

轻便型智能化铁钻工研制

杜可普

南阳二机石油装备集团股份有限公司, 河南 南阳 473006

[摘要]随着石油行业的发展,对铁钻工的轻便化、智能化提出更高的要求。文中通过分析钻井工艺对铁钻工的要求,设计一种型材结构的轻便型、混合驱动实现自动控制的智能化铁钻工,在分析优化机械结构的基础上,利用试验调试确定优化控制参数及程序代码,通过设备研制和优化,满足钻、修机对井口工具自动化需求。

[关键词]铁钻工;轻便型;智能化;混合驱动;自动控制

DOI: 10.33142/sca.v2i3.611

中图分类号: TE922

文献标识码: A

Development of Portable Intelligent Iron Drill

DU Kepu

Nanyang Second Machinery Oil Equipment Group Co., Ltd., He'nan Nanyang, China 473006

Abstract: With the development of oil industry, the lightness and intelligence of iron drilling industry are put forward higher requirements. In this paper, by analyzing the requirements of drilling technology for iron drillers, a kind of intelligent iron drillers with profile structure and hybrid drive to realize automatic control is designed. On the basis of analyzing and optimizing the mechanical structure, The optimal control parameters and program codes are determined by test and debugging, and the automation requirements of wellhead tools for drilling and repairing machines are met through the development and optimization of equipment.

Keywords: Iron roughneck; Portable; Intelligent; Hybrid drive; Automatic control

1 铁钻工概述

铁钻工是石油钻、修机井口工具的一种,在结构方面酷似石油钻井工人“站”在钻台平面上,用“左臂”及“右臂”进行旋扣作业,因此称为“铁钻工”。铁钻工国外主要生产厂家有美国 NOV、美国 Hawk、挪威 Aker kVaerner-MH 等知名企业,在国内正处于研制开发的初期阶段,应用尚不成熟。本文结合工作实际,对铁钻工结构进行优化设计,结合控制技术,充分利用传感器及编程软件,研制一种结构紧凑、智能控制的新型铁钻工。

铁钻工主要由工作单元三钳体、水平方向运动定位单元连接支架和伸缩臂、圆周及垂直方向运动定位单元底座和立柱及控制单元液、电系统三部分组成。

工作单元三钳体由背钳、主钳、旋扣钳三部分组成,紧扣时,由背钳抱紧钻杆,旋扣钳进行快速旋扣,最后由主钳进行大扭矩紧扣,卸扣时则顺序相反。

定位单元是在钻、修井作业的不同时间段,将铁钻工在工作时的不同位置移动定位,通过不同部件驱动,既能回转又能够在水平和垂直方向移动,而且伸缩臂总成在任意的伸展点都可以保持三钳体处于垂直位置。主要由以下部件构成:底座总成、升降套筒、立柱总成、伸缩臂总成和液压部件。底座总成通过快速装卸的插座式安装固定在平台的插孔上。立柱总成通过连接法兰与回转支撑固定在底座总成上,通过马达驱动回转支撑,使铁钻工实现旋转定位。升降套筒套装在立柱总成上,通过垂直升降液缸连接并实现三钳体总成在立柱上垂直升降运动,升降套筒的另外一侧与伸缩臂总成是四个臂连接,通过伸缩油缸实现伸缩臂的水平展收运动。

旋扣钳随接头螺纹的旋进旋出而上、下移动,主钳的功能是对井口钻具的上部接头紧扣,以及卸扣时预松螺纹钻具的崩扣作用。背钳的功能是用来将井口钻具接头夹紧,以便旋扣器总成和主钳上、卸扣作业。主钳在上、卸扣时分别夹紧钻杆柱的上接箍,利用夹紧液缸伸出,使牙板夹紧钻杆柱。主钳上设计制作有耳板,用于安装崩扣液缸。在崩扣液缸的作用下,主钳夹紧钻杆接箍的同时进行顺时针或逆时针转动,完成上、卸扣动作。

铁钻工控制单元以自备或钻、修机附带液压系统作为动力源,通过操作液控箱上各操作手柄或司钻房中触控面板及旋钮驱动各液缸、马达完成升降机构升降、伸缩臂总成伸缩及钳头部分的夹紧、旋扣等动作。

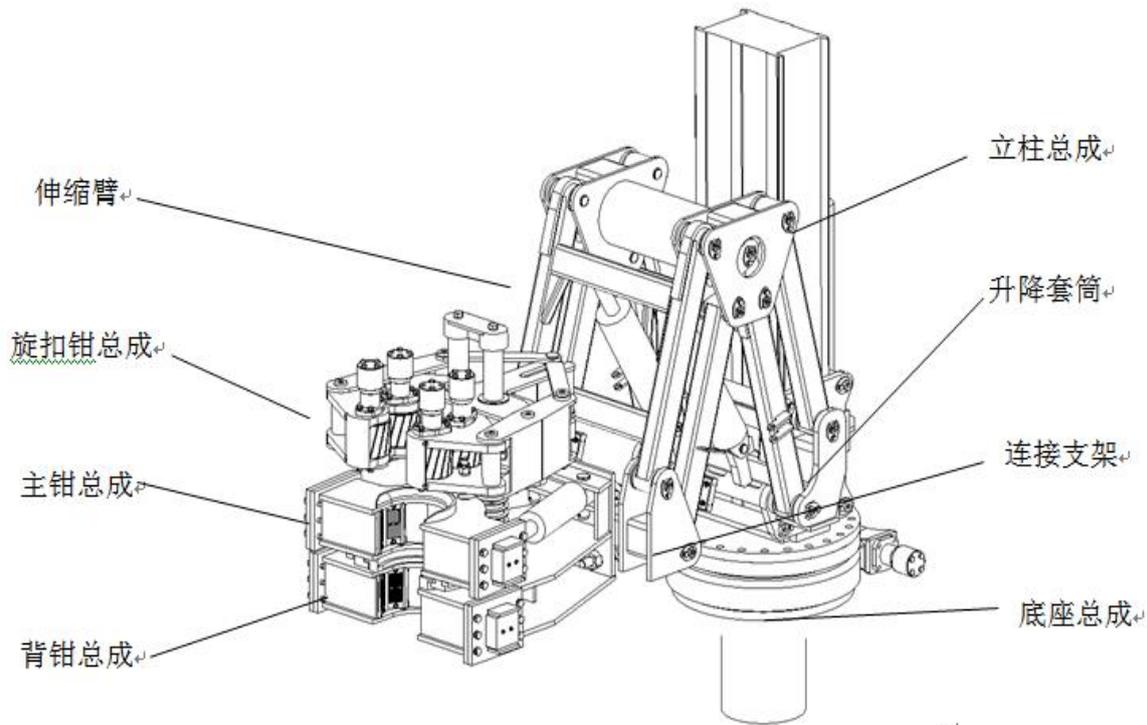


图1 铁钻工结构组成

2 铁钻工智能化控制系统

2.1 自动控制方案

随着现在智能化和集成化井口工具的发展，对适应不同钻具、不同工况的铁钻工提出更高要求，为实现铁钻工适应不同产品差异化配置需要，一是设计了可在钳头侧近端操作的液控操作系统，二是成本允许前提下又可以与其他工具功能集成的，根据需要可在司钻房操作或无线遥控的可编程智能远程自动控制电控系统。自动控制方案是利用基于可实现电控的液压阀件，通过布置在机械部分上各传感器，根据采集传输的实时信息，利用可编程控制器 PLC 模块使用，并通过存储器对相关参数进行示教存储。通过实际运行情况预定、执行、反馈、修正、比对调整实现铁钻工的自动定位、根据采集钻具直径自动确定最大上、卸扣扭矩及安全保护等功能。

2.2 自动控制程序设计

为实现智能化控制，首先对铁钻工的功能动作进行了分解，根据现场作业情况，整体功能动作如下所示：

定位：回转马达作用，使铁钻工转向工作方向，钳口对应钻具；伸缩液缸动作，推动伸缩臂、支架和钳体移至井口中心；起升液缸动作，推动钳体总成的升降，实现钳体的上下移动，使钳牙对准钻杆接箍；

夹紧：定位完成后，背钳夹紧液缸动作，背钳夹紧下方钻杆接箍，旋扣钳液缸动作，旋扣钳夹紧上方钻柱主体部分；

上扣（旋扣）：供油驱动液压马达，液压马达驱动滚轮，带动上面接箍旋转，完成上扣；旋扣钳松开，旋扣钳液缸动作，旋扣钳松开上方钻柱主体部分；主钳夹紧，停止驱动液压马达，主钳两个夹紧液缸（一左一右）同时动作，主钳钳牙夹紧上方钻杆接箍；

紧扣：操作崩扣手柄至“紧扣”位置，使左、右扭矩液缸同时动作，一伸一缩，带动主钳相对于背钳围绕井口中心转动，此时观察操作面板上的扭矩表显示扭矩值。如果未达到紧扣要求（表上显示未到要求的扭矩值），那么保持背钳不动，主钳夹紧液缸动作，主钳张开至原始状态；左、右扭矩液缸同时反向动作，一缩一伸，带动主钳相对于背钳围绕井口中心反向转动至对称状态；然后重复紧扣，直至紧扣动作完成；

退回：完成紧扣动作后，主钳、背钳夹紧液缸先后动作，主钳和背钳均张开至原始状态。左、右扭矩液缸同时反

向动作，使主钳复位。操作伸缩液缸动作和升降，钳体回退至原始状态，回转使铁钳工复位。

在功能动作进行了明确划分基础上，综合确定各主要控制部件参数并通过调试优化完成系统逻辑控制程序代码。

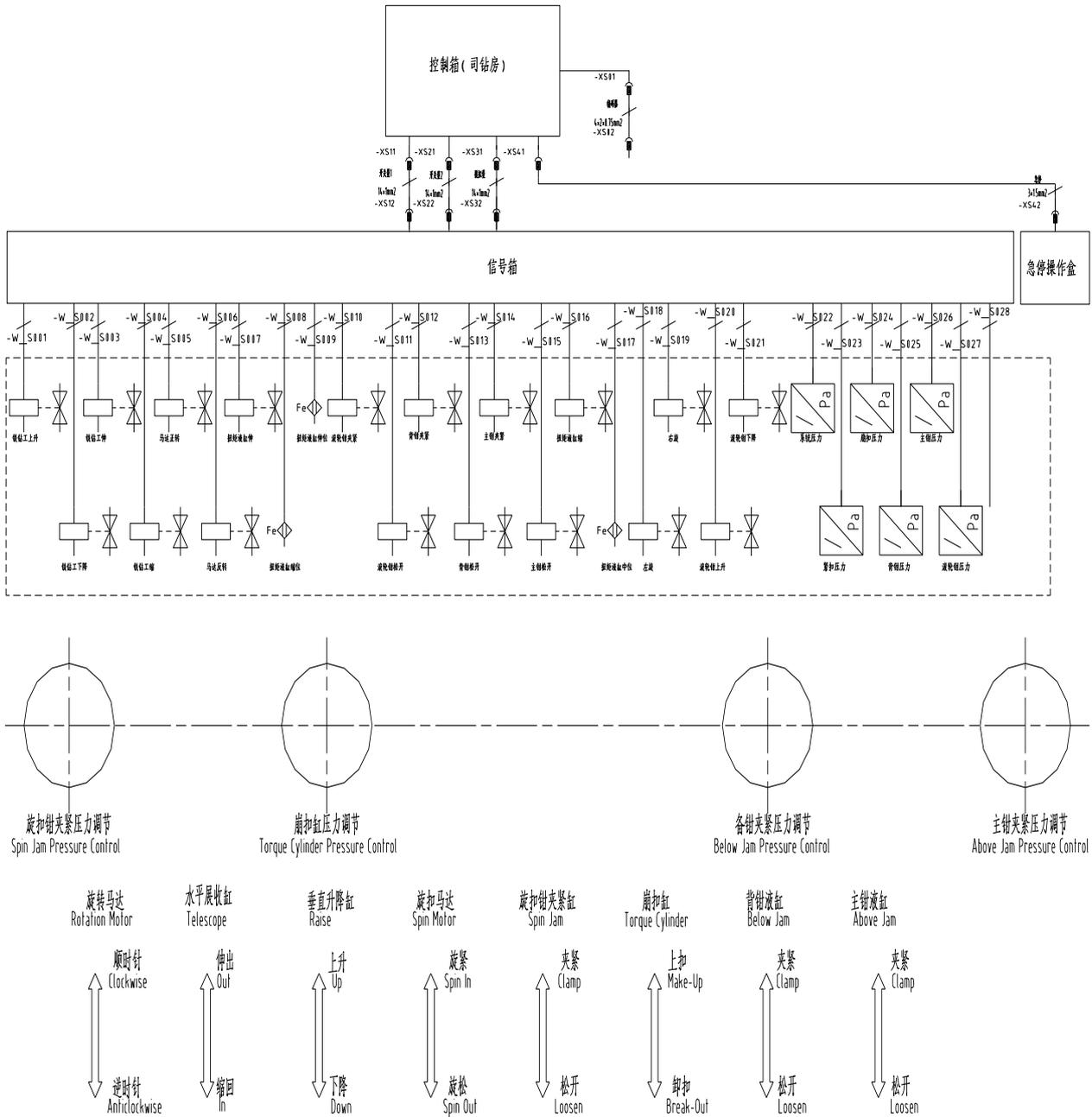


图9 电控系统及控制面板

3 铁钳工试验及优化

3.1 功能试验

为保证铁钳工装配质量，验证铁钳工相关性能是否达到设计和有关标准要求，组装后必须进行试验，主要包括一般性检查和功能试验，试验中发现问题还需进行优化，只有全部试验项目合格后方可出厂到用户现场进行工业应用并根据反馈信息持续进行完善和升级。

一般性检查包括按图样、技术文件要求，将铁钳工组装完整，检查产品的涂漆外观质量后用地磅或电子秤称出整

机质量，测量主要外形尺寸，将铁钻工牢固安装固定在铁钻工试验底座上，检查传动系统的平稳性，各操纵控制机构和指示仪表的灵敏性和可靠性。

功能试验在一般性试验和检查确认后，包括各液压缸(马达)功能空载试验、载荷试验及复合功能联合调试试验。



图 10 铁钻工试验

3.2 铁钻工优化

3.2.1 铁钻工钳牙材料选择及牙型优化

在铁钻工试验过程中有打滑和卡钻杆现象，是因为为了拧扣，钳牙必须对接头施加一定的径向正压力和切向旋转力。钳牙在卡紧钻杆的最初瞬间，钳牙牙齿稍微吃入管体形成“切削阻力”(即摩擦力)而快速完成其卡紧过程。

在新牙板条件下，用较小的径向力就可以使齿尖吃入接头表面一定深度，产生足够的抗滑阻力，因而能传递较大的扭矩。而当牙板磨损后，牙齿不易吃入接头表面，容易打滑。为了保证拧紧或卸开丝扣传递必要的扭矩，需要在钳口处产生较大的径向正压力。若夹紧力过小，必然引起钳牙打滑。反之，若夹紧力过大，管子可以卡得很牢，势必造成钳头结构笨重，管子极易咬伤甚至挤扁。

牙板材料选择必须合理考虑强度和韧性，本产品选取了 20CrMo，该材质热强性较高，在 500-520℃时仍有较高热强度，淬透性较好，无回火脆性，冷应变塑性、切削加工性均良好，一般在调质或渗碳淬火状态下使用，根据不同使用条件，设计了不同牙型结构。



图 11 铁钻工钳牙牙板优化

3.2.2 轴端挡板优化

由于钳头展开后销轴受力较大，在试验过程中导致轴端挡板张开失效，根据铁钻工使用条件，设计制作封闭型轴端挡板，并改为不锈钢材质，在尺寸及厚度不变前提下大大提高了轴端挡板强度，避免了由于焊接结构伸缩臂使用变形导致销轴受力过大脱出风险，结构紧凑、安装方便，且整体使用及外观效果良好。



图 12 封闭型轴端挡板

4 铁钻工研制意义

目前, 自动化井口工具正朝着定位准确、操作简单灵活、可控性好、稳定性高和修理维护少等方向发展, 通过智能化轻便型铁钻工研制可以减轻钻工体能消耗, 极大改善作业条件, 改变传统的作业习惯。

通过轻便型智能化铁钻工研制, 对机械部分轻型化设计、精益化制造、智能化控制等方面进行了研究, 并对连杆式伸缩臂、拼焊框型立柱及升降套筒等关键零部件进行了计算分析。在伸缩臂的稳定水平展收、立柱系统的平稳升降、各工位功能的智能控制等关键技术方面取得了一定突破, 基本达到了预期的成果。

公司集成化井口工具的研制, 提高整体适应性和钻机的成套技术水平, 并不断降低生产成本, 通过应用可不断优化改善出适应于国内外不同油田用户需求的系列铁钻工及其组合钳, 配合管子处理装置, 应用于海洋钻井船和自升钻井船, 在满足功能前提下, 通过改变安装方式, 还可应用于采煤机械等, 从而产生显著的社会效益。

[参考文献]

[1] 尹玉刚. 煤层气钻机旋转式轻便铁钻工的研制[J]. 石油机械, 2014, 4(7): 14-18.

[2] 何军国. 铁钻工研制技术路线研究[J]. 河南科技, 2018, 7(5): 47-49.

作者简介: 杜可普 (1982-), 工学学士。