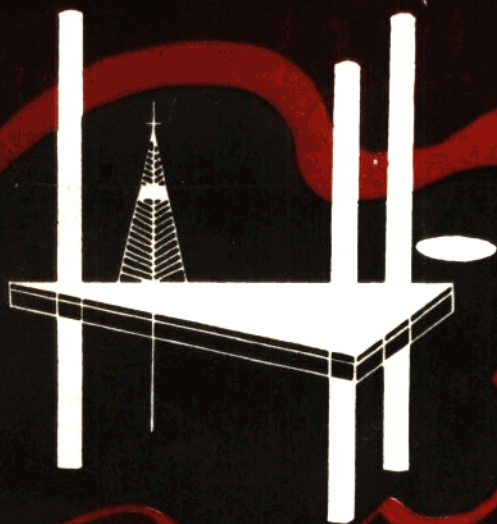


海洋石油建筑工程丛书



海洋平台的 建造与维修

海洋石油建筑工程丛书

海洋平台的建造与维修

虞维明 周岳银 陈秀林 编著

海洋出版社

1992年·北京

内 容 简 介

本书为《海洋石油建筑工程丛书》之一。全书共分九章,分别阐述了海洋平台的分类及结构特点;海洋平台用钢及其加工特点;平台焊接工艺;平台建造工艺;导管架采油平台建造工艺;导管架采油平台的水下和安装;海洋平台的腐蚀和防护;海洋平台的维修以及平台建造工厂基本条件。书中用大量的图表配合文字叙述,全书基本上反映了现代海洋石油平台建造与维修工艺的特点和技术发展现状。

本书可供海洋石油平台建造与维修的企业、科研设计部门的科技人员参考,也可作为船检部门和石油平台运行管理人员阅读,并可作为高等院校船舶及海洋工程专业师生的教学参考书。

(京)新登字087号

责任编辑:吴宜倜

责任校对:俞丽华

海洋石油建筑工程丛书

海洋平台的建造与维修

虞维明 周岳银 陈秀妹 编著

海洋出版社出版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 海洋出版社印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 12.375 插页: 1 字数: 320千字

1992年3月第一版 1992年3月第一次印刷

印数: 1—500

ISBN 7-5027-0182-6/TV·6

定价: 12.00元

编写说明

海洋平台的建造与维修工作已在我国逐步发展，作为海洋工程中的一个重要组成部分，开始受到各方面的重视。

为了促进这方面工作的积极开展，我们搜集了这方面的资料，对海洋平台的建造与维修工艺特点作些介绍，以供有关从事这方面工作的人员作参考。

在介绍海洋平台的建造与维修方面，仅对钢制海洋平台作重点介绍。

由于编者水平有限，内容上的不足和错误都在所难免，希广大读者给予指正。

参加本书编写工作的有：虞维明、周岳银、陈秀妹。全书由虞维明负责统稿，由程舜麟、孙宁保审阅。

在编写过程中得到有关单位和许多同志的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

编 者

一九八四年六月

前 言

目前世界上已有四十多个国家在浅海大陆架进行石油勘探和开发。海洋石油的产量在石油总产量中所占的比重正在猛增，它在六十年代末仅占百分之一至二，1979年上升为百分之十八，预计到1985年可达百分之三十到三十五。

我国海岸线总长一万八千余公里，在广阔的大陆架区域内，蕴藏着丰富的石油资源。从六十年代我国开始对近海进行地球物理勘探。实行对外开放政策以来，先后与英、美、法、日等国的数十家石油公司签订了地球物理勘探协议。我国近海已发现渤海、南黄海、东海、台湾浅滩、珠江口、莺歌海、北部湾等七个区域均有含油、气的盆地，总面积约一百万平方公里。这些盆地有着五千米至一万米巨厚的新生代沉积，具有良好的生油和储油条件，钻探结果肯定了我 国近海石油的蕴藏量十分丰富，开发近海石油的前途十分广阔。

为了适应近海石油开发的需要，近海海洋石油平台工业正在迅速发展。

近几年来，海洋平台的建造和维修工作已积极开展。位于渤海湾大连港的大连造船厂自七十年代初就开始建造钻井平台，已有几座40米水深的自升式钻井平台已交付国内使用。另外，为美国贝克海洋公司建造过大脚型自升式钻井平台。这些平台都取得了中国及国外著名船级社的认可，质量达到国际水平。该厂正在改造和扩建，可承造半潜式钻井平台和各种采油平台的模块。塘沽地区已建成一个导管架工厂。这一工厂已初具规模，能建造小型浅水生产平台的钢质导管架，就其场地和水域而言，尚有发展余地。新港船厂可承建部分模块制造任务。上海在造船方面历来都

是我国的重要基地，上海船厂建造过半潜式钻井平台。上海地区也是采油等专业模块建造的理想基地，至于导管架，由于现有船厂场地的限制，应在上海附近的适当地区建立一个具有一定规模的大、中型导管架制造厂。广州的黄埔船厂曾建造过自升式钻井平台，修理过半潜式钻井平台。广西的船厂也曾承担钻井平台主要部件的制造任务。但这些能力远不能满足南海石油开发的需要。因此，除了改建、扩建现有某些船厂以满足中、小型导管架和模块的生产外，还必须在广东某一适宜地区新建一个大、中型导管架制造厂。现有船厂生产模块也必须有计划地安排和改造，使之逐步专业化，扩大生产能力，提高产品质量。不论新厂建设或老厂改造，都将开展国际合作，加快建设进度。

根据工业现代化的规划，海洋石油工业，作为能源开发的一个重要组成方面，受到党和国家的重视。近海石油平台工业要迅速发展。为此，经国务院批准于1982年9月正式成立中国海洋石油平台工程公司，它将承担近海石油开发所需要的各种重大设施的研究设计和生产任务。几年来已做了大量工作。1983年11月广州船舶工业公司与法国工业企业联合公司合资经营的中国广州-优埃依(UIE)联合海洋工程有限公司成立。该公司将积极承揽中国和其他国家的采油平台订货，并进行采油平台的设计、建造、拖运、安装和交货的总承包，或单项任务的承包。根据签订合同规定，法方将向该合营公司提供技术指导，培训技术人员，并协助我方对黄埔造船厂进行技术改造。1983年我国第一家海洋石油平台工程设计公司在上海成立，它主要从事研究、设计海洋石油平台及其配套设施和辅助船舶，并为此提供技术咨询服务；同时参与中国近海或国外油田开发所需平台工程设计业务的投标；该公司已与英国约翰·布朗工程和建造有限公司签订了第一份技术合作协议书；还为中、日合资经营的埕北石油开发公司承包了埕北油田工程的采油和生活模块设计任务。

平台工程公司除了组织和动员国内的现有和潜在的力量外，

将继续遵循我国对外开放政策，在平等互利的基础上积极开展与友好国家公司的交流和合作。随着工作的进展，各种不同形式的合作组织，必将获得更加广泛的发展。我们深信，我国的海洋石油平台工业的前景是十分光明的，必将有很大的发展。

目 录

前 言.....	(1)
第一章 海洋平台的分类及结构特点.....	(1)
第一节 移动式海洋平台.....	(1)
第二节 固定式海洋平台.....	(23)
第二章 海洋平台用钢及其加工特点.....	(40)
第一节 海洋平台用钢特点及选材原则.....	(41)
第二节 钢材的下料和加工.....	(75)
第三章 海洋平台焊接工艺.....	(78)
第一节 海洋平台的焊接特点.....	(78)
第二节 焊接中的主要问题与措施.....	(81)
第三节 海洋平台常用焊接工艺.....	(96)
第四节 导管架管节点焊接.....	(100)
第五节 桁架桩腿的焊接.....	(111)
第六节 齿条的焊接.....	(136)
第七节 焊接中需注意的事项.....	(152)
第八节 焊接材料的使用和管理.....	(157)
第九节 焊接接头无损检验.....	(165)
第四章 钻井平台建造工艺.....	(173)
第一节 钻井平台建造设施.....	(173)
第二节 半潜式钻井平台建造工艺.....	(175)
第三节 自升式钻井平台建造工艺.....	(198)

第四节	自升式钻井平台下水方法	(227)
第五节	自升式钻井平台的拖航	(230)
第五章	导管架采油平台建造工艺	(238)
第一节	导管架的组装工艺	(238)
第二节	甲板的典型组装工艺	(250)
第三节	模块的典型组装工艺	(257)
第六章	导管架采油平台的下水和安装	(261)
第一节	整体式导管架的下水和安装	(261)
第二节	分段式导管架的下水和安装	(271)
第三节	自浮式导管架的下水和安装	(276)
第四节	浮箱运载的导管架的下水和安装	(277)
第五节	打桩及打桩锤	(282)
第六节	甲板模块的安装	(289)
第七章	海洋平台的腐蚀和防护	(292)
第一节	海洋平台的腐蚀	(293)
第二节	海洋平台的防护技术	(302)
第八章	海洋平台的维修	(332)
第一节	海洋平台的维修特点	(333)
第二节	水下焊接的应用	(337)
第三节	典型修复实例	(353)
第九章	海洋平台建造工厂基本条件	(360)
第一节	海洋平台建造工厂应具备的条件	(360)
第二节	典型海洋平台建造工厂概况	(364)
主要参考资料		(382)

第一章 海洋平台的分类 及结构特点

海洋平台的种类甚多，根据不同的需要和用途，有各种分类方法。

按海洋平台的运动性质，可分为移动式海洋平台和固定式海洋平台。

按海洋平台的用途来分，有钻井平台、采油（气）平台、生产平台、生活平台等。

按海洋平台的制造材料来分，有钢制海洋平台、钢筋混凝土海洋平台、混合海洋平台（钢制与钢筋混凝土材料）等。目前绝大多数海洋平台仍是钢制的。

海洋平台由于其工作环境的要求，大都是管状桁架型的重型金属结构。

海洋平台是海上石油开发必不可少的工具和基地，象一幢幢高楼大厦树立在陆地上一样，海洋平台将不断地矗立在海上石油开发的基地上。

为了对海洋平台有一个概括的了解，按常规分类逐一介绍。

这里需要指出的是，海洋平台还在不断地发展，新的结构和品种不断出现。相信海洋平台的分类和结构会随着新技术的应用将越来越完善。

第一节 移动式海洋平台

移动式海洋平台即钻探平台。它的任务是提供一个能安装钻

井作业的各个系统，以及配备有相应的器材、物质和人员可供作业及生活的海上基地。而且保证能在所规定的环境条件下稳定地进行钻井作业，并在几十年或百年一遇的环境条件下具有生存的能力。这后一点，既是钻探平台的关键所在，也是各类海洋平台形成和发展的基本原因。

现有的钻探平台有四种类型，即坐底式、自升式、半潜式和船式。除了船式与普通船舶外型相同外，其他三种类型与普通船舶都不大相同，现就四种类型的功用特点分述如下。

一、坐底式平台

坐底式平台又叫钻驳或插桩钻驳，它是最早出现的可移动式钻探装置，其外形见图 1-1。初期的坐底式平台系用驳船改装，将两艘尺度相同的驳船用一钢架联结成“Π”型，在驳船甲板上设置井场，布置各类设备及堆放钻管等作业器材。驳船体内设压载舱，作业时注水，使船身下沉，直至船体潜至离海底表面一定深度，足以借土壤的摩擦力和承受力使船身在规定的风、浪、流作用下不致移动和倾覆为止。

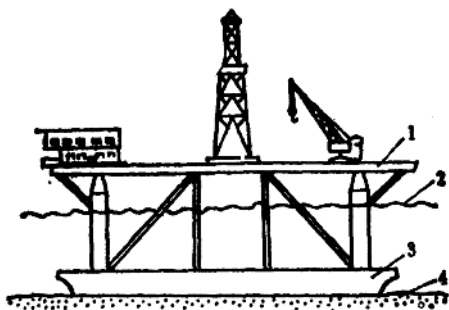


图1-1 坐底式平台示意图

1. 工作甲板； 2. 海面； 3. 浮箱（沉垫）； 4. 海底。

由于驳船的型深有限，为了在水深稍大的海域中进行钻探，就产生了把驳船的上部甲板和作为压载舱的下部船底分开，中间接以构架的型式。上部为工作甲板，它高出水面以上，并达到波浪打不到的高度。在其上安置生活、舱室和设备。通过尾部开口，借助悬臂结构钻井，下部作为沉垫，灌水压载，沉坐于海底定位。钻井时往浮箱中注水，沉垫下沉坐到海底。钻井完毕时，将浮箱内水排出，沉垫升起，以便拖航。该平台的优点就是便于迁移井位。

但是，坐底式平台的高度仍然是有限的，因为过高时，船的重心太高，移航时稳性以及下沉过程中稳性均难以保证，所以这种平台的作业水深不超过 40 米。另外，坐底式的沉垫是一个整体，因此要求海底表面平坦，如果海底坡度太大，平台坐底后将产生初始倾斜，进钻也将倾斜。同时如有凸出物，还会损伤沉垫。这种平台在作业前要事先调查好海底表面状况，必要时尚需加以平整。所以它只能用于没有经过大冲刷的海底条件，因此目前很少使用，也很少建造，几乎趋于淘汰。

二、自升式平台

自升式钻井平台外形见图 1-2，是五十年代中期发展起来的海上活动式钻井装置。它是由驳船型船体、桩腿（有的带整体沉垫）、升降机构、钻井设备、动力装置及有关附属设施所组成。靠平台的动力和升降设备，桩腿可以下放到海底并插入地层，或靠整体沉垫支持平台升高水面，独立完成钻井作业。钻完后平台又可降至水面，提起桩腿，靠拖轮或本身动力移到新的井位再次进行钻井。因此，它在漂浮状态具有船舶的特性，在钻井状态又好似一个固定建筑物，具有固定式平台的性质。它与浮式钻井装置相比具有下述优点：

①可以使用固定平台或陆地钻井的设备与工艺，不需采用海中导管、柔性接头、自动连接器、海底防喷器、底盘及海底套管

头等水下工具，简化了钻井操作，易损设备少，钻井时效率高，安全较有保障。

②钻井时，平台与井底没有相对运动，不需要立管张力器、

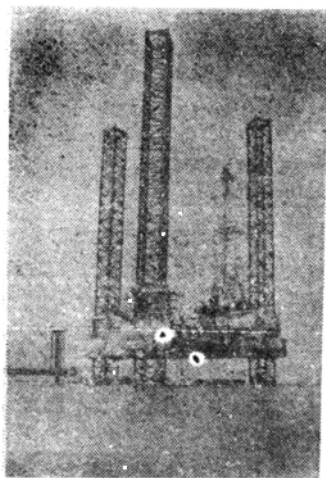


图1-2 自升式钻井平台外形

升沉补偿器、导向绳张紧器等补偿装置和大钩导轨，钻井时也不要锚或其他定位系统。锚系只用于升船定位，因此锚机拉力小，数量少。新设计的平台一般用3个锚，有的仅用一个锚。因此设备简单，投资相应减少。

③平台钻井作业时，移动储备材料，如钻杆、套管、油、泥浆及水泥等，不会引起平台倾斜，不需要进行专门的调平操作。

④它还具有较大的灵活性和可移性，同时在升降过程中

又不存在稳性问题。另外，它的造价也较低，维修也很方便，并且还能完善地转作临时性生产平台用。

鉴于以上优点故自升式平台使用仍然很广泛，且逐步向深水发展。近年来深水自升式平台得到了较大发展，国外已有不少90米深的平台投产，我国引进的“南海一号”、“勘探二号”、“渤海四号”就属于这一类型。国外正在设计建造100—120米深的深水自升式平台，有些公司还拟建造150米水深的自升式平台。但随着水深增加，波浪力增大，平台承受的外力越来越大，桩腿尺寸也要相应加大，建造成本很高。一般认为自升式平台在水深30—110米范围内使用比较经济。

但是，自升式平台也有其固有的缺点，即受桩腿长度的限

制，因桩腿的长度要随水深增加而线性地加长，则作用于桩腿的波力和流力增大、外力作用点离桩腿支点的距离（力臂）也加大，总的作用力矩是成几何级数增长。作用力矩的加大，导致桩腿尺寸的相应加大，这样又反过来使波力和流力增大。这种恶性循环的结果使自升式平台的作业水深受到很大的限制，多年来基本上限于在水深100米之内。因此它的最大缺陷是工作水深有限。

另外，海底的冲刷和基础的破坏对它也是一个很大的威胁。

再有一个缺点即在移位时，长的支柱升起，矗立在甲板之上，容易受风浪影响。在拖航途中天气突然变坏时就很不利，拖航速度也不能提高，约每小时3海里。因此，它只适合在一个海域内打井，短距离拖运，不适合要求经常从一个海域移至另一个海域打井。

自升式平台根据钻井作业要求和海域环境条件不同，在桩腿的数目和型式、着底端结构、升降装置以及船体形状几方面有不同的类别。下面分别叙述。

1. 桩腿的数目

桩腿从支撑平台这一角度讲，要求强度大，数目多。但是，它是受风、浪、流各力的主要构件，移航时又是平台整个重心大大提高的主要因素，因而又要求数量少和形式轻巧；加之多一个桩腿需多配一组升降装置及桩腿沉箱，这样也影响它的造价，所以数目又宜少。在现有的自升式平台中，桩腿的数目有三、四、五、六、八、十二和十四等几种。早期的平台桩腿数目比较多，这主要是桩腿材料的强度低和升降装置容量小的原因。其结果是升降装置套数多，升降作业复杂，受风、浪等力大，移航时重心提高等等。随着高强度合金钢的采用和升降装置容量加大，至今六腿以上的平台已被淘汰，而广泛采用三腿式、四腿式和五腿式。但是在非常深的水域工作时，采用较多的桩腿，可以提高工作状态下的站立稳定性和刚性。

下面分别叙述三腿式、四腿式和五腿式的优缺点。

(1) 三腿式

三腿式的桩腿数目最少，相应的升降装置也少，管理维修也较方便，同时受到的风、浪、流外力也较小，并且在拖航时阻力也小，因此，目前三腿式数量最多，是当前主要的一种自升式平台。

三腿式装置不但制造便宜，而且具有其他不少优点。发现边三角形平台的三腿布置最理想，在决定和控制每条桩腿的垂直载荷也较容易，三腿式每条桩腿上由倾覆力矩所形成的最大载荷也能确定得更为精确。有了这个数据，就可以对桩腿分别进行压载，以便模拟在预定的风暴中每条桩腿上可能产生的最大的垂直载荷，这样在恶劣的海况中，安全程度就能提高。

它的缺点是如果一腿损坏就将发生事故，另外，不能象四腿式那样，可借对角线双腿交叉升降进行预压，而要用压载水预压，因此要设置许多压载舱，这样船体内部的空间有效利用率就要降低。

(2) 四腿式

四腿式的主要优点是两根桩腿（对角线位置）可以轮流预压，平台上的设备布置也比较方便。

(3) 五腿式

五腿式的主要优点是在有冲刷危险的砂质海底中安全程度较高，相邻两腿同时产生突然的过量下沉时，整个平台不致倾斜，并且可以在海上轮流提起整个桩腿以便检修。缺点是造价较高。

在水深较深、环境较恶劣的条件下工作时，为了减少平台所承受的力，最佳的自升式平台应是单桩腿式，故目前在波浪汹涌的欧洲北海等海域使用的自升式平台，大都是单桩腿平台。

2. 桩腿的型式

桩腿的型式有二种，一种是水密箱式（包括圆柱形和方形），其断面见图1-3。另一种是桁架式。

水密箱式桩腿制造容易，可靠性高，但它的刚性比不高，因

此在大型自升式钻井平台中，水密箱式桩腿不是 型式，但对较小的自升式平台，则采用水密箱式桩腿却是 良好的（坚固而又价格便宜）。

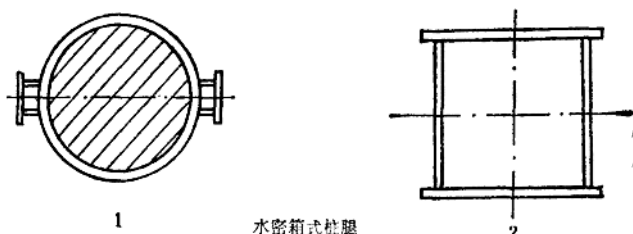


图1-3 水密箱式桩腿断面

1. 圆柱形； 2. 方形

桁架式结构刚性较大，但它会引起更大的波浪载荷，拉筋也更多，造价就高。因此在风力载荷大、水域深、波浪小、流速相当低的情况下采用桁架式比较好。

所以一般在作业水深50米以内采用水密箱式桩腿，个别也用到作业水深约70米的，作业水深超过70米大都采用桁架式结构。

3. 看底端结构型式

桩腿着落海底，它要承受平台的重量和抵抗风、浪、流、水等外力载荷，并传递给海底地基，因此对于不同的海底地基需要有不同的端部形状。现有的平台有三种不同的端部形状，即定位桩式、孤立沉垫式和整体坐垫式。

对于硬地质，则易用定位桩式，对于软地质则多用孤立沉垫式甚至整体坐垫式。整体坐垫式的优点是需插入海底的深度小（一般为1.8米左右），但整体坐垫式，各根桩腿联结在同一沉垫上，因此各根桩腿升降要同步，而且地基的斜度也有限制（一般认为极限坡度应为 15° ）。

4. 升降装置

对于自升式钻井平台，升降装置的好坏，直接影响到平台的成功与失败。升降装置的作用有二个，其一是在载荷很高的情况下，完成桩腿和船体之间的相对运动，其二是在工作状态时，保持船体的固定位置。

升降裝置的型式主要有以下三種，它們各有其不同的特點：

- 销孔型
- 齿轮齿条型
- 齿爪型

1) 销孔型 这种型式适用于水密箱式桩腿, 即小型的自升式平台中。

2) 齿轮齿条型 这种型式被广泛地采用, 主要是它们的操作性能良好, 并有平稳地连续运动的能力, 操作灵活。只要加大装置的动力, 升降的速度就能提高。以美国的马拉松自升系统为例, 它的传动原理见图 1-4, 这种自升系统可使每个支柱在控制

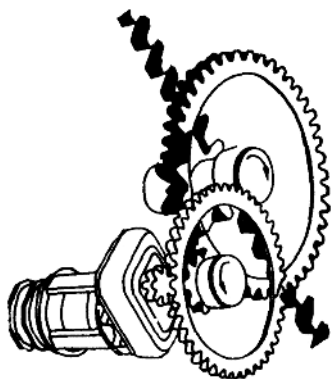


图1-4 马拉松自升系统传动原理图

速度为 28 米/时的条件下下降。提升系统是由电动机、主齿轮箱以及与主柱的齿条上的齿相啮合的二档减速齿轮和小齿轮组成。具有可靠的防止破坏能力的性能。但这种型式的传动机构体