

新疆温宿、库车地区砂岩铀矿绳索取心钻探技术

赵河江

(青海省核工业地质局第一地质矿产勘查大队,青海 西宁 810008)

摘要:介绍了在新疆温宿县、库车县煤田和砂岩型铀矿钻探施工中,将绳索取心钻进技术应用于沉积岩和软岩地层施工的技术措施及效果。实践表明,绳索取心钻进技术在沉积岩和软岩地层同样可以发挥钻进效率高的优势。

关键词:沉积岩;软岩;绳索取心;斜孔;岩心钻探;钻井液

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)03-0037-03

Wire-line Core Drilling Technology in Sandstone Uranium Deposit/ZHAO He-jiang (No. 1 Geology and Mines Investigation Branch, Qinghai Geology Survey of Nuclear Industry, Xining Qinghai 810008, China)

Abstract: The paper introduced the technical measures and effect of application of wire-line core drilling in sedimentary rock and soft rock construction for coalfield and sandstone-type uranium mineral drilling in Kuche and Wensu Counties of Xinjiang. The practice shows that wire-line core drilling technology can also take advantages of high drilling efficiency in sedimentary rock and soft rock formations drilling.

Key words: sedimentary rock; soft rock; wire-line core drilling; inclined hole; core drilling; drilling fluid

1 地层概况及钻孔设计

施工地点位于新疆温宿县、库车县砂岩铀矿勘探区内,钻孔所钻遇地层主要是第四系、第三系和侏罗系中下统地层,其中第四系为松散砂砾石、砂质粘土;第三系为褐灰色石子质砾岩,粉砂质泥岩;侏罗系中下统为主要目的层,岩性为砂岩、砂砾岩、泥岩和煤层。砂砾岩和砂岩多为泥质弱胶结,无胶结。由于岩层胶结性差,钻进时只要钻孔发生漏失,马上就伴随着卡、埋钻事故。严重地阻碍了钻探工程的正常进行,每当钻孔深超过300 m后,施工困难加重,孔内事故频繁发生。

从取出的岩心可以看到,岩心呈“豆腐渣”状。属砂岩松散岩心,在机械震动下很容易破碎,岩心胶结很差,可用手搓碎,这些岩石虽然松散,但是水锈不明显,这说明有渗漏的可能或压差漏失,但没有大的漏失通道。

钻孔设计均为斜孔。温宿县工区钻孔方位角 182° ,倾角 80° ,钻孔孔深一般在300~600 m之间;库车县工区钻孔方位角 185° ,倾角为 $65^\circ\sim 75^\circ$ 不等,钻孔孔深一般在400~700 m之间。

2 钻探施工主要技术难题

依据该工区钻孔设计及地层情况,该工区钻探施工所面临的主要技术难题有以下几点:

(1)该工区地质设计钻孔均为斜孔,且倾角在 $65^\circ\sim 80^\circ$,这将给钻孔护壁、钻孔防斜及钻进取心带来极大的困难;

(2)该工区地层:第四系为松散砂砾石、砂质粘土;第三系为褐灰色石子质砾岩,粉砂质泥岩;主要目的层侏罗系中下统,岩性为砂岩、砂砾岩、泥岩和煤层,砂砾岩和砂岩多为泥质弱胶结或无胶结,属松散、易坍塌、易渗漏复杂地层。选择并用好与以上地层相适应的钻井液将是本工区钻探成败与否的关键所在。

3 钻探设备、钻探工艺及钻孔护壁技术的选择

3.1 主要设备及绳索取心钻具的选择

YDX-3L型全液压钻机3台,XY-5型钻机1台套,绳索取心钻具及配套设备4套,除砂器4台。

针对地质要求和地层特点,我们选择了无锡钻探工具厂生产的N规格系列绳索取心钻具及总成,以提高钻具的防斜性能和在易坍塌地层中的钻进能力,所选用的绳索取心钻具具有以下优点:

(1)钻具稳定性好,防斜性能强,耐磨性强,寿命长;

(2)钻具总成简单耐用,维修方便;

(3)打捞机构设有重锤,遇卡时可反向冲击,内管可轻松提出。

收稿日期:2011-04-21;修回日期:2012-02-23

作者简介:赵河江(1963-),男(汉族),河南人,青海省核工业地质局第一地质矿产勘查大队项目经理、助理工程师,钻探工程专业,从事钻探技术与管理工作,青海省西宁市新宁路2号青旅商务大夏701室,huangweidong7288@163.com。

3.2 钻头和扩孔器的选择

根据岩石的可钻性和研磨性等级,我们重点考虑选择PDC复合片钻头。为稳定钻具,提高转速,结构形状选择台阶尖齿形复合片钻头。为降低泵压,增大环状间隙,有利于排除岩粉,则选择 $\varnothing 80$ mm 钻头和 $\varnothing 80.5$ mm 扩孔器。

(1)PDC钻头以剪切方式碎岩,在较低的转速条件下也可获得较高的钻速,特别适合于软岩地层岩心钻探。

(2)由于PDC既具有金刚石的耐磨性和硬度,又具有硬质合金的抗冲击性能和结构强度,因而寿命较高,平均寿命195.75 m,最高寿命252.58 m。从磨损情况分析,PDC钻头的焊接工艺仍然存在问题,若加以改进,钻头的使用寿命将大大提高。

(3)针对软岩地层钻进每米成本约6.5元,接近硬质合金钻头的水平,而且其成本下降的空间仍然很大。

(4)扩孔器与钻头和钻具的级配较为合理,扩孔器使用寿命长。

3.3 对钻头的改进

PDC钻头在软岩钻进中取得了较好的技术效果,使整体的钻探成本有所降低,但仍存在一定的问题,针对这些问题,我们对钻头进行了改进。一是在软岩钻进中,有时会发生憋泵现象,从而减少纯钻时间,为此将原水口高度增加;二是为降低单个钻头的成本,在不影响钻头内外保径和使用寿命的前提下,在某些孔段采用4组8粒的尖齿PDC复合片作切削具。此外建议提高焊接工艺,防止PDC复合片脱落,采用聚晶保径,提高钻头的使用寿命。

3.4 钻井液的选择

分析矿区的地质情况,并结合绳索取心钻进对钻井液的要求,我们把利用钻井液维护孔壁安全、防止坍塌作为钻井液选配的原则。经室内反复调配、分析、对比,最后确定在该矿区钻进使用的钻井液配方和使用维护方案。以达到保证孔壁安全,防止泥浆渗漏,润滑稳定钻具的目的。

3.4.1 钻井液类型

开孔到穿过第四系地层使用低固相加入一定量水玻璃的钻井液,下入孔口套管。穿过第四系地层以后,使用经过改良的植物胶为主的无固相钻井液。在松散的砂砾岩使用水玻璃无固相钻井液。

3.4.2 钻井液的配方和性能

3.4.2.1 水玻璃钻井液

配方:PHP 0.05% ~ 0.1%,硫酸铵 0.5% ~

1%,水玻璃3% ~ 8%,磺化沥青0.05% ~ 0.1%,其它复合处理剂1% ~ 1.5%,润滑剂0.3% ~ 0.5%。

性能指标:漏斗粘度23 s,塑性粘度9 mPa·s,动切力3 Pa,密度1.04 g/cm³,pH值11。

样品以砂土球、煤球、泥球在钻井液中浸泡,久泡不散,而且表面有一层薄膜,说明该钻井液的护壁和护心性能优良。

3.4.2.2 低固相钻井液

配方:Na₂CO₃ 0.01% ~ 0.03%,PHP 0.05% ~ 0.1%,膨润土2.5%,植物胶0.2% ~ 0.5%。

性能指标:漏斗粘度28 s,塑性粘度14 mPa·s,动切力3 Pa,密度1.03 g/cm³,pH值9,失水量10.5 mL/30 min,泥皮厚度<1 mm。

3.4.2.3 植物胶无固相钻井液

配方:Na₂CO₃ 0.01% ~ 0.03%,高粘防塌剂0.1% ~ 0.5%,植物胶0.3% ~ 0.7%,其它混合处理剂0.5% ~ 1.5%,磺化沥青0.5% ~ 1%。

性能指标:漏斗粘度26 s,塑性粘度11 mPa·s,动切力3.5 Pa,密度1.02 g/cm³,pH值9。

3.4.3 钻井液的防塌性能

采用简单的岩样静态浸泡方法对钻井液的防塌性能进行了试验。表1列出了3种岩样在3种不同的钻井液中的浸泡试验结果。结果表明,水玻璃无固相钻井液具有使岩样表层硬化的固壁作用,并且一旦硬化层被撞击出现裂纹或局部剥离脱落后,出现的裂隙和新裸露的岩样表面,又会很快的固结和形成新的硬化层,从而保护了孔壁和岩心。

表1 钻井液浸泡试验结果

岩样种类	水玻璃钻井液	低固相钻井液	植物胶钻井液
砂土球	表面硬化,塌落小块	8 h内松软	10 h内不塌,但软化也较硬
煤球	表面硬化,没有裂纹	8 h内松散,垮塌	10 h内不塌,但软化
砂球	表面硬化,没有裂纹	8 h内松散,垮塌	24 h变化不大

4 防漏、防塌及堵漏措施

针对施工中孔内出现的复杂问题,我们坚持及时地封堵孔内的漏失通道和渗流量较大的孔段,使钻井液保持正常循环的主导思想。因此,在塌漏的钻孔中,堵漏便成为护壁的重要环节。堵漏治塌的方法有多种,在该工区的绳索取心钻进中选择了以下几种堵漏方法。

(1)PAM-水泥絮凝堵漏法:该方法见效快,有效而且经济。

(2)水玻璃-硫酸铵胶凝堵漏:该方法对于渗

漏严重的“豆腐渣”砂岩层,可实现不停钻堵漏,而且效果很好。

(3)钻进薄的松散层和煤层时,则从钻杆内直接倒入水玻璃水溶液。以“大剂量,小范围”的方式固化孔壁。

5 钻探施工技术

5.1 钻孔方法

一般情况下采用 $\varnothing 130$ mm 硬质合金钻头开孔,下入 $\varnothing 127$ mm 孔口管,用 $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻进至完整地层,而后用 $\varnothing 115$ mm 扩孔钻头扩孔,下入 $\varnothing 108$ mm 技术套管,彻底隔离第四系松散的覆盖层。而后下入导正钻具钻进,待新孔打成后换 $\varnothing 77$ 或 80 mm 绳索取心钻具至终孔。

5.2 钻进参数及钻具间隙

在软岩地层采用绳索取心钻进斜孔时,钻进参数应该比直孔钻进略大一些,具体参数视钻孔倾角而定。倾角小,钻压大;倾角大,则钻压小,以保证钻孔轨迹不离靶心。在硬岩地层钻进,钻具与孔壁的环状间隙较小,使用清水+润滑剂就基本可以保证钻进要求。而软岩则不同,要考虑许多孔内复杂情况,由于采用ODC复合片钻头钻进,岩粉颗粒大,若不及时排出,将会产生不可预计的孔内事故,所以将环状间隙加大,有利于排粉、降低泵压。

5.3 钻井液的使用及维护

使用无固相钻井液,循环槽内沉积的岩粉较多,说明它具有很好的排粉和清粉性能,而且岩粉堆积密实、易于清除,此时应注意补充相关的有机处理剂,以保证钻井液性能。另外,现场使用旋流加振动筛组合式除砂器,有效地清除了钻井液中的颗粒状钻屑。

6 钻探技术经济效果

(1)护壁效果:使用无固相钻井液后,孔内事故明显减少。钻井过程中无卡钻、埋钻和缩径等现象,实现了全孔裸眼安全钻进。终后孔测井,探管上下顺利,从物探测井资料上看,钻孔孔径完整,无超径

现象。

(2)护心效果:使用无固相钻井液后,由于高分子聚合物大量的存在具有很好的固壁效果和包裹性能,在岩心表面形成一层良好的保护膜,有效地防止了水的渗透,从而有效地保护了岩(矿)心。从取出的煤心和松散砂岩(图1)可以看出,岩心都能够保持完整的圆柱状。



图1 在煤层和松散砂岩中取出的岩心

(3)钻井液的润滑性:绳索取心钻杆外环间隙小,钻杆与孔壁的接触面积比较大,若想高速钻进,减阻润滑是关键问题,在钻井液中加入磺化沥青和润滑剂有效地解决了钻具润滑和渗漏问题。

(4)绳索取心钻探技术经济指标与普通单动双管钻探的对比见表2。

其中,2009年度开动钻机3台,全部采用普通单动双管钻探工艺,工期6个月,完成总工作量7740 m;2010年度开动钻机3台,全部改用绳索取心工艺,工期5个月,完成总工作量12015 m。可见,改用绳索取心工艺后其经济技术指标显著改善,经济效益明显提高。

表2 钻探技术经济指标对比

钻进工艺	施工年度	平均孔深/m	钻月数/月	钻月效率/m	时效/m	纯钻时间利用率/%	孔内事故率/%	岩心采取率/%	钻孔平均偏斜/(°)	钻孔质量
普通单动双管	2009	290	6	430.6	1.54	28.4	3.5	75.1	3	合格
绳索取心	2010	330	5	801.5	3.12	50.3	0	90.3	0	优质

料加固效果好。从山区工程来看,可能回填的绝大部分为开方的碎石,强夯的效果及应用条件需要做进一步的研究。有资料提出对红砂岩采用预处理的方式,从而减少其水活性,并形成一定的级配,在工程工期要求不紧、有一定堆放场地的工程可考虑采用。

(2)强夯填料级配、最大限制粒径问题,建筑地基处理技术规范仅对强夯置换墩体最大粒径有限制,要求大于300 mm的块石总量不超出填料总量的30%,以免因级配不良或块石过多过大,易造成墩中留下孔隙,在后续施工及建(构)筑物使用中使墩间土挤入孔隙,造成下沉的增加。以此类推,强夯加固碎石土更应对级配及块石最大粒径进行限制。因此需对爆破石料进行二次破碎,考虑到现场施工条件,如何控制填料级配及最大限制粒径是个问题。

(3)如何考虑雨水的入渗对强夯后地基的影响问题。对于红砂岩强夯后地基而言,由于级配不良、存在大粒径块石的情况,会造成2种不良状况:①局部积水情况,考虑到红砂岩具有遇水软化的特点,会造成地基强度的下降;②雨水的入渗,会带走一些细颗粒,时间长了,会否形成渗流通道?两种状况均可能造成地基不均匀沉降。有资料认为只要施工质量达到设计要求,表层会形成隔水层。笔者认为,隔水

层应与红砂岩的成分相关,泥质胶结可以形成隔水层,砂岩则可能很难以形成这种隔水层。在降水丰富地区是否需采用粘性土覆盖尚需要研究。

(4)对红砂岩强夯地基的试验检测问题。我们采取了静载荷试验、重型动力触探等试验检测手段,由于静载荷试验仅能反映浅层地基的强度变形情况,而重型动力触探手段由于填料的不均匀,造成数据离差较大,因此只能定性评价总体比夯前击数有提高,但难以定量分析。文献[3]提出采用剪切波检测方法,需要进行进一步总结。总体感觉没有较好的试验检测手段,特别是涉及到强夯地基的不均匀性检测问题。

参考文献:

- [1] 罗恒,等.红砂岩碎石土高填方路基强夯加固时的动应力扩散及土体变形试验研究[J].岩石力学与工程学报,2007,26(S1).
- [2] 谢海涛.红砂岩碎石土填料室内强夯模型试验[J].湖南交通科技,2010,36(2).
- [3] 段仲沅,等.强夯处理红砂岩碎(块)石填土地基检测方法探讨[J].土工基础,2009,23(1).
- [4] 杨建华,等.红砂岩填石路基强夯处理的试验研究[J].武汉理工大学学报,2008,30(3).
- [5] 曾中林,李亮.红砂岩强夯特性试验研究[J].路基工程,2007,(2).

(上接第39页)

7 结语

通过该工作区30多个钻孔(方位角182°,倾角80°),1万多米钻探工作量的施工证明:

(1)在沉积岩地层中采用绳索取心钻进技术,钻孔质量好,钻进效率高,劳动强度低。我队最大提钻间距达285.47 m。其工艺优势明显。

(2)在软岩中钻进斜孔,关键在于对钻井液的选择及维护。该工作区通过对所述3种钻井液综合使用,在钻进过程中未出现塌孔、缩径等不良现象,基本实现了全孔裸孔安全钻进。终孔后测井显示:孔内干净,上下探管自如,无塌孔、扩径、缩径等现象。从物探测井曲线上看,钻孔孔径基本一致并保持完整。尤其是水玻璃钻井液具有较强的护壁、护心能力,在松散砂岩及煤层取心钻进时,钻井液包裹在岩心表面,形成一层良好的保护膜,起到了护心的作用,从而使得岩(矿)心的采取率较高。平均全孔岩心采取率达80%以上。

实践证明,在沉积岩软岩地层中采用绳索取心钻进技术进行斜孔钻探施工,同样可达到钻孔质量好,钻进效率高,劳动强度低等目的。但是,必须重视对钻孔护壁堵漏技术和钻井液的研究应用,只有灵活掌握和使用好与地层相适应的钻井液,并在必要时辅助使用套管护壁,才可取得满意的钻探施工效果。

参考文献:

- [1] 陈尔志,陈礼仪,向昆明,等.高密度低失水泥浆体系在煤田绳索取心钻探中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):15-18.
- [2] 孙德学,陈伟,张元清,等.沉积岩松软地层深孔绳索取心钻探技术实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(1):16-19.
- [3] 曾祥熹.钻孔护壁堵漏与减阻[M].北京:地质出版社,1981.
- [4] 吴隆杰.钻井液处理剂胶体化学原理[M].北京:地质出版社,1992.
- [5] 王文臣.钻孔冲洗液与注浆[M].北京:冶金工业出版社,1996.