

# 湘河大泉钒矿复杂地层钻进技术

毛雅杰, 陈全明

(西北有色地质勘查局七一五总队, 陕西 西安 710600)

**摘要:**湘河大泉钒矿钻探施工中所遇到的主要问题是第四系黄土层及坡积砾石、细砂岩风化层较厚, 上部破碎, 钻孔坍塌、掉块严重, 下部矿层呈粉状粘土岩, 取心难度十分大, 成孔困难, 导致勘探工程进展缓慢。经过现场及时分析原因, 采取有针对性的钻探工艺及其他技术措施, 有效地解决了这些问题。

**关键词:**岩心钻探; 复杂地层; 坍塌; 掉块; 护壁; 取心

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)03-0021-03

**Drilling Technology in Complex Formation of Xianghedaquan Vanadium Deposit/MAO Ya-jie, CHEN Quan-ming**  
(No. 715 Party, North-west Mining and Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Xi'an Shaanxi 710600, China)

**Abstract:** A series of difficulties were encountered for drilling in Xianghedaquan vanadium deposit; quaternary loess & diluvium gravel, thick weathered layer of fine sand rock; broken upper part with borehole collapsing and block falling; powder clay rock for lower ore bed, hard for coring and boring. These difficulties were effectively overcome by pertinent drilling technology and technical measures.

**Key words:** coring drilling; complex formation; collapsing; block-falling; wall protection; coring

## 1 概述

湘河大泉钒矿位于陕西省商南县境内, 此矿区是中国与加拿大合资项目。施工区域内主要地层为第四系黄土层及坡积砾石, 上部含砂砾, 下部为灰质白云岩、白云质灰岩及角砾状白云岩互层。矿体主要为碳质粘土岩, 矿层呈粉状, 取心十分困难。

由于首次接触钒矿岩心钻探施工, 对于地层的复杂程度了解不到位, 在施工第一个钻孔 ZK801 孔时, 走了一些弯路, 台月效率不足 200 m。经过该孔的探索、实践, 获得了该矿区钻探技术要点, 后续钻孔台月效率达到 300 m 以上。本文以 ZK801 孔的施工过程为例, 介绍该矿区钻探施工中出现的主要问题及解决措施。

## 2 钻孔设计情况

根据地质找矿需求, 该矿区前期设计 8 个钻孔, 主要是查明矿体条数、产状、厚度及品位。钻孔设计深度 200~450 m。钻孔所遇到地层由上到下依次为: 第四系黄土层及坡积砾石, 厚度 15~40 m; 灰质白云岩, 白云质灰岩, 厚度 100~220 m 之间; 泥质灰岩, 灰质白云岩, 角砾状白云岩, 厚度 80~170 m, 矿体位于该层下部, 厚度 10~30 m, 钻穿矿层 20~30

m 即可终孔, 终孔孔径 75 mm。

## 3 钻探设备及施工工艺

**施工设备:** XY-4 型钻机, BWJ-125 型泥浆泵, A 形钻塔。

**施工工艺:** S75 绳索取心钻进, 泥浆护壁。

## 4 施工中出现的主要问题及解决办法

ZK801 钻孔设计深度 370 m, 倾角 65°, 方位角 245°。施工一开采用  $\varnothing 130$  mm 硬质合金钻头开孔, 钻穿第四系黄土层及坡积砾石下入  $\varnothing 127$  mm 套管封住上部易坍塌层; 二开采用  $\varnothing 110$  mm 口径金刚石钻头钻进至较为完整岩层后, 下入  $\varnothing 108$  mm 地质套管; 三开采用  $\varnothing 91$  mm 钻具导正  $\varnothing 75$  mm 绳索取心钻具钻进至终孔。

### 4.1 施工中遇到的主要问题

(1) 第四系黄土层及强风化层成孔困难。由于下达的地质设计施工任务书对第四系覆盖层的厚度没有表述, 现场对开孔措施重视不够, 该孔位正好位于两山之间沟底, 由于常年累月的沉积物堆积, 实际第四系松散层厚度达到 20 m, 并且含碎石量高, 约占体积的 50%。风化层厚度达 25 m, 开孔至 50 m

收稿日期: 2009-11-20

作者简介: 毛雅杰(1963-), 男(汉族), 河南偃师人, 西北有色地质勘查局七一五总队副总队长、工程师, 探矿工程专业, 从事石油勘探、探矿工程与管理工作, 陕西省西安市临潼区文化东路 41 号, 715myj@sohu.com。

孔段,漏失一般,坍塌严重。

(2)  $\varnothing 108$  mm 地质套管下完后,更换为  $\varnothing 75$  mm 绳索取心钻进,在 95 ~ 105、165 ~ 185、215 ~ 221、257 ~ 265 m 等孔段均出现渗漏至全孔漏失现象,并有轻微的掉块现象。导致事故较多、施工效率大幅度下降、施工成本急剧上升,严重影响了施工进度。

(3) 近矿尾岩孔段采心困难,采取率达不到地质设计要求。主要原因是矿层软硬互层,硬层厚度在 0.05 ~ 0.10 m 之间,软层见水就化。

## 4.2 施工过程中所采取的技术措施

### 4.2.1 对于上部第四系黄土层及坡积砾石孔段漏失、坍塌的处理

ZK801 孔开孔后,由于对该层位重视不够,按照常规的方法进行施工,采用高粘度固相泥浆护壁直接钻进至孔深 16 m,孔内出现漏失、坍塌,故采用加大泥浆粘度和密度来处理漏失层,但效果不理想,随后,给泥浆加入固相材料后漏失得到有效控制。为了保证施工安全,提前下入  $\varnothing 127$  mm 地质套管封堵上部漏失层和坍塌层。之后  $\varnothing 110$  mm 口径钻进,钻进至孔深 25 m 时,孔内出现漏失,孔壁失稳,坍塌严重,钻具下不到孔底,孔深又变为 21 m,被迫停钻。分析原因,确定采用白泥球固壁、泥浆护壁的方法钻进,即对已成孔投入含有 CMC、白泥、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的粘土球,每投入一定量后,下入锥形钻头反复捣实,直至填到  $\varnothing 127$  mm 套管内,再使用泥浆循环钻进,钻进一段再用粘土球封固一段,按照此方法反复进行,取得了比较好的护壁效果,很快就穿过第四系黄土层及坡积砾石,然后采用金刚石钻头钻达完整岩层后下入  $\varnothing 108$  mm 地质套管,换径 S75 绳索取心钻具正常施工。

为减小钻具与孔壁的阻力,提高钻进效率,正常钻进时采用无固相泥浆。其配方为:淡水: CMC: 植物胶: 广谱护壁剂 = 1 m<sup>3</sup>: 3 kg: 2 kg: 1.5 kg。其性能为:密度 1.01 ~ 1.03 kg/cm<sup>3</sup>,粘度 21 ~ 23 s,失水量 15 mL/30 min。该泥浆的主要特点是具有良好的护壁、润滑、防漏失和减小阻力的效果,性能调整范围较大。

### 4.2.2 坍塌孔段的护壁处理措施

由于该地区受断裂带的影响,钻孔在正常施工过程中钻遇细砂层时出现孔内坍塌情况。根据 ZK801 孔的施工经验总结了一套处理细砂层的办法:采用泥浆快速穿过,之后采用注水泥固孔的办法处理。注水泥浆的要领:首先,用清水洗孔,将粘在孔壁上的泥皮洗净,再将准备好的 425 水泥浆(密

度在 1.80 ~ 1.85 g/cm<sup>3</sup>) 快速从钻杆内注入孔内,注意在施工时必须密切注意孔内排粉量,以便孔径的测算,计算好水泥用量,确保一次性成功。候凝 36 ~ 48 h 开始透水泥,透完水泥塞后,应将水泥浆与泥浆混合液替换,换新泥浆再钻进。

### 4.2.3 全漏失孔段的护壁堵漏措施

全孔漏失是先出现渗漏,然后迅速转为全部漏失。ZK801 孔钻进到孔深 95 m 时,泥浆渗漏发展到全孔漏失,采用 4.2.1 所述的解决渗漏的措施,经过现场处理毫无效果。经过研究,先采用 CMC + 植物胶 +  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与水搅拌成糊状再从钻杆内灌入;然后调整泥浆,提高粘度,加入惰性材料和堵漏剂,合上回转器,开泵送入孔内,在确认加入的材料到达漏失位置时(泵压突然升高又快速回之平稳状),停止泥浆泵,回转器转速控制在 310 ~ 390 r/min,并上下串动 4 ~ 5 次,使所加入的材料挤至孔内壁的裂隙上,开泵循环,漏失孔段消失后,逐步将泥浆粘度调整恢复到正常钻进时标准。

由于该矿区钻孔漏失孔段多,出现漏失次数较多,根据 ZK801 孔成功经验与方法,将上述堵漏方法进行了总结。并在本工区各机台相互学习和交流,共同掌握此方法。为该矿区后续钻孔的施工打下基础。

### 4.2.4 提高近矿围岩段岩心采取率的施工措施

该矿区钻进到近围岩段,为特殊的岩性及地质构造,矿层为粘土岩,软硬互层。地质设计要求岩心不能被泥浆浸泡,保持岩心完整,回次进尺必须控制在 0.30 m。采用普通绳索取心工艺达不到要求的采取率,甚至是空管,根本达不到地质要求,矿层太厚时出现坍塌现象,造浆率极高,造成埋钻事故。

为解决这一问题,ZK801 孔施工中采用泥浆及钻进工艺两个方面的综合措施。

(1) 调整泥浆,将孔内原有泥浆全部替换,更换新配置无固相泥浆,其配方为:淡水: CMC: PAM: 聚丙烯酸钾 = 1 m<sup>3</sup>: 3 kg: 0.5 kg: 2 kg,泥浆粘度保持 22 ~ 24 s,密度保持在 1.03 ~ 1.06 g/cm<sup>3</sup>,失水量 6 ~ 10 mL/30 min。主要作用是提高泥浆粘度,护壁性能好,还能够很好润滑孔壁携带大量岩粉。

(2) 选用双动双管钻具钻进,钻具总长度不超过 1.80 m。采用小八角硬质合金自制外径为  $\varnothing 75$  mm,内出刃 2.00 mm 硬质合金钻头。配内钻头 63/43 mm 复合片钻头,内钻头超前外钻头 0.50 ~ 0.70 m。钻压 5 ~ 8 kN,转速 80 ~ 180 r/min,冲洗液量 60 ~ 100 L/min,回次进尺控制在 0.30 m。

操作注意事项:在下钻时严禁急刹车、跑钻现象发生,必须做到平稳下钻,下至距孔底 2.00 ~ 3.00 m 时合上回转器扫至孔底再钻进。上钻时禁止高速、墩钻,要求平稳,每钻 12 ~ 18 m 时必须回灌泥浆一次,达到平衡环空压力的作用。通过施工实践,成功地解决了取心难的问题,从而提高了岩矿心的采取率,达到地质设计要求。

## 5 钻进效果

有了 ZK801 孔的经验,施工 ZK1201 及 ZK1202 等钻孔时,采取了预防措施,取得了良好的效果,特别是在施工 ZK5002 孔时,该孔设计孔深 300 m,实际终孔深度 499.74 m,钻遇钒矿层共 3 层,最厚矿层达到 30 m,经过加拿大专家现场检查,该孔岩(矿)心平均采取率 98%,矿心采取率均在 100%,赢得了加拿大专家一致好评。

该矿区地层基本相似,都存在漏失和全孔漏失的孔段,在施工第一个钻孔所积累经验的基础上,在

钻探工艺上不断总结,后续钻孔都不同程度缩短了施工时间。取得了好的经济效益,已施工的钻孔均被评为一级钻孔。

## 6 结语

(1)加强学习交流,提高对钻进规律的认识,是解决复杂地层钻进的捷径。

(2)该矿区采取的提前预防、配置泥浆护壁、根据不同的层位及时调换泥浆的方法是解决复杂地层比较有效的方法。

(3)根据矿层的类型,选用不同的钻具施工对提高近围岩矿心的采取起到很好的效果。

## 参考文献:

- [1] 胡辰光. 钻探工程技术及标准规范实物全书[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [2] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [3] 马植佩,王滨,刘建明. 钻探工程学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1998.

# 全国地质调查工作会议提出 2010 年重点工作任务

本刊讯 中国地质调查局办公室消息,国土资源部党组成员、副部长、中国地质调查局党组书记、局长汪民在 3 月 1 日召开的全国地质调查工作会议工作报告中提出,2010 年要重点做好以下几方面的工作。

(1)全面推进矿产勘查,实现找矿重大突破。2010 年,我国矿产勘查工作要以部省合作为平台,与省厅联动,按照“三年见成效、五年大突破、八年重塑新格局”的总体要求,以新疆、青藏和宁夏合作模式为范例,全面规划,周密部署,精心组织实施全国统一的地质找矿行动计划。

探索推进整装勘查。以煤、铀、铁、铜、铝土矿、钾盐、金等为主攻矿种,在近期有望实现找矿重大突破的矿集区,开展整装勘查。中央、地方、企业和地勘单位相互联动,形成资金与技术紧密结合的较大规模的勘查施工会战,尽快实现找矿重大突破,形成一批新的资源接替基地。

择优开展重要矿产地调查评价。

加快开展重点成矿区带矿产远景调查。在 19 个重点成矿区带,针对全国矿产资源潜力评价及其他工作预测的找矿远景区,开展中大比例尺成矿地质背景研究、物探、化探、遥感解译等综合调查手段以及探矿工程验证,提交可供开展后续勘查的新发现矿产地和找矿靶区,增强找矿后劲。

尽快启动油气资源战略调查。协调推进油气资源战略调查专项实施,开展中国北方古生界、青藏地区、南黄海中-古生界、南海北部中生界油气基础地质调查与战略选区调查,着力解决制约油气勘查的关键地质问题,着力加快油气勘查新发现。加强陆域天然气水合物、油页岩、页岩气等非常规油气地质调查和探索工作。

(2)拓展服务领域,延长地质工作链,加强应对全球气候变化地质调查研究,扎实推进全国主要城市浅层地热能调查。开展全国地热资源普查,启动重要地热田的整装勘查评价和干热岩开发示范研究。

服务国家区域发展规划。

强化地质灾害调查监测。继续开展西南山区、黄土高原、湘鄂桂

山区等地质灾害高易发区详细调查,并及时开展服务。完善重点地区地面沉降监测网和地质灾害监测预警示范区建设。加强京沪等高速铁路沿线地面沉降与地裂缝详细调查。完成县(市)地质灾害普查数据入库管理和成果综合研究,加强地质灾害详查数据库建设,综合集成地质灾害普查和详查数据库、群测群防管理信息系统与地质灾害预警预报系统,加大对地质灾害防治支撑服务的力度。

加强多目标区域地球化学填图。

(3)夯实基础,增强地质找矿后劲。围绕解决重大资源、环境问题,以重要成矿带为重点,地物化遥统一部署,推进基础调查工作。加大重要成矿带基础地质调查力度。加强成矿带地质背景研究。推进重要经济区、重大工程建设区地质填图。继续开展大(理)一瑞(丽)铁路、汶川地震灾区、长三角和环渤海经济区的区调填图,为重大工程建设和经济区规划提供基础图件。

开展基础地质学创新研究。创新区调工作方法。大力推广遥感、高光谱矿物蚀变识别、数字填图等技术,开展填图示范,提高地质填图效率和质量。

(4)围绕国土资源管理中心工作,加大服务支撑力度。2010 年,地质调查工作将从四方面入手,加大为国土资源管理中心工作的服务支撑力度。一是打好三项矿情调查攻坚战;二是继续开展矿山多目标遥感监测;三是积极为地质环境管理提供技术支持;四是开展战略和规划部署研究。

(5)加强科技创新与国际合作,提升地质工作水平。2010 年,我国将以解决地质找矿的现实需要为重点,全面查找、梳理总结地质找矿中重大理论和技术方法问题,组织开展科技攻关。

加强理论创新研究。建立资源立体勘查技术体系。扩大航空技术系统生产性试验。开展全轴航磁梯度测量系统、时间域航空电磁勘查系统和伽马能谱勘查系统的试验飞行。完成 2000 米全液压岩心钻机定型,开展大深度多功能电法仪和 X 射线荧光测井仪的野外实验。开展难利用资源综合利用示范研究。

推进国际合作与境外地质矿产勘查。