

方华灿 编著

高等学校教学用书

海洋石油钻采装备与结构

石油工业出版社



200349444

48635

TE5

010

海洋石油钻采装备与结构

方华灿 编著



00296277



48635



石油工业出版社

内 容 提 要

DP49/18

本书由三部分内容组成。第一、二章全面介绍海洋钻井及采油的装备与结构，第三、四章以波浪力为重点，介绍海洋环境及环境载荷；第五、六章研究海洋浮动钻采装备的运动学和动力学，以及海洋石油钻采装备与结构的强度及寿命计算问题。

本书内容特点是装备结构与理论分析兼顾，便于学生将感性认识与理论分析相结合；从装备结构到载荷分析，再到强度、寿命计算，循序渐进，由浅入深，便于教学及自学；本书的三个组成部分可适用于不同选修专业，各有侧重，学时及内容均可灵活掌握，适用范围宽。

本书可作为石油高等院校的矿业机械、钻井工程、采油工程以及管理工程等专业的选修课教材，授课学时 40~60 学时，也可供有关工程技术人员参考。



海洋石油钻采装备与结构

方华灿 编著

*

中国石油天然气总公司教材编译室编辑 (北京 902 信箱)

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 $12\frac{3}{4}$ 印张 314 千字 印 1 -2,000

1990 年 11 月北京第 1 版 1990 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0432-1 / TE · 418 (课)

定价: 2.55 元

序 言

1977年以来,石油学院的教学计划中,开始设置了海洋石油钻采设备选修课。这门课程主要是为石油高等院校中与海洋石油有关的专业,如矿业机械、钻井工程、采油工程以及管理工程专业等而设置的。由于这些专业的毕业生将来要有部分人员从事海洋石油工程工作,因此,他们需要具备海洋石油钻采装备与结构以及与此有关的海洋工程方面的知识。这就是设置本选修课及编写这本教材的目的。通过这些年的教学实践,逐渐感到使用海洋石油钻采设备这个课程名称有局限性,不能包括所有的装备与结构。因此,借出版这本书的机会,将这本教材及这门课的名称更改为海洋石油钻采装备与结构。

自从1977年开设此课以来,这门课的教材曾经历了一个在实践中逐步完善的过程。开始时,笔者曾编写过有关海洋石油钻采设备方面的内容,作为《石油矿场机械》(华东石油学院讲义)的第八章及《石油钻采机械》(石油工业出版社出版)的第十九章。后来,又增添了有关的理论分析及理论基础的内容,曾在华东石油学院校内印发了《海洋石油钻采设备理论基础》讲义。1985年石油工业出版社出版了笔者编写的《海洋石油钻采设备理论基础》一书。为了兼顾装备与结构及其理论分析;为了适合大学生选修课的学时及内容的需要,笔者于1986年又编写了《海洋石油钻采设备理论》一文,并增加了近年来海洋石油钢结构的疲劳断裂与损伤以及海上浮式早期生产系统等方面的科研成果的内容。现在这本《海洋石油钻采装备与结构》,就是在这个基础上编著而成的。

由于这门课选修的专业较多,且学时要求不一,因此本书内容的篇幅,大体上是按照40~60学时的字数要求来写的。全书共分为六章,三个组成部分。前两章分别讲授有关海洋钻井及采油的装备与结构方面的基本知识,使学生从感性认识入手,为深入进行理论分析打下基础。第三、四两章都是介绍海洋环境及环境载荷,并在第四章中,突出了海洋环境载荷中最重要的有关波浪力的内容。这部分内容讲授的目的是使学生能够对海洋石油钻采装备与结构上承受的来自海洋环境的载荷,进行理论分析与计算,从而为下一步进行海洋石油钻采装备与结构的强度和寿命分析做好准备。本书的最后部分由第五、六两章组成,这部分主要是围绕研究装备与结构的主题,即强度与寿命问题,讲授分析与解决实际问题的方法。第五章是从海洋浮动钻采装备与结构的特殊性出发,着重进行运动学与动力学的分析;第六章则通过解剖典型,使学生学会运用理论,分析与解决海洋钻采装备与结构强度及寿命问题的方法。

综观上述本书的内容,可看出本书的特点是:

第一,装备结构与理论分析兼顾。这样,既便于学生自感性认识入手,使感性与理性认识结合;又将大学生与研究生的课程区别开来,适用于大学生选修课教材。

第二,由浅入深,循序渐进。本书内容的三个组成部分,是具体结构到载荷分析再到强度寿命计算,这样符合循序渐进的原则。与此同时,在每个部分也是从准备必要的理论基础开始,由浅入深。有利于学生将其作为教科书使用;也便于有关科技工程人员进行自学时参考。

第三,适用范围宽广。本书内容的三个组成部分,可因选修专业的不同而有所侧重。对

于机械与设备的专业，可以第三部分强度寿命为重点；对于管理工程专业可侧重于第一、二部分，着重建立海洋石油工程的基本知识；对于钻井、采油等工艺类型的专业，也可以第一、二部分为主，辅以第三部分的必要内容。这样，选用本教材，不仅适用专业范围宽广，而且学时灵活，方便教师授课及学生自学。

本书的前两部分内容系笔者这些年来几次写教材时，参考国内外有关文献编写而成。第三部分有关海洋浮动钻采装备的动力响应及其影响以及升沉补偿及其力学分析等，还有海洋钻机起升机件的强度和海洋钻采平台构件的腐蚀疲劳寿命等，均系这些年来关于这方面科研成果的总结，还不够成熟。总之，书中还会存在不少问题，不妥之处希望能得到读者的指正。

本书经石油大学胡泽明教授审查，石油天然气总公司教材编译室的有关同志也给了很大帮助；编写过程中马汝建同志等对于制图等工作，付出了辛勤劳动，做了大量工作。谨在这里向这些有关单位和同志致以诚挚的感谢！

方华灿

1987年10月

目 录

第一章 海洋石油钻井装备与结构	(1)
第一节 海上钻井平台	(1)
第二节 海洋浮动钻井船的升沉补偿装置	(11)
第三节 海洋钻井的水下井口设备	(19)
第四节 海上自升式钻井平台的升降	(27)
第二章 海洋采油装备与结构	(35)
第一节 海上采油平台及水下采油装备	(35)
第二节 海洋采油的井下作业器具	(44)
第三节 海上采油早期生产系统	(53)
第三章 海洋环境及环境载荷	(62)
第一节 风及风载	(62)
第二节 潮汐、海流及海流力	(68)
第三节 海冰及冰力	(71)
第四节 海啸和风暴潮及地震力	(75)
第五节 海浪	(78)
第四章 海浪理论与波浪力计算	(89)
第一节 海浪理论的流体力学基础	(89)
第二节 微幅波理论与有限振幅波理论	(96)
第三节 作用于海上结构物的波浪力的计算	(106)
第四节 随机海浪谱理论	(114)
第五章 海洋石油浮动装备的运动学与动力学	(129)
第一节 海洋石油浮动装备的摇摆与稳定	(129)
第二节 海上浮动钻井的升沉补偿	(137)
第三节 海洋石油浮动装备的动力响应及其影响	(146)
第四节 海洋浮动钻井装备的动力定位	(157)
第六章 海洋石油钻采装备与结构的强度	(160)
第一节 海洋钻机起升机件的强度	(160)
第二节 海洋隔水管柱的强度	(165)
第三节 海洋钻采平台构件的腐蚀疲劳寿命	(169)
第四节 随机载荷作用下海洋钢结构构件的疲劳寿命估算	(180)
参考文献	(196)

第一章 海洋石油钻井装备与结构

第一节 海上钻井平台

海上钻井平台是指在海上钻井时的工作场所。就其作业特点来说，可分为固定式与浮动式两种。前者作业时固定于海底；后者作业时漂浮于海面，随海水浮动。本节拟逐次介绍海上钻井平台的类型及选择，以及平台上钻井设备的组成和特点。

一、海上钻井平台的类型、性能及选择

(一) 海上钻井平台的类型与性能

海上钻井平台按照能否移动来划分，可分为两大类。

1. 固定式：固定钻井平台。固定于海底后，即不能再移动。

2. 移动式：包括自升式钻井平台、坐底式钻井平台、半潜式钻井平台和钻井浮船。作业完成后，它们可以通过拖航或自航，移运至其它地点。

在表 1-1 中列出了移动式钻井平台的性能参数，各类钻井平台的结构及其对比情况如图 1-1 所示。

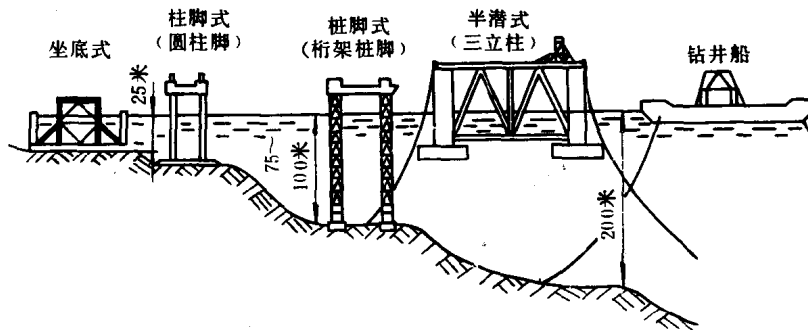


图 1-1 各类钻井平台对比图

(二) 各类钻井平台的结构及特点

1. 固定钻井平台

固定平台是借助导管架固定在海底的一个高出水面的建筑物，上面铺设甲板，作为平台，用以放置钻井机械及设备。其类型有：

(1) 按导管架的结构型式分，有直桩式、直桩-斜桩式、联结式三种，如图 1-2 所示。

(2) 按桩柱制造材料分，有木桩、钢桩、混凝土桩三种。混凝土桩一般预制好后，再在海上打桩。目前多用钢管桩即在空心钢管中浇注混凝土的结构。

(3) 按打桩用的设施分，有带桩架、不带桩架两种，如图 1-3 所示。前者通过打桩架打桩，打桩后，打桩架即作为导管架的组成部分。后者需在驳船运送来的甲板上打桩，打桩后留下甲板固定好，驳船即离开，此法应用广泛。

表 1-1 各类移动式钻井平台的性能

性能指标		型式	坐底式	自升式	半潜式	钻井浮船
工作水深, m			5~30	10~90	30~200	30~600
可钻井深, m			1500~3000	1500 以上	1500 以上	1500 以上
海底土质的限制条件			1.粘土、砂质粘土 2.坡度小	需根据海底土质状况 改变接地部分的形式	1.着底时要求砂质粘土 2.半潜时同右项	各种海底均可工作, 但 应注意锚的抓力
海上气象限制条件	正常作业	风速, m/s	20	20	20	10
		潮流, kn	4	4	4	3
		浪高, m	约 7	约 7	约 7	约 3
	设计极限	风速, m/s	60	60	60	60
		潮流, * kn	4	4	4	4
		浪高, m	因水深而异, 10 左右	同左	15	10
风浪中运动的情况	接触海底时	运动小, 不影响工作	同左	运动小, 不影响工作	—	
	漂浮水面时	运动相当大	同左	小	大	
移动性能	曳航阻力	相当大	相当大	相当大	小	
	波浪中强度	难以保证	桩腿振动较大, 影响 强度	若增加吃水则强度无 问题	强度能够保证	
船体定位方法			锚, 压载舱	桩腿、压载沉垫	锚, 压载舱	动力定位、锚、减摇罐
储藏能力, t			约 3000	800~1500	约 4000 以上	约 2000 以上
备注				目前实际工作水深记 录低		自动动力定位的钻井浮 船已可钻井 5000m

* kn——“节”为航海速度的单位, 1kn 相当于 0.514m/s。

(4) 按钻井设备布置分, 有带辅助船、不带辅助船两种。前者将钻杆、套管、泥浆材料库、水泥库等器材存放在辅助船上, 因而平台面积可缩小至 $15 \times 30\text{m}^2$ 。后者需加大平台面积至 $16 \times 40\text{m}^2$, 或采用多层式结构, 分层布置设备, 但因高度增加, 稳定性差。

固定平台的优点是:

- 1) 稳定性好。
- 2) 海面气象条件对钻井工作影响小。

其缺点是:

- 1) 不能移运。

2) 造价高, 适用水深有限, 它的成本随水深而急剧增加。

固定钻井平台一般应用于有价值的油田, 且适用水深在 20m 以内。完井后可做采油平台用。

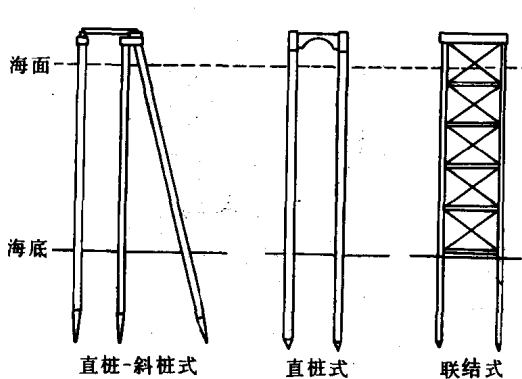


图 1-2 固定平台的结构型式

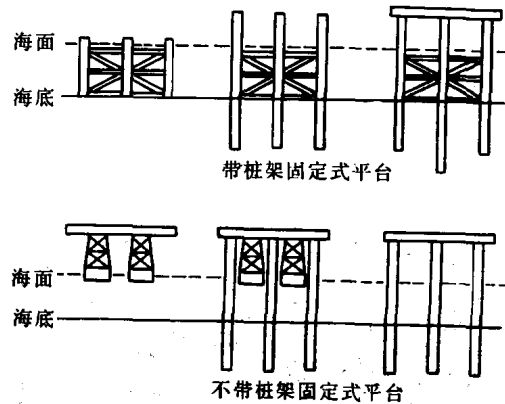


图 1-3 带桩架与不带桩架的固定平台

2. 坐底式钻井平台

坐底式钻井平台是一种具有沉垫（浮箱），并借助沉垫可坐于海底，漂浮海面则可拖航的移动式平台。如图 1-4 所示，其上为工作台，下为沉垫（浮箱），中连支撑管柱，总高度大于工作水深。我国自行设计与建造的“胜利一号”坐底式钻井平台如图 1-5 所示。

其结构组成有：

(1) 沉垫（浮箱） 利用充水排气及排水充气的沉浮原理来控制沉垫沉降或上升。钻井时，沉垫中注水，因而可坐于海底。完井后，沉垫排水充气，构成浮箱，因而平台升起，即可拖航。沉垫（浮箱）有船舱型及浮筒型两种。

(2) 工作平台 用于安放机械设备。有正方形、长方形、三角形三种型式，与中间支柱焊接相连。一边有开口，以便于完井后移运；另一边安置吊梯或起重机，以便从辅助船上搬运器材。

(3) 支柱 一般采用金属桁架结构，与平台及沉垫相连接，它的高度随工作水深而定，约为 20~30m。若在四个角柱处增添大直径的钢瓶或浮筒，则其适用水深可略增，稳定性也可提高，升降速度也可加快。

坐底式（沉垫式）钻井平台的优点是：钻井时固定牢靠；完井后移运灵活。其缺点是：工作平台高度恒定，不能调节；工作平台面积不宜过大，否则不易拖运；工作水深较浅。

3. 自升式（桩腿式）钻井平台

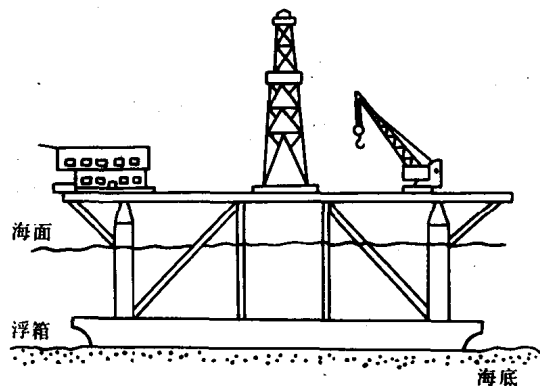


图 1-4 坐底式钻井平台

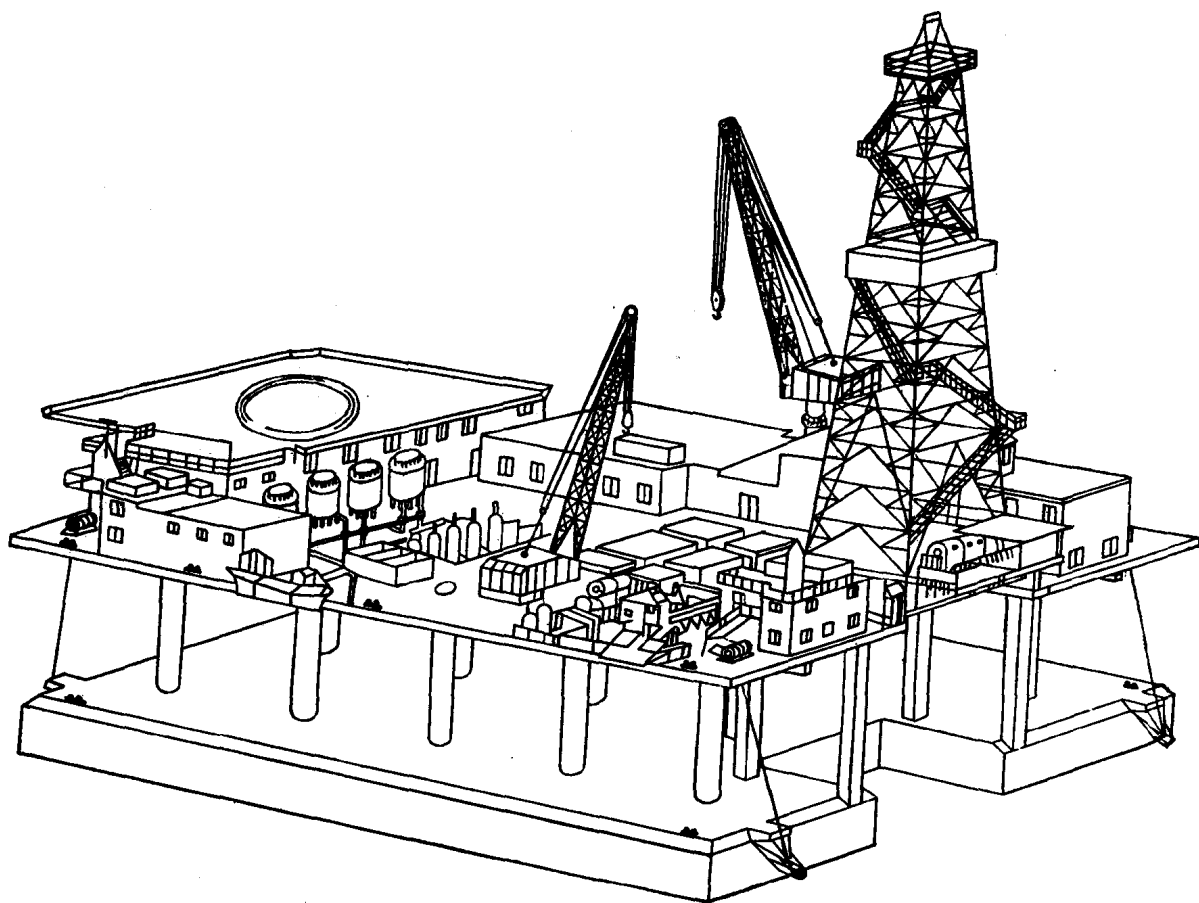


图 1-5 坐底式钻井平台

自升式（桩腿式）钻井平台是一种具有自行升降的数根桩腿，并借助桩腿稳定于海底的移动式平台。如图 1-6 所示。

其结构组成有：

(1) 桩腿 按其结构来分，有圆柱及桁架两种。按其升降方式来分，又有气动、液压、齿轮齿条传动三种。管柱桩腿采用气动或液压方式升降，而桁架桩腿则采用齿轮齿条传动方式。桩腿长度视水深而定，一般为 75~125m。

(2) 工作平台 本身就是一个驳船甲板，用以安放机械设备。钻井时，桩腿下降，支在海底，平台高出海面，以便进行作业。完井后，先将平台降至海面，再拔起桩腿，于是驳船漂浮于海面，以便拖运。

自升式钻井平台的优点是：对水深适应性强，稳定性好；但缺点是不适于在更深的海域工作。

4. 钻井浮船

钻井浮船是利用改装的普通轮船或专门设计的船作为工作平台，如图 1-7 所示。它的船体可以是一个或者两个。前者必须在海底完井，否则船移动时会撞坏井口装置，后者则可在海面上完井。

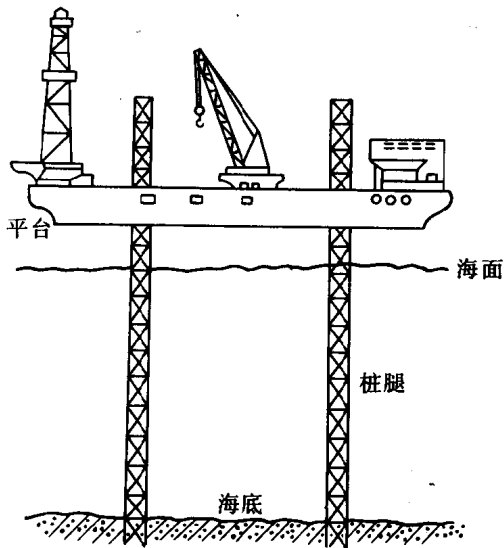


图 1-6 自升式钻井平台

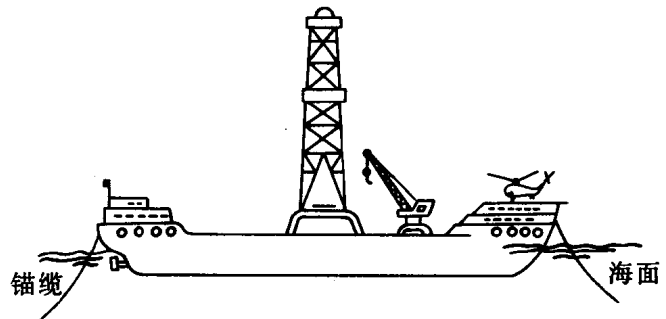


图 1-7 钻井浮船

钻井浮船的船体一般用钢材制成，也可用钢筋混凝土制成。后者节约金属且耐腐蚀，但需用预应力钢筋混凝土构件，以保证其强度、抗冲击和抗震能力。

钻井浮船到达井位后，要抛锚固定。作业时特别是遇到风浪时，钻井浮船船身产生上下升沉及前后左右摇摆，因此，在钻井浮船上，应合理布置机械设备，增设升沉补偿装置、减摇罐，及采用自动动力定位系统等多种措施来保持船体稳定。

钻井浮船的优点是：移运灵活，停泊简单；适用水深大，最大可达 300m。其缺点是：稳定性差；受海上气象条件的影响大。

5. 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，沉垫坐于海底，可作为坐底式钻井平台使用，而在 30~200m 深水区，平台处于漂浮状态，相当于钻井浮船，如图 1-8 所示。

其结构组成包括：

(1) 沉垫（浮箱） 常制成船形，内有供沉降用的压载舱。沉垫的横截面为矩形或梯形。前者压载水舱对称，易于控制排、灌水；后者能适应钻井船上载荷的不均匀性，拖运时阻力较小，迎浪性能好。

2) 船体 可用钢材或钢筋混凝土制成。应有缺口或做成 V 形，以便于完井后拖运时不受水下井口装置的阻碍。

半潜式钻井平台的优点是：稳定性较钻井浮船好。当沉垫中注水后，可使整个装置下部有 20~30m 浸没在水中，再加上用锚链固定，故虽处于漂浮状态，但仍比钻井浮船稳定；

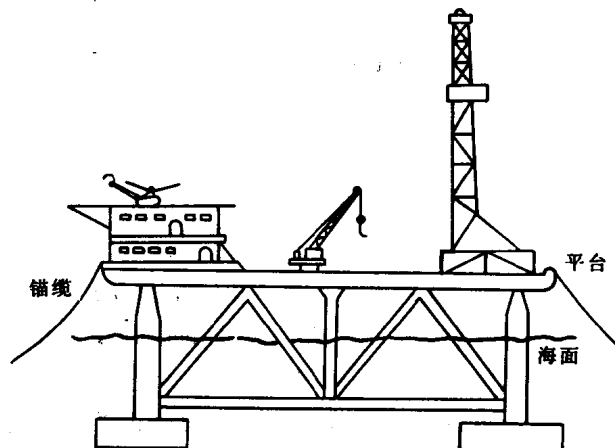


图 1-8 半潜式钻井平台

另外它移运灵活。完井后，沉垫排水，形成浮箱，使整个装置升起，至吃水仅 7~8m 时，即可自航或拖航。因而，它兼有坐底式钻井平台及钻井浮船的优点。

总之，由于半潜式钻井平台既能满足水深多变的要求，又能较好地解决稳定性及移运性问题，因此，它比其它钻井平台更有发展前途。现在作业于我国海域的半潜式钻井平台如图 1-9 所示。

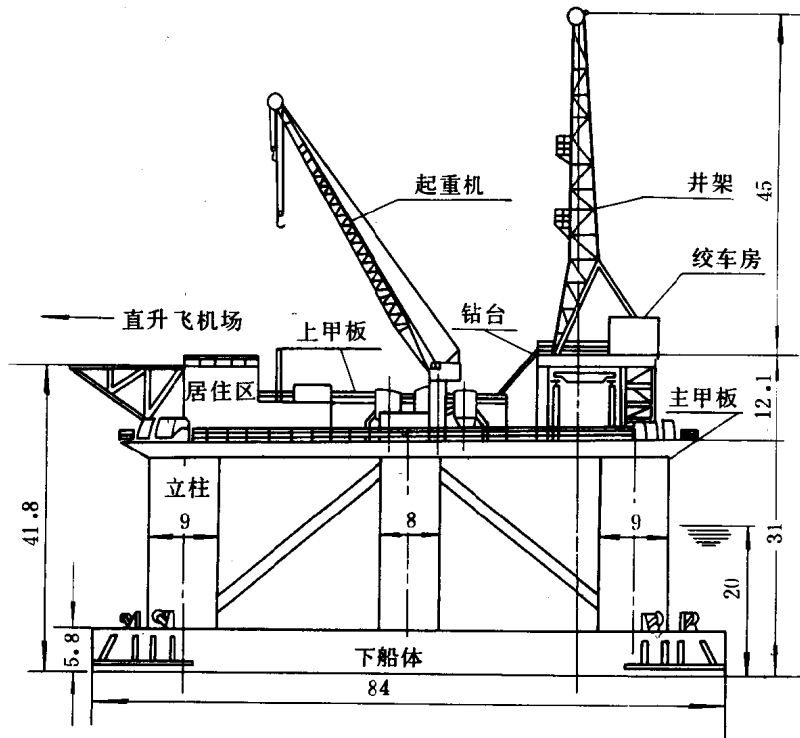


图 1-9 半潜式钻井平台 (长度单位: 米)

(三) 海上钻井平台的选择

钻井平台的选择一般应根据海域的水深来考虑，即：

- 1) 水浅、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 20~30m 间，风浪不大，海底平坦而柔软，且无冲刷海流，可采用坐底式钻井平台。
- 3) 水深虽在 30m 以内，但浪高大于 3m 的时间仅占一年内的十分之一以下时：
 - 对勘探井，宜选用带辅助船的自升式钻井平台。
 - 对生产井，可选用固定钻井平台加辅助船。
 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) 水深超过 30m，但在 60m 以内，风浪较大时：
 - 对生产井，选用固定钻井平台加辅助船。
 - 对勘探井，选用自给式的液压自升式钻井平台。
- 5) 水深超过 60m，可选用半潜式钻井平台或钻井浮船。钻井浮船适用水深更大，可达 600m。

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。因钻井浮船受海上气象条件影响大。

7) 钢筋混凝土钻井平台因强度低,且不易安装设备和移动位置,故不主张用于钻井作业。

二、海上钻井设备的组成

海上钻井设备由以下几部分组成:

(一) 动力设备

根据钻井平台能否自航而不同。不能自航的,实际上是一个独立电站。能自航的可使航行用与钻井用动力设备共用或分开。主要包括:

1) 钻井用动力设备 一般用柴油机带动直流或交流发电机,然后再使用直流电动机驱动。也可采用燃气轮机发电。

2) 航行用动力设备 一般称为轮机,常用大功率的船用柴油机或燃气轮机。

3) 浮船定位用动力设备 如动力定位钻井浮船的定位螺旋桨用的直流电动机等。

4) 桩腿升降用动力设备 如自升式钻井平台升降桩腿时所需用的电动机等。

5) 辅助工作用动力设备 如锚泊、照明、起重等辅助工作用的电动机及备用的柴油机、发电机等。

(二) 钻井设备

海上钻井用的绞车、转盘、泥浆泵等与陆上钻井基本相同。除此以外,特殊需要的设备有:

1) 浮动钻井用升沉补偿装置 用来解决浮动平台随波浪升沉而引起钻柱做上下往复运动的补偿问题。一般在半潜式钻井平台与钻井浮船上均需配置。

2) 钻井用水下井口设备 用以隔绝海水,造成自平台至海底井口装置间的通道。对于采用水下井口的钻井平台和钻井浮船,均需配备。

3) 钻杆排放装置 海上钻井一般多采用卧式钻杆排放装置,因为它与立式者相比,重心低,承受风浪载荷的能力强,平台稳性较好。它主要包括有立根移送机构、钻杆排放架和控制台等。

4) 泥浆配制设备 主要包括有泥浆池、搅拌器、装料泵、混合泵及泥浆储罐等。

5) 泥浆净化装置 主要有泥浆振动筛、脱气器、除砂器、除泥器等。

6) 测井设备 主要有测斜仪、泥浆录井装置、自动测试仪等。

(三) 固井设备

为了在海上进行固井,需在平台上配备一套完整的固井设备,一般采用柴油机作为动力。包括有柴油机动力机组、注水泥泵机组、控制及计量设备、气动下灰装置、水泥搅拌和供水设备等。

(四) 试油设备

为了独立地在海上进行试油,平台上需配备有成套试油设备。包括油气水分离器、加热装置、计量罐、燃烧器、测量仪表等。

(五) 起重、锚泊设备

起重设备主要有主甲板上的起重机以及其它辅助工作用的起重机,用以运送人员、物资、器材等。

为了使半潜式钻井平台与钻井浮船定位，要配备锚泊设备，它主要包括大抓力锚、锚链、锚架、链绞车、锚缆绳、绞盘和缆桩等。

(六) 平台或船体结构

主要包括有固定平台的导管架、甲板等结构；移动平台的船舱、甲板、桩腿、沉垫（浮箱）、立柱；钻井浮船的船舱、甲板等结构。

图 1-10 (a)、(b) 为自升式钻井平台的设备组成及布置图。图 1-10 (c) 为半潜式钻井平台的甲板布置图。

图 1-11 为“皮黎肯”号钻井浮船的各部分组成情况。

(七) 其它设备

如潜水作业用设备，直升飞机等运输设备，救生艇等安全设备以及海水淡化装置等。

三、海洋石油钻井装备的特殊问题

由于海上的工作条件与陆上区别很大，给海洋石油钻井装备与结构带来了一系列新的问题。

(一) 保持定位问题

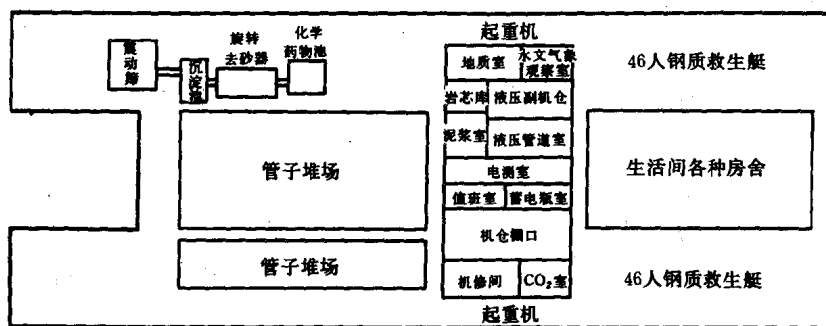


图 1-10 (a) 自升式钻井平台的布置图

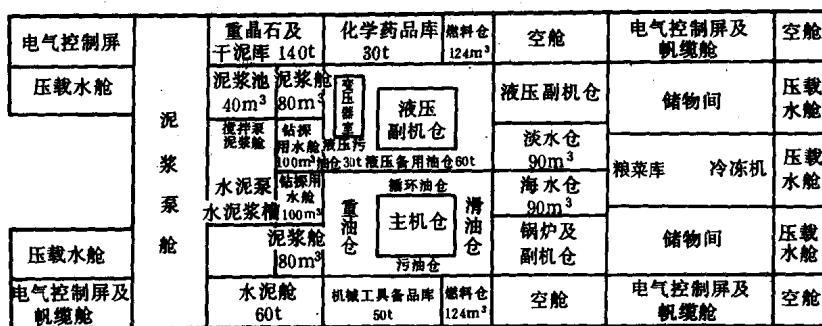


图 1-10 (b) 自升式钻井平台的布置图

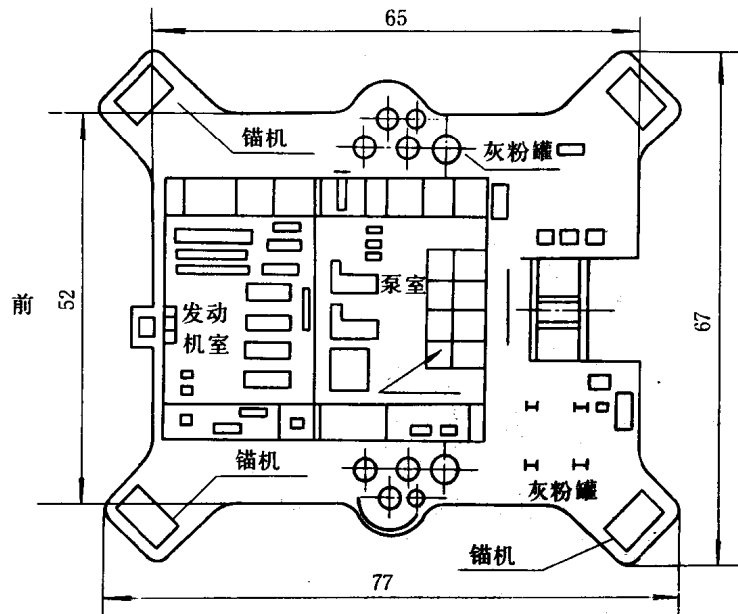


图 1-10 (c) 半潜式钻井平台的甲板平面图

海上浮动钻井时，由于船或平台处于漂浮状态，因此必须保持对井口的定位。目前采用的措施主要有：

1) 锚泊定位。锚泊定位是用锚抓住海底，再通过锚链或锚缆将船或平台定位。常用的锚有 4.5、9.1 或 13.6t 等级。通常多使用锚链，其优点是重量大、悬垂度大，能增加锚抓力；强度较高。主要缺点是要求船上具有大容量的储存锚链仓，因而限制了抛锚水深；再者由于重量大、悬垂度大，反应迟缓，减低了锚泊能力。

2) 动力定位。它是目前较先进的一种保持定位的方法。这种方法是直接用推进器来及时调整船位。

它是由测量系统（声波测量装置或张紧轮测量装置）给出船相对于水下井口的位置以及船身方向等数据，连续传送到控制系统的电子计算机中。再计算出船的位移及恢复船位所需要的推动力及力矩，并发出讯号使执行机构（纵向和横向推进器）工作，从而保持浮船定位。目前在钻井浮船上已使用可变螺距推进器，纵向的约 4416kW，横向的船首约为 3312kW，船尾约为 2208kW。如图 1-11 中所示。

动力定位的优点是：调整时间短，工作水深大。缺点是：设备成本高，消耗燃料多。动力定位不能用于浅水，最大工作水深取决于声波发生器的功率及噪音干扰情况。目前实现自动动力定位的钻井浮船的工作水深已达 600m。

(二) 升降运动补偿问题

在海上进行浮动钻井时，钻井船除前后左右发生摇摆外，还将产生上下升降运动，导致井架及大钩上悬吊着的整个钻柱周期性地上下运动，不利于钻进。因此，必须解决钻柱上下运动的补偿问题。在本章第二节将专门讨论这个问题。

(三) 装设钻井用水下井口设备问题

海上钻井采用水下井口时，井口在海底，需要在海底井口与水上甲板间装设一套隔绝海水、适应摇摆、控制井口的装置，这套装置统称为钻井用水下井口设备。

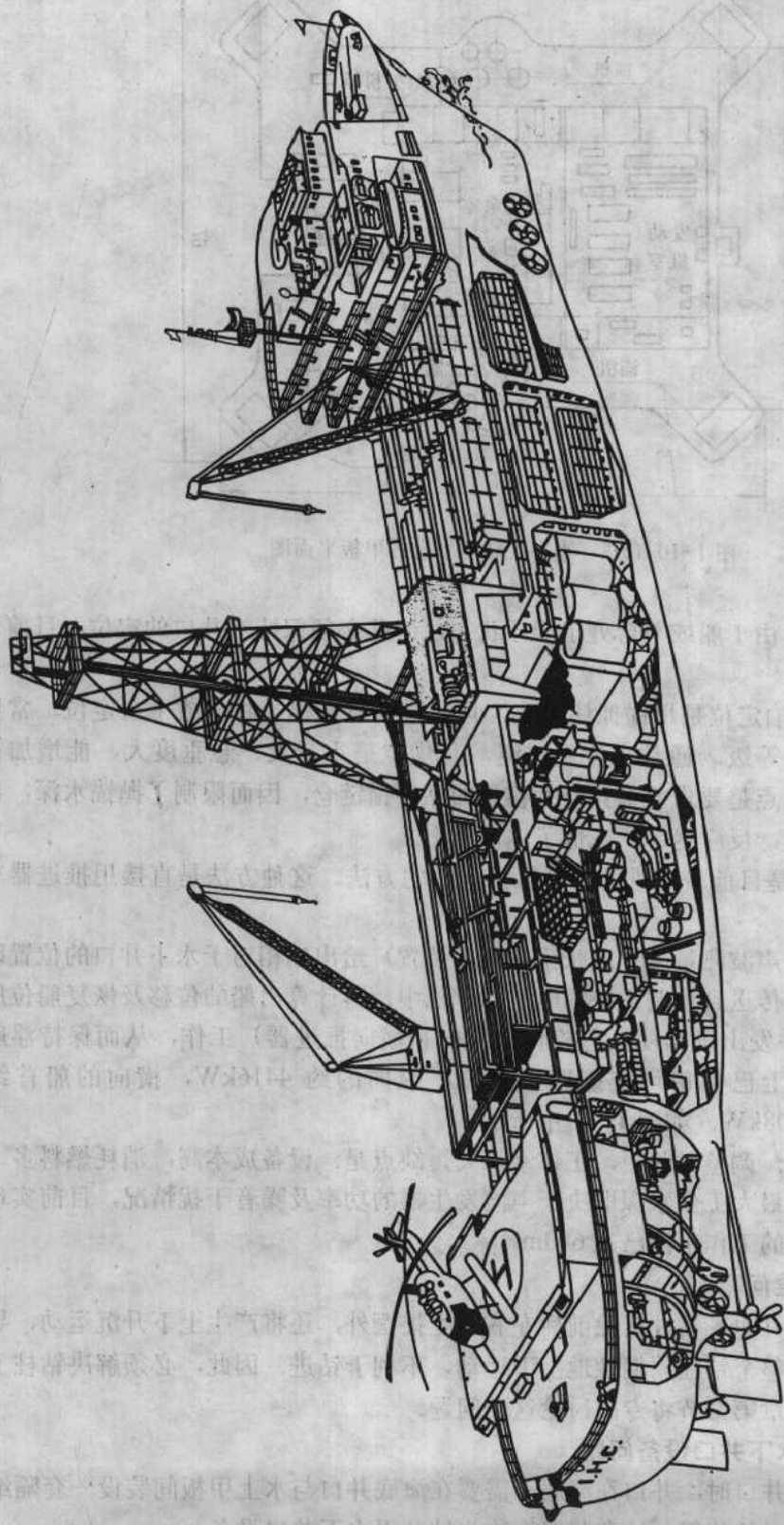


图 1-11 “皮黎肯”号钻井浮船的设备组成及分布

钻井用水下井口设备的功用、组成及结构特点将在本章第三节介绍。

(四) 防止海水腐蚀问题

海洋钻井设备处于海上腐蚀性强的大气中，还有一部分构件浸入海水中，由于海水对它产生强烈电化学和化学腐蚀，因此浸入海水中的构件的寿命显著降低。如钢材被海水腐蚀1%，其强度就要降低5~10%。若钢材两面均有5%的腐蚀就不能使用了。

目前主要防腐措施有：

1. 选择耐腐蚀的材料。我国常用的耐海水腐蚀的金属材料是：

- (1) 高合金钢。如钛、钛合金、纯铜、青铜、铜镍合金钢等。
- (2) 低合金钢。如铝合金、铅、黄铜等合金钢（黄铜中需含防止脱锌的钾、锡等）。
- (3) 复合合金钢。如用铬-铝系、铜-铬系、铬-铝-钼系等各种添加元素复合成的合金钢。

2. 设计合理的结构。如将外形设计成流线形，易腐蚀处适当加厚；尽量采用等强度设计；采用不同材料的铆接件及焊接件，以消除有害的阴极接触等。

3. 采用先进防腐工艺。我国常用的防腐工艺是：

(1) 外加金属镀层的保护层。如采用镀锌、镀铬等热镀法，喷锌等喷镀法，镀镍等电镀法，以及包上一层铜镍合金板等机械法。

(2) 外加非金属涂层作为保护层。如采用涂漆、沥青等有机涂层，涂合成高分子化合物的环氧焦油涂料、沥青环氧氨基甲酸乙酯涂料，涂水泥、搪瓷形成无机涂层，磷酸盐处理的非金属膜保护层等。

(3) 电化学防腐。常用阴极保护法：①利用蓄电池或整流器给被保护金属通以直流电作负极，而正极接石墨或废钢铁，这称为外加电流的阴极保护法。②在被保护金属设备上接一种电极电位较低的金属，形成原电池，电位低者为阳极，电位高者为阴极，称为护屏保护或牺牲阳极的阴极保护法。钢结构常用锌、镁、铝等为牺牲阳极。

(五) 抵抗海洋环境载荷问题

海洋钻井装备与结构承受严重的波浪力、风力、海流力和冰力等海洋环境载荷的作用，因此在强度设计、设备选择、估算寿命时，均需考虑这些承载特点。有关内容将在本书的第三章、第四章详细介绍。

第二节 海洋浮动钻井船的升沉补偿装置

深海钻井时，需采用半潜式钻井平台或钻井浮船。它们在波浪作用下，将产生周期性升沉运动，并使钻柱上下往复运动。因而造成井底钻压变化，影响钻进，甚至使钻头脱离井底，无法钻进，故必须采取钻柱升沉运动的补偿措施。

一、钻柱升沉运动的补偿措施

(一) 增加伸缩钻杆

这种办法是在钻柱的钻铤上方加一根可伸缩的钻杆。伸缩钻杆由内、外管组成，沿轴向可作相对运动，行程一般为2m。当平台上下升沉运动时，伸缩钻杆的内管随伸缩钻杆以上的钻柱作轴向运动，而与伸缩钻杆外管相连的钻铤则基本不作升沉运动。因而可保持钻压恒定，同时还可避免平台上升时提起钻铤，平台下沉时压弯钻柱。