

文章编号 :1001-4500(2002)02-0031-04

胜利作业三号自升式修井作业平台的总体设计

王泉 郭洪升

(上海交通大学,上海 200030)

摘 要 结合胜利作业三号自升式修井作业平台叙述了自升式平台的总体设计特点,对如何根据平台的设计要求及环境条件确定平台的结构型式、平台的主尺度与总体布置进行了分析研究,对设计各类自升式平台具有一定的参考意义。

关键词 自升式平台;总体设计;结构型式

中图分类号 TP75 U674

文献标识码 B

1 引言

胜利作业三号自升式修井作业平台是“九五”国家重大技术装备科研攻关项目,是国内自行设计建造的第一艘齿轮齿条升降的三腿自升式修井作业平台,由胜利石油管理局联合上海交通大学共同研究设计的。该平台于 1998 年 6 月开始设计,1999 年 5 月完成设计并通过中国船级社审查,1999 年 9 月开始在青岛北海船厂施工建造。本文结合胜利作业三号自升式修井作业平台介绍自升式平台的总体设计。

2 设计要求及环境条件的设计标准

2.1 设计要求

1)本平台配 100t 海洋直流电驱动修井机,能适用于 4500m($2\frac{7}{8}$ 吋)深度内的直、斜井的大修、小修作业。(2)作业范围:渤海湾水深 5~25m 内泥砂质海底的海域。(3)平台为无冰期作业。(4)平台按 CCS 规范设计,入 CCS 级。(5)使用年限 20 年。(6)定员 35 人。(7)自持力 20 天。

2.2 环境条件的设计标准

(1)风速:正常作业 36m/s,风暴自存 51.5m/s;拖航 36m/s(完整稳性,一般迁航);51.5m/s(完整稳性,风暴迁航);25.8m/s(破舱稳性)。

(2)波高、周期(25m 水深):正常作业 6.6m 9s,风暴自存 7.6m 9s。

(3)潮位:天文潮差 1.44m;风暴潮增水 2.03m。

(4)海流流速:正常作业 1.285m/s(2.5kn);风暴自存 1.285m/s(2.5kn)。

(5)大气温度:-15℃~40℃(极值温度);-3.5℃~28.8℃(月平均温度)。

3 平台结构型式的确定

自升式平台的作业水深范围通常为 5~90m。由平台主体(漂浮于水面时为浮体)、桩腿(带桩靴)、升降装置三部分组成。结构形式是各种各样的,按平台主体的形状、桩腿的数目及形式、升降装置的类型等可分为井口槽式平台和悬臂梁式平台。由于悬臂式平台的悬臂(连同钻台及井架)可以伸出到小型导管架式生产平台的上面进行修井作业,而井口槽式平台很难在导管架式生产平台的上面进行修井作业,因为胜利油田目前的生产平台都是导管架式的,所以胜利作业三号确定为悬臂梁式平台。

3.1 平台主体

平台主体平面形状与桩腿的数目密切相关,一般有三角形(三腿)、矩形(四腿)和五角形(五腿)等。三桩腿和四桩腿是最常见的,虽然三腿平台对平台的重心位置要求高,插拔桩作业要求严格,需要压载

收稿日期 2001-10-05

作者简介:王泉(1965-)男,高级工程师,在职博士生。

水进行预压,若三腿中有一腿发生突然下陷,平台将随之发生倾斜,会造成升降装置、桩腿(尤其是齿条)主体结构等的损害,然而从减轻钢料重量、减少桩腿的数目和相应的升降装置的套数、降低造价而言,三桩腿最为理想。而且根据胜利油田现有的从国外引进的三腿自升式平台使用情况来看,平台升降安全可靠,插拔桩作业也非常顺利,特别是桩靴的“脚底”、“脚面”采用上下两套喷冲装置后拔桩作业更是顺利。因此最后选定三腿方案,平台主体平面形状接近三角形。

3.2 桩腿及桩脚箱的型式

桩腿的型式可分为壳体式和桁架式两种,壳体式桩腿的制造较简单,适用水深范围一般不超过 60m,更大的水深采用桁架式。由于胜利作业三号作业水深范围为 5~25m,桩腿采用壳体式圆柱桩腿。

桩腿下端的结构型式按海底地貌和土质的不同,可采用插桩型、箱型、沉垫型。插桩型的桩腿下端具有较小的支承面,适应较硬的海底。沉垫型是将几根桩腿的下端固定到一个大沉垫上,适用于软地基区域,但海底必须是平坦的,且在风暴状态下易产生淘空和滑移。箱型是插桩型和沉垫型的中间型式,具有兼顾软、硬地基的可能性,桩脚箱增大了海底支承面积从而减少了桩腿插入海底的深度,减少了所需桩腿的长度,更重要的是提高了插桩和拔桩作业的安全性,而桩脚箱设有喷冲装置更有利于拔桩作业,根据胜利油田海域的土质资料及现有的桩脚箱型平台的使用情况,箱型平台更适合于胜利油田海域。

3.3 升降装置

最常用的升降装置是齿轮齿条式和顶升液压缸式。齿轮齿条式有电驱动和液压驱动两种,工作连续,升降速度快,控制简单和操作性能良好,同步性能好,平台比较平稳,可直接依靠齿轮齿条微动将平台调平,适合于移位比较频繁的平台,缺点是造价比较高。因为胜利作业三号是修井作业平台,作业周期短,平台升降比较频繁,所以本平台升降装置采用液压驱动的齿轮齿条式升降装置。

4 主尺度与总体布置

自升式平台的主要尺度是根据设计要求经过方案论证和比较后确定的,确定自升式平台的主要尺度的任务包括确定平台主体、桩腿及桩靴、升降装置的型式与尺度。对自升式平台的基本型式初步确定后,则进一步就可以对主要尺度和总体布置的有关问题进行探讨。这一过程可能需要反复地进行,是一个逐步近似的过程。首先应尽可能搜集同类型平台的主要参数和主要性能资料,并进行一定的分析,根据设计要求及设计环境条件,参考母型船确定平台的主要尺度,完成重要设备的选型和总体布置,然后进行重量重心的估算、各项总体性能和结构强度的校核计算,根据计算结果修正平台的主要尺度,但是随着设计的深入会不断地对平台的主要尺度和总体布置进行修正,直至完成技术设计,最终确定平台的主要尺度和总体布置。

4.1 平台主体

4.1.1 母型船的资料

胜利作业一号为三腿自升式修井作业平台,作业水深 5~15m,主体平面形状为三角形。胜利五号为四腿自升式钻井平台,作业水深 5~30m,主体平面形状为四边形。母型船的主要参数见表 1。

胜利作业三号为三腿自升式修井作业平台,作业水深 5~25m,主体平面形状为三角形,平台的功能、形状、主要设备与胜利作业一号相似,平台的作业水深及环境条件与胜利五号接近,经分析确定将胜利作业一号作为母型船,并适当考虑胜利五号的资料。

表 1 母型船的主要参数

平台名称	主体长(m)	型宽(m)	型深(m)	拖航排水量(t)	拖航吃水(m)
胜利作业一号	40.68	30.48	4.04	2100	2.25
胜利五号	39.5	30.5	4.1	3410	2.93

4.1.2 主体尺度的确定

根据设计要求及设计环境条件,参考母型船的资料,初步确定胜利作业三号主体尺度,并完成重要设备的选型和总体布置,按照主体结构、设备、桩腿(含桩靴)等分类进行重量的估算,初步估算拖航排水量、

拖航吃水与干舷,再初步估算各项总体性能指标和结构强度。自升式平台的干舷是一个非常重要的参数,它直接影响到平台的拔桩力和稳性。在方案设计阶段,为了保证平台的拔桩力,一般认为干舷高度和拖航吃水接近是比较合理的。技术设计完成后最终确定的主尺度为:主体长 38m,型宽 34m,型深 4.2m,拖航排水量为 2700t,拖航吃水为 2.2m,干舷为 2.0m。型宽加大是抗倾稳性的需要,为控制平台的重量,在满足总体布置的情况下主体长度适当减少,型深加大是增加平台的拔桩力。

4.2 桩腿及桩靴

首先确定桩腿的位置,即桩腿之间的纵向间距和横向间距。桩腿的分布位置直接影响到平台的着底稳性,也影响到环境力作用的各桩腿所承受的轴向载荷。桩腿之间的纵向间距和横向间距越大,平台的抗倾稳性也越好。通常,平台甲板为三角形时桩腿布置在三角。根据胜利作业三号的主体尺度,在保证桩靴不突出船体的情况下,确定桩腿的纵向间距为 27m,横向间距为 22m,桩腿的位置确定以后,主体上的围阱区及升降装置的位置就可确定。

4.2.1 桩腿长度

入土深度(最大) 3m,最大作业水深 25m,天文潮高 1.44m,风暴潮高 2.03m,波峰高度 5.07m,峰隙: 0.85m,型深 4.2m,桩机高度 6m,桩裕量 2.41m。

桩总长 50m,实际确定桩长 55m,直径 2.5m。

4.2.2 桩靴面积

桩靴面积确定了支承压力的大小,桩靴的支承压力直接影响到桩腿的深度和桩靴的强度,应在设计时加以控制。根据修井作业平台作业周期比较短的特点,一般希望入土深度在 1m 左右比较合适,根据渤海湾现有井位的地质资料,参考胜利作业一号的资料,确定桩靴的支承压力为 $10\text{t}/\text{m}^2$,根据作业三号桩腿的最大承载力 1420t,确定桩靴的尺寸为 $12\text{m} \times 12\text{m}$ 。

4.3 升降装置

齿轮齿条升降装置的齿条沿桩腿筒体铺设,而与齿条相啮合的小齿轮安装在齿轮箱架上,并由液压马达通过减速器驱动,为了减小齿轮架承受的水平力,齿条与小齿轮是对称设置的。对齿轮齿条升降装置进行设计时,应考虑如下重要因素(1)升降状态时平台主体的升降速度(2)举升主体的举升力大小(3)站立状态升降装置的支撑能力(4)任何部件发生故障时不会引起灾难性事故。

根据平台的拖航排水量计算举升力和支撑力,然后就可确定小齿轮的数目和承载力。胜利作业三号升降系统共三套,每套升降系统由径向对称布置的 6 套小齿轮驱动组成和齿轮箱架组成。平台艏部 #14 左、右舷对称设有 1 号、2 号桩腿及升降系统,间距 22m,艏部 #66 中部设 3 号桩腿及升降系统,各桩腿由升降系统与平台箱体连在一起。

齿条通过过渡板与桩腿连接在一起。液压马达通过行星减速器驱动小齿轮,小齿轮与桩腿的齿条相啮合带动平台的升降。采用 PLC 控制,能自动升降亦能手动控制船体升降,姿态控制精度 $\pm 0.3^\circ$,设有监控及故障诊断系统。小齿轮的最大正常提升负荷 150t,最大应急提升负荷 180t,最大支撑负荷 220t,设计屈服力 390t。最终确定的参数为:正常举升能力 $3 \times 900\text{t}$,应急举升能力 $3 \times 1080\text{t}$,预压支撑能力 $3 \times 1320\text{t}$,船体升降速度 $0.3\text{m}/\text{min}$ 。

4.4 总体布置

在总体布置中首先应该考虑防火与防爆等安全问题,总体上按照作业区、设备区、生活区来划分。生活区应远离危险区域,尤其是“0”类危险区域,以防止可燃气体的积聚并引起火灾与爆炸。另一方面,生活区还应尽可能地远离作业机械、柴油发电机组,以减少振动与噪音对人员的干扰,使人员有一个安静舒适的休息环境。因此生活区和直升飞机平台一般都布置在平台的艏部。

总体布置还应尽可能地按照修井工艺流程的要求,把各种修井装置和设备以及所需操作场地、钻杆堆场、重晶石及水泥堆放场地、液体舱柜等布置在作业区,作业区一般布置在平台的尾部。

在甲板中部设备区的合适的位置布置起重机、柴油发电机组、锅炉、应急发电机组、配电房、液压站等

通用设备。在进行总体布置时,还有一个非常重要的问题,要尽量注意平台的重心位置和浮心位置及三条桩腿支撑形心的协调。平台的重心位置和浮心位置的协调,使平台在漂浮状态不产生横倾和不合适的纵倾。平台的重心位置和三条桩腿支撑形心的协调,使得平台在举升状态和作业状态时三条桩腿受力均匀。胜利作业三号的总体布置如下。

1) 主甲板布置 平台甲板设备布置应既满足生产需要又要确保安全,自平台艏至艉划分成三个区:作业区、工程设备区、生活区。

作业区 井口区位于平台艏部 #0 ~ #22。在中部设有两根悬臂大梁及其移动系统和锁紧装置、泥浆净化模块、重晶石及水泥灰堆场、水泥浆漏斗及泥浆加重漏斗。在 #14 左、右舷对称设有 1 号、2 号桩腿及桩机升降系统,在右舷设有 5t 锚及电动锚机各一副。

工程设备区 位于平台舳部 #24 ~ #50,在左舷设有 16t 吊机一台、主发电机房及海水提升系统。右舷设有锅炉房、应急机房、机修间、库房、CO₂ 间和 10t 吊机一台。在中部设有配电间、变压器房、液压站。

生活区 位于平台艏部 #50 ~ #76,一层生活楼设有储藏室、厨房、餐厅、4 人间一个、休息室、更衣间、浴室、盥洗室、厕所。在中部 #66 设 3 号桩腿及桩机升降系统, #73 设龙须缆绞车,在左、右舷对称设有拖力眼板及备用拖力眼板各一副。

2) 二层甲板 位于 #27 ~ #74。#27 左、右舷对称设有 20 人的抛投式、气胀式救生筏各一个。#27 左舷设有三台主发电机散热器。#50 ~ #74 设二层生活楼,有 2 人间 2 个、4 人间 5 个,生活库房、盥洗室、厕所。在 #66 左、右舷对称设有 37 人的全封闭玻璃钢耐火救生艇各一艘。

3) 三层甲板 #50 ~ #63 设在三层生活楼,有会议室、经理室、通讯室、升桩控制室、4 人间 1 个、2 人间(兼医务室)1 个,在 #65 右舷设中央空调机。#74 ~ #113 为直升飞机平台。

4) 活动甲板 位于悬臂梁上方,艏部为井架横向轨道及其移动系统、井架底座、100t 修井机及其它修井设备。艉部为钻杆堆场(13m × 15.5m)。

5) 舱室布置 箱体内设有 4 道连续纵舱壁、6 道连续舱壁,分成 36 个舱,设有压载舱、洗井液舱、泥浆舱、淡水舱、燃油舱、三缸泵舱、污水处理舱、井下污液舱、泵舱、海水舱、热海水舱。

胜利作业三号自升式修井作业平台攻关难点多,技术难度大,本文只是简单地介绍了总体设计的特点。该平台的建造成功必将积累丰富的设计和建造经验,为自升式平台的推广打下基础。

参考文献

- [1] 马志良,罗德涛等.近海移动式平台[M].海洋出版社,1993.
- [2] 潘斌.移动式平台设计[M].上海交通大学出版社,1995.
- [3] 潘斌.移动式平台设计原理[M].上海交通大学海洋工程设计教研室,1991.
- [4] 盛振邦,杨尚荣,陈雪琛.船舶静力学[M].国防工业出版社,1984.
- [5] 中国船舶工业总公司编.船舶设计实用手册(总体分册)[M].国防工业出版社,1998.

The Integrated Design of Sheng-li No.3 Jack-up Platform

WANG Quan, GUO Hong-sheng

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030 China)

Abstract: Taking Sheng-li No 3 work over jack-up offshore platform as an example, the characteristics of integrated design of a jack-up platform are described. The determination of the structure style, the choice of principal dimension and the design of general arrangement according to the design requirement and environment condition are analyzed and studied.

Key words: jack-up platform integrated design