

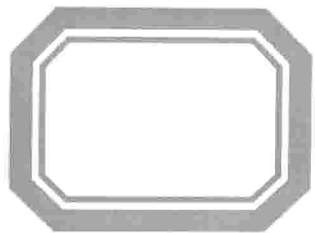
# 海洋石油工程 技术论文 (第五集)

HAIYANG

中国石油学会石油工程专业委员会海洋工程工作部 编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)



# 海洋石油工程技术论文

## (第五集)

中国石油学会石油工程专业委员会海洋工程工作部 编

中国石化出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

海洋石油工程技术论文. 第5集 / 中国石油学会石油工程专业委员会海洋工程工作部编. —北京: 中国石化出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5114 - 2311 - 5

I. ①海… II. ①中… III. ①海上海气田 - 石油工程 - 文集 IV. ①TE5 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 180306 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 54.5 印张 1343 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定价:190.00 元

# 海洋石油工程技术论文(第五集)

## 编 委 会

主 任：黄立功

副主任：屈建省 刘清涛 张洪山 钮红兵  
丘宗杰 金晓剑 李新仲 李志刚  
莫鉴辉

编 委：刘杰鸣 李孟杰 李健民 杨清峡  
马宝金 伊会存 苏春梅 吴德兴  
李 健 李凯双 王友华 张志鹏  
康荣玉 吕光明 郭洪金 史建刚  
陈新华 葛慰敏 王育明 钟文军  
周延东 陈荣旗 朱 江 朱永实  
徐 捷 尹 翔 李旭志 刘凤英  
孙 慧 颜雪芳 李 娟 高学廷  
李 晔 赵 雷 牟永春

# 目 录

## 平台设计研究

超大型组块浮托支撑框架结构优化研究 .....	陶敬华 侯金林等( 3 )
海上平台设计规模研究和影响因素分析 .....	侯金林 付殿福( 10 )
渤海海域冬季浮托适应性分析 .....	易 丛 白雪平等( 16 )
探讨影响导管架前期设计主尺度优化的几个因素 .....	张 超 王忠畅等( 25 )
土样扰动对土工参数选取的影响及导管架桩基承载力计算 .....	李 亚 张 超( 30 )
适应海上平台水平强制大位移的栈桥结构设计探讨 .....	陶敬华 侯金林等( 38 )
船撞区域导管架杆件的选型探讨 .....	徐 辉 周其新( 45 )
有限元直接计算法在老龄平台延寿评估中的应用 .....	杨德喜( 49 )
浅析油田采出水回注与地质环境安全关系 .....	李雪飞( 54 )
海洋平台潮差段防腐涂装研究与应用 .....	寿志成 戴玉帅等( 58 )
考虑边界层条件时油滴在斜板中的运动规律分析 .....	常青林( 64 )
小型天然气发电机在油田伴生气回收利用中的应用研究 .....	赵 雷 张 明等( 70 )
关于大型结构物滑移装船、运输时驳船强度分析 .....	罗 翊 王衍鑫等( 74 )
海洋平台钢桩可打入性及贯入稳定性分析 .....	秦立成 刘 博等( 88 )
海洋平台用蓄电池选型及容量计算探讨 .....	许 南 王 颺等( 94 )
基于 LMTD 数学模型的沙特 KCROP 海洋工程船舶冷却系统 改造设计研究 .....	黄海滨 姜中雷等(100)
基于高应变检测的海洋桩基式平台钢桩拒锤分析及应用 .....	王浩宇 聂晓明等(105)
深水海底管道湿式屈曲分析 .....	李 斌 牛 强等(110)
吸力锚基础的测风塔结构海上运输分析 .....	张永国(115)
海洋平台梁柱节点加强环应力分析 .....	王林燕(123)
模块化技术在埕岛油田的应用与发展 .....	孙 慧(131)
管式油水分离器数值模拟和结构优化 .....	彭红伟(136)
浅析油气集输系统计量技术现状及发展方向 .....	陈小军 王志伟等(143)
选层采油配套工艺技术在滩海油田的应用 .....	董永强 陈 莹等(147)
新型无固相低伤害压裂液体系研究 .....	宋有胜 徐鸿志等(152)
香港支线海底管道阴极保护设计研究与应用 .....	李 敬 王 顺等(160)
无人驻守平台逃生系统设计与应用分析 .....	阎贵文 安明泉等(167)

海上平台单井计量技术的应用和选择 .....	王婷婷 王文文(171)
滩浅海人工岛直升机停机坪通信系统设计 .....	李小瑞 李庆涛等(176)
适用于南海某深水油田的单腿导管架平台研究 .....	曹文冉(180)
石油平台生活楼电气系统设计应用 .....	徐 飞 余 颖等(190)
气举采油地面系统技术应用与实践 .....	严湘君(194)
南堡油田伴生天然气的回收及利用 .....	蒋 宇(203)
耐高温海水基压裂液体系研究 .....	徐鸿志 宋有胜等(206)
海洋平台桩腿防腐层修复三层包覆防护结构研究与应用 .....	韩文礼 张彦军等(216)
海洋平台仪表气系统设计 .....	李庆涛 王 超等(225)
海洋平台生活楼火气探测系统设计及应用 .....	王 超 李小瑞等(230)
海洋平台浮托安装技术发展及构想 .....	李 欢 杨涵婷(235)
海底湿气输送管道终端段塞流捕集器容积动态计算分析 .....	张 伟 王立等(243)
海底管道穿越采砂作业影响区域的设计 .....	于 莉 佟光军(249)
X65 海洋管道焊接接头的疲劳性能及其裂纹缺陷评估技术应用研究 .....	胡艳华 牛虎理等(256)
DC-1 聚氨酯涂料体系的性能评价研究 .....	张贻刚 解蓓蓓等(267)
适用于 100m 水深海管用不发泡聚氨酯复合保温材料研究 .....	张红磊 蒋林林(272)
精细水处理技术在辽河浅海油田的应用研究 .....	任庆伟(285)
无锡自抛光防污漆铜离子渗出率的影响因素研究 .....	刘浩亮 郭晓军等(290)
压载水舱高固体分环氧涂料的研究 .....	韩忠智 郭晓军等(296)

## 平台建造安装

多支点重物的重量和重心测量 .....	李年煜(305)
在东海气田开发工程设计技术中实施策略思考	
——丽水 36-1 气田上部组块建造 .....	张树德 陈晓丹等(311)
缆风绳在导管架立片时的应用 .....	胡博生 于 琦等(319)
HFW 管内毛刺修磨后检验技术探讨 .....	王 力(326)
水力泵排液技术在海洋探井测试中的探讨研究 .....	杨 子 高科超(331)
浅谈海洋石油模块钻机建造项目的设备管理 .....	李 红 杨 波(336)
浅谈压力容器质量控制要素与防止措施 .....	刘光春(342)
海底柔性管道的安装及应用 .....	石 磊(347)
水下电缆绝缘保护密封技术研究 .....	原庆东 冒家友等(353)
往复压缩机组振动控制方法 .....	刘新宇(357)
300m 水深 MUDMAT 安装技术研究 .....	梁 超 杜永军等(360)
不停产水下安装海底管道三通工程实践研究 .....	许鹏鹏 王 宁等(365)
单片导管架翻身装船工艺 .....	韩士强 李文博等(372)
拉力千斤顶在海洋工程结构物装船中的应用 .....	古和亮(376)

海洋石油平台注水泵软启动器调试实例 .....	王 哲(381)
关于钢结构焊后热处理的几点问题 .....	李 军(385)
TKY 焊评小角度试件硬度超标问题分析与对策 .....	刘 健(390)
导管架平台弃置 .....	谭 龙 严湘君(395)
海上导管架平台弃置工艺及方案研究 .....	孙金亮 罗晓健(399)
海洋平台(钢结构)飞溅区防腐层修复技术在冀东油田中的应用 .....	周 巍(404)

## 海底管道

长距离并行管线施工保护方案 .....	张志鹏 赵 海等(415)
复合软管与传统钢管在海洋工程管道项目中的投资对比 .....	张 红(422)
国内外深水海底管道发展现状分析 .....	胡知辉 佟光军等(428)
海底管道铺设影响因素概述 .....	李永宇 齐金龙等(434)
海底管线并行建设安全保护问题研究与实践 .....	张志鹏 马海生等(438)
海管在张紧器中滑动情况分析 .....	李 斌 牛 强等(442)
挖沟机水下作业稳定性计算分析 .....	罗 翊 于文太等(445)
Φ325mm 海底管道漏磁检测技术研究与应用 .....	初新杰 张士华等(450)
海底管道悬空防护仿生系统应用及改进 .....	蒋习民 陈同彦(454)
基于 AutoPipe 的海底管线超长立管吊装实例分析 .....	崔书杰 张晓峰(459)
滩海海底管道仿生草防护效果试验研究 .....	苏春梅 李志彪等(464)
平台附近海底管道不挖沟的次生问题及解决办法 .....	邵怀海(469)
海底管道内检测在埕岛油田的应用及效果分析 .....	唐 雷(474)
滩海海底管道涡激振动对疲劳寿命影响浅析 .....	郝晓东 牟永春等(480)
OFFPIPE 软件在预挖沟管道铺设中的应用 .....	王帅华 付春丽(485)
海底管道水面对接计算分析 .....	佟光军 于 莉等(489)
海流作用下滩海海底管道仿生草防冲刷试验研究 .....	李志彪 牟永春等(494)
西二线香港支线海底管道敷设应力分析及应用 .....	王帅华 唐 涛(499)

## 船舶及自升式平台

海洋重型起重机安装方案研究 .....	罗晓健 孙金亮(505)
自升式平台波浪运动系数的优化分析 .....	徐 辉 高 畅(510)
自升式钻井平台齿轮齿条升降装置关键技术分析 .....	凌爱军 周晓艳(516)
自升式钻井平台海上迁航阻力计算研究 .....	唐广银(521)
海洋重型起重机装船调试及试验方案研究 .....	罗晓健(527)
自升式平台的发展现状及关键技术 .....	孙丽萍 王冬庆等(531)
自升式分体平台的结构设计与稳性分析 .....	田海庆 初新杰等(538)

400ft 自升式平台桩腿强度分析 .....	李冬梅 张爱霞等(543)
基于 ABAQUS ALE 方法的自升式平台桩靴贯入分析 .....	祁 磊 曹先凡等(550)
400ft 自升式平台桩靴结构强度分析研究 .....	施昌威 冯 珩等(555)
带电子调速器的 MAN 主机控制系统的缺陷及改进 .....	刘颖斌(559)
工程船舶海洋环境污染分析及应对建议 .....	曹用顺(562)
高分子轴承在“中油海 251”船舶上使用可行性分析 .....	刘颖斌(568)
基于信息化平台的船舶备件管理系统的开发与实现 .....	于 飞(571)
基于振动测试的自升式平台损伤试验分析研究 .....	徐 爽 刘孝强等(579)
浅析中油海三用工作船节能减排的可行性方案 .....	史纪会(584)
中油海 231 主机遥控系统改造方案的制定和实施 .....	李文鹏(588)
中油海 281 船舵机液压锁警报故障分析 .....	寇忠祥 卫少云(592)
提高船舶主机燃烧质量的理论简析及其管理措施 .....	史纪会(595)
中油海 2000HP 船火警系统缺陷分析和改造 .....	王洪利(600)
自升式平台二次就位风险应对措施研究 .....	冯士明 祁 磊等(603)

## 浮式生产装置及水下系统

深水八角形 FDPSO 总体方案设计 .....	王世圣 谢 彬等(611)
深水水下生产系统研究 .....	率 鹏 郭 帅等(618)
浅谈 FPSO 惰气放空塔改造工程技术 .....	杨 波 李 红(624)
文昌油田群动力定位 FPSO 临时生产方案研究 .....	林华春(632)
尼日利亚 OML130 AKPO 油田开发工程项目独立项目分析结果的思考 .....	李健民(636)
水下控制系统技术——主控站和电力单元 .....	周 佳 杨季平(648)
流花 19-5PLEM 关键设计技术探究 .....	刘 浩 王雪斌(657)
流花 11-1 油田水下生产管汇跨接管回收、维修和回装技术应用 .....	原庆东 谭四周等(666)
水下控制系统技术——液压动力单元 .....	周 佳(672)
陆丰油田 FSOU 单点移位项目中的技术创新与实践 .....	邓周荣 刘义勇等(678)
半潜式工程船 DP3 电力系统改造设计与应用 .....	王 哲(686)
FPSO 上部组块改进火区划分对降低消防水用量的研究 .....	安明泉 陈 聪等(691)
海洋石油 FPSO 电站系统选型技术研究 .....	于晓红 张 宇等(695)
深水油田开发中的 FPSO 应用研究 .....	张 辉(698)
水下生产系统的腐蚀影响因素及防腐措施 .....	王 顺 李 敬(704)

## HSE、风险评估及项目管理

海上溢油事故分析及预防预警机制探讨 .....	吕 妍 魏文普等(713)
渤海油田工程建设新面临的挑战与应对 .....	万 军 张 晓(720)



多维综合进度管理——多维度集团级项目集群管理实践 .....	常青林 郭 薇等(725)
海洋石油开发的关键路径与建设周期 .....	尤学刚 杜夏英等(732)
中国海油项目经理认证综述 .....	郭 薇 常青林(737)
浅谈工程建造当中的质量控制与管理 .....	茅新华 朱小林等(745)
国内外浅深水油气勘探开发技术现状探讨 .....	郭 帅 率 鹏(750)
海洋石油污染及生物修复技术的应用 .....	田 俊 周立健等(753)
基于 SAP 项目完工系统模型的建立与应用 .....	方建伟 张东亮等(758)
超设计使用寿命海上固定平台地面设施安全评估的探讨 .....	邢有群(765)
海上设施风险概论 .....	李明亮 杨清峡等(770)
海上钻井系统防火技术研究 .....	段明星 杨清峡等(774)
海上固定平台防止油污染现状与分析 .....	邢有群(778)
世界海洋石油开发典型事故案例分析 .....	杨清峡 张本伟等(783)
浅谈海上石油设备管理存在问题及实现率先发展的对策措施 .....	王 鹏 王志伟等(792)
海洋平台的安全评定概述 .....	方总涛 李春润等(796)

## 陆岸终端及装备

中海油天然气处理终端的安全设计理念 .....	刘 平 谷 斐(803)
陆地终端处理厂罐区不均匀沉降治理 .....	李 玲 寿志成等(809)
丽水项目地面焚烧炉的应用 .....	谷 斐 张 翼(814)
丽水 36-1 气田终端处理厂凝析油罐区事故缓冲池的设计考量 .....	刘 奎 刘 平等(821)
胜利埕岛油田埕北 256 井区地形及地质分析 .....	胡甘霖(825)
海洋工程混凝土施工技术探讨 .....	毕吉辉(831)
碎石桩结合土工格栅加筋垫层在青东 5 区块 1#岛的应用 .....	王 岩(836)
水运工程混凝土配合比 400 设计法耐久性试验研究初探 .....	王庆霞(841)
浅谈小型交通码头工程管桩施工质量控制 .....	樊庆良(848)
浅海油田人工岛修井装备技术研究 .....	任庆伟(852)
月东油田抽油杆断脱失效分析 .....	万桂锋 刘向明(856)

# 平台设计研究



# 超大型组块浮托支撑框架结构优化研究

陶敬华 侯金林 贾旭

(中海油研究总院)

**摘要:**随着我国海上油田的大规模开发,海上平台组块呈大型化重型化发展趋势。当组块质量远远超出海上起重船的能力时,采用浮托安装方案有时更具有竞争力。但是针对组块质量超过 30000t 的超大型组块浮托施工时,传统浮托施工中采用滑靴配沙盘系统作为组块与驳船之间的支撑和缓冲系统已经不能满足要求;采用能力更强的浮托支撑框架体系成为一种可行的选择。本文阐述了一套新型的支撑框架结构体系,并对其技术特征进行剖析,为后期超大型组块浮托支撑框架的结构优化设计提供指导和借鉴。

**关键词:**浮托法;组块安装;支撑框架;结构优化

## 1 前言

随着我国海上油田的大规模开发,海上平台组块呈大型化重型化发展趋势。例如国内 LD27-2 PSP 平台组块浮托质量达 10476t,正建造的 LW3-1 CEP 平台浮托重量超过 30000t。针对此种超大规模组块,采用吊装方案需按照浮吊能力进行多块分切,增加海上连接调试时间,同时受浮吊资源的限制;采用浮托安装方案在一定条件下更具有竞争力。传统浮托施工中采用滑靴配沙盘系统作为组块与驳船之间的支撑和缓冲系统也不能满足超大型组块的浮托,采用能力更强的浮托支撑框架、橡胶系统的 DSU 装置和与其配套的结构顶帽的浮托施工方案成为一种可行的选择。其中组块支撑框架(Deck Supporting Frame)简称 DSF。组块支撑装置(Deck Supporting Unit)简称 DSU,是特殊的缓冲装置,需厂家订购,在对接过程中 DSU 承载组块质量,起缓冲作用,DSU 侧向通过剪切变形提供缓冲作用,减少侧向碰撞力。

## 2 DSF 的技术要求

- (1)适应驳船滑道间距和组块撑点跨距的不一致性。
- (2)具备足够强度支撑超大型组块载荷,使组块载荷顺利传递到驳船滑道上。
- (3)满足海上船舶就位高度要求,保证足够低的框架高度,使组块的重心尽可能降低。
- (4)充分发挥 DSU 的竖向缓冲和横向剪切效力,减小对接施工的碰撞力。
- (5)组块拖航时 DSF 与组块刚性连接,对接时为适应海上环境工况的瞬时突发性,保证快速解除 DSF 与组块的刚性约束状态。

### 3 总体布置

DSF 位于组块和浮拖驳船之间, 顶层通过顶帽结构与组块进行焊接, 顶帽圆筒中放置 DSU; 底层通过底层滑靴梁和木垫块与驳船滑道接触, 并通过装船固定件与驳船焊接。由此 DSF 把组块和驳船整体连接起来, 如图 1 所示。

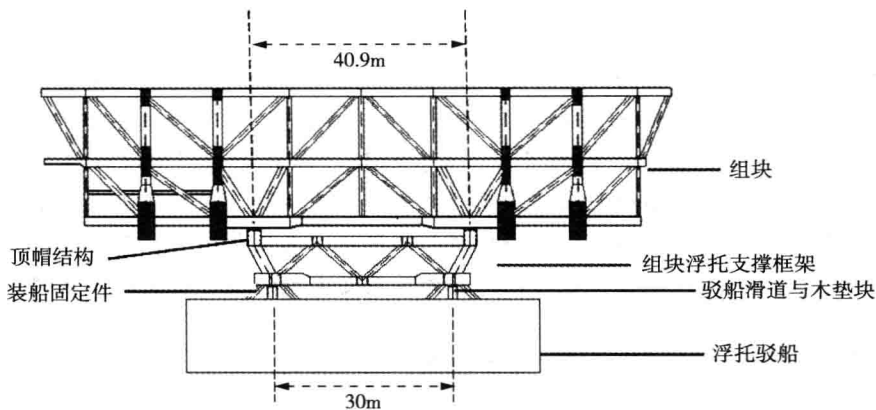


图 1 DSF 连接组块驳船示意图 侧视图(横向)

### 4 跨度变化

由于组块的立柱需要与导管架腿柱进行对接, 因此组块立柱不能作为 DSF 支点, DSF 的支撑组块的支点一般位于组块立柱的内侧。考虑到对接施工安全性和支点处组块的斜撑布置, DSF 支点距离立柱越远为宜; 考虑到在 DSF 支点上, 组块结构的受力特性, DSF 支点距离立柱越近为宜; 两者需综合考虑, 以 LW3-1CEP 的 DSF 框架为例, DSF 支点距离组块立柱净距离为 1m, 横向净距离为 40m。

由于驳船滑道宽度可变范围有限, 会导致 DSF 底层宽度与顶层宽度不一致, 因此 DSF 就需要设计一定斜度的支撑柱。以 LW3-1CEP 的 DSF 框架为例, DSF 顶层跨度 40.9m, 底层宽度适应驳船最大滑道宽度为 30m。

### 5 DSF 支点数量

DSF 的一个重要作用是适应 DSU 的布置, 满足 DSU 变形的要求。因此需要根据上部组块的重量和选择 DSU 的能力, 两者来确定 DSU 的数量, 以此确定 DSF 的支点数量和相应的结构型式。

以 LW3-1CEP 的基本设计为例, 上部组块不可超越重量为 27000t, 考虑的 DSU 名义能力和安全系数, 布置 DSU 总计 10 个, 每侧 5 个, 沿组块横向分布, 总长 62m, 间距为 14m, 17m, 17m, 14m(图 2)。由于上部组块的设备布置不均匀性和 DSF 支点跨度不同, 最大 DSU 最大名义能力近 4000t, 最小 DSU 最大名义能力 1300t。

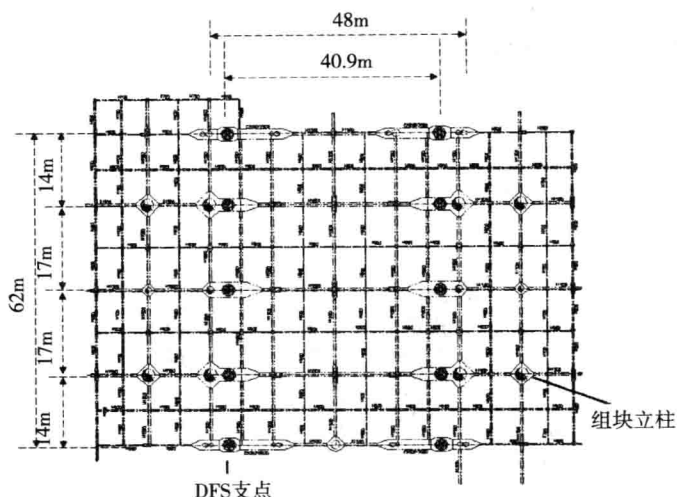


图2 DSF 支点布置图 俯视图(横向)

## 6 空间限制与优化

在浮拖驳船参数确定, 海域施工环境条件确定, 拖航对接施工要求确定, 浮体专业通过计算, 提供一个 DSF 的竖向空间的红线距离, 即为浮拖驳船甲板距离组块底层甲板标高的距离。DSF 不允许超过此红线距离, 否则可能造成浮拖施工不可行。因此 DSF 的设计与浮拖驳船有很大的关系, 浮拖驳船决定 DSF 的结构设计。

除了红线距离外, 还有两项必不可少的空间需要扣除: 一是驳船滑道和 DSF 滑靴下木垫块的高度之和, 一是组块底层梁和施工人员解除 DSU 刚性约束的操作高度之和。扣除以上两项高度后才为 DSF 真正结构高度。

其中 DSF 结构设计方需要与各方协商或计算确定以下参数: 滑道高度需要与浮拖驳船方协商, 木块高度需要实际计算并与供货商协商, 组块底层梁高需要计算核实并与组块结构设计方, DSU 高度需要与厂家协商。在主要功能都满足前期下, 以降低高度为首要考虑因素。由于 DSF 需要支撑庞大的上部组块质量, 导致 DSF 构件尺度都很大, 因此在有限空间中需要结构专业精细化设计结构构件, 以降低构件高度为前提。

以 LW3-1CEP 浮拖 DSF 为例, DSF 设计的红线距离为 14.51m, 组块底层梁高、DSU 高度、切割固定件总计高度 3.5m, 驳船滑道和木块高度总计 2.38m, DSF 结构设计高度 8.63m, 如图 3 所示。

一般的 DSF 结构设计高度都较小, 因此空间优化成为难点, 且具体项目措施不尽相同。以 LW3-1CEP 浮拖 DSF 为例, 主要的措施有:

(1) DSF 水平层梁由工字型梁优化为箱型梁。在箱型梁结构分析满足前提下, 尽量降低其高度, 增大其宽度。但对于底层的箱型梁, 由于其既作为结构梁, 也作为装船施工用滑靴, 其下有木垫块, 底层的箱型梁高度与宽度需要以驳船滑道宽度和木垫块。底层箱型梁高度越低, 木垫块的压力越大, 所用木材等级越高; 底层箱型梁的宽度不能大于驳船滑道宽



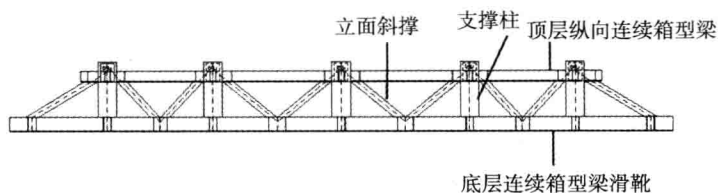


图4 组块浮托支撑框架 侧视图(纵向)

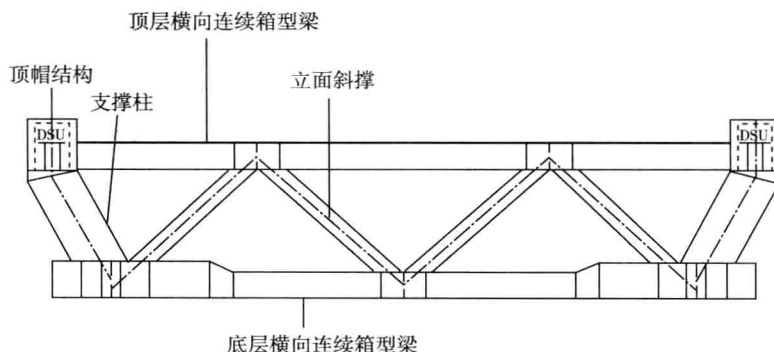


图5 组块浮托支撑框架 侧视图(横向)

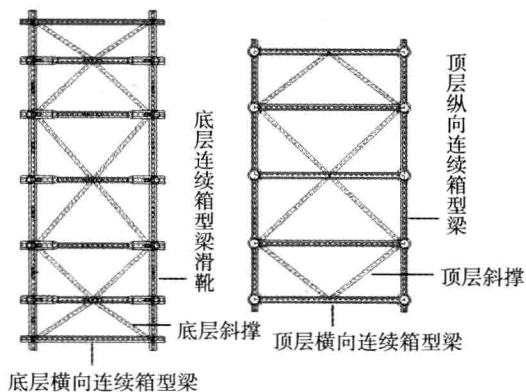


图6 组块浮托支撑框架 俯视图(左侧底层俯视图, 右侧顶层俯视图)

## 8 顶帽设计

浮拖施工中重要关键构件之一就是缓冲装置 DSU ( Deck Supporting Unit ), 主要有沙盘系统型式和橡胶系统型式。其中橡胶系统型式可以承受更大的上部组块重量且提供较好缓冲作用, LW3-1CEP 浮拖采用即为橡胶系统类型的 DSU。其中 DSU 直径约 1.8m, 高度约 2.5m。顶帽结构处放置该型 DSU, 需要顶帽结构是竖直型式, 因此顶帽结构与支撑柱中间需要一个过渡端完成倾斜变竖直。DSU 对支撑框架顶帽结构的要求有: ①到海上现场后, 在适应的海况条件下快速解除刚性连接; ②提供横向变形空间以提供最大水平剪切力; ③防



止对接施工中出现大位移现象。

顶帽包括设有底部的顶帽圆筒，圆筒的腔体内设有与其底部相连接的 DSU，DSU 与顶帽圆筒的侧壁相游离；顶帽圆筒的顶部外侧设有与之过盈配合或固定连接的防止大位移环体；顶帽圆筒的底部延伸出用于供圆筒和支撑柱相连接的过渡段；顶帽圆筒的侧壁上固定有直角三角形板，其一条直角边与顶帽圆筒的侧壁连接，另一条直角边与防止大位移环体相连接，如图 7 所示。

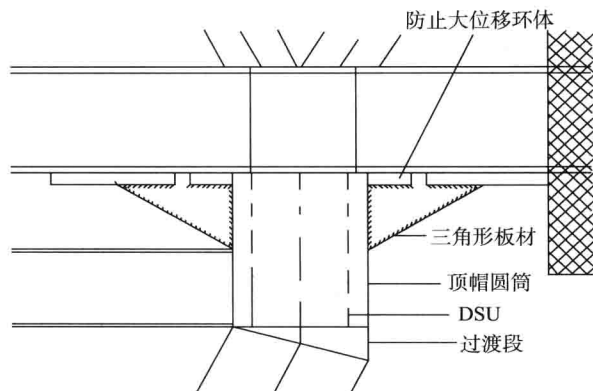


图 7 顶帽结构示意图

DSU 与顶帽圆筒的侧壁相游离的设计释放了 DSU 的水平约束，最大限度地使 DSU 达到较大的剪切变形，提供最大的摩擦力以对抗船体运动产生的水平惯性力。在顶帽圆筒的顶部外侧设有与之过盈配合或固定连接的防止大位移环体，该环体做为控制水平位移的第二道防线，防止了海上施工时大位移的出现。另外过渡段的设计是为了适应竖直的顶帽圆筒与倾斜的支撑柱而是设置的。

由于海上对接施工中，对接过程需要较好的海况下快速完成，要求组块与支撑框架快速完成脱离，因而在顶帽圆筒和环体设置了对称的直角三角形板，在对接施工前可以快速切割直角三角形板，使 DSF 和组块刚性约束取消，尽快开始对接工序。

## 9 结束语

超大型组块的浮拖设计中，DSF 起着举足轻重的作用。以 LW3-1CEP 浮拖用 DSF 为例，最终施工质量约 5000t，设计支撑浮拖质量约 27000t。适应了驳船滑道间距和组块支撑间距的不一致性，安全可靠的支撑超大型组块载荷，在有限浮托空间内实现了结构优化布置，降低支撑框架高度，充分发挥 DSU 的竖向缓冲和横向剪切效力，减小对接施工的碰撞力，满足浮托施工的要求。本文论述内容对于后续大型组块浮拖设计有很好的指导和借鉴意义。

## 参 考 文 献

- [1] 陆文发. 近海导管架平台[N]. 北京: 海洋出版社, 1992
- [2] 《海洋石油工程设计指南》编委会. 海洋石油工程平台结构设计[N]. 北京: 石油工业出版社, 2007