

内埋武器噪声环境试验方法探讨

郭强岭, 郭迅

(中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471009)

摘要: 目的 空腔共鸣噪声环境是新一代战斗机内埋武器遇到的严酷的使用环境之一, 需要对内埋武器在空腔共鸣环境下的噪声试验方法进行研究, 以提高其环境适应性。方法 分析噪声环境对内埋武器的影响和 GJB 150.17 给出的三种噪声试验方法, 重点讨论在没有实测数据时确定空腔共鸣频率的计算方法。结果 GJB 150.17 给出的空腔共鸣频率计算结果存在偏差, 新噪声试验标准对空腔共鸣频率计算公式进行了修正, 典型空腔结构的 1 阶模态共鸣频率提高到 45 Hz 以上。结论 给出可操作的内埋武器空腔共鸣噪声条件和试验程序。

关键词: 内埋武器; 空腔共鸣; 噪声; 环境试验

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.01.018

中图分类号: V216.5⁺4 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)01-0093-04

Discussion on Acoustic Noise Test Method of Internal Captive Weapon

GUO Qiang-ling, GUO Xun

(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China)

ABSTRACT: Objective Cavity resonance acoustic noise is a rigorous service environment of new-generation aircraft internal captive weapon. The aim of this paper is to study the cavity resonance acoustic noise test method for internal captive weapon. **Methods** Acoustic noise environment infection on internal captive weapon and three test methods of GJB150.17 were analyzed, and the calculating method of cavity resonance frequency was majorly discussed without measured data. **Results** There were some deviations from the calculating result of cavity resonance frequency by GJB150.17, which was amended in the new acoustic noise test standard. The first mode cavity resonance frequency of typical cavity structure was improved to above 45Hz. **Conclusion** A feasible cavity resonance acoustic noise test condition computing method and test program of internal captive weapon was presented.

KEY WORDS: internal captive weapon; cavity resonance; acoustic noise; environmental test

收稿日期: 2013-08-15; 修订日期: 2013-09-18

Received: 2013-08-15; Revised: 2013-09-18

作者简介: 郭强岭(1973-), 男, 硕士, 研究员, 主要研究方向为机载设备环境工程。

Biography: GUO Qiang-ling(1973-), Male, Master, Researcher, Research focus: equipment environmental engineering.

隐身作战是新一代战斗机的主要特点之一,为其配备的武器需要采用内埋挂载方式。飞机巡航飞行时武器舱封闭,外部气流扰动引起的振动和噪声环境被舱体有效隔离,内埋武器只承受通过挂架结构传递的机体振动,使用环境明显优于外部挂载时的振动和噪声环境。飞机进入战斗准备时打开武器舱门,形成开口空腔,高速气流流过空腔时能够引起很高量级的气动压力颤动,可能对内埋武器造成损伤而导致任务失败。笔者初步分析了内埋武器的噪声环境,结合多个标准推荐的空腔共鸣试验条件,给出内埋武器可行的空腔共鸣噪声试验条件和试验方法。

1 噪声环境分析

噪声一般是由飞行器高速飞行引起的高能级空气压力脉动,这些压力脉动在5~87 kPa的幅值范围和10 Hz~10 kHz的频率范围内是宽带随机分布的,当有空腔存在时也可能产生很高的离散频率压力脉动。内埋武器的壳体可以认为是由“薄壁结构”组成,噪声作用其上,能够引起直接安装在内埋武器壳体上的设备的振动响应。此外,由于噪声在固体中传播衰减量很小,内埋武器内部空气振荡形成内声场,并直接作用于安装在内部的电子设备上,造成设备功能丧失。噪声环境引起的主要故障模式有^[1]:

- 1) 光学器件光轴失调;
- 2) 电触点断续工作;
- 3) 导线磨损或断裂;
- 4) 印刷电路板破裂;
- 5) 惯性部件、波导管失灵或损坏;
- 6) 引起以空气为介质的电容器电容的变化,导致设备性能超差或失效。

噪声的大小与自由来流的动压成正比,同时也与武器外形、飞行马赫数和攻角等密切相关,其总声压级在130~170 dB范围内,飞行试验测量是唯一能确定这些压力的有效的精确手段。另外对于给定的噪声环境,也很难预知将产生的振动,大的空腔(特别是武器舱)引起的振动对全机环境和内埋武器可能都是主要因素。据英国《防务新闻》2006年4月的报道,美国第四代战机F-22挂载AIM120C导弹多次进行了机动飞行、武器舱门开启和关闭等状态的振

动和噪声环境测试工作,以验证雷神公司关于振动噪声传递的模拟和确定噪声振动环境对导弹电子设备的影响。随着我国新一代战斗机的研制,内埋武器舱具有隐身性能较好的配置方案,但由于各种原因,目前可用的飞行噪声环境测试数据很少。可以预计的是武器舱开门时气穴掠入气流形成的高量级空腔共鸣噪声对舱体结构和舱内武器有较大影响,是内埋武器研制必须考虑的环境因素之一,应及时开展噪声试验以验证其对噪声环境的适应性。

2 噪声试验方法分析

国外非常重视机载武器噪声试验,美国的AGM84A, AGM88A导弹除进行20~2000 Hz的随机振动外还进行100~2000 Hz、总声压为159 dB的全弹噪声试验,AIM120导弹更是将低频随机振动试验和高频噪声试验结合进行,作为系统考核试验项目^[2]。1986年颁布的GJB 150虽然等效采用了MIL-STD-810D推荐的噪声试验方法,配置了相应的试验设施,但针对武器的噪声试验开展较少。GJB 150.17给出的噪声环境试验分混响场噪声、掠入射噪声和空腔共鸣噪声三类^[3]。

混响场噪声方法要求一个均匀强度的噪声谱型,使噪声冲击所有暴露的试验件表面。通常在一个混响室中产生混响场,提供宽带随机激励并形成规定的频谱,机载外挂类产品推荐采用混响室试验方法进行试验。常规的混响室只能产生160 dB以内的均匀声场,对于高量级噪声输入应考虑使用掠入射噪声进行试验。

掠入射噪声方法要求有一个高强度、具有某一谱型的快速脉动的噪声,以一个特定的方向冲击试验件表面。掠入射噪声可以在行波管管道内产生,最高声压级可达165 dB以上,主要适用于系统级外挂产品,试验配置相对较容易,并可根据产品体积大小加工相应的行波管。试验件在行波管内最好保证其表面与管道的内表面平行,以防止引入空腔或局部紊流效应^[4]。

空腔共鸣噪声方法一般采用正弦声能激励,其声谱强度和频率分量在很大程度上受空腔的几何形状与腔内装备之间关系的支配,适用于武器舱内埋武器。空腔共鸣噪声试验可以在混响室或行波管内

完成,通过将激励源调谐到开口空腔的共鸣频率的正弦声源来模拟共鸣状况,空腔共鸣噪声试验应规定下列试验参数:噪声频率、空腔内的总声压级、试验持续时间。

内埋武器实际使用中受到的噪声环境不仅有空腔共鸣正弦噪声,还有载机进气道引起的随机噪声,是由行波声场和混响声场合成的复杂声场。由于实际条件限制,空腔共鸣正弦噪声试验通常单独在混响室或行波管内进行。

3 空腔共鸣试验条件分析

GJB 150.17给出了空腔共鸣试验条件的计算方法,认为空腔共鸣声压级与自由来流动压有关,而共鸣频率取决于空腔尺寸和空气动力流动条件,见公式(1)和公式(2)。

$$B_0 = 20 \lg q + 76.5 \quad (1)$$

$$f_N = \frac{6.13(N - 0.25) \left(2.4 - \frac{Ma^2}{2}\right)^{0.5}}{0.57LC + \left(2.4 - \frac{Ma^2}{2}\right)^{0.5}} \quad (2)$$

式中: B_0 为试验声压级,dB; q 为空腔敞开时的飞行动压,Pa; f_N 为第 N 阶模态共鸣频率($N=1,2,3,\dots$),Hz; N 为模态数; Ma 为马赫数; L 为暴露于气流中的开口长度/半径,m; C 为飞行高度上的声速,m/s。

该计算方法主要基于Heller,Smith.D等人1975年的研究报告给出。由公式(2)计算的共鸣频率非常低,远低于目前噪声试验设备能够达到的下限频率,由此确定的空腔共鸣试验频率无法在实验室进行试验。通过算例计算分析,公式(2)给出的共鸣频率计算方法存在较大误差。2008年颁布的MIL-STD-810G对空腔共鸣频率计算方法进行了修正,对于长深比大于2、飞行马赫数在0.4~1.5以内的空腔,给出的共鸣频率计算方法见公式(3)。以典型参数进行例证,假定长度为4 m的大型武器舱以马赫数1.5的速度在12 km高度开舱飞行,分别用公式(2)和公式(3)计算其共鸣频率。公式(2)计算的5阶模态共鸣频率才达到0.06 Hz,公式(3)第1阶模态共鸣频率已达到45.7 Hz,在10阶以内就能达到500 Hz的上限要求,并与模型测试结果有较好的一致性,详细计算结果见表1。由此可见,按公式(3)给出的空

腔共鸣频率具有更好的可实施性。

$$f_N = \frac{U}{L} \cdot \frac{(N - 0.25)}{\left[\frac{Ma}{\left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} Ma^2\right)^{0.5}} + 0.57 \right]} \quad (3)$$

式中: U 为自由来流速度,m/s; L 为暴露于气流中的空腔长度,m; Ma 为自由来流马赫数; N 为声模态阶数; γ 为空气的比热比,恒定常数1.4。

表1 空腔共鸣频率计算结果

Table 1 Calculating results of cavity resonance frequency

Hz		
共鸣频率	公式(2)	公式(3)
f_1	0.009	45.7
f_2	0.022	106.6
f_3	0.035	167.5
f_4	0.047	228.4
f_5	0.060	289.3

关于空腔共鸣噪声试验频率的下限,应考虑可实施性。有文献认为若产品进行振动试验,则不进行低于100 Hz频率范围内的噪声试验,产品结构保证其耐受低于上述频率的噪声作用的稳定性,高于100 Hz的噪声可以方便地在行波管或混响室中实现激励^[5]。

关于空腔共鸣噪声试验时间,由于武器舱开舱门的持续时间很短,且按内埋武器典型使用动压计算,噪声试验声压级超过170 dB。因此空腔共鸣噪声试验时间可确定为10 min或完成一次性能测试时间,以保证试验的可实施性。

4 噪声试验程序

按图1所示,将内埋武器用弹性支承系统悬挂在行波管或混响室的中间,并使武器表面积最大的方向朝向声源方向并暴露于噪声激励中。支承系统或任何辅助结构不应引入附加噪声或振动,其共振频率应选择小于25 Hz或1/4最低试验频率两者中较小者。

试验期间,与内埋武器连接的电缆、导管等,应类似于服役中的状态(约束和质量)。靠近内埋武器

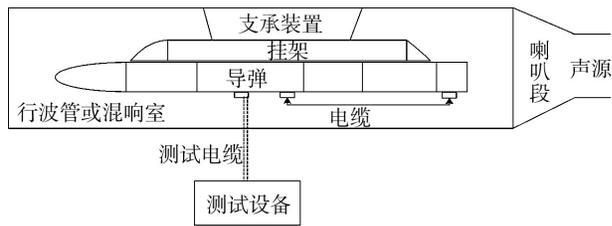


图1 噪声试验配置状态

Fig.1 Acoustic noise test configuration

的每个不同的主要表面上,放置用于试验控制的传声器(3~9个),距离表面0.5 m或介于表面中心和室壁之间的中间,取两者中较小者,试验控制的总声压级偏差应在 $-2 \sim 4$ dB以内。

按规定的噪声试验量级对内埋武器施加噪声激励,同时测试受试产品性能。试验后进行必要的外观检查,以确定内埋武器在噪声环境下结构和性能是否符合使用要求。

若条件允许,应在武器外表面配置振动传感器,测试噪声试验时各部位的振动响应,并与飞行试验数据进行比较分析。

5 结论

空腔共鸣噪声环境是新一代战机内埋武器在武器舱开舱门瞬间遇到的严酷环境因素之一,为确定内埋武器舱结构和武器在此环境下能够正常工作,

必须开展相应的空腔共鸣噪声环境试验。笔者在讨论噪声环境试验方法的基础上,给出了内埋武器可行的噪声环境试验方法,尝试确定了内埋武器空腔共鸣试验条件的计算方法和试验程序,为开展进一步的试验研究工作提供参考。

参考文献:

- [1] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [2] 艾希布拉特 小埃米尔 J. 战术导弹试验与鉴定[M]. 北京:国防工业出版社,1992.
EICHBLATT E J. Test and Evaluation of the Tactical Missile [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1992.
- [3] GJB 150.17—1986, 军用设备环境试验方法 噪声试验 [S].
GJB 150.17—1986, Military Equipment Environmental Test Acoustic Noise [S].
- [4] 邵闯, 黄文超. 机载设备的噪声环境试验研究[J]. 装备环境工程, 2009, 6(3): 46—50.
SHAO Chuang, HUANG Wen-chao. Study of Noise Environmental Test of Airborne Equipment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(3): 46—50.
- [5] 游亚飞, 徐路, 孙明阳, 等. GJB 150.17A 噪声试验方法介绍与分析[J]. 装备环境工程, 2010, 7(6): 32—35.
YOU Ya-fei, XU Lu, SUN Ming-yang, et al. ON Noise Test Method GJB 150.17A [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(6): 32—35.

(上接第 81 页)

- [7] 褚桂柏, 张焯. 月球探测器技术[M]. 北京: 北京大学出版社, 2003.
ZHU Gui-bai, ZHANG He. The Lunar Probe Technique [M]. Beijing: Peking University Press, 2003.
- [8] 林贵平, 王晋秀. 载人航天生命保障技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

- LIN Gui-ping, WANG Jin-xiu. Manned Spaceflight Life Support Technology [M]. Beijing: Beijing Aerospace University Press, 2006.
- [9] 欧阳自远. 月球科学概论[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2008.
OUYANG Zi-yuan. Introduction to Lunar Science [M].