

推扶式管柱自动化处理系统优化及发展建议

李建亭

(中原工程有限公司 工程服务管理中心,河南 濮阳 457001)

摘要:为提高推扶式管柱自动化处理系统的自动化水平,对该系统的主要设备进行了优化处理。介绍了系统的主要特点、技术参数和主要设备的油田应用情况。对钻台机械手、二层机械手、动力猫道、铁钻工、司钻集成控制系统等推扶式管柱自动化处理系统的主要设备进行重新设计优化,并阐述了优化后的实际作业效果。总结了主要技术创新点,提出了相关建议,可为相关从业人员提供参考和借鉴。

关键词:推扶式管柱;自动化;设备优化;发展建议

中图分类号:TP202⁺.7 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2020)04-0192-04

Optimization of Automatic Handling System for Push and Push Type String and Suggestions on Its Development

LI Jianting

(Engineering Service Management Center of Zhongyuan Engineering Co., Ltd., Puyang 457001, China)

Abstract: To improve the automation level of push-push type string processing system, this paper optimizes its main equipment, then, introduces its main characteristics, technical parameters and oil field application, and then, optimizes and designs its main equipment again, expounds the actual operational effect after the improvement, summarizes its main technical innovation points and makes relevant suggestions. The reference is given to relevant practitioners.

Keywords: push and push type string; automation; optimization of equipment; suggestions on development

0 引言

钻机管柱自动化处理系统是实现钻机智能高效工作的重要保障,它可以使钻机作业效率和安全性得到显著提升,并且能够降低工作强度,从而达到节约人力成本的目的^[1]。管柱自动化处理系统具有研发周期长、技术要求高等特点。我国钻井装备发展迅速,目前已成为世界钻井装备制造大国,但在管柱自动化系统的相关技术方面还与国外先进技术存在较大差距^[2]。在国内,很多石油陆地钻机的钻井管柱处理还是依靠人力或者简单的机具作业模式,这导致作业效率低、劳动强度大、安全性差和作业人员多等问题,制约了我国钻井工程技术的发展。针对该问题,本文设计了管柱自动化处理系统的相关设备,以期提高钻井管柱自动化处理系统的自动化和智能化水平。

1 管柱自动化处理系统

1.1 结构分析

图1是推扶式管柱自动化处理系统的结构图,主要由钻台机械手、弹簧指梁、动力猫道、液压吊卡、司钻集成控制系统等组成。推扶式管柱自动化处理系统通过自动化

控制技术和通信技术,结合顶驱配合作业,从而完成钻机管柱处理系统的自动化作业。该系统可以实现钻杆、钻铤和套管等钻井管柱的自动输送、连接和立根排放等作业,在解决管柱处理劳动强度大、作业风险高等方面具有显著的优势。

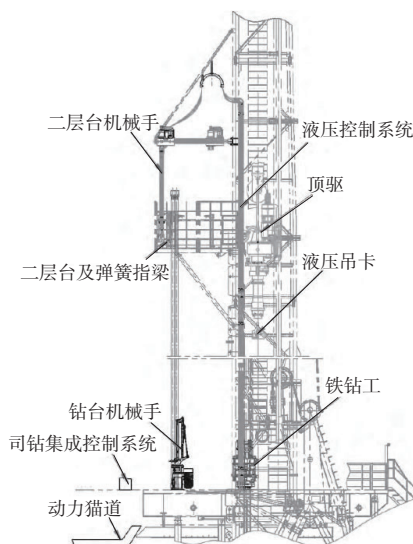


图1 推扶式管柱自动化处理系统结构

1.2 系统特点

本文所设计的推扶式管柱自动化处理系统在立根台鼠洞处,运用油缸举升式动力猫道,可以完成钻杆、钻铤和套管的自动化运输,其作业效率较高。人工立根排放流程的模拟是通过二层台机械手、钻台机械手和弹簧指梁二层台配合实现的。钻台面立根台完成立根下端的定位,二层台机械手拉动立根上端进行作业,并将立根推放到二层台设计的指梁内,以完成管柱的自动化排放和立根倾斜排放,从而实现二层值守的无人化。上卸扣的自动化通过伸缩式铁钻工实现,井口作业的机械化通过液压吊卡和液压卡瓦等管柱处理工具完成^[3-5]。为了简化控制台布置,实现对管柱处理装置的有效整合,利用高度集成的司钻集中控制平台替代传统的副司钻操作台。液压系统应用负荷敏感控制技术,以实现不同压力流量要求的多装置共同作业工况。对于动力猫道、二层台机械手和铁钻台等设备设置一键操作功能,以提高工作效率。

在推扶式管柱自动化处理系统中,动力猫道和铁钻工等设备具有突发情况处理能力,可以在设备出现故障时保持常规管柱的处理作业,因此其可靠性较高并且具有一定的容错能力。

1.3 系统参数设定

为了使推扶式管柱自动化处理系统较好地完成任务,设定如表1所示的技术参数指标。

表1 主要技术参数指标

参数	数值
输送管柱/mm	$\phi 73 \sim \phi 340$
上/卸扣管柱/mm	$\phi 73 \sim \phi 248$
立根排放/mm	$\phi 73 \sim \phi 203$
输送管柱最大长度/m	12
输送管柱最大质量/t	4.5
铁钻工最大卸扣转矩/(kN·m)	104
液压系统额定压力/MPa	28
液压系统的最大流量/(L/min)	400

2 重要设备的相关技术

2.1 动力猫道

如图2所示,动力猫道选择钻柱由鼠洞位置直接举升式结构,免去了坡道和小鼠洞的装置。为了满足钻柱接单根的要求,钻柱可以从地面送入设定的立根台鼠洞^[6]。进入工作状态后,液压马达驱动链轮旋转使滑车向前移动,通过举升机构和滑车的共同作业使钻柱上端接入立根台鼠洞口。动力猫道设置手操盒无线遥控、应急操作控制和司钻房远程控制3种模式,均可以实现一键操作功能。



图2 动力猫道

2.2 铁钻工

如图3所示,为了替换常规液气大钳等上/卸扣装置,铁钻工通过伸缩臂式结构固定在钻台面上,以便完成钻杆和钻铤的上/卸扣作业。铁钻工可以进行整体的旋转,通过PLC程序可实现井口或鼠洞多个位置的设定,不仅可以通过手动操作分步完成上/卸扣作业,而且可以通过一键操作完成作业。铁钻工具有夹持钻具范围大、自动化程度高、作业范围广等特点,其操作简便快捷,具有一定的优势^[7]。铁钻工由全液压驱动,旋扣滚轮旋转和伸缩臂整体旋转则由液压马达进行驱动,控制模式设置手动无线操作、本地控制操作和司钻房远程控制3种模式。



图3 铁钻工

2.3 二层台机械手

如图4所示,二层台机械手联合弹簧指梁二层台进行作业,通过机械手推扶的方式完成管柱立根在二层台指梁和井口之间的自动化排放,使二层台的值守实现无人化^[8-9]。



图4 二层台机械手和弹簧指梁

整机在液压作用下绕回转中心摆动,回转设备由液压

马达驱动进行前后位置的移动,实现对二层台范围的全覆盖。在其下面安装有扶持钳,在进行作业时环套可以锁定在立根上端,实现推移作业。该二层台机械手的作业过程均由液压和电气综合进行控制,其操作过程自动化程度高,安全性得到了提升。

整个装置的作业过程由 PLC 编程控制,可以对其进行实时监控,能够保证立根排放的精确性,并且具有安全互锁功能^[10]。

2.4 钻台机械手

如图 5 所示,在钻台 2 与钻杆盒之间设有钻台机械手,主要是为了实现立根在立根台和井口、鼠洞之间的输送,并保证排放立根和接钻杆的良好对接。钻台机械手由远程技术进行控制,可以对推扶臂的旋转和伸缩进行精确的定位,能够保证钳头精确可靠地与钻柱立根下端抱合,从而顺利完成推扶作业。钻台机械手既可以独立工作完成钻台面立根推扶作业,也可以与二层台机械手进行联合作业,完成整个立根排作业的自动化过程。



图 5 钻台机械手

2.5 液压吊卡

液压吊卡选取对开式结构,由液压缸对吊卡的开合及锁紧进行控制,通过司钻房的远程控制方式,可以与顶驱协同作业完成起/下钻杆或者套管的作业^[11]。

2.6 动力卡瓦

动力卡瓦选取内置式结构,可设置于转盘内以替代传统的手动卡瓦,当进行钻井作业时,可用于悬挂井下钻杆、钻铤及套管等管柱^[12]。动力卡瓦可由液压缸驱动,远程控制通过电液系统进行操作,其工作反应速度灵敏。卡瓦体和钳牙盒设有快放机构,能够使钳牙盒的更换更加便捷,卡瓦座与转盘通过伸缩块进行固定。

3 系统装置的优化

为了进一步提高推扶式管柱处理系统的自动化水平,本文根据实际应用中该系统出现的问题,对系统的部分设备进行了优化。其主要优化内容涉及结构强化、人机界面和控制程序等方面,并对铁钻工、液压吊卡、二层台机械手、动力猫道以及司钻集成控制系统进行了相应的改进。

3.1 旋扣滚轮优化

针对旋扣滚轮表面易磨损的问题,经过比较不同材质、不同硬度和多种结构形式的优劣,选取了材质和硬度在实际中表现较好的材料制做旋扣滚轮。在现场试验中,优化后的旋扣滚轮进行旋扣时对钻具的压痕较轻,旋扣可实现一次到位,多次试验的旋扣成功率在 98.7% 以上。

3.2 二层台机械手的优化

1) 扶持臂优化

在实际应用中发现扶持臂工作时有变形和左右晃动情况,因此通过对扶持臂结构调整和部分位置的强度优化,提高了主、副臂的强度和刚度,使扶持臂的受力条件有所改善,增强了设备对现场恶劣工况的适应性(图 6)。



图 6 铁钻工的改造

2) 电缆和液压走线的优化

由于二层台机械手的电缆和液压管线一般基于同一个线缆吊架,液压管线带压窜动时容易对电缆造成损坏。针对该问题,对电缆和液压管线进行了单独线缆吊架的布置,进行分开走线和固定,从而消除了前述问题带来的隐患。

3) 安装梁连接方式优化

由于机械手安装梁结构并不对称,现场安装和对正操作较为困难,经过实际勘验分析后,将安装梁与井架体的连接方式改进为耳板销轴连接,使得安装梁的对正较为容易,并且安装过程操作简便快捷。

3.3 动力猫道优化

在实际使用中,对动力猫道吊点位置、底座结构和链条张紧设备进行了改进。对动力猫道底座前端增设吊装点和活动扶梯,使优化后的动力猫道作业效率提高了 13%,效果较为明显。为了使链条松边有效张紧,减小链条与托板的磨损,在链条下方设计了链条张紧装置。

3.4 电控系统优化

1) 司钻集成控制结构改进

由于司钻集成控制系统的运行时间长、工作任务量大,会造成服务器柜体散热不良和信号传输中断等问题。针对该问题在司钻房内设置一体机和显示屏,使中间环节减少,报错率有所降低,改善了系统的可靠性和运行稳定性。

2) 控制程序的改进

由于作业过程中切换动力时容易造成系统的供电不稳,所以对控制柜、服务器和客户端增加 UPS 电源,从而保证在紧急断电和动力切换情况下,服务器和客户端能够稳定运行,降低由此带来的安全隐患。

在对设备和控制程序进行改进后,作业时效有显著提高。随着作业人员操作熟练度的提高、作业流程的不断改进,预计起、下钻等作业的效率将会进一步提升。表 2 为主要作业时效的相关情况。

		单位:h
作业项目	平均时效	最高时效
起、下钻杆	18 柱	21 柱
起、下钻铤	7 柱	10 柱
建立根	7.5 柱	11 柱
下套管	18 根	20 根

4 优化后技术的优势

4.1 管柱垂直输送

基于液压举升式动力猫道,管柱可由地面直接输送到立根台鼠洞,同时实现管柱由水平状态到垂直状态的转换。通过顶驱在立根台鼠洞可完成建立根或卸单根的操作。相比之前的常规作业方式,管柱直接输送可以有效减少钻台面与鼠洞之间的输送时间,其效率相对较高。

4.2 仿真人工二层台立根自动排放

钻台机械手推扶立根下端使其位于立根台,二次机械手推扶立根上端进入弹簧指梁二层台,实现立根排放的自动化作业。这种工作方式实现了钻台机械手、二层台机械手和弹簧指梁二层台的联合作业,可以仿真人工立根排放操作,使立根推扶式联合作业以自动化方式进行,提高了作业效率。

4.3 一键自动卸扣

通过一键式自动化操作即可实现井口或者鼠洞上/卸扣作业,无需施加人工干预,钻台面作业效率较高,可以降低人员的工作量,实现卸扣作业的自动化。

4.4 司钻集成多功能控制

对管柱自动化处理系统进行远程控制,增设设备安全交接和防碰撞功能,可以完成设备集中操纵和信息统一管理,司钻控制的智能化水平有所提高。

5 结语

目前,我国钻井装备与国外先进技术相比,其自动化水平还有待进一步提升,为了进一步提高国产钻机的市场

竞争力,针对我国钻机自动化、智能化和信息化建设问题,特提出如下的相关建议:

1) 强化设备的集成性

管柱自动化处理设备已经由单一的功能向多功能集成发展,提高管柱处理作业的集成化水平成为提高产品竞争力的必然手段。例如,在实际运行中将钻井防喷液及涂螺纹油功能集成于铁钻工,将管柱螺纹机械化清洗和测量等功能集成于动力猫道。

2) 提升钻机性能

针对不同的钻机设备,制定相应的管柱自动化处理系统优化方案。基于钻机结构和钻深级别,在基础配置的基础上,配置适应特殊作业的设备,以减轻钻机优化的工作量。

3) 加强海洋管柱自动化系统的设计

目前常规油气资源的开发逐渐趋少,“深”、“海”、“特”、“非”已经成为钻井的发展趋势,要求钻井技术不断升级创新,以更好地适应新的发展方向,必须强化对国内海洋管柱自动化处理系统的研究和应用。

4) 推进钻机智能化改造

基于“大数据”、“云计算”等智能化技术,使管柱自动化处理系统与钻井设备深度融合,不断创新作业模式和钻井的结构布置,开发井下地质参数分析系统,从而提升全钻井作业的智能化和自动化水平。

参考文献:

- [1] 王定亚,王耀华,于兴军. 我国管柱自动化钻机技术研究及发展方向[J]. 石油机械,2017,45(5):23-27.
- [2] 王定亚,忽宝民. 提速提效石油钻机技术现状及发展思路[J]. 石油矿场机械,2016,45(9):45-48.
- [3] 黄悦华,李洪波,王正磊,等. 伸缩臂式铁钻工旋扣钳的设计研究[J]. 石油机械,2014,42(7):28-31.
- [4] 栾苏,梁春平,于兴军,等. 现代先进技术在石油钻机中的应用及展望[J]. 石油机械,2014,42(11):1-5.
- [5] 李洪波,王洪川,赵磊,等. 伸缩臂式铁钻工的研制[J]. 石油机械,2014,42(11):16-19.
- [6] 刘春宝,王定亚,王耀华,等. DM3/3.3-J 液缸举升式动力猫道设计与试验[J]. 石油机械,2016,44(9):41-46.
- [7] 李洪波,谭刚强,张洪,等. 伸缩臂式铁钻工,中国:CN201320118450.1[P]. 2013-03-15.
- [8] 张鹏飞,朱永庆,张青锋,等. 石油钻机自动化、智能化技术研究和发建议[J]. 石油机械,2015,43(10):13-17.
- [9] 白丙建,谭刚强,栾苏,等. 陆地钻机钻杆自动化处理系统方案设计[J]. 石油矿场机械,2014,43(2):86-88.
- [10] 李洪波,曹剑,王耀华,等. 一种二层台立根扶持装置,中国:CN201320533888.6[P]. 2014-04-02.
- [11] 祝贺,栾苏,杨艳,等. 液压翻转式吊卡的研制[J]. 石油机械,2014,42(11):35-37.
- [12] 赵磊,马广蛇,李洪波,等. 液压动力卡瓦技术现状与发展趋势研究[J]. 石油机械,2014,42(11):41-45.

收稿日期:2019-12-23