

# 海洋钻井设备综述

朱 江

中海石油研究中心, 北京, 100027

**摘 要** 阐述海上特殊条件对钻井设备的要求、海洋钻机与陆地钻机的区别、海洋钻井工艺流程及钻机系统的组成, 以及海洋石油钻井装置的分类与选用。

**关键词** 海洋钻井装置 钻井装置分类与选用 钻井工况组合

## 1 海上特殊条件对钻井设备的要求

海上石油天然气的钻采工艺与陆上基本相同, 所不同的是陆上钻采设备不受场地限制, 可以分散布置, 而海上钻采设备必须集中布置在面积不大的海上平台上, 自然条件恶劣, 操作工况十分复杂。此外, 海洋钻井远离陆地, 运输十分困难。这些特点决定了海洋石油钻井设备除了必须达到陆上设备的要求外, 还要满足以下特殊要求。

### 1.1 安全性

海上钻井平台离岸较远, 平台空间不大, 设备布置无足够的安全距离, 操作者的活动空间有限, 平台常年处于风、浪、潮之中, 一旦发生事故, 救援困难, 后果严重; 因此, 海洋石油钻井设备必须满足防爆、防火、防盐雾的要求, 并要有完善的监控系统, 以防止事故发生。

### 1.2 可靠性

各类海洋钻井平台的造价都很高, 若租用钻井平台, 日租金也非常昂贵, 如自升式钻井平台的日租金达2.5万~3万美元, 半潜式钻井平台的日租金高达5万~8万美元, 如果钻机性能不佳导致经常停修, 就会造成很大的经济损失; 因此, 要求钻机各部件的性能都要十分可靠, 且经久耐用, 尤其是平台的供电设备必须十分可靠, 一旦断电停产, 不仅会造成经济损失, 而且可能造成重大事故。

### 1.3 设备能力配备

海上钻井远离后方基地, 设备故障所造成的损失及修复所需要的时间均大大超过陆上, 因此, 海上钻井一般选用工作能力较大的设备以减少故障发生, 即在相同井深条件下, 海上配备的钻井设备能力一般比陆地上大20%~25%。目前, 海上多选用钻深为6000~8000m的钻机、70~100t提升能力的修井机。在油田生产后期, 如果用修井机补钻调整井或加密井、分支井, 修井机的提升能力要达到100~150t。

### 1.4 柴油机驱动方式

海上钻井平台离岸较远, 无工业电网供电, 平台用电靠自配电站供电。海上钻井平台采用多台大功率柴油发电机组发电, 供各电动机分别驱动钻井绞车、泥浆泵、转盘、顶部驱动装置等钻井工作主机。

### 1.5 可钻或修多口井

钻机或修井机可在平台上纵、横移动, 即从一个井位很快移到另一个井位。目前, 世界上有的平台最多可钻或修96口井, 一般的平台可钻或修几口至几十口井。

### 1.6 配备应急设备

海上钻井平台必须配备应急设备, 如柴油发电机组配有应急柴油发电机, 转盘配有应急驱动链轮, 泥浆泵配有应急泵, 当主要机组出现故障时, 相应的应急设备立即启动, 以保证全平台的生活和动力用电, 避免卡钻事故的发生。

### 1.7 技术先进、效率高

海洋钻井平台的空间十分有限, 因此, 平台上所采用的钻井设备必须技术先进、体积小、质量轻、效率高。

在同样技术性能的前提下,设备体积越小,钻井平台的建造费用也就越低。

## 2 海洋钻机与陆地钻机的区别

一般来说,海洋钻机与陆地钻机并无多大区别,大部分设备可通用,如天车、游车、大钩、水龙头、泥浆泵、钻井仪表、气控元件、钻井工具等。海洋钻机与陆地钻机的主要区别如下。

### (1) 驱动形式不同

陆地钻机大多采用柴油机联合机械驱动,这种传动形式的最大缺点是占地面积大、功率损失大。海洋钻机采用电驱动,即采用柴油机带动交流发电机发电,一部分电流经可控硅整流后输出直流电,然后由直流电动机驱动钻机的各工作主机,而另一部分电流经变压器变压后,供给钻井平台所有辅机。海上平台采用这种可控硅交/直流转换电驱动(亦称 SCR 电驱动)形式,不仅可以使平台的设备布置更紧凑,而且降低了平台电站的燃油消耗,提高了电站利用率。近年来,陆地钻机也开始采用这种电驱动方式。

### (2) 井架及底座的差异

海洋钻机大多采用塔式井架,井架不用绷绳固定,底面积宽。在半潜式钻井平台和浮式钻井船上,为了安装升沉补偿装置及防止游车大钩摆动,井架上装有导轨。为适应施航过程中的摇摆(周期为 10 s,单面摇摆不超过 20°),要求井架结构强度高。

### (3) 转盘开口直径大

因要通过大直径的隔水管等水下器具,海上转盘的开口直径比陆上转盘开口直径大。海上转盘的开口直径通常有 1 891 mm 和 2 514.6 mm 2 种规格。一般来说,自升式钻井平台采用开口直径为 1 891 mm 转盘,而半潜式钻井平台,因隔水管两旁还带有压井管汇,采用开口直径为 2 514.6 mm 转盘。

### (4) 钻井绞车特点

海洋钻井绞车采用电驱动,可实现无级调速,绞车驱动功率较大,最大功率可达 2 200 kW,比陆上钻机绞车的功率约高 1 倍。

### (5) 机组由司钻集中控制

海上钻机的主工作机组采用分组或单独驱动,为了操作方便,由司钻集中控制。司钻控制台上除装有一般的控制手柄外,还装有指示、记录、报警等各种仪表。

### (6) 对泥浆泵的要求

海洋钻井平台上的泥浆泵一般采用 3 缸单作用泵,单泵功率为 950~1 180 kW。以前我国钻井平台大多选用 10-P-130 型 3 缸单作用泥浆泵,而现在大多选用两三台 12-P-160 型或 F-160 泥浆泵。

### (7) 采用泥浆净化设备的

在钻井作业过程中,泥浆中的固相颗粒不断增加,若不予以处理,任其混在泥浆中不断循环,不仅会使泥浆失水量增大、井壁泥饼增厚,而且会使井里压差增大,造成卡钻、井漏、起下钻阻塞,增加井筒中的钻具磨损,以及降低机械钻速等;因此,海上钻井作业已采用成套的泥浆净化设备,以便减少泥浆中的固相颗粒。

### (8) 井口机械化设备

为了提高起下钻速度,减轻钻井工人的体力劳动,各类海上钻井平台上都安装有井口机械化设备,并且在浮式钻井船及半潜式钻井平台上装有自动化钻杆摆放装置。

### (9) 高性能防喷器

钻井可能发生井涌(井喷),一旦发生井喷,必须迅速启动装在井口的防喷装置把井封住。常用的防喷器组主要由万能球型防喷器、单闸板防喷器、双闸板防喷器及钻井四通等组成。

### (10) 升沉补偿装置

深海钻井作业常采用浮式钻井船或半潜式钻井平台,为了保持钻头恒定接触井底,必须设法补偿钻井船由于风浪作用而产生的升沉落差,早期的方法是使用伸缩钻杆,即把伸缩钻杆置于钻柱之中补偿钻井平台的升降落差,而近几年来这种伸缩钻杆已逐步被更为精确的液压式升沉补偿器所代替。

### 3 海洋钻井工艺流程及钻机系统组成

根据钻井工艺中钻进、洗井、循环、起下钻具等各工序的需要,常规海洋钻井工艺流程可划分为主工艺流程和辅助工艺流程。海洋钻井主工艺流程主要包括高压泥浆系统、低压泥浆系统、散装泥浆及固井/灰罐系统、泥浆储存/配制系统、泥浆净化系统、钻井液压及防喷控制系统等。海洋钻井辅助工艺流程主要包括柴油系统、钻井水系统、海水系统、淡水系统、消防水系统、压缩空气系统、钻井排污及排放系统等。

一套完整的海洋钻机必须具备下列设备系统:

(1) 提升系统 为了起下钻具、下套管及控制钻头送进等钻井工序的实现,钻机装有一套提升装置。它主要由钻井绞车、辅助绞车(或猫头)、辅助刹车、游动系统(包括钢丝绳、天车、游动滑车和大钩)及悬挂游动系统的井架等组成。

(2) 旋转系统 包括转盘、顶部驱动装置、钻杆和钻头等部分。

(3) 循环系统 包括钻井泥浆泵、地面泥浆高/低压管汇、泥浆池/槽、泥浆净化设备、泥浆配制设备等。

(4) 动力设备 用于驱动钻井绞车、转盘、钻井泥浆泵、顶部驱动装置等工作机。海洋钻机多采用直流电动机或液压动力等驱动形式。

(5) 控制系统 主要包括机械、液动或电控制装置,以及计算机集中控制台和观测记录仪表等。

(6) 底座 包括钻台底座、模块底座、各单体设备撬块底座等。

(7) 辅助设备 包括井口防喷装置、辅助发电和起重设备、空气压缩设备、加热保温设备等。

### 4 海洋石油钻井装置分类与选用

开发海洋石油,首先从浅水海域开始,然后逐渐向深海发展。海上钻井装置经历了由浅海到深海、由简单到复杂的发展过程。海洋石油钻井装置可分为2类:

(1) 固定式钻井平台;

(2) 移动式钻井平台,主要包括坐底式钻井平台、自升式钻井平台、自升悬臂式钻井平台、深水悬臂式钻井平台、半潜式钻井平台、浮式钻井平台(或浮式钻井船)。

固定式钻井平台主要用于有工业油流的油田,一般工作水深在20 m左右(如渤海早期的埕北A/B钻井平台)。某些钻采综合固定平台的工作水深超过90 m,但平台建造费用较高。移动式钻井平台可随意移动,特别适用于钻勘探井或丛式生产井。

选择海上钻井平台及机具,要根据作业海域水深、海床地质情况及钻井目标来确定。

(1) 在浅水区,当油田已探明或已进入开发阶段,宜选用固定式钻井平台。

(2) 水深在20~30 m以内,风浪不大,海底平坦柔软且无冲刷海流,可选用坐底式钻井平台。

(3) 水深在20~30 m以内,浪高大于3 m的海况仅占1年的1/10以下时:①对勘探井,宜选用自升式平台加辅助船或自给式的自升式平台;②对生产井,可选用固定式平台(钻完井后改为采油平台)加辅助船,或选用带辅助船的自升/悬臂式平台或完全自给式自升/悬臂式平台。

(4) 水深在30~100 m(或更深一些),风浪较大时:①对生产井,选用固定式钻井平台(钻完井后改为采油平台)加辅助船,或自升/悬臂式钻井平台(先期在导管架上钻井,钻完井后改为采油平台);②对勘探井,选用自给式自升/悬臂式钻井平台。

(5) 水深超过60 m,一般可选用半潜式平台或浮式钻井平台(钻井船),用来钻探井或预钻生产井组。浮式钻井平台(钻井船)适用水深可达600 m。

(6) 海上特殊作业,如安装平台、吊装重型设备等,宜选用自升/悬臂式钻井平台或半潜式钻井平台作为支持平台。

需要说明的是除了采用以上选用方法之外,还可以根据实际装备条件、技术水平、作业费用等灵活选用合适的钻井平台及钻井机具。

(收稿日期:2000-10-10;编辑:余比干)

Abstract: The geological purpose can be achieved by adopting low flow rate method during formation test. Multiple flow rate or high flow rate test program does not have any additional significance, moreover, it complicates the data and makes the well test interpretation more difficult.

Key Words: geological target, formation test, stationary flow, non-stationary flow, deliverability equation

## • PETROLEUM EQUIPMENT •

### Discussion on Offshore Drilling Equipment ..... Zhu Jiang (44)

Abstract: The following topics are discussed in this paper: special requirements for drilling equipment used in offshore conditions, differences between land rigs and offshore rigs, offshore drilling process and the composition of a drilling system, classification and selection of offshore drilling rigs.

Key Words: offshore, drilling units

### Application Study of the Reciprocating Dual Fuel Engine Generator on Offshore

#### Oil Platform ..... Wang Wenxiang (47)

Abstract: With the discoveries of low GOR and high viscose oil fields, the reciprocating dual fuel (crude/diesel) engine generator as main power supply plant for offshore oil platform is brought in use. The paper mainly discusses the factors affecting the operation of the dual fuel engine generator on offshore oil platform design with purpose of providing references for the selecting of dual fuel engine generators

Key Words: dual fuel crude oil engine, affecting factor, viscosity, contaminant, vibration, operation and maintenance

### Discussion on the Design and Selection of Main Power Plants During Pre-Study Stage ..... Chen Huaping (51)

Abstract: This paper summarizes the new ideas and practices adopted in the design and selection of main power plants in the pre-study stage of offshore oil engineering of Qikou 17-2 oil field, Qirghuang Dai 32-6 oil field. Four selection criteria and four steps of design and selection of main power plants in the pre-study for offshore oil engineering are presented in this article. In particular, gas turbines and diesel/gas fueled reciprocating engines are compared. Finally the unit horsepower range as a selecting criterion between gas turbines and dual fuel engines are proposed.

Key Words: pre-study for offshore oil and gas engineering, main power plant, unit horsepower range, prime mover

## • SAFETY AND FIRE PREVENTION •

### Fault Tree Analysis (FTA) of Fallen Accident with Riding Basket to Get on Platform at Sea

#### ..... Luo Yixiang, Xie MaoJun (57)

Abstract: The theory of system engineering for safety is used in this paper for fallen accident with riding basket to get onboard platform at sea. The suggestion applying the fault tree analysis is proposed. The Fault Tree Analysis math model for possible faults is firstly established by using failure predicting technique in safety system engineering. A tree style relationship about the cause and effect of failure is drawn, then a qualitative and quantitative analysis is to be made, so as to prevent accident and adopt precautionary measures.

Key Words: riding basket, fallen accident, fault tree analysis, qualitative and quantitative analysis