

飞机典型壁板隔声特性试验研究



顾金桃*, 高飞, 王美燕, 胡陈映

航空工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘 要:针对飞机声学设计常见的传递路径隔声设计问题,对飞机典型壁板的隔声特性进行了试验研究,主要测试了飞机壁板结构形式、隔声隔热层和内饰板的安装方式对飞机壁板隔声特性的影响规律,为飞机舱内声学设计提供工程指导经验。试验结果表明,整体壁板比铆接壁板隔声特性优越,尤其在低频段,可采用整体壁板提高低频隔声量,隔声隔热层包桁包框的安装方式隔声特性优于填充式和包桁不包框的方式,内饰板接缝隙对壁板隔声量影响大,需要对飞机内饰板接缝隙应采取声密封设计。

关键词:隔声; 飞机; 壁板; 试验

中图分类号:TB535

文献标识码:A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2019.09.014

飞机舱内噪声控制设计是一项系统工程,需要从声源出发,以舱内噪声指标为牵引,从噪声控制三要素(声源、传递路径、接收者)着手,开展噪声控制设计。对于飞机设计而言,传递路径的噪声控制设计是必需的工作。Liu^[1-3]等研究了飞机蒙皮的框与桁设计对壁板隔声特性及声辐射的影响,未对飞机内饰等声学设计进行分析;韩峰^[4,5]对飞机典型壁板传声损失进行了数值分析,给出了基于统计能量分析方法和理论推导的计算结果;明瑞森^[6]、周荣华^[7]利用统计能量分析方法预测了飞机壁板的隔声量;冯梓鑫^[8]研究了约束层阻尼对飞机壁板隔声特性的影响。但尚未有学者研究声学材料、内饰板等的敷设方式对隔声特性的影响,而这对飞机舱内噪声控制设计而言非常重要。本文以某飞机真实壁板为原型,开展隔声设计特性试验研究,主要研究了壁板结构形式、隔声隔热层和内饰板安装方式对飞机壁板隔声特性的影响。

1 试验概况

1.1 试验内容

总体而言,根据测试目的不同,试验测试内容分为三项,见表1。

(1) 壁板结构形式隔声特性对比

主要研究壁板的框、桁与蒙皮的连接形式对壁板隔声特性的影响,壁板形式有两种,一种是蒙皮与框、桁铆接连接,如图1所

表1 隔声试验项目

Table 1 Items of sound transmission test

序号	测试目的	测试内容
1	壁板结构形式隔声特性对比	两种壁板隔声特性
2	隔声隔热层安装方式隔声特性对比	三种安装方式隔声特性
3	内饰板安装方式隔声特性对比	三种内饰板安装方式隔声特性

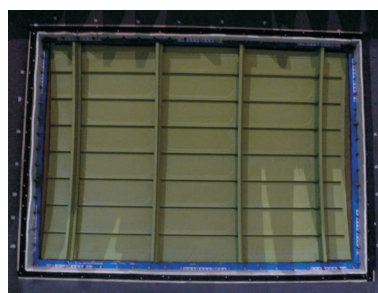


图1 铆接壁板

Fig. 1 Aircraft panel riveted with stringers and frames

示,另一种是整体形式的壁板,框和桁与壁板一体加工而成,如图2所示。

(2) 隔声隔热层安装方式隔声特性对比

主要研究隔声隔热层安装方式对壁板隔声特性的影响,分为三种安装形式,填充式、包桁不包框和包桁包框式,

收稿日期:2019-08-17; 退修日期:2019-08-23; 录用日期:2019-08-28

*通信作者. Tel.: 029-86832529 E-mail: gujintao@yeah.net

引用格式: Gu Jintao, Gao Fei, Wang Meiyang, et al. Experimental research on sound transmission loss of aircraft typical panels [J]. Aeronautical Science & Technology, 2019, 30(09): 96-100. 顾金桃, 高飞, 王美燕, 等. 飞机典型壁板隔声特性试验研究[J]. 航空科学技术, 2019, 30(09): 96-100.

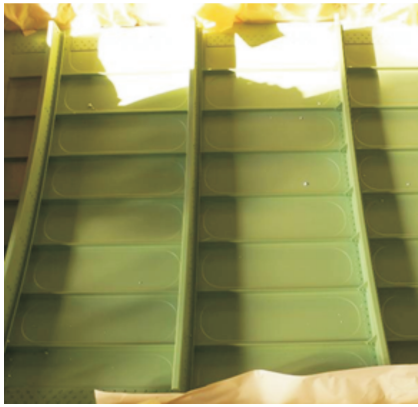


图2 整体壁板

Fig. 2 Aircraft panel with stringers, frames and the skin as a whole

如图3~图5所示。



图3 隔声隔热层安装方式1

Fig. 3 Installation type No. 1 for thermal acoustical material



图4 隔声隔热层安装方式2

Fig. 4 Installation type No. 2 for thermal acoustical material

(3) 内饰板安装方式隔声特性对比

在实际飞机设计中,内饰板是一块一块拼接而成,内饰板间的缝隙对隔声特性的影响尚未有公开文献研究,本文主要研究三种内饰板与壁板之间的安装形式,一种是整块内饰板,一种是几块内饰板拼接,但存在两条缝隙,一种是将两条缝隙用密封带封堵,如图6~图8所示。



图5 隔声隔热层安装方式3

Fig. 5 Installation type No. 3 for thermal acoustical material



图6 完整内饰板安装于飞机壁板

Fig. 6 A whole trim panel installed on an aircraft panel



图7 有缝拼接内饰板安装于飞机壁板

Fig. 7 A piece-together trim panel with two gaps installed on an aircraft panel

1.2 试验设置

(1) 试验原理

结构的隔声特性常用传声损失 TL 来描述,它是指入射到结构上的声能和透过结构的声能之比的分贝数。

$$TL = 10 \lg \frac{W_i}{W_t} \quad (1)$$

式中: W_i 为入射声功率; W_t 为透射声功率。

隔声测量的混响室一半消声室法是指声源室是充分扩散的混响室,而接收室则是具有自由声场特性的半消声室。



图8 无缝拼接内饰板安装于飞机壁板

Fig. 8 A piece-together trim panel with no gap installed on an aircraft panel

用声强测量结构传声损失 TL 的理论计算公式为:

$$TL = SPL_i - SIL_t - 6 \quad (2)$$

式中: $SPL_i = 20 \log \left(\frac{p_i}{p_0} \right)$ 为结构的入射声压级, p_i 为入射声压, p_0 为参考声压, 取 $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$, $SIL_t = 10 \log \left(\frac{I_t}{I_0} \right)$ 为结构的透射声强级, I_t 为透射声强, I_0 为参考声强, 取 10^{-12} W/m^2 。

(2) 试验系统

试验系统设置如图9所示, 壁板试验件放置于混响室与消声室之间的墙上, 试验件安装如图10所示。

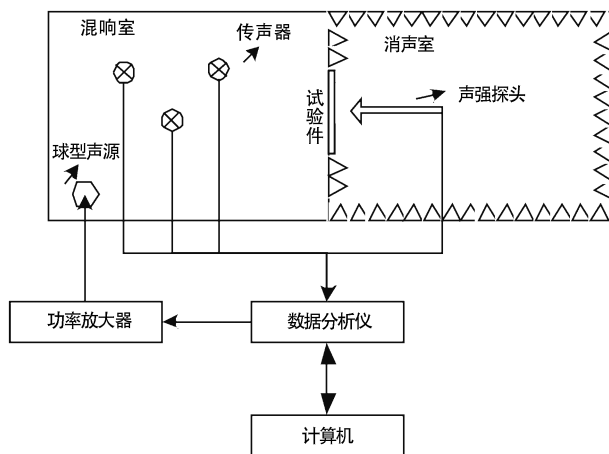


图9 试验系统设置

Fig. 9 Experiment setup

2 试验结果

(1) 壁板结构形式隔声特性对比

铆接壁板与整体壁板的隔声特性如图11所示。由图11可见, 总的来说, 整体壁板的隔声特性优于铆接壁板, 尤其体现在刚度控制区, 原因是整体壁板刚度优于铆接壁板,



图10 飞机壁板安装图

Fig. 10 Aircraft panel installation setup

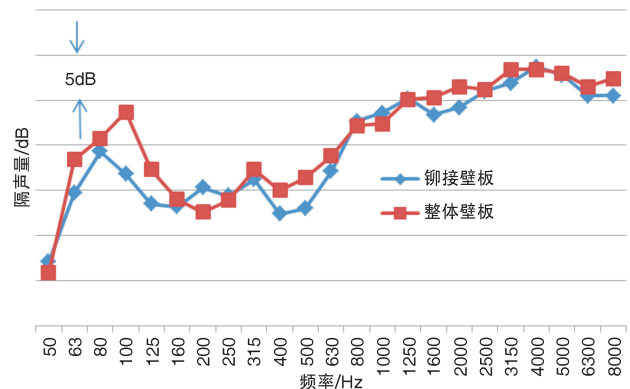


图11 飞机壁板隔声试验结果

Fig. 11 Aircraft panel sound transmission test data

刚度控制区的隔声量显著高于铆接壁板。

(2) 隔声隔热层安装方式隔声特性对比

隔声隔热层三种安装方式与未敷设隔声隔热层的光壁板隔声试验对比结果如图12所示。由图12可见, 隔声隔热层三种安装方式在300Hz以上都增加了壁板的隔声特性, 方式1和方式2隔声特性差别不明显, 方式3的隔声特性显著优于方式1和方式2, 即隔声隔热层安装宜采用包衍包框的方式。

(3) 内饰板安装方式隔声特性对比

内饰板的三种安装方式隔声特性测试结果如图13所示。由图13可见, 内饰板安装方式对隔声量影响较大, 带有缝隙的拼接安装隔声量比整体内饰板隔声量低, 将缝隙封堵后, 隔声量有所提高, 与完整内饰板相当。

3 结论

本文对飞机壁板结构形式、隔声隔热层安装方式、内饰板安装方式等对隔声特性的影响进行了试验研究, 得出结论如下:

(1) 整体壁板的隔声特性优于铆接壁板, 工程中可采用

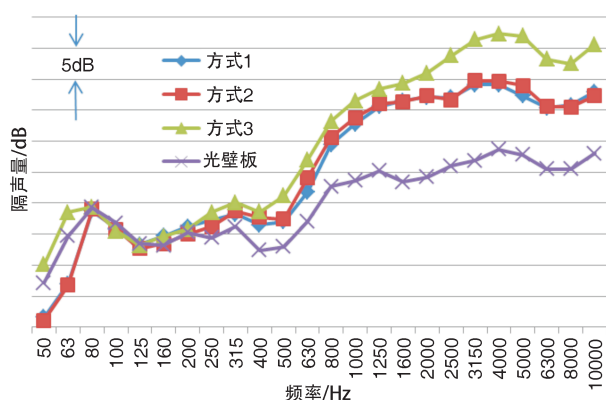


图12 隔声隔热层安装方式隔声试验结果

Fig. 12 Sound transmission test data for different installation types of thermal acoustical material

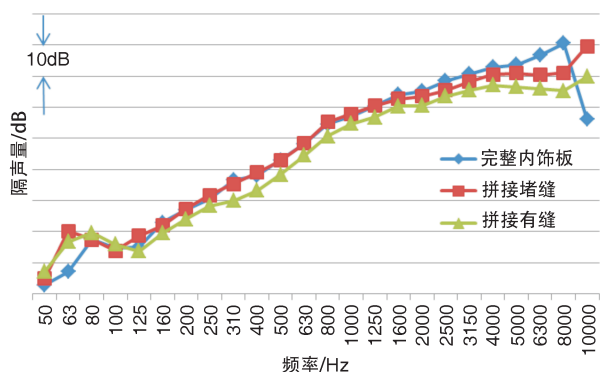


图13 内饰板安装方式隔声试验结果

Fig. 13 Sound transmission test data for different installation types of trim panels

整体壁板提高低频隔声量。

(2)隔声隔热层包桁包框的安装方式隔声特性优于填充式和只包桁不包框的方式,工程中应采用包桁包框的方式进行安装。

(3)内饰板缝隙对隔声量影响较大,工程中需要对拼接内饰板的缝隙进行声密封设计。

AST

参考文献

- [1] Liu B, Feng L, Nilsson A C. Sound transmission through curved aircraft panels with stringer and ring frame attachments [J]. Journal of Sound & Vibration, 2007, 300(3): 949-973.
- [2] Liu B. Noise radiation of aircraft panels subjected to boundary layer pressure fluctuations[J]. Journal of Sound & Vibration, 2008, 314(4): 693-711.
- [3] Liu B, Feng L, Nilsson A C. Influence of overpressure on sound

transmission through curved panels[J]. Journal of Sound & Vibration, 2007, 302(1): 760-776.

- [4] 韩峰.大型客机典型壁板传声损失特性的数值分析研究[J].民用飞机设计与研究,2011, 3(1): 41-44.

Han Feng. The research on the numerical analysis for the transmission loss of the fuselage typical panel[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2011,3(1): 41-44. (in Chinese)

- [5] 韩峰.大型客机机舱内饰板隔声性能计算与试验[J].噪声与振动控制, 2014, 34(2): 107-110.

Han Feng. Calculation and testing of sound transmission loss for interior panels of large aircraft fuselages[J]. Noise and Vibration Control, 2014, 34(2): 107-110. (in Chinese)

- [6] 明瑞森,孙进才.利用统计能量分析预测飞机舱壁板的隔声量[J].航空学报, 1989, 10(6): B264-B271.

Ming Ruisen, Sun Jincai. Prediction of transmission loss through an aircraft sidewall using statistical energy analysis[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1989, 10(6): B264-B271. (in Chinese)

- [7] 周荣华.飞机舱壁结构的隔声性能分析模型[J].常州技术工业学院学报, 1991, 4(4): 80-86.

Zhou Ronghua. Analysis model for sound transmission loss of aircraft sidewall[J]. Journal of Changzhou Industrial Technology College, 1991, 4(4): 80-86. (in Chinese)

- [8] 冯梓鑫,韩峰,冯盟,等.约束层阻尼对飞机壁板隔声特性的影响[J].噪声与振动控制, 2016, 36(3): 76-80.

Feng Zixin, Han Feng, Feng Meng, et al. Effects of constrained layer damping patches on the sound insulation characteristics of aircraft panels[J]. Noise and Vibration Control, 2016, 36(3): 76-80. (in Chinese)

(责任编辑 陈东晓)

作者简介

顾金桃(1987—)男,博士,工程师。主要研究方向:航空声学、噪声控制。

Tel: 029-86832529 E-mail: gujintao@yeah.net

高飞(1970—)男,硕士,研究员。主要研究方向:航空声学、噪声控制。

王美燕(1982—)女,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空声学、噪声控制。

胡陈映(1992—)男,硕士,助理工程师。主要研究方向:航空声学、噪声控制。

Experimental Research on Sound Transmission Loss of Aircraft Typical Panels

Gu Jintao*, Gao Fei, Wang Meiyang, Hu Chenying

AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: According to acoustical design for aircraft sidewalls, an experimental research which is about sound transmission loss of aircraft typical panels is done. In this manuscript, the effect on sound transmission loss for structural types, installation ways of thermal acoustical material and the trim panels is conducted which helps engineers for acoustical design of aircrafts. Experimental result indicates that sound transmission loss of aircraft panels riveted with stringers and frames is less than that with no rivets for aircraft panels, and indicates that sound transmission of thermal acoustical material which surrounds all stringers and frames are the best among filling in the blanks and only surrounds the stringers, and that gaps between trim panels are of significant for sound transmission, so it is needed for acoustical design of gaps between trim panels.

Key Words: sound transmission loss; aircraft; sidewalls; experiment

Received: 2019-08-17; **Revised:** 2019-08-23; **Accepted:** 2019-08-28

***Corresponding author.** Tel. : 029-86832529 **E-mail:** gujintao@yeah.net