

陕西金龙山矿区复杂地层典型钻孔施工工艺

习 辉¹, 王政敏², 杨增智³

(1. 武警黄金指挥部, 北京 100055; 2. 武警警种学院, 北京 102202; 3. 武警黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

摘 要:介绍了陕西金龙山矿区 ZK744 孔钻探施工工艺,重点阐述了冲洗液护壁堵漏技术,总结了钻孔前期施工失败的教训和后期施工的成功经验,可为类似矿区的钻孔施工提供借鉴。

关键词:复杂地层;钻探;钻进工艺;冲洗液;金龙山矿区

中图分类号:P634.5 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2014)08-0029-04

Construction Technology of Typical Borehole in Complex Formation of Jinlongshan Mining Area/XI Hui¹, WANG Zheng-min², YANG Zeng-zhi³ (1. The Gold Headquarters of Chinese People Armed Police Forces, Beijing 100055, China; 2. Gategory Institute of CAPF, Beijing 102202, China; 3. No. 5 Detachment of the Gold Army, CAPF, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: The paper introduces the construction technology for ZK744 in Jinlongshan mining area of Shaanxi, mainly elaborates the wall protection technology with flushing fluid and summarizes the lessons from failure and the successful experiences in the early stage and the later stage of construction respectively, which can be the reference to borehole construction in the similar mining area.

Key words: complex formation; drilling; drilling technology; flushing fluid; Jinlongshan mining area

1 矿区概况及地层简述

陕西省镇安县金龙山矿区是我部大型勘查基地,1991~2013 年共施工 73 个钻孔,累积进尺 19700 多米。

矿区位于松—枣背斜南翼,褶皱构造极为发育,局部地层呈揉皱状;断裂构造极为发育,破碎带厚几米至几十米,主、次断裂相互穿插,切割成网。地层构造节理密度很大,节理相互交叉成网,岩石破碎,裂隙多。区内岩性主要为页岩及粉砂质页岩,可钻性级别 2~5 级,研磨性弱,水敏性强,尤其泥质、碳质页岩水敏性极强;砂岩及粉砂岩,可钻性级别 3~6 级,研磨性强,岩石风化破碎;灰岩,薄~中厚层,可钻性级别 4~6 级,灰岩多为薄层及纹层状且与粉砂岩和页岩互层,薄层灰岩单层厚 0.01~0.1 m。

总体上,矿区地层复杂,钻进难度很大。ZK744 孔是我部 2013 年施工的典型钻孔之一。该孔初期承包给了地方钻探公司,连续报废 2 次后,地方公司失去施工的信心放弃,后期转由我部施工,经过加强施工工艺、冲洗液研究应用,使得该孔达到了地质设计要求,顺利终孔。

2 钻孔前期施工情况

ZK744 孔位于金龙山矿区金龙山矿段,设计深度 480 m、方位角 130°、倾角 80°。

钻孔孔段地层:0~170 m 为碳质页岩、170~200 m 为矿体、200~235 m 为灰岩、235~300 m 为碳质页岩、300~390 m 为灰岩、390~394 m 为矿体、394~480 m 为灰岩。具体见表 1。

表 1 ZK744 钻孔地层情况

孔深/m	岩性	岩性描述	层厚/m
0~7.87	第四系残坡积物	土黄色、泥质结构,主要为泥土,下部为碳质页岩碎块	7.875
7.87~169.48	碳质页岩	黑色、泥质结构,层状构造,主要由泥质、碳质成分组成,整体较为破碎	161.61
169.48~224.47	蚀变灰岩	灰白色、隐晶质结构,层状构造,主要成分为碳酸盐矿物	54.99
224.47~258.81	碳质页岩	黑色、泥质结构,层状构造,主要由泥质、碳质成分组成,整体较为破碎	34.34
258.81~267.11	构造角砾岩	灰白色、角砾状结构,块状构造,角砾成棱角状,大小 1×(2~20)×30 mm	8.30
267.11~454.19	灰岩与角砾灰岩互层	灰岩,灰色,隐晶质结构,层状构造,角砾灰岩,灰白色、角砾状结构,块状构造,角砾成棱角状,大小 2×(4~20)×50 mm,层厚几米到几十米	187.81
454.19~480.20	灰岩夹粉砂岩	灰岩,灰色,隐晶质结构,层状构造,粉砂岩,灰黑色,碎屑成分主要为石英、长石、云母	26.01

收稿日期:2014-06-13; 修回日期:2014-07-31
作者简介:习辉(1963-),男(汉族),陕西合阳人,武警黄金指挥部司令部地勘处处长、高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程的施工与管理工作,北京市西城区红莲南路 55 号,xihui1963@163.com。

初期,该钻孔外包施工。由于施工方对施工地层不熟悉,施工工艺不妥当,冲洗液性能不好,第一次施工到 175 m,孔内缩径、坍塌严重,造成夹钻钻杆折断事故,之后上部缩径、坍塌找不到事故头而报废;第二次施工用套管护住了上部碳质页岩,钻进到 292 m,在 242~252 m 间孔内坍塌无法处理而报废。2 次失败后,承包方没有了信心,退出了施工。最后由我部某支队施工,较好地完成了该孔的施工任务。

3 钻探施工工艺

3.1 施工前准备工作

施工前,支队组织相关人员多次审查修订了中队编制的《ZK744 孔施工方案》,最后确定了所用设备、钻具、管材、钻孔结构、冲洗液配方、物资材料保障等几个关键环节。

支队专门制定了 ZK744 孔施工物资供给计划,施工中物资材料供应及时,极大地支持了施工。

3.2 施工设备及器具

(1)主要施工设备:XY-44A 型钻机、BW-250 型泥浆泵、SGX-13 型钻塔。

(2)钻杆:HQ 钻杆 500 m、NQ 钻杆 500 m、反丝钻杆 500 m。

(3)套管:Ø146 mm 套管 120 m、Ø127 mm 套管 200 m、Ø108 mm 套管 350 m。

(4)钻具:HQ、NQ 钻具各 2 套。

3.3 钻孔结构

钻孔结构设计为:Ø150—Ø130—Ø110—Ø96—Ø76 mm 五径成孔。

3.4 钻进过程

3.4.1 开孔钻进

用 Ø150 mm 硬质合金干钻开孔,7.87 m 处穿过第四系,下入 Ø146 mm 套管。

3.4.2 碳质页岩(7.87~169.48 m)钻进

(1)地层性质:碳质页岩可钻性 2~5,软硬互层严重,岩心多成泥状,岩心见图 1。



图1 地表岩心

(2)双动双管硬质合金钻进保证取心。由于单管钻具无法保证岩心采取率,在 8.53 m 处换用 Ø130/110 mm 硬质合金钻头双动双管内钻头超前钻具钻进,岩矿心采取率能满足要求,但每个班仅能钻进 2 m 左右,一是回次进尺 <0.5 m,岩心进入内管基本是靠挤压进去,每次岩心极易堵死,进尺变慢;二是退心难,岩心太软,粘结在钻具内壁,每回次退岩心需要大锤敲击 20 min 以上;三是每回次都要起下大钻。

(3)先取心后扩孔的跟管钻进,保证岩矿心采取率及深下套管。经过综合分析,为保证每班的进尺效率和取心效果,在 14.20 m 处换用 S96 绳索取心钻进,单班钻进 4~5 m。钻进中,如遇到孔内缩径、坍塌等,出现钻进憋劲、钻具被夹死、泵压骤然上升导致水泵憋死等情况,立即提钻换用 Ø130/110 mm 硬质合金双动双管钻具扩孔,进尺至 26.21 m 处无法继续钻进,改用 Ø150 mm 硬质合金钻头扩孔,然后下入 Ø146 mm 套管,套管底部带无内出刃的 Ø150 mm 硬质合金钻头,跟管钻进。之后继续用 S96 绳索取心钻进,采用边钻进边扩孔,Ø146 mm 套管跟管到 80 m 处套管被孔壁抱死,转动不了,第一层 Ø146 mm 套管就此到位。

第二步,继续采用 S96 绳索取心钻进,用 Ø130 mm 硬质合金双动双管的钻具扩孔。边钻边扩孔施工到 123.62 m,孔内坍塌、缩径严重无法继续钻进,下入 Ø127 mm 套管。

第三步,用 S96 绳索取心钻进取心钻进,用 Ø127 mm 套管扩孔跟管钻进,边钻进边扩孔边跟管钻进到 169.48 m,岩层由碳质页岩变为灰岩,岩层变硬,Ø127 mm 套管跟管到灰岩层。第二层 Ø127 mm 套管下到位。

在此跟管钻进中,我们现场加工短套管近 200 根(每根定长 0.8~1 m)。

3.4.3 灰岩(169.48~224.70 m)钻进

应用 CMC—SD-2 低固相泥浆,S96 绳索取心钻进,因灰岩较为完整,钻进比较正常。

3.4.4 碳质页岩和构造角砾岩(224.70~267.11 m)钻进

碳质页岩钻进中继续不断出现缩径、坍塌、夹钻等问题,钻进困难。采用 CMC—SD-2 低固相泥浆,用 Ø110 mm 金刚石钻具从 169.50 m 扩孔到碳质页岩,继续用 Ø108 mm 套管跟管钻进,并于 258.81 m 穿过碳质页岩到构造角砾岩,构造角砾岩层破碎,在 267.11 m 穿过构造角砾岩,Ø108 mm 套管下至 267.35 m。

3.4.5 灰岩与角砾灰岩互层(267.35 ~ 480.20 m) 钻进

用 S96 绳索取心钻进至 480.22 m 终孔。

4 冲洗液技术

4.1 CMC—SD-2 低固相泥浆护壁技术

根据 ZK744 钻孔地层泥质含量较高易吸水膨胀的情况,要求冲洗液低失水量的同时要对泥页岩有抑制作用。因此,我们对泥浆处理剂比例进行了必要的调整,并在现场进行了泥浆配比试验和岩样浸泡试验,配制了 CMC—SD-2 低固相泥,其配方为:3% ~ 5% 膨润土,5% Na_2CO_3 ,0.5% CMC,1% ~ 1.5% KHm(通过 KHm 比例调整泥浆粘度),0.8% GLA,0.3% SD-2。

CMC—SD-2 低固相泥浆的护壁作用机理是 CMC 分子中的羟基与粘土表面离子间形成氢键联结而产生吸附,由于羧钠甲基的电离和水化,使粘土颗粒表面电位和水化膜增大,从而使粘土保持分散,降低泥浆失水量;同时纤维素分子链相互缔合或缠结成不规则的线团或网状结构而包裹住大量的自由水,使泥浆粘度提高;SD-2 植物胶是纯天然材料,主要成分为半乳甘露聚糖、蛋白质、纤维素,溶于水后具有良好的流变性,SD-2 处理的泥浆表面包裹一层粘弹性胶膜,抑制水化膨胀,有利于孔壁稳定和携带岩屑;腐植酸钾中的 K^+ 具有将泥质成分亲水基密封的作用,达到抑制其水化和坍塌的效果;其分子具有大的表面和多官能团,能吸附在粘土颗粒表面形成水化层,从而提高了颗粒的电动电位,使粘土颗粒保持细分散状态,形成薄而致密的泥皮降低泥浆失水量;腐植酸钾分子结构上还含有一定数量的临位双酚羟基能在粘土颗粒边角进行螯合吸附,从而阻止了粘土颗粒边角处的相互连接和网状结构的形成,降低泥浆静切力。GLA 可以吸附在粘土表面形成油膜,防止自由水进入,减少粘土矿物的水化作用。

该泥浆体系稳定,胶体率高,自身净化效果好。

泥浆性能为:密度 $1.018 \sim 1.025 \text{ g/cm}^3$,胶体率 98%,失水量 9.0 mL/30 min ,泥皮厚 $\leq 1.0 \text{ mm}$,漏斗粘度 $24 \sim 26 \text{ s}$,pH 值 $8 \sim 9$ 。

该泥浆达到了较好的护壁效果,保证了碳质泥页岩层的顺利钻进。

4.2 冲洗液堵漏技术

由于该孔裂隙多,溶隙多,施工中时常发生漏失现象,我们采取了以下堵漏方法,较好地解决了钻孔漏失问题,保证了冲洗液的正常循环。

4.2.1 速效堵漏

用瞬间固化剂堵漏,可以在 2 h 内成功堵漏。

钻进上覆盖层时,在钻孔完全漏失不返水时提钻,用瞬间堵漏剂和清水按 1:1 配制,搅拌 5 ~ 10 s 待均匀后,从孔口迅速倒入孔内,之后再用水把孔内灌满,30 min 后即可下钻恢复正常钻进。钻至中下层时,发现孔口不返水,应继续钻进 1 ~ 3 m,尽可能钻穿漏失层,然后再提钻。提完钻后,测孔内静水位,如果孔底无水位,则不用下钻,可直接从孔口灌注配制好的泥浆,如果钻孔较深,可加入缓凝剂 AB,45 min 后即可恢复正常钻进。如果测得孔内有水位,可采用钻杆灌注堵漏浆液。方法是:先下钻杆到孔底,合上立轴。清水和缓凝剂搅 5 ~ 10 s,然后再按比例加入瞬间堵漏剂,搅拌 5 ~ 10 s,开启泥浆泵,抽完堵漏浆液后再抽 0.5 m^3 清水,完毕立即提钻,提完钻后用泥浆将孔内灌满,45 min 后即可下钻恢复正常钻进。

水温 20°C 时,瞬间堵漏剂变成固体仅需 10 min,加入 0.5% 缓凝剂 AB,变成固体需要 30 min,加入 1% 缓凝剂 AB,变成固体则需 50 min。瞬间堵漏剂水溶液进入漏失通道后,迅速转变成固体,封闭隔离住漏失通道,阻止泥浆向漏层流动。

瞬间堵漏剂水溶液转变成固体后具有较高的强度,而且可与泥砂、岩石牢牢地胶结。每次堵漏费用 200 ~ 500 元,成本低、时间短、效果好。

4.2.2 随钻堵漏

在钻进下层漏失地层时,我们在冲洗液中加入 2% ~ 4% 的 801 堵漏剂和 3% ~ 5% 的细锯末,随冲洗液循环堵漏。该方法多用于钻孔深部和部分返水的中小裂隙堵漏,锯末要细,否则锯末容易在钻具上部矛头处聚集造成打捞失败。同时高分子和惰性材料进入漏失裂隙后胶结很弱,要减少上钻抽吸和减少孔口回灌,防止惰性材料吸入孔内破坏堵漏成果。

4.2.3 絮凝物堵漏

对于较小的裂隙,可以用 PAM—粘土絮凝物堵漏,首先配置相当于钻孔体积的甲、乙两液,向孔内泵入(或孔口灌入)少量泥浆,然后再泵入(或孔口灌入)等量的 PAM 溶液,如此交替反复灌注,最后用冲洗液压送孔内絮凝物进入裂隙,压送时泵压可能会很高,可以压一会停一会间歇进行。

4.3 冲洗液管理与维护

(1) 现场循环槽、沉淀池要高出地面,严防污水、雨水流入泥浆中,破坏泥浆体系。

(2) 严格按照配方比例、顺序、搅拌时间配置冲洗液。

(3)调整冲洗液配方必须先做室内试验。

(4)每班测试泥浆失水量、漏斗粘度等性能,及时调整或更换,保证泥浆性能。

(5)膨润土必须预浸泡。提高膨润土的水化,提高分散性,降低泥浆失水量。

5 注意事项

(1)提钻、打捞内管时必须孔口回灌。提升钻具时,孔内易形成负压,打捞内管时大量冲洗液从钻杆内流出,孔内液柱压力降低,导致孔壁失稳。

(2)合理控制上下钻速度、杜绝带内管上下钻。提升钻具速度过快时,钻头底部会产生抽吸作用,导致孔壁坍塌和地层裂隙水进入孔内;下降钻具速度过快时,产生的动压力会破坏孔壁、压裂地层,孔壁在频繁的压差作用下会失去稳定性,造成孔壁坍塌及埋钻事故。

(3)不得强行开泵扫孔。孔内产生岩粉岩屑较多时强行开泵扫孔,岩屑会堵住钻杆与孔壁间的环状间隙,使孔内液体压力急剧升高,冲洗液压入地层内、压裂压垮孔壁,压力释放后进入地层的冲洗液又在地层压力作用下流入孔内,破坏孔壁。必须用干钻、反循环钻具捞取、调整冲洗液性能冲孔等方法将孔内粗颗粒岩屑处理干净。

(4)在碳质页岩钻进中,几乎每个小班都会发生夹钻、甚至夹死或者突然憋泵直接到水泵无法转动的情况,钻具夹住后,要反复上下串动钻具,慢慢开车回转,直至解卡。

6 经验与体会

ZK744 钻孔从 2013 年 7 月 8 日重新开孔,到 8

月 22 日竣工,历时 43 天。终孔深度 480.20 m,台月实进尺 315.32 m。

通过该孔的 2 次失败及最后的成功,总结其中经验和体会,笔者认为,除了各级重视和材料保障充足、及时外,从施工工艺上,还有以下经验和体会。

(1)要合理选择钻孔结构,并预留必要的技术套管口径。该孔采用五级成孔四级套管,保证了钻孔口径的递增和终孔口径达到要求。

(2)先取心后扩孔及跟管钻进的施工工艺,保证了岩心采取率及下套管深度。用 S96 绳索取心钻进,进尺快,取心效果好,用 $\varnothing 146$ 、127 mm 扩孔及跟管钻进深下套管,保证了复杂地层的护壁效果。

(3)高强度钻杆的使用,避免了孔内事故的发生。施工中使用的外墩粗 S96、S76 绳索取心钻杆,强度较普通钻杆提高 1 倍以上,保证了夹钻、卡钻时钻杆不会断,避免了断钻事故的发生,全孔未发生过断钻事故。

(4)性能良好的冲洗液护壁和堵漏为钻孔的顺利施工提供了保障。

参考文献:

- [1] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 汤松然. 绳索取心钻探冲洗液[R]. 北京:地矿部探矿工程研究所,1990.
- [3] 尹建国,刘青山,夏文彬,等. 寨上矿区复杂地层钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6).
- [4] 王亮宝,等. SM 植物胶钻探技术在工程勘察中的应用[J]. 安徽水利科技,2000,(4).
- [5] 孙涛,陈礼仪,朱宗培. 植物胶冲洗液的性能及新型植物胶 QM 的开发研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4).

(上接第 28 页)

7 结语

通过夜长坪矿区钻探施工,取得以下经验和体会。

(1)施工时应进行充分的调查研究,掌握地层情况。针对不同的岩层采取不同的钻探工艺,尤其应在泥浆工艺上进行试验研究,找出合适的冲洗液配方。可以大大减少孔内事故率,提高钻探质量和效率,缩短施工周期,节约生产成本。

(2)充分利用新材料、新技术、新方法,将过去困难的问题变得简单化,并能大幅度提高成孔质量和生产效率,取得了较好的经济效益。

(3)提高从业人员的业务技术素质,重视互相交流学习,扬长避短,共同提高。

参考文献:

- [1] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [2] 翟东旭. 嵩县大西沟矿区复杂地层钻探施工综合治理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):32-35.
- [3] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [4] 乌效鸣. 深部岩心钻探技术(讲义)[Z]. 湖北武汉:中国地质大学(武汉),2011.
- [5] 王文臣. 钻孔冲洗液与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [6] 张东兴. 河南新蔡焦庄铁矿区预查 ZK001 孔超厚覆盖层钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):47-49,53.
- [7] 李振学,张延同,梁锴. 青海省祁连县红川矿区钻探施工初探[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):13-16.