

地表基质调查中浅钻技术方法及其应用

——以JNZK04钻孔为例

史轲亮^{1,2}, 陈占生^{1,2}, 李永彬^{1,2}, 陈林^{1,2}, 李玄辉^{1,2*}

(1. 中国地质调查局地球物理调查中心, 河北廊坊 065000; 2. 中国地质调查局地球浅地表探测技术创新中心, 河北廊坊 065000)

摘要:浅钻技术能够快速穿透不同性质的地表基质层,并准确采集到具有代表性的基质样本。本研究采用GJ240-2S型钻机,在山东鱼台县施工20 m深度的JNZK04钻孔,开展地表基质层调查,系统探讨了浅钻技术在地表基质调查中的技术方法与应用价值。通过岩心编录、样品采集与分析、地球物理相结合的方法,揭示了地表基质20 m以浅垂向基质类型及结构特征。验证了浅钻技术在地表基质调查中的适用性,总结了浅钻技术优势,浅钻技术能够为地表基质调查提供有力技术支撑。

关键词:浅钻技术;地表基质调查;岩心编录;样品采集与分析;地球物理

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2025)S1-0381-05

Shallow drilling techniques and applications in surface matrix survey: A case study of JNZK04 hole

SHI Keliang^{1,2}, CHEN Zhansheng^{1,2}, LI Yongbin^{1,2}, CHEN Lin^{1,2}, LI Xuanhui^{1,2*}

(1. Center for Geophysical Survey, China Geological Survey, Langfang Hebei 065000, China; 2. Technology Innovation Center for Earth Near Surface Detection, China Geological Survey, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: Shallow drilling technology can rapidly penetrate different types of substrate layers and accurately collect representative substrate samples. Therefore, in this study, the GJ240-2S drilling rig was used in JNZK04 drilling well for surface matrix survey with depth of 20m in Yutai County, Shandong Province. The technical methods and application value of shallow drilling technology in surface substrate investigation were systematically explored. By combining core logging, sample collection and analysis, and geophysical methods, key information such as the vertical matrix types and structure characteristics of the substrate layer can be obtained. The applicability in surface substrate investigation was verified and its advantages were summarized. The shallow drilling technology can provide strong technical support for surface substrate investigation.

Key words: shallow drilling; surface matrix survey; core logging; sample collection and analysis; geophysical

0 引言

开展自然资源分类是自然资源管理的重要基础,但国内外目前尚无统一的自然资源分类标准^[1],

按自然资源在地球上的纵向空间可分为气候资源、水资源、生物资源、土地资源和地下资源(矿产资源、水气资源、地下空间)等五大类^[2]。自2020年自

收稿日期:2025-05-06; 修回日期:2025-06-12 DOI:10.12143/j.ztgc.2025.S1.062

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“辽河平原东缘辽阳—丹东地区黑土地地表基质调查”(编号:DD20220863)、“鲁中丘陵区1:25万地表基质调查项目”(编号:DD20243192)

第一作者:史轲亮,男,汉族,1989年生,助理工程师,主要从事自然资源综合调查工作,河北省廊坊市广阳区丰盛路159号,526509704@qq.com。

通信作者:李玄辉,男,汉族,1981年生,高级工程师,应用化学专业,硕士,主要从事自然资源综合调查工作,河北省廊坊市广阳区丰盛路159号,Lixuanhui0394@163.com。

引用格式:史轲亮,陈占生,李永彬,等.地表基质调查中浅钻技术方法及其应用——以JNZK04钻孔为例[J].钻探工程,2025,52(S1):381-385.

SHI Keliang, CHEN Zhansheng, LI Yongbin, et al. Shallow drilling techniques and applications in surface matrix survey: A case study of JNZK04 hole[J]. Drilling Engineering, 2025,52(S1):381-385.

然资源部发布《自然资源调查监测体系构建总体方案》,提出自然资源分层分类模型和地表基质层概念以来,国内不同领域专家学者开展了地表基质理论、内容、方法、技术、应用等方面的研究工作。地表基质层是自然资源分层分类模型中的第一层,也是地球表层孕育和支撑森林、草原、水、湿地等各类自然资源的基础物质层^[3-4]。

随着社会的快速发展和科技的进步,地质勘探工作面临着越来越多的挑战。考虑到我国浅覆盖地区地质景观及地层结构十分复杂,将浅钻化探的适用范围限定在覆盖层厚度 ≥ 50 m的地区,或覆盖层构成比较简单、覆盖层厚度 ≥ 100 m^[5-7]。随着社会不断进步和发展,浅地表层取样技术发展迅速^[8-11],浅层钻探成功应用于陆地取样、海底取样和天体取样,不同场景、不同工况条件对浅钻技术与装备要求差距较大^[12-16]。地表基质层是自然资源调查监测体系中的新概念,需要从钻探技术角度系统的理解和实现地表基质层调查需求,开展地表基质取样技术应用研究,对于提升地表基质层调查工作质量,支撑服务自然资源统一管理、国土空间规划、生态保护修复和农牧业高质量发展具有重要意义^[17-22]。浅钻取样是揭露浅覆盖区的最直接方法^[23-24]。

在地表基质调查中,浅钻技术主要揭示覆盖区垂向基质类型及结构特征信息数据,将其作为地表基质调查的参考依据。为准确揭示研究区20 m以浅垂向基质特征及数据,精确的获得基质样品和垂向深度信息。在济宁市鱼台县采用GJ240-2S型钻

机,开展了地表基质调查工作,查明了该区域垂向基质类型及特征,探索了浅钻技术应用于地表基质调查的技术方法,有效支撑了地表基质调查工作。

1 研究区背景

研究区域位于鱼台县,地处华北平原南部,属黄泛冲积-湖积平原。该区域地势平坦且低洼。区域构造运动和黄河冲积共同造就了总体地势略为西高东低、南高北低。境内西支河、白马河环绕东西,惠河贯穿南北,东鱼河流经其境。根据地质背景可分为3个区域:东部洼地区、西部微斜平地区、周堂缓平坡地区。

2 地表基质调查浅钻技术概述

浅钻用于查明地表以下0~20 m深度地表基质层空间结构、地质成因、形成环境,各类地表基质的性状、厚度、埋藏深度、分布范围以及水文地质条件等,为地质岩心编录、物探测井、化探测试分析等提供条件。浅钻技术可以帮助勘测人员对地下实物的详细资料进行准确捕获,对地下的岩土层验证材料信息并计算其储备总量、对矿石的规格和品质进行有效评估等工作^[25]。不同的地表基质层调查区域及支撑服务领域,对钻探取样提出了不同的要求,需要根据实际情况开展相应的基质层取样技术方法研究。根据研究区遥感解译确定的地形地貌、区域构造、土地利用类型的不同,结合野外调查实际情况,需要在不同类型地表基质分布区,采用不同钻探设备(见表1)。

表1 不同浅钻技术装备及特点

类型	机 型	钻深/m	特 点	主 要 应 用
手持式	SD-1	5	单人手持式汽油机直驱,土壤取样钻机,重量轻、油耗低、功率大,性能稳定,整体设计简单易操作	土地调查、考古调查、沉积物调查、污染场地调查等的采样
	HSZN-QC1	5	手持式液压柱状土壤采样钻机,移动方便,操作简单,取样效率高	土地调查、考古调查、沉积物调查、污染场地调查等的采样
履带式	GJ240-2S	20	整机采用履带底盘装载,结构紧凑,集回转、冲击钻进功能于一体	土地调查、海岸带调查、城市地质调查、污染场地调查与修复等

为了查清研究区浅覆盖层基质垂向特征及类型,结合该研究区特点,在鱼台县王庙真南房村东北方向200 m布设钻孔,孔号JNZK04(图1)。采用GJ240-2S型履带式钻机进行地表基质调查,以剖面形势布设,作为控制性钻孔。成功获取了详细的垂

向基质数据,包括土壤成分、岩石类型、地下水分布等关键信息。相较于传统钻探方法,浅钻技术不仅提高了钻探效率,还降低了成本,为快速查明该区域基质结构特征及类型提供了重要保障。该钻孔设计孔深20 m,终孔孔深20 m。共采集化学样品

24 件;容重样品采集 24 件;光释光样品 5 件。

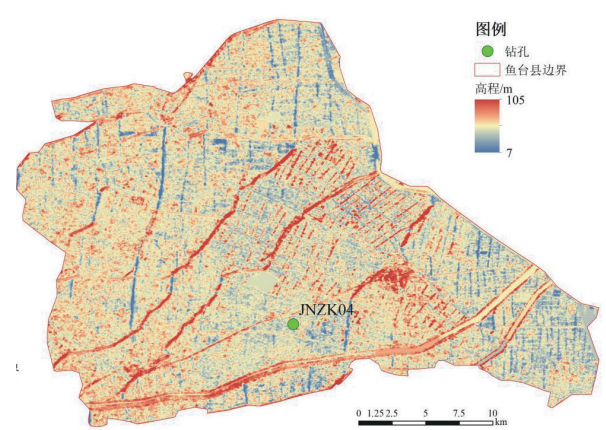


图 1 JNZK04 钻孔位置

3 浅钻施工技术

3.1 浅钻施工流程

根据《地表基质分类方案(试行)》要求,浅钻施工流程见图 2。

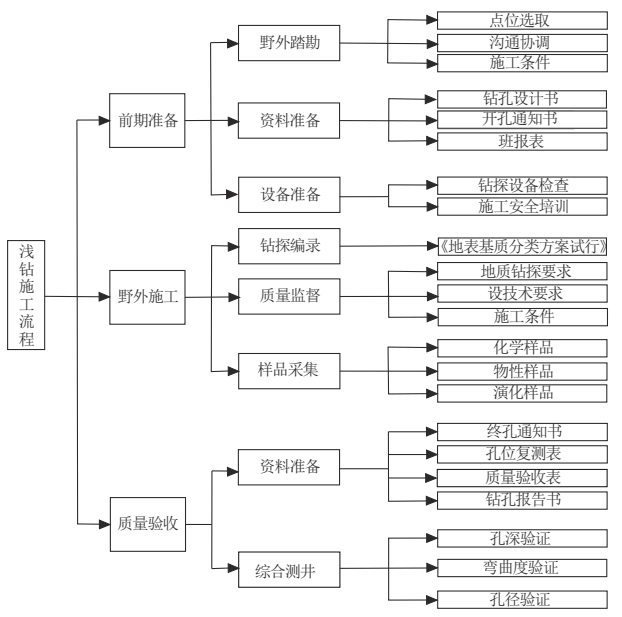


图 2 浅钻施工流程

3.2 浅钻施工方法

根据《地表基质分类方案(试行)》要求,地表基质浅钻调查开孔孔径为 130 mm,当地表基质稳定后,孔径改为 110 mm;进行专门性试验的钻孔孔径,按试验要求确定。应采取全孔连续取心钻进,限制回次进尺,严禁超管钻进;黏性土无岩心间隔 ≥ 1 m,其他 ≥ 2 m。松散地层中,潜水水位以上孔

段,宜采用干钻;在砂层、卵砾石层、硬脆碎和软碎岩层中可采用反循环钻进。岩心采取率要求:对黏性土和完整岩体 $\leq 85\%$,砂类土 $\leq 70\%$,卵砾类土 $\leq 60\%$,风化带和破碎带 $\leq 65\%$ 。终孔时,都要进行孔深、孔斜校正,终孔时孔深误差不得 $>1\%$,孔斜误差不得 $>2^\circ$ 。钻进过程中,应进行简易水文地质观测,记录初见水位、静止水位情况等。终孔后,应按要求进行封孔,一般可用黏土封孔,特殊情况应按封孔设计的要求封孔。

3.3 浅钻设备选取

鱼台县地处中低海拔冲积平原,无明显地势起伏,地貌类型为平原,成因类型为冲积、冲洪积、冲湖积为主,水系发育,沟渠较多,交通便利。综合考虑区域地形及土地利用类型等特点和钻孔设计(终孔孔深 20 m,终孔口径 110 mm),选用 GJ240-2S 型钻机进行钻孔施工。该钻机通过改良,增加履带,可根据施工需求灵活运用,便于在各种地形条件下行走。GJ-240S 型钻机将机械、液压、电器、行走高度一体化,具有动力大、质量轻、结构紧凑、运输方便、操作人性化设计及设备占地面积小等优势,广泛用于地质勘探、水利水电、公路桥梁等其他基础设施建设领域的施工作业。该钻机的优势非常适合在研究区地形地质条件下开展钻探工作。

GJ-240S 型钻机配备电动机或柴油机均可,动力为 15 kW;齿轮箱为全封闭的箱体设计齿轮啮合效果更好,卷扬机采用摩擦离合器机构,采用粉末冶金摩擦片,这种设计使得钻机能够轻松应对多种地层类型和不同孔深的钻探挑战,确保钻探作业的高效与精准。钻机基本性能参数(表 2)。

表 2 GJ240-2S 型钻机性能参数	
钻 机 性 能	参 数
钻杆直径/mm	42
取心管直径/mm	110
钻孔深度/m	100
最大起拔力/kN	36
允许钻孔倾角/(°)	0~90
钻机质量(不包括动力机)/kg	750
外形尺寸(柴油机)/mm	1790×1140×1580

3.4 单管取样钻具及钻孔结构

3.4.1 取样钻具

单管钻具样品采集是利用钻机驱动钻头回转

将钻具压入地层中,单次进尺1 m,完成一个回次后,钻机上的提升绞车将钻具提出孔外,拧卸钻具接头及钻头后进行取心工作。单管钻具结构简单,钻进效率高,采取样品直径符合地表基质调查要

求。单管钻具见图3, $\Phi 42$ mm 钻杆单根长度为1.5、3、4.5 m,施工中根据需要连接使用;取心钻具直径为110、150 mm,单次取样长度为500、1000 mm;钻头为金刚石复合片钻头,外径110 mm。



图3 钻具组成

3.4.2 钻孔结构

JNZK04 钻孔垂向基质主要为第四系冲积—冲湖积物,结合实际地层情况,钻孔0~3 m采用 $\Phi 150$ mm 钻具,基质层稳定后,3~20 m改为 $\Phi 110$ mm;采用 $\Phi 150$ mm— $\Phi 110$ mm 二级钻孔结构。钻具钻进至较稳定的地层时,无需提出 $\Phi 150$ mm 钻具,可直接使用 $\Phi 110$ mm 钻杆进行钻进, $\Phi 150$ mm 钻具主要为防止上部孔口塌陷。随后,可继续使用 $\Phi 110$ mm 钻具进行钻进,直至达到设计孔深。具体钻孔设计结构见图4。

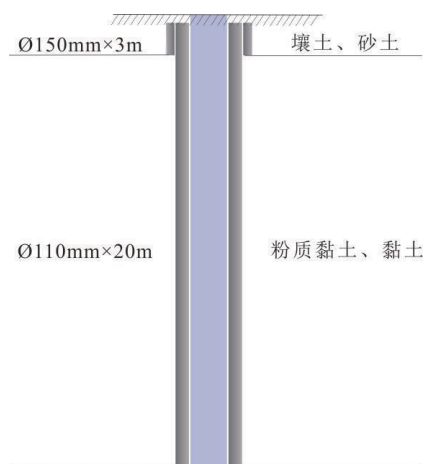


图4 JNZK04 钻孔结构

4 浅钻在地表基质调查中取得的成果

按照地表基质调查工作指南要求,在根据依据《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》(DZ/T 0258—2014)^[26]和《土地质量地球化学评价规范》

(DZ/T0295—2016)^[27]、《原状土取样技术标准》^[28]及《地表基质分类方案(试行)》要求。在鱼台县利用GJ240-2S型钻机,针对地表腐殖层、砂土、粉质黏土、黏土等不同地层,采用回旋式钻进工艺,开展了单管钻探取样、测试分析及地球物理测井试验。

4.1 钻孔样品编录及采集

岩心的地质编录,是将岩心所固有的原始数据进行科学的、客观的记录和编排,使用规范化的地质语言描述岩心的观察结果,登记所有的样品编号、采样位置、分析目的的工作。该钻孔共完成23个回次的钻进,自1~3 m每回次钻进深度500 mm,自3~20 m每回次为1000 mm,钻孔的平均取心率为92.17%,符合地表基质取样要求。

4.2 钻孔样品测试结果

根据地表基质调查的目标任务,为查清该区域地球化学特征,该钻孔所有样品均在具有相关资质的测试单位严格按照行业标准和方法完成测试工作,该钻孔共采集土壤样品24件,测试了50种元素。并对容重、PH值、测年样品进行测试分析,根据国家标准,测试重金属表明未存在污染问题,测年样品结果均与地层吻合。

4.3 浅钻-地球物理测井

根据地表基质调查的目标任务,部署了JNZK04 钻孔测井工作,通过地球物理测井参数,有效查明该钻孔地表基质0~20 m的垂向结构特征。结合钻探编录结果,揭示研究区地表基质类型及垂向分布特征。依据地球物理测井实测参数的

差异,根据实测地球物理测井参数的差异,并对地表基质划分,该区地层上部第四系主要为粉质黏土、粉土、粉砂和素填土组成,测区钻孔孔壁较完整,钻孔的倾角较小,施工区属正常地温区,孔内天然放射性强度对人体无害。

5 结论

本研究以JNZK04钻孔为例,采用GJ240-2S型履带式钻机,通过严格的施工流程(如全孔连续取心、限制回次进尺、分层孔径设计等),确保了钻孔数据的可靠性与代表性。钻孔平均取心率高达92.17%,远超规范要求(黏性土 $\geq 85\%$,砂类土 $\geq 70\%$),表明浅钻技术能够高效获取高质量岩心样本。同时,通过结合岩心编录、地球化学测试与地球物理测井,首次系统揭示了研究区地表基质的垂向结构特征:上部第四系以黏土、粉质黏土、砂土、壤土和素填土为主,层位清晰且无显著污染问题。这一成果验证了浅钻技术在快速查明浅覆盖区基质特征方面的有效性。

浅钻技术作为地表基质调查的重要手段,系统论证了浅钻技术在地表基质调查中的适用性与先进性。通过优化钻探工艺、集成多源数据分析,实现了浅覆盖区基质垂向特征的高效精准揭露。浅钻技术以其经济性、灵活性及数据集成能力,已成为支撑自然资源管理现代化不可或缺的工具。未来需进一步突破复杂地层适应性瓶颈,推动技术标准与智能化升级,以服务国家生态文明建设与可持续发展战略。

参考文献:

- [1] 蔡运龙. 自然资源学原理[M]. 北京:科学出版社,2018:1-477.
- [2] 陈长成,邓木林,朱江. 面向国土空间规划的自然资源分类[J]. 国土与自然资源研究,2019(5):9-14.
- [3] 侯红星,等. 地表基质在中国黑土地资源调查评价中的应用探讨:基于黑龙江宝清地区地表基质调查[J]. 自然资源学报,2022,37(9):2264-2276.
- [4] 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]. 2020,33(9):4-12.
- [5] 中国矿业联合会. 绿色勘查指南:T/CMAS 0001—2018[S]. 2018-06-18.
- [6] 卢猛. 森林沼泽覆盖区浅钻化探技术研究与应用[D]. 北京:中国地质大学(北京),2017(12):67
- [7] 李方震,彭新明. 浅钻技术在城市地质调查中的应用与发展[J]. 西部探矿工程,2021,33(11):102-104,108.
- [8] 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.
- [9] 赵洪波,宋殿兰,卢猛,等. 浅层钻探技术在海南某矿区化探取样中的应用研究. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):18~21.
- [10] 岳永东,谭春亮,宋殿兰,等. 基于绿色勘查的浅钻技术在浅覆盖区填图中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(12):5-11.
- [11] 中华人民共和国自然资源部. 浅层取样钻探技术规程 DZ/T0362—2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
- [12] 冉灵杰,祝强,苏兴涛,等. 浅钻技术在若尔盖地区泥炭调查中的应用[J]. 地质论评,2023,69(1):299-304.
- [13] 谭春亮,岳永东,渠洪杰,等. 基于绿色勘查的浅层钻探技术方法研究与实践[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2016,31(1):1-7.
- [14] 申志强,李帅,刘德赞,等. 地外天体探测与钻取技术发展研究[J]. 航天器工程,2023,32(1):97-104.
- [15] 谭春亮,宋殿兰,岳永东,等. 浅层钻探技术在覆盖区填图工作中的应用研究[J]. 矿产勘查,2018,9(2):334-340.
- [16] 岳永东,谭春亮,冉灵杰,等. TGQ-200RC型多工艺自动化钻机的研制与应用[J]. 钻探工程,2024,51(5):101-107.
- [17] 郝爱兵,殷志强,彭令,等. 学理与法理和管理相结合的自然资源分类当议[J]. 水文地质工程地质,2020,47(6):1-7.
- [18] 郝爱兵,殷志强,李洪宇,等. 地表基质的科学内涵与理论框架[J]. 地质学报,2024,98(11):3225-3237.
- [19] 艾晓军,陈占生,侯红星,等. 辽阳—丹东地区土壤重金属分布特征与源解析[J]. 岩矿测试,2024,43(5):755-768.
- [20] 王建伟,宋立东,佟智强,等. 基于地貌单元分区的地表基质结构调查方法与实践——以长春地区为例[J]. 地质与资源,2024,33(3):355-364.
- [21] 吴鹏,杨运军,张满社,等. 地表基质调查技术方法体系的实践与探索——以陕西省渭南市域地表调查为例[J]. 陕西地质,2024,42(1):7-12.
- [22] 裴小龙,祝晓松,冯欣,等. 基于自然资源统一管理的地表基质模型、分类及调查研究[J]. 地质通报,2024,43(9):1530-1543.
- [23] 李方震,彭新明. 浅钻技术在城市地质调查中的应用与发展[J]. 西部探矿工程,2021,33(11):102-104,108.
- [24] 赵洪波,何远信,祝强. 以钻代槽勘查方法研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(11):6-10.
- [25] 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,2011,85(11):1806-1822.
- [26] 中国地质调查局. 多目标区域地球化学调查规范(1:250000):DZ/T 0258—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [27] 国土资源部. 土地质量地球化学评价规范:DZ/T 0295—2016[S]. 2016-06-12.
- [28] 中南勘察设计院. 原状土取样技术标准:JGJ 89—92[S]. 北京,1993-08-01.

(编辑 王文)