

北工大分层回灌分层回扬地热井成井工艺

朱继东^{1,2}, 李铁良²

(1. 吉林大学 建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 北京市地质工程勘察院 北京 100037)

摘 要:在北工大一口地热回灌井内,向 2 个地层层回灌地热水尾水,并适时进行分层回扬,以利于回灌,实现了分层回灌分层回扬工艺。

关键词: 地热井; 分层回灌; 分层回扬; 成井工艺

中图分类号: TE249 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2003)03-0048-03

将利用后的地热尾水回灌到储热层的做法由来已久,一般的是钻凿一口回灌井,向某一储热层内回灌。若要向 2 个层序内回灌,由于回灌通道的问题,则需钻凿 2 口回灌井。北京市的热储层多为白云岩,且被页岩分成不同层序。在一口井内同时向 2 个层序内回灌,这一成井工艺尚未见报道。

经北京市地热管理处批示,我们对分层回灌分层回扬工艺进行了立项研究,并在北工大地热回灌井中实施了该工艺。

1 工程概况

1.1 地层概况

0~110 m,第四系;110~376 m,第三系;376~540 m,青白口系页岩;540~880 m,蓟县系铁岭组白云岩;880~960 m,蓟县系洪水庄组页岩;960~1800 m,蓟县系雾迷山组白云岩。

1.2 施工设备

TSJ-2000 型钻机 1 台, BW600/60 型泥浆泵 2 台, WY-7.5/40 型空压机 1 台。

1.3 井身结构设计

0~540 m 钻孔口径为 444.5 mm, 下入 $\varnothing 339.7$ mm 石油套管, 水泥固井至地表; 540~960 m 钻孔口径为 311 mm, 由 510~960 m 下入 $\varnothing 177.8$ mm 石油套管, 水泥浆返高 100 m; 960~1800 m 钻孔口径为 152 mm, 裸眼。

1.4 钻具组合

$\varnothing 444.5$ mm 井段: $\varnothing 311$ 、444.5 mm 三牙轮钻头 + $\varnothing 203$ mm 钻铤 + $\varnothing 177.8$ mm 钻铤 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 + 主动钻杆;

$\varnothing 311$ mm 井段: $\varnothing 311$ mm 三牙轮钻头 + $\varnothing 203$

mm 钻铤 + $\varnothing 177.8$ mm 钻铤 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 + $\varnothing 89$ mm 钻杆 + 主动钻杆;

$\varnothing 152$ mm 井段: $\varnothing 152$ mm 三牙轮钻头 + $\varnothing 121$ mm 钻铤 + $\varnothing 89$ mm 钻杆 + 气水混合器 + $\varnothing 127$ mm 双壁钻杆 + 双壁主动钻杆。

1.5 分层回灌、分层回扬工艺设计

分层回灌、分层回扬井在结构上要有足够的环状空间, 2 个地质层序要求密封良好, 工作时互不干扰。在保证回灌的同时, 也要满足定期回扬的要求。

(1) 分层回灌、分层回扬分别在铁岭组、雾迷山组井段中进行, 因此, 铁岭组以上地层与表层套管之间的环状间隙必须全部用水泥封固。

(2) 在表层套管内径允许的条件下, 尽可能加大铁岭组段井径, 以保证技术套管与井壁间有足够的环状空间进行回灌、回扬作业。

(3) 铁岭组、雾迷山组井段施工中, 由于该井的井斜、井径要求严格, 钻具结构采用了钟摆式满眼钻具组合。尽量采用新工艺施工, 以减少泥浆对地层裂隙的堵塞。铁岭组井段钻进施工结束后, 进行测井、洗井及抽水试验, 取得有关水文资料后方可下入技术套管。

(4) 由于铁岭组段钻孔口径与 $\varnothing 177.8$ mm 技术套管之间的环空较大, 为保证雾迷山组井段的顺利施工及管串稳定, 在 300 m 以深的 $\varnothing 177.8$ mm 技术套管上, 每 20 m 左右加装一组扶正器。300 m 以浅为 $\varnothing 273$ mm 井管, 是雾迷山组井段施工技术套管。

(5) 钻进雾迷山组井段过程中, 必须使用井口密封装置封闭 $\varnothing 273$ mm 井管与表层套管之间的环状间隙, 使铁岭组井段不受干扰与污染。

(6) 终孔后要求提出 $\varnothing 273$ mm 井管, 再下入带

收稿日期 2002-07-07; 改回日期 2003-03-11

作者简介: 朱继东 (1971-) 新疆石河子人, 吉林大学硕士在读, 北京市地质工程勘察院工程师, 地质工程专业, 从事水文水井及地热井钻探生产与研究工作, 北京市海淀区北洼路 90 号, 13701066250, (010) 51166238, zhu_jidong2002@sohu.com。

回接接头的 $\varnothing 219$ mm 井管,与下面的 $\varnothing 177.8$ mm 技术套管对接。由于雾迷山组井段施工周期长,回接装置既要准确对接,又要能够在施工中不被损坏,以免影响回接作业。因此,设计回接接头有对强度、热处理、精度及耐锈蚀等的特殊要求。通过 $\varnothing 219$ mm 井管与表层套管间的环状空间,对铁岭组地层进行回灌、回扬。

(7)在 $\varnothing 219$ mm 井管内,对雾迷山组地层进行回灌、回扬。

2 钻探施工工艺

2.1 表层管段

用 $\varnothing 311$ mm 三牙轮钻头穿透青白口系页岩进入铁岭组白云岩 10 m 左右,至 526.80 m,测井后用 $\varnothing 444.5$ mm 三牙轮钻头扩孔至 523.05 m,圆孔后下入 $\varnothing 339.7$ mm 表层套管,固井用水泥 45 t,水泥浆返至地表。水泥浆中加入了缓凝剂,候凝 72 h。

2.2 铁岭组井段

用 $\varnothing 311$ mm 三牙轮钻头,低固相泥浆正循环钻进至 953.47 m,穿过洪水庄组页岩进入雾迷山组白云岩 1.5 m,测井、替浆、泡药及酸化处理后,二氧化碳、压风机联合洗井,做抽水试验并获取水文资料后,捞砂清理井底,下入 $\varnothing 177.8$ 、273 mm 技术管串。管串组合为:浮鞋 + $\varnothing 177.8$ mm 套管 11 m + 阻流环(逆止阀) + $\varnothing 177.8$ mm 套管(每 2 根加一组扶正器) + 回接接头 + $\varnothing 273$ mm 套管 300 m 至井口。管串到位后,用水泥 5 t 固井,水泥浆返高 80 m,水泥塞 5 m,候凝 72 h。

2.3 雾迷山组井段

用 $\varnothing 152$ mm 三牙轮钻头气举反循环钻进至终孔。压风机洗井至水清砂净。然后做抽水试验。

2.4 管串回接

抽水试验取得各种数据后,提出 $\varnothing 273$ mm 回接套管,下入回接管串,回接管串组合为:回接接头 + $\varnothing 177.8$ mm 套管 180 m + 异径接头 + $\varnothing 219$ mm 套管 120 m。

3 施工难点

3.1 分层回灌分层回扬工艺的施工难点

(1)由于地热回灌井需要不定期地回扬,回扬的频率可能 1 个月一次,或几个月一次,因而回灌、回扬井口装置与常规井相比结构复杂,但要求回灌、回扬作业易于操作。

(2)在钻探作业中,首先将铁岭组地层洗通,做

抽水试验,并且要保证下部继续施工时,杂质不进入该地层。固井水泥浆既要求上返高度,又要保证不污染、堵塞铁岭组井段裂隙。为此,在下入技术套管后,用环形钢板封闭铁岭组地层与 $\varnothing 219$ mm 套管的环状空间,而固井的水泥浆量及固井方案需经过认真设计、计算,并在固井时严格控制注浆量及水泥浆密度。

(3)回接装置既要保证能安全、顺利起出,需回接时又要保证对接牢固,使施工、回灌、回扬通道畅通。

3.2 钻探施工工艺难点

(1)开孔口径大,井段深,地层中含砾石,软硬互层频繁,钻孔垂直度不易保证。我们采用小打大扩的钻进方法,结合钻机性能,使用合理的钻进参数,顺利地解决了这一问题。

(2) $\varnothing 339.7$ mm 表层套管下入井段深,质量大,超过了钻机负荷,且技术要求高。下管时采取了以下措施:①仔细检查传动、提升、刹车系统。②采用悬吊法下管,第一根套管要安装引鞋、套管鞋,螺旋眼要合理分布,设计安装阻流环装置,下管过程中要适时灌浆以调整管串质量。每根井管连接时,要先清理丝扣,涂丝扣油。管扣必须按要求紧固到位。③下管后,及时固井,并保证候凝强度。

(3) $\varnothing 152$ mm 裸眼段近 1000 m,漏失掉块较严重,气举反循环钻进受井身结构限制,施工难度大。为了减少对地层裂隙的堵塞与污染,必须使用气举反循环工艺钻进。为此,我们对气举反循环钻具进行了改进。

①对混合器内管的改进。随着钻孔深度的增大,双壁钻杆的长度不断增加,空压机的风量及压力管路损失增大,原先结构简单的混合器已经不能达到理想的使用效果。经过研究,我们对混合器内管进行了改造,使内管上均匀分布一些角度向上的气孔,使高压气体与管内清水更加合理、均匀、充分地混合,冲洗液能够以相对平稳的速度上返,增强了冲洗液的携粉能力,提高了钻进效率。

②对双壁钻杆的改进。深水井气举反循环钻进工艺需要相当大的压差上举力,才能有效地将孔底破碎的岩屑携带至地表,这就要求有合适的沉没比、合理的尾管长度、良好的管串密封以及较小的压力管路损失。因此,我们将 6 m 长的插接对焊式 $\varnothing 114$ mm 双壁钻杆外管,改换成 9 m 长摩擦焊无细扣式 $\varnothing 127$ mm 双壁钻杆,增加了双壁钻杆连接强度,增大了内外管之间的环状间隙,大大降低了空压机风量及压力的管路损失。

(4)蓟县系铁岭组白云岩井段洗井技术要求

高,保持含水层通道畅通,以保证回灌回扬作业的顺利进行。洗井作业不能破坏孔壁的稳定性,以免影响以后的回灌回扬作业。

经技术人员对测井曲线、录井资料的分析研究,严格细致地设计了焦磷酸钠、盐酸、二氧化碳等洗井物质在地层内合适的放置井段,以取得最佳的效果。

洗井要求如下:焦磷酸钠洗井液注入孔内后,静待反应时间须达到 24 h,将洗井液完全替出、替清;盐酸液注入井内后,静待反应时间为 4~6 h,盐酸反应结束后,再采用二氧化碳和空压机振荡洗井,至水清砂净。

4 分层回灌分层回扬工艺

4.1 分层回灌分层回扬地热井成井结构(见图 1)

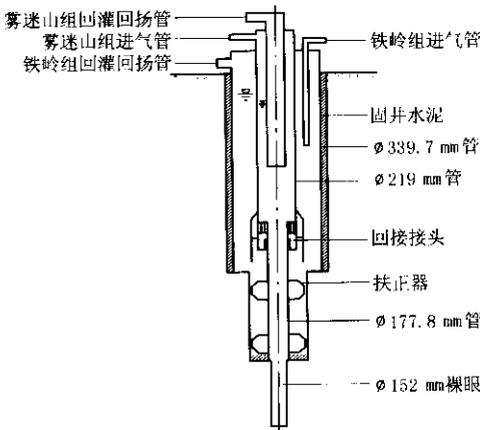


图 1 回灌井分层回灌分层回扬工艺成井结构示意图

4.2 铁岭组回灌

铁岭组进气管关闭,地热尾水经铁岭组回灌回扬管泵入井内,实现铁岭组回灌。

4.3 铁岭组回扬

铁岭组进气管打开,高压空气经此进入井内,井

内铁岭组回灌回扬管流出井外,实现铁岭组回扬。

4.4 雾迷山组回灌

雾迷山组进气管关闭,地热尾水经雾迷山组回灌回扬管泵入井内,实现雾迷山组回灌。

4.5 雾迷山组回扬

雾迷山组进气管打开,高压空气经此进入井内,孔内地热水由雾迷山组回灌回扬管流出井外,实现雾迷山组回扬。

5 对北京市地热资源开发利用的意义

北京市的地热资源丰富,地热开发利用市场广阔。但北京市地下热水补给较缓慢,水位下降较快,这种状况限制了地热资源的大量开发利用。回灌可以增大地热资源的再生性,促进维持地下水资源平衡开采和增加热能开采量,热水尾水回灌也是保护地下水资源的重要手段。在同一口地热井内实现了分层回灌分层回扬工艺,对于起步较晚的北京市地热回灌工作具有非常重要的意义:

(1)从操作上来看,2个层序可以同时作业,有利于后期工作的开展。操作方便,只需操作控制开关,即可完成回灌与回扬工作。

(2)有良好的社会效益和经济效益。能少打一口井,因而不但少占用土地,还能降低回灌成本。

(3)地下热水是清洁能源,但热水中氟的含量在使用过程中浓度不会下降,随意排放地热尾水会造成对环境的污染。而热水回灌能解决这个问题,使清洁能源更加环保。

(4)分层回灌分层回扬地热井的施工成功,为北京市地热资源更加合理地开发和利用,保护地下水资源,保护环境,增加了一条实用、可靠、经济的途径。

武汉地大长江钻头公司 PDC 石油钻头创河南油田进尺新记录

本刊讯 中国地质大学武汉地大长江钻头公司通过近 3 年的探索与研制,成功地开发了无压浸渍工艺技术的 PDC 石油钻头。最近该公司生产的一只 8 1/2 in WH461-6 型 PDC 石油钻头,在河南油田 7 口井中使用,累计进尺 5423.42 m,创下了河南油田单只钻头累计进尺历史最高记录,而且钻进速度快,平均机械钻速达 34.13 m/h,和相邻井段使用牙轮钻头相比,机械钻速提高 127%。据油田 2002 年 1~9 月统计(主要使用该公司 PDC 石油钻头),与 2001 年同期比较,队年进尺提高 21.5%,每米钻进成本降低 8.6%,因而为该油

田大幅度地提高了生产效率和经济效益。

通过河南油田批量使用该类钻头,说明该钻头结构设计合理,6 个刀翼、5 个 16 号喷嘴,喷孔截面积共 633.4 mm²,因而流道畅通、不易泥包,而且刀翼设计有利于提高机械钻速,复合片质量优良,焊接、固齿牢固,无崩齿、断齿现象,确保了钻头长寿命。目前该公司生产的 PDC 钻头已成为河南油田首选 PDC 钻头。

(李天明、刘红旗、雷艳 供稿)