

背包钻机在黑土地地表基质调查中的应用研究

李玉泽, 武杰*, 孙肖, 苏佳鑫, 郭广平, 韩涛, 杨亚谦, 张强

(中国地质调查局廊坊自然资源综合调查中心, 河北廊坊 065000)

摘要:为查清齐齐哈尔工作区黑土地地表基质平面及垂向空间分布等本底属性,设计土壤钻孔320个,钻探工作量1600 m,要求采取0~5 m土壤原状样品,样品按分层原则进行取样,以判断地表基质分层结构特征及理化性质等属性。为确保工程质量,采用了GL-10型背包钻机,该钻机为手持液压柱状土壤采样钻机,采用液压力头驱动冲击圆凿和钻杆进行冲击钻进方式,有效解决了传统钻探的局限性和样品受污染等问题。本文阐述了背包钻机的钻进工艺以及工作原理,论证了其在等方面的突出表现。在调查施工过程中,展示了背包钻机的灵活性、便携性和高效性,以及在获取准确的地表基质样本和数据方面的可靠性。结果表明,背包钻机能够适应复杂多样的地表条件,为地表基质调查提供了一种便捷且有效的技术手段,显著提升了调查工作的精度和效率,对推动地表基质调查技术的发展具有重要的实践意义和应用价值。

关键词:背包钻机;地表基质;调查取样;黑土地;样品加工

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2024)S1-0307-06

Application research of backpack drill in the black soil surface matrix survey

LI Yuze, WU Jie*, SUN Xiao, SU Jiaxin, GUO Guangping, HAN Tao, YANG Yaqian, ZHANG Qiang
(Langfang Natural Resources Comprehensive Survey Center of China Geological Survey, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: In order to survey the background properties such as the plane and vertical spatial distribution of the black soil surface matrix in the Qiqihar work area, 320 soil boreholes were designed with a drilling workload of 1600 m. It is required to take 0~5m undisturbed soil samples, which are sampled according to the principle of layering to determine the characteristics of the layering structure and physical and chemical properties of surface matrix. To ensure the quality of the project, the GL-10 backpack drill was used, which is a handheld hydraulic cylindrical soil sampling drill. It uses a hydraulic power head to drive the impact round chisel and drill rod for impact drilling, which effectively solves the limitations of traditional drilling and the problem of sample contamination. This article elaborates the drilling technology and working principle of the backpack drill, and demonstrates their outstanding performance in various aspects. During the survey of the construction process, the backpack drill showed its flexibility, portability, and efficiency, as well as its reliability in obtaining accurate surface matrix samples and data. The results indicate that backpack drill can adapt to complex and diverse surface conditions, providing a convenient and effective technical means for surface matrix survey, significantly improving the accuracy and efficiency of survey work, and having important practical significance and application value for promoting the development of surface matrix survey technology.

Key words: backpack drill; surface matrix; survey sampling; black soil; sample processing

0 引言

2020年1月,自然资源部印发《自然资源调查监

测体系构建总体方案》,提出了自然资源分层分类模型和地表基质层概念,指出了地表基质是地球浅

收稿日期:2024-07-16; 修回日期:2024-08-06 DOI:10.12143/j.ztgc.2024.S1.048

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“苏北平原1:25万地表基质调查”(编号:DD20242041)、“松嫩平原齐齐哈尔地区黑土地地表基质调查”(编号:DD20220855)

第一作者:李玉泽,男,汉族,1994年生,技术员,计算机专业,从事地表基质调查工作,河北省廊坊市广阳区广阳道93号,384511815@qq.com。

通信作者:武杰,男,汉族,1992年生,助理工程师,主要从事生态环境地质调查与研究,河北省廊坊市广阳区广阳道93号,827679553@qq.com。

引用格式:李玉泽,武杰,孙肖,等.背包钻机在黑土地地表基质调查中的应用研究[J].钻探工程,2024,51(S1):307-312.

LI Yuze, WU Jie, SUN Xiao, et al. Application research of backpack drill in the black soil surface matrix survey[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1):307-312.

表部支撑生长森林、草、作物和承载孕育耕地、水、生物等自然资源的基础物质^[1]。随后在2020年12月自然资源部发布《地表基质分类方案(试行)》,明确了地表基质为当前出露于地球陆域地表浅部或水域水体底部,主要由天然物质经自然作用形成,正在或可以孕育和支撑森林、草原、水等各类自然资源的基础物质。地表基质作为全新的概念,在自然资源综合调查领域意义重大,对此开展调查是一项重要工作。

在地表基质调查过程中,其调查重点在于土壤的结构与质地,准确了解不同深度土壤的颗粒组成、松紧度等,评估土壤质量和肥力;了解土壤层次分布,界定各土层的界限、厚度及特征,以全面把握土地的剖面特征;查明地下水位与含水情况,明确地下水位深度、含水层分布等,掌握土壤水分动态和相关生态;揭示地下地质结构^[2-3]。在地表基质调查钻探过程中面临一些难点,如:土壤可能具有较高粘性,容易导致钻头堵塞,增加钻进难度和影响钻进效率;可能遇到地下岩石、砾石等复杂地质情况,这对钻机的适应性和操作人员的技术水平有着较高要求;还要确保采集到具有代表性的未受扰动的原状土样,保证采集的数据准确、可靠,避免误差;在操作过程中,要尽量减少对土地生态环境的破坏和干扰,平衡调查与保护的关系,这些在调查中都具有一定的挑战性^[4]。

传统的钻探方法存在着一定的局限性^[5],难以全面、精准地反映整个区域的复杂基质状况,可能导致对一些特殊区域或细微变化的遗漏。而且,传统钻探在效率方面相对较低,需要耗费大量的时间和人力成本,对于大规模的地表基质调查来说进度较为缓慢,难以满足调查需求。在此背景下,背包钻机的引入则带来了重大意义,极大地提高了调查的效率和准确性,能够更全面、深入、精确地开展地表基质调查工作。本文以齐齐哈尔地区为例,介绍了背包钻机参数、背包钻点位部署原则和实际操作过程,以及对应用效果进行评估,结果证明背包钻机在地表基质调查中有着重要意义。

1 项目概况

2022年国家首次开启东北黑土地地表基质调查。本单位承担的研究区位于黑龙江省齐齐哈尔市,包括讷河、克山、克东、依安、拜泉、富裕、甘南、

龙江等8个县,总面积34347 km²。地形地貌环境复杂,主要划分为构造剥蚀丘陵、冲积—洪积低丘状砂砾石台地、冰水堆积倾斜砂砾石台地、冲积—洪积倾斜砂砾石扇形平原、冲积—洪积波状高平原、冲积—湖积低平原、风积沙丘沙地、冲积—洪积阶地漫滩、玄武岩台地9种类型,地表基质类型以岩、砾、沙、土为主,性质变化大且分布不均匀,土地利用类型以耕地为主,约占面积的79.38%,其次是草地约占10.26%,林地约占2.50%。

开展齐齐哈尔地区8个县(市)黑土地地表基质调查,查明地表基质种类、面积、平面分布和空间结构特征、理化性质、景观属性以及利用情况等,为黑土地保护、自然资源科学规划、生态保护修复等提供依据。

1.1 目标与任务量

开展外业调查工作,准确获取工作区黑土地地表基质0~5 m要素指标及其属性参数数据。同时严格执行野外调查质量监督要求,不断更新完善工作区黑土地地表基质调查数据库。

要求采取0~5 m土壤原状样品,以查明工作区0~5 m深度范围内地表基质主要类型、空间分布、垂向结构等特征。同时根据需要采取各类分析测试样品,掌握地表基质分层结构特征及理化性质。共布设钻孔320个,设计钻探工作量1600 m,设计化验分析地表基质土质(化探分析)760件,(物理指标)3790件,(化学指标)2005件,(生物指标)272件。

1.2 区域地表基质特征

地表基质是地球表层的重要组成部分,其特征可以用物质组分、母质物源、成因过程、发育时代、空间分布和垂向结构等多种属性来描述刻画^[6]。地表基质范围覆盖固体地球表面,包括陆域和海域全部国土空间^[7]。多数呈层状产出,垂向结构差异大,其层厚度一般从几十厘米到五十米(到基岩为止)。物质组成复杂,基本涵盖了岩石、砾质、土质和泥质等所有肉眼可见的物质形态,并且不同地表基质具有不同的成分、颜色、质地(颗粒大小)、结构、构造和物理化学性质。特性各不相同,对生态系统支撑作用有差异,大多直接出露地表的岩石、砾石和砂石难以有效支撑森林、草原等陆域生态系统,上覆土质几乎是支撑陆域大多数生态系统的关键基础物质,也是地球系统表层物质和能量循环最活跃的区域。按照成因,可将地表基质层分为基岩层和松

散堆积层两大类。基岩层由岩浆作用、沉积成岩作用以及变质作用形成;松散堆积层由风化、剥蚀、搬运、沉积等表生地质作用形成。根据地质成因和平面分布特征,还可将地表基质层进一步分为原地风化堆积型和异地搬运沉积型。目前,按照地表基础物质的肉眼可见形态,将地表基质划分为岩石、砾质、土质、泥质4个一级分类,二级类则有14类^[8]。不同类型的地表基质通过复杂的自然作用过程,与水、空气、生物等有机组合,可形成具有一定厚度(通常不超过地表以下50 m)、能够支撑地球表层生态系统正常运转的自然层状体。总而言之,地表基质具有一定的稳定性,为生态系统提供了坚实的基础;同时具有多样性,不同地区的地表基质在成分和结构上存在差异。它还具备渗透性,能影响水分和物质的传输与循环;而且具有一定的肥力,为植物生长提供支持。此外,地表基质的特性还会随环境和时间而发生变化,对地球表层的环境演变和生态平衡起着至关重要的作用。

1.3 布网原则

调查主要用于揭示10 m以浅的基质层物质组成与结构特征,重点在于揭示成土母质的特征,其点位布署需要考虑成土母质的地质成因,按地质成因单元开展布署^[9]。

本项目以“三调”等已有成果为基础,以高分遥感、一体化调查等现代科技手段为支撑,充分参考地质图、土地利用类型图、土壤类型图等改化形成地表基质草图,并以其作为工作底图。按照“分区、分类、分层、网格化”部署原则,综合考虑不同分区内地形地貌、覆盖厚度、土地利用类型等因素,科学合理布设点位,点位布设密度1点/64~100 km²,钻进深度为0~5 m,若基岩上部土质层厚度<5 m,则钻进到基岩层终止。

2 工艺流程与施工难点

2.1 钻进工艺流程

见图1^[10]。

2.1.1 调查前准备工作

- (1)数据填写工具:掌机(数字填图系统);
- (2)钻进设备:钻机、钻杆、钻头、样品管等;
- (3)辅助工具:取容重工具、铁锹、地质锤、样袋等;
- (4)出发前检查车况、设备有无燃料、工具是否

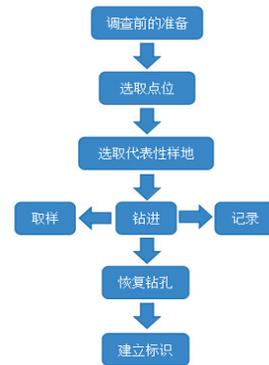


图1 工艺流程

准备齐全等;

(5)使用掌机自带的导航功能,导航至相应的点位,并保存路线轨迹。

2.1.2 代表性样地

到达点位附近后,观察周围的地形、地貌、土壤类型、植被类型、坡度、坡向等因素,初步了解其地质结构和物质组成的变化规律,以此来确定具有代表性的钻孔位置。

2.1.3 钻进取样与记录

在钻进过程中,根据取样要求,样品按照分层原则进行取样,若单层厚度>1 m则按照单样采集厚度 ≥ 1 m且尽量等分加采样品。同步进行详细观察和编录,按照要求在调查表格上记录调查点位的地理位置、行政代码、图幅号、天气、坐标、水位埋深、地貌类型、成因类型、植被类型、土地利用类型、地质建造、坡位、坡向、坡面长度、土壤类型、黑土层厚度、有效土层厚度、耕作方式、障碍层类型及深度、调查人员、调查日期、调查单位等内容和拍摄相应照片。

2.1.4 恢复样地

钻进结束后,通过对钻孔位置进行合理的恢复工作,例如填充孔洞,恢复地表植被等,可以在一定程度上减少对周围环境的破坏。

2.1.5 建立标识

调查结束后为了方便以后异常查证查验,在调查点孔位附近建立永久性或非永久性醒目标识,永久性是指在点位旁有岩石或者电桩时采用油漆喷绘进行标识,其他情况采用非永久性,其又分为两类,一是采用U型铁丝将标有点位信息的红布条固定在点位旁的地上,二是将标有点位信息的红布条固定在点位旁的树枝上,标识记录点位编号和采样

方式信息。

2.2 施工难点

工作区域面积大,钻孔点位较多,地表基质类型较为复杂,性质变化大且分布不均匀。因此,钻探施工的难度增加;钻进工艺方法受限,为快速获取5 m以浅地表地质垂向结构资料,避免样品受到污染,一般大型的钻探设备难以满足地表基质调查工作;取样工作繁琐,重复工作较多,使钻探的工作量增加;场地变化大,环境复杂,要求设备的占用空间小,机动灵活性强,对周围环境的影响小;同时恶劣的气候也会影响施工的进度与安全。

3 钻探施工技术

3.1 设备选取

本次原状土壤钻探主要钻遇地层为壤土、粘土、砂土、壤质粘土、粘质壤土等类型,施工要求所取的样品为土壤原状样,不能使用泥浆钻进,避免因泥浆污染而影响样品质量,要求每层土壤样品不得混装。对钻探设备和施工工艺有着较高要求,只能采用锤击式冲击钻进方法施工。根据钻探施工特点,本次采用GL-10型背包钻机施工。该设备为手持液压柱状土壤采样钻机,构成分为:小型液压动力单元和给进动力头(通用型适合各种土壤),带有PVC透明采样管的取心器,一个机械式钻杆提取器,外管钻杆和内管连接杆等。详细参数见表1。

GL-10型背包钻机通常采由小型液压泵站提供动力给冲击给进动力头,通过液压油路管与冲击给进动力头的连接,连接时均有专用转换头进行对接,将钻杆和取样管冲击敲入土壤,以逐级方式将钻杆打入,在钻杆内将样品管取出并进行更换,终孔后由液压油路管连接钻杆液压起拔器一次性将钻具取出。

其主要技术特点为体积小、质量轻,可以方便地携带到野外现场进行作业;操作简单,不需要复杂的设备和技术支持,适合在复杂地形和恶劣环境下使用;钻进速度快,可以在短时间内获取大量的地质样品;钻进深度大,可以满足不同深度的地质调查需求;背包钻机采用液压驱动,噪声低、振动小,对周围环境的影响较小,同时钻进过程中不需要使用水或泥浆等材料,对地下水资源和环境的污染较小;价格相对较低,维护成本也较低,可以降低调查的成本,提高工作效率^[11]。

表1 GL-10型钻机参数

驱动方式		液压钻进
钻孔口径/mm		54
理论钻深/m		15
样品管直径/mm		40
取芯直径/mm		38
钻具长度/m		1
动力头参数		
输出流量/(L·min ⁻¹)		26~34
震动频率/(次·min ⁻¹)		1620
长度/cm		76
宽度/cm		25
连接方式		3/8 in,平口快速接头
动力头质量/kg		29
液压力站参数		
系统压力/MPa		18
系统流量/(L·min ⁻¹)		40
发动机/hp		21
泵站/(cm×cm×cm)		105×58×84
液压油路管/m		7
散热器		风扇式

3.2 取样施工

到达点位后,观察周围环境,填写地表基质野外调查记录表,并选择具有代表性的工作场地,确保场地安全、平整,并远离危险区域。用铁锹清理孔位地表表层,确保孔位周围无异物遮挡。随后把背包钻机各部件连接紧固,将钻头与钻杆连接,取心器放进钻杆内,用锤头拧紧,一人或多人协作,将动力头搬到工作位置。钻进前启动发动机,让钻机预热一段时间。钻进过程中,根据地质情况,选择合适的钻进速度和压力。对于较硬的地层,钻进速度可能较慢,需适当施加压力;对于较软的地层,要控制钻进速度,避免过快导致卡钻等问题。同时,注意观察钻进情况与液压油的供应,如有异常及时停机检查。当达到所需钻进深度后,停止下压和锤击,用机械式钻杆提取器取出带有土心的取心器,完成一个回次,再用内管连接杆连接取心器放入钻杆内继续完成下一回次,直至完成本次钻进工作。等所有土壤样品取出后(见图2),测量孔内有无水位,并填写地表基质编录表,随后对钻孔位置进行恢复工作并建立相应标识^[12](见图3)。



图2 土壤样品



图3 背包钻野外施工

3.3 样品管理与加工

3.3.1 样品管理

各采样小组样品进行检查登记,检查内容包括:样品号记录是否正确、样品是否正确、样袋是否有损坏、样量是否充足等。将全部验收合格后的样品登记《入库记录簿》,并将样品分组、分类整齐悬挂于样品架使样品逐渐风干(见图4)。



图4 样品管理

3.3.2 样品加工

样品加工选择干净、相对通风、无污染、无杂物堆放的场地,样品加工前对加工用具进行清洁处理,包括尼龙样筛、天平、毛刷、木槌、垫布薄膜、桌凳、样瓶等,并事先对样瓶进行全面清洁。样品上的标签内容包括项目名称、样品号等;样箱上的标签内容包括项目名称、样品编号、送样编号

(见图5)。



图5 样品标签

干燥后的样品在过筛前,用木槌轻轻敲打,以使土壤样品恢复至自然粒级状态后,用10目尼龙筛对样品进行全过筛,加工过程中保持样品筛完好和筛网的均匀性,每加工完1个样品,对样品筛、垫布、木槌、天平托盘等用具全面清扫。样品过筛后,经充分混匀后采用四分法对样品进行缩分,取符合要求质量的样品装入标有相关信息的瓶内,根据分析测试类型,主样质量 ≥ 200 g,副样质量 ≥ 300 g^[13]。

4 实际应用效果

通过背包钻机调查,获取了0~5 m的土壤样本,并对其进行了详细的分析测试。数据显示,该工作区黑土面积为31234.56 km²,占全区总面积(34347 km²)的90.94%,全区黑土厚度范围为0~500 cm,平均值为82.70 cm,就各县来说,克东县黑土厚度最厚,富裕县黑土厚度最低,厚度最厚的是壤土+粘土构型,最薄的是砂土+壤土+粘土构型,全区耕层有机质含量平均为4.14%,略低于中科院土壤信息网络数据报道的黑龙江省有机质均值4.32%,略高于东北黑土区耕层有机质均值3.9%,属于中上水平。同时结合齐齐哈尔市自然资源规划,绘制完善了齐齐哈尔地区适宜性规划利用和修复治理建议图,按照“宜则”原则,划分出宜耕区、宜林区和宜草区;按照调查情况,划分出流失治理区、沙化治理区和修复耕地整治区。

在黑土地地表基质调查中,背包钻机可以快速、高效地获取土壤样本,相比传统的钻探方法,能够大大提高工作效率;采集的样本也能够较好地反映黑土地地表基质的实际情况,有助于更详细地了解黑土地的地质特征和土壤性质,具有较高的代表性;还可以在各种地形条件下进行作业,并且能够

钻入较深的地层,获取更全面的地质信息;同时减少对地表的破坏和干扰,降低对黑土地生态环境的影响,更有利于保护黑土地的生态平衡;获取的样本也可以与其他调查手段(如遥感、物探等)相结合,提供更全面和综合的数据;在大规模的黑土地调查中,其效率和准确性可以带来成本的节约,可以最大程度地发挥背包钻的效益^[14]。

5 结论与建议

本研究详细探讨了背包钻机在黑土地地表基质调查中的应用。研究表明,背包钻机的引入极大地提升了黑土地地表基质调查的效率和准确性,为黑土地的保护和可持续利用提供了有力的技术支持。通过对背包钻机原理、特点的分析,能够更全面、深入地了解黑土地地表基质的特征。在应用过程中,可以获取具有代表性的样本,为后续分析和研究提供可靠的数据基础。

在钻进过程中,当遇到复杂的地形和地质条件时,钻进难度会增加,从而影响钻进效率和质量。尽管该钻机可以采集土样的深度视地层的硬度和含水量而定,对于含水量较大的地层最深可达20 m以上,但在实际应用中,会受到地层硬度和含水量等因素的限制,导致采样深度不足而且价格相对较高,限制在相关地质领域的应用^[15]。

未来随着技术的不断进步,背包钻机可能会更加轻便、高效,适用范围更广,深度也可能会增加。

(1)智能化:智能化是未来设备的发展趋势之一,背包钻机也可能会具备智能化的功能,如自动定位、自动采样等,提高工作效率和精度。

(2)多用途:未来的背包钻机可能会具备更多的功能,如同时进行土壤采样和地下水监测等,提高设备的利用率。

(3)降低成本:随着市场的竞争和技术的进步,背包钻机的成本可能会逐渐降低,使其在更多的项目中得到应用。

总之,背包钻机作为一种重要的地质钻探设备,在黑土地地表基质调查中发挥着重要的作用,

随着科学技术的不断进步,背包钻机的设备更新会越来越智能化,用途更加广泛,携带更加便捷,自动定位、自动采样、地下水自动监测等功能的实现会极大地提高工作效率和精度,同时降低背包钻机的人力和物力成本。设备的更新换代,会使背包钻机在地表基质调查及其他相关领域得到应用和服务,为国家的土地资源保护和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 葛良胜,杨贵才.自然资源调查监测工作新领域:地表基质调查[J].中国国土资源经济,2020,33(9):4-11,67.
- [2] 殷志强,陈自然,李霞,等.地表基质综合调查:内涵、分层、填图与支撑目标[J].水文地质工程地质,2023,50(1):144-151.
- [3] 张凤荣.论地表基基层重点调查内容和优先调查区域[J].中国土地,2023(2):40-41.
- [4] 孙禧勇,许玮,王明建.地表基基层分层分类调查研究[J].中国土地,2022(7):34-36.
- [5] 黄吕卫,姜凤强,唐爽,等.背包钻机在山区特高压线路工程中的应用[J].山东电力技术,2016,43(5):73-75.
- [6] 殷志强,秦小光,张蜀冀,等.地表基质分类及调查初步研究[J].水文地质工程地质,2020,47(6):8-14.
- [7] 葛良胜,侯红星,夏锐.自然资源地表基质调查技术体系构建[J].地理信息世界,2022,29(5):20-27.
- [8] 刘清俊,刘雨鑫,王颖,等.地表基质三级分类方案探讨[J].城市地质,2023,18(1):1-8.
- [9] 袁国礼,侯红星,刘建宇,等.服务生态文明的生态地质调查工作方法浅析——以地表基质调查为例[J].西北地质,2023,56(3):30-38.
- [10] 吴翰,徐昊,郑冀川,等.洛阳铲在黑土地地表基质调查中的应用[J].测绘与地质,2023,5(6).
- [11] 胡志涛.背包钻机在地质勘查中的应用——以邢台西部山区勘查为例[J].世界有色金属,2019(1):221,223.
- [12] 秦沛,李海明,刘春生.Geoprobe直推钻机在城市水环境地质调查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(3):1-8.
- [13] 魏松.土壤采集制备与样品前处理方法的进展分析[J].中文信息,2024(6):75-76.
- [14] 苏兴涛,冉灵杰,祝强,等.地表基质钻探取样技术方法与应用研究[J].地质论评,2023,69(6):2239-2246.
- [15] 李锡.背包式钻机的工程应用与存在的若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):56-58,62.

(编辑 王文)