

大港油田 GY1 井钢丝打捞作业

王奎¹, 张乾¹, 滕俊男¹, 郝华松², 马超¹, 李艳超¹

1. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司井下技术服务分公司 天津 300283
2. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司 河北廊坊 065007

通讯作者: Email: 345543649@qq.com

引用: 王奎, 张乾, 滕俊男, 等. 大港油田 GY1 井钢丝打捞作业[J]. 油气井测试, 2022, 31(4): 42-45.

Cite: WANG Kui, ZHANG Qian, TENG Junnan, et al. Wireline fishing in well GY1 in Dagang Oilfield [J]. Well Testing, 2022, 31(4): 42-45.

摘要 钢丝试井作业时, 由于井内情况复杂, 钢丝抗拉强度低等原因, 易发生钢丝落井事故。大港油田 GY1 井入井工具串在丢枪装置内遇卡, 在上提过程中, 由于反复活动钢丝, 在地滑轮处钢丝疲劳断裂, 井内钢丝和工具串一同落井。通过钢丝落井原因分析, 钢丝断头落井位置计算和打捞工具串优化组合, 制定了精准的打捞方案, 实现了一次性打捞成功。对打捞过程分析总结, 形成了钢丝打捞模板。经现场应用表明, 采用该模板进行钢丝打捞作业, 可提高打捞成功率, 降低事故复杂性, 为钢丝打捞方案的制定提供技术支撑。

关键词 大港油田; 试井; 钢丝落井; 工具遇卡; 打捞方案; 连续油管; 工具串优化; 成功率

中图分类号: TE358 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2022.04.008

Wireline fishing in well GY1 in Dagang Oilfield

WANG Kui¹, ZHANG Qian¹, TENG Junnan¹, HAO Huasong², MA Chao¹, LI Yanchao¹

1. Downhole Technology Service Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd, Tianjin 300283, China
2. Well Testing Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Langfang, Hebei 065007, China

Abstract: During wireline well testing, downhole complexities and low tensile strength of wireline often lead to the accident of "wire falling into hole". The downhole tool string in well GY1 in Dagang Oilfield was stuck in the gun throwing device. During the lifting, the wireline at the ground pulley was broken due to fatigue after repeated movements, and the wireline and tool string fell together into the hole. By analyzing the reasons for the wireline falling into the hole, calculating the position at which the broken wireline falls, and optimizing the fishing tool string, an accurate fishing scheme was formulated, and it was successfully applied in a fishing operation. After analyzing the fishing process, a wireline fishing template was formed. Field application shows that wireline fishing operations with this template yield higher success rate and reduce accident complexity, which provides a technical support for making wireline fishing schemes.

Keywords: Dagang Oilfield; well testing; wireline fall; tool stuck; salvage plan; coiled tubing; tool string optimization; success rate

井下钢丝作业是目前试井最为普遍的测试方法, 在测试过程中由于井下情况复杂、工具串在井筒内的间隙较小, 起下作业过程中易造成钢丝断裂、工具串遇卡、仪器落井等事故。若处理不当, 直接影响油气井的正常生产^[1]。钢丝落井并打捞作业是钢丝事故处理中非常复杂的工作, 若处理不当可能会使钢丝形成“鸟窝”钢丝团, 使后续的打捞作业复杂化。针对钢丝“鸟窝”形成的原因及特点, 谭章龙等^[2]提出了正常状态下发生钢丝落井事故后打捞处理时如何防止井下钢丝形成“鸟窝”的指导原则和对落井后钢丝及工具串的处理程序。针

对高含硫高压气井钢丝打捞作业面临断落钢丝分布复杂, 地层能量活跃, 硫化氢含量高, 对人身安全、设备安全防护要求高, 难以判断落鱼状态等难题, 苏鏢等^[3]结合钢丝断落特征及具体井况分析, 优化形成防硫电缆配合钢丝探测器组合、内捞矛组合的打捞工艺, 满足了井内打捞的需求; 唐寒冰^[4]介绍了不通过压井作业, 直接采用较粗的抗硫钢丝打捞井下断落钢丝及落物, 从打捞方案制定、关键实验数据获取、鱼头位置计算、确保安全的关键技术措施等方面阐述高压高含硫井钢丝落鱼打捞技术。张帅等^[5]提出了一种大修井作业中处理落井

钢丝的新工艺方法,穿过落井钢丝到井筒深处进行机械切割,实现分段打捞落井钢丝及油管的目的,降低大修井作业难度,大幅提高了作业效率。何长江等^[6]研制油管变径井钢丝打捞工具有效解决管柱变径后贴井壁钢丝捕获难的问题,在简化打捞程序的同时能够成功打捞钢丝,为油气井的正常测试和后期的措施作业提供保障。许建辉等^[7]针对钢丝打捞矛打捞落入井下扭曲钢丝的成功率较低,钢丝打捞矛无法打捞工具遇卡情况下的钢丝落物,缺少钢丝剪切功能等,研制出“组合式钢丝落物打捞工具组”,提高了打捞井下多种钢丝落物事故的成功率。王学杰^[8]介绍了伊朗雅达油田 F23 井钢丝遇卡采用连续油管与钢丝联合作业,打出全部钢丝和两串落鱼,对钢丝作业打捞作业具有重要的借鉴意义。冯敏^[9]介绍了连续油管和钢丝在打捞复杂事故井并下落鱼中的联合作业过程,实践证明,通过连续油管和钢丝优化组合,有效降低打捞作业风险,提高作业的成功率。

综合上述的研究成果,通过 GY1 井钢丝落井原因分析、钢丝断头落井位置精确计算、打捞工具串优化组合,制定精准的打捞方案,实现了一次性打捞成功。结合该井的成功打捞,对打捞过程分析总结,形成了钢丝从井口断裂落井后的打捞作业模板,采用该模板进行钢丝打捞作业,可提高打捞成功率,降低事故复杂性。

1 GY1 井概况

GY1 井是大港油田某采油厂的一口预探井,构造位置为小集油田王 27 断层下降盘构造圈闭,完钻井深 4 421 m,人工井底 4 345 m,最大井斜 48.33°,总方位 159.87°,井底位移 1 433.35 m,油层深度 3 963.4 ~ 4 382.7 m,油层套管外径 139.7 mm,壁厚 12.7 mm。

GY1 井为油管传输射孔,试油射孔后出油和气。该井计划关井测 72 h 压力恢复,测压结束后,油管内投球正打压丢掉射孔枪,进行下步测试、压裂、投产作业。在测 72 h 压力恢复钢丝试井作业过程中,上起压力计时工具串在井内遇卡,上提数次后,钢丝从井口防喷管地滑轮处断裂,井内钢丝及测试工具串落井。由于钢丝断裂落井堵塞油通道,无法油管内投球进行下步施工作业。

井内管柱结构为:加厚油管+平式油管+定位短节+平式油管+丢枪装置(位置 3 949.4 m)+平式油管 1 根+点火头+射孔枪。

井内落鱼工具串组合(自上而下):钢丝($\phi 3.2$ mm \times 3 961 m)+绳帽(120 mm)+加重杆(300 mm)+脱卡器($\phi 46$ mm \times 650 mm)+压力计拖筒(940 mm)(装有 2 支 $\phi 19$ mm 压力计)。

2 优化打捞方案

分析认为 GY1 井钢丝及工具串落井的直接原因是入井工具串在丢枪装置内遇卡,在上提工具串过程中,由于反复活动震击钢丝,钢丝因疲劳在地滑轮处断裂,井内钢丝(3 961 m)和工具串一同落井。落井工具串中脱卡器外径为 $\phi 46$ mm,井内管柱最小内径处丢枪装置内径 40 mm,故判断钢丝从井口地滑轮处断裂后,工具串无法下落到点火头,仍卡在丢枪装置内,钢丝由重力作用落入井内,工具串遇卡深度 3 949.4 m。根据已知数据推算钢丝断头在管柱内位置和入井工具串重量优化^[10-11]。

2.1 钢丝断头位置计算

钢丝落井后,会由原来伸直状态变成无规则的弯曲状态。钢丝收缩长度与钢丝的尺寸和使用年限、油管内径、井液(油、水或气等)、钢丝断裂时的拉力等因素有关。一般情况下,钢丝在油管内会缩短 1.0%~1.5%,拉力越大,收缩越长;钢丝尺寸越大,油管内径越小,钢丝在井内收缩长度越小。钢丝断头在井内的位置计算公式为

$$H = H_{\text{工具串}} - (L_{\text{钢丝}} - \Delta L_{\text{油管}} - \Delta L_{\text{拉力}}) \quad (1)$$

式中: $H_{\text{工具串}}$ 为工具串在井下的深度, m; $L_{\text{钢丝}}$ 为断在井下钢丝的长度, m; $\Delta L_{\text{油管}}$ 为受钢丝和油管尺寸影响的钢丝收缩长度, m; $\Delta L_{\text{拉力}}$ 为受拉力影响的钢丝收缩长度, m。

该井内为 89 mm 油管(内径 $\phi 76$ mm),落井钢丝 $\phi 3.2$ mm, $\Delta L_{\text{拉力}}$ 与 $\Delta L_{\text{油管}}$ 之和可按奥蒂斯 OTIS 推荐的落井钢丝收缩长度试验数据表估算取值 13 (千米收缩长度/m),代入公式(1)进行计算,该井钢丝断头在井下的深度为 39.9 m,本井打捞作业巡线工具串在 41 m 处遇阻,验证了理论计算后的钢丝断头在井内深度和实际深度基本相符。

2.2 入井工具串重量优化选择

入井工具串优化的选择要考虑钢丝直径、密封系统的磨擦阻力、工具串浮力和生产时流体向上的携带力。除平衡钢丝受井口压力作用的力外,计算公式为

$$W = 0.078 D^2 \cdot p \quad (2)$$

式中: W 为平衡重量, kg; D 为钢丝直径, mm; p 为井

口压力,MPa。

将该井数据代入公式(2),计算入井工具串重量为

$$W = 0.078 \times 3.2^2 \times 25.0 = 19.968 \text{ kg}$$

综合井型、钢丝受井口压力作用的力因素,将钢丝作业入井工具串增加 20 kg,确认工具串最终重量 30 kg 以上,打捞工具串即可能顺利入井。

2.3 确定打捞方案^[12-13]

通过上述计算,确定以下工序打捞井内落鱼。

第一步:选用巡线工具串下井。巡线工具串自上而下依次为钢丝绳、绳帽、变扣、旋转节、加重杆(20 kg)、万向节、震击器、探测器($\phi 58.00 \text{ mm}$),确认落鱼和鱼顶的深度位置;

第二步:采用清理工具串清理生产管柱内可能存在的钢丝端头。清理工具串自上而下依次为:绳帽、变扣、旋转节、加重杆(20 kg)、万向节、震击器、三爪内捞矛($\phi 55.00 \text{ mm}$);

第三步:通过下入造弯工具串在钢丝断头处多次下放对钢丝断头造弯。造弯工具串自上而下依次为:绳帽、变扣、旋转节、加重杆(20 kg)、万向节、震击器、造弯器($\phi 58.00 \text{ mm}$);

第四步:下入打捞工具串,打捞工具串自上而下依次为:绳帽、变扣、旋转节、加重杆(20 kg)、万向节、震击器、内捞矛($\phi 58.00 \text{ mm}$),将钢丝和落井工具串整体捞出。

3 施工过程

钢丝打捞作业事故处理的原则为“保证安全,不新增事故”,坚决防止在处理事故工程中再次发生钢丝断裂、工具串落井,增加事故处理难度。每次钢丝工具串下井,不要求能够捞出井下落鱼,但必须保证该工具串能够安全出井。事故处理的顺序是先钢丝后落鱼,即先处理完落鱼以上部分的钢丝,保证井筒内干净无钢丝后再去打捞落鱼工具串^[14-15]。本井的钢丝打捞作业,通过对该井井况详细分析,反复讨论、修改打捞方案,不断完善施工设计,优化打捞方案,确保了打捞作业一次性成功。

3.1 通井探测落鱼的鱼顶深度

下巡线工具串确认钢丝端头位置。下入巡线工具串,在 41 m 工作筒附近遇阻,由此判定此深度为井内钢丝断头位置,与理论计算数值基本相符,将工具串提出井口。

3.2 清理生产管柱内可能存在的钢丝端头

下清理工具串,在井筒 41 m 处遇阻后即缓慢上提,将工具串提起出井口观察,没有杂物,确定生产管柱内无钢丝端头,进行下一步打捞工作。

3.3 通过造弯工具对钢丝断头造弯

下造弯工具串,在井筒 41~42 m 处多次下放上提,对钢丝断头进行造弯处理,起出工具串。

3.4 下打捞工具串打捞

下打捞工具串组合,至目标深度以上 20 m 停止,即 22 m 处,然后再缓慢下放至钢丝断头处,经过反复多次打捞操作,成功抓住落井钢丝的断头,上提震击器震击解卡,上提钢丝 44 m 时井口遇阻,关防喷器胶皮闸门,拆放喷管,打闸板卡子,卸工具串连接钢丝,将井内 3 961 m 落井钢丝和落鱼工具串全部起出,顺利完成了该井的钢丝打捞。

4 结论

通过对大港油田 GY1 打捞成功的案例分析,为后续的钢丝从井口断裂落井打捞作业提供借鉴经验:

(1)在实际的钢丝打捞作业中,打捞人员需要严格按照标准的作业流程,分析事故原因、制定可行的打捞方案,在方案的指导下按步骤处置。

(2)钢丝打捞作业,钢丝断头在井下位置的理论计算、打捞工具串的优化、配置合理的工具串尤为重要。

(3)钢丝打捞作业要坚持“保安全,不增新事故”原则,坚决防止在事故处置过程中发生钢丝再次断裂、打捞工具串再次落井,造成事故复杂。

(4)对本井成功打捞的分析总结,形成了钢丝打捞作业模板,采用该模板进行钢丝打捞作业,可提高打捞成功率,降低了事故复杂性。

(5)随着连续油管技术的发展与成熟,在处理复杂事故过程中,可考虑通过连续油管和钢丝打捞技术优化组合,丰富钢丝打捞作业工艺,沉淀井下作业技术,为解决复杂井况打捞作业开辟新思路。

致谢:此论文在编写过程中,得到了渤海钻探井下技术服务分公司相关领导和同事的指导和大力支持,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 张明. 井下钢丝试井作业过程中遇阻遇卡判断的全新理念[J]. 油气井测试, 2015, 24(5): 64-65.
ZHANG Ming. New Ideas to judge the stuck or blocked of down hole steel wire in the process of well testing operation [J]. Well Testing, 2015, 24(5): 64-65.

- [2] 谭章龙,司念亨,郭士富,等. 钢丝作业“鸟窝”防范与治理技术应用实践[J]. 石油机械,2010,38(8):50-53.
TAN Zhanglong, SI Nianting, GUO Shifu, et al. Application practice of “bird's nest” prevention and control technology in steel wire work [J]. China Petroleum Machinery, 2010, 38(8):50-53.
- [3] 苏鏢,陈波. 超深高含硫气井油管内钢丝打捞作业技术及应用[J]. 油气井测试,2016,25(4):50-52.
SU Biao, CHEN BO. Technique of fishing broken slick line in ultra-deep high H_2S high pressure gas well and its application [J]. Well Testing, 2016, 25(4):50-52.
- [4] 唐寒冰. 高压高含硫气井钢丝落鱼打捞[J]. 钻采工艺, 2020, 43(2):82-85.
TANG Hanbing. Wireline fishing technique for high pressure high sulfur gas wells [J]. Drilling & Production Technology, 2020, 43(2):82-85.
- [5] 张帅,蔡万杰,朱鹏飞,等. 分段切割打捞落井钢丝技术的应用研究[J]. 石油工业技术监督, 2022, 38(1):55-58.
ZHANG Shuai, CAI Wanjie, ZHU Pengfei, et al. Application of segmented cutting and fishing down-hole steel wire technology [J]. Technology Supervision in Petroleum Industry, 2022, 38(1):55-58.
- [6] 何长江,徐爱舫. 油管变径井钢丝打捞工具的研制及应用[J]. 石油仪器, 2013, 27(6):44-45.
HE Changjiang, XU Aifang. Development and application of the steel wire fishing tools in exceptional wells [J]. Petroleum Instruments, 2013, 27(6):44-45.
- [7] 许建辉,孙丽霞. 提高油水井钢丝落物的打捞成功率—组合式钢丝落物打捞工具组的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2016, 36(18):62-63.
XU Jianhui, SUN Lixia. Improving the salvage success rate of wire falling objects in oil and water wells-application of combined wire falling object salvage tool set [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2016, 36(18):62-63.
- [8] 王学杰. 伊朗雅达油田 F23 井钢丝遇卡的诊断与处理[J]. 复杂油气藏, 2015, 8(4):82-84.
WANG Xuejie. Diagnosing and processing of slickline stuck for well F23 completion in Yada Oilfield of Iran [J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2015, 8(4):82-84.
- [9] 冯敏. 连续油管和钢丝联合打捞技术在修井中的应用[J]. 科技创新导报, 2017, 14(19):79-80.
FENG Min. Application of combined fishing technology of coiled tubing and steel wire in workover [J]. Science and Technology Innovation Guide, 2017, 14(19):79-80.
- [10] 张钧,余克让. 海上油气田完井手册[M]. 石油工业出版社, 1998.
- [11] 李三喜,郭士生,张良宝. 平湖油气田 B6 井钢丝打捞作业[J]. 中国海上油气. 工程, 2003, (4):44-47.
LI Sanxi, GUO Shisheng, ZHANG Liangbao, et al. The fishing sick line operation for well B6 in Pinghu Oil & Gas Field [J], China Offshore Oil And Gas. Engineering, 2003, (4):44-47.
- [12] 卜现朝. 海上某井钢丝打捞作业案例分析[J]. 油气井测试, 2017, 26(4):49-51.
BU Xianchao. Case study of a steel wire salvage operation at sea [J]. Well Testing, 2017, 26(4):49-51.
- [13] 单朝新,郭建设. 钢丝打捞工艺及应用[J]. 钻采工艺, 1999, (3):56.
SHAN Chaoxin, GUO Jianshe. Fishing technology and application of steel wire [J]. Drilling & Production Technology, 1999, (3):56.
- [14] 沈雪明. 完井作业中的钢丝打捞操作[J]. 中国海上油气. 工程, 1996, (5):32-37.
SHEN Xueming. Wire fishing operation in completion operation [J]. China Offshore Oil and Gas. Engineering, 1996, (5):32-37.
- [15] 陆峰. 磨溪龙王庙气藏钢丝试井作业风险及控制措施[J]. 钻采工艺, 2019, 42(3):117-119.
LU Feng. Risks and control measures of stickline well testing in longwangmiao gas reservoir of moxi block [J]. Drilling & Production Technology, 2019, 42(3):117-119.

编辑 方志慧

第一作者简介:王奎,男,1984 年出生,工程师,2008 年毕业于长江大学资源勘查工程专业,现从事钢丝试井、地层测试及连续油管方面的技术服务和相关技术研究工作。电话:13512994221,022-25931626,Email:345543649@qq.com。通信地址:天津市滨海新区港西大道 640 号井下技术服务分公司,邮政编码:300283。