



中华人民共和国国家标准

GB/T 20787—2006/ISO 13332:2000

往复式内燃机 中、高速往复式内燃机 底脚结构噪声测试规范

Reciprocating internal combustion engines—Test code for the measurement of
structure-borne noise emitted from high-speed and medium-speed reciprocating
internal combustion engines measured at the engine feet

(ISO 13332:2000, IDT)



2006-12-28 发布

2007-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
往复式内燃机 中、高速往复式内燃机
底脚结构噪声测试规范

GB/T 20787—2006/ISO 13332:2000

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

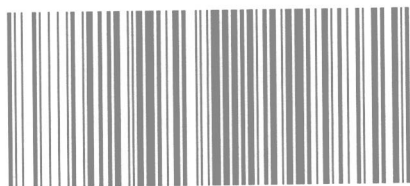
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 25 千字
2007年5月第一版 2007年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-29334 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 20787-2006

前 言

本标准等同采用 ISO 13332:2000《往复式内燃机 中、高速往复式内燃机底脚结构噪声测试规范》(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 13332:2000。为便于使用,本标准做了如下编辑性修改:

——“本国际标准”改为“本标准”;

——删除了国际标准前言。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国内燃机标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:上海内燃机研究所、同济大学、上海柴油机股份有限公司、广西玉柴机器股份有限公司、常柴股份有限公司、安徽全柴动力股份有限公司。

本标准主要起草人:袁卫平、叶怀汉、杜洪波、韩国华、孟进、钱人一、纪丽伟、沈捷、戴维麟、汤金伟。

本标准为首次制定。

引 言

建筑、结构、船舶、飞机和陆用车辆的噪声通常是由于使用内燃机,特别是往复式内燃机引起的,并且有时还可能是主要的噪声源。即使不是主要的噪声源也会产生恼人的背景噪声。这些在建筑物等内部产生的噪声至少可以按下面两种方式进行传播。

- 直接进入周围空气。这被称为是空气噪声。GB/T 1859 规定了内燃机辐射的空气噪声的测量方法。
- 通过支承结构、管道和轴上的激励或振动。这些振动在通过结构时形成结构振动,进而又激励结构的壁面和面板,导致产生所谓的二次声波或结构噪声的辐射。

振源(发动机)在支承结构中产生振动的能力取决于发动机在其支承处的运动量、发动机支承系统的特性和承载结构的可动性。发动机底脚的振动可能发生在最易察觉的垂直方向,但也可能在曲轴的纵向或横向。振源还可能引起沿三个正交轴线分解的旋转输入。

任何振动一旦在结构中产生,就很难控制其在结构中的传播途径,特别是在低频区。结构可能有很多振动模式(如压缩、扭转或弯曲)来传播振动。只有切断结构的连续性才能完全有效地控制振动的传播,而这通常又是不可能的。结构阻尼对某些传播模式可能有效,尤其是在高频/短波区,但对低频区不是特别有效。

尽管很难控制振动在结构中的传播,但是了解作为潜在振源的发动机的特性显然是十分有益的,以便能在各种具有竞争力的支承发动机中进行选择,或者按照所选发动机的特性进行结构和发动机支承的设计。

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 1

5 技术背景 2

6 试验条件 2

7 频率范围 3

8 测试原理 4

9 支承选择 5

10 测量位置..... 5

11 测量和评定..... 7

附录 A(资料性附录) 发动机结构噪声特性测试报告格式 9

往复内燃机 中、高速往复内燃机 底脚结构噪声测试规范

1 范围

本标准规定了测量中、高速发动机振动能力的程序及确定引用数据有效性的频率范围。本标准所述方法不适用于低速发动机。本标准为工程法,不是精确法。试验无论在试验台或现场进行,均需经用户和厂商商定。

本标准适用于陆用、轨道牵引和船用中、高速往复内燃机,但不包括农业拖拉机、道路车辆和航空用发动机。本标准可适用于驱动筑路机械、土方机械、工业卡车,以及其他尚无合适国际标准可用的其他用途的发动机。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 6072.1—2000 往复内燃机 性能 第1部分:标准基准状况,功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法(idt ISO 3046-1:1995)

GB/T 6072.3—2003 往复内燃机 性能 第3部分:试验测量(ISO 3046-3:1989, IDT)

GB/T 6072.7—2000 往复内燃机 性能 第7部分:发动机功率代号(idt ISO 3046-7:1995)

ISO 1503:1977 运动的几何定位与方向

ISO 2954:1975 旋转式和往复式机械的机械振动 对振动烈度测量仪的要求

ISO 9611:1996 声学 关于联接结构声辐射的结构噪声声源特性 弹性安装机械接触点处的振动测量

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

3.1

结构噪声 structure-borne noise

在可听声频范围内,在实体结构中传播的振动。

3.2

接触区 contact area

与周围构件,特别是橡胶支承相接触的发动机支承区(见图3、图4)。

4 符号

本标准所用符号和单位列于表1内。

表 1 符号名称及单位

符 号	名 称	单 位
d	发动机底脚板厚度	mm
d_{y1}	加速度传感器至位置 1 的横向距离	mm
D_x	隔振器的纵向尺寸	mm
D_y	隔振器的横向尺寸	mm
f_0	发动机在其支承处的最高刚体固有频率	Hz
f_1	下限频率	Hz
f_2	上限频率	Hz
L_{vxi}	位置 i 的纵向速度级	dB
L_{vyi}	位置 i 的横向速度级	dB
L_{vzi}	位置 i 的垂向速度级	dB
$\bar{L}_{vx}$	纵向平均速度级	dB
$\bar{L}_{vy}$	横向平均速度级	dB
$\bar{L}_{vz}$	垂向平均速度级	dB
n	发动机支承数量	1
$\bar{v}_z$	速度 v_{1z} 和 v_{2z} 的算术平均值	m/s
v_{1z}	在位置 1 z 的速度	m/s
v_{2z}	在位置 2 z 的速度	m/s
x	纵向	—
y	横向	—
z	垂向	—

5 技术背景

根据现有资料,本标准仅要求对三个垂直方向上的支承振动进行移动测量¹⁾。该要求部分地基于最近的计算结果和早期的测量数据,它们表明旋转输入只起次要作用。

本方法的本质是要测定当发动机必须安装在柔性支承系统上,而该系统对发动机的运动约束可以忽略不计,在发动机安装底脚处(沿三个垂直方向)所产生的振动量。

应按 ISO 1503:1977 第 4 章的规定沿三个垂直轴线对发动机进行振动测量。

注:此外,如果知道振源(发动机)、支承系统和负载(承载结构)的阻抗,了解往复式内燃机的结构噪声级就可以比较和计算输入支承系统的振动。

实际上所产生的振动为频率的函数,因此,不可能提供出一个对整个频率范围都适合或符合发动机振动性能评定的支承系统。

6 试验条件

6.1 支承

在测量过程中,应将被测发动机安装在适宜的支承上,备以必要的供应(空气、燃油、排气、冷却、润

1) 但是在特定情况下,经客户和厂商商定,也可要求对输入的旋转振动进行评定。但这种测量极其困难。本标准不涉及旋转测量。旋转振动测量应按 ISO 9611:1996 进行。

滑、电源),并配上负载系统以吸收所发出的功率。这些供应装置应通过柔性联接器联接,不致对发动机的振动产生明显的影响。发动机试验时应配装标准飞轮,与负载的连接应允许充分弯曲和扭转。应在试验报告中说明柔性联接布置的型式和特性。

6.2 支承条件

柴油机的支承系统随重量、功率和用途的不同而有很大变化。虽然中、高速发动机的底脚普遍采用弹性支承安装,但这些支承并非总能适合对具体被测发动机辐射的结构噪声进行有效评定。

注:为了能按足够低的频率(f_1)进行评定,支承系统应尽可能符合下列特性:

- a) 弹性元件应安装在巨大的刚性底座上;
- b) f_0 应尽可能低。

可以根据人耳的已知特性和发动机点火循环(2/4 冲程循环)的基本特性设定 f_0 的实际限值。

6.3 发动机工况

测量结构噪声的工况,应由厂商按 GB/T 6072.1—2000 和 GB/T 6072.7—2000 的规定确定为额定转速和 100% 负荷。其他工况点可由用户和厂商协商确定。

在测量过程中,发动机的功率输出偏差不应超过标定值或其他商定值的 10%。发动机应在稳态工况下运行。

应按 GB/T 6072.1—2000, GB/T 6072.3—2003 和 GB/T 6072.7—2000 的规定测量发动机的转速和功率,并在试验报告中提供相关资料。

7 频率范围

通常认为人耳能够听到的最低频率为 20 Hz。从结构噪声的角度来看低于该频率的测量已不重要,并且在此频率以下无需对发动机的底脚采用隔振措施。因而发动机在其支承处的最高固有频率(f_0)可能,但不一定低于 7 Hz。在可能只对高频进行隔振的情况下,可认为二冲程发动机能激励的最低频率是曲轴转速,而四冲程发动机是曲轴转速的 0.5 倍。

为使测试满足低频限值的要求,支承系统的固有频率(f_0)可以由图 1 的 f_0 与发动机最低运行转速的关系中确定,该频率应等于或小于该曲线上的相应值。

注 1: 经有关各方同意,支承系统的固有频率(f_0)也可在图中曲线的上方。

能够对结构噪声进行可靠测定的最低频率限值(f_1)约为 $3f_0$,这可以确保测量值不致因支承系统在固有频率上发生共振而引起动态放大。

为了使可靠测量的上限频率 f_2 尽可能高,发动机上安装底脚的刚性应尽可能大。

应该认识到在 $f_1 \sim f_2$ 频率范围的某些区域内,支承可能无法提供足够(>10 dB)的隔振。

为了确定发动机底脚的真实振动特性,试验安装中的底脚(包括试验支承的安装法兰)的质量与刚度应与实际使用中所用底脚和法兰组合的质量和刚度相同。也就是说,试验和使用应采用相同的底脚和支承。

下限频率(f_1)应当由支承系统的特性确定。下限频率(f_1)就是低于该值就认为测量不可靠的频率。在此频率下,对所述支承/底脚和在所考虑的运动方向上,由支承系统提供的振动衰减小于 10 dB。由于很难提供合适的弹性支承,因此该方法不适用于低速发动机。

上限频率(f_2)就是高于该值安装底脚与弹性元件相接触的部分就会产生一阶模态振动的频率。此时,用于测量的加速度计不能可靠描述底脚的平均运动。

注 2: 频率测量范围可能超过 f_2 值,因为可听声频范围在多数情况下会远远超出上限频率 f_2 。此外,了解频率至 10 kHz 的结构噪声的特性十分重要。此时,用户应明了测量是在发动机底脚较高阶模态频率下进行。

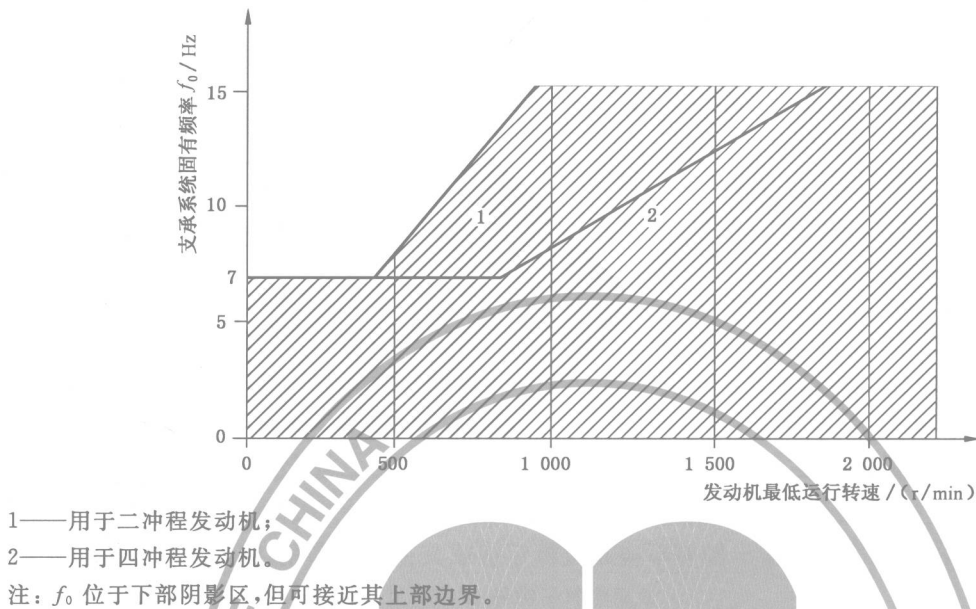


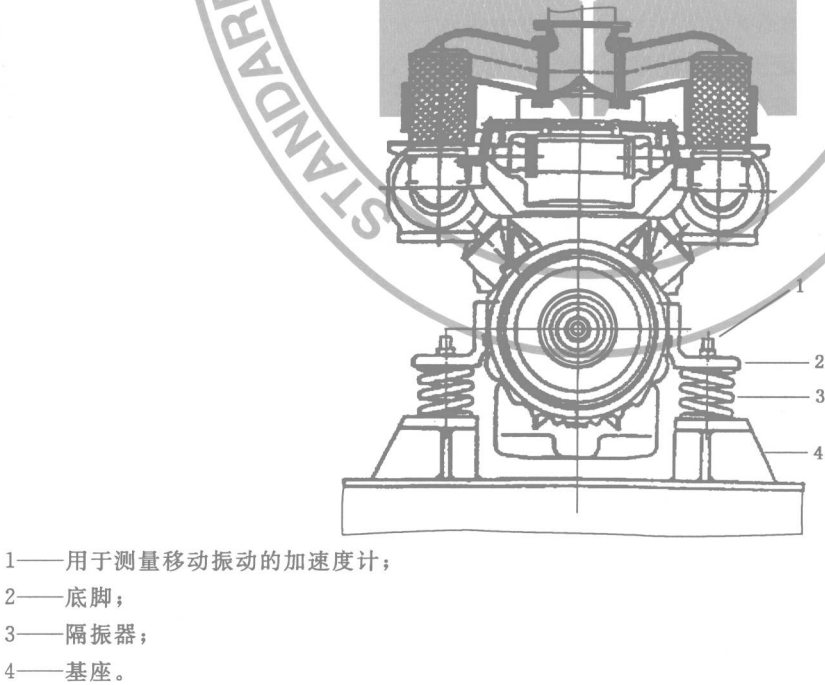
图 1 支承系统固有频率和发动机最低转速的关系

8 测试原理

测试原理可见图 2。图 2a)说明被测发动机在已知适于试验的支承系统上的安装情况。隔振器应具有足够柔性,以满足在所有试验频率下都不会明显约束发动机振动的要求。

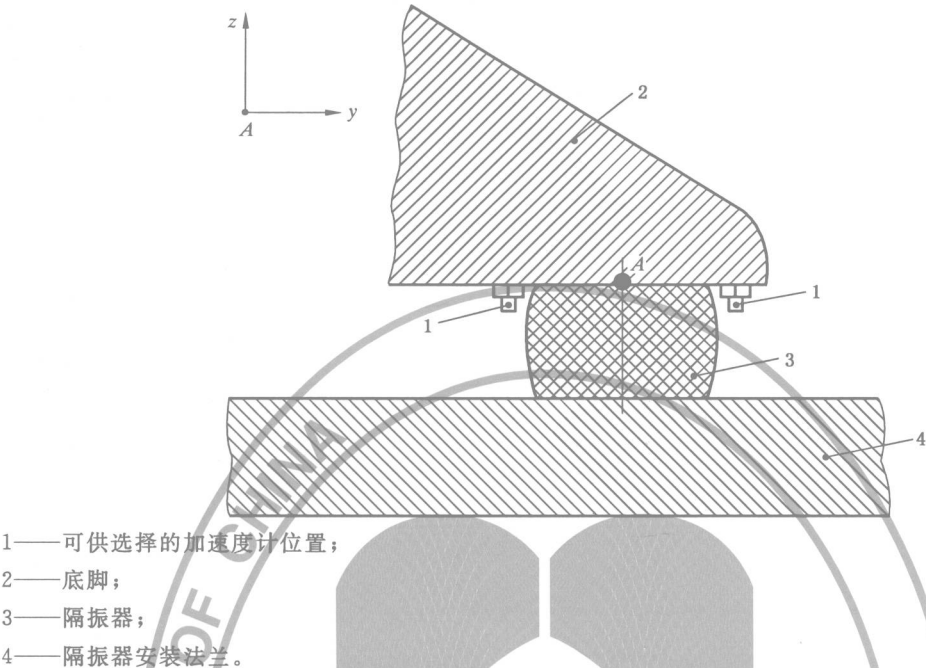
需要确定下限频率(f_1)是否等于或大于作为刚体发动机最高固有频率(f_0)的 3 倍。 f_0 所需值已在第 7 章中讨论。

图 2b)表示装有合适加速度计的安装底脚的具体结构。加速度计应直接安置在被测支承有效中心之上,或者尽量靠近处。加速度计须按 ISO 2954:1975 的规定进行安装和联接。必须特别注意加速度计安装所需的刚性及其与记录/分析设备相连接的电缆型式。



a) 发动机布置

图 2 测试布置原理



b) 底脚布置
图 2(续)

对于那些不可能在发动机安装底脚的上表面中心处安装单个加速度计的场合,应在中心两边对称安装一对加速度计,并记录各自输出的平均值。但加速度计要尽可能靠近支承中心。

上限频率 f_z 是在隔振器支承表面内产生模态振动的频率,以致系统不能再被看作是刚体,而 f_z 只代表一种局部模态。该频率需要通过辅助试验来测定,以找出在隔振器支承表面内的一阶模态振动。这只要在底脚处采用简单的锤击法,利用安装的加速度计测量响应即可,也可用合适的模态分析替代或补充。

虽然本条款仅考虑了垂直振动的例子,类似的方法同样适用于其他方向的运动,也可通过适当安装的加速度计来评定。

9 支承选择

为使测量可行,应根据下列原则选择被测支承:

- 发动机最多有 4 个支承:测量全部支承;
 - 发动机有 5~8 个支承:测量 4 个相距最远的支承;
 - 发动机有 9 个或更多支承:测量 4 个相距最远的和 2 个距离重心最近的支承;
 - 对于侧面采用连续安装法兰的发动机,上述原则也适用于装有分散支承的排列布置。
- 经客户与厂商商定,也可对附加支承进行试验,特别是当发动机与其他设备永久联接时。

10 测量位置

加速度计应安装在隔振器接触区中心上方的发动机底脚上,见图 3 和图 4 所示。

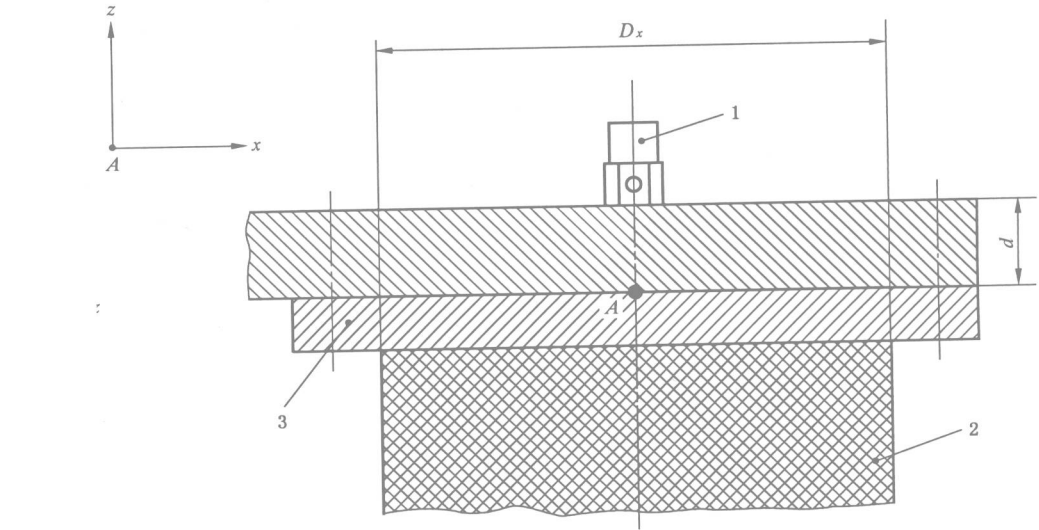
实际上,在发动机底脚接触区中心上方常安装有螺栓或限位器,不可能总能将加速度计安装在正中心。此时,应按以下原则放置加速度计:

- 沿 x 轴方向,在 D_x 范围内;
- 沿 y 轴方向,在距离 d_{y1} 范围内, $d_{y1} < 1/10 D_y$ 。

为了在整个频率范围内得到准确的测量结果,加速度计应与所测表面牢固接触。为此,推荐使用三种可能的安装方法:

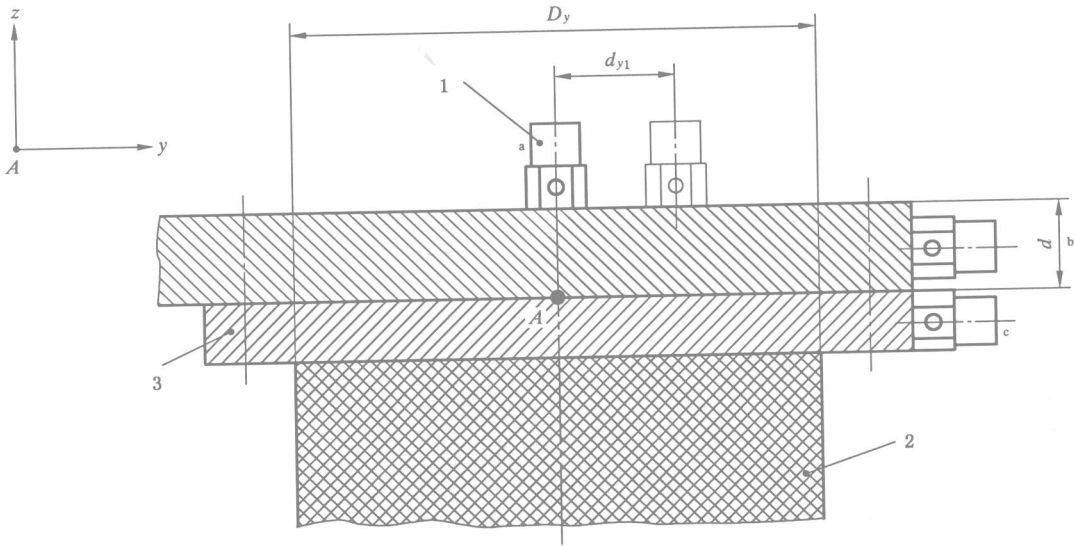
- a) 加速度计与表面直接用螺栓联接；
- b) 使用双组分环氧粘合剂,把加速度计直接粘贴在表面上；
- c) 把加速度计用螺栓联接在金属适配板上,该板可以用粘合剂粘接或用螺栓联接在表面上。

注：三方向上的结构噪声也可用组合“三向”加速度计同时进行三方向的测量。



- 1——加速度计；
- 2——隔振器；
- 3——隔振器安装法兰。

图 3 测量 L_{vz} 的加速度计位置



- 1——加速度计；
- 2——隔振器；
- 3——隔振器安装法兰。

- a 测点 1。
- b 测点 2。
- c 测点 3。

图 4 测量 $\bar{L}_{vz}$ 的加速度计位置(测点 1)和测量 $\bar{L}_{vy}$ 的加速度计可能位置(测点 2 或测点 3)

如果无法在距离 d_{y1} 内放置加速度计,应使用两个加速度计,见图 5 和图 6 所示位置。按照 ISO 9611:1996,移动速度($\bar{v}_z$)就是速度 v_{1z} 和速度 v_{2z} 的算术平均值。两个加速度计应有相同的灵敏度

和频率相位特性。对横向测量来说,还可以将加速度计放置在图 4 测点 1、测点 2 或测点 3 的任一位置。

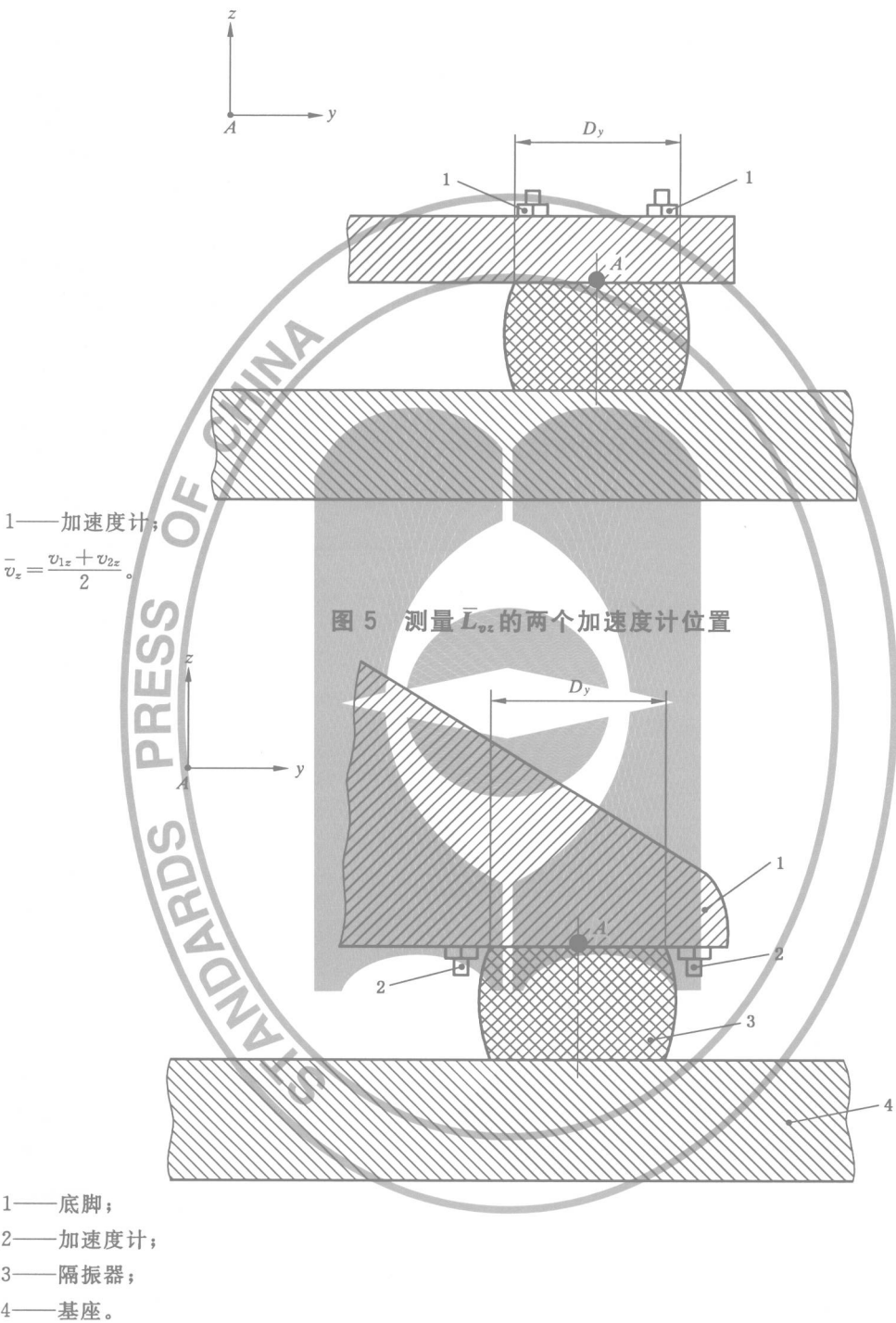


图 6 如无法在接触区中心上方与发动机底脚成直角安装时,测量 $\bar{L}_{vz}$ 的两个加速度计位置
加速度计应始终与发动机底脚接触区成直角安装,即使隔振器的安装法兰不在水平位置也应如此。

11 测量和评定

测试要求如下:

- a) 测量仪器的校准;
- b) 背景噪声的测量;

- c) 按 ISO 1503:1977 规定,在三正交/坐标轴的每一轴上,至少在 $f_1 \sim f_2$ 频率范围内对每一种底脚进行测量。测量步骤如下:
- 1) 确定 f_0 ²⁾;
 - 2) 求出 f_1 ;
 - 3) 确定每一被测底脚在每一坐标轴上的 f_2 ;
 - 4) 测量和分析(或记录和随后分析)发动机在稳态工况下按规定运行参数运行时,每一被测底脚在每一坐标轴方向上的振动;
 - 5) 分析每次测量的倍频程或 1/3 倍频程频谱;
 - 6) 作出每一被测底脚的频谱叠加图。应清晰显示在各个测量方向上、在所测倍频程或 1/3 倍频程范围内的实测倍频程或 1/3 倍频程频谱(dB,基准值: 10^{-9} m/s)³⁾,应在图中明确标明 f_1 和 f_2 的可靠测量范围。
 - 7) 作出各测点在每一测量方向上的频谱图。标出在各倍频程或 1/3 倍频程上的平均速度级和最大、最小速度级。

应将所有必要信息都包含在附录 A 所示的测试报告中。

2) f_0 可由测量或计算得出。如计算 f_0 ,要使用动态刚度;如测量 f_0 ,则发动机可运行或停机。

3) 使用基准值 5×10^{-8} m/s 比使用基准值 10^{-9} m/s 所得到的级值低 34 dB。

附录 A
(资料性附录)
发动机结构噪声特性测试报告格式

A.1 管理信息

测试单位：(公司/部门/人员)
时间：
地点：
试验目的：(标准特性)
监督部门：(如客户需要)
发动机供应商：

A.2 安装信息

A.2.1 发动机

厂商：
运行方式：(二冲程或四冲程)
型号：
编号：
额定转速(r/min)：
额定功率(kW)：
燃油特性：(十六烷值,黏度等)
发动机质量：(实测值)
分析表：
(包括商定的特殊条件)(是/否)

A.2.2 驱动设备

柔性联接器
型式：
厂商：
型号：
中间轴
型式：
厂商：
型号：
机械部分
型式：(测功机,发电机,压缩机,齿轮箱等)
厂商：
型号：

A.2.3 发动机弹性支承

底脚型式：(单个/连续)

支承

厂商:

型式:

数量:

布置:

基座型式:

总弹性质量:

(用简图或照片说明)

(包括流体、支承装置等)

记录弹性支承发动机作为刚体安装在支承上时,在三个移动方向上的固有频率计算(或实测)值(某些情况下,可能需要确定所有六个固有频率)。

A.3 测量

A.3.1 评定参数

速度均方根值或加速度均方根值:

A.3.2 测量仪器

传感器:

信号处理系统:

记录设备:

分析设备:

传感器校准:

平均时间:

(厂商/型号)

(厂商/型号)

(厂商/型号, 记录方式/频率范围)

(厂商/型号)

(单位,例如 1g)

(信号处理)

A.3.3 单位和频率范围

求出用基准值为 10^{-9} m/s 或 5×10^{-8} m/s 表示时,在倍频程或 1/3 倍频程频谱(dB)上的速度均方根值。对于特殊试验,可能需要提供窄带分析。

A.3.4 测点确定

底脚总数:

实测总底脚数:

位置:

在发动机上的位置:

传感器的准确位置:

测量方向:

(用简图说明)

(根据简图上的坐标方向确定)

A.4 结果

对于被测发动机的每组运行参数,需要给出下列信息。

发动机运行参数表

功率:

转速:

柔性连接器型号:

(kW)

(r/min)

(如与 A.2.2 不同)

按照A.3.3的要求,填写所有测点处的结构噪声级表格,标明测点基准值是 10^{-9} m/s 或 5×10^{-8} m/s。

按照 A.3.3 和 A.3.4 的要求,给出每一测点在各测量方向上的速度谱,并将所有图谱表示在同一纸上。

对所有被测底脚作出在每一测量方向上的平均移动速度级图, $\bar{L}_{vx}$, $\bar{L}_{vy}$ 和 $\bar{L}_{vz}$, 单位为 dB。

$$\bar{L}_{vx} = 10\lg\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{vxi}}{10}}\right)$$

$$\bar{L}_{vy} = 10\lg\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{vyi}}{10}}\right)$$

$$\bar{L}_{vz} = 10\lg\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{vzi}}{10}}\right)$$
