

长庆油田斜井防偏磨技术研究

奚运涛^{1,2} 李曼平³ 侯正孝⁴ 孙雨来^{1,2} 付彩利^{1,2} 任福建⁵

1.“中国石油”长庆油田公司油气工艺研究院,陕西 西安 710021

2.低渗透气田勘探开发国家工程实验室,陕西 西安 710021

3.中国石油长庆油田公司第五采油厂,陕西 西安 710069

4.中国石油长庆油田公司第二采油技术服务处,甘肃 庆城 745100

5.中国石油管道公司中原输油气分公司,山东 德州 253020

摘要:

随着长庆油田大斜度井和井眼轨迹复杂井的日益增多,导致油井管杆偏磨严重,修井频繁,而常规扶正防磨技术不适应这类井况。为解决以上问题,研发出一种自润滑抗磨耐蚀内涂层油管,介绍了该涂层的配方、加工工艺及特点,采用高温高压腐蚀试验对涂层油管的耐腐蚀性能进行评价,用球盘磨损试验机和往复磨蚀试验机对涂层油管的耐磨损性能进行评价,用扫描电镜对耐磨涂料、试验前后涂层形貌进行分析。结果表明,该涂层组织细密,耐蚀性能突出,具有减摩和抗磨作用,提高油管寿命4倍以上,显著延长油管磨损周期。

关键词:

斜井;偏磨;自润滑;涂层;油管

文献标志码:A

文章编号:1006-5539(2012)06-0055-03

0 前言

定向井技术是当今世界石油勘探开发领域最先进的钻井技术之一,能使地下条件受到限制的油气资源得到经济、有效的开发,大幅度提高油气产量,降低钻井成本^[1]。近年来,长庆油田95%以上为定向井开发。当井斜角 $>30^\circ$ 时,由于水平位移较大,钻井时轨迹难以精确控制,导致井眼轨迹复杂,管杆磨损严重^[2-4]。目前长庆油田共有该类斜井6 800余口,占总采油井数的20%左右。虽然采取了一些常规防偏磨措施,如使用扶正器、扶正杆、防磨接箍或井口安装多功能悬绳

器等,但效果均不明显,未能有效延长检泵周期,使得这类斜井的偏磨防治工作成为亟待解决的难题。

针对以上问题,研发了一种自润滑抗磨耐蚀内涂层油管,通过室内及现场试验,评价了该涂层油管的各项性能及应用效果,为解决大斜度井的偏磨问题提供了一种有效技术手段。

1 涂层及实验

1.1 涂料配方及加工工艺

自润滑抗磨耐蚀内涂层是通过静电喷涂方法^[5]将

收稿日期:

2012-08-04

基金项目:

中国石油天然气集团公司重大科技专项资助(2008E-1305)

作者简介:

奚运涛(1978-),男,山东巨野人,高级工程师,博士,主要从事表面处理及油气田腐蚀防护工作。

耐磨涂料喷涂于钢制油管内壁,涂料冷却固化后形成,涂层厚度600~800 μm 。该涂料以环氧树脂为主,加入石墨等固体微粉,提高涂层在高温环境下的自润滑和耐磨损性能。

1.2 实验内容

采用JSM6360LV型扫描电子显微镜(SEM),对涂料和涂层油管内表面的显微结构进行分析。根据NACE TM0171标准,采用美国Cortest高温高压釜对N80管材和涂层试样进行高温高压腐蚀试验评价^[6]。试样条件见表1,腐蚀介质组成见表2。

表1 高温高压腐蚀试验条件

试验条件	温度 / ℃	压力 / MPa	时间 / h	pH	分压 p_{CO_2} / MPa	总矿化度 / ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
数值	130	20	168	5.2	3	32 849.8

表2 高温高压腐蚀介质组成

介质组成	含量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	介质组成	含量/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	11 314	SO_4^{2-}	362.5
Ca^{2+}	889	Cl^-	18 839
Mg^{2+}	172	Fe^{2+}	5.3
HCO_3^-	961	CO_3^{2-}	303

采用JDQP-2型球盘磨损试验机评价N80管材和涂层的摩擦系数。试验条件为:摩擦副为20 CrMo钢球,载荷1 000 g,测量半径5 mm,转速254 r/min,试验时间30 min。

采用SLM-200型往复磨蚀试验机进行管杆往复对磨试验,评价涂层的抗磨损性能。为对比分析涂层油管的耐磨损性能,选取4种油管进行往复磨损试验,4种油管分别为N80管材、J55管材、氮化油管和涂层油管。摩擦副为抽油杆常用材料20 CrMo。试验冲程:110 mm;试验冲次:100次/min;侧向载荷:400 N;对磨 4×10^5 次;介质为油田采出水(矿化度32 463 mg/L);试验温度:85℃。

2 结果及分析

2.1 显微结构分析

耐磨涂料的微观形貌见图1。涂料主要由细密粉末和不规则耐磨颗粒组成,无其它杂质。

涂层油管内表面的SEM形貌见图2。由图2可知,涂层表面放大120倍后,涂层呈网状交联,整体性好,耐磨颗粒分布其中,结合紧密。

2.2 耐腐蚀性能

涂层在酸性腐蚀介质下,经过168 h高温高压试验

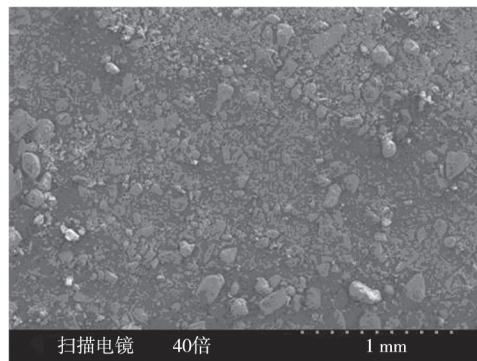


图1 耐磨涂料的微观形貌

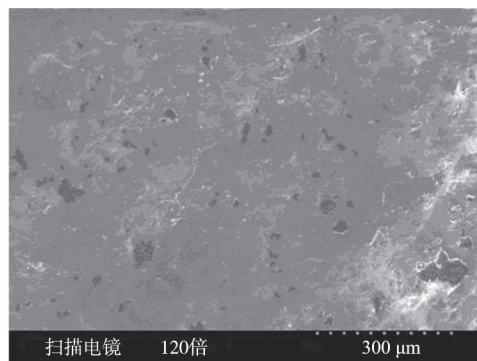


图2 涂层油管内表面的 SEM 形貌

后,涂层外观无变化,未发现变软、膨胀和内部起泡或疏松等现象。经过168 h高温高压试验后,N80管材试样失重为0.012 8 g,而涂层油管试样失重仅为0.001 9 g,耐腐蚀性能较N80管材提高5倍以上。

用挑拨法对腐蚀试验后涂层试样的附着力进行测试,结果表明附着力仍达到行业标准1级要求,说明涂层在高温、高压、高矿化度条件下,具有良好的耐腐蚀性能和较高的结合强度。

2.3 摩擦系数测定

N80管材和涂层油管的球盘磨损试验结果见图3。

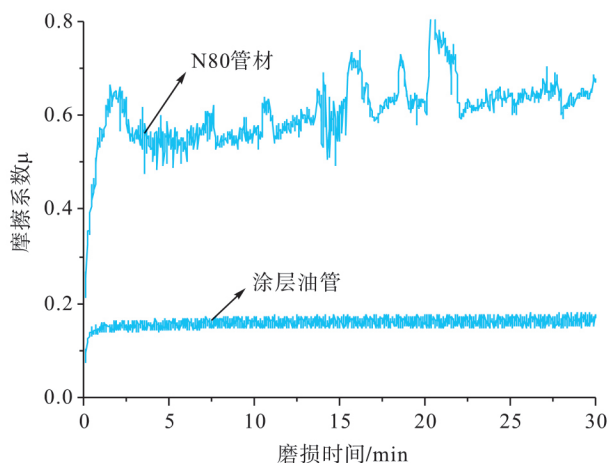
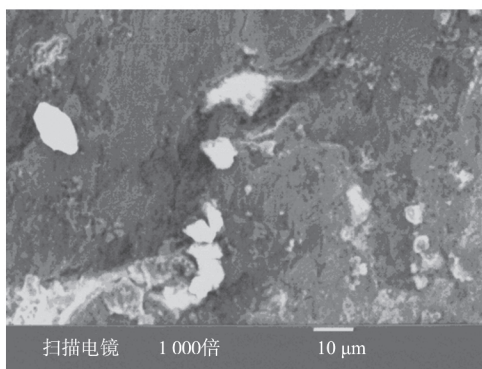


图3 N80 管材和涂层油管表面的摩擦系数随时间变化曲线

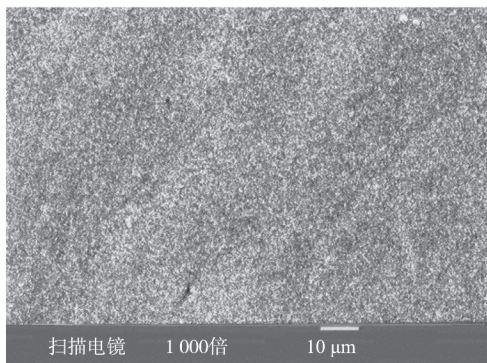
由图3可知,在相同摩擦副下,N80管材的摩擦系数随时间变化曲线跳动较大,平均摩擦系数为0.61;涂

层油管的摩擦系数随时间曲线变化平稳,平均摩擦系数为0.15,较N80管材降低了75.79 %。说明N80管材表面耐磨性差,而涂层显著降低了N80管材的摩擦系数,具有自润滑和减摩作用。

采用JSM6360LV型扫描电子显微镜,对磨损后的试样进行显微观察,见图4。由图4可知,无涂层的N80管材表面磨损后出现较深的沟槽,沟内可见白色磨屑分布,表明磨损机理为粘着磨损;涂层油管表面平整,仅有一些方向相同的浅磨痕存在,说明表面磨损轻微,磨损机理以滑动磨损为主,证明该涂层具有很好的自润滑作用^[7-8]。



a) N80管材



b) 涂层油管

图 4 N80 管材和涂层油管试样磨损后的表面形貌

2.4 耐磨损性能

往复磨损试验可以很好的模拟实际工况,并可兼顾磨损和腐蚀因素的影响。四种不同表面材质的油管经 4×10^5 次往复对磨试验结果见表3。涂层油管的耐磨性能最好,是氮化油管的6.3倍,N80管材的29.3倍,J55管材的47倍。由此可知,该涂层可显著提高油管基体的耐磨损性能。

2.5 现场试验评价

在长庆油田采油五厂、采油二处共开展了27口井

的涂层油管下井试验。在对井筒参数进行优化设计的基础上,将涂层油管下入井筒偏磨严重段,并配合使用扶正器、扶正杆等辅助措施。结果表明,截至目前涂层油管工作正常,试验井运行良好,油管寿命已提高4倍以上,检泵周期延长328 d,且随时间推移,试验效果将更加显著。

表3 往复磨损试验结果(4×10^5 次)

试样编号	油管材质	平均失重/g
1 #	J55	0.611
2 #	N80	0.381
3 #	氮化	0.082
4 #	涂层	0.013

3 结论

a) 自润滑抗磨耐蚀内涂层耐腐蚀性能较N80管材提高了5倍,摩擦系数降低75.79 %,耐磨损性能为N80管材的29.3倍,具有减摩、抗磨双重作用。

b) 自润滑抗磨耐蚀内涂层油管现场应用27口井,油管寿命平均提高4倍以上,检泵周期延长328 d,为治理大斜度井偏磨问题提供了一种有效的技术手段。

参考文献:

- [1] 秦建英,张 宇.水平定向钻在四川中型河流穿越中的运用[J].天然气与石油,2006,24(1):15-17.
- [2] 杨海滨,狄勤丰,王文昌.抽油杆柱与油管偏磨机理及偏磨点位置预测[J].石油学报,2005,26(2):100-103.
- [3] 许 涛,陆正元,李 辉,等.抽油机井弯曲井眼段杆管接触力的计算[J].油气田地面工程,2012,31(1):24-25.
- [4] 段保玉,景 暖.斜井油管防偏磨技术及其应用[J].石油钻采工艺,2000,22(3):66-68.
- [5] Vereshchagin I P,Dogadin G S,Panjushkin V V,etc.Optimization of Electrostatic Powder Spraying [J]. Journal of Electrostatics,1989,23(4):189-196.
- [6] 李 珣,姜 放,陈文梅,等.高温高压下N80的CO₂腐蚀[J].天然气与石油,2006,24(6):21-23.
- [7] 张志华,陈景世.复合自润滑涂层接箍防偏磨试验研究[J].石油机械,2009,37(8):8-10.
- [8] 王早祥,隋允康,张金中.抽油杆和油管材料在油田污水介质中的摩擦磨损性能研究[J].摩擦学学报,2004,24(5):467-470.