

装备通用质量特性及寿命评估

机载电子设备灌封材料在西沙环境下的耐老化性研究

刘成臣¹, 张洪彬², 赵连红¹, 金涛¹, 王浩伟¹

(1.中国特种飞行器研究所 结构腐蚀防护与控制航空科技重点实验室, 湖北 荆门 448035;

2.工业和信息化部电子第五研究所, 广州 440106)

摘要: 目的 考察机载电子设备常用灌封材料在西沙环境下的耐老化性能。方法 开展西沙海洋环境下4种灌封材料的棚下暴露实验, 暴晒实验时间为3年, 分别通过测试表面电阻、体积电阻、介电常数、损耗角正切等手段研究其老化特点。结果 267有机硅、DC160有机硅两类样品外观未出现明显变化, 且介电常数、损耗角正切、表面电阻、体积电阻均变化较小, 112FR环氧树脂、8836聚氨酯两类样品出现变色、产生针孔起泡等现象, 介电常数、损耗角正切、表面电阻和体积电阻均变化幅度较大。结论 在机载电子设备选用绝缘灌封材料时, 可优先选用267有机硅、DC160有机硅这两类灌封材料, 112FR环氧树脂和8836聚氨酯谨慎选用。

关键词: 灌封材料; 西沙环境; 暴露试验; 老化性能

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.08.018

中图分类号: TJ07; TG174.461

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)08-0095-04

Aging Resistance of Airborne Electronic Equipment Potting Materials in Xisha Environment

LIU Cheng-chen¹, ZHANG Hong-bin², ZHAO Lian-hong¹, JIN Tao¹, WANG Hao-wei¹

(1. Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Structural Corrosion Prevention and Control, China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, China; 2. China Electronic Product Reliability and Environmental Testing Institute, Guangzhou 440106, China)

ABSTRACT: **Objective** To investigate the aging resistance of commonly used potting materials for airborne electronic equipment in Xisha environment. **Methods** The experiment was carried out on four kinds of potting materials by exposing them for 3 years in the Xisha marine environment. Their aging characteristics were studied by testing the surface resistance, the volume resistance, the dielectric constant, the loss tangent, etc. **Results** Samples of 267 silicone, DC160 silicone did not show significant changes in the appearance. Their dielectric constant, loss tangent, surface resistance, volume resistance changed slightly. Samples of 112FR epoxy resin and 8836 polyurethane appeared discoloration, pinhole foaming and other phenomena. Their dielectric constant, loss tangent, surface resistance and volume resistance changed greatly. **Conclusion** In selection of insulating potting material for airborne electronic equipment, 267 silicone, DC160 silicone might be given preference; 112FR epoxy resin and 8836 polyurethane should be selected carefully.

KEY WORDS: potting material; Xisha environment; exposure test; aging performance

飞机在海洋环境下服役时长期受高温、高湿、高盐环境的影响^[1-4], 恶劣环境会对机载电子装备产生很大的影响, 湿度大会加速产品表面的化学和电化学反应, 加速金属的腐蚀和非金属涂层的破坏, 还会影响电子产品的可靠性。有机硅、环氧树脂和聚氨酯作为飞机机载电子设备常用的绝缘灌封材料, 对于阻止湿气进入和绝缘具有很大的作用, 但灌封材料本身也易受环境的作用而性能退化^[5]。例如水易导致灌封材料中的可溶性溶剂水解, 高温和辐射易导致降解和交联, 灌封材料易产生霉菌等。国内目前在灌封材料研究方面, 主要从配方、性能改进及工艺方面开展研究, 对其环境试验较少, 更没有评价其在以西沙为代表的恶劣海洋环境下的防护有效性。

文中依据飞机机载电子设备灌封材料选材特点, 开展了 267 有机硅等 4 种常见灌封材料的海洋环境棚下暴晒试验, 采用表面电阻、体积电阻、介电常数、损耗角正切表征其电性能并比较, 为飞机电子设备灌

封材料的选取提供支撑。

1 海洋环境暴露试验

1.1 试验件及试验件条件

灌封材料试验件采用圆形胶片试样, 试验件尺寸为 $\phi 10\text{ mm} \times (2 \sim 3)\text{ mm}$ (见图 1), 其组分及材料特性见表 1。



图 1 灌封材料试验件

表 1 灌封材料试验件清单

试件编号	试件材料	材料特性	组分	暴晒周期/月	件数
E1	267 有机硅灌封材料	具有极高的可修复性、流动性好, 使用操作时间适中, 固化后具有收缩率小、阻燃性好、导热性好、高温下密闭使用时抗硫化还原性好和良好的介电性能等特点	$m_A : m_B = 1 : 1$	6	3
				12	3
				18	3
				24	3
				30	3
				36	3
E2	DC160 有机硅灌封胶	不含溶剂、气味少、性能对温度不敏感, 与塑料陶瓷等具有良好的相容性	$m_A : m_B = 1 : 1$	6	3
				12	3
				18	3
				24	3
				30	3
				36	3
E3	112FR 环氧灌封材料	高流动性、高绝缘性的环氧材料, 具有低黏度、高稳定性、高导热性和高粘接性	$m_A : m_B = 5 : 1$	6	3
				12	3
				18	3
				24	3
				30	3
				36	3
E4	8836 聚氨酯灌封胶	具有优越的导热性和阻燃性、较高的硬度、优良的耐冲击特性、稳定的电性能	$m_A : m_B = 5 : 1$	6	3
				12	3
				18	3
				24	3
				30	3
				36	3

选择西沙海域环境开展棚下暴露试验, 周期为 3 年。西沙海洋环境的高温、高湿、高盐等恶劣环境是飞机在沿海服役环境面临的最严酷的挑战, 能够真实反应灌封材料在海洋腐蚀环境下的耐老化性能。

1.2 试验检测

灌封材料试验样品大气暴露试验按照 JB/T 8683—1998 《机械电子产品及元器件海洋环境大气

暴露试验方法和导则》进行。在具有百叶窗的半封闭试验棚下，灌封材料垂直悬挂。灌封材料试验样品户外大气暴露试验周期为：样品按第 6，12，18，24，30，36 个月的试验周期进行取样。灌封材料的检测除表面拍照外，主要关注其电性能的变化，包括表面电阻、体积电阻、介电常数、损耗角正切。测试设备见表 2。

表 2 测试设备清单

序号	名称	型号	测试项目	测试方法
1	高阻仪	2339B	表面电阻	GB/T 1410—2006 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法
			体积电阻	
2	阻抗分析仪	WK 6500B	介电常数、损耗角正切	GB/T 1409—2006 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频（包括米波波长在内）下电容率和介电损耗因数的推荐方法
			频、音频、高频（包括米波波长在内）下电容率和介电损耗因数的推荐方法	

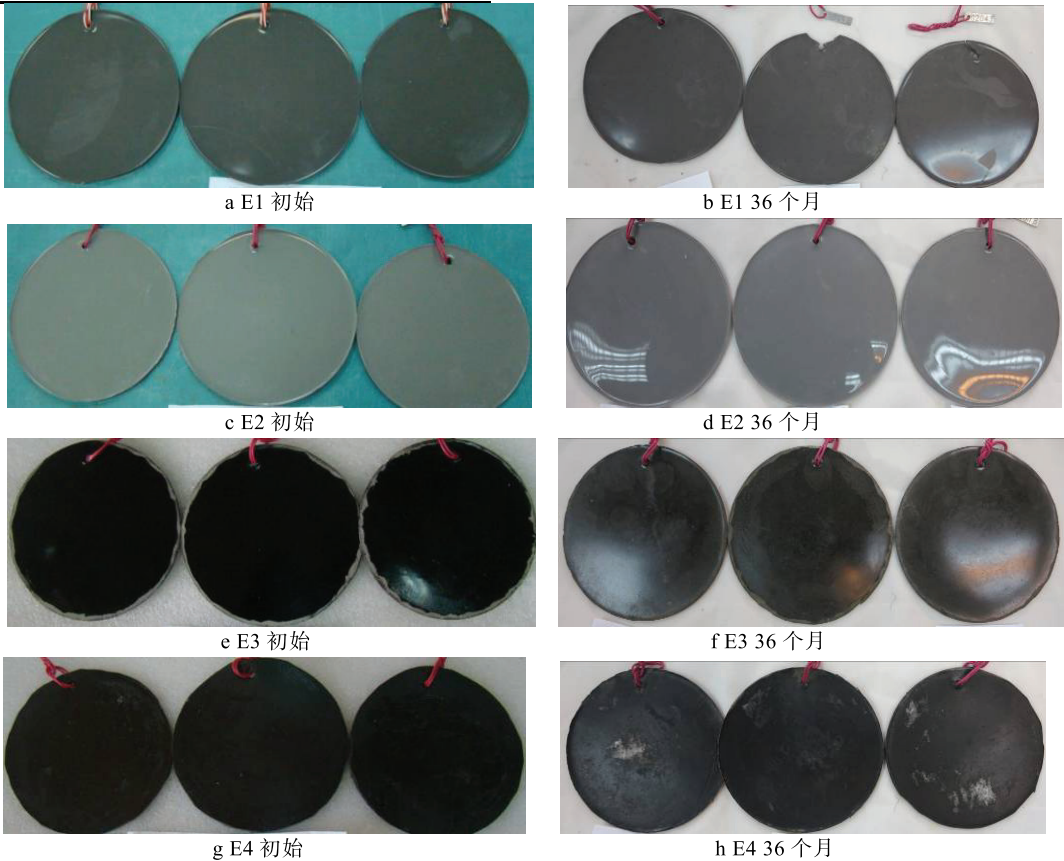


图 2 灌封材料试验样品外观拍照

2.3 体积电阻变化

体积电阻变化如图 4 所示，E1 和 E2 样本初始体积电阻较大，其次是 E3，E4 体积电阻最低。四类灌封材料的体积电阻在经历 36 个月暴晒后均呈现不同

2 结果与讨论

该项目灌封材料样品的性能检测周期为 6，12，18，24，36 个月，检测项目包括外观、表面电阻、体积电阻、介电常数、损耗角正切，并定期对样品拍照。

2.1 外观变化

外观拍照如图 2 所示。由图 2 可知，与样件初始性能相比，自然暴露 36 个月后，E1，E2 两类样品外观未出现明显变化，E3，E4 两类样品出现变色、产生针孔起泡等现象。

2.2 表面电阻变化

表面电阻变化如图 3 所示，E1 和 E2 样本初始表面电阻较大，其次是 E3，E4 表面电阻最低。四类灌封材料的表面电阻在经历 36 个月暴晒后均呈现不同程度的下降趋势，下降程度 E4>E3>E2>E1。说明 E4 和 E3 样本的表面电阻较低，且受环境影响较大。

程度的下降趋势，下降程度 E3>E2>E4>E1。说明 E3 和 E2 样本的体积电阻受环境影响较大，但 E2 的体积电阻由于具备较高的初始值，在下降后仍然保持良好的体积电阻。

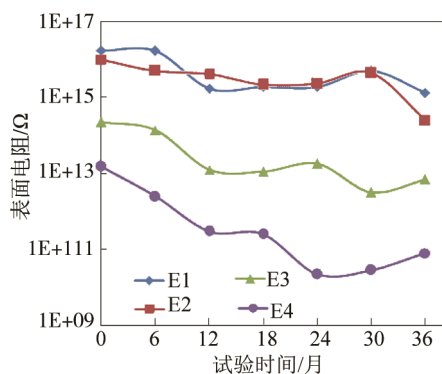


图3 灌封材料样品自然暴露试验过程中表面电阻变化曲线

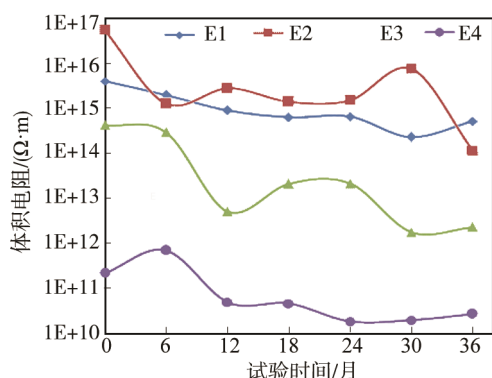


图4 灌封材料样品自然暴露试验过程中体积电阻变化曲线

2.4 介电常数变化

介电常数作为材料绝缘性能的重要指标,数值越低代表绝缘性能越好。介电常数变化如图5所示,E1和E2样本初始介电常数较小,且受环境影响较小。E3初始介电常数较大,受环境作用后下降明显,说明环境对其具有较大影响。E4介电常数随着试验先变小后增大,且变化幅度较大。

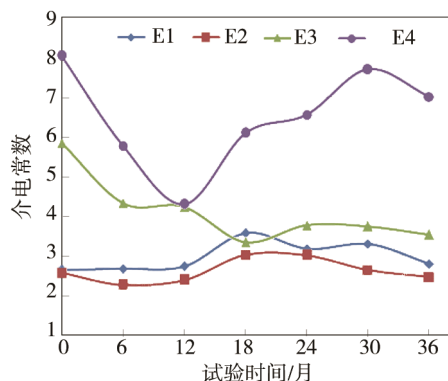


图5 灌封材料样品自然暴露试验过程中介电常数变化曲线

2.5 损耗角正切变化

损耗角正切是评价材料施加电场后介质损耗大

小的物理量,其值越小代表电能损耗越小,越适合当绝缘材料。损耗角正切变化如图6所示,E1和E2样本初始损耗角正切较小,且受环境影响较小。E3初始损耗角正切较大,受环境作用6个月下降明显,并保持稳定。E4介电常数随着试验进行逐渐增大,且变化幅度较大。

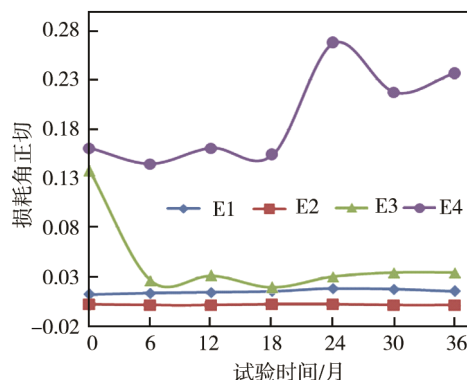


图6 灌封材料样品自然暴露试验过程中损耗角正切变化曲线

3 结论

1) 在西沙海域环境开展267有机硅等4种灌封材料的3年棚下暴露实验,通过测试外观、表面电阻、体积电阻、介电常数、损耗角正切等手段检测其电性能对环境作用时间的变化规律。结果表明,267有机硅、DC160有机硅两类样品外观未出现明显变化且介电常数、损耗角正切、表面电阻、体积电阻均变化较小;112FR环氧树脂、8836聚氨酯两类样品出现变色、产生针孔起泡等现象,介电常数、损耗角正切、表面电阻和体积电阻均变化幅度较大。

2) 在机载电子设备选用绝缘灌封材料时,推荐优先选用267有机硅、DC160有机硅这两类灌封材料,112FR环氧树脂和8836聚氨酯谨慎选用。

参考文献:

- [1] 陈跃良,卞贵学,郁大照,等. 腐蚀环境下飞机结构疲劳全寿命评估模型[J]. 机械工程学报, 2012, 15(2): 45-47.
- [2] 曾军,沈平. 浅谈腐蚀疲劳对飞机零件的破坏[J]. 试验技术与试验机, 2000, 15(5): 235-237.
- [3] 金涛,何卫平,廖圣智. 2024-T62铝合金涂层外场腐蚀环境下电化学性能研究[J]. 装备环境工程, 2016, 13(2): 8-12.
- [4] 郭敏骁,封志华,徐伟,等. 环境因素与飞机结构寿命[J]. 装备环境工程, 2004, 1(5): 73-77.
- [5] 黄恩,刘丽红. 灌封材料与环境适应性[J]. 环境技术, 2013(12): 32-35.