

陆地石油钻井装备技术现状及发展方向探讨

孙晴君

中石化中原石油工程有限公司钻井三公司 河南濮阳 457001

摘要: 为了促进在未来石油钻探设备的发展奠定基础,在未来智能钻井技术的进展,分析了国内外钻探设备的发展现状和国内外先进的产品,主要技术差距并对今后钻井设备的发展方向提出了意见和建议。

关键词: 陆地石油; 钻井装备; 技术现状; 发展

一、石油钻井装备国内外技术发展现状

进入21世纪,全球钻井设备发生了巨大的变化,特别是在取代传统柴油机驱动的直流驱动电钻和交流变频电钻的崛起和成熟,迅速扩大并成为各大油田广泛使用的主流产品,特别是近10年来,在电钻研究的基础上,大型钻机运输技术、全液压驱动技术和智能钻机自动化技术的不断推广,再一次为石油钻机的发展插上了腾飞的翅膀。

1. 国外先进钻井装备技术现状

近年来,世界石油钻探设备的发展,部分欧洲和美国等发达国家的代表充分利用技术手段,如自动化、信息化、数字化和快捷化,大力提高钻井设备的技术性能,已研制出多种形式、特点和性能优良的钻井设备,取得了良好的效果,有效地推动了全球钻井设备的技术进步。例如,德国Herrick公司成功开发的Ti-350T陆地液压自动钻机,最大钩载荷为3500kN,自适应钻深为5000m,已在中国川渝地区应用了5年多。该钻机自动化程度高,在现场使用中效果良好。其突出特点是在地面上建立双根钻柱方式,利用液压机械臂将其直接吊至钻台表面,通过液压顶驱和铁刨完成钻柱连接过程,无需装备常规的双层平台装置。整个管柱输送路线短,安全性能好,省时省力。由挪威WestGroup公司开发的CMR连续运动钻机可将载荷提升至7500kN。钻机的设计理念打破了传统思维。配备独立的根系统,钻柱可实现不间断连续运动,满足连续循环钻进的需要,钻进效率快速高效。与传统钻机相比,该钻机的起下钻速度提高了30%以上。

荷兰豪氏威马公司开发了LOC400和HM150两种高效自动钻机。LOC400钻机具有结构紧凑、体积小、移

动速度快等明显优点。整个钻机采用模块化设计,可分为19个模块,可通过ISO标准集装箱运输。整个钻机运输单位少,运输快捷方便。HM150是一种高度机动的拖车式钻机,可以在不同位置和多个井场之间快速移动。该钻机配备了区域管理系统和安全联锁,以最大限度地降低反弹冲击的风险。意大利Drillmec公司开发的AHEAD375自动钻机采用液压控制驱动。钻机设计配有独立的根系统,可实现管柱全过程的自动化操作。其特点是管柱输送稳定,所有作业设备^[2]动作准确、快速连接。此外,斯伦贝谢最近通过实地考察开发了未来智能石油钻井平台FUTURERIG。

钻机动力设计1103kN,钻深5000m。控制系统设有两个主、副钻台,前后错位,分别布置在高低位置。钻机二层配备多机械手,司钻系统内置1000多个传感器。主要对钻机的安全状态、设备的健康状态、设备的运行状态以及作业过程进行全方位监控,并开发“钻井计划”平台,实现对整个钻机的虚拟数字化控制。设计理念先进。

2. 国内先进钻井装备技术现状

在我国先进的钻井设备技术研发中,通过不断的努力追求,先后在自动化技术、钻柱拆除技术、集成钻具控制技术、超深井钻井技术、高压射流钻井技术、特殊的地理和气候条件需要对钻孔技术的研究取得了长足的进展,主要表现在以下几个方面。

(1) 超深井四单根立柱钻机技术

近年来,根据特殊的地质和地貌特征在新疆库车山前,中国已先后开发了两种类型的深海钻井平台四个列和两种类型的深海钻井平台的钻井能力分别为9000和8000米新疆塔里木地区。其中ZJ90DBS 4台单柱钻机已于2012年成功研制,并已在新疆塔里木油田钻井。到目前为止,已完成7口超深井,平均钻深超过7300米,总进尺超过5200米。ZJ80DBS四单根立柱钻机重点围绕小钻柱排放技术难题,开发了推扶小钻具三单根立柱和复

作者简介: 孙晴君,1987年3月,汉族,男,山东商河,工作单位:中原石油工程有限公司钻井三公司,电气主管,工程师,本科,邮编:457001,邮箱:seven164840@163.com。

合式(悬持+推扶)大钻机四单根立柱的立柱组合排放技术,并于2020年2月开始在新疆塔里木地区开展工业性试验,目前已进入3开作业,现场应用表明,钻机综合性提效超过15%,钻井周期缩短6%。

(2) 系列管柱自动化石油钻机技术

根据中石油提出的“六年三代”钻机发展规划,国内由宝鸡石油机械有限责任公司(以下简称宝石机械)牵头率先完成了第一代ZJ50DB、ZJ70DB、ZJ80DB和ZJ90DB系列自动化钻机的研制,目前已推广应用了60多套,其技术特点主要表现为钻机配备有自动化的动力猫道、钻台机械手、铁钻工及电动二层台机械手等各种自动化设备,基本替代了繁重的人力作业,实现了二层台高位无人值守,减人增效,确保了现场操作的安全性。正在研制的第二代ZJ70DB自动化钻机突显了独立建根和远程在线监测等关键技术,可望于2020年年底完成制造和工厂内部试验。

(3) 超长单根和双单根立柱自动化钻机

2018年,宝石机械为大庆钻探公司1202尖刀钻井队研制了一款ZJ30DB交流变频超长单根自动化钻机。该钻机设计钻深能力3000m,目前已完成20多口井的钻井作业,钻机的控制自动化和操作安全性等获得了油田现场使用者的高度评价。该钻机在结构设计方面的突出优点是无二层台装置,无立根排放系统,超长钻杆的输送通过旋转机械臂从低位直接抓举输送至钻台面,交给顶驱后由铁钻工来完成上卸扣作业。除此之外,该钻机还配套了国产的直驱顶驱、直驱钻井泵和直驱绞车等关键装备,确保整套钻机操作过程简单、高效。另外,根据市场发展需要,目前宝石机械又开始进行适合中深井使用的双单根立柱钻机的设计研发工作,其中已开发的ZJ40DT钻机配备有双单根立柱排放系统,主机采用轮式拖挂移运结构,目前已完成产品试制,准备发往油田进行工业性试验。

(4) 稳压力大排量钻井泵技术

随着喷射钻井、水平钻井、海洋钻井和复杂难钻井等钻井工艺的发展变化,国内宝石机械等公司率先推出了功率级别为1600、2200和3000hp系列五缸高压大排量钻井泵。其中研制成功的QDP-3000型五缸钻井泵和QDP-2200型五缸钻井泵已通过油田工业性推广应用,其性能已得到充分验证,与同型号三缸钻井泵相比,不仅泵组的体积减小了20%以上,而且输出排量比三缸泵提升30%以上,排出压力波动仅为三缸泵的,不均匀度约为7%,产品可靠性明显得到提高,总体性能先进,受到了油田用户广泛好评。

二、我国钻井装备与国外钻井装备的主要差距

近年来,我国在钻井装备研究方面取得了长足的进步,主要表现在大型装备集成配套技术、钻机自动化研发技术、钻机搬家快速移运技术及超深井装备研究技术等方面,但认真分析对比,我国仍然在产品设计理念、产品配套技术能力及卡脖子核心技术研究方面与国外还存在较大差距,需要不断加大研究力度,力争早日实现突破。

1. 钻井工具的研发工作需要不断加强

斯伦贝谢(Schlumberger)和哈里伯顿(Halliburton)等公司在先进钻井技术的发展方面长期处于世界领先地位,特别是在高性能钻头、随钻测量、扭转冲击、减振和增压以及垂直钻井产品和技术等领域。近年来,我国虽然进行了相应的技术研究,并相继开发出了一些产品,但在产品性能、产品品种、产品规格等方面与国外仍存在较大差距。

2. 自动化产品的应用研究仍需要深化

虽然我国已发展出以双集成钻具控制、模拟人工操作为基础的串式自动化钻机,并已形成一定的批量,但与国外同类产品相比,创造性工作较少,结构形式相对单一,系统集成水平还不够,特别是在产品的稳定性和可靠性等方面还存在一定差距,还需要加大结构创新、优化升级的力度。

3. 智能化钻井技术研究需要加快速度

西方发达国家起步较早,早已着手智能化技术在钻井装备方面的研究与实践,相比较,我国起步较晚,虽然国内已有部分科研院所和高等院校等着手这方面的技术研究工作,并建立了必要的理论基础,但距实际应用还有较长距离,应加快该项工作的研发进程,力争早日推出样机并开展现场试验及应用。

4. 核心元器件研发工作需要强力推进

核心支撑关键部件与国外差距较大,已成为制约国内钻井设备发展的瓶颈,特别是与钻井配套的必须有柴油发电机组、变频器、液压和电气控制元件及其技术高压密封装置等,需要发挥各行业的优势,关键技术的研究为国家提供动力,特别是产品的可靠性、安全性和耐久性需要不断提高,争取在短时间内实现突破,大力支持国产设备的健康发展。

三、未来钻井装备的发展方向和和建议

从当前国际油气行业的总体发展形势和我国宏观经济对油气勘探开发的发展需求来看,预计石油钻井设备未来将朝着以下方向发展。

1. 常规装备将逐渐向标准化方向发展

按照中石油提出的“机械化、标准化、信息化、专

业化”的钻机“四个现代化”，推进钻机结构和配套内容的标准化，既满足了产品规模化开发的需要，同时也为设备企业和钻井公司带来效益，提高质量和效率。一方面，设备企业实现了一次性设计、统一配料、批量连续生产的目的，另一方面，由于产品的互换性和通用性，也为钻探公司设备的移动、安装和维护带来了很多便利。因此，建议我国应继续加强这项工作的推广，节约资源，降低成本，提高效率。

2. 石油装备将向深井特深井方向发展

为了解决经济快速增长和陆地已勘探开发油气资源不足的矛盾，迫使人们必须在特殊区域、更深层次的地域进行勘探开发作业。2019年9月中石油在新疆塔里木轮深1井打出了8882m的亚洲第一特深井；《石油人》2020年5月21日报道，哈里波顿公司在俄罗斯Sakhalin实现了总进尺14600m的世界最深新记录井的完钻，这些案例更加坚定了国内石油钻探企业加强大型化特深井钻井的信心和决心，预计未来几年，石油装备向超深井和特深井发展已成为必然趋势。这就需要科研人员提前做好调研分析工作，并将其作为当前和今后一段时间的重点攻关工作。

3. 向特殊地层地貌发展必将加快速度

随着常规地层油气当量的不断减少，钻井会逐渐向高原、高山、沼泽等特殊地貌和高温、高压、复杂地质构造区域发展延伸，这必然需要与其运输条件和特殊地层钻探要求相匹配的钻井装备，所以，研究和开发适应不同区域和地层钻探要求的钻井装备，必将成为今后装备发展的一个新目标和方向。为此，建议装备研发工作应尽早联合地质和钻探等多学科一起开展攻关，做好深入的研究工作，为满足国家油气增长需求打下基础。

4. 不断向快捷绿色环保节能方向发展

受制于当前石油钻井装备体态庞大、搬家运输困难、动力噪声大、配比动力消耗大、地层有毒有害气体排放及钻井液对环境 and 地层的污染等带来的诸多影响，特别是国家在绿色环保方面出台的多项政策限制，未来石油钻采装备向绿色、环保、节能、轻量化等方向发展将成为主流。为此，科研及管理人员都应从思想观念上、设计理念上以及技术方法上摒弃旧理念，适应新形势和新变化。

5. 向自动化和智能化发展已成为定局

根据装备行业的现状，未来向智能化产品开发的工作思路发展，随着技术的进步和人类劳动需求的解放以及互联网、大数据、信息和数字技术的突飞猛进，各行各业都在追求装备现代化，油气装备向全自动化、智能化时代发展是开放的，必将成为未来各大装备企业追求的必然目标。对于长期坚持野外艰苦危险工作环境，以人力为主的石油行业来说，加快钻井设备智能化发展问题迫在眉睫。建议国家在这方面加大资金和人力的投入，以促进其快速发展。

四、结束语

1. 国外先进钻井设备如液压自动钻机、连续运动钻机、快速移动钻机、自动智能钻机等现状分析与比较以及钻井设备在自动、快速移动、我国深井、超深井及超低温作业环境表明，我国石油钻井设备在钻井工具研发、自动化产品应用、智能钻井技术及钻井设备核心部件等方面与西方发达国家仍有较大差距。

2. 在分析和预测未来钻井设备发展趋势的基础上，提出我国钻井设备应进一步向标准化配置技术、深井和超深井钻井技术、特殊环境和特殊区域钻井技术、绿色环保节能钻井技术，全自动化智能钻井技术。

参考文献：

- [1]大港油田集团钻采工艺研究院.国内外钻井与采油设备新技术[M].北京：中国石化出版社，2005：3—21.
- [2]曹煜.钻机信息化概述[J].石油工业计算机应用，2018，26（1）：55—57.
- [3]徐小鹏，王定亚，邓勇，等.四单根立柱钻机关键技术与提效分析[J].石油机械，2018，46（12）：17—23.
- [4]祝贺，王定亚，张强，等.三点扶持式小钻具四单根立柱的管柱自动化处理装置：2017206970852[P].2017—06—15.
- [5]李亚辉，陈思祥，周天明，等.陆地超深井四单根立柱高效钻机[J].石油机械，2019，47（4）：19—23.
- [6]王定亚，王耀华，于兴军.我国管柱自动化钻机技术研究及发展方向[J].石油机械，2017，45（5）：23—27.