陆地钻机平台钻杆柱运移装置的研制

张飞宇, 王清岩, 岳文斌
(吉林大学建设工程学院,吉林 长春 130026)

摘 要:钻井平台上起下钻过程中需要在二层台存取立根,传统的操作方式是由井架工在二层台上进行钻杆拆接,并与司钻密切配合完成。钻杆柱自动运移装置实现了二层台无人操作,降低了井台操作风险,减少了起下钻时间,提升了作业效率,目前在海洋钻井平台已广泛应用。介绍了一种适用于陆地钻井平台 K 型井架的悬挂式自动摆排管系统——MPR－70A 型自动摆排管装置。该装置结构轻便,悬挂于二层台下方,由平移机构、回转机构、伸展机构和夹持机构组成,可实现立根接卸过程的自动化操作。

关键词:陆地钻机;立根;自动运移;排管装置
中图分类号:TE928;P634.3 **文献标识码**:A **文章编号**:1672－7428(2013)S1－0102－03

Design of Pipe Racking System for Onshore Drilling Platform/*ZHANG Fei-yu*, *WANG Qing-yan*, *YUE Wen-bin* (College of Construction, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract: Drill strings are frequently transmitted between the wellbore to and from the pipe storage during tripping or making connections. Present methods of manual tripping requires a person to stand on the racking board for the duration of the round trip. Pipe racking system, which has been used widely in offshore drilling platform, allows tripping without a derrickman, greatly improving personal safety and operation efficiency, and reducing tripping time. This paper mainly presents a pipe transmitting system suitable to the K-type derrick for onshore drilling platform: Pipe Racking System MPR－70A. This system is portable and hanging under the monkeyboard. It's composed of the translation component, rotating component, extension component, and clamping component. The pipe racking system makes connections mechanically.

Key words: onshore rig; pipe racking system; drill string transmission

0 前言

在钻进过程中随着井深的增加,需要不断地将立根从立根盒移至井口连接到钻柱上;更换钻头或安装测试工具及其他钻柱底部工具时,又要不断地将立根从钻柱上取下移至立根盒或从立根盒将立根移至井口连接到钻柱上,即进行起、下钻操作。当钻完一口井后,又需要将立根从钻柱上逐根取下,利用小绞车挂住立根顶端将立根甩下,然后水平移至钻台的钻杆排放架上。传统的操作方式需要工作人员与钻杆直接接触,在起、下钻过程中需要司钻、钻工、井架工等人的密切配合,稍有不慎便可能造成事故。移动钻杆立根时,需要二层台上的井架工伸手到井口中心位置将立根接到游车上(或拆下来),并且还需要不断在指梁与井口中心之间移动立根,井架工在二层台高空作业,劳动强度高,安全性差。立根排放占用了起下钻大部分时间,因辅助作业时间长而导致钻进效率低下。

排管机采用机械、液压、控制等技术,用自动化的机械装备代替了人工操作,实现了人与钻杆的分离和钻杆的自动化排放,在钻井作业的同时,远程控制接立根、自动传送和排放钻杆等操作,可大大节省钻井时间。

为符合 HSE 标准,陆地钻机也开始配备钻杆排放系统,但是应用较少,国内陆地钻机配备的更是寥寥无几,而海洋平台排管机多为立柱式,占用平台面积大,所以海洋平台排管机不能直接用于陆地钻机常用的钻井平台较小的 K 型井架上。为满足深部大陆科学钻探大量的立根排放作业需求,研制了 MPR－70A 型全液压自动摆排管机。

1 MPR－70A 型自动排管装置的研制方案

MPR－70A 型全液压自动排管系统主要有平移机构、回转机构、伸展机构、升降机构、纠偏机构以及夹持机构等 6 部分组成,如图 1 所示。

排管机实现定位功能的平移、回转以及调垂功能回路均采用电液比例闭环控制,伸展－升降及机械手动作具有关联性,同时通过接近开关和单轴水平倾角传感器进行动作控制。悬挂式全液压排管机

收稿日期:2013－06－30

作者简介:张飞宇(1989－),男(汉族),内蒙古瓦兰察布人,吉林大学建设工程学院在读研究生,地质工程专业,研究方向为岩土钻凿工艺及机具,吉林省长春市西民主大街 938 号,669539708@qq.com。

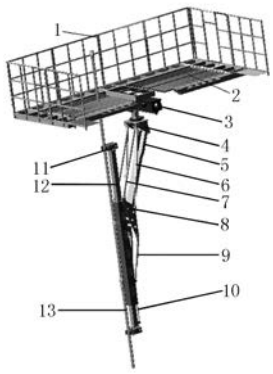

图 1　MPR－70A 型全液压自动排管系统

1—二层台;2—指梁;3—平移机构;4—回转机构;5—动臂;6—伸展机构;7—主连杆;8—三角架;9—纠偏机构;10—升降机构;11—夹持机构;12—机械手滑架;13—立根

的平移机构采用了英国 PowerJack 螺旋传动装置,用丝杠实现排管机械手对应指梁间每一行钻杆的定位。采用德国 IMO 回转驱动装置进行机械手左右及前后抓取和运移方位的切换。利用螺旋传动及蜗轮蜗杆回转驱动的自锁性,可以使定位功能准确可靠。特殊设计的机械手无需更换卡瓦,即能够可靠抓取直径在 Ø89～Ø168 mm 的任意规格钻杆,夹持力可根据需要在一定范围内适当调节,但是若需抓取钻铤组成的管柱,要重新设计。机械手采用接近开关控制夹持和松开动作。上下机械手接近开关的组合发讯状态用于有效抓取钻杆并运移钻杆的逻辑控制。

2　MPR－70A 型自动排管装置工作原理与结构

MPR－70A 型全液压自动排管系统悬挂于二层台下方,完成立根在井口和二层台之间的传送和排放,首先系统的伸展机构伸出合适的角度以后,夹持机构在二层台指梁之间抓取立根,待完成抓取的动作以后,伸展机构缩回;然后平移机构开始向靠近顶驱的方向移动,运动到终点后回转机构旋转 90°,最后伸展机构再次伸出一定的角度,将立根交给顶驱。执行反顺序操作可以通过 MPR－70A 型全液压自动排管系统将立根从顶驱运到二层台指梁之间。

平移机构用于控制排管机主体进行直线运动,主要由导轨、螺旋传动装置、滚珠丝杠、滑车等部分组成,如图 2 所示。减速机支架和轴承座用来固定螺旋传动装置。滑车可以沿着导轨平移,从而带动和滑车相连的排管机构移动。滑车运动的动力来自于液压马达驱动的螺旋传动装置。液压马达通过联轴器带动减速装置的主轴旋转,然后通过蜗轮蜗杆带动丝杠旋转,丝杠螺母机构带动滑车沿着导轨运动。编码器通过联轴器和减速装置的主轴连接,通过测量主轴转速来控制马达的流量,最后达到控制滑车移动速度的目的。

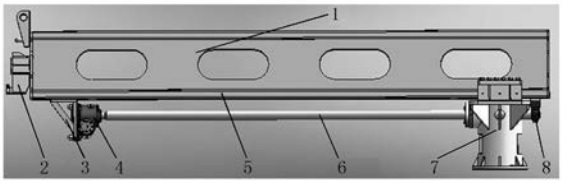

图 2　平移机构

1—导轨梳杆;2—多路阀块;3—减速机支架;4—螺旋传动装置;5—导轨;6—伸展机构;7—滑车;8—轴承座

回转机构采用德国 IMO 回转驱动装置进行机械手左右及前后抓取和运移方位的切换。回转动作仅在导轨上井口端执行 ±90°旋转,以使机械手从井口进入到指梁处或从指梁处抓取立根后送往井口。回转时采用液压马达驱动蜗轮蜗杆机构,涡轮带动排管装置可转动角度为 180°,在 0°、±90°位置停止为抓取和运移立根做准备。马达在蜗杆一端为其输入动力,另一端安装旋转编码器,通过对蜗杆转速的测量,以及蜗轮蜗杆机构的传动比,将测得的信号反馈给马达,从而实现角度的定位。

伸展机构作用是将立根移出或放入指梁架中。伸展机构用液压缸驱动由回转支座、连杆、三角架和动臂组成的平行四边形机构从而带动机械手升降臂执行伸展动作。伸展机构位于回转支承下方,要求沿指梁方向最大行程 2.9 m。伸展机构运行时机械手升降臂保持竖直状态,通过液压缸控制可以可实现在 0～2.9 m 行程内任意位置锁定,从而可抓取垂直排放在指梁架一列中任意位置的立根。伸展机构在伸出的时候,机械手在竖直方向上有了很大的向上的位移。而抓取立根到井眼中心时要求立根空间上进行水平(允许适量的竖直位移)运动。因此,在升降臂下端和梳杆处设置一个液压缸使得伸展动作执行的同时,升降臂竖直向下运动以保持运移的立根保持在水平方向运行。

排管机的夹持机构为机械手,安装于升降臂两端和下端各一个,两个机械手同步运行。机械手由单个液压缸驱动,油缸活塞杆固定在中间挡块处,当立根进入机械手夹持范围内时,缸筒向后运动带动机械手两个夹爪向向后运动,克服扭簧力使两个夹爪向中间抱合,与挡块一起将立根夹紧。手动操作时,立根到达机械手挡块处时执行夹紧操作;全自动操作时,电感式位移传感器检测立根是否进入机械

手夹持范围,而后发出信号控制油缸执行夹紧动作。机械手可夹取 Ø89 ~ Ø168 mm 间任意规格的钻杆。排管机夹持机械手如图 3 所示。

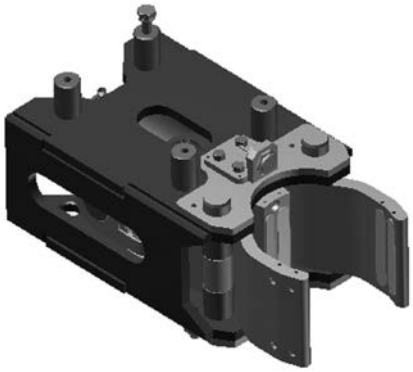

图 3 夹持机械手

自动摆排管机的主要参数:

(1)钻杆直径范围:Ø89 ~ Ø168 mm;

(2)最大夹持质量:2000 kg;

(3)平移机构行程:2150 mm;

(4)回转机构角度: -90° ~0° ~90°;

(5)自适应角度:左右 ±5°,前后 ±15°;

(6)最大平移速度:30 mm/s;

(7)机械手升降行程:2400 mm;

(8)伸展机构角度:0 ~80°;

(9)最大伸展距离:2400 mm。

3 MPR -70A 型自动排管装置性能及动力学仿真

将排管机整机的三维模型导入到 Adams 软件中,建立机构的运动学模型,根据各执行机构的参数为模型提供运动学参数。设置仿真时长 40 s,模拟了排管机从井口处运移到立根处执行抓取动作而后送回井口的动作。见图 4 ~6。

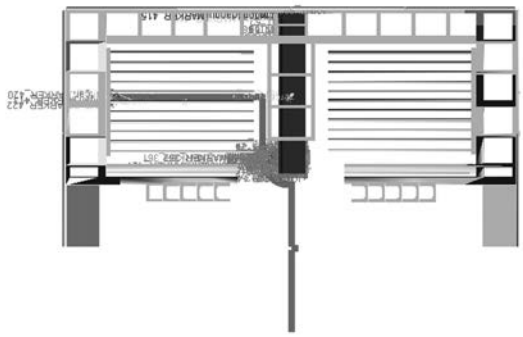

图 4 立根运移轨迹(上视)

在 18.9 s 时,立根所受夹持力超过了 2000 N,根据计算得知此时立根处于夹紧状态。在 22 s 时,夹持力发生了突变,此时立根缩回,机构骤停使得惯

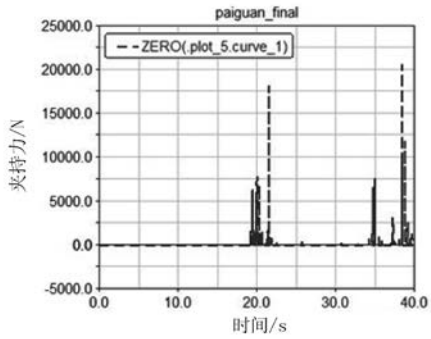

图 5 立根夹持力

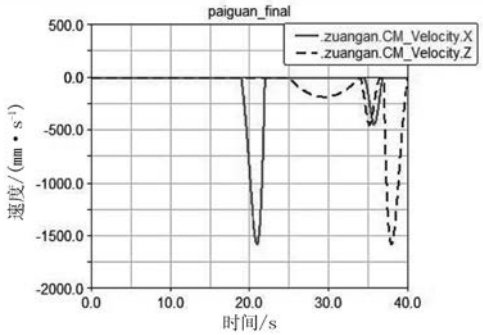

图 6 立根 X、Z 向速度 - 时间图

性作用下立根和夹紧挡块接触力迅速增加。同样解释了在 34 s 和 37 s 时,立根夹持力也发生了的突变。

立根运移时应尽量保持动作平稳,立根长细比较大,速度较快或急行急停会引起较大的晃动。立根在 19 ~22 和 37 ~40 s 时的运行速度由伸展油缸决定,前一阶段油缸给进速度为 step(time,19,0,22,690),后一阶段为 step(time,37,0,40, -690)。从图中可以看出。22 s 伸展机构缩回时立根的速度平稳回到 0,40 s 立根到达井眼时速度也回到了 0,减少了立根运行过程中的惯性和对排管机的冲击影响。

机构中受力大、刚度小、柔性特征明显的构件,在仿真计算中必须视为柔性体,这样建立起来的模型才能准确地反映其自身的运动特性,因此在仿真分析中采用刚柔耦合模型来计算。机械手卡爪的变形会对立根的姿态及运移产生影响,因此将其设置为柔性体进行刚柔耦合仿真分析。

排管机配置 2 个机械手,上下间距 7076 mm,能够可靠抓取直径在 89 ~168 mm 的任意规格钻杆。下面通过刚柔耦合动力学仿真柔性夹爪对立根影响以及夹持立根时机械手夹爪最大应力。设置机械手所夹持立根为 Ø168 mm,为简化模型将其设置为等质量的圆柱体,放置于距离挡块 15 mm 处。

(下转第 107 页)

(3)单滑车运输允许质量为 200 ~300 kg,双滑车为 300 ~500 kg,为保证物资安全,应选用双滑车;

(4)货物之间的距离:质量在 200 ~300 kg 时控制在 200 ~230 m,货物较轻时,货物之间的距离可适当缩小;

(5)简易索道仅供运货,严禁载人;

(6)遇有雷雨天气或五级以上大风应停止运行。

3　实际应用效果

2012 年施工的 ZK001 及 2013 年施工的 ZK301、ZK1901、ZK801 等 4 个钻孔平均高差 200 m,平均坡度 25°,局部达 40°,人力搬迁约需 105 天。架设索道后,搬迁时间仅为 28 天。4 个钻孔架设索道共计支出 7.5 万元,若人力搬迁,约需 11.9 万元,节约费用 4.4 万元。

3.1　降低了劳动强度

利用索道搬迁,以 XY -4 型钻机为例,整个机台设备、钻塔、管材及配套材料总重约 20 t,以每次搬迁参加 20 人算,平均每人要承担 1 t,加之山路陡峭,搬迁劳动强度非常大。加之拆卸后有的单件重近 500 kg,受地形限制只能 8 人抬杠,十分艰难,易致腰肌劳损。采用架空索道搬迁避免了繁重的体力劳动。

3.2　缩短了搬迁时间

路程超过 2 km,坡度超过 15°,人力搬运一般一天只能搬运 3 次左右,每次搬运 30 kg 左右,按 20 人计算,一天最多只能搬运 1.8 t;而索道一次载重可达 0.5 t,一天可以运送 10 次以上,最少一天可以搬运 5 t。开钻后索道继续用于材料搬运,也比人工快捷。

3.3　避免了天气影响

南方雨水多,有时数十天阴雨连绵无法进行设备搬迁,造成工期延误。索道运输除大风雷雨天气外均可进行。

3.4　减少了森林植被破坏

人力搬迁时要求搬迁便道宽 1.2 m 以上,若修筑便道平均每年要破坏植被 1.2 万 m^2 左右,不仅破坏生态环境,还必须赔偿青苗损失。而轻型索道仅支架落地,占地不到便道的 1/20。

4　结语

轻型架空索道设备轻便,投资少,操作简单,运行成本低。在交通不便的山区用来进行岩心钻机机台搬迁可大大降低体力劳动强度,减少植被破坏,综合效益极佳。

参考文献:

[1]　GB 50127 -2007,架空索道工程技术规范[S].
[2]　GB 12141 -2008,货运架空索道安全规范[S].

(上接第 104 页)

从图 7 可以看出,在夹持立根时,立根的速度出现了小范围的波动,最大值为 250 mm/s。机械手在夹持过程中两夹爪受力也必须满足结构强度,通过刚柔耦合分析可以得到夹爪任一节点的应力,夹爪所受最大应力为 300.132 MPa,小于结构的屈服强度,最大应力发生在夹爪中部。

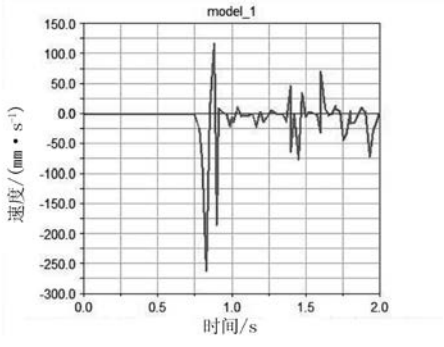

图 7　立根 Z 向(立根运动方向)速度 - 时间图

4　结语

详细介绍了 MPR -70A 型排管机的功能结构,各机构的工作原理,使用 Adams 软件对机构进行了动力学仿真分析,验证了设计的可靠性。排管机整机动作齐全、结构紧凑、操作方便、自动化程度高,可作为陆地深井钻机最为理想的平台管具自动化处理装置。

参考文献:

[1]　张艳敏. 钻杆自动排放 V 形门操作机设计研究[D]. 北京:中国石油大学,2011.
[2]　蔡文军,张慧峰,孙长征,等. 钻柱自动化排放技术发展现状[J]. 石油机械,2008,(12):71 -74.
[3]　姜鸣,曹言悌,周声强,等. 一种轻型桅杆式陆地钻机钻杆排放装置[J]. 石油机械, 2008,36(9):90 -91.
[4]　刘平全,崔学政,董磊. 钻井平台的钻杆排放方式及其自动化操作系统[J]. 中国海洋平台,2010,(1):51 -56.
[5]　沙永柏,朱吉良,王清岩,等. 钻杆自动传送系统运动学分析及仿真研究[J]. 机械工程学报,2012,48(17):45 -49.
[6]　张爱莲,陈书剑. ADAMS 柔性体建模技术研究[J]. 煤矿机械,2011,(6):95 -97.