

# 某飞机平尾振动特性研究

肖英本 周达泉

(西安市72信箱 303分箱, 西安, 710089)

## THE INVESTIGATION ON VIBRATION CHARACTERISTICS OF ALL-MOVABLE STABILIZER OF AN AIRCRAFT

Xiao Ying-ben, Zhou Da-quan

(Box72-303, Xi'an, Shaanxi, 710089)

**摘要** 某飞机全动平尾的旋转频率是影响颤振特性的重要参数之一。飞机首次共振试验测量的平尾旋转频率偏低, 不满足设计要求, 因而成为影响试飞的一个难题。本文概述了非线性因素对平尾振动特性的影响以及为解决这一难题所采取的措施。

**关键词** 全动平尾, 旋转频率, 间隙, 非线性影响

**Abstract** A new aircraft adopted the all movable stabilizer whose shaft was fixed on the fuselage. The results of the calculations and model tests indicated that the rotation frequency of the all-movable stabilizer is an important parameter for the flutter characteristics of an aircraft. Because the lower rotation frequency was discovered in the first aircraft's ground vibration test, the design requirements were not met. It once became a big problem in the aircraft flight tests.

The rotation frequency of all movable stabilizer depends on many factors. The non-linear effects on rotation frequency are briefly described in this paper. The measures adopted to raise the rotation frequency are also presented. Thus, the higher rotation frequency is obtained and the design requirements are met without any weight penalty.

**Key words** all-movable stabilizer, rotation frequency, free play, non-linear effect

### 1 平尾振动特性研究

某飞机全动平尾采用斜定轴、密肋结构。平尾操纵系统刚度是影响平尾颤振的关键参数, 因而在飞机设计阶段, 为了获得较大的平尾操纵系统刚度, 采取了相应的措施, 如平尾采用大摇臂设计、增大助力器活塞面积、采用助力器自身平衡支承设计等等。虽然平尾的转动惯量相对较大, 但是利用平尾操纵系统刚度的理论值(实际上使用60%)计算的平尾旋转频率满足颤振设计要求。然而在首次全机地面共振试验中发现平尾的旋转频率偏低, 相应地颤振速度不满足设计要求, 因此影响了飞机的定型试飞。

1991年11月24日收到, 1992年1月16日收到修改稿

除了平尾操纵系统刚度外,影响平尾旋转频率的主要因素还有平尾的结构刚度、平尾的转动惯量和平尾的总间隙(含操纵系统)。对于既定的飞机要解决平尾旋转频率偏低这一难题,主要有两个途径,即增大平尾操纵系统刚度和减小平尾间隙。实际上对于已经生产出来的飞机,要想提高操纵系统刚度也是相当困难的。

平尾的间隙是客观存在的,能否通过减小间隙来提高平尾的旋转频率呢?平尾操纵系统的主要部分包括平尾助力器、三角摇臂和拉杆。在原设计中连接部位就有较高的配合精度要求,为了进一步减小间隙,提高了配合精度。采取这一措施对提高平尾旋转频率有一定的作用,但是没有根本解决问题。后来,我们从平尾安装入手,探讨减小间隙的措施。平尾是通过大轴承座和小轴承座与平尾大轴相连的,按照装配技术条件,平尾安装时大轴承和小轴承的安装预紧力有一定的要求,预紧力不能太大,否则将影响平尾操纵的灵活性。经过几十次反复试验,最终找到了较为理想的装配方案。在此基础上,通过两架机的平尾旋转频率试验验证,结果稳定。从而在没有增加结构重量的情况下,通过减小间隙使平尾旋转频率提高了1.5 Hz,基本上满足了设计要求。

## 2 非线性对平尾旋转频率的影响

除了间隙因素外,飞机地面共振试验中发现,随着激振力的增大,左右平尾的旋转频率呈现出两种截然相反的趋势。对于右平尾,当激振力(对于平尾实际上是一个力偶)较小时频率较高,随着激振力增大,旋转频率逐渐下降,当激振力增大到一定程度时,激振力-频率曲线趋于平缓,如图1所示。而左平尾,当激振力较小时频率较低,随着激振力增大,频率略有增加,当激振力大到一定程度时,激振力-频率曲线趋于平缓,如图2所示。

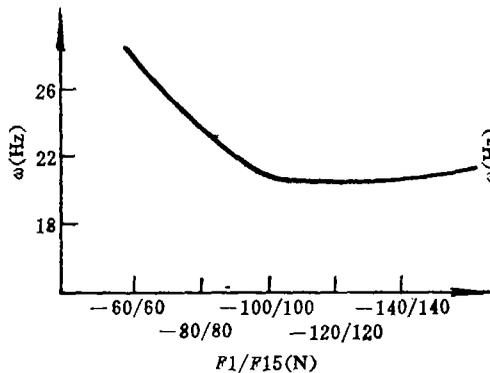


图1 右平尾旋转频率随激振力的变化

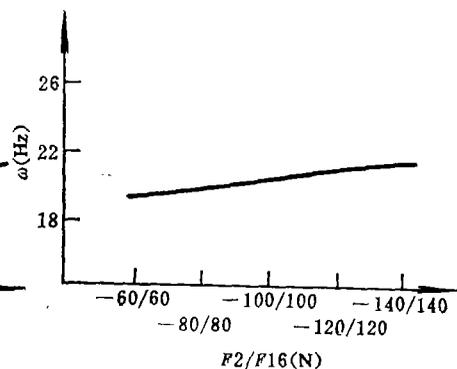


图2 左平尾旋转频率随激振力的变化

上述现象分别是由于干摩擦和间隙非线性因素引起的。平尾旋转是参与颤振计算的一支重要模态,旋转频率的高低将直接影响颤振速度的大小。因此,旋转频率的取值是至关重要的。关于平尾旋转频率如何取值尚无明确的判据,只能根据工程人员的经验确定。我们的做法是,在结构强度允许的前提下,一定要使激振力足够大(平尾后缘振动幅值达到8~10 mm),足以克服干摩擦和间隙非线性因素的影响,使激振力-频率曲线趋于平滑,即激振力增大旋转频率基本不变。

## 参考文献

- 1 周达泉, 董鑫茂, 王清平. 全动平尾颤振特性的综合研究. 第四届气动弹性技术交流会论文, 湖南大学, 1985.
- 2 周一苗. 飞机地面共振试验. 航空航天工业部强度研究所资料, 1990.

## 技术简讯

## 航空发动机防振安装系统的设计

龚庆祥

(南昌飞机制造公司, 南昌, 330024)

THE DESIGN OF SHOCK-ABSORPTION INSTALLATION FOR  
AERO-ENGINES

Gong Qing-xiang

(Nanchang Aircraft Manufacturing Company, Nanchang, 330024)

## 1 航空发动机防振安装设计要求

(1) 要合理选择发动机防振安装装置的刚度, 使传到飞机机体上的振动量降低到所允许范围之内。为此, 要保证发动机防振安装系统的自然频率不得与飞机结构的各阶频率耦合。同时, 其扭转频率应小于额定功率状态下螺旋桨转速的 30%, 其它模态频率不大于额定功率状态下螺旋桨转速的 70%。

(2) 发动机的最大位移振幅不得超过发动机及其附件与周围结构之间能允许的间隙。

(3) 防振装置中应有限制推进装置最大位移振幅的止动器, 止动器所限制的量值应与推进装置和飞机结构之间所留的间隙相适应, 且应尽量避免隔振器处于止动状态时发生金属与金属间的撞击。

(4) 防振装置上应配有机械锁, 以当隔振器中的弹性材料损坏或其连接失效的情况下, 防止推进装置与飞机结构完全分离和使燃油或滑油管路破裂。

(5) 隔振器应能在寿命期内, 预期的环境下满意的工作。隔振材料应能防腐, 耐油并能在高低温下保持足够的强度。

(6) 隔振器必须具有一定的阻尼, 以使发动机启动或停车时通过防振系统的自然频率而引起的瞬态共振振幅不致过大。

(7) 防振装置必须要有足够的强度, 使之能够承受和传递由发动机(螺旋桨)产生的推力, 以及发动机在各种飞行过载下所产生的力和力矩。

(8) 防振装置的安装和布置必须便于发动机的安装和拆卸。

1991年11月20日收到, 1992年2月25日收到修改稿