

# 一键式管柱自动化独立建立根系统的研制

石宪峰 范飞 陈小永 李占柱 顾旺  
中国石油川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司  
DOI:10.12238/fgmsmr.v1i1.9368

**[摘要]** 常规人工建立根作业存在劳动强度大、作业安全风险高的问题,常规管柱自动化钻机建立根作业,由于游吊系统及顶驱参与建立根作业,存在建立根作业与钻井作业不能同时进行的问题。为提升钻井效率,降低劳动强度与作业风险,研制一键式管柱独立建立根系统,该系统由一键式操作系统、动力猫道、提管机械手、二层台排管机械手、铁钻工、扶管机械手、双鼠洞管等组成,提管机械手导轨固定在井架两侧,与顶驱互不干涉,实现钻进过程中自动建立根。

**[关键词]** 钻机; 一键式; 独立; 自动建立根

**中图分类号:** TE922 **文献标识码:** A

## Development of One-button Automated and Independent Pipe String Fabrication System

Xianfeng Shi Fei Fan Xiaoyong Chen Zhanzhu Li Wang Gu

China Petroleum Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd. Changqing Drilling Company

**[Abstract]** Conventional manual pipe string fabrication has the problems of high labor intensity and high risk of operation safety. Pipe string fabrication of conventional automated drilling rig has the problem that hoisting system and TDS cannot be carried out at the same time due to the participation of hoisting system and top drive in making up drill pipes. In order to improve the drilling efficiency and reduce the labor intensity and operation risk, the one-button automated and independent pipe string fabrication system is developed, which consists of one-button operation system, power catwalk, pipe lifting manipulator, two-layer platform manipulator, iron roughneck, pipe supporting manipulator, double mouseholes, etc. The pipe lifting manipulator rail is fixed on both sides of the derrick, which is non-interfering with the TDS and realizes automatic making up pipe string in the drilling process.

**[Key words]** drilling rig; one-button; independent; automated pipe string fabrication

## 引言

钻井过程中,常规人工建立根作业是需要人工使用风洞绞车将单根钻具从场地提至钻台,另一台风洞绞车提单根吊卡在鼠洞完成单根到立柱的组成,再与井架工交接排放至二层台指梁,或者由钻机游吊系统代替单根吊卡完成建立根,具有劳动强度大,作业风险高,建立根作业与钻井不能同时进行,影响钻井效率。常规的管柱自动化钻机普遍采用的建立根流程为:管柱通过动力猫道从地面输送至钻台,通过顶驱下端的动力吊卡扣合管柱接头,井架上安装的缓冲机械手伸出扶住管柱下端,将管柱从动力猫道上拉成竖直状态,放入鼠洞,采用同样的流程,顶驱带着3根管柱与鼠洞里管柱对接,铁钻工伸出到小鼠洞处,完成上扣,组成立柱。这种管柱建立根作业的缺点是:占用顶驱进行建立根作业,顶驱为正常钻井的关键设备,建立根和钻井不能同时进行,工作效率低。

鉴于上述情况,川庆钻探开发了一键式管柱独立建立根系

统,管柱立根高位竖直存放,采用一键式操作程序和空间管理系统,实现二层台排管装置、提管机械手等设备的防碰互锁和联动控制,提升作业效率,减轻人工劳动强度。

## 1 技术分析

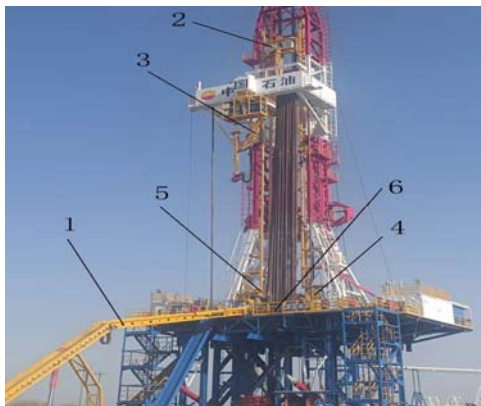
### 1.1 总体方案

钻机采用三单根一立柱进行作业,管柱立根竖直存放在二层台和立根台之间,如图1所示,独立建立根系统包括动力猫道、提管机械手、二层台排管机械手、铁钻工、扶管机械手、双鼠洞管等6种设备组成。

### 1.2 工作流程

(1) 动力猫道输送3根钻杆至钻台面后,夹持第1根钻杆前行,同时提管机械手钳头打开并翻转,单根1前行至提管手钳头下方。(2) 提管手钳头扣合单根1上提提管机械手,同时动力猫道臂扶单根1下端,使管柱逐渐立直;提管手继续上提,同时猫道臂摆向中间鼠洞,使单根1直立在中间鼠洞上方。(3) 下放单根1入中间

鼠洞,提管手钳头打开并翻转,提管手上提。(4)猫道夹持第2根钻杆前行至中间鼠洞附近,使单根2位于提管手钳头下方。(5)钳头扣合单根2上提提管机械手,同时动力猫道臂扶单根2下端,使单根2逐渐立直,同时铁钻工给单根1涂抹丝扣油(涂抹丝扣油可在程序中屏蔽,在场地完成)。(6)提管机械手旋转、摆臂使单根2直立在右侧鼠洞上方,下放单根2入右侧鼠洞,提管手钳头打开并翻转,提管手上提。(7)猫道夹持第3根钻杆前行至位于提管手钳头下方。(8)提管机械手钳头扣合单根3上提,同时动力猫道臂扶单根3下端,使管柱逐渐立直。(9)继续上提,同时猫道臂摆向中间鼠洞,使单根3直立在中间鼠洞上方,同时铁钻工给单根2涂抹丝扣油(涂抹丝扣油可在程序中屏蔽,在场地完成)。(10)提管机械手旋转、摆臂使单根3直立在右侧鼠洞上方。(11)铁钻工夹持右侧鼠洞的单根2,扶正单根3与单根2对扣,铁钻工上扣。(12)提管机械手继续上提,连接好的双根出右侧鼠洞后;提管机械手回倾、旋转至垂直位,使双根直立在中间鼠洞上方。(13)铁钻工夹持中间鼠洞的单根1,扶正双根与单根1对扣,铁钻工上扣。(14)提管机械手继续上提,使立根下端高于钻台面。(15)排管机械手与提管机械手交接立根,排管机械手排放立根入二层台。



1-动力猫道,2-提管机械手,3-二层台排管机械手,4-铁钻工,5-扶管机械手,6-鼠洞管

图1 独立建立根系统

拆立根作业一般在完井时进行,为建立根作业的逆过程。

## 2 关键技术

### 2.1 一键式操作系统开发

司钻操作系统采用宝石机械开发的idriller®集成控制系统,采用工业以太网环网结构将各独立设备、中心控制站、仪表、一体化座椅、第三方设备等各子系统连接到一起,实现设备联动控制和过程管理。

一键式独立建立根操作系统是在集成控制系统的基础上,采用防撞互锁技术和一键式操作软件,实现建立根所需的五种管柱设备的联动控制,交叉运行,工序衔接。将整个建立根过程集成到单页面中进行联动操作,操作前需对五种设备进行位置标定和参数设定。设备操作方式有手动操作、自动执行及单键确认。手动操作表示该步骤需要手动完成,从操作界面中获取手

柄操作授权后,采用集成手柄进行操作;自动执行是指操作流程满足一定条件后无需操作者发出命令设备自动执行相关动作;单键确认是指对于部分存在安全隐患或不确定性因素的动作,人为对设备实际状态进行确认后而执行的动作。如果设备执行动作不到位,可以采用操作界面中的“返回上一步”、“重复当前步”、“强制下一步”按钮,恢复当前中断的操作流程。

一键式操作系统不仅能实现建立根流程的联动控制,也可以实现单个设备的自动执行,大幅降低司钻操作难度,减少辅助作业时间,提高效率和安全性。

### 2.2 高效动力猫道设计

动力猫道可实现一次3单根、最大载荷3吨钻具的高效输送,提高钻柱输送效率。

动力猫道整体安装在钻机坡道大门处,由液压缸直接驱动下段送钻柱装置起升,带动与下段送钻柱装置铰接的上段送钻柱装置起升,再通过液压马达驱动链轮旋转,带动送钻柱装置的小滑车移动,待上段送钻柱装置的分离机构将多根管柱分离后,行走机构夹持中间的管柱移送至鼠洞或井口附近。

上段送钻柱装置前端设置有多根管柱分离机构、辅助分离机构,用于3根管柱向井口方向输送及方向甩3根管柱时的分离操作使用,管柱夹紧及行走机构用于将单根管柱夹紧并将管柱送向井口或反向井口方向设定位置。中、上段送钻柱装置前端右侧(司钻对侧)安装有管柱扶正机械臂,用于和游吊系统配合将单根管柱扶向井口或反向扶至猫道工作。

技术参数:输送管柱最大直径:508mm(20in),输送管柱最大长度:12m,输送管柱最大重量:3000kg。

### 2.3 一体式铁钻工设计

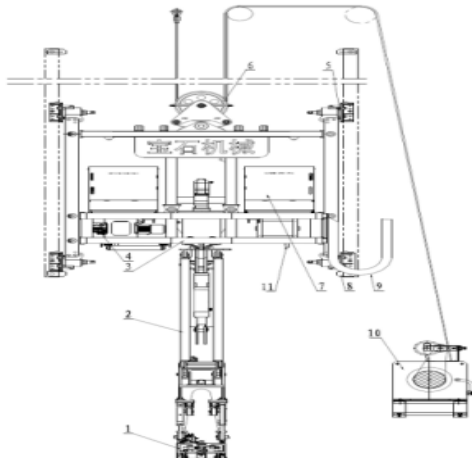
TZG93/4-140S1一体化铁钻工为伸缩臂式结构。整体安装在钻台面上,可在井口或鼠洞完成标定范围内管柱的上/卸扣、涂油、泥浆防喷、对中作业。能大幅减少井口最危险处人工参与,最大限度缩短各工序等待时间。

技术参数:适应管径范围大(27/8in~93/4in),旋扣能力强(5in钻具,旋扣扭矩5000N·m,旋扣速度90r/min),上、卸扣效率高(最大卸扣扭矩140000N·m,最大上扣扭矩100000N·m,冲扣旋转角达到37°)。

### 2.4 提管机械手设计

提管机械手安装在井架前立柱上,上提下放轨迹固定,可完成立根连接或拆卸过程中单根、双根、立柱提升作业。钳体总成安装在机械臂总成上,通过更换不同补芯可满足提升不同规格管柱的需求;机械臂总成通过电缸可以驱动钳体总成翻转和前移;回转装置用于连接机械臂和滑车及滑轮,通过电机可以驱动钳体总成旋转;液压系统实现对提管机械手钳体的开合;电控系统实现对提管机械手的控制;滑车总成扣合在井架轨道上,主要起导向作用;限位总成安装在轨道上,限制提管机械手的上下运行极限位置;电动绞车DJB-100×75通过滑轮总成实现对提管机械手的上提下放;拖链总成移动端安装在回转装置上,固定端安装在井架上,实现对游动电缆的保护。

技术参数: 最大提升载荷: 23kN, 适应管柱规格: 31/2in、5in、51/2in, 最大作业半径: 0.6m, 最大提升行程: 32m。

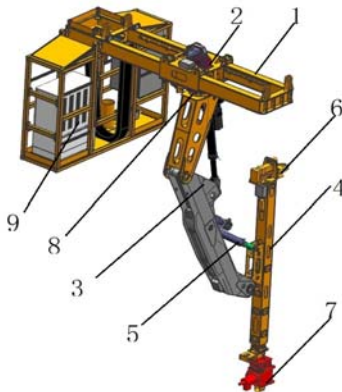


1. 钳体总成、2. 臂总成、3. 回转装置总成、4. 液压系统、5. 滑车总成、6. 滑轮总成、7. 电控系统、8. 限位总成、9. 拖链总成、10. 电动绞车

图2 提管机械手示意图

### 2.5 复合排管机械手设计

二层台排管装置主要组成如图3所示。



1-轨道, 2-行走装置, 3-倾斜臂, 4-伸缩臂, 5-调角装置, 6-扶持钳, 7-夹持钳, 8-回转装置, 9-液压系统

图3 排管机械手示意图

建立根作业时, 操作二层台排管装置钳头向提管位移动, 并打开夹持钳与扶持钳钳口, 到达提管位后, 夹持钳闭合夹紧立根, 并且扶持钳闭合环住立根。操作二层台排管装置提起立根后, 将所夹持立根移送到相应的指梁内, 从而完成立根从提管位到指梁的排放作业; 二层台排管装置回转装置的旋转、行走装置行走、倾斜臂向前推送、调角机构旋转、扶持钳的开合均采用

电驱, 伸缩臂的伸缩及夹持钳等动作均由液压站提供动力, 液压站集成至排管机械手本体, 所有动作通过司钻在司钻房远程操作完成。排管机械手悬持排放钻杆立根, 推扶排放钻铤立根。

技术参数: 悬挂管柱范围: 27/8in~57/8in; 扶持管柱范围: 6in~93/4in; 最大作业半径: 3500mm; 回转角度:  $-90^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

### 2.6 防撞互锁系统设计

防撞互锁功能是防止设备碰撞、避免设备配合失误的安全管控模块, 防撞互锁界面每一行均代表一个特定设备的防撞互锁状态。独立建立根系统具有以下互锁功能:

提管手与排管手钳头打开互锁: 排管手与提管手进行管柱交接时: (1) 排管手钳头未关闭, 禁止提管手钳头打开; (2) 甩立根时, 提管手钳头未关闭, 禁止排管手钳头打开。

提管手摆臂动作互锁: 排管手与提管手进行管柱交接时, 排管手与提管手钳头均处于关闭状态, 禁止提管手摆臂动作。

提管手上提互锁: (1) 提管手钳头未关闭到位、禁止提管手上提; (2) 铁钻工上卸扣过程中, 禁止提管手上提。

排管手动作互锁: 排管手与提管手进行管柱交接时, 排管手与提管手均处于关闭状态, 禁止排管手动作。

## 3 试验与应用

一键式人机交互7000m自动化钻机在鄂尔多斯盆地进行作业, 现场对钻机独立建立根效率进行了测试, 在钻井作业时同步进行建立根作业, 建立根效率为6柱/小时, 独立建立根不占用井口, 节省时间, 提高效率。

## 4 结论

(1) 一键式管柱独立建立根系统解决了目前钻机采用游吊系统提升管柱建立根影响钻井效率问题; (2) 一键式管柱独立建立根系统代替了井架工、内外钳工、场地工, 避免人工直接参与作业, 减轻了工作强度。(3) 一键式操作提高了管柱自动化多设备联合作业效率。防撞互锁功能完善, 避免设备交接过程中操作不当带来的风险。

### [参考文献]

- [1]任行, 郝丽军, 牛永超, 等. 钻机自动化管具处理系统研究[J]. 石油机械, 2016, 44(4): 17-22.
- [2]王亚妮. 石油钻机电气自动化系统研究[J]. 电气传动自动化, 2021, 43(6): 22-26.
- [3]孔永超, 夏辉, 罗磊, 等. 石油钻机集成控制系统技术研究[J]. 石油机械, 2023, 51(09): 34-40.