

厄立特里亚 Zara 金矿大角度斜孔钻探施工技术

王洪涛, 罗伟, 焦卫兵, 李希军

(华北地质勘查局五一四地质大队, 河北承德 067000)

摘要:介绍厄立特里亚 Zara 金矿大角度斜孔钻探施工情况,重点针对防斜保直钻进技术要求、复杂地层护壁堵漏、“打滑”地层提速增效等钻探技术进行实践探索。阐述了钻具组合合理配置、冲洗液使用工艺、钻进参数合理选择、钻头合理选用等方面技术措施。在初次完成大角度斜孔钻探施工中摸索和积累施工经验,为今后类似项目的进一步开展打下技术和管理基础。

关键词:大角度斜孔;Q 系列绳索取心钻进;防斜保直;护壁堵漏;冲洗液;“打滑”地层;厄立特里亚 Zara 金矿
中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)06-0007-06

Drilling Construction Technology of Large Angle Inclined Hole in Zara Golden Deposit in Eritrea/WANG Hong-tao, LUO Wei, JIAO Wei-bing, LI Xi-jun (514 Brigade of North China Geological Exploration Bureau, Chengde Hebei 067000, China)

Abstract: The drilling construction situation of large angle inclined hole in Zara golden deposit in Eritrea is introduced. The practice and exploration are carried out on the requirements of hole deviation control technology, hole wall protection and plugging in complex formation, drilling efficiency improvement in slipping formation and some more drilling technologies. Rational configuration of bottom-hole assembly, washing fluid using technology, drilling parameter selection and bits selection are demonstrated. The exploration process and construction experience will be the foundation of similar projects in the future.

Key words: large angle inclined hole; Q series wire-line core drilling; deviation control; wall protection and plugging; washing fluid; slipping formation; Zara golden deposit in Eritrea

1 工程概况和地质概况

1.1 工程概况

厄立特里亚 Zara 金矿钻探项目是我队的华勘五一四钻探公司(厄立特里亚)与上海外经(集团)有限公司的 Zara 矿业股份有限公司(简称 ZMSC)签订的钻探详查项目。预计工作量 11000 m,主矿区孔深 200~500 m,外围矿区孔深 80~200 m,设计倾角均为 45°~55°。工期 12 个月。

该项目工作区位于首都阿斯马拉的西北部的安塞巴区的萨赫勒山,直线距离大约 185 km,实际交通距离 360 km,大部分为石子路和乡村便道,交通不便利,地理位置见图 1。矿区面积 9.56 km²。Zara 金矿周围地区的特点是极其崎岖地形的落基山脉,20~30 km 宽,最高海拔达到 1800 m。主要由广泛的永久性河谷分离和一小段地表可流动河谷组成。该山脉相对高差较大,气候炎热干燥,年平均气温 28℃,最高气温达 40℃以上,年均降水量不足 400 mm。雨季主要集中在 7—9 月份,其余时间均为旱

季。地表耕土极少,岩石几乎完全裸露,植被发育极差。可用水源地(水井)距离施工现场 4 km。现场施工情况(见图 2)。



图 1 Zara 金矿地理位置图

1.2 地质概况

厄立特里亚地质背景由 3 部分组成:下部是前寒武系的基底岩石,之上不整合覆盖有中生界的

收稿日期:2015-10-31; 修回日期:2016-05-15

作者简介:王洪涛,男,汉族,1968年生,总工程师,探矿工程专业,从事岩石钻探、岩土工程等技术及施工管理工作,河北省承德市双桥区山神庙沟 1 号,1240495740@qq.com。



图2 现场施工图

沉积岩和第三系到第四系的火山岩和沉积岩。

该矿区主发育绿泥石片岩、绢云母片岩、中粗粒花岗岩、闪长岩和辉长岩。岩石硬度多数介于6~7级,局部有9级。代表性岩石有:含角闪石、云母、石英的板岩、千枚岩、片岩,含石英粒的灰岩,粗粒花岗岩,闪长岩,斑岩,辉长岩,石英粗面岩,角闪石斑岩,含长石的石英砂岩等。工作区内含石英的地层分布广、厚度大、裂隙发育。钻孔均有不同程度的漏失。含长石的石英砂岩致密坚硬,片岩地层片理、节理发育略有破碎。硬岩岩心、破碎岩心如图3、图4所示。



图3 硬岩岩心



图4 破碎岩心

2 钻探施工难点

(1)该工作区矿层产状较陡,地质设计钻孔均为斜孔,且倾角在 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 。给钻孔防斜、钻孔护壁堵漏、“打滑”地层钻进及套管的放置和起拔带来极大困难。

(2)开孔0~20 m岩石胶结性差、松散、破碎,易坍塌、易渗漏。下部岩石较完整,但致密石英岩、长石砂岩等硬岩较多,可钻性8~9级,研磨性弱。矿层多在石英岩里,岩石多破碎、漏失。故能否解决好冲洗液护壁堵漏和润滑减阻性能是重点。

(3)千枚岩地层产状陡,软硬互层变化频繁,钻孔跑斜严重。现场地质技术管理工作由当地专业地质工程师全面负责,对测斜要求严格,现场跟班随钻进行测斜和岩心定位,每30 m还要定点测斜一次,方位角和倾角最大允许偏差 $\geq 3^{\circ}/100$ m。

3 钻进工艺

3.1 钻探设备^[1]

该工作区采用YDX-3L型、CSD-1300G型岩心钻机各1台;YH20CGF型发电机组2台(送水用),YH30CGF型发电机组2台(现场用);BW-250型泥浆泵2台(送水用),BW-160型泥浆泵2台(送水用); $\varnothing 93$ mm直连套管500 m,钻杆、钻具由华北地质勘查局247地质大队钻具厂生产,PQ系列、HQ系列和NQ系列若干。Q系列钻具主要规格参数如表1所示^[2]。

表1 钻具主要规格参数

钻具型号	钻杆规格/mm		钻头规格/mm	
	外径	壁厚	内径	外径
NQ	70.1	5.05	47.6	76
HQ	89.0	5.60	63.5	96
PQ	114.3	6.30	85.0	122

3.2 钻孔结构及钻进方法^[3]

该工作区采用 $\varnothing 122$ mm单管钻具开孔,约6 m后使用 $\varnothing 122$ mm绳索取心钻具钻至完整岩石,大约20 m,入完整岩石5 m以上下入 $\varnothing 114$ mm钻杆当套管使用。然后变径使用 $\varnothing 96$ mm绳索取心钻具钻进。为了防止钻孔弯曲,均钻至设计孔深的一半以上,下入 $\varnothing 89$ mm钻杆或 $\varnothing 93$ mm直连套管。最后变径使用 $\varnothing 76$ mm绳索取心钻具钻进至终孔。

3.3 冲洗液的配置与维护^[4]

3.3.1 冲洗液的配置

由于当地物资匮乏,现场冲洗液材料准备比较全面。主要有粘土,火碱,聚丙烯酰胺,中粘 Na - CMC, 803 堵漏剂,腐植酸钾,防塌剂(RH 润滑型), 06 型高效润滑剂,切削膏等。

为了防斜保直钻进,开孔采用干钻方法,边钻进边从井口倒入搅拌好的粘土含量 20% 的稠泥浆进行护壁,钻进 4 m 以后使用泥浆泵能工作的稍稠泥浆钻进。粘土含量 $\leq 8\%$ 。具体配方:1 m³ 水 + 8% 粘土 + 0.1% 火碱 + 0.1% ~ 0.3% 中粘 - CMC + 0.3% ~ 1% 腐植酸钾。此配方冲洗液有利于提高岩石颗粒胶结力和孔壁强度,粘度适度控制,流动度好,能够避免冲刷孔壁,上下钻时能够避免抽吸孔壁。

完整岩石层采用无固相冲洗液,只要满足金刚石绳索取心钻进对冲洗液的要求,主要考虑润滑减阻性能即可。采用配方为:1 m³ 水 + 0.1% PAM + 0.5% 中粘 - CMC + 1.5% 06 型高效润滑剂。切削膏放入泥浆池浸泡使用。

矿层、破碎、渗漏地层主要考虑冲洗液堵漏和润滑减阻性能,大角度斜孔钻进决不允许不返水顶漏工作。危害是钻具的磨损加剧、破坏井壁稳定、钻机扭矩增大,还容易产生孔内事故。故采用冲洗液配方为:1 m³ 水 + 0.1% PAM + 0.5% 中粘 Na - CMC + 1% 防塌剂(RH 润滑型) + 2% ~ 3% 803 堵漏剂 + 1.5% 06 型高效润滑剂。该冲洗液是充分利用高分子聚合物的造浆性好、悬浮力强、润滑效果好及网状结构对井壁的胶结黏附性能,容易在钻杆与井壁间形成一层润滑膜,起到润滑减阻的作用,加入 803 堵漏剂能够加强堵漏的有效性、持久性和稳定性。

3.3.2 冲洗液的维护^[5]

(1) 各种聚合物在使用前须经过不少于 24 h 的预水化处理,配制成浓度为 5% 的溶液备用,使用时按照分子量从大到小的顺序加入适量的各种聚合物溶液到搅拌机进行搅拌,充分搅拌均匀后方可使用。

(2) 根据场地条件,尽量加长泥浆循环槽的长度,拐角处设沉淀坑,及时对有害固相进行清除。在此基础上还可以采用增加一个泥浆池的办法,用于快速沉淀泥浆的固相有害物质。

(3) 严格做好上返泥浆性能测定工作,每班至少测 2 次,并认真记录测定数据。复杂地层或发现井内异常适当增加测定次数。

(4) 严格控制泥浆性能指标,及时调整不符合钻进要求的泥浆,确保泥浆有良好的护壁、堵漏、润滑减阻、排粉等效果。

3.4 测斜仪的选定

由当地专业地质工程师指定使用澳大利亚 CAMREQ 公司生产的 Proshot Hire Kit PS - 501 型的测斜仪(见图 5)。在技术性能方面,此种测斜仪与国产 CX - 6B 型陀螺测斜仪相近,主要技术指标对照见表 2。二者相比较,Proshot Hire Kit PS - 501 型的测斜仪具有测量范围大、测量精度高、操作简便的特点。



图 5 Proshot Hire Kit PS - 501 型的测斜仪

表 2 测斜仪主要技术指标对照

型号	顶角测量/(°)		方位角测量/(°)		探头/mm		适用钻孔范围		工作条件		数据采集
	范围	精度	范围	精度	外径	长度	直径/mm	深度/m	温度/°C	电压/V	
Proshot Hire Kit PS - 501	0 ~ 90	±0.1	0 ~ 360	±0.5	35	800	≥40	0 ~ 2000	-10 ~ 70	直流 9	手持器
CX - 6B	0 ~ 60	±0.1	0 ~ 360	±2.0	40	1100	≥50	0 ~ 1500	-10 ~ 50	直流 9	电脑

岩心定向仪使用澳大利亚 ORETELL 公司生产的型号为(NQ) O. T. KIT. 995 型(见图 6)和(HQ) O. T. KIT. 1071 型 2 种。此种仪器连接在内管上头后,通过手持器进行定位,取上岩心后通过手持器再次定位岩心,在岩心底部做标记。具体操作工作见图 7。此仪器可测知取心点处钻孔的顶角、方位角和岩心定向标志线的方位角三个数据。按此数据把取出的岩心放置在专门设计的岩心产状测量器上进

行复位。从仪器上即可判断出岩心所处层位的产状。钻进过程中操作人员还可以根据手持器上显示的钻孔的方位角和倾角的变化趋势,随时调整钻进参数。

4 钻孔防斜保直技术

大角度斜孔施工跑斜的主要原因有:(1)地层的产状、软硬互层、完整程度的影响;(2)钻具组合



图6 NQ岩心定向仪



图7 岩心定向操作工作图

配置的合理程度和重力作用下整套钻具靠井壁侧转动的影响;(3)钻进参数选择的合理性和执行的灵活性不到位造成钻具工作不稳定的影响。

为了保证大角度斜孔施工测斜质量满足地质设计要求,应做好以下几项工作。

(1)钻机安装一定要做到稳定、水平、牢固。场地受力部位要夯实或用水泥加固,然后用横截面积 $\leq 250\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ 、长度 $\leq 600\text{ mm}$ 木方垫在钻机支撑腿下。调整好倾角的桅杆下端同样用木方以与桅杆垂直的角度垫实,确保桅杆的倾角得到稳定的控制^[6]。

(2)钻具组合配置的合理程度是指选择的钻具管材、钻头、扩孔器、扶正器的质量能否满足大角度斜孔施工的需要;钻头、扩孔器、扶正器的尺寸配置是否合理;扶正器的放置位置和数量的选择是否合适;钻具丝扣的加工精度(同心度和公差尺寸)对孔斜的影响也不容忽视。保直组合钻具的扶正器应等距离布置于钻杆之间,使整个钻具在钻孔中达到

“满、刚、直”,减小钻头的摆动和对孔壁的切削作用,达到保直钻进的目的^[7]。

(3)钻进参数的选择对大角度斜孔施工的保直钻进影响也相当大。开孔时,根据地层特点采用干钻方法,同时在夹持器处安装一个钻杆紧密中心定位装置,控制钻进方向,钻具逐渐加长至4 m。钻进参数采用轻压、慢转、小泵量。完整地层根据已完工钻孔的测斜数据及钻机仪表盘记录的数据确定该工作区NQ钻具合理的钻进参数为:钻压8~10 kN,转速500~650 r/min,泵量40~60 L/min。HQ钻具采用NQ的上限值即可。钻进“打滑”地层、裂隙破碎地层及软硬差别大的互层地层时,应降低转速,以减少钻具振动,延长钻头寿命,防止孔斜^[8]。

(4)大角度斜孔施工中,在钻机、钻杆扭矩允许的情况下,大径钻具应尽量多钻进,因为大径钻具控制孔斜的效果好。且每次变径都要下入相匹配的套管,套管除起护壁堵漏的作用外,还有导正和减阻的作用,有利于后续工作的保直和提速钻进。

(5)控斜技术还可采用套管定位的方法(适用于PQ和HQ钻杆当套管使用时)。每次变径前如发现钻孔偏差值沿某方向逐渐增大或接近技术要求的极限时,在套管底端外侧焊铁板,宽度4~5 cm,厚度取决于井壁间隙、偏斜程度的大小。然后用测斜仪定位铁板方向。此方法控斜趋势比较好,但想达到精确控制较难^[9]。

5 护壁堵漏技术

5.1 随钻堵漏

钻进过程中发现返浆量变少时,可采用随钻堵漏的方法。在正常使用的冲洗液中加入803堵漏剂,或者用高浓度的PAM+803堵漏剂+锯末从钻杆口倒入,然后利用泥浆泵将堵漏材料压入漏失层的细小裂隙中,达到堵漏的目的^[10]。

5.2 静压堵漏

在冲洗液无法堵漏的中等裂隙情况下,采用高浓度803堵漏剂+水泥+锯末,使其达到低流动度状态,从钻杆口灌入孔内,然后上钻将钻头用木塞堵住,再下钻进行挤压,静凝6 h后进行扫孔、清孔钻进。此方法在该工作区使用多次均起到堵漏的目的。此方法优点是候凝时间短,不会出现灌注水泥和扫水泥的孔内事故。

5.3 水泥浆堵漏^[11]

漏失严重、坍塌掉块的孔段采用灌注水泥浆的方法进行护壁堵漏。在物资匮乏的国外很难采购到高标号的水泥。故只能在灌注工艺允许的条件下尽量降低水灰比来提高灌注水泥的质量,一般控制在0.48~0.49。护壁堵漏效果较好。

5.4 套管护壁堵漏

本项目为了保直钻进,每个钻孔下入设计深度一半以上的套管。套管在防止地层漏失、坍塌掉块等方面也起到重要作用。在大角度斜孔施工中,套管安放的质量直接影响钻探施工的钻进效率和成本。套管正确安放与起拔的措施如下。

(1)大角度斜孔的套管紧贴孔壁底侧,施工过程中钻具的冲击震荡使套管上方的破碎岩石下落,易抱住或卡住套管,为了便于起拔应尽量选择直连的或接箍与套管外径相同的套管。

(2)各级套管安放前,用调制好的新浆替换孔内泥浆,将孔内岩粉排净,必要时可用钻具上下试探一遍,看是否畅通。然后再下套管。

(3)下放套管时,必须检查丝扣的完好程度,连接时注意丝扣的拧紧程度。为了能够顺利起拔,套管外一定要涂抹润滑剂,石墨粉和锂基脂黄油混合物比较好。

(4)套管下放好,井口必须做好密封工作,防止岩粉进入。

(5)套管起拔时,钻机自身提不动使用起重机时必须用主动钻杆与套管连接再起拔。防止起重机倾斜。

6 “打滑”地层钻进技术

6.1 金刚石钻头、扩孔器的选择

通过使用对比试验,确定唇面形状为齿轮型、梯齿型;胎体硬度为HRC15~20;金刚石粒度60~80目的孕镶钻头使用效果最好。这两种唇面形状钻头与岩石接触面积小,同等压力条件下比压值高,易切入岩石而进尺。但不宜采用孔内投磨料修磨法^[12]。

金刚石扩孔器应选择有聚晶保径的电镀扩孔器,扩孔器外径要比钻头外径大0.15~0.3 mm。

6.2 金刚石钻头预磨法

在钻孔浅部强研磨地层钻进时,将胎体硬度HRC25~30的新钻头下入孔内钻进,利用进尺快产生的大量粗粒岩粉使金刚石钻头快速出刃,一般钻

进5~10 m即可。然后上钻换下磨好出刃的钻头,换另一新钻头下入孔内重新研磨出刃,如此储备出刃良好的金刚石钻头用于“打滑”地层钻进。另外,在软硬互层钻进时,对孔底岩石的软硬情况作出准确判断,利用软岩层研磨钻头的胎体,使钻头自锐出刃,钻进软岩下部的“打滑”地层。

6.3 孔内投磨料修磨法

在钻进硬岩石进尺缓慢时,通过钻杆向钻孔内投入细小的磨料(现场选择与岩心硬度相近或更高的岩石砸成1~2 cm的碎块),通过这些磨料使钻头胎体磨损,从而使钻头唇面上的金刚石出露。操作时使用低转速、小泵量、高钻压进行研磨,间隔1~2 min将钻具上下往复窜动3~5次。也可以不给水进行研磨,但需要掌握好尺度。还可以用污水泵搅拌泥浆池,使岩粉随冲洗液进入孔内循环工作,加速钻头胎体磨损使金刚石出刃^[13]。

7 钻探技术和经济效果

厄立特里亚 Zara 金矿钻探项目投入全液压力头钻机2台套,通过钻探工艺的优化组合和不断改进,初步解决了矿区地层复杂、钻孔倾角大、钻进技术指标要求严格所造成的施工技术难题。在工期1年内共完成钻孔32个,累计完成工作量8200 m。全部符合地质设计要求。完成的部分钻孔施工情况见表3。

8 结语

本项目钻孔成孔率100%,各项指标均满足地质设计技术要求,在施工过程中获得了一定的大角度斜孔的施工经验,但仍需继续总结、学习、研究,进一步完善、改进和提高,促使工程质量和施工效率进一步提高。

针对大角度斜孔钻探施工的难点,应着重提高以下几方面的施工技术措施:根据地层情况和地质技术要求确定合理的、实用的、经济的钻孔结构;采用管材质量好的钻具、组合配套要合理,进口管材的钻具在保直钻进方面会更好一些;加强冲洗液材料性能和配置工艺的学习,配制适用不同孔段、不同地层的优质冲洗液,且做好维护工作,确保冲洗液的性能稳定;钻进技术参数还需细心摸索和总结,要做到操作人员能够根据地层变化情况灵活掌控。

表3 部分钻孔施工情况统计

孔号	孔深/m	施工天数/d	施工完成情况	施工区域	台月效率/m	综合成本/(元·m ⁻¹)
ZARD250	309.9	23	达到地质目的,验收合格	主矿区	371.4	1006
ZARD251	242.6	12	达到地质目的,验收合格	主矿区	519.9	951
ZARD252	325.7	22	达到地质目的,验收合格	主矿区	407.1	1074
ZARD253	308.3	21	达到地质目的,验收合格	主矿区	420.4	1064
ZARD254	299.2	12	达到地质目的,验收合格	主矿区	641.1	908
ZARD255	335.1	20	达到地质目的,验收合格	主矿区	457.0	973
ZARD270	168.6	9(半天班)	达到地质目的,验收合格	外围矿区	459.8	965
ZARD271	86.0	9(半天班)	达到地质目的,验收合格	外围矿区	286.0	1252
ZARD272	92.7	6(半天班)	达到地质目的,验收合格	外围矿区	397.3	1098
ZARD273	105.0	8(半天班)	达到地质目的,验收合格	外围矿区	350.0	1126

参考文献:

- [1] 杨宽才,田敏,曾石友,等.坦桑尼亚维多利亚湖金矿区钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):113-116.
- [2] 卢飞,李华,赵振峰,等.2010 m斜孔钻探设备选择及技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):1-3.
- [3] 陈风云,王虎,谷天本.小秦岭地区深部钻探钻孔结构[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):44-46.
- [4] 乌效明,等.钻井液与岩土工程浆液实验原理与方法[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2010.
- [5] 时志兴.洛宁程家沟-沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):9-13.
- [6] 蒙鸿飞.荆山矿区深孔多段漏失破碎地层的综合治理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):13-15.
- [7] 郭涌.宽叶螺旋钻中风压钻进技术在晋城某矿的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):43-46.
- [8] 秦政宇.山东省莱西市北泊矿区超千米钻孔施工方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(S1):135-138.
- [9] 蒋鹏飞,唐英杰,于同超.陀螺偏心纠斜法的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(4):20-22.
- [10] 谭建国,张所邦,刘健,等.鄂西地区坚硬“打滑”地层钻进方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):22-24.
- [11] 张东方,叶于峰.大倾角钻孔施工技术方法的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(S1):117-120.
- [12] 宋端正.甘肃西和大桥金矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):34-36.
- [13] 代万庆,卢守卿,李长美,等.桐柏老湾金矿上上河矿区金刚石钻进“打滑”地层所遇问题及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):32-35.
- [14] 张小沛,徐力生,牛素甫.秘鲁 Conymecar 铜矿区 45°斜孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):15-18.
- [15] 童强,杨丕祥.贵州烂泥沟金矿大角度斜孔岩心钻探施工实践与认识[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):35-38.