

# 国外钻机及钻井平台发展的新动态

司英晖 孙艳军 温林荣

(胜利石油管理局钻井工艺研究院)

**摘要** 阐述了国外 10 种具有代表性的钻机及钻井平台的技术发展方向、特点及趋势,介绍了海底概念钻机的模块组成及推动其发展的 4 个关键因素。指出新型钻机的发展思路与方向是:

(1) 针对性强,开发目的明确;(2) 自动化程度高,不仅可提高作业效率,而且可减轻工人劳动强度;(3) 模块式结构,利于快速移动 复原及井间迁移;(4) 敢于挑战极限作业区域;(5) 强调并突出以人为本、环境保护的设计理念;(6) 推出新概念钻机。

**关键词** 钻机 钻井平台 新概念钻机 发展方向

## 国外钻机发展的新动态

### 1. 灵活的模块化钻机

法国埃菲尔公司的 Metallique 钻机是为西利比亚天然气开发项目制造的修井作业机。该钻机是根据快速移动修井作业机 (FMWR) ——新型钻井-修井作业机的原理而设计的。钻机与地接触面积仅为 12 m ×30 m,总面积为 28 m ×36 m,不仅轻便而且实现了模块化。FMWR 具有以下功能:一是在已有的浅海固定式平台上进行油井维修作业,如在波斯湾、马拉开波湖等,二是参与油田开发。该钻机结构紧凑,可安装在已有的平台上,它的灵活性使它无需大量的后勤供应。

该钻机可用于井深 7 300 m 的直井或斜井,主要用于生产井和在自升式平台插桩之前由浮式钻机基本完成的井。它可由小型吊车完成移动 复原并由供给船实现运输。钻机可完成全部的修井作业和井间联接作业,安装油管以及实现重入钻井作业。该钻机是一个完全独立的系统,无需供应船协助,从而避免了生产中断。

钻机由许多质量有限的模块组成,可通过小型吊车快速完成移动 复原,目的是为了在施工结束后尽快复原钻机并安装压井装置,以确保井的安全性,同时可快速运往下一个施工地点进行作业。为满足安全的需要,该钻机配置了全部的钻井仪表、无线电通讯、气体探测、火灾探测和报警系统。

该修井机比一般平台可节省 4 个多月平台钻前

准备时间,降低投资费用 3 800 多万美元,同时还可进行其它作业。FMWR 钻机由以下 4 个主要组件构成:发电设备 (燃料油、液力和空气增压);包含钻台支撑的钻井液罐和返回钻井液处理设施;作为钻机自备吊车动力源的高压钻井泵模块;由钻井液罐和钻井泵顶部结构提供的工作管柱支架。

钻机主要特征如下:

- (1) 钻井液配制: 2 个加料漏斗, 2 t/h;
- (2) 绞车: 2 500 kN 大钩提升能力;
- (3) 井架容量: 适用于  $\phi 76.2$  mm 和  $\phi 127$  mm 钻杆;
- (4) 防喷器使用双传送系统, 适用于  $\phi 279.40$  mm (11 英寸)、69 MPa 或  $\phi 339.70$  mm ( $13\frac{5}{8}$  英寸)、38.5 MPa 的防喷器;
- (5) 全部无线电通信、火灾 气体报警系统;
- (6) 钻井安全房内装备遥控刹车、全套钻机仪器以及防喷器控制板;
- (7) 管架容量: 180 t, 适用于 2 排套管;
- (8) 钻井液罐容量: 238 m<sup>3</sup> (1 500 桶)。

老油田的持续发展需要钻机在容量方面性能更高,需要可自成体系不需“外援”的新型钻机。FMWR - ES 1250 型钻机部分地迎合了这一市场的要求。

### 2. 用于浅气层钻井的小尺寸新型钻机

Precision Drilling 推出的 Super Single Light (SSL) 钻机,是该公司生产的 Super Single 钻机的缩微翻版。它是一种用于浅气层开发的小尺寸新型

钻机，可实现连接管操作，其机械钻速高且具备与连续油管钻机一样的机动灵活性。

新钻机自 2004 年投入使用以来，极大地提高了作业效率与经济效益。例如：在位于 British Columbia 东北方向的浅气层开发项目和东 Central Alberta 水平、重油开发项目施工中，作业周期与成本均低于设计；在为 EOG 施工的 1 个 200 口井的项目中，机械钻速可与连续油管钻机相媲美。现场作业人员对加拿大阿尔伯特（Alberta）的 Drumheller 油田统计数据为：常规钻机的机械钻速 70 m/h，连续油管钻机 140 ~ 180 m/h，而新钻机的机械钻速为 150 m/h。

20 世纪 90 年代中期，连续油管钻机首次进入西加拿大浅气层市场，即以其快捷的搬迁特性和较高的机械钻速而优越于常规钻机。但连续油管钻机有其使用局限性，如打捞作业只能由可接单根的常规钻机完成，而 SSL 同时具备了高的机械钻速和迁移机动性，并可进行接单根操作，从而可提供实现优化经济钻井所需的灵活性。

该钻机开发过程中，Precision 的工程师们以成熟的 Super Single 钻机设计为起点，因此新钻机不仅具备原设计的许多安全可靠性与强化操作等特点，而且还包含了一些自身的创新。借用大钻机的主要技术是管具自动处置和顶部驱动系统，可减少人员伤害、避免重复操作、提高钻井效率。

最大化设计与迁移灵活性相关，新钻机只能在不超过 9 个载荷单位的情况下移动，比 Super Single 少 4 个载荷单位（依钻杆载荷而定）。除了钻杆及钻井液罐以外，其它载荷均可以实现车载运送，只用 1 台拖拉机即可快速移到下一个井位。轻型也意味着较浅的钻深能力，Super Single 的钻深能力为 2 200 ~ 3 000 m，静载荷 1 134 kN，SSL 钻深仅为 1 200 m，静载荷 454 kN。

基于市场的需求，将新钻机设计为垂直结构，而 Super Single 具备井架可倾斜的能力，因此新钻机的质量和载荷数便大为减少。新钻机具有接单根操作的优势，因此可以使作业者在“享用”连续油管钻机益处的同时，进行常规钻机的接单根操作。

3. 独特的 HH200 型钻机

Drillmec 公司生产的 HH150 和 HH200 型钻机能解决其它钻机不能解决的水力技术问题。正在服役的 3 台 HH200 钻机，有 2 台在委内瑞拉，1 台在冰岛。HH150 和 HH200 的装备都具有安全、环境影响小、费用少及性能高等特征。2 种钻机的技术

参数见表 1。

表 1 2 种钻机的技术参数

钻机型号	HH200	HH150
最大钩载 /kN	1 815	1 362
顶部驱动额定载荷 /kN	1 815	1 362
钻台高度 /m	6.6	6.6
防喷器安装空间 /m	5.4	5.4
吊车最大起重 /kN	150	60
顶驱转速范围 / (r · min <sup>-1</sup> )	0 ~ 200	0 ~ 200
顶驱最大扭矩 / (kN · m)	36	36
最大钻井能力 /m	2 896 ( $\phi 127$ mm 钻杆)	2 286 ( $\phi 127$ mm 钻杆)

实际应用证明新型钻机是成功的，它能减少钻井时间，从而节约了 25% 以上的全井费用。该钻机最主要的创新是其有可垂直和水平移动的顶部驱动装置，因而它能自动安全地接、卸钻杆，无需井队工人的操作。该钻机能在 40 s 内接上 1 根单根，而常规钻机通常需要几分钟。

为提高安全性，管子自动上、卸系统和先进的计算机控制系统能连续监控钻井过程和无人钻台，即使是在起下钻柱时也是如此，能把井队人员减少到 3 人。在工人的安全方面，较常规钻机强。

HH200 钻机还考虑到了环境保护因素。它有一个防溢出的闭环系统，汇集了许多排水和集水井，能防止潜在的污染水侵入地面。高度的系统技术使设计更为紧凑，能将井场尺寸降至  $1/3$ ，甚至  $1/5$ 。此外，该钻机良好的隔音技术降低了噪声对井队人员及环境的影响。

HH200 钻机最显著的创新是自动顶部驱动和管子装卸系统。其它减少钻机钻井时间和费用的方案还有司钻工作间，可提供非常高级的仪器，并具有能完全、持续地控制所有钻井参数的计算机系统，提高操作安全性。同时整个钻机及地面成套设备都处在待命中，可有效地降低钻机安装、拆卸时间。

4. 用于套管或钻杆钻井的经济钻机

对越来越小的“袋”状油藏进行开发，是老油区持续发展遇到的问题。对于这类含有枯竭层和不稳定层等困难地层的井来说，套管钻井（CWD）是理想的解决办法。荷兰的 Huisman Special Lifting B.V 与 Drillmar 有限公司联合开发了一种新型的钻机——LOC250，即陆地和海洋用集装箱装 250 t 钻机。该钻机设计时采用了 CWD 技术，以节约费用

和减少环境污染。

因世界各地都有这种困难地层井, 所以关键问题是运输。而 CWD 也不能解决所有类型井的开发问题, 因此, 有效的钻杆钻井被用来扩大钻机的适用性。

国际标准化集装箱是运输最标准的单位。为降低复原 钻机迁移费用, 整个钻机可从一个功能性的陆地或海上平台钻机改装进 17 个国际标准化集装箱中。这种设计使钻机具有多功能性, 可在陆地、丛林、海上平台以及湖泊或沼泽地的驳 (平底) 船上作业。附加的组件如新增钻井泵、大钩载荷、钻井液罐、北极保温和消音等设施进一步增强了其多功能性。

该钻机采用 CWD 技术可使钻井天数减少 30%, 而钻杆钻井通过封隔器、衬筒、筛管等的应用, 能够实现裸眼完井。

钻杆的工作原理与套管一样, CWD 的套管操作技巧与钻杆的操作技巧可相互渗透。管子通过快速的全自动管子处理系统立好, 通过吊卡提起, 由顶部驱动紧扣。转盘内装有自动动力卡瓦。

为节约平台作业时间, 防喷器耐压试验可在作为小鼠洞的试压桩上完成。同样, 利用安装好的井架顶部吊车, 底部钻具组合的上、卸可由吊车系统完成。两者均不占用钻机作业时间。

全自动钻台和吊车系统可避免工人进入钻台危险区域工作, 消除了许多安全隐患。较小的钻机载荷也降低了运输过程中的风险。通过减少油品泄漏和钻机占地面积使环境影响降低到最小。多级振动筛可使钻屑更干净, 减少了固体废物。38.1 m 高的轻便井架不会影响水平视野, 更适合于在某些要求更为苛刻的地区作业。

该钻机可实现完全平衡操作, 所有组件如绞车、钻井泵、动力设备、钻井液系统和防喷器都协调一致, 完整的控制和监测系统可确保作业无故障。以网络为基础的远程诊断和故障检查也纳入了控制系统。

### 5. 自动套管钻井钻机

Tesco 公司最近对自动套管 Genesis 系列钻机的钻台进行了升级。这些钻机是几年前开发的, 其应用大大减少了钻工在钻台危险区域的工作时间, 将所有控制集中于最富钻台工作经验的司钻操控, 提高了钻井效率。为了强化套管自动处理过程, 公司新近增设了液力对扣机械臂和两瓣式套管护丝。

Genesis 系列钻机上套管连接的程序为: 将套管摆放在液压管排架上, 卸掉护丝并清洗丝扣, 然

后编号并标识。接下来的程序则完全不同于其它钻机: 丝扣涂油后, 戴好两瓣式套管公扣护丝, 司钻通过遥控使其朝大门跑道方向略微倾斜, 之后套管被自动给进到位于管排架端部的管子处置系统, 该系统通过液压臂每次只允许 1 单根吊往动力坡道, 半自动的动力坡道受司钻指令控制。

司钻需要下一步预排程序作业时, 按下 “continue” 键即可。作业次序依次为: 机械臂首先将套管置于槽体内, 套管自定位于槽体底端, 动力坡道主结构开始将其向钻台运移一定的距离, 等待继续上升到预定接单根位置的指令, 此时司钻可以通过位于套管母扣下的液力接单根吊卡对吊环定位。定位完成后, 发出吊卡扣合指令, 即可上提该套管单根。

将套管单根向上提起的同时, 公扣端在动力坡道槽体内向上滑移, 当公扣端离开槽体时, 对扣机械臂动作, 将公扣端抱住, 吊环和对扣机械臂一同将套管移向井眼中心, 司钻下放提升系统至适当位置, 对扣机械臂迅速将护丝卸掉并将公扣导入母扣, 司钻继续下放吊卡并对好连接于顶驱导轨上的套管驱动头, 使其与套管上端啮合。

套管驱动头并不与母扣螺纹接触, 因而不会伤害螺纹。啮合完毕, 顶驱开始转动, 监控并记录下扣扭矩、圈数和时间。由于液力卡瓦可承受反扭矩, 紧扣过程中不需要背 (内) 钳。

### 6. 微井眼连续油管钻机

1994 年 Los Alamos National Laboratory (LANL) 提出用连续油管钻  $\phi 34.93 \sim 60.33 \text{ mm}$  ( $1\frac{3}{8} \sim 2\frac{3}{8}$  英寸) 的小井眼并钻达 3 048 m 的设想。这类小井眼既可用于勘探, 也可用于油藏监测追踪<sup>[1]</sup>。最近, LANL 将这一设想扩展为用于采油、钻 1 524 m 的开发井, 也包括油藏监测追踪。

目前微井眼钻井机械钻速达到常规钻井水平都有一定的难度, 因此可以认为, 除非钻井技术与方法获得重大突破, 微井眼机械钻速的大幅度提高看来是不可能的, 这主要是因为钻柱外的环形空间太小。与压力 (包括循环当量钻井液密度) 有关的问题、低的环空流速、钻屑尺寸及对液力要求的提高均对机械钻速的提高有不同程度的制约。研究人员认为, 成本节约主要来自 2 个方面: 所需系统组件、材料及质量成数量级减少, 制造与运输成本大为降低; 由于自动化程度提高和组件尺寸质量的减少, 劳务成本得以降低, 对非自动化组件的操作最多也只需 2 人。

迄今为止, LANL 的科学工作者已经使用连续

油管钻井系统钻了 609.60 m (2 000英尺) 的微井眼, 直径 44.45 ~ 60.33 mm ( $1\frac{3}{4}$  ~  $2\frac{3}{8}$  英寸) 的井眼均钻到了 213.36 m (700英尺)。

另一方面, 微井眼测井工具和地震传感器也在研发之中, 随着微电子技术的发展, 大家一致认为该领域不应该存在多少问题。

微井眼项目的 6 个方面得到了美国能源部的部分资助。

(1) Schlumberger 将开发用于浅层油气藏开发的微井眼连续油管钻机, 旨在提高浅井的钻井效益。

(2) Gas Production Specialties 将开发可降低井下液体压力的天然气举升系统, 以利油气在自然压力下的流动。

(3) Stolar Research 将开发用于微井眼连续油管底部钻具组合雷达导向和无线电数据传输系统, 雷达将用于对钻头位置的确定。

(4) Baker Hughes Inteq 将设计加工微井眼钻头导向和地层电阻率测量系统, 钻头导向装置和马达外径均为 60.33 mm ( $2\frac{3}{8}$  英寸), 拟用于  $\phi 88.9$  mm ( $3\frac{1}{2}$  英寸) 或更小尺寸的井眼。

(5) Western Well Tool 的作用是开发一种井下“拖拉机”工具, 它可以在长 914.4 m 水平井眼段传输钻头和 BHA。该工具的应用可望较常规钻井减少 25% ~ 50% 的成本。

(6) Bandera Petroleum Exploration 的任务是开发与微井眼连续油管钻机相匹配的钻井液系统, 该系统必须能够对返回的钻井液进行搅拌、循环、净化和储存, 在欠平衡作业条件下达到零污染。

微井眼钻机为石油工司尤其为那些独立的、规模小的服务公司所接受, 许多微井眼尺寸级的新工具尚待开发, 这些工具包括固井、测井、射孔和气举泵等。

## 国外钻井平台发展的新动态

### 1. 第五代半潜式钻井平台

自从 Transocean 的第五代半潜式钻井平台 Deepwater Nautilus 投产以来, 已在以往锚链锚定式海洋钻机从未到达过的最大水深区域创造了多项世界记录。

Nautilus 为 8 腿系泊模式, 可变甲板载荷  $9.4 \times 10^4$  kN, 有足够的空间以容纳 1 口井所需的所有设备、隔水管、导管和套管, 可快速、高效地将 BOP 安装到套管头上。平台独特的设计可以使井

队在多方面实现高效运作, 例如可同时对 3 个钻杆立柱进行操作。

在将  $\phi 660.4$  mm (26 英寸) 表层套管连接成套管串并悬置于钻机右舷的 Marine Riser Tensioners 上时, 操作人员可通过主转盘在下完  $\phi 914.4$  mm (36 英寸) 隔水管后继续完成表层钻进施工, 而  $\phi 660.4$  mm 表层套管的下入又可与系泊操作同时进行, 这是它的另一个省时特点。 $\phi 660.4$  mm 表层套管可一次下到接近海底的位置, 从而在起出  $\phi 762$  mm (30 英寸) 开表层钻头后可实现对新钻地层的快速封闭。

Nautilus 于 2000 年建造完成, 可以在 1 524 m (5 000 英尺) 水深的海域作业, 具备锚定系泊功能。该钻机为打破水深超过 2 438.4 m (8 000 英尺) 的世界记录, 开始使用预定锚定系泊系统。预定锚定系泊系统使用 8 个带有聚酯锚绳的吸桩, 这些吸桩由一锚作船在平台到达之前布置完成, 平台抵达后将这些聚酯锚绳与平台的锚绳相连形成张紧锚定系泊系统。

Nautilus 投产完成的第 1 口井是在美国的墨西哥湾 Alaminos Canyon 557 区块为 Shell (壳牌) 公司施工的, 创下了系泊平台作业水深 2 372.87 m (7 785 英尺) 的世界记录。此后, 该平台采用同一种锚定系泊模式在同海域又连续创造了 3 项世界记录: 在 857 区块, 作业水深 2 441.14 m (8 009 英尺); 在 813 区块, 作业水深 2 459.74 m (8 070 英尺); 另在 857 区块, 作业水深为 2 656.94 m (8 717 英尺)。目前系泊式平台的最大作业水深记录是 2004 年 5 月在东墨西哥湾创造的, 已经达到 2 728.26 m (8 951 英尺)。

Deepwater Nautilus 深水平台同时保持了 2 307.34 m (7 570 英尺) 海底完井的深水记录, 该记录是在服务于 Shell (壳牌) 及其合作伙伴 BP、Petrobras 的 NaKika - coumb 项目过程中创造的, 分别用 13 和 17 d 完成了 2 口井的作业, 大大降低了作业成本。

众所周知, 1987 年, 在密西西比的 Canyon 613 区块, Transocean 的 Discoverer Seven Seas 钻井船在服务于 Shell (壳牌) 的 NaKika - coumb 项目过程中钻成了 1 口发现井, 作业水深为 2 209.8 m (7 250 英尺), 这一水深是当时的世界纪录。

Transocean 拥有的 13 条第五代深水钻井平台中的 Deepwater Nautilus 平台最近被 Ivan 飓风吹离井位 135 km (73 英里)。系泊系统、1 套通讯装置和发电房的配电盘遭到了不同程度的破坏。平台修复后返

回原井位继续为 Shell (壳牌) 进行探井施工, 作业水深为 2 728.26 m (8 951英尺)。

Transocean拥有的 13条第五代深水钻井平台中的另一条是 Deepwater Horizon半潜式平台。操作人员正在努力提高起下钻速度。2004年初, 他们首先在美国的墨西哥湾为 BP公司的 Atlantis项目打了 7口井, 在接下来的 8口井施工中, 起下钻速度均达到或超过了 Transocean要求的 701.04 m/h (2 300英尺/h) 的标准。

其中一口井的起下钻速度达到了 1 246.33 m/h (4 089英尺/h), 是公司标准的 178%, 这是平台现有设备条件下的最高记录。8口井的平均起下钻速度为 890.02 m/h (2 920英尺/h), 是公司标准的 127%。

Horizon依靠动力定位, 设计钻深为 9 144 m (30 000英尺), 升级后的作业水深可达 3 048 m (10 000英尺)。尽管自 2001年投入使用以来一直在美国的墨西哥湾服役, 但它完全具备在海况恶劣海域作业的能力。

## 2. 极恶劣环境下的自升式钻井平台

哥本哈根 Maersk 钻井承包商拥有 3条可在极恶劣环境下工作的自升式钻井平台——Maersk Innovator和 Maersk Inspirer。由于其水深适应能力强、允许可变甲板载荷大且先进高效, 已远远超过了此前的钻机。新的设计是应更深的作业水深、更大的甲板载荷及更高的环保标准要求产生的, 设计由 Maersk和国家海洋建造咨询局合作完成。其中, Innovator于 2003年 1月交货, 一直在挪威的 Total 水域作业; 设计与之基本相同的 Inspirer于 2004年年底自韩国的 Hyundai Heavy Industries抵达北海。

Innovator的桩腿长 205 m, 可在水深 150 m 的环境下作业。如果作业水域的水体象美国的墨西哥湾那样小, 该设计可满足终年在 190 m水深情况下作业。每个桩靴的底面积为 400 m<sup>2</sup>, 并安装了 2.5 m高的裙板。在大多数土壤条件下, 裙板会增加海床的力矩承载能力, 从而也增加了平台抵御更高环境载荷的能力, 使得该钻机的作业范围可覆盖 80%以上的大不列颠及北爱尔兰联合王国的海域, 可覆盖 40%以上的挪威海域。

设计中很重要的一点是采用了高能桩腿固定系统, 使可变载荷高达  $1.0 \times 10^5$  kN; 可用甲板面积达 2 500 m<sup>2</sup>, 是常规恶劣环境作业钻机的 2倍。所有钻井液处理系统均被内置于悬臂内, 悬臂底部高出主甲板 3.5 m, 较长的悬臂可使到达平台的管状物资直接存放于甲板之上。

对生活区进行了重新布置以获得最大的甲板面积, 采用了甲板叉式升降机, 最大程度地弱化了甲板到甲板的吊车活动。Innovator上的悬臂可实现整体纵向及横向滑移, 钻台上不需要横向滑动基础。

丛式钻井能力大为增强。悬臂距离自船尾部到井眼中心为 27.4 m, 最大横向滑移距离 19.8 m, 加上 205 m (140 m为供选择型) 长的桩腿, 使钻机可以方便地到达平台所钻的任何一口井。载荷  $1.4 \times 10^4$  kN时的移动范围为 27.13 m (89英尺),  $9.0 \times 10^3$  kN时允许“无限”移动。

钻进时可实现双单根操作并采用了双钻井液系统, 大大减少了非生产时间。另外, 连续管及有线作业可与其它钻井操作同步进行。

井架高 75 m, 可容纳由 4个单根组成的高约 41 m的钻杆 (铤) 立柱 (常规为 29 m), 也可容纳由 3根套管组成的套管柱, 从而可节省套管下入时间 60%。它可同时容纳 9 200 m钻杆和 5 500 m套管。

## 3. 浅水超深井自升式钻井平台

随着油气勘探的发展, 石油工业已转向超深井钻井以寻找新的油气藏。为了满足浅水水域高效深井钻井要求, LeToumeau海洋集团公司开发了 Tarzan (泰山) 级自升式钻井平台, 该平台设计为可在 45.72 ~ 76.2 m (150 ~ 250英尺) 的水域范围内常年作业, 钻深可达 12 192 m (40 000英尺)。它结合了当今最新的设计技术和公司近 50年的自升式钻井平台设计经验, 进一步奠定了公司在该领域的领先地位。

设计结果满足超常复杂井钻井、工业创新及更加苛刻的安全与环保要求。其最大特征是实现高效深井钻井, 特别是可在风暴条件下作业: 风速 185.2 km/h (100节)、海浪 21.64 m (71英尺) 时可在 45.72 m (150英尺) 的水深作业; 风速 185.2 km/h (100节)、海浪 16.76 m (55英尺) 时可在 76.2 m (250英尺) 的水深作业; 它采用 LeToumeau的反向齿轮升降系统和三角形船体, 2个桩腿采用三角形截面的桁架结构, 提高了钻机钻井和风暴条件下的环境极限能力和载荷能力。

船体安装有柴油机发电系统、航海和钻井液处理设备、储藏室、82人的膳宿设施、满足 S—92型直升机的停机甲板及悬臂钻井梁。

采用 LeToumeau新的 2 000 kN (440千磅) 提升装置对钻机进行了测试, 证明它优于先前的钻机。齿轮举升力达到 34 470 kN (7 600千磅) 最高历史记录, 简单高效的桩腿导轨和齿轮系统可确

保任何工况下桩腿-船体的结合同体刚性，此外，桩腿设计采用管状截面结构，其拖航阻力和风暴载荷大为减少，强度增加，刚度-质量比提高。

钻井悬臂梁可承受 11 340 kN（2 500 千磅）的载荷，钻机最大移动距离 22.68 m（50 英尺），悬臂梁下方设有可容纳 3 628.8 kN（800 千磅）的管排架，并可承受 4 536 kN（1 000 千磅）的钻具立柱荷载。另外，设计有 6 个在用钻井液罐和 2 个备用配液罐，总容量为 350 m<sup>3</sup>（2 200 桶），系统具备同时处理油基和水基钻井液的能力，并包括污水收集与处理，可实现零污染。

2004 年 4 月 3 日命名为 Scooter Yeargain 第一台 Tarzan（泰山）级自升式钻井平台是基于合同为 Rowan 有限公司建造的。它的首次作业服务方是在美国墨西哥湾施工的 Anadarko 石油联合公司，目前，它在同一海域为 Millenium 油气公司作业。除了该平台外，LeToumeau 先后设计建造了包括 82SD - C、116 - C、Super 116、Super 300、Gorilla 和 Super Gorilla XL 等 179 条自升式钻井平台，目前共有 56 条在美国的墨西哥湾作业。

海底概念钻机

海底概念钻机的提出大约已有 7 年，它的发明者——Laurie Ayling of Maris 国际有限责任公司已经完成了这种钻机及其连续循环系统的构思。其基本概念是将 1 台全自动的钻机安装到海底直径为 1 194 mm（42 英寸）的基础导管之上。如果海底为厚度大的、未胶结松散沉积，可以增加隔水管的直径，必要时还可以在第 1 层隔水管内再固 1 层隔水管。钻机实际上是由地层支撑而不是由海底支撑。

钻机是分级安装的，由 1 个穿过钻机支持船月池的专用远程操作运载器（ROV 水下机器人）辅助完成。它包含 10 个模块（见图 1）：中心模块包括井控设备和钻井机械，其（旋转）防喷器组锁连于套管头之上且位于连续循环接头的下方；钻机井架模块由顶驱导轨和导向对扣装置组成，可以接近并抓取位于井架模块内部不同外径的管子；钻井液模块；动力模块；管子处置系统是一个导向对扣装置可接近的管子集装箱。

推动这一新概念钻机发展的因素共有 3 个：钻机为全自动型，只需 1 条具备 ROV 能力的支持船，这意味着 1 条合适的带月池的支持船便可取代移动式钻井装置（钻井船、半潜式平台等）。深水环境的动力定位仍然需要，但要求大为降低，见图 2。

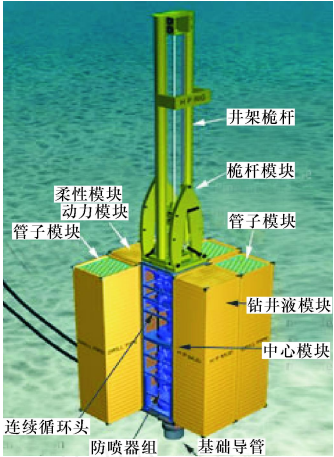


图 1 海底概念钻机模块

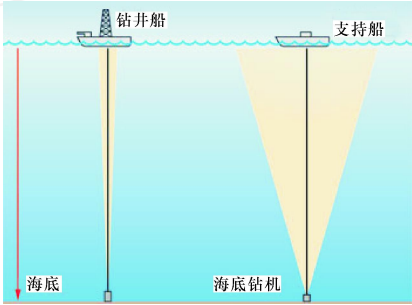


图 2 海底概念钻机动力定位示意图

钻机处于海底，不需要刚性导管，仅有控制缆线和柔性钻井液返回管线，因此它对天气的适应范围更为宽广。海底钻机几乎不受气象影响且没有刚性连接，它对定位要求十分宽松，这意味着除了极端海况条件外它可一直停留在原位置。另外，无刚性连接更加安全。

连续循环系统的关键装置——连续循环接头不需使用导管便可将海水与钻井液系统隔离开来。它具有精确处理和控制在井压力的能力，即使在狭窄压力窗口的情况下也是如此，从而可改善产能（较低表皮系数）、减少井涌和井漏事故、增加套管许可下入深度、允许使用更少的套管层次等，对安全非常有利。可根据水深、钻井泵位置以及是否选择了海底钻井液处理等情况选择采用单梯度或双梯度钻井。

基于以上的分析和对作业时间及成本的考虑，这种钻机是可获益的。该概念钻机的发明者对两例深水理论案例同海底概念钻机进行了比较，结果如下：如果用海底钻机钻位于 1 524 m（5 000 英尺）水深的 Cotton Tail 井可减少作业时间 10 d 并节约 22% 的成本；如果钻 3 048 m（10 000 英尺）水深的 Coyote 井可减少作业时间 16 d 并节约 34% 的成本。



海底概念钻机已发展成为 IIF (工业技术前导) 先导项目的一部分, 得到了 6 家海洋石油作业公司的支持并获得英联合王国贸易工业部 Smart 奖。该概念钻机在 OTC 2003 首次提出, 在 OTC 15328 论文中得到了详细论述。由于该项目带有极高的探索性, 尽管与许多油公司进行了一系列的讨论与论证且这些讨论仍在继续, 但迄今为止没有哪家公司愿意为该项目投资使其建造完成。假如钻机能够很快实现全自动化并且连续循环系统在陆上已经达到了商业化水平, 那海底钻机从理论上讲应该能够突破 3 048 m (10 000 英尺) 的水深极限, 而且成本将低于目前的常规深水钻井。

## 新型钻机发展思路与方向

综观上述国外钻机技术, 其新型钻机主要发展思路与方向如下:

- (1) 针对性强, 开发目的明确;
- (2) 自动化程度高, 不仅可提高作业效率, 而且可减轻工人劳动强度;
- (3) 模块式结构, 利于快速移动 复原及井间迁移;
- (4) 敢于挑战极限作业区域;
- (5) 强调并突出以人为本、环境保护的设计理念;
- (6) 首次推出新概念钻机。

第一作者简介: 司英晖, 工程师, 生于 1972 年, 1993 年毕业于胜利石油学校钻井专业, 现从事技术研究服务工作。地址: (257017) 山东省东营市。电话: (0546) 8702372。E-mail: siyinghui@163.com。

收稿日期: 2007 - 12 - 18

(本文编辑 丁莉萍)



定期保养是确保汽车正常使用的基础, 而保养过程中最关键的部分就是更换润滑油。如果说发动机是汽车的“心脏”, 那么润滑油就相当于这颗心脏的血液, 因此正确选用润滑油对保障汽车正常运转、延长汽车使用寿命非常重要。

专家认为, 消费者在选择润滑油时, 可以优先选择初装油。所谓初装油, 是指在新车下线前给发动机添加的润滑油, 即发动机的第一桶油。汽车厂家在选择初装油的时候是非常严格的, 商家提供的机油必须通过相对应车型最严格的发动机台架试验和行车试验后, 才能成为该车型的初装油供应商, 在发动机保护、发动机寿命延长等方面, 都有卓越

的性能, 所以初装油才是最适合该种车型的机油。以一汽大众奥迪和大众系列车型为例, 其初装油都是选择德国福斯润滑油。因为德国福斯润滑油在德国就是奥迪、大众系列车型初装油的供应商, 在国内长期严格的测试、试验中一直作为合作伙伴, 为一汽大众的奥迪、宝来、速腾、捷达、迈腾等车型提供初装油, 所以这些车型可以选择德国福斯润滑油作为其日常保养机油。

目前润滑油品牌有 2 000 多种, 在选择的时候, 要尽量选择品质、技术、售后服务完善的优质品牌, 因为他们不仅具有良好的技术, 而且经过了长期的市场检验, 产品品质能够得到保障。德国福斯润滑油作为国内最大的

初装油供应商, 以优良的品质在欧美得到了奔驰、宝马、大众、通用、福特等厂商的认证, 成为这些知名品牌的初装油和售后油的供应商。在国内, 汽车制造商也十分重视润滑油的品质, 奔驰 C 系、中华、帕萨特 B5、POLO、桑塔纳、宇通客车等也都选择了福斯润滑油。

润滑油质量的好坏, 直接关系到发动机和汽车的使用寿命。高品质润滑油不仅可以对发动机很好的保护作用, 而且还能延长换油周期, 为车主节省不菲的开支。切不要为了一时的省钱而选用劣质润滑油, 以免加速发动机磨损, 缩短汽车使用寿命。

汽车保养知识