工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

苏里格气田老井侧钻井关键技术研究

苗忠才[1] 楚明明[1] 宋健[1] 韩佩章[2]
1.中国石油长庆油田苏里格气田开发分公司 陕西西安 710018；
2.中国石油川庆钻探工程公司长庆钻井总公司 陕西西安 710018

DOI：10.32629/ems.v8i10.22550

［摘 要］苏里格气田是典型的“低孔、低渗、低丰度”的三低气田，气井具有单井产量低、递减速度快的特点。老井侧钻井是老气田弥补递减产能和提高气田采收率的重要方式之一。老井侧钻井可以提高储层动用程度，井间未动用储量。在侧钻水平井施工经验的基础上，在苏里格气田进行侧钻定向井的试验。现场试验表明：套管开窗侧钻井对苏里格气田低产低效井提高气田采收率在技术上是可行的。

［关键词］苏里格气田；套管开窗；老井侧钻；提高采收率

引言：

苏里格气田位于陕西与内蒙古接壤的鄂尔多斯盆地西北部，是典型的致密砂岩油气藏[1]。随着气田开发的不断深入，低产低效井逐年增多，区块储量动用程度越来越高，井位优选工作愈发困难，效益建产和长期稳产与气田资源品质劣质化矛盾日益突出；但是在成熟的规模建产区，仍存在因井网井距受限，部分井间储量未得到充分动用的情况[2,3]。因此亟需通过老井侧钻井钻完井工艺的攻关，实现老井复产，助力老气田提质增效，为气田稳产夯实基础。

1 套管开窗井施工难点

1.1 老井筒处理流程繁杂

侧钻前期老井井筒处理涵盖多道工序(具体流程见图1)，须起下钻多趟；同时井筒年限较长，套管存在不同程度的损坏，且井下情况复杂，处理时间长且难度大，施工流程繁杂，效率低。

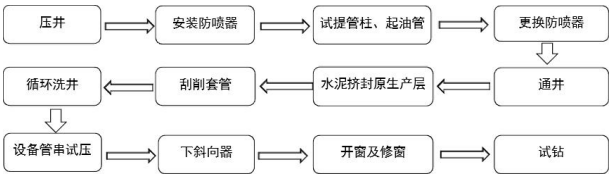


图 1 老井井筒处理流程

1.2 开窗难度大

2014年以前，苏里格气田5 1/2”生产套管固井全部采用“穿鞋带帽”固井工艺，即700-2500米井段均为空段。若从该井段进行侧钻，一方面是原井筒利用率低，最关键的是开窗后无着力点，且地层相对不稳定，易贴着套管壁偏斜，导致井眼轨迹无法控制。其中，SXX-20-6CH施工阶段，在2960m处开始开窗，开窗后试钻8m，更换螺杆钻具滑动进尺46m，频繁憋泵。主要为环空水泥胶结不好开窗后钻头沿套管环空钻进，难以侧出。后报废原井眼，变更设计重新选取开窗点侧钻。

1.3 开窗后裸眼段钻井情况复杂

在ϕ139.7mm 套管内采用ϕ118.0mm钻头进行套管开窗侧钻时，由于井筒和环空间隙窄，导致循环压耗高，施工泵压升高。实际钻井过程中只能通过减小排量的方式来降低泵压（泵压和排量的关系见图2），但是排量的降低会造成钻井液携岩困难，易在井底形成岩屑床。

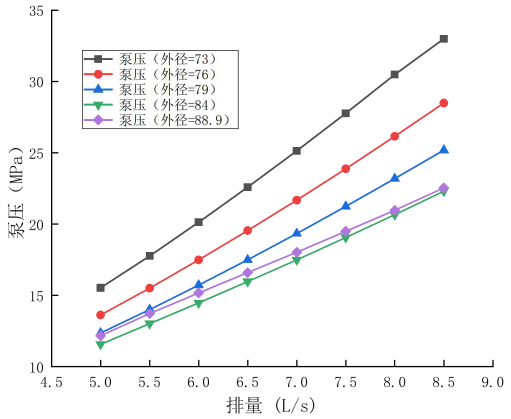


图 2 泵压与排量的关系

Crespo压力波动模型计算波动压力的结果见图3，由图3可以看出小井眼（3 1/2”）井底波动压力要高于常规直/定向井（5 1/2”）约40%，起下钻产生的波动压力较高，易导致井壁失稳、井漏或溢流现象。从开泵即发生漏失，停泵又

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

出现返吐的“呼吸效应”可充分印证。

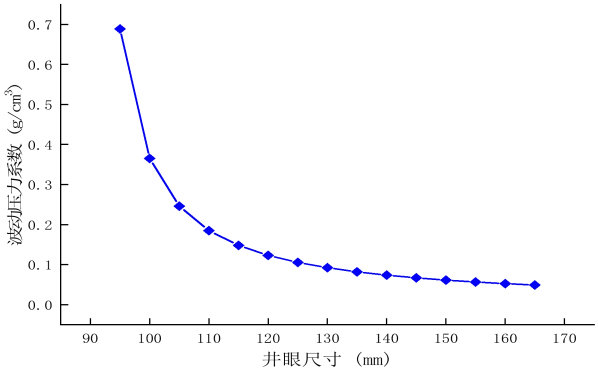


图 3　井眼尺寸与波动压力的关系

石千峰组及石盒子组泥岩易水化膨胀，发生剥落掉块，造成井塌等复杂情况；同时石盒子组因地层压力系数低及砂岩层微裂缝发育等原因易造成井漏等复杂。

1.4 窄环空固井技术难点

区块刘家沟组地层承压能力低，固井过程存在漏失风险，导致水泥返高不够；88.9mm套管容易弯曲，居中度低，施工摩阻大，注水泥及顶替压力高，接触时间短，顶替效率低，影响固井质量；同时小井眼循环不彻底易造成沉砂，导致固井施工过程中环空憋堵。

1.5 小井眼压裂改造难点

苏里格气田是典型的致密砂岩气藏，后期需进行压裂改造增产，由于开窗侧钻后井眼尺寸小，后期压裂改造方式优选存在难度。

2 套管开窗侧钻完井关键技术

2.1 老井筒处理工序优化

苏里格气田2019年前井筒处理作业（包括压井、起管柱、封堵产层、井筒试压等工序）均由试气队施工，待候凝试压合格后再由钻井队进行侧钻作业。为提高井筒处理效率，由钻井队直接进行老井井筒处理作业，减少井下作业队伍搬迁时间，同时降低成本，缩短了建井周期20天以上。

2.2 开窗方式优选

1）开窗工具的优选

常用的开窗方式有锻铣开窗、分体式开窗铣锥和一体式开窗铣锥3种，目前较常用的是分体式开窗铣锥工具，第一趟钻用来定向和坐挂斜向器，第二趟钻开窗侧钻。为提高开窗效率，应逐步推广应用一体式开窗工具，将开窗铣锥与斜向器、座封总成连为一体，通过一体式斜向器的应用，实现老井侧钻井下入斜向器、开窗、修窗作业一趟钻完成，减少起下钻次数，缩短钻井周期，提高施工效率。

2）开窗点优选

套管侧钻工艺环节重点考虑井眼轨迹、造斜工具能力、地层及钻具组合等因素。开窗点优选的原则主要是：

在老井筒完好情况下，优选选择下部井段进行开窗侧钻，开窗点选择在套管外固井水泥完整段，后期钻井需解决井斜较大问题；

老井筒套管破损情况下，结合老井表层下深情况，开窗点选择在套管漏点上部位置，表层套管下部。同时根据老井井筒固井质量情况，尽量选择在套管外固井质量完整段；

若确实因套管外部无环空水泥，开窗点可选空套管处，成功开窗后，对开窗点附近补挤水泥，封堵开窗点套管外环空。

2.3 裸眼段钻进参数优选

1）ϕ88.9mm非标准钻杆

为提高钻压传递效率，有效降低泵压，通对过73mm普通钻杆水眼、节箍、管体外径的改造，优选ϕ88.9mm非标准钻杆，增大了钻具与井壁间的环空间隙，提高钻压传递效率、有效降低了泵压。抗扭强度提高了16.7%，上扣扭矩从8900N·M提高到16800N·M，大大提高了钻具的强度；同时，通过对钻杆节箍的改造增大了水眼的尺寸，也能有效地降低循环压耗。

2）钻具组合的优化

针对钻头进尺少、机速慢的问题，改进刀翼结构，由六刀翼改为五刀翼，增大复合片倾角，有利于提高钻速；加长保径长度，增强水平段稳斜能力提高了钻头切削能力和使用寿命。单只钻头平均进尺221.58m，同比提高13.3%；平均钻速4.16m/h，同比提高8.05%，单井节约钻头2-3只，节省起下钻5-6天。

通过不同井段钻具组合优化，短钻铤及加重钻杆的位置调整进行钻具的优化，工具面更加稳定，同时提高了钻具的刚性，保证增斜率，减少了滑动钻进，复合段钻进比例由71.23%提高至82.83%，提高了施工效率。

3）钻井液性能优化

针对侧钻井小井眼钻井施工中，双石层漏塌矛盾突出的问题。通过加入3~5%SFT、3%NFA25和2~3%ZDS复配，提高钻井

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

液封堵性；加入15~18%KCl和2-3%聚合醇提高钻井液抑制性，配合2%固体润滑剂起到降摩减阻的作用，控制失水量。同时结合排量优化，削减了因激动压力过高发生漏失的风险，提高了井壁稳定性。

2.4 窄间隙固井工艺

针对小井眼井漏与固井矛盾突出问题，探索应用复合低密水泥浆体系，优化水泥浆流变性能，提高顶替效率，领浆为密度1.15g/cm³的玻璃微珠水泥浆体系；尾浆为1.85g/cm³的常规密度水泥浆体系。在优化固井液体系的同时，在固井施工前也要做好地层承压能力计算。

2.5 压裂工艺

形成了“3 1/2″可溶桥塞分压+CO_2增能助排”的压裂改造工艺，可溶桥塞能够确保压裂过程精准有效分段，同时针对老井地层压力低的特点，采用CO_2提高压裂后排液效率，缩短了排液周期。

3 现场试验

自2019年以来，苏里格气田共计完成侧钻水平井77口，通过优化钻采工程技术，钻井指标持续提升，机械钻速提高至5.03m/h，平均钻井周期42.44d缩短至31.56天（侧钻水平井钻井指标见表1和图4）。

表 1　历年侧钻水平井钻井指标

年份	井数	井深/m	钻井周期/d	建井周期/d	机械钻速（m/h）
2019	22	4198	42.44	69.38	3.56
2020	34	4200	33.36	66.9	4.47
2021	17	4330	32.85	64.59	4.62
2022	2	4240	32.08	63.17	4.89
2023	2	4250	31.56	59.03	5.03

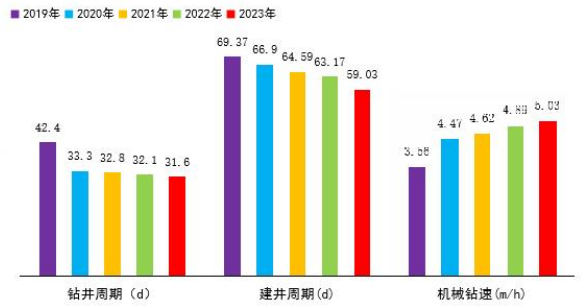


图 4　历年侧钻水平井钻井参数对比图

其中，SX-0-9CH于2021年针对山西组开展老井侧钻。侧钻前，老井无产量关停；侧钻后，油/套压为2.52/6.01MPa，日产气量2.0666万方，累产气量2438万方。

在充分总结侧钻水平井钻完井技术的基础上，开展老井侧钻定向井钻完井技术攻关，先后成功实施11口井，平均钻井周期19.99天，其中SX-4-1CX井创最短钻井周期指标，使得侧钻井的成本进一步降低，达到降本增效的目的。

目前已完成6口侧钻定向井压裂增产改造工作，平均无阻流量13.7万立方米/天。已投产的3口井投产效果显著，生产半年以来平均单井日产气1.4万立方米/天，与同区块新建直/定向井产能相当。

4 结论与认识

现场试验细化形成了老井井筒处理、一体化开窗侧钻、裸眼段钻井参数优选、窄间隙固井、可溶桥塞分级压裂改造和CO_2增能助排等系列规范化钻完井施工操作流程。

随着技术的攻关，实现了上部井段、下部井段以及空套不同深度的开窗侧钻技术。但是从空套开窗，井眼轨迹易贴着套管壁偏斜，导致轨迹无法控制，导致开窗失败；因此建议开窗点的选择尽量选择固井质量良好的井段作为开窗点，确保一次开窗成功率。

现场试验侧钻水平井77口，当前平均钻井周期31.56d，平均机械钻速5.03m/h；试验侧钻定向井11口，平均钻井周期20.26d，平均机械钻速8.11m/h。

[参考文献]

[1]吴正,江乾锋,周游,等.鄂尔多斯盆地苏里格致密砂岩气田提高采收率关键技术及攻关方向[J].天然气工业,2023,43(06):66-75.

[2]王丽琼,王志恒,马羽龙,等.苏里格气田老井侧钻水平井开发技术与应用[J].新疆石油地质,2022,43(03):368-377.

[3]张金武,王国勇,何凯,等.苏里格气田老井侧钻水平井开发技术实践与认识[J].石油勘探与开发,2019,46(02):370-377.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.