

针对连续油管井下作业故障采取有效排除措施 取得的经济效益

尹翔 谢炜 刘涛 陈治刚 赵攀

(中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司, 四川 德阳 618000)

摘要: 连续油管作业是油田采油的重要工艺环节,但在实际操作过程中常常会遇到各类故障,影响作业进度和效率。本文系统总结了连续油管作业中常见故障的类型及成因,重点论述了机械故障、作业液体失循环和其他故障三大类别,对每一种故障提出相应的诊断方法和具体排除措施,阐述了从井眼质量控制、设备维护、液体管理、工艺参数优化到人员培训等多方面的预防对策,为指导实际作业提供理论依据和技术支持,对提高作业安全性和效率具有重要意义。

关键词: 连续油管作业; 故障诊断; 故障排除; 预防措施; 作业安全

1 引言

连续油管作业是油田采油工序中的一项关键技术,通过注入作业液体沿油管将可移性良好的地层流体置换并输运至地面,在提高采收率、延长油井生产周期等方面发挥着重要作用。然而,连续油管作业过程中常常伴随着各种故障发生,如管柱卡阻、油管脱钩、液体失循环等,这些故障不仅影响作业效率,严重时还可能导致井下操作事故、环境污染等严重后果。目前,国内外学者已对连续油管作业故障进行了大量研究,提出了多种故障诊断和处理方法。但由于条件复杂多变,单一的故障判别和排除方式难以满足实际需求,迫切需要建立一套系统的故障诊断与排查体系。本文将在总结现有研究基础上,对连续油管作业中常见故障类型及成因进行分析,提出相应的故障诊断和排除方法,并探讨预防措施,以期为指导实际作业提供理论依据和技术支持。

2 连续油管作业中常见故障类型及成因分析

2.1 机械故障

2.1.1 管柱卡阻

管柱卡阻是连续油管作业中最常见的机械故障之一。其主要原因包括:①井眼多次起下钻造成井壁粗糙,使管柱在下行过程中易受到阻碍;②油管中携带的砂岩岩屑、油泥块等固体颗粒物在油管内壁或井壁上堆积,从而限制管柱下行通道;③井身存在裸眼段或完整性受损,在压差作用下发生岩层移位或井壁坍塌;④油管在长期止压状态下受热膨胀导致变形拉力增大,管身弯曲度加大而卡阻。

2.1.2 油管脱钩

油管在下入井眼过程中,如遇异常冲击或扭矩,可能发生油管接头处脱钩。主要原因有:①接头螺纹磨损或损坏;②接头装配不当,拧紧力矩过小;③油管下行时剧烈振动碰撞导致脱钩;④作业液体携带较多固体颗粒物,增大油管振动和磨损。

2.1.3 油管破损

管柱在通入通出过程中,如遇井壁或其他障碍物剧烈撞击,极易引起油管破损。另外,长期作业也会导致油管因疲劳而开裂。其主要原因包括:①油管下行速度过快,冲击井壁;②井壁粗糙,油管摩擦磨损加剧;③油管质量问题,存在缺陷;④作业液体腐蚀性较强,降低油管使用寿命。

2.2 作业液体失循环

作业液体失循环是指在连续油管注入过程中,部分或全部液体未按预期路径返回地面,而是流失到地层或环空之中,这会严重影响油管内的液体驱替效率。根据失循环位置不同,可分为井口失循环和下游失循环两种情况。

2.2.1 井口失循环

井口失循环是指注入液体在泵口或油管旁漏失的现象,主要原因包括:①旋塞密封不严,存在漏失通道;②注入压力超过油管旁油泥钻屑环空的环空压力梯度,液体顺环空道路流失;③套管接头、旋塞接头处密封不良;④油管旁束支撑环等设备存在缝隙。井口失循环比率通常可根据泵注量和回收量的差值估算,比率越高说明漏失越严重^[1]。插表 2-1 列出了不同漏

失比率下,每百米注入量的漏失量。

表1 不同漏失比率条件下每百米注入量的漏失量(升)

漏失比率	5%	10%	15%	20%	25%	30%
漏失量	5.3	11.1	17.6	25	33.3	42.9

2.2.2 下游失循环

下游失循环指注入的液体在到达目的层之前就发生了漏失。主要原因包括:①钻遇溶洞或裸眼段,液体流失至裸露地层中;②油管旁存在割裂缝或流体窗口,液体流失到相邻地层;③井眼完整性差,套管接头或水泥环空存在缝隙;④压力过高导致地层破裂,液体沿压裂缝流失。

通过实际注排水测试井的分层压力曲线的分析,可以明显找出压力剥离层位置,找出失液通道。通过对失循环类型及成因的分析,可以更有针对性地采取诊断和排除措施,从而最大限度地减少液体流失,提高油管作业效率。

2.3 其他故障

2.3.1 测压装置故障

在连续油管作业中,实时监测并掌握井下压力情况对于安全高效操作至关重要。但测压装置若发生故障,将失去这一重要参数,不利于作业决策。主要故障类型包括:①压力传感器失准或损坏,读数不准确;②压力传输管路堵塞或漏失,无法获取正确压力信号;③测压系统供电或数据传输线路故障;④测压仪表本体出现软硬件故障。

2.3.2 液体增稠

连续油管作业中使用的驱替液体若发生增稠,不仅增大泵注阻力导致效率降低,严重时还可能引发管柱卡阻。增稠主要由以下几个方面原因所致:①液体温度过低,粘度增大;②长期搅拌和剪切作用,使液体发生降解;③固体微细颗粒物混入,造成液体粘聚;④液体成分发生反应或变质。

表2 列出了常温下几种典型驱替液体的粘度值:

表2 常温下典型驱替液体粘度值

驱替液体类型	粘度 (MPa·s)
清水	1.0
柴油	4.2
聚合物溶液	15-50
油基泥浆	30-100

总之,连续油管作业中可能出现的故障种类繁多,包括机械故障、液体失循环、测压装置故障、液体增稠等,每一类故障又有不同的细分类型。扎实了解各种故障特征及成因,是及时有效诊断和排除的前提^[2]。

3 故障诊断及排除方法

3.1 机械故障诊断与排除

3.1.1 管柱卡阻诊断及排除

诊断方法:①持续监测注入压力、位移量等参数变化;②尝试增大泵冲压力,如压力迅速升高但位移量几乎不变,可初步判定发生卡阻;③对油管进行循环冲洗,观察返排液情况;如存在大量切屑、污Blockion等说明存在卡阻隐患;④可结合射孔压力测试、管箍测试等方法,精确定位卡阻位置。

排除措施:①尝试调整泵冲压力、冲程和冲程次数,振动管柱疏通阻塞;②适当提高注入液体粘度和密度,增大紧持力;③下入专用洗矿器具,对阻塞段进行冲洗或起下钻扩眼;④如上述方法无效,则需拉出管柱,更换受损油管。

3.1.2 油管脱钩诊断及排除

诊断方法:①突然压力降低、位移量增大是脱钩的首要特征;②连续注入发现回流油管数量减少;③可采用射孔压力测试、重量测试等方法定位脱钩层位。

排除措施:①尝试提高注入压力,利用压力脉冲冲击使断口错位对复位;②下入捞渣工具,对脱钩段进行捞补或捞除作业;③若无法开启或回捞,最终需拉出全部油管,重新装备。

3.1.3 油管破损诊断及排除

诊断方法:①压力骤降、位移量增大是破损的首要征兆;②回流液中带有大量金属屑或油管切屑块;③射孔压力测试曲线存在压力剥离现象。

排除措施:①下入磁性捞管器捞除管内金属碎屑;②若漏失严重,可注入丢失循环材料堵塞漏洞;③回捞并更换受损油管段,恢复完整性。

总的来说,判断机械故障类型需结合多种监测手段,如压力、位移、回流液、压力测试等,还要掌握各类故障的典型特征。一旦发现故障,要及时采取相应的应急措施,控制事态扩大,减少损失。

3.2 作业液体失循环诊断与排除

3.2.1 井口失循环诊断及排除

诊断方法:①注入量与回收量存在明显差异;②泵口四周或旋塞处有液体渗漏迹象;③注入压力低于预期,无法形成足够的压力梯度;④通过环空压力监测,发现存在压力异常。

排除措施:①加大注入压力,利用高压压实钻屑环,减少漏失通道;②旋紧旋塞并补充密封膏,修复泵口漏失点;③适当调整液体性质,提高粘度和密度,

增大其携隔能力；④严重时可注入丢失循环材料堵塞漏失通道，恢复密闭性。

3.2.2 下游失循环诊断及排除

诊断方法：①注入与回收量存在较大差异；②射孔压力测试曲线存在明显压力剥离或梯度变化；③连续注入后，观察有无地层渗漏或返排液中夹杂污染物；④环空压力异常，压力无法形成或压力骤降均有可能。

排除措施：①调整注入压力至临界压力以下，避免进一步加剧失循环；②向环空适当注入丢失循环材料堵塞漏失通道；③可尝试注入粘度更高的液体，提高其携隔性能；④若漏失严重无法控制，则需暂停作业，拉出管柱。

总的来说，失循环一旦发生，首先要判明其类型和发生位置，并结合现场情况果断采取应对措施。如处置不当，不仅会加剧失循环程度，还可能酿成重大污染事故。获取足够的监测数据，精准定位漏失层位是关键。

4 故障预防措施

通过以上分析可以看出，连续油管作业中的各类故障有着多种复杂原因，需要采取因故障种类而异的诊断和处理方法。为了最大程度避免故障发生，从源头上预防故障，可遵循以下几点建议：

4.1 井眼质量控制

井眼完整性直接关系到作业的顺利进行。应对钻井过程中的各个环节实施严格的质量控制，确保井眼通畅良好、无塌陷和窄颈段。对已有漏失风险的井眼，应先行修整。

4.2 设备检测维护

作业前应对各类设备如测压系统、注入泵、管柱等进行严格检测，发现缺陷及时维修或更换，确保设备处于良好状态。作业过程中也需定期检查，一旦发现故障即时处理。

4.3 液体配制与管理

液体的性能对作业至关重要。应严格执行配制工艺，选用合格原材料，保证液体性质符合要求。搅拌和注入过程中要避免剧烈剪切，防止液体发生严重降解。作业前还需对液体预先降温处理。

4.4 工艺参数优化

根据具体井况，优化设计合理的工艺参数。包括注入压力大小、冲程及冲次数、注入速率等，避免采取过于激进的方式。同时制定应急预案，规范和指导异常情况下的应对措施。

4.5 人员培训与管理

加强对作业人员的专业培训，熟练掌握各类故障

的判别方法和处理流程，提高应急处置能力。并加强监督管理，杜绝违规操作。建立奖惩制度，提高作业人员的责任心和警惕性。

5 经济价值分析

通过对连续油管作业中各类常见故障进行分类分析，了解其成因特征，在此基础上总结诊断和排除措施，并制定完善的预防对策，及时有效地诊断和排除连续油管作业中的各类故障，不仅能确保作业安全顺利，更可以在经济层面为企业创造价值。

其一，从作业效率来看，快速解决故障将大幅减少非生产时间，提高钻机等设备的利用率；

其二，从维修费用来看，对症下药比被动维修更经济，能避免更大损失；

其三，从油田开发效益来看，规避了因故障而可能导致的渗漏、污染等安全环境风险，减少赔偿支出。

以管柱卡阻为例，一旦发生需要拉出全部管柱，不仅造成作业长期中断，还会产生高额的管柱拉运费用。而采取本文提出的震动管柱、加注减阻剂等方法，如能及时疏通阻塞，将节省大量成本，及时控制失循环事故也可以避免环境赔付、修井等高昂费用。另外，对连续油管作业工艺参数的优化和人员的专业培训，都将提高作业效率，减少不必要的浪费。从长远来看，建立科学的故障管理体系，对于提升企业核心竞争力，实现可持续发展具有重要意义。

6 结语

连续油管作业是油田采油的重要工艺环节，其作业质量和效率对油井高效开发至关重要。但在实际操作过程中，常常会遇到各类故障，如管柱卡阻、油管脱钩、液体失循环等，这不仅影响作业进度，严重时还可能导致严重后果。本文在总结国内外前人研究基础上，系统分析了连续油管作业中常见故障的类型及成因，着重对机械故障、作业液体失循环和其他故障三大类别展开论述。并针对每一种故障，提出了相应的诊断方法和具体的排除措施，为指导实际作业提供了理论依据和技术支持，对于提高作业安全性和效率具有重要意义。然而由于条件的复杂多变性，单一方法难以涵盖所有情况，未来还需结合实践不断总结完善相关理论。

参考文献：

- [1] 张恒, 朱明耀, 董丽, 等. 连续油管作业中压力行为分析及其应用 [J]. 石油钻采工艺, 2017, 39(5): 634-640.
- [2] 王文龙, 梅卫华, 朱英华. 连续注钻作业中的液体增稠分析及对策 [J]. 钻采工艺, 2011, 34(3): 59-62.