

文章编号: 1001- 4500(2004)06- 0029- 07

一种新型的深海采油平台 Spar

张 智, 董艳秋, 芮光六

(天津大学, 天津 300072)

摘 要: 就近年来开发的一种新型深海采油平台—Spar 的特点和结构进行了综述, 并且按照 Spar 的分代介绍其发展状况, 列举了平台实例, 给出了当前所有在役和在建 Spar 的构造资料。

关键词: Spar; 平台实例; 构造资料; 海洋采油平台

中图分类号: P75

文献标识码: A

随着海洋开发事业的迅速发展, 人类石油勘探的范围已经逐渐由浅海、近海扩展到了深海区域。传统的海上采油平台已不再满足深海采油的需求, 一种新型的海上采油平台——Spar 应时而生, 并显示出了强大的生命力。实际上, Spar 技术应用于人类深海开发已有超过三十年的历史了, 只是在 1987 年之前, Spar 平台仅是作为辅助系统而不是直接生产系统来使用的, 或是用作海洋勘探船只, 或是用作海上通讯中转站, 有时还被当作海上装卸和仓储中心。直到 1987 年, Edward E. Horton 设计了一种专用于深海钻探和采油工作的 Spar 平台, 并以此申请了技术专利, 之后, Spar 平台才开始正式应用于海上采油领域。Horton 设计的这种 Spar 平台被公认为现代 Spar 海上采油平台的鼻祖, 其结构组成形式能够适合深水作业环境(水深 300m 以上)。从上世纪 80 年代中期到目前, Spar 海上采油平台得到了蓬勃的发展, 成为了当今世界深海石油开采发展的有力工具。图 1 为 Spar 平台系统的总体示意图。

1 总体概述

1.1 Spar 的优点

与现有的其他海洋采油平台相比较, Spar 平台主要具有三大优势:

(1) 特别适宜于深水作业, 在深水环境中运动稳定、安全性良好。在系泊系统和主体浮力控制的作用下, Spar 平台相应的六个自由度上的运动固有周期都远离常见的海洋能量集中频带, 显示了良好的运动性能。以 Classic Spar 为例, 其典型的固有周期纵横荡为 300~ 350s, 纵横摇为 50~ 100s, 垂荡为 30s。在 Spar 平台投入正式生产的十六年间, 六座在役平台经历了各种恶劣的海况, 还从未发生过重大的安全事故。例如, 1998 年 9 月, 世界上第一座 Spar 平台——Neptune Spar 就经历了两次台风的考验, 其中最大的一次 Georges 号台风引起的巨浪高达 9.75m, 稳定风速为 78kn, 结果, 在台风中对平台运动响应的实际记录比事先预计的响应还要稍小一些, 整个平台安然无恙, 表现出了很好的安全性。

(2) 灵活性好。由于采用了缆索系泊系统固定, 使得 Spar 平台十分便于拖航和安装, 在原油田开发完后, 可以拆除系泊系统, 直接转移到下一个工作地点继续使用, 特别适宜于在分布面广、出油点较为分散的海洋区域进行石油探采工作。另外, Spar 平台动态定位比较方便, 即使是处于下桩状态, 也可以通过调节系泊索

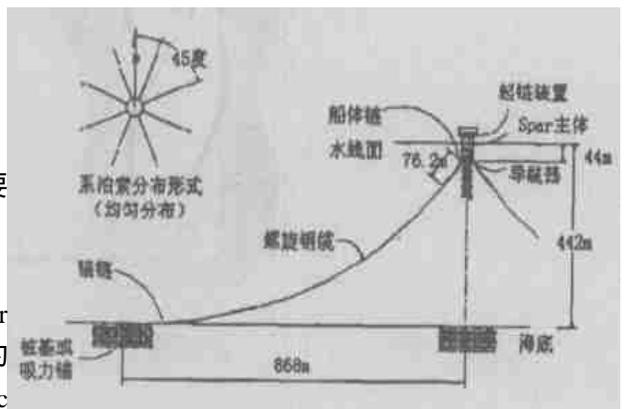


图 1 Spar 系统总体示意图

收稿日期: 2003-11-28

作者简介: 张智(1980-), 男, 硕士生。



的长度来使平台在水平面上的一定范围内移动, 保证在设计位置上。

(3) 经济性好。与固定式平台相比, Spar 平台由于采用了系泊索固定, 其造价不会随着水深的增加而急剧提高。而与张力腿平台(TLP)相比较, Spar 平台的造价又要远低于现有的张力腿平台, 以目前在役的 Horn Mountain Truss Spar 和在建的 Mad Dog Truss Spar 为例, 工作水深前者为 1646m、后者为 1372m, 总体预算(包括平台及海底管线的建造和安装、钻探和完井等费用)前者大约在 6 亿美元, 后者则大约为 3.35 亿美元。再看 Shell 石油公司在 1994 年于 872m 水深中建成的 Auger TLP 项目和 2001 年在 910m 水深中建成的 Brutus TLP 项目, 前者耗资达到了 11 亿美元, 后者也有 7.5 亿美元, 与之相比, Spar 平台的价格优势明显。

Spar 平台凭借这些先天优势, 成为了世界各地研究者和业主眼中的新宠, 并迅速完成了从设计构思向实际生产转变的过程。当第一座 Spar 深海采油平台 Neptune 平台在 1996 年建成投产并取得良好的经济效益之后, 1998 年, Spar 的发展开始进入黄金时期, 各大公司争相建造新的 Spar 平台。2003 年至 2004 年的两年间, 世界上又将有 7 座新的 Spar 采油平台建成投产, Spar 技术的前景一片大好。

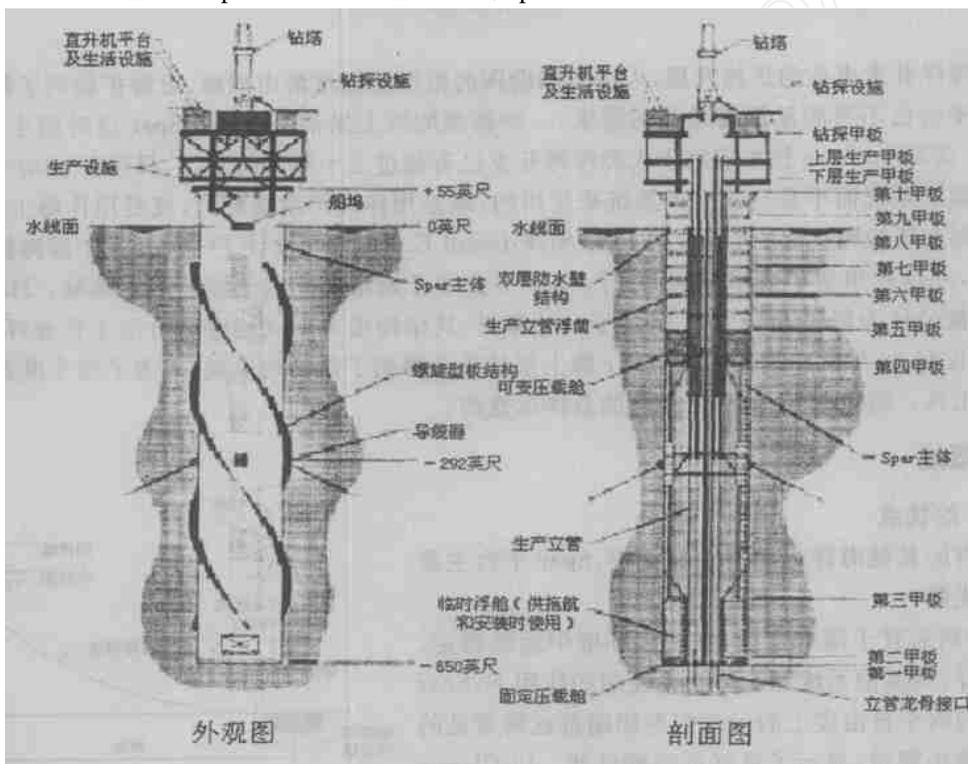


图 2 Classic Spar 结构示意图

1.2 Spar 的总体结构

目前投入实际生产的 Spar 平台, 在整体组成上一般可分为六大系统: 平台上体、主体外壳(Hull Shell)、浮力系统、中央井(Centerwell)、立管系统、系泊系统(包括锚固基础)。而从结构上来讲, 则将 Spar 平台分为三部分: 平台上体、平台主体, 以及系泊系统, 其中平台上体和平台主体并称为平台本体。图 2 为经典式 Spar (Classic Spar) 的结构示意图。

由图 2 可以看出, Spar 主体呈一在水中竖直悬浮的圆柱体, 由位于主体上部的浮舱提供浮力, 而平台的稳定性则由主体中部的可变压载舱和位于底部的固定压载舱来提供, 可变压载舱中的压载物为海水, 可以通过向其中充入或是放出压缩空气来调节压载量, 固定压载舱在必要的情况下还可以加载固体压载物来增加稳定性。在固定压载舱上部还有一组临时浮舱, 在平时生产过程里, 其中充满海水而起到压载的作用。当向其中充入压缩空气时, Spar 主体将在浮力的作用下由竖直悬浮变为水平飘浮, 以便于拖航。这一点在 Spar

安装和转移的过程中十分重要,当 Spar 主体被拖航到安装点的时候,再向此临时浮舱中放入海水,同时向上部的可变压载舱中压入空气,Spar 主体便会在力矩的作用下转为竖直悬浮的状态,完成所谓的“倒装”(Upend)过程(图 3)。在靠近水线面处的浮舱外层有双层防水壁结构,在平台发生可能的撞击损坏时能够起到保护浮舱的屏障作用。整个主体在外壁安装有螺旋状侧板,能够减少涡流的作用。中央井自下而上贯穿整个主体,立管系统通过中井向上与平台上体的生产设备相连,向下则深入海底,在中井内部还安装有卡紧装置和立管浮筒以固定立管,减少其与主体内其他设施发生撞击的可能性。



图 3 Spar 的倒装(Upend)过程

Spar 平台的系泊方式与垂直系泊的张力腿平台不同,它的设计采用了斜线系泊,而且系泊钢缆中不像 TLP 平台那样具有很大的预张力,所以在其自身重力作用下形成悬垂线形。Spar 平台的系泊索一般都是按照“链—缆—链”的形式组成的,上端通过主体上的导缆器(Fairlead)与位于上体的起链装置(Chain Jack)相连,起链装置一般由计算机自动控制,通过对锚链的收放,控制系泊索长度,调整平台位置。系泊索下端则与海底基础相连,海底基础的类型主要是桩基或吸力式基础。

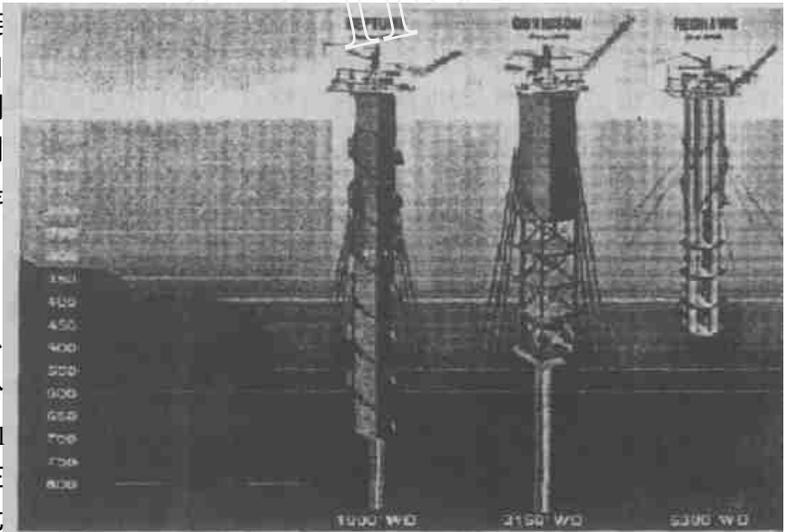


图 4 三代 Spar 的比较图

2 Spar 分代及平台实例

当前世界上在役和在建的 Spar 平台可分为三代,按其发展的时间顺序排列分别是: Classic Spar、Truss Spar 和 Cell Spar,图 4 即为这三代 Spar 的比较图,在此图中每一代 Spar 都选取了一座具有代表性的平台作为示例,从左至右分别为 Neptune Classic Spar、Gunnison Truss Spar 和 Red Hawk Cell Spar。本文将就这三代 Spar 平台的特点各加以详述。

2.1 第一代 Spar——Classic Spar

经典式 Spar(Classic Spar),又称为箱式 Spar(Caisson Spar),是最早出现的 Spar 深海采油平台,该型 Spar 平台最主要的特征就是主体为封闭式单柱圆筒结构,体形比较巨大,主体长度一般都有 215m,直径都在 23m 以上(图 5)。

2.1.1 平台实例——Neptune Spar

世界上第一座 Classic Spar 是于 1996 年建成下水的 Neptune Spar,该 Spar 位于墨西哥湾的 Viosca Knoll 油田 826 区,水深 588m,业主是 KerrMcGee 有限公司。它的投入使用标志着 Spar 平台从此正式登上了海洋石油生产的舞台(图 6)。

Neptune Spar 主体呈圆柱体,长 215m,直径 23m,重 12895t,设计吃水 198m,干舷高度 17m。中央井呈矩形,长宽均为 9.75m,可以容纳 16 条浮筒支撑的立管,按 4×4 方式排列,井口头位于中央井,处在油井维修甲板和生产甲板之间。主体上部浮舱长 84m,底部浮舱长 30m,用四道呈放射状分布的垂直防水壁及数层水平防水壁将浮舱分割成一个个较小的水密舱。平台上体为三层甲板结构,最上面是一层油井维修甲板,长 40m,宽 25m,其下为两层生产甲板,长 41m,宽 31m,三层甲板距设计水线面的距离分别为 35m、28m 和

22m。在油井维修甲板上可以按照需要临时安装一台 1000HP 的轻便式钻塔,该钻塔只能进行完井和修井作业。石油的输出由 6 台石油输出泵完成,每台泵的最大日产量为 6000bbl。天然气通过两台气体压缩机输出,最大日产量为 85 万 m³。石油和天然气通过各自的输出管道向位于平台北部的中转处运输,输出管道直径 20cm,总长 17.5km。平台的动力由三台涡轮发电机提供,每台的功率为 900kW。整个平台上体通过四根直径 1.524m 的立柱和传统类型的导管架系统与主体连接起来,立柱基座直接位于主体的垂直防水壁上,并深入主体一段距离以便更好的传递荷载。整个 Spar 主体的设计载重量为 6500t,而上体轻载重量只有 2994t。

Neptune Spar 的主体通过六条系泊索动态定位,每条系泊索的长度为 1120m,都是“链-缆-链”结构,下端为 67m 的锚链,与海底桩基相接,中间为 733m 的外包套螺旋绞合钢缆,上端是 320m 的锚链,通过导缆器与起链装置相连。

锚链和钢缆的直径都是 12cm,临界应力分别为 12659kN 和 12232kN。海底桩基每根长 33m,直径 2m,通过水下汽锤贯入海底。

Neptune 项目自签署设计合同到平台正式产油,一共只花了 25 个月,显示出了高效率、高度国际化的特点。其工作纪录也显示出了高度的稳定性,从 1997 年 3 月 10 日至 1998 年 9 月,Neptune Spar 的日产量从 4000bbl 原油和 8.5 万 m³ 天然气增至 22000bbl 原油和 48 万 m³ 天然气,在此期间,平台工作稳定,仅因为台风的经过停产过 1 天半的时间,另外,因生产维护的缘故曾关闭过天然气采集主管道系统 12 天。1998 年第二季度,Neptune Spar 曾侧移过 76.2m 的距离,以便让一座半潜式平台在原位置上增设 3 口新海底油井,在此期间,Neptune Spar 的生产仍在继续,几乎未受影响,只因安装新设备而停产过 10 天。1999 年 1 月中旬,Neptune Spar 的产量已经增至 29000bbl 原油和 85 万 m³ 天然气,其优良表现为 Kerr-McGee 公司赢得了美国深海技术学会(OTC)颁发的 2000 年度杰出团体奖,同时也大大的提升了研究者和业主对 Spar 技术的信心。

2.1.2 Classic Spar 发展状况小结

当前世界上的 Classic Spar 共有三座,分别为上文所述的 Neptune Spar 以及 Chevron U. S. A. Production Co. 的 Genesis Spar 和 Exxon 公司的 Hoover Spar,其中,Genesis Spar 由于安装了一座钻探深度可达 7620m 的全装钻塔,从而具备了自行钻探的能力,是世界上第一座钻探/采油 Spar 平台,而 Hoover Spar 是目前在役的所有 Spar 中规模最大的一座。三座 Classic Spar 的构造资料列于表 1。

表 1 Classic Spar 构造资料 (长度单位: m 重量单位: t)

名称	主体尺度		主体重量	设计载重	系泊索				水深	海底基础	建成时间
	长度	直径			材料	数量	长度	直径			
Neptune	215	23	12895	6500	钢	6	1120	0.12	588	桩基	1997
Genesis	215	37	26703	9000	钢	14	1341	0.13	793	桩基	1998
Hoover	215	37	35000	18000	钢	12	2164	0.15	1463	吸力	1999

2.2 第二代 Spar——Truss Spar

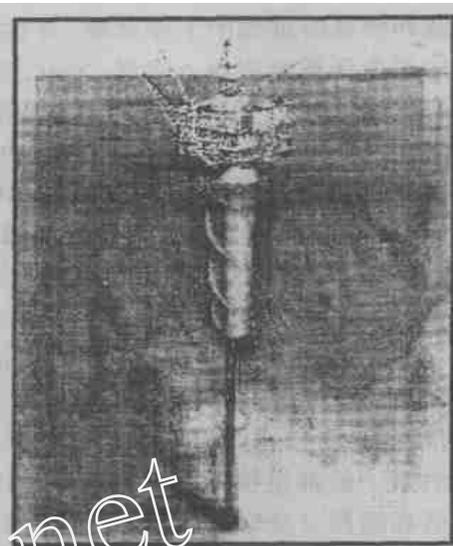


图 5 Classic Spar

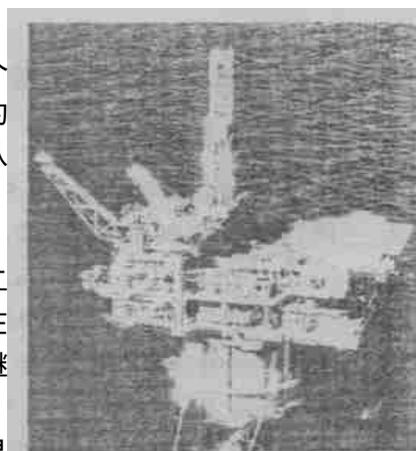


图 6 Neptune Spar 外观图

构架式 Spar 是第二代 Spar 采油平台(图 7),它与第一代 Spar 平台最大的不同在于它的主体分为了三个部分,上部和 Classic Spar 一样为封闭式圆柱体,中部为开放式构架结构,下部是底部压载舱。封闭式主体主要负责提供浮力,浮舱、可变压载舱以及储油舱都位于其中;开放式主体为构架结构,并采用垂荡板(Heave Plate)分为数层;底部压载舱则主要负责提供压载,稳定性就由垂荡板和底部压载舱提供。

Truss Spar 的运动性能比较优良,这主要是由其结构上特点所决定的:第一,由于采取了开放式构架结构,使得 Truss Spar 的主体受力面积大大减少,从而减小了平台在相应方向上的运动响应;第二,开放式主体上水平设置的垂荡板结构也大大提高了平台的稳定性,它不但能够提供一定的压载重量,而且当平台发生垂荡运动的时候,垂荡板与上下面的海水作用,产生很大的阻力,抵消了大部分由于波浪和海流产生的垂荡力,从而限制了平台的垂荡运动。

上述的结构特点,使得 Truss Spar 对于低频波浪的响应不及 Classic Spar 那么剧烈,因此允许减少主体的吃水量,缩小主体的长度,再加上开放式主体比原先的封闭式主体重量轻,从而使得耗用的钢材量也大大减少,降低了造价。Truss Spar 以相同的钢材耗用量所提供的有效载荷要大于 Classic Spar,一般来说,一座 Truss Spar 的有效载荷能够达到主体重量的 70%,而一座 Classic Spar 的有效载荷却不超过主体重量的 45%。以世界上第一座 Truss Spar——Nansen Spar 和 Neptune Classic Spar 为例相比较,两者的钢材耗用量都为 12000t,但是 Nansen Spar 主体长度只有 165.5m,远小于 Neptune Spar,而提供的有效载荷达到了 8750t,大大超过了 Neptune Spar。

2.2.1 平台实例——Nansen/Boomvang 双子 Truss Spar 系统

世界上第一座 Truss Spar 是位于墨西哥湾 East Breaks block 602 的 Nansen Spar,该平台于 2001 年安装下水,并于 2002 年 1 月开始正式产油,业主为 KerrMcGee 公司。作业水深 1128m,主体长 165.5m,直径 27m。上部封闭式主体长 73m,其中干舷高度 15m。下部的构架式主体长 88m,有三层垂荡板结构,从而将构架式主体分为了四层,上面三层高度都为 21m,最下层高 24m。底部压载舱高 5m,平台的主要压载由底部压载舱提供,其中注满了压载海水,而且还加入了固体磁铁压载以提高稳定性。

Nansen Spar 的上体重量为 7800t,和 Neptune 一样,在顶层甲板上可以安装有一台油井维修钻塔。中央井尺度为 12m × 12m,可容纳 7 条顶张紧式立管(Top Tension Riser)和 8 条钢制悬链式立管(SCR)。该 Spar 采用 9 条系泊索动态定位,每三条系泊索分为一组,三组系泊索将平台主体与海底桩基相连。

Nansen Spar 的姊妹 Spar——Boomvang Spar 座落在距 Nansen 仅 14.5km 的 East Breaks block 643,水深 1052m,其结构和 Nansen Spar 几乎完全一样,两座平台轻载重量都为 17000t,高峰日产量皆是 4 万 bbl 原油和 566 万 m³ 天然气。Boomvang Spar 于 2002 年 6 月 24 日开始正式生产,是世界上第二座 Truss Spar。Nansen Spar 和 Boomvang Spar 一起构成了 KerrMcGee 公司在墨西哥湾的双子星座 Spar 项目(图 8)。

2.2.2 Truss Spar 发展状况的小结

Truss Spar 是目前发展最为活跃的 Spar 海上采油平台,其在役平台数目为 3 座,2003 年至 2004 年间,还将有 6 座 Truss Spar 建成下水。其中包括 2004 年初安装下水的世界上最大的 Spar 平台——BP 石油公司的 Holstein Spar,打破干树型采油平台工作水深世界纪录的 Dominion 石油公司的 Devils Tower Spar,以及世界上第一座采用尼龙塑料系泊索系统的 Spar——BP 石油公司的 Mad Dog Spar。由于各种最新技术的采用,到 2004 年底,新建成的

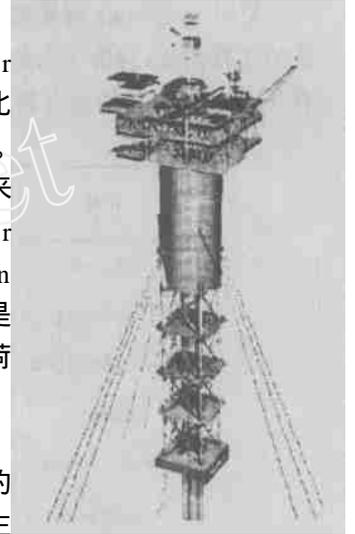


图 7 Truss Spar

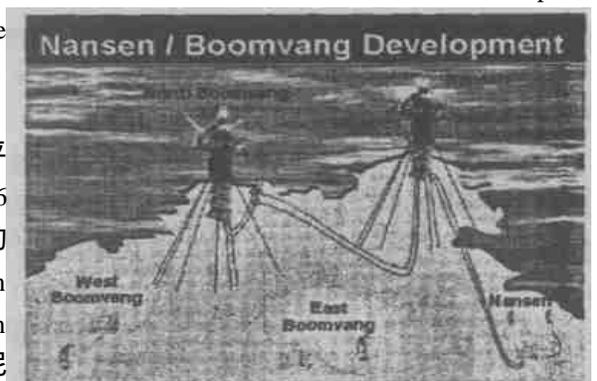


图 8 Nansen 和 Boomvang 双子 Spar 的 Truss

Truss Spar 将在多个方面取得创新性的突破。

值得一提的是 Mad Dog Spar 采用了尼龙塑料缆绳以取代传统的钢制系泊索结构, 此种尼龙系泊缆由英国的 Marlow Ropes 公司负责制造, 总长度约为 25609m, 临界断裂应力达到了 18948kN, 是世界上最结实的系泊缆。相对于传统的钢制系泊缆, 尼龙的系泊缆具有多方面的优势, 其中最显著的一点就是尼龙缆绳的重量要大大轻于传统的钢缆, 使平台的有效载荷大大提高, 降低整个平台的造价。另外, 尼龙系泊缆的造价也远低于传统钢缆, 安装和运输费用也可以大为节省。当然, 由于尼龙系泊缆不具备传统钢缆那么大的位能, 所以 Mad Dog 对传统 Spar 悬链线形的系泊系统也进行了改进, 使其系泊缆和 TLP 平台的张力腿一样具有一定的预张力, 从而形成了一种特殊的斜线张紧系泊系统。

Mad Dog Spar 所采用的尼龙系泊缆和 Devils Tower Spar 为了适应其超常规水深而采用的特殊材料制造的立管系统, 解决了当前 Spar 平台向超深水发展两大难题, 必将成为今后 Spar 平台发展的方向。所有 Truss Spar 的构造资料列于表 2。

表 2 Truss Spar 构造资料 (长度单位: m 重量单位: t)

名称	主体尺度		主体重量	设计载重	系泊缆		水深	海底基础	建成时间 (年)
	长度	直径			材料	数量			
Nansen	165.5	27	12000	8750	钢	9	1128	桩基	2001
Boomvang	165.5	27	12000	8750	钢	9	1052	桩基	2002
Horn Mountain	170	32	14600	8600	钢	9	1646	吸力	2002
Medusa	168	29	11300	> 4890	钢	9	678	吸力	2003
Devils Tower	179	29	< 11300	> 4890	钢	9	1710	吸力	2004
Gunnison	167	29	13797	10770	钢	9	1070	吸力	2004
Holstein	227	45	37000	23990	钢	16	1308	吸力	2004
Mad Dog	169	39		16329	尼龙	11	1347	吸力	2004
Front Runner	168	29	> 11300	> 6000	钢	9	1067	吸力	2004

2.3 第三代 Spar——Cell Spar

多年来, Spar 采油平台以其结构上的优势在世界深海采油领域获得了极大的发展, 创造了良好的经济效益, 但是不管是 Classic Spar 还是 Truss Spar, 它们都有一个共同的缺点, 那就是体形庞大, 造价昂贵, 尽管 Truss Spar 由于采用了构架式主体结构, 大大的降低了钢材耗用量, 增大了平台的有效载荷, 但是来自业界的呼声仍然要求进一步降低 Spar 的造价和体积, 提高平台的承载效率。而且 Classic Spar 和 Truss Spar 庞大的主体对建造船坞的要求很高, 因此, 目前所有的 Spar 采油平台的主体都是在欧洲和亚洲制造, 然后千里迢迢的用特种船舶运输到墨西哥湾进行组合和安装, 运费昂贵, 且不易安装。为了解决 Spar 平台这些缺点, Classic Spar 和 Truss Spar 的创造者 Edward E. Horton 设计了新一代的蜂巢式 Spar (Cell Spar) 采油平台, 从而将 Spar 技术又向前推进了一大步。

Cell Spar 在结构上最大的不同就是其主体不再是单柱式结构, 而是分为若干个小型的、直径相同的圆柱形主体分别建造, 然后以一个圆柱形主体为中心, 其他圆柱形主体环绕着该中央主体并捆绑在其上, 构成的封闭式主体, 在主体下部, 仍然采用了构架结构, 以减少钢材耗用量。Cell Spar 比 Classic Spar 和 Truss Spar 拥有更小更轻的主体结构, 进一步降低了 Spar 平台的造价和安装运输费用。由于 Cell Spar 的主体是分为数部分各自建造, 每一个圆柱式主体的体积都不是过于庞大, 对造船场所要求不是太高, 这就使生产商在选择 Spar 主体建造地点时具有了更大的灵活性, 可以大大降低平台的整体造价。

世界上第一座 Cell Spar 目前正在美国得克萨斯州的 Aransas 建造, 这就是 Kerr McGee 公司的 Red Hawk Spar, 该 Spar 主体总长 171m, 有效直径则只有 20m, 设计排水量 15200t。主体由 7 个小型圆柱体组

成, 每一个圆柱体的直径都是 6m, 封闭式主体由六个位于外部的圆柱体围绕着一个处于中央处的圆柱体而构成, 各圆柱体之间相距 0.6m, 采用钢架结构固定。在六个外部圆柱体中, 有三个圆柱体的长度只有 85m, 而另外三个圆柱体则一直下延到主体底部, 长度为 171m。三个外部圆柱体在 85m 以下的延长部分之间通过四层垂荡板结构连接起来, 每层垂荡板之间的距离为 21.3m, 从而构成了主体下部的构架式结构。Cell Spar 的结构详见图 4。

Red Hawk Spar 的浮舱位于上部的封闭式主体中, 而平台的压载舱则位于三个外部圆柱体向下的延伸部分, 其中有 2250t 的磁铁固定压载, 其余的可变压载物为海水。上层甲板尺度为 40m × 33.5m, 有效载荷 4400t, 设计日产量为 850 万 m³ 天然气和 10000~ 15000bbl 原油, 平台将采用 6 条尼龙系泊索固定于墨西哥湾 Garden Banks Block 877, 水深 1615m, 海底基础类型为吸力式基础。Red Hawk Spar 的主体计划于 2004 年年初完成安装下水, 正式生产预计在 2004 年第二季度实现。

3 结语

自 1987 年至 2003 年, 短短的十六年间, Spar 海上采油平台便完成了从理论设计到实际生产、从实验性试点到规模性建设的巨大飞跃, 目前, 世界上在役 Spar 六座, 另有 7 座 Spar 采油平台在建, 共发展出了三代产品, 已经形成了不小的规模。尽管目前所有的 Spar 采油平台都位于墨西哥湾, 但是 Spar 技术已经引起了世界各国的广泛注意, 近年来, Amoco 石油公司、大不列颠石油联合公司、Texaco 公司以及其他世界石油工业的巨头都在积极地开展对 Spar 技术的研究论证, 以期能在不久的将来把 Spar 这种全新的采油平台应用到英国的西设德兰群岛、挪威的北海油田、以及西非的安哥拉沿海和南美的巴西地区, 从而实现 Spar 技术全球化的应用。目前, Spar 平台不断地采用突破性的新技术, 正朝着大水深、高效率、强适应性的方向飞速发展。

我国现在正面临着深海油气开发的任务, 为了借鉴国外的经验和先进技术, 本文特地介绍了这种新型的深海采油平台, 希望能对我国海洋石油事业的发展起到一定的作用。

参考文献

- [1] John Halkyard Spar Global Responses Unpublished manuscript, 23 April, 2001.
- [2] Takeshi Kinoshita, Kazuo Hirata, B. Colbourne, J. A. Pinkster, Yang Jianmin The Specialist Committee on Stationary Floating Systems [A] Final Report and Recommendations to the 23rd ITTC [C], Proceedings of the 23rd ITTC-Volume II: 545~ 571.
- [3] Marshall DeLuca Deep developments taking shape[J/OL] Offshore Engineer, April 02, 2003, www.oilonline.com.
- [4] Marshall DeLuca A spar- spangled banner[J/OL] Offshore Engineer, January 01, 2002, www.oilonline.com.
- [5] Marshall DeLuca Red Hawk spreads its wings[J/OL] Offshore Engineer, April 02, 2003, www.oilonline.com.
- [6] John Bradbury Red Hawk showcases first cell spar[J] Marine Technology, November 2002 Issue
- [7] Marshall DeLuca Permanent poly gets Gulf go- ahead[J/OL] Offshore Engineer, June 10, 2003, www.oilonline.com.

A NEW TYPE OF OFFSHORE PRODUCTION PLATFORM - SPAR

ZHANG Zhi, DONG Yanqiu, RUI Guanglu
(Tianjin University, Tianjin, 300072, China)

Abstract Spar is a new type of offshore production platform that developed in recent years. This paper reviews the characteristics and structure of the Spar, introduces the development of the Spar according to its generations and gives the example of each generation. It also demonstrates main data information of all the Spars on production or on construction.

Key words: Spar, characteristics, structure, data information, platform