

浅谈双层二层台技术在海洋钻修井机上的作用

马冬辉¹, 王长军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9日; 录用日期: 2023年6月2日; 发布日期: 2023年6月14日

摘要

本文介绍了双层自动二层台排管装置在石油天然气海洋模块钻修井机上起下钻作业过程中的作用。该双层自动二层台排管装置利用安装在井架上的上层自动二层台和下层自动二层台, 将容易发生弯曲的管柱立根进行位置限定, 防止管柱立根变形过大, 确保二层台排管机械手能百分之百地捕捉到管柱立根, 从而解决了管柱立根易发生中间弯曲现象以及管柱立根在排管过程中被排放的位置具有随意性, 导致排管机械手捕捉管柱时捕捉率较低, 作业过程中需要人工操作排管机械手捕捉管柱立根的问题。使起下钻作业的一键化操作能够完全实现, 排管系统的自动化程度也得到进一步的提高, 降低作业司钻人员和人工操作的劳动强度, 也大大降低了二层台排管作业事故的发生频率。同时使用双层自动二层台也可以实现三单根小直径管柱立根在钻修井机上进行起下钻作业, 相较于两单根立柱起下钻作业, 减少了一半的拆接管柱次数, 大大降低了作业故障率, 使作业效率提高了50%。

关键词

自动二层台, 排管装置, 管柱弯曲, 提高自动化程度, 三单根立柱

Brief Analysis of the Role of Double-Deck Technology in Ocean Drilling and Workover Rig

Donghui Ma¹, Changjun Wang¹, Lichen Luo¹, Jiaqi Wang^{2*}, Kang Chen², Quan Liu²

¹CNOOC Energy Technology & Services Limited, Tianjin

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

Received: Mar. 9th, 2023; accepted: Jun. 2nd, 2023; published: Jun. 14th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 马冬辉, 王长军, 罗立臣, 王家琦, 陈康, 刘权. 浅谈双层二层台技术在海洋钻修井机上的作用[J]. 石油天然气学报, 2023, 45(2): 137-142. DOI: 10.12677/jogt.2023.452017

Abstract

This paper introduces the role of the double-layer automatic monkey-board device in the tripping operation of the oil and gas offshore module drilling and workover rig. The double-layer automatic monkey-board pipe arrangement device uses the upper automatic monkey-board and the lower automatic monkey-board installed on the derrick to limit the position of the pipe string riser that is prone to bending, to prevent the pipe string riser from excessive deformation, and to ensure that the monkey-board pipe arrangement manipulator can catch the pipe string riser 100%, thus solving the problem that the pipe string riser is prone to intermediate bending and the position of the pipe string riser is arbitrary during the pipe arrangement process. This leads to the low capture rate when the pipe arranging manipulator captures the pipe string, and the problem that it is necessary to manually operate the pipe arranging manipulator to capture the pipe string in the process of operation. The one-key operation of tripping operation can be fully realized, and the automation degree of the pipe arrangement system has also been further improved, reducing the labor intensity of the operation driller and manual operation, and greatly reducing the frequency of pipe arrangement accidents on the monkey-board. At the same time, the use of double-layer automatic monkey-board can also realize the tripping operation of three single small-diameter pipe strings on the drilling and workover rig. Compared with the tripping operation of two single columns, it reduces the number of pipe string dismantling by half, greatly reduces the operation failure rate, and increases the operation efficiency by 50%.

Keywords

Automatic Monkey-Board, Pipe Discharge Device, Bent Pipe String, Improve Automation, Three Single Columns

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. 前言

石油、天然气等能源的开采和储备能力已经成为衡量一个国家综合国力的重要指标之一，石油、天然气产品应用到人们生活的方方面面，也成为国防、航天航空等领域的重要原料。油气开采设备研发、制造工艺的先进程度对于钻井工艺水平的先进程度起决定性的作用，而钻井工艺的技术水平又决定了石油和天然气资源的勘探开发水平。因此，石油钻机作为关键钻井装备之一，其在油气资源勘探开发中的作用和地位十分重要，随着各国开采能力的不断增强，对开采设备安全性的要求也随之增加[1]。

结合国内外的实际发展情况来讲，最初的管柱处理系统设备较多，技术要求较高，同时有较大的产品附加值，因此主要市场被欧美几家知名石油公司垄断[2] [3]。海洋石油钻井修井机在钻井或修井作业时，管柱立根整齐排放在钻台的立根区，管柱立根上端靠放在井架二层台钻杆指梁处，并使钻杆朝二层台外侧呈一定倾斜角度以保证靠放时稳定性。随着深井、超深井钻井技术的发展和进步，对钻修井机提升能力和功率要求越来越高，能耗也越发增长，为了降低钻井载荷，减小能耗，轻型小直径管柱被广泛使用；同时为了降低采油成本，薄壁油管管柱也被广泛使用。

但是目前修井作业常用的 2-7/8"、3-1/2"、4"等小直径钻杆和油管在井架上排放时，管柱立根中部存在变形较大，整个管柱易失稳等问题，最多只能以双立根形式排放，排管作业也只能适用于人工排管作

业[4]。正是由于管柱中部存在变形大，位置精度完全无法得到保证的情况，在使用自动排管机作业时，自动排管机的夹钳无法准确抓取管柱立根，只能通过人工手动捕捉管柱，使作业自动化程度大大降低，完全不能满足排管作业一键自动化的使用目的。同时，由于可用的小直径管柱，双管柱立根长度短，致使起下钻时钻杆在高速运行区段行程短，同时还存在作业时钻杆上卸扣次数多，钻柱对接频次高，极大的影响了起下钻作业效率。

2. 需要解决的问题

2.1. 解决细管柱立根中部发生过大弯曲变形，稳定性差，作业过程存在安全隐患的问题

海洋油田钻井平台上的钻修井机，由于其所处的特殊环境要素，使钻修井机既要从事钻井作业，同时也要进行完井后的修井作业，钻修井机绝大多数使用的是三单根立柱起下钻作业方法，因此，在修井作业过程中，特别是在操作 2-7/8"、3-1/2"等小直径薄壁管柱立根时，三单根管柱立根极易发生中部弯腰错乱的情况(如图 1 所示)，特别是海洋大风环境下，有些管柱立根甚至根本都无法立于钻台面立根区之上，使作业无法正常进行[5]，同时，再勉强将管柱排在二层台指梁区域内，由于管柱弯曲变形过大，使管柱立根非常不稳定，容易出现作业事故，轻则损坏设备，重则导致作业人员伤亡的事故发生。



Figure 1. Physical picture of pipe string riser bent in the middle and disordered from left to right during pipe laying operation

图 1. 细管柱立根排管作业时管柱立根发生中部弯曲左右错乱实物图

2.2. 解决由于管柱处于自由状态，致使管柱中部位置不确定，从而使自动排管机械手夹钳不能准确高效的夹持管柱，无法实现一键自动化起下钻作业的问题

近年来随着二层台排管机械手的持续应用，一键化排管作业也已经提上了作业队的议程，但二层台排管作业一键化操作在技术上存在一定难度，一是在海洋钻修井上，钻修井机既需要完成钻井作业，同

时也需要完成修井作业，在修井作业起下钻时，被操作的对象管柱是薄壁油管，当三根薄壁油管组合后的管柱立根排放在二层台的立根区内时，由于现有的二层台只有一层，管柱立根只有上端固定在二层台上，上端只有一个支点，管柱立根在自身重力和外界风力等的作用下，极易发生中间弯曲现象，并且弯曲变形的方向无法预知，导致排管机械手无法自动捕捉到管柱(如图 2 所示)，需要人工辅助操作捕捉管柱，因此无法完全实现一键化操作。



Figure 2. Due to the uncertain position of the bent pipe body, the robotic arm is unable to automatically capture the physical image of the pipe column

图 2. 由于管柱弯曲管体位置不确定导致机械手无法自动捕捉管柱实物图

2.3. 解决修井作业由于使用短立根(双根管柱立根)导致起下钻作业需要拆接管柱次数多使作业效率低的问题

修井作业操作的主要对象就是油管立根，其很难立于二层台指梁区域，特别是直径尺寸仅仅只有 2-7/8" 的油管，作业时只能将整个油管拆成单根甩下钻台面存放与管住堆场，才能保证作业的顺利进行，此过程需要猫道运送油管，使作业效率与正常二层台起下钻作业不足其效率的 30%，并且高频次的拆接细丝扣的油管，更容易出现油管丝扣损坏，大大的增加了作业故障率。

3. 解决问题的优选方案

基于现阶段钻修井作业对自动化作业程度的高要求性、自动化作业的持久稳定性及自动化作业的高效性均有较高要求，因此，克服上述问题，研发一种能稳定可靠地在钻台面立根区上排放三单根或更多单根的小直径管柱立柱，在钻修井起下钻作业时，不仅可充分发挥和利用小直径立柱重量轻的优点用以降低作业载荷，减小功耗，增加作业自动化程度，提高作业效率，降低作业成本，减轻劳动强度，具有良好的应用前景的作业方案是十分必要的。现提出以下方案，并对其优缺点进行对比，如表 1 所示。

通过表 1 对各方案优缺点的对比可知，优选方案是：使用双层二层台技术，同时使用三单根管柱立根进行起下钻作业的方案。

所谓的双层二层台技术是指：在井架前侧上部的正常高度位置安装一套上层二层台，排管机械手安装在上层二层台的猴台下方，在接近立根中部高度的井架前方安装一套下层二层台，其中上层二层台与下层二层台的指梁区域上下对应，可以有效限制管柱立根存储在二层台立根区域内管柱立根中部的变形(其方案结构示意图如图 3 所示)。

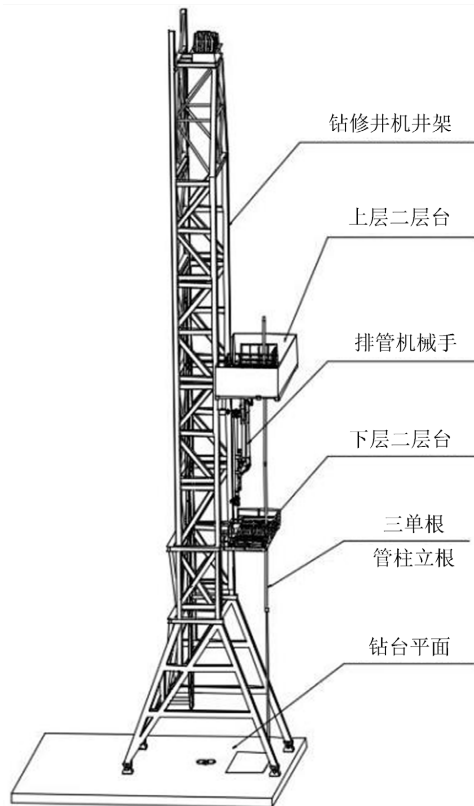


Figure 3. Schematic diagram of the structural scheme of the offshore drilling and workover rig using a dual racking platform to handle three single pipe string upending operations

图 3. 海洋钻修井机双二层台处理三单根管柱立根作业方式的结构方案示意图

Table 1. Comparative table of advantages and disadvantages of problem solving solutions

表 1. 解决问题方案的优缺点对比表

需要解决的问题	解决方案一		解决方案二	
细管柱立根中部发生过大弯曲变形，稳定性差，作业过程存在安全隐患	使用双层二层台的方案：在接近管柱立根中部增加支点，提高管柱立根刚性		将管柱立根悬挂与二层台上的方案：增加整个井架及二层台强度，将管柱立根悬挂于二层台指梁区域，使管柱由于自重保持直立状态，不发生变形	
	优点	缺点	优点	缺点
	可将管柱变形保持在允许范围内，使管柱立根稳定性增加，可提高作业安全性	需要增加一套二层台的制造保养费用	管柱立根基本不变形，管柱位置十分精确	使井架及二层台所承受的载荷急剧增加，设备制造自重增加，使用和保养成本也随之增长

Continued

由于管柱处于自由状态,使管柱中部位置不确定,无法实现一键自动化起下钻作业	使用双层二层台的方案:在接近管柱立根中部加装一个带指梁的二层台,限制管柱在接近机械手夹持管柱部位的位置,使机械手夹钳能够准确捕捉管柱		增大机械手夹钳捕捉范围的方案:增加排管机械手下夹钳的捕捉范围,以此抵消管柱中部变形不在固定位置的影响	
	优点	缺点	优点	缺点
	在能够实现排管机械手全自动化作业的目的下,只需增加跟原二层台结构相同的设备,可基本不更改其他设计,可方便老旧设备的升级改造	需要增加一套二层台的制造保养费用	基本不增加设备制造成本	使机械手夹钳体积增大,导致夹钳容易与相邻的管柱立根发生刚蹭,存在安全隐患,同时大夹钳容易一次夹持两根管柱,出现误操作的情况
修井作业由于使用短立根(双根管柱立根)导致起下钻作业需要拆接管柱次数多使作业效率低的问题	使用双层二层台同时将作业立根设定为三单根立柱的方案:		使用双层二层台同时将作业立根设定为四单根立柱的方案:	
	优点	缺点	优点	缺点
	作业效率提高 50%,三单根管柱立根作业载荷在常规作业所接受的范围内	需要增加一套二层台的制造保养费用	作业效率提高 100%	作业载荷过大,设备传递管柱立根稳定性差,作业安全性难以保证

4. 结论

综上所述,在海洋石油钻修井机上使用双层二层台技术具有非常重要的作用,双层二层台技术的使用可以使二层台机械手全自动化作业得以实现,提高了作业自动化的效果;双层二层台技术的使用可以使三单根管柱立根在修井作业过程中顺利进行,提高了修井作业的工作效率;同时双层二层台技术的使用可以使小直径薄壁管柱立根在二层台排放时,限制了管柱立根的中部变形,增加了管柱立根的稳定性,大大的提高了作业的安全性,降低了作业安全隐患。

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] 房雪明. 钻井管柱自动化处理系统安全应用技术研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2015.
- [2] 姜菁杰. 陆地 7000 m 钻机管柱自动处理系统设计研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2015.
- [3] 王涛. 海洋钻机管柱自动化处理系统现状及发展趋势分析[J]. 石油石化物资采购, 2022(1): 73-75.
- [4] 李宝春, 赵暎, 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.
- [5] 李联中, 颜子敏, 杨雷, 等. 钻机二层台推扶式排管机变幅机构优化研究[J]. 钻采工艺, 2022, 45(2): 110-114.