

绳索取心液动锤在中国岩金勘查第一深钻的应用和最新进展

董海燕

(山东省地质矿产勘查开发局第三地质大队,山东烟台264004)

摘要:在中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔的深部施工中,应用绳索取心液动锤技术在破碎复杂地层中钻进,增加回次进尺,提高时效,延长钻头寿命;在比较完整地层中提高钻速,减少辅助时间,体现了绳索取心液动锤技术的优越性,目前 3911.34 m 的使用深度创造了绳索取心液动锤适应孔深的最新记录。对绳索取心液动锤在深部钻进的优势和易出现的问题进行了分析总结。

关键词:绳索取心液动锤;深部钻探;岩心采取率;回次进尺;钻速

中图分类号:P634.5⁺6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)10-0009-04

Application of Wire-line Coring Hydraulic Hammer in the First Deep Drilling of Rock Gold Exploration and the Breakthrough/DONG Hai-yan (The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: In the deep drilling construction of ZK96-5 which is the first deep drilling of rock gold exploration in China, SYZX wire-line coring hydraulic hammer was used with its advantages to increase the footage per round, improve drilling efficiency and prolong bit service life in the complex broken formation; and improve drilling speed and reduce auxiliary time in the complete formation. The newest record is created with the present hole depth of 3911.34m. The paper analyzes and sums up the advantages and common problems of wire-line coring hydraulic hammer in deep drilling.

Key words: wire-line coring hydraulic hammer; deep drilling; core recovery rate; footage per round; drilling speed

0 引言

我院 2007 年 10 月通过山东省地矿局局立项“绳索取心液动冲击回转钻探工艺试验项目”,开始引进 10 台套 SYZX 型绳索取心液动锤钻具,于 2009 年提交《绳索取心液动冲击回转钻进工艺研究与试验应用报告》,取得了较大的经济效益和社会效益。自 2012 年 2 月开始在山东省地矿局勘查施工处的安排组织下,以我院和局研究中心为依托,开始在全局范围内进行推广应用。我院在原有基础上,先后引进绳索取心液动锤钻具 15 台套,在我院的所有工地进行推广应用。特别是在中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔的深部钻探施工过程中,采用绳索取心液动锤,保证了在复杂破碎地层岩心采取率和回次长度,同时增加了时效和钻速,大幅缩短钻进辅助时间,在一定程度上保证了钻孔的安全顺利施工。

1 工程施工概况

位于山东省莱州市三山岛矿区的中国岩金勘查

第一深钻 ZK96-5 钻孔设计孔深 4000 m,设计钻孔倾角 90°,终孔口径 75 mm。业内专家表示“中国岩金勘查第一深钻”的顺利实施,将开创国内固体矿产勘查小口径岩心深部钻探的先河,在岩金勘查领域具有划时代的意义,对于胶西北地区乃至全国深部成矿预测研究具有重大理论和现实意义。莱州位于郯庐断裂以东的隆起区,是一个主要由前寒武系基底岩石为主、中生代构造与岩浆强烈发育的内生热液金矿成矿集中区,裂隙发育明显,含有多个较长破碎带,岩石较坚硬,对深部钻进影响较大。

2 深部钻进技术方法的选择

钻孔采用以 PHP(聚丙稀脲胺)、PAV(聚乙烯醇)、K-21(钻井液用低荧光防塌润滑剂)为主的无固相聚合物冲洗液,采用 BM300/10 型泥浆泵。

0~3000 m 采用常规绳索取心回转钻进,钻具组合为:钻头+扩孔器+普通钻具+扩孔器+弹卡室+绳索取心钻杆。

收稿日期:2013-04-27

作者简介:董海燕(1982-),男(汉族),山东莱阳人,山东省地质矿产勘查开发局第三地质大队科学钻探公司副经理、工程师,山东省地质矿产勘查开发局钻探工程技术研究中心项目室主任,探矿工程专业,硕士,从事大陆科学钻探、深部钻探等探矿工程工作,山东省烟台市芝罘区机场路 271 号,dhy0930@126.com。

3000~4000 m 采用绳索取心液动锤(SYZX 型)钻进方法,钻具组合为:钻头+扩孔器+绳索取心液动锤+扩孔器+弹卡室+绳索取心钻杆(3000 m)+石油钻杆。

3 钻探器具的改进

国内目前 $\varnothing 71$ mm 绳索取心钻杆最大使用深度为 3000 m 左右,在 ZK96-5 孔的后续施工中,与厂家协商生产了一批厚壁缴粗石油钻杆,下部 3000 m 使用绳索取心钻杆,上部换用石油钻杆提下钻。由于绳索取心液动锤钻进技术是在回转和冲击的联合作用下碎岩,给钻头施加的是高频脉动载荷,应力集中,瞬时可达极高值,易使岩石产生体积破碎,大幅提高钻进效率。为使切削刃的磨损量降到最低,液动锤钻进所需的钻压相比普通回转钻进钻压要适当降低 2~8 kN。在深部钻进中随着钻孔深度增加,打捞内管总成所需时间大幅度延长,因此提高回次进尺长度将具有显著的优势,同时随着钻孔施工的复杂程度增加,在钻进中转速相对偏低,选择液动锤钻进将会使时效和回次进尺均得到提高。

4 液动锤在硬、脆、碎地层中的应用情况

4.1 提高了回次进尺与钻速

在 ZK96-5 钻孔施工中,钻遇破碎地层岩心堵塞问题,始终影响该孔的钻探效率。尤其在深部钻进中,频繁捞取内管致使辅助时间大量增加,特别是钻遇较厚的破碎地层,每天钻进 1~2 个回次,进尺仅有 10~30 cm,既增加了劳动强度和辅助时间,又制约钻探效率的增加。

由于液动锤的冲击带动内管有规律的轴向震动,使岩心容易进入内管,减少了内管堵塞的几率,平均回次进尺提高。特别是在破碎严重孔段,效果更明显。表 1~3 为 ZK96-5 孔不同地层绳索取心液动锤和常规钻进效果对比。图 1、图 2 分别为破碎和完整地层岩心情况。

表 1 ZK96-5 孔硬、脆、碎地层钻进效果比较

孔段/m	钻进方法	进尺/m	回次数/个	平均回次进尺/m	纯钻时间/h	时效/m
3003.53~3171.65	液动锤钻进	168.12	71	2.37	170	0.99
3171.65~3308.53	常规钻进	136.88	70	1.96	193	0.71
3308.53~3615.68	液动锤钻进	307.15	126	2.45	256	1.20
3615.68~3708.74	常规钻进	93.06	51	1.84	148	0.63
3708.74~3911.34	液动锤钻进	202.60	90	2.25	214	0.95

注:自 3620 m 开始将内管加长到 4.3 m。

表 2 ZK96-5 孔特别破碎孔段钻进效果比较

孔段/m	钻进方法	进尺/m	回次数/个	平均回次进尺/m	纯钻时间/h	时效/m
3158.75~3169.65	液动锤钻进	10.90	8	1.35	12	0.93
3288.43~3301.85	常规钻进	13.42	31	0.44	21	0.64
3450.51~3462.57	液动锤钻进	12.06	10	1.28	14	0.87
3648.73~3656.26	常规钻进	7.53	15	0.51	11	0.68
3829.92~3835.01	液动锤钻进	5.09	4	1.41	6	0.85

注:自 3620 m 开始将内管加长到 4.3 m。

表 3 ZK96-5 孔在特别完整地层钻进效果比较

孔段/m	钻进方法	进尺/m	回次数/个	平均回次进尺/m	纯钻时间/h	时效/m
3054.27~3085.43	液动锤钻进	31.16	11	3.00	21	1.51
3231.53~3255.82	常规钻进	24.29	9	2.81	21	1.17
3410.43~3450.51	液动锤钻进	40.08	14	3.00	26	1.54
3656.26~3690.47	常规钻进	34.21	11	3.31	31	1.13
3844.53~3870.43	液动锤钻进	25.90	7	4.14	18	1.47

注:自 3620 m 开始将内管加长到 4.3 m。



图 1 破碎地层岩心



图 2 完整地层岩心

从表 1~3 中的对比可以看出,在复杂破碎地层中,液动锤优越性比较明显,可以有效防止破碎地层钻进时岩心堵塞情况,回次提高 20%~200%,提高了钻探效率。

在特别完整地层中钻进,将内管加长到 4.3 m 后,回次进尺提高明显,在大于 3000 m 的深孔情况下大幅缩短打捞内管等辅助时间,提高了钻探效率,经济效益显著。

4.2 增加了钻头寿命

回转钻进用金刚石钻头主要是取心孕镶式钻头,金刚石出刃的后面存在与金刚石出刃高度相近的胎体凸起,它对出露的金刚石起着重要的支撑保

护作用,在坚硬地层,为保证金刚石出刃,每回次需要往孔内投入敲碎后的石英小块来研磨钻头。而冲击回转钻进,岩石体积破碎下来的岩粉颗粒较大,并且有棱角,对胎体具有研磨性磨损;还由于冲击回转钻进泵量大,冲洗液对钻头有较强的冲蚀性;高频脉动冲击载荷使金刚石切削刃“吃入”岩石,破碎的岩石对金刚石出刃的根部胎体有破坏作用,致使金刚石钻头出刃后面的胎体凸起高度比回转钻进时低,造成金刚石出刃比回转钻进时大,一方面有利于冲击载荷“吃入”岩石,提高碎岩效果;另一方面造成回转切削碎岩过程中金刚石脆断。但由于冲击载荷的作用,减少岩石的抗破碎阻力,从而弥补了金刚石出刃量大,支撑胎体减弱所产生的弊端。冲击回转钻进,孔底冲洗液流量大,呈高频脉动冲击流动状态,钻头唇面与岩石表面间隙是高频变化的,致使孕镶金刚石钻头唇面冲洗液漫流面扩大,携带岩粉,冷却钻头能力增强,减少了岩粉粘附和重复破碎,也有利于提高效率和钻头寿命。此外,孔底钻具受高频冲击作用而随之震动,岩心顺利进入岩心管,使钻压有效地作用于钻头上,防止钻头唇面的金刚石抛光。

因此,只要液动锤工作正常,参数匹配合理,用常规钻头也能获得理想的钻进效果,钻头不会因高频脉动冲击载荷而发生磨损和损坏。

表 4 为不同孔段钻探效果及钻头寿命对比情况,由表中可以看出,液动锤钻进能有效提高硬岩钻进的时效和钻头寿命,钻头寿命可延长 20 m 左右,效率提高 60% 左右,台月效率提高 56% 左右。

表 4 ZK96-5 钻孔不同孔段钻探效果及钻头寿命对比

孔段/m	钻进方法	纯 钻 /h	辅 助 /h	事 故 停 待 /h	时 效 /m	台 月 效 率 /m	钻 头 寿 命 /m
3003.53 ~ 3171.65	液动锤钻进	170	478	0	0.99	712.8	51.35
3171.65 ~ 3308.53	常规钻进	193	863	0	0.71	511.2	32.59
3308.53 ~ 3615.68	液动锤钻进	256	1124	1500	1.20	864.0	46.47
3615.68 ~ 3708.74	常规钻进	148	760	0	0.63	453.6	33.26
3708.74 ~ 3911.34	液动锤钻进	214	1070	720	0.95	684.0	53.22

4.3 纯钻时间利用率高

由于液动锤钻进能提高钻头寿命和回次进尺,延长了提钻和取心周期,减少了辅助时间。另外液动锤总成比普通总成质量大,在投掷内管过程中,内管下降速度快,到达孔底时间较常规内管到底时间明显缩短,且内管到底声音清晰,判断准确,特别对深孔更为明显。例如在 3500 m 孔深时,提出上部石油钻杆,在 3000 m 钻杆内送内管,在常规钻进时为了确保内管到位,往往用打捞器送普通内管,需要

2.5 h 左右的时间;采用液动锤钻进时,用冲洗液送液动锤内管,大约 50 ~ 70 min 内管即可到位,每个回次节约时间 90 min 以上。

在实际生产的过程中,由于孔内比较复杂,经常伴有破碎带引起坍塌掉块,造成回转扭矩增大,难以开高转速。同时为了防止泵量大,对孔壁造成的冲刷侵蚀,一般采用较小泵量,达不到液动锤的额定冲洗液量,使冲击功变小,不能使坚硬岩石产生裂纹,难以使液动锤发挥出最佳的效果。这也是钻孔时效提高幅度不大的主要原因。

由于施工孔深较深,已达 3900 余米,开 52 L/min 的泵量,泵压达到 7 MPa,无法达到液动锤需要的额定泵量,活阀、冲锤等敲击频率和冲击功都比较小,磨损相对较轻,液动锤的寿命延长。见图 3、图 4 所示。



图 3 下活塞与锤轴接头的敲击磨损



图 4 活阀的正常工作磨损

5 绳索取心液动锤的使用技术分析

5.1 做好冲洗液的净化

绳索取心液动锤是靠冲洗液驱动,且内部结构要求不允许有大颗粒固体(或油脂团块),以避免喷嘴堵塞和阻碍部件灵活运动。因此要求尽量不要为减少回转钻进阻力在钻杆外壁涂抹黄油或其他涂抹脂,同时要注意冲洗液净化,保持冲洗液性能稳定,减少大颗粒固体的侵入。因此要求施工现场应配备旋流除砂器、除泥器等冲洗液固相控制设备;未使用

净化设备的机台,循环槽的长度不得短于15 m,内宽220~250 mm,深200 mm,坡度1/100~1/80;槽中每隔1.5~2 m要能够交错安设挡板,上挡板高100 mm,距槽底50 mm,下挡板高100 mm,直接安靠槽底。

泥浆中的固相颗粒以及取心钢丝绳与钻杆摩擦脱落的钢丝绳渣子(图5)极易进入上活塞(下喷嘴)和下缸套与下活塞的配合处,进入上活塞容易造成上活塞的堵塞;下活塞的螺旋槽不能有效排沙,造成下活塞的卡死以及下活塞与冲锤接头的卡阻,引起液动锤的不冲击,不能发挥其应有的作用。



图5 钢丝绳渣子

5.2 检查绳索取心液动锤的丝扣连接情况

由于液动锤传递的是高频脉动载荷,内管总成各丝扣连接部位容易出现倒扣或者松动,引起内管总成弹卡钳与弹卡室的间隙变小或变无,极易引起拉不动内管情况,造成提大钻或其他孔内事故的发生。在每个回次捞出内管总成后,下入之前,都要认真仔细检查内管总成各个连接部位的丝扣连接情况。

5.3 不进尺时要及时取心

在破碎地层中钻进时,破碎岩心经常容易卡在卡簧处,即便是高频脉动载荷的液动锤敲击振动作用也不能及时解卡。如不及时取心,在长时间孔底回转和冲击作用下,极易引起卡簧座的碎裂和断开(如图6所示),从而引起提大钻情况的发生。在遇到约10 min左右不进尺的情况,或者瞬时更换为较大泵量仍然不进尺的情况,要及时打捞内管。

5.4 避免绳索取心液动锤的较长时间空打



图6 断裂损坏的卡簧座

由于液动锤冲击功是经承冲环与传功环传递到外管钻具和钻头上,所以当孔内钻具悬空时或是未接触孔底大泵量冲孔时,液动锤长时间的进行空打工作,容易引起液动锤内部锤体的磨损和断裂,较大冲击功甚至会将液动锤钻具外管与承冲环接头的连接处打脱。

6 结语

中国岩金勘查第一深钻 ZK96-5 钻孔在 3000~4000 m 孔段的深部施工证明,国产绳索取心液动锤能够在较深的钻孔中安全使用,不断地在突破国产绳索取心液动锤的使用深度记录。能有效提高破碎地层和完整地层的各项钻探经济技术指标。表明我国在绳索取心液动锤的实际使用水平处于世界领先。在使用的过程中,如能准确判断孔内液动锤的工作情况,保障冲洗液的净化和钻探机工具的配套,并做为机台常规配套机具,将能进一步地彰显绳索取心液动锤的先进性和优越性,取得更好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等.系列高效液动锤的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3).
- [2] 王建华,苏长寿,左新明.深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J].勘察科学技术,2011,(6).
- [3] 刘景华,何立新.SYZX75 绳索取心液动锤加长岩心管的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):5-6,11.
- [4] 周宗奇,熊家勤,余慎军.SYZX75 绳索取心液动锤在破碎地层中的应用.中国煤炭地质,2011,23(1)
- [5] 石生明,朱永宁.SYZX75 绳索取心液动锤在坚硬致密“打滑”地层的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,39(9).

·更正·

本刊2013年第9期第47页作者姓名下面“2.青海省岩心钻探工程技术研究中心,甘肃兰州730020”应为“2.青海省岩心钻探工程技术研究中心,青海西宁810000”。特此更正,并向作者和读者致歉。