

文章编号: 1001- 4500(2003)03- 0001- 05

深海平台技术的研究现状与发展趋势

李润培, 谢永和, 舒志

(上海交通大学, 上海 200030)

摘要: 对深海平台的研究现状和发展趋势作了介绍, 并就加强对深海平台技术的研究提出了建议, 以期能为我国今后深海油气资源的开发提供先进有效的工程装备和工程技术。

关键词: 深海; 张力腿平台; 单柱式平台; 浮式生产系统; 深水多功能半潜式平台

中图分类号: P75

文献标识码: A

1 前言

目前已探明的世界海洋石油储量的 80% 以上在水深 500m 以内, 而全部海洋面积的 90% 以上水深在 200~ 6000m 之间, 因而大量的海域面积有待探明。此外, 世界上除了少数海域以外, 大部分地区的近海油气资源已日趋减少, 向深海发展已成必然趋势, 深海平台技术已成为国际海洋工程界的一个热点, 进行了大量的研究, 新的深海平台结构不断涌现。图 1 给出了用于海洋油气开发的典型的海洋平台型式。我国拥有 300 万 km² 的海疆, 深海油气资源十分丰富。然而, 目前油气资源开发主要是在 200m 水深以下的海域, 深海平台技术的研究尚处于起步阶段, 在面临世界各国对人类共同拥有的深海资源激烈竞争的形势下, 须高度重视对深海平台技术的研究。

2 深海平台技术的研究现状和发展趋势

2.1 张力腿平台

自 1984 年世界上第一座由 CONOCO 公司建造的张力腿平台正式安装在欧洲北海的 Hutton 油田以来, 张力腿平台获得了迅速发展。最近投入使用的 URSA 张力腿平台的工作水深已达 1250m。目前海洋工程界正不断对张力腿平台的新型式进行探索, 以适应不同海上作业条件要求。例如 Jack Lou 等人进行了浮力塔平台 (Floating Tower) 研究。

这种平台具有以下特点(图 2): (1) 将平台的浮体置于水面以下超过 150 英尺, 使得平台在升沉方向的大部分流体动力和 95% 的纵荡的流体动力被消除; (2) 通过调整压载使整个平台的重心位于浮心之下, 以保证平台有足够的稳性; (3) 采用垂直的拉索和斜拉索组合的系泊系统, 以提高平台在台风和循环海流作用下的系泊有效性和系泊系统安全性; (4) 平台在六个自由度上的固有周期均大于 30s, 从而可避开波浪能量集中的频率范围; (5) 浮体的底部面积很大, 有利于平台浅水拖航或用重大件潜水起重船进行干运; (6) 平台(包括大型浮体、垂直桁架和甲板)可整体建造、运输和安装。这种平台虽然只是处于概念研究阶段, 但它综合了自升式平台和张力腿平台的优点, 不失为一种很好的概念。我国对张力腿平台也进行了有关的探索, 例如上海交通大学对工作水深为 200~ 1000m 的边际油田的轻型张力腿井口平台进行了可行性研究, 并在该校海洋工程国家重点实验室进行了模型试验(图 3)。这种平台的浮力舱

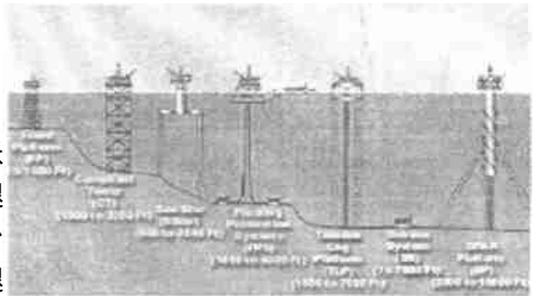


图 1 海洋油气开发的典型的平台型式

收稿日期: 2002-02-20

作者简介: 李润培(1940-), 男, 教授, 从事船舶与海洋工程强度理论及结构设计的研究。

基金项目: 教育部高等学校博士点基金资助项目(2000024803)

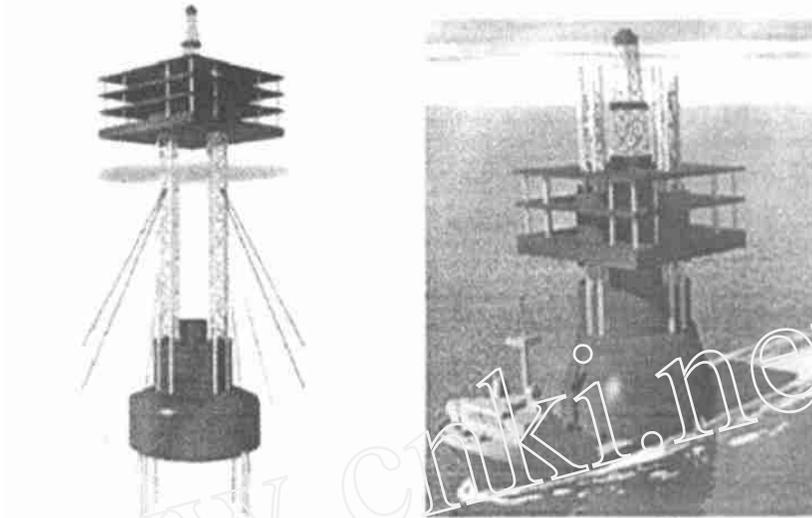


图 2 浮力塔平台

置于水下, 浮力舱上竖立的空间刚架支撑着平台甲板及其上的设备, 浮力舱下端用四组钢管张力腿将平台固定于海底, 张力腿与海底的连接用筒型基础(吸力锚)。通过理论与试验研究表明, 这种平台具有良好的运动性能, 完全能满足海上油气开发对平台运动的要求, 将是中深水边际油田开发的一种很好的平台形式。中国船舶科学研究中心、天津大学等单位也开展了张力腿平台的研究。但总的来说, 研究工作还处于初步阶段, 有待进一步深入。

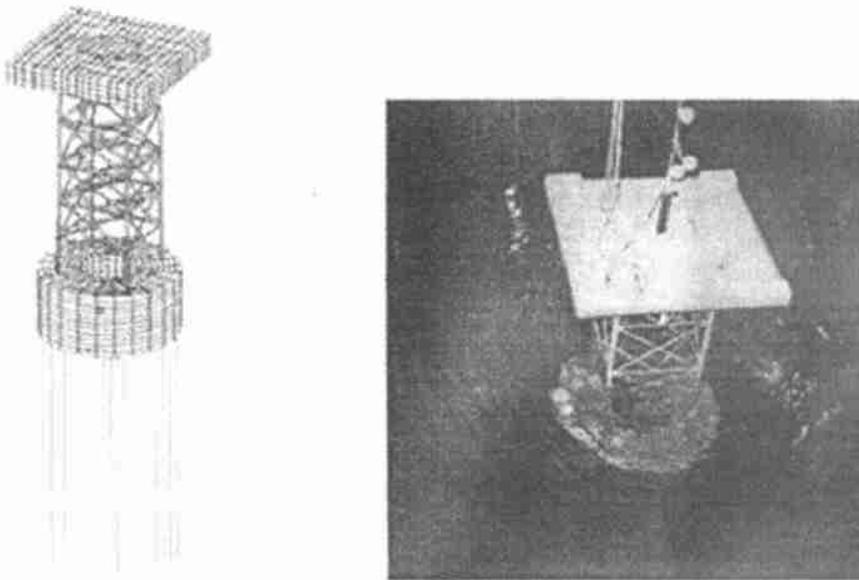


图 3 轻型张力腿井口平台

2.2 单柱式(Spar)生产平台

作为运输中转装置, Spar 技术在存储和卸载上的应用已有 30 多年的历史。1987 年, Edward E. Horton 在柱形浮标(Spar)和张力腿平台概念的基础上提出一种用于深水的生产平台, 即单柱平台(Spar Platform)。1996 年, Oryx 能源公司委托 J. Ray McDermott 公司在墨西哥的 Neptune 油田成功建造安装了世界上第一座单柱生产平台, 当地水深为 588m。近几年以来, Chevron 公司和 Exxon 公司又在该地区的 Genesis 和 Diana 油田分别安装投产了两座单柱平台, 当地水深分别为 789m 和 1311m。

最近 BP 公司又委托 McDermott, Aker 等公司共同设计建造五座桁架式单柱平台(Truss Spar), 用

于水深为 1220~ 1830m 的墨西哥湾海域(图 4)。这种平台主体的一部分由以前的圆柱型变为桁架结构,在架下部加以压载,当平台的储油能力要求不高时,这种结构更轻、运动性能和稳性更好,更为经济有效。

单柱式平台的优点是造价低,便于安装,可以重复使用,因而对边际油田比较适用。另外,它的柱体内部可以储油,它的大吃水形成对立管的良好保护,同时其运动响应对水深变化不敏感,更适宜于在深水海域应用。在西方,单柱平台被认为是除张力腿平台之外的另一种适用于深水的海洋平台,有望在今后得到推广。

2.3 浮式生产系统

浮式生产系统已在巴西等海域成功用于深海油气资源开发。如巴西国家石油公司的 Seillean 号采用动力定位,用于水深 1900m 的 Roncado 油田, FPSO II 号采用锚泊定位,用于水深 1400m 的 Marlim 油田。

最近国外海洋工程界提出了浮式生产钻井系统(FPD SO)的新概念,即在浮式生产系统的基础上加上钻井的功能:浮式生产系统(FPSO)+ 张力腿钻井甲板(TLD)(图 5)。

该装置采用类似张力腿平台的技术用拉索将钻井甲板系于海底,甲



图 4 桁架式单柱平台

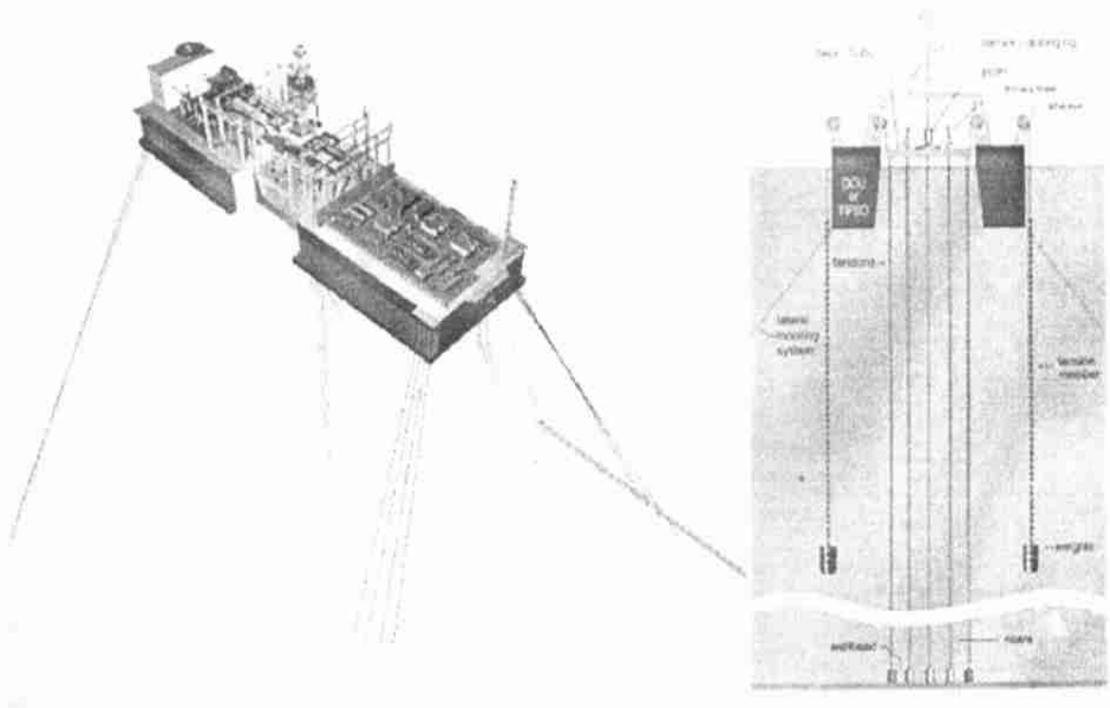


图 5 浮式生产钻井系统(FPD SO)

板载荷则通过舷外的重块系统平衡,重块位于水下 100m,以避免波浪作用和减少摆动。该装置的优点是:钻井甲板几乎没有升沉运动;FPDSO 船体的升沉、纵摇和横摇运动对钻井甲板没有影响;没有吃水变化的限制;采油树和防喷器可方便地放在钻井甲板上。

这种装置分别于 1998 年 6 月和 2000 年 10 月在挪威的 Marintek 水池和荷兰的 Marin 水池进行了模型试验,并于 2001 年 8 月对巴西 1200m 水深的海域进行了可行性研究。主要的试验研究内容是:FPDSO 的运动和系泊系统的受力(多点系泊);张力腿钻井甲板(TLD)与船体之间的间隙;立管和张力索的动载荷;在船体水池内的波浪升高限制。

2.4 深水多功能半潜式平台

表 1996 年以后新建的 19 艘半潜式钻井平台简况

平台名称	设计/制造	国别/地区	建造年份	工作水深(m)	钻井深度(m)	平台尺度(m)	最大可变载荷(t)	定位系统
EN SCO 7500 1	TD IHalter	-	2000	2286	9144	73.2 × 69.5	7256	动力定位
Marine 700	Bingo 8000 1 Kvaerner	全球	1998	1524	9144	36.3 × 21.8	5000	牵引锚机
Bingo 9000 1	Dalian 新船厂	-	1999	3000		110 × 75 × 45	7000	8 点锚泊
Bingo 9000 2	Dalian 新船厂	-	1999	3000		110 × 75 × 45	7000	8 点锚泊
Bingo 9000 3	Dalian 新船厂	-	1999	3000		110 × 75 × 45	7000	8 点锚泊
Bingo 9000 4	Dalian 新船厂	-	1999	3000		110 × 75 × 45	7000	8 点锚泊
AMETT-HYST II	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
AMETT-HYST III	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
AMETT-HYST IV	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
AMETT-HYST V	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
AMETT-HYST VI	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
AMETT-HYST VII	韩国大宇 TD I Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	75.9 × 54.5	3500	动力定位
RBSBM	HL 韩现代重工	美国墨西哥湾	1999	1524~2438	7620	109 × 78	6000	-
RBS 8D	HL 韩现代重工		2000			120 × 78	8820	动力定位
SEDCO EXPRESS	法国DCN	西非	1999	1830~2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位
SEDCO ENERGY	法国DCN	墨西哥湾	1999	1830~2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位
CAJUN EXPRESS	新加坡 Promet	墨西哥湾	2000	2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位+8 点锚泊
STENADON	Kvaerner W amow Hosto-ck	北海	2001	503	9144	77.1 × 67	3700	动力定位
WEST FU TU T-U RE II	H itachizo sen	北海	1999	2438	10600	81.7 × 69.6	5500	动力定位

深水多功能半潜式平台的特点是: 抗风浪能力强(抗风 100~ 120 节, 波高 16~ 32m); 甲板面积和可变载荷大(达 8000t); 适应水深范围广(深达 3000m); 钻机能力强(钻井深度 6000~ 10000m); 具有多种作业功能(钻井、生产、起重、铺管等)。

至 2000 年底的统计资料表明, 1996 年以来国外新建了一批适用于深海作业的移动式钻井装置, 其

中 19 艘新建的半潜式平台中有 18 艘的工作水深超过了 1500m, 半数以上水深超过 2000m (见表)。

我国 1984 年自行设计制造了半潜式平台“勘探三号”, 成功地用于东海油气田的勘探开发, 但此后的研制工作一直处于停顿状态, 而国外半潜式平台却不断发展, 据业内人士分析, 目前国外出现的半潜式平台已属第五代, 而“勘探三号”平台大约介于第 2 和第 3 代之间, 可见差距之大。

3 深海平台技术的研究热点

我国海洋油气的开发已有近 40 年的历史, 取得了巨大的成绩。然而, 从海洋工程装备和技术角度看, 与世界上先进国家相比仍存在较大差距, 具有自主知识产权的成果也不多, 在深海平台技术方面的差距则更为明显。如果不急起直追, 可以预见, 当国际上兴起深海海域开发高潮时, 我国将会发现没有手段与别人竞争, 即使那时向国外买一些设备, 拿到的也不一定是先进的东西。

深海技术的研究, 涉及的领域广, 投入强度大, 风险高。因此必须统筹规划, 产、学、研相结合, 集中力量, 加大投入, 围绕关键技术问题, 及早开展相应的研究。

从深海平台技术的发展动向看, 目前研究的热点主要集中在下列几个方面:

新型平台型式研究 海洋工程界对此作了大量的探索, 主要是对平台的运动特性、作业功能以及造价等关键问题进行优化, 以寻求经济与技术的最佳结合点。

非线性动力响应研究 尤其是考虑流和粘性影响的低频慢漂响应, 高频响应中的二阶和频力 (Springing) 以及高阶脉冲力 (Ringing) 问题, 此外, 极限海况下的随机动力特性分析, 波浪、风、流耦合对平台的作用以及晃荡 (Sloshing) 问题仍为海洋工程界所关注。

柔性构件 (系索、立管等) 的动力特性研究 主要是极限承载能力、疲劳断裂可靠性、涡激诱导振动、系索系统与平台主体的耦合分析。

锚固基础特性分析 尤其是筒型基础在周期性变化载荷作用下产生土壤液化、渗流、剪切等而导致土体破坏问题。

深海中材料的应用, 包括设计、检验和腐蚀问题。

建造及安装技术研究。

深海平台试验技术研究。

4 结语

海洋油气资源开发向深海发展已成必然趋势, 高度重视并积极开展深海平台技术的研究是一个具有前瞻性和迫切性的重要课题。本文作为“新世纪初船舶科学技术的发展方向与对策”的一个侧面, 介绍了深海平台技术的研究现状和发展趋势, 并就加强深海平台技术的研究提出了建议, 期望通过努力, 能为我国今后深海油气资源开发提供先进有效的工程装备和工程技术, 为深海资源开发作出贡献。

参考文献略 (作者)

A Review on the Technical Development of Deep Water Offshore Platform

LIRun-pe i, XIE Yong-he, SHU Zhi
(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030 China)

Abstract In view of the fact that the exploitation of offshore petroleum and natural gas is moved towards the deep water area day by day, the technical state of art and future developing trend of the deep sea offshore platform are reviewed and discussed. Some suggestions are made for the research works on these offshore platforms concerned.

Key words deep water offshore platform, tension leg platform, floating production system, semi-submersible platform