

## 前 言

本标准是旋转机械转轴径向振动测量和评定系列标准的第4部分。该系列标准总题目为“旋转机械转轴径向振动的测量和评定”，它由以下各部分组成：

第1部分：总则

第2部分：陆地安装的大型汽轮发电机组

第3部分：耦合的工业机器

第4部分：燃气轮机组

第5部分：水力发电厂和泵站机组

本标准等效采用国际标准 ISO 7919-4:1996《非往复式机器的机械振动 转轴振动测量和评定准则 第4部分：燃气轮机组》。

本标准在主要技术内容上和 ISO 7919-4:1996 是一致的，但为了使用方便及结合我国国情，本标准在 ISO 7919-4:1996 的基础上对某些内容作了注释性的说明。例如本标准推荐使用非接触式传感器，推荐在轴承上半瓦的垂直中心两侧 45°处安装转轴振动传感器。

本标准在层次划分、章条设立、编写格式与方法上与 ISO 7919-4:1996 略有不同，如国际标准中的附录 A 已在本标准中作为正文条目列出。在测量方法一章中，本标准按位移、频率相位、测点布置几条分别加以说明。

本标准关于振动限值的规定和 ISO 7919-4:1996 的推荐值完全一致。

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。

本标准由南京燃气轮机研究所负责起草，参加起草工作单位有由南京汽轮电机厂和南京炼油厂。

本标准主要起草人：胡志兴、娄马宝、邹小龙、邓勇、盛亦儿。

## 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。制订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。

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

国际标准 ISO 7919-4 是由国际标准化组织 ISO/TC 108 机械振动与冲击委员会第 2 分技术委员会(SC2)(应用于机械、车辆和结构的机械振动与冲击的测量与评定)制定。

ISO 7919 在总题目《非往复式机器的机械振动 转轴的测量和评定准则》下面由下列部分组成:

- 第 1 部分:总则
- 第 2 部分:陆地安装的大型汽轮机组
- 第 3 部分:耦合的工业机器
- 第 4 部分:燃气轮机组
- 第 5 部分:水力发电厂和泵站机组

ISO 7919 第 4 部分涉及到燃气轮机组耦合转子系统转轴径向振动测量的特性,根据以往的经验,提出了评价的准则,它可用作这类振动状态评价的指南。非往复式机器转轴振动测量与评定的通用原理已在 ISO 7919-1 中概括说明。

# 中华人民共和国国家标准

## 旋转机械转轴径向振动的测量和评定

### 第4部分:燃气轮机组

GB/T 11348.4—1999  
eqv ISO 7919-4:1996

**Mechanical vibration of non-reciprocating machines**  
**—Measurements on rotating shafts and evaluation criteria**  
**—Part 4: Gas turbine sets**

#### 1 范围

本标准规定了燃气轮机组转轴径向振动的测量和评定准则。

本标准规定在正常工作状态下,燃气轮机组转轴振动测量的测点应布置在机组的轴承上或靠近轴承座的位置上。

本标准规定的评定准则和振动限值采用稳态运行条件下的振动值及其变化量。

本标准中规定的振动值不一定用作评定振动的唯一准则。因为在一般情况下,机器的振动状态是由两个方面来评定的,即由旋转轴的振动和相关构件的振动两个方面来评定的(见 GB/T 11348.1 中说明)。

本标准适用于具有滑动轴承、输出功率大于 3 MW、转轴速度从 3 000 r/min 到 30 000 r/min 的所有燃气轮机组(包括带有齿轮箱的燃气轮机组)。

根据工业用燃气轮机的结构型式和运行模式,它们主要有三种型式:

- 单轴恒速燃气轮机组
- 单轴变速燃气轮机组
- 用作燃气发生器和动力传输的分轴式燃气轮机组

本标准不适用于航空发动机用燃气轮机,因为它与工业用燃气轮机的主要区别在于轴承的型式(滚柱轴承)、转子和支撑结构的刚度和质量比都不相同。

注:最初对这三种类型的燃气轮机组采用一样的评价方式,然而,对各自的燃机机组情况,也有可能采用不同的评价方式。

#### 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 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

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

#### 3 测量方法

测量方法和使用的测量装置应遵循 GB/T 11348.1 中所述方法进行。

##### 3.1 测量参数

###### 3.1.1 位移

在燃气轮机组中,通常测量相对于轴承座的轴振动(相对振动)。除非另有说明本标准采用振动位移

峰-峰值作为测量参数。

### 3.1.2 频率

对于燃气轮机机组而言,由于其工作频率比较高,转轴的转速通常在  $3\,000\text{ r/min}$  以上,因此通常选用测量转轴振动的非接触式传感器作为测量装置。作为监测目的,测量系统的频率上限应达到相当于最大额定工作转速频率的 2.5 倍。而作为故障诊断,测量系统的频率范围还应该更宽一些。

### 3.1.3 相位<sup>1)</sup>

振动位移是矢量,在某些情况下例如在评定机器振动状态的变化、转子动平衡及故障诊断时,应同时测量有关频率分量的振动相位。

## 3.2 测点布置<sup>2)</sup>

位于每个轴承处或靠近轴承处垂直旋转轴线的同一横向平面内,沿径向相互垂直地安装两个转轴振动传感器。对所有轴承传感器安装的方法应尽可能的相同。本标准推荐在每个轴承上半瓦垂直中心线两侧  $45^\circ$  处安装传感器。制造厂在新机结构设计时应为安装转轴振动传感器提供条件。

在机组验收、新机调试或振动故障诊断时,可根据需要增加临时测点。

## 4 测量仪器

燃气轮机机组轴振动测量所使用的仪器应符合有关标准的要求,转轴振动测量系统应定期校正。有关转轴振动测量仪器更详细、具体的要求和指标将在转轴振动测量仪器国家标准中进一步规定。

## 5 评定准则

本标准规定用下列两个准则来评定燃气轮机机组转轴径向振动。

本标准的评定准则是在机组处于额定工作转速及负荷范围内的稳态工作条件下提出的。

本准则也适用于电负荷正常慢变化的情况下转轴振动测量和评定。

本准则不适用于变工况运行或运行状况发生突变的情况,例如在机组的起动和停机过程中及过临界转速区的情况;在这几种情况中,这些标准必须作相应更改。

在选定的两个相互垂直的方向上测得的峰-峰位移值的较大者作为振幅的评定依据。若振动值相当于该种类型机器的经验值,而又能保证该机器安全运行,则这个经验值对运行来说是可以接受的。如果在测量中只有一个测量方向可用,那就要注意所提供的测量数据是否合适(见 GB/T 11348.1)。

### 5.1 准则 I: 稳态运行状况额定工作转速下的振幅值

准则 I 确定了机器转轴振动的限值,且在机器轴承上的动态载荷需保持在可接受的范围,机器壳体的径向间隙应保持在适当的范围,传递到支撑或基础上的振动应在可接受的范围内。每个轴承上的最大轴振动幅值根据国际经验所建立的四个评定区域来评定。

#### 5.1.1 评定区域

下面确定了机器的典型评定区域,从而可以就具体的机器做出转轴振动的定性评定,并在可能的情况下给出指导性意见。

**A 区:** 新投产机组的振动通常在此区域内。

**B 区:** 振动处在此区域内的机组,通常认为是合格的,可以长期运行。

**C 区:** 振动处在这个区域内的机组,对于长期连续运行则认为是不合格的。一般说来,在有合适的机会采取补救措施之前,机组在这种状态下可以运行有限的一段时间。

采用说明

1) 本标准考虑“相位”因素主要是针对转子现场动平衡及故障诊断时需要,而在 ISO 7919-1 中没有特别指出。

2) 关于测点布置在 ISO 7919-1 中指出的是传感器安装在轴承上半瓦相隔  $90^\circ \pm 5^\circ$  的位置上,本标准所推荐的传感器安装在轴承上半瓦垂直中心线两侧  $45^\circ$  处则是考虑到现场安装更为方便起见。

D区:振动处在这个区域内,通常认为是危险的,其振动剧烈程度足以引起机组的破坏。

### 5.1.2 评定区域限值

根据已经积累的轴振动测量的经验,轴振动的建议限值与转轴转速  $n(\text{r/min})$  的均方根成反比。图1中推荐的值是由下列各式引伸出来的。

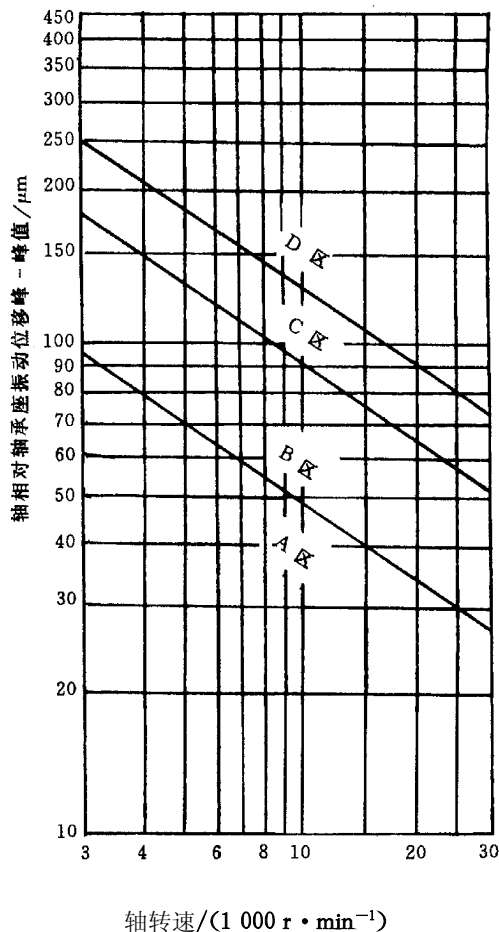


图1 轴最大相对振动位移推荐值

区域界限 A/B

$$S_{(p-p)} = 4\,800/\sqrt{n} \mu\text{m}$$

区域界限 B/C

$$S_{(p-p)} = 9\,000/\sqrt{n} \mu\text{m}$$

区域界限 C/D

$$S_{(p-p)} = 13\,200/\sqrt{n} \mu\text{m}$$

这里  $S_{(p-p)}$  为振幅峰-峰值。

本标准推荐的振动限值作为机器验收规范时应征得机器制造者和用户的同意。然而,它为避免某些缺陷及不切实际的要求提供了指导。

在某些情况下,某种具体的机器可能具有某种专门的特性,对此要采用不同的区域值(较高或较低)。例如对于采用可倾瓦轴承,可能要用另外的值。而对于椭圆轴承,对轴承最大间隙方向和最小间隙方向可以采用不同的振动限值。尤其应该注意的是,机器允许振动可能与轴颈直径有关。一般说来,轴承直径越大,它的运行间隙也就越大。因此,在同一根转子的不同轴承上测量也可采用不同的评定值。在

这种情况下,通常还必须解释这方面的原因,特别应当确认在这种情况下不会由于振动过大而危害机器的正常运行。

在别的测点位置以及在瞬间过渡状态,例如起动或停机过程(包括过临界区),可以允许振动值高一些。

## 5.2 准则 I:振幅值的变化

准则 I 是根据以往建立的参考值或基线值而提出一种振动幅值变化的评定准则。轴振幅发生明显的变化(增大或减小),尽管振幅还没有达到评定准则 I 的 C 区范围,也要采取一些措施。这种变化可能是瞬时的或是随时间逐渐变化的,它预示着机器已出现损坏或是故障预兆,或是某些不规则性变化的警告。准则 I 是以运行状态下轴振幅发生变化为依据来确定的。

本评定准则的基线值是根据机组具体的运行状态而测量得知的典型的可重复出现的正常振动值,如果这个基线值发生明显的变化,具体说来,如这种变化超出 B 区上限的 25%,不管振幅是增加还是减小,应当采取措施查明其变化原因。而且应考虑到机组最大振动变化值出现后机器是否已处于新的稳定状态再决定要采取什么措施。

当采用准则 I 时,对振动测量值进行比较应在相近的机器运行状态下相同的传感器位置和方位上进行。

必须注意的是,本准则是依照振幅变化来评定,它的应用是有限制的。因为幅值的明显变化只在个别频率分量上产生,不一定在宽频带轴振动信号中反映出来(见 GB/T 11348.1)。例如转子裂纹的扩展可能引起旋转频率的多倍频振动分量逐渐变化,但它们的幅值相对于每转一次的旋转频率分量的幅值可能很小,因此,仅注意宽频带振动的变化可能难以识别裂纹扩展的效应。虽然通过监测宽频带振动的变化常常也能发现一些潜在的问题,但在某些应用场合,有必要通过测量和分析确定振动信号中各频率分量矢量变化趋势。但这些工作需要更高级的监测仪器和有经验的专业人员。关于这方面测量评定的详细说明已超出本标准的范围。

## 6 运行限值

6.1 从长期运行的角度来说,通常的作法是建立运行限值,这种限值即为报警值和打闸值。

6.1.1 报警值:当机组振动达到一定的振幅值或振动发生明显的变化,则提供报警。此时,可能有必要采取补救措施。通常,如果出现报警,还能继续运行一段时间。但必须进行调查研究,以便判断振动变化的原因,并决定采取何种补救措施。

6.1.2 打闸值:规定一个振动幅值,超过此值再运行机器有可能引起破坏。如超过打闸值应立即采取措施以减少振动或停机。

对不同的测量位置和方向,因为动载荷和支承刚度有差异,运行时报警值和打闸值的规定也不相同。

### 6.2 报警值的设定

6.2.1 对不同的机组,报警值上下变动可能很大。报警值通常是相对于基线值进行设定。

6.2.2 报警值的设定:

- a) 基线值+B/C 区域边界值的 25%和 B/C 区域边界值二者中的小值;
- b) 相对于基线值的变化量不大于 B/C 区域边界值的 25%。

6.2.3 在没有建立基线值的场合,例如对于新机组,最初的报警值可根据其他类似机组的经验或者参照本标准用户可接受的值来设定。在运行一段时间以后,可建立稳态基线值,再对报警的设定作相应的调整。

6.2.4 如果稳态基线值改变(例如机组大修后),报警值的设定可相应修改。对机组上不同的轴承,由于动载荷和支承刚度不一样,报警值的设定也可以不相同。

### 6.3 打闸值的设定

**6.3.1** 打闸值一般与机器的机械牢固性有关,并且取决于机组承受异常动载荷的设计特性。因此,对于所有类似的机组,采用的打闸值一般都相同,并且通常与设定报警用的稳态基线值没有关系。

**6.3.2** 对不同类型的机器,要给出一个绝对打闸值是不可能的,一般说来,打闸值将取在 **C** 区或 **D** 区。

---