

# 基于单井架钻机的月池区离线作业工艺分析

王林清<sup>1</sup>, 和国磊<sup>1</sup>, 冯起赠<sup>1</sup>, 王英圣<sup>\*2</sup>, 申凯翔<sup>2</sup>,  
于彦江<sup>2</sup>, 卢秋平<sup>2</sup>, 李文秀<sup>1</sup>, 殷国乐<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000; 2. 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广东广州 511458)

**摘要:**针对传统单井架海上钻井平台、钻探船作业时,无法同时完成其他并行辅助管线的连接、下放作业问题,提出了月池区离线作业思路,通过在月池区防喷器台车上加装可以提升、下放、悬持管线的动力装置,配合原钻机系统配套的猫道机、排管机、铁钻工等设备,实现在月池区接装、下放、悬持钻杆柱、套管柱及其他管串。使得海洋单井架钻井平台和钻探船在原井口进行正常钻井作业的同时,可以在月池区并行接装管串,实现并行作业,节省大量的钻井辅助作业时间,极大降低钻井成本。

**关键词:**深海钻探; 离线作业; 并行作业; 单井架; 动力装置; 月池区

**中图分类号:** P634.3; TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2023)S1-0461-04

## Analysis of off-line operation craft in moon pool based on single derrick drilling rig

WANG Linqing<sup>1</sup>, HE Guolei<sup>1</sup>, FENG Qizeng<sup>1</sup>, WANG Yingsheng<sup>\*2</sup>, SHEN Kaixiang<sup>2</sup>,  
YU Yanjiang<sup>2</sup>, LU Qiuping<sup>2</sup>, LI Wenxiu<sup>1</sup>, YIN Guoyue<sup>1</sup>

(1. Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;

2. Guangzhou Marine Geological Survey, CGS, Guangzhou Guangdong 511458, China)

**Abstract:** When traditional single derrick drilling platforms and drilling vessels working, the connection and lowering of other parallel auxiliary pipelines are unable to simultaneously complete, therefore, a concept of offline operation in the moon-pool area is proposed. A power device on the blowout preventer trolley in the moon-pool area is installed which can lift, lower, and suspend pipelines. Combined with the original drilling system's supporting equipment such as catwalk machines, pipe racking machines, and iron roughneck, the installation, lowering, and suspend drill string, casing string, and other pipe strings in the moon-pool area can be achieved. As a result, when the ocean single derrick drilling platforms and drilling vessels working, the connection of pipe strings in the moon-pool area can be operated parallelly, which can save a lot of drilling auxiliary operation time and greatly reduce the drilling cost.

**Key words:** deep-sea drilling; offline operation; parallel operation; single derrick; power plant; moon-pool area

## 0 引言

由于海上钻井作业成本高、补给困难,海洋钻

探尤其是深水钻探时会尽量缩短工期,提高作业效率。传统提高钻井效率的方法,多从改善钻井工

收稿日期:2022-07-07 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.074

基金项目:广东省海洋经济发展(海洋六大产业)专项资金项目“天然气水合物储层改造增产与测试技术支撑”(编号:GDNRC[2022]44);工信部项目“天然气水合物钻采船(大洋钻探船)总装建造关键技术研究”(编号:CJ05N20);中国地质调查局地质调查项目“智能化深部钻探技术升级与应用示范”(编号:DD20211421)、“深海钻探工程关键技术支撑(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号:DD20221721)

第一作者:王林清,男,汉族,1993年生,硕士,地质工程专业,主要从事钻探新技术、新设备、新工艺的研发工作,河北省廊坊市金光道77号, wanglinqingmail@163.com。

通信作者:王英圣,男,汉族,1996年生,硕士,石油工程专业,主要从事天然气水合物储层压裂增产改造研究,广东省广州市南沙区海滨路1133号,511970934@qq.com。

引用格式:王林清,和国磊,冯起赠,等.基于单井架钻机的月池区离线作业工艺分析[J].钻探工程,2023,50(S1):461-464.

WANG Linqing, HE Guolei, FENG Qizeng, et al. Analysis of off-line operation craft in moon pool based on single derrick drilling rig [J]. Drilling Engineering, 2023,50(S1):461-464.

艺、改进作业器具设备等方面入手,此方向经过几十年甚至上百年的发展,已经很难突破瓶颈。常用的传统单工序顺序作业的运行模式极大限制了钻井效率的提高,实际上钻井作业并不只是可以单工序顺序作业,而是可以拆分为多个相对独立的作业工序,如能将独立的作业工序并行作业同时进行,将极大提高钻井效率,节省作业成本。并行作业理论在钻井作业出现之时就有人提出,但直到20世纪末,多井架钻井系统的实现,才将并行作业的概念落到实处,并革新了传统海洋钻井观念<sup>[1-3]</sup>。

多井架钻井系统实质为钻井平台或钻探船配备多套钻机系统,主钻机系统负责钻井作业,其他钻机系统负责钻井离线辅助作业,主要包括接装、拆卸钻杆柱、套管柱等钻具组合,有的甚至可以对防喷器、采油树等进行安装下放工作。

目前,国内外钻井并行作业装置主要包括双井架作业系统和单井架离线作业系统。双井架钻机系统安装需要以双井架为载体,在钻井平台、钻探船设计之初以双井架系统为基点展开设计整套钻井系统、平台布局或船体整体结构。单井架离线作业系统的安装根据各钻井平台、钻探船的实际情况略有差异,绝大部分钻井平台甲板面、钻台面空间相对较充足,离线作业系统多以主钻机井架为依托安装在其附近。

国内外旧式作业平台、钻探船钻井系统多为单井架钻机系统,设备排放布局均按照单井架考虑,并未预留双井架及离线系统的安装排布空间及接口。部分新建造的作业平台、钻探船受空间、资金限制,也设计为单井架钻机系统,未考虑并行作业,为多井架并行钻井工艺的实现带来困难。而并行作业是钻井行业的发展趋势,因此如何在原单井架钻井系统的基础上实现并行作业就成为海上钻井行业亟待解决的问题。

## 1 钻井并行作业系统概述

### 1.1 双井架作业系统

海洋钻井初期,钻井平台和钻采船都采用常规单井架作业方式。但随着钻井行业的发展,钻井能力不断提高,作业深度也不断增大,单井架钻井作业时,提下钻、组装、拆卸钻具以及下放、回收水下作业器具等钻井辅助作业工序占用的时间也不断加长。为优化钻井工艺,提高钻井效率,降低整个钻井作业

的工作时长,实现主钻井工序与辅助钻井工序的并行操作,双井架作业的理念逐渐形成。即,在钻井平台和钻采船上配备2套钻机系统,进一步解释为给钻井平台和钻采船配置2套提升系统,主钻机进行钻井作业,辅助钻机进行组装钻具、安装水下作业器具等辅助工序,实现主辅作业工序同时进行。

20世纪初,West Venture半潜式钻井平台上首次采用了双井架主辅钻机<sup>[4]</sup>(图1),并取得了理想的应用效果,自此,双井架组钻机开始不断应用于新建的钻井平台和钻探船上,极大推动了深海钻井行业的发展<sup>[5-10]</sup>。双井架主辅井口并行作业的方式可以大幅减少辅助钻井作业所占用的时间,据统计<sup>[11-13]</sup>,在不同作业工况下它可以节省20%~70%的钻井时间,极大提高了钻井效率。但其造价昂贵、占用空间大,且由单井架改为双井架操作难度极大,不适宜加装在旧式钻井平台和钻采船上。



图1 West Venture 双井架钻井平台

### 1.2 单井架离线作业系统

单井架离线作业系统也被称为“一个半井架钻井系统”,是在常规钻机的基础上增加离线辅助作业装置来完成部分作业,实现钻机和辅助作业装置的并行操作。双井架钻机主、辅钻机之间作业能力及作业范围差距不大,甚至可以互为主辅。而单井架离线作业系统主钻机只有一个,主要钻井作业工序只能由主钻机完成,离线作业系统只能完成离线辅助工作,不能发生交换,作业能力相对于双井架较弱。单井架离线作业系统只能完成接装、拆卸钻杆柱等管串的工作,适用于甲板空间受限的钻井平台或者钻探船。其相对于双井架钻机,单井架离线作业系统的优势在于:(1)占用空间相对较小,满足条

件的钻井平台和钻探船可以后期加装该系统;(2)成本相对较低廉,可以进行部分辅助作业,也能实现并行作业。

单井架离线作业系统的离线作业能力取决于离线作业系统配置情况。中国海洋石油总公司投资建造的海洋石油981钻井平台的液压离线钻机(图2),是单井架离线作业系统在中国钻井平台或钻探船上的首次应用,可以在主钻机钻井作业时,同步进行接单根作业<sup>[14]</sup>。而Transocean Sedco Express级平台则增加辅助井架进行钻杆、套管作业<sup>[15]</sup>。



图2 981钻井平台的单井架离线作业系统

## 2 月池区离线作业工艺分析

### 2.1 月池区离线作业工艺思路

单井架离线作业系统在作业能力上是双井架作业系统的弱化,但在空间和资金上也有优势。可以以此思路研发一种受钻井平台和钻探船空间限制更小、耗费资金更少,同时也能满足接装拆卸管柱的离线作业工艺,使得大部分深海单井架作业平台和钻探船均可以安装搭载。

首先需要解决的是安装空间问题,所有深海钻井平台和钻探船几乎都有月池,大部分作业的管柱和 underwater 设备也通过月池区下放。因此,月池区有相对充足的作业空间,可以在月池区设计加装离线作业系统,配合原钻机配套的猫道机、排管机、铁钻工等实现离线作业,即,月池区离线作业工艺。

### 2.2 月池区离线作业工艺主要设备

实现月池区离线下管作业需要2部分设备:(1)甲板设备:钻井船(平台)原有的猫道机、排管机、铁钻工/鼠洞钳等设备;(2)月池区设备:可移动台车、

离线作业动力装置。

月池区离线作业工艺可以利用钻井平台、钻探船原有的设备操作,在月池区鼠洞的位置接装、下放钻杆柱、套管柱及其他管串;在月池区可移动台车上配置动力装置实现提升、下放、悬持管线的。

离线作业动力装置实质为安装在月池区移动台上的提升系统,是实现月池区离线辅助作业的核心装备(图3)。

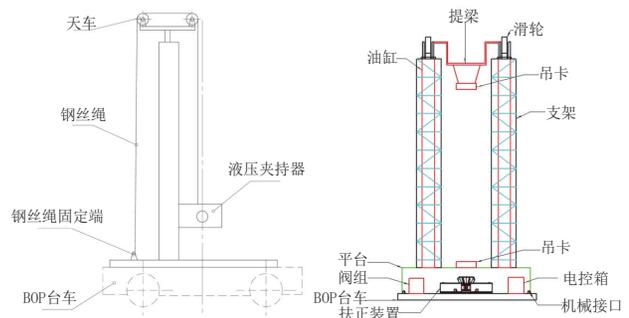


图3 离线作业动力装置

### 2.3 月池区搭载平台适配性分析

月池区域可搭载动力装置的设备有防喷器台车和采油树台车,其中,采油树台车的开口跨度较小,利于接装、搭载动力装置,但其承载能力有限,所能搭载的动力装置质量受限,进而影响动力装置的载荷能力。防喷器台车的承载能力较大,可以满足升降平台的载荷需求,但是其开口跨度大,对动力装置的机械接口要求高,包括接口跨度、强度与承载力。

不管是防喷器台车还是采油树台车都有环线液压泵站提供油源、电路提供电源,可以为动力装置提供稳定的动力源。

需要注意的是月池区属于一类危险作业区,动力装置在一类危险区内作业,所用电气设备需满足防爆要求,动力装置的电气、液压、信号等接口需满足规范要求。动力装置的机械、液压安装接口设计,需要综合考虑总体强度、防爆要求、作业流程、安装工序、存放空间等各方面的因素。

### 2.4 月池区离线作业工艺流程设计

(1)猫道机运来一根钻杆,排管机吊起并从鼠洞缺口(鼠洞已经取出,原位安装一个夹持器)下入并用鼠洞夹持器悬持,排管机吊起另一根钻杆对正并通过铁钻工旋扣并上紧,通过排管机下放并通过动力装置井口(动力装置及井口具有上下移动及悬持

能力),动力装置悬持钻杆,鼠洞夹持器扶正钻杆。排管机及铁钻工安装另一根钻杆,动力装置下放钻杆直至要求的下放位置。如此反复,按需接连好一定长度的管串。

(2)当井口钻进完成让出孔口后,可以通过BOP台车直接将钻杆运移到井口下方,顶驱直接与管柱连接,开始管柱下放作业。

(3)在钻杆柱下放过程中,可同步进行步骤(1),继续连接余下钻杆(图4)。

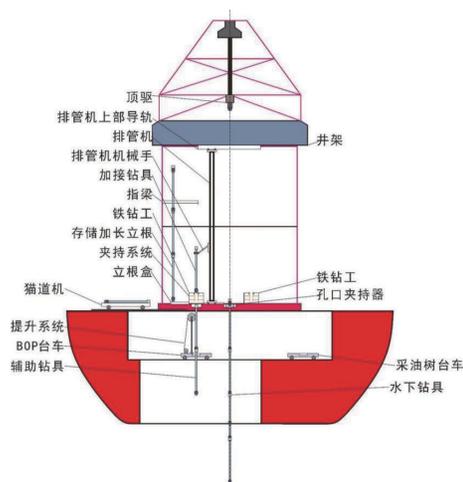


图4 月池离线下管系统

### 3 月池区离线作业工艺前景分析

(1)本工艺适用于深水钻进,最大优势是使用不涉及设备不占用井口,且不使用顶驱等井口钻具所用设备,可以在主钻机作业时接装管串,实现离线并行作业,使得常规单井架钻井平台和钻探船具有并行作业的能力,极大提高作业效率。

(2)本工艺最大程度利用原钻机系统设备,在传统单井架/井口钻井平台和钻探船均可以加装,且仅需要在防喷器台车上配置一个动力装置负责提升、下放、悬持下放管线即可。

(3)本工艺可以悬持小于作业水深的钻杆柱、套管柱以及其他管柱,即可以操作的最大管串长度几乎等同于作业水深,最大程度减小重复操作工序。

### 4 结语

月池区离线作业工艺利用钻井平台、钻探船原有的设备,并在防喷器台车上配套动力装置,实现在月池区接装、下放、悬持钻杆柱、套管柱及其他管串。使得海洋单井架钻井平台和钻探船在原井口进行正常钻井作业的同时,可以在月池区并行接装钻杆柱、套管柱及其他管串,实现并行作业,节省大量的钻井辅助作业时间,极大降低钻井成本。

### 参考文献:

- [1] 赵洪山,刘新华,白立业.深水海洋石油钻井装备发展现状[J].石油矿场机械,2010,39(5):68-74.
- [2] 王安义,杨秀菊,樊春明,等.超深水半潜式钻井平台双井架钻机关键作业工艺分析[J].船舶,2019,30(1):69-73.
- [3] 岳吉祥,綦耀光,肖文生,等.半潜式钻井平台双井架钻机作业工艺初步研究[J].石油钻探技术,2009,37(2):14-17.
- [4] 颜岁娜,张志伟,刘维国,等.多功能双井口钻井设备试验台的研制[J].石油机械,2017,45(7):6-10.
- [5] 纪苏丹.海洋双井架结构力学性能研究[D].成都:西南石油大学,2015.
- [6] 刘广斗.双井架结构分析计算[D].青岛:中国石油大学,2009.
- [7] 杨秋荣,范白涛,宋林松.钻井平台增加井口辅助作业平台可行性分析[J].石油矿场机械,2014,43(7):16-19.
- [8] 蒋发光,张敏,杨秀菊,等.第七代超深水海洋平台钻机双井架的等强度多目标优化[J].天然气工业,2020,40(12):124-132.
- [9] 徐郎君,王海冰,韩华伟,等.半潜式钻井平台T型双井架设计方案[J].船舶与海洋工程,2020,36(5):14-21.
- [10] 魏可可,李伟,王贇.3505 m深水钻井船双井架设计关键因素分析[J].石油矿场机械,2019,48(5):44-47.
- [11] 杨轶普.半潜式平台钻井系统布置技术研究[D].青岛:中国石油大学,2009.
- [12] 张星,陈艳.基于可靠性理论的海洋双井架分析[J].机械研究与应用,2015,28(4):21-23.
- [13] 陈艳.深海钻井船双联井架动载特性研究[D].成都:西安石油大学,2014.
- [14] 黄镔.海洋钻机离线接单根装置结构设计[D].荆州:长江大学,2017.
- [15] 李兴隆.钻井系统离线预接立根功能的非常规设计[J].中国石油石化,2016(21):106-107.

(编辑 王文)