

◀“863”计划专栏▶

半潜式钻井平台双井架钻机作业工艺初步研究

岳吉祥 梁耀光 肖文生 杨轶普

(中国石油大学(华东) 机电工程学院,山东 东营 257061)

摘要:半潜式钻井平台是深海石油勘探开发的关键设备,而双井架钻机已逐渐成为第六代深水半潜式平台的主流配置。在分析双井架钻机应用情况和选型依据的基础上,对双井架钻机单井和多井作业工艺过程设计进行了研究,分别分析了其钻井作业工艺过程和工艺特点,重点分析了双井架主辅钻机协作作业和并行作业特点,建立了一套针对所研究目标平台的单井和多井作业工艺,并对支持双井架钻机作业工艺所需的平台配置进行了研究,同时,对目标平台配置进行了初步分析。

关键词:半潜式钻井平台;双井架钻机;钻井;井架

中图分类号:TE922;TE951 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2009)02-0014-04

2006年,我国启动深水半潜式钻井平台研究,设计适合作业水深3 000 m、钻井能力10 000 m、具有自主知识产权的第六代半潜式钻井平台。该平台的特点之一是装备双井架钻机,双井架钻机系统是提高钻井功效的有效途径。国外应用双井架钻机相对成熟,由于配置不同,各深水钻井承包商的半潜式平台作业工艺各异。国内由于无设计应用深水平台的经验,对深水钻井作业,尤其是双井架钻机作业工艺了解甚少。为此,笔者对电驱双井架钻机的深水作业工艺特点,以及对装备的要求进行了分析研究。

1 双井架钻机选型与作业特点

统计表明^[1]:截至2008年一季度末全球在用及在建的、作业水深大于2 250 m的半潜式钻井平台55座,钻井船41艘,应用双井架钻机分别是28座和25艘,分别占51%和61%。由此可以看出,双井架钻机在深海钻井中已经成为主要配置。

1.1 双井架钻机的选择依据

在深海石油钻井初期,半潜式钻井平台采用的都是单井口作业系统,即在平台上配置一台钻机。由于海洋钻井成本高,配置双井架钻机可有效提高作业功效,主要表现在:1)采用双钻机并行作业方法,减少了钻井平台组装、拆卸钻杆及下放、回收水下器具等作业所占用的时间;2)平衡重载和轻载需要,因为深水海域钻井时,隔水管和防喷器等的重量

比钻具的重量要大得多,如用常规的一个井架和一套起升系统会造成钻机的绞车非常庞大,很难做到无级变速,正常钻井时绞车起升和下放的速度就会受到影响,从而影响钻井效率,而双提升系统可有效解决这一问题。一套起升系统用于载荷相对较小的正常钻井的起下钻,另一套起升系统用于速度相对较慢的起升和下放隔水管和防喷器^[2-3]。

1.2 双井架钻机的作业特点

使用双井架钻机以提高作业效率为主,可节省21%~70%的作业时间^[2-4],由于深水钻井平台日租费呈显著上升趋势,2008年上半年全球日租费达600 000美元,效率提高则可显著降低作业费用。双井架钻机的作业特点主要是并行作业和协调作业。

2 单井钻井工艺流程

目前,深海作业以探井为主,单井(多指探井)作业是半潜式深水钻井平台的主要方式,在进行单井

收稿日期:2008-07-12; **改回日期:**2008-11-21

基金项目:国家高技术研究发展计划(“863”计划)“深水半潜式钻井船设计与建造关键技术”(编号:2006AA09A104)部分研究成果

作者简介:岳吉祥(1970—),男,山东垦利人,1993年毕业于安徽理工大学机械制造工艺与设备专业,2006年获中国石油大学(华东)机械电子专业硕士学位,在读博士研究生,高级工程师,主要从事石油机械、人因工程、超硬材料方面的研究工作。

联系电话:(0546)8391271

作业时,双井架钻机可以并行组装和拆卸井下组件、钻具和管子立根,还可以在钻表层时下放套管及防喷器等。

2.1 单井钻井作业基本施工程序

以海洋钻井常用的标准井身 $\phi 762.0\text{ mm} \times \phi 508.0\text{ mm} \times \phi 339.7\text{ mm} \times \phi 244.5\text{ mm}$ 结构为例,介绍单井钻井作业基本施工工序^[5]。

1)下井口盘。由主钻机完成,井口盘到达海底后,采用重物或混凝土固定。

2)钻导管段。用临时导向绳穿在临时导向架(导向滑臂)两端,临时导向架中间抱住钻头,顺临时导向绳下入井口盘。钻进几十米后冲洗井口,起钻。钻进时临时导向架悬停在井口盘上,起钻时带上临时导向架。

3)下导管及导向管引鞋。导管用临时导向架抱住,导管下装导管引鞋,上装导管头,导管头与钻杆联接。导管和导向架用钻杆随临时导向架送入井口盘,临时导向架坐到井口盘上,从钻杆内注入水泥浆,水泥浆返回井口盘进行固井,钻杆与导管头脱开,提出钻杆。临时导向架永久驻留海底,临时导向绳可拔掉。

4)下隔水管,钻表层。隔水管组下放井口,用连接器将导管头连接。完成隔水管组下放,开始从隔水管组内下钻,钻表层,即 $\phi 660.4\text{ mm}$ 井眼段,一般几百米,钻进时钻井液沿隔水管组返回钻台。钻穿表层后起钻,起出隔水管组将其悬持。本工序可以省略隔水管下方作业,即可以不通过隔水管进行钻井。

5)下 $\phi 508.0\text{ mm}$ 表层套管,固井。用钻杆将表层套管送入井孔,表层套管下完,套管头坐在导管头上,固井。提出钻杆,候凝。

6)下防喷器。防喷器有两种下入方式:一是防喷器组和隔水管依次连接好,同时下入;二是先下入防喷器组,再下隔水管组,此时,工序 4)隔水管组处于悬持状态。

7)安装表层套管头的抗磨补心。

8)在隔水管组内继续钻进。完成水下器具后,继续钻至预定井深度,电测,下技术套管,固井。此时在隔水管组内下套管,套管头坐在表层套管头内台阶上,以后每钻进一段,所下套管都坐在前一段套管头内台阶上。

9)钻至目的层,测井,下油层套管,固井。

10)安装采油树。

11)完井,试油。

以上仅是典型单井钻井实例,实际应用过程可根据工艺调整,双井架钻机钻进则部分并行作业。

2.2 单井钻井主辅钻机协作作业

2.2.1 主辅钻机协作作业

主钻机在钻杆下放、回收工具时,需要大量组装、拆卸钻杆,这一工作由辅钻机完成。动力猫道输送钻杆到辅钻机后,由辅钻机完成立根组装,由排管机将立根排在立根盒供主钻机使用。同样,套管组装(指 $\phi 339.7\text{ mm}$ 以下套管)由辅钻机完成。

2.2.2 主辅钻机并行作业

主钻机完成工序 1)、2)后,可直接进入工序 4)操作,工序 3)可由辅钻机完成。由于隔水管组装需大量时间,此时平台移位,辅钻机位于井口盘上,辅钻机完成工序 3)下导管及固井作业。主钻机完成隔水管下放,进行 $\phi 660.4\text{ mm}$ 井眼段钻进,不需回收隔水管后再组装防喷器,将隔水管悬持,同时,辅钻机将 $\phi 508.0\text{ mm}$ 套管下放至海底,辅钻机完成工序 5)。防喷器组件由主钻机下放,平台复位,隔水管防喷器连接。安装表层套管头的抗磨补心。在隔水管组内继续钻进,直至完成步骤 9),辅钻机除接立根外,待机。辅钻机完成采油树安装和试油作业。

从以上步骤看出,单井并行作业体现在:主钻机完成工序 1)、2)、4)、6)、7)、8)和 9),辅钻机完成工序 3)、5)、10)和 11),基本是同时进行。

3 多井钻井工艺研究

多井钻井应用相对较少,主要在进行生产井作业时应用。多井钻井时,主辅钻机主要进行并行操作。在进行多井钻井作业时,主钻机在通过防喷器/隔水管进行钻井作业时,辅钻机可以不通过防喷器/隔水管进行另一井口的表层钻井和下表层套管作业。经过适当的操作,可以将防喷器在水下直接移到下一井口,采油树等也可以在进行钻井时同时安装。

以下以 2×2 多井口(井身结构 $\phi 762.0\text{ mm} \times \phi 508.0\text{ mm} \times \phi 339.7\text{ mm} \times \phi 244.5\text{ mm} \times \phi 177.8\text{ mm}$)钻井作业为例说明多井钻井步骤:

1)下多位井口盘。多位井口盘的两个井口盘距离应等于主辅钻机钻盘中心距离。多位井口盘由主

机采用拖船运送至平台下部下放,或经拖船单独下放。

2) 主钻机钻导管段,钻进几十米后冲洗井口,起钻。辅钻机准备导管,下放至海底。

3) 平台移位,辅钻机下导管及导向管引鞋,固井,提出钻杆,主钻机更换钻具组合,下放至海底。

4) 平台回位,主钻机移至目前作业井口,下钻,钻开表层,起升,辅钻机准备套管,下放至海底。

5) 平台移位,辅钻机下表层套管,固井,候凝。主钻机准备防喷器隔水管组装。

6) 平台转位,主钻机移至工作井口,辅钻机移至第二井口,主钻机下放防喷器、隔水管组。辅钻机进行下一井口作业。

7) 主辅钻机并行钻进作业。主钻机通过隔水管继续钻进,钻至预定井深,测井,下技术套管,固井。此时在隔水管组内下套管,套管头坐在表层套管头内台阶上,以后每钻进一段,所下套管都坐在前一段套管头内台阶上。同时,辅钻机开始钻导管段,重复 2)~5)的辅钻机工作,直至完成第二井口表层套管固井。

8) 辅钻机准备水下采油树,下放至海底。主钻机将防喷器与导管脱开,平台转位,防喷器及隔水管组移至第二井口,进行第二井口防喷器安装作业。辅钻机进行第一井口水下采油树安装作业。主钻机通过隔水管继续进行第二口井钻井,辅钻机进行第一口井完井、测井作业。

9) 平台转位,主钻机通过隔水管继续进行第二口井钻井,直至完成。辅钻机开始进行第三口井钻导管段作业,重复 2)~5)的辅钻机工作,直至完成第二井口表层套管固井。

10) 重复 8)、9) 作业,完成全部任务。

多井作业需要大量平台移位和转位操作,且要精确定位。对装备动力定位的平台,有巨大优势。主钻机完成主要钻井及隔水管作业,钻井作业时间长,而辅钻机工作任务相对较轻,其剩余时间主要以接立根、套管作业为主,还需进行工具下放和测井工作。

4 作业工艺对设备配置的影响与要求

从上述钻井作业看,无论单井作业,还是多井作业,双井架钻机作业都需要平台设备的支持,对平台配置提出了更高要求,主要体现在以下几个方面:

1) 平台移位与转位能力和精确定位能力。双井

架钻机并行作业过程中,需要半潜式平台具有移位与转位能力,且需要精确定位。由于半潜式海洋平台不具备钻机移位能力,只能通过平台移动从而带动钻机移动。半潜式海洋平台有两种定位方式,即动力定位和锚泊定位。动力定位状态下容易实现平台移位和转位,但对于锚泊定位,可以进行平台移位,不能实现平台转位,平台移位可通过改变锚链拉力达到移位目的(与锚泊方式有关,有些锚泊方式不可进行平台移位),锚泊状态下,不能进行多排多井口作业。

2) 水下机器人安全监测。双井架钻机转盘距离一般在 10 m 左右,相应双钻井管柱在水下距离 10 m 左右,作业受波浪、平台摇摆和暗流等多种外界因素影响,存在钻柱干涉可能。采用水下机器人(ROV)监测海流、状况和双钻柱距离以及精确定位,采取必要措施避免干涉。

3) 自动化管子处理装备。设计具备作业水深 3 000 m 和 10 000 m 钻井能力的目标半潜式平台,需要频繁进行立根组装与拆卸,这就要求平台具备高效管子输送和处理能力。以钻杆为例,抓管机从管子堆场将钻杆置于动力猫道,动力猫道输送至钻台,经辅钻机顶驱提升,通过铁钻工将管子接好后,自动排管机将管子排放至立根台,供主钻机使用,以减少主钻机拆卸钻杆时间。

4) 立根盒储存能力。立根盒是平台管具周转站,由于设计目标半潜式平台具有主辅钻机并行作业能力,在同时钻进或下放工具时,需要大量立根作业,立根盒存储能力要求高。如立根盒存储能力满足并行作业需要,则可减少组装时间,提高功效。如按照 $\phi 168.3$ mm 钻杆计算,主钻机长度需 10 000 m,辅钻机不超过 4 000 m,钻杆质量约 500 t,考虑立根盒还需排放套管组合等,立根盒存储能力以 600 t 左右为宜。

5) 月池开口与重型输送装备。各种海底大型工具需配备专用输送下放工具,通过月池下放,月池尺寸需综合考虑船体结构、海底大型工具尺寸以及补偿装置占用空间等,应尽可能增大尺寸。海底大型工具处理需配置专用处理装备,以防喷器为例,防喷器处理设备包括一套防喷器起重机、一套防喷器运输滑车、一套防喷器导向系统、一套 LMRP(隔水管下部总成)滑车,一套升降装置,一套悬持移动台车。防喷器处理系统高效地把防喷器从它们的存储位置传输至井口中心。防喷器起重机将防喷器提升放到防喷器运输滑车上,防喷器滑车在月池内将防喷器

运送至井口中心,然后通过防喷器升降装置,防喷器导向系统将防喷器下放到海底^[5]。

6)作业支持工具种类多要求高。双井架钻机在整个作业过程中,用到大量专用工具,必须配备齐全。

大型的如防喷器运输滑车,小型的如套管提升夹头等都须慎重选择配置。

7)目标平台配置设计。根据双井架钻机作业工艺和作业工艺对设备配置^[6],目标平台配置见表1。

表1 配置双井架钻机半潜式钻井平台各支持系统配置

序号	各系统配置	配置详细内容
1	双井架钻机模块(DDES) 含双联井架、双起升系统	主钻机主动补偿绞车4 410 kW,钩载8 890 kN,电驱顶驱;辅钻机主动补偿绞车1 617 kW,钩载4 450 kN,电驱顶驱;自动排管机2套,铁钻工2套,多功能机械臂2套,主辅钻盘各1套
2	双井架钻机支持模块(SDSM)	主辅动力猫道各1套,管子起重机1套,钻井液系统一套,含钻井液净化、循环、配混和固井系统
3	立放隔水管处理系统	隔水管指梁、隔水管起重机、隔水管倾斜臂等,隔水管张紧补偿系统1套
4	大型海底工具处理系统2套	处理防喷器和采油树等重型水下装备,处理能力分别是400 t和150 t
5	定位系统	动力定位和锚泊定位结合方式,水深1 500 m以下,锚泊定位,1 500 m以上,动力定位,DP-3模式
6	ROV 监测系统	监测水下作业
7	电力系统	初定功率5 760 kW×8

5 结论与认识

1)分析了双井架钻机在进行单井和多井钻井时的作业特点,即协作作业和并行作业,介绍了双井架钻机半潜式钻井平台单井和多井作业工艺。

2)对支持双井架钻机作业工艺所需平台配置进行了研究,并对目标平台配置进行了初步分析。

3)双井架钻机钻井作业工艺对钻井带来了全新的作业理念,相应的半潜式钻井平台必须用全新的思维设计。

4)笔者设计的作业工艺仅针对配置电驱双井架钻机的半潜式平台,如果平台配置设备不同,作业工艺会不同。

参 考 文 献

- [1] Rigzone 网. Semi submersible drilling/production rig [DB/OL]. [2008-04-01]. <http://www.rigzone.com/market/Results.aspx?CategoryID=1>.
- [2] Lars Munch-Soegaard, Amfinnn Nergaard. Offshore drilling experience with dual derrick operations [R]. SPE/IADC 67706, 2001.
- [3] Keener C, Keji-Ajai I. Development modeling-matching rigs with programs [R]. SPE/IADC 92251, 2005.
- [4] ENSCO. Forward-looking statements & non-GAAP reconciliations: UBS Energy and Utilities Conference 2007, New York, May 23, 2007 [C].
- [5] 谢梅波,赵金洲.海上油气田开发工程[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [6] 赵建亭.深海半潜式钻井平台钻机配置浅析[J].船舶,2006(4):37-46.

[审稿 张绍槐]

Preliminary Study on Well Drilling Technique of Semi-Submersible Drilling Platform with Dual Derrick Rig

Yue Jixiang Qi Yaoguang Xiao Wensheng Yang Yipu

(College of Machinery and Electronic Engineering, China University of Petroleum (East China), Dongying, Shandong, 257061, China)

Abstract: Semi-submersible drilling platform is key equipment for deep water exploitation and dual derrick rigs has been main platform of 6th semi-submersible drilling platform. Based on the analysis of application of dual-derrick rig and its type selection, the processes of drilling a single well and multiple wells using dual-derrick rig were investigated, especially the features of cooperation and parallel operation between the main and auxiliary rig. A set of process for drilling both single and multiple wells were established. In addition, platform configuration associated with dual derrick rigs and target platforms' equipment was introduced briefly.

Key words: semi-submersible drilling platform; dual derrick rigs; drilling; drilling derrick