

气动潜孔锤钻进技术在基岩地区水文钻探中的应用

孙承志¹, 李文智², 胡晓天²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 包钢勘察测绘研究院, 内蒙古 包头 014010)

摘要:通过工程实例,介绍了气动潜孔锤钻进技术在坚硬破碎、裂隙发育基岩地区水文水井钻探工艺,以及钻进中出现的问题及对策。

关键词:气动潜孔锤钻进;基岩地区;水文钻探

中图分类号:P634.5⁺6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)08-0015-02

1 气动潜孔锤技术优缺点

气动潜孔锤是以压缩空气作为动力介质完成冲击回转钻进,具有空气洗井钻进的特点。较之传统的硬质合金回转钻进有成倍的功效。特别是在高寒地区进行基岩水文钻探作业,对于缩短辅助时间、降低成本具有明显效果。近年来在我国被广泛应用于采矿业、凿井和基础工程等各个领域。

1.1 气动潜孔锤钻进的优点

(1) 钻进效率高,成井周期短。实践证明,气动潜孔锤钻进比液动潜孔锤钻进效率可提高 2~5 倍;比硬质合金回转钻进效率提高 3~10 倍。效率提高的原因是:单次冲击功大,无液柱压力;排渣风速高,孔底干净,无二次破碎,改善了孔底碎岩条件;成井后可直接下泵抽水,无需洗井,减少了洗井工序。

(2) 钻探成本低。气动潜孔锤钻进配用的球齿硬质合金钻头在坚硬破碎岩石中钻进,既有利于破岩,又比普通硬质合金钻头寿命高;该工艺是用空气作为循环介质,施工中只需要极少量的生产用水,在干旱缺少水源的施工现场,可节省生产用水费用,又避免了供水系统的维护和设备运行,特别是在寒冷的冬季施工,大大缩短了辅助时间,降低了运行成本;气动潜孔锤钻进比回转钻进所需要钻压和扭矩要小得多,这样可减轻配套钻机设备质量和功率,可减轻搬运、安装设备工作量,降低使用设备成本。此外,由于成井周期缩短,可以减少人员工资及动力消耗。

(3) 钻孔垂直度有保证。气动潜孔锤钻进转速低,离心力小,钻具对孔壁的撞击机会小,此外这种钻进方法是以高频对孔底进行冲击,减小了对破碎或倾斜地层产生孔斜的影响,从而可提高钻孔的垂

直度,一般孔斜度 $\leq 0.5^\circ/100\text{ m}$,同时也可减少孔壁岩石坍塌。

(4) 能保证成井质量。因为气动潜孔锤钻进不需要泥浆作循环介质,因此不需要在破碎带和裂隙发育带发生漏浆时采取护壁措施和堵漏材料,同时也减少了泥浆对含水层渗透性的影响。

1.2 气动潜孔锤钻进的缺点

(1) 由于动力介质和循环介质采用的是压缩空气,对孔壁支挡平衡作用差,护壁十分不利;当护壁管下不到位时经常发生掉块卡钻事故。

(2) 钻进不能采用泥浆作循环介质,更无法用护壁处理剂及堵漏材料,当发生井壁事故时,比较难处理。

(3) 破碎岩石是一种动载冲击,钻头在岩石上冲击振动,更容易使孔壁或岩心产生振动破碎,给护壁和采心工作极为不利。

2 工艺特点

气动潜孔锤钻进技术属冲击式钻进与回转钻进结合的一种钻进技术。其主要特点是钻头在静压力的作用下,由纵向冲击动载和回转切削共同作用而破碎岩石。由于冲击力是一种加载速度很大的动荷载,其明显特征就是作用时间极短,岩石中的接触应力瞬间达到很大值,从而提高碎岩速度。由于有冲击荷载的作用,岩石破碎更主要地以体积破碎形式出现,使钻速加快,从而提高了纯钻进时间。潜孔锤钻进时,加有一定的轴向压力,这就改善了冲击力的传递条件,加强了冲击效果。采用高频冲击器钻进时,岩石受高频脉冲冲击作用迫使岩石内部分子产生振荡,也可产生疲劳破碎使岩石强度降低。再则

收稿日期:2007-04-13; 改回日期:2007-07-05

作者简介:孙承志(1969-),男(汉族),内蒙古包头人,中国地质大学(北京)在读博士,地质工程专业,从事工程地质与水文地质工作,内蒙古包头市包钢勘察测绘研究院(014010),(0472)2167378、13347176105,sun9184@163.com,sun91841998@sina.com。

潜孔锤用空气作为驱动动力介质而工作,因压缩空气也可作为洗井介质,所以气动潜孔锤钻进也具有空气洗井钻进的特点。

3 钻进中出现的问题及对策

(1)气动潜孔锤钻进护壁能力差,因此,对于松散地层和破碎带的护壁问题就显的尤为重要。目前普遍采用的也是最安全的办法就是套管隔离护孔法钻进。即先用潜孔锤破岩钻进,而后下套管隔离,再换用小一级钻具在套管内继续钻进。施工时尽量提高钻速,快速通过松散层或破碎带,可以缩短外界因素(如地下水的浸泡和冲刷)作用时间,使孔壁能在一定时间内保持稳定来赢得下入套管隔离保护钻孔的时间。

(2)钻进至破碎松软被粘性土充填的地层时,如断层带或强风化层中,水量很小,则岩粉与水混合成糊状物,粘在钻杆与钻孔环状间隙中,使工作风压升高,排气循环减弱或停止,导致潜孔锤工作效率下降甚至不工作,钻头磨损严重,使进尺缓慢和不进尺。钻进中出现这些现象后,向钻杆内灌注一定量泡沫剂(实际用洗衣粉代替)稀释稠泥浆,即可排除故障,恢复正常工作。

4 应用实例

4.1 黄岗梁铁矿岩溶地区施工

黄岗梁铁矿位于大兴安岭西南余脉与燕山山脉交汇地段,工作区位于山谷地带,地形较为平坦,区内第四系覆盖层较厚(30~50 m),第四系下部为白色大理岩,大理岩内溶洞发育并充填原岩碎屑及粘性土,大理岩厚度80~110 m,为本区的主要含水层,大理岩下部为砂卡岩或安山岩,岩石完整,硬度较大。

黄岗梁铁矿Ⅲ区水文地质评价设计抽水试验孔4眼,设计孔深为200 m。根据设计要求,成井时将第四系地层揭穿后,进入基岩5 m,下10 in(Ø254 mm)钢管并封死第四系孔隙潜孔含水层,基岩孔终孔直径大于200 mm,终孔后下8 in(Ø203 mm)过滤器,成井后作抽水试验。

施工设备及器具:JTS300型钻机;阿特拉斯XAS495型空气压缩机;W200J-D型潜孔锤;Ø205 mm钻头(钎头)。

在钻探施工中第一个钻孔由于第四系护壁管未下到完整基岩,潜孔锤施工中发生卡钻,由于处理事故,施工期大概用了20天左右。而第二个孔和第三

个孔则十分顺利,基岩段钻探施工均为3~5天,钻探效率最高可达到20 m/h。

4.2 长山壕金矿基岩出露山区施工

2007年1月完成的内蒙古乌拉特中旗新忽热苏木长山壕金矿水文观测孔凿井工程,设计了6个Ø210 mm、井深50~80 m钻孔,用作供水井补充水源。钻孔分布在山间沟谷内,地表覆盖层为厚度2~10 m的松散第四系冲(洪)积物,含漂(卵)石,下覆厚度10~20 m强风化基岩,其下为较完整的基岩。岩性为黑云母花岗岩,局部夹石英岩脉,个别钻孔揭露的为凝灰质板岩。施工期间当地最低气温-33℃,平均气温-23℃,最初选用的泥浆护壁回转钻进工艺,因为气温低多次造成水循环管路冻结,致使工程无法进行。后改用套管隔离护孔法潜孔锤钻进工艺克服了气温低的难题。

使用W200J型潜孔锤,Ø210 mm球齿钻头钻进。钻进顺利,单孔仅用5天时间。凿井时间仅相当于泥浆护壁回转钻进的1/5,而出水量是后者的5~10倍,可以在保证成井质量的前提下成倍提高工作效率。

2007年3月,在内蒙古乌拉特中旗新忽热苏木长山壕金矿水文地质勘察工程中再次采用潜孔锤施工2个抽水试验孔,孔深150 m,孔径250 mm,孔位特别选择在构造破碎带,以便了解矿区地下水富水性。工作区系基岩裸露的山区,上覆厚约10 m的冲(洪)积松散层,其下地层为古老的白云鄂博群变质岩,岩性为凝灰质板岩、片岩,岩层倾角大,局部近乎直立。针对勘察区地层主要特点,采用W200J型潜孔锤配备Ø250 mm球齿钻头。开孔采用Ø300 mm钻头,钻进至基岩2~3 m后,下入护壁管,然后用Ø250 mm钻头钻进至设计深度。工程进展顺利,2眼井仅用20天时间完成,且成井后出水量比采用泥浆护壁回转钻进工艺有较大提高。

5 结语

通过近年来应用气动潜孔锤钻进的实践,我们总结了如下施工经验供同行借鉴。

(1)此项技术特别适应于岩石较坚硬的基岩区施工生产井,其在基岩地区具有成井工艺简单,钻进速度快的特点,在砂卡岩类地区其钻进速率可达20~30 m/h。

上述2个工程实例表明:在第四系松散层采用潜孔锤钻进,效率可达15.6m/h,最高达21m/h;潜

(下转第19页)

40 MPa;一台钻机自备的3NB-1300C型泥浆泵,安全打压能力26 MPa。

(5)排酸抽水设备:S-10/150型空气压缩机;200QJR80/120型潜水泵等。

2.3.3 作业程序

(1)将钻具连同分隔器下至设计打酸深度,分隔器坐封,泥浆泵送清水检验分隔器的封隔质量。

(2)连接泵车、泥浆泵、酸灌车与井口钻杆的管路,管路分段连接必须用油壬接口。泵车以低速排量送清水检验管路的密封质量。

(3)用泵车高速排量打完盐酸后,同时开动泥浆泵和泵车连续打入清水。压力最高达到16 MPa,最后降至9 MPa,表明压开了储层的孔隙通道,停止打入清水。

(4)上提钻杆至深度800 m,连接空气压缩机气举引喷,连续气举18 h至基本水清。出水情况基本与射孔前洗井相近。

(5)下入水泵抽水24 h,出水量 $1829\text{ m}^3/\text{d}$,出水温度 $68\text{ }^\circ\text{C}$,动水位95.09 m,单位涌水量 $18.172\text{ m}^3/(\text{d}\cdot\text{m})$,水清砂净。

3 效果评价

本井经过射孔酸化压裂洗井后,单位涌水量减少 $1.194\text{ m}^3/\text{d}$,衰减率6.17%,基本恢复了地热井原来的出水量;出水温度增加 $3\text{ }^\circ\text{C}$,表明酸化压裂作用打开了深部温度较高的热水储层。

4 经验总结

由于初次应用射孔和酸化压裂技术,经验不足,同时考虑降低施工成本因素,射孔深度偏浅,深部的3处二类储层没有射孔,影响了地热井的出水温度;

盐酸浓度偏高(一般15%~20%),盐酸用量偏少,至少应该达到40 t,酸量太小有些储层可能没有或渗入酸液太少,影响溶蚀效果;应选用2~3台700型泵车打压,有助于提高升压速度和储层压裂效果。可以推测,如果采用上述改进条件,地热井的出水量和温度均会超过原来的产能指标。

5 结语

YRG-1地热井应用射孔和酸化压裂技术洗井基本解除了水泥对热水储层堵塞,基本恢复到了地热井原来的出水量,单位涌水量衰减6.17%。同时压裂作用也打开了深部的高温储层,地热井出水温度提高了 $3\text{ }^\circ\text{C}$ 。虽然受成本和各方面条件的限制,酸化压裂工艺比较简单,但仍取得了很好的效果。本次射孔和酸化压裂技术的成功运用,为以后北京地区地热井应用射孔和酸化压裂技术洗井增产提供了工艺改进的借鉴经验,一定程度上降低了地热井的风险。

参考文献:

- [1] 袁吉诚.射孔新技术、新工艺的应用及发展[A].高瑞祺.石油勘探工程技术论文集(测井、录井、测试)[C].北京:石油工业出版社,2000.
- [2] 张道富.地热井射孔技术应用[A].宾德智,刘延忠,王仲芝,等.全国油区城镇地热开发利用经验交流会论文集[C].北京:冶金工业出版社,2003.
- [3] 孙国强.压裂酸化在地热开发领域中的应用[A].孙友宏,张祖培,刘宝昌.水井钻井和成井新技术[C].北京:地质出版社,2004.
- [4] 柯柏林,赵连海,薛洪林.北京市朝阳区北苑家园YRG-1地热井成井报告[R].北京:北京市华清地热开发有限公司,2002.

(上接第16页)

孔锤球齿钻头寿命可达600~800 m/只。在基岩地区(黑云母花岗岩和板岩),钻进效率可达6~8 m/h,最高达10 m/h;潜孔锤球齿钻头寿命可达400~600 m/只。

(2)虽然工作区地层为大倾角的板岩、片岩层,但所有钻孔未发生孔斜超差;钻孔虽然地层破碎、坍塌掉块,极不稳定,但由于潜孔锤钻进效率高,可以做到刚穿过破碎带就及时下入了护壁管。护壁管固定后,采用W200J型潜孔锤配 $\text{O}210\text{ mm}$ 球齿钻头在套管内钻进,清除卵砾石层及岩心,操作时采用慢转、轻压、勤提动、大风量,就可避免由于岩屑过大,

夹在冲击器和套管环状间隙内,导致卡钻或带动套管拔起或破坏套管稳固性的事故。

(3)潜孔锤钻进解决了常规钻进中洗井液阻塞基岩裂隙影响出水量的难题,由于使用空气作为驱动介质,在钻井的过程中就完成了洗井的工作,所以不必专门洗井,可显著提高工作效率。

综上所述,使用潜孔锤在基岩地区进行水文钻探施工,是一种高效、成本低、时间短、质量高而且不污染环境的钻探方法,且该工艺对于北方地区多变的气候条件具有极强的适应能力,在当前激烈的市场竞争中具有很强的竞争力,其推广和使用具有显著的经济价值和社会效益。