

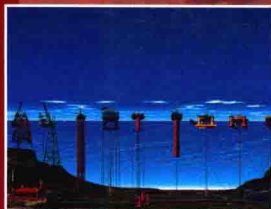


船舶与海洋工程系列教材

海洋平台 轮机系统设计

李德堂 赵春慧◎编著

*HAIYANG PINGTAI
LUNJI XITONG SHEJI*



海洋出版社

海洋平台轮机系统设计

李德堂 赵春慧 编著



海洋出版社

2016年·北京

内 容 简 介

主要内容: 本书基于海洋平台轮机系统设计的特点,按照海洋平台的电力供给、测控、轮机各大系统的供给、排放处理、安全消防与管系设计划分为7个章节。包括海洋平台概述及轮机系统设计要求,轮机系统的电力供应、控制、测量与空气注入溢流系统、供给系统、压载排放与处理系统、安全与消防和管系设计等内容。

本书特色: 本书依据船舶与海洋平台设计建造现行相关行业标准编写,内容翔实,结构合理。根据海洋平台的特点,将海洋平台的燃油、空气、蒸汽、淡水、通风和海水等主要原料的供应归类到供给系统,将压载水、舱底水、疏排水与生活污水处理等主要系统归类到压载排放与污水处理系统,使读者能更好地掌握海洋平台轮机系统的核心内容。

适用范围: 本书适合高等院校船舶与海洋工程专业、轮机工程专业及相近专业学生使用,也可作为从事船舶与海洋平台设计、海洋石油开采等相关工程技术与管理参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

海洋平台轮机系统设计/李德堂,赵春慧编著. —北京:海洋出版社,2016.9
ISBN 978-7-5027-9561-0

I. ①海… II. ①李… ②赵… III. ①海上平台-轮机-系统设计 IV. ①TE951

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第194830号

责任编辑:郑跟娣

责任校对:肖新民

责任印制:赵麟苏

出 版:海洋出版社

地 址:北京市海淀区大慧寺路8号

邮 编:100081

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:300千字

发 行 部:010-6217437(传真) 010-62132549

010-6803809(邮购) 010-62100077

网 址:www.oceanpress.com.cn

承 印:北京朝阳印刷厂有限责任公司

版 次:2016年9月第1版

印 次:2016年9月第1次印刷

印 张:13.25

定 价:38.00元

本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换

本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者,邮件发至 hyjccb@sina.com

目 录

第 1 章 海洋平台概述及轮机系统设计要求	(1)
1.1 海洋平台概述	(2)
1.1.1 海洋平台发展历程	(2)
1.1.2 海洋平台分类	(2)
1.1.3 海上油气田的生产环境特点、开发模式及设计要求	(7)
1.2 海洋平台轮机系统设计要求	(13)
1.2.1 设计原则要求	(13)
1.2.2 相关法规要求	(14)
1.2.3 设计指导思想	(14)
1.2.4 设计阶段划分	(14)
1.2.5 海洋平台的第三方检验及入级取证	(15)
思考题	(16)
第 2 章 轮机系统的电力供应	(17)
2.1 发电装置	(18)
2.1.1 燃气轮机发电机组	(18)
2.1.2 双燃料柴油机组	(18)
2.1.3 应急发电机组	(19)
2.2 配电装置	(20)
2.2.1 线制的选择	(20)
2.2.2 电压等级的选择	(20)
2.2.3 频率的选择	(21)
2.2.4 电力系统的保护	(21)
2.2.5 配电装置	(23)
2.2.6 电网	(24)
2.2.7 配电装置上的配电电器	(26)
思考题	(27)

第3章 控制、测量与空气注入溢流系统 (28)

3.1 自动控制系统 (29)

3.1.1 温度自动控制 (29)

3.1.2 压力自动控制 (31)

3.1.3 黏度自动控制 (32)

3.1.4 液位自动控制 (33)

3.1.5 自动切换 (34)

3.1.6 自动清洗 (35)

3.1.7 自动启动 (36)

3.1.8 锅炉燃烧自动控制 (36)

3.2 空气、测量和注入系统 (36)

3.2.1 空气管的设计 (37)

3.2.2 溢流管的设计 (41)

3.2.3 测量管的设计 (42)

3.2.4 注入系统的设计 (48)

思考题 (50)

第4章 供给系统 (51)

4.1 压缩空气系统 (52)

4.1.1 启动空气系统 (52)

4.1.2 系统设备 (53)

4.2 蒸汽系统 (58)

4.2.1 热介质锅炉的形式 (59)

4.2.2 水蒸气锅炉 (60)

4.2.3 暖气管路的布置和安装 (65)

4.2.4 热介质锅炉系统与水蒸气锅炉系统的比较 (69)

4.2.5 热介质锅炉系统运行中的注意事项 (69)

4.3 海水系统 (69)

4.3.1 海水提升系统 (70)

4.3.2 海水用户 (71)

4.3.3 海水提升泵 (73)

4.3.4 自动反洗粗过滤器 (74)

4.3.5 海水处理装置 (76)

4.4 淡水系统	(81)
4.4.1 淡水用量	(81)
4.4.2 洗涤水供应系统	(84)
4.4.3 卫生水供应系统	(88)
4.4.4 饮水供应系统	(88)
4.4.5 供水系统原理图	(88)
4.5 燃油系统	(89)
4.5.1 柴油燃料中的污染物	(90)
4.5.2 流程设计	(91)
4.5.3 柴油燃料的质量要求及用量估算	(93)
4.5.4 工艺参数的确定	(95)
4.6 通风系统	(95)
4.6.1 通风系统的作用	(96)
4.6.2 通风系统结构	(96)
4.6.3 工作原理	(96)
4.6.4 通风机安装、使用注意事项	(97)
4.6.5 通风系统保养维修	(97)
思考题	(97)
第5章 压载排放与处理系统	(98)
5.1 压载水系统	(99)
5.1.1 压载系统的工作过程	(99)
5.1.2 压载系统的基本设置	(100)
5.1.3 压载管系管子材料及附件选择	(101)
5.1.4 压载管系布置安装要求	(103)
5.1.5 压载水管理公约	(103)
5.2 舱底水系统	(105)
5.2.1 舱底水的来源	(105)
5.2.2 海洋环境保护与油污水处理方式	(106)
5.2.3 油污水排放标准	(107)
5.2.4 舱底水系统的组成	(107)
5.2.5 舱底水系统主要设备及附件	(108)
5.2.6 舱底水自动排放控制	(112)

5.2.7 舱底泵和舱底水管系计算 (112)

5.2.8 舱底水管系布置安装要求 (114)

5.3 疏排水与生活污水系统 (115)

5.3.1 规范一般要求 (115)

5.3.2 露天甲板疏排水系统 (116)

5.3.3 舱室疏排水系统 (117)

5.3.4 生活污水系统 (121)

5.3.5 疏排水舷外排出管的要求 (125)

5.4 生活污水和垃圾处理 (127)

5.4.1 生活污水处理 (127)

5.4.2 垃圾处理 (132)

思考题 (133)

第6章 安全与消防 (134)

6.1 海洋平台安全区划分 (135)

6.1.1 火区划分 (135)

6.1.2 危险区划分 (135)

6.2 消防系统的种类 (136)

6.2.1 水灭火系统 (136)

6.2.2 二氧化碳灭火系统 (137)

6.2.3 泡沫灭火系统 (137)

6.2.4 卤化物灭火系统 (137)

6.2.5 干粉灭火系统 (138)

6.2.6 水雾灭火系统 (138)

6.3 水灭火系统 (139)

6.3.1 自动水喷淋灭火系统的组成 (139)

6.3.2 消防水量和消防水压的计算 (140)

6.3.3 消防水泵 (142)

6.3.4 消防主管网及其他部分的设计要求 (144)

6.4 二氧化碳灭火系统 (146)

6.4.1 二氧化碳灭火系统原理 (147)

6.4.2 主要设备和附件 (148)

6.4.3 二氧化碳灭火系统安装技术要求 (154)

6.5 泡沫灭火系统	(155)
6.5.1 泡沫灭火剂的类型	(155)
6.5.2 泡沫灭火系统原理	(156)
6.6 其他消防系统	(158)
6.6.1 卤化物灭火系统	(158)
6.6.2 直升机坪的消防系统	(159)
6.6.3 便携式灭火器的配备	(159)
思考题	(161)
第7章 管系设计	(162)
7.1 管系设计原则与设计阶段划分	(163)
7.1.1 基本要求	(163)
7.1.2 管系的设计阶段划分	(164)
7.2 管系设计参数、保护处理与无损检测	(165)
7.2.1 管系设计参数	(165)
7.2.2 管系等级	(166)
7.2.3 管系的保护处理	(167)
7.2.4 无损检测	(168)
7.3 主要管路材料及使用范围	(169)
7.3.1 碳钢和低合金钢钢管	(169)
7.3.2 铜和铜合金管	(170)
7.3.3 塑料管	(170)
7.3.4 软管	(171)
7.3.5 管系材料的选择原则	(172)
7.4 壁厚、流速、管径和管路阻力的计算	(172)
7.4.1 管壁厚度的计算	(173)
7.4.2 管内流速的计算	(176)
7.4.3 管径的计算	(177)
7.4.4 管路阻力的计算	(178)
7.5 管廊上管道布置与支撑	(178)
7.5.1 平台管廊上管道布置原则	(179)
7.5.2 管道支吊架	(180)
7.6 管道的隔热与伴热	(185)

- 7.6.1 隔热与伴热定义 (185)
- 7.6.2 常用隔热材料 (186)
- 7.7 液压试验、密性试验及吹除与清洗 (190)
 - 7.7.1 安装平台前的试验 (191)
 - 7.7.2 安装平台后的试验 (192)
 - 7.7.3 气体泄漏性试验 (192)
 - 7.7.4 泵、阀和附件的液压试验 (193)
 - 7.7.5 吹除与清洗 (193)
- 思考题 (194)
- 参考文献 (195)

第1章 海洋平台概述及轮机系统设计要求

教学目标

1. 了解海洋平台分类及其应用范围。
2. 熟悉海上油气田开发工程特点。
3. 重点掌握海洋平台轮机系统设计原则要求和设计指导思想。

海洋平台是海上油气和矿产资源勘探开发必不可少的装备，包括海上的钻探、集运、观测、导航、施工安装等在内的海洋开发活动都离不开它。本章主要介绍海洋平台分类及其应用范围、海上油气田开发工程特点和海洋平台轮机系统设计要求，着重阐述海洋平台轮机系统设计原则要求和设计指导思想，并简明扼要地说明海洋平台设计应遵循的法规要求、海洋平台的第三方检验与入级取证。

1.1 海洋平台概述

海洋平台是用于海上油气资源勘探、开发的移动式、固定式平台等的统称。利用海洋平台可以在海上进行钻井、采油、集运、观测、导航、施工等活动，它是海上油气勘探开发必不可少的装备。

1.1.1 海洋平台发展历程

随着陆地资源的日益枯竭，石油天然气的开采已经由陆地转移到海洋，而海洋石油天然气的开发也由浅海向深海发展。海洋平台也经历了由木质平台到钢质平台，由固定式平台到移动式平台，由浅海平台到深海平台的发展（图 1-1）。目前，在深水油气田开发中，传统的导管架平台和重力式平台正逐步被深水浮式平台和水下生产系统所代替。新的平台不仅要性能优良、甲板面积巨大，而且要有极强的抗风浪能力和适应更广的水深范围，因此，深水油气平台开发与研究正在成为海洋工程科技创新的前沿。

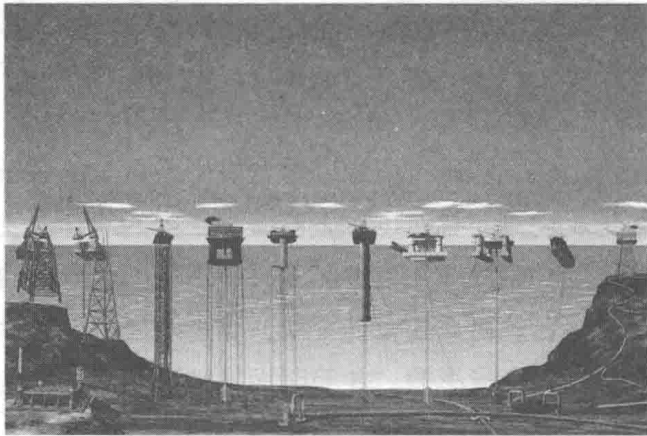


图 1-1 海洋平台

1.1.2 海洋平台分类

海洋平台按其结构特性、工作状态可分为移动式平台、固定式平台和半固定式平台。半固定式平台是近年来正在研究中的项目，它既能固定在深水中，又具有可移动性，本书主要介绍移动式平台和固定式平台。

移动式平台主要包括坐底式平台和浮动式平台两类，其中坐底式平台有坐底式

平台、自升式平台，浮动式平台有钻井船、半潜式平台等。

固定式平台主要包括桩基式平台和重力式平台两类，其中桩基式平台分导管架型平台和塔架型平台，重力式平台分钢筋混凝土重力式平台和钢重力式平台等。

1. 移动式平台

移动式平台是活动式的平台，能浮于水中或支撑于水底，能从一个井位移到另一个井位。移动式平台按支承情况可分为坐底式平台和浮动式平台，用于海上石油钻探和生产作业等。

1) 坐底式平台

坐底式钻井平台是早期的活动平台，是可在浅水区域作业的一种移动式钻井作业平台，又叫沉浮式钻井平台（图1-2）。平台分本体与沉垫，由若干立柱连接平台本体与沉垫，平台上设置钻井设备、工作场所、储藏与生活舱室等。钻井前在沉垫中灌入压载水使之沉底，沉垫在坐底时支承平台的全部重量，而此时平台本体仍需高出水面，不受波浪冲击。在移动时，将沉垫排水上浮，提供平台所需的全部浮力。如属自航者，动力装置都安装在沉垫中。坐底式平台工作水深比较小，适用于水深小于30 m且海底较平坦的浅水域，工作水域越深则所需的立柱越长，结构越重，而且立柱在拖航时升起太高，有一定的危险性。

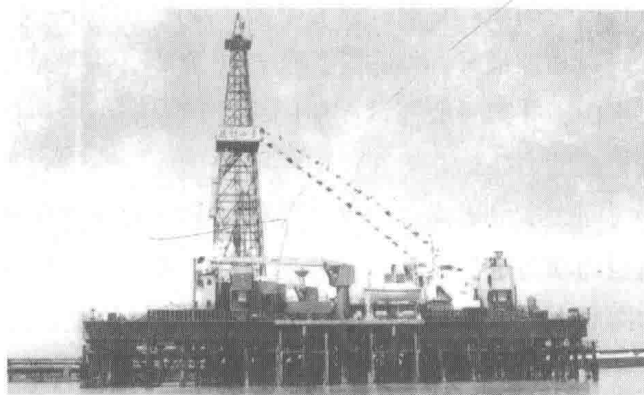


图1-2 “胜利二号”步行坐底式钻井平台

2) 自升式平台

自升式平台是由一个上层平台和数个能够升降的桩腿所组成的海洋平台（图1-3）。这些可升降的柱腿能将平台升到海面以上一定高度，支撑整个平台在海上进行钻井作业。这种平台既要满足拖航移位时的浮性、稳性方面的要求，又要满足作业时着底稳性和强度的要求以及升降平台和升降桩腿的要求。

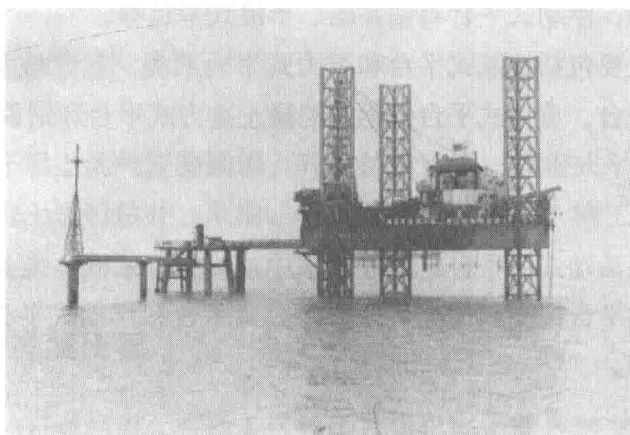


图 1-3 “胜利作业一号”自升式平台

自升式平台可适用于不同海底土壤条件和较大的水深范围，移位灵活方便，便于建造，得到了广泛的应用，目前，在海上移动式钻井平台中占绝大多数。

3) 钻井船

钻井船是设有钻井设备，能在水面上钻井和移位的船，也属于移动式（船式）钻井装置（图 1-4）。较早的钻井船是用驳船、矿砂船、油船、供应船等改装的，现在已有专为钻井设计的专用船。目前，已有半潜、坐底、自升、双体、多体等类型。钻井船在钻井装置中机动性最好，但钻井性能却比较差。钻井船与半潜式钻井平台一样，钻井时浮在水面。井架一般都设在船的中部，以减小船体摇荡对钻井工作的影响，且多数具有自航能力。钻井船在波浪中的垂荡要比半潜式平台大，有时要被迫停钻，增加停工时间，所以更需采用垂荡补偿器来缓和垂荡运动。钻井船适于深水作业，但需要适当的动力定位设施。钻井船适用于波高小、风速低的海区。它可以在 600 m 水深的海底上进行探查，掌握海底油、气层的位置、特性、规模、储量，提供生产能力等。

4) 半潜式平台

半潜式平台的基本结构和坐底式平台相似，是由坐底式钻井平台演变而来的。它是大部分浮体沉没于水中的一种小水线面的移动式钻井平台，其主要由上部结构（通常安装钻井平台机械操作设备以及物资储备需求和生活舱室等）、下潜体（通常采用条形浮筒式、矩形驳船船体式等形式）以及立柱和斜支撑等结构组成，又称立柱稳定式钻井平台。作业时，下潜体注入压舱水使其潜入水下，拖航时排出压舱水，这时下潜体会浮在水面。半潜式平台的出现克服了坐底式平台、自升式平台、钻井



图 1-4 钻井船

船的不足，使之既能在深水海域工作，又能适应恶劣海况，还能保证平台的稳定性，从而提高作业效率，目前被深海钻井所采用（图 1-5）。



图 1-5 半潜式平台

2. 固定式平台

固定式平台通常是固定在一处不能整体移动。固定式平台的下部由桩、扩大基脚或其他构造直接支撑并固着于海底。

1) 钢筋混凝土重力式平台

钢筋混凝土重力式平台主要分上部结构、腿桩和基础 3 部分，是通常依靠自身重量维持稳定的固定式海洋平台。其中基础部分由整体式和分离式组成，整体式基础一般是由多个圆筒形的舱室组成的大沉淀，分离式基础是用多个分离舱室做基础的。

钢筋混凝土重力式平台底部通常是一个巨大的混凝土基础（沉箱），并用 3~4 个空心的混凝土支柱支撑着甲板结构，这种平台的重力可达数十吨，适用于较深海域，依靠自身的巨大重量，平台直接置于海底（图 1-6）。

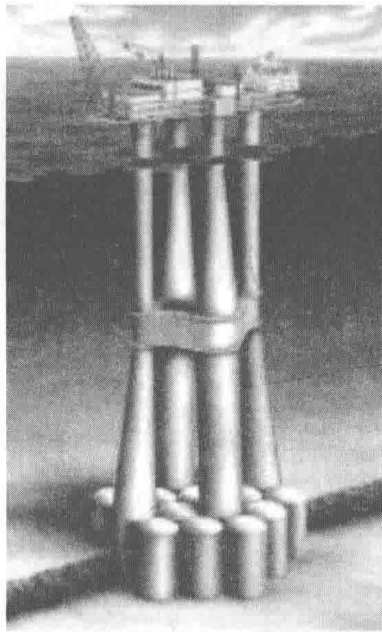


图 1-6 钢筋混凝土重力式平台

2) 钢质导管架式平台

钢质导管架式平台一般由上部结构和基础结构组成。上部结构通常由上下层平台甲板或立柱构成。基础结构又叫下部结构，由导管架和桩构成。通过钢桩穿过导管架打入海底而固定，并由若干根导管组合成导管架（图 1-7），平台设于导管架的顶

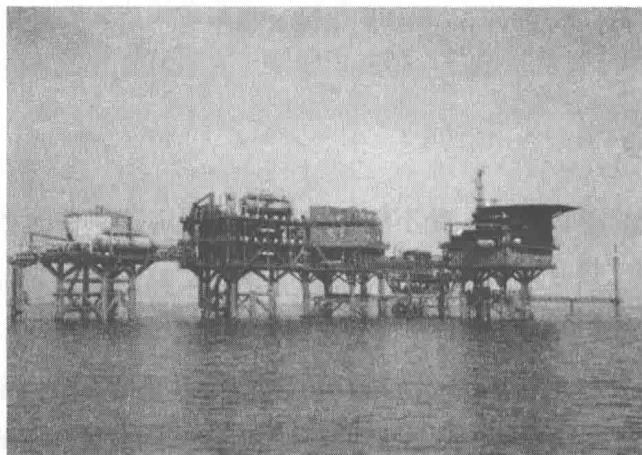


图 1-7 “胜利中心二号” 导管架平台

部, 高于作业区的波高, 具体高度须视当地的海况而定, 一般高出 4~5 m, 这样可避免波浪的冲击。桩基式平台的整体结构刚性大, 适用于各种土质, 是目前最主要的固定式平台。但其尺度、重量随水深增加而急骤增加, 所以在深水中的经济性较差。

1.1.3 海上油气田的生产环境特点、开发模式及设计要求

海上油气田的生产是将海底油气储藏中的原油或天然气开采出来, 经过采集、油气水初步分离与加工、短期的储存、装船运输或经海底管道外输的过程。由于海上油气田开发技术复杂, 投资高、风险大, 因此其生产、环境和开发模式具有不同特点和要求。

1. 环境特点

海上油气田的自然环境是工程建设重要的设计条件之一, 通常包括油田的离岸距离、海域水深、潮汐、风、波浪、流、海冰、地震、雷暴、雨、雪、雾、气温、水温、泥温、海水盐度、腐蚀、海洋生物、海床地形地貌及工程地质等要素。

渤海海域已投产油气田水深 5~35 m, 海冰和地震是重要的灾害性环境要素, 是对渤海海上生产设施设计安装和生产操作影响最大的环境因素。东海海域及南海海域已投产油气田水深 30~330 m, 夏季台风和冬季寒潮是海上油气田开发工程建设和生产操作的控制环境要素。

2. 开发模式

1) 全海式开发模式

全海式开发模式指钻井、完井、油气水生产处理以及储存和外输均在海上完成的开发模式。海上平台还设有电站、热站、生活和消防等生产生活设施。在距离海上油田适当位置的港口, 租用或建设生产运营支持基地, 负责海上钻完井期间、建造安装期间和生产运营期间的生产物资、建设材料和生活必需品的供应。常见的全海式开发模式有以下几种。

(1) 井口平台+FPSO (Floating Production Storage Offloading System, 浮式生产储油外输系统), 见图 1-8。这是最常见的全海式开发模式, 如渤中 28-1 油田、渤中 34-2/E 油田、秦皇岛 32-6 油田、西江 23-1 油田、文昌 13-1/13-2 油田、番禺 4-2/5-1 油田等。

(2) 井口中心平台 (或井口平台+中心平台) +FSO (Floating Storage Offloading

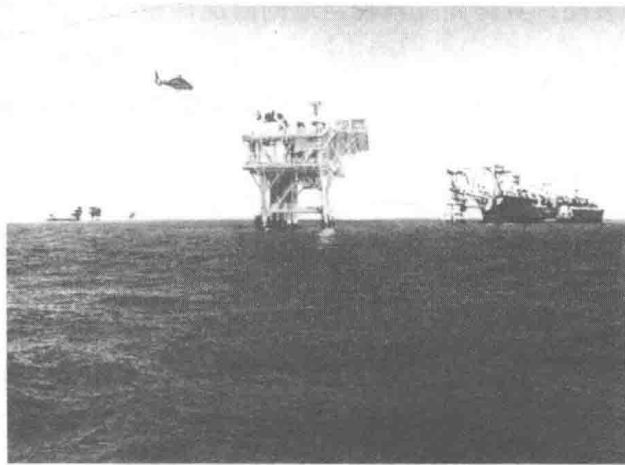


图 1-8 井口平台+FPSO

System，浮式储油外输系统)，见图 1-9，如陆丰 13-1 油田。

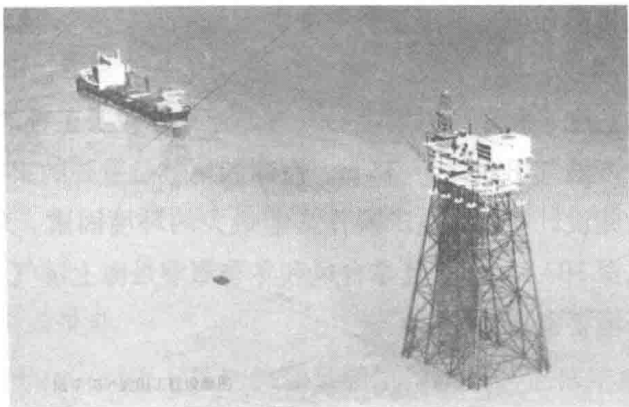


图 1-9 井口中心平台+FPSO

(3) 水下生产系统+FPSO，见图 1-10。水下生产系统已越来越广泛地用于全海式油气田的开发，如陆丰 22-1 油田（一艘 FPSO+水下生产系统，深水边际油气田的开发典范，水深 333 m）。

(4) 水下生产系统+FPS（Floating Production System）+FPSO，见图 1-11，如流花 11-1 油田。

(5) 水下生产系统回接到固定平台，见图 1-12，如惠州 32-5 油田、惠州 26-1N 油田等。

(6) 井口平台+处理平台+水上储罐平台+外输系统，见图 1-13，如埕北油田。这种模式由于水上储罐储量小、造价高，已不适应现代海上油田的开发需要。在我国海域，仅埕北油田一例使用该种模式。