

飞机螺旋桨噪声及降噪分析

李 鹏

(中国民航飞行学院 广汉分院, 四川 广汉 618307)

摘要:通过对螺旋桨的噪声产生机理的分析,得出螺旋桨噪声的特点,即旋转噪声和宽带噪声,并对两种噪声各自进行了细化。针对螺旋桨噪声的形成特点,提出了降低噪声的两种措施:一是降低声源强度,二是基于破坏性声波干涉。

关键词:螺旋桨;噪声;强度;干涉;降噪

中图分类号:V228.5

文献标识码:A

文章编号:1672-545X(2009)08-0037-02

与喷气推进系统相比,螺旋桨推进系统有一个致命弱点,即噪声和振动比较明显,这使螺旋桨发动机在与涡轮风扇发动机的竞争中,处于不利地位。

1 螺旋桨噪声的主要危害

噪声的危害主要有:

(1)从飞机的角度来看,当使用螺旋桨推动时,飞机机身将位于螺旋桨所直接辐射的强声场中。此外,如果飞机以翼吊方式安装牵引式螺旋桨,由螺旋桨拖出的涡系可诱发机翼翼面气流脉动,强烈的气流脉动将会以结构噪声形式,传入机身座舱内部,导致座舱内噪声加大。

(2)螺旋桨所辐射的噪声,会影响机场的周边环境。航空运输虽然给人类带来了极大的便利,但所产生的噪声也是人类在过去闻所未闻的,且对健康有严重影响。目前,噪声对环境的污染已经和大气污染及水污染并列成为环境问题中最为突出的三大项。

(3)由于飞机直接位于螺旋桨所辐射的声场中,当考虑不周时,螺旋桨辐射的噪声所诱发的结构振动与声疲劳,有可能严重影响飞机的安全性。

2 螺旋桨发声机理

在古典声学中,声源除自身振动外,在惯性坐标系内并不存在其他宏观运动。与此对应,由高速螺旋桨发出的声,应归入气动声学范畴,因为这是气流中由作用于固壁的非定常气动力或气流运动所发出的声。

对于航空螺旋桨、直升机旋翼和各类叶轮机械来说,其共同特征是由旋转叶片发声。旋转叶片周围流场的本质特征之一,就是流动的非定常性。因为在研究螺旋桨、旋翼和叶片机械的流动问题时,不可避免地涉及到固定于静止机匣的绝对坐标和与叶片同轴旋转的相对坐标,所以流动的非定常性,

是无法回避的本质特征。正是由于流动的非定常性,气动声同样也是无法回避的。

通过对螺旋桨飞机在飞行中实测的噪声频谱图进行分析时得知,螺旋桨的噪声是在宽带噪声的基础上,叠加了一系列的离散声,又称旋转噪声。因此,从频谱特性来看,螺旋桨噪声可进一步区分为旋转噪声和宽带噪声。

对于旋转噪声,可根据声源特征进一步区分为厚度噪声、负载噪声和四极子噪声。具有一定厚度的螺旋桨桨叶周期性地扫过周围空气介质,并导致空气微团的周期性非定常运动,于是就产生了厚度噪声;负载噪声是拉力噪声与阻力噪声的组合,是由于桨叶叶面的压力场变化而引起的;四极子噪声包含非线性源与非线性传播两个因素,仅当螺旋桨处于桨尖相对运动超声速及跨声速运行工况时,才是重要的。

在螺旋桨噪声中,最主要的成分是旋转噪声,其中又以厚度噪声和负载噪声为主。

3 螺旋桨降噪的措施

螺旋桨飞机在飞行全过程中,主噪声源一直是由螺旋桨引起的。螺旋桨所辐射的噪声,通过不同途径传入舱内,其中包括螺旋桨向机身外表面直接辐射噪声;螺旋桨尾流激发机翼翼面振动;螺旋桨尾流激发尾翼振动;通过发动机安装节传递振动等,如图1所示。

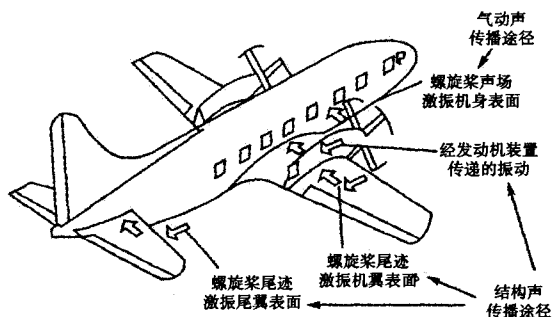


图1 螺旋桨噪声传入机舱的途径

收稿日期:2009-05-10

作者简介:李 鹏(1975—),男,四川广汉人,二级飞行,研究方向:飞行教学。

基于以上分析,对于螺旋桨的降噪措施可以采用两种方法:一种是降噪措施的着眼点是降低声源强度;另一种是基于破坏性声波干涉。

3.1 降低声源强度

如前所述,在螺旋桨所辐射的噪声中,厚度噪声和负载噪声占主导地位,因此降低这两种声源的强度,是极为重要的。目前可采用的措施有:

(1) 降低叶尖相对马赫数。因为叶尖相对马赫数,对螺旋桨辐射噪声的影响极为重大。

(2) 增加螺旋桨桨叶数目。这样可以在保持拉力和功率的前提下,减小螺旋桨的外径,从而达到降低叶尖相对马赫数的目的。

(3) 改进沿展向桨叶形状,因为从噪声的声功率沿径向分布来看,叶尖部位最高。通过设计,将气动负载沿展向分布的峰值向内径方向移动,有可能实现降噪。

(4) 减小桨叶的总体积,这样就能减小桨叶剖面的相对厚度和弦长,从而大幅度降低厚度噪声。

3.2 破坏性声波干扰技术

对于破坏性声波干扰技术,其基本思路是:在某一观察点处的声压,应是全部声源在此点所辐射的声压叠加,对于螺旋桨所辐射的声场,略去四极子声源后,则应是沿桨叶表面连续分布的厚度噪声源和负载噪声源。对于连续分布声源中的两

点 A 和 B,向某观察点 O 辐射声波,由于 A 和 B 本身具有相位差,此外,由于 A 和 B 到 O 点距离不等,又会造成附加相位差,如果这两个相位差之和接近于 180° ,合成的声压最小。利用螺旋桨桨叶本身的连续分布声源之间的自干涉,实际上也就是利用螺旋桨声源的非紧致性,可以降低声场中某一区域的噪声。

4 结束语

通过对比喷气式发动机,得出螺旋桨类型飞机噪声的特点。通过对螺旋桨飞机在飞行中实测的噪声频谱图进行分析,得到其形成的机理,并提出了两种降噪措施。

参考文献:

- [1] 周盛等. 航空螺旋桨与桨扇[M]. 北京:国防工业出版社, 1994.
- [2] 付建民. 先进螺旋桨翼型研究[D]. 北京:北京航空航天大学, 1993.
- [3] 陈泽民. 压、跨音速条件下螺旋桨气动性能及流场的数值计算方法[D]. 北京:北京航空航天大学, 1992.
- [4] 亚历山大洛夫. 空气螺旋桨[M]. 王 适, 等译, 北京:高等教育出版社, 1979.
- [5] Joseph Katz, Allen Plotkin. Low Speed Aerodynamics [M]. Britain: Cambridge University Press, 2001.

The Analysis of Aircraft Propeller Noise and Decreasing

LI Peng

(Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307, China)

Abstract: By analyzing the theory of aircraft propeller noise, the feature of the propeller noise is given. It is rotation noise and broadband noise. Both of them were refined separately. Aimed at the aircraft propeller noise characteristics, two ways of decreasing noise were given. One of it is to decrease the noise source intensity; the other is based on destruction of the noise interference.

Key words: propeller; noise; intensity; interference; decreasing