

飞艇蒙皮缝线光老化试验研究

朱辰, 邢新侠, 蔡舒阳, 李云仲

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: 目的 研究飞艇蒙皮缝线的光老化规律并确定其有效期。方法 在辐照强度为 $0.35 \text{ W/m}^2@340\text{nm}$, 温度为 77°C , 相对湿度为 70%, 2 h 内照射 1.5 h、喷淋 0.5 h 的条件下, 采用氙灯光照进行 30 天的加速老化试验。通过测量飞艇蒙皮缝线试验后的断裂强力, 计算得到飞艇蒙皮缝线的断裂强力下降率, 评定蒙皮缝线的抗老化性能。结果 经过 16 天的光老化试验, 飞艇蒙皮缝线的断裂强力下降率达 20%; 试验 30 天后, 缝线出现明显裂纹, 断裂强力下降率达 80%。结论 随试验时间的增加, 飞艇蒙皮缝线的力学性能下降的速率逐渐增大, 飞艇蒙皮缝线在试验条件下的有效期为 16 天。
关键词: 蒙皮缝线; 环境因素; 光老化试验; 断裂强力

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.06.013

中图分类号: V250.2 文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2013)06-0056-04

Research on Airship Envelope Suture by Light Aging Test

ZHU Chen, XING Xin-xia, CAI Shu-yang, LI Yun-zhong

(Special Vehicle Research Institute of China, Jingmen 448035, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the light aging law and to determine the validity period of the airship envelop suture. **Methods** Under conditions of radiation intensity $0.35 \text{ W/m}^2@340\text{nm}$, temperature 77°C , relative humidity 70%, irradiation 1.5h and spray 0.5h in 2h, the xenon lamp light accelerated aging test was conducted for 30 days. The breaking strength of envelope suture was measured to calculate the breaking strength decline rate after light aging test. The aging resistant properties were evaluated by the breaking strength decline rate. **Results** The breaking strength of airship envelop suture decline rate was 20% after 16 days of light aging test, and the breaking strength decrease rate was 80%, and further more crack appeared on the suture after 30 days of test. **Conclusion** The decline rate of envelope suture mechanics performance increased with the test time, and the airship envelop suture was valid for 16 days under the test conditions.

KEY WORDS: envelope suture; environmental factor; light ageing test; breaking strength

收稿日期: 2013-07-06; 修订日期: 2013-08-02

Received: 2013-07-06; Revised: 2013-08-02

作者简介: 朱辰(1981—), 男, 吉林临江人, 工程师, 主要研究方向为腐蚀防护与控制。

Biography: ZHU Chen(1981—), Male, from Linjiang, Jilin, Engineer, Research focus: corrosion prevention and control.

光老化试验是一种人工模拟的加速老化环境试验。它模拟产品在地面或较低大气层中使用或无遮盖储存期间暴露在日辐射条件下受到的影响^[1]。温度、湿度等各种气候和太阳辐射是导致高分子材料老化的主要因素。高分子材料老化的表现主要有失光、黄变、粉化、力学性能下降等。用于飞艇蒙皮材料连接的缝线,其材料为高分子聚乙烯纤维。由于蒙皮缝线的抗老化性能,将直接影响到飞艇的功能性和安全性,因此有必要对其开展光老化试验,研究其抗老化性能。

文中选取了飞艇实际中应用的蒙皮缝线进行氙灯加速老化试验,测试蒙皮缝线光老化试验前后的断裂强力,计算断裂强力下降率,评定蒙皮缝线的抗老化性能。为飞艇结构强度的设计提供依据和数据支持。

1 光老化试验

温度、湿度和太阳能的综合作用对材料产生老化作用^[2],因此光老化试验需要确定的参数主要有:辐照光源、辐照强度、辐照时间、黑板温度、箱内湿度等。

1.1 辐照光源

光源的选择对于光老化试验是至关重要的。当前市场上主要有氙灯、荧光紫外灯、碳弧灯等3种类型的试验设备。分析比较3种光源的模拟性和经济性,其中氙灯为全光谱光源,其谱能分布最为接近于太阳光,定位准确性较好,且寿命长于碳弧灯,设备维护简单,故光老化试验的最佳光源为氙灯。

1.2 试验条件

试验参照标准 AATTC169-2003《纺织品的耐气候性:氙灯曝晒》试验测试方法,结合飞艇的使用环境来确定试验条件^[3]。

1.2.1 辐照强度

根据飞艇的总体设计要求,确定飞艇服役的环境主要在温带地区的湿热气候下,大部分时间的光照强度属于中等。 $0.35 \text{ W/m}^2@340\text{nm}$ 相当于春、秋季节的太阳光强度,适合普通测试和较低辐照强度测试。

1.2.2 温度

温度能加速光氧化过程,对光老化试验起到催

化作用。飞艇外场储存试验数据表明,飞艇蒙皮在实际中可能达到最高温度为 70°C ,环境温度为 49°C 。考虑到不可预料的升温因素,飞艇蒙皮缝线的光老化试验选择黑板温度 $(77 \pm 1)^\circ\text{C}$ 和箱内温度 $(55 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。

1.2.3 湿度

湿度也会加速光老化作用。湿气的表现形式主要有:湿度、凝露、雨等3种,对飞艇蒙皮缝线会产生表面效应和热冲击作用,因此试验过程中也要考虑湿度和适当的喷水润湿来模拟降雨效果。根据飞艇服役地区气象部门的环境数据,确定环境试验的相对湿度为70%和模拟降雨的时间为每2 h喷淋30 min。

1.2.4 试验时间

由于该次试验的目的是研究飞艇蒙皮缝线的光老化规律并确定其有效期,且在飞艇初步设计时规定蒙皮缝线的力学性能下降到20%时,就确定为失效。试验总时间初步确定为30天,试验过程中如果缝线的力学性能下降率小于20%则延长试验时间。

1.2.5 试验条件的确定

采用控制点波长为340 nm的氙灯光源进行光老化试验。试验的具体参数及时间见表1^[4]。

表1 光老化试验参数及时间
Table 1 Light aging test parameter and time

温度/ $^\circ\text{C}$	辐照强度/ $(\text{W} \cdot \text{m}^{-2}@340\text{nm})$	喷淋	湿度RH/%	时间/min
77	0.35	否	70	90
77	0.35	是	70	30

1.3 试样的制备

根据光照试验箱的试验空间和拉力试验机确定试验件的尺寸为300 mm。选取同一批次的蒙皮缝线制作平行试样18件,3件用于测定原始断裂强力,15件用于试验。试验过程中定期取样,每次取3件试样进行观察和测试。

1) 氙灯老化试验箱:Xe-3-HSC型(美国Q-Lab公司生产),光辐照度为 $0.25 \sim 0.68 \text{ W/m}^2$ 。样品架尺寸为 $451 \text{ mm} \times 718 \text{ mm}$ 。

2) 电子拉伸试验机:AG-X250KN型(日本岛津公司生产),试验速度 $0.0005 \sim 500 \text{ mm/min}$,试验空

间为595 mm。

1.4 试验判定

1) 外观。采用三维体式显微镜检查并拍照,观察蒙皮缝线的变色、粉化、剥落、长霉、斑点等变化。

2) 力学性能。试样取出后,自然干燥24 h。按FZ 65002-1995《特种工业用绳带 物理机械性能试验方法》,测定缝线的拉伸断裂强力。加载速度为2 mm/min^[5-6]。

2 结果与分析

2.1 外观检查

光老化试验过程中每5天取出3件试样进行检查,自然干燥24 h,然后使用三维体式显微镜放大150倍进行微观拍照。试样试验前和试验30天的微观照片分别如图1和图2所示。与图1相比,图2中的蒙皮缝线丝束出现了失光和明显的硬化裂纹。

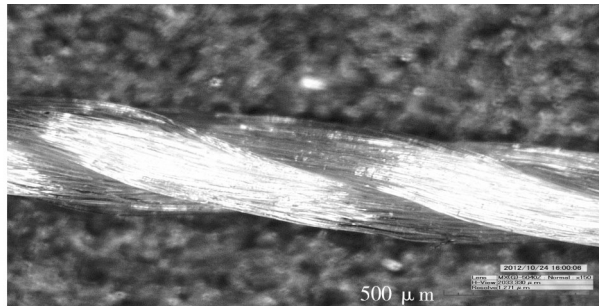


图1 试验前试样

Fig.1 Image of specimen before test

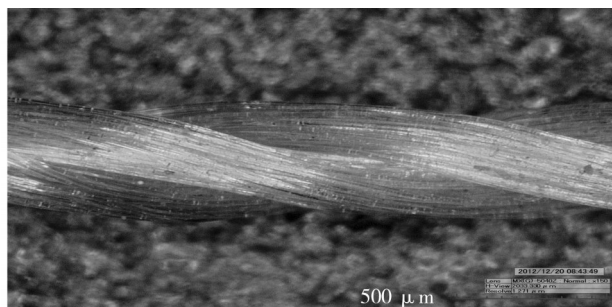


图2 试验后试样(30天)

Fig.2 Image of specimen after test(thirty days)

2.2 力学性能

拉伸试验记录了试样老化试验前后的拉伸断裂强力,取3件平行试样的平均断裂强力值。拉伸断裂强力下降率按下列方法进行计算:

$$r = \frac{F_{\text{前}} - F_{\text{后}}}{F_{\text{前}}} \times 100\%$$

式中: r 为断裂强力下降率; $F_{\text{前}}$ 为老化前拉伸断裂强力; $F_{\text{后}}$ 为老化后拉伸断裂强力;

飞艇蒙皮缝线断裂强力下降率随试验时间的变化规律如图3所示。

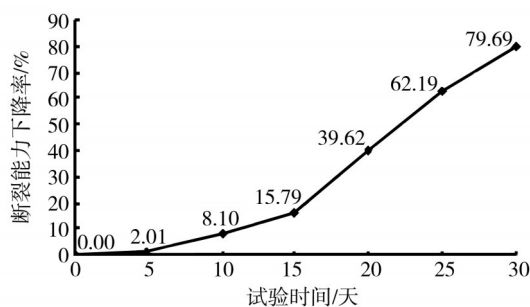


图3 断裂强力下降率随试验时间的变化

Fig.3 Variation in breaking strength decline rate with time

3 结论

1) 飞艇蒙皮缝线丝束在试验的第30天取出检测时,表面出现了明显的硬化裂纹,此时缝线的拉伸力学性能也下降了将近80%。随试验时间的增加,飞艇蒙皮缝线的力学性能下降的速率逐步增大。

2) 通过对断裂强力下降率随试验时间变化的分析,光老化试验16天,飞艇蒙皮缝线的断裂强力下降率达20%,根据设计要求即可确定为失效。

3) 由于飞艇蒙皮缝线在工作时处于受力状态,后期将制作试验件模拟飞艇工作时的受力状态,进行实验室光老化试验,并开展外场暴露试验,以确定其相关性,建立实验室加速老化模型。

参考文献:

- [1] 夏越美. 太阳辐射试验及其标准分析[J]. 航空标准化与质量, 2001(5): 33.
XIA Yue-mei. Solar Radiation Testing and Analysis of Its Standards[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2001

- (5):33.
- [2] 张恒. QUV 和 Q-Sun 两种有效耐候性和光稳定性测试方法的比较[J]. 分析与测试, 2002, 35(6): 126—128.
ZHANG Heng. Comparison of Quv and Q-Sun Two Kinds of Effective Weather Resistance and Light Stability Test Method[J]. Analysis and Testing, 2002, 35(6): 126—128.
- [3] AATCC 169—2003, 纺织品的耐气候性 氙灯曝晒[S].
AATCC 169—2003, Weather Resistance of Textiles: Xenon Lamp Exposure[S].
- [4] ASTM G155—01a, 非金属材料曝晒用氙弧灯设备操作规程[S].
ASTM G155—01a, Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials [S].
- [5] FZ 65002—1995, 特种工业用绳带 物理机械性能试验方法[S].
FZ 65002—1995, Test Method of the Physical Mechanical Properties of Special Industrial Belt[S].
- [6] GB/T 8834—2006, 绳索有关物理和机械性能的测定[S].
GB/T8834—2006, Ropes—determination of Certain Physical and Mechanical Properties[S].

(上接第 36 页)

- 测药柱使用寿命[J]. 推进技术, 1999, 20(5): 39—43.
XING Yao-guo, MA Yin-ming, DONG Ke-hai, et al. Prediction of Service Life of Storage Grain Using Periodical Check Method[J]. Journal of Propulsion Technology, 1999, 20(5): 39—43.
- [3] QJ 2328—2005, 固体推进剂贮存老化试验方法[S].
QJ 2328—2005, Composite Solid Propellant Storage Aging Test Method[S].
- [4] 谢镇波, 李洪伟, 贾明明. 基于状态监测和老化试验的火箭发动机寿命评估方法研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 15—18.
XIE Zhen-bo, LI Hong-wei, JIA Ming-ming. Study of Life Estimation Method for Solid Rocket Motor Based on State Monitoring and Aging Test[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(4): 15—18.
- [5] 任宁莉, 王冬, 张延伟. 环境温度对某固体推进剂贮存寿命影响研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(5): 39—41.
REN Ning-li, WANG Dong, ZHANG Yan-wei. Influence of Ambient Temperature on Storage Life of Certain Solid Propellant[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(5): 39—41.

(上接第 44 页)

- YI Nan, WU Feng-feng. Application and Analysis of Electronic Machine's Highly Accelerated Life Testing Technology[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2012, 30(5): 17—20.
- [3] 陈丹明, 赵书平. 环境应力筛选(ESS)应力参数的确定及其考虑因素[J]. 装备环境工程, 2006, 3(1): 63—65.
CHEN Dan-ming, ZHAO Shu-ping. Parameter Selection of Environmental Stress Screening(ESS)[J]. Equipment Environmental Engineering, 2006, 3(1): 63—65.
- [4] 刘杭生. 筛选技术概述和新的筛选方法[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2005, 23(4): 55—57.
LIU Hang-sheng. Screening Technology Overview and New Screening Methods[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2005, 23(4): 55—57.
- [5] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
CHEN Xi-hui, ZHANG Yin-hong. LabVIEW 8.20 Program Design from Novice to Professional[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.