

橡胶油管渗漏原因

贾仕君

(上海材料研究所有限公司 检测中心, 上海 200437)

摘要:某军用装备橡胶油管发生渗漏现象,采用宏观观察、力学性能测试、扫描电镜和能谱分析、红外光谱分析等方法分析油管渗漏原因。结果表明:橡胶油管没有由内向外爆裂的特征,未出现老化现象;外来硬物机械损伤使油管从外向内破裂,最终导致油管渗漏。

关键词:丁腈橡胶;机械损伤;老化;显微组织;红外光谱

中图分类号: TQ328.3; TG115.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-4012(2024)06-0063-04

Leakage causes of rubber tubing

JIA Shijun

(Testing Center, Shanghai Research Institute of Materials Co., Ltd., Shanghai 200437, China)

Abstract: The leakage phenomenon of rubber tubing in a military equipment was analyzed by means of macroscopic observation, mechanical property test, scanning electron microscope and energy spectrum analysis, infrared spectrum analysis. The results show that the rubber tubing did not have the characteristics of bursting from inside to outside, and there was no aging phenomenon. The mechanical damage of foreign hard objects caused the tubing to break from the outside to the inside, which eventually led to the leakage of the tubing.

Keywords: nitrile rubber; mechanical damage; aging; microstructure; infrared spectrum

某橡胶油管发生多处渗漏现象,其宏观形貌如图1所示。该油管材料为橡胶,由复合多层合成纤维缠绕,配有螺旋钢丝加强,用于输送油体介质。委托者对油管进行加压测试,并标记出多处漏点。笔者采用一系列理化检验方法对油管渗漏原因进行分析,以防止该类问题再次发生。

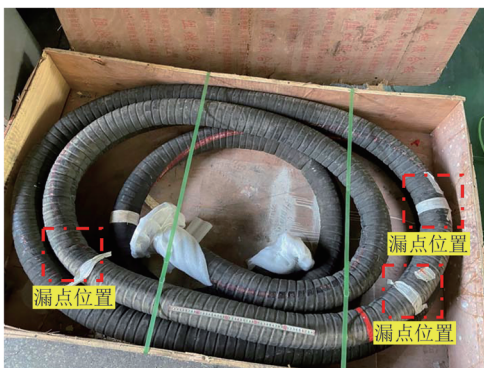


图1 橡胶渗漏油管宏观形貌

1 理化检验

1.1 宏观观察

从油管上截取漏点管段,漏点管段宏观形貌如图2所示。由图2可知:管段可见6条清晰裂纹,裂纹长度为10~12 mm,6条裂纹环向并行排列,且间隔均匀、平齐规整;漏点管段内表面光滑,富有光泽,无明显裂缝及橡胶老化、龟裂现象;材料存在两处擦伤痕迹;第3条裂纹为单条裂纹,未见其他裂纹分支,裂纹附近纤维织物排列紧密,除两处擦伤外,无爆裂特征,无明显老化开裂现象。将第1,2,3条裂纹分别编号为1号裂纹、2号裂纹、3号裂纹,在3条裂纹剖面处打开,宏观形貌如图2g)~2i)所示。可见油管由内层、增强层、外层3层复合而成,除1号裂纹外,2,3号裂纹均已穿透第一层外表面橡胶,抵达增强层,裂纹裂口平整,且呈一定倾角,具有机械损伤特征,未观察到裂纹贯穿内层橡胶。

1.2 力学性能分析

选取3号裂纹管段内、外层距离裂纹6 mm处的10个位置进行邵氏硬度测试,并选取平整小块无裂

收稿日期: 2023-09-22

作者简介: 贾仕君(1990—),男,硕士,工程师,主要从事失效分析工作,jiashijun621@163.com

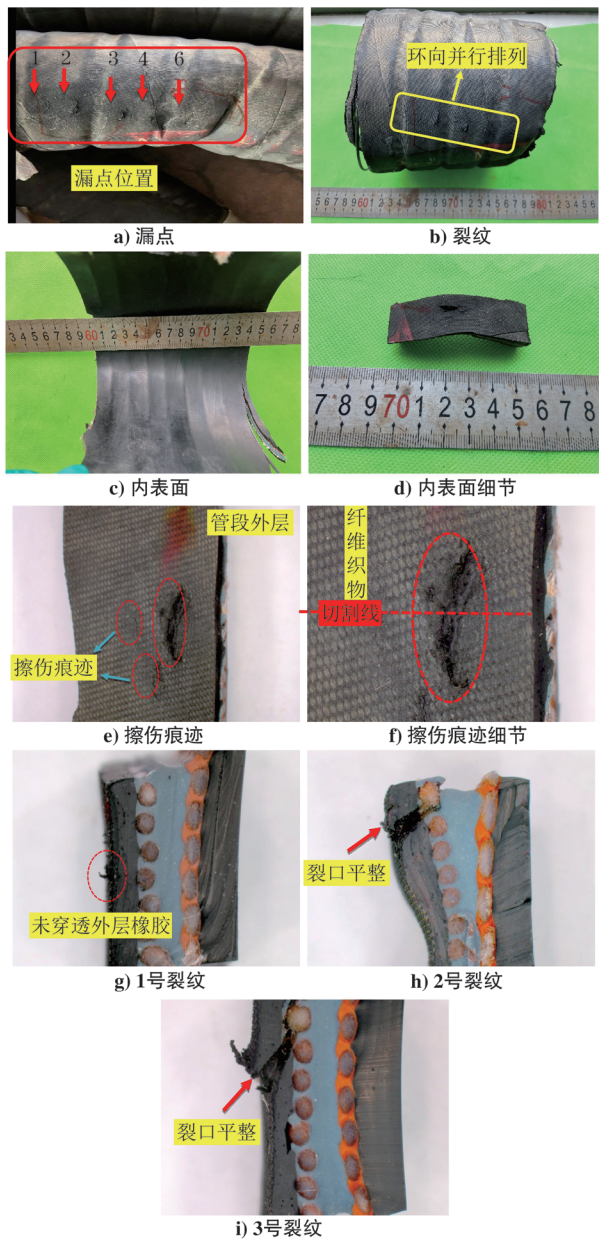


图2 漏点管段宏观形貌

纹管段的内、外层的10个位置进行邵氏硬度测试,结果如表1所示。由表1可知:内、外管层和裂纹处硬度差距并不明显,符合出厂要求,说明内、外层橡胶材料没有出现因老化导致橡胶硬度变高的现象^[1-6]。

1.3 扫描电镜(SEM)和能谱分析

将裂纹剖面试样置于扫描电子显微镜下观察,结果如图3所示。由图3可知:裂纹边缘橡胶光滑平整,未观察到老化、龟裂特征;裂纹源区呈带状分布特征,裂纹源区橡胶存在挤压撕扯变形现象,为机械损伤特征;裂纹扩展区主要呈镜面扩展特征,有台阶状形貌。

表1 3号裂纹管段邵氏硬度测试结果		HA
管材部位	邵氏硬度	出厂要求
外层(近裂纹)	63, 63, 64, 62, 60, 61, 62, 62, 66, 62	60~70
外层(远离裂纹)	62, 66, 66, 63, 60, 60, 61, 62, 62, 61	
内层(近裂纹)	63, 60, 60, 60, 66, 60, 60, 63, 62, 61	
内层(远离裂纹)	62, 62, 60, 65, 62, 60, 61, 63, 60, 63	

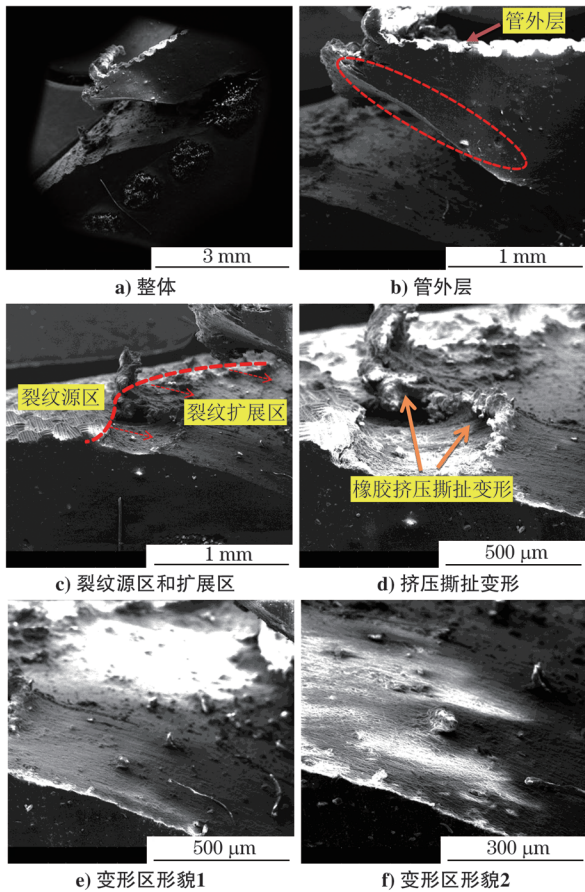


图3 橡胶油管裂纹剖面 SEM 形貌

将裂纹置于扫描电子显微镜下观察,结果如图4所示。由图4可知:除裂纹源区有橡胶变形特征外,整体较光滑,未发现橡胶老化现象。

对裂纹进行能谱分析,结果如图5所示。由图5可知:橡胶管的主要成分为C、O、Si、S等元素,新切裂纹处C、O元素质量分数分别为56.62%和16.57%,漏点裂纹处C、O元素质量分数分别为61.85%和19.42%,可知漏点裂纹处O元素含量并未出现异常变高的现象。

1.4 红外光谱分析

切取油管外层、增强层、内层橡胶薄片,采用裂解后涂膜透射红外分析方法对薄片进行分析,结果如图6所示。由图6可知:3条曲线从上到下依次为

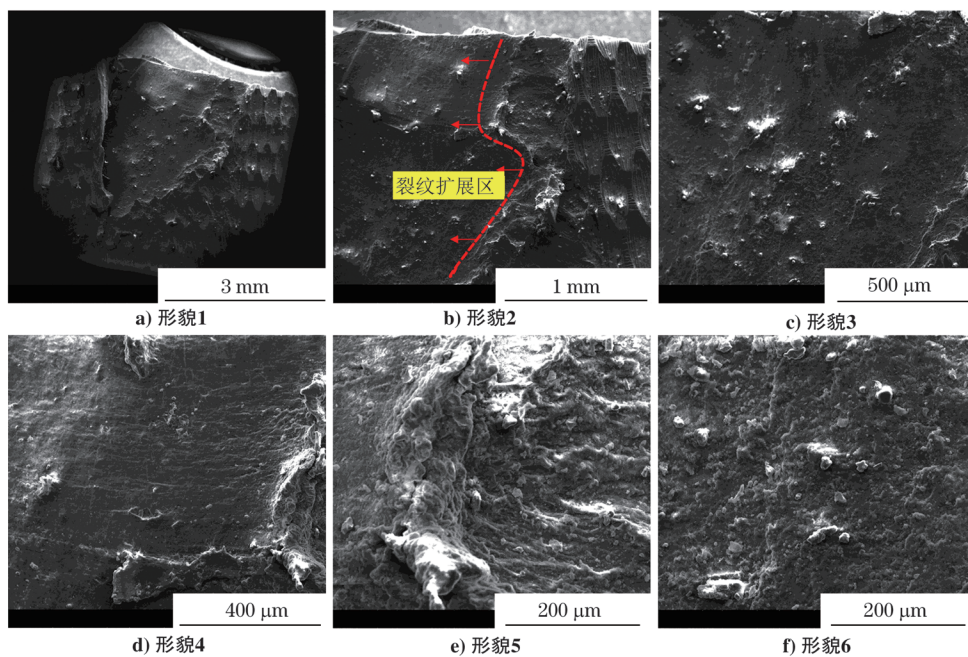


图4 橡胶油管裂纹 SEM 形貌

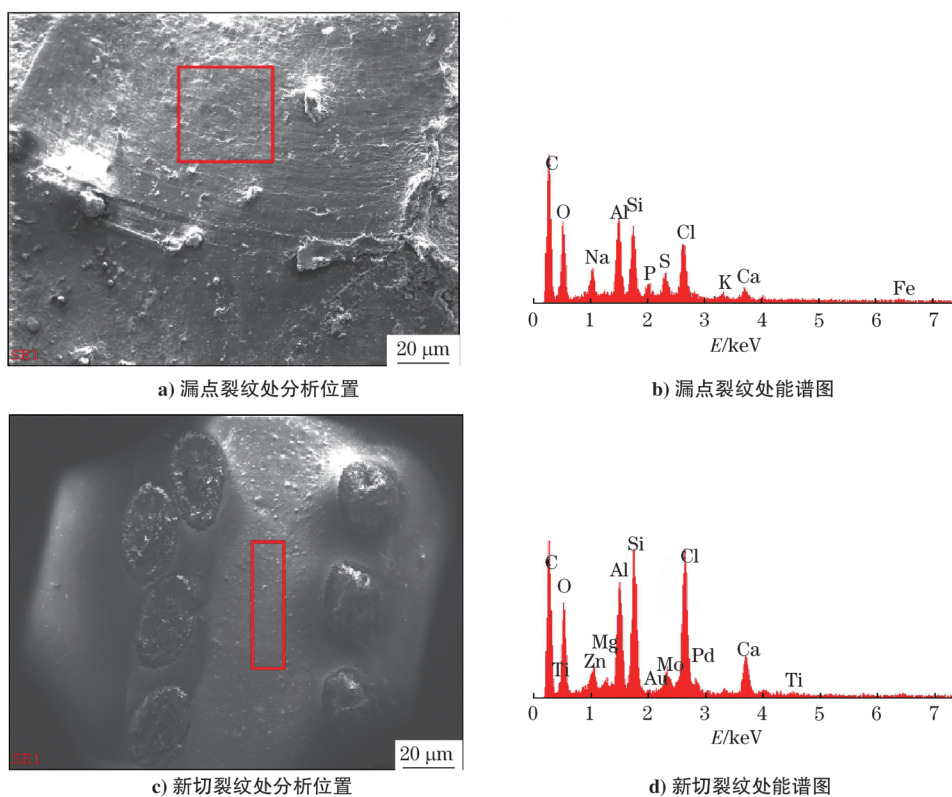


图5 橡胶油管裂纹处能谱分析结果

外层、增强层、内层橡胶的红外光谱, 3条红外曲线峰位相似; 波数为 $2\,917\text{ cm}^{-1}$ 和 $2\,851\text{ cm}^{-1}$ 附近有两个饱和烷基—C—H伸缩振动峰, 波数为 969 cm^{-1} 附近

近有丁二烯反式1, 4结构的吸收峰, 波数为 918 cm^{-1} 附近有丁二烯中端基乙烯基的吸收峰。三层材料具有明显的丁腈橡胶特征峰^[7-9]。

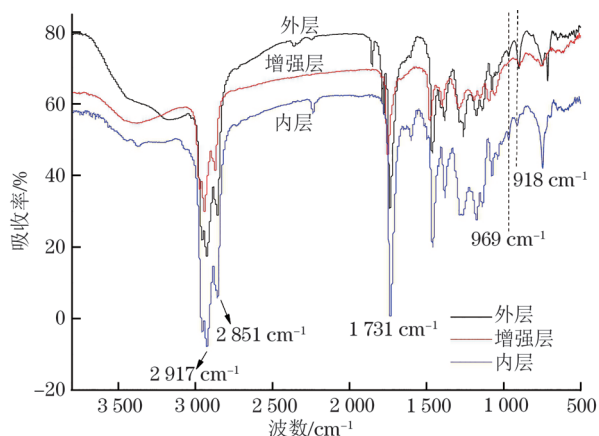


图6 油管材料的红外光谱图

2 综合分析

渗漏油管裂纹长度为10~12 mm,几条裂纹环向并行排列,且间隔均匀,平齐规整。管段内层材料光滑,富有光泽,未观察到明显裂缝及橡胶老化、龟裂现象。裂纹已经穿透第一层外表面橡胶,抵达增强层,未观察到裂纹贯穿内层橡胶,裂纹裂口平整,具有机械损伤特征。

裂纹源区附近橡胶光滑平整,未观察到老化、龟裂特征。裂纹源区呈带状分布特征,源区附近橡胶存在挤压撕扯变形现象,为机械损伤特征;裂纹扩展区主要呈镜面扩展特征,有台阶状形貌。

漏点旧裂纹O元素含量相较于新切裂纹O元素含量正常,未出现橡胶因老化导致O元素含量异常升高的现象。

由内、外管层橡胶材料的硬度测试结果可知,油管内、外层没有出现因老化导致橡胶硬度变高的现象。

综合以上分析可知,该油管渗漏原因为外来硬

物机械损伤,裂纹源区橡胶存在挤压撕扯变形现象,为机械损伤特征。油管内、外层橡胶硬度符合出厂要求,没有老化变硬现象。油管内层未观察到渗漏裂纹,这是因为橡胶弹性大,常压下无法观察出裂纹,加压后液体从内层缝隙经外层裂纹渗漏而出。

3 结论

送检橡胶油管材料为丁腈橡胶,无由内向外爆裂特征,未出现老化、龟裂现象。送检油管的渗漏原因为外来硬物机械损伤。

参考文献:

- [1] 胡涛. 不同氢化度氢化丁腈橡胶结构性能分析及氯丁橡胶热氧老化性能研究[D]. 北京:北京化工大学, 2013.
- [2] 袁兆奎, 吴天昊, 李楠, 等. 丁腈橡胶的热氧老化及寿命预测[J]. 弹性体, 2019, 29(5): 1-5.
- [3] 刘璇, 杨睿, 杨文, 等. 丁腈橡胶热氧老化过程结构性能关系研究[J]. 合成材料老化与应用, 2020, 49(6): 1-3.
- [4] 王占彬, 肖淑华, 范金娟, 等. 丁腈橡胶密封圈液压油中的老化机理[J]. 宇航材料工艺, 2014, 44(4): 64-67.
- [5] 阙刚. 热油老化对丁腈橡胶力学性能及摩擦学特性的影响研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2017.
- [6] 李波, 李圣鑫, 张执南, 等. 热氧老化作用对丁腈橡胶力学性能和摩擦学行为的影响[J]. 材料工程, 2021, 49(5): 114-121.
- [7] 赵明明, 孙爱玲, 李超芹. 甲基丙烯酸锌补强氢化丁腈橡胶耐老化性能的研究[J]. 橡胶工业, 2013, 60(10): 588-592.
- [8] 钱艺华, 聂明浩, 赵耀洪, 等. 热油压缩下丁腈橡胶老化性能研究[J]. 应用化工, 2016, 45(11): 2043-2046.
- [9] 高杜娟, 黄世英, 赵家琳, 等. 红外光谱法测定丁腈橡胶中的结合丙烯腈含量[J]. 合成材料老化与应用, 2015, 44(4): 65-67.