

# 万吨级组块浮托技术研究 及典型专项设备设施

荀海龙, 朱晓环

(海洋石油工程股份有限公司, 天津 300451)

[摘要] 通过对海洋平台万吨级组块浮托技术的研究,结合多项技术在渤海湾大型油田开发工程中的成功应用,简要阐述了万吨级组块浮托技术在平台设计、建造、安装及专项设备设施研究中的关键技术、关键做法,用于指导渤海湾万吨级组块的浮托技术应用,同时为下一步浮托技术应用于南海油田开发工程提出参考和指导。

[关键词] 浮托技术;桩腿耦合装置;高承载力滑靴;组块支撑单元;护悬

[中图分类号] TE9 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)05-0093-05

## 1 前言

目前海洋平台万吨级组块的安装技术主要分为分块吊装技术和浮托安装技术,而浮托技术最为经济可靠,实现了组块整体建造、整体安装,最大限度地保证了组块陆地良好的完工状态,减少了海上连接工作,大大缩短了海上连接调试时间。万吨级组块浮托技术是指将组块通过大型驳船运输至海上作业现场,借助海水潮位高低将组块安装到导管架上的专项技术,在实施专项技术过程中设计研制了多项专用设备设施,即专项设备设施。

## 2 万吨级组块浮托技术

万吨级组块浮托技术主要包括导管架和组块设计技术,相比常规平台采用分块吊装技术有着一定的差异,主要概括有以下几个方面:

### 2.1 浮托无干涉关键设计技术

浮托无干涉是指组块在陆地建造、陆地称重、拖拉装船、海上运输和海上实施浮托安装作业时,组块上和导管架上所有设备设施均不干涉影响相关作业的实施。万吨级组块一般是集采油、油气处理、油气储存、动力支持等多项功能于一体,设计的专业几乎

囊括海洋工程的所有专业,其中,结构专业、机械专业、电气仪表、配管专业和安全专业设计均有可能对上述相关作业造成影响。

#### 2.1.1 关键区域设计

在组块主要结构梁均设有组块支撑单元(或是组块支撑框架),在陆上实施称重作业时,千斤顶将布置在组块支撑单元上;在海上实施浮托作业时,将组块支撑单元中每个斜拉筋结构部分割除;在实施海上浮托作业时,组块桩腿将与桩腿耦合装置对接;因此必须在组块支撑单元根部区域留出供称重使用的空间,在每个支撑单元的斜拉筋设计切除部位留出切割的操作空间,在组块桩腿出留出对接空间,换句话说,就是在这些区域内附近0.5~1 m范围内不能布置任何设备设施,不能布置电缆托架,仪表拖架和配管管线及其他的支撑结构,如图1所示。

#### 2.1.2 导管架吊点设计

导管架吊点设计也不同于组块分块吊装设计,为了避免海上浮托退船时驳船与吊点相碰,吊点应设置在低于驳船底部(退船工况)1 m以下,如图1所示。

#### 2.1.3 井口平台设计

设有井口平台的万吨级组块设计时,为了降低

[收稿日期] 2010-03-20

[作者简介] 荀海龙(1970—),男,黑龙江安达市人,工程师,研究方向为机电技术;E-mail:xunhl@mail.cooec.com.cn

成本,减少海上船舶作业时间,井口平台在组块陆地建造期间预安装在组块上,采用与组块整体浮托,在完成浮托后再将井口平台安装到设计位置,井口平

台可以采取镶嵌式设计,在陆地建造阶段把预制好的井口平台镶嵌到组块最低层结构下面,如图1所示。

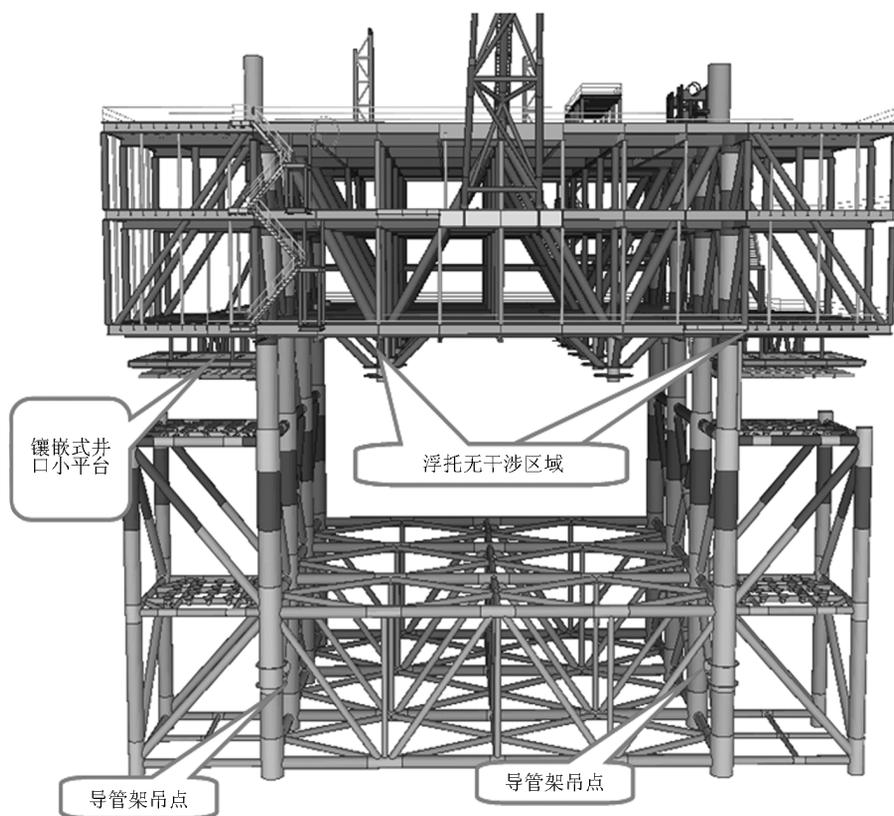


图1 井口平台导管架吊点设计图

Fig.1 The lifting pad eye of wellhead platform jacket drawing

#### 2.1.4 万吨级组块重量中心的设计

万吨级组块浮托技术中组块重量重心设计与控制非常关键,一般要求重量中心尽可能接近结构的型心,偏心可接受范围取决于组块的重量和使用运输驳船的参数,为满足浮拖法平行推进、统筹考虑,时时跟踪重量重心的控制情况,及时调整总体布置、电仪拖架布置、管网布置等,保证了平台重量重心在控制范围之内。

### 2.2 设计计算分析技术

万吨级组块浮托法安装技术,其设计理念不同于分块吊装技术,其设计计算分析内容涉及静力分析、动力分析、波浪力分析、频域分析、时程分析、多体耦合分析、系泊分析、调载分析、拖拉分析、进船分析、对接分析和退船分析等众多技术领域,在这里仅简述如下典型分析:

#### 2.2.1 频域分析和时域分析

一般来说,计算像风浪和船舶运动这样的平稳

随机过程的统计特性有两种不同的途径:一是在时间域内对随机取样进行分析,称为时域分析法,一般采用统计的分析方法,也称为时域统计分析;另一种是通过对随机取样在频域范围内的谱分析,结合瑞利分布的特性,对风浪和船舶运动等的统计特性进行预报,称为频域分析方法。

频域分析在满足浮托安装环境工况的波浪(包括周期和方向)等条件下,通过水动力分析可以得到驳船的附加水质量、阻尼、一阶/二阶波浪激振力以及驳船在自由飘浮状态下的单位波高响应幅值(RAOs),该值将用于校核进船和对接时的系泊分析结果,包括修正刚度系数。

时域分析将采用合理的小时间步长(时域分析计算时间点的间隔,一般取 $0.002 \sim 0.01$  s)来准确的获取瞬时载荷峰值,如对接点的碰撞荷载。时域分析过程中应保证有充足的持续模拟时间来产生足够多的数据用于统计分析,并且需要证明数据的稳

定性,而对于启动瞬间的结果要进行评估。锚泊分析中,采用时域分析方法得出导向点的运动时域统计值和锚链力的时域统计值,在对接分析中得出组块桩腿耦合装置节点位移时间历程统计值,桩腿耦合装置垂直方向和水平方向受力时间历程统计值以及护舷时间历程受力统计值。

### 2.2.2 系泊分析

系泊系统的设计关键因素是在浮托作业环境条件下,主作业驳船、辅助作业船舶的初始布置位置以及驳船和船舶在作业过程中的运动位置,其目的是确定系泊绞车规格和数量,确定导缆桩、带缆桩的选择与设计。图2为渤中34-1油田开发工程中心处理平台浮托安装现场系泊图,具有一定代表性。

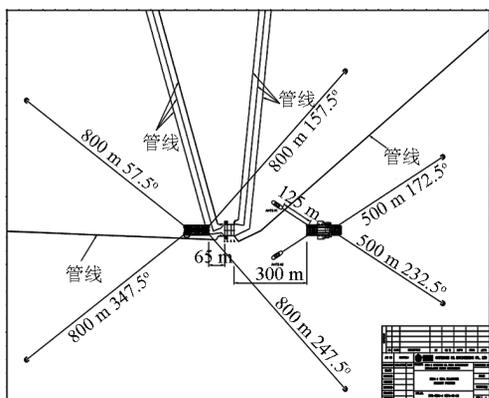


图2 渤海湾典型海上浮托安装系泊系统布置图

Fig. 2 The typical mooring system layout drawing for floatover of Bohai bay

### 2.2.3 拖拉分析

拖拉分析是指组块陆地拖拉装船分析,针对主作业驳船和组块的特性参数,在考虑10年一遇的作业环境条件下,进行驳船完整性和破舱稳性分析和组块总体强度分析,确定拖拉装船的限制条件。

### 2.2.4 进船分析

进船分析是指主作业驳船进入导管架槽口的过程分析,主要是驳船与导管架腿碰撞分析,其目的是获得驳船与导管架腿的碰撞力、组块桩腿与桩腿耦合装置间隙以及系泊缆和锚缆的受力,确定驳船纵荡护悬荷载、纵荡护悬与导管架腿操作空间、组块桩腿与桩腿耦合装置安全距离、提供系泊力。

### 2.2.5 对接分析

对接分析是指主作业驳船进入导管架槽口就位到组块荷载全部转移到导管架上的过程分析,对驳船、组块和导管架顶层结构进行耦合分析,其目的是获取驳船横荡护悬和纵荡护悬与导管架的碰撞力、组块桩腿与桩腿耦合装置距离、荷载转移过程组块

支撑单元和桩腿耦合装置的受力、各系泊点的系泊力。

### 2.2.6 退船分析

退船分析是指驳船从导管架槽口退出的过程分析,主要是驳船与导管架腿碰撞分析,其目的是获得驳船与导管架腿的碰撞力、驳船底部与导管架顶层结构距离、组块支撑单元下部结构与驳船上部存留的组块支撑单元上部结构的距离。

## 3 万吨级组块浮托专用设备设施

### 3.1 桩腿耦合装置

万吨级组块在海上实施浮托作业时,组块重量转移到导管架上,为了避免两者的刚性接触,需要采用桩腿耦合装置,如图3所示。

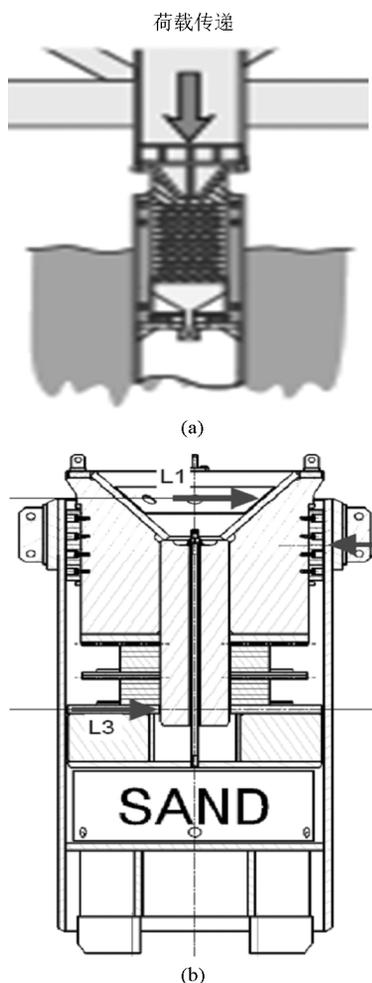


图3 桩腿耦合装置图

Fig. 3 The leg mating unit drawing

### 3.2 高承载力铰接式滑靴

为了万吨级组块拖拉装船作业,目前已经研制出高承载力铰接滑靴,兼具了非连续式滑靴的节省

材料的优点和连续式滑靴传递牵引力的优点,高承载力铰接式滑靴可连续用于多个组块的建造中,降低工程成本,如图4所示。

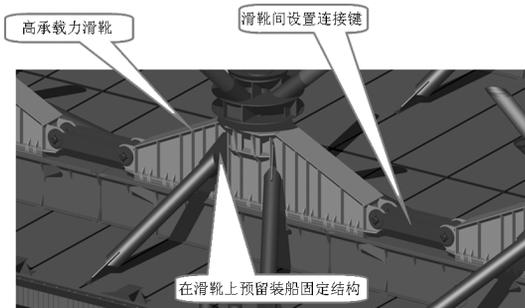


图4 高承载力铰接式滑靴示意图

Fig. 4 The high support load slipper drawing

### 3.3 组块支撑单元(DSU)技术

为了适应气隙的要求和方便海上安装,目前研制出组块支撑单元,支撑单元即起到支撑组块自动脱离装置的作用,又起到了组块称重时的结构加强作用。组块支撑单元可连续用于多个组块的建造中,节约工程支出,如图5所示。

### 3.4 横荡护悬和纵荡护悬

为了减小驳船与导管架之间碰撞力,研制了一种既节省材料又便于国内制造的橡胶材质横荡护悬和纵荡护悬,在护舷外侧铺了一层高分子材料,使得

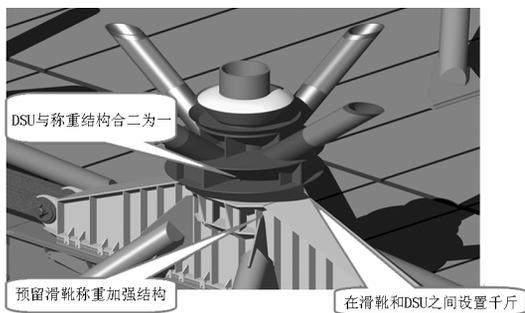


图5 组块支撑单元示意图

Fig. 5 The topside supporting unit drawing

碰撞问题得到了彻底解决,横荡护舷和纵荡护悬可连续用于多个组块的建造中,节约工程支出,如图6所示。

### 3.5 临时水密装置

就万吨级组块安装重量而言,运输驳船其自身调载泵不能满足安装重量的设计需要,需要在驳船甲板安装外调载泵,以增加驳船的调载能力,研制了临时水密装置,解决了驳船甲板开孔密封的拖航要求,该水密装置可以重复利用,如图7所示。

### 3.6 回拖装置

由于万吨级组块在拖拉装船过程中,驳船调载能力和码头的潮汐条件限制了装船时间,如果在装

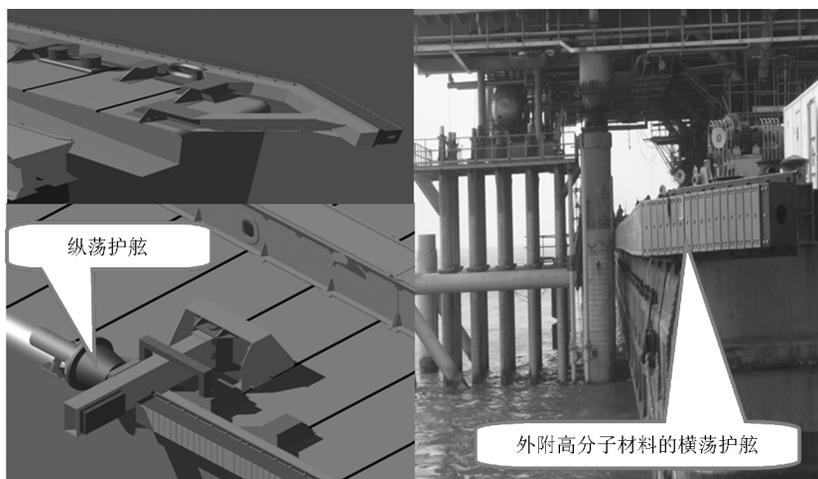


图6 横荡护悬和纵荡护悬示意图

Fig. 6 The sway fender and surge fender drawing

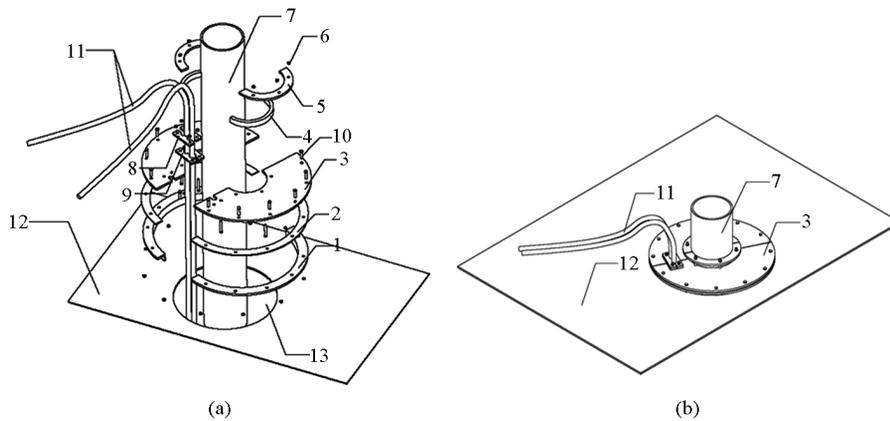


图 7 临时水密装置示意图

Fig. 7 The temporary seal of water drawing

船过程中一旦出现问题,就必须采用回拖系统,将组块回拖至码头前沿。采用两台 75 吨的绞车作为回拖动力,设置两个地锚,设计“Z”行结构框架牢牢靠在滑道端面上,同时采用配重块压固定框架结构,实现了 100 % 能力的回拖系统。

#### 4 万吨级组块浮托技术推广应用及前景

万吨级组块浮托技术已经成功地在渤海湾多个

大型油田开发工程中得以推广应用,如渤中 34 - 1 油田开发工程、旅大 27 - 2/32 - 2 油田开发工程、锦州 25 - 1 南和金县 1 - 1 油田开发工程中最重的组块全部采用浮托安装技术,其中旅大油田 PSP 组块的浮托重量达到 11 150 t,并且该项技术具有持续推广应用前景和非常显著的经济和社会效益,为开发我国南海海上油气田采用浮托技术安装奠定了坚实的基础。

## Study and application of float-over technology in 10 000 ton class Topside

Xun Hailong, Zhu Xiaohuan

(Offshore Oil Engineering Co. , Ltd. , Tianjin 300451, China)

[Abstract] In this study, the float-over technology applied in platform engineering, fabrication, installation and specific equipment, facility is briefly introduced, through the study of offshore 10000-T class topside float-over technology, and integrating successful application of varied technology in LD27/2-32/2 oil field development in Bohai Bay. It will be used in guidance of application in 10000-T topside float-over technology in Bohai Bay, and support the application in South China Sea oil and gas field development.

[Key words] float-over technology; leg mating unit; high support load slipper; topside supporting unit; fender