

若尔盖铀矿田金刚石钻头的研究与应用

李俊萍, 吴金生, 胡立, 邓伟

(中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

摘要:若尔盖铀矿区是全国地质找矿“358”重点整装勘查区,是我国硬岩型保有储量最大的铀资源大基地。该地区处于高海拔地区,生态环境脆弱,可施工的周期短,地层构造发育,换层频繁,造斜能力强,裂隙发育,岩石脆、碎,造成钻头磨损严重、偏磨、钻进时效低、寿命短等问题。针对该地层特点,在前期试验和岩石性质测试分析的基础上,研制了不同结构的金刚石钻头,并在5个孔位中进行了生产试验。试验证明,改进后的金刚石钻头在钻进时效与平均寿命方面均有显著提高,与2014年度的钻进数据相比,2015年度钻头的平均钻进时效提升了33.7%,钻头平均寿命提高了132%,达到了试验的预期目标。

关键词:金刚石钻头;复杂地层;钻探;若尔盖铀矿

中图分类号:P634.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)01-0079-05

Research and Application of Diamond Bits in Zoige Uranium Ore/LI Jun-ping, WU Jin-sheng, HU Li, DENG Wei
(Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: As the largest hard rock type of recoverable uranium deposits base in China, Zoige uranium ore is the key ready exploration area for “358” goal in national geological prospecting. But it is in high altitude area with fragile ecological environment, strata structure development, short construction season, frequent layer changes, strong deviating force, fissures development and brittle and broken rocks, which cause a series of problems of serious bit wear or eccentric wear, low drilling efficiency and short bit service life. According to the characteristics of the formation and based on the preliminary test and the analysis on rock property, diamond bits of different structures are developed and are tested in 5 drilling holes. The tests show that the improved diamond bits have significant increase in drilling efficiency and average bit service life. Compared with the drilling data of 2014, the average drilling efficiency and bit service life are increased by 33.7% and 132% in 2015 respectively; the expected target of experiment is reached.

Key words: diamond bit; complex formation; drilling; Zoige uranium

1 若尔盖铀矿区地层情况概述

若尔盖铀矿田位于西秦岭褶皱带南亚带铀成矿带,主要分布在四川省若尔盖县北部的降扎、占哇和崇尔3个乡境内,位于海拔3100~4060 m的川西北高原,勘探区内地形相对高差较大,山坡很陡,钻探设备只能靠人工和牦牛进行搬运,劳动强度大,周期长。矿区气温变化大,每年九月下旬开始降雪,十月份至次年四月下旬为冰冻期,钻探施工周期短,每年只有6个月的野外作业时间,施工环境极为恶劣(参见图1)。

矿区岩层主要为砂岩、板岩和碳质板岩的互层,为泥质,沙状和板状构造,时有小断层(泥质),构造发育,换层非常频繁;地层倾角70°~80°,局部接近



图1 冰冻天气、高差较大

垂直,造斜能力强,裂隙发育,岩石破碎,试验孔段岩石完整度RQD值大多低于40%。矿区地层异常复杂,钻孔施工中,钻孔漏失、垮塌、孔斜、断钻杆、埋钻

收稿日期:2016-08-08

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“高原生态环境脆弱区综合钻探技术应用示范(四川省若尔盖碳泥岩型铀矿地质调查)”(编号:12120113017200)

作者简介:李俊萍,女,汉族,1986年生,工程师,地质工程专业,硕士,从事金刚石工具设计开发工作,四川省成都市郫县现代工业港(北区)港华路139号,lijunping_xp@163.com。

卡钻等现象极为频繁,钻探施工非常困难。参见图2—4。



图2 岩心极度硬、脆、碎



图3 裂隙相当发育



图4 层段交替频繁

在钻探施工过程中,由于钻孔孔斜严重、地层构造破碎带发育,软硬不均、换层频繁、变化快等原因,受诸多问题叠加影响,导致钻探效率低、钻头内外径磨损严重以及钻头出现偏磨现象(如图5所示),从而导致钻头提前报废,大大影响了钻头的使用寿命。从2005年开始的第二轮地质勘察工作开始,陆续使用了国内多个知名厂家生产的钻头,但效果均不佳,钻头平均寿命约为20 m,台月效率仅为200 m左右,钻探成本高。

2 矿区岩样性质测试分析

鉴于矿区地层的复杂性,为了能够更准确地



内外径严重磨损

胎体严重偏磨

图5 不同程度的钻头磨损

确定与地层相适应的钻头设计参数,提高钻进效率,本项目特委托中国地质大学(武汉)对矿区岩样进行了一系列的性质测试分析。主要的性质测试分析包括岩石成分、岩石硬度、岩石强度、岩石研磨性等。

2.1 岩石成分分析

通过薄片鉴定技术,借助于偏光显微镜,利用岩石造岩矿物的光学性质特征,确定岩石的组成、结构、构造等矿物及岩石学参数。图6、图7为岩样薄片分析照片,具体的鉴定结果如表1所示。

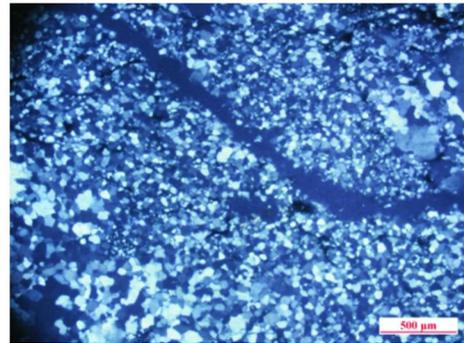


图6 1号岩样薄片照片(正交偏光)

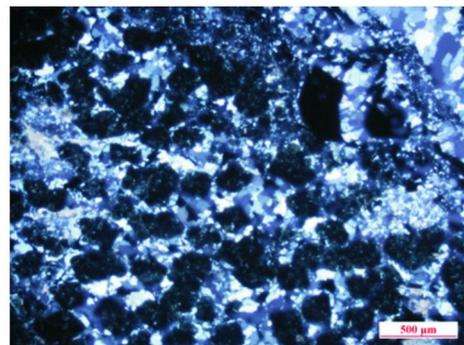


图7 2号岩样薄片照片(正交偏光)

2.2 岩石物理力学性质分析

从岩样的物理力学性质上可以对其可钻性进行一定的分析。岩石的物理力学性质主要包含密度、硬度、强度和研磨性4个方面的指标参数。岩石

表 1 送检岩样薄片鉴定结果

岩样	岩 样 组 分	结 构 构 造	鉴定名称
1 号	细晶燧石—中晶燧石,含量约 27%;微晶燧石,含量约 60%;其余为残存泥质和少量方解石	含泥的中细晶—微晶结构,残存微波状纹层构造	含泥的中细晶—微晶硅质岩
2 号	泥质团粒,角状一次角状,含量约 60%;细晶及微晶燧石,含量约 20%;其余为泥质	基质是微细泥状及细晶—微晶结构的残存团粒状结构,微波状纹带状构造	中等硅化的团粒状泥质岩

试样及测试装置如图 8、图 9 所示。其主要的试验结果如表 2 所示。



图 8 抗压强度试验用岩石样品



图 9 INSTRON-1346 型电液伺服材料试验机

表 2 送检岩样物理力学性质分析结果

岩样	密度/ (g· cm ⁻³)	压入 硬度/ MPa	单轴抗 压强 度/MPa	弹性 模量/ GPa	变形 模量/ GPa	泊松比	研磨性指 标/[mg· (10 min) ⁻¹]
1 号	2.53	2465.89					
2 号	2.59	3077.98	141.42	53.47	36.49	0.206	51.88

注:1 号岩样较短,只能进行密度、压入硬度的测试,故没有强度和研磨性等试验值。

根据表 2 岩石性质检测结果显示:从压入硬度试验结果上分析,送检岩样其可钻性等级为 7~8 级;根据 2 号岩样的单轴抗压强度指标换算得到的坚固性系数为 14.1,坚固等级为 III 级,其可钻性等级为 9 级;基于研磨性检测结果可知送检岩样研磨性为 VI 级,很强。

综上所述,该矿区的岩样具有硬度大、强度高、可钻性等级高(7~9 级),强研磨性(VI 级)的特点。

3 金刚石钻头的设计

根据前几年的施工情况以及岩样性质检测结果,考虑到若尔盖矿区地层的复杂性和存在的钻头偏磨、寿命短的情况,在钻头设计上主要从以下几个方面进行调整与改进。

3.1 钻头唇面结构设计

以同心圆尖齿结构(如图 10 所示)为主,其优势在于,同心圆尖齿唇面在刚接触孔底岩石时的面积小,有利于钻头的金刚石出刃,快速破碎岩石。



方型齿钻头



同心圆尖型齿钻头

图 10 不同唇面的金刚石钻头

在坚硬地层如硅质岩,其燧石含量极高,根据岩石性质测试结果显示,燧石含量达到 80% 以上,钻进过程中表明其研磨性极弱。针对此类弱研磨性地层,国内相关学者也做了大量相关研究与试验^[1-5],并取得了一定的效果。

研究发现在该类型地层中,采用同心圆尖齿钻头在新钻头刚使用时,早期能快速出刃,钻进速度快^[6]。但当钻头的尖齿磨完,钻头唇面呈平底时,则出现不进尺现象。因此,在该类弱研磨性地层钻进时,本试验同时采用了接触孔底面积小的方齿型钻头(如图10所示),其特点是钻头唇面接触孔底面积小,工作齿与孔底岩石的接触面积只有钻头环状面积的40%~60%,当钻头钻进到工作齿接近磨损完,钻头与孔底岩石的接触面仍然可保持不超过65%。因此,钻进速度可维持基本恒定的范围。为了让新钻头能够及时出刃,在下入孔底前,可以预先在砂轮上将钻头唇面进行初步打磨,使金刚石出刃,缩短钻头在孔底的出刃时间,提高钻进效率。

3.2 金刚石粒度

在金刚石浓度相同的条件下,粗颗粒金刚石在钻头唇面上的颗粒数少,单个金刚石颗粒上承受的钻压大,则粗颗粒孕镶金刚石钻头碎岩效率高,且有利于钻头冷却与排粉^[7]。但是粗颗粒孕镶金刚石钻头耐磨性较差,使钻头磨损较快。因此,采用粗细颗粒按照一定比例混合的方式,采用金刚石粒度40~70目按照一定比例混合,克服了粗颗粒金刚石钻头耐磨性差、细颗粒金刚石钻头效率低的缺点。在硬、脆、碎,软硬互层地层中钻进,起到粗颗粒和细颗粒金刚石效应互补的作用,使钻头既有粗颗粒金刚石碎岩效率高、排粉冷却效果好的优点,又具有细粒金刚石耐磨性好、在胎体中能均匀分布的特点,从而提高钻头的广谱性,能够较好地适应复杂地层的变化。

3.3 钻头胎体

根据地层情况,采用钻头的胎体硬度主要为HRC25~30,采用WC和Fe粉作为骨架材料,660青铜粉作为粘结材料,同时加入适量的Mn、Ni、Co调节胎体性能,并加入少量的稀土合金(CuRe)改善胎体晶粒细化程度^[8],提高胎体对金刚石的包镶能力。钻头含金刚石层胎体高度为8~10mm,金刚石浓度75%~80%。

4 钻头使用情况与分析

在前期试验的基础上,主要针对钻头使用寿命短等问题进行了深入研究,并于2015年5—10月,在四川省核工业地质局的若尔盖整装勘查区ZK3-

5、ZK4-1、ZK12-1、ZK15-1和ZK15-5钻孔进行了生产试验,具体试验由四川省金核地质勘探工程有限公司1号、2号机组和3号机组承担。

在若尔盖铀矿区,取心钻头主要采用电镀金刚石钻头和热压金刚石钻头,主要为 $\varnothing 96$ mm普通双管钻头(内径为68 mm)和 $\varnothing 76$ mm普通双管钻头(内径为54.5 mm)2种规格,钻头唇面形状主要为同心圆尖齿型和方齿型,图11所示为各钻孔钻进后的部分钻头实物图。



图11 钻头实物图

表3为2014年度和2015年度钻头试验数据统计。由于实际钻进过程中常出现非正常钻进、钻头用于扫孔、扫水泥心等情况出现,则在数据整理统计中,将非正常钻进数据剔除,并将同时用于正常钻进和扫孔、扫水泥心的钻头进行了换算,按照1:2的比例将扫孔折算成进尺,钻头正常钻进与扫孔进尺之和为钻头综合进尺,纳入统计的试验钻头共42只。由表3所得,经换算后,2015年度,钻头综合总进尺为1508.17 m,钻头平均寿命35.95 m。

根据表3数据显示,2015年度钻头在钻进时效和钻头平均寿命方面较2014年度均有明显提高。在2015年度,钻头时效最高可达1.63 m,钻头平均寿命最高能达到38.00 m(其中ZK3-5孔仅以全部试验孔段的统计数据作为分析数据)。

表3 钻头试验数据统计表

孔号	试验孔段/m	试验钻头型号	综合总进尺/m	平均回次进尺/m	时效/m	钻头平均寿命/m	试验年份
ZK4-1	230.31~350.68	Ø96	120.37	2.56	1.13	17.19	2014
ZK3-1	625.15~834.35	Ø76	209.20	1.92	0.82	13.95	
ZK4-1	573.92~792.99	Ø76	302.59	2.50	1.40	37.82	2015
	586.17~774.73	Ø76	197.19	2.55	1.40	39.43	
ZK3-5	774.24~917.35	Ø76	125.83	2.98	1.37	31.46	2015
	全部试验孔段	Ø76	323.02	2.72	1.38	35.89	
ZK15-1	590.53~803.25	Ø76	266.08	2.56	0.97	38.00	2015
ZK12-1	270.12~653.42	Ø96	321.00	2.63	1.63	32.10	
ZK15-5	50.02~339.98	Ø96	295.48	2.38	1.14	36.94	2015

注:回次长度、时效均根据实际统计数据直接计算得出。钻头寿命则根据钻头使用综合总进尺数据(包括扫水泥心、扫孔等按比例换算得出的数据)综合计算得出。

图12为2014年与2015年钻头钻进时效对比图,根据图12数据统计,2014年试验段平均时效0.82~1.13 m。2015年最低平均时效为ZK15-1孔试验段0.97 m。根据现场钻进情况记录,由于ZK15-1孔试验层段岩层破碎、漏失严重,基本上都是顶漏钻进,现场等水等辅助钻进时间较长,造成ZK15-1孔钻进时效偏低。其余钻孔试验段的钻进时效均达1.1 m以上。与2014年度的钻进数据相比,2015年度的平均钻进时效比2014年度的平均钻进时效提升了33.7%。

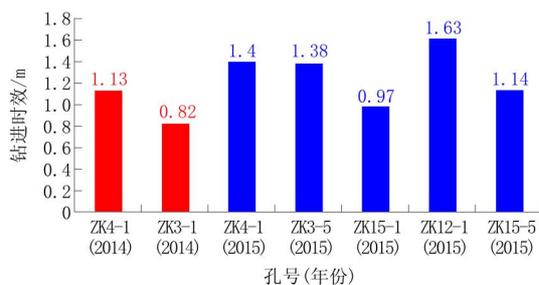


图12 2014年与2015年钻头钻进时效对比图

图13为2014年与2015年钻头平均寿命对比图。从图13可以看出钻头的平均寿命提升较为明显。2014年Ø96 mm钻头的平均寿命为17.19 m;2015年统计的试验数据显示Ø96 mm钻头的平均寿命最低值为32.10 m,平均寿命最高可达到36.94 m。2014年Ø76 mm钻头的平均寿命为13.95 m;2015年统计的试验数据显示Ø76 mm钻头的平均寿命最低35.89 m;平均寿命最高值为38.00 m;在寿命方面,在2014年试验的基础上,经过金刚石钻头结构与金刚石参数的调整与改进,2015年试验钻头平均寿命在2014年的基础上增加了132%。

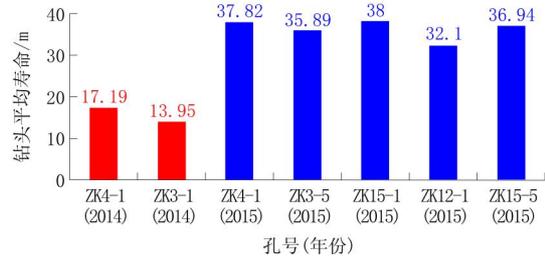


图13 2014年与2015年钻头平均寿命对比图

5 结论

通过在若尔盖矿区金刚石钻头的相关试验和数据分析,可得以下结论。

(1)采用胎体硬度为HRC25~30,金刚石浓度75%~80%,金刚石粒度为40~70目的金刚石钻头,既有较好的钻进时效,并具有较高的使用寿命,对若尔盖矿区有较好的适应性。

(2)同心圆尖齿结构的钻头出刃快,钻进初期钻进时效高;在钻进燧石含量高、研磨性弱的地层,方齿型钻头具有更大的优势,由于能够基本保持与孔底岩石的接触面积,维持机械钻速恒定,保持较好的钻进效率。

(3)经过改进后的金刚石钻头在钻进时效与平均寿命方面均有显著提高,与2014年度的钻进数据相比,2015年度钻头的平均钻进时效提升了33.7%;钻头平均寿命提高了132%,取得了良好的效果。

参考文献:

- [1] 赵永明. 新型金刚石钻头的发展[J]. 超硬材料工程, 2011, 23(5): 42-45.
- [2] 王佳亮, 张绍和. 基于打滑地层的孕镶金刚石钻头设计[J]. 地球科学, 2016, 41(5): 895-900.
- [3] 沈立娜, 阮海龙, 李春, 等. 坚硬致密“打滑”地层新型自锐金刚石钻头的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(11): 57-59.
- [4] 陆洪智, 刘晓阳. 钻进打滑地层用孕镶金刚石钻头设计探讨[J]. 西部探矿工程, 2004, (11): 130-131.
- [5] 郭志军, 王义红, 陈鱼. 新集矿区坚硬岩层金刚石钻头的选型研究[J]. 煤炭技术, 2016, 35(1): 240-242.
- [6] 张丽, 杨凯华. 金刚石钻头钻进坚硬致密弱研磨性岩层的研究现状与进展[J]. 金刚石与磨料磨具工程, 2003, (1): 30-32.
- [7] 史晓亮, 段隆臣, 汤凤林, 等. 有关砂卵石层孕镶金刚石钻头设计与制造的思考[J]. 地质装备, 2002, 3(1): 24-26.
- [8] 孙秀梅, 王建兴, 李凯, 等. 温度对金刚石钻头质量的影响和控制措施分析[J]. 地质装备, 2016, 17(2): 18-23.