

深井超深井油气钻井技术进展与展望

梁炜镇（渤海钻探泥浆技术服务公司，天津 300280）

摘要：随着塔里木盆地克深、大北、博孜、顺北等，四川盆地川西北、川中古隆起北斜坡、川东等，准噶尔盆地南缘等一批深层超深层大油气田的发现，深层超深层井依然是“十四五”及今后若干年增储上产的重点。钻完井依然面临着深（埋藏深）、陡（地层倾角大）、窄（压力窗口窄）、厚（砾石层、盐层等复杂层段厚）、难（复杂多压力系统、事故复杂多、可钻性差等）、高（高温、高压、高酸性）等的严峻挑战，井筒安全和完整性差、破岩效率低、提速提效装备和工具适应性差，新技术储备不足等急需攻关突破。

关键词：深井超深井；油气钻井；技术体系；地质难点；关键核心技术

0 引言

随着油气开发技术的进步，越来越多的深井超深井、高温高压油田被发现，如中国南海莺歌盆地，马来西亚浅海，印度东海岸的 KrishnaGodavary 盆地和南德克萨斯盆地等。深井超深井、高温高压油气田开发过程中面临一系列的钻井问题，严重制约着油气田的安全高效开发。为了保障高温高压环境下钻井作业的安全高效进行，这些油田、区块需要更完善的钻井技术与配套工艺，这为国内外深井超深井、高温高压钻井技术的发展带来了更多的机遇与挑战。

1 深井超深井的特点难点

裸眼段长，要钻穿多套地层压力系统，深部地层岩石可钻性差。钻遇地层多而杂，地层中的油、气、水、盐、粘土等的污染性增大，且会因高温作用对泥浆体系的影响加剧，从而增加泥浆体系抗污的技术难点。钻井液密度的合理确定和控制更为困难，压差大，出现井漏，井喷，井塌和压差卡钻以及由此带来的井下复杂问题的可能性增大，井壁稳定性条件复杂。

井温梯度和压力梯度高，钻井液在井下停留的和循环的时间长，使深井超深井的钻井液的性能变化和稳定性成为一个突出问题。钻井液对深部油层的损害，因高温而加剧。

套管层数要满足分隔不同压力系统的地层要求。以利于安全钻井。套管与井眼的间隙要有利于套管顺利下入和提高固井质量，有效分隔目的层。目的层的套管要满足试油、开发、井下作业的要求。

2 深井超深井钻井所用的技术

2.1 地层压力预测技术

国内的高温高压井地层压力预测技术多是建立在基于地震和测井数据的常规方法，同时也借鉴了国外的一些新技术。近些年，针对南海西部莺歌海盆地和塔里木盆地等高温高压含油气地层的孔隙压力研究，促进了我国高温高压孔隙压力预测技术的进步。改变传统的单井点地层压力预测模式，从三维地质模型的建立出发，引入三维地质应力模拟方法，为待钻井提供精确地层压力剖面。基于叠加速度的约束反演获得背景层速度，再以叠后波阻抗反演获得目的层精确的层速度，然后采用

Fillippone 公式直接由地震速度计算得到地层压力，有效提高了地层压力预测的精度和可靠性。深度卡层与智能预警技术和随钻 VSP 技术，可实时更新钻头在地震剖面中的位置和钻头前方高压层的位置，为准确确定套管下入深度、反演下部层位深度及压力提供参考。还有一些国内学者改进了国内外的传统地层压力预测公式，并且结合地区的具体情况，综合利用多种预测技术，提出了高温超压地层孔隙压力预测的新思路。

2.2 井筒完整性技术

双深井深部高温高压地层、井筒完整性保障面临较大挑战。其中地层信息的不确定性导致深水油气井结构设计复杂，形成由自由段和封堵段套管组成的多层密闭环空结构。生产开始后，由于井筒内地层高温流体的径向传热，密闭环空内流体吸收热量产生附加膨胀压力，引起环空包围压力上升的现象。同时，由于深水水下采油（气）井和井口结构的特殊性，套管之间的环空压力无法释放，环空压力的上升超过立柱的强度极限，容易引起套管的挤压变形。影响井筒环空压力的主要因素有生产时间、油井产量、环空流体热物性参数、套管物性参数、水泥环物性参数等。目前双深井井筒温度场和压力的计算模型主要是基于井筒地层热固耦合作用的多环空气压力预测模型。

2.3 控压钻井技术

研制更为精密、先进且适用于国内油田地层特征的配套设备，尤其是高压力级别的防喷器、井口连续循环装置等；研究更多适用于高温高压地层控压钻井的配套技术；对多相流流动规律进行深入，研发控压钻井技术相关的水力学计算软件；加大对精细控压钻井技术与自动化控压钻井技术的研究。

2.4 深层钻井提速技术

针对深度地层可钻性差的问题，优选了复合扭冲提速工具及配套高性能 PDC 钻头。复合扭冲提速工具除具备传统扭冲工具扭力冲击的特点及优势以外，还集成了轴向冲击功能。高性能钻头采用优化冠部形状设计，主切削齿采用斧型齿，犁削与强力点载荷切削相结合，能产生更大的冲击力，并布置锥形齿，有效配合复合冲击器的扭向和轴向冲击力，提高破岩效率，适用于高硬度、

高研磨性地层的钻井作业,能显著提高机械钻速。提速工具及配套钻头为全金属结构,无橡胶和电子元器件,耐井下高温高压环境。

2.5 小井眼钻井技术

目前,石油钻井技术在石油资源开采过程中的应用,最为广泛的是小井眼钻井技术。这种钻井工程技术主要是通过金刚石钻头等,对油气层进行勘探开采,且整个勘探开采过程中,能够对钻头起到很好的保护作用。同时,我国石油钻井工程施工中,多是利用小井眼喷涌监测技术等手段,来提高是由开采钻探施工的整体质量和效果,进一步提高石油资源的开采效率。

3 提升深井超深井油气钻井技术的措施

3.1 深井超深井钻井液的优化

深井超深井,温度压力高,裸眼段长,钻遇地层复杂,作业时间长,深井超深井钻井液的性能和体系对于钻井的成败尤为重要,由于普通泥浆高温高压下会发生降解失效,因此要具有高温稳定性良好的润滑性和剪切稀释性,固相含量低,高温高压失水小,抗各种可溶盐类和酸类气体的污染,有利于配置,处理,维护和减轻地层污染。随着深井钻井液技术的发展,出现了由油基泥浆向水基泥浆发展的趋势,相继发展了一批抗高温、抗盐、抗钙性能好的水基泥浆处理剂和水基泥浆体系,包括阴离子型聚合物水基泥浆、合成基油包水泥浆、乙二醇类水基泥浆、甲基葡萄糖甙水基泥浆、甲酸盐类水基泥浆。

3.2 石油钻井技术工程技术的优化

在石油资源的实际开采施工中,施工人员利用传统的钻井技术会影响资源的开采质量,这也是钻进工程施工技术得以不断创新和优化的根本原因。如果钻井施工中使用的钻井液液柱压力超出了地层结构的可负荷压力,就会污染石油资源的储备层,影响石油资源的开采产量和质量。所以,为了保证地下油层的整体清洁性,钻井施工人员要重视优化钻井技术工艺,减少油层污染问题的发生。此外,利用非平衡钻井技术开展石油开采中的钻井施工时,要保证钻井施工的实际条件是处于规定范围内,且对钻井液的压力进行有效控制。再加上钻井液压力低于储备层结构的表面压力时,可以降低其对油层储存造成的损害。所以,为了减少井漏施工事件的发生,降低对油井内石油资源开采的影响,要做好井内压力的监测,并通过创新和优化钻井施工技术工艺,从根本层面上来提高钻井施工的实际钻进速度。研制或引进适应高转速的天然和人造金刚石混合孕镶的自锐式金刚石钻头,和长寿命高转速的涡轮钻具。这种自锐式金刚石钻头在欧洲已成功的应用到深井段高密度钻井液条件下的致密泥页岩,和泥质砂岩地层中。在欧洲深井牙轮钻头转速很低的情况下,采用涡轮钻具配合自锐式金刚石钻头钻进,机械钻速有了明显的提高。我国四川和塔西南地区使用巴拉斯金刚石钻头配合动力钻具,也取得了较高的机械钻速。

3.3 信息分析和自动化管理优化

对于石油钻井工程而言,其具备一定的系统化特征,在现代信息技术的应用中,可以说实现了较为深入的渗透,包括在信息技术分析及自动化管理层面。首先,基于信息分析角度看,石油钻井所应用的现代信息技术众多,其涉及到各个类型和领域,而大量的信息产生均要通过系统进行分析处理,并形成量化的数据指标,以实现系统化的统一管理和调整,进一步增强石油钻井的效率。在此过程中,信息操作系统可以将无效信息进行过滤,并对有效信息进行整合,以提炼出钻井所需要的关键数据。在出现异常数据时,同样会进行显示预警,以提升钻井施工的安全性。

4 “十四五”深井超深井钻完井技术发展展望

“十四五”及未来相当长一段时间内,一批影响深井超深井安全快速钻井的关键核心技术卡点急需突破,实现高端装备工具的自主可控;绿色低碳钻井、清洁生产 and 本质安全是时代的主题和行业的遵循,已成刚性需求;提质增效、高质量发展需要数字化智能化技术支撑转型发展。围绕深井超深井打成打快打好,重点研发深井自动化智能化钻机及配套装置、高效 PDC 钻头和智能化钻头、极端条件下深井超深井井筒钻井液、随钻前探等尖端技术,研制智能控压钻井技术与装备、井下故障复杂智能识别与早期诊断、井下多参数实时测量与智能优化控制技术、数字化智能化建井技术等,发展耐高温抗高压的工具、仪器和井筒工作液材料,开发抗高温大扭矩长寿命井下钻具、随钻扩眼与膨胀管裸眼封堵等,持续提升传统技术的可靠性,提高深井超深井安全优快钻井的能力,提升钻井工程设计软件及远程技术支持水平,推进钻井由传统作业方式向实时决策支持作业方式转变。

5 结束语

综上所述,石油天然气资源是我国工业行业经济发展的重要组成部分。而油田企业是我国经济发展的重要支柱。石油钻井技术在实际的应用过程中,受到科技创新发展的影响,要重视钻井施工技术工艺的优化和设计。尤其现在深层超深层大油气田的发现,深层超深层井依然是“十四五”及今后若干年增储上产的重点。为了满足本行业发展的基本需求,需要对钻井技术进行优化和创新,重视石油企业的安全生产,提高石油资源开采的效率和质量,促使其更好的满足石油资源开采的需求。

参考文献:

- [1] 郭晓霞,杨金华,周大可.2019 钻井技术发展动向与展望[J].世界石油工业,2019,26(06):64-69.
- [2] 王贞玉,王海峰,陈广全,焦卫国,何杰.辽河油田燕南潜山带钻井提速技术研究与应用[J].海洋石油,2019,39(04):74-77.
- [3] 陈平,孙冬冬.论有效提高石油钻井工程质量的措施[J].化学工程与装备,2019(12):150-151.