广西向阳坪铀矿床钻探施工技术及改进措施

刘俊辉[1]，陈　跃[1]，李晓东[2]，郭　勇[1]，赵　振[1]
（1.核工业二三〇研究所，湖南 长沙 410011；2.北京探矿工程研究所，北京 100083）

摘要：广西向阳坪铀矿床岩性以花岗岩为主，研磨性强，部分地层复杂，构造裂隙密集发育，岩石破碎，绿泥石化、高岭土化强烈，钻探施工困难。通过采用金刚石绳索取心钻探技术和施工工艺，并针对钻进中遇到的问题，引进了便携式全液压钻机，采用了成膜防塌无固相冲洗液体系及延迟交联凝胶堵漏工艺，优选了环齿式孕镶金刚石钻头，并采取了严格的预防和控制防斜措施，解决了钻进效率低、孔壁不稳定、金刚石钻头寿命短及钻孔弯曲等一系列问题。生产实践证明，该施工技术和工艺具有钻进效率高、岩（矿）心采取率高、劳动强度低等优点，可为花岗岩及复杂岩层钻进施工提供借鉴。

关键词：钻探技术；绳索取心；护壁堵漏；复杂地层；孔斜；向阳坪铀矿床
中图分类号：P634.5　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：2096-9686(2021)08-0059-09

Drilling technology and improvement measures for the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi

LIU Junhui[1], CHEN Yue[1], LI Xiaodong[2], GUO Yong[1], ZHAO Zhen[1]
(1.*Research Institute No.*230, *CNNC*, *Changsha Hunan* 410011, *China*;
2.*Beijing Institute of Exploration Engineering*, *Beijing* 100083, *China*)

Abstract: The lithology of the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi is mainly granite with strong abrasiveness, and some formation is complex with densely developed structural fissures, broken rocks, strong chloritization and kaolinization, leading to drilling difficulty. With the use of diamond wire line core drilling technology and process, continuous improvement measures have been taken to solve the problems encountered in drilling, such as low drilling efficiency, unstable hole wall, short service life of the diamond bit and bending of the drilling hole. Field practice has proved that the drilling technology and process has the advantages of high drilling efficiency, high core recovery and low labor intensity, which can accumulate valuable experience for drilling of granite and complex strata.

Key words: drilling technology; wire-line coring; wall protection and plugging; complex strata; hole deviation; Xiangyangping uranium deposit

1　矿区概况

1.1　地形地貌特征

向阳坪矿区地处广西壮族自治区桂林市资源县车田乡和瓜里乡境内，面积约17.75 km^2。工作区为中高山区，地形起伏较大，山脉主要呈NE向展布，地势北高南低，海拔1110～1748 m，相对高差137～202 m。地形切割强烈、坡度大，水系植被发育，地表覆盖层及风化层较厚，基岩裸露程度较差。属亚热带潮湿气候区，阴雾多雨，每年3—7月为雨季，8—11月为枯水期，12月至次年2月为冰冻期。年均降雨量1430 mm，平均气温15 ℃左右。

收稿日期：2021-01-20；**修回日期**：2021-03-01　　**DOI**：10.12143/j.ztgc.2021.08.009
基金项目：中国核工业地质局铀矿地质项目“广西资源县苗儿山地区铀矿资源调查评价与勘查”（编号：201917）
作者简介：刘俊辉，男，汉族，1986年生，工程师，勘查技术与工程专业，主要从事铀矿钻探技术和施工管理工作，湖南省长沙市雨花区桂花路34号，597025204@qq.com。
引用格式：刘俊辉，陈跃，李晓东，等.广西向阳坪铀矿床钻探施工技术及改进措施[J].钻探工程，2021，48(8)：59-67.
LIU Junhui, CHEN Yue, LI Xiaodong, et al. Drilling technology and improvement measures for the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(8): 59-67.

1.2 地质概况

向阳坪矿区处于苗儿山花岗岩穹窿中部，香草坪断裂西侧的孟公界－沙子江断裂带南部，处于豆乍山岩体西南角。区内大面积出露印支期、燕山期花岗岩，西南端出露新元古界－古元古界浅变质岩系[1]。

向阳坪铀矿床岩性以花岗岩为主，主要岩性为印支期香草坪中粗粒黑云母花岗岩（γ_5^5）及燕山早期豆乍山中细粒二云母花岗岩（γ_5^{2-2}）。岩石坚硬致密，可钻性以7～9级为主，局部硅质胶结地段可钻性达到10～11级；岩石研磨性以中等为主。

矿区构造以断裂为主，主要由SN、EW、NE和NNE向4组断裂构成本区的基本构造格架，其中以NNE和NE向两组构造最为发育，也是主要控（含）矿构造[2-3]。自东向西近似等间距依次平行分布有F_7、F_8、F_{10}、F_{11}、F_{12}等硅化断裂带组（见图1），各断裂带组上下盘均密集发育多条次级平行断裂，产状105°～110°∠75°～85°不等，各断裂带及其次级构造为工作区铀矿主要赋存部位[4]。矿区围岩蚀变发育，蚀变类型主要有赤铁矿化、硅化、黄铁矿化、钾长石化、绿泥石化、水云母化、高岭土化、绢云母化等[5-7]。蚀变发育地段岩石可钻性级别4～7级，研磨性中等。

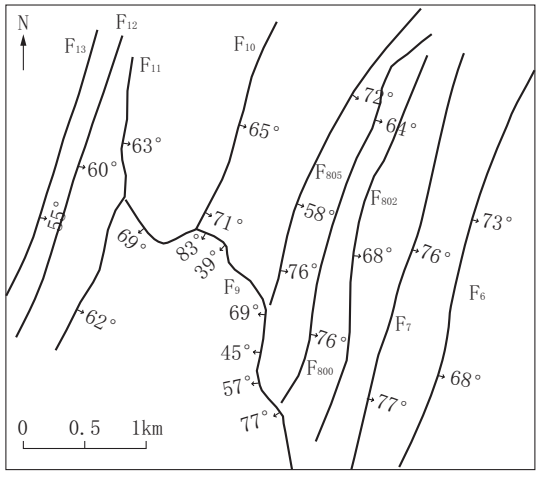

图1 广西向阳坪铀矿床构造简图

Fig.1 Structural diagram of the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi

2 钻孔质量要求

2.1 岩（矿）心采取要求

工作区主要开展岩心钻探工作，采用金刚石绳索取心钻进工艺[8]，岩（矿）心的采取率直接关系到钻孔质量的评价，因此，钻探施工严格执行以下岩（矿）心采取率要求。

岩心采取率一般按孔计算，不低于65%；矿心采取率按设计层（段）计算，不低于75%。设计见矿层（段）无矿，则采取率按层（段）计算，不低于65%；在非设计见矿层（段）打到矿，其采取率按岩心要求，以孔计算，不低于65%。

2.2 钻孔偏斜要求

一般钻孔每钻进50 m测斜一次，一般每20 m测一读数。钻孔允许偏斜距离，每100 m不超过8 m，可累计计算。特殊情况应根据生产需要随时测斜。

3 钻探施工方案

3.1 钻探设备

以往该工区钻探设备主要使用传统立轴式机械钻机，主要型号为XY-44和XY-4型钻机、HCX-13和HCX-18型四角钻塔、SJ-1000型绳索取心绞车及BW-250型泥浆泵。立轴式钻机钻进速度慢，占地面积大，且设备笨重，尤其是在地形复杂地区，钻机搬迁不方便。从2019年开始，经过充分市场调研，引进了一批便携式全液压钻机[9-11]，包括YDXD-1000BX、YDXD-1080Pro-I型钻机，EP600Plus型钻机（见表1）。便携式全液压钻机采用液压驱动，模块化设计，质量轻，拆装搬运方便，占地面积小，破坏环境少，适用于该工作区山高坡陡的复杂地形工作环境。

3.2 钻孔结构

根据地质设计及终孔口径要求，结合向阳坪地区区域地质构造、地表风化层厚度、岩层情况及钻孔设计深度，分别采取Ø110 mm→Ø91 mm→Ø75 mm（如图2所示）或Ø91 mm→Ø75 mm→Ø60 mm（如图3所示）2种钻孔结构设计。

开孔时根据设计孔深及地表覆盖层及风化层情况合理选用Ø110 mm或Ø91 mm两种开孔孔径。

浅地表地层复杂，设计孔深较大的钻孔：开孔采用Ø110 mm合金钻头单管钻进，穿过覆盖层（强风化层）后，下入Ø108 mm套管至孔口；换径采用Ø91 mm金刚石钻头单管钻进，穿过中风化及弱风化花岗岩地层，钻进至坚硬岩层后下入Ø89 mm套管至孔口；正常钻进采用Ø75 mm金刚石钻头及绳索取心钻具钻进至终孔。当遇到复杂地层或出现孔内事

表1　钻机主要性能参数

Table 1　Main performance parameters of drilling rig

钻机类型	钻机型号	数量/台	主要性能参数	投入使用年份
立轴式	XY-4	1	700～1000 m;转速:(正)101、187、267、388、311、574、819、1191 r/min,(反)83、251 r/min;最大起重力80 kN;最大加压力60 kN;立轴给进行程600 mm;动力30 kW	2011
	XY-44	3	750～1400 m;转速:(正)83、152、217、316、254、468、667、970 r/min,(反)67、206 r/min;最大起重力120 kN;最大加压力90 kN;立轴给进行程600 mm;动力37 kW	2009
便携式	YDXD-1000BX	1	500～1000 m(NQ);最大转速:1348 r/min;最大扭矩:1100 N•m;动力头提升力/给进力:267/70 kN;动力头给进行程2000 mm;动力92 kW	2019
	YDXD-1080Pro-I	2	540～1400 m(BTW);最大转速:2000 r/min;最大扭矩:1100 N•m;动力头提升力/给进力:156/93 kN;动力头给进行程1800 mm;动力99 kW	2019
	EP600Plus	1	800 m(BTW);最大转速:1300 r/min;最大扭矩:650 N•m;动力头提升力/给进力:100/60 kN;动力头给进行程1830 mm;动力94 kW	2019

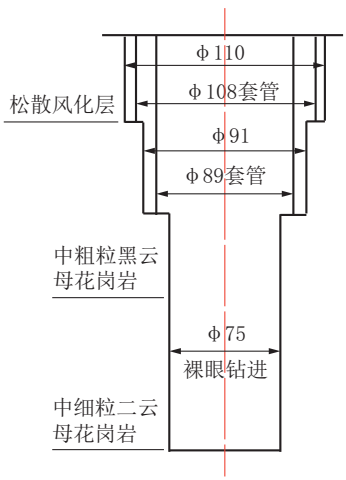

图2　钻孔结构设计(Ø110 mm开孔)

Fig.2　Drilling structure design (Ø110mm opening)

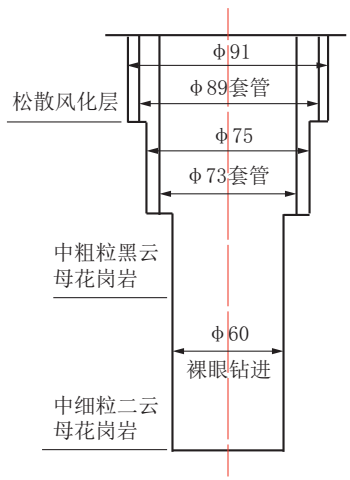

图3　钻孔结构设计(Ø91 mm开孔)

Fig.3　Drilling structure design (Ø91mm opening)

故时,可考虑下入Ø73 mm套管,然后四开采用Ø60 mm金刚石钻头及绳索取心钻具钻进至终孔。

浅地表地层简单,设计孔深较浅钻孔:开孔采用Ø91 mm金刚石钻头单管钻进,钻进至坚硬岩层后下入Ø89 mm套管至孔口;换径采用Ø75 mm金刚石钻头钻进,根据孔内情况或下入Ø73 mm套管,最后钻进采用Ø60 mm金刚石钻头及绳索取心钻具钻进至终孔。

3.3　钻进参数

钻进参数包括钻压、转速及冲洗液泵量,根据施工区岩性特点、多年钻进施工经验以及钻压、转速和冲洗液泵量3者间配合对钻进速度和钻头寿命的影响规律,钻进过程中实际钻压保持在10～15 kN,转速500～1000 r/min,泵量40～60 L/min,泵压为2～4 MPa。在钻进过程中参照表2选用钻进参数。

3.4　冲洗液

在钻探施工中,冲洗液主要作用在于冷却钻头;润滑钻具;清洗孔底,携带和悬浮钻屑;保护孔壁,实现平衡钻进。

结合工作区多年施工经验,选择用无固相冲洗液,主要作用在于保持冲洗液的流变性、加强钻孔内岩粉的悬浮携带,使岩粉快速有效地排出孔外;提高冲洗液的润滑性,降低孔壁的摩擦力,从而保持高速的旋转钻进;保持孔内压力平衡,维持孔壁稳定。

表2 广西向阳坪铀矿床钻探施工钻进参数

Table 2 Drilling parameters for the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi

钻进类别	钻压/kN	转速/($r \cdot min^{-1}$)	泵量/($L \cdot min^{-1}$)
开孔(Ø110 mm)	2～5	50～100	50～70
换径(Ø91 mm)	2～5	100～200	40～60
正常钻进(Ø75 mm)	10～15	300～500	60～80
正常钻进(Ø60 mm)	5～10	500～1000	40～60
复杂地层	5～10	300～500	30～50

根据不同的钻进地层,冲洗液采用不同的配方,具体如下:

(1)黑云母二长花岗岩、二云母二长花岗岩地层,冲洗液配方为:1 m^3清水+1～3 kg水解聚丙烯酰胺(PHP),所使用水解聚丙烯酰胺的水解度为30%。其性能参数为:密度1.01～1.02 g/cm^3,漏斗粘度16～18 s,滤失量20～30 mL/30 min,固相含量≤0.1%,pH值7～8,润滑系数0.16～0.18。

(2)花岗碎裂岩、碎裂花岗岩地层,冲洗液配方为:1 m^3清水+2～4 kg水解聚丙烯酰胺(PHP)+5～6 kg高效润滑剂。其性能参数为:密度1.01～1.02 g/cm^3,漏斗粘度17～22 s,滤失量18～25 mL/30 min,固相含量≤0.1%,pH值7～8,润滑系数0.17～0.20。

(3)高岭土化、绿泥石化、水云母化、赤铁矿化花岗碎裂岩、碎裂花岗岩地层,冲洗液配方为:1 m^3清水+2～4 kg水解聚丙烯酰胺(PHP)+20～50 kg植物胶+10～40 kg防塌剂。其性能参数为:密度1.02～1.04 g/cm^3,漏斗粘度20～25 s,滤失量≤14 mL/30 min,固相含量≤0.3%,pH值7～8,润滑系数0.20～0.22。

但在实际钻进过程中,常遇到强水敏性复杂地层,该地层孔壁岩石吸水后极易膨胀、松散剥落,从而导致孔壁坍塌、掉块,造成钻进困难,甚至孔内事故。上述配方冲洗液因失水量大,性能低,不能满足钻进要求。因此,针对该问题,提出并使用了新型冲洗液进行护壁钻进。

4 钻进中遇到的问题

(1)钻探设备老化,钻进效率低。工区钻探设备为老式立轴钻机,且使用年限长,设备老化、故障多,钻进效率低。

(2)地层复杂,钻进难度大。由于工作区构造断裂带密集发育,构造发育部位地层复杂,岩石破碎,裂隙发育,高岭土化、水云母化、赤铁矿化等水敏性蚀变发育(见图4、图5),岩心遇水松散剥落,钻进过程中孔壁坍塌、孔内漏失现象严重,容易导致卡钻、埋钻、烧钻、断钻杆等孔内事故。

图4 绿泥石化、水云母化碎裂岩岩心

Fig.4 Cores of chloritized and hydromica cataclastic rock

图5 赤铁矿化碎裂岩岩心

Fig.5 Cores of hematite cataclastic rock

(3)岩性变化大,钻头寿命短。由于地层复杂,岩层岩性变化大,软硬岩层交替频繁,局部硅质岩、角砾岩研磨性强,金刚石钻头难以适应岩层频繁变化,导致钻头选型困难,钻头寿命短,钻进效率低。

在钻进过程中,常见钻头内外径磨损,胎体唇面拉槽,胎体崩折等不正常磨损(见图6),导致钻头寿命短,频繁起钻换钻头,钻进效率大大降低。

(4)地表覆盖层或风化层较厚,地下软硬岩层交替频繁,钻孔易偏斜。施工区普遍地表风化层较厚(厚度20～100 m不等),且钻进过程中软硬岩层频繁交替出现,难以及时判断采取措施,钻孔弯曲难控制,极易发生钻孔偏斜。根据历年已施工钻孔偏斜情况统计,一般钻孔顶角每百米上偏1°～2°,方位角每百米往顺时针方向偏斜1°～3°。

(a)钻头胎体唇面拉槽　(b)钻头内径非正常磨损　(c)钻头胎体崩折、烧钻

图6　钻头非正常磨损

Fig.6　Abnormal wear of drill bits

5　改进与解决措施

根据钻进中遇到的上述问题,提出并实施如下改进解决措施。

5.1　引进新型钻探设备

针对立轴钻机老化、故障多,钻进速度慢问题,工作区引进先进的便携式全液压钻机施工。自2006年开始在该地区钻探施工以来,已先后投入20余万米工作量,钻探施工使用的一直是传统的立轴式钻机。立轴钻机的施工效率已达极限,无法再有效提高,为此,从2019年开始工作区引入先进的便携式全液压钻机进行施工。通过便携式钻机和立轴钻机施工效率对比(见表3),立轴式钻机施工平均台月效率为673.07 m,便携式钻机施工平均台月效率为869.18 m,便携式钻机台月效率比立轴式钻机要高出29.14%左右,有效提高了工作区钻探效率。

表3　钻机施工台月效率对比

Table 3　Comparison of rig-month efficiency

钻机类型	钻机型号	完成工作量/m	完成钻孔数/个	孔深/m	台月数/个	台月效率/m
立轴式	XY-44	2251.93	3	750.64	3.03	743.21
	XY-44	3079.40	4	769.85	3.93	783.56
	XY-44	2780.50	5	556.10	4.67	595.40
	XY-4	2522.75	4	630.69	4.17	604.98
	合计	10634.58	16	664.66	15.8	673.07
便携式	YDXD-1000BX	3614.30	6	602.38	4.44	814.03
	YDXD-1080Pro-I	3344.60	8	418.08	3.83	873.26
	YDXD-1080Pro-I	3662.50	6	610.42	4.47	819.35
	EP600Plus	2772.60	5	554.52	2.67	1038.43
	合计	13394.00	25	535.76	15.41	869.18

注:各钻孔终孔口径均为60 mm

5.2　护壁堵漏

5.2.1　使用新型护壁冲洗液

以往在该工作区施工使用的冲洗液材料一般为聚丙烯酰胺、润滑剂或膨润土,在正常完整的地层中钻进,冲洗液性能基本可以满足施工要求,但在吸水膨胀的水敏性复杂地层中则性能达不到护壁要求,经常会发生孔壁掉块、垮孔、孔内沉渣多等现象,导致卡钻、埋钻、烧钻等事故,造成钻杆折断、钻头烧毁、甚至钻孔报废等严重问题。

为解决该地区水敏性复杂地层钻进中孔壁不稳

定问题，2019年开展了钻探生产科研项目“广西向阳坪地区硬岩钻探复杂岩层护壁堵漏技术研究”，通过对该地层岩心样品进行岩性分析，并在实验室内评价确定冲洗液配方，然后在复杂钻孔施工中采用成膜防塌无固相冲洗液护壁[12-18]，取得了显著成效。

根据岩心样品成分分析及室内评价，现场采用的成膜防塌无固相冲洗液的配方如下：

1 m^3水＋2 kg烧碱＋50 kg成膜体系A剂(GCM-A)＋25 kg成膜体系B剂(GCM-B)＋10 kg改性沥青防塌剂(GLA)＋10 kg防塌型随钻堵漏剂(GPC)＋20 kg封堵剂(GFD-1)＋6 kg增粘剂(GTQ)＋2 kg包被剂(GBBJ)。

现场测得的冲洗液性能如下：密度1.03～1.06 g/cm^3，漏斗粘度21～30 s，滤失量4～8 mL，pH值11～13。

相比于之前使用的普通冲洗液，新型成膜冲洗液具有滤失量低的显著特点，且能在孔壁表面形成一层保护膜，阻止水分子进入孔壁岩石中，防止孔壁膨胀坍塌，保护孔壁稳定。

使用成膜防塌无固相冲洗液共施工了2个钻孔总计1323.15 m，取得了理想的效果。通过成膜防塌无固相冲洗液的应用，有效地保护了孔壁的稳定和完整，钻进过程中无掉渣、掉块、垮孔现象，未出现孔内事故，取心质量好且取心率高，钻进效率明显提高[19]。

5.2.2 使用新型堵漏材料

由于该地区地层裂隙发育，钻进过程中经常遇到孔内漏失情况，冲洗液一旦漏失严重影响正常钻进，造成钻杆与孔壁摩擦力增大，导致钻进回转阻力增大，动力损耗，钻杆磨损，甚至钻头烧毁和钻杆折断。

以往采用水泥浆灌注方法进行护壁堵漏，但水泥堵漏常常因为漏失通道大、水泥浆流失或水泥浆被地下水稀释而不能固结，导致堵漏失败，成功率不高，且整个堵漏过程等待耗时长，完成一次水泥堵漏操作至少需要2 d时间，既耽误宝贵的钻探进尺时间，也增加了人工成本，同时扫完水泥的冲洗液受到污染后无法继续使用，只能排掉并配制新的冲洗液，造成较大的经济损失。

针对上述问题，钻探施工中采用延迟交联凝胶堵漏工艺[20]。该交联凝胶具有堵漏成功率高、交联时间可控、粘附性强及凝胶强度高等特点。延迟凝胶堵漏作为一种较新型的化学堵漏技术，堵漏时对漏失通道的适应性强，通过聚合物与交联剂交联形成具有粘滞性的粘弹体实现堵漏的目的，在解决失返性漏失及含地下水的漏层方面效果显著，该堵漏凝胶已在多个地区推广应用，取得了显著效果。

现场使用的延迟交联凝胶配方为：清水＋2%增强剂＋1%增韧剂＋1%成胶剂＋2%缓凝剂＋0.6%交联剂，交联时间为40～50 min。

该延迟交联凝胶在ZK6-37-1孔现场堵漏应用取得了理想效果。该孔自176 m以深地层破碎、含有多段水敏性强的高岭石化和绿泥石化蚀变地层，其中，在195～199 m及270～275 m两个孔段出现失返性漏失。在195～199 m孔段使用水泥封孔2次，均未能堵漏成功。在使用了该配方延迟交联凝胶堵漏后，成功堵住了两段失返性漏失层位，孔内返水量明显增大并一直保持，直至钻孔顺利安全终孔。

5.3 优选钻头

工作区岩性变化快、互层频繁，且一个钻孔存在多段复杂地层，钻头难以适应岩层频繁变化，导致钻头使用寿命短。因此，金刚石钻头胎体硬度(HRC)与所钻地层岩性的匹配程度决定了钻头寿命的长短，广西向阳坪地区钻头参数与岩层性质见表4。针对该区的地层岩性特征，优选能适应各种地层钻进的广谱型钻头，以提高钻头寿命和钻进速度[21-23]。选用了各地多个厂家的金刚石钻头进行对比试验。

表4 广西向阳坪铀矿床钻探用金刚石钻头参数

Table 4 Diamond bit parameters for drilling in the Xiangyangping uranium deposit in Guangxi

岩石名称		可钻性分级	研磨性分类	胎体硬度/HRC	金刚石粒度/目
中粒－中粗粒黑云母花岗岩		7～9级	中等研磨性	10～15	35～80
中细粒－细粒二云母花岗岩		8～10级	中弱研磨性	5～10	40～80
构造岩	花岗碎裂岩	4～7级	中强研磨性	15～20	50～80
	硅质岩、角砾岩	10～12级	强研磨性	15～20	50～80

通过现场应用及对比试验,结果表明环齿式孕镶金刚石钻头广谱适应性好,平均寿命最高。该钻头不仅地层适应性强,而且在立轴式和便携式钻机钻进中使用寿命均最高。各厂家钻头使用数据统计见表5。

表5　各厂家金刚石钻头使用平均寿命统计

Table 5　Average service life of diamond bits by various manufacturers

钻头类型	钻头外径/mm	胎体硬度/HRC	使用数量/个	最高进尺/m	最低进尺/m	平均寿命/m	钻头厂家
立轴用孕镶	60	5～10	82	159.05	33.00	75.78	JC
立轴用孕镶	60	5～10(特锋)	28	110.90	16.50	46.60	JC
立轴用孕镶	60	12～14	7	41.00	18.00	33.81	TB
立轴用孕镶	60	10～15	8	76.00	23.00	38.52	XJ
便携用孕镶	BTW(60)	10～15	44	120.63	19.50	69.46	JC
便携用孕镶	BTW(60)	10～15	11	99.00	35.00	57.95	TB
便携用孕镶	BTW(60)	10～15	9	81.00	15.00	36.12	XJ

注:各钻头水口数均为6个

立轴式钻机使用的钻头,胎体硬度5°～10°,最高寿命为159.05 m,最低寿命为33 m,平均寿命为75.78 m。便携式钻机使用的钻头,胎体硬度10°～15°,最高寿命为120.63 m,最低寿命为19.50 m,平均寿命为69.46 m。

通过对比选优,钻头使用寿命和钻进速度均有明显提高,减少了起下钻次数,减轻了工人劳动强度,既提高了钻探效率,也节约了生产费用。

5.4　孔斜防治措施

5.4.1　孔斜特征分析

钻孔偏斜严重,不但影响钻进效率,如果偏斜超出规范,还会导致施工钻孔报废。因此,孔斜是影响钻孔质量关键之一。

为了有效对比研究,选择在采取防斜措施前施工的4个孔深均大于600 m的钻孔(终孔口径均为60 mm),测斜数据显示钻孔方位角、倾角均偏斜较严重。数据表明,钻孔方位角均顺时针往大方向跑,平均偏3°～4°/100 m;倾角均往上翘,弯曲度在1.7°/100 m左右。

5.4.2　预防和控制孔斜措施

影响钻孔偏斜的地质条件是客观存在的,在掌握孔内岩层情况的基础上,可通过多种措施来减弱或抵消它的促斜作用[24-25]。为此采取了多种预防和控制措施,针对钻孔偏斜的主要措施如下:

(1)设备安装前,保证钻塔底座地基平整、坚实、稳固,确保设备安装周正、水平,天车、立轴中心和钻孔中心应成一条直线,在钻进过程中要勤检查和校正立轴方向。

(2)开孔前,分析工区同地段历年钻孔弯曲规律,因地制宜设计初级定向孔。结合设计钻孔孔深,钻孔实际开孔方位角调低2°～5°,实际开孔倾角往大调高1°～3°。

(3)严把开孔关,检查开孔钻具、钻杆、主动钻杆,弯曲变形不能超过现有规定,开孔钻进适当限压,随钻孔加深及时换接较长的导正管。要及时下入和固定孔口管,下管前后必须测斜。

(4)钻具组合应合理,在保证冲洗液畅通及孔内安全的情况下,可尽量减小粗径钻具与孔壁环状间隙。使用刚、直、长的钻具,以增强粗径钻具的稳定性和垂直性。

(5)按规范要求及时进行钻孔弯曲测量,并根据测量结果及时调整选择合理的钻进技术参数,不能盲目加压、追求快进尺。如钻孔偏斜超限,应采取纠正措施,有明显效果后方可正常钻进。

(6)力求简化钻孔结构,尽量减少换径次数。在变换径钻进、钻遇“打滑”地层、破碎带或软硬互层孔段时,应轻压慢转,并且辅以导正措施钻进,如钢丝绳提吊钻进。

(7)各钻探班组之间交接班要详细,尤其是当前钻进地层,操作技术要求,孔内注意事项必须交接到位,确保钻进正常,保障施工钻孔质量。

采取上述预防和控制措施后,施工钻孔方位角、倾角与未采取措施的钻孔对比,钻孔方位角始终稳定在设计方位角附近,未跑偏;钻孔倾角上翘弯曲度

不超过0.7°/100 m,控制得非常好。所有钻孔偏斜数据正常,满足地质设计要求,证明采取的预防和控制钻孔偏斜的措施有效。

6 结语

通过在广西向阳坪铀矿床钻探施工中采用金刚石绳索取心钻探技术和工艺,引进便携式全液压钻机提高了钻探施工效率;使用先进的成膜防塌无固相冲洗液体系及延迟交联凝胶堵漏工艺达到了良好的护壁堵漏目的;优选环齿式孕镶金刚石钻头提高了钻头寿命及钻进速度;采取严格的预防和控制防斜措施显著降低了孔斜率。通过合理地改进优化措施,及时解决了现场施工中遇到的难题,减少了孔内事故,提高了钻进技术水平和钻进效率,减轻了劳动强度,满足了施工要求。然而,钻遇岩性千变万化,新问题也会出现,钻探技术和工艺仍需不断创新和发展,使其能更好地满足于实际生产,服务于钻探施工需求。

参考文献(References):

[1] 吴昆明,李大雁,陈琪,等.广西向阳坪铀矿床成矿地质特征[J].铀矿地质,2016,32(4):224-229.
WU Kunming, LI Dayan, CHEN Qi, et al. Geological features of Xiangyangping uranium deposit in Guangxi[J]. Uranium Geology, 2016, 32(4): 224-229.

[2] 欧阳平宁,黄满湘,刘鑫扬,等.向阳坪铀矿床断裂构造原生晕特征及找矿意义[J].铀矿地质,2012,28(2):78-83.
OUYANG Pingning, HUANG Manxiang, LIU Xinyang, et al. The characteristics of original geochemical halo in fault zone and its prospecting significance in Xiangyangping uranium deposit [J]. Uranium Geology, 2012,28(2):78-83.

[3] 欧阳平宁.苗儿山铀矿田向阳坪地区构造地球化学研究与成矿富集中心预测[D].长沙:中南大学,2012.
OUYANG Pingning. Research on tectonic geochemistry and prediction of ore enrichment center in Miaoershan uranium orefield, Xiangyangping area[D]. Changsha: Central South University, 2012.

[4] 李卫星,巢小林,陈琪,等.利用γ测井划分赋矿围岩岩性——以向阳坪铀矿床为例[J].湖南科技学院学报,2014,35(10):70-73.
LI Weixing, CHAO Xiaolin, CHEN Qi, et al. Classification of lithology of host rock lithology by gamma logging—Take Xiangyangping uranium deposit as an example[J]. Journal of Hunan University of Science and Engineering, 2014,35(10): 70-73.

[5] 黄宏业,肖建军,欧阳平宁,等.基于多元统计的微量元素地球化学特征分析——以广西资源县向阳坪地区构造蚀变岩型铀矿为例[J].地质找矿论丛,2009,24(3):211-216.
HUANG Hongye, XIAO Jianjun, OUYANG Pingning, et al. Geochemical characteristics of trace elements based on multivariate statistical analysis-An example from the altered tectoite type uranium deposit in Xiangyangping, Guangxi[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2009, 24(3): 211-216.

[6] 李妩巍,王敢,许来生,等.大坪里-向阳坪地区铀成矿条件分析[J].世界核地质科学,2010,27(2):72-77.
LI Wuwei, WANG gan, XU Laisheng, et al. Analysis on uranium metallogenic condition of Dapingli-Xiangyangping area[J]. World Nuclear Geoscience, 2010,27(2):72-77.

[7] 李妩巍,王敢,陈卫锋,等.广西向阳坪地区剪切带与铀成矿作用[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2011(5):7-13.
LI Wuwei, WANG Gan, CHEN Weifeng, et al. Discussion on shear zones and uranium metallogenesis in Xiangyangping area of Guangxi[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2011(5):7-13.

[8] 韦漠.广西向阳坪铀矿"打滑"地层绳索取心钻进存在问题与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(10):46-48.
WEI Mo. Problems and countermeasures of wire line coring in "slipping" formation of Xiangyangping uranium mine of Guangxi [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2006, 33(10): 46-48.

[9] 杨培智.EP600便携式全液压钻机在广西良结新寨矿区钻探中的应用[J].科技经济导刊,2016(7):87-88.
YANG Peizhi. Application of EP600 portable full hydraulic drilling rig in Liangjie-Xinzhai mining area of Guangxi[J]. Technology and Economic Guide, 2016(7):87-88.

[10] 刘岩,孙军盈,吕祥利,等.XD800型便携式全液压钻机在小兴安岭矿区的试验与应用[J].地质装备,2018,19(2):3-5.
LIU Yan, SUN Junying, LÜ Xiangli, et al. Test and application of XD800 portable full hydraulic drilling rig in Xiaoxing'anling mining area[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(2):3-5

[11] 李兴兵.XD800型全液压便携式钻机在矿区勘查中的应用效果分析[J].世界有色金属,2019(6):53-55.
LI Xingbing. Application effect analysis of XD800 full hydraulic portable drilling rig in mining area exploration[J]. World Nonferrous Metals, 2019(6):53-55.

[12] 陶士先,李晓东,纪卫军,等.成膜防塌无固相冲洗液体系的研究与应用[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2015:424-430.
TAO Shixian, LI Xiaodong, JI Weijun, et al. Research and application of solid free flushing fluid system for film forming and collapse prevention [C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Eighteenth National Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunnel-

ing) Academic Conferences. Beijing: Geological Publishing House, 2015:424-430.

[13] 李晓东,柯玉军.甘肃金昌龙首矿坑道钻探冲洗液对策[J].地质装备,2018,19(4):21-24.
LI Xiaodong, KE Yujun. Countermeasures for flushing fluid of tunnel drilling in Jinchang Longshou Mine, Gansu[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(4):21-24.

[14] 刘春生,李晓东,陶士先,等.张家口地应力测量钻探工程冲洗液技术应用[J].西部探矿工程,2017,29(10):45-48.
LIU Chunsheng, LI Xiaodong, TAO Shixian, et al. Application of flushing fluid technology in Zhangjiakou geostress measurement drilling project[J]. West-China Exploration Engineering, 2017,29(10):45-48.

[15] 纪卫军,张辉,李晓东,等.新疆鄯善县沙尔湖页岩气3井护壁堵漏技术[J].地质装备,2018,19(4):25-27,39.
JI Weijun, ZHANG Hui, LI Xiaodong, et al. Wall-protection and plugging technology of Shaer Lake shale gas Well 3 in Shanshan, Xinjiang[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(4):25-27,39.

[16] 单文军,段晓青,任福建,等.甘肃武威盆地页岩气"武页1井"成膜低固相冲洗液的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(7):111-115.
SHAN Wenjun, DUAN Xiaoqing, REN Fujian, et al. Application of low solid film-forming system in Well "Wuye-1" in Wuwei Basin of Gansu[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(7):111-115.

[17] 李攀义,单文军,徐兆刚,等.成膜防塌无固相钻井液体系在金鹰矿区ZK1146井中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):26-30.
LI Panyi, SHAN Wenjun, XU Zhaogang, et al. Research and application of solid free film-forming and anti-sloughing drilling fluid system in Well ZK1146 of Jinying Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(10):26-30.

[18] 何玉云,王发民,熊正强,等.甘肃李坝金矿区强水敏分散剥落地层冲洗液的选型与使用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):59-62.
HE Yuyun, WANG Famin, XIONG Zhengqiang, et al. Selection and application of flushing fluid for strong water sensitive stratum in Liba Gold Mine of Gansu[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(4):59-62.

[19] 刘俊辉.成膜防塌无固相冲洗液在广西向阳坪地区复杂地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(12):36-41.
LIU Junhui. Application of film forming and anti sloughing solid free flushing fluid in complex strata in Xiangyangping area of Guangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(12):36-41

[20] 熊正强,陶士先,刘俊辉,等.延迟交联凝胶研制及其在广西某铀矿堵漏应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):140-144.
XIONG Zhengqiang, TAO Shixian, LIU Junhui, et al. Development and application of delayed crosslinked gel for lost circulation treatment in a uranium mine of Guangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(4):140-144.

[21] 蔡家品,贾美玲,沈立娜,等.难钻进地层金刚石钻头的现状和发展趋势[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(2):67-73,91.
CAI Jiapin, JIA Meiling, SHEN Lina, et al. Present situation of diamond bit used in difficult drilling formations and the development trend[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(2):67-73,91.

[22] 梁振德.绳索取芯金刚石钻头在复杂地层中的应用[J].矿业装备,2020(2):106-107.
LIANG Zhende. Application of wire cored diamond bit in complex formation[J]. Mining Equipment, 2020(2):106-107.

[23] 赵涛.孕镶金刚石齿轮钻头在蒙库铁矿地区的应用[J].西部探矿工程,2018,27(10):81-83,85.
ZHAO Tao. Application of impregnated diamond gear bit in Mengku iron mine area[J]. West-China Exploration Engineering, 2018,27(10):81-83,85.

[24] 刁长河.岩芯钻探的防斜和纠斜[J].新疆有色金属,2016,39(4):1-2.
DIAO Changhe. Deviation prevention and correction of core drilling[J]. Xinjiang Nonferrous Metals, 2016,39(4):1-2

[25] 赵国法,吕新前.开化黄山矿区钻孔偏斜规律研究及控制措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):48-52.
ZHAO Guofa, LÜ Xinqian. Study on borehole deflection law and control measures in Huangshan mining area of Kaihua[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(2):48-52

(编辑　荐华)