

地表基质钻探取样技术与应用研究



Pre-pub. on line: www.
geojournals.cn/georev

苏兴涛¹⁾, 冉灵杰¹⁾, 祝强¹⁾, 冯跃文¹⁾, 张永兴²⁾, 张思源^{3,4)}, 孙小艳⁵⁾

1) 北京探矿工程研究所, 北京, 100083;

2) 中国地质调查局西宁自然资源综合调查中心, 西宁, 810000;

3) 中国地质调查局呼和浩特自然资源综合调查中心, 呼和浩特, 010010;

4) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京, 100083;

5) 山东地矿新能源有限公司, 济南, 250013

内容提要:地表基质取样是开展地表基质层调查必不可少的工作环节,笔者等在浅地表层钻探技术的基础上,结合浅覆盖区矿产勘查、地球化学勘查、区域地质填图、环境调查、工程勘查、考古调查等领域钻探技术应用现状,根据不同地表景观及基质类型条件下的钻探取样需求,梳理了岩石、砾质、土质、泥质等地表基质钻探取样技术要点,研发了电动背包式钻机、 $\Phi 60/40\text{mm}$ 单管冲击钻进、 $\Phi 50\text{mm}$ 双管冲击钻进、 $\Phi 208\text{mm}$ 中空螺旋钻进等取样器具及配套钻进工艺,在北京、内蒙古巴彦淖尔、浙江宁波、西藏那曲等地区开展了野外试验应用,通过获取满足要求的样品,很好的揭示了地层信息及物质组成,进一步在实践中提出了不同种类地表基质钻探取样技术方法,为建立自然资源调查监测体系及地表基质层调查工作提供钻探技术支撑。

关键词:地表基质;浅层钻探技术;原位取样;无污染

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(孙禧勇等,2022),摸清地表基质层本底现状,查明一定区域范围内地表基质层的物质组成、空间分布、理化性质及动态变化等特征,是地表基质层调查的重要工作内容(葛良胜等,2020a),准确获取基质层信息,是做好地表基质调查的重要前提。钻探取样技术方法可精准钻取地表基质样品,真实表征基质层调查要素指标,是地表基质调查必不可少的技术手段。“十三五”以来,类似的浅地表层取样技术发展迅速,如行星钻探(蔡黄河等,2015;赵德明等,2017)、极地钻探(王汝建等,2017;张楠等,2020)、以钻代槽勘查(赵洪波等,2014;郑杰等,2021)、工程勘察(贺书恒等,2021)等,但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(郝爱兵等,2020)。

1 地表基质类型及取样要求

地表基质层调查作为8类自然资源专项调查之一,调查区包括陆域和海域全部国土空间,调查内容主要包括基质的基本类型、数量质量、空间结构、理化性质、内部生态等,调查深度原则上不超过50m,一般集中在0~30m范围内(葛良胜等,2020b;殷志强等,2020;侯红星等,2021),调查数据及成果供不同部门和行业各取所需(陈国光等,2022)。自然资源部办公厅印发的《地表基质分类方案(试行)》(2020年)中,按照地表基质发育发展过程、粒级、质地、成因等,将地表基质分为岩石、砾质、土质、泥质4个一级分类和14个二级分类(张凤荣,2023)。不

注:本文为中国地质调查局科研项目“地质矿产勘查钻探技术升级与应用示范”(编号:DD20230036)、“华北和东北地区战略性矿产快速查证与技术支撑”(编号:DD20230331)、“黄河流域巴彦淖尔地区地表基质层调查”(编号:DD20211591)、“柴达木盆地盐湖生态综合调查”(编号:DD20220958)的成果。

收稿日期:2023-03-17;改回日期:2023-04-20;网络首发:2023-05-20;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2023.05.031

作者简介:苏兴涛,男,1990年出生,工程师,从事浅层钻探技术研究;Email:stao451@163.com。通讯作者:张永兴,男,1986年出生,工程师,从事矿产资源综合利用技术研究;Email:zhangyongx1986@163.com。

表1 地表基质钻探取样技术要点

Table 1 Key points of surface substrate drilling sampling technology

基质类型	取样深度	主要地质地貌	布孔密度	采取率	样品质量	野外记录	其他要求
岩石	0~5 m	山地、丘陵、岩漠等	根据调查区景观特征、地表基质类型等的复杂程度确定,基本原则是:①简单区1~2孔/8~16 km ² ;②较复杂区1~2孔/4~8 km ² ;③复杂区1~2孔/1~4 km ²	全孔取芯(样),其中岩石、泥质层采取率应达到90%;砂土、壤土、黏土采取率应达到75%;砾质层、粗骨土不应少于65%	①保持样品原位,不得串样、混样;②对于土质、泥质样品,要减少扰动,控制压缩比,保护内部生态;③不得污染样品,包括钻探器具、材料、油脂等的使用	孔位信息(坐标、景观等)、工作时间、钻孔深度、采取率、各基质层厚度、样品描述(基质类型、颜色、颗粒粒径、体积含量、硬度、矿物成分、内部生物等)、钻孔柱状图、钻进描述(钻机具、钻进工艺、钻进过程、主要人员)等	在满足取样要求的前提下,合理选择对环境扰动小的钻进工艺、设备器具、钻井液,避开植被,钻后回填恢复,还应兼顾工作实际(防火期、特殊活动、是否扰民等)
砾质	0~10 m	干旱半干旱戈壁、荒漠、草原区、山前过度带、河流冲击区等					
土质	0~30 m	平原区、山地、丘陵、河流冲积区等					
泥质	0~10 m	江、河、湖、湿地、浅海等冲积区					

表2 地表基质钻探取样技术装备及特点

Table 2 Technical equipment and characteristics of surface substrate drilling and sampling

类型	代表机型	钻深范围	特点	主要应用	研发单位
手持式	TGQ 电动系列(图1)	0~10 m	分高速、低速两种,采用锂电池驱动,旋转钻进模式,单人背包式设计,三种操作模式(遥控、手柄、控制器)	浅覆盖区、基岩区调查采样,尤其适用于生态脆弱区、室内、隧道、坑道等空间密闭区,难进入地区、用油困难地区等	北京探矿工程研究所
	Rhino 系列(图2)	0~10 m	分汽油机直驱和液压传动两种,采用高频振动冲击模式,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	美国 Rhino 公司
便携式	TGQ 便携系列	0~50 m	分体式结构设计,单体重量轻,拆、装简便,可匹配多种钻进工艺	覆盖区地质填图、矿产勘查、化探采样、物探成孔,原状冻土取样,工程勘察等	北京探矿工程研究所
车载式	XYC 系列(图3)	0~200 m	整机安装在汽车底盘上,可在两个孔位之间快速移动	矿产勘查、水文地质调查、工程地质调查等	山东巨匠机械集团有限公司
履带式	Eprobe 系列	0~30 m	整机采用履带底盘装载,结构紧凑,集回转、静压、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	南京怡润环境科技有限公司
	TEC 系列(图4)	0~30 m	三位一体的多功能型设计,具备液压高频直推、双速回转、重力锤击三种钻进功能	土壤调查、污染场地调查与修复、地下水监测等	西班牙 TECOP, S. A. 公司
平台式	Uwitec 系列(图5)	0~10 m*	可在静止或流动水上作业,无需钻杆,轻质取样管直接取样	水底沉积物取样、沼泽湿地调查取样等	奥地利 UWITEC 公司

注:*为水深300 m以浅。

同陆域景观区地表基质类型各有特点:①干旱戈壁荒漠区、干旱半干旱草原区,以砂砾质层为主;②平原区、江河湖冲积流域,地表基质以砂土质、泥质为主;③森林沼泽农田覆盖区,以土质、泥质为主;④高山峡谷、丘陵地区,则呈现不同基质相间或交错分布等(喻劲松,2013;孔牧等,2015)。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(表1),需要根据实际情况开展相应的基质层取样技术研究。

2 地表基质钻探取样技术方法

地表基质取样除地表人工采样以外,以浅层钻探技术为主。浅层钻探技术在城市地质调查、浅覆盖区地质填图(谭春亮等,2018)、地球化学勘查(徐仁廷等,2014)、泥炭调查(冉灵杰等,2023)、海岸带

调查等领域均广泛应用,并形成了系列化的取样钻探设备。结合不同区域景观条件下不同基质类型,开展地表基质取样技术方法实验研究,提出了适用于地表基质取样的钻探技术装备(表2)及取样工艺方法(表3)。

3 地表基质取样技术方法应用研究

根据全国地表基质层调查项目实施情况及面临的钻探取样技术问题,优选北京地区、内蒙古巴彦淖尔地区、长三角宁波地区、青海祁连山高原区开展了相应的地表基质取样技术应用示范。

3.1 北京地区岩石取样试验

北京地区地表基质层调查岩石钻探采样工作主要有3方面的问题,一是岩石采样工作量大,要求取样效率高;二是采样点大多位于京郊山区,要求钻

表 3 地表基质钻探取样工艺及应用

Table 3 Surface substrate drilling sampling technology and its application

工艺类型	种类	工艺特点	适用基质类型
循环钻进	单管、双管钻进, 金刚石、硬质合金钻进等	单管/双管钻具(标准或非标准口径)+回转钻进+提钻取芯, 操作维护简单, 单管钻具便于非标定制, 满足不同取样需求	根据地层情况, 配置不同配方的钻井液, 适用于岩石、砾质层等的取样
	绳索取芯、钢索取芯等	绳索/钢索钻具+回转钻进+多角度绳索/钢索取芯技术, 不提钻取芯工艺可大幅提高工作效率, 减少塌孔、卡钻、埋钻等孔内事故, 满足不同倾角(0~90°)钻孔取样需求	
无循环钻进	半合管钻具、开窗式钻具冲击钻进	冲击式半合管/开窗式钻具+冲击钻进+提钻取芯技术, 钻具可非标定制	砂土、壤土、黏土、淤泥等
	双管、三层管冲击钻进	外平双管/三层管钻具+振动冲击钻进+内管提芯技术, 不提钻内管取芯工艺施工效率高, 可避免塌孔、缩径等事故, 需要较强的起拔力	砂土、壤土、黏土、淤泥等
	声频振动	取芯管+声频振动+提钻取芯, 可进行水下作业	黏土、淤泥等
	半合管旋转钻进	旋转式半合管钻具+无循环旋转钻进+提钻取芯, 对植物根茎等有良好的切割作用	壤土、黏土、淤泥等



图 1 TGQ-10DC 电动钻机

Fig. 1 TGQ-10DC electric rig



图 3 XYC-200 车载钻机

Fig. 3 XYC-200 truck-mounted rig



图 2 犀牛 S1 土壤取样钻机

Fig. 2 Rhino S1 soil sampling rig

机便携且绿色环保, 低碳排低噪音; 三是散装燃油的使用限制较多, 影响外业采样工作的开展。为此, 北京探矿工程研究所研发了 TGQ-10DC 型单人手持式电动钻机(图 6), 电池能量密度 810 wh/L、容量 2 kw, 整机重量 25 kg, 匹配 $\Phi 25\text{mm}$ 快插式高强不锈钢钻杆、 $\Phi 40\text{mm}$ 不锈钢薄壁钻具、中颗粒孕镶金刚石钻头。

2022 年, 北京市西部山区地表基质调查工作中采用了该钻进工艺(图 6), 共采集直径 25 mm、长度 20 cm 岩石样品 1500 余件, 可进行任意角度钻进取样, 平均每个岩石样品钻取时间 5 min、用水 3.2 L, 取芯率 95% 以上, 单个电池组可连续工作 5.5 h, 平均耗电量 363.64 W/h, 钻机钻进平稳, 少有断芯、岩芯断面磨损的情况。目前正在研发续航能力更强、钻进效率更高的机型及配套钻进工艺, 并持续推广应用。



图4 TEC-12DP 液压直推取土钻机

Fig. 4 TEC-12DP hydraulic direct-thrust soil rig



图5 Uwitec 沉积物取样平台

Fig. 5 Uwitec sediment sampling platform

3.2 内蒙古乌拉特前旗大余太地区砾质层 取样试验

内蒙古乌拉特前旗大余太地区,地貌类型属山前冲洪积倾斜平原,北起阴山,南至乌梁素海。该区域地表基质主要由砂土、砾质组成,钻遇砾质层时,采用钻井液循环钻进易污染样品且取芯率低,冲击钻进则因钻具与地层摩擦阻力大及孔内压力差导致起拔困难。针对这种问题,采用 TGQ-30C 型钻机+ $\Phi 60\text{mm}$ 半合管冲击取样钻具(取芯直径 42 mm)+偏心筒式液压起拔器(起拔力 16 t,夹持范围 20~80 mm),TGQ-10C 型钻机+ $\Phi 40\text{mm}$ 半合管冲击取样钻具(取芯直径 28 mm)+手压式起拔器(起拔力 1 t)两种钻进工艺,并对 $\Phi 60\text{mm}$ 半合管冲击钻具进行了改进,增加了孔内排气装置,以确保提钻时钻孔内外气压平衡(图 7)。在巴彦淖尔地区地表基岩层调查工作中使用该类工艺进行了示范应用,共钻进 230 m,砂土质层取芯率 100%、平均孔深 5 m,砾质层取芯率 85%以上(图 8)、平均孔深 12 m。起拔器轻便可靠,很好的解决了起拔困难的问题;半合管冲击钻进适用于砂砾石层钻探取样。



图6 TGQ-10DC 电动钻机岩石取样试验现场

Fig. 6 Rock sampling test site of TGQ-10DC electric rig

钻具主要由地质钢管加工而成,其主要成分为 Fe、Si、Mn、Cr、Ni、Cu 等,考虑到砾质层钻进时,松散砾石与钻具内壁挤压摩擦,存在钻具铁屑污染样品的可能,因此,将同一采样点内钻取样品和人工采集

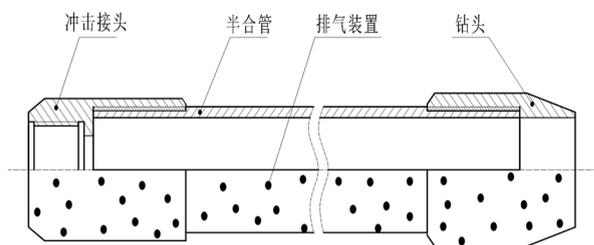


图7 Φ60mm 半合管冲击钻具

Fig. 7 Φ60mm half pipe impact drill

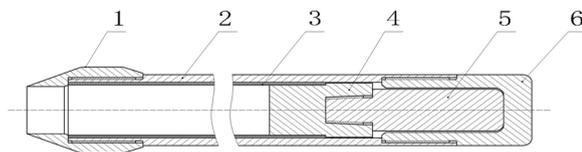


图9 加装减震接头的Φ50mm 双管冲击钻具(1—钻头; 2—钻杆; 3—岩芯管; 4—内管接头; 5 减震接头; 6—冲击头)

Fig. 9 Φ50mm double-pipe impact drill tool with shock-absorbing joint (1—bit; 2—drill pipe; 3—core tube; 4—inner tube joint; 5—shock absorber joint; 6—impact head)



图8 Φ60mm 半合管钻具取得的砾质样品

Fig. 8 Sample of gravel obtained from Φ60mm semi-closed pipe drilling tool

样品就 TFe_2O_3 、 SiO_2 、 Mn 、 Cr 、 Ni 、 Cu 等成分进行对比测试,分析测试工作由四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心完成,采用 X 射线荧光光谱法 (XRF) 分析 TFe_2O_3 、 SiO_2 、 Cr ,采用等离子光谱法 (ICP-AES) 分析 Mn ,采用电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 分析 Ni 、 Cu 。采用国家一级标准物质进行控制分析准确度和精密度,所取得数据均通过中国地质调查局质量验收,真实可靠(袁帅等, 2022)。结果表明,除 Cr 外,其余样品相对双差均小于 1%,两类样品测试结果基本一致(表 4),钻探取样方法对样品无污染。

表 4 内蒙古乌拉特前旗大余太地区砾质样品分析数据

Table 4 Analysis data of gravelly samples in Dashetai,

Ulat Front banner, Inner Mongolia

元素	采样方法		平均值
	人工采样	钻探采样	
TFe_2O_3 (%)	4.25	4.24	4.245
SiO_2 (%)	52.86	55.55	54.205
Mn (mg/g)	0.62	0.62	0.62
Cr (μg/g)	69.49	63.39	66.44
Ni (μg/g)	30.50	30.50	30.5
Cu (μg/g)	24.50	23.70	24.1

3.3 浙江省宁波地区砂泥质层取样试验

浙江省宁波地区的地表基质层一般由河流冲积形成的砂泥质组成,地层含水量高、压缩性大,地表植被茂盛,人类活动痕迹显著,钻遇砂泥质层存在钻孔缩径的问题。

在宁波市余姚地区地表基质调查工作中,采用 TGQ-30C 型钻机+Φ50mm 双管冲击钻进行取样工艺进行了示范应用,其钻杆由高强合金钢经特殊热处理加工而成,硬度 46 HRC,屈服强度 1266 N/mm^2 、壁厚 5 mm,采用双头波形螺纹连接,内置新型橡胶减震接头(图 9)。共完成 80 m 垂直钻孔钻探取样试验,岩芯直径 29 mm,平均孔深 12 m、取芯率 100%(图 10),钻杆能承受 1380 BPM 频率冲击,单次冲击功 95 J,减震接头可有效保护岩芯管及岩芯,解决了该地区 0~20 m 深度砂泥质层取样难题。

3.4 青藏高原区冻土取样试验

西藏那曲嘎尔扎仁地区属高原丘陵地貌,丘体呈浑圆状,坡面较缓,海拔 5200 m,区域内地表基质主要为土质,以夏季融化冬季冻结的活动层或多年冻土形式存在,地表草甸发育,钻机在高海拔地区动力衰减严重,钻遇含冰冻土时,存在钻头易打滑、泥



图10 Φ50mm 双管冲击钻具取得砂泥质样品

Fig. 10 Sample of sand and mud obtained from Φ50mm double-pipe percussion drilling tool

包,以及柱状冻土芯滞留孔内难以随钻取出等问题。

在该地区开展的高寒草甸生态系统碳循环关键过程研究项目中,采用了 $\Phi 208\text{mm}$ 中空螺旋钻进工艺进行冻土取样,同时对钻进工艺进行了优化:一是对钻机发动机的供油系统进行改进,包括供油压力、调整供油提前角、增加喷油嘴喷孔数等,从而提高发动机高原适应性,减少动力衰减;二是采用尖齿钻头,钻头水口高度增加到3 cm,以避免钻头打滑泥包;三是研制了冻土打捞器,以便捞取原状冻土芯。实践表明,保持 $0\sim 100\text{ r/min}$ 转速垂直钻进、回次进尺 $20\sim 30\text{ cm}$ 、钻压 $1.5\sim 2\text{ kN}$,并向孔内加入少量清水以稀释孔底泥浆,可有效钻取原状含冰冻土,取芯(样)率95%以上。共完成40余个点位的取样,孔深 $0\sim 3\text{ m}$ 不等,取得直径 180 mm 原状冻土样品200余件(图11),该技术方法在山南、祁连等地区的高原科考活动中获得了推广应用。



图11 中空螺旋钻具钻取的含冰冻土

Fig. 11 Sample of frozen soil obtained by hollow spiral drill

4 结论

(1) 应用地表基质钻探取样技术方法之于地表基质层调查具有显著的技术支撑作用,可以高效、精准获取不同深度和类型的地表基质样品,并真实反应地层信息。

(2) 通过在上述调查区开展的试验研究,提出了适用于不同地表景观条件下的地表基质钻探取样技术方法组合,但尚需在更广泛的区域内针对不同基质类型开展大量应用实践中不断优化,集成创新应用新材料、新技术、新方法,使钻机具及取样技术更加成熟。

(3) 地表基质钻探取样技术方法在冰雪和水体

覆盖区、柴达木盆地盐渍化区及其他具有特殊需求中的应用还需在实践中进一步研究和完善。

参考文献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

- 蔡黄河,彭振斌. 2015. 以月球钻探为例探索地外星球钻探技术. 科技视界, 139(16): 6~7.
- 陈国光,湛龙,刘红樱,张景,张洁,张晓东,张定源,陈进全,侯晓龙,牛晓楠,王冲. 2022. 地质调查支撑服务福建生态文明试验区理论与方法探索. 华东地质, 43(1): 1~16.
- 葛良胜,夏锐. 2020a. 自然资源综合调查业务体系框架. 自然资源学报, 35(9): 2254~2269.
- 葛良胜,杨贵才. 2020b. 自然资源调查监测工作新领域:地表基质调查. 中国国土资源经济, 33(9): 4~11+67.
- 郝爱兵,殷志强,彭令,杨贵才,李展辉,赵伟. 2020. 学理与法理和管理相结合的自然资源分类刍议. 水文地质工程地质, 47(6): 1~7.
- 贺书恒,胡卸文,刘波,杨相斌,张晓宇. 2021. 川藏铁路洛隆车站察达大型堆积体成因分析. 工程地质学报, 29(2): 353~364.
- 侯红星,葛良胜,孙肖,卢卫华,鲁敏,秦天,杨华本,杨柯,孔繁鹏. 2021. 地表基质调查内容及要素-属性指标体系探讨. 自然科学, 9(4): 433~442.
- 孔牧,喻劲松,杨帆. 2015. 浅覆盖区机动浅钻在化探工作中的应用. 吉林大学学报(地球科学版), (201): 645.
- 冉灵杰,祝强,苏兴涛,宋殿兰. 2023. 浅钻技术在若尔盖地区泥炭调查中的应用. 地质论评, 69(1): 299~304.
- 孙禧勇,许玮,王明建. 2022. 地表基质层分层分类调查研究. 中国土地, 438(7): 34~36.
- 谭春亮,宋殿兰,岳永东,林广利. 2018. 浅层钻探技术在覆盖区填图工作中的应用研究. 矿产勘查, 9(2): 334~340.
- 王汝建,肖文申,章陶亮,聂森艳. 2017. 极地地质钻探研究进展与展望. 地球科学进展, 32(12): 1236~1244.
- 徐仁廷,孔牧,杨少平,喻劲松,王乔林,韩伟,郭志鹏,宋云涛,王成文. 2014. 大兴安岭中北段森林沼泽丘陵景观区的1:5万化探方法技术研究. 中国地质调查, 1(1): 19~27.
- 殷志强,秦小光,张蜀冀,卫晓锋,侯红星,何泽新,鲁敏. 2020. 地表基质分类及调查初步研究. 水文地质工程地质, 47(6): 8~14.
- 喻劲松. 2013. 浅钻地球化学勘查技术方法及应用研究. 地质学报, 87(S1): 236~237.
- 袁帅,张思源,张雪琼,袁国礼王永亮,边鹏,邵苏日嘎拉. 2022. 内蒙古乌拉特前旗大余太地区农田表层土壤重金属生态安全风险评价. 中国地质, 1~20[2023-03-08].
- 张凤荣. 2023. 论地表基质层重点调查内容和优先调查区域. 中国土地, 445(2): 40~41.
- 张楠,王亮, Pavel Talalay, 范晓鹏,王如生,杨阳,洪嘉琳,宫达,孙友宏,李院生,李冰. 2020. 极地冰钻关键技术研究进展. 探矿工程(岩土钻掘工程), 47(2): 1~16.
- 赵德明,姜生元,唐德威,侯绪研,邓宗全. 2017. 月球次表层回转取钻钻头构型设计. 吉林大学学报(工学版), 47(4): 1149~1158.
- 赵洪波,何远信,宋殿兰,郭强,何玉生,庄有光. 2014. 以钻代槽勘查技术方法与应用研究. 地质科技情报, 33(5): 204~207.
- 郑杰,张福良,李晓宇,王华青,杨敏,杨师宇. 2021. 绿色勘查中

- 以钻代槽技术应用前景浅析. 地质与勘探, 57(5): 1158~1165.
- Cai Huanghe, Peng Zhenbin. 2015&. Taking the Moon Drilling as an Example to Explore Exoplanet Drilling Technology. Science & Technology Vision, 139(16): 6~7.
- Chen Guoguang, Zhan Long, Liu Hongying, Zhang Jing, Zhang Jie, Zhnag Xiaodong, Zhang Dingyuan, Chen Jinqun, Hou Xiaolong, Niu Xiaonan, Wang Chong. 2022&. Exploration of the theory and the method on how geological survey supports and serves Fujian ecological civilization pilot zone. East China Geology, 43(1): 1~16.
- Ge Liangsheng, Xia Rui. 2020a&. Research on comprehensive investigation work system of natural resources. Journal of Natural Resources, 35(9): 2254~2269.
- Ge Liangsheng, Yang Guicai. 2020b&. New Field of Natural Resources Survey and Monitoring: Ground Substrate Survey. Natural Resource Economics of China. 33(9): 4~11+67.
- Hao Aibing, Yin Zhiqiang, Peng Ling, Yang Guicai, Li Zhanhui, Zhao Wei. 2020&. A discussion of the classification of natural resources based on the combination of academic—legal principles and management, Hydrogeology & Engineering Geology, 47(6): 1~7.
- He Shuheng, Hu Xiewen, Liu Bo, Yang Xiangbin, Zhang Xiaoyu. 2021&. Formation analysis of Chada large-scale accumulation in Luolong station of Sichuan—Tibet Railway. Journal of Engineering Geology, 29(2): 353~364.
- Hou Hongxing, Ge Liangsheng, Sun Xiao, Lu Weihua, Lu Min, Qin Tian, Yang Huaben, Yang Ke, Kong Fanpeng. 2021&. Discussion on the Contents of Ground Substrate Investigation and the Index System of Elements and Attributes. Open Journal of Natural Science, 9(4): 433~442.
- Kong Mu, Yu Jinsong, Yang Fan. 2015#. Application of mobile shallow drilling in shallow overburden area in geochemical exploration. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), (201): 645.
- Ran Lingjie, Zhu Qiang, Su Xingtao, Song Dianlan. 2023&. Application of shallow drilling technique in peat survey in Zoige Region. Geological Review, 69(1): 299~304.
- Sun Xiyong, Xu Wei, Wang Mingjian, 2022#. Investigation and research on the stratification and classification of the surface substrate, 438(7): 34~36.
- Tan Chunliang, Song Dianlan, Yue Yongdong, Lin Guangli. 2018&. Application of shallow drilling technology to geological mapping in shallow overburden area. Mineral Exploration, 9(2): 334~340.
- Wang Rujian, Xiao Wenshen, Zhang Taoliang, Nie Senyan. 2017&. Geological drilling in polar regions: Progress and perspectives. Advances in Earth Science, 32(12): 1236~1244.
- Xu Renting, Kong Mu, Yang Shaoping, Wang Qiaolin, Han Wei, Guo Zhijuan, Song Yuntao, Wang Chengwen. 2014&. Pilot Study of 1 : 50 000 Geochemical Exploration Methodology on the Forest Swamp Hilly Landscapes of Central North Greater Khingan Mountains. Geological Survey of China, 1(1): 19~27.
- Yin Zhiqiang, Qin Xiaoguang, Zhang Shuji, Wer Xiaofeng, Hou Hongxing, He Zexin, Lu Min. 2020&. Preliminary study on classification and investigation of surface substrate. Hydrogeology & Engineering Geology, 47(6): 8~14.
- Yu Jinsong. 2013#. Technical methods and application research on shallow geochemistry exploration. Acta Geologica Sinica, 87(S1): 236~237.
- Yuan Shuai, Zhang Siyuan, Zhang Xuexiong, Yuang Guoli, Wang Yongliang, Biang Peng, Tai Surigala. 2022&. Ecological health risk assessment of farmland surface soil heavy metals in Dashetai, Ulat Front Banner, Inner Mongolia. Geology in China; 1~20[2023-03-08].
- Zhang Fengrong. 2023#. A discussion of the key survey contents and priority survey areas of the ground substrate. China Land, 445(2): 40~41.
- Zhang Nan, Wang Liang, Pavel Talalay, Fan Xiaopeng, Wang Rusheng, Yang Yang, Hong Jialin, Gong Da, Sun Youhong, Li Yuansheng, Li Bing. 2020&. Advances in research on key technology for ice drilling in polar regions. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 47(2): 1~16.
- Zhao Deming, Jiang Shengyuan, Tang Dewei, Hou Xuyan, Deng Zongquan. 2017&. Structure design of lunar subsurface sampling drill. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 47(4): 1149~1158.
- Zhao Hongbo, He Yuanxin, Song Dianlan, Guo Qiang He Yusheng, Zhuang Youguan. 2014&. Method and Application Research on Drilling Instead of Trenching Prospecting Techniques. Geological Science and Technology Information, 33(5): 204~207.
- Zheng Jie, Zhang Fuliang, Li Xiaoyu, Wang Huaqing, Yang Min, Yang Shiyu. 2021&. Application prospect of the technology replacing trenching with drilling in green exploration. Geology and Exploration, 57(5): 1158~1165.

Method and application research on drilling sampling techniques of surface substrate

SU Xingtao¹⁾, RAN Lingjie¹⁾, ZHU Qiang¹⁾, FENG Yüewen¹⁾,
ZHANG Yongxing²⁾, ZHANG Siyuan^{3,4)}, SUN Xiaoyan⁵⁾

1) Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing, 100083;

2) Xining Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Xining, 810000;

3) Hohhot Natural Resources Comprehensive Survey Center, China Geological Survey, Hohhot, 010010;

4) School of Earth Science and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083;

5) Shandong geology and Mining New Energy Co., Ltd. Jinan, 250013

Abstract: Surface substrate sampling is an essential link in surface substrate survey. On the basis of shallow surface drilling technology, in the light of the current situation of the application of drilling technology in the fields

of mineral exploration, geochemistry exploration, regional geological mapping, environmental investigation, engineering exploration, archaeological investigation, etc. in shallow overburden areas, according to the requirements of drilling and sampling under the conditions of different surface landscapes and substrate types. The key points of surface matrix drilling sampling techniques such as rocks, gravels, soils and argillaceous materials are summarized, the sampling technology and apparatus of electric knapsack drill, $\Phi 60/40\text{mm}$ single-pipe percussion drilling, $\Phi 50\text{mm}$ double-pipe percussion drilling and $\Phi 208\text{mm}$ hollow spiral drilling were developed. Field experiments were carried out in Beijing, Bayannur in Inner Mongolia, Ningbo in Zhejiang province and Naqu in Tibet Province. By obtaining samples that meet the requirements, the formation information and material composition are well revealed. Further, different types of surface substrate drilling sampling techniques have been proposed in practice. It provides drilling technical support for the establishment of Natural Resources Investigation and monitoring system and the investigation of surface substrate.

Keywords: surface substrate; shallow drilling technology; In-situ sampling; pollution-free

Acknowledgements: This article was supported by the Project of the Geological Survey (Nos. DD20230036、DD20230331、DD20211591、DD20220958)

First author: SU Xingtao, male, born in 1990, engineer, engaged in drilling technology research. Email: stao451@163.com

Corresponding author: ZHANG Yongxing, male, born in 1986, engineer, engaged in comprehensive utilization of mineral resources research, zhangyongx1986@163.com

Manuscript received on: 2023-03-17; Accepted on: 2023-04-20; Network published on: 2023-05-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2023.05.031

Edited by: LIU Zhiqiang

