

文章编号: 1000-6893(2001) 01-0091-03

# 飞机座舱透明材料大气老化与使用老化当量关系的研究

许凤和<sup>1</sup>, 李晓骏<sup>1</sup>, 陈新文<sup>1</sup>, 胡桂蓉<sup>2</sup>, 邱祥发<sup>2</sup>

(1. 北京航空材料研究院, 北京 100095)

(2. 沈阳飞机研究所, 辽宁 沈阳 110035)

## STUDY ON THE EQUIVALENCE RELATIONSHIP BETWEEN NATURAL ENVIRONMENTAL AGING AND IN-SERVICE AGING FOR THE TRANSPARENT MATERIAL FOR AIRCRAFT ENCLOSURE

XU Feng-he<sup>1</sup>, LI Xiao-jun<sup>1</sup>, CHEN Xin-wen<sup>1</sup>, HU Gui-rong<sup>2</sup>, QI Xiang-fa<sup>2</sup>

(1. Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China)

(2. Shenyang Institute of Aircraft, Shenyang 110035, China)

**摘 要:** 根据 YB-3 航空有机玻璃海南自然老化 1, 2, 3 年后的疲劳寿命曲线和在东北沈阳-鞍山地区飞行使用 5 年后的疲劳寿命曲线, 用疲劳强度降, 建立了大气老化与使用老化两者的当量关系。并用 YB-2 航空有机玻璃海南大气自然老化与南方飞行使用老化的数据, 验证了建立的加速当量的正确性和准确性。

**关键词:** 飞机座舱透明材料; 疲劳强度降; 大气老化

中图分类号: V 255 文献标识码: A

**Abstract:** The equivalence between natural aging and in-service aging was created in theory of fatigue strength degradation in this paper. It was done in terms of fatigue life curves for YB-3 Perspex aged for 1, 2, 3 years respectively in Hainan and aged for 5 years in Anshan district of Shenyang. The accelerated equivalence was provided correctly and precisely with the data of YB-2 Perspex aged naturally in Hainan and serving in flight in the south district.

**Key words:** the transparent material for aircraft enclosure; fatigue strength reduction factor; atmospheric aging

飞机在实际使用中, 总寿命的 95% 是在停放中消耗掉的。飞机透明座舱盖通常用聚甲基丙烯酸酯(有机玻璃)制造。有机玻璃是高分子材料, 在大气环境中受太阳和紫外线的作用, 一些大分子链断裂, 产生银纹或龟裂等老化现象。同时, 疲劳强度下降。

飞机在机场停放, 飞机座舱盖被蒙上绒布罩保护, 所受到的阳光照射比户外暴晒少得多。大气老化条件比实际使用环境条件严重。这样就需要找到两者之间的关系, 以便可靠的预测预报飞机座舱透明材料的使用寿命。

本文通过 YB-3 和 MYB-3 航空有机玻璃海南大气老化后  $S-N$  曲线, 同种材料在飞机上使用后取样测定  $S-N$  曲线, 用疲劳强度年均下降率, 计算得到了大气老化与使用老化之间的当量。

### 1 试 验

(1) 材 料 YB-3 航空有机玻璃板材, 厚度

10mm, 上海珊瑚化工厂生产。

(2) 试验方法 GJB2033-94 航空有机玻璃拉伸疲劳试验方法,  $K_t = 1, R = 0.1, f = 1\text{Hz}$ , 用升降法测定  $5 \times 10^4$  的条件疲劳强度。

(3) 试验设备 MTS-810 疲劳试验机,  $\pm 50\text{kN}$ 。

(4) 大气老化 大气老化地区: 海口, 气候条件: 年平均气温  $23.8^\circ\text{C}$ ; 年平均相对湿度 85%; 太阳光年辐射总量  $5332\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ; 紫外光年辐射总量:  $282\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(5) 飞机使用老化 飞机使用地区: 沈阳—鞍山等北方地区; 气候条件: 年平均气温  $8.1^\circ\text{C}$ ; 年平均相对湿度 63%; 太阳光年辐射总量  $4959\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ; 紫外光年辐射总量:  $263\text{MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

(6) 试验项目 ①新 YB-3 航空有机玻璃  $S-N$  曲线的测定; ②海口大气老化 1 年后  $S-N$  曲线测定; ③海口大气老化 2 年后  $S-N$  曲线测定; ④海口大气老化 3 年后  $S-N$  曲线测定; ⑤沈阳—鞍山地区使用 5 年后  $S-N$  曲线测定。

## 2 试验结果

(1) 疲劳试验结果 YB-3 航空有机玻璃在 3 种条件下 5 条  $S-N$  曲线的试验结果绘制在图 1 中,  $5 \times 10^4$  的条件疲劳强度和下降率列在表 1。

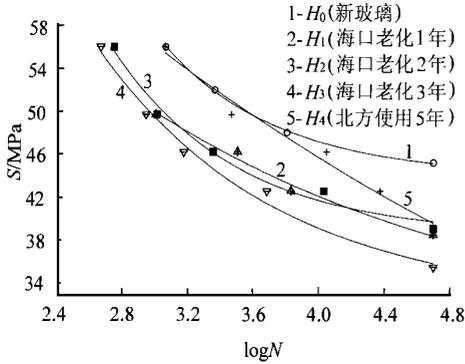


图 1 YB-3 航空有机玻璃疲劳老化  $S-N$  曲线

Fig. 1 Curves of fatigue aging  $S-N$  for YB-3 Perspex

(2) 大气老化与使用老化之间当量的计算 按疲劳强度降用下式计算大气老化和使用老化寿命之间的关系。

$$K = N_1 / N_2 \quad (1)$$

式中:  $K$  为大气老化与使用老化之间关系的系数, 亦称大气老化加速当量;  $N_1$  为大气老化疲劳强度下降率(%);  $N_2$  为使用老化疲劳强度下降率(%)。

将海口大气老化疲劳强度年均下降率 9.6% 和沈阳—鞍山地区使用老化疲劳强度年均下降率 1.16% 代入式(1)

$$K = 9.6\% / 1.16\% = 8.27 \quad (a)$$

表 1 YB-3 航空有机玻璃  $5 \times 10^4$  的疲劳强度

Table 1 Fatigue strength of  $5 \times 10^4$  for YB-3 Perspex

材料和老化时间	新 YB-3 玻璃 <sup>[1]</sup>	海口老化 YB-3 玻璃			沈阳—鞍山地区使用 5 年 YB-3 玻璃
		1 年	2 年	3 年	
$5 \times 10^4$ 疲劳强度 / MPa	45.2	38.5	39.1	35.5	42.6
下降率 / %	0	14.8	13.5	21.5	5.8
年下降率 / %	0	14.8	6.8	7.2	1.16
平均下降率 / %	0	9.6			1.16

表 2 MYB-3 航空有机玻璃疲劳寿命试验结果

Table 2 Results of fatigue life test for MYB-3 Perspex

材料	M YB-3 新玻璃	南方使用 3 年的 MYB-3 玻璃	海口大气老化 1 年的 MYB-3 玻璃
$S = 24 \text{ MPa}, N$ 次	12456	7995	2801
下降率 / %	0	35.8	77.5
年下降率 / %	0	11.9	77.5

上述结果说明, YB-3 航空有机玻璃在海口大气老化 1 年相当于在北方沈阳—鞍山地区使用 8.27 年, 即大气老化加速当量为 8.27。

## 3 结果讨论

(1) 大气老化与使用老化之间当量应用的意义 大气老化比人工加速老化更接近实际使用条件。若能用大气老化得到的结果, 预测使用老化寿命, 就不需要进行人工加速老化试验。两者的目的都是为了在较短时间得到的试验结果, 预测使用老化寿命。

由于有机玻璃在自然老化 1~3 年, 其性能就有明显的降低。利用这一特性, 通过海南大气老化和北方使用老化后的有机玻璃疲劳强度降低率, 找到了两者之间的当量关系。有了这个当量关系, 就可按设计要求计算使用老化寿命。

(2) 使用环境的影响 由于有机玻璃老化与环境条件中的温度、湿度和紫外光等密切相关。环境条件对其性能有一定的影响<sup>[2]</sup>。现利用文献[1]中试验的结果, 统计整理成表 2, 列出了年均下降率。所用的材料 MYB-3 航空有机玻璃是经研磨抛光的 YB-3, 其材质和性能与 YB-3 相同。南方以福州为例, 其气候条件: 年平均气温 19.7 °C; 年平均相对温度 77%; 太阳光年辐射总量 4086 MJ/(m<sup>2</sup>·a); 紫外光年辐射总量 217 MJ/(m<sup>2</sup>·a)。

用式(1)计算 MYB-3 玻璃海口大气老化和南方飞行使用老化之间的关系

$$K = 77.5\% / 11.9\% = 6.5 \quad (a)$$

得: MYB-3 航空有机玻璃在海口大气老化 1 年相当于在南方飞行使用 6.5 年,即大气老化加速当量为 6.5。

(3) 使用老化寿命预测方法 假设,要计算 XX 飞机座舱使用 YB-3 有机玻璃在北方使用 10 年,在南方使用 10 年,怎样进行寿命预测试验?

利用得到的大气老化加速当量,计算:北方  $10a/8.27+$  南方  $10a/6.5=2.7a$ 。就是说要在海南大气老化 2.7 年后,测定疲劳强度,即可满足在北方使用 10 年,加上在南方使用 10 年的设计估寿的计算要求。如已知该材料在海南大气老化的  $S-N$  曲线及疲劳强度,则可直接应用。

#### 4 结 论

(1) 用  $5 \times 10^4$  条件疲劳强度下降率,建立的 YB-3 航空有机玻璃海口大气老化与沈阳—鞍山北方地区使用老化之间的加速当量为 8.27。

(2) 用应力  $S=24\text{MPa}$  进行 MYB-3 航空有机玻璃疲劳试验,建立的海口大气老化和南方地区飞行使用老化之间的加速当量为 6.5。

#### 参 考 文 献

[1] 张志林. 教 8 飞机活动舱盖玻璃破裂原因分析总结[J]. 南

昌:江西洪都航空工业集团有限责任公司 650 所, 1998.

[2] 许凤和. 有机玻璃疲劳和断口图谱[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 58~78.

作者简介:



许凤和 男, 1940 年生, 北京航空材料研究院高级工程师, 从事非金属材料力学试验研究和航空非金属件失效分析。主要著作有《高分子材料力学试验》、《有机玻璃疲劳和断口图谱》、《航空非金属件失效分析》。



李晓骏 女, 1969 年生, 计算机应用专业, 在北京航空材料研究院从事数据库开发、管理及复合材料老化寿命预测课题研究。



陈新文 男, 1972 年生, 硕士, 复合材料力学专业, 现在北京航空材料研究院从事复合材料老化及寿命预测课题研究。

## 第十六届全国直升机年会召开及第十七届年会征文通知

中国航空学会直升机专业分会第 16 届学术交流年会于 2000 年 10 月 18 日至 20 日在上海举行。年会的主题是: 加强直升机改进改型, 扩大直升机的应用。年会共收到论文 120 篇, 特邀报告 1 篇, 其中 107 篇论文录入论文集。陆海空三军、民航、地方航空、航空工业及国防院校等 36 个单位的 99 名代表参加了会议。本届年会创造了收到、录用、交流学术论文及正式参会代表数量的多个第一。会议期间召开了直升机专业分会工作会议。评选出了 5 篇优秀论文, 协商并确定了第 17 届全国直升机年会于 2001 年 10 月在成都举行。由中国人民解放军第 5701 厂承办, 年会的主题是: 直升机的发展与西部大开发, 现将征文有关事项通知如下:

#### 一、征文范围

1 直升机发展与西部大开发; 2 国内外直升机科学技术发展现状和趋势; 3 国内外直升机领域在设计、生产、使用和维修等方面的新技术; 4 直升机在国防、民用、科研、教学、生产和管理等领域中的研究与应用成果。

#### 二、征文要求

1 未在公开刊物或同级学术交流会上发表过; 2 全文以 7000 字为限(包括图表), 论文摘要在 300 字以内, 图表不要超过 5 个; 3 论点明确, 数据可靠, 字迹清楚; 4 论文必须按公开出版物要求撰写, 不得涉及保密内容, 文责自负; 5 论文投稿后, 不管录用与否, 均不退回, 请作者自留底稿。

#### 三、征文截止日期

2001 年 6 月 1 日(以邮戳为准)。

#### 四、论文投送地点

南京航空航天大学直升机技术研究所(328 信箱) 唐正飞 收

邮政编码: 210016