

中华人民共和国国家军用标准

军用设备环境试验方法 飞机炮振试验

GJB 150.20—86

Environmental test methods for military equipments

Aircraft gunfire vibration test

本标准规定了军用设备环境试验方法的飞机炮振试验,它是制定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。

本标准适用于承受由于飞机炮击而诱导的振动环境的机载设备。

机炮射击产生振动有两种不同的振源:

- a. 从炮口发出的冲击波;
- b. 炮在其安装处的后座反冲。

这种环境随着与振源距离的增加显著的减弱。因此,以炮口为圆心,2.0m 半径范围内的设备需考虑做炮振试验。2.0m 半径以外的设备一般可不考虑。

不能用常规的振动试验来代替本试验方法,但如果炮振谱的最大值等于或低于其规定的振动试验量值,则炮振试验可以不进行。

1 试验目的

炮振试验用于评定设备在炮击振动环境中的抗振能力。

2 试验条件

试验条件应根据可用的实测数据来制定。若无实测数据,则可按下面给出的炮振试验谱和持续时间确定。

2.1 炮振谱的确定

2.1.1 炮振谱的特点

一般的炮振谱如图 1 所示,它是由宽带随机谱上迭加四个窄带随机峰组成。四个窄带随机峰对应的中心频率是射击频率的基频及其前三阶倍频。

图中每一个参数的具体值可利用下列参量由公式(2)、(3)来确定。

- a. 距离矢量(D):距离矢量(见图 2)是从炮口到设备和结构的连接点之间的空间距离。对多门炮的配置,D 矢量原始点的确定见图 3。
- b. 炮的投影距离参数(H):投影距离参数(见图 4),h 为炮管轴线到飞机表面的垂直距离。
- c. 深度参数(Rs):深度参数(见图 2),为从飞机蒙皮到机内设备位置之间的垂直距离。如果 Rs 未知,则取 $R_s = 7.5\text{cm}$ 。

d. 振动峰值带宽(Δf):

$$(\Delta f) = \frac{\pi \sqrt{F_1}}{4} \dots\dots\dots (1)$$

式中: (Δf)—在功率谱密度峰值下降 3dB 处的带宽。

F_1 —射击频率的基频或倍频。

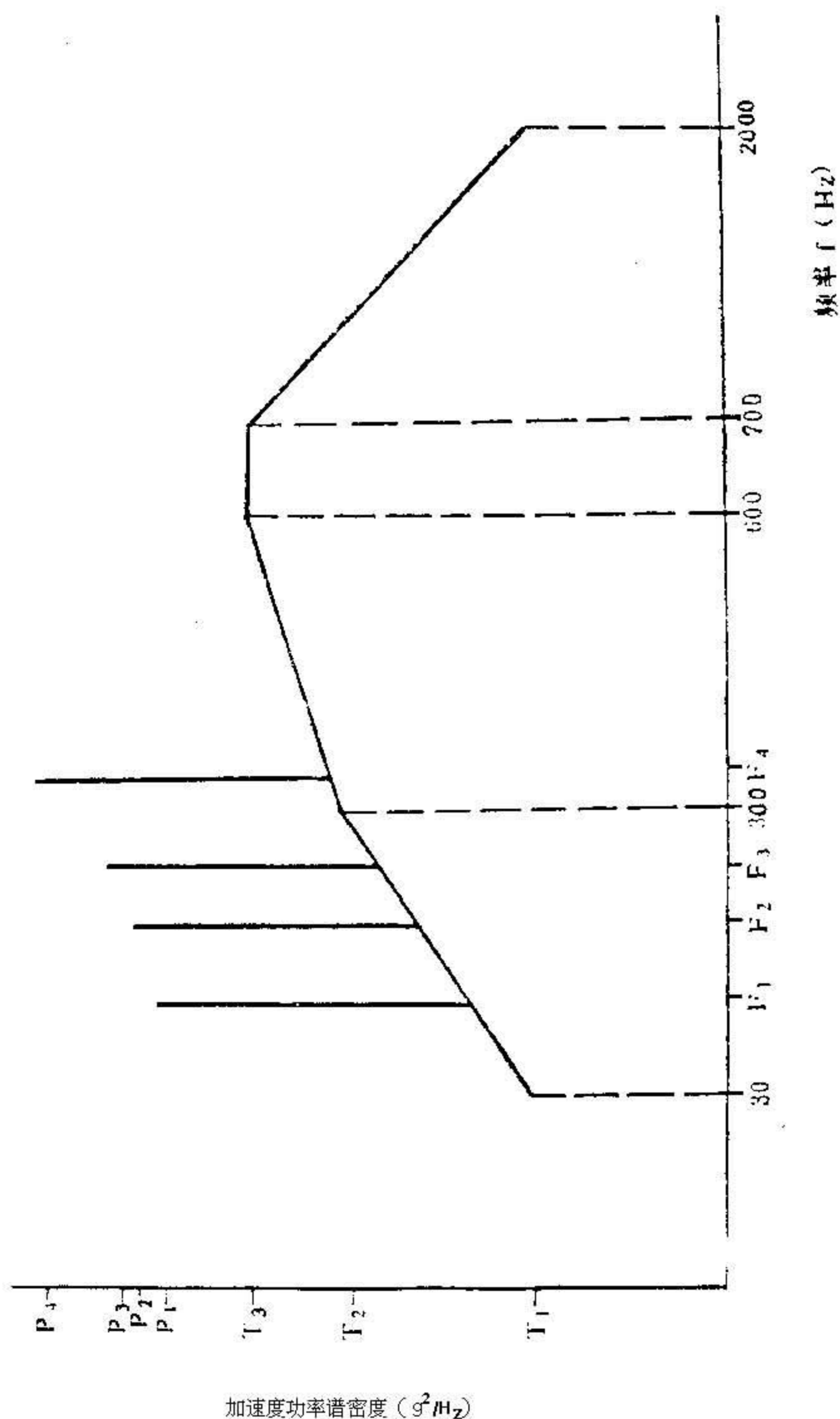


图 1 通用的炮击振动谱

图 1 通用的炮击振动谱

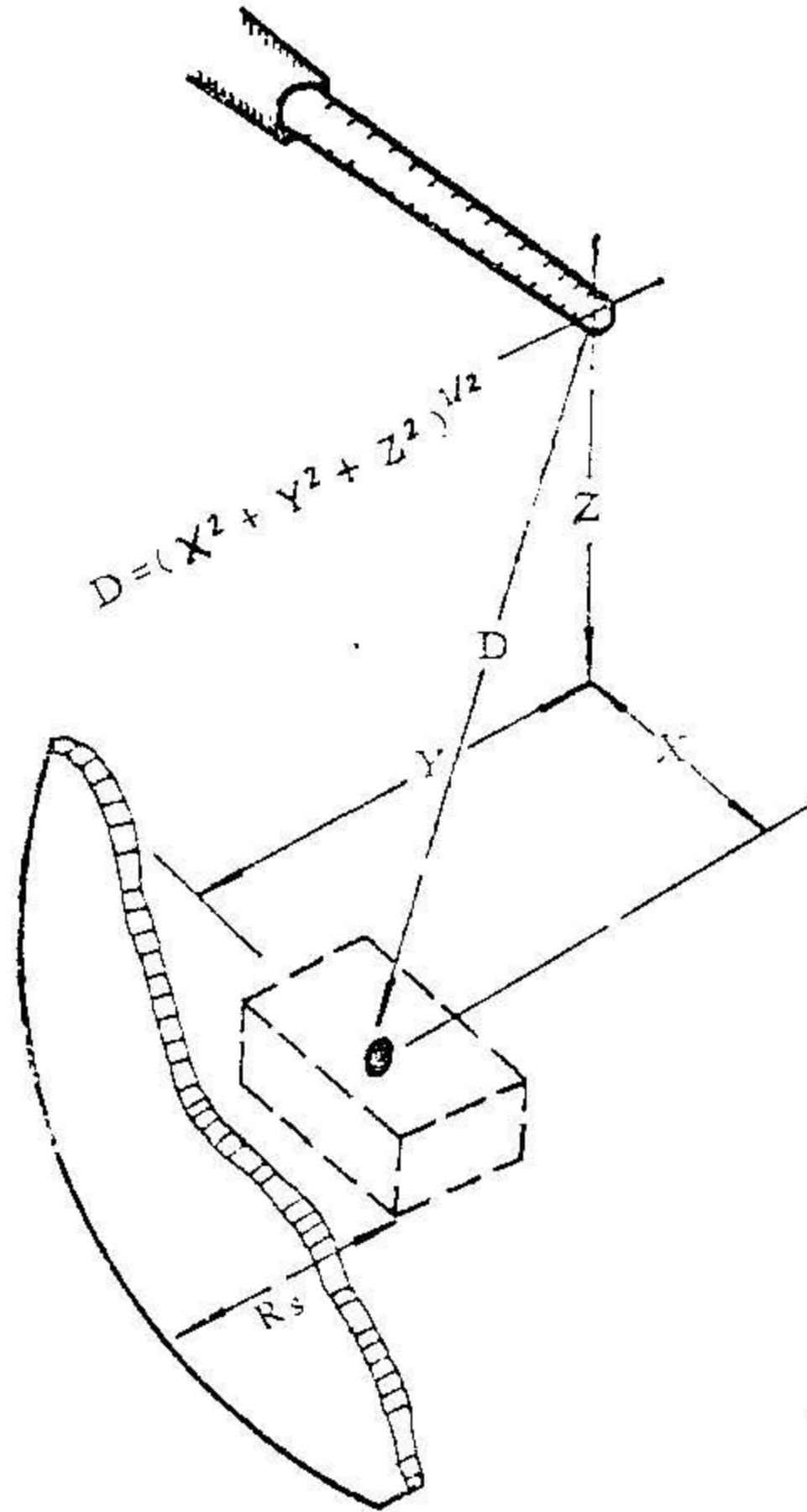


图2 距离矢量(D)和深度参数(Rs)

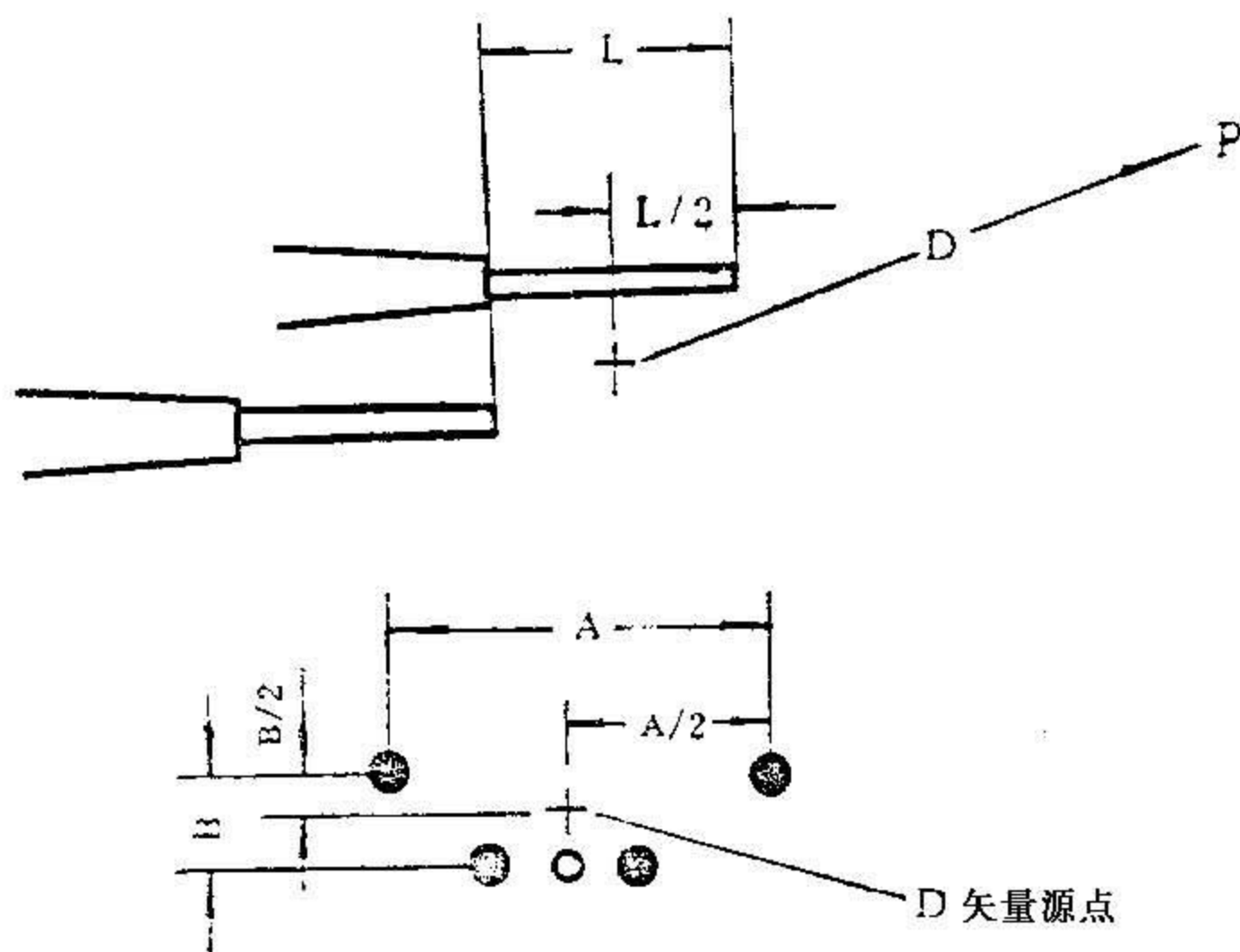


图 3 近距离配置的多门炮

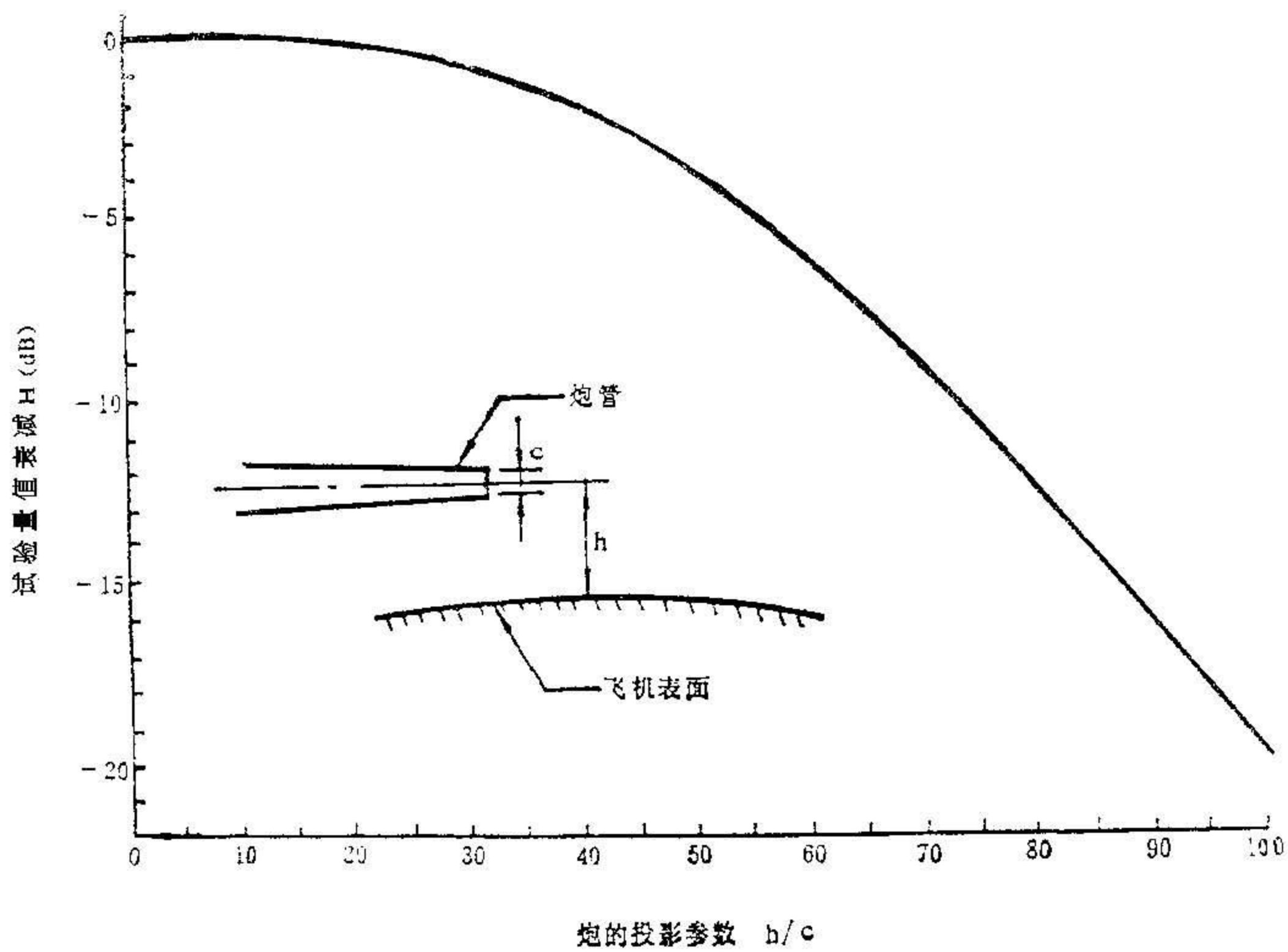


图 4 由炮的投影参数导致振动量值的衰减量

2.1.2 炮振谱的计算

炮振谱的计算见公式(2)、(3)。

$$10\log T_i = 10\log(NF_i E) + H + M + W + J + B_i + 53\text{dB} \quad (2)$$

$$10\log P_i = 10\log T_i + K_i + 17\text{dB} \quad (3)$$

式中: N —相距很近的同时射击的炮的数目。对分散在机体上的各门炮,如在翼根和在炮舱中,应根据每门炮的位置单独确定振动试验谱。根据试验的目的,再来选择哪一门炮引起的振动量值作为振动试验量值。

F_i —射击频率($F_2 = 2F_1, F_3 = 3F_1, F_4 = 4F_1$), Hz。

E —炮的冲击波能量, J。

H —炮的投影距离的影响(见图 4)。

M —炮位置的影响。在炮口垂直于炮管的平面和飞机结构不相交的情况下, $M = -6\text{dB}$; 其它情况下 $M = 0$ 。

W —试验设备重量的影响(见图 5)。如果设备重量未知,则取 $W = 4.5\text{kg}$ 。

J —设备位置和飞行器蒙皮相对空间的影响(见图 2 和图 6)。

B_i —从炮口到设备位置距离矢量的影响(见图 7)。

T_i —试验量值, g^2/Hz 。

P_i —频率对应 F_i 的试验量值, g^2/Hz (式中 $i = 1 \sim 4$)。

K_i —在每个窄带随机峰值 P_i 上距离矢量的影响(见图 8)。

注: dB 值是相对于 $1\text{g}^2/\text{Hz}$ 的。

2.2 持续时间的确定

三个轴向的每个方向上, 振动 10min(按图 1 所示的谱)。

若宽带随机和窄带随机分开做, 则:

窄带随机—三个轴向的每个方向上四个频带各振动 10min;

宽带随机—三个轴向的每个方向上各振动 10min;

若振动峰值用正弦定频来代替窄带随机, 并且正弦定频和宽带随机分别进行, 则:

正弦定频—三个轴向的每个方向上振动 10min;

宽带随机—三个轴向的每个方向上振动 10min。

2.3 试验方向

除非另有规定, 应分别对试验样品三个互相垂直轴的每一轴向进行炮振试验。

如果试验样品在飞机上具有特定的安装方向, 则选择三个互相垂直轴向时应包括这一方向; 如果试验样品在飞机上任意安装, 则应选对振动最为敏感的方向为三轴向之一; 否则可任选三个互相垂直的轴向为试验方向。必须在试验报告中注明这些轴向的定义。

如已确证试验样品的某一个或两个方向上的振动对试验样品工作性能和寿命无重要影响, 则可不对这些方向进行试验。

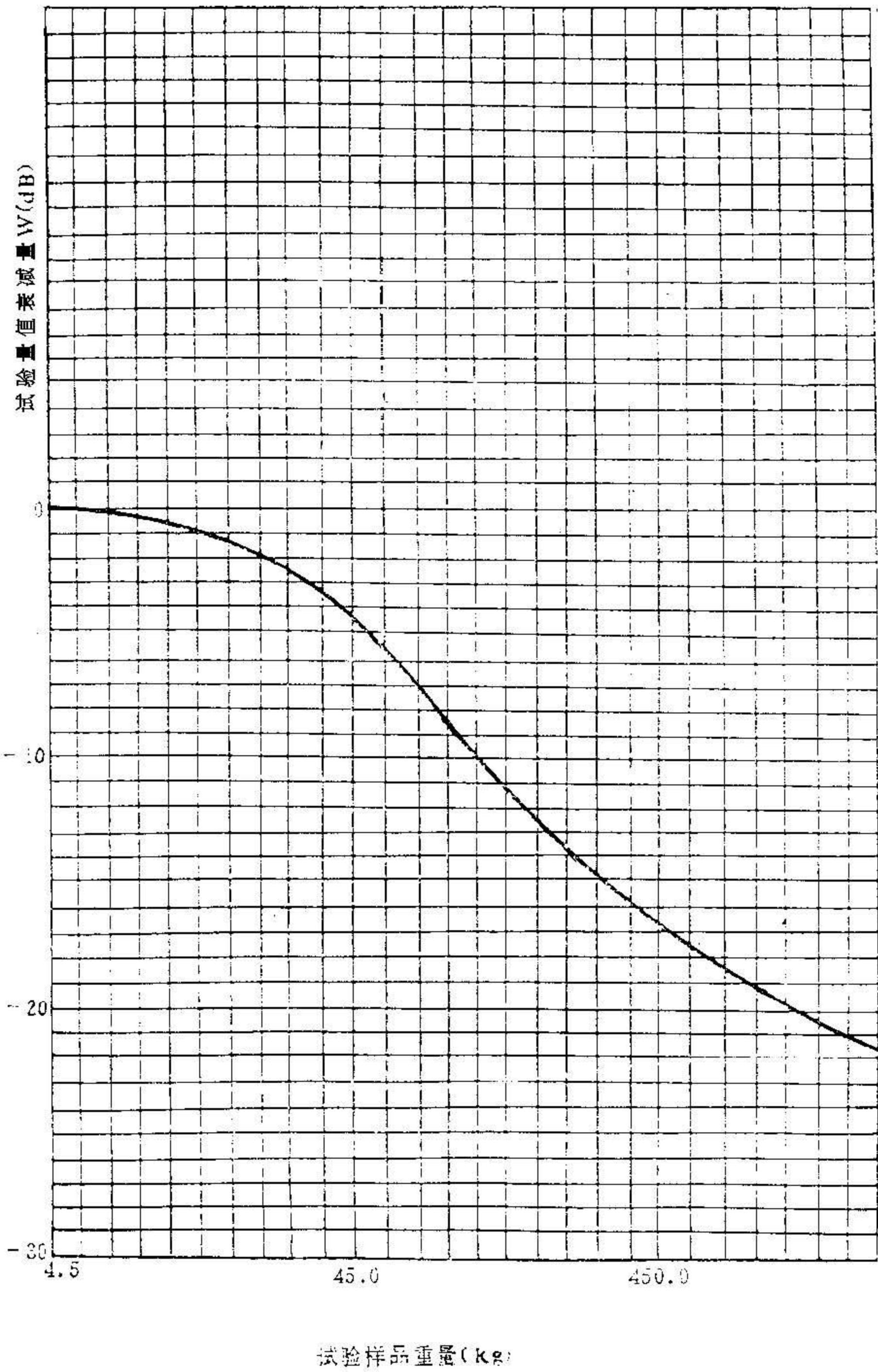


图5 由于设备的重量负载导致振动量值的衰减量

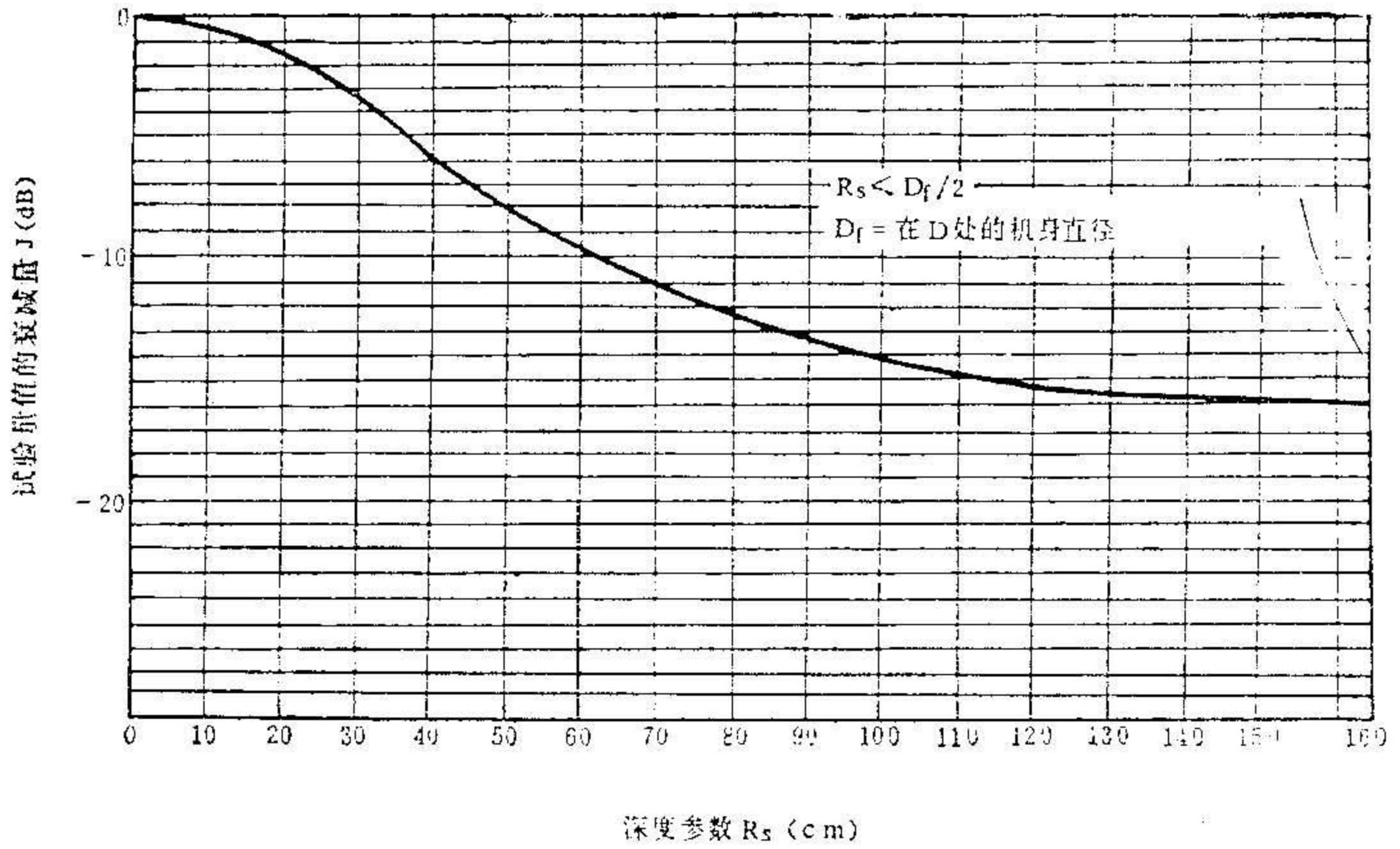


图 6 由深度参数导致振动量值的衰减量

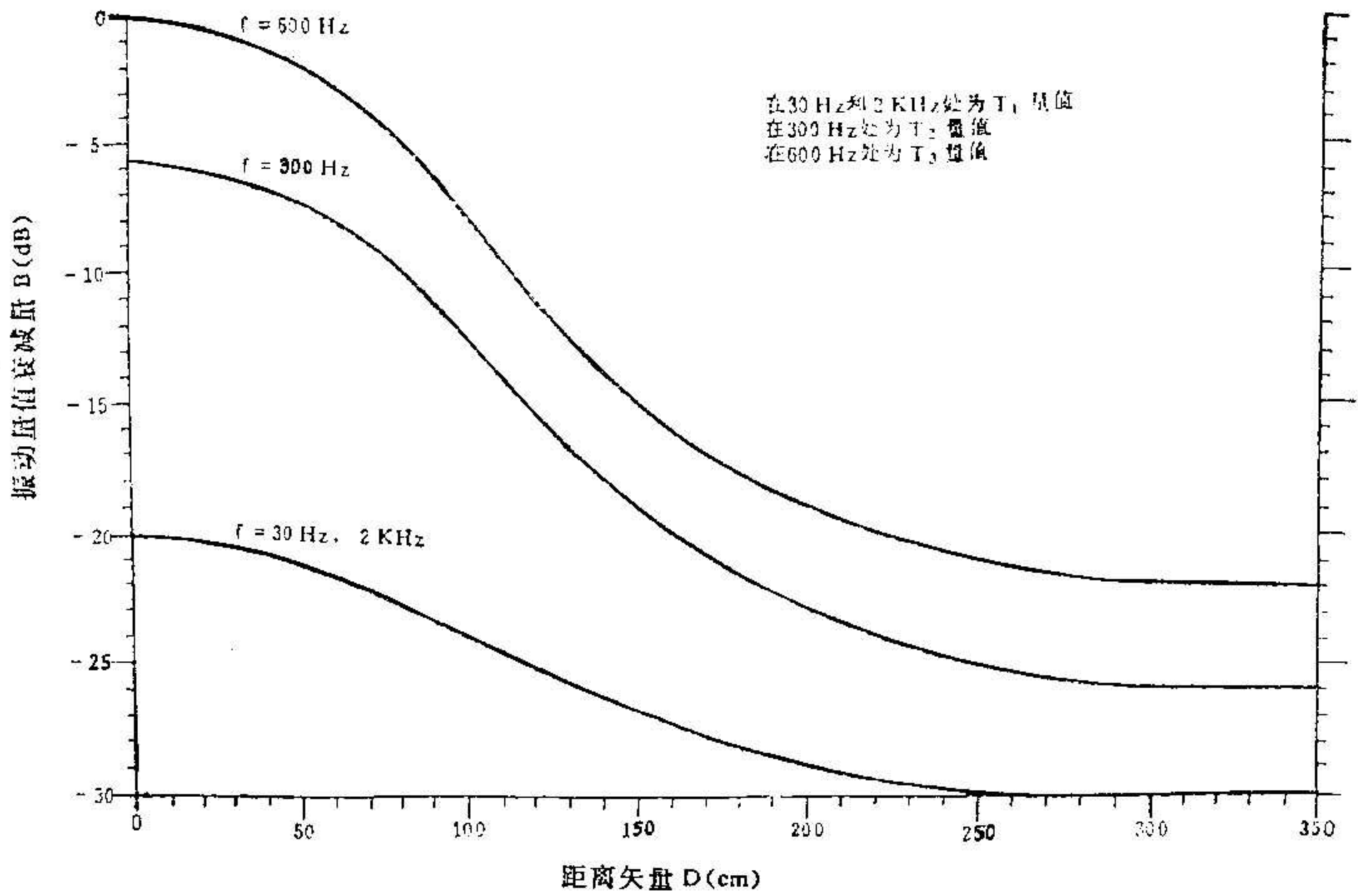


图7 随着到炮口距离矢量的增加引起振动量值的衰减量

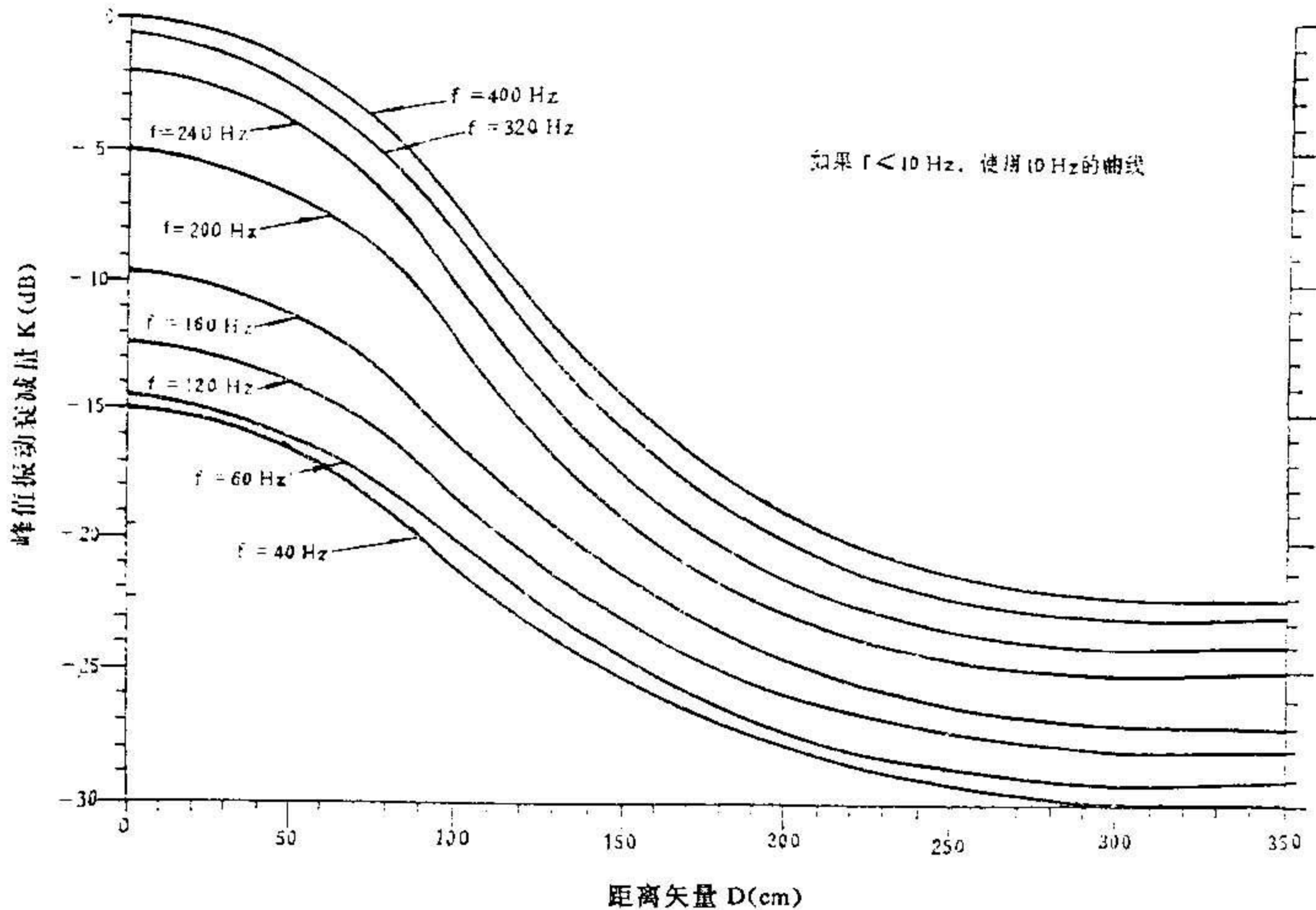


图 8 炮击峰值振动量值随距离矢量增加引起的衰减量

2.4 试验容差

对宽带随机上迭加窄带随机振动峰值的试验方法, 试验容差如下:

在 F_1, F_2, F_3 和 F_4 处 ± 6 dB;

当频率超过 400 Hz 以上为 ± 6 dB;

400 Hz 以下为 ± 3 dB。

允许个别点超出规定容差。但当确认该点为欠试验时, 则在相应频带内应补做。

3 试验设备

3.1 试验装置

任何能满足试验条件的炮振试验装置都可采用。

3.2 通用试验技术

3.2.1 试验样品的安装

3.2.1.1 试验样品应按正常的安装方式直接或借助于夹具紧固于振动台台面上, 并尽量避免其它附加的紧固或捆扎。所有连接件(如电缆、导管、导线等)对试验样品的限制也必须和飞机上正常固定时的限制相似。如果试验必须使用某种专用接头, 这些接头不应有对试验有明显的影响。

3.2.1.2 使用中带有减震装置的设备,一般应带上减震装置进行试验,如果实际上难以做到这一点,则可以不带减震装置进行试验。其振动量值如果本标准有规定,则取用之;如无规定,则由供需双方协商处理。

3.2.1.3 用于测量和控制的传感器应刚性牢固地安装于试验样品与台面或夹具的固定点上,或尽量靠近它,或其它规定的位置上。

在试验样品上也可安装传感器以测量共振频率及品质因数 Q 。安装位置应是可能发生共振的部位,包括主要结构、部件、组件等。应使传感器对动力特性测量的影响减到最小。

3.2.1.4 有关标准应说明重力影响是否重要。如果重要,试验样品安装应保证重力作用方向与使用状态相一致。

3.2.1.5 如果有必要,有关标准还需说明试验中试验样品受磁干扰的最大许可值。

3.2.2 安装夹具

3.2.2.1 安装夹具应能保证试验样品在规定的轴向上进行振动。

3.2.2.2 安装夹具应模拟实际安装情况。如不能做到,则应使夹具具有足够的刚度,以保证振动台的运动正确地传递给试验样品。

3.2.2.3 安装夹具的设计应尽量使夹具同试验样品一起在质量分布上是对称的,以使不平衡载荷减到最小。

3.2.3 控制点的选择

当夹具较刚硬、试验样品较小时,通常可用台面中心作为控制点;当夹具刚性对控制值影响较大时,可选择试验样品与夹具或振动台台面的连接点作为控制点;当样品较大,或用上述点控制不合适时,则可采用试验样品预期的或在使用中测得典型响应值的部位作为控制点;有时,也可将台面、夹具、试验样品上各部位综合考虑作为控制点。控制点要根据试验不同的要求作具体的适当的选择。

3.2.4 扫描方法

在规定频率范围内,由低限频率扫描至高限频率,再由高限频率反回至低限频率称为一次扫描,反之亦可。

扫描方式通常为对数连续扫描,扫描率应小于或等于每分钟一个倍频程。

在共振检查时,可以降低试验量值和扫描率,特别是对于低频小阻尼系统更应如此。但应避免在共振频率上停留时间过长,以免引起过大的疲劳损伤。

4 试验程序

4.1 程序1 宽带随机上迭加窄带随机峰值试验。

按2.3条选择轴向,并依次进行试验。

4.1.1 初始检测

按有关标准的规定对试验样品进行外观检查,并进行有关电气性能及(或)机械性能的量。

4.1.2 试验步骤

4.1.2.1 步骤1 最初共振检查。

4.1.2.1.1 最初共振检查的目的是确定试验样品在规定频率范围内发生机械共振的频率。记录机械共振的频率和相应的品质因数 Q。

4.1.2.1.2 在试验样品试验频率范围内,以振幅 0.3mm(30~40Hz),加速度 2g(40Hz 以上)的正弦扫瞄振动进行共振检查。如果以上激励激起试验样品的幅值过小而不便于共振检查,则可以增加激励幅值。

允许采用手动扫瞄方式进行共振检查。在整个频率范围内应均匀缓慢地改变激励频率,相应的扫瞄率不能大于每分钟一个倍频程。

4.1.2.1.3 共振检查时,试验样品应处于工作状态。如果因处于工作状态而难以确定其共振特性时,则进行非工作状态下的共振检查。

4.1.2.2 步骤 2 炮振试验。

4.1.2.2.1 试验样品在炮振试验期间应处于额定工作状态或有关标准规定的工作状态。

4.1.2.2.2 试验谱形和量值按 2.1 条确定。

4.1.2.2.3 试验持续时间按 2.2 条确定。

4.1.2.2.4 试验轴向按 2.3 条确定。

4.1.2.3 步骤 3 最终共振检查。

4.1.2.3.1 最终共振检查的进行方式及所用幅值与最初共振检查相同。

4.1.2.3.2 有关标准应当说明,当共振频率发生某种变化时应按有关标准规定处理。

4.1.3 最终检测

按有关标准规定,对试验样品进行外观检查,试验样品不应出现导线脱焊、紧固件松动及结构损伤等。并对试验样品进行有关电气性能及(或)机械性能的测量,判定该产品是否符合要求。

4.2 程序 II 宽带随机和窄带随机或正弦定频分别进行试验。

按 2.3 条选择轴向,并依次进行试验。

4.2.1 初始检测

(同 4.1.1 款)

4.2.2 试验步骤

4.2.2.1 步骤 1 最初共振检查。

(同 4.1.2.1 项)

4.2.2.2 步骤 2 炮振试验。

4.2.2.2.1 (同 4.1.2.2.1)

4.2.2.2.2 宽带随机试验部分按 2.1 条确定(但无窄带峰值)。

4.2.2.2.3 (同 4.1.2.2.3)

4.2.2.2.4 (同 4.1.2.2.4)

4.2.2.2.5 窄带随机试验部分,按 2.1 条确定的窄带随机谱进行试验,试验持续时间由 2.2 条确定。

4.2.2.2.6 正弦定频试验部分,按图 9 的谱进行定频试验。正弦试验量值 A_i 按下式计算:

$$A_i = r \sqrt{P_i \Delta f} \dots\dots\dots (4)$$

式中： A_i —正弦定频试验幅值；

r —变换系数，取 $r=2.1$ ；

P_i —见公式(2)、(3)；

ΔF —见 2.1.1。

4.2.2.2.7 (同 4.1.2.2.3)

4.2.2.2.8 (同 4.1.2.2.4)

4.2.2.3 步骤 3 最终共振检查。

(同 4.1.2.3)

4.2.3 最终检测

同(4.1.3)

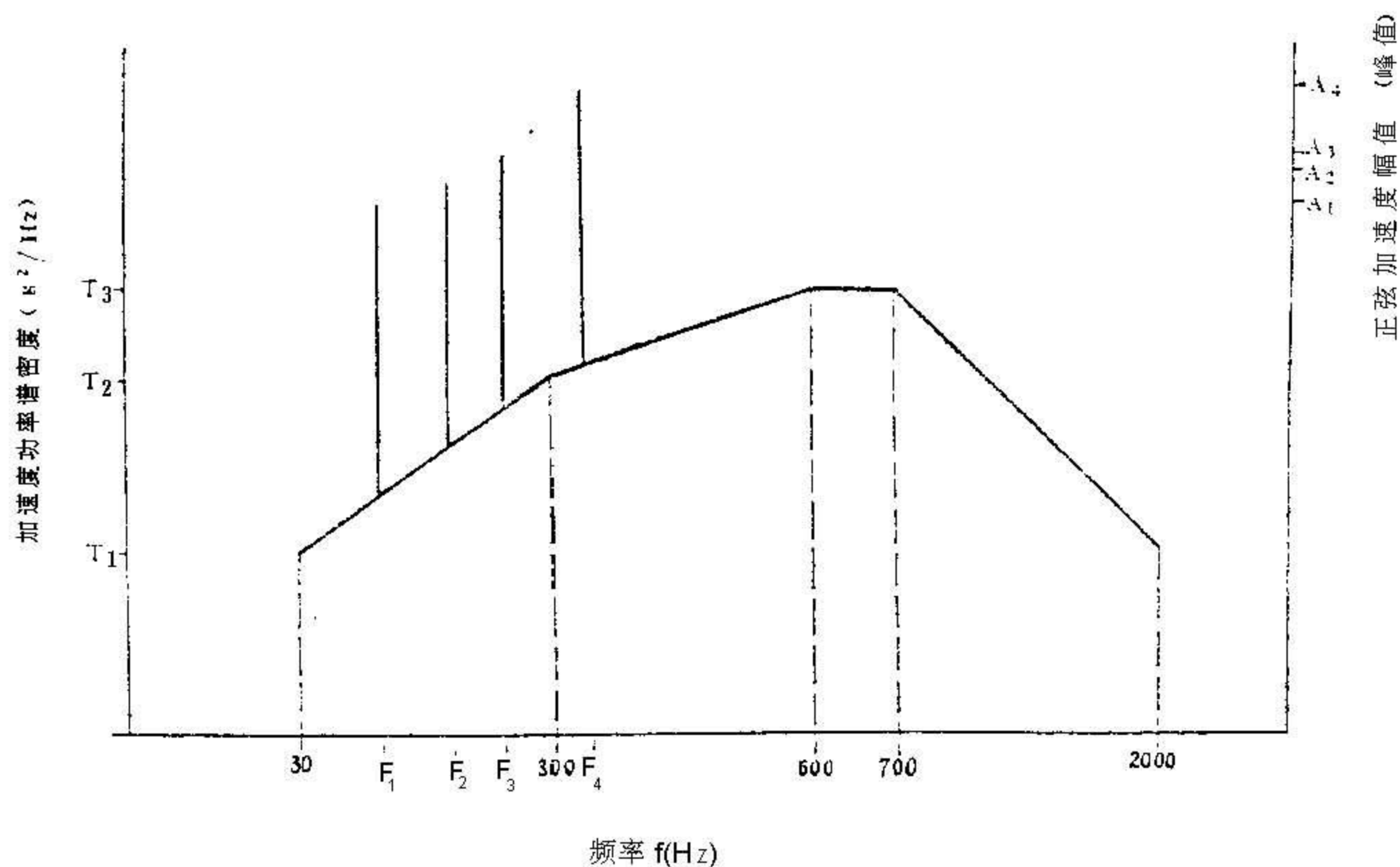


图 9 通用的炮击振动谱(宽带随机和正弦定频分开做)

4.3 试验方法有关说明

4.3.1 试验持续时间 每个轴向的 10min 的试验，允许间歇进行，可根据具体情况选定。如振动 2s，停止 8~10s，或其它组合形式进行循环，直至总的振动时间达到 10min；或根据一次射击连续的可能达到的最长时间为振动时间。如难以实施，也允许连续 10min 振动。

4.3.2 宽带随机振动试验 实施宽带随机振动试验可以用数字式或模拟式的随机试验装置，也可以用磁带随机试验方法进行。

5 引用本标准时应规定的细则

- a. 试验程序号；
- b. 试验量值、谱形、持续时间；
- c. 该试验样品以前做过的试验；
- d. 测量振动所用加速度计的安装位置；
- e. 试验结果；
- f. 合格判据；
- g. 对每种故障的分析；
- h. 建议的补救措施；
- i. 分析带宽；
- j. 初始检测和最终检测的项目和要求；
- k. 特殊规定的轴向和免做的轴向；
- l. 避免漏磁干扰的措施，试验样品受磁干扰的最大许可值。

附录 A
炮冲击波能量 E 的计算
(参考件)

A.1 计算公式

$$E = \frac{KWcg}{0.3} - \frac{mv^2}{2}$$

式中: E—炮冲击波能量, J;

K—爆炸比冲量, m—kg/kg;

Wc—装药质量, kg;

m—弹丸质量, kg;

v—弹丸的初速, m/s;

g—重力加速度, m/s²。

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。

本标准由航空工业部六〇一所负责起草、兵器工业部八四七厂参加起草。

本标准主要起草人: 施荣明、白登科。