

# 海上工程平台的设计与应用分析

陈师逊, 杨芳

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东烟台 264004)

**摘要:**海上施工所用的平台类型很多,不同的平台有不同的特点,根据工程的特点在确保安全的前提下,力求经济、实用是选择施工平台的基本要求。越来越多的海上地质工程项目,同样离不开海上施工平台的支持。介绍了相关平台的类型和特点,分析了平台的合理利用,论述了工程项目与平台的关系,为地质工程选择合理施工平台提供了参考。

**关键词:**海洋工程;钻探;海上工程平台;钻探平台

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)04-0046-05

**Design and Application of the Offshore Engineering Platform/CHEN Shi-xun, YANG Fang** (No. 3 Exploring Institute of Geo-Mineral Resources, Shandong Province, Yantai Shandong 264004, China)

**Abstract:** There are many types of platform used in offshore construction with different features. According to the characteristics of engineering, economy, and practice are the basic requirements to choose offshore construction platform. The increasing marine geological engineering projects also cannot do without the support of offshore construction platform. The paper introduces the types and features about the work platform, analyzes the rational use of it and discusses the relationship between engineering project and platform, which could provide a reference for choosing reasonable construction platform.

**Key words:** marine engineering; drilling; offshore engineering platform; drilling platform

随着我国国家海洋战略的实施以及蓝色经济(The blue economy)的飞速发展,海洋工程越来越多,但由于人类本身活动习性的特点,水下活动受到限制,目前大部分海域工程建设无法在水下直接实现,必须借助施工平台来完成。海上平台是海上工程的重要组成部分。所谓海上工程平台(offshore engineering platform)就是人类为了实现工程目标,在海上建造起来的一种高出海水平面且具有水平平面的构筑物,以满足工程施工作业或其他活动。如

海上石油钻井平台(offshore oil drilling platform),是为了海底油气资源的钻采活动而建造的,而本文针对的是海上工程平台,如地质勘查、桩基施工等,具有更广泛的含义。

## 1 常用海上工程平台的类型

由于不同的海洋环境和工程需要,海上平台的类型很多。按运动方式分主要有固定式、半固定式、漂浮式等(见图1)。

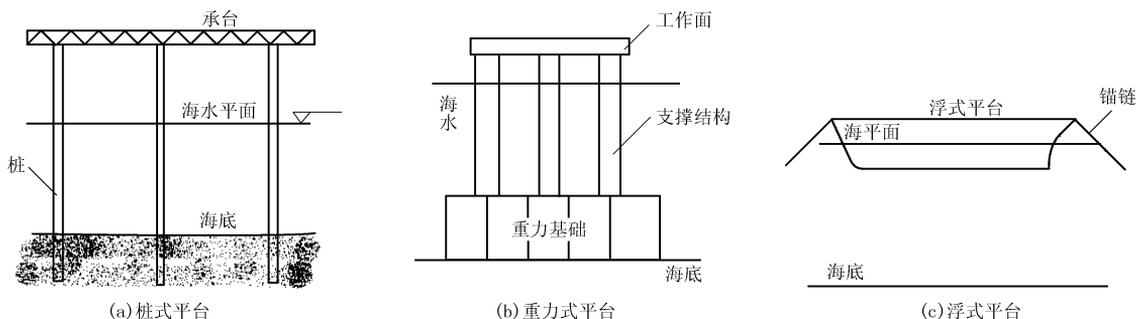


图1 不同平台示意图

固定式平台有桩式和重力式(筑岛式)等。桩式平台由承台和桩基构成。桩基有木桩、钢桩和钢筋混凝土桩等,建造平台时将桩打入海底,其上安装

承台作为施工平台,如图1(a)所示。重力式平台是靠平台自身的重力稳坐在海底坚实土层之上的,抵御风暴及波浪袭击,如图1(b)所示。重力式平台相

收稿日期:2014-02-19

作者简介:陈师逊(1965-),男(汉族),山东博兴人,山东省第三地质矿产勘查院副总工程师,山东地矿局钻探技术研究中心主任、研究员,地质工程专业,从事地质工程技术研究和管理工作,山东省烟台市芝罘区机场路271号, chshixun@126.com。

当于用不同的材料或结构建造一个人工岛或半岛,因此又叫筑岛式。

半固定式是在石油勘探领域新发展起来的,分张腿式和牵索塔式。张腿式是用下部锚索平衡上部浮体浮力,使上部浮体稳定。牵索塔式平台,将一个预制的钢塔安放在海底基础块之上,用钢索沿不同方向锚定拉紧而成。由于结构复杂,目前只应用于深海石油钻井领域。

浮式平台有可迁移的和不可迁移的2种。可迁移的浮式平台又称活动平台,如图1(c)所示,有坐底式、自升式、半潜式和船式等4种。深海石油勘探常用大型活动平台,其他工程类可根据不同的工程需要选择不同类型和规格的活动平台。不可迁移的浮式平台常建于靠近岸边或海况较好的海域,常用普通的驳船结构,系泊采用锚定法,用于开采海底石油、建造海上浮式工厂、旅游开发等。海上平台分类如图2所示。

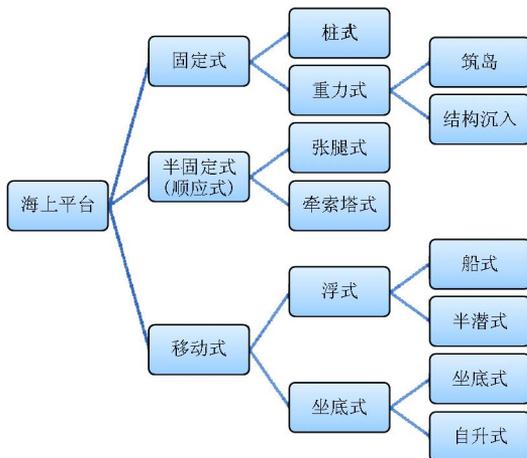


图2 海上平台分类图

按使用功能可分为:石油钻井平台、加工场平台、运输平台、工程施工平台、旅游观光平台、生活平台、储油平台、地质勘测平台等。

## 2 不同形式平台的特点和应用范围

目前工程施工最常用的平台有桩式平台、重力式平台和浮式平台。其他类型平台一般为石油钻探专用,如果工程确实需要,常常租用石油平台,因为造价很高,一般不会因某一工程而专门设计制造。

### 2.1 桩式平台

桩式平台是目前浅海工程施工中最常用的一种平台形式。主要特点如下。

(1)结构简单、方便灵活。桩式平台的结构大同小异,可以根据不同的工程需要和大小设计建造,

可大可小,灵活方便。

(2)波浪及水流荷载小,安全稳定可靠。由于桩式平台的上部承台要离开水面一定高度,避免了波浪及水流的影响,在水下部分只有相对较小的构件——桩,因此受到的波浪及水流载荷小。桩的承载力很容易满足承受荷载的要求,安全系数高,平台稳定性好,安全可靠。

(3)占地面积小,水深要求低。桩式平台一般不需要锚链固定,无需在平台周围抛锚,占用的水域面积只有平台部分,避免了由于占地面积大造成的与航运、水域养殖等发生的矛盾。从目前的情况看,桩式平台应用于150 m以浅的水深,但除了深海勘探以外,大部分海上工程施工还没有达到这一水深,可以认为对水深的要求低。

(4)安装、拆卸较方便。平台的构件可以在陆地成型后运至水域进行拼接,因此安装和拆卸都很方便。而且拆卸后不会对水域造成污染或其他后患。

(5)移动、应急性能差。平台搭建起来,一般要完成使命后才进行拆解,一旦遇到恶劣的环境变化,不能及时转移,人员的撤离和物资供应均需要其它工具完成。

(6)需要大型设备配合安装和拆解。平台的安装和拆解都需要大型的运输、吊装等设备进行配合才能完成。

(7)桩的锚固需要嵌入地层一定深度,对于水底是基岩地层的水域,桩嵌入地层的难度较大。

(8)平台的造价随水深成指数倍增长,从节约成本的角度考虑,使用水深受限制。

目前桩式平台已广泛应用于建造海上码头、灯塔、雷达台、水文气象观测站等。例如胶州湾大桥的桩基施工和混凝土搅拌站;杭州湾跨海通道的主索塔基础桩施工等均采用桩式平台的形式。由于桩式平台存在安装和拆解过程,一般应用于施工周期相对较长的领域比较合算,而周期很短的工程,如工程地质勘察、地球物理勘探等则显得较为笨拙。另外在不满足施工设备进入的浅水区,桩式平台的安装受到限制,无法使用。图3为杭州湾大桥桩基施工使用的桩式平台。

### 2.2 重力式平台

除石油钻井外,工程施工用重力式平台主要是人工填土(石)筑岛,或把桁架形式的水泥(钢制)结构直接沉入海底,并超出水面以上形成平台(见图4)。



图3 杭州湾大桥施工使用的桩式平台



图5 盐州跨海大桥筑岛施工现场



图4 桁架式重力平台

重力式平台的特点如下。

(1) 简便易行, 安全可靠。平台可以根据工程需要进行设计制作, 可简可繁。虽然受波浪及水流荷载的影响较大, 但由于自身质量很大, 抵御风暴及波浪袭击的能力强, 安全可靠性好。

(2) 承载力大, 稳定性好。重力式平台直接坐落在水底坚硬土层之上, 本身结构也非常坚固, 可承载较大重力。

(3) 维护简单, 使用周期长。平台基础没有很多的活动连接结构, 除基础产生不均匀沉降外, 无需进行水下维护。

(4) 适用水深较浅。由于受海底水流的影响较大, 水深时造价很高, 因此一般只适用于浅水区。

(5) 基础面积大。为了保证平台的稳固, 重力平台要采用“金字塔”的形式, 要有足够的基础面积。

(6) 环境污染。平台的地基处理, 需要大面积挖去水底软弱层, 改造水底的环境, 造成环境破坏。

工程施工中重力式平台主要应用于距离海岸较近受波浪影响小的浅水区、滩涂区、没有土层的基岩海底等区域, 在深水区可以使用坐底式移动平台。养马岛跨海大桥、广东盐州跨海大桥等工程由于水深浅, 水流影响小, 施工全部采用人工填土(石)筑岛搭建平台。图5是盐州跨海大桥施工现场。

### 2.3 浮式平台

浮式平台的特点如下。

(1) 移动灵活、就位方便。浮式平台能漂浮在水面上, 可以靠自身动力或拖船牵引移动。

(2) 应急性能高。在遇到紧急情况或恶劣环境条件时, 随时拖移至安全区域。

(3) 水深限制小。可以适应深水区作业, 而不受水深限制。目前超过 100 m 水深的工程施工, 一般采用浮式平台。

(4) 机械化程度高。浮式平台往往根据某一工程需要建造或拼装直接使用, 无需进行水上部分的人工平台建设。专业平台还配有动力、吊装、储备等设施, 机械化程度高, 可以不用其他大型设备配合。

(5) 重复使用率高。一个浮式平台可以完成多个重复性工程, 不用每次进行组装和拆解。

(6) 受水流和波浪影响大。靠浮力支撑, 在水下的结构庞大, 受到水流和波浪的阻力大。

(7) 占地面积大。靠锚索固定位置, 锚链长, 占用水域面积很大。

浮式平台广泛应用于深海的石油钻井。对工程施工来说, 常用于一些施工周期较短, 需要及时转移换位的工程中, 如地形测量、地质勘察钻探、工程物探等。在水域进行的工程地质勘察项目, 绝大多数是利用浮式平台进行的。如胶州湾跨海大桥、琼州海峡跨海通道、杭州湾跨海通道等工程的地质勘察均采用浮式平台。大多浮式平台为某一类工程专门设计, 成为专用设备, 如石油钻井平台。在杭州湾大桥施工中使用的打桩船也属此类。有的浮式平台为了减小波浪和水流的影响, 增加平台稳定性, 将排水舱体下移至水面以下一定距离, 称为半潜式。图6是用于工程地质勘察的浮式平台。

### 3 选择和设计平台主要考虑的因素

海上施工平台的选择和设计是一项重要的工作内容, 既要安全、高效地完成施工任务, 又要因地制宜, 节约成本, 避免浪费。一般要考虑以下几方面因素。

(1) 工程需要。不同的工程项目需要不同的



图6 用于工程地质勘察的浮式平台

平台类型和结构。这主要与工程施工需要的设备、工艺、施工周期、定位要求和方式等有关,特别是工程需要的平台承载力、面积、结构形式等。如钻孔桩工程由于其设备较大、工艺繁杂、作业面积较大、施工周期长等特点,通常采用桩式、重力式等稳定性好、平台面积较宽阔的平台。而工程地质勘察通常采用浮式平台,为了使钻机平衡,采用2船(泊)平行拼装,中间留有钻孔位置。工程勘察专用平台会在设计时将钻孔位置直接预留在平台上,对于测定地层参数较多、钻孔较深的,也可以采用桩式平台。物探工程要采用震动不能对物探仪器形成干扰的专用浮式平台。

(2)安全风险评估。不论选择使用哪种平台,都要对其进行安全评估。安全评估在一定意义上就是风险评估,是对平台或结构固有的或潜在的危险及其严重程度所进行的分析和评估。安全评估是一种基于数据资料、运行经验、直观认识的科学方法。通过将安全风险量化进行分析比较,从而运用有限的人力、财力和物力等资源条件,采取最合理的措施,达到最有效的减少风险的目的。安全评估通常采取定性分析和定量分析,一般过程是:定义平台系统→选择评估方法→危险源识别→原因及后果分析→风险估算→结果输出。

(3)环境条件及经济性。环境条件包括水深、水流、波浪、潮汐、海底地层状况、特殊天气状况、距陆地距离等等。环境条件是选择平台类型和平台设计的重要依据,在确定平台前必须充分了解和掌握使用平台的环境条件。经济性即是合理性,选择和设计平台时在满足工程需要和安全的前提下,做到高效、节能、环保、低耗,才是最合理的设计。这是每个工程都要追求的。

(4)搭建平台可行性。平台作为海上工程建设的临时建筑,自身建设也要充分考虑。要根据工程的施工规划合理选择和设计,既要保证安全又要简便易行。有的专用平台建造周期很长,要根据工程需要提前落实和改造。有时由于环境的影响平台搭建也会受到限制,如急流海域的筑岛,基岩海底的桩基等。

#### 4 平台实际应用案例

海上施工所用的平台类型很多,不同的平台有不同的特点,在确保安全的前提下,力求经济适用是选择施工平台最基本的要求。我院为了海上项目如桩基施工、地质勘探、工程地质勘察等工程的需要,设计了一套简易海上钻探平台,并申请了国家专利,成功进行了多个工程项目的施工,收到了很好的效果(见图7、图8)。



图7 平台安装及应用实际效果图



图8 莱州湾海上勘查施工项目全景

施工平台主要由钢管桩、甲板组成。平台甲板是由槽钢和工字钢焊接而成的桁架结构,为方便运输,平台甲板做成3 m×12 m,运抵码头后3个甲板拼装在一起成为一个9 m×12 m的大甲板,再整体吊运。甲板上分布9个Ø600 mm桩通孔,上面再铺设并焊接防滑钢板。平台甲板固定在9支桩上,平

台底部离海平面4 m左右。桩采用 $\text{Ø}500$  mm的钢管,壁厚15 mm,单桩长20~30 m。

平台安装时通过浮箱使甲板漂浮在水面上,通过船或锚索牵引移动,当甲板中心桩孔与钻孔位置一致时缩紧锚索将甲板浮箱定位。根据水深选择合适长度的桩用法兰连接起来,用船吊吊起来,通过甲板的桩通孔锤子下放至海底,在桩的顶部安装振动锤,将桩打入海底地层的预定深度。9根桩全部打入后,用钢丝绳将甲板提离水面至设计标高固定。

该平台的特点是:(1)结构简单;(2)造价低;(3)组装、搭建及拆卸容易;(4)甲板通过浮箱体漂浮在水上,移动方便;(5)采用振动沉桩,钢丝绳提吊甲板,灵活、安全、平稳;(6)甲板可根据平台需要的面积,由2个或多个分体组成,运输方便。非常适合海上钻探钻井、桩基施工、工程勘察等工程作业。该平台可以根据工程需要进行横向纵向扩展,作为临时海上通道、海上加工厂平台等应用。

该平台已在渤海湾海域成功进行了龙口北皂、梁家煤矿海上煤田勘探和莱州湾金矿海上勘查等项目的工程施工。在2013年莱州湾海上金矿勘查项目中,完成钻探工作量10余万米,最大钻探深度近2000 m,适用最大水深超过20 m,没有出现平台安全问题,证明平台满足设计要求,抵御风浪能力强。为平台设计和应用积累了的经验。

## 5 结语

(1)海上工程项目的建设不论是前期勘测、主体建设和后期维护均离不开海上平台的支持。

(2)海上施工平台的选择和设计要以安全、经济为第一原则。

(3)要根据工程项目的特点合理选择和设计平台,同时平台受环境条件影响较大,要因地制宜,统筹规划。

(4)有的专用海上平台需要的周期较长,要提前谋划,不能因为平台影响工程施工。

(5)目前海上平台以石油平台为主,工程施工方面的海上平台较少,要加大研究力度。

(6)中国作为一个海洋大国,应立足国内,发展具有自主知识产权的新型平台。

## 参考文献:

- [1] 陆岩,钟广复. 青岛胶州湾大桥海上施工平台的搭建技术[J]. 科技信息,2011,(25).
- [2] 李怀印,李宏伟. 不同类型海上平台的建造费用[J]. 油气田地面工程,2010,29(2).
- [3] 李玉刚,林焰,纪卓尚. 海洋平台安全评估的发展历史和现状[J]. 中国海洋平台,2003,(1).
- [4] 王晓燕. 海洋工程的安全风险评估研究[J]. 山东科学,2005,(5).
- [5] 陈师逊,朱金凤. 龙口海上煤田钻探施工平台的设计与应用[J]. 地质调查与研究,2008,(3).

## 全国页岩气勘查开发推进会在重庆召开

《中国矿业报》消息(2014-04-22) 4月21日,全国页岩气勘查开发推进会在重庆召开。记者从会上获悉,重庆涪陵页岩气勘查开发示范基地将在4年内建成。

国土资源部副部长汪民、重庆市副市长陈和平、中国石化高级副总裁王志刚、中国石油副总裁孙龙德等出席了会议。

据介绍,重庆涪陵页岩气勘查开发示范基地建设周期为2014~2017年。将通过“政产学研用”结合,开展页岩气地质理论研究、勘查开发技术攻关、相关技术规范 and 标准研制、促进产能建设、总结发展模式、探索政策扶持、完善监管机制、促进生态环境保护、推广应用示范等方面的工作。通过涪陵页岩气勘查开发示范基地建设,促进涪陵区块页岩气储量探明和产能建设,实现到2015年末探明页岩气地质储量1000亿 $\text{m}^3$ ,建成产能50亿 $\text{m}^3$ /年,年产气32亿 $\text{m}^3$ ;到2017年年底,累计探明页岩气地质储量为3000亿 $\text{m}^3$ ,产能达100亿 $\text{m}^3$ /年,为全国页岩气勘查开发提供典型示范。

在该示范基地建设中,国土资源部、重庆市政府及中石化三方将沟通协调,促进页岩气勘查开发和地方经济共同发展。国土资源部统筹考虑矿业权设置、储量评审,完善土地使用政策,并在两权使用费减免、调查评价等方面提供支持,

组织页岩气理论研究、技术攻关、标准制定、政策法规研究,以及推广应用。重庆市政府重点负责协调企地关系,保障用地、用水,营造良好的外部环境。中石化重点负责勘查开发理论研究、技术攻关、储量探明和产能建设。

记者在会上了解到,初步统计,目前全国页岩气勘查开发累计投资近150亿元,累计完成页岩气钻井285口。2013年,我国页岩气产量达到2亿 $\text{m}^3$ 。2014年,页岩气产量有望超过15亿 $\text{m}^3$ 。目前,我国已经初步形成自主的页岩气技术体系,探索开展了“井工厂”的勘查开发模式,具备自主设计和勘查能力,可以完成3500 m以浅水平井钻井及分段压裂,3000型压裂车等装备研制成功并投入批量应用。但在3500 m以深的页岩气勘探技术、工艺和装备还不完善,需进一步探索。

会上,各油气公司和页岩气中标区块介绍交流了页岩气勘查开发进展情况。中石化在重庆涪陵页岩气区块内多口水平井获得高产工业气流,形成产能6亿 $\text{m}^3$ /年,有望成为我国首个千亿立方米级页岩气田。中石油在长宁和富顺-永川区块开始了“井工厂”的生产模式的井组建设,开始进入我国页岩气商业化勘查开发起步阶段。