

油田维护作业分析及对策

李 亮（中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司物资供应中心，湖北 潜江 433123）

摘要：维护作业占用时间是影响采油厂采油时率和产量的重要因素，根据历年油井维护作业失效原因，采取相应的调整措施，加大内衬油管的投入，可以大大降低油管失效的几率，但井筒中出砂和腐蚀现象仍然存在，会加剧杆的腐蚀和磨损导致杆断发生，同样砂也会加剧活塞和泵筒的磨损，导致泵漏或活塞卡在泵筒内。维护作业的优化工作效果，在当年的维护作业中是无法体现优势的，一般是前一年做的工作，会在后面几年看到效果。面对新出现的抽油杆和抽油泵的新问题，需要采取新的技术手段。

关键词：维护作业；采油时率；杆管泵失效

1 概况

某采油厂开井数 1211 口，月平均采油时率 97.5%，每月平均停井时间为 20799h，其中因待维护和维修作业时间为 6183h，分类占据第一，占总停井时间的 39.7%。因此，维护作业严重影响采油厂的采油时率，从而影响全厂的原油产量，因此必须加强对维护作业的分析，找出影响油井作业失效的主要原因，并采取相应的对策，降低维护作业工作量（表 1）。

2 基本概况

某油田 2020 年采油指标与 2019 年同期相比：泵效 60.9%，同比增加 0.2%，免修期 791 天，同比延长 48d，检泵周期 1163 天，同比延长 49d，双五长寿井增加 19 口，油井维护作业频次 0.249，同比增加 0.016（表 2）。

2020 年油井维护作业发生 313 井次，与去年同期对比增加 14 井次。增加的部分是抽油杆失效和砂卡砂埋，其中杆失效 82 井次，同比增加 13 井次，砂卡砂埋 30 井次，同比增加 12 井次；减少的部分是泵失效，泵失效 92 井次，同比减少 16 井次；油管失效 84 井次，与去年持平（表 3）。

3 原因分析及对策

3.1 杆断原因分析

2020 年杆断失效 82 井次，平均失效周期 789 天，主要为抽油杆腐蚀失效，占比 92.7%，主要原因是近年来防腐措施未能进行有效接替。

一是近年来随着该油田出砂情况逐渐增加，环氧树脂

抽油杆的适应性下降。主要表现在出砂后环氧树脂抽油杆卡或本体环氧树脂层磨损严重。近两年起出更换的 61 口井中，其中 2019 年后投入使用有 51 口，占比达 83.6%，起出的更换原因为杆卡或本体磨损的油井有 48 口，占比达 78.6%。同时，环氧树脂抽油杆价格在 2018 年 7 月上涨，由 37 元 /m 增加至 54 元 /m，所以投入逐步减少。

二是套管缓蚀剂加药影响因素较多，加药效果不佳。由于受疫情、道路、加药方式管理等因素影响，缓蚀剂断货后迟迟未能进行补充，全厂 48 口加药井加药完成率只有 64.3%，影响套管加药效果。

治理对策：引进钨合金抽油杆和 PE 半包覆抽油杆，对短期腐蚀失效井进行治理，跟踪应用效果。目前在新疆油田、长庆油田应用广泛，效果理想。

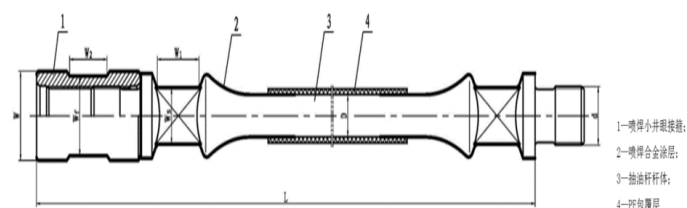


图 1 PE 半包覆抽油杆结构示意图

一是钨合金防腐抽油杆具有极强的抗腐蚀能力，钨合金镀层在硫化氢氛围下，表面能形成稳定、致密的硫化镍、硫化钨钝化层。该钝化层不溶于酸，不被氯离子浸蚀，从而增强了镀层在硫化氢、二氧化碳、氯化物环境下的抗腐蚀能力。W-Ni-P 镀层形成后表面进行热处理，即镀层钝

表 1 月度采油时率分类统计表

开井数	采油时率	地质原因(h)	设备保养	地面影响(h)	待维护+维护(h)	待措施+措施(h)	待热采+热采(h)	合计
1211	97.50%	256	660	3780	8250	6183	1670	20799
占比		1.2%	3.2%	18.2%	39.7%	29.7%	8.0%	

表 2 2020 年采油指标完成情况

时间	泵效(%)	免修期(d)	检泵周期(d)	维护作业频次	举升耗电(10 ⁴ kW·h)	吨液耗电(kW·h)	机采系统效率(%)	双五长寿井
2019 年	60.7	743	1114	0.233	5120	6.61	26.3	86
2020 年	60.9	791	1163	0.249	4978	6.54	27.5	105
对比	0.2	48	49	0.016	-142	-0.07	1.2	19

表 3 2020 年油井失效分类同期对比

时间	杆失效	管失效	泵失效	砂卡砂埋	结垢	其他
2019 年	69	84	108	18	3	17
2020 年	82	84	92	30	4	21
对比	13	0	-16	12	1	4

化工艺,使镀层内部及镀层与基体之间发生了元素的互扩散,简称合金扩散层,并在镀层表面生成致密的氧化膜,进而提高镀层的耐腐蚀性能,进一步提升了镀层的抗腐蚀能力。温度升高时原子形成密堆积结构,镀层致密度增加,缝隙进一步降低,并与基体产生相互渗透,能有效阻止腐蚀介质的侵入。

二是借鉴其它油田的经验,试用PE半包覆抽油杆。PE半包覆抽油杆是通过将PE材料热挤压成型,包覆在抽油杆本体上面,通过将井液与本体隔离,达到防腐的目的,在抽油杆两段未包覆区域均采用喷焊处理工艺。目前采油厂已经开始投入使用,下步继续观察其使用效果。

3.2 油管失效原因分析

2020年油管失效84井次,保持平稳,平均失效周期1081天,目前油管失效主要存在两个问题。

一是内衬管方面,2020年内衬油管失效22井次,同比增加10井次,其中丝扣失效16井次,同比增加9井次,接箍失效增加2井次,本体失效减少1井次。自2015年开始,该厂针对高含水开发阶段有杆举升工艺偏磨腐蚀严重,形成了以内衬油管为核心,杆、泵配套的防偏磨、防腐蚀治理体系。内衬层采用超高分子量聚乙烯为材料,具有低的密度,优良的耐磨性,耐热性及耐冲击强度。 $\phi 73\text{mm}$ 油管,内衬层厚度3.5~4mm, $\phi 89\text{mm}$ 油管,内衬层厚度4~4.5mm。按照“边投入、边优化、边完善”的思路,不断提升内衬油管的覆盖率。截止2020年底,内衬油管井下在用量114.2万m,井数覆盖率78.6%。通过近几年的配套治理工作,油井维护作业井次、频次、和费用得到有效控制,油井维护作业井次下降281口,频次下降0.28,费用下降400万元。现在出现内衬管丝扣腐蚀这一新的问题,如果一旦出现大面积的丝扣腐蚀将会引起维护作业井次的剧烈反弹。

①丝扣腐蚀分析,根据2020年内衬油管丝扣失效的16口井起出情况,内衬油管有新内衬也有原内衬,且内衬油管的公扣和母扣同时存在腐蚀,因此分析丝扣腐蚀主要原因是内衬油管在上扣的过程中,存在野蛮上扣或丝扣油涂抹不均匀情况,导致井液渗入后腐蚀失效。

治理对策:

加大内衬油管入井作业监督管理,发现内衬油管丝扣腐蚀失效,对管理区与作业队进行考核;

调研新型密封材料,确保丝扣与接箍之间密封更加紧密;

②接箍腐蚀分析,内衬油管接箍与丝扣连接之间存在一定的非内衬区域,抽油杆将磷化膜磨损后,井液侵蚀腐蚀穿孔。从目前来看,由于发生的井数只有5口且集中在固定油区,因此有待下一步继续观察并治理。

二是普通油管方面,普通油管失效主要表现在小套管井中的2寸油管失效,平均检泵周期438天。受小套管内径影响,常规的防偏磨措施应用受限。之前尝试的2寸钛钼油管、小直径注塑块均无太好防偏磨效果。目前全厂有114mm以下小套管井56口,其中下入侧钻套管内15口,生产油井只有10口。治理对策:开展小直径油管接箍性能评价试验,采用27CrMo4V锻造合金钢,螺纹参数执行

API 5B,内台阶加强设计,内通径: $\Phi 62\text{mm}$,利用该类特种接箍用于制作73mm内衬油管。

3.3 砂卡砂埋原因分析

近5年砂卡砂埋井逐年增多,井数由2016年12井次增加至2020年30井次,与去年同期对比增加12井次。为了加大产能建设,从地层获取更多的产量,根据油田的开发经验,不同的区块和层位有不同的开发方式和防砂方式。分析原因主要是井底生产压差过大,导致大量砂由原油携带至井筒内,导致油井出砂。

治理对策:

一是采取合适的防砂方式,让油井获取长期稳定的产量。

二是不断合理优化油井生产参数,特别是井下未防砂的油井,降低井底生产压差。

3.4 抽油泵失效原因分析

抽油泵失效92井次,较去年同期减少16井次,主要近几年规模投入固定阀总承改进泵后,球、球座和固定阀承丝扣失效井大幅减少,同比减少27井次,出砂结垢39井次,仍是造成抽油泵失效的主要原因。2020年出砂结垢造成的泵漏井39口,平均失效周期742天,较去年同期增加3口,失效周期增加14天。其中短期失效井13口,最短周期114天。

随着开发的深入,地层压力逐渐下降,油井出砂结垢,负压情况逐渐增多,因出砂结垢导致泵漏逐渐增多,占比达42.3%,现场失效表现为球座漏失、进油阀被堵、球座被垫住和泵筒被堵,从而导致现场洗井成功率低。

治理对策:

一是针对出砂结垢造成泵漏油井,加大刮垢深井泵的应用。该泵固定阀升高,顶部安装防落物帽,两边预留沉砂槽,底部设计为文丘管原理结构。

二是加强油井异常功图的分析判断,利用弱酸进行除垢洗井试验,救扶躺井。在室内试验,将结垢的球座密封端面,利用2%HCl浸泡,5min反应完毕后,可以将垢面清洗干净。

3.5 油稠普通维护作业无法恢复

全厂稠油开井312口,日均液量 7.9m^3 ,日均油量1.3t,平均粘度4901MPa.s,其中粘度大于10000MPa.s总井数53口,停井30口,因举升问题普通维护无法开抽占比50%。

治理对策:

一是继续开展自偿式强制加药装置应用。2020年对2口稠油停产井实施自偿式强制加药取得成功。下步继续准备相关材料,扩大应用试验,预计2021年实施5~8口。

二是针对特稠油井引进油管电加热技术。该项技术是利用正常生产油井中的油管做热源体,将电能转化为热能,直接加热正常生产油井中的液体,使结蜡井、稠油井、高凝油井能保持高效生产。

油管电加热工作原理是电源变压器供给系统能量,经控制柜隔离调整后,将电能经地面电缆传输到井口密封器,由井口密封器经地下电缆将能量传送到油管,再经油管下部的油套接触器与套管连通,形成一个完整的回路。由于油管本身具有阻抗,当电流流过油管(下转第225页)

4.3 研究了 ADP/ZDP 燃烧性能比的影响

在此基础上,研究了在类似燃烧条件下具有良好阻燃性能的样品 7 和 8 号的燃烧性能。在添加了 ADP 和 ZDP 之后,燃烧速率峰值降低,材料的放热量明显降低,指定添加阻燃剂后材质的燃烧强度显着降低。样品 7 的放热率峰值最小。由于 ZDP 含量高,在燃烧过程中,材料可以迅速形成大量碳,减轻热辐射对 PET 基材的影响,延缓材料的燃烧过程,PET 烟气的排放速率达到最大值,峰值明显,这说明引燃发生后添加 ZDP 和 ADP 后,峰值向左移动,这是因为阻燃剂可以在与燃烧相匹配时促进碳材料的燃烧并形成大量粉煤灰复合烟气。其中,8 号样品的废气排放率最高,原因是 ADP 抑制材料燃烧导致材料燃烧不足,产生大量 CO 气体,使烟气分离气相碳层。

4.4 研究了配比 ADP/ZDP 材料热稳定性的影响

结果表明,材料的初始分解温度随 ADP/ZDP 比的增加而升高,残余碳随 ADP 比的增加而增加;当 ZDP 比较高时,残余碳含量仍低于 pet。普拉原因是材料中的 ADP 与 pet 的降解产物发生反应,形成磷酸铝,ZDP 的热分解过程中,部分 ZDP 的分解方式与 ADP 相同,生成磷酸锌,但部分

(上接第 223 页)

- [2] S. A. Stern,V. M. Shah,B. J. Hardy.Structure-permeability relationships in silicone polymers[J].Journal of Polymer Science Part B:Polymer Physics,1987,25(6):1263-1298.
- [3] W.J. Ward III,W.R. Browall,R.M. Salemme.Ultrathin silicone/polycarbonate membranes for gas separation processes[J]. Journal of Membrane Science,1976,1(1):99-108.
- [4] Li Tingting,Liu Xiaoqing,Jiang Yanhua,et al.Bio-based shape memory epoxy resin synthesized from rosin acid[J].Iranian polymer journal,2016,25(11).
- [5] Dai Xiyang,Zhang Yinyu,Gao Lina,et al.A Mechanically Strong, Highly Stable, Thermoplastic, and Self-Healable Supramolecular Polymer Hydrogel[J].Advanced Materials,

(上接第 222 页)时,油管将发热,加热油管内的流体;绝缘油管连接上下油管,绝缘抽油杆连接光杆及下部抽油杆,保证地面设备与地下带电油管的绝缘安全;油管扶正器安装于油管上,保证了油管与套管隔离。

3.6 作业时率方面

通过提高作业井的作业时率,也就相应提高油井的采油时率。一是建立好油井维护作业库。将待维护作业油井分为三批,产量 0.4t 以上的非杆卡井或产量 0.8t 以上的杆卡井划分为第一批;产量 0.2-0.3 之间的非杆卡井、产量 0.4-0.8t 之间的杆卡井划分为第二批;产量 0.3 以下的杆卡井、0.1t 的非杆卡井划分为第三批。二是加快运行节奏,协调各部门,确保作业机组高效运行。作业前,利用信息化预警及时发现异常油井并判断,提前做好井场道路,出好油井维护设计。作业后,低压部分改用法兰连接,减少动火连井口工作量,保证油井及时开抽。三是利用小改小革解决大问题。针对炮弹销子锈死,需要移游梁导致的误工,清河经理部设计了炮弹销子液压取出器,摆驴头时间与移游梁相比大幅缩短。

ZDP 直接在相气中挥发。因此,当 ZDP 比例较高时,材料的热失重率会降低或增加。分解速率的峰值移动,结果表明,ADP 和 ZDP 的加入提高了材料的热稳定性,热分解速率随 ADP 比例的增加而降低。

综上所述,当 ADP 和 ZDP 含量分别为 8.4% 时,PET 阻燃材料的 LOI 值为 37.2%,UL94 级可达到 V-0 级。燃烧滴落物具有较高的碳化程度和较高的热释放速率,热稳定性试验表明,ADP 和 ZDP 能有效提高 PET 的初始热分解温度。降低 PET 的热分解速率,提高 PET 的热稳定性。

参考文献:

- [1] 杨鹏利.PET 工程塑料用无卤阻燃剂研究进展[J].上海塑料,2018(1):1-4.
- [2] 刘长振.阻燃增强 PET 工程塑料的研制[J].工程塑料应用,2019,35(4):4-6.
- [3] 李春.环境友好 PET 阻燃技术的研究进展[J].材料导报,2019,28(1):115-118.
- [4] 陈嘉延.苯酰亚胺结构对 PET 阻燃抗熔滴及抑烟的贡献[J].高分子学报,2019(7):1207-1214.

2015,27(23).

- [6] Stricher A. M.,Rinaldi R. G.,Barres C.,et al.How I met your elastomers: from network topology to mechanical behaviours of conventional silicone materials[J].RSC Advances,2015,5(66).
- [7] Kaith B. S.,Jindal Rajeev,Sharma Rachna.Synthesis of a Gum rosin alcohol-poly(acrylamide) based adsorbent and its application in removal of malachite green dye from waste water[J].RSC Advances,2015,5(54).

作者简介:

张涛(1984-),男,汉族,山东枣庄人,硕士研究生,高校讲师,研究方向:化工、材料科学。

4 结论

①引进钨合金抽油杆和 PE 半包覆抽油杆,对短期抽油杆腐蚀失效井进行治理,跟踪应用效果;

②针对内衬油管丝扣腐蚀,加大内衬油管入井作业监督管理和考核,调研新型密封材料,确保丝扣与接箍之间密封更加紧密。普通油管方面,开展小直径油管接箍性能评价试验,并制作 73mm 内衬油管;

③针对砂卡砂埋井,采取合适的防砂方式,不断合理优化油井生产参数;

④针对抽油泵失效,加大刮垢深井泵的应用,同时利用弱酸进行除垢洗井;

⑤针对油稠普通维护作业无法恢复的油井,继续开展自偿式强制加药装置应用,特稠油井引进油管电加热技术。

作者简介:

李亮(1981-),男,大学文化程度,工程师,现就职于中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司物资供应中心。