

· 技术综述 ·

文章编号: 1001-3482(2008)11-0090-04

半潜式海洋钻井平台的发展

栾 苏^{1,2}, 韩成才¹, 王维旭^{1,2}, 于兴军²

(1. 西安石油大学, 西安 710065; 2. 宝鸡石油机械有限责任公司, 陕西 宝鸡 721002)

摘要:对深海半潜式钻井平台的发展进行了研究,介绍了每个发展阶段的平台性能特点和典型配置及国内外研制半潜式钻井平台的现状,提出了近年来研制半潜式钻井平台的热点技术,为相关平台设计提供参考。

关键词:半潜式钻井平台;深海;定位方式;工作水深;额定钻深

中图分类号: TE 951

文献标识码: A

Development of Semi-Submersible Rig

LUAN Su^{1,2}, HAN Cheng-cai¹, WANG Wei-xu^{1,2}, YU Xing-jun²

(1. Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China; 2. Baoji Oilfield Machinery Co., Ltd., Baoji 721002, China)

Abstract: Research of development about the deepwater Semi-Submersible rig was introduced and the characteristic and the typical configure of the Semi-Submersible rig during each development phase was presented as well. The manufacture status of Semi-Submersible rig abroad and domestic is described. The pivotal technique of the research on Semi-Submersible rig was summaried. It is a reference for the devisers who work for the Semi-Submersible rig.

Key words: Semi-submersible rig; deep-sea; positioning; working depth; rated drilling depth

随着陆地资源的日益枯竭,石油天然气开采已经逐渐由陆地转移到海洋。据有关资料报道,全球 90% 以上海洋面积的水深为 200~6 000 m,因而广阔的深海领域必将是未来能源开发的主战场。半潜式海洋钻井平台具有极强的抗风浪能力、优良的运动性能、巨大的甲板面积和装载容量、高效的作业效率等特点,其在深海能源开采中具有其他形式平台无法比拟的优势。本文介绍了半潜式钻井平台技术的研究现状和各发展阶段的技术特点,提出了半潜式钻井平台的研究热点等问题。

1 半潜式钻井平台的发展

1.1 发展阶段

自 1961 年世界上首座半潜式钻井平台诞生到目前,半潜式钻井平台经历了 6 个发展阶段,各阶段的代表平台参数如表 1。

第 1 代半潜式钻井平台出现在 20 世纪 60 年代中后期,由座底式平台演变而来,这个时期平台作业水深为 90~180 m,采用锚泊定位。1961 年诞生的 Ocean Driller 为 3 立柱结构,甲板呈 V 字形;Blue Water 钻井公司拥有的 Rig NO. 1 半潜式平台为 4 立柱结构,该平台为 Shell 公司设计;1966 年 Sedco 135 半潜式平台为 12 根立柱,为 Friede Goldman 公司设计,这个时期的平台结构布局大多不合理,设备自动化程度低。

20 世纪 70 年代,出现了以 Bulford Dolphin, Ocean Baroness, Noble Therald Martin 等为代表的

收稿日期:2008-04-17

基金项目:863 计划“南海深水油气资源勘探开发关键技术和装备”项目“深水半潜式钻井船设计与建造关键技术”,(2006AA09A10)

作者简介:栾 苏(1971-),男,山东莱阳人,高级工程师,在读工程硕士,现从事石油机械研究开发和管理工, E-mail: yx-jswpi@163.com。

第 2 代半潜式钻井平台,这类平台作业水深 180 ~ (25 000 英尺)两种为主,采用锚泊定位,设备操作 600 m,钻深能力以 6096 m(20 000 英尺)和 7620 m 自动化程度不高。

表 1 六代半潜式海洋钻井平台及典型配置

级 别	代 表 平 台	平 台 业 主	建 造 单 位	工 作 水 深 / m(英尺)	最 大 钻 深 / m(英尺)	绞 车 型 号	泥 浆 泵 型 号	顶 驱 型 号	转 盘 型 号
第 1 代	Bluewater Rig No. 1	Bluewater							
第 2 代	Bulford Dolphin	Abanloyd	Singapore Shipyard	381 (1 250)	7 620 (25 000)	Continental Emsco (3 000 hp)	3 ×Continental Emsco FB-1600 triplex(1 600 hp)	Varco TDS-4	Continental Emsco 49.5 英寸
第 3 代	Sedco 714	Transocean	Koreal Shipyard	488 (1 600)	7 620 (25 000)	NOV E-3000 (2 500 hp)	3 ×NOV 14- P-220 Triplex (2 200 hp)	Varco TDS-5	Oilwell 49.5 英寸
第 4 代	Jack Bates	Transocean	Japan Shipyard	1 646 (5 400)	9 140 (30 000)	Continental Emsco C3 Type (3000 hp)	3 ×NOV HP-1700PT Triplex (1 700 hp)	Varco TDS-4S	Oilwell 49.5 英寸
第 5 代	Ocean Rover	Diamond Offshore	Orleans LA Shipyard	1 981 (6 500)	10 668 (35 000)	National oilwell 2040 UDBEL (4 000 hp)	3 ×NOV FC-2200 ,2200 HP,1 ×NOV FB-1600 hp Triplex (1 600 hp)	National oilwell PS2-1000	National oilwell 60.5 英寸 Model T6050
第 6 代	Scarabeo 9	Saipem	China Shipyard	3 658 (12 000)	15 240 (50 000)	Main : N/ A Auxiliary : N/ A	4 ×Maritime Hydraulics Triplex pumps (2 200 hp)	Main : MH Ddm 1000 Hy-Rr Auxiliary : MH Ddm 1000 Hy-Rr	Main : MH ~ Wirth 60.5 英寸 Auxiliary : MH ~ Wirth 60.5 英寸

1980 - 1985 年,以 Sedco 714,Atwood Hunter,Atwood Eagle,Atwood Falcon 等为代表的第 3 代半潜式钻井平台出现,此时平台作业水深 450 ~ 1 500 m,钻深以 7 620 m(25 000 英尺)为主,采用锚泊定位,结构较为合理,操作自动化程度不高。这类平台是 20 世纪 80 ~ 90 年代的主力平台,建造数量最多。同期平台还有 F & G Enhanced Pacesetter 公司设计的 Pride Venezuela; Pride South Atlantic 以及 Aker H-3 设计的 Ocean Winner 和 Deepsea Ber-

gen 等。

以 Jack Bates, Noble Amos Runner, Noble Paul Romano,Noble Max Smith 为代表的第 4 代半潜式钻井平台出现在 20 世纪 90 年代末,其作业水深达 1 000 ~ 2 000 m,钻深以 7 620 m(25 000 英尺)和 9 144 m(30 000 英尺)为主,锚泊定位为主,采用推进器辅助定位并配有部分自动化钻台甲板机械,设备能力与甲板可变载荷都有提高。De Hoop Megathyst 公司设计的 Pride Brazil, Pride Carlos

Walter, Pride Portland, Pride Rio de Janeiro 均属于此级别平台。

2000 - 2005 年期间,出现了以 Ocean Rover, Sedco Energy, Sedco Express 为代表的第 5 代半潜式钻井平台,其作业水深达 1 800 ~ 3 600 m,钻深能力在 7 620 ~ 11 430 m (25 000 ~ 37 500 英尺)之间,采用动力定位为主,锚泊定位为辅助的定位方式,能适应更加恶劣的海洋环境。由 Sedco Forex 公司设计的第 5 代半潜式平台采用模块化的甲板构件和 2 台独立的管子垂直移运排放机等自动化设备,提高了钻管移放速度^[1]。同期平台有 Friede & Goldman 设计的 GSF Development Driller I & II 和 Reading & Bates RBS-8D and RBS-8M 设计的 Deepwater Horizon, Deepwater Nautilus。

21 世纪初,作为目前世界上最先进的第 6 代半潜式钻井平台相继诞生,如 Scarabeo 9, Aker H-6e, GVA 7500, MSC DSS21 等。第 6 代半潜式钻井平台作业水深达 2 550 ~ 3 600 m,多数为 3 048 m,钻深大于 9 144 m (30 000 英尺),采用动力定位,船体结构更为优化,可变载荷更大,配备自动排管等高效作业设备,能适应极其恶劣的海洋环境。

第 6 代平台比以往钻井平台更先进的设计在于

采用了双井口作业方式,即相对于陆地钻机而言,该平台钻机具有双井架,双井口,双提升系统等。主井口用于正常的钻进工作,辅助井口主要完成组装、拆卸钻杆及下放、回收水下器具等离线作业,虽然平台的投资有所增加,但是对于深海钻井作业效率的提高是显著的,据相关资料介绍,双井口钻井作业在不同的作业工况下可以节省 21 % ~ 70 % 的时间^[2]。

随着作业水深的逐渐加大,半潜式钻井平台钻机能力也逐渐加大,需要的绞车、泥浆泵、顶驱、转盘能力均相应提高。目前,半潜式钻井平台顶驱以美国国民油井 Varco 公司、加拿大 Canrig 以及 Maritime Hydraulics 公司的产品为主,仅就技术和使用情况来说,Varco 公司一直处于行业的领先地位,泥浆泵主要生产厂家为 NOV、Wirth、Lewco,绞车主要生产厂家为 NOV、Emsco、Wirth。

1.2 国外研制现状

截止 2007-12,全球在册登记的半潜式钻井平台共有 210 座,其中包括部分在建平台和维修平台(如表 2),在册的 210 座半潜式钻井平台中,工作水深以 304.8 ~ 9 14.4 m (1 000 ~ 3 000 英尺)居多,工作水深 > 3 048 m (10 000 英尺)的仅有 30 座,其中有 26 座为在建平台(如表 3)。

表 2 截止 2007-12 全球半潜式钻井平台数量和作业状态

状态	正常钻井	在建	维修	其他(托航、验收等)
数量/座	139	43	16	12

表 3 截止 2007-12 全球半潜式钻井作业水深分布

数量/座	13	102	39	37	49	30
工作水深 / m (英尺)	304.8 (1 000)	304.8 ~ 914.4 (1 000 ~ 3 000)	914.4 ~ 1 524 (3 000 ~ 5 000)	1 524 ~ 2 286 (5 000 ~ 7 500)	2 286 ~ 3 048 (7 500 ~ 10 000)	3 048 (10 000)

表 4 列举了目前世界上深水钻井作业实力最强的公司以及拥有的半潜式平台数量。Transocean

公司以拥有 42 座半潜式平台的绝对优势占据全球第 1 的位置^[3]。

表 4 世界主要的半潜式钻井作业公司及其拥有半潜式钻井平台数量

公司 名称	Transocean Inc	Diamond Offshore	Global Santa Fe	Noble Drilling	Pride international	Seadrill Ltd	Saipem	Dolphin A/ S
数量/座	42	30	14	13	12	9	7	6

半潜式钻井平台的设计技术含量极高。目前国际上设计半潜式钻井平台的公司主要有:美国的 Friede & Goldman 公司、挪威的 Aker Kvaerner 公司、新加坡的 Harald Frigstad 工程设计公司、挪威的 Global Maritime 公司、瑞典的 GAV 咨询公司、荷兰的海洋结构咨询公司、美国的 J. Ray McDermott 公司和新加坡的吉宝公司 (Keppel FELS) 等。

半潜式钻井平台的建造工程非常庞大,周期长,世界上只有少数几家公司有能力承建。目前承建半潜式钻井平台的公司主要有新加坡的吉宝公司和 SembCorp 海洋公司、韩国的三星重工公司和大宇造船海洋工程公司、美国的 Friede Goldman 近海公司、挪威的 Aker 集团^[4]。

近年来,随着国外造船任务的日益增长,部分平台建造也转移到中国,如烟台莱佛士船业有限公司、大连新船重工公司等。特别是大连船厂,2000 年至今,已为挪威先后建造了 Bingo 9000 系列共 4 艘半潜式钻井平台,该系列平台工作水深 2 500 m,钻深能力 9 144 m,属于第 5 代平台^[5]。

1.3 国内研制现状

我国海洋油气开发已有近 40 a 的历史,但从海洋工程装备和技术角度看,与世界先进国家仍存在较大差距,尤其是半潜式平台技术方面的差距更为明显。

1984 年,我国第 1 台半潜式平台——勘探 3 号诞生,由中国船舶与海洋工程设计研究院、地质矿产部海洋地质调查局和上海船厂联合设计,由上海船厂建造。该平台为非自航半潜式钻井平台,工作水深 35~200 m,最大钻井深度 6 000 m,井架由宝鸡石油机械有限责任公司制造,高 49 m,钻井设备主要由美国大陆 EMSCO 公司供应,泥浆泵为 2 台 FB-1300 型三缸单作用泵。

近年来,通过购买旧船方式,我国新增了数座半潜式钻井平台。中海油拥有南海 2 号、南海 5 号、南海 6 号;中石化的勘探 4 号为 Aker H-3、Friede & Goldman 公司设计的第 3 代半潜式平台,这几座平台的工作水深除勘探 4 号为 600 m 左右,其余均小于 500 m,钻井深度为 7 620 m (25 000 英尺),服役均在 20 a 以上。

目前我国南海深水区域已有重大的油气发现,但受深水钻井装备的限制,开发进展缓慢,为此,我国已经将“深水半潜式钻井船设计与建造关键技术”列为国家 863 项目。中海油和美国 F & G 公司正在联合研制 CNOOC Semisub TBN1 号半潜式平台,该

平台最大作业水深 3 000 m,最大钻井深度 10 000 m,属于第 6 代半潜式平台。

2 半潜式钻井平台研究热点

a) 高效钻井作业系统 如何配置多井口作业系统、钻杆处理系统、动力锚道等,以提高工作效率,是研制半潜式钻井平台的关键。

b) 升沉补偿系统 在深海钻井作业过程中为了保持钻头恒定接触井底,必须设法补偿平台由于风浪作用而产生的升沉落差,早期的方法是使用伸缩钻杆,目前主要采用天车补偿、游车补偿以及绞车补偿等方法。

c) 定位系统 半潜式钻井平台在海中处于飘浮状态,受风、浪、流的影响要发生纵摇、横摇运动,因此必须采用可靠的定位方法对其进行定位。半潜式平台的定位方式主要有锚泊定位和动力定位 2 种,当水深大于 1 500 m 时,多采用动力定位的方式。

d) 水下设备 水下设备主要包括水下井口系统、水下封井器系统、隔水管系统、水下设备控制系统等。

e) 平台设备集成控制 平台设备集成控制技术研究是为航行、定位、钻井、完井作业创建一个数字化、智能化的控制平台。

3 结语

目前深海钻探作业呈迅猛的增长趋势,导致半潜式钻井平台供不应求,研制具有自主知识产权的半潜式钻井平台是一个具有前瞻性和迫切性的重要课题。本文介绍了深海钻井平台技术的研究现状和发展趋势,着重分析了半潜式平台钻井设备的配置情况以及工作能力,提出了半潜式钻井平台的研究热点。随着研究技术的提高和工程经验的积累,相信在不久的将来,具有我国自主知识产权的新一代半潜式钻井平台将会诞生。

参考文献:

- [1] 胡辛禾. 第五代海上半潜式钻机[J]. 石油机械, 2001, 29(4): 57-1.
- [2] 赵建亭. 深海半潜式钻井平台钻机配置浅析[J]. 船舶, 2006(4): 37-38.
- [3] www.rigzone.com
- [4] 杨金华. 全球深水钻井装置发展及市场现状[J]. 国际石油经济, 2006(11): 41-43.
- [5] 廖谟圣. 三论我国海洋石油工业技术装备之国产化[J]. 中国海洋平台, 2004(4): 1-3.