区域地质调查工作指南(试行), 浅覆盖区填图钻探技术要求如下。

(1) 采取率指标: 第四系松散堆积物或构造破碎带 < 65%, 机械岩心钻探岩心采取率 < 85%。

(2) 钻孔口径要求: 满足地质观察和各种样品的采集要求, 钻孔口径 < 75 mm。

(3) 钻孔深度: 浅层取样(3 m 以浅)钻揭露到基岩时, 揭露基岩厚度 ≥ 0.3 m; 机械岩心钻探(3 ~ 200 m)揭露到基岩时, 揭露到新鲜基岩, 厚度 ≥ 2

收稿日期: 2017-07-22

作者简介: 谭春亮, 男, 汉族, 1979 年生, 高级工程师, 从事岩土工程勘察、钻探技术的研究与应用工作, 北京市海淀区学院路 29 号探工楼 206 室, bjtan1979@163.com。

m, 钻遇含矿层、蚀变矿化带需穿透。

2 地质条件

敖汉旗4图幅工作区位于燕山向西辽河平原过渡地带, 地形呈不规则的缓坡形, 主要为低山丘陵及河谷平原, 地势呈南高北低、东高西低形态。主要河

流包括老哈河及其支流羊肠子河、饮马河、蹦河、孟克河等。工作区新生界成因包括河流沉积、冲洪积、风积、坡积等多种类型, 加上沉积环境的改变, 构造运动的影响以及水流变化对原来沉积物的破坏使第四系沉积物的结构变化非常复杂。图1为老哈河河谷横向地质剖面。

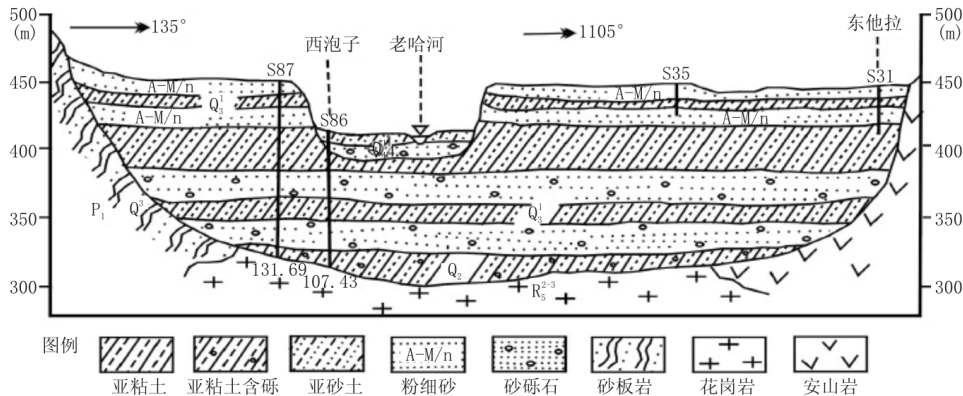


图1 老哈河河谷横向地质剖面

以老哈河河谷为例, 覆盖层以上更新统早期冲湖积亚砂土、亚粘土、粉细砂和砂砾卵石层为主体构成^[4], 其下为中更新统冰碛及冰水堆积的亚粘土含砾和砂砾卵石层, 厚4~20 m。全新统冲积亚砂土、亚粘土、粉细砂和砂砾石层上叠于冲湖积物之上, 厚18~20 m。沉积厚度沿河纵向变化较大, 一般50~120 m, 中心可达150 m。沉积物粒径由上游到下游由粗变细, 覆盖厚度由薄变厚。

3 工程难点

(1) 第四系玄武岩与松散堆积物复合覆盖, 地层结构复杂, 包括腐殖土、黄土、砂层、砾(卵)石层、风化基岩、第四系玄武岩等多种覆盖类型, 地层软硬交错、松散破碎、胶结性差, 表现为孔壁不稳定、缩径、塌孔等问题^[5-7]。

(2) 浅覆盖区填图工区面积大(单个图幅的面积为300~400 km²), 钻孔浅(<200 m)、孔位多(单个图幅拟布设20个), 表现为单孔作业时间短、搬迁频繁。

(3) 老哈河流域地处八里罕断裂带是项目的重点研究区, 河谷地下水丰富, 砂层、砂砾石层较厚(20~60 m), 极易出现泥浆被稀释钻孔坍塌、卡钻、埋钻等事故。

区别于固体矿产钻探, 浅覆盖区填图的钻探工作以基岩为目标层、以松散堆积层钻进为主, 根据填

图需求布孔, 深度不确定。因此, 更需要地质与钻探的紧密结合, 一方面: 需要充分利用已有地质资料, 科学布孔, 并随工作的深入不断优化布孔方案, 合理利用钻探工作量; 另一方面: 需要制定更加灵活的施工方案, 带着地质问题搞钻探, 重点加强松散层取样技术的研究, 包括钻进方法、钻进工艺、钻机具、冲洗液等, 同时, 注重钻探与地质、钻探与物探、钻探与化探等技术手段的综合研究, 提高单孔的利用价值, 实现一孔多用。

4 浅覆盖区填图钻探技术研究

4.1 设备选型

根据地质条件、钻孔结构、钻孔深度及钻进方法、工艺要求, 结合浅覆盖区填图钻探工作的特点(需要频繁搬迁)。确定在交通便利的区域, 选用车装式的全液压力头式钻机; 车辆难进入的区域, 选用TGQ系列轻便型钻机。选用的钻机数量及适用范围见表1, 两种机型分别见图2、图3。

4.2 钻孔结构

通过对已有地质、水文等资料的分析, 首先掌握工作区的地层沉积结构情况。依据地质目的、沉积类型、覆盖厚度、施工条件和取样要求等因素, 确定钻进方法与钻孔结构, 选择钻机、钻具。为了快速穿过砂层或卵砾石层, 减少提钻次数, 降低对孔壁的抽吸, 对于河道复杂地层, 采用Q系列 $\phi 122$ 、96、75 mm

表1 钻机选型

设备类型	钻机型号	数量/台	泥浆泵	适用范围
车装式钻机	TGQ-500CZ型	2	BWF160/10型	机械化程度高,适用于交通便利、车辆能够到达的景观区
轻便型钻机	TGQ(C)-30型、TGQ-50型	2	WF-45型	分体式结构,适用于施工条件受限、车辆难进入的景观区



图2 车装式全液压钻机



图3 轻便型取样钻机

三级金刚石绳索取心钻进技术,两级套管三级成孔,利用上一级绳索钻杆作为下一级绳索钻进的套管,主要以 $\varnothing 96$ mm 绳索钻具钻进为主, $\varnothing 75$ mm 作为备用口径。部分钻孔采用了 $\varnothing 110$ mm 口径,下 $\varnothing 108$ mm 套管代替 $\varnothing 122$ mm,再采用小一级的钻具钻进至目的层。

4.3 钻进参数与钻具级配

浅覆盖区填图钻探主要是解决松散沉积层的取心问题,钻探工艺有两方面的难题:第一是钻进时,保证岩心(样)能够顺利进入岩心管,防止样品被冲蚀、损耗;第二是提钻时,保证岩心不脱落,防止丢心,保持原始层位关系。围绕着这两个问题,确定钻进参数与钻具级配。

4.3.1 钻进参数

采用“低压力、中转速、小泵量”的原则,平稳钻进。特别松散、漏失地层,采用小泵量;胶结地层、粘性较大的地层,采用较大泵量,以确保排除岩粉的需要。采用的钻进参数见表2。

表2 钻进参数

钻孔口径/mm	转速/(r·min ⁻¹)	钻压/kN	泵量/(L·min ⁻¹)
122(110)	70~250	7~14	60~80
96	80~350	5~12	50~70
75	200~500	6~9	40~60

4.3.2 钻头的选择

河谷覆盖层较厚且含砾石,以PDC钻头钻进为主,硬岩破碎层选用梯齿型或尖齿型金刚石钻头。采用底喷、侧喷式钻头代替常规取心钻头隔断冲洗液对岩心的冲蚀,提高取心率。

4.3.3 钻具的选择

为降低松散破碎地层钻进过程中对孔壁的扰动,以绳索取心钻进为主,部分粉质粘土地层采用单管或单动双管、砂层采用单动双管或绳索取心三层管钻具^[8]、卵石层采用金刚石单管取心钻具与半合管钻具。

4.4 冲洗液

冲洗液的使用效果和管理水平直接关系到钻进效果,特别是在复杂地层中,冲洗液的作用显得尤为突出。松散堆积地层的特征是怕冲蚀、易塌、遇水易蚀变等,因此,要求冲洗液既要有较高的护壁和携带岩屑的能力,又要有较大静切力和较小的动切力,尽可能小的失水量。经过野外试验与探索,工作区地处农牧区,因此,选用了环保的天然植物胶配置无固相、低固相冲洗液^[9-10],满足不同的地层钻进需求。不同地层采用的泥浆配方见表3。通过应用前后的对比,明显提高了钻进效率和取心质量,减少了孔内事故的发生。

5 施工效果

通过合理的匹配钻具、冲洗液体系。确保了第四系地层的取心质量和钻孔安全,特别是老哈河道中的钻孔,对砂层、砾石层实现了很好的护壁,为后续取心,综合测井创造了条件。

先期2个月,完成钻孔48个,钻探进尺3200 m,其中最深钻孔344 m。各层采取率为:黄土层、粘土层采取率93%,含砂层采取率70%,砂(卵)砾石层采取率65%,基岩采取率90%,松散层平均采取率

表3 各种地层采用的泥浆配方

地层	岩性描述	复杂情况	采用的泥浆配方
粘土、第四系玄武岩覆盖层	腐殖土、黄土、粘土、亚粘土、亚砂土、第四系玄武岩等	水敏性地层,易发生膨胀缩径、泥浆增稠、泥包等	1 m^3 清水 + 1.5% ~ 2% 植物胶 + 0.1% ~ 0.3% NaOH + 0.2% PAM
砂土类地层	粉(细)砂层、中(粗)砂层、含砾砂层等	胶结性差,易发生膨胀缩径、涌砂等	1 m^3 清水 + 1.5% ~ 2% 植物胶 + 0.1% ~ 0.3% NaOH + 0.2% PAM + 0.1% ~ 0.2% Na - CMC
砂(卵)砾石层	砂砾石、卵砾石、块石、漂石等	密实度低,易发生坍塌、掉块、漏浆、涌水、超径等	1 m^3 清水 + 4% ~ 5% 膨润土 + 1.5% ~ 3% 植物胶 + 0.1% ~ 0.3% NaOH + 0.2% ~ 0.3% Na - CMC + 1% ~ 2% KPAM + 0.3% ~ 0.5% 防塌剂
风化基岩层	风化基岩,包括泥岩、砂砾岩、花岗岩、安山岩等	易冲蚀、易蚀变、坍塌、泥浆漏失等	1 m^3 清水 + 3% ~ 5% 膨润土 + 1.5% ~ 3% 植物胶 + 0.1% ~ 0.3% NaOH + 0.2% ~ 0.3% Na - CMC + 0.2% PAM + 1% ~ 2% KPAM

76%,满足了覆盖区填图钻探技术要求。图4~6为采取上的岩心样品。



图4 砂土层



图5 砂(卵)砾石层



图6 风化基岩层

6 浅覆盖区填图钻探技术研究

6.1 利用钻探手段进行浅覆盖区填图的基本思路

首先依据已有地质信息,物探、化探异常信息,结合地质单元边界控制、面积控制需求等关键要素确定出钻孔位置,并推断出钻孔深度;其次,依据覆盖层的特点、厚度和施工条件选择钻进方法,根据地

质目的、取样要求,施工场地景观和地质条件、钻进方法、钻孔结构等因素选择钻机和钻具;利用钻探可验证、揭露、连续取样的优势,探明覆盖层之下基岩面,包括基岩面起伏状况、基岩面地质结构及盆山关系;揭示出被覆盖层掩盖的重要矿产信息、重要地质体分布及重要地质边界的延伸等。

6.2 利用浅层钻探技术填图技术要点

通过分析国内不同地质景观区已开展的覆盖区填图钻探技术方法试验,参照“1:5万覆盖区填图工作指南(试行)”的要求,归纳总结并提出利用浅层钻探技术覆盖区填图的操作要点,旨在规范野外施工。

(1)布孔依据。地质推测边界控制需求、物探异常、地质面积控制需求、现场地形地貌特征、施工条件。

(2)取样要求。3 m以浅揭露到基岩取心 ≥ 0.3 m,3 m以深揭露到基岩取心 ≥ 2 m;基岩取心率 $\geq 85\%$,第四系取心率 $\geq 65\%$ 。

(3)布孔密度。依据地质-地球物理场复杂程度和目的任务;依据覆盖层厚度调整施工网度;每幅钻探工作量1000~2000 m。

(4)取样层位。分层连续采样;重点采集风化残积层(找矿)、基岩顶面样品(基岩地质图)。

(5)工作流程。连续取心(样)直至基岩、地质编录、综合测井、岩心拍照、封孔、资料入库、数字化处理等。

(6)目的层判别。充分利用钻进过程中上返冲洗液颜色变化、钻进参数变化和连续样品物质含量变化等要素辨别。

(7)野外记录。钻进深度、分层厚度、采取率、数字化钻孔编录(性质、颜色)、柱状图及工程描述(机具、工艺、参数变化)。

(8)后续工作。岩矿鉴定、残积层与基岩光谱

分析、磁化率测量、密度测量等, 构建钻孔联合剖面, 三维结构建模等。

6.3 浅覆盖区填图钻孔分类

钻探只是浅覆盖区填图的技术手段之一, 需要加强与地质、遥感、物探、化探等技术方法的综合利用, 才能形成一套真正适用于浅覆盖区的经济、实用、有效的填图技术方法组合。例如: 利用不同沉积地层在测井曲线上有其明显的反映特征, 有一定的

规律特点, 通过部分钻孔“取心 + 测井”建立起标准地层单元, 部分钻孔“不取心 + 测井”, 通过测井曲线与标准地层单元对比确定地层沉积序列, 实现地层划分, 提高填图钻探效率, 降低施工成本。因此, 将浅覆盖区填图钻孔划分为两类: 全孔取心孔与非全孔取心孔。不同类型钻孔的钻进方法、工作手段、研究目的不同(表 4 所示)。

表 4 浅覆盖区填图钻孔分类

钻孔类型	地质目的	钻探要求	钻进方法	配套手段
全孔取心孔	调查覆盖层及基岩地质构造特征、建立地层序列	准确全面的提取地层沉积序列信息, 要求高的岩心采取率	冲击钻进、回转钻进 + 优质的冲洗液体系	测井(电阻率、自然电位、自然伽玛等)
非全孔取心孔	验证物探推断解释成果、追踪和圈定地质体间的重要接触关系、厚度变化等	提取残积层(找矿)与基岩顶面(填图)的信息	空气循环钻进、全面钻进等钻进方法	测井(电阻率、自然电位、自然伽玛等)

6.4 浅覆盖区填图钻探技术方法下一步的研究方向

首先, 加强松散层取心工艺研究, 提高采取率, 尽可能多的提取地层信息, 提高钻进效率, 降低成本; 其次, 在不缺少必要的质量功能前提下, 创新成果表达方式, 尽量简化程序、方便实施; 最后, 加强钻探与地质及其它技术方法的综合研究, 如: 与物探测量技术的结合、与化探快速分析技术的结合、与槽探技术的结合等, 充分利用钻孔与岩心, 既可提高覆盖区填图质量与精度, 又可指导找矿。

来物影响, 准确地定位矿化位置, 实现快速异常查证, 验证地质推断、物化探推断, 剔除假信息, 提高成图质量。

(3) 初步总结了利用浅层钻探手段覆盖区填图的技术要点, 总结出布孔依据、取样要求、取样层位、层位判定方法以及工作流程等基本要素, 阐明了利用钻探开展浅覆盖区填图内容包涵: 地质条件、覆盖类型、钻机的选型、钻进工艺和覆盖区填图钻探技术方法的研究等要素, 推广中还需补充完善。

7 结论

对于敖汉旗 4 图幅, 特别是老哈河流域遇到的复杂地层, 通过合理的设计钻孔结构、选择钻机具与冲洗液体系, 解决了 0 ~ 200 m 的松散层取心难题, 满足浅覆盖区填图取心的技术要求, 同时, 通过实践与研究, 归纳并总结出钻探技术在浅覆盖区填图应用过程中的操作要点。为后续覆盖区填图技术方法的综合研究奠定了基础。

(1) 浅覆盖区填图钻探以钻进松散堆积层为主, 优先选用硬质合金钻头或 PDC 钻头, 钻进参数采用“低钻压、中转速、小泵量”的原则, 合理控制单回次进尺, 同时, 利用优质冲洗液技术结合套管综合护壁措施, 可提高岩层采取率, 满足技术要求。

(2) 钻探在浅覆盖区填图中的应用, 拓宽了机动浅钻的应用范畴, 提高了覆盖区地质填图精度, 可有效剔除传统水系沉积物测量、土壤测量过程中外

参考文献:

- [1] 冉恒谦, 张金昌, 谢文卫, 等. 地质钻探技术与应用研究[J]. 地质学报, 2013, 85(11): 1806 - 1822.
- [2] 喻劲松. 浅钻地球化学勘查技术方法及应用研究[J]. 地质学报, 2013, 87(S1): 236 - 237.
- [3] 赵洪波, 何远信, 宋殿兰, 等. 以钻代槽勘查技术方法与应用研究[J]. 地质科技情报, 2014, 33(5): 204 - 207.
- [4] 韩洪伟. 内蒙赤峰翁牛特旗地区水井施工中多工艺空气钻进技术的应用研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2005.
- [5] 孙满军, 冯基东, 杨振雷, 等. 浅谈第四系复杂地层钻探技术[J]. 吉林地质, 2010, 29(2): 151 - 152.
- [6] 黄永波, 侯建华, 宋志勇, 等. 第四系科学钻探及地层对比方法探讨[J]. 山东国土资源, 2015, 31(10): 71 - 75.
- [7] 吴文飞, 欧汉森. 浅析复杂覆盖层钻探工艺技术及应用[J]. 资源环境与工程, 2013, 27(4): 513 - 514, 521.
- [8] 王达, 何远信, 等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014: 371 - 372.
- [9] 隆威, 王祖平, 纪鹏. 新型无粘土冲洗液的研究与应用[J]. 勘察科学技术, 2011, (9): 6 - 11.
- [10] 陈礼仪, 牛文林, 朱宗培. 植物胶冲洗液在岩土工程勘察中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, (S1): 314 - 316.