

文章编号: 1001-1986(2018)02-0201-04

ZMK5530TZJ100 型车载钻机的试验研究

凡 东

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要: 车载钻机可满足多种钻进工艺施工, 具有钻进效率高、事故处理能力强、机动灵活和操作简单等优点, 主要用于地面煤层气抽采井的施工。为检验 ZMK5530TZJ100 型车载钻机的性能, 在山西晋城进行了实钻验证, 完成了一口终孔直径 171.50 mm、井深 1 675.39 m 的水平定向煤层气抽采井。施工过程中, 采用了空气潜孔锤、泥浆正循环、孔底马达定向钻进等不同的工艺, 检验了钻机对工艺的适应性; 潜孔锤最高钻速达 32 m/h, 泥浆循环最高钻速达 11.2 m/h, 钻进速度快; 设置的多种电液联动保护功能, 避免了因误操作造成的机构损坏; 试验中未发生任何机械故障并成功处理一次卡钻事故, 该钻机为地面煤层气抽采井施工提供了一款实用装备。

关键词: 车载钻机; 煤层气抽采; 钻进工艺; 试验研究

中图分类号: TD41 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2018.02.031

Test research on ZMK5530TZJ100 truck-mounted drilling rig

FAN Dong

(Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China)

Abstract: Truck-mounted rig can meet a variety of drilling construction process, mainly used for ground CBM extraction well construction. It has the advantage of high efficiency, strong treatment ability, high mobility and easy-to-use operation etc. Drilling test was completed in Jincheng, Shanxi Province to verify the features of truck-mounted rig, which completed a horizontal directional CBM extraction well with depth of 1 675.39 m and diameter of 171.50 mm. Many drilling technologies such as DTH hammer, directional drilling, mud circulation were adopted and drill process adaptability was verified. The maximum drilling speed was 32 m/h with DTH and the maximum drilling speed is 11.2 m/h with mud circulation. A variety of electro-hydraulic linkage protection function was set, to avoid damage by incorrect operation. There were no failures in the trial and an accident was successfully treated. The rig provided a practical equipment for the construction of ground coalbed methane extraction wells.

Keywords: truck-mounted rig; CBM extraction; drilling process; test research

地面煤层气抽采可有效降低煤层中瓦斯的含量, 保障安全生产; 抽采的气体浓度高, 可作为清洁高效的能源加以利用, 降低了温室气体的排放; 地面煤层气井可采用多种结构, 具有井位布置灵活方便、抽采周期长、避免井下钻掘矛盾的优点, 近年来应用越来越广泛^[1-2]。

以往地面煤层气抽采施工水平井、对接井和羽状分支井的设备主要依赖进口车载钻机, 虽然满足了施工要求, 因其售价导致地面煤层气抽采孔的施工成本很高, 制约了地面煤层气抽采的大规模发展

与推广^[3-5], 鉴于此, 中煤科工集团西安研究院有限公司研制了 ZMK5530TZJ100 型车载钻机(以下简称钻机)。为考证钻机的各项性能, 在山西省晋城市进行了实钻验证。

1 钻机简介

钻机(图 1)主要由动力系统、钻进系统、电液控制系统等部分组成, 它们集成于汽车底盘上, 形成车载钻机。其中汽车底盘选用特制的工程底盘, 具有承载能力强、越野性好的优势, 可满足多种道路

收稿日期: 2017-04-17

基金项目: 国家科技重大专项课题(2016ZX05045-001)

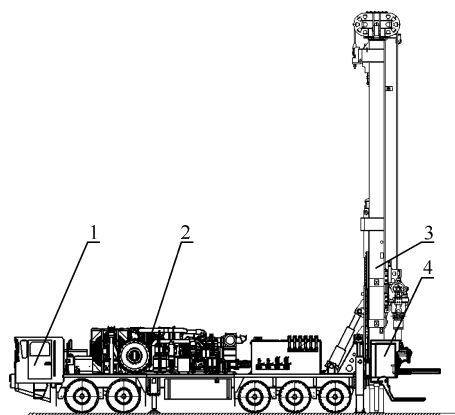
Foundation item: National Science and Technology Major Project(2016ZX05045-001)

作者简介: 凡东, 1980 年生, 男, 湖北枣阳人, 副研究员, 从事钻探技术与装备的研发和推广工作。E-mail: fandong@cctegxian.com

引用格式: 凡东. ZMK5530TZJ100 型车载钻机的试验研究[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(2): 201-204.

FAN Dong. Test research on ZMK5530TZJ100 truck-mounted drilling rig[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(2): 201-204.

条件下的快速转场。钻机动力系统采用原装进口柴油机,为钻机安全高效运行提供了可靠的动力心脏。



1—汽车底盘；2—动力系统；3—钻进系统；4—电液控制系统

图 1 车载钻机原理图

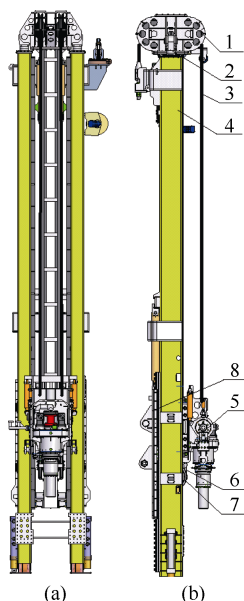
Fig.1 Schematic diagram of truck-mounted rig

主机(图 2)由天车轮、给进油缸、起拔钢丝绳、给进机身、动力头、给进钢丝绳、张紧轮、托板等部件构成,是钻进的主要执行部件。起拔钢丝绳环绕天车轮,一端通过可调式螺杆固定在给进机身的上横梁,另一端铰接动力头上端。给进钢丝绳环绕张紧轮,一端连接给进机身张紧油缸,一段铰接动力头下端。天车轮、张紧轮、动力头、起拔钢丝绳、给进钢丝绳及给进机身组成倍速机构,可使钻机行程双倍于给进油缸行程。给进油缸伸缩,控制钢丝绳牵引动力头进行起拔和给进动作^[6-9]。

钻机最大行程 15 m,满足电磁波随钻测量和测井等仪器、套管下放组件的高度要求;最大起拔力 1 000 kN,满足 2 000 m 以内煤层气抽采井的施工需要;最大给进力 180 kN,在造斜、水平井段施工可加压钻进,效率高。当钻机处于最大行程时,给进机身可近似为细长杆件,强力起拔会造成机身产生向钻孔侧的弯曲变形,此时对其刚度的要求很高。钻机采用长行程直线导轨和给进油缸共同组成的高刚性给进机身保证钻机安全、稳定。

动力头(图 3)是钻机直接为钻具传递起拔力及转矩的部件,最大回转转矩 30 000 N·m。主轴和泥浆管汇采用大通孔设计,可满足泥浆正循环、空气正循环、空气反循环和气举反循环等多种钻进工艺需求。摩擦盘式的制动装置可实现对动力头主轴锁定功能,满足孔底马达定向钻进的需求^[10-11]。翘起装置可将回转器总成上翘 70°,方便钻具的装卸。定位销承受钻进过程中的冲击和反作用力,起到保护翘起装置中旋转轴承的目的。

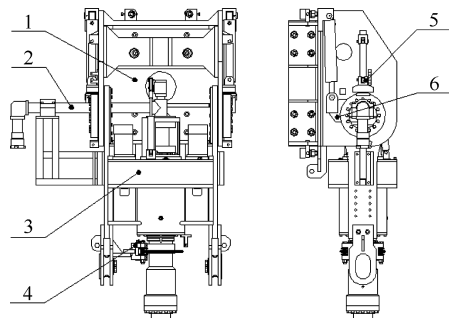
电液控制系统负责钻机稳固、操纵台定位、主机立起和钻进过程的操控。采用控制先导阀油源



1—天车轮；2—给进油缸；3—起拔钢丝绳；4—给进机身；5—动力头；6—给进钢丝绳；7—张紧轮；8—托板

图 2 主机工作原理图

Fig.2 Schematic diagram of feeding system



1—托板总成；2—泥浆管汇；3—回转器总成；4—制动装置；5—定位销；6—翘起装置

图 3 动力头原理图

Fig.3 Schematic diagram of top head

通断的原理设计了卷扬与动力头防碰撞、卷扬臂与桅杆防碰撞等多种安全互锁保护回路,可有效防止误操作带来的安全隐患。当卷扬摆臂运行至动力头活动范围内时,电磁阀运行至切断位,使先导阀失去油源而失效,此时油缸的给进起拔无动作,起到防止卷扬与动力头碰撞的目的。起拔、回转等回路采用多泵多片阀同时控制的冗余设计,可预防部分元件失效造成停机产生孔内事故^[12-14]。

2 试验

钻机样机试制完成后,为验证各主要执行部件的强度、电液控制系统的功能和性能以及整机的可靠性,2015年12月4日开始在山西省晋城市进行了工业性实钻试验。试验设计井深为 1 817 m,计划分 3 开井段进行钻进,机身结构如图 5 所示。

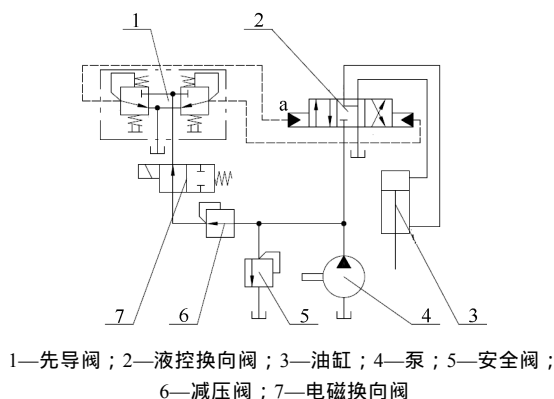


图 4 安全保护回路液压原理图

Fig.4 Hydraulic schematic diagram of safety circuit

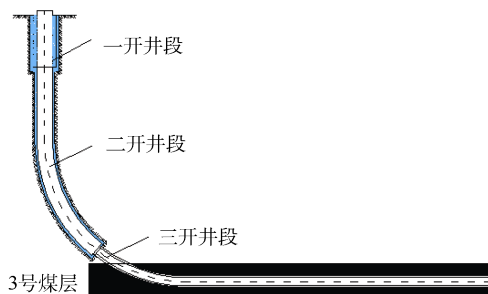


图 5 井身结构图

Fig.5 Structure of the horizontal hole

2.1 地层概况

试验区域主要含煤地层为石炭系上统太原组(C_{3t})和二叠系下统山西组(P_{1s})。揭露煤系地层总厚度为 134.25 m, 共见可采煤层 3 层, 分别为 3 号、9 号和 15 号煤。3 号煤层厚 6.67 m, 位于山西组(P_{1s})中下部, 煤层埋深 302.61~309.28 m。煤层结构简单, 似金属光泽, 条带状结构, 贝壳状、阶梯状断口。宏观煤岩成分以亮煤和镜煤为主, 少量暗煤, 属光亮型煤。

据地质资料分析, 本次施工将钻遇 3 号煤层, 附近处于瓦斯富集带, 邻近生产矿井瓦斯涌出量大、煤层瓦斯压力较大。

2.2 一开钻进

采用空气潜孔锤正循环工艺施工, 空压机配合 $\phi 311$ mm 潜孔锤冲击岩层, 碎岩随气流返至地面。由于开孔地层为硬度小的泥土层, 且潜孔锤破碎速度快、振动大、易偏斜, 为保证钻孔垂直度, 采用减压钻进的方式, 通过钻铤重力提供较小的稳定钻压。钻进至 57.40 m 后测井, 进入基岩 5 m 以上, 结束一开钻进, 下入 $\phi 273.10$ mm 表层套管^[15]。

2.3 二开钻进

采用 $\phi 241.3$ mm 的 PDC 钻头和泥浆正循环工艺施工。二开钻孔中 57~398 m 为直井段, 398~801 m 为造斜井段, 为保证钻井轨迹, 严格控制钻压为

20~50 kN。遇阻时, 快速倒杆扫孔, 保证钻孔安全, 未出现卡钻、埋钻等意外情况, 其中倒杆时最大起拔力为 370 kN。二开完钻测井后下入 $\phi 193.70$ mm 技术套管, 下深 777.71 m, 并按设计要求试压合格。

2.4 三开钻进

采用 $\phi 171.5$ mm 的 PDC 钻头和泥浆正循环工艺施工。三开钻进为水平井段, 为保证煤层钻遇率, 需控制水平孔的轨迹沿本煤层延伸, 采用减压钻进方式控制钻压 20~50 kN, 倒杆最大起拔力为 450 kN。采用柔性钻具组合, $\phi 89$ mm 加重钻杆施加钻压, 倒装加重钻杆至造斜点以上部位, 确保了钻压的有效传递。利用动力头主轴制动功能, 配合孔底马达和随钻测量仪, 控制水平孔轨迹。钻进至 1 606 m 时触底, 根据煤层延伸状况, 井斜角需小于 70° 寻找煤层, 将导致钻孔起伏太大, 不利于后期下套管等工序进行。故提钻至 1 160 m 测钻重新定向, 井斜角不低于 83° , 钻进至 1 675.39 m, 因煤层起伏较大, 煤层倾角急剧减小, 完钻, 最终主孔和分支孔累计进尺 2 121.39 m。

2.5 后期处理

三开钻进结束后, 分别采用刮壁器、牙轮钻头、扶正器、通径规等通井工具对钻孔孔壁进行了清理。清理完成后采用自制接头下套管, 套管及滑套工具全长共 1 667.93 m, 下深 1 668.04 m, 共下入 167 根钢级为 N80 的套管、1 个浮鞋、1 个暂堵球座、1 个液压滑套、7 个投球滑套、16 个分割器和 1 个悬挂器。

下放最后一根套管时, 因座封套提离井口放置时间较长, 出现卡钻现象。钻机强力起拔至 800 kN, 为防止套管丝扣脱扣而停止强力起拔。最后通过回接悬挂器上方套管的方法处理此次事故。

本次试验总工期共 76 d, 其中生产时间 59 d, 钻进时间 39 d, 完钻层位、井深、井身结构、煤层数据及井身质量均达到设计要求。

3 试验分析

对现场试验记录和钻机运行数据分析如下:

a. 试验场地位于山区腹地, 道路崎岖, 路面未经硬化处理, 最大坡度超过 25° 。钻机入场时路面有积雪, 道路湿滑, 钻机车上坡动力足、制动可靠, 安全快速地完成了进场搬迁工作。

b. 试验中为控制井身质量, 主要采用减压钻进吊打的方式, 其中潜孔锤最大钻速达 32 m/h, 泥浆循环最大钻进速度达 11.2 m/h, 加大钻压钻进速度会进一步提高, 钻机钻进效率增加, 但会影响钻孔

垂直度。

c. 先后采用了空气潜孔锤钻进、PDC 钻头动力头回转钻进、PDC 钻头孔底马达定向钻进、PDC 钻头复合定向钻进和牙轮钻头动力头回转扩孔等工艺,验证了钻机的良好工艺适应性。

d. 施工中最大孔深为 1 676 m, 试验中钻机最大起拔力为 450 kN, 最大回转扭矩 18 000 N·m, 能力上有较大富余, 应具备 2 000 m 的钻进能力。

e. 出现孔内卡钻事故时, 采用强力起拔至 800 kN, 给进机身未出现明显变形, 桅杆强度、刚度设计合理, 事故处理能力强。

f. 司钻人员是首次使用本钻机施工, 不够熟悉, 出现了卷扬臂未回位时操作起拔等误操作, 但电液控制系统的互锁保护回路及时启动, 有效防止误操作带来的安全隐患。

g. 试验中钻机未发生机械和液压故障, 整机可靠性较高。由于试验周期较短, 其稳定性和可靠性还需进一步验证。

4 结 论

此次试验表明 ZMK5530TZJ100 型车载钻机底盘通过性高, 爬坡能力强, 可实现复杂路段的安全快速转场; 钻机钻进速度快、钻进能力强、可靠性较高、安全性好, 适应多种钻探工艺及辅助工序的要求, 可满足各种地面煤层气抽采井的施工需求。

参考文献

- [1] 李国富, 李贵红, 刘刚. 晋城矿区典型区煤层气地面抽采效果分析[J]. 煤炭学报, 2014, 39(9): 1932-1937.
LI Guofu, LI Guihong, LIU Gang. Analysis on the ground extraction effect of coal-bed methane at typical area in Jincheng, China[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(9): 1932-1937.
- [2] 胡千庭, 孙海涛, 杜子健. 煤矿区煤层气地面井开发工程实践及利用前景[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(9): 59-64.
HU Qianting, SUN Haitao, DU Zijian. Practices and application prospects on development engineering of coal-bed methane surface well[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(9): 59-64.
- [3] 陈粤强. 国内煤层气井用钻机技术分析与研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2008.
- [4] 张培河, 张明山. 煤层气不同开发方式的应用现状及适应条件分析[J]. 煤田地质与勘探, 2010, 38(4): 9-13.
ZHANG Peihe, ZHANG Mingshan. Analysis of application status and adapting conditions for different methods of CBM development[J]. Coal Geology & Exploration, 2010, 38(4): 9-13.
- [5] 许刘万, 曹福德, 葛和旺. 中国水文水井钻探技术及装备应用现状[J]. 探矿工程: (岩土钻掘工程), 2007, 34(1): 37-42.
XU Liuwan, CAO Fude, GE Hewang. Current situation of application of drilling technology and equipment for hydrological well[J]. Exploration Engineering(Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2007, 34(1): 37-42.
- [6] 田宏亮, 凡东, 常江华, 等. ZMK5530TZJ60 型钻机车的研制[C]//煤炭安全高效开采地质保障技术及应用. 北京: 煤炭工业出版社, 2014: 435-440.
- [7] 凡东, 殷新胜, 常江华, 等. ZDY1000G 型全液压坑道钻机的设计[J]. 煤田地质与勘探, 2011, 39(1): 78-80.
FAN Dong, YIN Xinsheng, CHANG Jianghua, et al. The design of ZDY1000G type all hydraulic tunnel drilling rig[J]. Coal Geology & Exploration, 2011, 39(1): 78-80.
- [8] 刘祺. 煤层气车载钻机给进装置强度分析[J]. 中州煤炭, 2016(7): 106-109.
LIU Qi. Strength analysis on feeding device for CBM truck-mounted rig[J]. Zhongzhou Coal, 2016(7): 106-109.
- [9] 凡东, 常江华, 王贺剑, 等. ZMK5530TZJ100 型车载钻机的研制[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(3): 111-115.
FAN Dong, CHANG Jianghua, WANG Hejian, et al. Research and development on ZMK5530TZJ100 mode truck-mounted drilling rig[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(3): 111-115.
- [10] 中煤科工集团西安研究院有限公司. 车载式钻机回转装置: ZL201410541567.X[P]. 2014-10-14.
- [11] 邓昀, 袁辉, 董新旺, 等. TD2000/600 型液压顶驱式钻机设计及应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(8): 250-256.
DENG Yun, YUAN Hui, DONG Xinwang, et al. Design and application of TD2000/600 top driving hydraulic drilling rig[J]. Coal Science and Technology, 2013, 41(8): 250-256.
- [12] 中煤科工集团西安研究院有限公司. 一种钻机用电液控制防碰装置: ZL201410143116.0[P]. 2014-04-10.
- [13] 中煤科工集团西安研究院有限公司. 一种电液联控转臂限位装置: ZL201410142949.5[P]. 2014-04-10.
- [14] 常江华. 煤层气钻机车液压系统污染原因与控制[J]. 煤矿机械, 2015, 36(2): 233-235.
CHANG Jianghua. Reasons and control on pollution in hydraulic system of truck-mounted drilling rig[J]. Coal Mine Machinery, 2015, 36(2): 233-235.
- [15] 曹东风. 宝峨 RB50 型车载钻机施工工艺探讨[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(7): 69-70.
CAO Dongfeng. Probe into bauer RB50 truck-mounted drilling rig operational techniques[J]. Coal Geology of China, 2009, 21(7): 69-70.

(责任编辑 聂爱兰)