

多工艺空气钻进技术在深水井施工中的应用实践

郝文奎, 宋宏兵, 康 亢, 王树钢, 郑肖亮

(河北腾飞太行井业有限公司, 河北 邯郸 056400)

摘要:气动潜孔锤和气举反循环钻进工艺组合应用具有钻进效率高、成井质量好的特点,在水文水井及地热深井施工中应用广泛。通过在深井施工中的应用实践,阐述了多工艺空气钻进技术应用所取得的经济效益和社会效益,并摸索总结出了使用注意事项,具有很好的参考价值。

关键词:多工艺空气钻进;深水井;地热井

中图分类号:P634.5;TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)12-0011-04

Application Practice of Multi-process Air Drilling Technology in Deep Well Construction/HAO Wen-kui, SONG Hong-bing, KANG Kang, WANG Shu-gang, ZHENG Xiao-liang (Tengfei Taihang Well Co., Ltd., Handan Hebei 056400, China)

Abstract: The combination of pneumatic DTH and air-lift reverse circulation drilling has the characteristics of effective drilling and good quality of well, which has been widely applied in the construction of water well and deep geothmal well. Based on the application practice of deep well construction, the paper elaborates the economic and social benefits obtained by the application of multi-process air drilling technology and summarizes the points for attention in use.

Key words: multi-process drilling; deep water well; geothmal well

0 引言

在水井钻探施工中,传统的钻铤加压、牙轮钻头全面钻进工艺,300~350 m的井需要1个月左右的时间完成。随着工农业生产用水量越来越大,水井越钻越深,如山西部分地区的水井都在800 m左右。市场竞争也日趋激烈,传统的施工工艺已经远远不能满足高速钻井的需求,同时施工受到地层、泥浆及一些机械设备的制约,经常出现以下问题。

(1) 在施工中常出现掉块卡钻、坍塌埋钻、岩粉过多沉淀造成埋钻等井内事故。

(2) 施工成本越来越高,利润越来越低。

(3) 施工周期长,效率低。

(4) 取水目的层为砂岩裂隙水的水井施工,容易被泥浆堵塞出水通道,影响出水量。

(5) 进入奥陶系后使用泥浆堵漏困难,即使堵漏成功,成井后的洗井工作也是难点;清水钻进岩粉排出困难,大漏护孔容易堵塞出水通道,而且无法保证出水量。

(6) 地质勘探孔取心效率低。

(7) 一些人饮解困水井和抗旱打井项目,往往地处偏远,干旱缺水,连基本的人畜饮水都得不到保证,施工供水难以解决,项目施工难度大。

为了解决上述施工问题,我公司经过调研和研究,结合自身实际情况,引进了气动潜孔锤和气举反循环钻进2种高效钻进工艺,应用实践证明,这2种钻进工艺具有以下优越性。

(1) 气动潜孔锤钻进工艺“小钻压,低钻速”的特点,以及气举反循环“孔底加压,悬垂钻进”的方法,使得钻孔的垂直度都比较好,通常情况下钻孔孔斜 $\geq 0.5^\circ/100$ m,下管时,能够减少扩孔和验孔工序,保证井壁管能顺利下入,缩短辅助施工时间。

(2) 降低材料消耗,提高钻进效率,缩短成井周期,经济效益高。

(3) 以空气为冲洗介质,施工用水很少或不用水,对于一些无供水条件的工程可以正常施工,易坍塌地层能够快速通过,降低井内事故发生率,保证工程质量。

(4) 两者都具有钻洗结合的特点,尤其是气举反循环工艺,清水钻进,无需堵漏,其钻进过程就是一个洗井的过程,不易堵塞出水通道,最大限度保证出水量。

(5) 多工艺空气钻进孔底干净,不存在重复破碎,钻头寿命长,携带岩粉颗粒大,最大可达20 mm \times 20 mm \times 30 mm,在一些地质孔的施工中可代替取

收稿日期:2014-05-04; 修回日期:2014-09-30

作者简介:郝文奎(1962-),男(汉族),河北涉县人,河北腾飞太行井业有限公司董事长,管理专业,从事水文水井、地热井等钻探施工及管理,河北省涉县崇州路20号,hbtfthjy@126.com。

心钻进,大大缩短施工时间。

实践表明,多工艺空气钻进能弥补常规钻进技术的缺陷和不足,缩短成井周期,提高市场占有率和经济效益,是经济适用的钻探技术。

1 多工艺空气钻进在施工中的运用及经济效益对比

1.1 黎城县地热探采结合井施工(同孔组合施工)

1.1.1 基本情况

山西省黎城县地热井探采结合井,设计深度2000 m,无施工供水水源。上部煤系地层采用气动潜孔锤施工工艺,施工至241 m,揭露灰岩地层,下入井壁管后继续潜孔锤施工至266 m,因249 m后地层出水(水量达到1900 m³/d),空压机施工困难,且水位在120 m,根据沉没比计算,适合气举反循环施工,无需进行堵漏,采用 $\varnothing 295$ 、245和152 mm反循环三牙轮钻头,气举反循环施工至2098.95 m,顺利竣工。图1为该工程施工现场。



图1 黎城县地热探采结合井现场

1.1.2 取得的成果

(1)气动潜孔锤施工顺利通过上部煤系地层,平均钻进时效6 m,最高时效10 m。

(2)气举反循环钻进时,灰岩地层平均时效达3.5 m,最高达6 m;石英岩地层施工平均时效达1.3 m,最高时效达2 m,而正循环钻进时石英岩平均时效<0.2 m;施工过程中因井内有水,不用寻找外部供水水源,依靠井内水源即可正常施工。

(3)气举反循环钻进时,牙轮钻头寿命长,提钻间隔时间长,一般每100 m提钻检查一次。

(4)奥陶系地层漏失严重,采用气举反循环钻进工艺,无需堵漏即可正常钻进,节省泥浆材料和洗井材料,安全高效。

1.2 山西省和顺县正邦良顺煤矿水源井施工

1.2.1 基本情况

2013年,山西省和顺县正邦良顺煤矿,欲施工一口设计深度950 m的水井,预计静止水位埋深>

600 m,工期要求60 d。现场无供水水源,若采用运水施工,最近的供水水源约10 km,费用消耗很高,而且在离该处约3 km远的地方有一台钻机采用运水泥浆工艺施工,结果在钻遇泥灰岩和厚层角砾岩时发生了坍塌埋钻事故。因此我们研究决定采用气动潜孔锤和牙轮组合工艺施工,施工现场见图2。

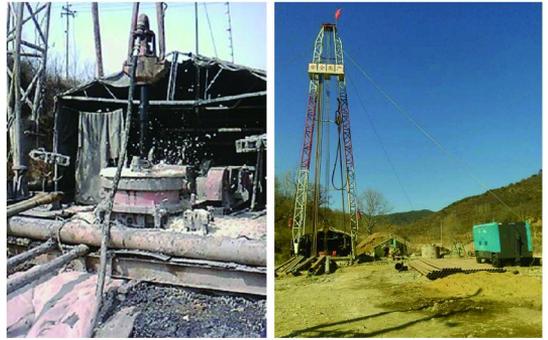


图2 山西省和顺县正邦良顺煤矿水源井施工现场

1.2.2 施工过程

上部地层采用气动潜孔锤施工工艺,空压机为PDSJ750/H850型, $\varnothing 305$ mm锤头,施工至700 m,其中水下施工85 m,下入 $\varnothing 273$ mm井壁管,之后采用清水牙轮钻头钻进;该工程最终施工历时45 d,成井深度966 m,其中气动潜孔锤钻进工艺施工700 m,用时14 d,下管、固井9 d;牙轮正循环钻进施工266 m,用时15 d,工程竣工后,得到了甲方的高度赞扬。

1.2.3 施工效率及费用对比(见表1)

表1 和顺井施工效率及费用对比

气动潜孔锤施工(700 m) 用时14 d			牙轮正循环施工(700 m) 用时预计60 d		
项目	金额 /万元	备注	项目	金额 /万元	备注
工资	4.6	10万元/月	工资	20.0	10万元/月
施工用电	0.7		施工用电	3.0	
柴油	9.8	7.9元/L	拉水	13.5	100元/车
锤头	1.0		牙轮	6.0	2万元/个
材料泡沫	0.8		材料泥浆材料	3.0	
料空压机机油	0.3	0.5万元/根	料泥浆泵耗材	0.7	
管材、其他	28.0		管材、其他	28.0	
合计	45.2		合计	74.2	

1.3 山西省太谷县西山底地热探采井施工

1.3.1 基本情况

2011年施工太谷西山底地热探采井,设计井深2000 m,设计水量20 m³/h,水温42~45℃,是山西省第一口砂岩热水井。取水目的层为砂岩裂隙水,相比岩溶水,裂隙水为相对弱含水层,极易被泥浆堵塞出水通道。若取水目的层地层仍然采用泥浆护壁钻进工艺,可能会造成水量不足,甚至无水的结果,

因此甲方要求取水目的层必须使用清水钻进,不能采用泥浆施工。我单位采用气举反循环钻进工艺进行施工,满足甲方要求。

1.3.2 施工过程

0~997 m,覆盖层,采用牙轮钻头正循环钻进工艺,进入砂岩地层后换用气举反循环钻进工艺,用 $\varnothing 245$ mm反循环牙轮钻头,钻进至1130 m处有泥岩岩粉排出,施工较为正常,正常循环压力随双壁钻具的增加而增加,继续钻进至1134.3 m时,排渣口只返气,不返岩粉和水,提钻检查后发现钻杆内无水,上返岩粉通道被泥块堵塞。

分析原因为:泥岩泥质含量高且层厚,遇水后易膨胀崩解,造成钻头堵塞。

针对上一趟钻进出现的问题,我们在主动钻杆和双壁钻杆之间加接了一个正循环堵头,将双壁环状间隙封闭,返渣管与泥浆泵对接,改反循环为正循环,送清水钻穿钻进至1146 m,通过厚层泥岩井段后,反循环钻进至1854 m,终孔。

1.3.3 效果对比

施工结束后,进行了抽水试验,水量达到 $80\text{ m}^3/\text{h}$,水温 $51.2\text{ }^\circ\text{C}$ 。同样在离该地热井4 km处的另一口砂岩井,采用泥浆护壁正循环钻进工艺,施工至1800 m时进行了抽水试验,结果无水,加深至2400 m后,进行抽水试验,水量达到 $40\text{ m}^3/\text{h}$ 。对比2口井,充分体现气举反循环施工工艺在取水目的层为砂岩裂隙水的深井施工中的优势,保证不堵塞出水通道,最大限度地保证出水量。施工结束后甲方(山西省第三地质工程勘察院)和业主对该工程给予了高度评价。

1.3.4 施工效率及费用对比(见表2)

表2 施工效率及费用对比

气举反循环施工(857 m,砂岩) 用时51 d			牙轮正循环施工(857 m,砂岩) 用时预计75 d		
项目	金额 /万元	备注	项目	金额 /万元	备注
工资	16.9	10万元/月	工资	24.9	10万元/月
施工用电	2.8		施工用电	4.1	
牙轮	8.0	2万元/个	牙轮	12.0	2万元/个
密封圈	0.1		泥浆材料	4.0	
排渣软管	1.0	0.5万元/根	泥浆泵耗材	0.7	
管材、其他	30.0		洗井	1.0	
			管材、其他	30.0	
合计	58.8		合计	76.7	

2 多工艺空气钻进施工技术经验

2.1 气举反循环工艺

2.1.1 沉没比的计算及经验值

气举反循环钻进沉没比:

$$a = h_s / (h_s + h_d) \geq 0.5$$

式中: a ——沉没比; h_s ——水下双壁钻杆长度,m;
 h_d ——水上双壁钻杆长度,m。

根据我们的施工经验,双壁钻杆下深与井深的比例可达1:7.3,即450 m双壁钻杆可施工3200 m的深井,且反循环钻进只适于井内有水且水位深浅适当的深井施工,不适于水位较深井的施工。若井内无水,即无正常静止水位,使用反循环钻进工艺时必须从外部连续不断地向井内注水,使得注入井内的水量,大于等于气水混合液携带出的水量,才能保证沉没比及正常钻进;若井内有正常静止水位但水位太深时,这种情况就必须增加双壁钻杆的长度或者大量向井内注水,使水位上升,以此保证沉没比及正常钻进,但这样会增加施工费用。

2.1.2 钻进过程中的技术措施

(1)钻进过程中要时常注意观察水位的变化以及岩粉、井水的上返情况,岩粉上返颗粒变小、井水上返量变少以及空压机压力降低时要及时更换密封圈。

(2)反循环钻进施工中接单根时,必须先排尽钻杆内岩粉,以防岩粉沉淀堵塞钻杆,再次钻进时形不成反循环。

(3)在以砂岩为取水目的层的水井施工中,由于裂隙水的出水量远小于岩溶水的出水量,极易阻塞出水通道,针对此情况,可以在回灌的循环渠中间建一个小型沉淀池,让一些不能由振动筛过滤的细小颗粒沉淀在池内,不再进入井内,以此保证出水量。

(4)反循环施工时,进尺过快,每小时超过6 m,牙轮破碎基岩速度大于岩粉上返速度,容易造成岩粉堵钻杆事故,不能正常钻进,此时要适当控制钻进速度。

(5)气举反循环钻进过程中,孔内若出现异常可通过正循环堵头连接,迅速实现正反循环互换,施工工法灵活。

(6)反循环钻进也有其缺点,比如,反循环钻进工艺不适合厚层泥岩地层的施工(如山西三叠系和尚沟组,泥岩厚度约175 m),容易造成牙轮上返通道堵塞,形不成反循环。

2.2 气动潜孔锤钻进工艺

(1)采用的空压机为PDSJ750/H850型,单机风量 $21.2 \sim 24\text{ m}^3/\text{min}$,最大风压 $1.72 \sim 2.07\text{ MPa}$;受

空压机限制,在同等条件下,为了能正常施工,井深 > 50 m,孔径在 200 mm 以上,每进尺 6 ~ 9 m 至少要专门清渣一次,井内岩粉不得超过 500 mm,以防井孔内储存过多岩屑,造成埋钻事故。若井径 > 300 mm,风量严重不足,可考虑加入泡沫剂,泡沫钻进时,先送风,再泵入泡沫溶液,以防循环系统堵塞,泡沫剂溶液进入空压机内部造成设备事故。如泡沫钻进无法清除岩屑,则可在潜孔锤上部加带取粉管,以取粉管的容积大小来确定回次进尺深度。

(2) 钻具连接主动钻杆后即送风,待风返出井口后再开车转动钻具,扫到井底,潜孔锤正常工作后方可按正常参数钻进。接单根时把钻具提离井底,主动钻杆拉出井口后方可停风、加钻杆。

(3) 当地层以砂岩为主且厚度较大时,一个潜孔锤锤头很难钻进到预计井深,需用 2 个以上相同规格的锤头且有公差区别排队使用。

(4) 针对在上提钻具过程中若停止送风后钻具提不动的现象,可加工一钻杆接头,接头上口封闭,侧面打开一个送气孔,起钻时直接将送风接头与钻杆连接,边送风边起钻,解决了因不能加主动钻杆而不能送风起钻的难题。

(5) 气动潜孔锤钻进过程中转速以 15 ~ 40 r/min 为宜,地层越硬,转速应越低,防止钻头还未冲击破碎岩石即产生旋转切削,将锤头合金折断。

(6) 对于经济实力有限的井队,无法多台空压机并联使用,施工过程中可在潜孔锤上部加取粉管,通过频繁提钻来达到施工目的,这是一种行之有效的办法,但孔深较大时劳动强度也增大。

(7) 施工过程中,孔径 > 305 mm 或遇水后施工难度加大,空压机油耗高,在井孔设计没有特殊要求时,可适当减小施工口径,以不影响下入潜水泵为宜。

3 结语

我公司通过引进多工艺空气钻进,施工技术取得了很大的突破,而且业务领域逐渐拓宽,经济效益有了很大提高。有了技术支撑,很多以前没有施工能力的工程,现在都可以采用新工艺去竞争完成。特别在一些无供水条件、工期要求短的工程。

随着钻探行业的发展,尤其是解决干旱缺水地区水井钻探以及地热井钻探技术长期存在的若干难题,传统的泥浆正循环工艺已不能完全满足施工要求,多工艺空气钻进技术的发展,为解决这些难题提供了一种先进有效的技术手段。目前,气动潜孔锤钻进技术和气举反循环钻进技术的优越性已被大家所公认。

总之,在市场经济的社会环境背景下,通过引进新技术,开源节流,提高效率,才能最大限度的创造经济利益,才能让企业不断发展壮大,立于不败之地。

参考文献:

- [1] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等.多工艺空气钻进技术及其新发展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):8-14.
- [2] 许刘万,伍晓龙,王艳丽.我国地热资源开发利用及钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):1-5.
- [3] 王永全,许刘万.气举反循环钻进技术在地热井施工中的应用[J].探矿工程,2001,(S1).
- [4] 邵俊琪.天津市地热井钻进与成井工艺[J].探矿工程,2001,(S1).
- [5] 耿瑞伦,陈星庆.多工艺空气钻探[M].北京:地质出版社,1995.
- [6] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术的若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.
- [7] 许刘万,史兵言,李国栋.大力推广气动潜孔锤及气举反循环组合钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):41-45.
- [8] 许刘万,王艳丽,左新明.我国水井钻探装备的发展及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):1-7.

小秦岭整装勘查区科研深孔第一钻开钻

国土资源报消息(2014-12-12) 近日,在潼关善车峪,由陕西省地调院地调中心与陕西省地矿总公司第六地质队共同实施的小秦岭国家级整装勘查区科研深孔第一钻顺利开钻。

“小秦岭(陕西)金矿田深部及外围金矿整装勘查”是为了实现小秦岭地区地质找矿突破。据此,陕西省国土资源厅特别设立省级公益性地质科研项目“陕西小秦岭金矿田成矿规律与深部成矿预测研究”,由省地调院地调中心承担,省地矿总公司第六地质队负责钻探施工任务。

这次实施的钻探工程为该项目关键性的深孔验证,旨在解决影响小秦岭金矿田及外围金矿整装勘查取得重大突破的关键地质矿产和勘查技术问题,通过借鉴国内外前寒武纪地质体金矿田深部找矿的成功经验,研究小秦岭金矿控矿构造及金矿化在三维空间分布和向深部变化的规律,并结合深部钻探,验证小秦岭金矿田深部是否存在第二金矿富集空间,为实施整装勘查深部找矿战略提供科学依据。

据悉,深孔验证工程开钻半个月,已实现进尺 220 余米,计划至年底实现进尺 500 m。