



中华人民共和国国家标准

GB/T 14412—2005/ISO 5348:1998
代替 GB/T 14412—1993

机械振动与冲击 加速度计的机械安装

Mechanical vibration and shock—Mechanical mounting of accelerometers

(ISO 5348:1998, IDT)

2005-05-13 发布

2005-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准等同采用 ISO 5348:1998《机械振动与冲击 加速度计的机械安装》(英文第二版)。

本标准代替 GB/T 14412—1993《机械振动与冲击 加速度计的机械安装》。

本标准等同翻译 ISO 5348:1998。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) ‘本国际标准’一词改为‘本标准’;
- b) 用小数点‘.’代替作为小数点的逗号‘,’;
- c) 删除国际标准的前言。

本标准与 GB/T 14412—1993 相比,主要变化有:

- 给出了影响安装方法的各项准则;
- 提出了各类安装方法对响应曲线的影响因素;
- 提供了粘接安装方法的安装谐振频率 f_c 的估算公式。

本标准由中国计量科学研究院提出。

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:浙江大学分析测试中心、上海市计量测试技术研究院、江苏联能电子技术有限公司、中国计量科学研究院。

本标准主要起草人:陈锋、刘立群、洪连明、冯源。

引 言

确定一个结构或物体 S 的振动 V_s ，通常的方法是采用机电式传感器 T。

振动监测传感器可分成两大类，即接触式和非接触式传感器。非接触式传感器在安装时紧紧地靠近该结构，用于测量此结构的振动响应，其通常的型式诸如电涡流或光学接近探头。而接触式传感器，则机械地固定在结构上，通常包括压电式、压阻式加速度计和惯性式速度型传感器。

本标准是涉及当前获得广泛应用的接触式加速度计的有关问题。采用此类传感器应关注加速度计和被测结构的耦合可能显著地改变加速度计、结构或这两者的振动响应。本标准试图对加速度计安装到结构上的方法所相关的因素进行分析。

本标准讨论了采用机械安装 F 的方法将加速度计连接到运动结构的表面上的若干问题(见图 1)。

此类加速度计所给出的信息是一种电信号 u ，它是由于加速度计自身运动 V_T 所产生的。该信号就期望它能表示结构 S 上某一安装点的振动 V_s 。

加速度计所产生的电信号 u 值，可能与其所测量的加速度真实值有所偏离，这是由于结构的振动 V_s 不能完全传递到加速度计 T 的敏感元件所致。

加速度计示值的偏差，也可能是由于加速度计的灵敏轴与振动的轴线不一致、底座弯曲、温度的瞬变、安装力矩和电缆的扰动等因素的影响。

机械安装方式可能改变在给定的精度条件下加速度计的幅值与相位响应曲线的可用频率区间(见 5.4.5)。

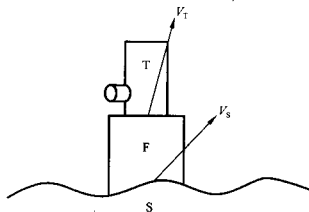
机械振动与冲击 加速度计的机械安装

1 范围

本标准规定了制造厂家应给出的加速度计的安装特性,并对用户提出关于安装加速度计的建议。

本标准的应用限定于在运动结构的表面安装加速度计的方式,其简图如图1所示。

本标准不适用对于其他类型的传感器,如测量相对运动的测振探头。



S——结构;

F——安装器件;

T——加速度计;

V_s ——结构的振动;

V_T ——加速度计的振动。

图1 加速度计安装

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 13823.12—1995 振动与冲击传感器的校准方法 安装在钢块上的无阻尼加速度计的共振频率测试(eqv ISO 5347-14:1993)

GB/T 13824—1992 对振动烈度测量仪的要求(eqv ISO 2954:1987)

ISO 2041:1990 机械振动与冲击 术语

ISO 5347-22:1997 振动与冲击传感器的校准方法 第22部分:加速度计的共振试验 通用方法

ISO 8042:1988 冲击与振动的测量 描述惯性式传感器特性的规定

3 术语和定义

ISO 2041:1990 确立的术语和定义适用于本标准。

4 加速度计制造厂家应提供的特性资料

制造厂家应说明下列有关特性:

- 与加速度计相配套的安装器件,其安装表面的特性,即表面抛光的粗糙度、表面的平面度、螺孔的垂直度和螺纹精度;
- 加速度计的几何尺寸,包括:

- 加速度计作为一整体,其重心的位置;
- 加速度计的惯性质量的重心位置;
- c) 校准时的安装技术;
- d) 推荐的和最大的(即在使用频率范围内改变小于2%时)安装力矩;
- e) 加速度计和紧固装置的温度限制;
- f) 有关的机械特性,即:
 - 总重量;
 - 基座材料;
 - 加速度计非安装条件下的最低谐振频率;
 - 在良好安装条件下的频率响应特性,并要求能说明加速度计安装对象的质量、材料和尺寸;
 - 最大横向灵敏度,并给出确定该灵敏度时所使用的频率;
- g) 给出与加速度计配套使用的各种紧固装置的说明:
 - 直径;
 - 螺纹;
 - 材料;
- h) 根据厂家推荐的机械安装形式所得到的加速度计频率响应曲线,并具体说明与加速度计所配套的安装器件的影响:
 - 考虑到与加速度计相接触的结构表面状态的轴向刚度和加速度计的紧固力矩;
 - 在同一基座上的横向刚度的偏离。

对于由厂家提供的其他特性,参阅 ISO 8042:1988。

5 安装方法选择

5.1 一般要求

5.1.1 程序

使用加速度计如能遵循下列通用程序,则可获得最佳的使用性能:

- a) 对于加速度计的安装位置在结构上的选择,应尽可能靠近其要求的试验部位,使其具有同样的运动;
- b) 由于加速度计的引入,导致试验结构的运动变化应尽可能地小;
- c) 不应由于加速度计工作在太接近其安装谐振频率,而导致其输出信号与加速度计所承受运动的比发生畸变。

5.1.2 条件

为达到理想的工作条件,必须确认:

- a) 加速度计和它的安装对象应该尽可能地坚实与牢固(安装表面应尽可能的清洁与平整);
- b) 使安装带来的运动失真最小(例如采用对称安装);
- c) 加速度计和安装器件的质量与被测结构的动态质量比应尽可能的小(见 GB/T 13824—1992)。

5.2 特别要求

5.2.1 工作的频率范围

最高工作频率应远低于所选用加速度计的安装谐振频率,如采用无阻尼加速度计(谐振增益因子 Q 大于 30 dB),又按照制造厂家所推荐的安装方法,其工作频率不大于安装谐振频率的 20%,多数情况下,其幅值响应的误差仅为百分之几。如果需要对其误差的近似值作某种估计,可以通过在给定阻尼值时,采用等效的线性弹簧—质量系统来计算。

注:对于单个冲击测量,如果其安装谐振频率大于该脉冲持续时间倒数的十倍,则其误差估计仅为百分之几。

5.2.2 安装力矩

采用螺钉安装时,应采用厂家推荐的安装力矩。

5.2.3 电缆

当采用轴向连接的加速度计时,硬的电缆可能引起壳体应变,应将电缆仔细地夹紧以避免出现上述现象(见图2)。

压电式加速度计的电缆松动会引起摩擦静电效应。

5.3 安装谐振频率的确定

尽管实际操作有一定困难,但在试验条件下,确定加速度计安装在结构上的安装谐振频率仍是十分有用的。下面的方法可用来获得近似的安装谐振频率,这样可以确认一个安装谐振频率与试验频率的区间。

5.3.1 振动激励法

采用一定形状和尺寸的钢块,即质量为180 g的不锈钢块作为参考体,此钢质参考体的安装面经精密加工成激励器的动圈和台面,该参考体的运动通过一参考加速度计来控制,该参考加速度计紧贴安装待测加速度计的表面。参考加速度计的谐振频率应高于钢质参考体(动圈和台面)的一阶弯曲谐振频率。用电动力法产生激励力。安装表面和材料的影响可以通过钢质表面和加速度计的典型试样来研究(见图3),几种通用的安装方法及其典型的频率响应曲线,见图5~图10。

关于确定安装谐振频率的论述,见 GB/T 13823.12—1995 和 ISO 5347-22:1997

注:图中所给出的是典型的频率响应曲线,它们将严格地受图中给出的因素所影响。

5.3.2 冲击激励法

冲击摆、跌落试验和简单的锤击,是用于冲击激励的三种方法。在第一种方法中,加速度计固定在砧座上,该砧座以单摆的形式悬挂起来,第二只锤摆也以同样方式悬挂起来,用它来实现冲击过程。

在跌落试验中,加速度计是固定在落锤上,该落锤经导轨使之垂直地跌落到一只静止的砧座上,以提供此种冲击过程。加速度计固定在质量块上的方式应和实际的试验是同样的。如果不可能用砧座或落锤的质量来代表试验体的质量,则可采用同样的材料和足够的尺寸,同时考虑到它的刚度,作成试验物体的合适的替代件。如果测量时结构的谐振可忽略不计,则在实际结构上加速度计的安装点附近采用锤击法,也可获得需要的信息。

在合适的条件下,冲击时加速度计的输出将表现出谐波的叠加(见图4)。为获得一个合适的冲击持续时间,以显示谐振,某些实验要选定冲击能量(即质量块所跌落的高度和撞击表面的刚度(如,钢或铅作衬面),必须仔细地观察在冲击时能激出的最低谐振频率。采用合适的单个过程记录存储装置或摄影技术得以确定多次谐波的频率,这些方法特别适用于较高频率的场合。

重复性良好的冲击可以获得其安装稳定性的信息。

5.4 具体安装方法的建议

5.4.1 总则

应该仔细地检查安装表面是否有污染和表面平滑,如有需要应加工使之平整。使加速度计的灵敏轴和测量方向的偏差减到最小,否则将导致相当于横向灵敏度所引起的误差。当横向运动远大于轴向运动时,此类误差将会特别明显。

安装表面的状态和安装方法应表述在实验记录中。

对加速度计所推荐的安装方法应能满足制造厂家提供的数据的要求。基于良好的实践经验,各类安装方法的选择准则的一般介绍,在表1中给出。

表 1 影响安装方法的各项准则(基于良好的实践经验)

	谐振频率	温 度	加速度计的 质量和安装刚度	谐振增益因子 Q	表面平整的 重要性
螺钉	●	●	●	●	●
氰基丙烯酸 甲脂粘接剂	●	●	●	●	①
蜂蜡	①	○	①	●	●
双面胶带	○	①	○	○	●
快装夹具	①	●	①	①	①
真空安装	①	●	●	①	①
磁性座	①	●	○	○	●
手持式	○	○ ^a	○	○	○
^a 完全和手与被测表面的距离有关。 标志: ● 良好 ① 中等 ○ 不好					

5.4.2 螺钉安装

5.4.2.1 安装表面(加速度计与被测结构)应清洁、平整与加工光滑,达到制造厂家推荐的要求,安装螺孔应垂直于安装表面。

5.4.2.2 应根据制造厂家所推荐的安装力矩以达到紧固的结合,同时不致损伤加速度计。

5.4.2.3 在结合面之间涂上一层薄薄的油或油脂,以获得良好的接触和最大的刚度(见图 5)。

5.4.2.4 螺钉在螺孔中不能碰到底部,这可能导致两安装面中有一微小间隙,从而使刚度降低。

5.4.3 粘接方式

如试验的结构无法钻孔,或需要对加速度计电气绝缘,或安装表面的平面度不够,则采用此种方法。经常也使用一种粘接螺钉,一端是有螺纹,另一端作成一平台,以便于粘接在结构上。

5.4.3.1 粘接的安装表面按制造厂家所推荐的方式进行清洗。

5.4.3.2 粘接剂应形成一薄膜,近似于构成一刚性弹簧。

5.4.3.3 可采用丙烯酸类或热凝性固化粘接剂,溶剂干燥后粘接剂趋向于保留某种柔软物性从而导致降低谐振频率(见图 6)。

注:安装谐振频率 f_c 可以用下式估算:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{|K_c|}{m}}$$

式中:

K_c ——粘接层的复合压缩刚度;

m ——加速度计与某种安装器具的总质量。

粘接层的复合压缩刚度 K_c 可按下式估算:

$$K_c = E(1 + i\eta)A/t$$

式中:

E ——粘接层的弹性模量(即杨氏模量);

η ——粘接层的弹性损耗角正切;

A ——粘接层的面积;

t ——粘接层的厚度。

粘接层的剪切谐振频率可用下式估算:

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{|K_s|}{m}}$$

式中:

K_s ——粘接层的复合剪切刚度。

粘接层的剪切刚度可用下式估算:

$$K_s = G(1 + i\beta)A/t$$

式中:

G ——粘接剂的剪切模量;

β ——粘接剂材料的剪切损耗角正切。

一般说来,为提高安装在结构上的加速度计的使用频率区间,粘合剂应具有很小的阻尼(即 η 或 β 应小于 0.01),较硬(即 E 和 G 值较高),而且此胶层应很薄。

5.4.4 安装器件

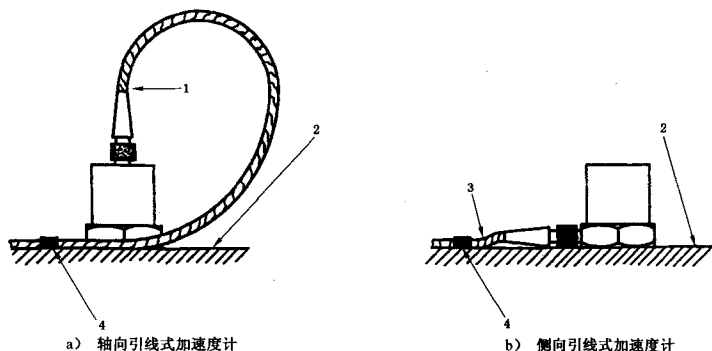
安装器件(包括电气绝缘螺钉)应具有刚度大,质量轻,惯性矩小,且对灵敏轴结构对称。

支架之类器件尽可能避免使用,如果必需,建议采用刚度好的小金属立方体。将其牢固地安装在结构上,其表面经机械加工,并有螺纹孔,以用于螺钉连接。

如果一定要采用一只复杂的安装器件,则应该考虑它的振型和频率。

5.4.5 其他的安装方式

很多例行试验,将加速度计底部涂上一层薄薄的固化蜂蜡(见图 10),或采用双面胶带(见图 7),或用磁性座(见图 9),或用快速安装夹具(见图 11),或用真空安装座(见图 12)等都可能取得良好的结果,但这些办法是严格地限制在某种振幅和频率范围内。在某些难以确定的场合,应根据对其基本频率和振幅的范围用实验方法加以确定。而用手持方式固定加速度计一般不推荐使用(见图 8)。



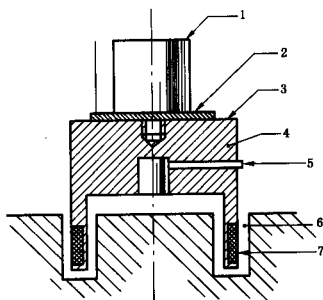
1——不得受力;

2——振动体的连接表面;

3——不得受力;

4——将导线固定在振动表面上。

图 2 轴向和侧向引线式的加速度计



- 1——加速度计；
- 2——试验表面；
- 3——抛光参考面；
- 4——钢质参考圆柱体；
- 5——参考加速度计；
- 6——建立的永磁场；
- 7——驱动线圈。

图 3 加速度计试验装置

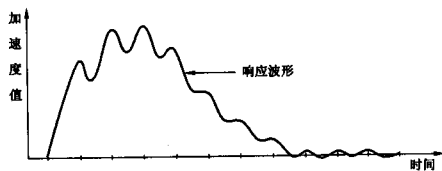


图 4 冲击条件下加速度计的响应

螺钉固定对响应曲线有影响的因素：

安装的平面度

表面的平面度和粗糙度

安装力矩

用于试验的安装力矩

M5: $1.8 \text{ N} \cdot \text{m}$

M3: $0.6 \text{ N} \cdot \text{m}$

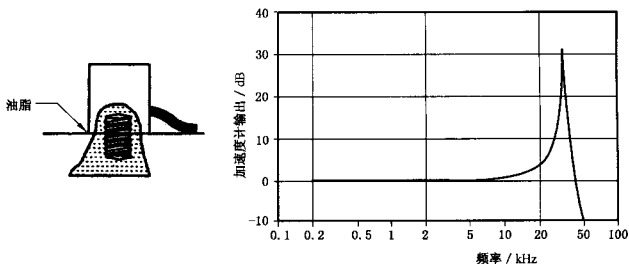


图5 采用螺钉固定并涂以油脂方式的加速度计的典型的频率响应曲线
(相对于结构在安装点的加速度绝对值)

粘接固定对响应曲线有影响的因素：

粘接剂的储存和混和

油脂的污染

粘胶层的厚度

粘胶的复合弹性模量

温度

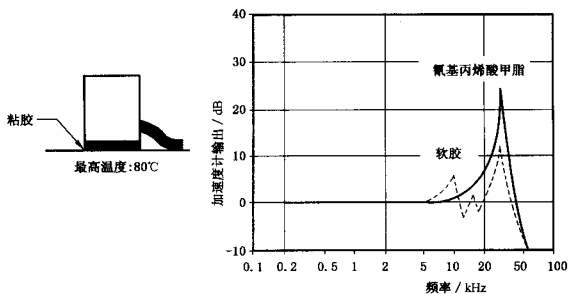


图6 采用粘接固定方式的加速度计的典型的频率响应曲线
(相对于结构在安装点的加速度绝对值)

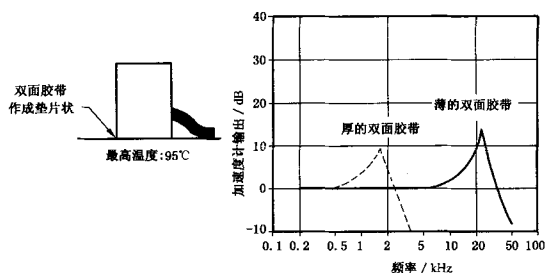
双面胶带固定对响应曲线有影响的因素：

表面接触的充分程度

表面和基座(结构)的平面度

材料

胶带的复合弹性模量



注：使用的限制见 5.4.5。

图 7 采用双面胶带固定方式的加速度计的典型的频率响应曲线
(相对于结构在安装点的加速度绝对值)

手持式固定对响应曲线有影响的因素：

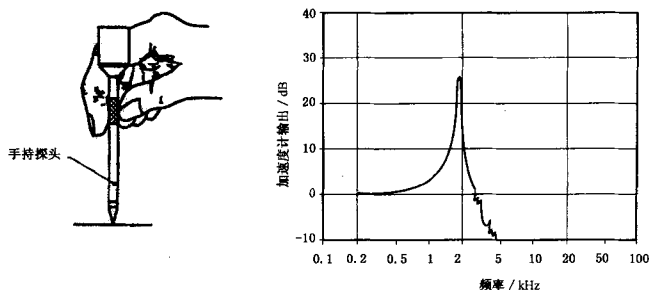
测量方向的稳定性

接触压力的稳定性

合适的压力

接触面积

取向

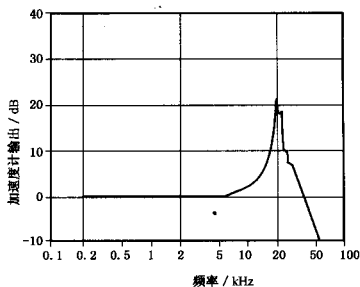


注：使用的限制见 5.4.5。

图 8 手持探头的典型的频率响应曲线
(相对于结构在接触点处的加速度绝对值)

磁性座固定对响应曲线有影响的因素:

安装方向
基座与表面的垂直度
磁性座的质量与厚度
材料的磁性

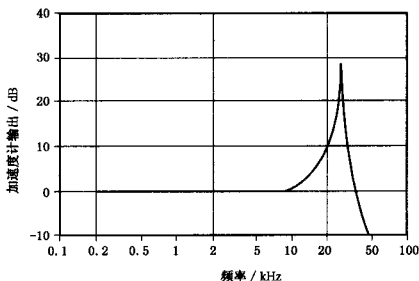
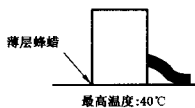


注: 使用的限制见 5.4.5。

图 9 采用磁性座安装的加速度计的典型的频率响应曲线
(相对于结构在安装点的加速度绝对值)

蜂蜡固定对响应曲线有影响的因素:

相对于接触面积的蜡层厚度
温度
传感器的安装表面积
蜡层的复合弹性模量



注: 使用的限制见 5.4.5。

图 10 采用薄层蜂蜡安装固定的加速度计的典型的频率响应曲线
(相对于结构在连接点的加速度绝对值)

快装夹具对响应曲线有影响的因素：

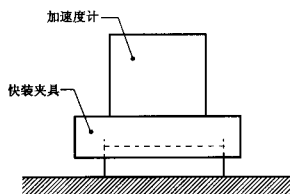
安装螺钉的适配性

安装力矩

安装夹具相对于加速度计的尺寸

安装表面的质量

机械紧固力



注：安装夹具和加速度计的谐振频率和振幅的限度应通过实验以确定其在信号失真之前可能测到的频率上限和最大振幅。由于这种原因，频率响应曲线无法提供。

图 11 快速夹具安装

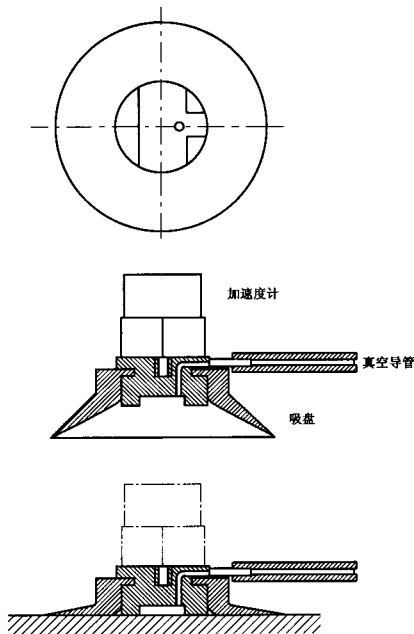


图 12 真空夹具安装