

河南省南坪矿区多金属矿复杂地层钻探施工方法

李振学¹, 张成建², 李光宏³

(1. 武警黄金第六支队, 河南 三门峡 472000; 2. 山东泰山地质勘探公司第四工程处, 山东 潍坊 261206; 3. 河北省地矿局第十一地质大队, 河北 邢台 054000)

摘要: 针对南坪矿区地层破碎、胶结性差、钻进漏失及坍塌非常严重、多个钻孔无法钻至设计深度等难题, 从冲洗液选择和简化钻孔结构、改进钻进工艺方面进行了大胆尝试, 经 ZK474、ZK477 两个报废钻孔移位后重新施工, 一举获得了成功, 实现了钻进技术的突破性进展, 技术经济效益实现了跨越式提高。重点介绍了钻孔护壁堵漏技术措施。

关键词: 复杂地层; 钻探; 群体封堵; 南坪矿区

中图分类号: P634.5 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)04-0016-04

Drilling Construction Method for Polymetallic Deposit in Complex Formation of Nanping Mining Area/Li Zhen-xue¹, ZHANG Cheng-jian², LI Guang-hong³ (1. No. 6 Detachment of the Gold Army, CAPF, Sanmenxia Henan 472000, China; 2. No. 4 Branch, Shandong Taishan Geological Exploration Company, Weifang Shandong 261206, China; 3. No. 11 Geological Brigade, Hebei Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Xingtai Hebei 054000, China)

Abstract: There were difficulties of broken formation, poor cementation, circulation lost and collapsing in Nanping mining area, and several boreholes could not reach the designed depth. By attempts of washing fluid selection, borehole structure simplification and drilling technology improvement, the scrap ZK474 and ZK477 were displaced and reconstructed with success. The paper mainly introduced the wall protection and leakage control measures.

Key words: complex formation; drilling; population plugging; Nanping mining area

1 概述

1.1 基本情况

河南省南坪矿区整体处于马超营大断裂中, 四条大断裂横贯全区, 主次级构造极为发育。钼金矿段岩石受地质应力强挤压作用破碎成大小不等的碎块、碎屑, 岩石节理裂隙较发育, 岩心极其破碎, 胶结疏松, 最明显的表现是全孔漏失和因漏失引起的坍塌, 如果技术防范措施不及时, 一旦坍塌, 极易形成“连锁反应”, 坍塌无法控制。含角砾的大颗粒岩屑随冲洗液上返途中在完整孔段孔壁间隙变小处“群体封堵”, 导致憋泵无法冲扫, 治理难度极大。历年来钻遇该地层时均有不同程度报废工作量现象。

该矿区 47 线以东为金矿段, 55 线以西为钼矿段, 47-55 线为金钼矿交接矿段。岩石受应力作用破碎成大小不等的安山岩碎块、碎屑和胶泥, 其余受强烈应力作用呈粉末状, 胶结物为绢云母、绿泥石、蚀变岩碎屑。特别是钼金矿接触带地层多为碎裂安山岩, 碎裂结构, 角砾构造, 角砾多为安山岩碎块、碎屑及石英块。胶结物多为安山岩碎屑及少量硅质, 胶结疏松。主要蚀变多为高岭土化、绿泥石化、绿帘

石化、硅化、碳酸岩化和钾化。地层稳定性极差, 遇水膨胀崩塌, 防治难度极大。2006 年施工的 ZK515 孔, 曾在 246~287 m 段钻遇该地层, 反复处理 20 多天, 最终报废; 2009 年施工的 ZK497 孔, 在 267~282 m 处钻遇该层, 反复处理 1 个多月后报废; ZK5105 孔设计 760 m, 钻进中 472~496 m 段钻遇该地层, 多方处理后勉强施工至 531 m, 好在该钻孔见矿未达到工业边界品位, 才幸免被报废, 被确定为基本合格孔。2010 年施工的 ZK477、ZK474 钻孔均处于钼金矿交接区段。其中, ZK477 一开孔就处于这种地层之中, 经过 6 个半月艰难施工, 在 301 m 处出现越钻越浅现象, 最终报废; ZK474 孔施工至 196 m 时报废。

2011 年, 通过分析该矿区钻进难点, 从冲洗液选择、简化钻孔结构、改进钻进工艺等方面进行了大胆尝试, 顺利完成了 4 个钻孔的施工, 其中千米以浅钻孔 2 个(终孔孔深分别为 550、830 m, 为 2010 年报废的 ZK474、ZK477 两个钻孔)、超千米钻孔 2 个(终孔孔深分别为 1050、1170 m)。

1.2 钻进技术难点

收稿日期: 2011-11-16; 修回日期: 2011-12-13

作者简介: 李振学(1968-), 男(汉族), 陕西合阳人, 武警黄金第六支队高级工程师, 钻探工程专业, 从事施工技术与管理工, 河南省三门峡市崆山西路, HJZDLZX@126.com。

(1)该地层在不同勘探线上埋深不同,一般为20~350 m不等,如果冲洗液选择不当,一旦出现坍塌,将无法控制,出现钻孔越扫越浅的问题。

(2)该地层受冲洗液冲刷作用影响,其中较为脆弱的胶结物被溶蚀,地层因失稳而崩落,成纯净的角砾状颗粒,取心极为困难。

(3)崩塌部分被钻具碾压挤碎的小颗粒随冲洗液返出孔外成干净的岩粉,被简单磨损成较大颗粒的岩屑随冲洗液上返至孔壁间隙变窄处“群体封堵”,造成憋泵,无法正常通过。

(4)钻杆在该孔段坍塌后形成的“空腔”处,受力复杂疲劳损坏严重容易折断,打捞工具与事故钻杆头“擦肩”而过,处理难度极大。

(5)该矿段钻孔漏失严重和因漏失引发的坍塌现象较为明显。因此,堵漏问题成为影响施工的又一大难题。

2 钻孔结构和设备选择

2.1 钻孔结构选择

从1997年进入矿区以来,随着对矿区矿床成因、成矿规律研究的逐步深入,钻孔深度从最初的不足300 m,逐步加深到大部分突破千米,部分钻孔已超过1500 m。考虑到地层十分复杂的实际,我们一直采取比较保守的钻孔结构,由最初的 $\varnothing 91$ mm - $\varnothing 75$ mm - $\varnothing 60$ mm到 $\varnothing 150$ mm - $\varnothing 130$ mm - $\varnothing 110$ mm($\varnothing 114$ mm) - $\varnothing 91$ mm($\varnothing 95$ mm) - $\varnothing 75$ mm。不但钻进效率难提高,而且因开孔过程中地层坍塌,每级套管很难下到理想位置,造成部分套管难回收,增加了生产成本。

通过对多年来施工钻孔结构进行对比研究后发现,因钻孔结构复杂,导致开孔过程效率明显偏低,复杂孔段裸露时间较长,地层因应力变化逐渐失稳,在一定程度上加大了地层稳定风险。如果简化钻孔结构,提高复杂孔段钻进效率,可大大降低坍塌可能性,为下套管创造有利条件。因此,我们大胆采取 $\varnothing 110$ mm - $\varnothing 95$ mm($\varnothing 91$ mm) - $\varnothing 77$ mm“两级套管三级成孔”工艺,采用优质冲洗液护壁,一举获得成功。

如果二级开孔中岩心采取率不能满足施工要求,可先用S77绳索取心钻具钻进到较完整地层段后再扩孔下套管。

2.2 设备及钻具选择

由于钻孔深度变化较大,我们采取了钻探设备的梯次性选择方案,一般选择HXY-44、HXY-5、

HXY-6型3种机型,根据钻孔深度进行调配使用,配备钻具依次采用 $\varnothing 110$ mm单管薄壁金刚石钻具,S95、S77金刚石绳索取心钻具。W-125、BW-250型2种泥浆泵,SGX-17、SGX-23型钻塔,SJ-1000、SJ-1500型绳索绞车等设备。

2.3 钻杆及钻头选择

考虑到地层破碎严重,孔壁必须有足够大的间隙,保证带大颗粒和部分带角砾掉块随冲洗液上返时能顺利通过,不至于产生“群体封堵”现象而无法钻进,钻头选择S77 mm复合片钻头。同时考虑到钻进该地层时,尽可能避免钻杆事故,因此,可以选择唐山金石超硬材料有限公司生产的新型XJS71加厚墩粗钻杆,该钻杆外径不变(可与原S71普通绳索取心钻杆配合使用,使用时墩粗钻杆放在下部便于与钻具配套,两部分钻杆用特殊接手连接即可,节约钻杆成本),内径由原来的61 mm减小到58 mm,同时接手外径加大到74 mm,丝扣深度由原来的0.75 mm加深到1.25 mm,钻杆强度和丝扣连接强度大大提高。

3 钻孔护壁与堵漏

3.1 钻孔护壁方法

3.1.1 开孔用泥浆

3.1.1.1 泥浆配方及性能

配方:山东潍坊产优质钠基膨润土8% + 碳酸钠0.25% + 羧甲基纤维素钠0.3% + GSP广谱护壁剂0.25%。

泥浆性能参数为:密度 1.04 g/cm³,胶体率98%以上,漏斗粘度30 s,失水量10~15 mL/30 min,泥皮厚度 <1 mm。

3.1.1.2 泥浆的配制

(1)对选材进行实验室品质鉴定。利用矿区简易泥浆实验室对所有泥浆材料进行性能检测,避免部分劣质材料影响泥浆性能。比如有纤维素粘度不够、膨润土含砂量高造浆率低等问题,导致按配方配制但使用效果不理想。

(2)必须预制浸泡。粘土、植物胶、无机物溶解过程原理不尽相同,只有按要求进行预浸泡。比如膨润土、植物胶、钠羧基纤维素浸泡时间至少8 h以上等。有的有机高分子必须浸泡12 h以上,长链才能充分展开,才能在冲洗液使用中发挥吸附和胶结孔壁等作用。

(3)要特别注意添加顺序。为避免因添加剂之间阻溶和不理想交联而导致絮凝等现象,必须先

无机后有有机,分子量由小到大等顺序添加。该加重泥浆添加顺序为纯碱-粘土-纤维素-广谱护壁剂-植物胶。

(4)搅拌要充分。各种添加剂之间的交连和作用必须具备充分的接触条件,每一种添加剂加入后至少要保持10~15 min 搅拌。

3.1.1.3 泥浆性能维护

(1)做好冲洗液性能检测,正常钻进时,每班(8 h)至少检测泥浆漏斗粘度、岩样现场浸泡1~2次,视冲洗液中有效成分消耗情况,进行及时调整。

(2)扫孔过程中产生的岩粉较多,因此冲洗液有效成分消耗加速,要加密检测次数,及时调整,一般24 h要全面更换冲洗液一次,保证冲洗液护壁能力和携带岩粉能力,防止岩粉重复循环造成卡钻、冲刷破坏孔壁和加速对泥浆泵的人为损坏。

(3)要加长泥浆循环槽长度,尽可能曲折,给岩粉充分沉降创造条件,最好在泥浆池前挖较深沉淀池,保证泥浆更好净化。抓住上下钻和投内管等时机,清理循环槽和泥浆池,防止岩粉进入泥浆循环。

(4)在泥浆循环线路附近修好排水槽,下雨时要设法盖好循环槽,防止雨水和配制泥浆过程中清水混入泥浆中,破坏泥浆性能。

(5)为了防止冲洗液浪费,机台可准备一台污水泵,将循环槽内清洁的冲洗液抽回搅拌机,根据检测情况,加入部分添加剂,恢复泥浆性能后再利用。

3.1.2 取心困难时用泥浆

钻进过程中发现,或者根据地质提供的钻孔柱状图提示,地层较破碎,可能造成取心率低时,可提前在冲洗液中加入事先预浸泡的TM植物胶2.5%(土重的比例)预置液。

其性能除护壁胶结岩心性增强外,其他性能参数不会发生变化。

3.1.3 含泥层用冲洗液

聚乙烯醇为高分子聚合物,分子量大,极难溶于水,必须在沸水中才能较好溶解。为了在现场使用方便,最好在室内事先将水烧至沸腾时,边加热边搅拌边加入聚乙烯醇干粉,加入干粉必须细流快搅,防止结团或糊锅底,配制成1.5%的预置液,装入油桶中待用。

钻遇含泥质地层时,可更换为聚乙烯醇无固相冲洗液。其配方为水:1.5%的聚乙烯醇预置液(体积比为10:1,即10份水中加入1份1.5%的聚乙烯醇预置液)。

该无固相冲洗液为中性,不会与泥浆中任何成

分发生化学反应。因此,钻遇泥质地层时,可直接更换成这种无固相冲洗液,开始循环时,将替换出的原泥浆排出循环槽外,直至将原泥浆替换完全后,再正常循环。要特别注意的是该冲洗液必须在地层不漏失的情况下使用效果更明显,因为只有在冲洗液多次循环过程中,溶解后伸展的高分子才能在泥质颗粒表面多层吸附形成较致密的保护膜,阻止水分子渗入泥质颗粒中,导致泥质层膨胀变形而坍塌。如果泥质地层漏失,必须先堵漏后使用。

3.2 钻孔堵漏

3.2.1 浅孔段堵漏方法

考虑到该矿区地层坍塌和漏失情况共存情况,在0~300 m以内,兼顾护壁与堵漏2种效果,一般宜采取下套管方法堵漏。如果下套管后钻进一段后(必须测定水位,排除非套管下部漏失),发现下部有漏失现象,此时尽可能穿过该漏失层后,起拔套管扩孔后再加长套管。实践证明,该方法较可靠,效果较好。

300 m孔深后如钻遇中小漏失,可采用锯末加聚丙烯酰胺甲盐混合堵漏。可将1.5%的聚丙烯酰胺甲盐溶液中加入1%锯末(质量与体积比),直接从孔口倒入,每次灌入量不能少于120 L,可采取多次重复灌入,经现场试用成功率较高。如果效果不佳,说明地层裂隙过大,可选择新型深孔可控浆液堵漏法。

3.2.2 新型深孔可控浆液堵漏法

DL-1、DL-2、DL-3是吉林岩科新技术开发有限公司研制的新型堵漏材料,分别适用于小、中、大裂隙堵漏,灌注方法简单,不需要水泥,凝固时间可控。根据施工中对钻孔漏失情况测定,确定该矿区地层为中等漏失。因此,选择DL-2即可。如果钻孔为渗漏地层则选择DL-1;若为大裂隙漏失则可选择DL-3。

3.2.2.1 浆材组成

DL-2堵漏剂由主剂和固化剂组成,两者同装一袋内,其中固化剂用小塑料袋包装。每袋25 kg。

3.2.2.2 性能特点

浆材为粉粒状,溶于水后为溶液,能进入细微裂隙内;浆液的凝聚时间(可称可泵期)是可以调节的;浆液凝固后的固结物强度,与每袋浆材的用水量有关,少用水则强度高。

3.2.2.3 适用钻孔堵漏条件

钻孔漏失满足下列任一条件均可使用该种浆材堵漏:

(1) DL-2 适用于封堵中等裂隙(裂隙宽度 < 2 mm);

(2) 孔内漏水层深度在 800 m 以内,孔内静水位深度 200 m 以内的钻孔;

(3) 钻进时返水或不返水的钻孔。

3.2.2.4 浆液配制

(1) 袋中主剂和固化剂,分别用容器溶解,各用水 60~80 L,即每袋浆材可配制浆液 135~175 L。加水少时固结物强度高。每次注浆可用 2 袋浆材。

(2) 小袋中的固化剂全部加入时,浆液的可泵期在 40~45 min 内,如果将固化剂中的白色粉粒称除 50 g,浆液的可泵期在 1 h 以上。

(3) 灌注前,可事先进行小样试验测定固化时间,得出固化剂加量与固化时间对应关系表,作为灌注参考。灌注时可在地面留有小样,作为判断孔内固化情况的参照。

(4) 主剂和固化剂分别用水溶解约 1 h 左右,在搅拌下把固化剂溶液加入主剂溶液中,加完记时,并立即向孔内注入。

(5) 搅配浆液之前,要做好以下工作。

① 准确量出钻孔静水位深度(h),判断漏失层的深度(H),明确本次注浆量(V)。

② 把钻头提到漏失层以上 5 m。

③ 计算从静水位到钻头这段钻杆内的水量,即:

$$Q = 10^{-3} \times (\pi/4) \times d_0^2 (H - h - 5)$$

式中: Q ——替浆水量, L; d_0 ——钻杆内径, mm; H ——孔内漏失层深度, m; h ——孔内静水位深度, m。

④ 测算钻进时冲洗液每分钟的漏失量,即注浆时浆液和替浆水的每分钟最大注入量(q , L/min)。

⑤ 计算本次注浆注完浆量(V)和替浆水量(Q)所需时间(t),以此确定浆液的可泵期:

$$t = (V + Q)/q$$

即浆液的可泵期要大于或等于 t (min)。

3.2.2.5 灌注方法

(1) 可采用孔口注入法。注浆用污水泵经孔口泵入浆液和替浆水,或者用人工孔口倒入法。

(2) 注浆结束后,钻具可少提起几米,停放待凝。待凝时间应比在地表留样的凝结时间稍长一些。

(3) 透孔时应注意不要把钻头直接插入始凝结

的浆液内。

(4) 配制浆液的操作人员应戴口罩和胶皮手套,防止微尘吸入体内。

4 结语

(1) 聚乙烯醇极难溶于水,最好在室内配制成一定比例的预置液待用。虽然使用程序比较繁琐,事先配制成预置液后,现场使用仍较方便,且成本低、效果好,值得推广运用。

(2) 聚乙烯醇无固相冲洗液必须在钻孔不漏失或漏失轻微的情况下使用效果最佳。因为溶解后的高分子链只有在循环过程中,高分子链节上的官能团与泥质颗粒多层多点吸附,才能形成比较致密坚固的保护膜,阻止水分子浸入,达到保护孔壁和岩心的作用。

(3) DL 系列堵漏方法,根据钻孔小、中、大裂隙可适当选用 DL-1、DL-2、DL-3 型配方,较水泥浆灌注具有更大的优越性,主要是不需要更长的凝固时间,一般灌注后 2 h 内可直接钻进,而且凝固时间可控,操作简单易行,效果更好。特别对于大裂隙地层效果更明显,如果用水泥浆堵漏尽管添加部分惰性材料,但还是避免不了浆液全部流失的无效结果,如果选择该 DL-3 堵漏,根据漏失层深度,调整固化时间,能保证浆液在流经大裂隙过程中逐渐固化堵塞裂隙,防止浆液流失。

(4) 钻进中对冲洗液的选择、监管、维护是成功的关键,必须牢固树立“三分技术七分管理”理念,坚持好冲洗液回灌、提下钻速度要慢、交接班要“三清”等制度。

参考文献:

- [1] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [2] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [3] 李振学. 南坪矿区复杂地层深孔钻进技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(12).
- [4] 汤志吉. 胶东半岛山后矿区复杂地层深孔绳索取心钻探的探索和应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9).
- [5] 李振学. 南坪矿区钼金矿段钻孔坍塌防治实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3).
- [6] 李振学. 莱川县多金属矿复杂地层岩心钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9).