

TSJ-3000 型水源钻机在煤层气 L 型井 施工的改进应用

董运晓^{1,2}, 郑成光^{*1,2}, 刘元忠^{1,2}, 范伟顺^{1,2}, 秦绪伟^{1,2}, 叶凌寒^{1,2}

(1. 山东省第八地质矿产勘查院, 山东日照 276800; 2. 日照地质地理信息大数据研究院, 山东日照 276800)

摘要: L 型水平井是煤层气开发的主力井型, 目前国内煤层气 L 型水平井施工设备均为标准石油钻机, 但石油钻机设备配置和安迁移运成本较高。而水源钻机购置成本低, 且很多地勘单位原来都配备有水源钻机。为此, 本文在研究总结常规水源钻机、石油钻机的设备原理、主要参数、差别特点的基础上, 对 TSJ-3000 型水源钻机进行了 4 项改进设计, 以达到标准石油钻机性能。同时, 结合煤层气水平井地质条件、作业环境、施工工艺等特点, 对改进 TSJ-3000 型水源钻机进行了 4 项提升设计, 对随钻录井装置、液压大钳、潜水排污设备、气动绞车等进行改进, 以满足煤层气 L 型水平井施工要求。应用改进 TSJ-3000 型水源钻机有效提高了钻完井工作效率和经济效益。

关键词: 煤层气; L 型水平井; TSJ-3000 型水源钻机; 综合录井; 液压大钳; 潜水式排污泵; 双气动绞车

中图分类号: P634.3; TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2023)S1-0481-05

Improvement and application of TSJ-3000 water source drilling rig in the construction of L-type coalbed methane well

DONG Yunxiao^{1,2}, ZHENG Chengguang^{*1,2}, LIU Yuanzhong^{1,2}, FAN Weishun^{1,2}, QIN Xuwei^{1,2}, YE Linghan^{1,2}
(1.No.8 Institute of Geology and Mineral Resources Exploration of Shandong Province, Rizhao Shandong 276800, China;
2.Rizhao Big Data Research Institute of Geology and Geographic Information, Rizhao Shandong 276800, China)

Abstract: The L-type horizontal well is the main type of coalbed methane development. At present, the construction equipment of the L-type horizontal well of coalbed methane in China are all standard oil rigs, but the equipment configuration and transportation cost of the oil rigs are higher. The water source drilling rig purchase cost is lower, farther many geological prospecting units are originally equipped with the water source drilling rig. Therefore, on the basis of studying and summarizing the equipment principle, main parameters and difference characteristics of conventional water source drilling rigs and oil drilling rigs, this paper has carried out 4 improved designs for TSJ-3000 water source drilling rig, to achieve standard oil rig performance. At the same time, according to the geological condition, working environment and construction technology of coalbed methane horizontal well, 4 lifting designs for improving TSJ-3000 water source drilling rig are carried out, includes the mud logging device while drilling, hydraulic tongs, submersible blowdown equipment and pneumatic winch, in order to meet the construction requirements of L-type coalbed methane horizontal well. The application of the improved TSJ-3000 water source drilling rig has effectively improved the working efficiency and economic benefit.

Key words: coalbed methane; L-type horizontal well; TSJ-3000 water source drilling rig; comprehensive logging; hydraulic tong; submersible sewage pump; pneumatic winch

收稿日期: 2023-05-26; 修回日期: 2023-08-15 DOI: 10.12143/j.ztgc.2023.S1.078

第一作者: 董运晓, 女, 汉族, 1991 年生, 工程师, 地质工程专业, 硕士, 主要从事钻完井工程技术研究等工作, 山东省日照市东港区秦皇岛路 18 号, 1158027196@qq.com。

通信作者: 郑成光, 男, 汉族, 1974 年生, 山东省第八地质矿产勘查院新能源勘查处主任, 主要从事钻完井工程技术研究和工程管理工作, 山东省日照市东港区秦皇岛路 18 号, 1091176022@qq.com。

引用格式: 董运晓, 郑成光, 刘元忠, 等. TSJ-3000 型水源钻机在煤层气 L 型井施工的改进应用[J]. 钻探工程, 2023, 50(S1): 481-485.

DONG Yunxiao, ZHENG Chengguang, LIU Yuanzhong, et al. Improvement and application of TSJ-3000 water source drilling rig in the construction of L-type coalbed methane well[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1): 481-485.

0 引言

我国煤层气资源丰富、开发前景广阔,具有能源、安全和环保三大属性,据国际能源机构(IEA)估计,全球煤层气资源量达 $263.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[1],我国煤层气资源丰富,埋深2000 m以浅的煤层气地质资源量约为 $30.05 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采资源量 $12.50 \times 10^{12} \text{ m}^3$;埋深 $>2000 \text{ m}$ 的煤层气地质资源量约为 $40.71 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采资源量 $10.01 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ^[2-4],开发煤层气能够有效增加清洁能源供应、减少煤矿瓦斯事故和温室气体排放。当前煤层气井开发的主要井型为直井、定向井、水平井,其中水平井通过改变煤层原始结构状态和煤层原始应力分布,可以有效改善煤储层裂隙系统,扩大了排采降压解吸面积^[5];L型水平井因筛管或者套管起到了很好的支撑作用,可以有效解决垮塌问题,逐渐成为水平井开发的主力井型^[6]。

目前,国内进行煤层气L型水平井施工的设备均为标准石油钻机,效率高、安全性能好,但是需要外挂压缩空气供给系统才能实施空气钻进,设备价格和安迁移运成本较高^[7],ZJ30型石油钻机市场价格3000余万元。本文结合渤海钻探第四钻井公司煤层气水平井及同台斜直井工程项目,从设备改装、设备性能、安全技术、施工工艺、施工技术等方面对采购价不足400万元的TSJ-3000型水源钻机进行了改造提升,以达到标准石油钻机性能,满足煤层气L型水平井施工的要求,大大降低了设备成本。

1 项目概况

项目依托渤海钻探第四钻井公司煤层气水平井及同台斜直井工程,位于沁水盆地南部晋城斜坡带郑庄区块,处于北纬 36° 以南,区内地形为丘陵山地,沟谷发育,切割较深,地面海拔927 m。郑试25平2-2L井是郑庄区块内为进行煤层气开发设计施工的水平井,钻井目的是利用水平井提高单井产气能力;井口坐标: $X=3953288.000$, $Y=19623876.000$,磁偏角 -4.4° ,设计井深:预测着陆点垂深738 m,完钻井深1677.13 m,目的层位为山西组3号煤,完钻层位为山西组3号煤(P1S),完钻原则为钻至靶点,保证煤层进尺600 m左右,完井方法为套管完井。

2 设备要求和改进设计

该项目主要施工井型为L型水平井,以ZJ30型

标准石油钻机为对照(表1),标准石油钻机为机械传动、全气控集中控制、转盘式,采用“双电机+并车箱+减速箱+V带”和“柴油机+减速箱+V带”并车的驱动方式,可实现深度在3000 m以内的钻探作业;TSJ-3000型水源钻机的自动化程度低、钻工劳动强度大,且井架、绞车承载力相对较低,需要配备有钻井液循环系统,并具有旋转、提升和下压功能^[7]。

2.1 整体设计规划

(1)将钻台区操作区域加长加宽加高,满足煤层气钻井压风机、气动绞车、储气罐等设备设施的摆放。(2)增设猫道、管排架,为钻具摆放、提拉施工提供便利和效率。(3)改装整拖滑轨,确保同井组多井孔施工时钻机整体的整拖性能。(4)增设气动绞车1台、增设泥浆泵升降悬挂装置、固控高频振动筛等,有效提升钻井效率和降低成本。

2.2 优化固井施工工艺和本质安全^[8-9]

增设井口循环三通,由钻杆扣型上部直接连接固井水泥头,减少固井造成的不必要二次工作量,提升钻完井效率和时效。系统分析作业现场安全设备安全性能,做好本质安全的优选设计,如安装液压大钳保险链和防护罩、防撞装置等。

2.3 研究钻井工艺流程,提升钻完井效率

研究煤层气水平井施工中一开钻进、二开钻进、固井工艺和钻井液配比。创新悬空侧钻,减少打泥塞、候凝和多次起下钻等工序,避免水泥对钻井液的污染^[10-11]。正确应用定导向技术完成测量井眼轨迹工程参数和实时测量地质参数,绘出自然伽玛、电阻率等曲线,解释评价地层特性、煤层界面,控制钻具有效穿过煤层最佳位置,从而提高煤层钻遇率、钻井成功率和采收率^[12-13]。

3 改进TSJ-3000型水源钻机提升设计

经过改进设计,TSJ-3000型水源钻机具备了标准石油钻机的基本功能,能够进行煤层气L型水平井施工。但是在实际工程中,改进TSJ-3000型水源钻机的随钻录井装置使用约束较多,记录精度受环境影响较大;液压大钳等孔口工具扭矩和自身体积大,移车易导致气缸断裂甩扫孔口;潜水式排污泵未在水池中固定,容易磕碰到水池内壁导致损毁;单气动绞车外放钻具时会迅速冲下地面,极易造成精密钻具仪器损坏,在上拉钻具时角度发生变化,易急

表1 TSJ-3000型钻机和ZJ30型钻机设备参数对比

序号	设备或部件名称	TSJ-3000		ZJ30	
		规格型号	主参数	规格型号	主参数
1	钻机	TSJ-3000/445	1350 kN	ZJ30J	1700 kN
2	井架	JJ135/31	1350 kN	K41-200	1700 kN
3	底座	DZ135/2.8	2.8 m	DZ180/4.5-ZJ30	4.5 m
4	绞车	JC20	1350 kW	JC-40B	1100 kW
5	天车	TC-135	1350 kN	TC-180	1700 kN
6	游车	YC135	1350 kN	YG-180	1800 kN
7	大钩	DG135	1350 kN	YG-180	1800 kN
8	水龙头	SL125	1250 kN	SL-180	1800 kN
9	吊环	DH135	1500 kN	SL180.01	1800 kN
10	转盘	ZP175	37.5 in	ZP-205	37.5 in
11	柴油机	G12V190PZL1	1000 kW	G12V190PZL	1000 kW
12	发电机组1(总功)	SC27G755D2	500 kW	G12V190PZL	1000 kW
13	发电机组2(总功)	SC27G900D2	600 kW	TYPE1FC6406-6LA42	500 kW
14	钻井泵1号	3NB1300	961 hp	F-1300	969 kW
15	振动筛1号	ZDS340PT-5P-2	1410 r/min	ZZS504-4P	1100 m ³ /h
16	振动筛2号	ZDS340PT-5P-2	1410 r/min	ZZS504-4P	1100 m ³ /h

速冲击钻台。通过对以上问题进行提升设计,才能满足煤层气L型水平井施工要求。

3.1 录井装置

在钻机主卷扬行星齿轮部位设计安装了一套同步减速装置(图1),通过安装减速装置使得输入齿轮与卷扬机的卷扬机传动齿轮相啮合,卷扬机传动齿轮的转动带动输入齿轮转动,通过减速机减速后带动输出轴转动,最终通过输出轴末端的速度传感器将速度信号转换成电信号,并通过数据线传输到数据处理设备和数据储存设备,通过在卷扬机上设置减速机与速度传感器,实现了将钻头的钻进速度实时的进行记录与储存^[14]。

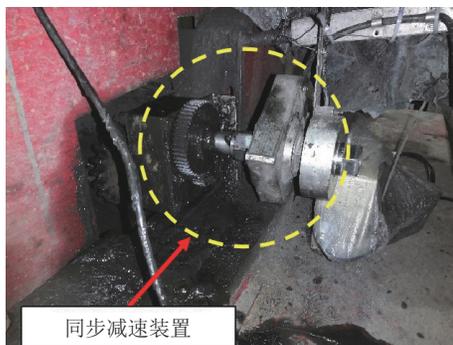


图1 同步减速装置

3.2 孔口工具

用高强度链条做防护绳索,用高强度钢材设计安装防护罩和连接部件(图2)。针对液压大钳使用时存在的安全隐患,对液压大钳防护系统进行了设计和安装:包括钻台面,钻台面顶面竖直设置有钻塔,钻塔底面与钻台面顶面固定连接,钻塔底端表面设置有套筒,套筒右侧设置有移车气缸,移车气缸左侧水平设置有移车气缸限位杆,移车气缸限位杆两端与套筒侧面与移车气缸左端面固定连接,移车气缸与钻塔之间设置有移车气缸防断链条^[15]。

3.3 潜水排污方面

采用三角形结构吊臂,以固控罐为固定点,左右旋转吊臂安装2台自锁式电动卷扬机,远程电动控制调节泵头入水深度(图3)。主要包括污水池本体和污水槽,污水槽位于污水池本体内部,污水池本体顶部左侧固定连接支撑板一,污水槽内部设置有底板,底板顶部固定连接2个隔板,2个隔板左侧均分别与污水槽内壁固定连接,通过将潜水排污泵设置在支撑板二上方,从而可以通过启动液压缸使液压缸带动绳索在定滑轮二和定滑轮一上滑动,支撑板二带动潜水排污泵通过滑杆沿着滑槽一进行移动,带着潜水排污泵稳定向下运动,很好地对潜水排污泵进行保护,避免潜水排污泵损坏,保证其使用寿命^[16]。



图2 液压大钳防护系统

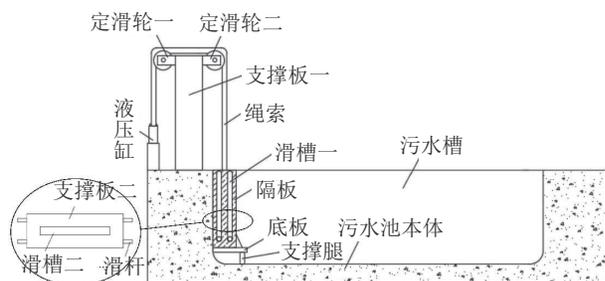


图3 潜水排污泵吊装系统示意

3.4 气动绞车方面

设计双气动绞车(图4),通过设置钢索一和钢索二,将绕过滑轮一的钢索一通过吊钩与钻具本体左侧设置的拉环一连接,再通过使绕经滑轮二的钢索二穿过钻具本体右侧设置的拉环二后与吊环系好固定,从而完成对钻具本体的固定,可以通过正向或者反向启动电机完成对钻具本体的上拉或下降,使钻具本体在上升或者下降时可以通过钢索二对钻具本体进行保护,避免对钻具本体吊装时损坏钻具本体^[17]。

4 工程应用与推广价值

2022年在郑庄区块郑试25平2-2L井应用,4月5日组合一开钻具,钻具结构为:Ø311.2 mm PDC钻头+Ø203 mm 螺杆+631/4A10接头+Ø165 mm DC×5+4A11/410接头,钻至60.50 m,按设计一开完钻。4月7日验收合格后二开,钻具结构:Ø215.9 mm PDC钻头+1.5°单弯螺杆+MWD接头+Ø127 mm HWDP×1根+Ø127 mm DP。钻至井深162 m开始定向钻进。通过复合钻进与滑动钻进相结合确保随时校正井斜、方位。4月10日钻进至945 m着陆见煤层,垂深730.22 m,井斜81.85°,方位62.88°,

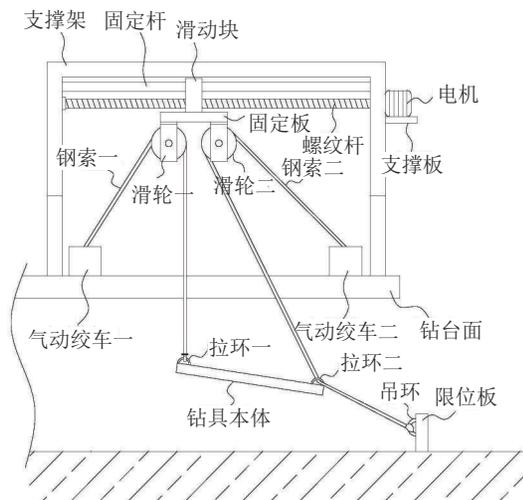


图4 双气动绞车示意

闭合距383.25 m。4月16日钻至井深1645 m,水平进尺700 m,其中纯煤进尺700 m,钻遇率100.00%。

TSJ-3000型水源钻机在煤层气L型水平井钻井施工中的一系列的创新设计和改造,进一步提高了该钻机施工煤层气L型水平井的能力,钻机创新设计实现改造至今,已成功完井24口,完成有效工作30000延米,产值完成3000余万元。通过2年来的完井情况和完井数据的有效对比,其中郑4平6-15-3L井钻井周期10 d,完井井深1436 m,钻机月进尺2991.67 m,创造了华北油田煤层气市场沁水区块同类型井钻井周期和钻机月进尺的双记录。反映出对水源TSJ-3000型钻机所做的创新改造和提升具备推广价值。

5 结论

为适应煤层气L型水平井施工要求,本文从设

备改装、设备性能、安全技术、施工工艺、施工技术等方面对水源TSJ-3000型钻机进行了创新和优化,有效提高了工作效率和经济效益,改善了工作环境,减少了安全隐患,其中底座增高、平台扩展、动力匹配、泥浆固化等重点部位最为重要和突出。

(1)随钻录井同步减速装置的使用,解决了现有的随钻录井装置安装使用不方便,平时维护成本高的问题,达到了随钻录井装置安装方便,记录精准,便于维护的目的。

(2)液压大钳防护装置的使用,在很大程度上降低了事故的发生率和保证了人员在施工中的安全。如:使用时钻塔底面与钻台面顶面固定连接,使其稳定性得以增强,降低使用中因扭矩过大造成的意外伤害。

(3)潜水排污泵吊装装置的使用,整体装置对排污泵加强了保护,有效避免物体打击等损坏排污泵的情况发生,延长了排污泵的使用寿命。通过本装置的使用,改变了原先只能靠抬、拉、拖才能维修和使用的过程,降低人员在使用中易出现挤、压事故的发生,通过全电气化的远程操控,高效快捷省力地完成辅助工作,达到高效安全施工的目的。

(4)双气动绞车吊装运输系统的使用,实现了安全快速吊放钻具、井口工具等设备,大大节约了钻井施工作业中的吊装成本,提高了钻井施工效率。

通过进行改进设计和提升设计,改进水源TSJ-3000型钻机达到了标准石油钻机性能,以较低成本满足了煤层气L型水平井施工要求,在煤层气L型水平井施工领域有着较好的借鉴意义。

参考文献:

[1] 徐凤银,肖芝华,陈东,等.我国煤层气开发技术现状与发展方

- 向[J].煤炭科学技术,2019,47(10):205-215.
- [2] 张道勇,朱杰,赵先良,等.全国煤层气资源动态评价与可利用性分析[J].煤炭学报,2018,43(6):1598-1604.
- [3] 黄中伟,李国富,杨睿月,等.我国煤层气开发技术现状与发展趋势[J].煤炭学报,2022,47(9):3212-3238.
- [4] 申建.我国主要盆地深部煤层气资源量预测[R].徐州:中国矿业大学,2021.
- [5] 张玮,张光波,于家盛,等.提高L型水平井排采时率的治理对策[J].中国煤层气,2022,19(1):36-39.
- [6] 张晓飞,刘天授,王秀海,等.古交区块煤层气L型水平井排采工艺及配套技术研究[J].煤炭技术,2021,40(9):51-54.
- [7] 高加索.煤层气钻机的性能探析和发展方向[J].石油机械,2010,38(6):84-87.
- [8] 刘云.延长油田西部区域水平井固井水泥浆体系优化技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(2):17-22.
- [9] 李德红,蒋新立,李明忠,等.调整井固井工艺技术研究进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):30-36.
- [10] 解超.悬空侧钻技术在红河油田水平井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):7-11.
- [11] 贾雍,和鹏飞,袁则名,等.海上某气田悬空侧钻水平分支井技术及应用[J].钻探工程,2021,48(4):104-109.
- [12] 武程亮.方位伽马在煤层气水平井中的应用[J].钻探工程,2021,48(5):69-75.
- [13] 郭宝林,李琪,张兴龙,等.地质导向技术在L型煤层气水平井T-P05井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(1):9-13.
- [14] 孙振兴,王申,张景远,等.一种大口径钻探施工用随钻录井装置:CN213039277U[P].2021-04-23.
- [15] 秦绪伟,郑成光,王申,等.一种液压大钳:CN213039239U[P].2021-04-23.
- [16] 胡海海,王蒙,宋玉亭,等.一种潜水排污泵吊装装置:CN213569287U[P].2021-06-29.
- [17] 郑成光,彭永和,叶凌寒,等.一种双气动绞车:CN213326472U[P].2021-06-01.

(编辑 周红军)