

# 自激振荡旋转冲击钻井技术现场应用

段飞飞 晏玉环

中海石油(中国)有限公司上海分公司 上海 200335

中国石油化工股份有限公司上海海洋油气分公司勘探开发研究院 上海 浦东新区 200120

**【摘要】**自激振荡旋转冲击钻井技术在钻探过程中利用了水力能量完成,在不改变常规钻井方式的基础上,简化操作步骤,让井底流场更加优化,同时让钻头和岩石之间的受力状况更加合理。基于此,文章就自激振荡旋转冲击钻井技术现场应用展开分析,从自激振荡旋转冲击钻井技术的原理、特点、使用要求,并且结合实际案例具体介绍自激振荡旋转冲击钻井技术现场应用效果,以期为同类型钻井工作提供参考和借鉴。

**【关键词】**自激振荡; 旋转冲击钻井; 现场应用; 技术规范

## 引言

石油是一个国家发展过程中的重要资源,近几年里,国家加大了开采力度,关于钻井技术方面的研究也逐渐增加,钻井速度、开采效率都得到了显著提高。但其中也出现了一些问题,尤其是面对地质条件复杂、难以开采的地层时,钻井技术中不足就凸显出来,虽然出现了一些适用性较强的工具,但还需要得到进一步完善。自激振荡旋转冲击钻井技术作为众多新技术、新工具之一,加强对其的研究,可推动石油开采行业得到进一步发展。

## 一、自激振荡旋转冲击钻井技术的原理和特点

科学技术水平的提高,钻井的成本也随之降低,石油质量不断提高,但市场竞争也日益激烈,想要保证钻井工作稳定可持续发展,就必须要对钻井工具和技术进行优化创新,以提高速度、强化质量、降低成本。目前,市面上也有很多全新的钻井工具,包括:复合钻井、高压喷射、导向钻进等技术,这些技术已经在钻井工作中得到了实际应用,取得了一定的成果。

### (一) 技术原理

自激振荡旋转冲击钻井技术作为钻井提速技术之一,将水力脉冲和机械冲击力相结合,不仅将机械钻速提高到了最大程度,也全面降低了摩擦,实现定向防托压。从实际应用经验来看,自激振荡旋转冲击钻井技术的实际破岩效果优于连续射流,从岩石的破坏情况来看,卸载及射流冲击产生的拉伸破坏可以让钻井效率迅速提高。这是因为自激振荡旋转冲击钻井技术中虽然振幅较小但频率较高,其可以产生5-20kN、40Hz左右的冲击力,而水力脉冲则可以最大程度改善井底岩石的受力状况,同时对井底进行清洗。理论证明,在保证地面机械泵能力不变的情况下,提高钻井速度的最优选择就是借助水力能量来完成钻井工作。自激振荡旋转冲击钻井技术的就借助了井底水力能量,切实改善了井下工作条件<sup>[1]</sup>。

### (二) 技术特点

自激振荡旋转冲击钻井技术和其他同类型钻井工具不同,其使用的钻井工具属于改进型,重点对水力结

构关键部位进行了优化,以此让水力能量的作用效果最大化。自激振荡旋转冲击钻井工具由上部接头和中部自激振荡器以及下部冲击传递杆等组成。但需要注意的是,因为借助了水力能量,因此在工具表面也要选择耐腐蚀、耐冲刷的材料,如:碳氮共渗处理的合金钢,以延长工具的使用寿命,保证施工稳定性。自激振荡旋转冲击钻井技术和常规钻井技术没有任何区别,因此,钻头和钻具都是最普通的,将钻井成本压缩到最小范围内。但加入了水力能量后,力学特性发生了改变,设备使用寿命延长、钻井工作效率提高。另外,自激振荡旋转冲击钻井工具强度和设计强度基本相同,相比较其他井下提速工具而言,该工具真正实现了能量利用率最大化,而且对环境的适用性较强,可应用范围较广。具体的工具参数和设计参数特点如表1和表2所示:

表1 自激振荡旋转冲击钻井工具参数

型号	外径 (mm)	长度 (mm)	压降 (MPa)	上部扣型	下部扣型
ZJXC-178	180	1230	1	NC50/ NC46	4-1/2" REG 6-5/8" REG
ZJXC-230	230	1460	1-2	75/8REG/ NC61	6-5/8" REG 7-5/8" REG

表2 自激振荡旋转冲击钻井技术效果

型号	冲击效果	其他比例
ZJXC-178	施加40Hz、5-20kN冲击力	1. 上下喷嘴直径比为1.2 2. 腔径和上喷嘴直径比为2.4 3. 腔长和上喷嘴直径比为0.355

## 二、自激振荡旋转冲击钻井技术的实际应用案例

### (一) 使用注意事项

自激振荡旋转冲击钻井技术运用的是组合式工具,因此在现场实际应用过程中,必须要结合实际情况进行设计。一般情况下,按照“钻头+自激振荡旋转冲击钻井工具+钻具止回阀(或浮阀)+钻铤”组合模式。在实际应用过程中,要根据不同地层的实际需求,配置工

具组成。比如,面对易憋跳钻地层时,可以加入减振器,以保证钻具使用寿命,同时减振器也能够改善井底工作情况,保证钻井效果。但如果使用钻具单流阀,就要按照规定进行灌浆,以强化钻井效果。在实际工作过程中,要严格遵守相应的钻井规范,定期清理工具零部件,避免布条、塑料袋、橡胶块等杂质进入井底。在钻井前,要对井下工况进行勘探,合理安排不等径喷嘴,要尽可能保证最大和最小喷嘴之间的差值。最为主要的是,要定期检查工具,通过探伤技术确认工具质量,及时更换保证井下作业的安全性和稳定性。钻井过程中,钻井液排量要根据工具型号进行设计,比如前文提及到的两个型号,其钻井液排量分别为大于 32L/s 和大于 50L/s。纯钻井时间不能超过 200h 这一界限,否则可能会出现部分零部件损耗过大,导致钻井质量下降。在钻井过程中,工作人员要对相应的参数数值进行观察,一旦出现数据异常立即采用干预措施,避免出现卡钻、井漏、井涌等情况。

## (二) 实际案例

根据冀中地区应用的自激振荡旋转冲击钻井技术实际效果来看,整体钻速提高了 20%,压力损耗可以控制在 1.0MPa 左右,因此可证该技术具有实用价值,且值得大范围推广。在此基础上,结合实际钻井工程现场展开进一步现场应用分析。以高危地区的油井为例,将自激振荡旋转冲击钻井技术应用其中查看具体效果。该地层属于沙河街组沙二段,地层中大部分为灰色泥岩、浅灰色细砂岩,在勘探后发现该油井为滩海丛式井中的定向注水井,传统的钻井技术无法应用其中,发挥出较优效果。根据工程设计情况,在 100m-521m 范围内造斜,最终达到 33.7°,同时将 3047m 的位置设计为调整点,将井底井斜角控制在 30.4°。表 3 为自激振荡旋转冲击钻井工具参数<sup>[2]</sup>。

表 3 自激振荡旋转冲击钻井工具参数

工具	参数	
PDC 钻头	φ 215.9	0.23m
马达	φ 172	8.43m
浮阀	φ 165	0.5m
扶正器	φ 198	1.54m
自激振荡式旋转冲击钻井工具	φ 178	1.25m

## 【参考文献】

- [1] 范蕾钰. 石油钻井中旋转冲击钻井技术的应用研究 [J]. 中国化工贸易, 2019, 11(002): 128.
- [2] 寇枫, 卢雄, 闫华等. 新型高效破岩钻井技术及工业化应用研究 [J]. 地下水, 2019, 41(01): 89-91.
- [3] 杜坤. 冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 039(004): 193-194.

无磁钻挺	φ 167	8.73m
MWD 短节	φ 166	1.95m
无磁钻挺	φ 167	9.11m
加重钻杆	φ 127	1195.9m
钻杆柱	—	—

从实际应用情况上看,钻压为 40-60KN,转速控制在 80+ 马达 RPM,排量则控制在 30L/s,现场应用中泵压和泥浆密度分别为 20MPa、1.62g/cm<sup>3</sup>。在钻井过程中,出现了井漏问题,在第一时间更换了常规钻井工具堵漏,钻井液漏失仅 67m<sup>3</sup>。出井后自激振荡式旋转冲击钻井工具没有任何结构上的问题和损伤,只有钻头出现了轻微的磨损,可以忽略不计。在实际钻井过程中,信号传输稳定,井斜没有受到影响,有效缓解了定向托压问题。这是因为,自激振荡式旋转冲击钻井工具在钻井过程中会产生纵向机械振动,钻具和井壁之间的滑动摩擦大幅度降低,即便无法完全消除托压问题,也能够起到一定的缓解作用。如果按照传统的钻井工具进行钻探,不仅无法控制井斜,在处理定向问题上也存在一定的难度,在钻进时托压就达到了 250-300KN,但在应用了自激振荡式旋转冲击钻井工具后,定向效率和钻速都得到了提高。

以某大斜度井为例,其岩性为泥岩,最大斜角达到了 80.56°,按照传统的钻井设计来看,在钻进过程中很有可能受到托压问题的影响,导致钻速下降,但在自激振荡式旋转冲击钻井工具的辅助下,转速会得到进一步提高,至少达到 0-200RPM+ 马达,平均速度为 74.0m/h。对比传统钻井方式,提速了 12.2%,效果非常明显。总的来看,自激振荡式旋转冲击钻井工具在防托压方面效果较优,根据上述两个案例来看,应用这一工具时,没有出现托压问题,工程作业面非常稳定,钻进效率大幅度提高,还可以重复多次入井,有效保证了施工效果<sup>[3]</sup>。

## 总结

综上所述,自激振荡旋转冲击钻井技术在面对中硬、硬地层等复杂区地层时具有提速效果,同时还可以缓解定向托压问题,最大程度避免钻头重复破碎岩石,应用在定向井不同地层、不同井段上效果非常显著。总的来看,该技术可靠性、安全性较高,值得进一步推广应用。但在实际应用过程中,还需要结合实际情况,对技术、工具结果进行优化,从而进一步强化钻井效果。