

沉积岩松软地层深孔绳索取心钻探技术实践

孙德学, 陈伟, 张元清, 吕洪富
(吉林省地质矿产勘查开发局, 吉林 长春 130061)

摘要:通过两年的施工实践,对松散地层深孔绳索取心钻探技术在技术装备配套、钻孔结构设计、机具与钻头选择、冲洗液使用等方面进行了新的尝试,取得了较高的经济技术成果。实践证明,松散地层深孔钻探采用绳索取心钻进技术是可行的,钻月效率提高1倍以上,而且钻孔质量好、工人劳动强度低。

关键词:松散地层;深孔;绳索取心钻探;钻孔结构;冲洗液;除泥;粘卡吸附

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)01-0016-04

Practice of Wire-line Coring Drilling Technology for Deep Hole in Soft Sedimentary Rocks/SUN De-xue, CHEN Wei, ZHANG Yuan-qing, LÜ Hong-fu (Jilin Bureau of Geology and Mineral Exploration, Changchun Jilin 130061, China)

Abstract: In 2 years of construction practice, the new attempt was made on wire-line coring drilling technology for deep hole in soft formation about the technical equipment matching, borehole structure design, machine & bit selection and washing fluid. The practice proved that wire-line coring technology was feasible for deep hole drilling in soft formation, and drilling monthly efficiency increased over one time with good borehole quality and lower labor intensity.

Key words: weak formation; deep hole; wire-line coring drilling; borehole structure; washing fluid; mud-removing; balled bit

2006~2007年,我局承担荷兰壳牌公司在吉林省几个区块的油页岩钻探项目,采用配套完善的钻探设备,完成钻孔15个(孔深500~1005m),累计工作量9499m,平均钻月效率达810m,平均岩矿心采取率达95%,健康、安全、环保管理工作得到壳牌公司高层管理者认可并受到嘉奖,在钻探工艺上采取了一些新的技术措施,分述如下。

1 沉积岩地层特点

主要为第三系、白垩系地层,岩石以泥岩、页岩、砂岩、砂砾岩为主,蕴藏有石油、天然气、油页岩、煤等矿种,可钻性Ⅲ~Ⅴ级,岩石松软,胶结性差,在钻孔施工中,易发生钻孔超径、孔壁坍塌、局部缩径、涌水、漏水等现象,造成钻杆折断、孔壁粘卡钻杆、挤夹钻具等事故。另外,泥岩地层自然造浆给冲洗液的性能维护带来许多困难,冲洗液中的粘土颗粒不易分离出去,致使冲洗液粘度增高密度增大。抑制钻孔超径,控制冲洗液中的粘土含量是本项工程的一个关键技术环节。

2 主要钻探装备配备

2006年施工使用的主要设备有:XY-44、XY-

5、XY-6型立轴式钻机(开动3台钻机);BW-250型、BW-320型泥浆泵;16米A型、SG18型钻塔;ZQ190-2型除沙器;150t手动液压起重机;S95绳索取心钻具;Ø89mm、Ø71mm可退式捞矛;90kW柴油发电机组。2007年,为了提高整体装备技术水平,将立轴式钻机改配为性能更先进的全液压力头式钻机,并增配了离心式除泥机,满足了钻进工艺的需求。具体配备主要设备有:YDX-3、HYDX-5型全液压力头式钻机(开动一台钻机);BW-250型泥浆泵;LW-400NJ型离心式除泥机;ZQ190-2型除沙器;150t手动液压起重机;PQ、HQ、NQ绳索取心钻具;Ø89mm、Ø71mm可退式捞矛;50kW柴油发电机组。

3 钻进方法选择

根据地层条件和壳牌公司的要求以及地层特性采用HQ(S95)规格绳索取心回转钻进为主的钻进方法,该方法具有效率高,对孔壁破坏作用小,岩矿心的采取率高、完整性好,劳动强度低等优点,为进一步保证岩矿心的完整度,选用宝长年Q系列三层管(内壁管为半合管,长度3m)钻具总成。

2006年初选用了金刚石复合片钻头,但由于金

收稿日期:2009-07-07;修回日期:2009-12-09

作者简介:孙德学(1960-),男(汉族),吉林东辽人,吉林省地质矿产勘查开发局工勘处调研员、研究员,探矿工程专业,从事探矿工程技术管理工作,吉林省长春市南昌路120号,jldkjgk@sina.com。

刚石复合片刃角不锋利,且为负前角镶焊,在泥页岩层钻进中钻速较低,一般在 2~3 m/h,还需要很大的钻压,对孔壁的破坏作用和对钻杆损耗也增大。在经过几种不同类型钻头试验对比,后期选用了人造金刚石聚晶尖环槽式钻头(见图 1)。

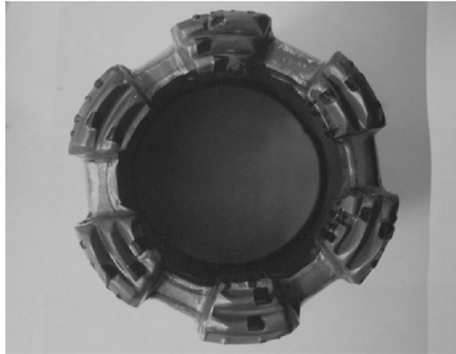


图 1 人造金刚石聚晶尖环槽式钻头

该型钻头具有钻进速度快、地层适应性强等优点,钻速在 4~6 m/h 之间,平均寿命达 130 m/个以上。在砂岩层段可以考虑采用 PDC 钻头,而砂卵石层则使用孕镶金刚石钻头。

4 钻孔结构设计

开孔钻进采用 $\varnothing 150$ mm 口径,一般钻进 6~20 m 深,下入 $\varnothing 146$ mm 孔口管,然后换 $\varnothing 131$ mm 口径至较完整较硬的岩层中,深度在 50~80 m,下入 $\varnothing 127$ mm 套管,然后采用 $\varnothing 100$ mm 口径钻进至终孔。

如设计钻孔深度较大,超过 800 m 以深,且上部地层松软,超径现象严重时,则先用 $\varnothing 100$ mm 口径取心钻进约 300~400 m,再采用 $\varnothing 131$ mm 钻头扩孔钻进下入 $\varnothing 127$ mm \times 4.5 mm 套管,如深部孔段在冲洗液护壁仍难以控制孔壁稳定时,可用 $\varnothing 113$ mm 钻头扩孔,下入 $\varnothing 108$ mm 套管护壁(理想套管尺寸是 $\varnothing 96$ mm \times 5 mm,但我国无此规格管材)。采用 NQ 系列绳索取心钻具($\varnothing 80$ mm)口径钻进至终孔。

关于钻头外径问题,考虑页岩地层有缩径现象,要保证冲洗液有足够的外环间隙。一般提钻取心钻探在泥页岩层中钻头外侧加有肋骨,钻头外径扩大一级,但绳索取心钻进不宜加到那么大,在 2006 年初从标准的 $\varnothing 96$ mm 加大到 $\varnothing 98$ mm,但在个别层段钻进中冲洗液排粉还是不够顺畅,时常有憋泵现象发生,将冲洗液压入地层而漏水,所以在后面的施工中均采用了 $\varnothing 100$ mm 口径。从钻进过程来看,冲洗液排粉顺畅。而在 2007 年从事本项工程施工的外

省某钻探队在第一个钻孔(设计孔深 1005 m)施工时,选择的是常规标准直径 HQ($\varnothing 96$ mm)钻头、NQ($\varnothing 76$ mm)钻头,设计的钻孔结构是孔口管下好后采用 PQ(钻头外径 $\varnothing 122$ mm,钻杆 $\varnothing 114.3$ mm \times 5.55 mm)钻具钻进 300 m 左右,下入 $\varnothing 114$ mm \times 6 mm 钻杆作为护壁套管,然后换 HQ(钻头外径 $\varnothing 96$ mm,钻杆 $\varnothing 88.9$ mm \times 5.55 mm)钻具钻进 700 m 左右,下入 HQ 钻杆作为护壁套管,再换 NQ(钻头外径 $\varnothing 76$ mm,钻杆 $\varnothing 69.9$ mm \times 4.8 mm)钻具钻进至终孔。这种钻孔结构是国外通常的选择,适应于硬、碎地层,但在松、软、散地层不适用,结果当钻进到 610 m 时 HQ 钻具由于外环间隙不够,造成钻具粘夹事故,处理无效,被迫将 HQ 钻杆作为套管,提前换 NQ 钻具钻进,当钻进到 660 m 时 NQ 钻具又被粘夹,几经处理不果,钻孔报废。采用机械式内割刀将粗径钻具上部钻杆割断,将孔内作为套管的钻杆全部取回,但此时他们并没有认识到是钻孔结构设计问题,认为是意外事故。换新孔位重新开孔钻进,仍然采用原钻孔结构和技术方法(没有配备离心式除泥机),结果重复了第一个钻孔施工的过程,不到 700 m 孔深因钻具粘夹事故再次报废钻孔。这时他们方认识到钻孔结构不合理的问题,在下部施工中参照我方的钻孔结构,并增配了离心式除泥机,施工才得以顺利进行。

5 冲洗液应用

5.1 冲洗液类型的选择

根据泥页岩地层水敏性强的特点,考虑绳索取心钻进对冲洗液低粘度低固相的要求及环保因素,选择 PVA(聚乙稀醇)和 SD-2 型植物胶为主的聚合物无固相冲洗液,其护壁机理是靠 PVA 与水在粘土表面发生竞争吸附,PVA 优先在粘土表面取代部分水分子,形成一个疏水的膜,破坏和阻止了粘土表面导致泥页岩膨胀分散的结构水的形成,从而起到了抑制作用,植物胶在护壁护心方面也起到了重要作用,并增强了润滑性。

5.2 冲洗液的基本配方及性能

5.2.1 砂(卵、砾石)层用冲洗液

配方(每立方米处理剂加量):SD-2(5.0 kg) + KP 共聚物(5~6 kg) + PVA(2~4 kg) + KCl(4~6 kg) + Na-CMC(4~5 kg)。

性能要求:密度 1.08~1.14 g/cm³,失水量 ≤ 15 mL/30 min,(俄氏)漏斗粘度 20~22 s,pH 值 8.5~9.0。

5.2.2 泥页岩层用冲洗液

配方(每立方米处理剂加量):SD-2(10 kg) + KP共聚物(3~4 kg) + PVA(1~2 kg) + KCl(10~12 kg) + Na-CMC(2~3 kg) + KHm(8~10 kg)。

性能要求:密度 $1.06 \sim 1.11 \text{ g/cm}^3$,失水量 $\leq 16 \text{ mL/30 min}$, (俄氏)漏斗粘度 $18 \sim 24 \text{ s}$, pH值 $8.5 \sim 9.0$ 。

如冲洗液需急速提高粘度,加入 Na-CMC + PHP 溶液;如需降低粘度则加入 KHm 溶液进行稀释。为使冲洗液体系保持性能稳定,应保持孔内冲洗液 pH 值不低于 $8.5 \sim 9.0$ 。

5.3 应用效果

从实际施工效果来看,基本满足了护孔需求,通过终孔后的孔径测量验证,砂卵石地层和页岩不超径,软泥岩略有超径,提取的岩心表面吸附一薄层坚韧的聚合物膜,用水枪冲洗才可将岩心露出来,在舒兰5号孔厚达740 m的砂卵石地层钻进中孔壁维护非常好,未出现任何孔壁坍塌迹象,在极松散的砂层中也能取出完整原状岩心,图2为采用的三层半合管钻具所取出的原状岩心。



无胶结砂粒岩心



砂砾岩心

图2 采用的三层半合管钻具所取出的原状岩心

5.4 冲洗液的环保性

这种冲洗液主要成分是高分子有机物,具有无毒无害易于处理的特点,经有关部门的化验分析证明其废浆对环境无害,属环保型浆液。

5.5 冲洗液的使用与维护

在2006年施工中,该种浆液对维护井壁稳定起到了一定的作用,但由于冲洗液中的细小粘土颗粒分离困难,造成冲洗液粘土含量增高,体现出粘度高,密度大,配备的ZQ190-2型除砂器是2个旋流除砂器和振动的组合除砂器(见图3),它可去除较粗颗粒的岩粉,但对浆液中的细小粘土颗粒不起作用,无法继续使用,需经常更换,弃浆量大,有时不得不把泥浆材料减量配制,从而影响了护壁效果,如伊通3号钻孔设计孔深1000 m,当钻进至915 m时发生钻具脱落事故,因此时钻孔超径现象严重,孔内坍塌物增多,几经处理无效,被迫提前终孔。还有3个钻孔因冲洗液密度增高,孔壁与钻杆间隙不够大($\varnothing 98 \text{ mm}$)等原因发生孔壁粘卡钻具事故,其中舒兰1号钻孔因解卡无效报废410 m工作量和320 m $\varnothing 89 \text{ mm}$ 绳索取心钻杆及钻具。所以,控制冲洗液中的粘土含量,保持冲洗液的性能稳定是保证钻进顺利的一个关键因素,在2007年,我们选用了石油钻井普遍使用的除泥效果良好的LW-400型离心式除泥机,它可去除直径 $5 \mu\text{m}$ 的细小颗粒(图4),保证了冲洗液的性能稳定,并大大减少了弃浆量,节约了造浆材料成本,并减少了对周围环境的污染。



图3 JQ190-2型除砂器



图4 LW-400型离心式除泥机除泥现场

6 认识与体会

(1) 目前许多钻探队伍因种种原因仍然采用传统的提钻取心钻探方法,特别是煤田系统,由于频繁提下钻具采心,且多为外丝锁接手钻杆,对孔壁的破坏作用很大,钻孔超径、掉块现象严重,多数选用高粘高固相泥浆为冲洗液,采用钻铤孔底加压来改善钻杆的工作状态,但断钻、埋钻事故还是频繁发生,效率低下,一般平均钻月效率在 300 ~ 400 m,工人劳动强度也大(许多队伍仍使用手把式钻机)。通过本项目的实践证明,深孔中采用绳索取心技术钻进松散地层在技术上是领先的,钻月效率比常规提钻取心钻探提高 1 倍以上,而且钻孔质量好、工人劳动强度低,全液压力头式钻机的使用更进一步改善了工人的劳动强度,而且工艺适应性更好。

(2) 采用离心式除泥机可以有效地控制冲洗液中的固相含量,保持冲洗液性能的稳定(特别是无固相冲洗液),从而保证绳索取心钻进时钻杆内壁不结皮、冲洗液泵压低,并防止孔壁粘卡钻杆。我们使用的 LW-400 型离心除泥机是石油钻井中最小规格,但用于地质岩心钻探其 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ (动力达 40 kW) 的处理量还是大了许多,目前国内尚无适合地质岩心钻探用(处理量 $10 \sim 20 \text{ m}^3/\text{h}$ 为好)的小型离心除泥机,期待相关研究和生产部门研制出适合地质岩心钻探用的小型离心除泥机,作为绳索取心、液动冲击回转、螺杆钻钻进的必备配套设备。

(3) 选择钻孔结构时要充分考虑粗粒岩粉的排放问题,地层越软越碎钻头外径越要增大,沉积岩地层绳索取心钻进钻头外径比常规钻头大 4 mm 左右为宜,一般中硬破碎地层钻头外径比常规钻头大 2 mm 左右为好。

(4) 深孔钻进中,由于绳索取心操作时间较长,钻杆在孔内静止时间增多,容易被孔壁粘卡吸附,避免方法有:①控制冲洗液密度在 $1.05 \text{ g}/\text{cm}^3$ 以内;②保持冲洗液的润滑性;③采用动力头式钻机时可在机上取心,同时用动力头慢速转动孔内钻杆。一旦发生粘卡吸附,可向孔内泵入大浓度润滑剂(会严重破坏原冲洗液的护壁效果)浸泡钻杆解卡。

(5) 采用可退式捞矛打捞孔内事故钻杆,较常规打捞工具的丝锥具有操作简便、打捞成功率高、不损坏钻杆头等优点,而且,一旦孔内事故钻具提拉阻力过大无法提出孔内时,可简便地把捞矛脱离孔内事故钻杆,再用其它方法处理,避免事故扩大化。另外,机械式内割刀(俗称割管器)、手动液压起重机等都是钻探机台必备的、有效的事故处理机具。

(6) 通过与壳牌公司(国际知名大企业)合作,管理理念有了新认识,重视人身健康和环境保护,将其作为钻探施工管理的重要组成部分,达到人性化管理并保护环境,提升了管理水平。

参考文献:

- [1] 张伟. 金刚石绳索取心钻进施工效率影响因素分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10): 22-24, 34.
- [2] 首照兵, 章述, 向昆明. 绳索取心钻进冲洗液的性能控制技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(4): 29-31.
- [3] 王禹, 刘波, 高洪志. 油页岩地层绳索取心钻探冲洗液技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10): 32-34.
- [4] 王禹, 杨春柳, 吕小燕. PVA 无固相冲洗液在吉林珲春松林矿区复杂地层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(7): 14-15, 17.
- [5] 孙建华, 张永勤, 赵海涛, 等. 复杂地层中深孔绳索取心钻探技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(5): 46-50.
- [6] 赵宪富, 台沐礼, 孙德学, 等. 预防油页岩地层钻进中压差卡钻的措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(9): 21-23.