

草原浅覆盖区浅钻取样技术的研究与应用

卢猛^{1,2}, 何远信^{1,2}, 宋殿兰¹, 谭春亮¹, 赵洪波¹

(1. 北京探矿工程研究所, 北京 100083; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要:为实现草原浅覆盖区快速揭露,并最大限度减少对环境的破坏,采用浅层钻探取样技术揭穿第四系,采取残坡积层及基岩层样品,用于浅钻金属矿产地球化学勘查、浅覆盖区地球化学立体填图及代替槽探的工作中。研究了干旱半干旱草原浅覆盖区浅钻取样技术方法组合。该方法在花敖包特铅锌矿及东乌旗地区的应用表明,通过灵活合理地调整钻探装备及钻进工艺方法,可以顺利地采取目的层样品。

关键词:浅钻; 取样技术; 草原浅覆盖区; 浅钻化探

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2015)11-0001-06

Research and Application of Shallow Sampling Technology in Shallow Overburden Area of Grassland/LU Meng^{1,2}, HE Yuan-xin^{1,2}, SONG Dian-lan¹, TAN Chun-liang¹, ZHAO Hong-bo¹ (1. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: To quickly expose shallow overburden areas of grassland and minimize the damage to environment, the shallow drilling sampling technology was used to expose the Quaternary and take the eluvial slope and bedrock layer samples, for geochemical exploration of metallic minerals shallow drilling, geochemical stereoscopic mapping and trenching replacing. A combination of shallow drilling sampling techniques in the shallow overburden area of arid and semi arid grassland was developed. The application of this method in Hua'aoabaote lead-zinc mine and Dongwuqi area show that through flexible and reasonable adjustment of drilling equipments and drilling process, the target layer sampling should be smooth.

Key words: shallow drilling; sampling technology; shallow overburden area; shallow geochemical exploration drilling

0 引言

内蒙古中东部大部分地区被草原覆盖,大兴安岭成矿带从该区穿过,是我国重要的多金属成矿集中区,找矿潜力巨大。由于浅覆盖层的存在,区域地质调查、地球化学勘查等勘查手段受到很大程度影响,在运积物覆盖超过2 m的地区常规化探手段难以取得良好的测量效果^[1]。为了研究浅覆盖区不同沉积单元元素地球化学分布规律、揭露被覆盖区域下伏地层岩性变化特点,需要采集自地表直至基岩的不同覆盖结构单元层样品^[1]。本地区覆盖层通常由腐殖质、风成沙、粘泥层、砾石层、含水层等层中的两种或多种组合构成,结构复杂。洛阳铲等人力取样工具无法穿透覆盖层,且本区地表干旱缺水,不适宜泥浆循环钻进工艺。快速穿透覆盖层,采取目的层样品成为该区地质矿产勘查工作需要解决

的关键问题。通过针对本地区第四系覆盖层的不同结构,采用不同的取样工艺方法组合,解决了该区域浅层取样问题。使得浅钻化探方法技术突破了浅覆盖区常规化探方法和其他勘查方法难以奏效、多解性或间接性等“瓶颈”,为开展浅覆盖区1:25万区域地球化学调查奠定了基础^[1]。

1 浅钻取样技术

浅钻取样技术是以钻穿浅覆盖层采取浅部地质样品为目的的钻探取样技术,主要包括浅层钻探装备和浅层取样工艺方法2个部分。我国浅覆盖区地质景观类型多样,覆盖层构成复杂多变,所需浅钻取样装备及取样工艺也各不相同。赵洪波等在其论文“以钻代槽勘查技术方法与应用研究”中,对浅钻取样技术所涉及的国内外浅层取样装备和浅层取样工艺

收稿日期:2015-10-09; 修回日期:2015-10-25

基金项目:中国地质调查局“西南红层地区缓倾顺层岩质滑坡调查与防治”(编号:12120113090900);“以钻代槽勘查技术研究与应用示范”(编号:12120114008101);“重点成矿带浅层钻探关键设备研发与应用示范”(编号:12120113097200)

作者简介:卢猛,男,汉族,1980年生,工程师,长期从事浅钻技术研究工作,北京市海淀区学院路29号,16983869@qq.com。

通讯作者:何远信,男,1964年生,教授级高级工程师,北京探矿工程研究所所长,中国地质大学(北京)兼职博士生导师,地质工程专业,博士,从事地质钻探、石油钻探及相关工艺研究与管理工,heyx@bjiee.com.cn。

做了简单的归纳^[2]。冉恒谦等在其论文“地质钻探技术与应用研究”中对北京探矿工程研究所及中国地质科学院勘探技术研究所研发的浅层取样装备做了简要介绍^[3]。谭春亮等在其论文“全液压车载钻机在缺水地区化探取样中的应用研究”中,对全液压车载钻机及缺水地区的钻探取样工艺做了介绍,提出车载空气潜孔锤钻探工艺特别适合大面积的化探普查工作^[4]。刘文武等在其论文“空气潜孔锤钻进技术在新疆东天山成矿带的应用”中介绍了我所研制的机动浅钻及空气潜孔钻正循环取样工艺在东天山示范区的应用情况,解决了我国干旱地区低成本快速取样的难题^[5]。

1.1 内蒙古草原浅覆盖区浅层取样装备

内蒙古草原浅覆盖区地形平缓、地势开阔(见图1),适于车辆行驶,选用车载机动浅层取样钻机。该区属于干旱、半干旱地区,地表水资源稀少,选用空

气正循环钻探取样工艺。



图1 内蒙古草原覆盖区地貌

1.1.1 花敖包特铅锌矿外围工作区浅层取样装备

工作区位于内蒙古大兴安岭西坡、半干旱草原丘陵景观区内的花敖包特铅锌多金属矿区(见图2)。区内已知矿床的大部分为裸露和半裸露地区,在矿体外围约一半面积为浅覆盖层。浅覆盖层以积积为主,山坡部位覆盖层厚度2~5 m,山脚或沟底>10 m,部分区段>15 m。覆盖层构成较复杂,见砾石层、粘土层、软沙层和含水层等。

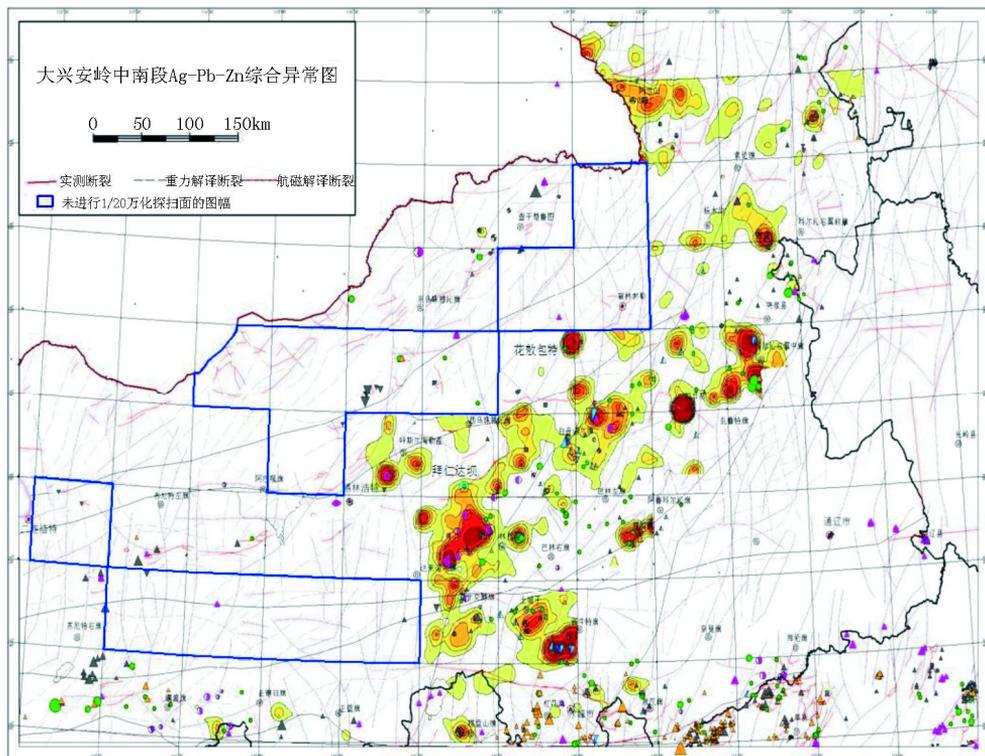


图2 花敖包特铅锌矿外围工作区

工作区内覆盖层厚度大都<15 m,选用TQG-75型车载取样钻机(见图3),钻机车为江淮厢式货车。钻机使用时,由一液压油缸推动其向外翻转90°,钻机即由车厢内伸出,钻杆即与地面垂直,可以钻进;当钻机处于运输状态时,支撑油缸收回,钻机向内翻转90°,便隐藏于车厢内,此时,钻车即可上

路行驶。车上同时配备一台空气压缩机。钻机的主要参数为:钻进深度75 m;转速范围50~150 r/min;最大提升力18 kN;最大加压力12 kN;钻杆直径42 mm;主轴通孔直径45 mm;汽油机最大功率15 kW;终孔直径75 mm;汽油机转速2000~3600 r/min;给进行程1800 mm;油箱92 L;额定压力18 MPa;给进



图 3 TGQ-75 型车载取样钻机

速度 $0 \sim 0.5 \text{ m/s}$; 钻机整机重量 750 kg 。空压机参数为: 排气量 5.0 m^3 ; 排气压力 0.7 MPa 。



图 4 贺斯格乌拉牧场工作区

高纬度带的内陆地区,自然条件较为恶劣。气候特征为:冬季受蒙古高压控制寒冷风大,夏季温暖潮湿。一月平均气温 $-18.9 \text{ }^\circ\text{C}$,七月平均气温 $21 \text{ }^\circ\text{C}$,极端最高气温 $39.7 \text{ }^\circ\text{C}$,最低气温 $-40.7 \text{ }^\circ\text{C}$,年平均气温 $0.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 。年降水量 300 mm 左右,主要集中在 6—8 月份,占年降水量的 70%;年蒸发量在 3000 mm 以上,是降水量的 10 倍;日照时间年均 2975 h ,太阳辐射强烈,湿润度 $0.1 \sim 0.4$;大风日数多,平均风速 3.6 m/s ,极端最大风速 34.0 m/s ,年均 7~8 级大风日数 73 天。冷冻期自 10 月份至次年 4 月份,野外最佳工作时间为 5—9 月份。

工作区新生界分布广泛,为第四系松散堆积,包括更新统和全新统,为第四系更新统冲洪积及全新统坡洪积、冲洪积、湖沼堆积、风成砂松散堆积。工作区地层单位划分见表 1(引自“内蒙古 1:5 万勃洛浑迪幅、贺斯格乌拉牧场幅等区域地质综合调查

1.1.2 贺斯格乌拉牧场工作区浅层取样装备

贺斯格乌拉牧场工作区(见图 4)属内蒙古高原一部分,为残山丘陵半覆盖草原景观区,地形起伏不大。海拔高度 $1000 \sim 1100 \text{ m}$,相对高差 $100 \sim 200 \text{ m}$,地势自南东向北西逐渐降低。区内水系较发育。流量随季节变化很大。河流蛇曲发育,加之地势低平,又无出口,在本测区多形成沼泽。

工作区属北温带大陆性气候,处于高海拔和中、

总体设计”,2014)。

由表 1 可知,工作区内第四系覆盖层厚度有可能大大超过 30 m ,且覆盖层结构复杂。选用 TGQ-100C 型车装取样钻机(见图 5)。该钻机采用 6×6 底盘,越野能力强,钻机液压系统及空压机系统均依靠底盘发动机提供动力,集成度高。该钻机的主要参数为:额定功率 220 kW ,燃油率 $201 \text{ g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,整备质量 22000 kg ,最大爬坡度 50% ,最高车速 70 km/h ,顶驱结构,给进行程 6000 mm ,输出扭矩 $3400 \text{ N} \cdot \text{m}$,输出转速 $0 \sim 160 \text{ r}/\text{min}$,最大提升力 32 kN ,最大提升速度 1.7 m/s ,空压机流量 $12.5 \text{ m}^3/\text{min}$,空压机压力 1.2 MPa 。

1.2 内蒙古草原浅覆盖区浅层取样工艺

传统的找矿勘查方法为:在地表可见蚀变矿化露头或转石的地方,采取拣块采样,矿化带上被覆盖的区域,采用槽探或井探揭露^[6]。1970年,辽宁省

表1 贺斯格乌拉牧场工作区地层单位一览表

年代地层		岩石地层		岩性描述	厚度/ m	同位素年龄 (U-Pb, Ma)
界	系	组	代号			
新生界	第四系	全新统	风成砂	Qh ^{col}	风成粉细砂	>5
		湖积	Qh ^l	灰色、灰绿色砂质粘土、粘土、灰黑色淤泥夹细砂、砾砂层等	>10	
		冲洪积	Qh ^{alp}	灰黄色松散的冲洪积砂砾石、砂、粉细砂、亚砂土	<5	
		坡洪积	Qh ^{pld}	灰黄色、灰褐色砂砾石、含砂砾亚砂土	<10	
	更新统	冲洪积	Qp ^{alp}	灰色、灰黄色弱固结的洪冲积砾石层	>10	
中生界	白垩系	下统	大磨拐河组	K ₁ d	灰白色、灰黄绿色、浅灰色(含砾)中细粒长石砂岩、凝灰质砂岩夹薄层泥岩、粉砂质泥岩,未见顶	>30
		白音高老组	K ₁ b	底部灰黄色凝灰质砂岩、沉凝灰岩,其上为灰白色、灰黄色、灰褐、砖红色、紫红等杂色流纹岩、流纹质火山碎屑岩、含集块角砾流纹质凝灰岩夹黑曜岩、松脂岩、珍珠岩	127~724 124±1(次火山岩) 130±1~136±1	



图5 TGQ-100C车装取样钻机

冶金地质勘探公司107队研发了革新采样器采样法,该采样器采样深度为1 m。何远信等研发了射

流式取样技术、液压快速压入取样技术、环保型钻井液护壁护心技术等3种环境科学钻探取样技术^[7]。天津地质调查中心2014年在贺斯格乌拉牧场工作区试验了洛阳铲和背包浅钻取样方法,试验结果表明这2种方法在该区域无法采到覆盖层下部的基岩。

1.2.1 花敖包特铅锌矿外围工作区取样工艺方法组合

花敖包特铅锌矿外围工作区属半干旱草原区,降水稀少,地层含水量低,适合采用空气正循环钻进取样。其覆盖层结构及对应的取样工艺方法组合见表2。

表2 花敖包特铅锌矿外围覆盖层结构及取样工艺方法组合

序号	覆盖层结构	取样工艺方法组合	应用效果
1	风成沙(厚度<3 m)+基岩	潜孔锤直接钻进	可连续取样
2	风成沙(厚度3~20 m)+基岩	刮刀钻头+PVC套管跟管钻进,钻至基岩更换潜孔锤取基岩样品	可连续取样
3	风成沙+粘泥层(1~2层,每层厚度≥2 m),覆盖层总厚度<30 m	刮刀钻头+PVC套管跟管钻进,钻至基岩更换潜孔锤取基岩样品	可连续取样,粘泥层取样困难,只能取到与孔内沙子混合到一起的球状颗粒
4	风成沙(厚度<5 m)+粘泥层(厚度<5 m,下部含水)+基岩	刮刀钻头+PVC套管跟管钻进,套管下至粘泥层。刮刀钻头钻穿粘泥层,更换潜孔锤取基岩样品	可连续取样,粘泥层取样困难,基岩层样品也较少,但可以满足取样要求

钻探现场照片见图3,采取的风成沙样品见图6,采取的含水地层基岩样品见图7。



图6 风成沙样品



图7 含水地层基岩样品

1.2.2 贺斯格乌拉牧场工作区取样工艺方法组合

贺斯格乌拉牧场工作区适宜工作的时间为5—

9月,7月、8月气候湿润多雨。雨季地下水位较高,给钻探取样工作带来较大的困难。该区覆盖层结构及取样工艺方法组合见表3。

表 3 贺斯格乌拉牧场工作区覆盖层结构及取样工艺方法组合

序号	覆盖层结构	取样工艺方法组合	应用效果
1	风成沙 (<5 m) + 基岩	潜孔锤钻进, 孔口收集岩粉	可取基岩碎屑和岩粉
2	风成沙 (<5 m) + 粘泥层 (<10 m) + 基岩, 覆盖层厚度 <20 m	螺旋钻杆 + 复合片刮刀钻头钻穿覆盖层, 复合片刮刀钻取基岩或潜孔锤钻进基岩	可以采集到基岩碎屑和岩粉
3	风成沙 (>10 m) + 粘泥层 (<10 m) + 基岩, 覆盖层厚度 <30 m	复合片刮刀钻头开孔, 下 PVC 套管至粘泥层, 螺旋钻杆钻穿粘泥层, 复合片取心钻头风冷, 钻取基岩样	可以采集到基岩岩块和碎屑
4	风成沙 (>10 m) + 粘泥层 (<10 m, 含水) + 基岩, 覆盖层厚度 <30 m	螺旋钻杆钻穿沙层和粘泥层, 复合片取心钻头风冷, 钻取基岩样	可以采集到基岩岩块和碎屑
5	风成沙 (>10 m) + 粘泥层 (<10 m) + 砾石层 (<5 m, 含水) + 基岩, 覆盖层厚度 <30 m	螺旋钻杆钻穿沙层和粘泥层, 更换取心钻具, 利用高压气洗井, 直至复合片取心钻头接触到基岩, 然后干钻取样	可以采集到基岩岩块和碎屑
6	风成沙 (>10 m) + 粘泥层 (<10 m, 2~3 层) + 砾石层 (<5 m, 含水, 2~3 层) + 基岩, 覆盖层厚度 <50 m	复合片向上吹气钻头 + 大功率空气压缩机 + 复合片取心钻具	可以采集到基岩岩块和碎屑

贺斯格乌拉牧场钻探现场见图 8, 复合片刮刀钻头见图 9, 螺旋钻杆钻进见图 10, 复合片取心钻头见图 11, 基岩岩屑样品见图 12。



图 8 贺斯格乌拉牧场钻探现场



图 9 复合片刮刀钻头



图 10 螺旋钻杆钻进



图 11 复合片取心钻头



图 12 基岩岩屑样品

2 取得的成果

花敖包特铅锌矿外围工作区共钻孔 171 个, 累计完成进尺 992.5 m, 平均孔深 5.8 m, 采取化探样品 1985 个。该区覆盖层较薄 (通常 <10 m), 地层结构较简单, 给钻进和采样工作造成困难的地层类型主要为风成沙和粘泥层, 风成沙层主要依靠 PVC 套管跟管钻进的方法避免沙层塌陷, 粘泥层较薄, 主要依靠刮刀钻头穿过。空气压缩机是完成钻探采样

工作的关键设备, 其排气量应 $\geq 5 \text{ m}^3$, 排气压力应 \geq

0.7 MPa。

贺斯格乌拉牧场工作区累计完成进尺 1150 m。该区覆盖层较厚(通常 > 30 m,地势较低的地方 > 50 m),覆盖层构成复杂,通常由风成沙、粘泥层、含水砾石层交替构成。粘泥层通常较厚(> 10m),必须使用螺旋钻杆才能穿过;砾石层会对钻头造成严重破坏,普通合金钻头会在 5 min 内失效,必须使用复合片钻头;砾石层通常含水,易坍塌,且无法使用 PVC 套管,需采用单管取心钻具钻进,同时采用高压空气洗井,利用高压气体将松散的砾石吹出地面,同时打开钻具向下钻进的通道,直至钻头接触到基岩面,然后可以开始取心。为了减少高压空气对孔壁的破坏,需采用向上吹气复合片钻头。空气压缩机是完成钻探采样工作的关键设备,其排气量应 $\geq 12 \text{ m}^3$,排气压力应 $\geq 1.2 \text{ MPa}$ 。钻具组合中必须有螺旋钻杆、复合片刮刀钻头、单管取心钻具、复合片取心钻头以及向上吹气复合片刮刀钻头。

针对内蒙古草原浅覆盖区覆盖层的不同结构,设计了多套浅层取样工艺方法组合,成功解决了困扰浅覆盖区化探工作多年的取样技术和疏松层多套钻进工艺两大难题^[8]。该方法初次使用便取得了显著的效果,在内蒙古东部大兴安岭成矿带中南段浅覆盖区(平均覆盖厚度 6 ~ 15 m)发现多个具找矿远景的异常区段,并进一步圈定了面积约 6 km^2 的规模大、强度高、水平分带清晰的矿化异常,其中 Ag 单点最高含量为 118 g/t(达到银矿最低工业品位),估算银铅锌矿石资源量约 106 万 t^[9]。该成果的出现,直接推动了浅钻地球化学测量技术规程的制定。贺斯格乌拉牧场工作区的研究,进一步解决了内蒙古东部(覆盖层厚度 30 ~ 50 m,结构更为复杂)草原

浅覆盖区的浅钻快速取样问题。

3 结论

针对不同覆盖层结构制定的浅层取样工艺方法组合成功地解决了浅覆盖区化探取样的难题,推动了浅钻化探技术逐步走向成熟。针对更为复杂的覆盖层结构以及 50 ~ 100 m 深度范围的快速取样方法还需进一步研究。

参考文献:

- [1] 孔牧,喻劲松,杨帆. 浅覆盖区机动浅钻在化探工作中的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2015,45(S1):645.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 谭春亮,宋殿兰,贾军. 全液压车载钻机在缺水地区化探取样中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(9):7-10.
- [5] 刘文武,林广利,宋殿兰,等. 空气潜孔锤钻进技术在新疆东天山成矿带的应用[J]. 西部探矿工程,2014,(7):39-40.
- [6] 李进文,朱广仁,张德全,等. 内蒙古东珩铅锌银矿床的发现——地物化综合找矿勘查方法的运用[J]. 矿床地质,2009,(6):830-837.
- [7] 何远信,夏柏如,赵尔信. 环境科学钻探取样技术研究[J]. 现代地质,2005,19(3):471-474.
- [8] 马爱平. 浅钻化探技术方法[J]. 科技纵览,2014,(3):76.
- [9] 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.

致谢:中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所的喻劲松研究员、孔牧研究员、任天祥教授对于浅层取样技术的研发和改进给予了细致的指导,天津地质调查中心的高学生给予贺斯格乌拉牧场工作区项目组大量帮助,北京探矿工程研究所的沈丽娜工程师帮助对钻头进行了改进,在此一并致谢!