

## 前 言

本标准是旋转机械转轴径向振动测量和评定的系列标准之一,它等效采用国际标准 **ISO 7919-2:1996**《非往复式机器的机械振动——旋转轴的测量和评定准则 第2部分:陆地安装的大型汽轮发电机组》。

本标准在主要技术内容上和 **ISO 7919-2** 是一致的,但为使用方便及结合我国国情,本标准在 **ISO 7919-2** 的基础上对某些内容作了注释性和推荐性的具体说明。例如,本标准推荐使用非接触式传感器和复合式传感器;推荐在轴承上半瓦的垂直中心线两侧 **45°** 处安装转轴振动传感器;关于振动限值的规定,对 **A** 区的限值和 **ISO 7919-2** 的推荐限值完全一致,对 **B** 区和 **C** 区的限值参照 **IEC 89/77015** 和 **ISO 7919-2** 的规定,给出了一个限值范围,并提出了具体机组振动限值选取的一些指导性意见。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

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:郑州机械研究所、电力部热工研究院、上海发电设备成套设计研究所、北京电力建设研究所、哈尔滨大电机研究所。

本标准主要起草人:姜元峰、黄秀珠、张汉英、周学业、姜尚崇。

## ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是世界各国标准化组织(ISO 成员国)的联合。国际标准的筹备工作通常由ISO 技术委员会完成。任何成员国对某一技术委员会已建立的项目都有权在该技术委员会上提出异议。和ISO 协调一致的国际组织,无论是政府组织或非政府组织,也参加了这项工作。ISO 和国际电工委员会在电工技术标准的所有领域中都密切协作、保持一致。

国际标准草案由技术委员会传送给各成员国表态,作为已正式发表的国际标准必须由至少75%的成员国投票赞成。

国际标准ISO 7919-2 由ISO/TC 108 技术委员会(机械振动与冲击)SC2 分技术委员会(机械、车辆和结构的机械振动和冲击的测量和评定)提出。

ISO 7919 总标题为:“非往复式机器的机械振动——旋转轴的测量和评定准则”,它包括了以下几部分:

- 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

附录A 是ISO 7919 这一部分的正文部分。

旋转机械转轴径向振动的测量和评定  
第2部分:陆地安装的大型汽轮发电机组

GB/T 11348.2—1997  
eqv ISO 7919-2:1996

Mechanical vibration of non-reciprocating machines—  
Measurements on rotating shafts and evaluation criteria—  
Part 2: Large land-based steam turbine generator sets

## 1 范围

本标准规定了陆地安装的大型汽轮发电机组多转子系统转轴径向振动的测量方法及评定准则。

本标准适用于额定功率大于 50 MW, 额定转速范围为 1 500~3 600 r/min 的陆地安装的大型汽轮发电机组。一般来说, 汽轮发电机组的振动状态应从转轴振动和轴承座振动两个方面进行评价。

本标准涉及的转轴振动测量和评定的一般原则, 参照 GB 11348.1—89。

本标准适用于汽轮发电机组在正常工况下位于或靠近轴承处转轴振动的测量和评定。

本标准不适用于非稳态工况, 例如起动、停机、超速及通过临界转速时, 轴系振动状态的评定。

本标准不适用于汽轮发电机组轴系扭转振动和轴向振动的测量和评定。

## 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 11348.1—89 旋转机械转轴径向振动的测量和评定 第1部分: 总则

GB 11347—89 大型旋转机械振动烈度的现场测量和评定

## 3 定义

本标准采用下列定义。

### 3.1 偏摆 run-out

由机械的、电磁的、材质的因素, 例如被测轴段偏心、弯曲、轴表面不圆度及局部缺陷、剩磁、材质不均匀、表层残余应力等, 引起的非振动偏差。

### 3.2 基线值 base line

机组在稳态工况运行时有代表性的、可重复的正常振动值, 一般由该台具体机组在以前正常运行期间多次测量的统计平均得到。

## 4 测量方法

测量转轴的相对振动或转轴的绝对振动。

### 4.1 传感器的选用

对于大型汽轮发电机组转轴振动测量, 可用接触式传感器对转轴做绝对振动测量(轴相对于地面), 或者用非接触式传感器对转轴做相对振动测量(轴相对于轴承座), 或者用由一个非接触式传感器和一

个惯性传感器组成的复合式传感器来测量转轴的绝对振动。使用接触式传感器时应考虑触头直接与轴表面接触,受轴表面速度等因素限制;使用电涡流传感器时应考虑电磁脉冲干扰的影响。

本标准推荐使用非接触式传感器或复合式传感器。

## 4.2 测点布置

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,传感器安装的方位要尽可能相同。本标准推荐在每个轴承上半瓦的垂直中心线两侧  $45^\circ$  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。

对于机组长期运行的振动监测,也可以在每个轴承处只装一个转轴振动传感器。但是,由于轴承油膜刚度、阻尼,支承刚度在圆周方向各向异性,因此,测振方向不同所测得的转轴振动的值也不一样,每个轴承处只装一个转轴振动传感器,只有在积累了足够的经验之后才能这样做。

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振点。

## 4.3 测量参数

### 4.3.1 位移

大型汽轮发电机组转轴振动测量参数是通频振动位移峰峰值,单位为微米( $\mu\text{m}$ )。所谓通频振动是指在规定的频带内的宽频带振动。对于每个轴承处的转轴振动,以在两个相互垂直方向所测得的位移峰峰值中的较大者作为评定的依据。在有些应用场合,还可能需测量轴心轨迹、轴心位置或者轴心最大偏移值。

大型汽轮发电机组转轴振动测量的频带应足够宽,频带的上限频率最低为  $160\text{ Hz}$ 。对于故障诊断,频率范围需要更宽些。

### 4.3.2 相位

振动位移是矢量,在某些情况下,例如轴系动平衡、故障诊断时,应同时测量有关频率分量的振动相位。

## 4.4 转轴的偏摆

偏摆信号将混入振动信号中。总的偏摆值不应超过相当于许用振动位移值的  $25\%$ 。如果偏摆在此范围内,在转轴振动测量中可以不扣除其影响,如果偏摆超出此范围,应分析原因并采取补偿或其他措施。

如需测量转轴偏摆,应在低转速下、轴承油膜已经建立并且稳定时进行。但是应当注意,在慢转速下测量转轴偏摆,可能会受到转轴的暂时弯曲、轴颈在轴承内不规则移动、转轴的轴向运动等因素的影响。应采取一定的措施减少上述因素引起的误差。另外,还应确保测量系统低频特性满足要求。

注 1: 例如可采取下述措施:机组带负荷运行一段时间,待热膨胀正常后,停机,启动盘车装置至转轴晃度恢复正常,再在热态下加速至轴承油膜建立的最低转速并且稳定时测量转轴偏摆,然后将多次测量结果平均。

## 5 基础的影响

大型汽轮发电机组的基础对机组转轴振动和轴承座振动有重要影响。应考虑机组与基础之间耦合振动特性,避免在额定转速附近共振。

## 6 测量仪器

大型汽轮发电机组转轴振动测量所使用的仪器,应符合 **GB 11348.1** 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。

## 7 评定准则

本标准规定用下列两个准则来评定大型汽轮发电机组转轴径向振动。这些准则适用于机组在额定

转速及负荷范围内稳态工况或者电负荷正常慢变化的情况下转轴振动的测量和评定。

注 2: 对于功率大于 50 MW、小于 200 MW 的汽轮发电机组,一般只要求测量轴承座振动,并按 GB 11347 进行评定。需要时(如合同有规定或机组调试、故障诊断分析时)可同时测量转轴振动,并按本标准进行评定。

7.1 准则 I: 振动幅值的大小

机组在规定的稳态运行工况下、额定转速时,对任一轴承在位于或靠近轴承处测得的最小的转轴振动幅值(通频振动位移峰峰值)应不超过某个规定的限值,并以振动幅值的大小划分为四个评价区域。

7.1.1 评价区域

区域 A: 新投产机组的振动通常在此区域内。

区域 B: 振动在此区域内的机组通常认为是合格的,可以长期运行。

区域 C: 振动在此区域内的机组,对长期连续运行而言,通常认为是不合格的。一般来说,在有合适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。

区域 D: 振动幅值在此区域内,通常认为是危险的,其剧烈程度足以引起机组破坏。

7.1.2 评价区域的转轴振动限值

转轴振动限值应与轴承的许用动载荷、机器固定部件与转动部件之间的径向间隙以及传至支承结构和基础的容许振动传递率协调一致。

本标准推荐的 50 MW 以上汽轮发电机组转轴振动限值见表 1、表 2。表 1、表 2 中的振动限值若用作验收规范,应得到制造厂和用户的同意。

表 1 各区域转轴相对振动位移界限值

区域界限值	额定转速/(r · min <sup>-1</sup> )			
	1 500	1 800	3 000	3 600
	转轴相对振动位移峰峰值/μm			
A/B	100	90	80	75
B/C	120~200	120~185	120~165	120~150
C/D	200~320	185~290	180~260	180~240

表 2 各区域转轴绝对振动位移界限值

区域界限值	额定转速/(r · min <sup>-1</sup> )			
	1 500	1 800	3 000	3 600
	转轴绝对振动位移峰峰值/μm			
A/B	120	110	100	90
B/C	170~240	160~220	150~200	145~180
C/D	265~385	265~350	250~320	245~290

表中推荐的转轴振动限值是根据现已积累的大机组转轴振动测量经验提出的。在某些情况下,机器可能有特殊的性能,要求使用不同的区域边界值(较高或较低的)。例如,具有可倾瓦轴承,可能需要规定可替代的振动限值。而在椭圆轴承的情况下,在最大和最小轴承间隙方向测振,其振动限值可以不一样。特别应该注意:振动限值与轴颈直径有关,因为一般来说,对于较大直径的轴承,其运行间隙将较大,因此在同一轴系上,对于不同直径的轴承处测量转轴振动,其振动限值也可以不同。在这种情况下,通常应说明其理由,特别要确保,如采用较大的振动限值运行时机组或构件不应损坏。

如果测振点不在轴承处而在其他位置以及在非稳态工况下,例如起动和停机(包括通过临界转速区域)可以允许较大的振动限值。另外,对轴承载荷较轻的转子,例如励磁机转子,可以根据机器的具体设计来规定其振动限值。

综上所述,具体机组的振动限值应根据机组设计、轴振动测量特点以及国内外同类型机组长期运行的经验,参照本标准的推荐值和各项说明来确定。例如现阶段采用引进技术制造的 300 MW 及以上机组的振动限值取表 1 或表 2 中的小值。

## 7.2 准则 I: 振动幅值的变化

在稳态工况下,通频振动幅值偏离预先规定的基线值的变化用本准则进行评定。转轴振动幅值的明显变化可能是瞬时的或者是随时间逐渐发展的,它预示机组发生了损坏或是故障预兆或是某些不规则性变化的警告。

如果转轴振动幅值变化显著,其相对于基线值的变化量超过区域 B 上限值的 25%,不论振动幅值是增大还是减小,都应采取步骤查明变化的原因。如要决定采取什么措施,应在考虑最大振动幅值以及机组是否在新情况下稳定之后再做出。

在应用准则 I 时,必须是在同样的传感器位置和方向上、在近似相同的机组工况下进行振动测量并比较。

应该注意:准则 I 考虑的是通频振动幅值的变化,它的应用是有限制的,因为在有些情况下,幅值明显变化只在个别的频率分量上产生,未必反映在宽频带的通频转轴振动信号中或者反映不敏感。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,只注视宽频带振动的变化可能难以识别裂纹扩展的效应。在有些应用场合,可能有必要进行振动频谱分析,确定振动信号中各频率分量矢量变化趋势。但这些工作的说明已超出本标准的范围。

## 8 报警值和打闸值的设定

为了机组长期运行,通常的做法是规定稳态工况运行时的报警值和打闸值。

**报警:** 振动达到某个规定的幅值或者振动发生显著变化进行报警。在这种情况下,可能有必要采取补救措施。一般来说,如发生报警,可继续运行一段时间进行研究以识别振动变化的原因和确定采取什么补救措施。

**打闸:** 规定一个振动幅值,超过此值再继续运行,机器可能引起破坏。如超过打闸值应立即采取措施以减小振动或停机。

对不同的测量位置和方向,反映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。

### 8.1 报警值的设定

对于不同的机组,报警值可能上下变动很大。报警值通常是相对于基线值来设定。

报警值的设定:

- a) “基线值+B 区上限值的 25%”和 B 区的上限值二者中的小值;
- b) 基线值-B 区上限值的 25%。

若转轴振动幅值超出 a)、b) 规定的范围都进行报警。

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区域 B 的振动限值来设定。在运行一段时间之后,可以建立稳态的基线值,再对报警值的设定作相应的调整。

如果该稳态基线值改变(例如机组大修后),报警值的设定可相应的修改。对于机组上不同的轴承,由于动载荷和轴承支座刚度不一样,报警值的设定也可以不相同。

## 8.2 打闸值的设定

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,对于类似的所有机组,打闸值的设定一般都相同,并且通常与设定报警用的稳态基线值没有关系。

一般来说,打闸值将在区域 C 或 D,通常是按照区域 C 的上限值来设定。然而,对于不同设计的机组,打闸值可能不相同。

---