

小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻探技术难点及对策

罗永贵¹, 王红阳¹, 刘建华²

(1. 河南省地矿局第三地质勘察院, 河南 洛阳 471023; 2. 河南省地矿局第四地质勘察院, 河南 郑州 471000)

摘要:针对小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻孔施工存在的技术难点进行分析,从钻进方法、钻孔结构、泥浆护壁、工艺措施等方面,研究出解决厚覆盖层钻孔绳索取心钻进的技术对策和措施,在生产实践中较好地解决了技术难点问题,并取得了好的经济技术效果。

关键词:厚覆盖层;技术难点;绳索取心钻进;钻孔结构;泥浆;小秦岭金矿

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)01-0027-03

Technical Difficulties of Thick Overburden Layer Drilling in Xiaoqinling Gold Mine and the Countermeasures/ LUO Yong-gui¹, WANG Hong-yang¹, LIU Jian-hua² (1. No. 3 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Luoyang Henan 471023, China; 2. No. 4 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 471000, China)

Abstract: The analysis is made on the technical difficulties of thick overburden layer drilling in Xiaoqinling gold mine; the technical countermeasures are researched to solve the problems in thick overburden layer wire-line core drilling in the aspects of drilling methods, borehole structure, wall protection with mud and process measures, which have brought good effects in the practice.

Key words: thick overburden layer; technical difficulty; wire-line core drilling; borehole structure; mud; Xiaoqinling gold mine

1 存在问题

小秦岭金矿田北矿带 F5 矿脉深部普查钻探工程的大湖矿区和桥上寨矿区,位于小秦岭山脉北麓山前基岩与黄土层的交接带上,属山前黄土塬区,为秦岭地区沟槽切割带,厚覆盖层区域正处在山前沟槽带上,上覆地层由冲积、洪积、崩积层组成,覆盖层中块石、砂砾、粘土等交替堆积,贯穿于整个覆盖层中,岩层条件极其复杂。该区域设计钻孔深度多在 1200~1500 m 间,覆盖层厚度约 700~930 m。

近年来,多家钻探施工单位在该覆盖层区进行钻探施工,无论是普钻还是绳索取心钻进,断钻杆、卡钻、埋钻、塌孔等事故屡见不鲜,甚至因某种孔内事故导致报废大量的钻探工作量,北矿带大湖矿区就曾出现过钻进 920 m 覆盖层,钻孔报废移位多次,施工时间长达 14 个月的典型钻孔,厚覆盖层钻探施工成为制约该矿区钻探施工效率和钻探经济效益的技术难点。据此,针对北矿带厚覆盖层存在的主要难点,开展技术研究,探讨出解决厚覆盖层绳索取心钻进的对策。

2 问题分析

2.1 地层因素

北矿带厚覆盖层是由块石、砂砾、粘土等交替堆积而成的,块石砾径多在 100~1000 mm,

块石含量约在 30%~40%,与粘土频繁交替出现于覆盖层段,块石成分主要为石英岩、花岗岩、片麻岩等,每层块石厚薄不等,大小不均,松散分布且坚硬。当这种覆盖层被钻开形成新的孔眼后,孔壁便形成了自由面,新孔壁的块石就失去了被钻掉岩石或土层的支持而丧失平衡,在岩层水平侧压力和冲洗液冲蚀的作用下,松动的块石就会向孔内移动,特别是砾径较小的坚硬块石,遇水分散、剥落的粗砂砾层及遇水膨胀的软弱层,钻进中极易出现掉块、坍塌、悬砂、缩径及“大肚子”等现象,进而造成断钻杆、卡钻、埋钻等事故。

2.2 工艺因素

2.2.1 钻孔结构不合理

在以往该区域厚覆盖层的钻探生产中,为提高效率,一般都以绳索取心钻进为主。由于绳索取心钻进,必须下套管隔离上部覆盖层孔段,则采用多级口径开,下多层套管的钻孔结构形式,所形成的覆盖

收稿日期:2013-07-24

作者简介:罗永贵(1957-),男(汉族),四川威远人,河南省地矿局第三地质勘察院高级工程师,钻探工程专业,从事地质岩心钻探技术及管理工作,河南省洛阳市洛龙区关林南路 74 号院,lyg19900@163.com。

层段钻孔结构较为复杂。以往厚覆盖层施工典型钻孔结构如下。

一开:Ø150 mm 口径金刚石单管钻至 10 m 左右,下入 Ø146 mm 孔口管。

二开:Ø130 mm 口径金刚石单管钻至 200 ~ 300 m,下入 Ø127 mm 表层套管。

三开:Ø113 mm 口径金刚石单管钻至 500 ~ 600 m,下入 Ø108 mm 技术套管。

四开:Ø94 mm 口径金刚石单管钻至基岩后(700 ~ 930 m),下入 Ø89 mm 技术套管。

五开:Ø77 mm 口径金刚石绳索取心钻进至终孔。

以上钻孔结构,其指导思想明显是考虑为了厚覆盖层钻进的孔内安全,以多层套管隔离的方式来保证钻孔在覆盖层中顺利延伸。但生产实践证明,这种钻孔结构在该类型覆盖层钻进是不合理的,一是开孔级数过多,材料消耗大,特别是需耗费大量的套管,造成钻探成本过高;二是由于覆盖层中含大量的坚硬块石,Ø130 mm 口径和 Ø113 mm 口径钻进孔段过长,势必导致回转阻力大,钻杆在孔内的工作状况恶劣,钻进效率降低;再者,口径大则环空增加,泥浆上返速度降低,排渣效果也会受到影响。因此,无论使用 Ø50 mm 钻杆还是 Ø71 mm 绳索取心钻杆,都会导致钻杆折断、悬砂埋钻及粗径钻具卡钻等事故。北矿带厚覆盖层钻进中,事故频发孔段多在 400 ~ 700 m 间,很能说明问题所在。

2.2.2 泥浆类型与地层不适应

厚覆盖层中千篇一律地使用一种类型泥浆,并且对泥浆性能没有做针对性的了解和调整,所以钻进中常出现掉块、坍塌、缩径、超径等问题,甚至钻具在孔内短暂的滞留都会造成卡钻、埋钻事故,这多数是由于泥浆性能与覆盖层中岩层成分不相适应,以及排渣、除渣效果不好造成的。

2.2.3 施工周期过长

在松散的块石层、砂砾层及水敏性、水溶性强的地层中,孔壁的破坏是有个变化过程的,即需要一定的时间。厚覆盖层施工周期长,钻孔裸眼浸泡时间长,孔壁破坏就越严重,越容易出现复杂问题。所以在太湖金矿区覆盖层施工中,个别机台往往钻探效率愈低,事故率愈高,就是这个原因。

2.2.4 钻进方法及钻杆选择问题

在北矿带覆盖层钻探施工多采用普通钻进与绳索取心钻进混合钻进法,即覆盖层部分采用 Ø50 mm 外丝钻杆普通金刚石钻进,基岩以下采用绳索

取心金刚石钻进至终孔。但由于 Ø50 mm 钻杆在孔内的工作状况决定了其对孔壁稳定存在扰动作用,从而加剧钻孔超径。

3 解决方法及技术对策

为了改变北矿带厚覆盖层钻探施工效率低、事故多的局面,我们在采用同样的钻探设备及工艺的基础上,针对该矿区厚覆盖层的特点进行了专项钻探技术研究。

3.1 钻进方法选择

根据北矿带覆盖层成分复杂且厚以及设计孔深较大的特点,为提高全孔钻进效率,仍采取“普钻 + 绳钻”的混合钻进方法。全孔采用 Ø71 mm 绳索取心钻杆钻进,可免去配置大量 Ø50 mm 外丝钻杆产生的费用;可减少 Ø50 mm 钻杆多弯曲点对孔壁造成的扰动超径;可避免 Ø50 mm 外丝钻杆易发生的粗径钻具卡钻、埋钻事故;可避免打捞事故钻杆过程中,Ø50 mm 钻杆易出现找不到头的弊病。覆盖层钻穿下入套管后,清洗绳索取心钻杆内壁,即可转入绳索取心基岩钻进。

3.2 优化钻孔结构设计

依据厚覆盖层钻孔绳索取心钻进必须下套管的特点,并结合煤田钻探一径裸眼到底的施工技术,优化出北矿带厚覆盖层钻孔结构。

一开:Ø130 mm 口径钻至 10 m 左右,下入 Ø127 mm 孔口管稳定孔口缩径。

二开:Ø113 mm 口径钻至 200 ~ 300 m,下入 Ø108 mm 表层套管,隔离覆盖层上部塌落堆积的较大块石层,消除该孔段因大孔隙度带来的浆液漏失问题缩径。

三开:Ø94 mm 口径钻至基岩(700 ~ 930 m),下入 Ø89 mm 技术套管,隔离全部裸眼覆盖层孔段,为基岩绳索取心钻进创造必须的工作环境。

四开:Ø77 mm 绳索取心钻进至终孔。

从以上钻孔结构看出,这种钻孔的特点就是在厚覆盖层中减少了大径的进尺长度,加大了 Ø94 mm 口径进尺长度,缩小了孔壁形成的自由面。这样就可以提高孔壁的稳定性的,可以实现绳索取心钻杆与钻孔的级配更加合理,可以减少必须下入孔内的套管数量,最终达到在厚覆盖层中钻进既安全又经济的目的。

3.3 泥浆护壁技术措施

北矿带厚覆盖层钻孔,属受堆积物、覆盖压力及孔隙压力引起的不稳定地层,在覆盖层钻进中,出现

掉块、坍塌、缩径、超径等问题,多数都是由于泥浆性能与地层岩性不相适应造成的。对于不稳定地层,只有泥浆液柱压力与地层压力能保持相对的平衡,才能使低失水量泥浆在钻进中取得良好的防塌效果。经过对该区域厚覆盖层成分及性质进行分析认为,虽然覆盖层由滚石、碎石、粘土、砂砾等组成,但滚石、碎块石间均有粘土充填,只要保证层间、空隙间粘土质成分不被溶蚀分散,孔壁上的碎石就不会产生掉块,也就不会发生大的坍塌。

3.3.1 PHP-HPAN-KHm 低固相泥浆

覆盖层 0~300 m 使用 PHP-HPAN-KHm 低固相泥浆。该泥浆即由聚丙烯酰胺、聚丙烯睛组成的聚合物低固相“双聚”泥浆,是指泥浆主要由 PHP 与 HPAN 为泥浆性能调节剂,是煤田钻探常用的护壁泥浆,能较好地抑制粘土岩、泥岩等岩层因水化膨胀、剥落而造成的孔壁缩径、坍塌等问题。

3.3.2 PHP 磺化沥青(F-T1)低固相泥浆

覆盖层(300 m)~基岩面(700~930 m)是整个覆盖层的关键孔段,试验使用 PHP 磺化沥青低固相泥浆,以抑制粘土、碎石层、砂砾层等遇水分散,成颗粒状剥落,确保该孔段孔壁稳定。

磺化沥青中大部分物质是水溶性的,小部分是水不溶性的,其主要作用机理如下。

(1)水化膜作用:磺化沥青的水溶性部分是沥青中一些稠环芳烃类化合物和杂环类化合物的一些氢原子被磺酸基取代而生成的,在水溶液中易水化的磺酸根阴离子基团通过化学作用吸附在粘土颗粒或页岩边缘,形成具有一定机械强度的水化膜,阻止自由水进入粘土或泥页岩,抑制粘土膨胀和页岩分散,减少泥页岩坍塌的可能性,起稳定井壁的作用。

(2)物理封堵作用:不溶于水的沥青粒子靠物理吸附或覆盖作用减少自由水进入软弱岩层,抑制软弱岩层分散和坍塌。

PHP 磺化沥青低固相泥浆在磺化沥青物化性质作用下,通过钻孔内存在压差和孔壁固有的渗透性,泥浆经失水后粘土微粒、吸附有磺化沥青分子的粘土微粒、磺化沥青微粒,以及未磺化沥青微粒将一起沉降在孔壁上,形成薄而韧具有可压缩的泥饼,这种泥饼具有隔水性,从而保证覆盖层孔壁的稳定。

覆盖层钻进所用以上 2 种泥浆性能须具备要有较高的粘度和切力,以满足钻渣携带和护壁效果。较为适合的泥浆性能为:密度 1.08~1.12 g/cm³,粘度 25~28 s,失水量 < 15 mL/30 min。若覆盖层钻进出现掉块或含砂量增大现象,还应当适当提高泥浆

密度,保证压力差钻进,以防止膨胀应力释放,将易剥落的砂砾、块石推入孔内。

3.4 工艺技术措施

3.4.1 选择合理的钻进参数

钻杆在孔内工作时,造成钻杆柱有一定的质量偏离回转中心,这些偏心质量在回转运动中则产生离心力促使钻杆柱弯曲。在覆盖层钻进中,其松散、软弱层段极易造成钻孔超径,当使用绳索取心钻杆钻进覆盖层超径段时,绳索取心钻杆由于其外壁薄,抗弯刚度小的原因,在离心力、纵向压力和扭矩的联合作用下产生弯曲应力,这种弯曲应力是造成钻杆折断的重要原因之一。因此,厚覆盖层钻进参数应采用较低的转速和压力,较大的泵量为宜。

3.4.2 提钻回灌钻孔

避免提钻时冲洗液柱下降,造成地层压力与孔内液柱之间的压力差,使孔壁坍塌;控制起下钻速度,减少起下钻具对孔壁产生的抽吸作用和压力“激动”。

3.4.3 停待时钻具提离孔底

钻进过程中,当出现机械故障或其它原因需短暂的停钻处理时,应将孔内钻具提离孔底 50~100 m,以防钻渣及吸附埋钻、卡钻事故。

3.4.4 加强地表泥浆净化工作

采用化学沉渣法与自然沉渣法净化泥浆,确保泥浆始终处于良性循环状态。

4 生产应用效果

通过分析大湖矿区以往覆盖层中钻探施工存在的技术问题和工艺措施问题,并按照研究出的解决办法和技术对策,于 2013 年 3 月选择在北矿带的大湖矿区 ZK12011 孔和桥上寨矿区的 SZK613-1 孔进行生产试验,均达到了较好的经济技术效果(见表 1)。

表 1 小秦岭金矿田北矿带覆盖层典型钻孔施工情况

| 年份 | 矿区名称 | 孔号 | 覆盖层厚度/m | 台月数/个 | 台月效率/m | 孔内事故率/% | 使用钻杆 |
|------|------|----------|---------|-------|--------|---------|--------|
| 2012 | 大湖 | SZK1308 | 922 | 14 | 65.85 | 71.4 | Ø50 外丝 |
| | 桥上寨 | SZK613 | 720 | 4.5 | 165 | 33.3 | Ø50 外丝 |
| 2013 | 大湖 | ZK12011 | 870 | 1.8 | 483 | 3.7 | Ø71 绳索 |
| | 桥上寨 | SZK613-1 | 701 | 1.7 | 412 | 5.9 | Ø71 绳索 |

注:2012 年 SZK1308 孔因事故移位 2 次,ZK613 因事故报废移位;2013 年 SZK613 报废移位后形成 SZK613-1

从表 1 可看出,针对小秦岭北矿带厚覆盖层钻进难点所研究的技术对策,大幅度地提高了钻探效率,

(下转第 32 页)

料对比,已经进入目的层,决定起钻更换 0.75° 螺杆进入水平段施工。

4.5 水平段轨迹控制

水平段控制要求钻具有较强稳斜能力,并能够满足地质导向要求随时调整井眼轨迹的应变能力^[4],水平段钻具稳平能力直接影响水平段的钻井速度,如果稳平效果好,复合钻进方式就比定向钻进方式多,所以钻具稳平能力好可以提高水平段的钻井速度。因此水平段施工采用倒装钻具组合,以 0.75° 单弯螺杆为主力工具配合LWD随钻地质导向钻井技术,钻头以MD系列牙轮为主,按照勤调、少调原则,每个单根定向2 m左右,其余全部复合钻进,满足了轨迹控制需要,使实钻轨迹在纵向和向上不偏离靶区范围,直至钻进至井深4955 m完钻。

5 现场施工效果

徐深21-平1井完钻斜深4955.00 m,垂深3909.42 m,水平位移1478.03 m,水平段长905.00 m,该井创造了大庆火山岩水平井施工井深最深,水平位移最大,水平段最长等多项纪录。设计与实钻指标见表2。

6 结论与建议

(1)轨迹剖面设计采用七段制结构,设计最大造斜率 $5^\circ/30$ m,利于井眼轨迹控制与钻井安全。

(上接第29页)

缩短了覆盖层钻进周期;设计的泥浆针对性强,护壁、排渣效果好,ZK12011孔曾因机械故障在覆盖层停待3天时间后,仍能下钻一次到底;极大地降低了孔内事故,由于使用外平绳索取心钻杆钻进,减轻了钻杆对孔壁的扰动,即便出现钻杆断脱事故,均能准确对锥打捞;优化掉一级开孔口径,减少了大径进尺数量,节约了大量套管费用。生产实践证明,北矿带厚覆盖层钻探技术措施可靠,技术经济效果显著。

5 结语

通过对小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层绳索取心钻进技术研究,体会到,对所钻遇的复杂地层的复杂程度要及时地进行分析,寻找出复杂地层的内在规

表2 设计与实钻技术指标对比

| 项目 | 斜深 /m | 垂深 /m | 井斜角 /($^\circ$) | 方位角 /($^\circ$) | 闭合方位 角/($^\circ$) | 视平移 /m |
|-------|----------|----------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------|
| 靶点 设计 | 4052.45 | 3784.77 | 80.96 | 185.26 | 185.26 | 583.70 |
| A 实钻 | 4052 | 3785.71 | 79.71 | 188.15 | 185.41 | 585.00 |
| 靶点 设计 | 4777.81 | 3898.77 | 80.96 | 185.26 | 185.26 | 1300.05 |
| B 实钻 | 4955 | 3182.88 | 86.00 | 187.88 | 185.47 | 1478.03 |

(2)建议地质部门准确掌握气藏构造、深度,建立精细地质模型,保证钻井施工顺利进行。

(3)在登二泥岩段应用螺杆+PDC钻头侧钻获得成功,为以后深层水平井侧钻奠定了基础。

(4)水平段控制采用 0.75° 螺杆倒装钻具组合,按照早调、少调、勤调的原则,有利于水平段平稳控制。

参考文献:

- [1] 宫华,李国华,邓胜聪,等.大庆油田火山岩砾岩水平井钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):19-22.
- [2] 窦玉玲.长水平段大位移井井眼轨道优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):50-52.
- [3] 董志辉,胥豪.长水平段水平井井眼轨道优化设计方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):35-37.
- [4] 董广华.金31-平2阶梯式水平井井眼轨迹控制技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):30-33.
- [5] 李广江.宁东3-侧1井套管开窗侧钻定向工艺技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):29-32.
- [6] 隆东,张新刚,岳刚,等.H024U井施工工艺及精确中靶技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):5-8,12.

律,症结所在,从钻进方法、钻孔结构、技术措施、工艺措施等方面,研究出解决复杂地层钻进技术难点的对策,才能获得好的钻探经济技术效果。

参考文献:

- [1] 李振学,王力功.南坪矿区钨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).
- [2] 陈金照.大河煤田钻孔复杂因素分析及施工技术对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).
- [3] 郑力会,等.钻井用仿磺化沥青防塌剂的性能与作用机理[J].油田化学,2005,22(2).
- [4] 鄢泰宁,等.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [5] 张春波,等.绳索取心钻探技术[M].北京:地质出版社,1985.
- [6] Н.Д.米哈依洛娃.岩心钻探技术设计[M].屠厚泽,译.湖北武汉:中国地质大学出版社,1988.