

CMD系列模块化钻机的研制及地热施工中的应用

米树刚, 李立明, 梁有诚, 高磊, 于海龙, 潘艳

(北京天和众邦勘探技术股份有限公司, 北京 100071)

摘要: CMD系列模块化钻机是顺应国家对能源开发和相应勘探钻机国情发展的需要而研制的新一代能源钻机。本文对CMD系列模块化各规格钻机的性能参数和结构功能进行了介绍,并结合该系列钻机在地热井施工中的应用情况,对该系列钻机在地热井施工中具有的优势进行了归纳和总结。

关键词: CMD系列钻机;模块化钻机;性能参数;地热井

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2021)S1-0333-06

Development of CMD series modular drilling rig and their application in geothermal drilling

MI Shugang, LI Liming, LIANG Youcheng, GAO Lei, YU Hailong, PAN Yan

(Cortech Drilling Equipment co., Ltd., Beijing 100071, China)

Abstract: CMD series modular drilling rig is a new generation of energy drilling rig developed to meet the national needs for energy exploitation and corresponding exploration drilling rig. In this paper, the performance parameters and structure functions of the existing CMD series drilling rig with various sizes are briefly introduced, and the advantages of the series drilling rig are summarized based on the application of the series drilling rig in actual geothermal drilling.

Key words: CMD series drilling rig; modular drilling rig; technical parameters; geothermal well

0 引言

我国煤层气、页岩气和地热资源储备丰富,是非常洁净、热值高、开发前景广阔的新能源,是对石油和天然气等常规能源的重要补充。大力发展清洁能源勘查开发,实现清洁资源科学、高效、综合利用,对优化我国能源结构、节能减排、环境保护和减少雾霾具有积极意义,也是促进生态文明建设的重要举措^[1-2]。

煤层气、页岩气和地热开发是高投入、高风险、高技术的产业^[3],需较大的前期投入和较先进的勘探钻机及配套设备,勘探开发钻机的效能直接影响钻井施工作业中钻井工艺的选择、钻井效率、勘探成本的高低及安全生产,因此进行煤层气、页岩气和地热勘探开发钻机的研发至关重要。而现阶段

用于多功能钻探的水文水井钻机和小型的石油钻机存在钻井周期长、效率低、搬迁不方便等问题,且这些钻机一般在大口径直井钻探中使用,对于水平井施工,多采用大型石油钻机,勘探成本过高,而引进的国外车载式全液压力头钻机虽然适合直井和水平井施工,但钻机价格昂贵,配件周期长,钻机的维修保养困难,因此研发适合我国多功能钻探的钻机势在必行^[4]。

我公司在原有CMD100车型载钻机^[5]的研发基础上,自主研发了CMD系列模块化钻机,以满足对新能源勘探开发的需求。目前该系列钻机已开发出CMD150T、CMD180T、CMD150S、CMD180SD等多个型号,并一直在钻探施工应用中。

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.055

作者简介:米树刚,男,汉族,1981年生,研发部副部长,高级工程师,机械设计制造及其自动化专业,从事地质或工程钻机技术研发工作,河北省廊坊市固安县南开发区通盛道8号065500, misg@cortech.cn。

引用格式:米树刚,李立明,梁有诚,等.CMD系列模块化钻机的研制及地热施工中的应用[J].钻探工程,2021,48(S1):333-338.

MI Shugang, LI Liming, LIANG Youcheng, et al. Development of CMD series modular drilling rig and their application in geothermal drilling[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1):333-338.

1 CMD系列化钻机简介

1.1 CMD150T型钻机

CMD150T型钻机主要应用于页岩气井、地热井、煤层气井等施工。依据“性能先进,工作可靠,运移方便,运行经济”的原则进行设计和制造,整体采用模块化设计,方便运输及就位调整,单模块尺寸满足汽车运输要求,并具有无吊车辅助装卸车的功能。目前该型号的第一台钻机已完成4个钻孔的施工,最深钻进深度达到2608 m。整机由主机模块、井口架模块、动力模块、猫道模块4个模块组成,钻机如图1所示。



图1 CMD150T型钻机

钻机性能参数如表1所示。

1.2 CMD180T型钻机

CMD180T型钻机是在CMD150T型基础上研发的更大吨位的模块化钻机,已作为该型号的第一台钻机完成2口井的施工,第3口井正在施工中,施工井设计井深3500 m,目前已钻进2900 m。钻机如图2所示。

钻机性能参数如表2所示。

1.3 CMD150S型钻机

CMD150S型钻机在原有模块化布置的基础上,司钻房采用了智能化显示与控制系统,包括:司钻控制系统、钻井参数显示系统、工作状态监视系统、通讯系统等,可实现安全、高效、信息化钻井。钻机司钻房布置如图3所示。

钻机性能参数如表3所示。

1.4 CMD180SD型钻机

最新一代CMD180SD型钻机具有交流变频电动顶驱^[6]、液压升降、模块化组合式的系统。钻机采用电动力,可灵活选择发电机组供电或网电供电模

表1 CMD150T型钻机性能参数

钻机模块	性能	参数
井架	提升能力/kN	1500
	下压能力/kN	300
	顶驱行程/m	15.2
顶驱	扭矩/转速	36000 N·m@0~80 r/min 18000 N·m@0~160 r/min
	通孔直径/mm	120
	最大提升速度/ (m·min ⁻¹)	54
	最大给进速度/ (m·min ⁻¹)	31
	拖车底盘 轴数	4
整机	质量/t	54
井口架	平台高度/m	4.5
动力	发动机	康明斯 QSZ13-C500 2台
	功率	500 HP@2000 r/min ×2
猫道	适用钻杆长度	Rang III
	适用钻具范围/mm	100~610
铁钻工	夹持范围/mm	100~245
	最大卸扣扭矩/(N·m)	85000
	高度调节范围/mm	1000
司钻房	控制形式	电液混合



图2 CMD180T型钻机

式,钻机配置有液压吊环、液压吊卡、液压背钳等石油行业工具^[7],并配置有液压动力卡瓦、铁钻工、液压旋扣器等井口工具^[8],配合滑车式猫道系统,可实现便捷、高效的上下钻操作。钻机整体如图4所示。

钻机性能参数如表4所示。

表2 CMD180T型钻机性能参数

钻机模块	性能	参数
井架	提升能力/kN	1800
	下压能力/kN	300
	顶驱行程/m	15.2
顶驱	扭矩/转速	40600 N·m@0~80 r/min 18000 N·m@0~160 r/min
	通孔直径/mm	125
	拖车底盘 轴数	4
整机	质量/t	55
井口架	平台高度/m	4.5
动力	发动机	CAT_C18
	功率	700 HP@1800 r/min ×2
猫道	适用钻杆长度	Rang III
	适用钻具范围/mm	100~610
铁钻工	夹持范围/mm	100~245
	最大卸扣扭矩/(N·m)	85000
	高度调节范围/mm	1000
司钻房	控制形式	电液混合

表3 CMD150S型钻机性能参数

钻机模块	性能	参数
井架	提升能力/kN	1500
	下压能力/kN	300
	顶驱行程/m	15
顶驱	扭矩/转速	36000 N·m@0~80 r/min 18000 N·m@0~160 r/min
	驱动形式	液压顶驱
	平台高度/m	4.8
动力钻台 发动机	功率	康明斯 QSZ13-C550 2台 550 HP@2000 r/min ×2
	外形尺寸/(m×m×m)	13×2.55×2.8
基座	形式	拼装固定式
	适用钻杆最大长度/m	13.7
猫道	适用钻具最大直径/mm	508
	夹持范围/mm	89~245
铁钻工	最大卸扣扭矩/(N·m)	108000
	旋扣器转速/(r·min ⁻¹)	80
司钻房	控制形式	电控



图3 CMD150S型钻机司钻房

2 模块部件介绍

CMD模块化同系列钻机,具有很多共通之处,但在功能和结构上又各有特点,以CMD180T型钻机为例对钻机各模块进行简单介绍。该型号钻机主要由4个模块组成:主机拖车模块、动力模块、井口架模块、猫道模块,各模块按照相对位置组合在一起,构成CMD180T型钻机系统。

2.1 主机拖车模块

主机拖车模块由顶驱单元、钻塔单元和拖车底座单元组成。

顶驱主要功能有回转钻进、管柱辅助作业、循环钻井液等^[9]。顶驱采用液压马达作为动力,可通过



图4 CMD180SD型钻机

马达排量和液压油流量的控制实现扭矩和转速的无级调节。主轴具有制动功能,满足定向钻进时主轴回转锁定的需求。主轴配置有机械式浮动装置,实现上卸钻具螺纹时的轴向位移的自动补偿,可有效保护螺纹。顶驱主轴可在液压缸作用下最大翘起

表4 CMD180SD型钻机性能参数

钻机模块	性能	参数
井架	提升能力/kN	1800
	下压能力/kN	300
	顶驱行程/m	15
顶驱	扭矩/转速	33000 N·m@0~90 r/min 16000 N·m@0~180 r/min
	驱动形式	变频电顶驱
	平台高度/m	5.9
动力钻台	电动机	西门子电动机 2台
	功率	315 kW×2
基座	外形尺寸/m	12.7×5.76×3.5
	形式	折叠升降式
猫道	适用钻杆最大长度/m	13.7
	适用钻具最大直径/mm	508
司钻房	安装方式	撬装折叠升降
	控制形式	电控
铁钻工	夹持范围/mm	89~245
	最大卸扣扭矩/(N·m)	108,000
	旋扣器转速/(r·min ⁻¹)	80

80°,方便配合猫道模块进行上卸钻杆操作。顶驱上还配置了耳轴支架,可用于安装吊环或类似附件进行套管起下作业。

钻塔单元作为顶驱移动的载体,可以提供1800 kN的提升力和300 kN的加压力。钻塔采用伸缩式结构,最大高度26 m,顶驱行程15.2 m,可满足常规多规格套管及钻杆的起下作业^[10]。油缸倍速给进系统可实现加压钻进、减压钻进和反向钻进等多种钻进方式,并配置有多种速度选择模式,该结构送钻平稳,无冲击振动,而且体积小、质量轻^[11]。

拖车底架采用定制4轴低平板半挂车,配置有空气悬挂,为降低转弯半径,满足复杂路况条件下道路行驶的要求,拖车配置有2个转向桥。

2.2 动力模块

动力模块是钻机工作的动力源,采用柴油机组带动的液压泵站形式。配置有2台康明斯KTA19型发电机,单台功率559 kW,常规钻井模式下,仅开启1台发动机即可满足动力要求,在需要高速起下钻作业时,也可同时开启2台发电机。

动力模块同时集成安装了司钻房单元,可通过具有特有专利技术的液压升降形式,实现运输状态和工作状态的自由转换。

2.3 井口架模块

井口架既是井场施工人员的工作平台,又是钻具座卡的载体。井口架平台高度4.5 m,最大净空4 m,孔口可安装多种标准规格补心,最大通孔直径可达到952 mm。在研发时充分考虑了井口架对现场工况的适用性,在承载2000 kN载荷时,接地比压<0.5 MPa。井口架采用伸缩式结构,在满足运输高度限制的前提下,可满足工作状态时防喷器的安装要求。井口架配置有两组爬梯方便人员上下钻台作业。

井口架模块集成安装有铁钻工单元,工作时铁钻工单元安装在钻台面上,运输时可借助布置在钻塔的工具吊臂,穿过钻台上的翻转门,放置在井口架内部,满足良好的运输状态。

2.4 猫道模块

猫道是实现钻具自动装卸和转移的必要辅助装置^[12],可以降低施工人员劳动强度,保证钻井施工操作的安全^[13]。猫道模块采用撬装结构,并配置有大行程液压支腿,可实现无吊车自装卸作业。猫道可适用最大长度13.7 m,最大直径610 mm的钻具,最大举升负载可以到4 t,具有较好的适用性。

3 钻机在地热井施工中应用

CMD系列模块化钻机主要用于地热、煤层气勘探,抢险救灾,矿山治理等多领域的施工,目前销售出的钻机产品全部在山西、河北、陕西等地区施工,完成几万米的进尺工作量,使用效果良好。其中有2个典型的地热施工案例介绍如下。

3.1 CMD150T型钻机在山西天镇地热井施工中的应用

3.1.1 工程概况

天镇地热井位于山西省天镇县水桶寺村,工程主要目的是通过开展山西省阳高县—天镇县一带干热岩地热资源勘查,为开发利用干热岩地热资源奠定基础,为干热岩建设远景规划提供科学依据^[14]。

在该地热井施工过程中,钻进深至1624 m孔段时,出现井喷现象,水温高达158℃,喷水时长延续近2个月,钻机在现场顺利完成压井、固井等相应后续处理作业。钻机施工现场如图5所示。

3.1.2 井身结构

该井实际钻深1624 m,全井为直井,分三开钻进,因钻出高温干热岩而终止钻进。井身结构参数



图5 CMD150T型钻机天津施工

如表5所示。

表5 天津地热井井身结构参数

开钻次序	井段/m	钻头直径/ mm	套管直径/ mm
一开	0~370	406	339.7
二开	370~1503	311	244.5
三开	1503~1624	215	

3.1.3 钻进施工特点

(1) 地热施工普遍不配置防喷器,在遇到突发井喷时,钻机配置的顶驱给进系统不仅可以防止钻具被顶出发生安全事故,而且可以在井喷压力下,顺利完成钻具下放;

(2) 套管下放深度大,可提供稳定加压力的油缸倍速给进系统保证了套管下放迅速平稳;

(3) 钻机模块化布置结构,便于设备的快速就位与拆解以及运输转移。

3.2 CMD180T型钻机在张家口尚义地热井施工中的应用

3.2.1 工程概况

尚义地热井位于张家口坝上地区,海拔1330 m左右,四季分明,光照充足,温差较大。雨季多集中在6~8月,夏季气温高达35℃,冬季最低气温-30℃以下,本地区地质资料较少,仅以物探资料作为钻进依据,300 m以下均为石英砂岩或沙砾岩,地层坚

硬^[15]。钻机工作图如图6所示。



图6 CMD180T型钻机施工

3.2.2 井身结构

设计井深2000 m,实钻井深2050 m,全井为直井设计,分三开钻进。井身结构参数见表6。

表6 尚义地热井井身结构参数

开钻次序	井段/m	钻头直径/mm	套管直径/mm	套管下入深度/m
一开	0~300	406.5	339.7	0~300
二开	300~1000	311.2	244.5	284~1000
三开	1000~2050	215.9		

3.2.3 钻井施工特点

(1) 缺少相应地层资料,且下部地层硬度较大,地层变化复杂,地层倾角较大,钻机良好的可操作性以及丰富的配置功能,保证了钻进的稳定持续进行;

(2) 施工后期出现埋钻,带出套管等多种事故,钻机边回转,边提升且提升力大的特性为事故处理提供了很大帮助;

(3) 本孔施工中,纯钻时间1508 h,平均钻进速度0.5~0.67 m/h,纯钻进效率976 m/月,在此类地质工况下,钻进效率较原有钻机有较明显的提高。

4 结论

(1) 钻机采用模块化设计,相对于传统钻机具有更高效和安全的就位与拆解过程,同时也降低了运输成本;

(2) 电气先导的液压控制方式和多样的功能配置和操作模式,为施工工艺的执行和稳定的钻进操作提供了有力的保障;

(3) 边回转边提升的操作形式和较大的提升力对处理施工中的钻进事故具有很大的帮助;

(4)CMD系列模块化钻机在实际施工应用中,经受了多种多样的工况考验,是值得用户信赖的优秀钻机产品。

参考文献:

- [1] 卢予北,李艺,卢玮,等.新时代地热资源勘查开发问题研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):1-8.
- [2] 李世臻,曲英杰.美国煤层气和页岩气勘探发现现状及对我国的启示[J].中国矿业,2010,19(12):17-21.
- [3] 赵全民,张金成,刘劲歌.中国页岩气革命现状与发展建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):1-9.
- [4] 孔令沪,满国祥,王士昭,等.新型并置式双卷扬车载钻机的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):18-22.
- [5] 李立明,梁有诚,王峰,等.CMD100型煤层气多功能钻机的研制及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):116-118.
- [6] 刘凡柏,高鹏举,任启伟,等.4000米交流变频电驱岩心钻机的研制及其在地热井的工程应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):40-46.
- [7] 杨虎伟,赵大军,于萍,等.全液压顶驱钻机背钳的设计及运动仿真分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):56-60.
- [8] 耿长伟,王清岩,孙友宏,等.“地壳一号”千米钻机铁钻工伸展机构设计及运动学仿真分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):53-56.
- [9] 沈怀浦,何磊,黄宏波,等.适用于大深度地质钻探和油气地热钻井的双动力电顶驱系统设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(4):31-39.
- [10] 徐培远,曹伟,王立峰,等.山西中村煤矿抢险救援快速钻井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):278-280.
- [11] 夏志明,杨宝鑫,李冰,等.无卷扬机液压缸升降式钻机[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):9-11.
- [12] 姜明,曹言梯,周声强.陆地钻机钻杆自动排放系统的设计方案[J].石油机械,2008,36(8):95-98.
- [13] 闫保永.山地模块化地面钻机关键技术研究[J].石油机械,2020,48(7):37-41.
- [14] 王贵玲,张薇,梁继运.中国地热资源潜力评价[J].地球学报,2017,38(4):448-459.
- [15] 王雷浩,李光宏,石逊,等.CMD180T型钻机在尚义地热井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(1):58-61.