

浅谈川渝深层页岩气井打捞落井连管技术应用及经济效益

马 伟 孙玉钢 程翠兰 (大庆油田井下作业分公司, 黑龙江 大庆 163000)

冉 辉 (长庆油田第五采油厂, 陕西 西安 710018)

摘 要: 川渝地区深层页岩气井因压裂后井口压力高, 连续油管钻塞时循环泵注压力过高, 连续油管在钻塞作业时需要不定时的长短起保障携屑, 清理井筒, 导致连续油管疲劳损伤加快, 而出现断管、爆管等事件。尽管在入井前地面会做好内防喷工具的试压工作和对油管做好疲劳评估工作, 但仍出现内防喷工具失效或者油管穿孔等伴出现油管溢流、井喷等事件。目前在页岩气井出现此类事件后采取剪切连续油管后丢放油管自由落井, 然后进行生产排采, 待一定时间控制性排采后井筒压力降低, 满足清水压井的条件后, 组织打捞出落井的连续油管, 再通过连油气举排液恢复井筒生产, 保障建设方能够及时生产排采, 实现井控安全, 保障油井经济效益。

关键词: 深层页岩气井; 内防喷; 打捞; 技术应用; 经济效益

中图分类号: TE28

文献标识码: B

文章编号: 1674-5167 (2025) 030-0064-03

A Brief Discussion on Technology Application and Economic Benefits of Coiled Tubing Fishing for Fallen Objects of Deep Shale Gas in the Sichuan-Chongqing Region

Ma Wei, Sun Yugang, Cheng Cuilan (Daqing workover company, Daqing Heilongjiang 163000, China)

Ran Hui (No.5 Oil Production Plant of Changqing Oilfield, Xi'an Shaanxi 710018, China)

Abstract: In the Sichuan-Chongqing area, due to the high wellhead pressure after fracturing of the deep shale gas well, pressure of circulating pump injection is too high during the milling operation with Coiled tubing, which requires intermittent long and short trips to ensure carry the debris and clean the wellbore during milling operation which will lead to in the growth of fatigue damage and eventually broken and burst pipes. Although site engineer will do a good job of pressure test on the inner anti-spray and fatigue assessment on the oil pipe before entering the well, the incidents such as oil pipe overflow and well blowout may still happen due to the failure of the inner anti-sp tool or perforation of the oil pipe, which may lead shear the coiled tubing to make sure well control safety. At present, after such events happened in shale gas, shearing and dropped the coiled tubing into the well, and then production drainage is carried out. After a period of controlled drainage, the wellbore pressure is reduced, and then start to fish the dropped coiled tubing once the conditions for well control are met, then the well is restored by means of continuous oil and gas lifting and drainage. Achieve well control safety and ensure the economic benefits of oil Wells.

Keywords: Deep shale gas Wells; Internal anti-spray; Salvage; Technology application; Economic benefits

深层页岩气储层通常位于地下数千米的深处, 其地质特征相较于浅层页岩气储层具有显著不同, 深层页岩气储层的地层压力普遍较高, 增加了作业的难度。在川渝地区深层页岩气井压后连续油管作业钻塞作业时, 具备鲜明的特点就是施工井口压力高, 连续油管在钻塞作业过程中, 循环压力高达 60MPa 甚至更高, 因此连续油管施工过程中伴随的井控风险越高, 为了保障井控安全目前在川渝地区主要做法是: 将剪切的连续油管落入井内, 通过一定时间有控制的排采后, 待井口压力降低、气产量降低, 采用清水压井压稳后用连续油管完成打捞作业, 再次气举恢复井筒正常生产, 既保障了油田对于产量的经济需求, 又降低了开采的井控安全风险。

1 打捞落井连管技术原理

打捞落井连管技术是通过专门的打捞工具和设备, 对落井的连管进行探测、定位和打捞的一种技术。其

核心原理是根据连油防喷器剪切后的连续油管剪切口, 选择合适的打捞工具进行打捞, 打捞成功后在井口对接然后将落鱼全部起出, 恢复井筒的畅通。对于钻塞后未排采而出现断管的井而言, 为保护储层不受污染, 最大限度的提高单井的 EUR 产量, 目前在川渝地区一般不采用泥浆压井作业, 而是在确保井筒畅通、井控安全的前提下, 先期进行排采, 保障井的产量, 然后再择期根据井的产量、压力情况进行压井打捞。在打捞作业过程中, 优先选择使用清水进行压井, 其次再考虑使用无固相压井液。作业前首先需要将井压稳保障至少 2 倍的井口安全作业时间。然后再使用连续油管进行探测鱼头, 确定落井连管的位置、深度、倾斜角度等参数, 根据探测结果与剪切鱼头的形状, 选择合适的打捞工具, 当打捞工具到达落井连管的位置时, 通过连管工程师指挥操作手与泵注系统配合将落鱼抓住后起到井口进行悬挂、对接、起管, 完成打捞作业。

2 施工简述

2.1 工况简述

某井是威远构造奥陶系上统五峰组底界南翼斜坡的一口深层页岩气开发井，人工井底 5947.00，垂深 3468.80m，套管内径 114.3mm；压后井口压力高达 35MPa，为保障压后尽快投产，连油公司采用 2 寸连续油管进行钻塞作业。入井工具串选择： $\phi 73\text{mm}$ 铆钉接头 + $\phi 73\text{mm}$ 双瓣单流阀 + $\phi 73\text{mm}$ 双瓣单流阀 + $\phi 73\text{mm}$ 液压丢手 + $\phi 73\text{mm}$ 震击器 + $\phi 73\text{mm}$ 振荡器 + $\phi 73\text{mm}$ 螺杆马达 + $\phi 98\text{mm}$ 磨鞋。

在钻完 20 个桥塞后，按照钻磨流程连管循环长起至直井段循环脱砂后下至井深 3838m，此时循环压力 57.1MPa，井口压力 35MPa，突然滚筒和鹅颈之间连续油管发生断裂刺漏，操作手立即停止下放油管，关闭连油四闸板防喷器半封和卡瓦闸板并通知泵车立即停泵，观察循环压力降至 0MPa，井口压力 35.6MPa，连续油管断裂处无液体返出，判断油管内防喷有效；但是仅仅 13min 过后连续油管断裂刺漏处开始返液。现场判断可能是单流阀失效、油管本体或者连接器处有漏点，导致管内液体流出；由于断裂刺漏处返液逐步增大，现场启动应急程序，紧急汇报后按连续油管剪切程序，剪管关井；同时将半封、卡瓦、全封手动锁紧并采取进一步措施保障。

2.2 现场丢管处置方案

①连油主操将全封闸板限位锁住（防止误操作关闭全封）；②地面指挥人员通知井口操作人员按顺序手动打开防喷器半封、卡瓦闸板，并观察确认开启到位；③地面指挥人员通知主车操作手打开防喷器半封闸板、卡瓦闸板，地面人员听到井口有响动，并确认闸板开启到位；④地面指挥人员通知试气队首先关闭井口 4 号阀门，然后关闭 1 号阀门，确认关闭到位；⑤从防喷器侧翼泄压口，打开泄掉防喷器组内压力，观察防喷器压力从 35MPa 掉至 0，地面观察出液口不出液，关闭旋塞阀，拆除防喷器组，进入排采阶段。

2.3 排采过程

从 2023 年 12 月 6 日连续油管放入井内，连油公司与产建方共同商议，严格按照排采制度进行生产，防止地层出砂造成卡埋管柱造成打捞难度增加。截止 2024 年 5 月 22 日关井前，井口压力 3.64MPa，8mm 油嘴日产气量 5 万方、水量 14m^3 ；累计排采 170 天，累产气量 $898 \times 10^4\text{m}^3$ ，关井后井口压力恢复至 10.7MPa。

3 现场打捞实施作业

3.1 压井

采用清水挤注压井方案进行压井作业，如若压井

不稳，则采用无固相压井液进行压井。现场储备足清水后，泵车以 $0.2\text{--}0.7\text{m}^3/\text{min}$ 排量泵注进行压井，泵注 120m^3 液体后，停泵关井 13h 观察井口压力为 0，累计观察 24h 后井口无气无液返出，且满足 3 倍的预估井口对接油管作业时间后，开始下步打捞作业，作业前再次泵注 120m^3 清水后进行打捞作业

3.2 打捞作业

打捞工具串：50.8mm 油管 + 73mm 连接器 + 73mm 单流阀 + 73mm 单流阀 + 73mm 丢手 + 73mm 震击器 + 89mm 低速螺杆马达 + 95mm 可退式螺旋卡瓦打捞筒，工具串总长：6.04m



图 1 卡瓦打捞筒

3.3 探鱼头

连续油管下放 1096.8m 测试上提悬重 7.5t，然后进行探鱼头作业，以 $0.5\text{m}/\text{min}$ 速度下至 1119.3m 遇阻 1t，上提 5m 进行打捞作业。

3.4 打捞步骤

①起泵，排量 $200\text{L}/\text{min}$ ，循环压力 0.9MPa ，继续下放油管打捞，最大下压 3.5t，泵压无明显变化，停泵，上提 2m 油管，指重无明显变化，判断未捞获；②起泵，排量 $300\text{L}/\text{min}$ ，循环压力 1.7MPa ，再次下放油管打捞，施加钻压 2t，泵压无明显变化，停泵，继续下压 1t，上提油管，指重无明显变化，判断未捞获；③起泵，排量 $300\text{L}/\text{min}$ ，启泵 3min 后，泵注总量达到 0.9m^3 ，循环压力迅速上涨至 11.3MPa ，再次下放油管打捞，下压 3t，泵压无明显变化，停泵，指重回弹 1t，上提油管，指重无明显变化，未捞获；④起泵，排量 $300\text{L}/\text{min}$ ，起泵 3min 后油管起压至 10.4MPa 保持稳定，再次下放油管打捞，下压 3t，泵压无明显变化，继续加压 1t，上提油管指重无明显变化，未捞获；⑤起泵，排量 $330\text{L}/\text{min}$ ，循环压力 2.0MPa 。循环压力上涨至 12.2MPa 保持稳定，开始下放油管打捞，下放至 1119.9m，加压 4t，泵压上涨至 15.3MPa ，停泵，指重回弹 0.8t 。继续下压 2t，上提油管，指重上涨至 14t，判断捞获油管，停止上提，下放油管，继续加压，最大下压 7t。上提油管，最大上提至 26t，未能提动油管，判断井内油管遇卡，最大上提至 30t，未能解卡；⑥进行套管泵注辅助解卡，排量 $2.0\text{--}2.2\text{m}^3/\text{min}$ ，上提吨位至 34t，油管无法正常上提，停泵。泵注浓度 1% 的

金属减阻剂 20m³。停泵关井 1h 后，上提连续油管至 30t 解卡成功。

3.5 对接油管

①地面指挥人员指挥吊车与连油操作手密切配合，拆开防喷器与防喷管连接由壬，注入头夹紧力调低，操作室操作手、吊车驾驶员听从指挥，将防喷器与防喷管吊离开 2m，井口操作人员采用割刀将连续油管割断；②井口操作人员打磨处理井口切割开的油管内焊缝，地面人员拆卸工具串，切割断开打捞工具串，开始打磨处理地面油管的焊缝（在压井结束后至井口对接完成前，整个施工过程中均采取套管吊灌作业）；③制作双内凹坑连接器：待两边油管内焊缝处理完成后，将地面防喷立管内油管吊至井口，井口操作人员先将外径 41.9mm 对接接头一端插入井内油管，然后吊车缓慢下放，将另外连接器一端插入井口的油管内，完成后使用专用压制工具完成先压制井口的油管，再压制上端连接器，测试接头拉力 21t，合格，完成油管对接；④对接井口，停止吊灌，缓慢起出油管，完成打捞作业；⑤连油携带冲洗头下至 2500m 井深，使用液氮泵车通过连油向井内泵注液氮，利用液氮在井筒内的体积膨胀，将井筒内的积液从环空中排出达到回复井筒自喷生产的能力。



图 2 现场施工照片

4 技术总结

第一，高压环境下连续油管疲劳寿命消耗指数级加快：根据断口的断面和断裂形式来看，该断口平整、相对规则，没有壁厚变薄以及明显的外伤，属于直接从内部直接断开。

第二，双单流阀的连接增加了内防喷工具的可靠性：钻磨工具中加装两个双活瓣单流阀，正常情况下只有在两个单流阀的四个活瓣同时失效时地面才会出现溢流、井喷事件。上述事件是油管断裂后 13min 出现溢流现象、结合后期打捞出后对工具的重新试压，判断当时的单流阀是完好状态。

第三，连续油管连接器密封失效：本趟工具串使用的铆钉连接器内部存在 3 道密封，在铆钉以上有一道密封，铆钉以下有两道密封。打捞完成后拆开发现连接器上端与油管连接处有明显的刺漏损坏痕迹。建

议在水平井钻塞作业过程中尤其是自损严重的井，每隔 48h 起出工具串检查并且更换重新做连接器。

第四，对于打捞落井的连续油管采用“先排采、后打捞”的作业策略，需要在排采期间严格控制油嘴的大小，避免地层出砂导致油管被砂埋，造成后续打捞的难度增加；同时结合落井油管的长度、尺寸，采用专业的模拟软件计算出所需要的最大上提力，优选使用销钉可退式的打捞筒进行打捞，以避免液压可退式捞桶在需要可退时无法退出，衍生二次事故。

5 经济效益分析

5.1 直接经济效益

以上述井为例，落井事故发生在压后排采关键期（深层页岩气井压裂后 3 个月内为产量峰值期，日产量约 150000m³），以 3 元 /m³ 计算一天产值 45 万元。排采 6 个月后页岩气井后期以日产量 50000m³ 计算一天产值 15 万元，按照打捞周期 10 天计算，同样的打捞作业周期，若采用高峰期进行排采作业，后期根据产量降低、井口压力下降进行择机打捞作业，可挽回经济损失 300 万元。

5.2 间接经济效益

落井连管事故不仅会造成井的生产停滞，还会直接影响产建方的整体生产节奏，同时对单井 EUR（估算最终可采储量）产量形成制约和一定的影响。尤其针对压裂后已完成钻塞但尚未开展排采作业的井，若此时在作业过程时发生断管落井事故，在可控范围内优先选择在储层能量释放高峰期采用“先排采、后打捞”的作业策略，通过优先排采制度开展求产作业，既能保障储层不会因为作业需求泥浆压井导致损伤，又能最大限度发挥储层能量，进而提升单井产量，延长井筒服役周期，以获取最大的经济效益。

参考文献：

- [1] 庞涛涛, 朱永凯, 庄涛. 基于 Cerberus 的连续油管作业摩阻分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2011, 31(6): 156.
- [2] 金强. 页岩气井连续油管修套工艺技术研究与应用 [J]. 江汉石油职工大学学报, 2021, 11(6): 233-235.
- [3] 张武滔, 杜汶泽, 李军, 姜令. 水平井连续油管落鱼打捞技术研究 [J]. 石化技术, 2022, 29(7): 73-75, 51.
- [4] 王田玉. 连续油管带压下放过程的力学分析 [D]. 大庆: 东北石油大学, 2022.
- [5] 周翔宇. 连续油管技术在页岩气勘探开发中应用 [J]. 福建化工, 2022(1): 128-129.

作者简介：

马伟 (1989-), 男, 陕西人, 2012 年毕业于西安石油大学, 主要从事页岩气井连续油管工作。