



项目引领 任务驱动

示范性高等职业院校课改规划教材



海洋平台结构及钻井设备

主编 孙庭秀 副主编 王建红 主审 彭 辉

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

海洋平台结构及钻井设备

主 编 孙庭秀

副主编 王建红

主 审 彭 辉



内 容 简 介

本书共有七个项目,分别对海洋平台类型、结构、性能和钻井设备的构成、工作原理等做了详细的介绍,内容包括自升式钻井平台、半潜式钻井平台、钻机起升系统、试油设备、循环系统、旋转系统、传动系统、钻井工具、水下设备及防喷装置和升降补偿装置等设备。

本书可作为高职院校海洋工程类专业学生的教材,亦可供从事海洋石油开发生产的产技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋平台结构及钻井设备/孙庭秀主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2015.7
ISBN 978-7-5661-1097-8

I. ①海… II. ①孙… III. ①海上平台-结构设计-
高等职业教育-教材②海洋钻井设备-高等职业教育-教
材 IV. ①TE951

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 162573 号

责任编辑 张植朴

封面设计 语墨弘源

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 14.75
字 数 379 千字
版 次 2015 年 8 月第 1 版
印 次 2015 年 8 月第 1 次印刷
定 价 31.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着世界油价的攀升和陆地原油的不断减少,石油开采也从陆地逐步向深海发展,分别经过了从陆地钻井、潜入式钻井平台、自升式钻井平台、半潜式钻井平台到钻井船等几个阶段。海洋钻井是追踪陆地油田在海底延伸的过程中开始的。随着海洋石油勘探开发事业的发展,海洋钻井技术也因此得到迅速发展。目前世界各国在海洋寻找石油、天然气的活动正在向深水、超深水发展。我国在这方面起步较晚,发展海洋战略高技术,提高海洋经济水平,保护海洋航运安全,开发深海资源等重大举措已经列为我国重大发展战略。

编写本书的目的是使从事海洋工程设计与开发的学生尽可能地掌握海洋工程结构、性能及其钻井平台上钻井设备的工作原理、结构等有关知识,为今后从事海洋工程设计、生产及其应用打下良好基础。

本书主要介绍了自升式钻井平台、半潜式钻井平台的结构及海洋平台上的钻井设备的构成、功能和工作原理,与实际生产结合紧密,实用性较强。

本书由渤海船舶职业学院彭辉教授担任主审;渤海船舶职业学院孙庭秀副教授担任主编;渤海船舶职业学院王建红担任副主编。

项目一、二、三、五由渤海船舶职业学院孙庭秀编写;项目四、七由渤海船舶职业学院王建红编写;项目六由渤海船舶职业学院由广辉编写。

由于本书包括内容较多,编者水平有限,编写时间紧,不足之处在所难免,望广大读者多提宝贵意见和建议。

编 者

2015 年 6 月

目 录

项目一 海洋钻井平台概述	1
任务一 海洋钻井装置的类型、性能及选择	1
任务二 自升式钻井平台	9
任务三 半潜式平台结构组成	30
任务四 典型海洋平台介绍	39
任务五 海洋钻井平台火灾概述	58
项目二 钻机系统	61
任务一 钻井架组成	61
任务二 提升系统	65
任务三 起升系统的工作原理	76
任务四 钻井绞车	79
任务五 钻井起升用的钢丝绳	86
项目三 钻机旋转系统	93
任务一 旋转系统的组成	93
任务二 转盘	96
项目四 泥浆和循环系统	99
任务一 钻井液及其净化设备	99
任务二 钻井泵	112
项目五 钻井工具	119
任务一 钻头种类	119
任务二 钻杆和钻铤	123
任务三 钻台上钻杆排放装置	127
项目六 水下设备	132
任务一 水下设备概述	132
任务二 井口系统	134
任务三 封井系统	139
任务四 隔水系统	146
任务五 水下设备的控制系统	155

任务六 压井与防喷系统	164
任务七 张紧系统	169
任务八 其他工具	172
项目七 试油设备	179
任务一 试油设备概述	179
任务二 水下系统	186
任务三 管汇系统	198
任务四 加热及分离系统	209
任务五 燃烧系统	220
参考文献	228

项目一 海洋钻井平台概述

【教学目标】

1. 海洋钻井装置的类型、性能。
2. 海洋钻井平台结构及其组成。

【任务导入】

石油资源不仅埋藏在陆地的地层中,还埋藏在水域底下的地层中。近几十年来,世界海洋石油勘探和开发的速度很快。海洋钻井是海洋石油勘探和开发的重要环节,需要建造海洋井场,即海洋钻井平台,以便安装钻机、储备器材,进行钻井施工。

【相关知识】

1. 自升式钻井平台结构、组成。
2. 半潜式平台结构、组成。
3. 典型海洋平台介绍。
4. 海洋钻井平台火灾概述。

任务一 海洋钻井装置的类型、性能及选择

石油资源不仅埋藏在陆地的地层中,还埋藏在水域底下的地层中。近几十年来,世界海洋石油勘探和开发的速度很快。我国拥有 18 000 km 长的海岸线,海域面积 472.7 万平方千米,发展海洋石油事业有着良好的条件。

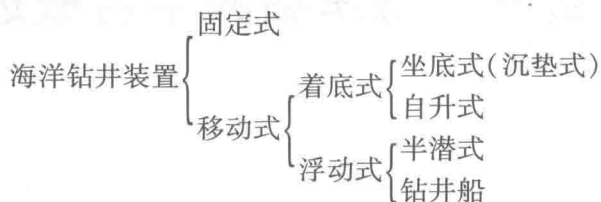
海洋钻井是海洋石油勘探和开发的重要环节。海洋钻井工艺与陆地钻井工艺基本相同,但由于海洋自然条件不同于陆地,因而形成了海洋钻井的如下特点:

- (1) 需要建造海洋井场,即海洋钻井平台,以便安装钻机、储备器材,进行钻井施工;
- (2) 要有特殊的井口装置,以便隔离海水,引导钻具入井和控制井下情况;
- (3) 由于海洋风速大、波浪高,对海洋钻井装置的固定、稳定问题和钻井工艺有特殊要求;
- (4) 在海洋,金属的腐蚀比陆地上严重,对所用的设备、工具等要采取有效的防腐措施。

一、海洋钻井装置的类型

在海洋钻井,人们曾采用土石填方或筑堤排水等方法。这种方法的工程量是十分浩大的,只能在水浅、浪小的岸边海域采用。离海岸较远时,人们在海底打桩建造海洋固定平台

进行钻井。从 20 世纪 50 年代起,出现了移动式海洋钻井装置。几十年来,为了适应不同的井深和自然条件,移动式钻井平台不断改进提高,出现多种类型,促进了海洋钻井的发展。海洋钻井装置分类如下:



在地球上的许多区域,大陆与大洋之间的过渡带包括大陆架、大陆坡和大陆裙等,如图 1-1 所示。

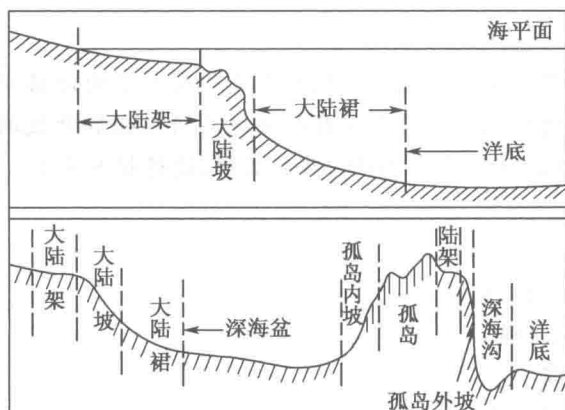


图 1-1 海底地貌

1. 大陆架

大陆架是被海水淹没的大陆部分,深度一般在 200 m 以内,是目前钻探与开采海底石油活动最活跃的区域。大陆架一般分为表层、盖层和基底层。表层主要分布着来自大陆的松散沉积物;盖层主要为半固结与固结的沉积岩层;基底层主要为结晶岩石。大陆架是由侵蚀作用、海积作用、陆架地壳的垂直运动和冰期海退作用四种因素形成的。

2. 大陆坡

大陆坡是从大陆架外缘开始,至深度在 1 800 ~ 2 000 m 之间的区域,坡度较陡,主要沉积着陆源物质。

3. 大陆裙

大陆裙是位于大陆坡脚下的坡麓带,它的坡度平缓,深度为 2 000 ~ 4 000 m。大陆裙是一个重要的堆积区,由数千米的沉积构成。它主要分布在大西洋型的过渡带上,而在太平洋里,基本上没有大陆裙发育,在大陆坡脚下主要是深海沟。

具有生油条件的海区主要分布在大陆架、大陆坡水域。

各类钻井平台的大致结构情况如图 1-2 所示。

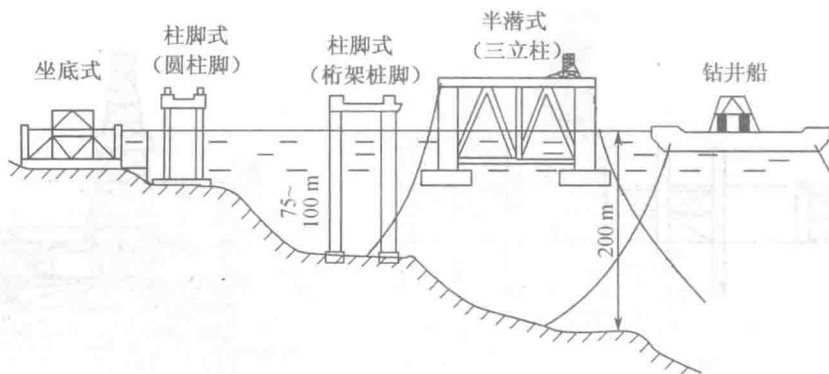


图 1-2 各类钻井平台结构示意图

二、海洋钻井平台的结构与特点

1. 固定式钻井平台

固定式钻井平台是在海底架起的一个高出水平面的构筑物。上面铺设平台,用以放置钻井机械设备。其类型有以下几种:

(1)按结构形式可分为直桩-斜桩式、直桩式、联结式三种,如图 1-3 所示。

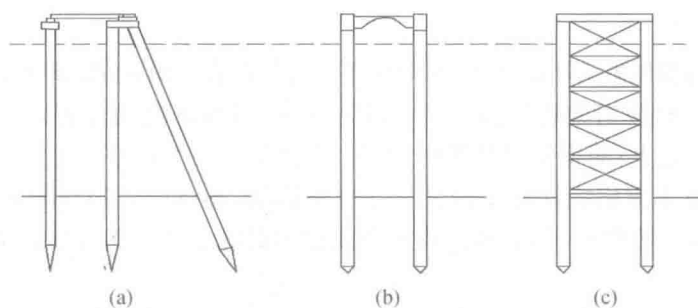


图 1-3 固定式钻井平台结构形式示意图

(a) 直桩-斜桩式; (b) 直桩式; (c) 联结式

(2)按制造材料可分为木桩、钢桩、混凝土桩三种。前两种存在腐蚀问题,后一种一般预制好后,在海上打桩,阻力比钢桩大四倍,目前多用钢管桩,即空心管中打入混凝土的结构。

(3)按打桩设施可分为带桩架和不带桩架两种,如图 1-4 所示。前者通过桩架打桩,后者需在驳船运送的甲板打桩,然后留下甲板固定好。不带桩架的方法用得较多。

(4)按设备布置可分为带辅助船和不带辅助船两种,前者将钻杆、套管、钻井液罐、水泥罐等布置在辅助船上。

固定式钻井平台的结构由桩管构架和平台两大部分组成,如图 1-5 所示。

桩管构架由若干桩管及横向、斜向连杆组成。桩管构架先在陆上预制好,整体运到海上,用浮吊放至井位,然后将桩管插入导桩管中,用打桩机将桩管打入海底一定深度。有时

为了提高桩管的承载能力,可使用爆破扩桩(通过爆破扩大桩头)并灌注水泥或混凝土。

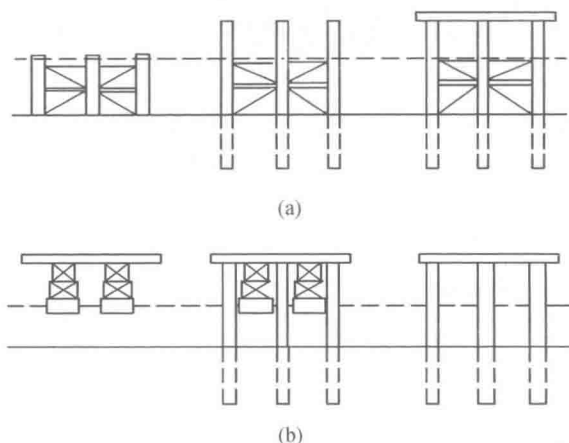


图 1-4 带桩架与不带桩架的钻井平台结构简图

(a)带桩架的钻井平台;(b)不带桩架的钻井平台

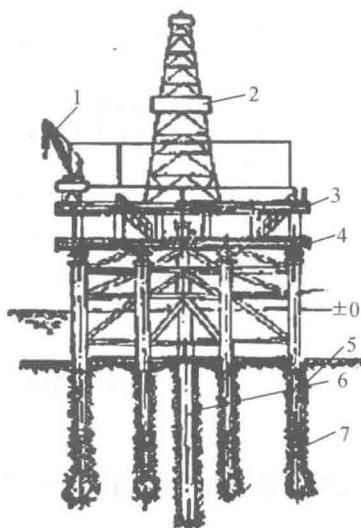


图 1-5 固定式钻井平台简图

1—起重机;2—井架;3—上层平台;
4—下层平台;5—导桩管;
6—隔水导管;7—桩管

平台通常采用多层的,一般为上、下两层平台,从下至上由主梁、次梁和平板组成,上、下两层平台之间用柱或桁架相连接。一般将钻井泵、循环系统、油、水、钻井液罐、发电机、锅炉等放在下层平台上;而将钻机和管材、工具、宿舍等放在上层平台上。

为了尽可能减小固定式钻井平台的尺寸和用钢量,还可以采用小平台加辅助船,将钻井泵、发电机组、锅炉等设备,部分器材及宿舍放在辅助船上。平台和辅助船之间有梯子和连接软管等装置。

固定式钻井平台的主要优点是稳固性好,钻井工作受海洋气象影响较小;钻井完成后还可留作采油平台;适宜在浅海打生产井。为了提高平台的利用率,通常用打定向井的方法在一个平台上打多口井。

固定式平台适用的水深较浅,一般为 20~30 m。水深增加时,它的耗钢量大大增加,造价高,不经济。固定式钻井平台不易搬迁,因而不适用于打勘探井。

2. 坐底式钻井平台

坐底式钻井平台是一种具有沉垫浮箱的移动平台。上为工作台,下为沉垫浮箱,中间连有支撑管柱,总高度要大于工作水深,如图 1-6 所示。

(1)沉垫浮箱 利用充水—排气及排水—充气的沉浮原理来控制工作平台的沉降或上升。钻井时,沉垫中注水,装置下降,沉垫坐在海底。完井后,浮箱中充气排水,装置上升,以便拖航至新井位,沉垫有船舱型和浮筒型两种。后者制造工艺简单,应用较广。

(2)工作平台 用于安装机械设备。有正方形、长方形、三角形三种平面形状。一边有井口,以便完井后移运;另一边安置吊梯或起重机,以便从辅助船上搬运器材。

(3)中间支承 一般用金属桁架结构,它的高度随水深而定,一般为二三十米。

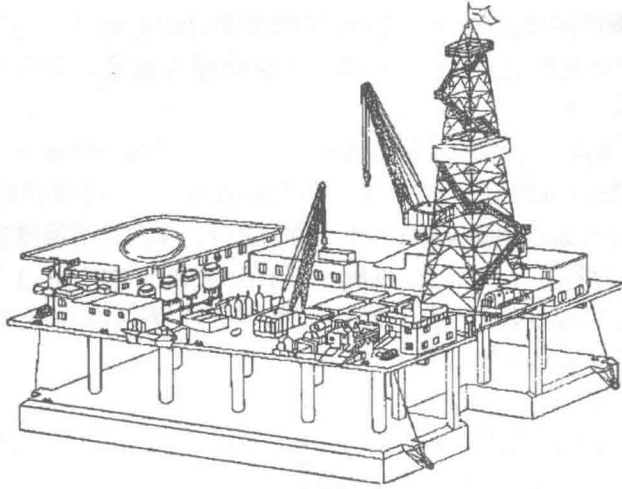


图 1-6 坐底式钻井平台简图

坐底式钻井平台在移运和沉浮过程中,要保持良好的稳定性。当装置坐在海底时,要注意海浪和海流的影响,防止冲走浮筒下面的土壤,使装置移动或倾倒。为了解决这些问题,可采用抛锚、砂石加固浮筒下部,吸泥管清除浮筒下面的软泥使浮筒沉入海底一定深度,以及敞口筒插入海底等方法。

坐底式钻井平台的优点是钻井时固定牢靠,完井时移动灵活,适合在浅海区打井。但随水深增加,为使装置稳定性好,势必增大耗钢量;因为沉垫浮箱坐在海底,所以要求海底坡度小,否则需将海底进行平整。

3. 自升式钻井平台

平台的结构特点是箱形结构,平台结构沿着桩脚可以升降,如图 1-7 所示。当桩脚伸向海底时,平台可以沿桩脚上升到最大潮水位和最大波高以上,可以和固定平台一样进行钻井作业。钻完井后,下降到水面,借助平台浮力拔出桩脚并向上举升,又可移运到新井位。

自升式钻井平台由桩脚(或称腿柱)和工作平台两部分组成。桩脚有圆筒形、三角形或正方形断面的桁架。工作平台本身就是一个驳船,用以安放机械设备。钻井前,桩脚下降,支在海底,平台升起脱离海面,以便进行操作;完井后,平台降至海面,桩脚拔起,驳船浮动,便于拖运。

桩脚最少有三根。平台的升降靠电动-液压式、电动-齿轮齿条传动力式桩脚。圆筒

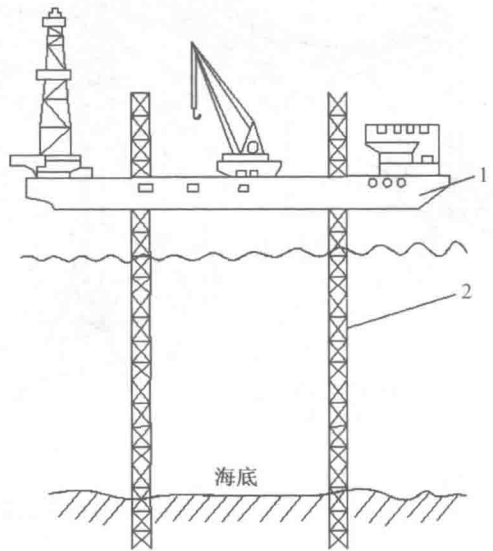


图 1-7 自升式钻井平台简图

1—平台;2—桩脚

形一般采用电动-液压式,而桁架采用电动-齿轮齿条传动力式。桩脚一般长度为 75 ~ 125 m。

水深较大时,桩脚可向外张开一定角度,以增加平台的稳定性。桩脚底端可以用垫子将垂直和水平负载传至土壤上,垫子可不插入土壤或插入较浅。为了适应不同坡度的海底,桩脚可以单独升降。

自升式钻井平台的优点是对水深适应性强,可适用于水深 100 m 左右;无桩脚底垫时,用钢量少,造价低;桩脚插入海底时,有良好的抗侧向移动性;在出现意外的高海浪时,平台可向上升高,增大了与水面之间的空间;当平台在水平面上时,能够维修整个船体。

自升式钻井平台也存在不少缺点,桩脚下部有桩靴和沉垫时,由于海底的冲刷和基础的破坏,容易造成整个装置的漂移;由于桩脚长度的限制,不适于在更深的海域工作;拖航时,容易遭受风暴的袭击而受到损害。

4. 半潜式钻井平台

半潜式钻井平台与坐底式钻井平台相似,在浅水区,沉垫全部降在海底,即作为坐底式(沉垫式)钻井平台使用;而在水较深时(30 ~ 200 m),可以在漂浮状态下使用,即作为浮式钻井船,如图 1-8 所示。

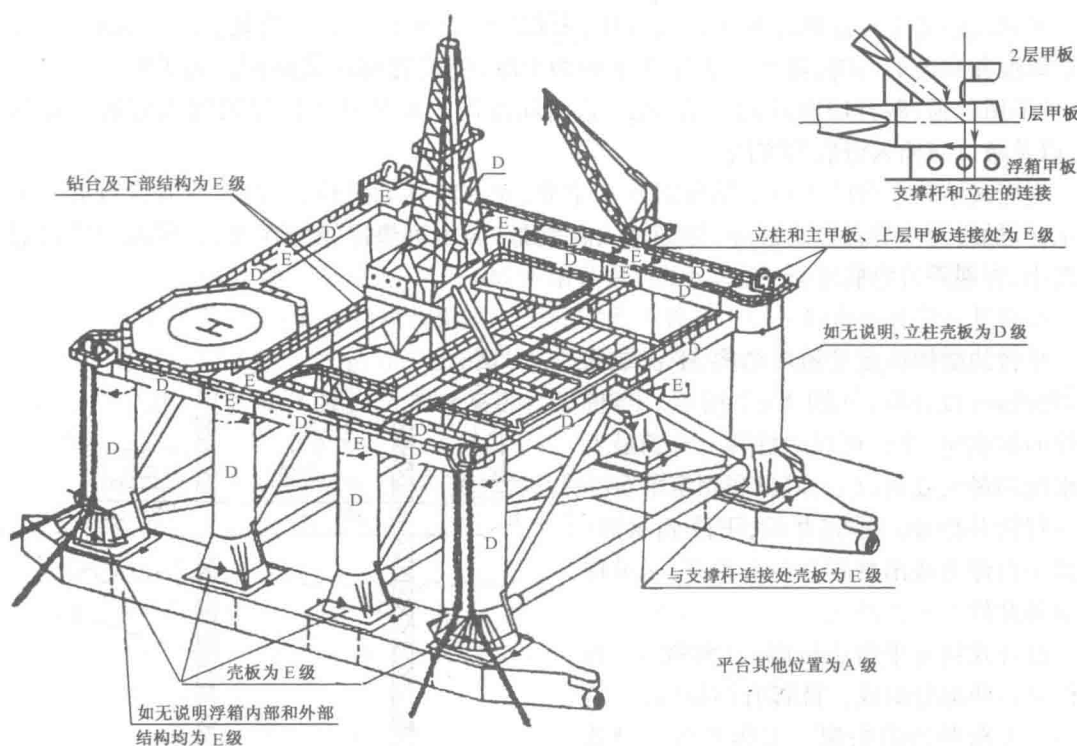


图 1-8 半潜式钻井平台结构示意图

半潜式钻井平台由沉垫浮箱(筒)和船体组成。沉垫浮箱常制成船形,内有供沉浮用的压载舱,沉垫的平面形状可为矩形或梯形。前者压载水舱对称,易于控制排、灌水;后者能适应钻井船上的载荷不均匀性,拖运时阻力小,抗浪性能好。

船体可用钢材或钢筋混凝土制成,应有缺口或 V 字形,以便完井后拖运时不受水下井

口装置的阻碍。

通过向沉垫浮箱灌水或排水,可随意升降平台(船体),它的沉垫浮箱处在海面下较深的位置,所以受波浪的影响较小,稳定性比钻井船好,在运移时,平台(船体)可以浮在水面上,从而减小拖航的阻力。由于沉垫浮箱工作时大部分是潜在水面以下,所以称为半潜式。半潜式钻井平台稳定性较好,当沉垫中注水时,可使整个装置下部二三十米浸没在水中,再加上用锚链固定,虽然处于漂浮状态,但比钻井船稳定,移运灵活。半潜式钻井平台既能满足水深多变的要求,又能解决稳定性和移运性问题,是有发展前景的一种钻井平台。

5. 钻井船

它是将钻井设备、器材及人员均安置在船上的钻井装置,有自航和非自航两种,如图 1-9 所示。

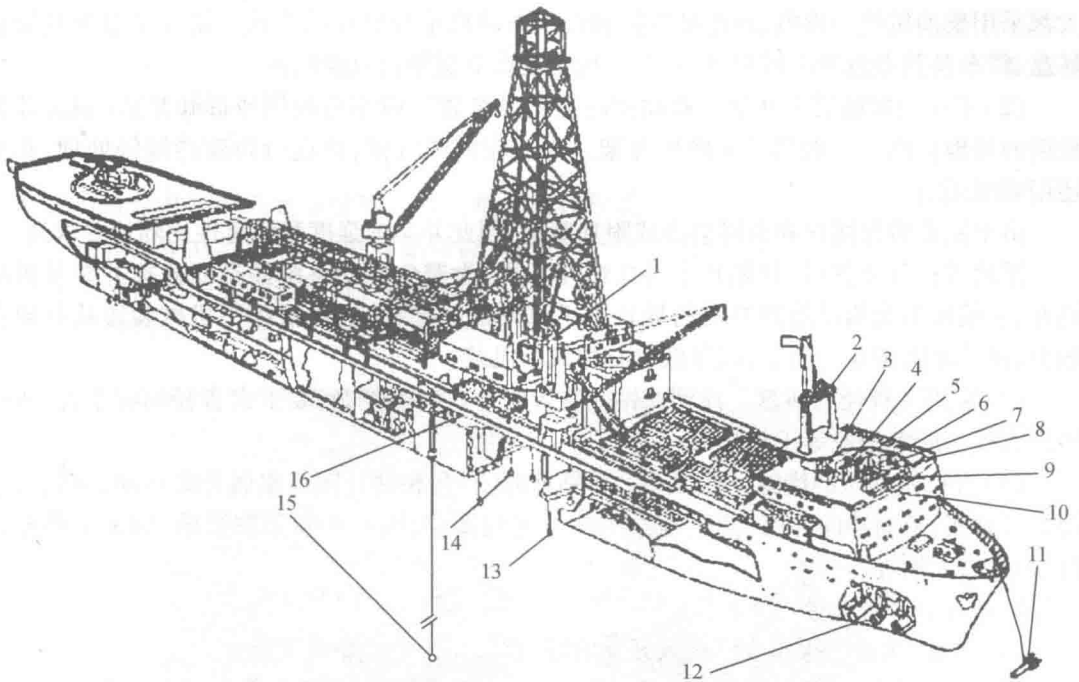


图 1-9 浮式钻井船结构示意图

- 1—司钻室;2—风速计;3—充电室;4—数字计算机;5—动力定位柜;6—电源;
7—接收器;8—模拟计算机;9—电罗经;10—动力定位台;11—海流计;12—横向推进器;
13—水听器;14—声波发射器;15—钢绳式船位仪重物;16—垂直中心

钻井船漂浮在水上,在风浪和潮流的影响下,必然会发生摇摆、平移和升降,严重时会影响钻井作业的正常进行。钻井船抵抗摇摆的能力称为稳定性;抵抗平移的能力称为系定性。稳定性和系定性是浮动式钻井装置的重要性能指标。

为了提高钻井船的稳定性,可采用的方法有:适当增加整个装置的质量;增大装置的横向尺寸或采用双体式钻井船;降低装置重心,在下部设置压载舱;液体用容器分装或用隔舱法,避免液体动荡过大而影响装置的稳定性。

钻井船的平移会使钻柱弯曲,甚至折断。为了减少钻井船的平移,应使船头对着风浪

的方向抛锚系定,抛锚的数量为6~8个或更多。水深越大,锚缆越长,系定能力就越小。当水深大于200 m时,需用动力定位法。动力定位是将平台的平移转变为电信号,电信号输送到电子计算机中,控制专门的推进器,使装置及时恢复到原来位置,对准海底井口。

浮式钻井船的优点是移运灵活,停泊简单;造价比半潜式低;容易维护;航速高;适用于较深的海域,一般可达390 m以上。

浮式钻井船的缺点是稳定性差,受海上气象条件的影响大。

三、海上钻井平台的特点与选择

1. 海上钻井设备的特点

海洋钻机的许多设备与陆上钻机的相同或大同小异。

(1)大多数采用单独的电驱动。海上平台的面积有限,安装统一驱动钻机有困难,因此大都采用柴油机统一发电、可控硅整流和直流电动机单独驱动的方式。钻井平台上只安装转盘、绞车及其电机发电机组,钻井泵等均安装在下层平台或船舱内。

(2)采用加固的塔形井架。移动式海上钻井装置一般不必放倒或拆卸井架(也无井架放倒的场地),所以一般都采用塔形井架。为适应海洋气候,要进行防腐热镀锌处理,井架还用绷绳固定。

由于钻井装置摇摆和升降会造成附加载荷,因此井架的强度和稳定性比陆地要求高。

浮动式钻井装置(钻井船和半潜式钻井平台)为避免游动系统摇摆而碰撞井架及影响钻井,它的游车大钩是沿井架上的导轨上下移动的。起钻时,立根都用机械装置从井架内取出、排放并固定在平台上,以降低重心和减小风载。

(3)采用大直径的转盘。浮动式钻井装置的井口装置复杂,要下大直径的隔水管,所以转盘直径一般大于或等于950 mm。

(4)有控制钻压的措施。在浮动平台钻井时,平台和钻具随海水做升降运动,使钻头忽而离开井底,忽而冲向井底,使正常加压钻井遇到困难,因而必须采取措施,如采用伸缩钻杆、恒张力大钩等。

2. 钻井平台的选择

(1)浅水,油田已探明或已进入开发阶段,宜选用固定式钻井平台。

(2)水深在20~30 m以内,风浪不大,海底平坦柔软,且无冲刷海流,可选用坐底式钻井平台。

(3)水深在30 m以内,浪高大于3 m的时间仅占一年内的十分之一以下时:

- ①对于勘探井,宜选用带辅助船的自升式钻井平台;
- ②对于生产井,宜选用固定式钻井平台加辅助船,完井后可改为采油平台;
- ③风浪更大时,因辅助船抗风浪能力差,故宜选用自给式(不带辅助船)的自升式钻井平台。

(4)水深在50~60 m之内,风浪较大时:

- ①对于勘探井,宜选用自给式不带辅助船的液压自升式钻井平台;
- ②对于生产井,选用固定式钻井平台加辅助船,完井后改为采油平台。

(5)水深超过60 m,可选用半潜式钻井平台或浮式钻井船。浮式钻井船适用水深更大,可达600 m。而勘探完需采油可建综合式采油平台或海底采油。

(6)海上特殊作业,如安装平台、吊装重型设备等,宜用自升式钻井平台,因为浮式钻井船受海上气象条件影响大。

(7) 钢筋混凝土钻井平台或钻井船因强度不够, 不主张采用。

任务二 自升式钻井平台

自升式平台可适用于不同土壤条件和较大的水深范围, 移动灵活方便, 因而得到广泛应用。自升式平台由平台主体、桩腿和升降装置组成。

一、自升式钻井平台结构介绍

自升式钻井平台, 带有能够自由升降的桩腿, 作业时桩腿下伸到海底, 站立在海床上, 利用桩腿托起船壳, 并使船壳底部离开海面一定的距离(气隙)。拖航时桩腿收回, 船壳处于漂浮状态。

作业水深范围从 12/14 ft^① 直至 550 ft。大多数自升式钻井平台的作业水深在 250 ~ 300 ft 范围内。

(一) 自升式钻井平台的形式

自升式钻井平台有独立桩腿式和沉垫式两种形式。

平台稳定站立后, 大多数悬臂梁可以将钻台外伸到固定平台。

在风大浪急的海面不能进行拖航。

1. 支撑形式 桩靴式; 沉垫式(见图 1-10)。

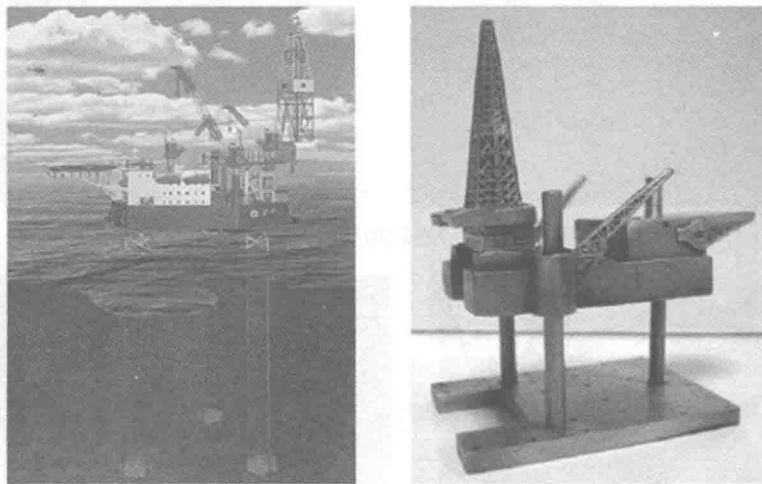


图 1-10 支撑形式: 桩靴式; 沉垫式

2. 升降装置 液压缸升降(插桩式); 齿条/齿轮箱(见图 1-11)。

3. 桩腿结构形式 筒型; 桁架(见图 1-12)。

4. 桩腿数量 3 腿; 4 腿。

5. 槽口 有槽口; 无槽口(见图 1-13)。

^① 1 ft = 12 in = 0.304 8 m。

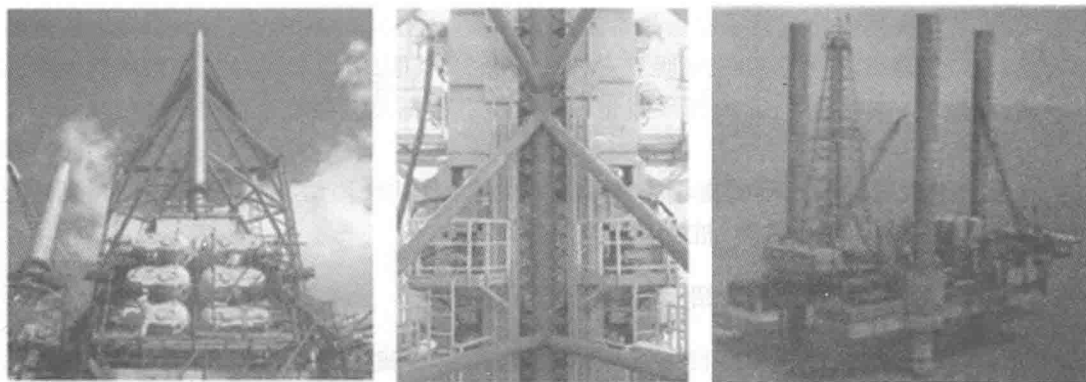


图 1-11 升降装置:液压缸升降(插桩式);齿条/齿轮箱

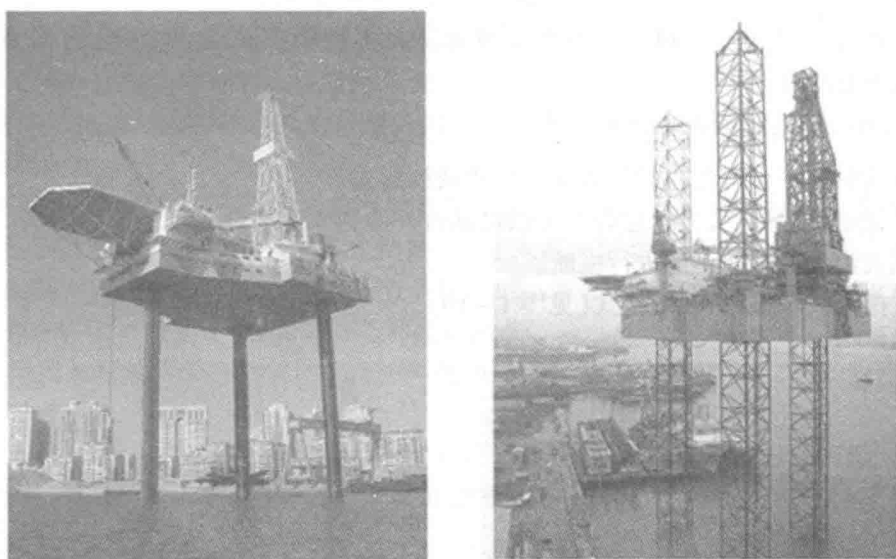


图 1-12 桩腿结构形式:筒型/桁架



图 1-13 槽口:有槽口;无槽口

6. 生活楼的布置 横向布置;周边布置。

自升式钻井平台,又称为桩脚式钻井平台,是目前国内外应用最为广泛的钻井平台。自升式钻井平台可分为船体、桩脚和升降机构三大部分。需要打井时,将桩脚插入或坐入海底,船体还可顺着桩腿上爬,离开海面,工作时可不受海水运动的影响。打完井后,船体可顺着桩腿爬下来,浮在海面上,再将桩脚拔出海底,并上升一定高度,即可拖航到新的井位上。

(二) 自升式钻井平台的总体布置方案

1. 自升式钻井平台的技术参数(图 1-14)

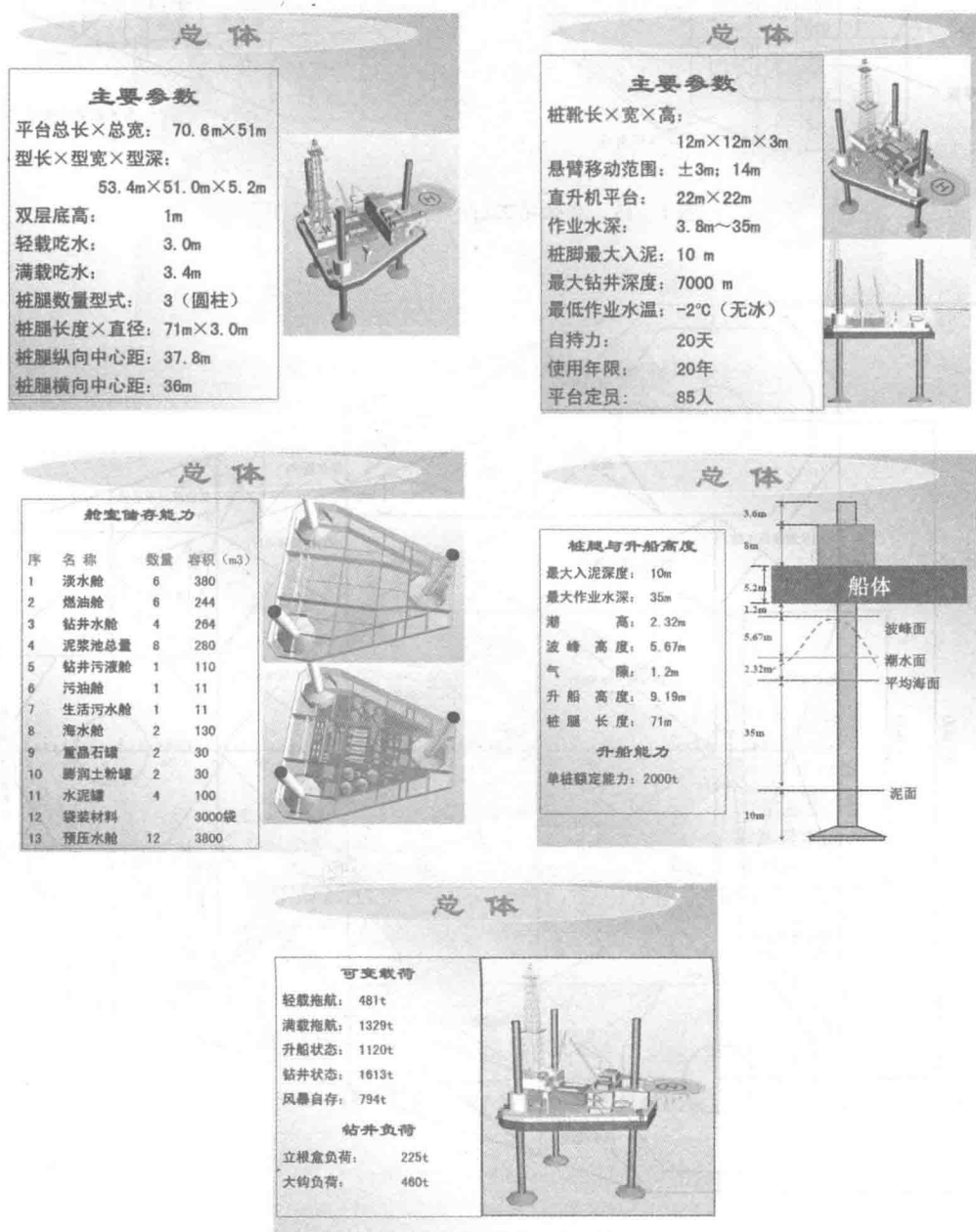


图 1-14 技术参数