

前 言

本标准是在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动系列标准的第 3 部分。该系列标准总题目为“在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动”，它是由以下各部分组成：

第 1 部分：总则

第 2 部分：功率大于 50 MW 的陆地安装的大型汽轮发电机组

第 3 部分：额定功率大于 15 kW 额定转速在 120 r/min 至 15 000 r/min 之间的在现场测量的工业机器

第 4 部分：不包括航空器类的燃气轮机驱动装置

第 5 部分：水力发电厂和泵站机组

第 6 部分：功率超过 100 kW 的往复式机器

本标准等同采用国际标准 ISO 10816-3:1998《机械振动 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 3 部分：额定功率超过 15 kW 额定转速在 120 r/min 至 15 000 r/min 之间的在现场测量的工业机器》。

本标准在技术内容上与 ISO 10816-3:1998 相同，编写方法完全相对应。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B 是提示的附录。

本标准由国家机械工业局提出。

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：杭州工业汽轮机研究所、郑州机械研究所、湖北省电力试验研究所、沈阳水泵研究所。

本标准主要起草人：孙义冈、王珊燕、张大国、章巧芳、牟介刚。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是由各国标准化团体(ISO 成员团体)组成的世界性联合会。制定国际标准的工作通常由 ISO 技术委员会完成,各成员团体若对某技术委员会已确立的标准项目感兴趣,均有权参加该委员会的工作。与 ISO 保持联系的各国际组织(官方的或非官方的)也可参加有关工作。在电工技术标准化方面 ISO 与国际电工委员会(IEC)保持密切合作关系。

由技术委员会通过的国际标准草案在被 ISO 理事会批准为国际标准之前,提交各成员团体表决。根据 ISO 程序,国际标准需取得至少 75%参加表决的成员团体的同意才能正式通过。

国际标准 ISO 10816-3 是由国际标准化组织 ISO/TC 108 机械振动与冲击技术委员会 第二分技术委员会(SC2)(应用于机器、车辆和结构的机械振动与冲击的测量与评定)制定。

ISO 10816 总题目为《机械振动 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动》,由以下部分组成:

第 1 部分:总则

第 2 部分:功率大于 50 MW 的陆地安装的大型汽轮发电机组

第 3 部分:额定功率大于 15 kW 额定转速在 120 r/min 至 15 000 r/min 之间的在现场测量的工业机器

第 4 部分:不包括航空器类的燃气轮机驱动装置

第 5 部分:水力发电厂和泵站机组

第 6 部分:功率超过 100 kW 的往复式机器

本标准的附录 A 是标准的附录,附录 B 是提示的附录。

ISO 引言

ISO 10816-1 是 ISO 10816-3 的基础文件,它阐述了在非旋转部件上测量振动时对各类机器振动评价的一般要求,ISO 10816-3 对在工业机器轴承、轴承座或支架上现场测量振动烈度提供了专门的准则。

评价机器的振动有两条准则,第一条准则是考虑振动的幅值,第二条准则是考虑振动幅值的变化。然而,无论怎样不要把这两条准则作为判断振动烈度的唯一根据。对于有些类型的机器,用测量旋转轴的振动进行振动评价也是比较普遍的,轴振动测量及准则见 ISO 7919-1 和 ISO 7919-3。

中华人民共和国国家标准

在非旋转部件上测量和评价机器的 机械振动

第3部分:额定功率大于15 kW 额定 转速在120 r/min 至15 000 r/min 之间 的在现场测量的工业机器

GB/T 6075.3—2001
idt ISO 10816-3:1998

**Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration
by measurements on non-rotating parts—**

**Part 3:Industrial machines with nominal power above 15 kW
and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min
when measured *in situ***

1 范围

本标准中所提供的振动准则适用于功率大于15 kW 运行转速在120 r/min 至15 000 r/min 的机组,例如汽轮机或电机驱动机组。

本标准所包括的机器为:

- 功率不大于50 MW 的汽轮机;
- 汽轮机组功率大于50 MW 转速低于1 500 r/min 或高于3 600 r/min(不包括ISO 10816-2:1996 中包含的机组);
- 旋转式压缩机;
- 功率不大于3 MW 的工业燃气轮机;
- 离心式、混流式或轴流式泵;
- 除水力发电机组或泵站以外的发电机;
- 各种类型的电动机;
- 鼓风机或风机。

注:本标准的振动准则通常仅适用于额定功率大于300 kW 的风机或其他具有相当刚性的结构/机架的非柔性支承的风机。当条件允许时,准备推荐其他类型的风机,包括那些柔性支承或采用轻型薄金属板结构的风机。在此以前,制造厂与用户可根据以前的运行经验结果来商定为双方所接受的振动分类,参见ISO 14694。

下列机器不属于本标准范围:

- 功率大于50 MW 的陆地安装的汽轮发电机组,其转速为1 500 r/min、1 800 r/min、3 000 r/min、3 600 r/min(见ISO 10816-2);
- 功率大于3 MW 的燃气轮机(见GB/T 6075.4);
- 水力发电厂和泵站机组(见ISO 10816-5:2000);
- 与往复式机器联接的机器(见ISO 10816-6);

- 回转压缩机(例如螺杆压缩机);
- 往复式压缩机;
- 往复泵;
- 潜水电动泵;
- 风力涡轮机。

本标准的振动准则适用于额定工作转速稳定运行状况下在机器轴承、轴承座或机座上现场进行的宽频带振动测量。它们涉及到验收试验及运行监测。本标准的评价准则用于连续与非连续监测状态。

本标准包含带齿轮或滚动轴承的机器,但不涉及到这些齿轮或滚动轴承状态的诊断评价。

本标准仅适用于由机器本身产生的振动而不是由外界传递到机器的振动。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 6075.1—1999 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第1部分:总则
(idt ISO 10816-1:1995)

GB/T 11348.3—1999 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第3部分:耦合的工业机器
(eqv ISO 7919-3:1996)

GB/T 12217—1990 机器 轴高(neq ISO 496:1973)

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

3 测量方法与操作条件

应采用在 GB/T 6075.1 中所述的通用方法,其内容介绍如下。

3.1 测量仪器

测量仪器应该具有测量振动宽频带均方根值的能力,根据 GB/T 13824 的要求,测量仪器的通频响应范围至少为 10 Hz 至 1 000 Hz。根据振动准则可以要求进行位移或速度或者这二者结合在一起的测量(见 GB/T 6075.1)。但对于转速接近或低于 600 r/min 的机器,其通频响应范围下限应不大于 2 Hz。

注:如测量仪器也用于诊断目的,频率上限有必要超过 1 000 Hz。

应保证测量系统不受环境因素的影响,如:

- 温度变化;
- 磁场;
- 声场;
- 电源波动;
- 传感器电缆长度;
- 传感器方向。

应特别保证正确地固定振动传感器,使其不降低测量精度。

3.2 测量位置

通常在容易接近的机器外表部分进行测量。应保证测量能合理地表示轴承座的振动,而不包括任何局部的共振和放大。振动测量的位置与方向必须对于测量机器的动态力要有足够的灵敏度。典型情况下,需要在每一个轴承盖或轴承座二个相互正交的径向位置进行测量,如图 1 与图 2 所示,传感器可放置在轴承座或机座上任意角度位置。对水平安装的机器通常放在垂直和水平方向,对垂直或倾斜的机器,能得到最大的振动测量读数的位置(通常沿弹性轴的方向)应作为传感器放置的一个方向。有些情况下建议同时也对轴向振动进行测量(见 5.1.3 条)。在测量中对于特殊的位置与方向应作记录。

如果对机器振动幅值情况充分了解,可在轴承盖或轴承座上用单个传感器代替典型的一对正交放

置的传感器。但应当注意观察评价单个的传感器测量面上的振动,因为此测量方位未必接近振动最大值。

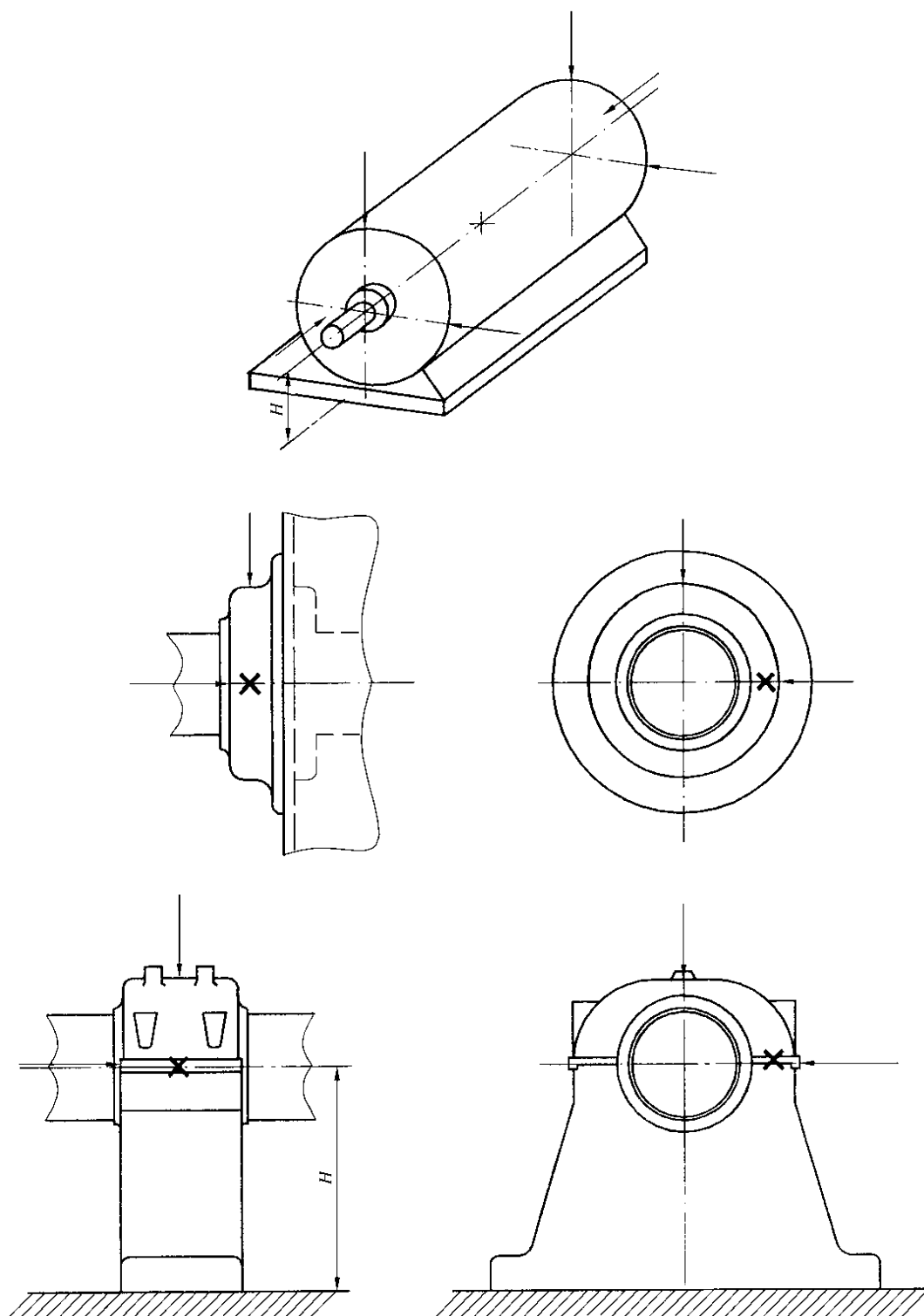


图 1 测量点

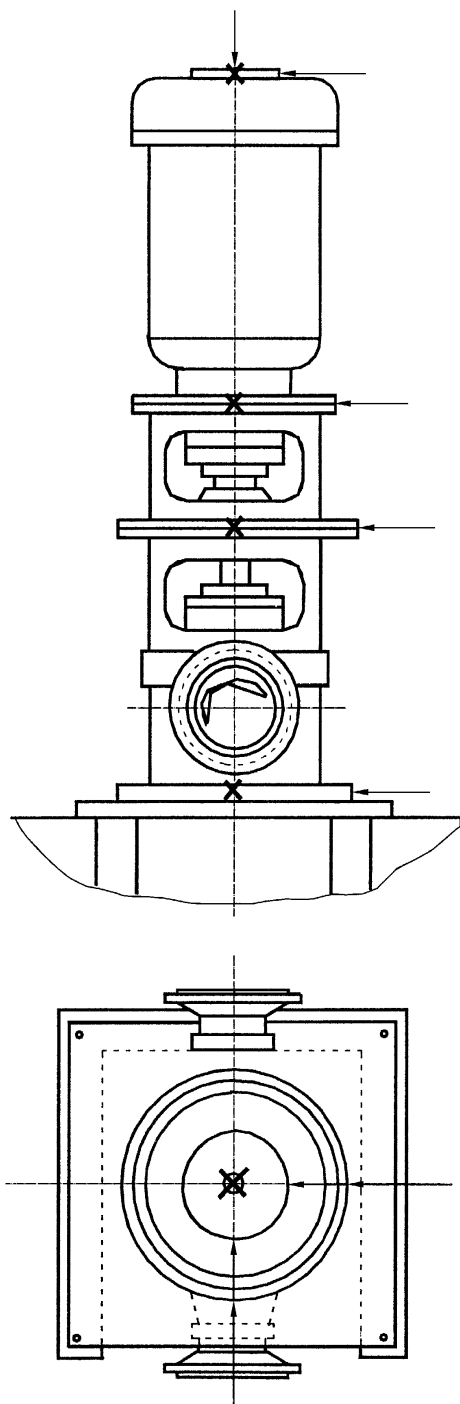


图2 垂直机组的测量点

3.3 连续及非连续监测

通常对于大型或重要机器在关键测点应安装仪器对振动进行连续在线监测,对一些小型或小功率机器则没有必要进行连续监测。对不平衡、轴承状态与安装基准等的变化可通过固定安装或手持式仪器进行定期测量。目前越来越普遍地使用计算机进行趋势分析及故障报警。

3.4 运行状况

测量应在转子及主轴承已达到正常的稳定运行温度,且机器处在规定的运行状态(如处于额定转速、电压、流量、压力及载荷)下进行。

对于转速或载荷变化的机器,应对机器要求运行周期较长的所有工况进行测量。在这些工况中的最

大测量值应当作为机器的振动烈度。

如所测振动大于准则允许接受范围并且受到过度的背景振动干扰,应将机器停机进行测量以确定外界影响的程度。如机器静止时所测的振动值超过运行时的 25%,必须进行修正以减少背景振动对测量结果的影响。

注:在某些情况下通过频谱分析或消除外界干扰振源来去除背景振动的影响。

4 机器分类

本标准中振动烈度参数分类如下:

- 机器类型;
- 额定功率或轴高;
- 支承系统柔度。

4.1 按机器类型、额定功率或轴高分类

由于设计、型号或轴承及支承结构的显著区别将机器分类成不同的组(轴高 H , 见 GB/T 12217), 这四组机器可具有水平、垂直及倾斜轴并且可安装在刚性或柔性基础上。

1 组: 额定功率大于 300 kW 的大型机器;轴高 ≥ 315 mm 的电机。

这类机器通常具有滑动轴承。运行或额定转速范围相对较宽,从 120 r/min 至 15 000 r/min。

2 组: 中型机器其额定功率大于 15 kW, 小于或等于 300 kW;轴高 $160 \text{ mm} \leq H < 315 \text{ mm}$ 的电机。

这类机器通常具有滚动轴承并且运行转速超过 600 r/min。

3 组: 额定功率大于 15 kW 多叶片叶轮并与原动机分开连接的泵(离心式、混流式或轴流式)。这组机器通常具有滑动轴承或滚动轴承。

4 组: 额定功率大于 15 kW 多叶片叶轮与原动机成一体(共轴)的泵(离心式、混流式或轴流式)。这组机器几乎都用滑动轴承或滚动轴承。

注

1 GB/T 12217 定义的机器的轴高 H 是机器交货时测量轴中心至机器自身基础面的距离(参见图 1)。

2 对于没有基座的机器、具有垫高的基座的机器、任何立式机器,其轴高应当取为在同样基础框架但为水平轴基座安装类型的机器轴高。当这机架未知时,可采用机器直径的一半作为轴高。

4.2 按支承柔度分类

通常对指定方向上的支承部件柔度分类,有二种状态:

- 刚性支承;
- 柔性支承。

这些支承条件取决于机器与基础柔度之间的相互关系。如在测量方向上机器与支承系统组合的最低自振频率至少大于主激励频率(大多数情况下为旋转频率)25%,则支承系统在该方向上可看作刚性支承。所有的其他支承系统都可看作柔性支承系统。

作为典型的例子,大中型电动机在低转速时通常具有刚性支承,而功率大于 10 MW 的透平发电机或压缩机以及立式机器装置通常具有柔性支承。

在某些情况下,支承部件可能在某一测量方向上为刚性而在其他方向为柔性。例如在垂直方向自振频率可能大于主激励频率而水平方向自振频率明显低于主激励频率,这种系统在垂直面为刚性而在水平面为柔性,在这种情况下振动可以按照对应于测量方向上的支承种类来评价。

如机器支承系统分类不能通过图纸及计算很容易地确定,则可通过试验来确定。

5 评价

GB/T 6075.1 描述了用振动烈度评价各种类型机器的两项准则。准则 I 考虑宽频带振动的幅值, 准则 II 考虑振动幅值的变化, 无论它们是增加还是减少。

5.1 准则 I: 振动幅值

本准则规定了振动幅值的限值, 该限值是按照轴承允许承受的动载荷及振动通过支承结构与基础传至周围环境的允许值确定的。在任一轴承或基座上测量到的最大振动幅值, 对照由经验建立的支承种类评价区域进行评价。

5.1.1 评价区域

下列评价区域的确定可对给定机器振动作定性的评价, 并对可能采取的方法提供指南。

区域 A: 新交付的机器的振动通常属于该区域。

区域 B: 机器振动处在该区域通常可长期运行。

区域 C: 机器振动处在该区域一般不适宜作长时间连续运行, 通常机器可在此状态下运行有限时间, 直到有采取补救措施的合适时机为止。

区域 D: 机器振动处在该区域其振动烈度足以导致机器损坏。

指定的区域边界值并不直接起验收规范作用, 验收规范应由机器制造商与用户之间的协议决定。然而, 这些数据作为指南可避免某些不足与不切实际的要求。在某些情况下机器可能有特殊性能, 要求采用不同的区域边界值(增大或减小), 在这种情况下, 通常要求机器制造商必须说明其理由, 并且要特别确保机器在较高振动值下运行不会损坏。

5.1.2 评价区域界限

表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中给出的评价区域界限是基于用两个正交径向方向安装的传感器测得的最大宽频带速度值或位移值。因此, 使用此表时应取在每一测量面的二个传感器所测得的较大值。当将速度及位移的最大测量值与表 A1、表 A2、表 A3 或表 A4 中的对应值进行比较时, 应采用最具限制性的烈度区域。

5.1.3 轴向振动

在连续运行监测时对主要受径向载荷的轴承通常不作轴向振动测量。这种测量主要用于周期性振动检查或作为诊断目的。很多故障很容易通过轴向振动测量发现。特定的轴向振动准则只是在有推力轴承的情况下给出, 其与轴向振动相关联的轴向跳动可能引起轴向载荷作用面的损坏。表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中的准则用于所有轴承的径向振动及推力轴承的轴向振动。

5.1.4 泵振动

表 A3 与表 A4 的评价准则适用于在额定流量下运行的泵。在偏离额定流量的工况下, 由于部分流量时水力径向力增大的缘故可能会出现较大的振动值。这样的振动值作短时期运行也许尚可, 但持续运行则会引起泵的损坏或加速磨损, 因此可根据经验对报警值与跳闸值作调整。

应当指出, 有些特殊用途的泵, 结构上独具特性, 使之可以在比表 A3 及表 A4 中给定的值高的振动值下运行而不出现问题(参见附录 A 表注 2 及表注 4)。

对于泵的安装, 一定要避免与泵联接的管路系统及基础在正常激励频率(如 1 倍或 2 倍运转频率或叶片扫过频率)下产生共振, 共振会引起非常剧烈的振动。

5.2 准则 II: 振动幅值变化

本准则提出了相对于以前运行所建立的基准值的振动幅值变化的评价。宽频带振动幅值可能出现明显的变化, 即使未达到准则 I 的区域 C, 也应采取某些措施。这些变化能够瞬间产生或随时间而逐渐发展并且预示早期的损害或一些其他问题。准则 II 是以稳定运行条件下宽频带振动幅值的变化为基础来规定的。稳定运行状态应当解释为包括机器功率或运行状态的小的改变。

应用准则 II 时, 被比较的振动测量应在相同的传感器位置及方向并在大致相同的机器运行工况下

进行。应对偏离正常振动值的明显变化(无论总的振动值为多少)加以研究,以避免危险情况发生。当振动值变化超过在表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中的区域 B 上限值的 25%时,这些变化应认为是显著的,特别是当它突然发生时,应进行诊断研究查明变化的原因,以确定下一步的适当行动。

注: 25%这数值只是作为振动幅值显著变化的一般指南,对于特殊的机器根据经验也可采用其他数值,例如对某些泵允许有较大的偏差。

5.3 运行限值

为了长期运行,通常设定运行振动限值,限值采用报警值和停机值。

报警值:警告规定的振动值已达到或显著的变化已发生,需要采取补救措施。通常发生报警情况,机器可继续运行一段时间,同时应进行研究以确定振动变化的原因并制定补救措施。

停机值:规定某一振动幅值,超过该值机器继续运行可能会引起损坏。如超过停机值应立即采取措施以减小振动或停机。

不同的运行限值反映不同的动载荷和支承刚度,可用于不同的测量位置和方向。

5.3.1 报警值设定

不同机器的报警值可能上、下变动较大,通常是相对于基线值来设定,而基线值是由具体机器上测量位置或方向的经验来确定的。

建议设定的报警值比基线值高出区域 B 上限的 25%。如基线值较低时,则报警值可能比区域 C 低。

如果没有建立基线值,例如对一台新机器,初始报警值设定应以其他类似机器的经验为基础,或以同意的验收值为基准。经过一段时期,建立稳态基线值后再相应调整报警值。

建议报警值通常不应超过区域 B 上限的 1.25 倍。

如果稳态基线值变化(例如机器检修后),应相应地修改报警值。

5.3.2 停机值设定

停机值一般与机器的机械牢固性有关,并且取决于能使机器承受异常动载荷的特定设计性能。因此,对于所有同样设计的机器的停机值一般都相同,并且通常与设定报警值的稳态基线值无关。

但是,对于不同设计的机器停机值会有差异,不可能给出绝对的停机值指南。通常,停机值在区域 C 或区域 D 内。建议停机值不应超过区域 C 上限的 1.25 倍。

5.4 辅助方法和准则

轴振动测量和评价准则 GB/T 11348.3 可作为本标准的补充。要清楚地认识到不能用简单的方法来确定轴承座振动与轴振动之间的关系。轴的绝对振动测量与轴的相对振动测量之差与轴承座的振动有关,由于相位角不同在数值上并不一定相等。因此,当本标准与 GB/T 11348.3 的准则一起用于机器振动的评价,应当进行互不相关的轴和轴承座(或基座)振动的测量。假如不同准则的应用引起对机器振动烈度的不同评价,则应考虑采用二者中更严格的区域等级。

5.5 振动矢量信息的评估

本标准的评价只限于考虑宽频带振动而没有涉及到频率分量和相位,对验收试验与运行监测的大多数情况是能满足的。然而,对于长期监测及进行故障诊断,应用振动矢量信息对发现与确定机器的动态特性变化特别有用。某些情况下,仅使用宽频带振动测量不能发现这些变化(参见 GB/T 6075.1 示例)。

和相位与频率有关的振动信息越来越多地用于监测与诊断目的。但制定这部分准则已超出本标准的范围。

附录 A

(标准的附录)

评价区域界限

在额定转速下运行的许多机器其振动区域限值可用振动速度来描述。因此采用振动速度总的均方根值(r.m.s)作为主要的评估量。

注：在很多情况下习惯于采用振动速度标定为峰值读数而不是均方根值的仪器来测量振动。

如果振动波形是基于单个正弦曲线组成，则在峰值与均方根值之间存在简单变换关系并且表中区域的边界可以很容易地乘上 $\sqrt{2}$ 后表示为单峰值或乘上 $2\sqrt{2}$ 后表示为峰-峰值，相反地测量所得的振动单峰值除以 $\sqrt{2}$ 再以表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中的均方根值作为准则进行评价。

对很多机器通常其振动是以机器运行频率为主，而对于泵有时以叶片通流频率为主。对只有单个频率存在的情况并且测量的振动值采用峰值而不是均方根值，可建立与表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 等效的表，这些表的区域的边界值乘以系数 $\sqrt{2}$ 生成以振动烈度峰值进行评价的等效表。

使用单个振动速度值而不考虑频率可能会导致振动位移大得无法接受，特别在机器处于低转速而振动以一倍频分量为主的时候。同样对速度恒定的准则当机器处于高转速运行或者主要的振动能量集中在高频率范围时会导致无法接受的高的加速度值。理想情况，可接受的准则应当按位移、速度及加速度提出并取决于转速范围和机器类型。但现在振动区域边界值仅按速度及位移给出。对应本标准包括的四组机器在表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中以一般形式给出。

振动速度与位移的宽频带均方根值的频率范围限值从 10 Hz 至 1 000 Hz，或者对于转速低于 600 r/min 的机器为 2 Hz 至 1 000 Hz。在大多数情况下仅对振动速度的测量就可满足要求。如估计振动频谱中包含有低频分量则应当将速度及位移二者的宽频带测量都作为基础进行评价。

所有的四组机器可安装在刚性或柔性支承上。二者不同的评定区域值在表 A1、表 A2、表 A3 及表 A4 中已列出。在第 4 章中给出了支承分类的指南。

表 A1 振动烈度区域分类 第一组机器：额定功率大于 300 kW 并且小于 50 MW 的大型机组；
转轴高度 $H \geq 315$ mm 的电机

支承类型	区域边界	位移均方根值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
刚性	A/B	29	2.3
	B/C	57	4.5
	C/D	90	7.1
柔性	A/B	45	3.5
	B/C	90	7.1
	C/D	140	11.0

表 A2 振动烈度区域分类 第二组机器：额定功率大于 15 kW，小于等于 300 kW 的中型机器；
电机转轴高度 $160 \text{ mm} \leq H < 315 \text{ mm}$

支承类型	区域边界	位移均方根值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
刚性	A/B	22	1.4
	B/C	45	2.8
	C/D	71	4.5
柔性	A/B	37	2.3
	B/C	71	4.5
	C/D	113	7.1

表 A3 振动烈度区域分类 第三组机器:额定功率大于 15 kW 多叶片叶轮并与原动机分开连接的泵(离心式、混流式或轴流式)

支承类型	区域边界	位移均方根值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
刚性	A/B	18	2.3
	B/C	36	4.5
	C/D	56	7.1
柔性	A/B	28	3.5
	B/C	56	7.1
	C/D	90	11.0

表 A4 振动烈度区域分类 第四组机器:额定功率大于 15 kW 多叶片叶轮与原动机成一体(共轴)的泵(离心式、混流式或轴流式)

支承类型	区域边界	位移均方根值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
刚性	A/B	11	1.4
	B/C	22	2.8
	C/D	36	4.5
柔性	A/B	18	2.3
	B/C	36	4.5
	C/D	56	7.1

注

对于表 A1 至表 A4:

- 1 这些值用于当机器在额定转速或规定的转速范围处于稳定运行状态时所有的轴承、轴承座或机器机座上进行径向振动测量以及推力轴承的轴向振动测量。但不能用于机器处于瞬态条件下(例如转速或载荷变化时)测量。
- 2 对于特殊的机器或特殊的支承及运行条件可以允许不同的或较高的振动评价。所有这些情况应当得到制造商与用户的同意。
- 3 目前在一般应用中不对机器的加速度值进行监测。希望积累对机器加速度值监测的经验。
- 4 对于不阻塞或具有类似运行方式的特殊叶轮的泵,一般可以预期会有较表中限值更高的振动幅值(如单叶片叶轮可达到 3 mm/s)。

附录 B

(提示的附录)

参考资料

- [1] GB/T 6075.4—2001 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 4 部分:不包括航空器类的燃气轮机驱动装置
- [2] GB/T 8543—1987 验收试验中齿轮装置机械振动的测定
- [3] GB/T 11348.1—1999 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第 1 部分:总则
- [4] ISO 10816-2:1996 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 2 部分:功率大于 50 MW 的陆地安装的大型汽轮发电机组
- [5] ISO 10816-5:2000 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 5 部分:水力发电厂和泵站机组
- [6] ISO 10816-6:1995 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 6 部分:功率大于 100 kW 的往复式机器
- [7] ISO 14694-1¹⁾ 工业风机 平衡品质与振动水平的技术说明

1) 待颁布。