

P452  
R28

342588

# 海洋活动式平台

任贵永 主编



天津大学出版社

# 前 言

我国海洋石油、天然气等资源十分丰富，早在60年代初就开始了海上石油勘探工作，目前已在渤海、黄海、东海和南海各海域全面进行海上石油勘探工作，已发现一批油、气田。海上石油勘探作业主要使用各种类型的海上活动式钻井平台，其特点之一是可以移动位置，也称移动式平台。它不仅可以移动，而且可以适应不同水深和海底土壤条件。对于漂浮型的活动式平台，在作业中也是活动的，故统称为活动式平台。

海洋活动式平台不仅可作为海洋石油勘探的钻井平台，而且可用作采油平台、修井作业平台、生活平台、施工作业平台、铺管平台、地基处理平台，以及钻井、采油、储油多用途综合平台等，它在海洋开发事业中发挥着重要作用。我国自行设计的一批自升式、坐底式和半潜式平台，正在我国各海域作业。

海洋活动式平台是一项综合性的海洋工程。按其是否着底可分成着底型平台(如坐底式和自升式)和浮动型平台(如半潜式和浮船式)两大类。它们既有海洋土木工程特性，着底作业时要求象固定式平台那样稳定；它们又具有船舶工程特性，漂浮在海上，拖航移位时要求具有船舶那样的性能；而且，它们都还要满足海洋开发作业要求。因此，活动式平台是综合性的海上工程。

为适应我国海洋石油勘探开发事业的发展，天津大学于1971年设置了海洋工程专业，按照教学要求开设了海洋活动式平台课。我们通过各种海洋活动式平台设计、科研和教学实践，曾先后对海洋活动式平台讲义进行过三次修改和补充。此次在原讲义的基础上，又吸收国内外研究成果，并总结我们自己设计经验与研究成果，重新编写成这本书。

本书由天津大学任贵永主编，并由任贵永编写第一、三、六、七、八、十二章，李淑琴编写第五、九、十、十一章，杨明华编写第十三章，第二章由任贵永、杨明华、孟昭瑛编写，第四章由李淑琴、杨明华编写。

由于海洋活动式平台的历史不长，这种型式平台的设计理论还不够成熟，在我国设计和使用实践还较短，有许多理论和实践问题尚需进一步研究、探讨。书中也提出了作者的一些看法。由于我们研究的时间较短，水平有限，书中有错误和不足之处，敬请读者指正。

编 者

1987.9.

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
§ 1.1 海洋活动式平台在海洋开发中的作用 .....	( 1 )
§ 1.2 海洋活动式平台的类型和特点 .....	( 2 )
§ 1.3 国外海洋活动式平台的发展 .....	( 5 )
§ 1.4 我国海洋活动式平台的发展 .....	( 7 )
§ 1.5 海洋活动式平台设计内容、依据和步骤 .....	( 8 )
<b>第二章 设计载荷</b> .....	( 12 )
§ 2.1 海洋活动式平台设计载荷种类和特点 .....	( 12 )
§ 2.2 设计工况和载荷组合 .....	( 13 )
§ 2.3 风载荷 .....	( 15 )
§ 2.4 波浪载荷 .....	( 20 )
§ 2.5 海流载荷 .....	( 37 )
§ 2.6 冰载荷 .....	( 39 )
§ 2.7 地震载荷 .....	( 40 )
§ 2.8 平台装载和甲板载荷 .....	( 42 )
<b>第三章 平台漂浮稳性与着底稳性</b> .....	( 44 )
§ 3.1 平台的摇荡运动 .....	( 44 )
§ 3.2 平台漂浮稳性衡准 .....	( 46 )
§ 3.3 平台基础型式 .....	( 47 )
§ 3.4 平台着底稳性设计标准 .....	( 48 )
§ 3.5 平台抗倾与抗滑稳性计算 .....	( 50 )
§ 3.6 桩腿承载力与桩腿入土深度 .....	( 51 )
§ 3.7 影响平台着底稳性的因素 .....	( 55 )
<b>第四章 平台型式与主尺度</b> .....	( 59 )
§ 4.1 平台设计方法和要求 .....	( 59 )
§ 4.2 平台结构组成与结构型式选择 .....	( 60 )
§ 4.3 平台排水量的确定 .....	( 63 )
§ 4.4 平台主尺度 .....	( 65 )
<b>第五章 船体与沉垫结构</b> .....	( 69 )
§ 5.1 船体与沉垫的受力状态 .....	( 69 )
§ 5.2 船体与沉垫的结构组成及型式 .....	( 71 )
§ 5.3 船体与沉垫基本构件设计 .....	( 74 )
§ 5.4 船体与沉垫总强度校核 .....	( 82 )
§ 5.5 船体局部强度校核 .....	( 90 )
<b>第六章 自升式平台</b> .....	( 95 )

§ 6.1	自升式平台工作原理与结构组成 .....	( 95 )
§ 6.2	桩腿型式和构造 .....	( 97 )
§ 6.3	桩腿强度校核 .....	( 101 )
§ 6.4	拖航工况桩腿结构分析 .....	( 106 )
§ 6.5	着底工况自升式平台结构分析 .....	( 111 )
§ 6.6	自升式平台自振特性分析 .....	( 118 )
<b>第七章</b>	<b>半潜式平台与坐底式平台</b> .....	( 123 )
§ 7.1	概述 .....	( 123 )
§ 7.2	立柱结构 .....	( 126 )
§ 7.3	撑杆结构 .....	( 131 )
§ 7.4	半潜式平台设计工况 .....	( 132 )
§ 7.5	半潜式平台整体结构分析 .....	( 134 )
§ 7.6	坐底式平台 .....	( 140 )
<b>第八章</b>	<b>节点结构</b> .....	( 143 )
§ 8.1	节点型式 .....	( 143 )
§ 8.2	管节点受力状态和破坏形式 .....	( 146 )
§ 8.3	管节点静强度 .....	( 148 )
§ 8.4	管节点疲劳强度 .....	( 157 )
<b>第九章</b>	<b>平台动力响应分析</b> .....	( 160 )
§ 9.1	概述 .....	( 160 )
§ 9.2	平台结构动力特性 .....	( 161 )
§ 9.3	平台海浪谱响应分析 .....	( 165 )
§ 9.4	平台地震响应谱分析 .....	( 180 )
<b>第十章</b>	<b>锚泊系统</b> .....	( 184 )
§ 10.1	锚和锚索链 .....	( 184 )
§ 10.2	锚泊系统的种类与布置形式 .....	( 185 )
§ 10.3	锚泊设备计算与要求 .....	( 188 )
§ 10.4	悬链线方程 .....	( 190 )
§ 10.5	锚泊定位系统分析 .....	( 193 )
<b>第十一章</b>	<b>平台钢材</b> .....	( 201 )
§ 11.1	钢材强度 .....	( 201 )
§ 11.2	钢材基本性能 .....	( 202 )
§ 11.3	平台钢材选择 .....	( 204 )
<b>第十二章</b>	<b>平台检验</b> .....	( 210 )
§ 12.1	平台检验的目的意义 .....	( 210 )
§ 12.2	平台检验的种类 .....	( 210 )
§ 12.3	平台检验的步骤 .....	( 212 )
§ 12.4	平台检验证书 .....	( 212 )
§ 12.5	平台检验机构 .....	( 214 )
§ 12.6	平台检验费 .....	( 217 )

<b>第十三章 海洋活动式平台实例</b> .....	( 221 )
§ 13.1 概述.....	( 221 )
§ 13.2 自升式钻井平台实例.....	( 221 )
§ 13.3 半潜式钻井平台实例.....	( 228 )
§ 13.4 坐底式钻井平台实例.....	( 233 )
<b>参考文献</b> .....	( 240 )

# 第一章 绪 论

## §1.1 海洋活动式平台在海洋开发中的作用

### 一、海洋活动式平台研究的对象

海洋活动式平台是高出海面的一种可移动的海工结构物,是为开发与利用海洋,提供海上作业与生活的场所。其特点是作业位置可以经常移动,也称移动式平台;活动式平台是相对于固定式平台而言的,它不仅位置可以移动,对于浮动式的活动平台,在同一作业位置上平台本身也是不停地在运动,运动特性是活动式平台的重要性能之一。

海洋活动式平台用途是广泛的,如海上勘探与开发、施工作业、生活服务、科学研究等;其型式是多种多样的,如坐底式、自升式、半潜式、张力腿式等。各种平台的基本原理和要求有其共同性,如在海上作业中要有足够的强度和良好的稳定性,对不同工作水深、海洋环境条件有较好的适应性,以及移动时的灵活性等。

海洋活动式平台是一项综合工程,包括总体、结构、机械、电气、舾装、作业工艺与设备等的设计、建造及检验。

本书重点研究活动式平台总体和结构设计的基本原理和方法。总体设计主要讲述平台设计的总则和各种型式平台设计的一般原则、结构型式的选择和平台漂浮稳性与着底稳性等。结构设计主要讲述平台主体结构(船体与沉垫、桩腿与支柱、锚索结构)和平台整体结构分析,设计载荷计算和平台钢材选择等。此外,还讲述了平台入级与检验等问题。

### 二、海洋活动式平台在海洋开发中的作用

随着海洋开发事业的迅速发展,活动式平台得到广泛的应用,如海洋石油钻井、海上施工、生活、地基勘探、海底管线铺设、海上起重、海上打桩、海上机场、海上工厂等都可采用活动式平台。

活动式平台是海洋资源开发的先行工程,在海洋石油勘探开发中,总是先利用各种活动式钻井平台进行勘探,探明油田的储量后,才进行开采工作。

活动式平台是向深海开发的先导,这是由于它具有可移动性,并具有现代化设备,可在较深海域和恶劣环境条件下工作。日本关西海上浮动式飞机场、巴西亚马逊河口纸浆厂、印尼海上天然气液化厂、美国夏威夷发电厂等,都是活动式海工结构物。

由于活动式平台具有较好的移动性和作业的稳定性和对各种水深的适应性,它既可以方便地从一个作业场所移至另一个作业场所,又可以着底稳定作业或在运动很小情况下稳定作业,因而被广泛用于海洋开发的各个方面。

海洋活动式平台目前在海洋石油勘探方面用得最多,如坐底式平台、自升式平台、半潜式平台、浮式钻井船,张力腿式平台等。这些平台大多数用于钻井,也有的用于采油、修井或作为生活平台等。

我国已在渤海、黄海、东海和南海海域用活动式钻井平台勘探出一批油、气田,并用自升式生活平台提供生活服务,目前正在设计研究早期生产用的可移动的钻井、采油、储油和

修井多用途的综合平台。海洋活动式平台在我国海洋开发事业中越来越发挥着重要的作用。

## § 1.2 海洋活动式平台的类型和特点

### 一. 海洋活动式平台的类型

活动式平台型式很多，可按不同方法进行分类，常按接地方式、工作原理、定位方式和航行能力分类，如表1.2.1。

表 1.2.1 活动式平台分类

按接地方式	按工作原理		按定位方式	按航行能力
着底型	坐底式		靠重力定位	非自航
	自升式	沉垫自升式		
		插桩自升式	插桩定位	
浮动型	半潜式	锚泊定位	非自航、半自航、自航	
	浮船式	动力定位		自航

活动式平台从用途上分有以下几种：

海洋石油勘探开发用的平台：用得最多的是石油钻井平台，还有采油平台、储油平台，以及钻井、采油、储油多用途平台等。

海洋施工作业平台：如海上起重平台、打桩平台、地基加固平台、铺管平台等。

海上生活平台：如自升式生活平台、半潜式生活平台等。

海上工厂：如海上天然气液化厂等。

按接地方式将活动式平台分成着底型和浮动型两大类。

从工作原理分有以下几种：

着底型平台包括坐底式平台和自升式平台，它们一般是非自航的，靠重力定位或插桩定位。坐底式平台的上部平台的高度是固定的，利用灌水下沉，坐在海底进行作业，如图1.2.1所示。自升式平台的上部平台是可以升降的，可以站立在海上（插桩自升式如图1.2.2和图

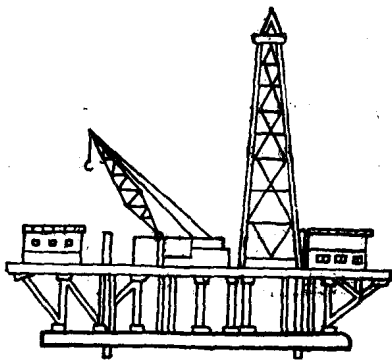


图 1.2.1 坐底式平台

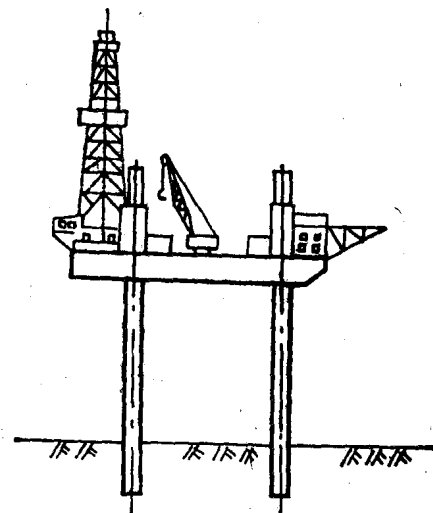


图 1.2.2 圆柱腿插桩自升式平台

1.2.3所示)或坐在海底(沉垫自升式如图1.2.4所示)进行作业。

浮动型平台包括半潜式平台(图1.2.5和1.2.6)和浮船式钻井船(如图1.2.7)。它们用锚定位或动力定位。浮船式都是自航的,半潜式平台有自航、半自航和非自航的。半潜式平台在深水作业时下潜体潜入水中作业,而在浅水作业时下潜体也可坐在海底作业。

张力腿式平台是一种新型平台,如图1.2.8所示。它是用缆索(或钢管)将浮于海面的浮动平台与沉置海底的锚锭(或基座)联结起来,通过收紧缆索,使浮体的吃水比静平衡浮态时大,导致浮力大于浮体重力,该剩余浮力由缆索的张力予以平衡。当平台受风、浪作用时,平台随缆索弹性变形而产生微量运动,就象有桩腿插入海底一样,所以称为张力腿。该腿是柔性的,在非张力控制方向可有一定的漂移。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小。由于张力腿式平台具有垂直系泊的某些特征,也称它为垂直锚泊式平台。为了能在较小的张力变化范围内就能限制平台的运动,平台本体采用半潜式。因此,也有称它为张紧浮力平台。张力腿式平台按其特点可归到半潜式平

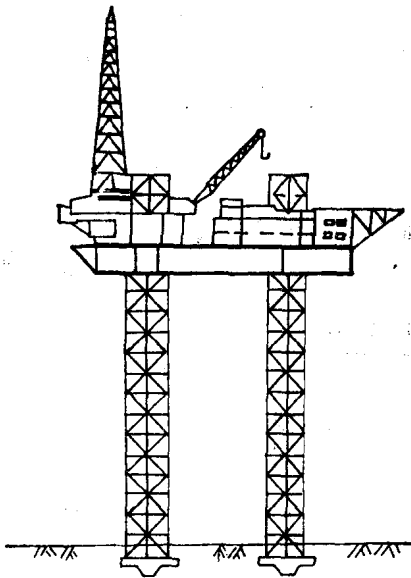


图 1.2.3 桁架腿插桩自升式平台

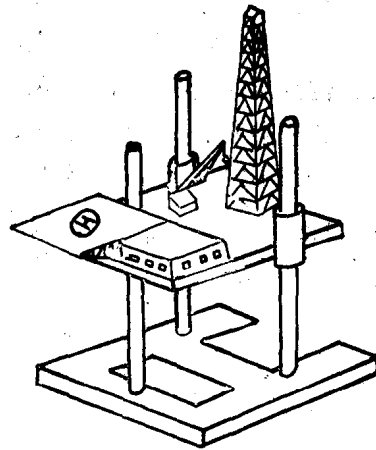


图 1.2.4 沉垫自升式平台

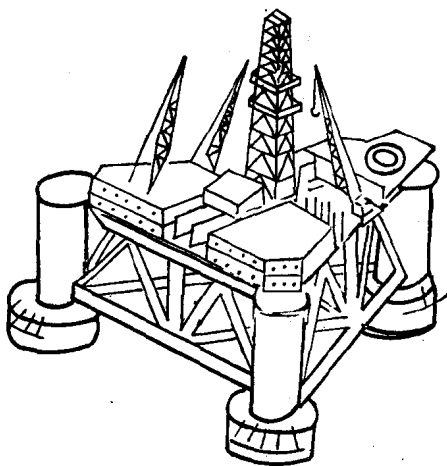


图 1.2.5 带浮靴半潜式平台

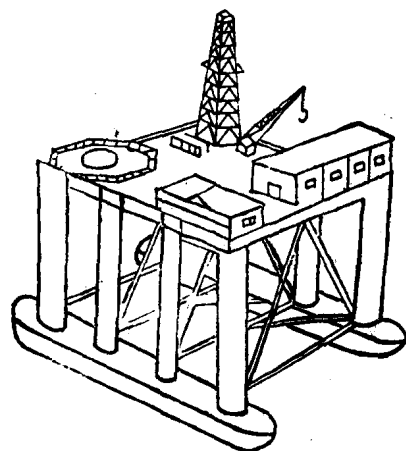


图 1.2.6 双船体半潜式平台



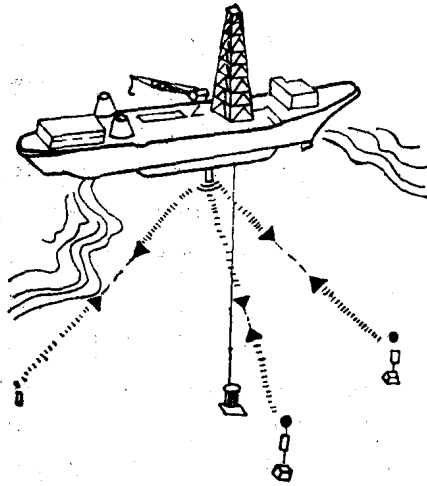


图 1.2.7 浮式钻井船

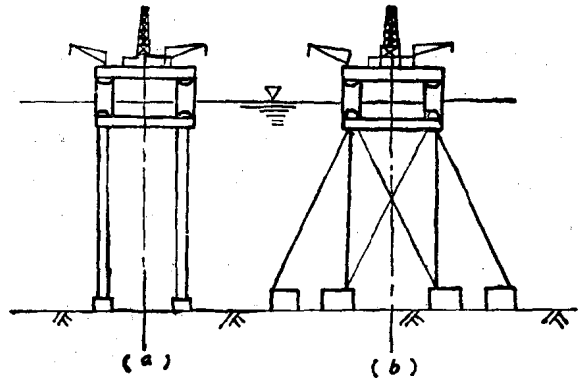


图 1.2.8 张力腿式平台

台类型中，也有将它划为介于固定式平台和移动式平台之间的可拆移式平台或半固定式平台。因它在必要时可移位，至多损失锚基与钢索，故适用于开采周期稍短的油田。此外，由于张力腿式平台在波浪作用下有水平位移，故也可归入顺应式平台。

## 二、海洋活动式平台的一般特征

由于各种类型平台的工作原理、接地方式不同，它们所适应的工作水深、海底土壤和抗风浪能力等不同。表1.2.2列出了它们的一般特征。因此，应根据工作海域的水深和海洋

表 1.2.2 各种型式平台的一般特征

项目	型式	着底型		浮动型	
		坐底式	自升式	浮船式	半潜式
用途		钻探、开采等	钻探、开采等	钻探、开采等	钻探、开采等
工作水深		5~30m	10~90m	10~900m(锚定位) 6000m(动力定位)	10~500m(锚定位) 2000m(动力定位)
海底土质状况		1.粘土, 砂质粘土 2.海底斜度小的场合	根据海底状况可变换 接地结构的形状	各种海底, 但要注意 锚的抓力	1.着底: 粘土, 砂质粘土 2.半潜: 各种海底, 但要注意 锚的抓力
作业条件	风速 潮流 波高	20m/s 4kn 约7m	20m/s 4kn 约7m	10m/s 3kn 约3m	20m/s 4kn 约7m
安全性的 设计条件	风速 潮流 波高	60m/s 4kn 15m	60m/s 4kn 10m	60m/s 4kn 10m	60m/s 4kn 25m
波浪中的 运动	接地时 浮上时	没有问题 相当大	没有问题 相当大	大	没有问题 小
移动性	拖航阻力 波浪中的强度	相当小 有问题	相当大 深水自升式是船的 振动问题	小 没有问题	相当小 若增加吃水没有问题
定位		靠重力定位	插桩或重力定位	锚或动力定位	锚或动力定位

环境条件，合理地选择合适的平台型式。

### 三、海洋活动式平台的特点

活动式平台有许多共同的特点：

1. 作业位置可移动性：这是活动平台最大的特点，它的作业位置不是固定在一个永久的位置，而是可以在不同海域、不同水深、不同方位作业。因此，在设计时要考虑适应较广泛海域的海洋环境条件。

2. 作业时平台的运动性：各种活动式平台在转移中都在运动，浮动式平台在钻井作业中仍一直运动。因此，平台的运动特性是活动平台的重要性能，在设计时应考虑其运动性能，并进行结构动力分析。

3. 作业状态的多变性：活动式平台有转移、就位、正常作业、风暴自存各种工作状态。例如，插桩自升式钻井平台在海上全部工作过程包括以下工况：拖航、就位、降桩、降船、插桩预压、正常钻井、风暴自存、拔桩、升船等工况。自升式平台在拖航时处于漂浮状态，具有船舶的性能和特点；而在着底时既要求它象固定平台那样稳定，又不要求象固定平台那样永久固定。

4. 海洋活动平台是一项综合性工程，它涉及海洋环境、流体力学、结构力学、土力学、钢结构、船舶和计算技术等多门学科知识。因此，应利用多门学科的专业知识进行综合设计。

5. 活动式平台事故率较高，为保证安全，要进行严格检验。

挪威船级社曾搜集了1970~1981年12月间活动式平台的事故情况，建立了资料库，并对事故进行了分析。从12年平台事故统计资料中可知，有人员死亡的事故40次，其中自升式16次，半潜式10次，钻井船和钻井驳船14次，人员死亡总数为511人。各类平台的事故频率和损坏率见表1.2.3。

表 1.2.3 各类平台事故损坏率

项 目	自 升 式	半 潜 式	钻 井 船 钻 井 驳 船	总 计
台 年 数 (平台数×年数)	1974	964	816	3754
事 故 数	135	86	104	325
平台完全损毁数	24	2	4	30
事故频率 (次/100台年)	6.84	8.92	12.75	8.66
完全损毁率 (完全损毁数/100台年)	1.22	0.21	0.49	0.80

事故原因是多方面的。由于活动式平台的结构型式多样且复杂，工作在恶劣的海洋环境中；历史较短，设计理论和分析方法不够完善，使用经验较少，因而活动式平台海损事故比较严重。例如，1980年3月27日，挪威的一个五角形半潜式生活平台亚历山大·基尔兰德号因一根撑杆疲劳破坏，导致其它几根撑杆和一根主要立柱随之毁坏，整个平台于15分钟之内在北海倾翻，造成123人死亡和失踪的重大事故。

## § 1.3 国外海洋活动式平台的发展

海洋活动式平台是随着海洋开发事业的发展而迅速发展起来的，首先在海洋石油开发事业中应用，随后在海上施工、海上交通等方面得到广泛的应用和发展。

在石油勘探阶段，需要打许多探井，要求平台可以移动，反复使用。在1937年就出现了一种最早的活动式平台——驳船式钻井平台。这种平台很简单，它是把钻井设备安装在驳船上，打井时将驳船下沉坐在海底，打完井再浮起移到另一个井位。由于驳船型深小，适用的水深不大，而且它象一个直立墙承受巨大的波浪力，很不安全。随着勘探水深的增加，驳船式平台已不适应要求，发展为坐底式平台。将钻井设备安装在水面以上的平台甲板上，用立柱支撑，下部是沉垫，钻井作业时沉到海底，移位时浮到海面上，所以也叫沉浮式钻井平台。第一座坐底式平台是1949年在墨西哥湾钻井的“环球40号”。这种平台工作水深为3~30m。1963年美国建成的“环球54号”，工作水深达53m。由于这种平台高度是固定的，故工作水深适应范围变化不大。

为了适应在不同水深范围内钻井，1954年又设计了第一座自升式钻井平台——“加里福尼亚1号”。这种平台一般在5~90m水深范围作业，也有工作水深在120m或更深的。

为了在更深的海域钻井，人们把钻井设备安装在船上，在漂浮状态下钻井，这就是浮式钻井船。它既不要立柱，也不坐底，而是靠锚定位，后来发展成动力定位。由于它是浮动的，因此要求有水下器具才可完成钻井作业。1957年美国建造的用于墨西哥湾122m水深的Cuss1号是第一艘浮式钻井船。这种钻井船由于漂浮在海面作业，抗风浪性能差，停工率高是它最大的缺点。

为了克服浮式钻井船的缺点，1962年出现了第一个半潜式钻井平台——美国的“兰水1号”。这种平台可在深水钻井，抗风性能好，它可半潜作业，也可坐底作业。目前世界新建的钻井平台，半潜式占一半以上，它可以用动力定位，也可用锚定位。随着水深不断增加，锚链需要很长，锚链仓的容积也就需要很大。近年来，人们开始研究新型的张力腿式平台。这种平台的本体也作成半潜式，其定位靠柔性的张力腿，因此，它具有垂直锚泊的某些特征。

从活动平台发展来看，随着工作水深的不断增加，平台的结构型式在不断地改进，由

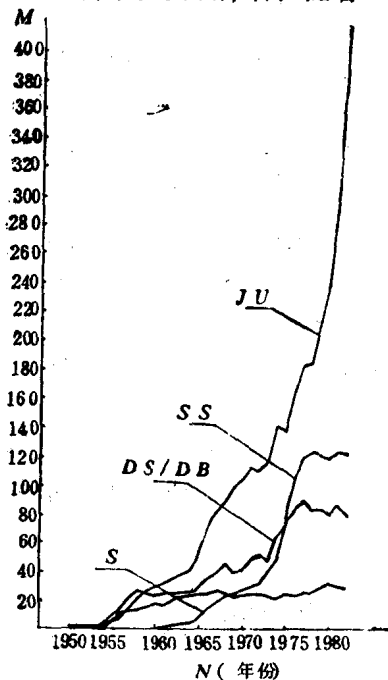


图 1.3.1 各类平台每年增长数

驳船式、坐底式钻井平台，发展到自升式、浮船式，再发展到半潜式和张力腿式平台。它们由岸边向近海，再向深海发展。由坐底式的固定甲板高度发展到自升式可调甲板高度；定位方式由重力定位、插桩定位、锚定位发展到动力定位，新型的张力腿式平台则采用锚锭（或基座）定位。

随着海洋勘探和开发事业的发展，活动式平台应用范围更加广泛，当前趋势是向着深水和恶劣海况的海域发展。浮动式类型的平台，向着加强自航能力和动力定位方向发展。为减少事故，保证平台安全作业，要提高设计标准，加强自动控制、记录和监测工作。

表1.3.1中列出了各类平台每年增长情况，并列出了每年退役和正在服役的情况。从图1.3.1中可明显地看出各类平台增长趋势。

表 1.3.1

各类平台每年增长表

年 份	每年平台增长数				每年平台退役数				每年平台在役数				平 台 在 役 总 数
	S	JU	SS	DS/DB	S	JU	SS	DS/DB	S	JU	SS	DS/DB	
1950	1								1				1
51		1				1			1				1
52									1				1
53			1	1		1			1		1		2
54	8	1		1	1				8	1		2	6
55	4	8		4				2	7	4		4	15
56	9	4		8	8			1	13	8		11	32
57	7	8		1	1	8		1	19	13		11	43
58	6	9		2		1			25	21		13	59
59	1	5		8	2	1		2	24	25		14	63
60		4		4	2	2		2	22	27		16	65
61	1	5		1		2		2	23	30		15	68
62		8	1	4				1	23	33	1	18	75
63	1	4	1	4	1	1			23	36	2	22	83
64		5	2	1	1	1	1	1	22	40	8	22	87
65	1	15	4	4		5	1	1	23	50	6	25	104
66	1	23	7	10	1	1		1	23	72	13	34	142
67	2	9	4	5		1		2	25	80	17	37	159
68		10	6	8	1	2	1	1	24	88	22	44	178
69		12	1		2	2		6	22	98	23	38	181
70	1	6	2	2		1		1	23	103	25	39	190
71		8	2	11		1		8	23	110	27	47	207
72		8	8	9	1	5	1	6	22	108	29	50	209
73	1	9	12	2	1	2	2	7	22	115	39	45	221
74		29	11	16	2	5	2		20	139	48	61	268
75	5	4	28	12	2	8	1	2	23	135	75	71	304
76		29	28	13	1	1	1	8	22	163	102	81	368
77	2	20	24	12		2	9	5	24	181	117	88	410
78	1	9	5	8	1	7	1	9	24	183	121	82	410
79	4	32	2	4		8	4	4	28	212	119	82	441
80	2	32	1	1	1	7	4	4	29	237	116	79	461
81	1	71	7	5	2	8	2		28	305	121	84	538
82	2	112	1	1	8	5	2	7	27	412	120	78	637
分 项 和	56	486	152	52	29	74	32	74	27	412	120	78	637
总 积		846				209				637			637

注：S——坐底式平台，JU——自升式平台，SS——半潜式平台，DS——钻井船，DB——钻井驳船。

## § 1.4 我国海洋活动式平台的发展

从60年代初我国开始了海洋石油勘探工作。由于海上石油勘探的需要，首先开展了活动式石油钻井平台的研制工作。1972年由渤海石油公司设计、建造了“海五”平台，该平台为坐底式，工作水深为14~18m。主体结构尺寸为：长28m，宽26m，高38.3m。同年我国还设计建造了“渤海1号”液压自升式钻井平台。该平台由中国船舶总公司七〇八所设计，大连船厂建造，工作水深33m，钻井深度4000m，用于渤海。该平台长58.2m，宽32m，型深

5m, 四根圆柱形桩腿, 直径2.5m, 高73m。1972年由沪东船厂改建成“勘探1号”双船体钻井船, 其工作水深30~100m, 总长99.23m, 总宽38m, 吃水4.7m, 单体型宽14.3m, 单体型深7.6m, 钻井深度3200m, 用于南黄海。为了开发潮间带石油和天然气资源, 将海上油田和陆地油田联成一片, 1979年建成“胜利1号”浅海坐底式钻井平台。该平台由天津大学和胜利油田设计, 烟台造船厂建造, 工作水深1.5~5m, 总长56.5m, 总宽24m, 总高53m(包括井架高), 用于渤海潮间带。为适应深水石油勘探的需要, 我国设计建造的“勘探3号”半潜式钻井平台, 工作水深为35~200m, 用于南海、东海等海域。该平台由七〇八所设计, 上海船厂建造, 1984年建成, 钻井深度5000m, 总长91m, 型宽64m, 总宽74m, 总高98m, 六根立柱, 直径为9m。

1979年由渤海石油公司设计研究院设计, 由大连船厂建成40型液压自升式钻井平台(渤海5号和7号)。其工作水深为40m, 适用于渤海和南黄海。该平台长57.6m, 宽34m, 型深5.5m, 四根圆柱形桩腿, 直径3m, 长78m, 钻井深度为4000m。其后又改建了同一类型自升式生活平台。

为了加强浅海潮间带的勘探工作, 1988年在北海船厂建成极浅海步行坐底式钻井平台“胜利2号”, 该平台由上海交通大学和胜利油田联合设计, 工作水深为0~6.8m。1988年由七〇八所设计, 在中华船厂和烟台船厂建成的浅海坐底式钻井平台“胜利3号”, 最大工作水深为9m。

为了满足海上石油勘探的需要, 我国从1973年起还从日本引进了沉垫自升式钻井平台“富士号”, 即“渤海2号”, 其后又从新加坡、日本引进了电动齿轮齿条自升式钻井平台, 它是桁架式桩腿, 工作水深为90m。“渤海4号”、“南海1号”和“勘探2号”都是这种类型, 即“罗布雷300型”。渤海石油公司引进的“渤海6号”沉垫自升式平台, 工作水深76m, 圆柱形桩腿; 引进的“渤海8号”和“渤海10号”平台为三角形船体, 插桩自升式, 工作水深76m, 三根圆柱形桩腿。南海西部石油公司1977年从挪威引进的“南海2号”半潜式钻井平台, 即“阿克-H3型”, 其工作水深200m, 钻井深度7500m。

70年代末, 我国已设计建造了一批活动式钻井平台, 到80年代我国不仅为本国建造平台, 还开始为国外建造平台。大连船厂为美国贝克海洋公司建成大脚型自升式钻井平台, 黄埔船厂为新加坡华昌国际集团建造了“华昌1号”自升式钻井平台。

随着海洋石油勘探、开发事业的发展, 活动式平台的设计、建造、检验和科研等方面都迫切需要发展。1982年我国船舶检验局公布了《海上移动式钻井船入级与建造规范》, “渤海5号”自升式平台和“勘探3号”半潜式平台, 已按该规范进行了入级检验工作。1984年我国船舶检验局又公布了《海上平台安全规则》, 它适用于活动式平台和固定式平台的法定检验。

现在我国已拥有一批自己设计建造的自升式钻井平台、半潜式钻井平台、坐底式钻井平台、自升式生活平台等。正在从事钻井、采油、储油多用途平台的设计研究工作, 并开展对海上施工作业平台和过驳平台的研究工作。目前我国海洋石油总公司、船舶总公司、高等院校及海洋工程研究单位正积极从事新型的活动式平台的研究工作。今后, 随着工作海域扩大, 工作水深增加和作业项目增多, 活动式平台将有更大的发展。

## § 1.5 海洋活动式平台设计内容、依据和步骤

### 一、设计的基本内容

海洋活动式平台是一个复杂的综合性的海洋工程。设计平台需要多方面的专业知识，也需要许多专业相互配合进行。按设计内容一般可分成以下各部分：总体、结构、轮机、电气、舾装、钻井工艺和其他特种工程等。海洋工程专业技术人员主要从事总体设计、结构设计，配合进行钻井工艺设计等工作。

**总体设计：**根据设计任务书的要求，设计出合理的平台结构型式，确定主尺度，进行总布置，计算总体性能，绘总体图，编写总体说明书、总体性能计算书以及有关的试验成果报告等。总体设计要考虑整个平台的综合平衡，协调处理各专业的要求，以达到平台整体设计的合理性和先进性。

**结构设计：**根据总体设计确定的平台结构型式，选择各部分的结构型式，确定其尺寸，进行构件布置，绘结构图，进行结构计算，编写结构计算书和说明书。结构设计包括平台整体结构设计和各部分结构设计，如船体、沉垫、立柱、桩腿、钻台、直升飞机平台、上层建筑等。

**钻井工艺设计：**根据钻井生产的工艺要求，对有关钻井工艺、设备、材料、井场布置、工艺流程等内容进行设计，编写钻井工艺说明书。

## 二、设计基本依据

设计的主要依据是设计任务书，它是由业主提出，经过技术、经济等方面的论证后制定的。设计的基本依据一般包括以下几方面：

### 1. 业主对平台的使用要求（即使用技术条件）

该平台的型式、用途、工作水深、作业海域、钻井深度、平台性能、自持能力、人员数目等内容。

### 2. 作业海域的海洋环境条件

海洋环境条件包括风、波浪、潮汐、海流、海冰、地震、温度、海底土壤、地形、海生物、腐蚀等。

### 3. 承造厂的施工建造条件

施工建造条件包括施工建造的场地、设备能力、建造技术工艺水平等。

### 4. 设计规范和标准

活动式平台移动性大，作业范围广，它需要经过船级社检验。每个检验部门都有自己的规范和设计标准。因此，在设计时应按照有关规范进行。

## 三、设计步骤

活动式平台工程复杂，投资大，周期长，设计时应严格按照设计程序进行。海洋石油部门对海上平台设计阶段的划分和船舶部门传统的设计阶段划分有所不同，现分别介绍。

海洋石油部门常按以下步骤进行设计：在平台设计的前期工作，先作可行性研究。它是根据海上油田规划的要求，对平台在技术上、工程上、经济上进行全面分析、论证，作多种方案比较，提出工程评价和经济评价，为编制和审批设计任务书提供可靠的依据。

根据批准的设计任务书，进行以下各阶段的设计：概念设计、基本设计、详细设计和施工期辅助设计。

船舶设计部门传统的设计阶段分成：方案设计、技术设计和施工设计等阶段。

(1)方案设计阶段：主要任务是根据设计任务书的要求，对平台主要的技术和经济问题进行论证，提出几个方案进行综合分析比较，初步确定平台结构型式、主尺度、总体性能、总布置和总造价，提交审查，以便选择最佳设计方案。

(2) 技术设计阶段：在确定平台方案、结构型式和主尺度前提下，解决各部分主要的技术问题，需进行大量的计算、绘图、编写计算书、说明书、材料单、建造工艺等技术文件，以满足平台检验部门审查的要求和平台建造厂施工准备的要求。

(3) 施工设计阶段：主要围绕解决施工建造中的技术问题，绘施工详图、制定施工建造工艺，这阶段需绘制大量的施工图。施工设计应根据承造厂的设备能力和技术水平的实际情况进行设计。

平台建成后，应绘制完工图，供使用部门维修时使用。因为平台在建造过程中由于工艺、材料或其它原因，对原施工图纸作某些变动或修改，使建成的平台与原施工图纸不完全相符，为反映平台真实情况，最后必须绘完工图。

船舶设计部门设计平台结构时通常采用图1.5.1所示的步骤。这个框图仅指出结构设计、总体设计的一般步骤，各设计阶段的主要工作以及它们之间的相互关系。框图中的棱形图，表示如不满足要求，需重新设计计算。各框图内容简述如下：

首先根据设计任务书的要求制定具体的设计条件：主要指海洋环境条件、平台使用技术条件和施工建造条件。

选定结构型式并确定主尺度：如是方案设计，需选择多种结构型式和主尺度，以便对各方案进行具体设计。

绘总体图，进行总体布置，设计出合理的结构，达到良好的总体性能。

平台总体性能计算：包括平台漂浮稳性和着底稳性等，如不满足要求需重新改变结构型式、主尺度、总布置等。

载荷计算与强度校核：根据已确定的结构型式计算各种载荷，选定结构构件尺寸，绘结构图，先对主体结构、强力构件进行强度校核；选定各部位的材料品种，再进行平台整体强度校核，如不满足要求，需重新选定构件尺寸，再重新设计。

重量校核：在计算总体性能和整体强度时使用的是假定重量，如果实际算得的重量与假定重量相差较大，则需重新计算。

局部节点结构设计：确定节点结构型式，节点焊接工艺设计和节点疲劳分析。

绘施工详图：图上应提出施工工艺技术要求，制造公差等。

施工建造工艺设计：如施工程序、焊接工艺、检验方法和步骤等。最后绘制完工图。

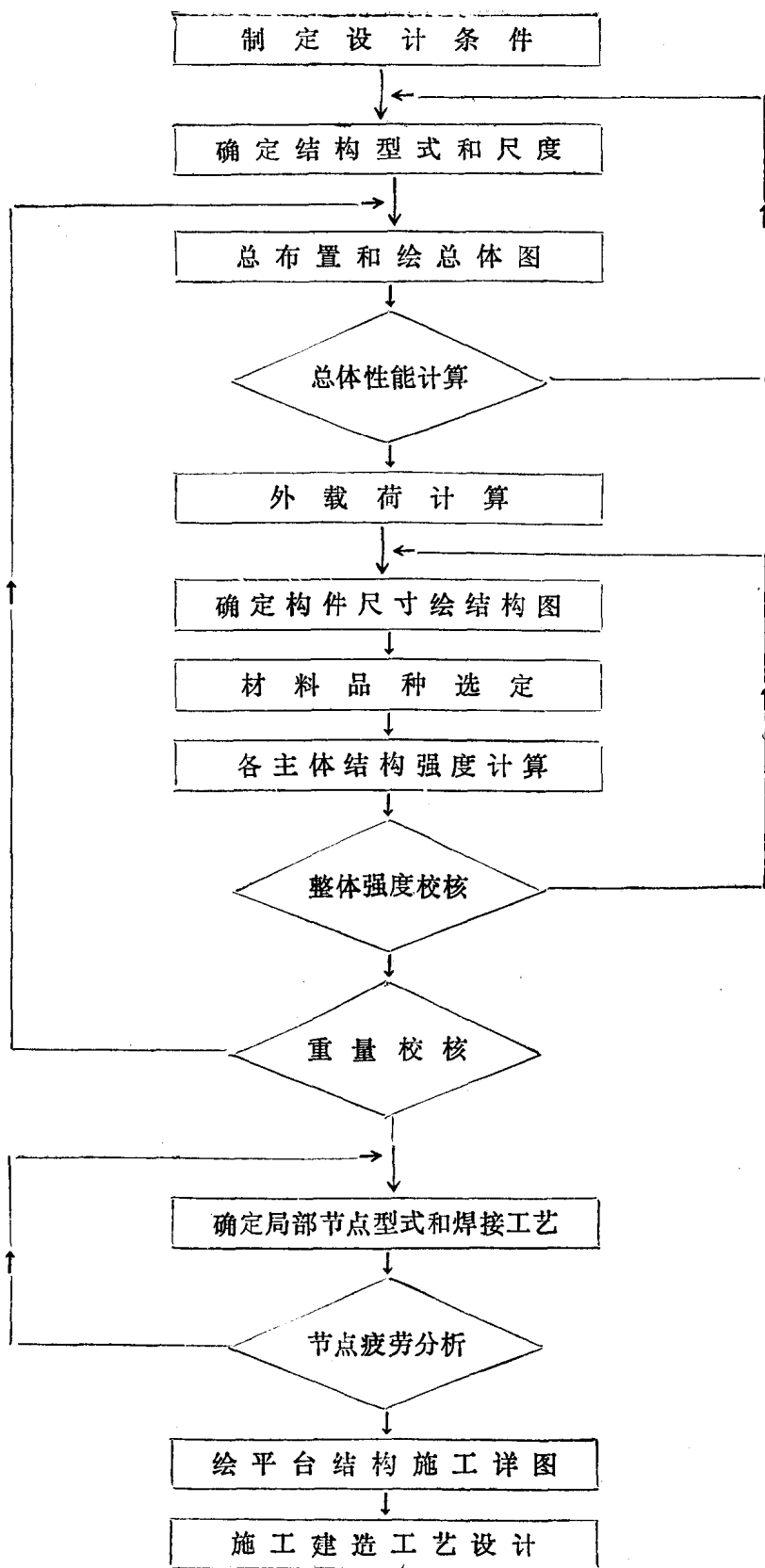


图 1.5.1 平台结构设计步骤框图



## 第二章 设计载荷

### § 2.1 海洋活动式平台设计载荷种类和特点

#### 一、设计载荷种类

设计载荷是指一切可能影响平台安全与工作的载荷。载荷的分类方法有许多种，如有的分成环境载荷和工作载荷；有的分成静载荷和动载荷；有的分成确定性载荷和随机性载荷；也有的分成设计载荷、校核载荷和特殊载荷。下面按环境载荷、工作载荷和特殊载荷分成三类，活动平台规范中常用这种载荷分类方法。

##### 1. 环境载荷

环境载荷是由于直接的和间接的自然环境作用而发生的、作用在结构物上的载荷。

由于直接的自然环境作用而发生的载荷有：风载荷、波浪载荷、海流载荷、地震载荷、冰载荷、温度变化引起的载荷等。

由间接的自然环境作用而发生的载荷，如系泊力，它是对于环境载荷的反作用力；惯性力，它是由于平台在漂浮状态时在风、浪等外力作用下平台运动产生的力。

##### 2. 工作载荷

工作载荷也称使用载荷，它是指在理想的环境中（即没有环境载荷），由于结构的存在和使用而产生的载荷。它还包括平台在施工建造中所发生的载荷。一切能反应工作载荷的外力，都按工作载荷来考虑，如平台的浮力等。

工作载荷是指正常作业的载荷，包括静载荷和动载荷，有以下几种：

(1) 恒定静载荷（也称死载荷）：它的大小、位置和方向不随时间改变，如结构重量、永久固定设备重量等。

(2) 变量静载荷（也称可变载荷）：它是随时间缓慢改变其大小的载荷，对结构不产生重大的动力影响，如压载水的改变，钻井用的材料、供应品的消耗和增补。

(3) 活动静载荷：它是随时间缓慢改变位置和方向的载荷，如活动井架底座移动位置，设备移动位置等。

(4) 动载荷：它是随时间很快改变其大小、方向或位置的载荷，使结构很快发生重大的动力影响，如钻机工作时的动载荷等。

##### 3. 特殊载荷

特殊载荷（也称意外载荷）是在平台使用年限内出现机率很小的载荷，它是由于意外的环境条件（如地震）或平台发生事故（如着火、爆炸、碰撞）而发生的载荷，所以也称事故载荷。这里所说的事故，不是指钻井作业过程中的卡钻这一类的生产事故，而是指井喷、着火、爆炸事故、意外的碰撞事故等。靠船过程中的正常碰撞按工作载荷考虑。

关于碰撞各国规范都要求考虑该问题，关于着火载荷和爆炸载荷在挪威 DNV 规范的设计载荷中作了具体规定。

#### 二、活动式平台设计载荷特点

(一) 平台的可移动性使载荷计算复杂