



中华人民共和国国家标准

GB/T 6075.5—2002
idt 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

**Mechanical vibration—Evaluation
of machine vibration by measurements
on non-rotating parts—
Part 5: Machine sets in hydraulic power generating
and pumping plants**

2002-05-20 发布

2002-12-01 实施

中华人民共和国 发布
国家质量监督检验检疫总局

目 次

前言	I
ISO 前言	I
1 范围	1
2 引用标准	1
3 机械设备组合	2
4 测量方法和工况	5
5 评价准则	7
附录 A(标准的附录) 评价区域边界值	11
附录 B(提示的附录) 水力机组轴承座的振动特性	12
附录 C(提示的附录) 分析步骤和采用的回归技术	13
附录 D(提示的附录) 参考标准	14

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 5 部分。它等同采用国际标准 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》。

本标准在技术内容上和 ISO 10816-5:2000 相同,编写方法完全相对应。

本标准建立了我国水力发电厂和泵站机组在轴承体或轴承座上进行振动测量和评价的准则,关于振动限值的规定和 ISO 10816-5:2000 的推荐值完全一致。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B、附录 C 和附录 D 是提示的附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准由哈尔滨大电机研究所负责起草,郑州机械研究所、东方电机股份有限公司、湖北省电力试验研究院、葛洲坝水力发电厂参加起草。

本标准主要起草人:阙广庆、韩国明、胡建文、李虹、曹剑绵、王柏仁、刘庚辛。

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 的技术委员会完成,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。

国际标准的起草符合 ISO/IEC 指导原则第 3 部分的规则。

由技术委员会正式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。

请注意 ISO 10816 的这一部分的某些内容可能涉及专利权问题,ISO 没有责任识别这些专利权问题。

国际标准 ISO 10816-5 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(SC 2)(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《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动》,它由以下各部分组成:

第 1 部分:总则

第 2 部分:50 MW 以上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:功率大于 100 kW 的往复式机器

本标准的附录 A 是标准的附录,附录 B 和附录 C 是提示的附录。

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5部分：水力发电厂和泵站机组

Mechanical vibration—Evaluation
of machine vibration by measurements
on non-rotating parts—
Part 5: Machine sets in hydraulic power generating
and pumping plants

GB/T 6075.5—2002
idt ISO 10816-5:2000

1 范围

本标准规定了水力发电厂和泵站机组在非旋转部件上振动的测量和评价准则。

本标准适用于水力发电厂和泵站机组正常工作下在轴承、轴承支架或轴承座上进行振动测量和评价。

本标准对在非旋转部件上振动的测量和评价准则从两个方面进行，一是稳态运行的振动值，二是稳态运行时可能出现的振动变化，所规定的数值不作为振动评价的唯一依据，因为评价机械的振动状态通常要考虑转轴振动和轴承座振动两个方面（见 GB/T 6075.1 和 GB/T 11348.1 的引言）。

本标准适用于水力发电厂和泵站机组，其额定转速为 $(60\sim 1\ 800)\text{r/min}$ ，轴瓦类型为筒式或分块瓦式轴承，主机功率大于或等于 1 MW。轴线的位置可以是垂直、水平或与这两个方向成任意角度。

本标准适用的机组有以下组合：

- a) 水轮机和水电发电机；
- b) 水泵和作电动机运行的电机；
- c) 水泵-水轮机和电动机-发电机。

包括辅助设备（如轴线上的启动水轮机或励磁机）。目前本标准只对机组的主要轴承。

本标准也适用于通过齿轮或径向弹性联轴器与发电机或电动机连接的水轮机或泵。但是，这种类型的电机主要应该用 GB/T 6075.3 规定的准则来评价。

本标准不适用于以下机器：

- a) 热电厂或工业设备上的泵（见 GB/T 11348.3）；
- b) 用滚动轴承的水力机器。

水力发电厂和泵站机组的轴承座振动确定的目的与 GB/T 6075.1 一致，即：

- a) 任务 A：监测振动性能的变化；
- b) 任务 B：预防过量的动载荷。

本准则主要用于机组自身产生的振动。必要时也应专门考虑外部振源传给机组的振动。

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 17189—1997 水力机械振动和脉动现场测试规程

3 机械设备组合

水力机械设备在设计 and 组合上有明显的不同要求,按径向轴承刚度的不同可分成4大类如下:

第1类:卧式机组,其座式轴承或端盖轴承安装在刚性基础上,通常其工作转速在300 r/min以上;

第2类:卧式机组,其轴承座固定在水力机械的外壳上,通常其工作转速低于300 r/min;

第3类:立式机组,其轴承座全部安装在基础上,通常其工作转速为(60~1 800)r/min;

第4类:立式机组,其下导轴承座安装在基础上,只有上导轴承座安装在发电机定子上,通常其工作转速为(60~1 000)r/min。

注:伞式机组属于第4类。

图1到图4给出了每一类的例图(图中数值指示测点位置)。

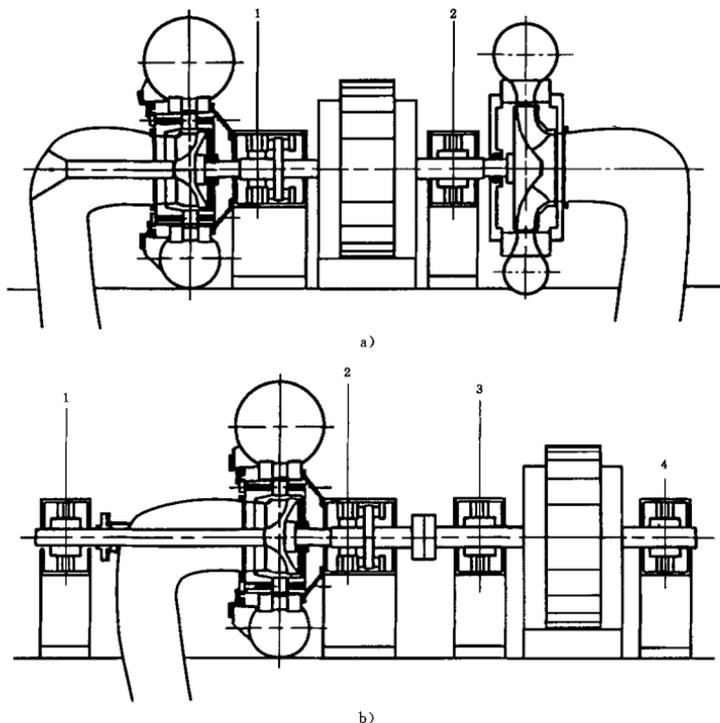


图1 第1类:卧式机组(其座式轴承或端盖轴承安装在刚性基础上,通常其工作转速在300 r/min以上)

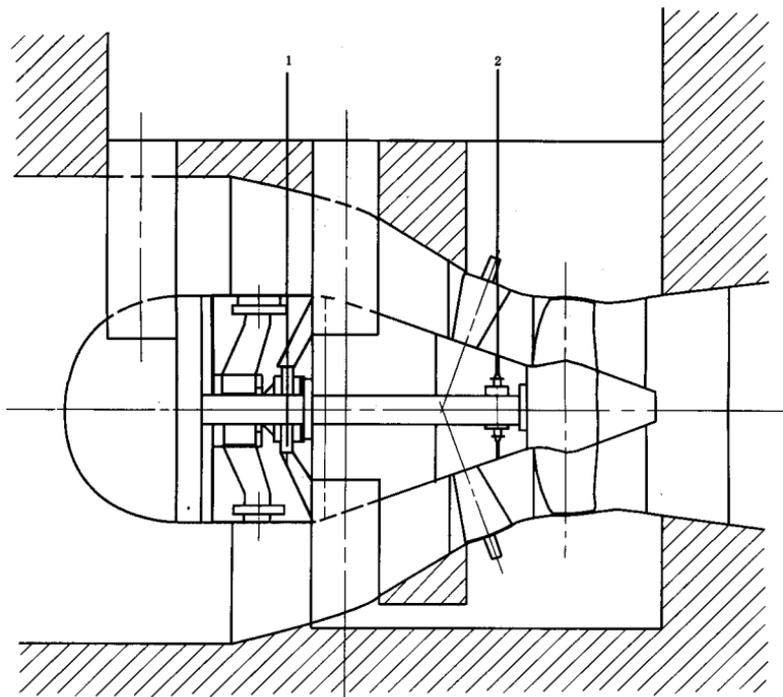


图2 第2类:卧式机组(轴承座固定在水力机械的外壳上,
通常其工作转速低于 300 r/min)

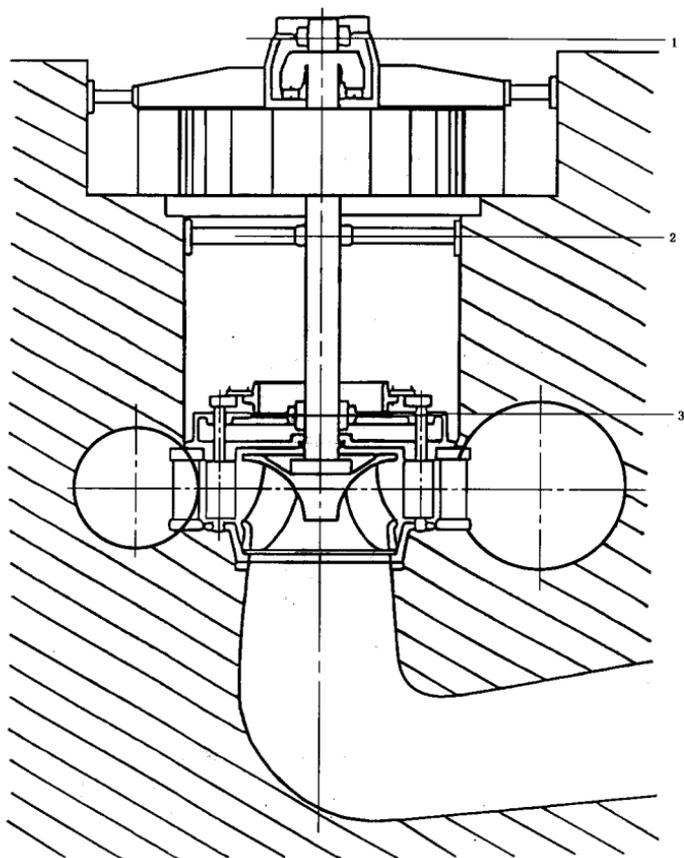
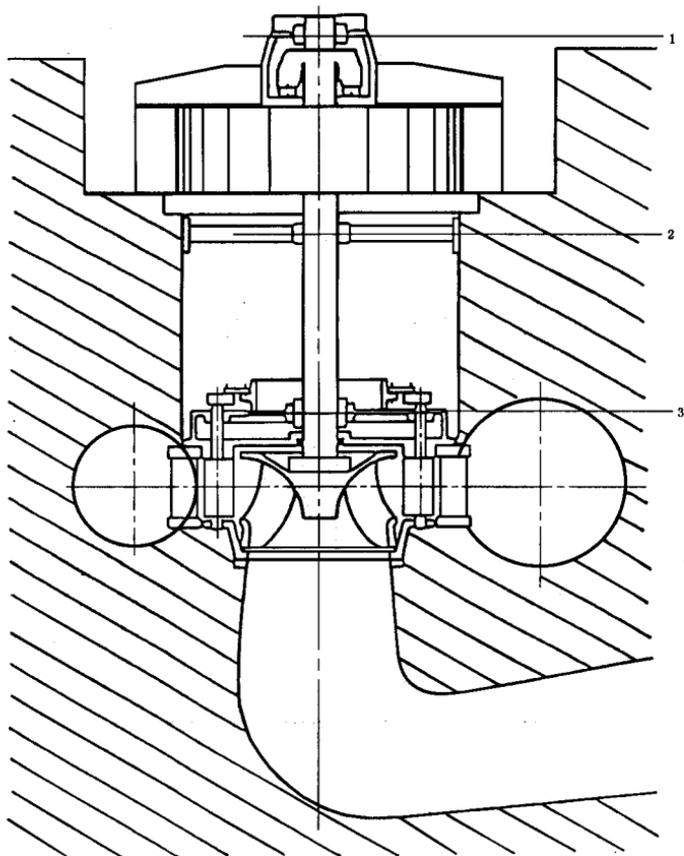


图3 第3类:立式机组(轴承座全部安装在基础上,
通常其工作转速在60~1 800 r/min)



注：伞式机组属于第4类。

图4 第4类：立式机组（其下导轴承安装在基础上，只有上导轴承安装在发电机上，通常其工作转速在60~1 000 r/min）

4 测量方法和工况

4.1 引言

测量应根据 GB/T 6075.1 和 GB/T 17189 给出的基本步骤，按本标准 4.2~4.5 进行。

4.2 测量类型

对水力机组轴承座绝对振动的测量，通常用惯性传感器测量振动速度 V_{ms} ，单位为 mm/s，或者通过积分后得到振动位移 S_{pp} ，单位为 μm 。在支架振动响应可以忽略的情况下，也可将位移传感器固定在刚性支架上，直接测量振动位移 S_{pp} 。

由于水力机械振动性能的特殊性以及在不同的转速范围内运行，这些量最适用的范围是：

a) 对于低速机械(低于 300 r/min),建议测量振动位移 S_{pp} 。如果预期的频谱含有高频成分,评价一般应基于位移和速度的宽频带测量;

b) 对于中高速机组(300 r/min 至 1 800 r/min),建议测量振动速度 V_{rms} ,如果预计的频谱含有低频成分,评价一般应基于位移和速度的宽频带测量。

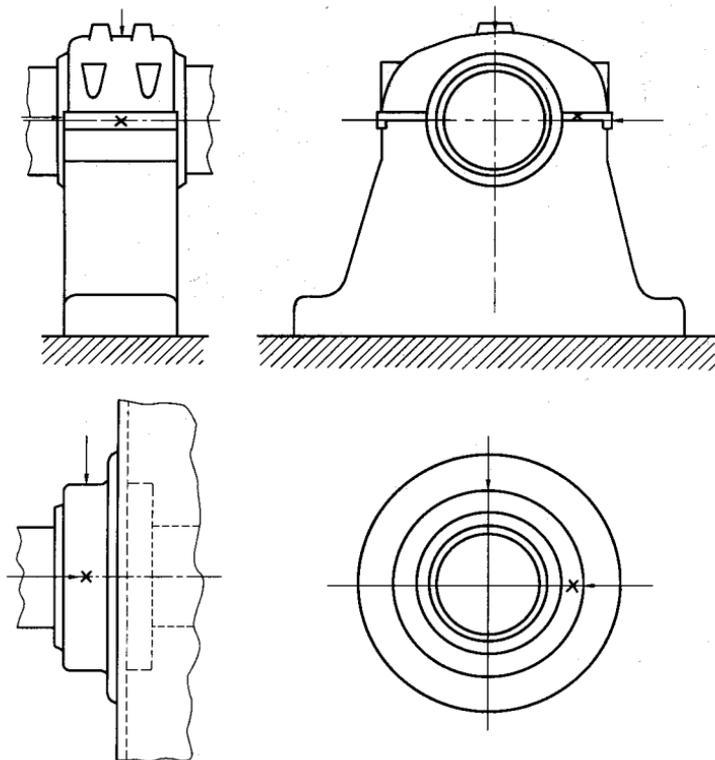
4.3 测量位置和方向

轴承座振动测量要求测量点选在机械的外露部位,这些部位通常是可接近的,并且是在支撑结构传递力的代表性位置上。例如在机组的所有主轴承上。水力机械测点位置的典型例子见图 1~图 5。

必须确保测量值合理地代表了轴承座的振动,而不包含局部共振或放大。振动测量的位置和方向的选择应使其在各种运行工况下,对机械的动态力有足够的灵敏度。通常需要在每一轴承盖、支架和轴承座上沿两个径向正交测量方位布置。对有水平轴线的低速机组,例如图 2 所示的灯泡式水轮机,测量位置和方向要仔细确定。

注:有时可能误解立式机组下部导轴承处测量的振动,在这样的轴承和埋设在建筑物刚性基础中的支撑件上测得的振动,有时是由水力产生的,它通过基础从水力机器直接传入。这样的振动未必能正确反映旋转轴系的振动。

当用便携式仪器测量卧式机组时,测量沿垂直和水平方向,相隔 90° 角(垂直于轴线)。如有可能,沿轴线方向(平行于轴线)也应设置测点,见图 5。



注:建议水平测量位置应在轴承座上,而不是在轴承盖上。

图 5 座式或端盖式轴承的测量位置和方向

如果轴承盖或座上的单个传感器能够提供机器振动幅值的足够信息,可用它代替典型的正交传感器对。然而,从一个测点用单一传感器来评价振动必须小心,因为它可能没放在适当的方位上,以至于不能提供该点最大振动值的合理近似值。

在立式或斜式机组情况下,必须采用能反映最大振动值的位置和方向,例如刚性和弹性轴(对于辐射式支臂支撑结构这是重要的),特定的测量位置和方向要与测量值同时记录。如有可能,不同轴上的传感器应在同一直线上。对于立式机组,建议的测量方向是上游方向和与之成 90° 的方向。

若仅为监测,某些情况下建议测点位置可减至最重要的几点,特别是具有4个以上轴承的机组。应根据振动性能分析并模拟各种事故和干扰影响作出选择。最佳测点位置应当是干扰事件发生时能产生明显轴承振幅(速度和位移)的点。

对于第1类或第2类机组的连续监控,通常在轴承支架或轴承座处沿水平或轻微倾斜位置上安放一个传感器就够了。为监测机组的轴向振动,在推力轴承处安装一个传感器就足够了。

4.4 测量设备

测量设备应能测量宽频带振动,而且在下面的频率范围内有平坦的响应:

a) 如果测量量是振动位移 S_{p-p} ,从最低 $1/4$ 额定转速频率到转速频率与叶片或水斗数乘积的三倍频率;

b) 如果测量量是振动速度 V_{rms} ,应从2 Hz到1 000 Hz。

注:如果测量设备还用于诊断目的,则上限频率还必须高于规定值(例如,在测量振动速度的情况下要高于1 000 Hz)。

在使用特殊惯性式测量传感器或加速度传感器时,振动位移可作为绝对量测量。如果应用标准设备,必须特别注意保证测试仪器与特定的电子补偿器相匹配,以获得规定频率范围内的平坦响应。

对于额定转速低于或等于300 r/min的机组,常用接触或非接触位移传感器,来测量相对位移(相对于基础)。这些传感器应安装在刚性杆或固定在刚性基础部件的支架上。必须保证这些部件的固有频率至少高于额定转速频率10倍以上,并且不能是额定转速频率的整数倍。

振动速度应用惯性传感器或加速度传感器作为绝对量来测量。如果使用惯性传感器,必须注意确保测试仪器与特定的电子补偿器相匹配,以获得2 Hz到1 000 Hz频率范围内的平坦响应。

测量绝对振动的传感器应安装在轴承座或临近结构的刚性部件上,它能代表机器的振动响应。特别要注意保证传感器的安装一定要符合传感器制造厂的技术要求。如果安装传感器需要附加元件,必须保证这些附加元件的固有频率至少高于额定转速频率的10倍以上,并且不能是额定转速频率的整数倍。

应了解环境对测试系统性能的影响,这些环境影响包括:

- a) 温度变化;
- b) 磁场;
- c) 声场;
- d) 电源变化;
- e) 传感器导线长度;
- f) 传感器方向性。

必须特别注意保证振动传感器安装正确,并且不影响机器的振动响应特性。

4.5 测试工况

机器在稳态工况运行,而且转子和主轴承已达到正常稳态运行温度后才能测试。

5 评价准则

5.1 引言

GB/T 6075.1提供了评定各种机器振动烈度的两个评定准则的一般描述。一项评定准则考虑了宽带测量的振动幅值;另一项评定准则考虑了幅值的变化,不管是增加还是减少。

5.2 准则 I: 振动幅值

正常运行工况时, 机器可靠安全的运行要求振动幅值应该控制在一定的限值内, 它与可接受的动态载荷和传入支承结构和基础的可接受的振动是协调的。一般说来, 在尚未建立机组满意运行性能资料的情况下, 对于这类机器(例如新的机器类型), 这个准则可作为机器评价的基础。

每个轴承座测得的最大振动幅值, 根据下面规定的区域来评价:

区域 A: 新交付使用的机器的振动通常应在此区域内;

区域 B: 通常认为振动在此区域内的机器可以无限制地长期运行;

区域 C: 通常认为振动在此区域内的机器不宜长期持续运行。一般来说, 在有适当机会采取补救措施之, 机器在这种状态下可以运行有限的一段时间;

区域 D: 通常认为在此区域的振动已经非常严重, 足以导致机器损坏。

区域界限规定的数值不准备作为验收规范, 验收规范由机器制造厂和用户商定。但是, 区域的界限值提供的准则可确保避免严重的缺陷或不现实的要求。另外, 对于特殊机器, 可能需要使用不同的界限值(较高或较低), 在这种情况下, 机器制造厂有责任解释其理由, 尤其要确保机器以较高的振动运行时的安全。

注: 对于增加出力后重新投运的机组, 通常要标明“超额定出力”, 其振动幅值可以位于区域 A 或区域 B 内。然而选择区域 A 或区域 B 依赖于新激励力与新部件及留用的部件经受长期动载荷的能力之间的关系。

5.3 评价区域界线

5.3.1 水轮机运行工况

附录 A(标准的附录)的表 A1 至表 A4 给出的区域边界推荐值适用于本标准所包含的 4 类机器。这些准则在以下条件下应用是有效的, 即在轴承座上沿径向测量、机组的额定转速在 60~1 800 r/min 之内、在合同允许的稳态工况下运行。如果机器已适应某些特殊工况, 则在这些负荷工况下也同样有效。在附录 B(提示的附录)指定的工况下, 可以允许有更大振动值。

区域边界值是对振动速度和位移这两个测量量规定的。如果这两个量用表 A1、表 A3 和表 A4 的相应值来测量和比较, 则评价时应采用最严格的那个测量量。

除本标准第 1 章给出限制以外, 限值适用于各类机组的所有型号, 与水头和功率无关, 对于水力稳定运行的机器通常可期望有更低的轴承座振动。

在水泵-水轮机情况下, 可能会产生较大的轴承座振动幅值, 这是由于转轮的设计准则要兼顾水轮机和水泵转轮的最佳设计。

在世界范围内收集了有不同功率和转速的四类机组的 1 400 多个样本的测量数据, 对这些数据作统计分析后得到表 A1 至表 A4 的数值。分析步骤的简要描述和应用的回归技术在附录 C(提示的附录)中给出。

注

1 一般来说, 机器的振动状态的总体评价要基于上述定义的轴承座振动和轴振动的测量(见 GB/T 11348.5)的两个方面。

2 正如附录 C 解释的, 推荐的限值是建立在预测限值定义和统计步骤的基础上的。由于测量数据很分散, 这样做是必要的。因此不能指望在所有情况下测试的机器都存在区域边界值和可能发生的故事之间有确切的关联。

5.3.2 泵的运行工况

目前还没有足够的数据可以用来制定机组在泵运行工况下的准则。本标准修订时再作增补。

5.3.3 特殊运行工况

必须注意下列运行工况:

a) 低负荷和超负荷的稳态运行工况, 以及频繁的开机和停机过程中的瞬态运行工况;

b) 稀少的运行工况, 例如紧急停机工况、甩负荷、泵和水泵-水轮机在投入机械制动时的运行。

这些运行过程的评价比在指定的负荷范围内稳态运行评价困难得多。现在还没有足够的数据和经

用来建立这些特殊的运行工况的限制曲线。越低于额定工况,水力机械内的水流受到的扰动越大。像脱流和涡动那样的扰动会产生强烈的随机激振。由于水的密度大,水轮机随机激振力要比汽轮机大得多。

在指定负荷范围以外区域运行时,通常质量不平衡产生的轴承或结构的振动都被随机振动分量覆盖了。由于特殊运行工况下,存在这些巨大的随机分量,所以,应该较少地依赖瞬时值,而应更多的依赖于有代表性的测量周期内测得的平均值。

5.3.4 轴向振动

在连续的运行监测中,通常不对径向承载的主轴承处的轴向振动作测量。只有在定期检查或诊断事故时,才临时性地对轴向振动作测量。在推力轴承上,轴向振动一般与轴向脉动有关,它能引起轴向承载表面的损坏。因为缺少测量数据,轴承的轴向振动准则目前还不能给出。

5.4 准则Ⅱ: 振动幅值的变化

这个准则给出了振动幅值相对于稳态运行工况下建立的基线值发生变化的评价方法。宽频带振幅有明显变化时,虽然还未达到准则Ⅰ中的报警区域C,但也要采取措施。这种变化可能是瞬时的,或者是随时间而渐进的,它可能指示事故已发生或预示即将发生的事故或其他不规则事故。准则Ⅱ是以稳态运行工况下宽频带振动幅值的变化为基础来制定的。稳态运行工况应解释为机器的功率和运行工况只有小的变化。

当应用准则Ⅱ时,应在相同的传感器方向和位置上,并在近似相同的机器运行工况下进行振动测量与比较。不管其振幅值如何,正常振动幅值的明显变化都应被调查,因为那时危险的情况还能够避免。当振动幅值的变化超过区域B上界限值(在表A1至表A4中定义为B/C)的25%时,这样的变化应认为是明显的,特别是如果这种变化是突发的。诊断调查开始时应查明变化的原因,然后决定什么样的措施是可行的。

注: 无论振动值是增加还是减少,认为25%的变化是明显的。该值提供一个指导,但是对于特殊机器,也可根据经验采用其他值。

5.5 运行限值

5.5.1 概述

为了长期运行,通常的做法是确定振动限值。这些限值的形式如下:

报警值: 警示振动已经达到规定值,或者发生了重大的变化,这时可能需要采取补救措施。出现报警情况后,机组还可以继续运行一段时间,以便查明振动改变的原因并确定补救措施。

停机值: 超过这个规定振动值继续运行会导致机器损坏。如果振动超过停机值,应该立刻采取措施以降低振动或者立刻停机。

考虑到支承刚度和动载荷的差别,对不同的测量位置和方向可以规定不同的运行限值。

5.5.2 报警值的设定

对于不同的机器,报警值可以有很大的变化。通常是相对于基线值来设定报警值。此基线值是根据特定机器测量的经验而确定的。

推荐设置的报警值应该比基线值高某一数值,此数值相当于区域B上限值的25%。如果基线值较低,报警值可能在区域C以下。

在没有基线值的情况,例如新机组,初始报警值的设置应根据同类机器的经验或者商定的验收值。运行一段时间后,建立起稳定状态下的基线值后,再相应地调整报警值。

不论何种情况,报警值不能超过区域B上限(这个上限值在表A1至表A4中定义为B/C)的1.25倍。

如果稳态的基线值改变了(如大修后),报警值设定也需要相应的修改。

对于同一台机器,考虑到支撑刚度和动载荷的不同,在不同的测量位置和方向可以规定不同的报警值。

5.5.3 停机值的设定

停机值与机器的机械完整性有关,并且取决于某些特定的设计性能,这个性能是指机器能够经受非常规的动载荷的能力。所以,对类似设计的所有机器,这个值一般是相同的,而且通常与用来设定报警值的稳定状态下的基线值无关。

然而,对于不同设计的机器,停机值是不一样的,而且不可能给出设定绝对停机值的确切准则。一般来说,停机值将落在区域 C 或区域 D 内,但是它不能超出区域 C 上限值(这个上限值在表 A1 至表 A4 中定义为 C/D)的 1.25 倍。

5.5.4 特殊运行工况

当机组在正常负荷范围以外运行或在瞬态工况运行时,报警和停机功能必须被解除。如果在这些工况运行期间机器也要监测,必须按照机器试运转时可接受的最大振动值选择第二组报警值和停机值。

5.6 附加的方法与准则

本标准给出的机器振动测量和评价,可由 GB/T 11348.5 给出的轴振动测量和评定准则来补充。重要的是要认识到,没有一个简单的方法把轴承座振动和转轴振动联系起来,反之亦然。因此,当同时应用标准 GB/T 11348.5 的准则评价振动烈度时,应各自独立测量转轴振动和轴承支架或轴承座振动。如果应用不同的准则导致对机器振动烈度的不同评价时,则应考虑应用更严格的区域分类。

5.7 以振动向量信息为基础的评价

本标准所考虑的评价仅限于宽频带振动,而没有参考频率分量和相位。大多数情况下,这对验收试验和运行监测是足够的。然而对长期监测和诊断,振动向量信息的使用对监测和确定机器动态变化是有用的。某些情况下如仅用宽频带振动测量,不能监测这些变化(见 GB/T 6075.1),这类测量准则的制定已超出本标准的范围。

附录 A
(标准的附录)
评价区域边界值

表 A1 至表 A4 给出了本标准所包含的四个主要机器类型的区域边界推荐值。当用标准中 4.4 规定的设备测量轴承支架或轴承座径向振动时,对于振动速度使用宽频带均方根值,对于振动位移使用峰-峰值。它们仅对水轮机在合同允许稳态范围内运行时有效。如果机器已适用于特定工况(有关限制见 5.3.1 至 5.3.3)。则对这些负荷工况也是有效的。

注:限值是根据测量数据的统计评价来确定的(见附录 C)。它们不是从个别机器的运行特性(例如发生事故)的评价中得出的。

对某些机器类型,推荐的区域边界值必须根据轴承径向到刚度的差异来划分。在图 1 至图 4 中所示的不同测试部位给出了各自的值。

对两种测量量都给出了区域边界值。如果两个量(振动速度和振动位移)都被用来测量,并根据表 A1、表 A3 和表 A4 的相应值进行比较,要用两者中最严格的一个来评价。

注:当存在尾水管激振时,混流式水轮机在轴承座处可以有较高的振动值。经验表明即使在正常运行工况下,这种激振也会存在。在混流式水轮机尾水管严重激振的情况下,表 A1、表 A3 和表 A4 中规定的区域边界值的应用要受到限制。目前还没有足够的测量数据来确定具有尾水管严重激振的机器的限值。

表 A1 推荐的第 1 类机器的评价区域边界值(安装在刚性基础上的带有座式轴承或端盖轴承的卧式机器,通常工作转速大于 300 r/min)

区域边界值	测量位置 1、2、3 和 4	
	位移峰-峰值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
A/B	30	1.6
B/C	50	2.5
C/D	80	4.0

注:在部分负荷工况下,合成稳态力向量的方位和工作喷嘴位置(上或下)非常强烈地影响二喷嘴水斗式水轮机振动水平。

表 A2 推荐的第 2 类机器的评价区域边界值(轴承座只支承在水力机器外壳上的卧式机组,通常其工作转速低于 300 r/min)

区域边界值	测量位置 1 和 2	
	速度均方根值/(mm/s)	
A/B	2.5	
B/C	4.0	
C/D	6.4	

注:现在不能对这类机器中给出位移值,这是由于具有很低频率和大位移幅值的泡体振动不断地传入机器的轴承。这将掩盖轴承上由机器自己产生的全部振动位移值,推荐的区域边界值不能应用于泡体的振动幅值的评价。

表 A3 推荐的第 3 类机器的评价区域边界值(轴承座都支承在基础上的立式机组, 通常工作转速在 60~1 800 r/min)

区域边界值	在所有轴承处	
	位移峰-峰值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
A/B	30	1.6
B/C	50	2.5
C/D	80	4.0

表 A4 推荐的第 4 类机器的评价区域边界值(下轴承座支承在基础上, 上轴承座支承在发电机定子上的立式机组, 通常其工作转速在 60~1 000 r/min)

区域边界值	测点位置 1		所有其他轴承处	
	位移峰-峰值/ μm	速度均方根值/(mm/s)	位移峰-峰值/ μm	速度均方根值/(mm/s)
A/B	65	2.5	30	1.6
B/C	100	4.0	50	2.5
C/D	160	6.4	80	4.0

注

- 1 如果机器有一个不支承在基础上的发电机下轴承, 其振动应根据测点位置 1 评价。
- 2 伞式机组也属于这一类, 对主轴承的评定区域边界值也按此表。

附录 B

(提示的附录)

水力机组轴承座的振动特性

B1 引言

轴承座振动的机械原理已在 GB/T 6075.1 中作了解释。它们主要以宽频振动理论和对卧式机器的试验研究为根据。至今, 对立式机器的研究并不多, 而在水力机组多数都是立式的。

对于水力机械, 轴承座振动可以在很宽的频率范围内发生振动, 可能引起振动的原因讨论如下。

B2 机械原因

原因有轴线不对中, 轴承各向性能不同, 转动或静止部件安装松动, 转轮、叶轮、发电机或励磁转子中的残余不平衡。可能出现的频率是转速频率及其谐振频率。

B3 电气原因

因为电机转子的不平衡磁拉力。可能出现的频率是转速频率及其谐振频率。

B4 水力原因

B4.1 流经流道的水流

可能出现的频率是转速频率、叶片或水斗的过流频率(叶片数或导叶数与转速频率的乘积)以及这些频率的各种组合。

B4.2 尾水管压力脉动

对于混流式水轮机, 在最佳出力范围外, 即使在稳态运行工况也会产生尾水管压力脉动。可能出现

的频率低于转速频率,通常低至转速频率的 $1/3$ 至 $1/4$ 。它可能激起水力结构(管道)或者导叶的共振,从而加剧压力脉动。

B4.3 汽蚀

由于转轮或转轮叶片周围不合理的流态引起的,通常发生在较高负荷区。汽蚀的另一重要原因是尾水水位的变化。可能出现的频率通常为高频,象爆裂时的频率。

B4.4 流体弹性振动

由于水流经过的部件(如叶片、导叶、固定导叶等)出水边的形状不当造成的。可能出现的频率从几十赫兹至几千赫兹(取决于断面尺寸和流速),通常可以观察到明显的拍的特征。

B4.5 自激振动

发生在有些机械部件(如密封、迷宫、气隙)的移动能够影响流经它的水流时。可能出现的频率高于转速频率,常与转动系统的弯曲固有频率一致。

在第3类和第4类机器带部分负荷或超负荷运行时,由于水涡流作用,较大的振动会发生。假如在有限的运行周期内,机器的工作状态不影响主要部件的疲劳强度(虽然有较大振动等级,但仍低于提出的限制区域),机组仍可以适应这些特殊运行工况。

B5 附加激振

在开机和关机这些常规的瞬态运行工况下,附加激振力与转轮相互作用,导致较宽的频谱和较高的振幅。在甩负荷期间转桨式水轮机也受到尾水管不稳定的影响,而产生相当大的次同步轴承振动幅值。在类似的条件下(特别是转子仅有两个径向轴承时),在减速到某一速度时,可观察到类共振现象,其轴承振动幅值包含一个或多个对应于瞬时转速的转子固有频率。

在频繁的瞬态运行工况(例如开机和关机),宽带频谱的随机激振占优势。在极端瞬态运行工况如事故紧急关机时,这种宽带频谱的激振强度甚至会增加更多。

与热力机器不同,水力机组可以经常启停机,功率可以迅速频繁地改变。所以,水力机组常用于调峰、调频和控制功率。由于这些运行也包含频繁启停机并且常常从一个工况快速变化到另一个工况,此时机组的振动和应力会增大。对于调峰或抽水蓄能机组,瞬态运行工况出现得更频繁,以至于振动增大的运行时间之和大于整个运行时间的 0.1% 。因此有必要对机组轴承和其他有关部件的附加应力和疲劳问题进行评定。

附 录 C

(提示的附录)

分析步骤和采用的回归技术

使用从11个国家收集来的数据(轴承座上的测量量),建立了两个数据库(数据来自不同类型的机器,这些机器有立式或卧式的,而且转速不同)。数据库建立如下:

——对应一系列机器转速的轴承座振动位移 S_{pp} 测量值;

——对应一系列机器转速的轴承座振动速度 V_{ms} 测量值。

对于提供的某些原始数据,因考虑兼容性而作了必要的修正,用改进的数据集完成了下述步骤(用软件作统计分析):

a) 在指定速度范围内验证数据分布;

b) 使用倍增模型“ $Y=aX^n$ ”做回归分析,以振幅或速度做因变量,转速做自变量,将数据转化为对数-对数坐标的数据库;

c) 计算和绘图:

——方差分析;

- 欠适合与纯误差试验；
- 以规定 98% 概率限值和预测限值为横坐标(在 60% 和 95% 之间, 取步长为 5%), 做出的平均值回归曲线；
- 残数；
- 积累残数的正态图表；
- F-试验(回归模型的意义)；
- d) 计算的预计曲线的线性化(主要在边界附近, 在低的和高的速度范围内), 用双对数坐标；
- e) 规定预计限值曲线的 85% 作为区域边界 B/C, 它意味着所有收集的测量数据的 92.5% 低于估计的预计曲线；
- f) 经工作组和其他工作组专家对安全边界和跳闸值或报警值设定进行深入细致的讨论, 建立了区域边界 A/B、B/C 和 C/B 的比率。

附 录 D

(提示的附录)

参 考 标 准

- [1] GB/T 6075.3—2001 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 到 15 000 r/min 之间的在现场测量的工业机器
- [2] GB/T 11348.1—1999 旋转机械转轴径向振动的测量和评定准则 第 1 部分: 总则
- [3] GB/T 11348.5—2002 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第 5 部分: 水力发电厂和泵站机组
- [4] GB/T 13824—1992 对振动烈度测量仪的要求