

[综述]

自升式钻井平台在我国海洋油气 勘探开发中的应用和发展^{*}

汪张棠 赵建亭

(708研究所 上海 200011)

[关键词] 自升式钻井平台;应用;发展

[摘 要] 自升式钻井平台属于海上移动式平台,由于其定位能力强且作业稳定性好,在大陆架的勘探开发中居主力军地位。通过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应用状况等,对未来自升式平台的发展前景,需解决的关键技术提出了见解,并概括未来新一代自升式钻井平台的主要特点供大家参考。

[中图分类号] U674.38+1

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-9855(2008)01-0010-06

Application and development of self-elevation platform in ocean oil and gas exploration in China

Wang Zhangtang Zhao Jianting

Keywords: self-elevation drilling platform; application; development

Abstract: As a mobile ocean platform, and owing to its high positioning capacity and good operation stability, the self-elevation drilling platform takes a leading role in continental shelf exploration. After description of the composition and operation area of self-elevation drilling platform, and application in ocean oil and gas exploration in China, the article puts forward the opinion of the development foreground and key technique of self-elevation drilling platform in future, and summarizes the main features of new generation self-elevation drilling platform for reference.

1 前 言

世界经济的高速发展必然带来能源的大量消耗,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。能源安全已成为政治、经济、外交的重要议题之一。

我国陆地油气资源勘探开发程度已经很高,油气资源正迅速减少。向海洋进军,开发新的油气资源已是必然趋势。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、南海已有重要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主力军地位。

2 自升式钻井平台的组成和作业范围

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,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

^{*} [收稿日期] 2007-10-15

[作者简介] 汪张棠(1939.11-),男,汉族,浙江海宁人,高级工程师,主要从事船舶及海洋工程特种机械设计研究工作。

赵建亭(1978.10-),男,汉族,山东青州人,工程师,主要从事船舶及海洋工程特种机械设计研究工作。

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、尺寸和重量迅速增加,作业和拖航状态的稳性亦变差。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 200 m 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,其断面有圆柱形和方箱形两种,一般用于作业水深 60 m 以下的自升式平台。水深加大,波浪载荷更大,结构重量增大,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。

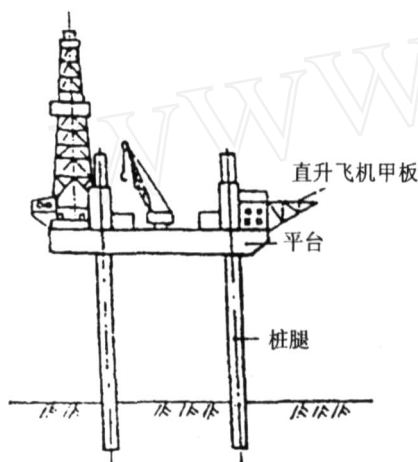


图 1 圆柱腿自升式钻井平台

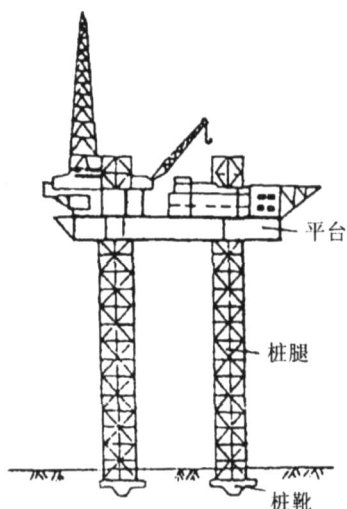


图 2 桁架腿自升式钻井平台

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重量,宜采用 3 根桩腿,同时可以减少升降机构的数量;其缺点是若

1 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 所示。

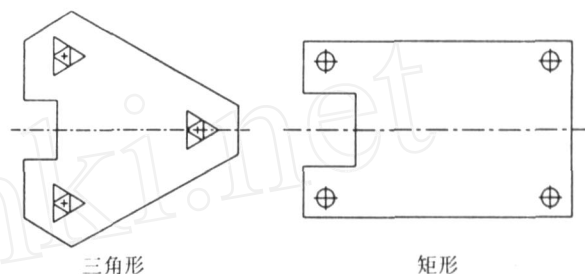


图 3 自升式平台的主体平面形状

3 自升式钻井平台在我国的应用

3.1 自行设计建造的“渤海 1 号”和“渤海 5 号”钻井平台

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 1 号”(图 4)于 1967 年由 708 研究所完成设计,1972 年在大连造船厂建成交船。全部设备均为国产。在当时条件下,完全靠自力更生。其总长 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 4 000 m,满载排水量 5 700 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 1 600 t。甲板可变载荷 1 400 t,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 1 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”(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 6 400 t,吃水 3.5 m。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 6 000 m,平台一次定位可以打 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 1 800 t。甲板可变载荷 1 950 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,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 1号”液压升降机构的不同步问题。

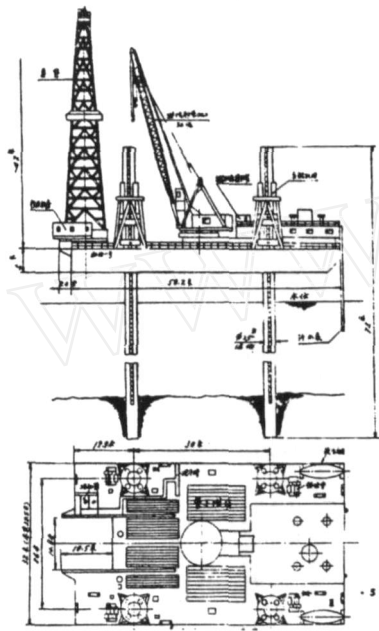


图 4 “渤海一号”自升式钻井平台

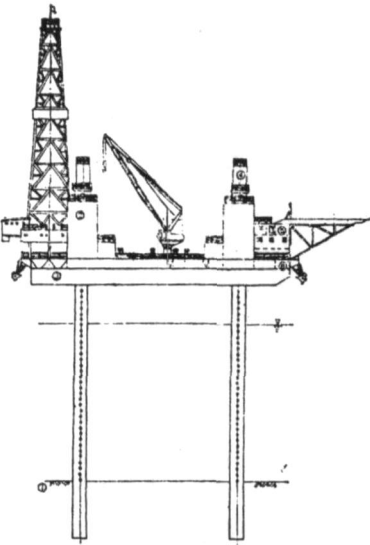


图 5 “渤海五号”自升式钻井平台

3.2 国外引进的罗布雷-300型钻井平台

1982年 2月成立了中国海洋石油总公司,陆续

引进了几型自升式钻井平台。由美国 ETA 公司设计,分别由新加坡和日本建造的罗布雷 (Robinkh)-300型 (图 6),计有“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”共 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 6 000 m,甲板可变载荷 2 000 t(包括大钩载荷 450 t),最大排水量 12 000 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 14.71 kW (20 hp),1 800 r/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。

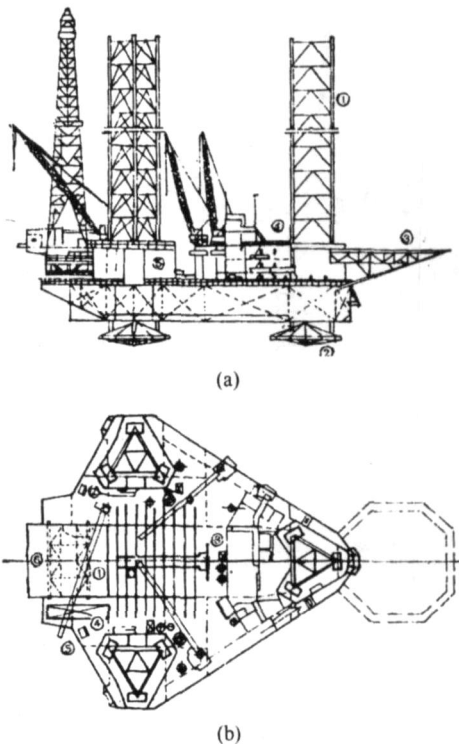


图 6 Robinkh-300型自升式钻井平台

3.3 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”五艘自升式钻井平台,都是二手平台;共同之处是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 世纪末和本世纪初都先后进行了改造,主要是更换部分设备和改善生活设施。

3.4 自主创新设计建造的超浅吃水自升式钻井平台“港海 1 号”

虽然我国已经拥有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为滩海地区)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 1 100 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,且不能甩开勘探。常规自升式钻井平台因吃水深,无法进入该区域。

1991 年初,708 研究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 708 研究所进行设计,大连造船新厂于 1998 年 3 月建造完成。同年 11 月“港海 1 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 1 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 4 500 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 3 327 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 22 m(海

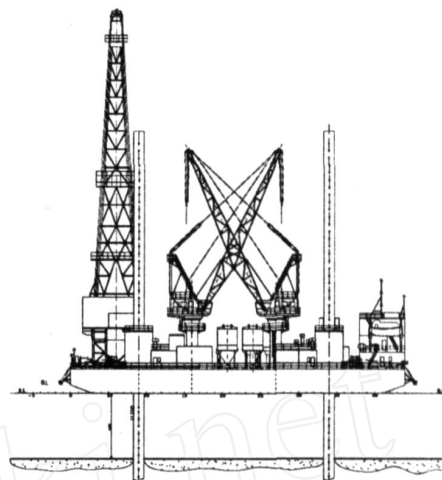


图 7 “港海 1 号”自升式钻井平台

底泥面以下)。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 1 200 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 1 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 1 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)重量轻、吃水浅。

(2)平台桩腿结构合理,插拔桩容易。采用新型液压驱动单工作环梁插销式升桩机构,结构紧凑,操作方便。

(3)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,重量轻、强度和刚度好。

“港海 1 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 20 多口,经济效益和社会效益十分显著。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。

4 新世纪新发展

4.1 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 1 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 708 研究所联合设计,青岛北海船厂建造,计划于 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 6 800 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 75 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 30 m,高 4.7 m,间距 15 m 的悬臂梁,配置国产 7 000 m 钻机。甲板可变载荷 1 600 t,自持能力 20 天,定员 90 人。

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”2 艘,计划于 2007 年开工,2008 年建成。L-780 型平台是 F&G 公司的成熟设计,据说已建造过 30 多艘。平台总长 54.86 m,型宽 53.34 m,型深 7.62 m,排水量 6 075 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 7 000 m 钻机。甲板可变载荷 2 300 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。

4.2 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 9 000 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

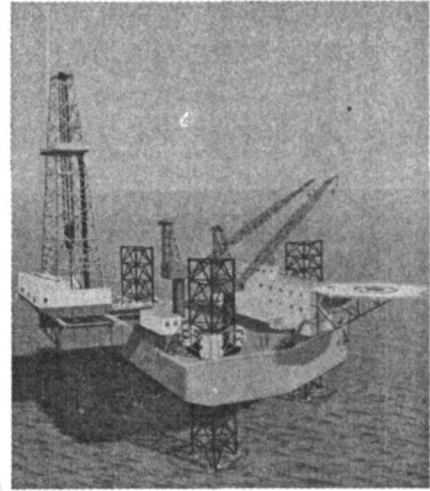


图 8 L-780 型自升式钻井平台



图 9 “海洋石油 941”自升式钻井平台

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 2 艘平台。

4.3 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 18 艘,其中 15 艘的船龄已超过 20 年,“勘探 2 号”和“南海 1 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。

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 1号	4根圆柱形桩腿	极浅海海图 水深 2.5	4 500	1998	2004	国产
中国石化集团	上海海洋石油勘探开发公司	勘探 2号	3根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1976	—	进口
	胜利油田海洋钻井公司	胜利 5号	4根圆柱形桩腿带桩靴	25	6 000	1981	2000	进口
		胜利 6号	4根圆柱形桩腿带桩靴	30	7 000	1982	2002	进口
		胜利 7号	3根圆柱形桩腿带桩靴	30	4 000	1982	2002	进口
		胜利 8号	3根圆柱形桩腿带桩靴	20	5 000	1981	2001	进口
		胜利 9号	3根圆柱形桩腿带桩靴	30	6 000	1978	1996	进口
中国海洋石油总公司 油田服务公司		渤海 4号	3根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1977	2001	进口
		渤海 5号	4根圆柱形桩腿	40	6 000	1983	2002	国产
		渤海 7号	4根圆柱形桩腿	40	6 000	1983	2001 加桩靴	国产
		渤海 9号	4根圆柱形桩腿	40	6 000	1984	1997	国产
		渤海 8号	3根桁架式桩腿带桩靴	75	6 000	1980	1987	进口
		渤海 10号	3根桁架式桩腿带桩靴	75	6 000	1980	1987	进口
		渤海 12号	3根桁架式桩腿带桩靴	55	6 000	1978	1998	进口
		南海 1号	3根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1976	2000	进口
		南海 4号	3根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1978	2002	进口
		中国海洋 931	3根桁架式桩腿带桩靴	90	6 000	1993	—	进口
		中国海洋 941	3根桁架式桩腿带桩靴	122	9 000	2006	—	国产

4.4 新形势提出新的要求

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 76.2 m (250 ft)、91.4 m (300 ft)、122 m (400 ft)乃至 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。

4.5 未来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 150 ~ 180 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。