

知识讲座

海上自升式平台工作原理和基本特性

孟昭瑛 任贵永

(天津大学海洋与船舶工程系)

提 要 海上自升式平台工作原理、类型及其特点,结构组成、型式选择以及设计中一些问题,这类平台在我国海洋勘探、开发中的应用。

关键词 自升式平台 桩腿 升降装置

1. 自升式平台工作原理

随着海洋勘探开发工作水深的增加,工作范围增大,坐底式平台满足不了上述要求,自升式平台便发展起来。它是由一个驳船形船体(平台)和数个可升降桩腿组成的自升式平台。可升降的桩腿能将船体上升到海面一定高度,并能支撑整个平台在海上作业。它既可以升降船体,也可升降桩腿。目的是为了在海上作业,降船和升桩是为了迁航。

升降船和升降桩动作的完成,主要靠船体上的升降装置、动力系统、桩腿上的升降结构以及固桩结构整个升降系统共同完成的。升降装置目前常用的有电动液压式和电动齿轮齿条式两种。

(1) 电动液压式升降装置

它是利用液压缸中活塞杆的伸缩运动带动桩腿运动。它是通过活塞杆的伸缩带动环梁(或横梁)上下运动,用锁销将环梁(或横梁)和桩腿锁紧使桩腿升降。上部环梁通过拉力杆与平台甲板联结,下部环梁借助主液压缸与上部环梁联接,能相对于平台甲板上下移动。桩腿上可以设销孔,用销子插入销孔中,桩腿上也可设置齿块,齿块与旋转销相配合。以带齿块的桩腿为例,当下转销脱开通过桩腿齿块时,依靠主液压缸活塞的伸缩,下环梁能相对于桩腿上下移动,当液压缸活塞向上收缩则带动下环梁向上提升一个节距,再将锁销与齿块啮合;同理,可将上锁销脱开,当液压缸活塞伸展时,以下环梁锁销为支点,推动上环梁,使其向上提升,从而带动平台上升。

电动液压式升降装置是断续升降,每次只能升一个节距,每节距 1 m 左右,升降时需要倒手,不能连续,升降速度较慢,对液压阀件要求较高,但它不需要复杂的变速机构,体积小,传动效率高,控制比较灵活,还可作桩的预压,较经济,它常用于较浅水深的自升式平台,目前我国自行设计建造的海上自升式平台都是采用电动液压式。

(2) 电动齿轮齿条式升降装置

它是由电动机经减速机构带动齿轮转动,齿轮固定在船体上,使齿轮与桩腿上的齿条啮合,带动桩腿连续升降,当桩腿站立在海上,船体相对于桩腿也可连续升降。

它相对于电动液压式,升降速度快,可连续升降、操作灵活。但是,它需要庞大而复杂的变

速机构、体积大,对齿轮和桩腿上的齿条材料和制造工艺要求高,它常用于深水自升式平台。如勘探 2 号、渤海 4 号和南海 3 号自升式平台均是这种升降装置。

2. 自升式平台类型及其特点

自升式平台类型很多,可按不同方式分类,以下按桩腿接地型式、桩腿结构型式、升降装置和平台用途进行分类。

(1) 按桩腿下部是否带沉垫和桩腿接地型式分

1) 桩腿不带沉垫的插桩自升式平台。这种平台桩腿直接插入海底,用桩腿支撑整个平台,站立在海上作业。它适用于海底土壤较好的海域。渤海 5 号、7 号、9 号和 11 号自升式平台均是这种类型的平台。

2) 桩腿带整体沉垫的自升式平台。桩腿下部带整体沉垫,沉垫能有效地传递并分配桩腿载荷,用沉垫坐在海上作业,它属于重力式平台,用沉垫和平台的重量保证平台的抗倾和抗滑稳性,它适用于海底土壤承载力较低的情况。渤海 6 号和 8 号属这种平台。

3) 桩腿带独立的桩靴(沉箱)的自升式平台。桩腿下部均带一个独立的桩靴,也称独立沉垫或沉箱,以减少插桩深度。胜利 5 号、6 号自升式钻井平台均是这类平台。

(2) 按桩腿结构型式分

1) 壳体桩腿自升式平台。它是封闭型桩腿,其桩腿截面有圆形和方形,结构简单,刚性大,一般适用于 60 m 水深以下的浅水海域。如工作水深再增大,用壳体式桩腿不够经济,主要是波浪力随桩腿尺度增加而大大增加,桩腿重量也大大增加。但也有的壳体式桩腿工作水深达 90 m 和 115 m。

2) 桁架桩腿自升式平台。它是透空式桁架桩腿,其截面有三角形和正方形的,由于透空,桩腿上的波浪力和海流力大大减少。在桩腿弦杆上带有齿条,与齿轮齿条升降装置配合,桁架式桩腿常用于深水海域作业。

(3) 按升降装置分

可分成电动液压自升式和电动齿轮齿条自升式。

(4) 按平台用途分

自升式平台用途很广,常用的有自升式钻井平台、采油平台、修井平台、生活平台、施工作业平台等。

对于某一个自升式平台,可以用以上 4 个方面综合描述,例如渤海 9 号自升式平台为圆形四桩腿液压插桩自升式生活平台;勘探 2 号自升式平台为三桩腿齿轮齿条升降桁架自升式钻井平台。

3. 自升式平台结构组成和型式选择

(1) 平台结构组成

主要由桩腿(包括带沉垫或桩靴)、船体(平台)和固桩结构组成。桩腿主要是为了完成升降并支持平台在海上作业;船体(平台)主要提供生产作业和生活的场地,并在迁航中提供浮力,保证迁航稳性;固桩结构是将桩腿与船体固定在一起,形成整体,将船体载荷传递给桩腿,再传递给海底地基,所以也称它为载荷传递结构。固桩结构包括固桩块,固桩架等。对于插桩自升式平台,因固桩弯矩大,常设置固桩架,而对于整体沉垫自升式,固桩弯矩较小,也可不设固桩架,在平台上甲板和底板处固桩。

(2) 自升式平台结构型式选择

一般根据平台工作水深、海底土壤条件和升降装置等因素进行选型。从工作水深大小分别选桁架式或壳体式桩腿;根据海底土壤条件分别选插桩式或整体沉垫或桩靴式桩腿。桩腿数目直接影响船体的型式,目前常用三桩腿(配三角形船体)和四桩腿(配矩形船体)。早期的自升式平台,限于升降能力,桩腿数目很多,一般为6至8桩腿,多者达14条桩腿。桩腿数目越少,受的外力也小,升降装置数目也少,造价低,三桩腿是发展趋势。但三桩腿不能象四桩腿那样进行对角线预压,因而需增加压载舱。目前四桩腿自升式平台也较多,我国设计建造的自升式平台,大多是四桩腿的。

4. 设计工况和设计载荷

(1) 正常作业工况

它是指平台升高海面预定高度,满载进行正常作业的状态。其静载荷包括:(a)平台重量。(b)固定装置。(c)供应品。(d)压载重量。(e)作业载荷。其环境载荷取正常作业允许的最大风、波浪、海流载荷和海床支持力,对于抗冰平台应考虑冰载荷。

(2) 迁航工况

分一般迁航和风暴迁航两种工况。前者指迁航时间不超过12小时的迁航,后者指在风暴状态下的迁航。静载荷包括(1)中的(a)~(d)和浮力;环境载荷应考虑风、波浪、海流载荷,并考虑在迁航中由于平台摇摆、升沉和漂移产生的惯性力,倾斜重力和拖缆拉力等。一般迁航考虑风速不小于36 m/s,风暴迁航风速不小于51.5 m/s。

(3) 升降工况

它是指平台迁航到作业位置,进行降桩、插桩、预压、升船工况和完成作业后进行降船、拔桩、升桩工况。静载荷包括(1)中的(a)~(d)和预压载荷;环境载荷应考虑升降作业允许的风、波浪、海流载荷,并考虑在升降桩过程中平台运动对桩腿的作用。

(4) 自存工况

它是指在极端环境条件下,平台停止作业,可通过调整可变载荷或抛弃部分载荷以及其它措施以保持平台能在海上安全生存的工况。静载荷包括自存条件下的平台重量、固定装置、供应品和压载重量;环境载荷按极端环境条件下的风、波浪、海流载荷最不利的载荷组合。

5. 桩腿长度和升船高度

(1) 插桩自升式平台的桩腿长度

可用下式计算桩腿长度L

$$L=h_1+h_2+h_3+h_4+h_5+h_6+h_7$$

式中 h_1 —桩腿设计入土深度。按工作海域海底土壤、平台载荷、桩腿尺度和结构型式等计算确定;

h_2 —最大工作水深,包括天文潮和风暴潮静水面至海底的高度;

h_3 —静水面以上波峰高度。可按波浪计算,也可根据工作水深,按波高估算。深水近

似取 $\frac{1}{2}$ 波高,浅水近似取 $\frac{2}{3}$ 波高;

h_4 —峰隙高度,即波峰至船体底板的高度,它取平均低水位以上天文潮、风暴潮与最大设计波高三者之和的10%或1.2 m,取其小者;

h_5 —船体型深;

h_6 —固桩架(固桩室)高度;

h_7 —余量,即固桩架以上桩腿富裕高度,按升降桩节距、桩腿结构确定。

(2) 升船高度

为保证平台安全,不让波浪拍击船体底板,作业时,应根据作业海域、季节和海况条件,将船体升高海面一定高度,称为升船高度,包括上式中考虑天文潮和风暴潮后静水面以上波峰高度 h_3 和峰隙高度 h_4 。

6. 海上自升式平台的应用

海上自升式平台在我国海洋石油勘探开发和海上施工作业中得到广泛应用,我国已成功设计建造了渤海 1 号、3 号、5 号、7 号、11 号自升式钻井平台和渤海 9 号海上自升式生活平台,它们都是圆柱形四桩腿液压插桩自升式平台,它们工作水深均在 40 m 以内。此外,还引进一批三桩腿齿轮齿条升降桁架自升式钻井平台,如南海 1 号、3 号、4 号,勘探 2 号和渤海 4 号等均是 90 m 深水自升式平台。渤海石油公司还引进渤海 6 号、渤海 8 号沉垫自升式平台。胜利油田浅海公司引进胜利 5 号、6 号带桩靴的大脚号自升式钻井平台。

目前我国已拥有各种类型的自升式平台十多座,有钻井平台、采油平台、生活平台和打桩平台。大港油田和七〇八研究所正在研制用于极浅水的气垫自升式钻井平台,胜利油田正在研制自升式修井作业平台,南海西部石油公司成功地将自升式钻井平台改建成自升式采油平台。海上自升式平台占我国海上移动式平台 $\frac{2}{3}$ 以上,随着我国海洋开发事业的发展,海上自升式平台应用更加广泛。我国已具有设计、建造、使用各种自升式平台的能力和研制新型自升式平台的能力。

〔上接第 166 页〕

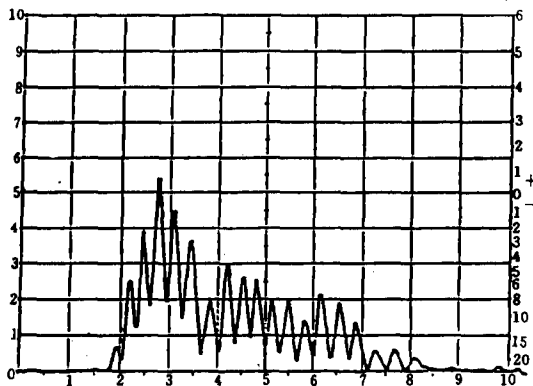


图 3 橡胶内部有气孔的波形

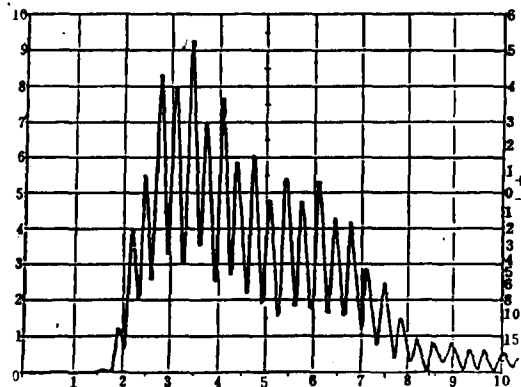


图 4 橡胶与钢板表面粘合不好的波形

5. 结束语

橡胶涂层的超声检验在无损检测领域中尚属新技术。其检测方法还不是很成熟,有些接收图形还得不到充分的解释,加之目前在世界范围内还没有这方面的规范和标准作为指导,因此这种检测方法在海底管线的制造中并没有得到广泛的应用。目前仍以锤击试验作为主要手段对橡胶涂层进行检测。随着实践经验的不断积累以及对检测设备的进一步开发,特别是引入计算机处理图像数据和自动检测、记录系统,相信橡胶涂层的超声检测方法会不可避免地取代高强度、低效率的锤击试验。

whethers. The oil and gas resources are well utilized and deployed. Therefore, a rather high economical beneficial result has been achieved.

Some Suggestion on the Operation of LF 13-1 Platform

..... Huang Xiao-yan (155)

The LF 13-1 platform is the largest drilling/production platform used in offshore China. The main facilities, process flow and the characteristics of this field are introduced. Some suggestions for the operation of this field are raised by author in this paper as well.

The Application of Hydraulic Vibration Pile-driver/Pile-drawer Machine

in Ocean Engineering

..... Hu Hong-qin (157)

The fundamental information and data of a wellhead vibration pile-driver and pile-drawer machine are introduced in this paper. The result of application of this kind of machine in shallow water sea oil field development is also described briefly.

The Technique of Subsea Pipeline Inspection

..... Liu Zhen-guo, Ma Liang, Wang Jin-ying (160)

According to the present domestic practical requirement, the inspection purpose, inspection classification and inspection technique of undersea oil and gas pipeline are introduced. Especially the inspection technique of various kind of intelligent pigs used both in domestic and abroad in present years is described and emphasized.

The Ultrasonic Examination for Neoprene Coated Riser

..... Gong Yin-fang (165)

In the field of non destructive testing, the ultrasonic inspection of neoprene coated is a new and developing technique which has not been used in domestic so far. The experiences of some projects in abroad has been collected. The application of the ultrasonic examination for neoprene coated risers, the inspection instruments, the reference blocks and the interpretation of the received signals are introduced by the author in this paper.

The Working Principle and Fundamental Characteristics of Offshore Jack-up Platform

..... Men Zao-ying, Ren Gui-yong (167)

The working principle, types and their special properties, the formation of structure, the selection of types and some problems in engineering of the offshore jack-up platform are introduced in this lecture. This kind of platforms are widely used in the exploration and developing of domestic offshore oil and gas field.

Directed by:

**China Offshore Industrial
Corporation (COIC)**

Edited by:

**Editorial Office "China Offshore Platform"
Address; P. O. Box 032-201 Shanghai, China
Tel; 4399626-2121 Cable; 5689**