

# 飞机起落架延长使用寿命研究的新途径

隋福成 王成波 姚念奎 杜金柱

(沈阳飞机设计研究所, 沈阳)

**摘 要:** 起落架结构复杂、加工难度大、造价高, 飞机使用寿命期间主体结构件不应更换, 因此要求起落架使用寿命与机体同寿。现阶段, 国、内外一般采用安全寿命设计思想进行起落架定寿, 即通过载荷谱实测、疲劳特性分析和全尺寸疲劳试验对起落架定寿, 用分散系数保证使用安全; 起落架延寿基本通过改进细节设计、改善工艺质量, 通过全尺寸疲劳试验和试飞使用给出采取延寿措施的起落架使用寿命。本项研究在条件不具备的情况下, 通过起落架载荷谱编制、疲劳危险部位模拟元件试验、损伤容限与外场监控细则制定及起落架寿命单机监控使用等途径, 实现了将起落架寿命延长使用的突破, 探索了起落架延寿研究的新途径。

**关键词:** 起落架; 延长使用寿命; 单机监控

## 1 延寿工作的总体思路

某型飞机起落架曾经进行过疲劳试验, 但是由于飞机的使用条件发生了变化, 又暂时没有进行全尺寸试验的条件, 为了给出起落架的寿命, 确定了起落架延寿的总体思路: 立足以有的起落架寿命结论, 根据起落架的特点, 掌握起落架的使用履历、起落架技术状态, 进行设计载荷谱编制、应力计算、寿命分析, 进行疲劳薄弱部位模拟件试验, 根据耐久性设计思想进行大修, 通过起落架寿命单机监控使用保证安全。

## 2 先进第三代飞机起落架疲劳载荷谱编制

为了确定起落架的寿命, 首先要确定当前使用条件下的疲劳载荷谱。根据 GJB3099-97《军用飞机起落架标准载荷谱》, 参考 GJB67.6-85《军用飞机强度和刚度规范 可靠性要求和疲劳载荷》, 应用统计的外场飞机起飞、着陆重量数据和飞机使用情况, 结合最新的飞行训练大纲, 以及国内、外同类飞机的起落架疲劳载荷谱编制情况, 编制了反映真实使用情况的起落架疲劳载荷谱。起落架疲劳载荷谱见图 1。

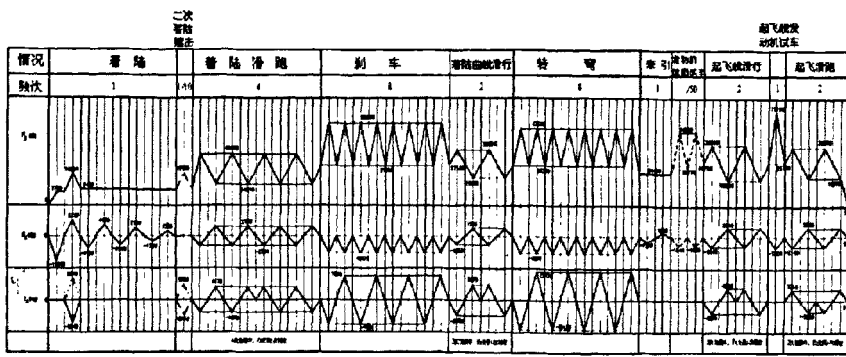


图 1 起落架载荷谱

### 3 疲劳危险部位的寿命分析

通过外场使用信息、细节有限元分析确定了起落架疲劳危险部位。建立主要承力构件的有限元模型,进行细节应力分析,确定高应力部位及应力水平。有限元细节模型分析结果见图2。

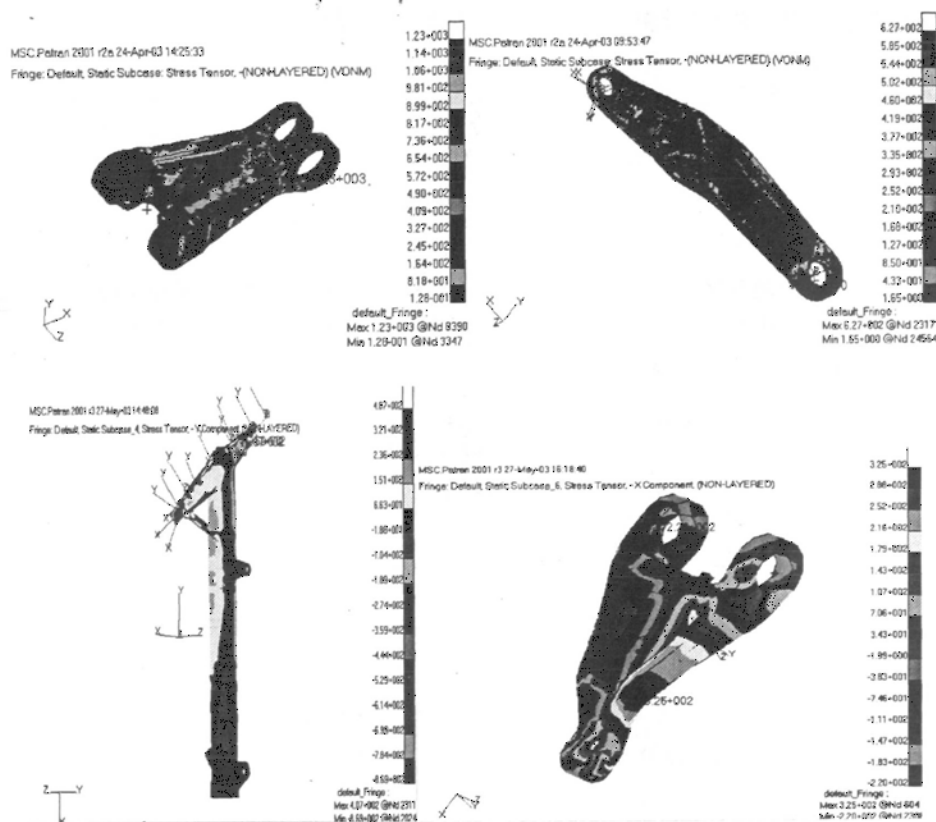


图2 起落架主要承力构件细节有限元分析

根据编制的起落架疲劳载荷谱,选定起落架的多个疲劳危险部位,使用名义应力法进行寿命估算,估算结果见表1。

表1 寿命估算结果列表(起落)

| 危险等级 | 部位        | 估算寿命 |
|------|-----------|------|
| 1    | 支柱 4-4 剖面 | 3249 |
| 2    | 支柱 6-6 剖面 | 3659 |
| 3    | 支柱上接头连接部位 | 3922 |
| 4    | 支柱 3-3 剖面 | 4674 |
| 5    | 轮叉剖面      | 4970 |
| 6    | 支柱 5-5 剖面 | 5814 |
| 7    | 扭力臂耳片     | 6304 |
| 8    | 支柱 7-7 剖面 | 7307 |

此外,结合试验暴露的起落架静强度薄弱部位,最终确定了起落架的疲劳危险部位。

#### 4 疲劳对比法确定起落架寿命

该起落架寿命由早期的疲劳试验确定。由于全尺寸疲劳试验件及试验周期限制,来不及通过起落架全尺寸疲劳试验给出起落架的寿命,而是通过起落架疲劳危险部位的模拟元件试验,获得当前载荷谱下的寿命增加比例,给出当前使用条件下起落架的使用寿命。

由

$$\frac{T_1}{N_1} = \frac{T_0}{N_0}$$

有

$$T_1 = T_0 \frac{N_1}{N_0}$$

式中:  $T_0$  为起落架全尺寸疲劳试验结论;  $N_0$  为模拟元件全尺寸疲劳试验谱下的试验寿命;  $T_1$  为当前疲劳载荷谱下起落架的寿命;  $N_1$  为当前疲劳载荷谱下模拟元件的试验寿命。

起落架疲劳危险部位模拟元件试件见图 3。

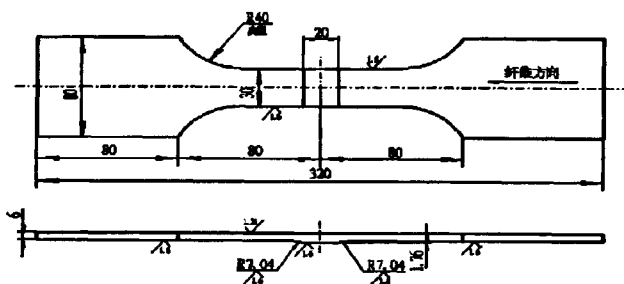


图 3 起落架疲劳危险部位模拟试件

根据两种载荷谱进行试验,确定了当前使用条件下起落架的安全寿命。

#### 5 起落架寿命单机监控使用

为进一步保证起落架延寿使用的安全,在使用中采用“领先飞行、单机监控”的方式。

单机寿命监控法是在完成全尺寸结构疲劳定寿各项试验工作给出平均寿命的基础上,按照每架飞机飞参记录的相关数据,计算每架飞机疲劳累积损伤的实际情况,给出每架飞机每次飞行后剩余安全使用寿命值的定寿方法。单机寿命监控法充分考虑了飞机使用时载荷的分散性,把握了每架飞机的疲劳损伤度,这样就可以做到在确保安全的基础上,充分发挥机群的使用效益。单机寿命监控法是一种先进的、科学的飞机寿命管理方法。该方法目前在国外航空发达国家已得到广泛应用。

我们现役飞机寿命的管理,采用的仍是传统的“机群寿命”管理方法,即所用飞机都按预先确定的各项寿命指标控制翻修和退役时间。单机寿命监控方法比机群寿命方法更科学、更合理。按单机寿命监控方法管理起落架寿命,能在确保安全的前提下,提高起落架的使用寿命。这样的做法能够使起落架最大限度地发挥其寿命效能。

对于延寿起落架的单机监控使用主要是采取以下两项措施:

##### a) 加强外场检查

在起落架延寿使用期间,制定了详细的检查要求。除正常的机械日检查外,还增加了检查工

作,使用放大镜等工具检查重点部位、沟槽、焊缝等部位有无裂纹。发现裂纹立即停飞。特检含机械日检查,此外,还要将起落架从飞机上拆卸下来,不分解起落架缓冲器结构,对重点检查部位去漆、采用超声波探伤、着色检查等方式进行检查。

#### b) 损伤估算

据分析,垂向载荷是造成起落架疲劳损伤的主要载荷,而垂向载荷与飞机的起飞、着陆重量直接相关,所以选取起飞、着陆重量作为监控的主要研究对象。对起落架延寿后的每架飞机每个起落使用情况进行跟踪记录。记录飞机重量及外挂构型,使用最典型的一个起落的过载谱,估算起落架疲劳危险部位每个起落的损伤,估算出每架飞机起落架的累积损伤,给出单机起落架的剩余寿命,并进行管理。

## 6 结束语

通过飞参统计、疲劳载荷谱编制、寿命估算、疲劳危险部位模拟元件试验和起落架寿命单机监控使用等途径,实现了在没有外方技术支持的情况下,成功完成了飞机起落架的大修延寿工作,保证了使用安全。首次将飞机寿命单机监控思想应用于飞机起落架寿命的制定,创立了起落架外场单机监控的实施方案,制定了起落架单机监控的外场失效标准和监控细则,充分体现了单机监控技术的应用成果,为该型飞机起落架的延寿使用提供了理论和实践依据。

#### 作者简介:

隋福成(1968-),男,研究员,博士,主要从事飞机强度研究工作。

王成波(1977-),男,工程师,主要从事飞机起落装置强度工作。

姚念奎(1974-),男,工程师,主要从事飞机起落装置强度工作。

杜金柱(1979-),男,工程师,主要从事飞机起落装置强度工作。

邮编:110035