

军用设备环境试验方法

噪声试验

GJB 150.17—86

Environmental test methods for military equipments

Acoustic noise test

本标准规定了军用设备噪声试验方法,是制订军用设备技术条件或产品标准等技术文件相应部分的基础和选用依据。

GJB150.1—86《军用设备环境试验方法 总则》的规定适用于本标准。

本标准适用于在强噪声场内工作或存放的任何军用设备。这种强噪声场出现在飞机、导弹以及诸如泵和发电机组等大型机械设备内部或附近。如果这些设备的宽带随机噪声环境的总声压级不超过 130dB(参考声压为 20 μ Pa),或每赫带声压级低于 100dB,则不必进行噪声试验。但作为振源而进行的试验除外。

本标准不适用于听力保护试验,不适用于对噪声不敏感的设备。

1 试验目的

噪声试验目的是考核设备在强噪声场中的工作性能和耐强噪声的能力,测定设备对强噪声的响应。

噪声试验可以在环境试验过程中的任何阶段进行。如果需要考虑噪声环境试验的累积效应对其它环境试验影响时,则应先进行噪声试验。

2 试验条件

如有实测数据,应优先选用。若无则可使用下列推荐的试验条件。

2.1 谱形

除机载外挂物、空腔共鸣试验外,军用设备的试验采用图 1 的谱形。

机载外挂物,采用图 2 的谱形。空腔共鸣试验,采用图 3 的谱形。

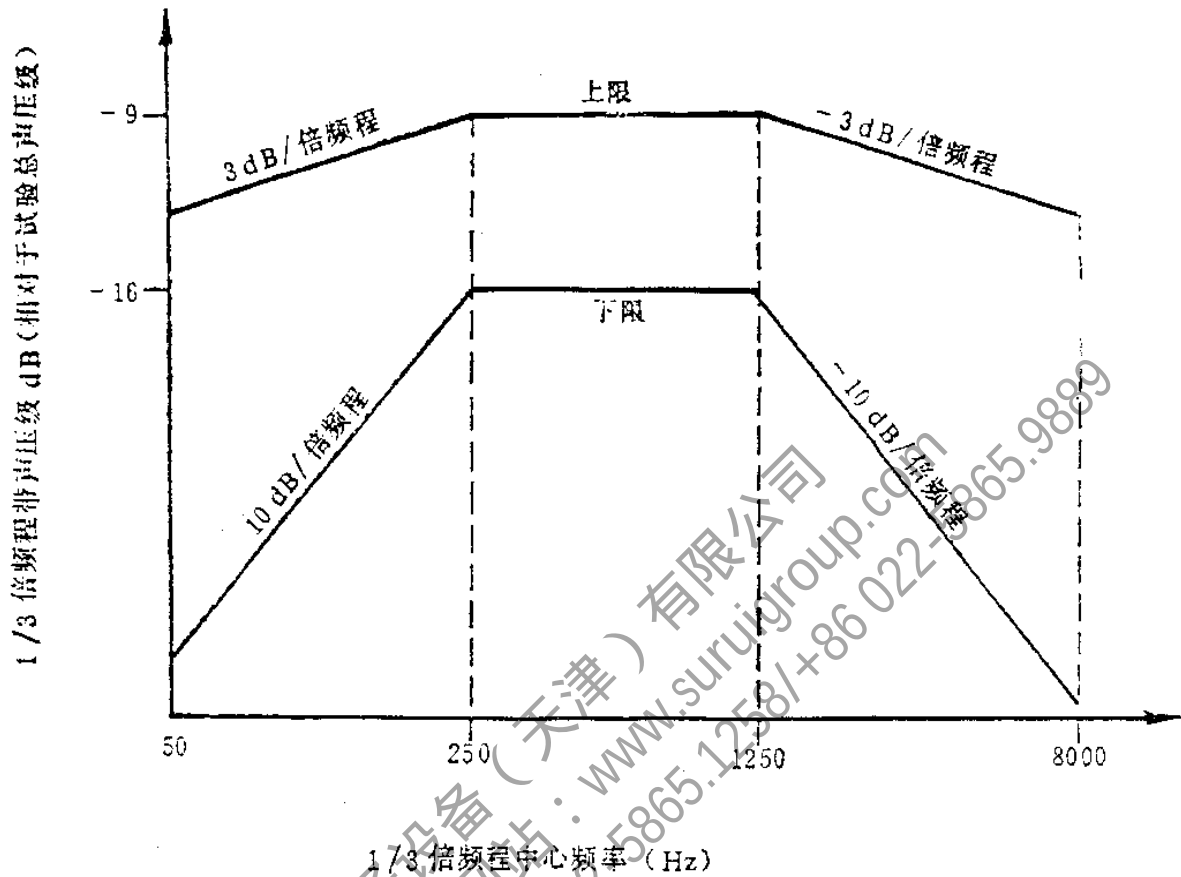
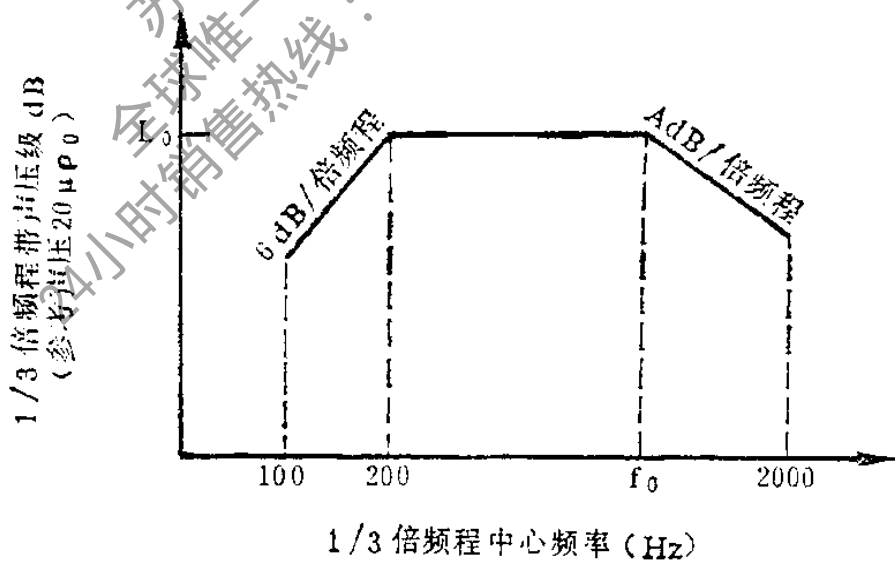


图1 推荐用于噪声试验的1/3倍频程谱

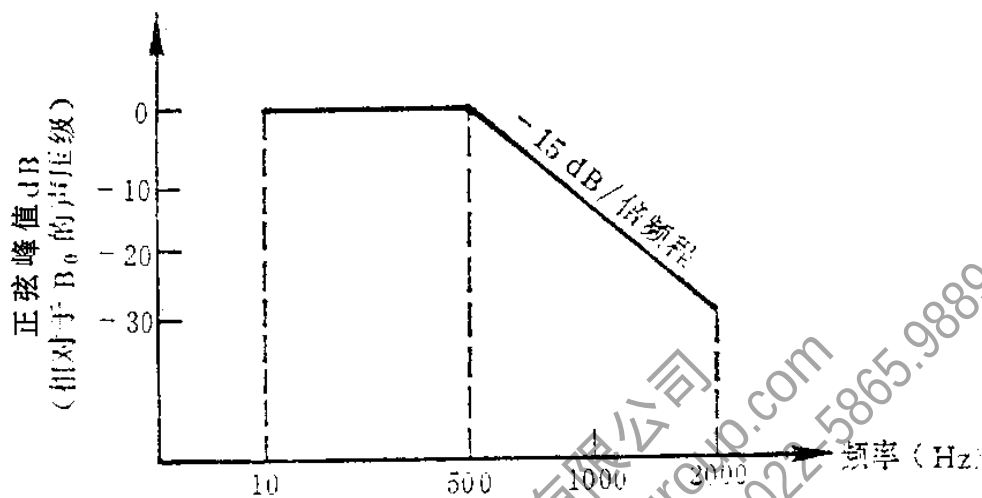


注:① L_0 和 f_0 的计算公式见2.2.2款。

② $A=-6$ 当 $f_0>400\text{Hz}$ 时,

$A=-2$ 当 $f_0\leq 400\text{Hz}$ 时。

图2 机载外挂声试验的1/3倍频程谱



注：B₀的计算公式见2.2.3款。

图3 空腔共鸣声试验级

2.2 声压级

设计阶段的试验条件为设计研究试验条件、鉴定试验条件和飞行剖面试验条件。根据不同的考核目的,又可分为性能试验(功能试验)和耐久试验(强度试验)。

试验时可选用表1中的数据或下面提供的相应的计算公式求出的声压级。

2.2.1 推荐的噪声试验级

根据军用设备在飞行器中的位置及操声环境的特点可分为九类(见表1),供试验时选用。

表1 设备分类和推荐的噪声试验级

分类	推荐的试验总声压级(dB)	设备应用场所	飞行器种类	设备位置	推荐的试验时间(min)
A	165	地面	火箭	发射场	8
B	150	地面	飞机	靠近机场跑道或喷气发动机试车台	30
C	150	机载	飞机	靠近声源并由隔板隔开	30
D	160	机载	飞机	靠近声源或在飞机的噪声锥内	30

续表 1

分类	推荐的试验总声压级(dB)	设备应用场所	飞行器种类	设备位置	推荐的试验时间(min)
E	160	箭载	火箭	除助推器或发动机舱之外的大多数位置	8
F	165	箭载	火箭	助推器或发动机舱	8
G	140	机载	飞机	大多数位置	30
H	见 2.2.2 款	机载	飞机	外挂物	见 2.2.2 款
I	见 2.2.3 款	机载	飞机	暴露在气流中的空腔附近或内部	见 2.2.3 款

注：① 在鉴定试验中，A 到 G 类的总声压级和试验时间用于性能试验，不要求单独做耐久试验。

② 参考声压为 $20\mu\text{Pa}$ 。

③ 总声压级已按混响试验环境修正。

④ 设计研究试验，试验时间只需 10min。如果推荐的时间少于 10min，则使用推荐的时间。

2.2.2 机载外挂物推荐的噪声试验级

2.2.2.1 一般机载外挂物噪声试验级计算公式：

性能试验

$$L_0 = 20\log(q_1) + 11\log(x) + 7\log(1 - \cos\beta) + G + H \quad (1)$$

$$f_0 = 600\log(X/R) + C \quad (2)$$

耐久试验

$$L_0 = 20\log(q_2) + 11\log(X) + 7\log(1 - \cos\beta) + G + H + 2.5\log(N/3T) \quad (3)$$

$$f_0 = 600\log(X/R) + C \quad (4)$$

式中： q_1 ——挂飞动压(Pa)， $\leq 8.62 \times 10^4$ 。

q_2 —— 5.75×10^4 (Pa)或最大挂飞动压，选其中小的一个。

N——最大预计飞行次数(最小 N=3)。

R——外挂物自身半径，cm。当外挂物是非圆形横截面时，其半径应取该横截面外接圆的半径。

X——沿外挂物轴向距外挂物头部的距离，cm(参看图 4)。

T——试验时间，h(除非另有规定，否则至少 T=1h)。

D——外挂物最大直径，cm。当外挂物是非圆形横截面时，应取横截面外接圆的最大直径。

β ——X=2.54cm 处的头锥角或 $\tan\beta=R/X$ (参看图 4)。

C=-200，外挂物尾端一个外挂物最大直径 D 或再入角后方一个外挂物最大直径 D 范围内的位置。

C=400，所有其它位置。

G=34 除非由另外的实测数据给定。

$H=0, 0.85 < M < 0.95$ 。M 为马赫数。

$H=-3\text{dB}$, 上述 M 值以外的其它值。

用公式(1)、(3)计算 L_0 时, 对三联弹射挂架的外挂物应增加 3dB, 而对复式弹射挂架的外挂物应增加 6dB。

用公式(2)、(4)算出的 f_0 大于 2000Hz 时, 使用 2000Hz 频率上限。算出的 f_0 低于 200Hz 时使用 200Hz。算出的 f_0 向上修正为 1/3 倍频程的中心频率。

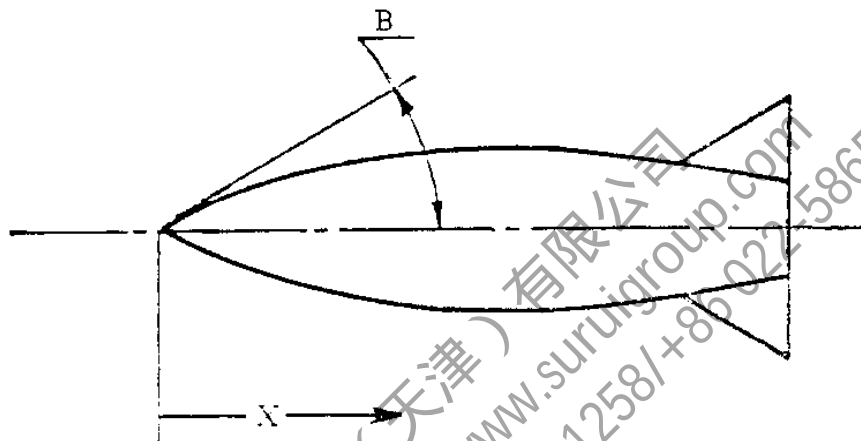


图 4 典型的外挂剖面

2.2.2.2 对于平头外挂物 ($80^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$), 在 $X < 254\text{cm}$ 的位置上, 噪声试验级计算公式:

性能试验

$$L_0 = 20\log(q_1) - 6\log(x) + E + H \quad (5)$$

耐久性能

$$L_0 = 20\log(q_2) - 6\log(x) + E + 2.5\log(N/3T) + H \quad (6)$$

式中: $E=65$ 除非由另外的实测数据给定。

2.2.2.3 对于长度大于 2 倍最大外挂物直径 D 的长圆柱体, 在圆柱段向后大于一个最大外挂物直径 D 的位置上, 噪声试验级计算公式:

性能试验

$$L_0 = 20\log(q_1) + F + H + 4.5 \quad (7)$$

耐久试验

$$L_0 = 20\log(q_2) + F + 2.5\log(N/3T) + H + 4.5 \quad (8)$$

式中: $F=46$ 除非由另外的实测数据给定。

2.2.2.4 对于长圆柱体后部的半径变化部分或平头外挂物在 $X > 254\text{cm}$ 处的半径变化部分, 应改变 X 的起点, 使得该部分的起点为 $X=2.54\text{cm}$ 。

性能试验

$$L_0 = 20\log(q_1) + 11\log(x) + F + H \quad (9)$$

耐久试验

$$L_0 = 20\log(q_2) + 11\log(x) + F + 2.5\log(N/3T) + H \quad (10)$$

未提供具体参数值时, 可采用表 2 参数值。

表 2 挂飞的典型参数值

外挂物类型	N 飞行次数	头部锥角 (°)	$Q_{\max}$ (pa)	f_0 头部剖面	f_0 中部剖面	f_0 尾部剖面
空—空导弹	100	69	7.66×10^4	500	1000	500
空—地导弹	3	12	7.66×10^4	800	630	630
仪 器 舱	500	69	8.62×10^4	500	1000	500
可重复使用的挂架	50	11	5.75×10^4	630	1000	400
爆 破 弹	3	24	5.75×10^4	500	1000	630
平头外挂物	3	90	5.75×10^4	400	630	315

2.2.3 空腔共鸣推荐的噪声试验级

空腔共鸣噪声试验级的计算公式：

性能试验

$$B_0 = 20 \log(q) + 76.5 \quad \dots\dots\dots (11)$$

耐久试验

$$B_0 = 20 \log(q) + 2.5 \log(H/T) + 76.5 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$f_n = \frac{6.13(n-0.25)(2.4-M^2/2)^{1/2}}{0.57(L)(C) + (2.4-M^2/2)^{1/2}} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中： f_n —— n 阶模态的共鸣频率(其中 $n=1, 2, 3, \dots$ 等)。

n ——模态阶数。

C ——在飞行高度上的声速(m/s)。

L ——受气流作用的空腔长度或半径(m)。确定第二组共鸣频率时, L 为空腔深度。

M ——马赫数。

q ——空腔敞开时的动压(Pa)。

H ——空腔敞开情况下,外挂物的飞行小时数。若 $H < 1$,不需要做耐久试验。

T ——试验持续时间, h (最小 $T=1h$)。

2.2.4 飞行剖面的噪声试验级

做飞行剖面试验时,由于总声压级与动压有关,因此应把每次飞行剖面表示成动压对时间的剖面,并用下列方法作出动压和飞行时间关系直方图。

取所有飞行剖面中的最高动压值,记作 $Q_{\max}$,把动压在 $Q_{\max}$ 与 $0.95Q_{\max}$ 之内的所有飞行时间相加。然后把动压在 $0.95Q_{\max}$ 至 $0.90Q_{\max}$ 之内的所有飞行时间相加。继续进行这一按 $5\%Q_{\max}$ 的动压区间相加飞行时间的过程,直到包括全部飞行剖面动压值为止。

取直方图中动压带(带宽为 $5\%Q_{\max}$)的中点动压为计算该声压级的动压。取相应该带的飞行时间为该声压级下的试验。试验时间用动压计算噪声试验级的公式见 2.2.2 款和 2.2.3

款。

2.3 试验持续时间

试验持续时间可按照表 1 和 2.2.2、2.2.3、2.2.4 款来确定。

2.4 试验容差

试验容差可根据试验目的和所用声场来选取。设计研究试验用图 1 的上限时,容差可不考虑;用图 2 时,容差下限取 -3dB ,上限不限。对于鉴定试验,用图 1 时,容差按图中规定;用图 2 时,容差为每 $1/3$ 倍频程带宽 -3dB 。对于空腔共鸣试验,其容差为 $\pm 3\text{dB}$ 。总声压级容差为 $-2\text{dB} \sim +4\text{dB}$ 。

3 试验设备

3.1 声场

使用中承受的脉动压力环境是一个由行波声场和混响声场组成的复杂声场。由于实际条件的限制,通常在混响试验室或行波管内完成。在没有合适的试验室情况下,也可采取火箭或喷气发动机或其它声试验装置提供的自由或半自由声场来完成。

3.1.1 混响试验室

用具有足够功率的声源使至少 10 倍于试验样品体积的容积的试验室产生一个混响场。在空室的情况下总声压级分布应均匀到所要求值的 $-2\text{dB} \sim +4\text{dB}$ 以内,这样的试验室称混响室。用它来完成的噪声试验称混响试验。当脉动压力源呈现分布状态时,如飞行器蒙皮上的紊流附面层噪声,应使用混响试验技术。混响试验对位于局部强声源的火箭闭合空间内的仪器也是适用的。

3.1.2 行波试验管

它是一个管状的试验装置。在管的一端加声载(理想的声载是平面波)。声波在管内以平面的形式向前传播,声波像水波在水面上传播那样扫过试验样品表面,另一端则是出口。平面波的传播有时也会受试验样品的影响引起声场的变化。由于声能局限于管内,因此可以得到高的声压级。行波试验技术用来模拟局部强声源。它还适用于直接受到火箭或喷气发动机局部声源作用的各种类型飞行器外部设备。混响试验声场不同于行波试验声场。如果要用混响试验声场来代替行波试验声场,则应调整试验量级以考虑两种声场引起振动效率的差别。

3.1.3 自由声场或半自由声场

自由声场或半自由声场是一个没有声能反射或声能反射不大的声场。通常利用一块空旷的场地作为试验场地。它模拟的是声压级较低的行波声场,并往往需要利用隔板来产生所需要的声压分布。由于它比较简单,试验场地大,往往用来作试验场压级不高,谱形要求不严的大尺寸试验样品的噪声试验。

火箭或喷气发动机地面热试车时产生的声场类似于半自由场。只要它能达到噪声试验条件所需要的均匀度、声谱和总场压级时就可以用于噪声环境试验。由于该试验环境难以控制,因此它的使用有一定的局限性。

4 试验程序

本试验方法由设计研究试验、鉴定试验和任务剖面试验三个程序组成。

4.1 试验前准备

选用的声试验装置应能产生所要求的总声压级和频率范围的噪声。其声场分布应满足试验条件要求。对声试验装置可能产生频率范围之外的频率,可不去控制。声环境应当控制在特定试验程序的容差之内。

4.1.1 试验程序的选择

根据下列因素选取相应的试验程序:

- a. 试验样品在设计过程中所处的阶段。
- b. 是否要求加速试验。
- c. 飞机上是否有开口;是否有外挂物。
- d. 试验样品的外形。
- e. 是否存在可以取代的试验。

4.1.2 试验设备和条件的确定

根据试验样品遇到的声环境选取程序和相应的试验条件,确定试验中要产生的声压级、持续时间和谱形,选取所需的声源。

4.1.3 试前的检测

试验样品的外形结构应与实际使用的一致。其外观及性能的检测应符合有关标准的规定。

4.1.4 试验样品安装和声传感器的位置

用弹簧或软绳将试验样品支撑或悬挂起来。如果在柔性悬挂和试验样品之间或要保证柔性悬挂时还需要一个过渡夹具,必须保证该夹具不产生二次辐射声或振动输入。悬挂系统的固有频率应低于 25Hz。试验样品的每个面都要暴露在声场中,其位置应在试验室的中央。混响室为矩形时,试验样品的主要表面不应平行于室壁。

4.1.4.1 非外挂物噪声试验

至少要用三个传声器来监测声场。在混响室和自由场或半自由场中这些传声器的位置取离试验样品侧面 45cm 或侧面距室壁距离的一半这两者中小的一个。在行波管中,这些传声器沿试验样品中心面的周向壁上按 120°分布。测量试验样品周围的声压级的分布并调到所要求值的 $-2\text{dB} \sim +4\text{dB}$ 以内。

4.1.4.2 机载外挂物噪声试验

至少要用九个传声器来监测声场。这些传声器配置在三个垂直于外挂物纵轴的参考面上。这些参考面位于外挂物长度的 1/6、1/2 和 5/6 处。在每个参考面上,围绕外挂物安装三个相隔 120°的传声器,在行波管中,传声器安装在管壁上。在混响室或自由场和半自由场中,传声器的位置取离试验样品侧面 45cm 或侧面至室壁距离的一半这两者中小的一个。每个参考面的平均噪声谱应在额定声谱的 $-3\text{dB} \sim +6\text{dB}$ 以内。总声压级应在 $-2\text{dB} \sim +4\text{dB}$ 以内。

4.1.4.3 空腔试验

在待试的空腔中安装一个传声器。传声器的敏感面应朝开口方向,避开腔底声反射的直接作用。试验期间,只使受试空腔受到声能的直接作用。为了达到这个目的,应使空腔试验样品外表面的声压级比空腔内的声压级至少低 20dB。如果采取隔声装置,则要保证试验样品的振动不衰减。

4.2 程序 I——设计研究试验

设计研究试验是在设备研制过程中进行的试验,用来找出样机或飞行试验样品中的动特性和缺陷,为设计师提供试验数据,便于设计师消除设计工艺方案中的错误和不足。该试验模拟使用或飞行中要求的最恶劣的环境。所对应的试验条件是最严重的声环境的声压级。

- a. 对按 4.1 条要求准备的试验样品,按 2.1 条和 2.2 条中规定的时间、声压级和声谱进行加载。此时试验样品通电不工作;
- b. 检查试验样品有无零件松动,金属导线破损以及其它明显的损坏。对试验样品进行校正或修理;
- c. 试验样品通电处于工作状态,检查试验样品工作性能是否正常,校正或修理所产生的任何损坏;
- d. 试验样品处于通电工作状态。按 2.1 条和 2.2 条规定的时间、声压级和声谱对试验样品加载。检查其性能是否满足要求;
- e. 检查试验样品有无零件松动,金属导线破损以及其它明显的损坏;
- f. 如有必要,飞行试验前进行修理或校正;
- g. 按 5.2 条做试验记录。

4.3 程序 II——鉴定试验

鉴定试验是用来验证试验样品是否满足合同规定要求的试验。应采用预期的最恶劣的使用环境作为试验的基础。鉴定试验包括耐久试验和性能试验。性能试验是有效使用期中最严酷环境的试验。耐久试验是一种加速试验,它必须模拟设备的累积效应时间。如果一个试验样品要进行性能试验和耐久试验,应先做一半时间的性能试验,再做耐久试验,最后完成剩下的一半时间的性能试验。

- a. 对按 4.1 条中要求准备的试验样品,按 2.1 条和 2.2 条中规定的性能试验级加载。此时试验样品通电处于工作状态;
- b. 按 2.1 条和 2.2 条中规定的耐久试验级加载;
- c. 检查试验样品工作性能是否满足要求。如果不是外挂或空腔则转至 b;
- d. 如果需要做自由飞行试验,按 2.2 条中规定的自由飞行的声压级对试验样品进行加载,此时外挂物处于自由飞行状态;
- e. 检查外挂物是否满足自由飞行的全部性能要求;
- f. 若是空腔共鸣试验,则在主要的共鸣频率上做定频共鸣试验。声压级按 2.2 条的规定,容差在 $\pm 3\text{dB}$ 以内。共鸣试验可以是单频的也可以是多频的;
- g. 检查试验样品的性能是否满足要求;
- h. 按 5.2 条做试验记录。

4.4 程序 III——飞行剖面试验

飞行剖面试验是模拟飞行状态的试验。要求在某声压级下的试验时间与使用中相同声压级的作用时间一样并按飞行历程来模拟。因此,试验期间声压级是随时间变化的。它不是一种加速试验,但也不是精确的真实的飞行历程的再现。

- a. 对按 4.1 条中要求准备的试验样品,根据飞行剖面动压图,按 2.1 条和 2.2 条所求得的相应时间、声压级和声谱加载。试验样品处于工作状态;
- b. 检查试验样品性能是否满足要求;
- c. 试验的次数等于所要求的飞行次数;
- d. 按 5.2 条做试验记录。

5 引用本标准时应规定的细则

5.1 应规定的细则

- a. 程序号;
- b. 试验前需要的数据;
- c. 合格判据;
- d. 试验期间的要求,如是否要求操作,操作时怎样进行监控;
- e. 决定试验条件所必需的参数;
- f. 是否有特殊的安装要求。

5.2 应记录的资料

- a. 试验样品的原始经历;
- b. 试验检查和试验程序,包括检查要求、试验标准、仪器设备、数据要求和合格判据等;
- c. 试验设备一览表,包括噪声源、测量和数据分析设备、安装和固定夹具等;
- d. 试验装置和仪器设备的配置说明,包括必要的附图和照片;
- e. 从试前到试后的所有检查工作记录;
- f. 试验中记录的数据;
- g. 所有破坏、故障及试验事故的分析。

附加说明:

本标准由国防科学技术工业委员会综合计划部提出。

本标准由国防科学技术工业委员会军用标准化中心研究室主办。

本标准由航天部七〇二所负责起草、核工业部九院参加起草。

本标准主要起草人:李宪珊、于长勤。