

系留气球软式索具加速老化试验研究

李云仲, 熊伟, 朱辰, 段元媛

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: 介绍了导致软式索具老化的主要环境因素和机理, 采用4种环境试验对系留气球软式索具进行了抗老化性能研究。通过测量试样试验后的断裂强力, 计算试件断裂强力下降率, 评定了软式索具的抗老化性能, 确定了软式索具对环境影响因素的敏感顺序。

关键词: 软式索具; 环境因素; 加速老化试验; 断裂强力

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.03.0011

中图分类号: V267⁺35; TQ317.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)03-0044-03

Research on Captive Balloon Soft Rigging by Accelerated Ageing Test

LI Yun-zhong, XIONG Wei, ZHU Chen, DUAN Yuan-yuan

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

Abstract: The main environmental factors and mechanism of soft rigging ageing were introduced. The ageing resistant properties of the soft rigging were studied through four kinds of environment tests. The breaking strength of the soft rigging was measured to calculate the breaking strength declining rate after aging tests. The ageing resistant properties and the environment sensitivity of soft rigging were evaluated by the breaking strength declining rate.

Key words: soft rigging; environmental factor; accelerated ageing test; breaking strength

软式索具主要用于系留气球的空中系留和地面锚泊, 将系留缆绳传来的集中载荷均匀扩散给气囊, 并能调节系留气球的初始姿态角。

软式索具的主体为高分子强力绳, 其主要材料为超高分子聚乙烯纤维。

在使用过程中, 软式索具可能会受到太阳辐射、高温、低温、高湿等环境因素的影响, 造成材料的老化, 其主要表现为变色、粉化和力学性能下降。力学

性能的下降, 会直接影响到系留气球的功能性和安全性。因此, 需通过环境试验对其抗老化性能进行研究, 从而观察到产品在各种环境条件下的适应性和耐受性, 充分暴露产品的潜在缺陷。

选取了实际中应用较多的高分子强力绳- $\phi 8$ 制作为试验件, 进行光照、高温、低温、高湿4种环境的单一试验和组合试验, 测试了软式索具的断裂强力, 评定了软式索具的抗老化性能, 并确定软式索具对以

收稿日期: 2013-01-17

作者简介: 李云仲(1980—), 男, 山东菏泽人, 工程师, 主要研究方向为浮空器结构设计。

上4种环境的敏感程度,同时也为系留气球结构强度的设计提供了依据和数据支持。

1 影响因素

影响软式索具抗老化性能的主要环境因素包括光照、温度、潮湿等。这3个因素中的任意单独因素均会引起材料的老化,但它们往往相互协同作用,导致软式索具快速老化,造成力学性能下降。

1.1 光照

光对软式索具的影响主要是由加热效应和光化学效应产生的^[1]。高分子材料在受到日光照射时,会发生一系列的光化学反应。发生光化学反应的物质分子或原子首先吸收太阳光,处于高能状态,当吸收的能量大于其键能时,就会发生降解,即老化。

紫外线短波段是引起大部分聚合物老化的主要诱因。光加热效应,会导致物体温度升高,这时光的破坏作用也将随之增大。

1.2 温度

高温会改变索具材料的物理性能或尺寸,暂时或永久地降低产品性能。高分子材料的老化是一个复杂的物理、化学变化过程,其实质是发生了大分子的降解和交联反应。降解和交联在老化过程中往往同时出现,无论以哪一类反应为主,都必然导致材料的性能下降。高温会加速降解和交联。

低温几乎对所有基体材料都有不利的影响。对暴露于低温环境的索具材料,会发生硬化和脆化,因此可能会使其力学性能产生暂时或永久的损害^[2]。

1.3 潮湿

雨水、露水及高湿度是引起潮湿危害的主要原因。雨水可能导致材料产生热冲击,同时雨水冲刷引起的机械侵蚀也会加速材料老化。放在室外的物品每天都将长时间处于潮湿状态,平均每天8~12 h。由高湿形成的露水是室外潮湿的主要原因。露水造成的危害比雨水更大,因为它附着在材料上的时间更长,从而引起更为严重的潮湿吸收^[1]。

2 试验

2.1 试验件的制备

根据实际应用,选取同一批次的高分子强力绳- $\phi 8$ 制作试验件,除制作3件平行标准样测定原始断裂强力外,其余4种环境单一试验和组合试验各制作3件平行测试样。高分子强力绳的试验件结构如图1所示。

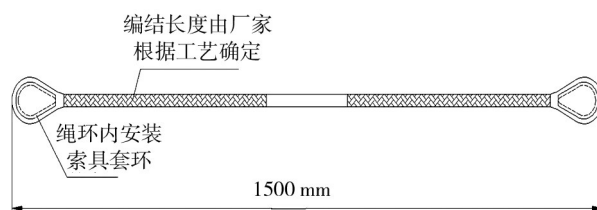


图1 试验件结构

Fig. 1 The sample configuration

2.2 试验方法

2.2.1 光老化试验

根据 ASTM G155-05a《非金属材料曝晒用氙弧灯设备操作规程》,结合软式索具的使用环境,确定试验控制条件。光老化试验条件见表1。试验周期为56 d。

表1 光老化试验条件(340 nm)

Table 1 The light ageing test conditions(340 nm)

温度/ ℃	辐照强度/ ($W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$)	喷淋	相对 湿度/%	时间/ min
77	0.35	否	70%	90
77	0.35	是	70%	30

将试验件放置到试验箱中,试验样品不能有遮挡。试验完成后取出试件,放在正常大气条件下24 h,然后按2.2.5节规定方法测定光老化试验后试件的拉伸断裂强力。

2.2.2 温度老化试验

根据软式索具的玻璃化温度及系留气球的使用环境,索具高温试验温度为 $(120 \pm 2) ^\circ C$,周期为336 h。绳索的低温试验温度为 $(-50 \pm 2) ^\circ C$,周期为24

h. 试验过程中升、降温速率不超过 10 °C/min, 以免造成温度冲击效应。

试验完成后, 让绳索在试验箱中缓慢恢复到常温。取出试验件, 按 2.2.5 节规定方法分别测定高温老化试验和低温试验后试件的拉伸断裂强力。

2.2.3 高湿度老化试验

根据系留气球使用过程中可能遇到的极限环境, 软式索具的试验相对湿度为 $95\% \pm 5\%$, 试验温度为 $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$, 试验周期为 336 h。

试验完成后, 让绳索在试验箱中缓慢恢复到常温后, 将试件从试验箱中取出, 在自然环境中干燥 24 h。随后按 2.2.5 节规定方法测定高湿度老化试验后试件的拉伸断裂强力。

2.2.4 组合试验

按照光照→高温→高湿→低温的试验顺序进行组合试验, 试验条件与 2.2.1—2.2.3 节单一试验条件相同。

试验完成后, 按 2.2.5 节规定方法测定组合试验后试件的拉伸断裂强力。

2.2.5 拉伸试验

拉伸试验方法参照 FZ 65002—1995《特种工业用绳带 物理机械性能试验方法》, 拉伸速率取 100 mm/min。高分子强力绳用手拉葫芦对试验件加载, 加载过程保持加载速度均匀, 直至试验件破坏。试验件安装如图 2 所示。



图2 试验件安装

Fig. 2 The sample installation

3 结果与分析

拉伸试验记录了试件老化试验前后的拉伸断裂强力, 取 3 个平行试验件的平均断裂强力值。拉伸强力损失率 r 按下列方法进行计算:

$$r = \frac{F_{\text{前}} - F_{\text{后}}}{F_{\text{前}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: r 为拉伸强力损失率; $F_{\text{前}}$ 为老化前拉伸断裂强力; $F_{\text{后}}$ 为老化后拉伸断裂强力。

高分子强力绳- $\phi 8$ 的拉伸试验结果见表 2。

表2 拉伸试验结果

Table 2 The results of tensile test

试验	试验前试件 拉伸断裂强力/kN	试验后试件 拉伸断裂强力/kN	断裂强力下 降率/%
高温	59.78	51.72	13.5
低温	59.78	56.90	4.8
高湿度	59.78	58.32	2.4
光照	59.78	39.07	34.6
组合试验	59.78	32.15	46.4

环境试验后, 高分子强力绳的力学性能都有不同程度下降。比较表 2 中断裂强力下降率的大小, 可以确定高分子强力绳对 4 种环境因素的敏感顺序为: 光照 > 高温 > 低温 > 高湿度。绳索对光照环境最为敏感。低温和高湿度两种环境因素对索具的抗老化性能影响甚微。

4 结论

1) 由 4 种单一环境试验结果可知, 高分子强力绳对 4 种环境因素的敏感顺序依次为: 光照 > 高温 > 低温 > 高湿。短期的低温环境对索具抗拉能力影响不大。高湿环境对索具的影响几乎可以忽略, 索具的耐湿热能力很强。

2) 由组合试验结果可知, 索具在分别经历了 4 种环境试验后, 抗拉能力下降了将近 50%。由于材料本身的抗拉强度很高, 即使下降 50%, 绳索仍具有很高的利用价值。

3) 后期将进一步开展软式索具外场暴露试验研究, 与实验室加速试验结果进行对比分析, 确定实验室与外场暴露试验结果的相关性, 建立实验室加速老化模型。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 田睿, 马广顺. 军用工程机械实验室高低温试验浅析[J]. 装备环境工程, 2010, 7(6): 53—54.