

文章编号:1001-4500(2007)03-0007-05

# 深海半潜式钻井平台的总布置

刘海霞

(中国船舶工业集团公司第七〇八研究所,上海 200011)

**摘 要:**介绍新一代深海半潜式钻井平台的总布置理念、思路,分析可变载荷、双井系统、隔水管存放形式、机舱数目与布置等关键技术点,并对平台总布置予以综合说明。

**关键词:**半潜式钻井平台;总布置;可变载荷;双井系统

**中图分类号:**U662

**文献标识码:**A

随着油气勘探开发日益向深水推进,深海半潜式钻井平台已发展到第六代,作业水深为2500~3000m,钻井深度为9000~12000m,甲板可变载荷(含立柱)为7000~10000t,船型为双浮体/环形浮体、4/6立柱、含双层底的箱型甲板,配备动力定位、双井系统等先进装备,结构简洁、性能优良,作业自动化、智能化程度高,适应更深更恶劣海域的钻探工作。

为提高我国深水海洋工程装备能力,加快我国深水油气资源开发,已展开适用于南海海域的3000m水深半潜式钻井平台的技术研究,主要包括总体方案及设计基础、船型和主尺度、总布置、结构形式、定位系统、主要设备配置、南海特定条件等关键技术专题。

本文旨在阐述深海半潜式钻井平台的总布置专题,在简要说明总布置原则的基础上,对可变载荷、双井系统、隔水管存放形式、机舱数目与布置等关键技术点进行探讨。

## 1 总布置原则

平台总布置是一个工艺流程确立、功能区块划分、系统布置规划、设备参数落实、结构设计协调等综合设计过程,是半潜式平台总体设计的重要内容之一,不但对平台的作业性能有十分重要的影响,而且也是后续设计和计算的主要依据。通常在方案构思、船型、尺度、技术形态等要素确定时就需对总布置做初步规划,绘制总布置草图,以配合运动性能、稳性、定位能力等性能计算和总体方案的确定。在注意其构造、用途、作业等特殊要求的同时,应遵循以下基本原则:

(1) 满足作业要求。以平台的功能目的为核心和基本出发点,合理布置钻井设备,确保钻井作业的可行性、便利性。

(2) 确保稳性、运动性能、定位能力等技术性能,这是平台安全运营的根本。

(3) 妥善考虑平台的各部分质量分布,注意平台的重力平衡、合理性与施工工艺。

(4) 防火及防爆等安全问题至关重要,在初步规划总布置时即要避免或降低在危险区域中布置机械、电气等设备所引起的安全隐患和成本费用增加。

(5) 与主尺度、结构形式、系统要求等综合考虑。

(6) 注意设备维护及升级的空间,适当为钻井新技术的应用(如双梯度钻井、欠平衡钻井等)和平台的功能扩展预留空间,并关注岩屑处理等环保问题。

## 2 关键技术点分析

### 2.1 可变载荷

可变载荷是深海半潜式钻井平台关键性能指标之一,主要由平台的作业水深、钻井深度、船型、主尺度所

收稿日期:2006-11-09

作者简介:刘海霞(1978-),女,工程师,主要从事海洋工程总体设计研究。

决定。可变载荷通常指甲板(含立柱)可变载荷,主要包括人员、备品、钻井设备可变载荷(防喷器、采油树、测井设备等)、钻具(隔水管、套管、钻杆、油管等)、钻材(水泥、土粉、重晶石、袋装品、泥浆)。钻井水、盐水、基油等钻井液及燃油、淡水均布置在下浮体内,从性质而言也属可变载荷,但从对平台性能的影响而言,其敏感度不如甲板可变载荷,所以一般所指的可变载荷并未计入此部分。但对于深海半潜式钻井船,可变载荷应包括以上各部分。

可变载荷大,有利于减少供应物资的运输次数,降低作业成本,保证连续钻井作业,提高经济效益。钻井平台的可变载荷随作业水深和钻井深度而增加,深海作业一次带足钻一口井所需的可变载荷是不现实的,应根据海域环境、油田开发整体规划、供应船能力、平台自持力、作业费用等确定合理的可变载荷大小,在船型尺度和总布置设计中细化可变载荷各分项的大小、布置。

可变载荷的布置应围绕钻井作业流程展开,以确保工艺流程顺畅;注意平衡平台重力以减少调载量,降低平台重心以提高可变载荷量或平台稳性储备。常用钻具钻材(隔水管、套管、钻杆、日用泥浆等)、钻井专用设备(防喷器、采油树等)应位于上层甲板,备用泥浆设于立柱内。原料(重晶石、土粉、水泥)可设于上层甲板或立柱内,视具体布置情况而定。钻井水、盐水、基油、燃油、淡水布置在下浮体内。少数平台将隔水导管、套管等钻具放在立柱内,平台重心虽可降低,但管子处理不方便,影响作业效率,现在一般不取。

## 2.2 双井系统

新一代深海半潜式钻井平台,应用双联井架的主辅井口作业理念,在同一平台上配备两套钻井系统,主系统钻井,辅系统接管、维修、钻井等,以提高作业效率。

主系统的大钩提升能力一般为 2000kips (907.2t),辅系统的大钩提升能力一般为 1000kips (453.6t)。单井口作业时,辅系统可并行组装、拆卸井下组件、钻具和管子立根,可在开钻表层时下放套管、防喷器等。在多井口水下模块作业时,主钻机通过防喷器/隔水管进行钻井作业,辅钻机可不通过防喷器/隔水管进行另一井口的表层钻井作业和下表层套管作业。

主辅井口横向布置于平台甲板,纵向处于平台中心,井口横向距约 10m,横向位置各有不同。

(1) 主井口在平台中心,辅井口位于平台左舷,中心点运动性能最佳,有利于钻井作业。

(2) 主辅井口距平台中心 3m / 7m 或 1 / 2,有利于大钩载荷相应的重力平衡。主井口若偏于中心 3m,垂荡增加量较小,并不影响钻井作业。

(3) 主辅井口对称布置于左右舷,对实现双钻井的平台而言,主辅井均可获得较好的运动性能。

主辅井口的位置还要综合考虑辅井口的功能定位、管子堆场的布置等确定。月池(通海井)开口横向布置,具体大小和详细位置根据井口位置和防喷器、采油树的下放方式等确定。

## 2.3 隔水导管存放形式

隔水导管的存放形式主要有 3 种:平放,立放,立放 + 平放。

立放隔水导管可从立放状态直接移送到井架内,平放隔水导管需通过输送机从平放状态转为立放状态后送到井架内,占用时间较多。立放可提高隔水导管处理与整体作业效率,但同时提高了重心,对平台稳性不利。立放伸入甲板,自下甲板穿过中间甲板、主甲板,为专门存放区域,隔水导管消耗后仍不易做其它布置。平放一般位于主甲板,其区域可与套管存放区域交替、综合使用。可见,立放和平放两种存放形式各有优缺点,而立放 + 平放的组合形式兼顾了作业效率、区域利用等。

根据目前半潜式钻井平台使用情况,对于最大作业水深 3048m (10000ft) 的平台,其常用作业水深多为 2286m (7500ft),隔水导管等钻材可按 2286m 水深设计平台自带量,若水深超过 2286m 再行补给。组合存放形式可按 2286m 立放 + 2286m 平放。

为了解隔水导管存放形式对稳性的具体影响,作如下分析。

选用隔水导管规格:内径 0.533m (21"),单根长度 22.86m (75ft),共 3048m (10000ft),外加直径为 1.372m (Ø54")浮力材料,总重 2700t。

立放需深入甲板内,其占用面积按双层计入,底端距下甲板取 0.5m 间隙。3048m 平放堆高为 8.2m,

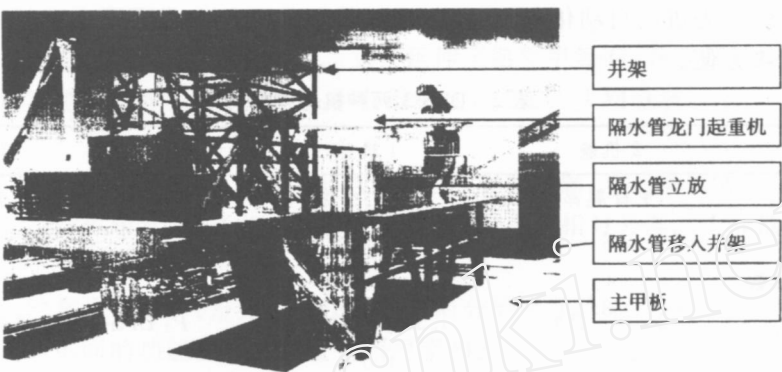


图 1 隔水导管立放

762m 平放堆高为 2.05m。为便于比较其对稳性的影响,重心高统一相对下甲板而言。平台上层甲板建筑层高一般为 3.45/3.5m,本分析中下甲板距主甲板取为 7.0m。表 1 中列入立放于主甲板的形式仅为分析比较用,由于处理系统不易设置、重心过高等,在布置上不作此选择。

表 1 隔水导管存放形式对比

项目	说明(布置区域)	面积 / m <sup>2</sup>	重心高距下甲板 / m
方式 1	立放(下甲板井口区前部)	520 ×2 = 1040	0.5 + 22.86/2 = 11.93
方式 2	平放(主甲板)	1280	7.0 + 8.2/2 = 11.1
方式 3	7500ft 立放 + 2500ft 平放 (下甲板井口区前部 + 主甲板)	410 ×2 + 320 = 1140	0.75 ×11.93 + 0.25 × (7.0 + 2.05/2) = 10.95
方式 4	立放(主甲板井口区前部)	520	7.0 + 22.86/2 = 18.43

方式 1 与方式 2 的重心高度差对平台整体的影响(平台作业状态排水量以 50000t 计入):

$$(11.93 - 11.1) \times 2700 / 50000 = 0.04\text{m}$$

对于平台稳性而言,重心提高 0.04m 的影响可忽略。

通过数据分析,可见前 3 种存放形式在面积和重心方面略有不同,但并无较大区别。从提高作业效率而言,隔水导管立放是较佳方式。对于目前最大作业水深 3048m 的平台,常用作业水深多为 2286m,考虑平放区域与套管区域公用、作业效率与占用面积的综合,取 2286m 立放 + 762m 平放较佳。

隔水导管平放或立放均以横向对称布置为宜,避免增加平台横倾。

2.4 机舱数目与布置

新一代深海半潜式钻井平台多采用动力定位 + 锚泊定位的双定位系统,动力定位级别为 DPS-2 或 DPS-3,相较 DPS-0 或 DPS-1 而言提高了动力定位的冗余,保证单个故障情况下的平台定位要求,对钻井作业的安全性、可靠性和作业效率有利。

DPS-2 一般设 2 机舱,以提高安全性。根据规范要求,DPS-3 的主机及配电系统至少布置在两个舱室内,以满足一舱失火或浸水的单个故障发生时平台的定位要求。机舱数目多取 2 或 4 个,配机组 8 台。个别平台设计,机舱取为 3 个,配机组 6 台,但较少采用。

在相同功率要求、相同 DPS-3 条件下,由表 2 分析可知,主电站装机总功率和单机功率,2 机舱方案比 4 机舱方案均需增大 50%。以某平台为例,根据电力负荷估算,在 DPS-3 单个故障情况下保持泥浆循环时总负荷为 3 万 kW,若设置 4 个机舱,需配置主机 8 × (5000 ~ 5500kW)。若改为 2 个机舱,则需配置主机 8 × (7500kW),总功率增加 2 万 kW,机组总重量增大 150t,初投资增加 600 万美元,且机组尺寸特别是长度增大将对总布置甚至主尺度产生不利影响。

动力定位 DPS-3 采用 4 机舱 + 4 主配电板室的方案有利于降低总装机容量和单个发电机容量、单个推

力器容量,提高安全性。先进的自动化监测、控制系统可以减少舱室分隔增多引起的常规现场巡视操作需要,并给作业人员带来方便。

表 2 DPS-3 两种机舱方案对比

项目	2 机舱	4 机舱	备注
一般布置	甲板艏部	集中/分散	共 8 台机组,各舱机组数平均分配
占用面积	S	~ 1.5S	
单个故障后可用主机数	4	6	
装机总功率	$2P(\frac{8}{6}P)$	$1.33P(\frac{8}{4}P)$	$P$ : DPS-3 最大故障工况时功率总需求
装机总功率比	150 %	100 %	
功率冗余度	50 %	25 %	
单机功率比	150 %	100 %	
主配电板室	2	4	

2 机舱方案的布置比较确定,设于甲板艏部,左右舷对称,与艏部的生活楼远离。每个机舱临近附设一配电板室,满足控制要求。

4 机舱方案布置形式有多种选择,须结合隔水导管、泥浆区等关键布置及箱型甲板尺度、结构形式等主要技术形态综合考虑。通常有两个机舱位于甲板艏部,另两个机舱的布置有多种选择。下文对平台进行区块划分做另两个机舱布置,并分析其可行性(参阅图 2)。

(1) 两个机舱位于甲板艏部。生活楼一般设于艏部,机舱位于生活楼之下,噪音、振动等对生活模块的安全和舒适不利,且机舱占据了生活楼的部分区域导致生活楼上移、主甲板以上层数增加,受风面积增大,对稳性不利。

(2) 两个机舱位于井口区前部两侧。对甲板横向尺度要求较大,视甲板结构呈井字型或口字型其难易度不同。

(3) 两个机舱位于井口区前部。避开生活楼,安全性较好。若隔水导管立放且布置于该区域,机舱布置可转为井口区前部两侧(即(2)形式)。

(4) 两个机舱位于井口区两侧。此区域一般为钻井作业专用辅助区,设置泥浆区、BOP 液压间、空压机间等,不宜布置机舱。

(5) 两个机舱位于井口区后部两侧。对甲板横向尺度要求较大,视甲板结构呈井字型或口字型其难易度不同;但该区域可能布置灰罐、配浆室等。

(6) 两个机舱位于井口区后部。4 个机舱集中可使布置紧凑、管系统一。若该区域布置泥浆区,机舱布置可考虑转为井口区后部两侧(即(5)形式)。

(7) 两个机舱位于甲板艏部。即在甲板艏部区域布置 4 个机舱,均需 A - 60 防火壁隔开,相应的配电板室布置在其前部,总面积占用较少;布置紧凑,管系统一,但安全性不如分散布置。

在平台四角立柱区域,为梯道、管系、电缆等区域,不可做机舱布置;机舱位于井口区前部,与隔水导管是否立放于此区域密切相关;机舱位于井口区后部,与泥浆区布置密切相关。若隔水导管立放,机舱布置宜选择第(2)(6)(7)形式;若泥浆区布置于井口区后部,机舱布置宜选择第(2)(3)(7)形式。每机舱附设的配电板室应临近布置。

平台采用 DPS-3 系统后可不另设应急发电机室,而设泊船室(Dead Ship Generator Room),泊船发电机组容量视负荷要求而定,可向初始启动主发电机组和安全控制系统供电,同时兼停泊发电机使用。

## 2.5 其它要点说明

甲板布置应整体进行功能区块划分,以井口区为核心布置管材、泥浆、设备等,围绕钻井工艺流程实现布

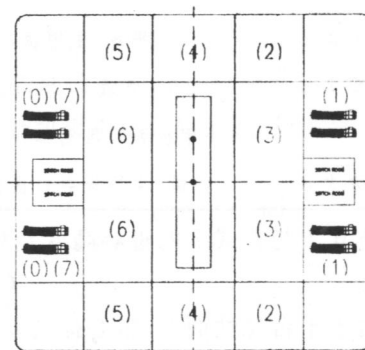


图 2 4 机舱布置形式

置和优化,注意重力平衡、分系统要求、安全性要求等。

箱型甲板结构分为口字形结构和井字形结构。立柱延伸至箱型甲板的,是口字形结构,甲板区块划分灵活,甲板布置灵活。立柱不延伸至箱型甲板的,是井字形结构,甲板区块划分统一,区块尺度受立柱尺度局限,甲板布置统一。

钻井系统的布置综合考虑工艺流程、作业效率、全局布置、重力平衡、重心降低等。

生活楼位于艏部,左右对称布置,远离井口区等危险区,且和机舱相对分离。为降低受风面积,生活楼设置层数不应过多,力求安全、舒适。

立柱、浮体的布置比较常规,无太大差异。立柱内的垂向分舱是按作业吃水、破舱安全确定。外侧设置梯道、管系、电缆,内侧设置不同的功能区域以布置备用泥浆和部分原料罐等可变载荷,可变载荷量由立柱布置空间和总体性能而定。在立柱中层外边缘,若空间允许和安全要求,可设置隔离空舱以提高破舱稳性。立柱底层可根据平台配备的不同,分别布置压载舱、空舱、储存舱、锚链舱等。

双浮体内艏艉端布置泵舱、推力器舱等设备舱,纵中设管隧,其余为基油、淡水、钻井水、燃油、饮用水、压载水等液舱。基油舱、淡水舱、燃油舱宜布置在浮体内侧,以减少破损泄漏时造成的危害。推力器舱若设 8 个,每端 2 个推力器舱宜错位布置,以减少相互干扰,提高效率。锚链舱也可布置于浮体艏艉端。

若采用杆形横撑连接立柱底部,横撑内部为空舱。若采用翼形横撑或板形横撑连接于浮体,横撑尺度较大,内部可布置压载舱。

### 3 结语

典型的新一代深海半潜式钻井平台,满足深海钻井的 7000 ~ 10000t 可变载荷要求,配备横向布置的双井系统,隔水导管以立放为主、平放为辅,以 8 机组、4 机舱达到动力定位 DPS-3,确保平台性能要求,实现安全高效作业。随着研究技术的提高和工程经验的积累,更优化的布置应用于更先进的深海半潜式钻井平台,将进一步推进深海能源的勘探开发。

### 参考文献

- [1] 刘海霞. 深海半潜式钻井平台的发展[J]. 船舶, 2006.
- [2] 潘斌. 移动式平台设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1995.
- [3] ABS. Rules for Building and Classing Mobile Offshore Drilling Units[S]. 2006.
- [4] ABS. Rules for Building and Classing Steel Vessels[S]. 2006.
- [5] 赵建亭. 深海半潜式钻井平台钻机配置浅析[J]. 船舶, 2006, (4): 37 - 45.

## GENERAL ARRANGEMENT OF DEEP SEA SEMI-SUBMERSIBLE DRILLING UNIT

LIU Haixia

( Marine Design & Research Institute of China, Shanghai 200011 China)

**Abstract:** In this paper, the general arrangement principal of deep sea semi-submersible drilling unit, the latest generation, is introduced. The key technology points are analyzed, including variable load, double derrick system, riser storage and engine room. The general arrangement is illuminated synthetically.

**Key words:** semi-submersible drilling unit, general arrangement, variable load, double derrick