

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1185—2007

速度型滚动轴承振动测量仪校准规范

Calibration Specification for Vibrometer (Velocity)

of Rolling Bearings

2007-11-21 发布

2008-02-21 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**速度型滚动轴承振动测量仪
校准规范**

**Calibration Specification for
Vibrometer (Velocity) of Rolling Bearings**

JJF 1185—2007

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2007 年 11 月 21 日批准，并自 2008 年 2 月 21 日施行。

归口单位：全国振动冲击转速计量技术委员会

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：浙江大学分析测试中心

本规范由全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

于 明（湖北省计量测试技术研究院）

陈 锋（浙江大学分析测试中心）

参加起草人：

康乃正（杭州兆丰汽车零部件制造有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 校准环境条件	(2)
6.2 测量部分	(2)
6.3 校准装置	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 速度型轴承振动测量仪的校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果的表达	(6)
9 复校准时间间隔	(6)
附录 A 轴承振动测量仪振动速度参考灵敏度值(160Hz 点)校准不确定度的评定	(7)
附录 B 传感器频率响应特性	(10)

速度型滚动轴承振动测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于速度型滚动轴承振动测量仪的校准。

2 引用文献

- GB/T 307.1—2005 滚动轴承 向心轴承公差
JB/T 5313—2001 滚动轴承 振动(速度)测量方法
JB/T 10187—2000 滚动轴承 深沟球滚动轴承振动(速度)技术条件
JB/T 8922—1999 滚动轴承 圆柱滚子轴承振动(速度)技术条件
JB/T 10236—2001 滚动轴承 圆锥滚子轴承振动(速度)技术条件
JJF 1071—2000 国家计量校准规范编写规则
JJG 134—2003 磁电式速度传感器检定规程
ISO 15242 - 1 - 2004 滚动轴承 振动测量方法第一部分：基础
使用本规范时应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语

3.1 轴承振动 (bearing vibration)

轴承在旋转过程中，除轴承零件间的一些固有的、由功能所要求的运动以外的其他一切具有周期变化特性的运动均称为轴承振动。

本规范中所测量的轴承振动是指：轴承内圈端面紧靠心轴轴肩，并以某一恒定的转速旋转，外圈不转，承受一定的轴向或径向载荷时，其滚道中心的截面与外圈外圆柱面(最高点)相交处的轴承外圈的径向振动。

3.2 轴承振动(速度)值 (velocity of bearing vibration)

在一定的转速和测试载荷下，选取轴承外圈外圆柱面圆周方向大致等距的三点进行测试，在低、中、高频带分别得到以上三点振动速度的算术平均值，即为该轴承在对应频带的振动(速度)值。如果轴承需要两面测试，则取各频带(三点平均值)较高值为该轴承在该频带下的振动(速度)值。

3.3 比较法振动校准 (vibration calibration by comparison)

将被校传感器与标准传感器在相同的振动激励下，同时得到各自测量系统的测量值，求其测量误差即为该校准的比较结果，该校准叫做比较法振动校准。

4 概述

速度型轴承振动测量仪是测量滚动轴承振动速度的专用检测仪器，其原理图如图1所示，由速度传感器、轴承振动测量仪仪表箱(以上两部分简称振动测量系统)、轴承驱动装置、轴承安装心轴和轴向(或径向)加载器等部件组成。振动测量系统用于测量滚动

轴承的振动速度值($\mu\text{m/s}$ (rms)), 它分别在(50~300)Hz(低频)、(300~1800)Hz(中频)、(1800~10000)Hz(高频)三个频段显示轴承的振动速度值。其他部分共同提供稳定、可靠的轴承振动激励。

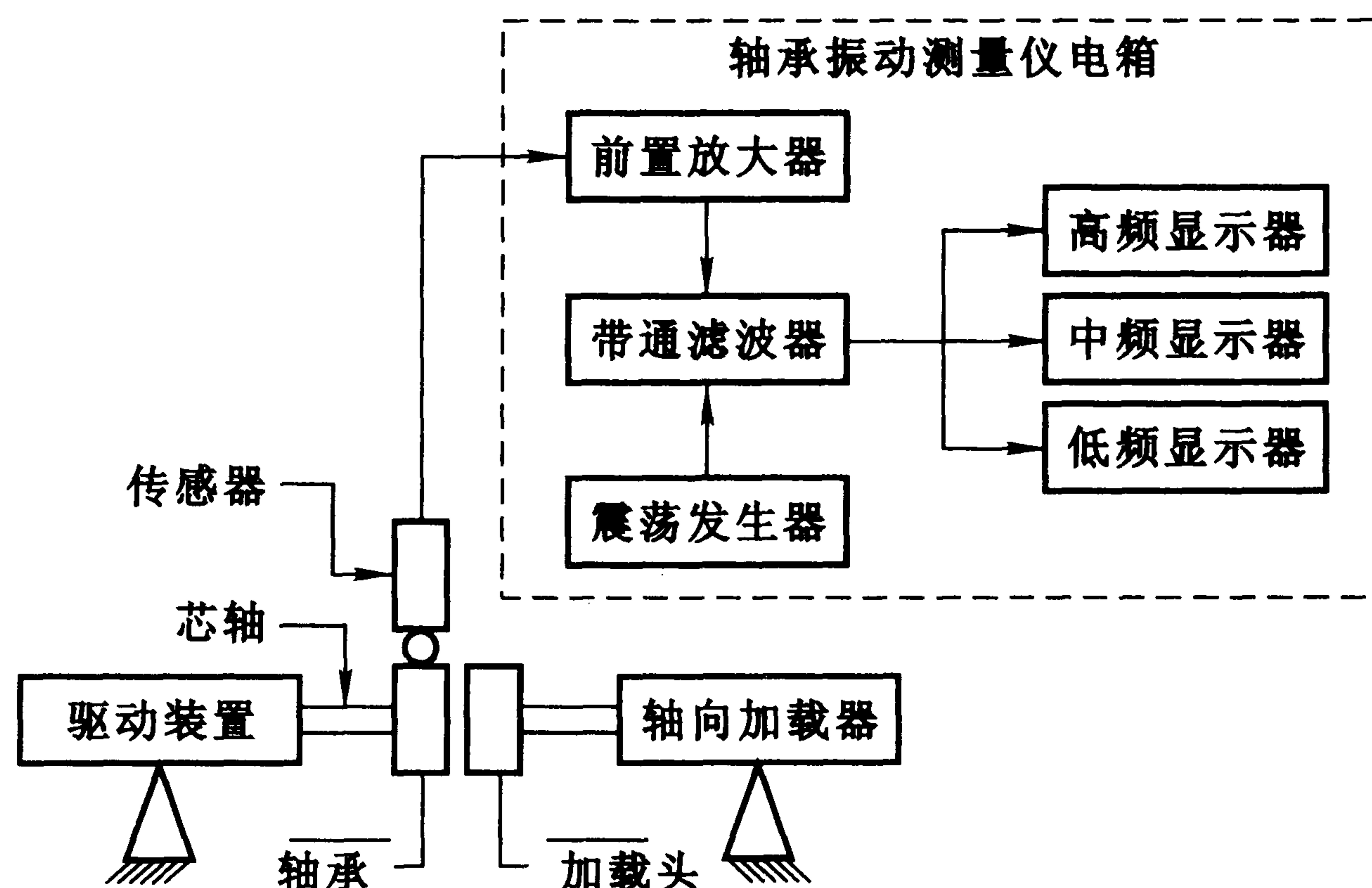


图1 速度型轴承振动测量仪原理图

5 计量特性

5.1 外观及附件

外观完好, 附件齐全。

5.2 传感器及轴承测量仪仪表箱的测量特性

5.2.1 振动速度参考灵敏度值(分低、中、高三个通频带参考灵敏度值)。

5.2.2 显示振动频率范围:(50~10000) Hz(分低、中、高三个通频带显示)。

5.2.3 振动速度幅值线性度: 不超过10%。

5.2.4 系统噪声

5.3 心轴(选定)的径向跳动

心轴与轴承内圈配合处径向跳动不超过 $\pm 5\mu\text{m}$ 。

5.4 轴向(或径向)加载器(选定)的各触点压力差不超过20%。

5.5 旋转主轴转速

误差不超过额定转速的 $\pm 2\%$ 。

6 校准条件

6.1 校准环境条件

温度:(15~30) $^{\circ}\text{C}$;

相对湿度: $\leq 85\%$;

电源:(380 \pm 38)V、(220 \pm 22)V、(50 \pm 1)Hz;

周围无明显振动、无强磁场、无腐蚀性介质;

用于校准的设备应接地良好。

6.2 测量部分

6.2.1 测量部分的传感器应脱离原安装位，便于进行比较法振动校准。

6.2.2 测量部分传感器的输出电缆及各部件应配套完好。

6.2.3 传感器调整装置的基座应稳定、工作正常。

6.3 校准装置

要求见第7条。

7 校准项目和校准方法

7.1 速度型轴承振动测量仪的校准项目

分为以下四个部分：

7.1.1 振动测量系统的校准。

7.1.2 驱动装置及轴承安装心轴的径向跳动的校准。

7.1.3 轴向(或径向)加载器压力差的校准。

7.1.4 轴承振动测量仪主轴转速的校准

7.2 校准方法

7.2.1 振动测量系统的比较法振动校准

7.2.1.1 测量仪器

比较法振动标准装置及校准原理图见图2。

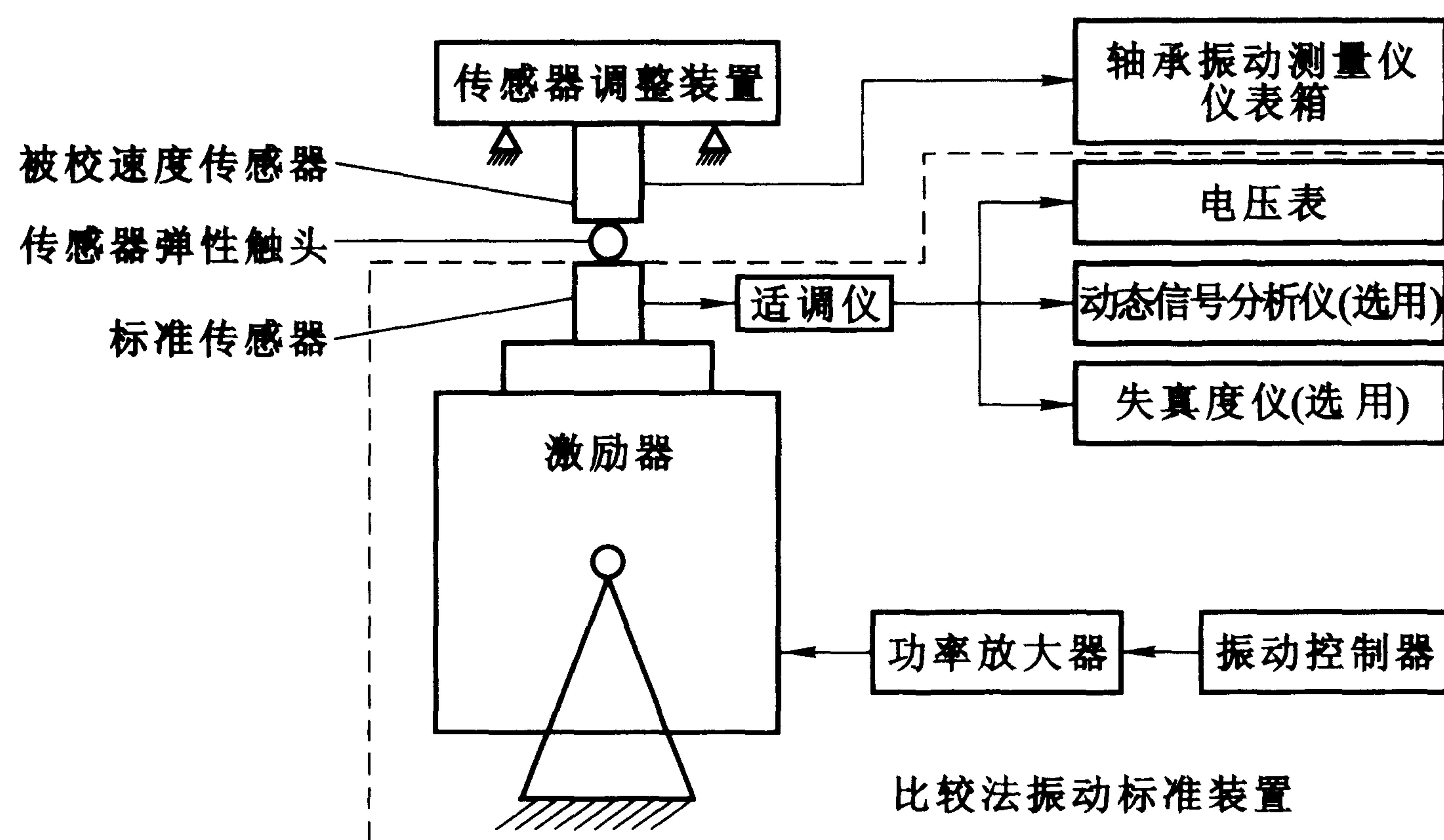


图2 比较法振动校准原理图

7.2.1.2 校准仪器的要求

图2虚线中的仪器为“比较法振动标准装置”，该标准装置的系统测量不确定度应不超过5%， $k=2$ 。

7.2.1.3 被校速度传感器的安装

用螺钉将被校速度传感器刚性地安装在传感器调整装置上，并将被校速度传感器的弹性触头接触到标准传感器的上端(按产品说明书要求调节接触压力)(如图2)。

注：被校速度传感器的频率响应特性应满足附录B中的要求。

7.2.1.4 比较法振动校准内容

- 被校轴承振动测量系统的速度参考灵敏度值。
- 被校轴承振动测量系统的频率响应。
- 被校轴承振动测量系统的幅值线性度。
- 被校轴承振动测量系统的系统噪声。

7.2.1.5 比较法振动校准的方法

a) 由激励器分别产生三个参考频率为：160Hz、735Hz、4243Hz，振幅均保持 $1000\mu\text{m/s}$ (rms)，调节相对应的带通滤波器增益电位器，使低、中、高频显示器的振动速度值均为 $1000\mu\text{m/s}$ 。此时将功能开关转换到校准位置，调整增益电位器，分别使三个显示器准确的指示 $1000\mu\text{m/s}$ ，而此时校准显示器上的三个数字分别为对应的轴承振动系统的三个频带速度参考灵敏度值。

b) 在(50~10000)Hz 频率范围内分为三个频带，低频通带(50~300)Hz、中频通带(300~1800)Hz、高频通带(1800~10000)Hz，三个带通滤波器的中心频率 f_{L0} ：122Hz、 f_{M0} ：735Hz、 f_{H0} ：4243Hz 以及六个截止频率 f_{LLOW} ：50Hz、 f_{LHIGH} ：300Hz、 f_{MLOW} ：300Hz、 f_{MHIGH} ：1800Hz、 f_{HLOW} ：1800Hz、 f_{HHIGH} ：10000Hz。在以上三个频段各选择五个频率： $1.2f_{LOW}$ 、 $0.7f_0$ 、 f_0 、 $1.4f_0$ 、 $0.8f_{HIGH}$ ，三组共 15 个频率。保持振动速度幅值为 $1000\mu\text{m/s}$ (rms)，测出被校轴承振动测量系统显示的 15 个振动速度值 v_i ，并将其代入下式：

$$e_f = 20\lg \frac{v_i}{v_r} \text{dB} \quad (1)$$

式中： v_i ——第 i 个频率点速度幅值， $\mu\text{m/s}$ ；

v_r ——参考点速度幅值， $\mu\text{m/s}$ ；

e_f ——第 i 个频率点与参考点速度幅值的相对偏差。

速度幅值的最大相对偏差应符合图 3 中仪器滤波特性曲线中的阴影部分。

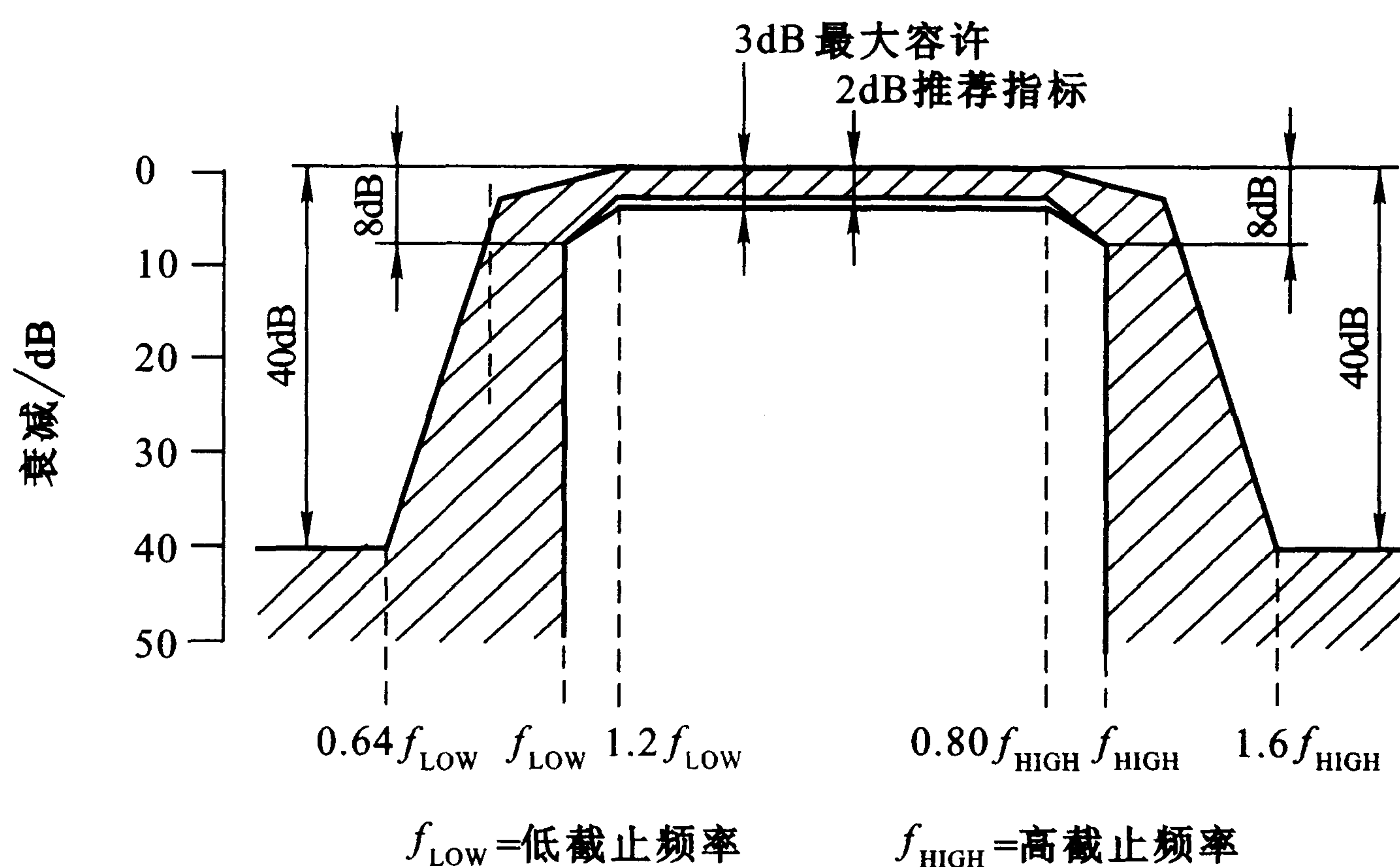


图 3 滤波特性曲线

c) 分别选取三个带通滤波器的中心频率 f_{L0} ：122Hz、 f_{M0} ：735Hz、 f_{H0} ：4243Hz，

振动速度幅值从 (100~10000) $\mu\text{m/s}$ (rms) 的范围内, 按照 1, 2, 3, 5, 10 的规律选出七个振幅值, 测出被校振动测量系统显示的三个通带的各个速度值 v_i , 按不同中心频率代入下式:

$$e_r = \frac{v_i - v_r}{v_r} \times 100\% \quad (2)$$

式中: v_i ——第 i 个速度点幅值, $\mu\text{m/s}$;

v_r ——参考点速度幅值, $\mu\text{m/s}$;

e_r ——第 i 个速度点幅值与参考点速度幅值的相对偏差。

以最大一组相对偏差作为系统的幅值线性度, 系统的幅值线性度应不大于 10%。

d) 在激励器输出为零时, 测出被校轴承振动测量系统三个频带显示的速度值, 该速度值即为被校轴承振动测量系统三个频带的噪声。测量结果应符合产品说明书的要求。

7.2.2 驱动装置和轴承安装心轴的径向跳动的校准方法

7.2.2.1 测量仪器

千分表。

测量范围 (0~1) mm, 分度值 0.001mm, 准确度级别: 1 级。

7.2.2.2 校准方法

将千分表通过磁性座固定在轴承振动测量仪的基座上, 然后将千分表的测量头垂直接触到轴承安装心轴的轴肩端面圆上(轴承安装心轴固定在轴承振动测量仪上)。使心轴转动, 心轴转动一周时千分表测出的最大位移之差为心轴的径向跳动。测量结果应符合 5.3 条的要求。

7.2.3 轴向(径向)加载器压力差的校准方法

7.2.3.1 测量仪器

a) 测力计。

量程: 10N, 分度值: 0.2N, 准确度级别: 1 级。

b) 塞尺(端部有孔)。

厚度: 0.4mm。

7.2.3.2 校准方法

a) 首先将轴承振动测量仪轴向加载按规定调整到位, 任意选定三个负荷柱中的一个, 将塞尺插入负荷柱与被测轴承外圈之间。测力计的吊耳勾住塞尺, 并沿着轴承的切线方向轻轻外拉, 当拉动塞尺时读出测力计的均匀拉力读数, 然后依次测量另外两拉力读数。将所得读数代入下式:

$$e_F = \frac{F_{\text{大}} - F_{\text{小}}}{F_{\text{大}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $F_{\text{大}}$ ——三个负荷柱中最大的拉力值, N;

$F_{\text{小}}$ ——三个负荷柱中最小的拉力值, N;

e_F ——加载器的压力差。

得到一组读数的压力差值。

b) 将负荷柱或被测轴承外圈旋转约 120° 和 240° ，按照上一条的方法再读出两组拉力读数，并代入公式 (3) 计算。

三组测量结果均应符合 5.4 条的要求。

注：径向或其他加载器压力差的校准可参照轴向的方法。

7.2.4 驱动器的转速校准的方法

7.2.4.1 测量仪器

光电式转速表。

测量范围：(20~10000) r/min，准确度级别：0.5 级。

7.2.4.2 校准方法

启动轴承振动测量仪，用光电式转速表从轴承安装心轴上测量该仪器的转速，连续测量 3 次，取其平均值为被校轴承振动测量仪的转速。测量结果应符合 5.5 条的要求。

8 校准结果的表达

经校准后发给校准证书。

8.1 校准证书内页上应反映：

- a) 被校振动测量系统的速度参考灵敏度值；
- b) 被校振动测量系统的频率响应；
- c) 被校振动测量系统的幅值线性度；
- d) 被校振动测量系统的系统噪声；
- e) 驱动装置和轴承安装心轴的径向跳动；
- f) 轴向加载器压力的偏差；
- g) 轴承振动测量仪主轴转速的校准结果；
- h) 校准结果的测量不确定度。

8.2 校准证书封面上应包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点(如果不在实验室内进行校准)；
- d) 证书的惟一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 校准环境的描述；
- h) 校准结果及不确定度的说明；
- i) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期；
- j) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校准时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

轴承振动测量仪系统发生重大故障，经修理后，应重新校准。

附录 A

轴承振动测量仪振动速度参考灵敏度值(160Hz 点)校准不确定度的评定

标准不确定度分量的评定

1. 建立数学模型

标准传感器为加速度计，被校轴承振动测量仪显示为速度值，其关系式为：

$$a = 2\pi f v$$

速度灵敏度值为传感器输出显示值与速度之比：

$$s = \frac{e}{v}$$

所以：

$$s = \frac{2\pi f e}{a} \quad (\text{A.1})$$

式中： f ——振动频率值；

e ——输出显示值；

a ——加速度幅值。

2. A 类标准不确定度

对被校速度式轴承振动测量仪示值 v_i 做 n 次独立重复测量，得到测量结果为 v_{ik} ($k=1, 2, 3, \dots, n$)，则：

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n v_{ik}}{n}$$

v_i 的 A 类标准不确定度分量评定为：

$$u_{(v_i)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (v_{ik} - \bar{v}_i)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.2})$$

式中： v_{ik} ——第 i 次的校准速度灵敏度值；

\bar{v}_i —— n 次校准速度灵敏度的平均值；

n ——校准次数， $n > 9$ 。

3. 合成标准不确定度

应使用不确定度传播定律，通过对单个标准不确定度(适宜的协方差)进行合成，确定“合成标准不确定度” u_c 作为 Y 的测量标准不确定度。因此，可从下式得到合成标准不确定度：

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} \quad (\text{A.3})$$

该方程式是基于—阶泰勒级数的近似：

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (\text{A.4})$$

式中 Y 是通过函数关系 f 从 N 个输入量 X_1, X_2, \dots, X_N 得到的被测量。

被测量 Y 的估计值用 y 表示，可在方程 (A.3) 中对输入量的值使用输入估计值 x_1, x_2, \dots, x_N 获得。

因此，测量结果的输出估计值由下式给出：

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (\text{A.5})$$

在方程 (A.3) 中，符号 $\partial f / \partial x_i$ 通常称为灵敏系数 c_i 。它们等于在 $X_i = x_i$ 时求出的偏导数 $\partial f / \partial x_i$ 。符合 $u(x_i, x_j)$ 标明与 x_i 和 x_j 有关联的协方差。

对没有出现显著相关的情况，方程 (A.3) 被简化为：

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)} \quad (\text{A.6})$$

注：如果在不确定度 $u(x_i)$ 描述的范围內，函数模型 f 与输入估计值 x_i 完全成线性关系，由方程 (A.6) 的一阶泰勒级数的近似导出的方程 (A.3) 是惟一适用的。

如果没有显著的相关性，就可以使用—阶泰勒级数的近似，导出相对合成标准不确定度：

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\left[\frac{u(x_1)}{x_1}\right]^2 + \left[\frac{u(x_2)}{x_2}\right]^2 + \dots + \left[\frac{u(x_n)}{x_n}\right]^2}$$

根据以上结果，(A.6)式可表达为：

$$\frac{u_c(s)}{s} = \sqrt{\left[\frac{u(e)}{e}\right]^2 + \left[\frac{u(f)}{f}\right]^2 + \left[\frac{u(a)}{a}\right]^2}$$

使用表 A.1 中列出的标准不确定度分量，上面的关系式可以写为下式：

$$\frac{u_c(s)}{s} = \sqrt{\left[\frac{u(\hat{a})}{\hat{a}}\right]^2 + \left[\frac{u(\hat{u}_A)}{\hat{u}_A}\right]^2 + \left[\frac{u(\hat{u}_d)}{\hat{u}_d}\right]^2 + \dots}$$

式中：

$u(\hat{a}) / \hat{a}$ ——加速度幅值测量的相对标准不确定度；

$u(\hat{u}_d) / \hat{u}_d$ ——总谐波失真对测量的影响。

同样可以用各个参量的相对误差分量来表示其他因子与数值 1 的偏差。因此，允许分别考虑各个不确定度的误差源，将这些因子作为输入量 (X_4, X_5, \dots)。

4. 扩展不确定度

应该通过 u_c 与包含因子 k 相乘得出扩展不确定度 U ：

$$U = k u_c$$

在式中应优先使用 $k=2$ 。如果假设校准结果的可能值以标准偏差 u_c 形式呈近似正态分布，可以判定未知数值在 U 定义的区间內，而 U 具有的置信概率近似为 95%。

在报告测量结果时，如果不是 $k=2$ ，应对所使用的扩展不确定度和包含因子 k 予以说明。此外，对该区间近似的置信水平应予说明。

表 A.1 确定 v 的不确定度分量

i	标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源
1	$u(\hat{a})$	标准传感器和放大器在规定条件下的标准不确定度
2	$u(\hat{u}_v)$	标准差, 校准时重复性误差对测量的影响
3	$u(\hat{u}_d)$	总谐波失真对测量的影响
4	$u(\hat{u}_t)$	横向、摇摆和弯曲振动对测量的影响
5	$u(\hat{u}_A)$	仪表箱放大器特性的影响
6	$u(\hat{u}_E)$	数字电压表的影响
7	$u(\hat{u}_f)$	频率计的影响

以上评定方法可参照 JJF 1059—1999。

附录 B

传感器频率响应特性

速度型轴承振动测量仪所用传感器的频率响应特性见图 B.1:

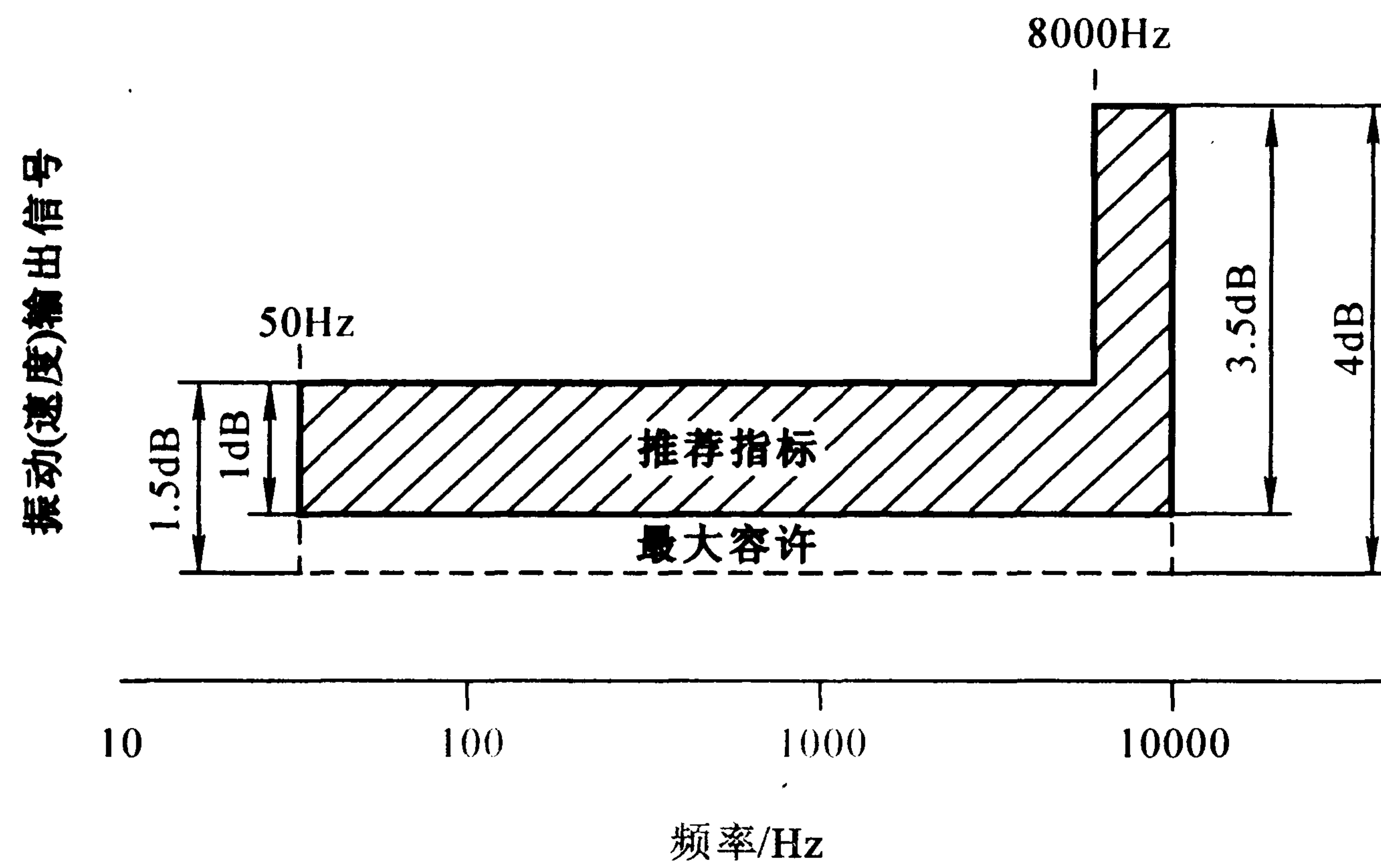


图 B.1 频率响应特性示意图

中华人民共和国
国家计量技术规范
速度型滚动轴承振动测量仪校准规范
JJF 1185—2007
国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲2号
邮政编码 100013
电话 (010)64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1 字数20千字
2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷
印数1—2 000
统一书号 155026-2305 定价: 24.00元