

文章编号:1001-4500(2008)04-008-06

我国自升式钻井平台的发展与前景

汪张棠, 赵建亭

(中国船舶工业集团公司第七一八研究所,上海 200011)

摘 要: 自升式钻井平台属于海上移动式平台,由于定位能力强和作业稳定性好,在大陆架的勘探开发中居主力军地位。阐述自升式钻井平台的组成和作业范围,以及在我国海洋油气勘探开发中的发展与前景。

关键词: 自升式钻井平台;发展;前景

中图分类号: P75 **文献标识码:** A

THE DEVELOPMENT AND FOREGROUND OF THE SELF-ELEVATION DRILLING PLATFORM IN OUR COUNTRY

WANG Zhang-tang, ZHAO Jian-ting

(Marine Design & Research Institute of China, Shanghai 200011, China)

Abstract: As the maritime moving platform, the self-elevation drilling platform is the main force in the exploration of the continental shelf as the result of good fixing and reliable working. This paper expatiates the composing and working scope of self-elevation drilling platform, as well as its development and foreground in the oil and gas exploration of our country.

Key words: self-elevation drilling platform; development; foreground

世界经济的高速发展必然带来对能源的大量需求,石油天然气仍是当前的主要能源。我国已成为世界第二大石油进口国,油气供求矛盾非常突出。

我国陆地油气资源勘探开发程度现已很高,油气资源正迅速减少。向海洋进军,开发新的油气资源已成必然趋势。我国拥有漫长的海岸线和广阔的海域,油气资源十分丰富。在渤海、南黄海、东海、南海已有发现并进入早期开采。

自升式钻井平台属于海上移动式平台,由于其定位能力强和作业稳定性好,在大陆架海域的油气勘探开发中居重要地位。

1 自升式钻井平台组成和作业范围

自升式钻井平台主要由平台结构、桩腿、升降机构、钻井装置(包括动力设备和起重设备)以及生活楼(包括直升飞机平台)等组成。平台在工作时用升降机构将平台举升到海面以上,使之免受海浪冲击,依靠桩腿的支撑站立在海底进行钻井作业。完成任务后,降下平台到海面,拔起桩腿并将其升至拖航位置,即可拖航到下一个井位作业。

桩腿是自升式钻井平台的关键。当作业水深加大时,桩腿的长度、尺寸和质量迅速增加,作业和拖航状态的稳性则变差。所以,自升式钻井平台最大的作业水深受到制约,作业范围限于大陆架 200m 水深以内。桩腿结构形式有柱体式(图 1)和桁架式(图 2)两大类。柱体式桩腿由钢板焊接成封闭式结构,其断面有圆柱

收稿日期:2008-01-17

作者简介:汪张棠(1937-),男,高级工程师,主要从事船舶及海洋工程特种机械设计研究。

形和方箱形两种,一般用于作业水深 60m 以下的自升式平台。水深加大,波浪载荷更大,结构质量增大,宜采用桁架式桩腿。它由弦杆、水平撑杆和斜撑杆组成,在弦杆上装有齿条。桩腿可按地质条件需要设置桩靴,桩靴的平面形状有圆形、方形和多边形几种。

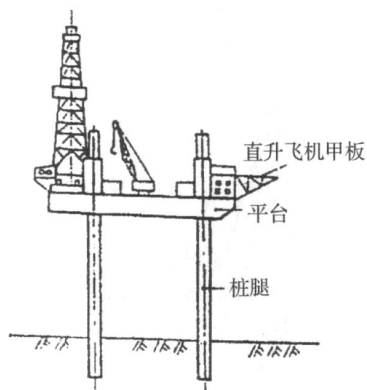


图1 圆柱腿自升式钻井平台

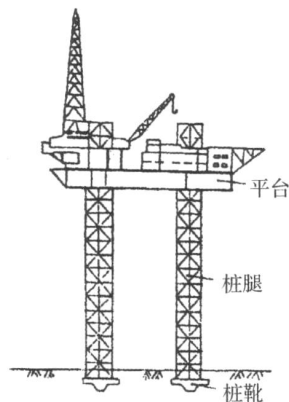


图2 桁架腿自升式钻井平台

就桩腿数量而言,目前主要是 3 根或 4 根,3 根桩腿是自升式平台取得稳定支撑最少的数量。当作业水深很大时,考虑到桩腿的尺寸和质量,宜采用 3 根桩腿,同时可以减少升降机构的数量;缺点是一条腿失效,平台就无法工作,甚至发生险情。3 根桩腿在预压时不能象 4 根桩腿那样采用对角线交叉方式,而需要用压载水,比较麻烦。

中小型的自升式钻井平台,作业水深较小,多采用 4 根柱体式桩腿,平台主体平面呈矩形;大中型平台,作业水深较大,多采用 3 根桁架式桩腿,平台主体平面呈三角形(如图 3)。

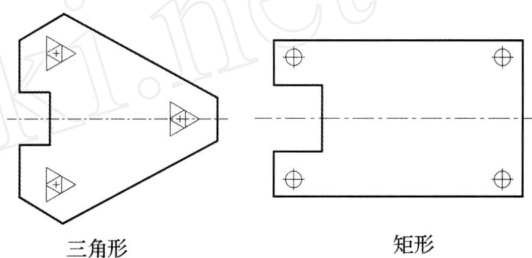


图3 自升式平台的主体平面形状

2 自升式钻井平台在我国的应用

2.1 自行设计建造的“渤海一号”和“渤海五号”

世界上第一艘自升式钻井平台产生于 20 世纪 50 年代。我国第一艘自升式钻井平台“渤海一号”(图 4)于 1967 年由七八所完成设计,1972 年在大连造船厂建成交船。总长 60.4 m,总宽 32.5 m,型深 5 m,井槽尺寸 10.5 × 10.8 m,作业水深 30 m,最大钻井深度 4000 m,满载排水量 5700 t,吃水 3.3 m。4 根圆柱形桩腿,直径 2.5 m,长度 73 m,为摩擦支承桩。设计了液压油缸升降横梁插销式升降机构,每桩举升力 1600 t。甲板可变载荷 1400 t(包括大钩载荷),自持能力 30 天,定员 90 人。投入使用后,在渤海打了几十口井,其间经历过 1976 年 8 月唐山大地震的严峻考验。实践证明,该平台基本上是成功的,开创了我国自升式钻井平台的先例。

此后,渤海石油公司在“渤海一号”的基础上,设计了 40 m 自升式钻井平台,1983 年由大连造船厂建成“渤海 5 号”(见图 5)和“渤海 7 号”两艘自升式钻井平台。总长 76 m,总宽 46.6 m,型深 5.5 m,井槽尺寸 11 × 8.4 m,作业水深 5.5 ~ 40 m,满载排水量 6400 t,吃水 3.5 m。

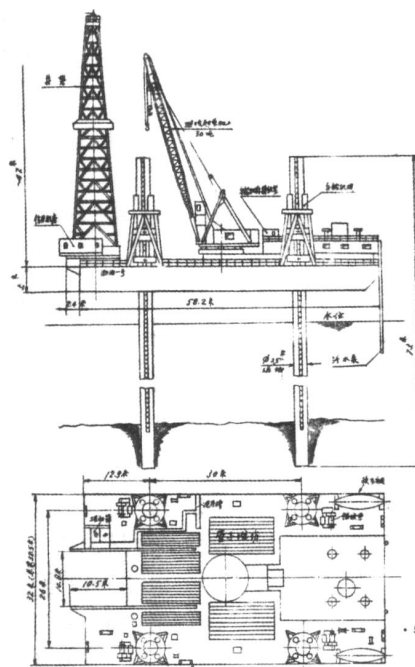


图4 “渤海一号”自升式钻井平台

钻井装置(包括动力设备和起重设备)从国外进口,最大钻井深度 6000 m,平台一次定位可打 9 口井。4 根圆柱形桩腿,直径 3.0 m,长度 78 m,为摩擦支承桩,采用液压插销式升降机构,每桩举升能力 1800 t。甲板可变载荷 1950 t(包括大钩载荷 450 t)。自持力 20 天,定员 86 人。设有 17.2 × 21 m 的直升飞机平台,具有中国和挪威船级社双重船级。是渤海石油公司的主力平台,已成功地打了多口井。值得一提的是升降机构作了重大改进,设计了双移动环梁插销式升降机构,解决了“渤海一号”液压升降机构的不同步问题。

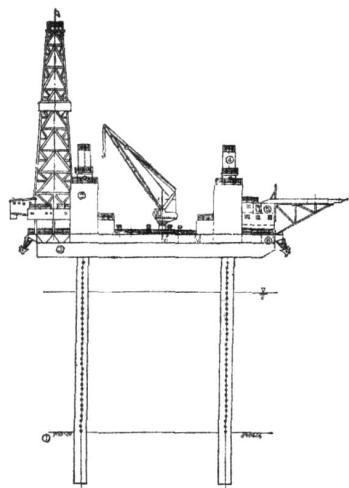


图 5 “渤海五号”自升式钻井平台

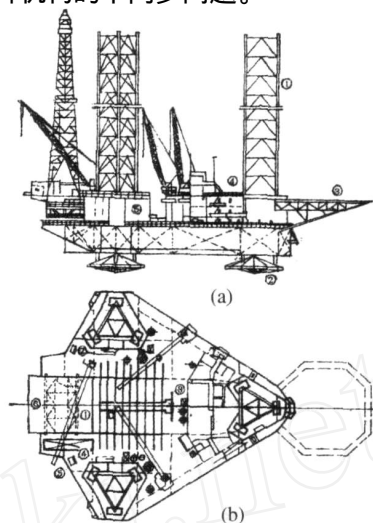


图 6 Robinloh-300 型自升式钻井平台

2.2 国外引进的罗布雷-300 型

中国海洋石油总公司自 1982 年成立后,陆续引进了多种自升式钻井平台。其中引进的由美国 ETA 公司设计,新加坡和日本分别建造的罗布雷(Robinloh)-300 型平台(图 6),现共有“南海 1、3、4 号”、“渤海 4 号”以及原地矿部海洋地质调查局的“勘探 2 号”等 5 艘。采用 3 根桁架式桩腿(带桩靴),长度 127.1 m,桩靴直径 16.45 m,高度 4.9 m,每根桩腿重 800 t。平台主体呈三角形,总长 81.5 m,总宽 64.92 m,型深 8.24 m。作业水深 10~90 m,井槽尺寸 15.84 × 15 m,最大钻井深度 6000 m,甲板可变载荷 2000 t(包括大钩载荷 450 t),最大排水量 12000 t,最大吃水 9.9 m;设有 23 × 23 m 的直升飞机平台;升降机构为电动齿轮齿条式,齿条共 12 根,驱动齿轮 36 个,驱动电机 36 台,每台电机功率 20 HP,1800 转/min,三相交流 460 V,60 Hz,运动速度 0.3 m/min。这几艘自升式钻井平台在渤海、南黄海、东海、南海打了许多口井。本世纪初,对“渤海 4 号”、“南海 1、4 号”进行了改造,封掉井口槽,增加悬臂梁,增强了钻井作业能力,便于在导管架平台上打生产井组。

中国海洋石油总公司还引进了“渤海 8、10 号”两艘自升式钻井平台,由美国设计,日本建造,作业水深 76 m,也是采用 3 条桁架式桩腿,电动齿轮齿条升降机构,部分桩靴可以收进船体内,以减少吃水。这两艘平台于 1986~1987 年在上海船厂进行改造,增加悬臂梁,加强桩腿。

2.3 国外购进的二手平台

中国石化集团胜利油田海洋钻井公司拥有“胜利 5、6、7、8、9”5 艘自升式钻井平台,都是圆柱形桩腿并带桩靴,都采用齿轮齿条升降机构。“胜利 5、6 号”是 4 根桩腿,“胜利 7、8、9 号”是 3 根桩腿;“胜利 8、9 号”还设有悬臂梁。这几艘平台最大作业水深为 20~30 m,一直在渤海湾作业。在 20 世纪末和本世纪初先后进行了改造,主要更换部分设备和改善生活设施。

2.4 自主创新设计建造的超浅吃水自升式钻井平台“港海一号”

我国拥有的多型自升式钻井平台可以在水深 5~90 m 的海域打井,但是介于陆地和大陆架之间的潮间带(低潮位线至高潮位线之间的区域,或称滩海地区)和极浅海区域(海图水深 0~2.5 m)的油气勘探开发仍

是个难题。渤海海岸线长约1100 km,沿岸有辽河、冀东、大港、胜利等油田,滩海和极浅海区域面积广阔。具有滩涂宽阔平坦,地表承载力低,回淤严重,潮差大,风暴潮频繁,冬季冰情严重等特点。采用修筑海堤和建造人工岛,虽能解决部分地区的钻探问题,但投资高,风险大,且还需勘探。常规自升式钻井平台因吃水深,无法进入该区域。

1991年初,七 八所在国务院重大项目“滩海和极浅海油气资源勘探开发装备技术研究”课题成果的基础上,与大港油田共同提出研制适合于滩海和海图水深0~2.5 m极浅海区域的自升式钻井平台。1996年正式批准由七

八所进行设计。大连造船新厂于1998年3月建造完成。同年11月“港海一号”自升式钻井平台(图7)在渤西极浅海区域打成第一口工业井,完成拖航、定位、插桩、预压、举升平台、钻井、完井、拔桩等全部作业,同时对平台的强度、振动、噪声进行测试。结果表明,主要性能均达到设计指标,满足极浅海域油气勘探要求。

“港海一号”自升式钻井平台为单甲板、单底、箱形、全焊接钢质非自航自升式钻井平台,平台长度66 m,宽度36 m,型深4 m,吃水仅1.5 m,作业水深0~2.5 m(海图水深),最大钻井深度4500 m,井槽尺寸13.5×4 m,一次定位可以打3口井(纵向排列),最大升船高度(离海底泥面)11.3 m,最大升船载荷3327 t,最大甲板可变载荷830 t(不包括大钩载荷320 t)。4根圆柱形桩腿,直径2.1 m,长度43.5 m,为摩擦支承桩,设计最大插桩深度(海底泥面以下)22 m。自主创新设计新型液压驱动单工作环梁插销式升桩机构,采用PLC控制,额定起升载荷950 t,预压载荷1200 t。平台自持力10天,定员76人。

2000年2月在大港油田召开了“八五”国家重大技术装备攻关项目“港海一号”自升式钻井平台成果鉴定会议。鉴定委员会一致认为:“港海一号”超浅吃水自升式钻井平台,解决了渤西极浅海区域恶劣工况条件下的钻井作业难题,填补了国内外空白,达到了国际先进水平。主要创新点如下:

(1) 质量轻、吃水浅;(2) 平台桩腿结构设计合理,插拔桩容易;(3) 自行设计了新型的液压驱动单工作环梁插销式升桩机构,结构紧凑,操作方便;(4) 平台结构采用优化的骨架系统支持的薄壁结构,独特的主桁结构形式,质量轻、强度和刚度好。

“港海一号”自升式钻井平台投入使用以来已在滩海和极浅海区打井30多口,经济效益十分显著。这是我国自主创新研究设计建造的第一艘超浅吃水自升式钻井平台。先后获得了国防科工委、中国石油天然气总公司、中国船舶工业集团公司的科技进步奖,还获得2003年度中国造船工程学会科学技术一等奖。

3 新世纪新发展

3.1 中石油新建两型自升式钻井平台

进入21世纪,国际油价飞涨,在此严峻的形势下,海洋油气资源的勘探开发更加迫切。中国石油集团于2004年11月成立海洋工程有限公司,但仅有一艘“港海一号”平台(现改称“中油海1平台”)。所以公司一成立,就立即部署打造新的钻井平台,于2006年8月开工建造作业水深4.5~40 m的自升式钻井平台“中油海5、6平台”两艘,由胜利油田钻井工艺研究院和七 八所联合设计,青岛北海船厂建造,于2007年建成。该平台总长75 m,总宽48.8 m,型深5.2 m,满载排水量6800 t,吃水3.2 m,有直升飞机平台。采用3根圆柱形桩腿,桩腿直径3.2 m,长度72 m,桩靴呈正八边形,对边尺寸9.2 m,高度1.8 m,选用国民油井公司BLM电动齿轮齿条升降机构。平台设有长40 m,高4.7 m,间距15 m的悬臂梁,配置国产7000 m钻机。

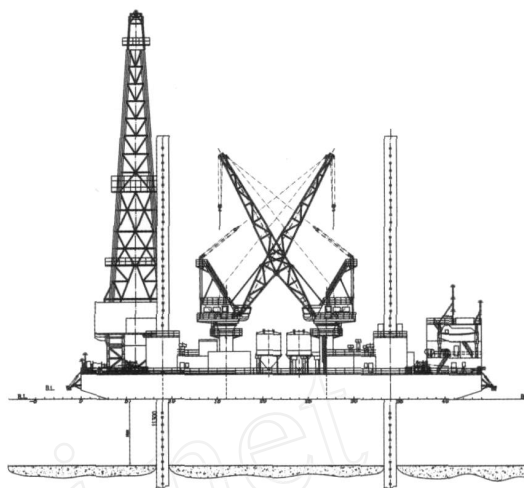


图7 “港海一号”自升式钻井平台

甲板可变载荷 1600 t, 自持能力 20 天, 定员 90 人。在“中油海 5、6 平台”建成并投入冀东南堡油田勘探后, 相继开工建造“中油海 7、8 平台”。

另外, 中国石油集团海洋工程公司购买美国 Friede & Goldman (F & G) 公司 L-780 型自升式钻井平台(图 8)基本设计图纸, 由大连船舶重工集团公司建造“中油海 9、10 平台”两艘, 计划于 2008 年建成。L-780 型平台是 F & G 公司的成熟设计, 据说, 曾建造过 30 多艘。平台总长 54.86 m, 型宽 53.34 m, 型深 7.62 m, 排水量 6075 t, 结构吃水 4.47 m, 最大作业水深为 76.2 m (250 ft)。采用 3 根桁架式桩腿, 总长 107 m, 桩靴直径 12.14 m, 高度 4.42 m; 选用国民油井公司 BLM 电动齿轮齿条升降机构。平台设有长 30 m, 高度 6.1 m, 间距 15.24 m 的悬臂梁, 配置国产 7000 m 钻机。甲板可变载荷 2300 t, 定员 94 人, 有直升飞机平台。该型自升式钻井平台设有桩腿齿条夹持装置, 以保证作业安全。据称此型平台有将作业水深从 76.2 m (250 ft) 升级到 91.4 m (300 ft) 的潜力, 并已在同型平台上实现。



图 8 L-780 型自升式钻井平台

3.2 中海油新建 JU2000 型自升式钻井平台

中国海洋石油总公司的“海洋石油 941”自升式钻井平台(图 9)于 2005 年 3 月在大连船舶重工集团公司开工建造, 2006 年 5 月 31 日交付使用, 是目前国内规模最大、自动化程度最高、作业水深最深、具有当代国际先进水平的自升式钻井平台。由美国 F & G (Friede & Goldman) 公司设计的 JU2000 型平台, 长 70.4 m, 型宽 76 m, 型深 9.45 m, 钻井深度 9000 m, 最大作业水深 122 m (400 ft), 一次定位最多能钻 30 多口井。3 根桁架式桩腿, 总长 167 m, 桩靴直径 18 m, 高 5.5 m, 选用国民油井公司 BLM 电动齿轮齿条升降机构, 安装有桩腿齿条夹持装置, 平台设有长 49 m, 高 7.5 m, 间距 18 m 的悬臂梁, 井口中心外伸距离可达约 23 m。定员 120 人, 有 24 × 24 m 的直升飞机平台。在第一艘成功后, 实施 1 + 1 计划, 开始建造第二艘平台。

3.3 已有的自升式钻井平台远不能满足需要

我国三大石油集团正在使用的自升式钻井平台仅 20 艘, 其中 15 艘船龄已超过 20 年, “勘探二号”和“南海一号”甚至已到达 30 年, 虽然很多平台做了改造, 但只限于更换部分设备和改善生活设施, 性能上没有大的改变。国内现有的自升式钻井平台见附表。即使加上正在建造或近期打算开工建造的几艘平台还是远远满足不了需要。

4 前 景

4.1 新形势提出新要求

我国海洋油气勘探开发从 20 世纪 60 年代起步于渤海湾, 逐步走向南黄海、东海、南海, 现又准备走向世界。

自升式钻井平台适用于大陆架(水深 200 m 以内)海域的油气勘探开发。我国渤海海域最大水深(包括潮差)在 40 m 以内, 所以, 已开发的 40 m 自升式钻井平台的技术性能已能满足要求, 只需增加平台的数量即可。但是, 南黄海、东海以及南海大陆架水深大, 需要作业水深 76 m (250 ft)、91 m (300 ft)、107 m (350 ft)、122 m (400 ft) 乃至 152 ~ 183 m (500 ~ 600 ft) 的自升式钻井平台, 而这些平台正是我国目前急需发展的。

4.2 新一代自升式钻井平台的主要特点

(1) 最大作业水深超过 122 m (400 ft), 将增至 152 ~ 183 m (500 ~ 600 ft); (2) 采用高强度钢和甚高强度钢, 以降低平台自重; (3) 增大可



图 9 “海洋石油 941”自升式钻井平台

变载荷和自持能力;(4) 采用先进的桩腿(包括桩靴)结构和升降机构;(5) 配备钻井能力更强、自动化程度更高的先进钻井设备;(6) 更加注重健康、安全、环保。

5 结束语

我国“船舶工业中长期发展规划”要求大力开展技术创新,提高自主研发能力。根据我国能源发展的形势和要求,为我国海洋油气勘探开发提供新型、经济、实用的海洋工程装备是我国造船界面临的新的机遇和挑战,也是责无旁贷的光荣任务。

附表 国内现有自升式钻井平台

公司名称		钻井平台名称	桩腿类型	最大作业水深 (m)	最大钻井深度 (m)	制造年份	改造年份	备注
中国石油集团 海洋工程公司		中油海一号	4 根圆柱形桩腿	极浅海海图 水深 2.5	4500	1998	2004	国产
		中油海五号	3 根圆柱形桩腿	40	7000	2007		国产
		中油海六号	3 根圆柱形桩腿	40	7000	2007		国产
中国石化集团	上海海洋石油勘探开发公司	勘探二号	3 根桁架式桩腿带桩靴	90	6000	1976		进口
	胜利油田海洋钻井公司	胜利五号	4 根圆柱形桩腿带桩靴	25	6000	1981	2000	进口
		胜利六号	4 根圆柱形桩腿带桩靴	30	7000	1982	2002	进口
		胜利七号	3 根圆柱形桩腿带桩靴	30	4000	1982	2002	进口
		胜利八号	3 根圆柱形桩腿带桩靴	20	5000	1981	2001	进口
		胜利九号	3 根圆柱形桩腿带桩靴	30	6000	1978	1996	进口
中国海洋石油总公司 油田服务公司	渤海四号	3 根桁架式桩腿带桩靴	90	6000	1977	2001	进口	
	渤海五号	4 根圆柱形桩腿	40	6000	1983	2002	国产	
	渤海七号	4 根圆柱形桩腿	40	6000	1983	2001 加桩靴	国产	
	渤海九号	4 根圆柱形桩腿	40	6000	1984	1997	国产	
	渤海八号	3 根桁架式桩腿带桩靴	75	6000	1980	1987	进口	
	渤海十号	3 根桁架式桩腿带桩靴	75	6000	1980	1987	进口	
	渤海十二号	3 根桁架式桩腿带桩靴	55	6000	1978	1998	进口	
	南海一号	3 根桁架式桩腿带桩靴	90	6000	1976	2000	进口	
	南海四号	3 根桁架式桩腿带桩靴	90	6000	1978	2002	进口	
	中国海洋 931	3 根桁架式桩腿带桩靴	90	6000	1993		进口	
	中国海洋 941	3 根桁架式桩腿带桩靴	122	9000	2006		国产	

胜利海洋钻井在辽河冀东分别完成首口海上水平井

由胜利油田海洋钻井公司胜利六号平台承钻的辽河油田海上首口水平井——葵东 1 - H1,日前顺利完井,完钻井深 2500m,垂深 1819.88m,水平段 400 多米。

胜利六号平台通过采用先进的无固相钻井液体系,科学调整钻井参数,减少钻井液对油层的渗透性损害,有效保护了油气层。平台还运用先进的旋转导向技术和随钻测井技术,使定向、测井等多种工艺在钻井过程中一次完成,有效缩短了建井周期,并减少了因多次通井对含油层位井壁的破坏。

葵东 1 - H1 井是胜利六号平台首次闯入辽河油田滩海市场完成的第一口井。

(通讯员:祝成)