

以钻代槽勘查方法研究与应用

赵洪波, 何远信, 祝 强
(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:为解决槽、井探等传统地表揭露手段自身局限性及减少对环境的破坏, 提出以钻代槽勘查方法研究的技术路线, 总结归纳出浅钻技术与钻孔布孔方案, 同时初步探讨了基于钻孔数据的三维地质建模方法。最后将以钻代槽方法成果在西藏等地进行了推广应用, 验证了可行性和有效性。

关键词:浅钻技术; 以钻代槽; 三维钻孔模型

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)11-0006-05

Research and Application of Drilling Instead of Trenching Technology/ZHAO Hong-bo, HE Yuan-xin, ZHU Qiang
(Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Traditional surface exposure methods, such as trenching and exploratory shaft sinking, have their own limitations and are harmful to the environment. The paper puts forward the technical route of research on drilling instead of trenching and summarizes the shallow drilling methods and drilling arrangement technology; and at the same time, explores the three-dimensional geology modeling based on borehole data. The technical achievement of drilling instead of trenching is popularized and applied in Tibet and some other places and is verified to be feasible and effective.

Key words: shallow drilling technology; drilling instead of trenching; three-dimensional drilling model

在以往地表地质研究时, 槽探或浅井是揭露地质体、追索地质界线和研究地质体化学成分的常用地表揭露工程手段, 其主要优点是揭露地质体的面积大, 便于地质观察和测量, 而且较直观、可靠。但是在实际施工技术和地质效果等方面都存在一些缺陷, 在实际应用中, 因覆盖层或风化层太厚和代表性不足而难以达到研究目的。在一些特殊区域, 需要人力操作, 劳动强度大、效率低下^[1]。基于槽探对环境、林业、水土等破坏或影响, 及覆盖区槽探控制深度的局限性, 矿产勘查迫切需要改进浅部勘查施工手段。与传统槽探相比, 浅钻反应矿化深度更深, 更经济, 也能准确地控制矿化的展布, 为野外发现矿致异常并及时追踪和现场异常评价提供了高效的、便利的、环保的勘查手段^[2]。总之, 以钻代槽勘查方法探讨有助于实现向国内整装勘查区推广, 为加强生态文明建设提供技术方法支撑。

1 技术路线

开展以钻代槽勘查技术方法理论研究, 从物理

性和化学性的角度出发, 针对以钻代槽需要解决的问题, 研究满足以钻代槽施工方法涉及的工艺、布孔等方面(见图 1)。选取具有较高代表性的植被覆盖及第四系覆盖层较厚区域开展研究。浅钻布孔方案研究作为以钻代槽技术方法研究的重点, 体现在如何布置最少的钻孔数、最少的工作量来完成对地质体的揭露, 满足与槽探施工揭露地质体产状、三维地质填图等相对应的目的。在开展以钻代槽区域, 浅钻获取的地质信息要与同一区域槽探获取的地质信息相比较, 从而验证浅钻代替槽探的可行性和有效性。

2 关键技术

2.1 浅钻技术研究

从工艺角度提高浅钻施工效率, 是影响以钻代槽勘查技术进一步成熟的制约因素。结合地层情况, 分别从钻机设备、钻头以及冲洗液 3 个方面开展高效、高质量取心技术研究(见图 2)。

2.1.1 浅钻设备

收稿日期: 2015-12-03; 修回日期: 2016-06-13

基金项目: 中国地质调查项目“以钻代槽勘查技术研究与示范”(编号: 12120114008101)资助

作者简介: 赵洪波, 男, 汉族, 1988 年生, 工程师, 硕士, 从事环境钻探、浅层钻探技术研究与应用推广工作, 北京市海淀区学院路 29 号, eg-szhaohb@gmail.com。

通讯作者: 何远信, 男, 汉族, 1964 年生, 所长, 教授级高级工程师, 博士, 中国地质大学(北京)兼职博士生导师, 从事地质钻探、石油钻探及相关工艺研究与管理, 北京市海淀区学院路 29 号, heyx@bjiee.com.cn。

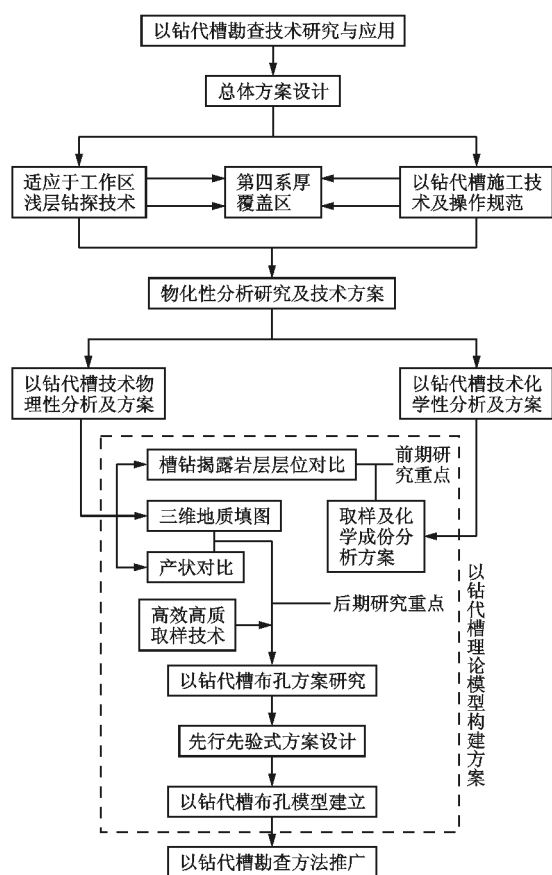


图 1 以钻代槽勘查技术研究路线图

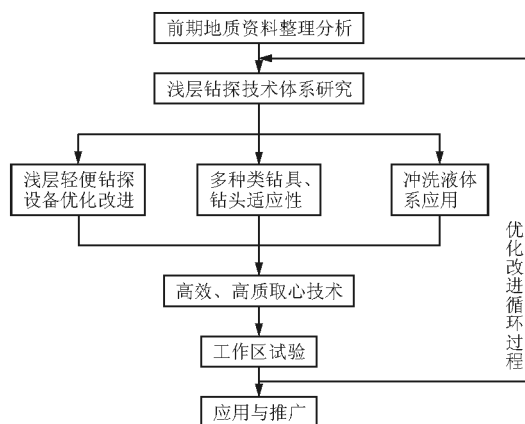


图 2 高效、高质浅层钻探技术研究路线图

浅钻设备主要是指轻便取样(心)钻机及其附属工具。作为以钻代槽勘查方法的技术装备支撑,其先进性主要体现在体积小、质量轻、适应性强。浅钻设备的发展主要经历了 3 个阶段。

第一阶段:20 世纪 80 年代之前,地质矿产部结合地质调查需求,研制了一系列钻机,最具代表性的钻机是争光系列钻机,其主要特点是体积小、质量轻、施工占地面积小,成系列化。同时存在着动力

小、可钻深度有限等方面的不足。

第二阶段:20 世纪 80 年代至 2000 年,随着钻探的应用范围扩大,用于环境取样、工程勘察、地质调查等方面,形成了浅层钻机的多样化,具有代表性的有地质超深钻探国家专业实验室研制的 NLS-D-50 型轻便钻机。

第三阶段:2000 年以后,地质工作全方面得到加强,钻探设备得到了更新,同时国外设备被引进到国内,如美国绍尔背包式钻机、加拿大 4M 便携式岩心钻机等。浅层钻探技术结合地质、物探、化探、遥感在区域地质调查、油气调查、矿产资源评价等方面取得了一些重要成果。浅钻设备更加先进,最具代表性的包括 TGQ 系列轻便取样钻机和背包式取样钻机^[3-4]。其中, TGQ-15S 型绳索取心钻机(见图 3)的研制,作为国内最小的可实现绳索取心钻进的钻机,配套使用 $\varnothing 46$ mm 绳索取心钻具,解决了易坍塌地层的取心难题,最大钻进深度达 29.1 m。针对特殊钻探施工,开展了斜孔钻机设备的研究(见图 4),角度可调,满足斜孔钻进。



图 3 TGQ-15S 型轻便绳索取心钻机



图 4 斜孔用钻机底座示意图及施工现场

2.1.2 浅钻工艺

浅钻工艺的研究是与浅钻设备相辅相成的^[5-6]。浅层钻探与常规地质钻探一样,在钻头、钻具、冲洗液方面具有多样性及适应性,常用钻进方法包含金刚石钻进、硬质合金钻进、绳索取心钻进等。

基于以钻代槽技术的需求,钻探施工需要取心,空气循环钻进工艺(主要获取岩粉)不能满足以钻代槽所要求的地质目的。小口径多种类金刚石钻头(见图5)的研制和浅钻用冲洗液体系(见表1)的研究有助于提高施工效率和施工质量。



图5 浅钻配套使用的各类钻头

表1 浅钻配套常用冲洗液体系

编号	配 方	使用方法	适应情况
1	0.2% ~0.3% PHP	搅匀、静置后使用	弱风化地层,第四系取样
2	0.2% ~0.3% PHP +2% ~3% GLUB -2(润滑剂)	将两者共同置于清水中,搅匀使用	强风化地层或含砂层、断层
3	0.5% PHP +0.05% ~0.1% 皂化油 +2% ~3% GLUB -2	加水和润滑剂后放入 PHP 和皂化油,搅拌 10 min	孔底沉渣较多,不稳定地层、较破碎地层
4	2% ~3.0% GPC(随钻堵漏剂) +0.2% ~0.30% PHP +2% GLUB -2	混合搅拌	漏失地层

2.2 布孔方案研究

2.2.1 前提条件

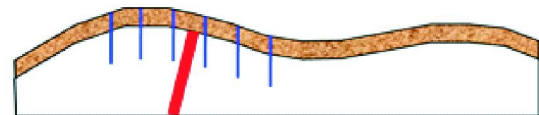
首先确定区域性岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体及其产状。垂直地质线走向布置化探扫面测线方向,根据构造、可能矿(化)体规模确定点线距。对异常测制地质剖面,确定岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体及其产状。在覆盖区根据邻近地段确定岩性(标志层)、构造及其产状。同地质剖面测制物探剖面,推定岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体及其产状。物探剖面至少2条,其中1条与地质剖面重合,另1条平行适当间距测制,以确定地质体走向。

2.2.2 浅钻部署

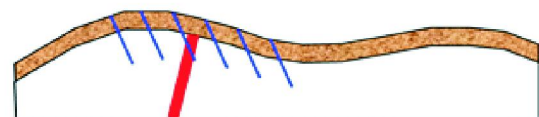
以地质剖面作为浅钻勘探线剖面。根据岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体倾角和浅钻深度确定浅钻间距。一般要求(标志层)、构造、可能矿(化)体等在浅钻深度允许的情况下,至少有2个浅钻控制,倾角大则孔距密,倾角小则可放稀或2个以上浅钻控制。

此外,浅钻虽然能获得目标地质体产状,但也可能因布点问题,再加上目标地质体倾角过大,接近

90°,而完全有可能错过目标地质体,使得钻孔获取的资料不能满足对于真实矿体的显现。在进行以钻代槽施工方案设计时,普通直孔是对简单的层状矿体进行钻探,根据矿区的矿体难易程度控制好网络密度即可。针对脉状或条带状的矿带进行钻探,采取施工斜孔的方法布孔可以快速达到地质目的。可进行倾斜钻进的浅钻设备用于验证,更高程度地提高浅钻成功率,达到槽探“施工范围内近水平方向上的连续观察剖面”的效果(见图6)。



因地表不可视,垂直钻进的浅钻由于深度有限可能避开了矿体



虽然地表不可视,倾斜钻进的钻孔仍能控制矿体,并通过岩心,在水平方向基本能得到连续性观察剖面

注:粗线代表矿体,细线代表钻孔

图6 特殊矿体钻孔部署示意图

2.2.3 浅钻施工

浅钻施工用于明确岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体及其倾角。对部署各孔详细编录,根据岩心进一步明确倾角。在岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体等关键部位施工3孔或梅花5孔^[7],以3孔为例,其平面分布应结合倾角,能够同时控制到岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体等,根据同一层面梅花3孔的标高等参数确定层面倾向(见图7)。

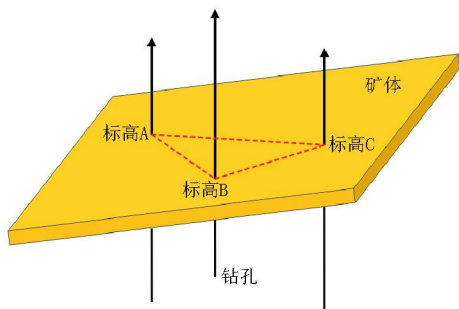


图7 同一层面梅花3孔标高等参数确定层面倾向示意图

2.2.4 浅钻剖面图编制

2.2.4.1 孔间对比成图

根据浅钻勘探线各孔及梅花3孔的分布、岩心特征编制剖面图,岩性(标志层)、构造、可能矿(化)体等在不同浅钻间要能相连(见图8)。

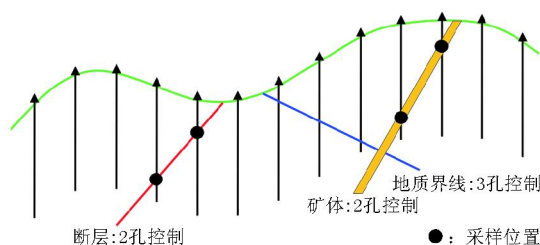


图8 浅钻控制要求与样品布置及剖面示意图

2.2.4.2 样品布置与采样

根据剖面图布置样品,浅钻施工期间不可采样,防止只依据单孔采样而不能有效控制目标地质体。一个剖面完成后,统一采样。

3 基于钻孔数据的三维地质建模方法研究

三维钻孔模型是指以钻孔数据(孔口坐标、钻孔测斜)、地层岩性分析、样品分析为依据,使用三维建模软件拟合各钻孔间未知区域形成的三维地质模型。利用钻孔资料尝试自动构建三维地质模型,快速求解地质体产状和圈定并计算矿体的储量。尝试利用GOCAD软件进行DSI地质插值求解(见图9)。建立准确的三维地质模型,是提取任一点产状的前提条件。

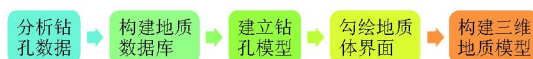


图9 三维钻孔模型构建研究路线

如何利用钻孔资料、地质剖面数据以及专家经验来进行三维地质建模已经成为国内外研究的热点^[8]。尤其是夹层和地质界面的确定需要专家的参与修正,包括控制性剖面编绘和虚拟钻孔的引入;通过利用DSI离散光滑插值算法进行地质界面构建,使其钻孔未知区域形态更符合地质实际;根据工作目标,完善钻孔部署规程,以达到控制复杂地层产状目标。

依据钻孔资料所形成的三维地质模型与槽探施工获取的地质信息相比,具有明显的优势:(1)三维空间形态表达清晰、美观、直观;(2)以钻代槽技术推广以后,减少槽探施工,保护环境,模型构建可以用来指导浅钻布孔;(3)可以实现任意拉剖面,包括平剖、竖剖、斜剖;(4)可以实现任意测量两点距离、走向,三点倾向,间接快速求产状;(5)利用钻孔样品值,在三维空间内约定地质单元内快速插值,可快速求储量。

4 应用成果

4.1 以钻代槽在西藏泽当高原海拔区应用

“泽当岩体科学钻探施工”项目在西藏海拔4800 m的山南地区施工,该区域覆盖层较浅,岩石硬度大,人工挖槽难度大。拟采用浅钻通过跟踪地表露头矿体追踪矿体的延伸方位与深度,为后续深孔布设提供设计依据。钻孔布设于车辆无法到达的断裂带上,岩体构造复杂、岩层挤压破碎严重,钻探取心难。

采用TGQ-30型轻便浅层取样钻机(见图10),钻孔布设方案为梅花形浅孔取样。配置适应该地层的冲洗液体系(见表1中编号2),全孔取心率在85%以上,达到了项目设计要求。此次应用,验证了浅层取样钻探技术代替槽探在高原区资源潜力综合评价中的可行性和有效性,为浅层取样钻探技术在高原区应用奠定了基础。

4.2 以钻代槽在黑龙江森林覆盖区应用

在森林覆盖区,国家及地方政府都对槽探施工进行了严格的要求,2014年黑龙江省地矿局下发了《关于严格规范野外槽探工程施工的通知》(黑地矿办发[2014]35号)。要求省内各地勘单位严格按照



图10 浅钻与槽探相比具有深度的优势

规范施工,槽探、坑探等必须采用传统的人工挖掘方式施工,尽可能减少对森林植被的破坏。绝不允许使用机械挖掘方式进行槽探施工,在施工结束后要及时对施工的工程进行回填,以利于快速恢复植被。

以黑龙江鹤岗某石墨矿区为例,由于覆盖层较厚,人工挖掘既破坏环境,施工效率又低下,难以剥离覆盖层,浅钻替代了槽探施工(见图11),解决了槽探所要完成的地质目的。



图11 浅钻与槽探相比可以更好地保护环境

4.3 以钻代槽在甘肃天水高山某矿区应用

在甘肃天水李子园某矿区,应用浅钻技术代替槽探施工,主要面临着破碎层取心率低下的难题,选用TGQ-30S型绳索取心钻机钻进及配置高效高粘冲洗液(见表1编号3)在该地区完成施工,取心效

果满足地质要求(见图12)。



图12 野外施工情形及浅钻获取的岩心样品

5 结论及展望

浅钻设备及工艺的技术创新与以钻代槽勘查方法探讨为解决槽探面临的主要问题提供了新的思路和方法。从槽探施工需要解决的问题出发,重点研究浅钻代替槽探采样、确定层面及产状、浅钻对浅部矿床进行勘探查明储量等方面,配合三维钻孔模型,能够将地质情况清晰的表达出来。以钻代槽方法的探讨具有一定的局限性,其研究主体范围不够全面,下一步应在典型矿区开展三维钻孔建模工作,通过模型来指导其他类似矿区勘查工作。

参考文献:

- [1] 杨孝球. 轻便取样钻机应用与效果[J]. 探矿工程, 1985, (5): 12.
- [2] 杨海, 葛良全, 等. 浅钻X射线荧光测量在航磁异常查证中的应用[J]. 金属矿山, 2013, (6): 90-92.
- [3] 赵洪波, 何远信, 等. 以钻代槽勘查技术方法及应用研究[J]. 地质科技情报, 2014, 33(5): 204-207.
- [4] 李金发. 中国地质调查新仪器研发进展[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 81-93.
- [5] 卢猛, 何远信, 宋殿兰, 等. 草原浅覆盖区浅钻取样技术的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(11): 1-6.
- [6] 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[J]. 探矿工程(岩土钻掘工), 2014, 41(2): 18-21.
- [7] ZHAO Hong-bo, HE Yuan-xin, SONG Dian-lan. Advances in Drilling Instead of Trenching Technology [J]. ACTA Geologica Sinica(English Edition), 2015, 89(4): 1415-1416.
- [8] 罗智勇, 杨武年. 基于钻孔数据的三维地质建模与可视化研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(02): 130-132.

致谢: 论文写作过程中, 得到了海南省地质调查院何玉生总工程师、中国科学院广州地球化学研究所张俊岭副研究员的指导, 在此一并表示感谢。