

海洋模块钻机可变指梁自动二层台设计

王长军¹, 马冬辉¹, 罗立臣¹, 王家琦², 陈康², 刘权²

¹中海油能源发展装备技术有限公司, 天津

²湖北省聚元石油自动化装备股份有限公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年3月3日; 录用日期: 2023年4月4日; 发布日期: 2023年4月12日

摘要

本文叙述了一种海洋模块钻机上使用的动力二层台装置的可变指梁组件, 包括二层台框架、固定指梁、活动指梁及指梁驱动组件等, 所述固定指梁和所述活动指梁的形状大小一致, 且所述活动指梁和所述固定指梁层叠设置, 所述二层台框架和活动指梁间安装有指梁驱动组件, 所述指梁驱动组件用于驱动所述活动指梁相对所述固定指梁错位移动, 以改变两指梁之间水平间距的大小, 所述活动指梁为与所述固定指梁形状大小一致的整体结构, 调节时指梁间隙区域整体调整, 不用每根指梁单独调整, 提高了调节效率, 方便快捷; 所述自动二层台指梁区域分为四块, 可分别调节成不同间距尺寸, 可满足二层台同时存储直径不同的管柱立根; 使用所述指梁驱动组件, 省去人力工作, 能够无级调节所述活动指梁的行程, 该二层台指梁间距调节装置结构简单, 使用方便, 效果良好。

关键词

模块钻机, 动力二层台, 可变指梁, 驱动装置

Design of Automatic Monkey Board of Ocean Module Drilling Rig

Changjun Wang¹, Donghui Ma¹, Lichen Luo¹, Jiaqi Wang², Kang Chen², Quan Liu²

¹CNOOC Energy Technology & Services Limited, Tianjin

²Hubei Juyuan Petroleum Automation Equipment Co., Ltd., Wuhan Hubei

Received: Mar. 3rd, 2023; accepted: Apr. 4th, 2023; published: Apr. 12th, 2023

Abstract

This paper describes the variable finger board assembly of the automatic monkey-board used on offshore module drilling rig, including monkey-board frame, fixed finger board, variable finger board and finger board drive components. The shape and size of the fixed finger board and the va-

riable finger board are the same, and the variable finger board and the fixed finger board are stacked, the finger board drive components are installed between the monkey board frame and the variable finger board, the finger board driving component is used to drive the variable finger board to move in a staggered position relative to the fixed finger board to change the size of the horizontal spacing between the two finger boards. The Variable finger board is an integral structure consistent with the shape and size of the fixed finger board. When adjusting, the gap area of the finger board is adjusted as a whole, without adjusting each finger board separately, which improves the adjustment efficiency and is convenient and fast. The finger board area of the Automatic pipe-handling of monkey-board is divided into four parts, which can be adjusted to different spacing sizes, and can meet the requirements of the monkey-board to store the pipe column with different diameters at the same time. The use of the finger board drive assembly saves manpower and can steplessly adjust the travel of the Variable finger board. The monkey-board finger board spacing adjustment device has simple structure, convenient use and good effect.

Keywords

Module Drilling Rig, Automatic Monkey-Board, Variable Finger Board, Drive Unit

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自 20 世纪 90 年代以来, 管柱自动处理系统开始向着系列化、模块化的方向发展, 此系统开始逐步被应用于钻机机和修井机之上。包括 Varco 公司、斯伦贝谢 Sedco Forex 公司、NOV 公司以及挪威的 Aker Kvaerner 公司均对管柱自动处理系统有较深入的研究[1]。

而在国内管柱自动处理技术的研究及应用才刚刚起步, 目前主要的操作方式依然是人工操作或部分机械化操作, 远不能达到目前钻井自动作业的要求[2]。目前可以查阅到研究自动化二层台的一些企业有三一重工、山东杰瑞、四川宏华、宝鸡石油及兰石装备等几家大型企业, 其中三一重工的研究成果在车载修井机上的应用已具备一定规模, 表现较为突出。

在海洋平台钻、修井施工作业时, 由于作业工况多种多样, 规格尺寸配套的钻具也种类繁多。其中, 钻井钻具常用的尺寸从 $3\frac{1}{2}$ in 到 $5\frac{7}{8}$ in 不等, 而修井作业使用的钻具常用的尺寸从 $2\frac{3}{8}$ in 到 $4\frac{1}{2}$ in 不等[3]。若要进行钻、修井作业则二层台固定指梁间距设计需要满足最大常规钻具的尺寸要求, 一般设计间距在 160 mm 左右。使用固定指梁宽度能够满足钻井排、送管的施工作业, 但在排放小规格钻具时, 会出现钻具在指梁内错乱无序甚至倾倒的情况, 作业时如遇到风暴天气, 小钻杆容易在风力作用下而发生剧烈摆动, 撞击指梁及钻杆之间互相撞击, 现场噪声严重, 且对井架及二层台形成冲击荷载, 对井架及二层台结构安全带来风险。钻井作业完成后若要继续进行修井作业, 则需要更换二层台指梁排或滑动二层台指梁来满足放置管柱的需要。但是在使用二层台自动排管机械手的自动化二层台, 如果仍然使用更换二层台指梁的模式, 因为带自动控制装置, 会导致设备成本极大提高, 更换难度极大; 如果采用手动滑动调整二层台指梁的模式, 其调整难度极大, 几乎不能满足二层台自动排管机械手在自动排管时对二层台指梁的精度要求。

2. 海洋平台钻修机自动二层台的结构组成

海洋平台钻修机自动二层台主要包括: 二层台框架、固定指梁、活动指梁及指梁驱动组件等部件,

具体如图 1 所示。

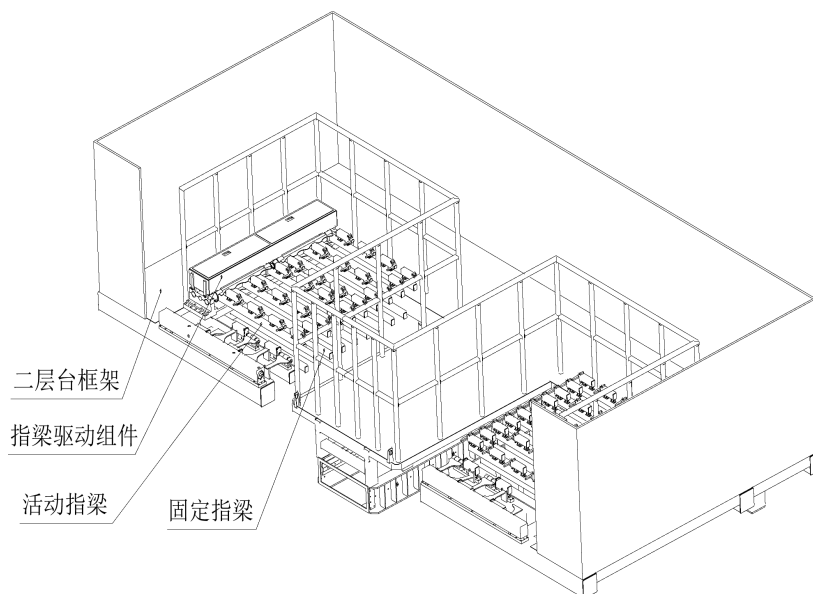


Figure 1. Structural composition diagram of automatic racking platform
图 1. 自动二层台结构组成示意图

自动二层台安装在海洋平台模块钻机井架的上体上，在钻、修井起下钻作业过程中，起存放管柱立根的作用。二层台框架由高强结构钢焊接而成，二层台框架内部的两侧焊接有固定指梁，两侧固定指梁上方通过滑轨安装有两组滑动指梁，每根滑动指梁的端部安装有一个指梁锁，第一排活动指梁的中后部安装有三个指梁锁，后续活动指梁上间隔一排安装三个指梁锁，指梁锁可以锁止存放在指梁排间的管柱立根，可防止管柱倾倒；二层台框架内侧的前端左右各安装有一个大门栓，大门栓与活动指梁间安装有四个钻铤锁，钻铤锁间形成的空档可以存放钻铤立根。

3. 海洋平台钻修机自动二层台优选方案的选择

3.1. 可变指梁排的结构优选方案

常见的可变指梁方案有以下三种，一是：人工手动调节指梁间距的方法[4]；二是，上下双层梳齿指梁排错位调节指梁间距方法；三是，双头螺杆加减指梁排数调节方法[5]。下面对以上三个方案的优缺点进行比较：

Table 1. Comparison table of advantages and disadvantages of variable finger beam structure scheme

表 1. 可变指梁结构方案优缺点对比表

方案一：人工手动调节	方案二：双层梳齿指梁排错位调节	方案三：双头螺杆加减指梁排数调节
排管工人登上二层台手动逐一对安装在导轨上的活动指梁排进行间距调整(如图 2 所示)。	利用上下双层梳齿中上层梳齿可以水平移动改变梳齿(指梁)间距的方法，使用丝杆电机实现自动调节(如图 3 所示)。	使用双头左右反向螺纹，中间连接锥齿轮传动，螺杆旋转带动两边活动指梁向中部聚拢，中间活动指梁被旋至竖直状态，由四指梁空档被转换成三指梁空档，指梁排数减少，指梁间距加大，使用双螺杆电机外加锥齿轮传动实现自动调节(如图 4 所示)。

Continued

优点	缺点	优点	缺点	优点	缺点
调节范围广,可覆盖所有尺寸范围。	需要排管工人登高作业,自动化程度低,调节精度难以保证,几乎不能保证定位精度。	可连续自动调节,调节范围较大,可满足所有钻修井作业,同时指梁空档排数不变,二层台容根量得到了保证,定位精度高。	结构较为复杂,需要频繁维保。	结构均为开式结构,维保较方便。	运动机构多,需要较大的安装空间,同时减少指梁排数,会降低二层台容根量。

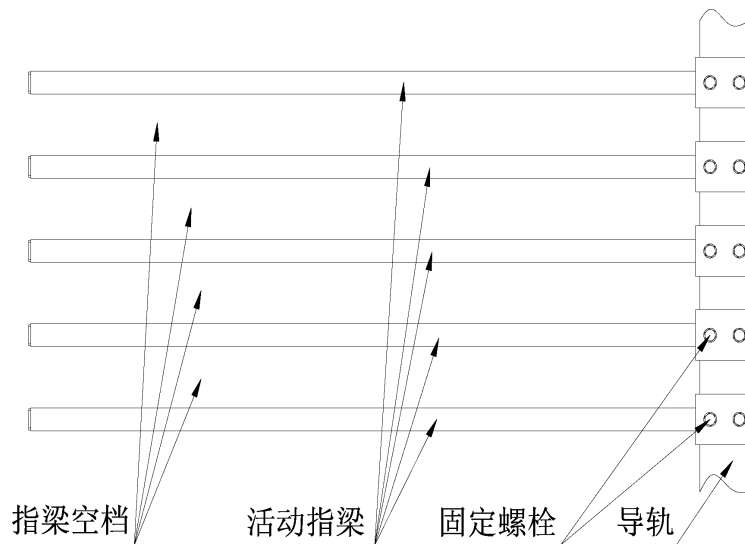


Figure 2. Manual adjustment scheme diagram of variable finger beam
图 2. 可变指梁手动调节方案图

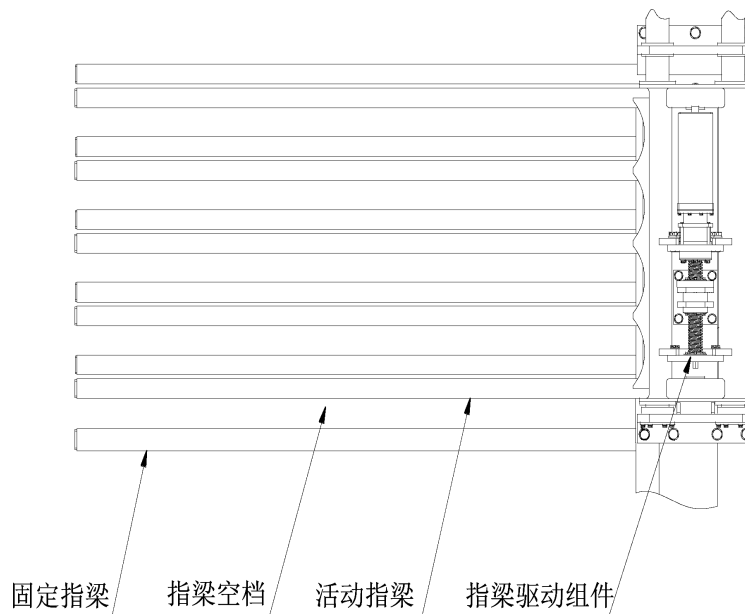


Figure 3. Structural schematic diagram of double-layer comb finger row dislocation adjustment scheme
图 3. 双层梳齿指梁排错位调节方案结构示意图

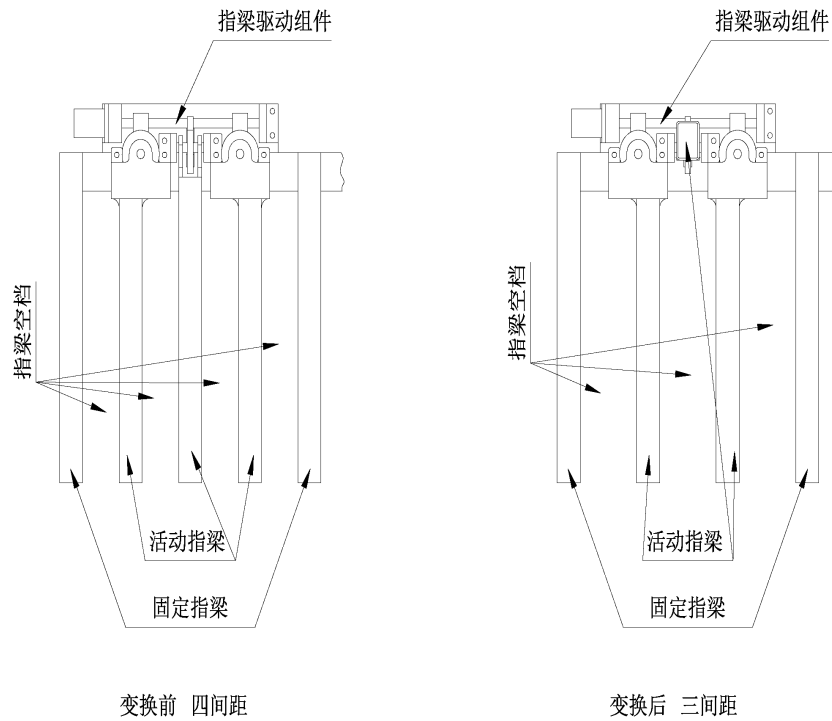


Figure 4. Structural diagram of double-head screw plus/minus finger beam row number adjustment scheme
图 4. 双头螺杆加减指梁排数调节方案结构示意图

通过表 1 的优缺点对比可知，结构优选方案为方案二，双层梳齿指梁排错位调节方案，其既可以实现自动调节指梁间距，同时其也可以完全覆盖钻机作业和修井作业所有管柱直径尺寸的使用要求。同时，选用双层指梁的方案可有效的加强指梁排的自身强度，在海洋大风环境下作业，其二层台指梁强度得到进一步体现，使作业安全性更高，通过合理的维护保养，可使该方案的自动二层台使用更可靠。

3.2. 可变指梁驱动优选方案

现阶段用于动力驱动有三种动力源，一是液压驱动，二是气动驱动，三是电驱驱动。其中，液压驱动和气动驱动能够实现直接提供旋转和直线驱动动力两种情况，电驱驱动目前只能直接提供旋转动力。通过不同动力源和不同曾力机构的组合可以得到性能不同的驱动方案，下面对不同动力源配合主要的曾力机构组合的方案进行比较：

Table 2. Comparison table of advantages and disadvantages of the main driving schemes of the variable finger beam
表 2. 可变指梁主要驱动方案优缺点对比表

方案一：液压或气动直线驱动方案	方案二：液压或气动马达旋转配合齿轮齿条驱动方案	方案三：直流无刷减速电机配合梯形丝杆传动
使用液压缸或气缸安装在活动指梁与二层台框架间，实现活动指梁与固定指梁水平错位移动，从而改变指梁间距。	使用安装在二层台框架上的液压或气动马达，马达输出端安装有齿轮机构，齿轮机构与安装在活动指梁上的齿条啮合传动，实现活动指梁与固定指梁水平错位移动，从而改变指梁间距。	使用安装在二层台框架上的减速电机，减速电机的输出端连接有梯形丝杆，梯形丝杆与安装在活动指梁上的丝杆螺母组成丝杆螺母传动副，减速电机的正反转可以实现活动指梁与固定指梁水平错位移动，从而改变指梁间距。

Continued

优点	缺点	优点	缺点	优点	缺点
可以直接驱动活动指梁水平移动, 驱动效率高。	没有位置自锁能力, 外力容易改变指梁间距, 制造使用成本较高。	传动效率较高, 传动精度高。	没有位置自锁能力, 外力容易改变指梁间距, 同时结构复杂, 制造使用成本较高。	有非常高的自锁能力, 结构强度高, 稳定性强, 同时制造使用成本较低, 有较高的短距离传动精度。	传动效率较低, 功率损耗较高。

通过表 2 的优缺点对比可知, 驱动优选方案为方案三, 直流无刷减速电机配合梯形丝杆传动驱动(如图 5 所示)。梯形丝杆传动副具备较强的自锁能力, 同时也有省力传动的效果, 配合无刷直流减速电机的使用, 使驱动力得到了进一步的提高, 由于驱动组件安装空间的限制, 使用丝杆螺母副配合减速电机模块化设计, 可有效缓解安装空间紧张的问题。在制造时, 合理适当的选用大一号的直流减速驱动电机可解决传动效率低的问题。

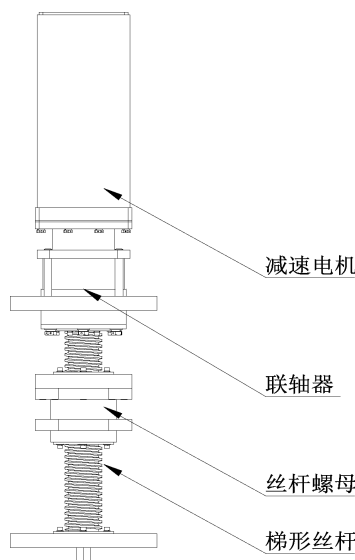


Figure 5. Schematic diagram of DC brushless reduction motor with trapezoidal screw drive
图 5. 直流无刷减速电机配合梯形丝杆传动驱动方案图

4. 结论

(1) 提出了双层梳齿指梁排错位调节的结构方案, 通过结构方案的对比得出结构优选方案, 该结构方案在能够实现自动调节的同时, 也能够满足管柱直径尺寸从 $2\frac{3}{8}$ in 到 $5\frac{7}{8}$ in 的无极调节, 可完全适应海洋模块钻机的钻井作业和修井作业, 避免钻井和修井作业转换时需要更换二层台, 解决了常规作业方法在钻、修井作业切换过程中需要更换二层台所耗费大量人力、物力。

(2) 提出了使用电动驱动方案, 通过驱动方案的对比得出驱动优选方案, 该驱动方案在满足驱动力的同时, 可有效节约安装空间, 使自动二层台体积最小化, 降低了二层台对钻机井架的载荷。同时, 电动驱动的使用, 也切合了动力二层台其他电动部件的设计理念, 避免了动力二层台上同时出现电动装置和液压或气动装置, 在方便维保的同时, 也节约了使用成本。

该可变指梁电气驱自动二层台在海洋模块钻机上, 其间距调节的高精度性能, 可完全保证二层台排

管机械手的使用要求,其驱动模块的自锁能力也使其在作业过程中抗击海洋大风作业环境的能力进一步提升,同时,其自动间距调节功能也是实现整个自动化排管作业过程的一项必备条件,使整个自动化排管作业的自动化程度得到了较大的提升。

基金项目

海洋模块钻机自动化管理及操作系统研究服务, 2022-FW-GK-HYFZ-1930/01。

参考文献

- [1] 白尚懿, 杨小亮, 何生兵, 孔令雄. 自动化钻机管柱处理系统研究现状与发展趋势[J]. 机械研究与应用, 2020, 33(5): 203-207.
- [2] 姜菁杰. 陆地 7000 m 钻机管柱自动处理系统设计研究[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2015.
- [3] 丁辉, 张超, 赵曛, 等. 海洋钻修机二层台机器人设计及选型研究[J]. 2021(2019-32): 1-3.
- [4] 陈高来. 简单间距可调式二层台指梁的设计与应用[J]. 机械研究与应用, 2016, 29(6): 182-185.
- [5] 李宝春, 赵曛, 陈俊, 等. 海洋钻修机二层台排管系统优化设计[J]. 石油天然气学报, 2020, 42(2): 10-16.