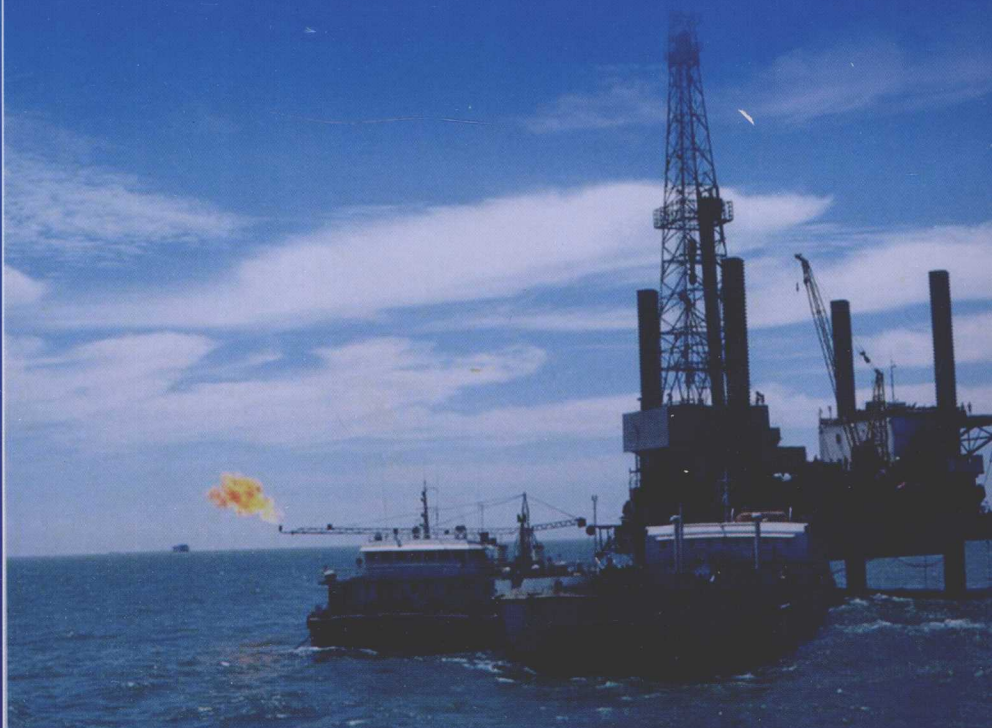


■ 高等学校理工科规划教材

近海工程结构物 —导管架平台

Offshore Engineering Structures—Jacket Platform

主编 姜 萌



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

■ 高等学校理工科规划教材

近海工程结构物 —导管架平台

Offshore Engineering Structures—Jacket Platform

主 编 姜 萌

副主编 李林普



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

近海工程结构物:导管架平台/姜萌主编. —大连:大连理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5611-5159-4

I. 近… II. 姜… III. 近海—海上平台—研究 IV. TE951

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 174895 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

电话:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp. cn URL: <http://www.dutp. cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:13.25 字数:323 千字
2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑:王颖鑫

责任校对:知 轩

封面设计:季 强

ISBN 978-7-5611-5159-4

定 价:38.00 元

前 言

随着近年来海洋工程的迅速发展和国家能源战略的实施,开发利用海洋资源对于我国的经济发展至关重要,而培养海洋工程专业人才和研究先进的海洋开发工具则是开发利用海洋资源的前提。本书是为培养海洋工程专业人才的需要而编写,是一本全面介绍近海导管架平台的设计理论和设计方法的书籍。

本书主要内容包括导管架平台的结构形式、设计荷载的确定、平台的导管架和桩基设计、平台结构的动力反应分析、圆管构件的强度和稳定性分析、管节点的静力强度与疲劳分析。全书涵盖了波浪理论、海洋环境力学、结构力学等诸多领域,力求以简洁、准确、规范的语言全面论述近海导管架结构的设计理论和设计方法。

本教材由大连理工大学姜萌主编。李林普编写第6章,姜萌、李林普共同编写第3章、第5章和第8章,姜萌、卢佩琼共同编写第2章,其余章节由姜萌编写并全书统稿。在本书编写过程中卢佩琼给予了无私的帮助,中国海洋石油总公司于春洁高级工程师和中国船级社张继春高级工程师在审查书稿时提出不少宝贵意见,港海研究室提供了大量的参考资料,在此一并表示衷心的感谢。

本书得到大连理工大学土木水利学院教材出版基金的资助。

由于作者的水平有限,本书的缺点和不足在所难免,敬请广大读者和专家学者指正。

编 者

2009年7月于大连

目 录

第1章 绪 论	1	3.4 平台方位的确定	29
1.1 海洋工程	1	第4章 设计方法和荷载	31
1.2 近海工程	2	4.1 平台结构的设计方法	31
1.3 近海工程发展中的问题	8	4.1.1 平台设计的一般要求	31
1.3.1 海洋工程的发展	8	4.1.2 近海工程的设计方法	32
1.3.2 前沿课题	9	4.1.3 近海工程的荷载和抗力系数 法	32
第2章 海上油气田开发方式和生产 系统	11	4.2 荷载分类	36
2.1 海上油气田开发内容和特点	11	4.2.1 使用荷载	36
2.1.1 海上油气开发内容	11	4.2.2 施工荷载	37
2.1.2 海上油气开发的工程特点	11	4.2.3 环境荷载	38
2.2 海上油气集输系统的组成及类型	12	4.3 风荷载	38
2.3 海上油气田生产系统	14	4.3.1 基本风压的计算公式	39
2.3.1 固定式平台生产系统实例	15	4.3.2 设计风速	39
2.3.2 浮式生产系统实例	16	4.4 波浪荷载	40
2.3.3 水下生产系统实例	16	4.4.1 波浪理论	40
第3章 导管架平台结构设计	18	4.4.2 作用于孤立桩柱上的波浪力 计算	52
3.1 设计依据	18	4.4.3 波浪荷载计算步骤	57
3.1.1 平台的设计依据	18	4.4.4 波浪力计算的几个主要问题	64
3.1.2 海洋环境资料	19	4.5 海流荷载	67
3.1.3 场地调查	19	4.5.1 海流荷载	67
3.2 导管架平台的组成和分类	20	4.5.2 Von Karman 涡流	69
3.2.1 导管架平台的组成	20	4.6 冰荷载	70
3.2.2 导管架平台分类	22	4.6.1 冰荷载对平台作用的主要 形式	70
3.2.3 导管架的主要作用	23	4.6.2 大面积冰原挤压直立桩柱时冰 压力计算	70
3.3 平台结构尺度设计	23		
3.3.1 支承结构的撑杆布置形式	23		
3.3.2 平台结构主要尺度确定	26		

4.6.3 流冰对桩柱的冲击荷载计算	71	反应	140
4.6.4 关于冰荷载计算的几个问题	72	6.3 波浪作用下的平台结构随机反应	
4.6.5 群桩冰压力计算	73	计算	142
4.7 地震荷载	75	6.3.1 波浪统计与描述	142
4.7.1 概述	75	6.3.2 波浪荷载	149
4.7.2 近海平台抗震验算的原则和 要求	75	6.3.3 基础的模拟	153
4.7.3 地震惯性力计算	75	6.3.4 反应分析	153
4.7.4 地震动水压力计算	77	第7章 平台结构分析和强度稳定计算	159
4.8 导管架平台的荷载组合	77	7.1 导管架平台结构分析	159
4.8.1 平台结构构件的分类	77	7.2 圆管构件设计	161
4.8.2 荷载组合的原则	78	7.2.1 钢管材料和制造工艺	161
4.8.3 荷载组合	78	7.2.2 设计方法	163
第5章 桩基设计	79	7.2.3 计算原则	164
5.1 桩基分类	79	7.3 圆管构件强度计算	165
5.1.1 按施工方法分类	79	7.3.1 轴向应力	165
5.1.2 按承载性状分类	80	7.3.2 静水压力下轴心受力杆件的 强度计算	166
5.2 单桩轴向承载力	80	7.3.3 剪应力	166
5.2.1 单桩轴向受压承载力计算 方法	80	7.4 圆管构件稳定计算	167
5.2.2 单桩受拉极限承载力计算	85	7.4.1 无加筋圆管的几何参数	167
5.2.3 开口钢桩的桩端土塞效应	86	7.4.2 圆管构件的许用长细比	168
5.2.4 单桩轴向抗压的工作性状	87	7.4.3 无加筋圆管构件在轴向压力 作用下的稳定性	168
5.3 单桩横向承载力	89	7.4.4 无加筋圆管构件在弯矩作 用下的局部屈曲	170
5.3.1 桩的破坏性状和分类	89	7.4.5 轴向压力和弯矩联合作用的 稳定性	171
5.3.2 弹性地基反力法	91	7.4.6 静水压力作用下无加筋圆管 构件的稳定性计算	171
5.3.3 $p-y$ 曲线法	96	7.5 圆锥过渡段强度和稳定计算	173
5.3.4 群桩效应与荷载分布	103	7.5.1 圆锥过渡段强度计算	173
5.3.5 桩体设计	104	7.5.2 圆锥过渡段稳定计算	174
第6章 平台结构动力反应分析	112	7.5.3 无加筋圆锥和圆柱连接处强度 校核	174
6.1 平台结构的动态特性及动力 反应	112	7.6 圆管构件强度与稳定校核算例	175
6.1.1 单自由度系统的动力反应	112	第8章 管节点的设计与疲劳分析	180
6.1.2 多自由度系统动力反应	122	8.1 管节点的形式与术语	180
6.1.3 动力反应分析	130	8.1.1 简单管节点	180
6.2 平台结构随机反应	134	8.1.2 管节点的有关术语	182
6.2.1 随机过程术语	134	8.1.3 管节点的连接要求	182
6.2.2 随机变量基本特性	136		
6.2.3 平台结构对随机输入的弹性			

8.2 管节点的应力分析	183	8.4.4 管节点设计构造要求	190
8.2.1 管节点应力分布	183	8.5 管节点疲劳分析	191
8.2.2 热点应力与应力集中系数	184	8.5.1 疲劳破坏的基本概念	191
8.3 简单管节点的静力强度分析	184	8.5.2 影响疲劳强度的主要因素	192
8.3.1 冲剪应力法	185	8.5.3 S-N 曲线	193
8.3.2 名义荷载法	187	8.6 疲劳分析方法	194
8.4 管节点静力强度设计	188	8.6.1 简化分析方法	194
8.4.1 简单管节点静力强度设计方法	188	8.6.2 详细分析方法	195
8.4.2 搭接管节点静力强度设计方法	189	8.6.3 断裂力学分析法	195
8.4.3 非简单管节点静力强度设计 方法	190	8.7 详细疲劳分析方法和应用	196
		8.7.1 详细疲劳分析法	196
		8.7.2 谱疲劳分析	197
		参考文献	201

第1章 绪 论

1.1 海洋工程

古往今来,人类与海洋唇齿相依。人类不断认识海洋、开发海洋、利用海洋。开发和利用海洋离不开海洋工程。那么什么是海洋工程呢?海洋工程的主要内容是什么呢?作为一门新兴的综合性技术学科,它主要的研究内容包括:

1. 海洋资源开发技术

海洋资源开发技术主要包括:深海矿产勘探、开采、运输技术;海底石油和天然气钻探、开采、储运技术;海洋动力能源开发技术;海水淡化技术;海洋动物和植物资源养殖技术;远洋捕捞技术;海底地形地貌勘探研究技术;海洋环境保护技术等。

2. 为海洋资源开发服务的建筑物及设备建造技术

海洋工程建造技术,包括港口、海洋平台、海岸工程建造技术;海洋运载器工程技术,包括各种船舶、半潜式平台、潜水器、水下工作站、采油装置、军用设施技术,海上平台防腐技术研究等。

“海洋工程”这一术语是20世纪60年代提出的,其内容是近四五十年随着海洋石油、天然气等资源的开采,逐步发展充实起来的。广义的海洋工程是应用海洋基础科学和有关的技术学科开发、利用海洋的一门新兴的综合性技术学科。狭义的海洋工程就是为海洋开发建造的结构物的总称。目前,人们按海洋开发的海域深浅将海洋工程分为海岸工程、近海工程和深海工程。三者有区别的同时内容上又有重叠。

(1)海岸工程。作为传统的海洋工程,其主要包括海岸防护工程、海岸环境工程、围海工程、港口工程、河口整治工程、海上疏浚工程、环境保护设施工程和海岸带调查研究方面等工程。

(2)近海工程。又称离岸工程,20世纪中叶以来发展很快。主要是在近海较浅水域的海上平台、人工岛等建设工程;在近海较深水域的半潜式平台、钻井船、石油和天然气勘探开采平台、浮式炼油厂、浮式飞机场、牵索塔式平台、张力腿式平台等建设工程。

(3)深海工程。主要包括无人的深海潜水器和遥控的海底采矿设施等建设工程。

海洋工程是一门新兴的综合性学科,涉及的范围较广,随着海洋的开发和利用,海洋工程种类越来越多。有时这些工程分类并没有明显的界限。有些专家认为张力腿式平台是近海工程结构物在深水区域的应用,也有人把它作为新型的深海工程结构进行研究。现阶段海洋国土资源的争夺,海上生命线的保证,都需要开展新技术、新装备的研究。从浅海走向深海是世界海洋油气开发的总趋势,也是我国开发资源的战略目标。

1.2 近海工程

19 世纪 90 年代后期,随着 H. L. Williams 在加利福尼亚海滩上完成第一口探井,人类就开始了向海洋进军,开发海洋的巨大资源的历程。从 20 世纪中叶开始,世界经济迅速发展,对能源的竞争也愈演愈烈。但是,人类最感兴趣的还是石油开发。随着海底的石油与天然气以及海洋矿产资源、动力能源的开发和海洋空间资源利用规模不断扩大,与之相适应的近海工程成为近 50 年来发展最迅速的工程之一。

近海工程就是在近海水域(主要在大陆架)进行海洋开发所建造的各种设施和装置的总称。它是海洋工程的重要组成部分。所谓近海工程结构物,就是为近海开发所研制建造的结构物,即为在海上进行钻井、采油、集运、施工等活动提供生产和生活设施的建筑物的总称。

目前,近海工程结构物按其结构特点和工作状态可分为固定式、活动式、半固定式和特殊简易平台四类,同时还包括近海工程结构物附属设施——系泊装置、海底管线等。

1. 固定式平台

海上固定式平台是一种借助于桩、扩展基础来支承并固定于海底,而上部结构露出水面,为预定目的较长时间保持不动的结构,称为海上固定式平台,可分为桩基式和重力式两种。

(1) 桩基式平台

这是一种在软土地基上应用较多的桩基式平台,也是我国海上平台应用最成熟的主要结构形式。它由上部结构(平台甲板)、下部支承结构(导管架和桩)组成。上部结构一般由上下层平台甲板或更多层的甲板和层间桁架或立柱支撑构成。甲板上布置钻井采油装置、动力装置、泥浆循环净化设备等和生活、交通通讯等服务设施。下部支承结构主要包括导管架和桩。桩用来传递全部荷载并把平台固定在海底,同时把上部甲板与海床联系起来。桩的数目、长度和桩径由上部荷载和海底地质条件决定。导管架由腿柱和腿柱间的水平撑杆和斜撑杆焊接组成,桩沿中空腿柱打入海底。打桩完毕后,在腿柱和桩两者的环形空隙内用水泥浆固结,使桩与导管架形成一个整体,以承受巨大的竖向和水平荷载。若桩的承载能力不能满足要求,可在腿柱之间和角腿柱的周围增设钢桩,如图 1-1 所示为钢质桩基式平台。导管架平台是目前最为成熟的平台结构,在世界上得到充分和广泛的应用,现有的美国墨西哥湾的导管架平台 COGNAC,其桩打入土中 150 m,最大工作水深达到 415 m。

(2) 重力式平台

与港口工程重力式码头工作原理相同,这是一种依靠自身重量维持稳定的结构物。主要由上部结构、腿柱和基础底座三部分组成。基础部分分整体式和分离式两种。整体式基础一般是由若干圆筒形的舱室组成的大沉箱,或者采用与港口工程相类似的方形大沉箱。分离式基础用若干个分离的舱室做基础,它对地基适应性强,受力明确,抗动力性能好,腿柱间距大,在拖航及下沉作业时较安全。腿柱的作用是支承上部甲板,并将其上的荷载传递到下部基础及海底地基上去。同时也可作为钻井套管和采油立管直通海底的通道等。上部甲板结构是海上油田生产和生活的主要场所。重力式平台的材料可以采用钢也可以采用混凝土,目前应用最广泛的是混凝土重力式平台(图 1-2)。目前世界上已有大约 20 座混凝土重

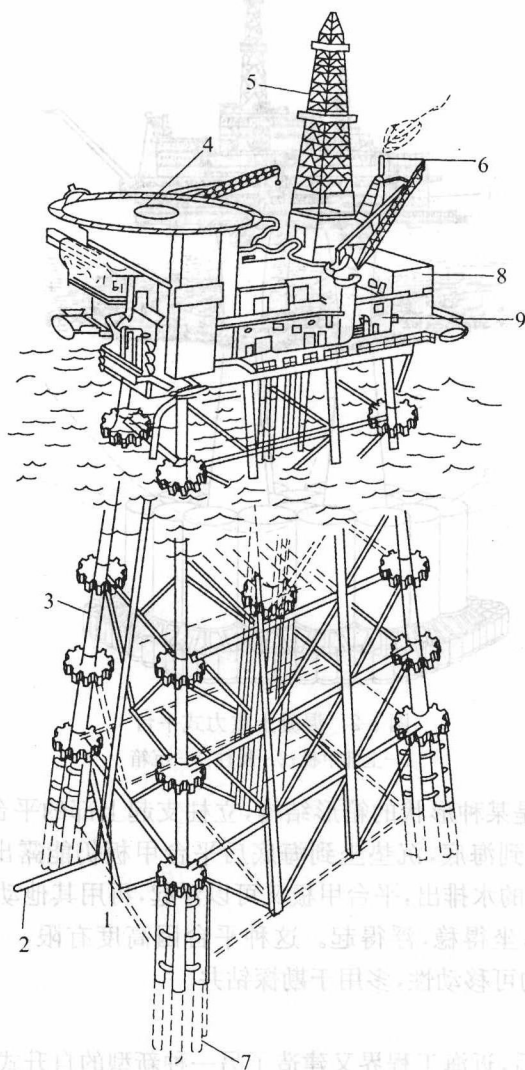


图 1-1 钢质桩基式平台

1—立管;2—海底管线;3—导管架;4—直升机甲板;5—井架;6—火炬;
7—桩柱;8—钻井模块;9—采油模块

力式平台,主要用于英国北海,其中 STATFJORD 平台最大工作水深达 273 m,设计的波浪高度为 30 多米,可以容纳 200 多人在平台上工作、生活。

2. 活动式平台

通常把平台的主体结构漂浮于海面上,同时平台可以从一个位置移到另一个位置的海上结构物称为活动式平台。这种结构按照和海底不同的接触方式可分为着底式平台(坐底式平台、自升式平台)、漂浮式平台两类(钻井船、半潜式平台)。

(1) 着底式平台

① 坐底式平台

最早出现的是坐底式平台(图 1-3)。坐底式平台一般由沉垫、立柱和平台甲板三部分组

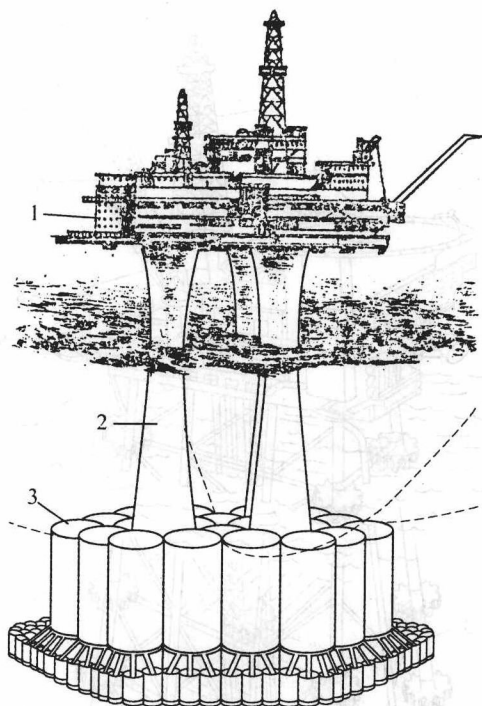


图 1-2 混凝土重力式平台

1—上部甲板;2—腿柱;3—沉箱

成。它的下部沉垫一般是某种形状的箱形结构,立柱支起上部的平台甲板结构。钻井前先往沉垫内灌水,使沉垫坐到海底,沉垫坐到海底后平台甲板仍能露出海面作为钻井作业场地。钻完井后,把沉垫里的水排出,平台甲板又可以浮起,再用其他动力船拖走,在建造这种平台时要求它能沉得下,坐得稳,浮得起。这种平台因高度有限,一般只用于水深不超过 30 米的浅海区,由于它的可移动性,多用于勘探钻井。

②自升式平台

坐底式平台出现以后,近海工程界又建造了另一种新型的自升式平台(图 1-4)。这种平台由驳船型船体和若干个能升降的腿柱组成。腿柱是钢构件组成的支撑塔架。这个驳船型船体是个浮体,能浮起钻井设备和各种所需设施,并运到指定的工作场所,若干个能升降的腿柱位于船体的四周,这些腿柱由气动、液压或电动的升降机构驱动。作业时平台被腿柱顶起并升到海面以上。这时,在平台的上部甲板上就可以进行钻井作业。需要转移时,升降机构会先把船体降回海面,再把腿柱拔起,就可以用动力船拖走。自升式钻井平台的工作水深大概上百米,大多是非自航式。这种平台在钻井时能提供稳定的工作场地,所以钻井效率较高。

(2)漂浮式平台

①钻井船

最早的钻井船出现在 20 世纪 50 年代,是对船体结构改造的一种结构物(图 1-5)。它把船体甲板改为钻井场地,并把钻井设备安装在甲板上。钻井船到达工作地点后,抛锚定位,现在又有动力定位。这种钻井船在漂浮的状态下进行钻井作业,对海上的风浪较敏感,总要

上下升降前后左右摇摆,这不利于钻井作业,其工作水深能达到上千米左右。当风力超过七级后,波高超过 3 m,这种钻井船就停止作业。

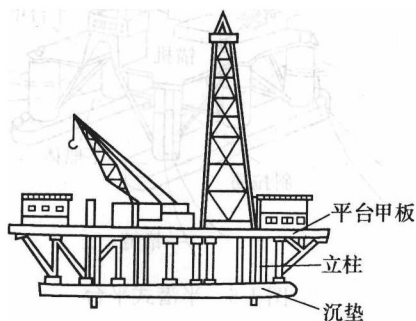


图 1-3 坐底式平台

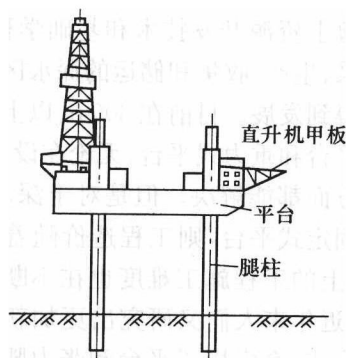


图 1-4 自升式平台

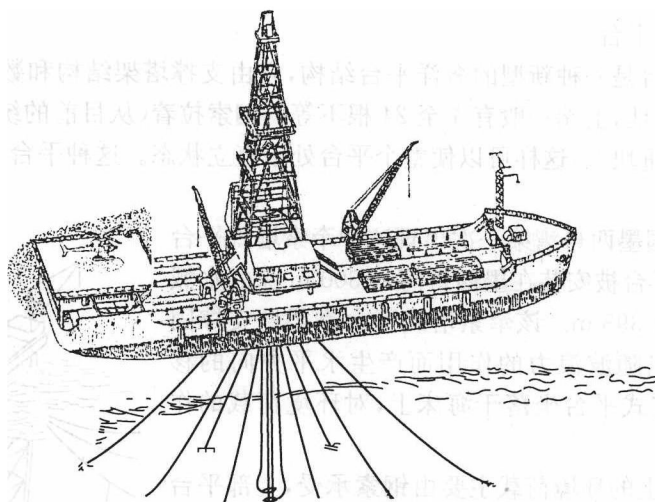


图 1-5 钻井船

②半潜式平台

当坐底式平台发展到 20 世纪 60 年代时,人们发现工作水深的增加极大地限制了钻井作业。这时,人们又发展了另一种新型结构半潜式平台(图 1-6)。它在外形上和坐底式平台相似,只是沉垫和平台甲板间距加大了。作业时,向沉垫和立柱内灌水,沉垫和立柱下部下沉。水浅时,沉垫可坐于海底,即与坐底式平台相同。当工作水深达到一定的深度,沉垫又可称为下潜体,这个下潜体只是沉没于水中并不沉到海底,平台甲板仍在海面以上,呈一种半潜的状态,它同样靠锚缆定位,但比钻井船稳定得多。工作结束后,此平台排出潜体里的压载水,整个系统浮出水面,就可自航或拖航离开。半潜式平台最经济的工作水深在 100~300 m。

随着海洋石油开采不断地从浅海往深海发展,坐底式平台从事钻井作业越来越不能适应发展的需要,自升式平台虽然相对来说工作水深比大,但它不经济,钻井船受海洋波况的影响比较大,效率低,半潜式平台从最初建造到今天的实践,既能适应恶劣的天气,也能在很

深的水域工作,所以半潜式平台是主要从事钻井作业的平台结构。

3. 半固定式平台

随着海上资源开发技术和基础学科的发展,适应石油开采、生产、收集和储运的深水区域平台结构也不断地得到发展。目前在 300 m 以上的深水区建造桩基式平台和重力式平台,无论在设计、建造技术以及材料方面都能解决。但是对于深水区域,如果采用这种固定式平台,则工程造价随着水深的增加而增加,海上的工程施工难度也在不断加大。在这种趋势下,近年来人们又研究出更加新型的顺应式平台结构形式:牵索塔式平台和张力腿式平台。通常把这种利用柔性支撑固定于海底并可根据需要可重复使用上部主体结构的新平台结构物称为半固定式平台。

(1) 牵索塔式平台

牵索塔式平台是一种新型的海洋平台结构,它由支撑塔架结构和数根钢索组成。塔架对称布置,下端着地,上端一般有 4 至 24 根不等的钢索拉着(从目前的统计实际工程来看),钢索系在海底的重块上,这样可以使整个平台处于直立状态。这种平台所用材料较少,工作水深大。

1980 年,美国墨西哥湾第一次出现这种牵索塔式平台(图 1-7)。这种平台被安装在墨西哥湾约 300 m 深的水域中,平台总高度为 398 m。该牵索塔式平台靠柔性支撑固定于海底,是可以随波浪力的作用而产生水平方向的移动,而不是像固定式平台坐落于海床上,对环境荷载的作用起刚性抵抗。

作用在塔架上的环境荷载主要由钢索承受,上部平台传递下来的重量和其他机械动力荷载主要由塔架承担,这样,塔架截面就可以沿全长设计成正方形等截面,从而可以减轻结构的重量。牵索塔式平台的特点是:结构简单,构件尺寸小,对各种环境荷载适应能力强、施工和安装成本较导管架平台低。在深水区,这种平台的建造总费用低。它适应深水钻采作业的需要,工作水深在 300~600 m。有的资料表明,牵索塔式平台最经济的工作水深范围在 240~480 m。

(2) 张力腿式平台

张力腿式平台一般由三部分组成(图 1-8)。下部分是缆索,中间是受浮力作用的浮体,在浮体的上部是安放钻井、采油设施、收集石油等工艺设施的甲板结构。

通常处于漂浮状态的浮体结构会受到很大的浮力,这个浮力要大于浮体的重力和上部甲板的重力,剩余浮力一般由收紧的缆索来承受。这样,就会使缆索处于张力状态,这样的缆索与导管架平台的腿柱的作用并无两样。由于该腿柱(缆索)是柔性的,所以把这种处于

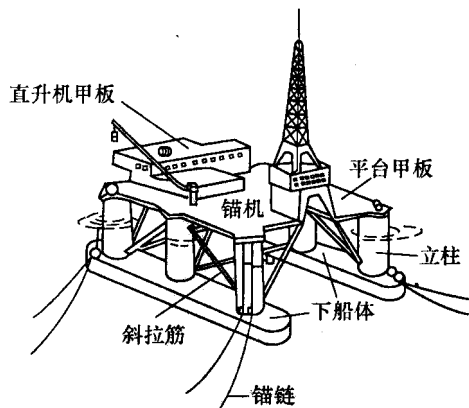


图 1-6 半潜式平台

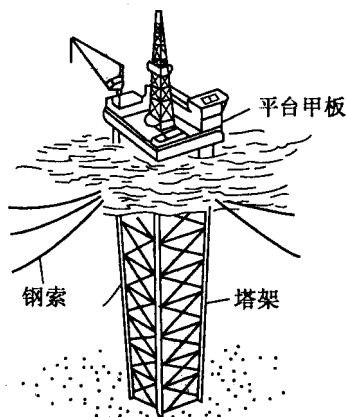


图 1-7 牵索塔式平台

张力状态的缆索以及其上部结构叫做张力腿式平台。张力腿式平台的优点是当平台受风、浪环境荷载作用时,平台的垂直运动得以限制,在非张力控制方向可以有一定的漂移。这种平台由于控制方向的张力对非控制方向的运动有牵制,所以漂移和摇摆比一般半潜式平台要小得多。其垂荡、横摇和纵摇运动的自振周期通常为 $2\sim 4\text{ s}$,远低于典型海况的特征周期;而纵荡、横荡和首摇周期约在 100 s ,远大于典型海况的特征周期。因而,可有效地避免系统在波浪中的共振发生。

世界上第一座张力腿式平台是在1984年11月建成的,安装在英国北海的赫顿油田。该平台锚固系统是由16根直径 260 mm 的垂直钢管张力腿组成,这些钢管张力腿自平台主体伸向海底基座,并用爆炸膨胀法锁固在海底基座上。其安装过程复杂,成本较高。

张力腿式平台的优点:除了用于开发钻井外,还可用于勘探钻井、修井和浮式生产系统;与其他固定式平台不同,有些张力腿式平台可以移动,上部的浮体还可以继续使用,现场建造时间短。张力腿式平台可以用于水深超过 600 m 的海区,但通常认为最经济的作业水深范围是在 $450\sim 600\text{ m}$ 。

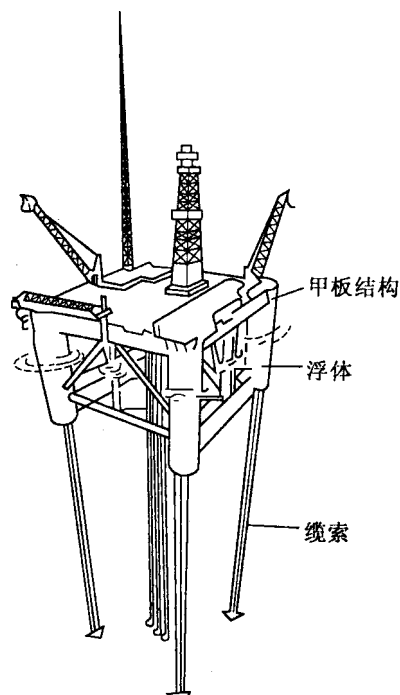


图 1-8 张力腿式平台

4. 特殊简易平台

随着浅海区油田的开发技术发展,提高边际油田的经济效益是油田开采的重要课题。边际油田是指那些在现有的开发技术和经济条件下经济性相对较差,但经过努力可以达到预定的最低经济指标的油田。常规平台的设计和建造使其不具备开发价值,故特殊简易的平台结构研究设计就提到日程上来。

特殊简易平台起源于美国。20世纪80年代,墨西哥湾安装了一批低成本、临时性的简易平台(图 1-9)。美国 CBS 工程公司开发的 MOSS 系列平台,至今已建成近 100 座。MOSS II 型平台由 2 个斜撑和沉箱组成,2 个斜撑的顶部支持在沉箱的水线以上部位,斜撑底部高于海底,2 个斜撑之间夹角为 90° ,与海床成 60° 。美国休斯敦大西洋能源公司设计 Seahorse 轻型平台安装在墨西哥湾。该平台是由钻井隔水套管或桩管组成 4 腿柱金字塔式平台,最大工作水深可达 90 m ;有两层甲板,每天可生产 $85\text{ 万}\sim 113\text{ 万 m}^3$ 天然气;平台建造时间为 $4\sim 6$ 周,海上安装时间为 $2\sim 3$ 天。

这些特殊简易平台对强度和冗余度不作要求,其在不同的海域进行设计和建造经验应随着石油开采利用而不断积累,以适应边际油田的开采。为经济有效地开发海上边际油田,中国海洋石油总公司自行建造的可移动式桶形基础平台已用于渤海锦州 9-3 油田。这种单立柱桶基平台在近海边际油气开发中具有广阔的应用前景。

5. 系泊装置

随着海上油田离岸距离的增大,铺设长距离输油海底管线是不经济的。在这种情况下,发展了一种特殊结构系泊装置,主要是配合原油的生产输出。一般情况下,系泊装置是一个

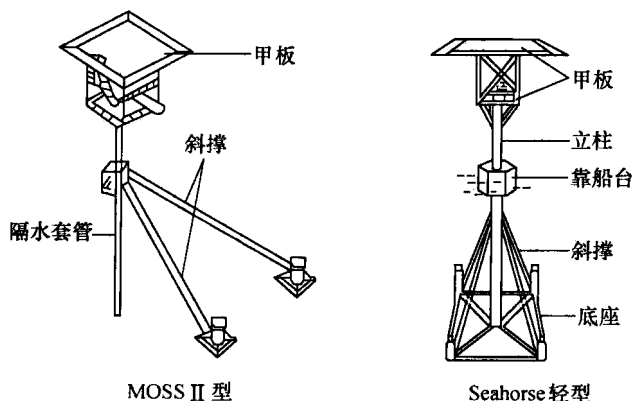


图 1-9 特殊简易平台

系泊于海底的浮筒。浮筒与海底之间用若干锚链相连。系泊装置主要用于系泊海上油气储藏设施和油气处理设施。系泊装置与设施之间用缆绳或刚臂连接。下面简单介绍一种系泊结构来加强理解系泊装置。

图 1-10 的系泊结构采用一个大直径的圆筒形系泊浮筒,用锚及锚链固定在海底,油轮系泊在浮筒上可转动的系泊构件上,可随海流和风向沿浮筒旋转 360° 。浮筒的甲板上有装油、卸压舱水、装卸燃油等管线设施,原油从海底管线通过立管或水下软管进入浮筒的中央旋转装置,延伸至油轮的管汇系统。

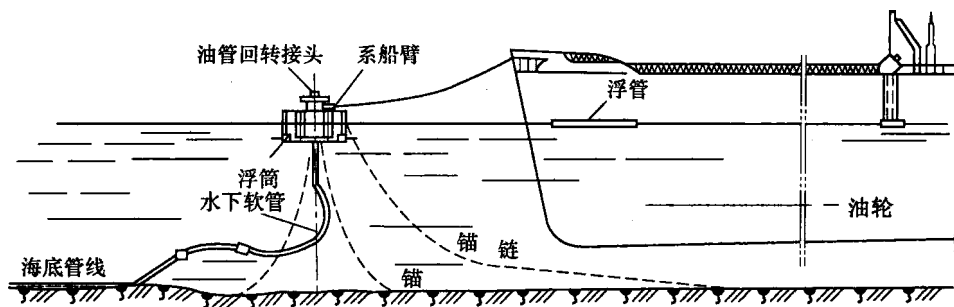


图 1-10 系泊装置

1.3 近海工程发展中的问题

1.3.1 海洋工程的发展

近海工程成为近 50 年来发展最迅速的工程之一,其主要标志是出现了勘探与开采石油的海上平台,作业水深从 10 m 以内的浅海水域扩展到了水深 600 m 的水域。海底采矿由浅海向较深的海域发展,现已能在水深 2 000 m 以上的海域钻井采油,在水深 3 000 m 以上的大洋进行钻探,在水深 4 000 m 的洋底采集锰结核。同时海洋潜水技术发展迅猛,潜水器下潜深度可达 10 000 m 以上,还出现了进行潜水作业的海洋机器人。大陆架水域的近海工程和超深水区域的深海工程均已远远超出海岸工程的范围,所应用的基础科学和工程技术也

超出了传统海岸工程学的范畴,从而形成了新型的海洋工程。

我国石油开采技术和为其服务的建筑物设计建造施工技术,与世界先进水平相比有很大的差距。世界海上油田生产作业最大水深已达 2 000 m 左右,我国仅为 350 m,世界钻探作业最大水深超过 3 000 m,而我国仅 500 m,世界铺管作业最大水深达 2 150 m,我国最大能力为水深 150 m。

1.3.2 前沿课题

近几年,随着我国对能源,特别是石油的需求量大幅度增加,对深水区域油气资源的开发利用,急需技术和装备的支撑。在如此巨大的机遇和挑战面前,应该重视基础和前沿科学技术研究。

1. 海洋动力因素对近海工程结构物作用研究

近海工程结构物处于复杂多变的海洋环境中,要承受风、波、潮汐、流、冰等的强烈作用。同时大陆架海底地形复杂,增加了建筑物建造的难度。受海岸不断演变、泥沙运移的影响,还要不断解决基础冲刷的难题,以保证结构的稳定。因此,进行近海工程结构物结构分析,考虑各种动力因素的随机特性对结构的作用,基础设计中考虑土壤的不确定性,材料的强度和耐久性等等都是十分必要的。例如,对张力腿式平台的研究是国际海洋工程界十分重视的前沿研究领域之一,平台运动和系统的非线性动力性能和动力效应,包括波激振动等的研究都是重要的课题。

2. 海洋环境保护研究

在海洋资源开发和空间利用的发展以及工程设施的大量兴建过程中,石油开采造成的石油泄露事故,钻井过程带出的泥浆给海洋环境带来的影响,以及深海采矿可能引起的海洋污染都是海洋环境保护研究的内容。石油开发对海洋造成污染主要表现在:(1)生活废弃物、生产废弃物和含油污水排入海洋;(2)意外漏油、溢油、井喷等事故的发生。因此,海洋石油开发是目前造成海洋污染的原因之一。石油进入海水中,对海洋生物的危害是非常严重的。石油进入海水后,油膜覆盖于水面,使海水与大气隔离,导致海洋生物死亡。长期生活在被污染的海水中的海生物蓄积了有害物质,人类食用后会危害身体健康。故污染物的沉降、漂移、扩散过程是各国学者关心的问题,研究污染物在海洋环境中的运动和演变规律,建立污染物风险预报模型显得尤为重要。

3. 新型近海工程结构物设计研究

在 21 世纪中,面对人类将全面步入海洋经济时代,近年来,国际海洋工程界掀起了在海上建造城市、发电站、海底隧道、大型人工岛和超大型浮式海洋结构物的热潮。所谓超大型浮式海洋结构物,是指那些尺度以 km 计,具有综合性、多功能的永久性或半永久性的浮式海洋结构物。日本于 1999 年在东京湾建成用钢板拼成的海上漂浮机场,面积为 $2\,280 \times 60\text{ m}^2$ 。超大型浮式海洋结构物在海洋环境中的运动响应以及结构的可靠性是个严重的问题,同时超大型浮式海洋结构物的需求和设计对很多学术领域和工程领域提出了新的要求和挑战。

4. 海洋灾害预报和抗灾减灾研究

海洋灾害主要指风暴潮灾害、海浪灾害、海冰灾害、海雾灾害、飓风灾害、地震海啸灾害及赤潮、海水入侵等突发性的自然灾害。这些灾害给人们生命财产造成很大的损失。海洋

抗灾减灾研究中,除了进行海洋灾害预报分析研究外,还要加强现场监测,对近海工程结构物可能产生的损害采取各种预防和改善措施。如近海环境地震危险性分析以及新技术在地震分析中的应用。

5. 近海工程结构物可靠度理论研究

近海工程虽然发展迅速,但历史较短,能借鉴的工程经验不多,有关的工程技术规范还不够成熟,海洋环境原始资料的获取也较困难。我国现有的规范大都沿用美国 API 规范,挪威船级社 DnV 规范。但是由于海洋环境荷载的作用强度、方向和时间都有明显的随机性,同时平台结构构件的承载力损伤演化都有明显的随机性,因此采用可靠度方法能够更合理的评定海洋平台结构的安全性。经过 40 多年的努力,海洋平台结构构件的可靠度的分析方法已基本完善,但是结构可靠度的结论在海洋平台结构的可靠度分析逐步实现还有一段距离,同时现役结构的可靠度评定标准在国内外都还是一个空白。