



中华人民共和国国家标准

GB/T 10068—2020/IEC 60034-14:2018
代替 GB/T 10068—2008

轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值

**Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher—
Measurement, evaluation and limits of vibration severity**

(IEC 60034-14:2018, Rotating electrical machines—Part 14: Mechanical
vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher—
Measurement, evaluation and limits of vibration severity, IDT)

2020-03-31 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测量量值	1
5 测量设备	2
6 电机安装	2
7 测试条件	5
8 轴承座振动限值	7
9 轴相对振动限值	9
参考文献	11

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 10068—2008《轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值》，与 GB/T 10068—2008 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 删除了振动加速度的测量，电机振动强度只需测量振动位移、振动速度（见 2008 年版的 4.2）；
- 修改了“自由悬置”的定义（见 6.2，2008 年版的 6.2）；
- 将刚性安装中底脚上测得的最大振动速度不超过邻近轴承测得振动速度的 25% 改为 30%（见 6.3.1.2，2008 年版的 6.3.1）；
- 增加了第 2 种刚性安装方式（见 6.3.1.3）；
- 修改了振动位移、振动速度测量限值（见表 1，2008 年版的表 1）；
- 轴中心高 132 及以下电机不考虑用刚性安装（见表 1，2008 年版的表 1）；
- 增加了振动限值图（见图 7）。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 60034-14:2018《旋转电机 第 14 部分：轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 755—2019 旋转电机 定额和性能（IEC 60034-1:2017，IDT）；
- GB/T 997—2008 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类（IM 代码）（IEC 60034-7:2001，IDT）；
- GB/T 9239.32—2017 机械振动 转子平衡 第 32 部分：轴与配合件平衡的键准则（ISO 21940-32:2012，IDT）；
- GB/T 13824—2015 旋转与往复式机器的机械振动 对振动烈度测量仪的要求（ISO 2954:2012，IDT）；
- GB/T 21487.1—2008 转轴振动 测量系统 第 1 部分：径向振动的相对和绝对检测（ISO 10817-1:1998，IDT）。

本标准做了下列编辑性修改：

- 标准名称修改为“轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值”。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会（SAC/TC 26）归口。

本标准起草单位：上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、山东华力电机集团股份有限公司、佳木斯电机股份有限公司、河北电机股份有限公司、雷勃电气（无锡）有限公司、广东省东莞电机有限公司、安徽皖南电机股份有限公司、钟祥新宇机电制造股份有限公司、兰州电机股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司、卧龙电气驱动集团股份有限公司、西门子（中国）有限公司、上海电气集团上海电机厂有限公司、SEW-电机（苏州）有限公司、浙江金龙电机股份有限公司、中车永济电机有限公司、中电电机股份有限公司、西安泰富西玛电机有限公司、中达电机股份有限公司、浙江江宇电机有限公司、合肥恒大海泵业股份有限公司、珠海格力电器股份有限公司。

本标准主要起草人：李秀英、王庆东、常颜芹、杨秀军、陈理、刘征良、丁勇、鲍士国、高晓辉、夏静、严伟灿、孙保启、谢家清、张运哲、叶叶、王彬、刘国徽、张闻霞、李红军、李晓宇、胡薇、胡余生、郑龙平。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

GB/T 10068—2020/IEC 60034-14:2018

——GB 2807—1981；

——GB/T 10068.1—1988、GB/T 10068.2—1988；

——GB 10068—2000、GB/T 10068—2008。

轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值

1 范围

本标准规定了脱离任何负载和原动机的旋转电机在规定条件下工厂振动验收试验的方法和振动限值。

本标准适用于轴中心高为 56 mm 及以上、额定输出为 50 MW 及以下、运行转速为 120 r/min~15 000 r/min 的直流电机和三相交流电机。

本标准不适用于在运行地点(现场)安装的电机、三相换向器电动机、单相电机、单相供电的三相电机、立式水轮发电机、容量大于 20 MW 的汽轮发电机和带磁浮轴承电机或串励电机。

注：在运行地点测量的电机参照 ISO 20816、ISO 10816 和 ISO 7919 的现行文件。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60034-1 旋转电机 第 1 部分：定额和性能 (Rotating electrical machines—Part 1: Rating and performance)

IEC 60034-7 旋转电机 第 7 部分：旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类(IM 代码) [Rotating electrical machines—Part 7: Classification of types of constructions and mounting arrangements(IM Code)]

ISO 2954 往复式和旋转式机械的机械振动 对测量振动烈度仪器的要求 (Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery—Requirements for instruments for measuring vibration severity)

ISO 10817-1 转轴振动测量系统 第 1 部分：由转轴辐射振动的相对和绝对信号的发送 (Rotating shaft vibration measuring systems—Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration from rotating shafts)

ISO 20816-1 机械振动 机械振动的测量和评价 第 1 部分：导则 (Mechanical vibration—Measurement and evaluation of machine vibration—Part 1: General guidelines)

ISO 21940-32 机械振动 转子平衡 第 32 部分：轴和配键常规 (Mechanical vibration—Rotor balancing—Part 32: Shaft and fitment key convention)

3 术语和定义

IEC 60034-1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 测量量值

4.1 概述

振动测量量值是电机轴承处的振动位移和振动速度以及相关轴在或靠近电机轴承处的振动位移。

4.2 振动强度

电机轴承振动强度的评判应是在规定频率范围内(见第 5 章)振动位移(μm)、振动速度(mm/s)的有效值。在规定的测量点和测量变量中所测得的最大值表示电机的振动强度。

感应电动机(特别是 2 极电机)常常会出现两倍转差频率振动速度拍振,在这种情形下,振动强度可由式(1)确定:

$$x_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{2}(x_{\max}^2 + x_{\min}^2)} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

x_{\max} ——最大振动速度或位移的有效值;

x_{\min} ——最小振动速度或位移的有效值。

采样数应足够多,保证能够可靠捕捉到最大和最小振动值。

注:大型交流感应电动机在空载时转差率很低,可能会要求在每个测试点停留几分钟甚至 10 多分钟来进行测量。

4.3 轴相对振动

轴相对振动所采用的判据应是沿测量方向的振动位移峰峰值 S_{p-p} (见 ISO 20816-1)。

5 测量设备

按 ISO 2954 的要求,测量设备应能够测量振动的有效值,其平坦响应频率范围在 10 Hz~1 000 Hz。然而,对速度接近或低于 600 r/min 的电机,平坦响应频率范围的下限值应不大于 2 Hz。

轴相对振动测量设备应符合 ISO 10817-1 的要求。

不应使用多方向振动传感器。

注:仅在一个点安装多方向传感器,提供不了合适的在各个方向上的振动测量。

6 电机安装

6.1 概述

电机的振动与其安装有密切的关系。就评价旋转电机的平衡和振动而言,为了保证试验的可重复性和提供可供比较的测量数据,需要在适当的规定试验条件下,对单台电机进行测量。

6.2 自由悬置

将电机悬挂在弹簧上或安装在有弹性的支撑件(弹簧、橡胶垫等)上。

在 7.3 规定的条件下,电机及其自由悬置系统的最大固有振动频率(f_{∞})应小于相应被试电机转速频率(f_1)的三分之一。根据被试电机的质量,悬置系统具有的弹性位移与额定转速的关系,在 600 r/min~3 600 r/min 范围内能从图 1 确定。对于转速低于 600 r/min 的电机,使用自由悬置的测量方法是不实际的。对转速高于 3 600 r/min 的电机,静态位移 Z 不宜小于转速为 3 600 r/min 时的值。

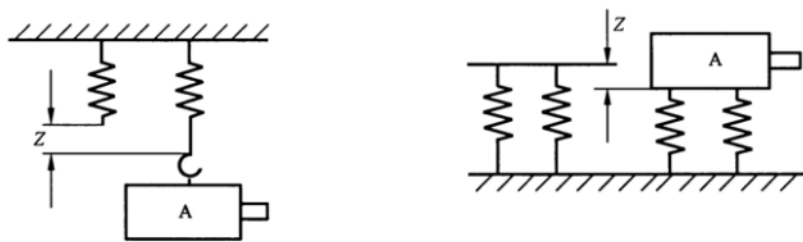
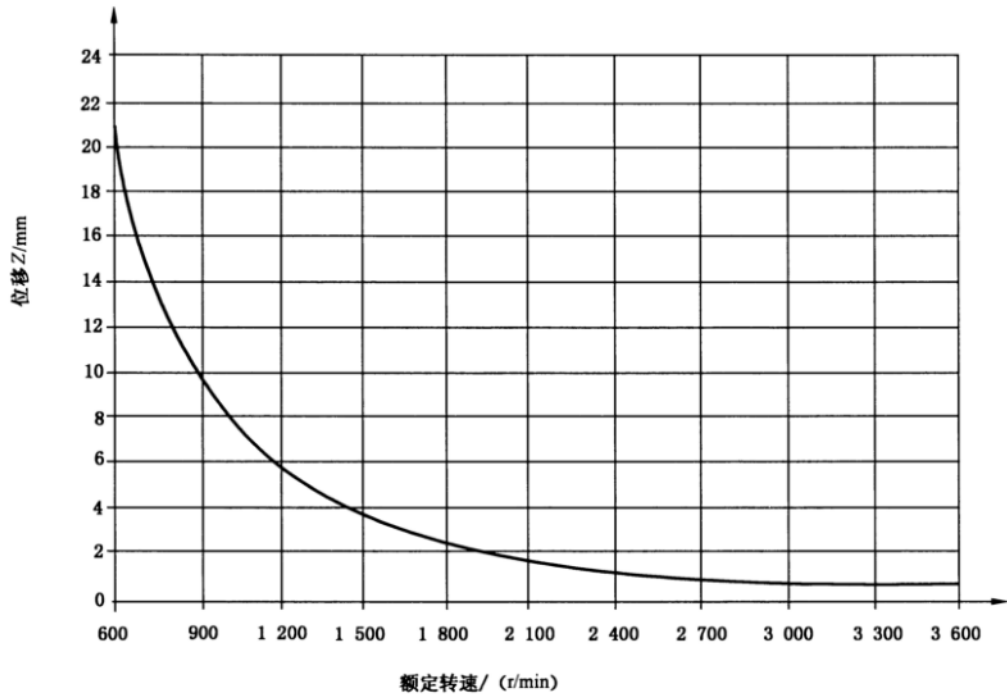
图 1 呈现了最小弹性位移与刚性物体达到所需要的垂直方向固有振动频率的关系,通常它是最高的刚性物体固有振动频率。静态位移 Z 的表达式见式(2):

$$Z = \frac{a^2 g}{2\pi n} \dots\dots\dots (2)$$

$$a = \frac{f_1}{f_{no}} (a \geq 3)$$

式中：

- Z —— 位移,单位为毫米(mm);
 - n —— 额定转速,单位为转每分(r/min);
 - g —— 重力加速度,单位为米每二次方秒(9.81 m/s²)。
- 当 a 为 3 时,生成的曲线如图 1 所示。



说明：
A——被测电机；
Z——位移。

图 1 最小弹性位移与额定转速的关系

为了降低悬置系统的质量和转动惯量对振动强度等级所产生的影响,弹性支撑的有效质量应不大于被试电机的十分之一。

6.3 刚性安装

6.3.1 基础

6.3.1.1 概述

电机装配完成后的车间运行试验,振动测量时电机应牢固安全的安装在大质量厚重基础上或试验基础上,不准许弹性安装电机。

全部试验在水平方向和垂直方向的固有频率不应出现在下述范围之内:

- 电机旋转频率的 $\pm 10\%$;
- 两倍旋转频率的 $\pm 5\%$;或
- 一倍和两倍电网频率的 $\pm 5\%$ 。

下面两种安装条件可以由制造商任选一种。

6.3.1.2 大质量厚重基础上的刚性安装

大质量厚重基础的特征之一是在电机底脚上(或在座式轴承或定子底脚附近的底座上)的水平与垂直两方向所测得的最大振动速度不超过在邻近轴承上沿水平或垂直方向所测得的最大振动速度的30%。底脚对轴承的振动速度的比率对于电网频率分量或两倍电网频率分量都是有效的(如需测量后者)。

注1:基础的刚性是个相对量,是和电机的轴承系统相比较而言。用轴承室振动和基础振动的比值来作为评估基础弹性的特征量。

注2:如果电机是安放在一个结构上而不是厚重基础上,有可能会需要进行系统动态分析,必要的话要改变结构的动态刚度。

6.3.1.3 地面基础上的刚性安装

电机安装在刚性地面基础上其共振频率要达到6.3.1.1的强制频率的条件。

注:这种安装多数用在制造商实验室。

6.3.2 卧式安装的电机

试验时电机应按6.3.1.1或6.3.1.2的要求在所有螺孔的位置用螺栓或夹紧装置安装在基础上。

当结构或装备不能满足上述固定条件时,如单轴承电机,这种情况下,用户和供应商宜进行协商。

6.3.3 立式安装的电机

立式电机应安置在坚固的长方形或圆形钢板上,该钢板对应于电机轴伸中心钻孔,带有经过加工的平面与被试电机法兰相配合,并攻螺纹孔以连接法兰螺栓。钢板的厚度应至少为法兰厚度的3倍,推荐为5倍。钢板相对直径方向的边长应至少与顶部轴承离钢板的高度 L 相等。图5给出了电机安装代码为IM V1(见IEC 60034-7)的示例。

钢板基础应夹紧且牢固地安装在坚硬的基础上,以满足6.3.1.1或6.3.1.2的要求。法兰的联接应使用合适数量和直径的紧固件。如果上述安装方式不合适,用户和供应商之间要进行协商。

6.4 运行环境的判定

在6.2和6.3中描述的支撑系统可看作为仅容许外部对电机有微小干扰的无源环境。对相同的测量位置,如果电机在静止状态时的振动强度超过运行时振动强度的25%,则属于有源环境,此时本标准不适用(见ISO 20816-1)。

7 测试条件

7.1 键

对轴伸带键槽的电机,测量振动和校平衡时,键槽应符合 ISO 21940-32 的规定。

7.2 测量位置和方向

7.2.1 振动测量点

对带端盖式轴承的电机,测量振动强度等级适合的测点和方向如图 2 所示;对不拆卸零部件不可能按图 2 布置测点的电机则按图 3 所示位置;对具有座式轴承的电机见图 4。当测量不能按图 2 或图 3 进行时,供应商和用户之间宜进行协商。

图 5 适用于立式安装的电机。

注 1: 按图 3 测量时测点有可能在机座上,要尽可能靠近轴承室的位置。

注 2: 如果电机有推力轴承,不拆卸两端的轴承外盖就无法进行轴向振动测量,这需要供应商和客户事先协商,见 8.3。

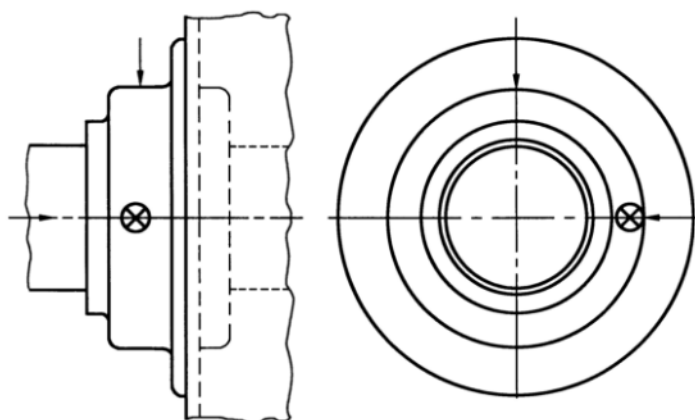


图 2 用于电机的一端或两端推荐测量点

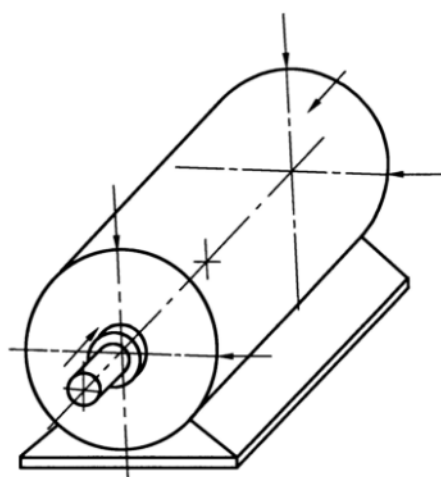


图 3 不拆卸零部件电机不能按图 2 测量时的测量点

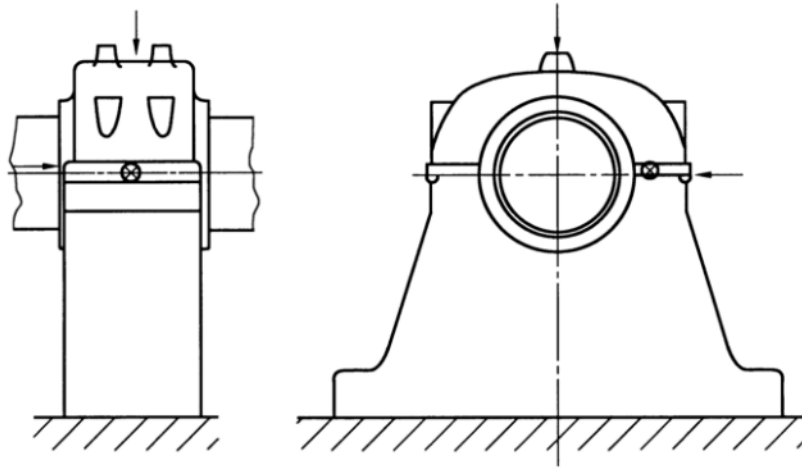


图 4 座式轴承的测量点

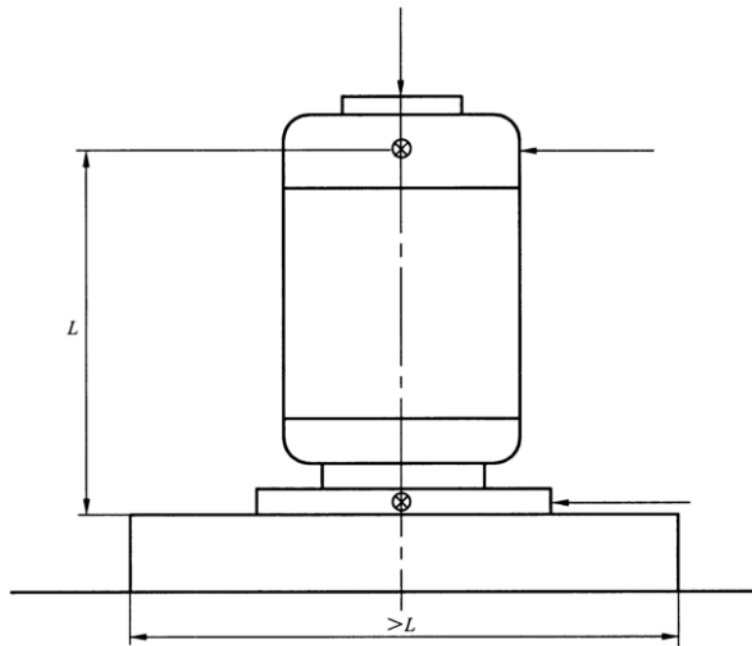
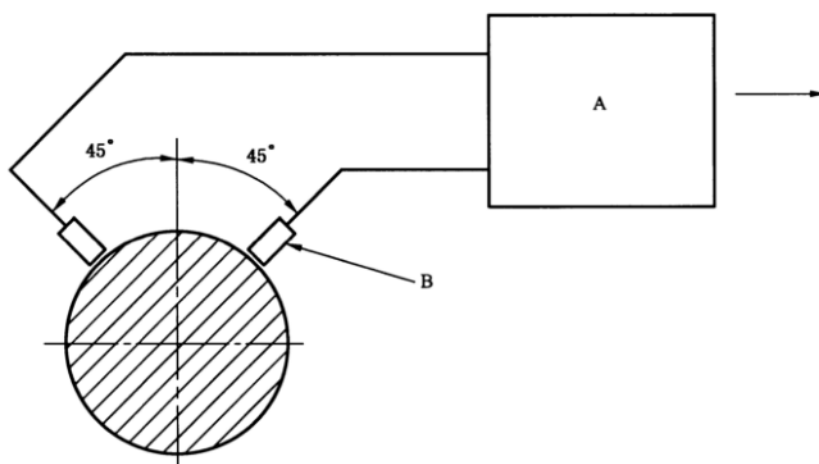


图 5 立式电机的测量点(在轴承室上测量;当轴承室上无法测量时,测量点尽可能靠近轴承室)

7.2.2 轴相对位移的测点

非接触式传感器应安装在轴承内部,或靠近轴承盖(如轴承内无法安装时)处,直接测量轴颈的相对位移。所推荐的径向测点位置如图 6 所示。



说明：

A——信号调节器；

B——传感器。

图 6 测定轴相对位移推荐的传感器圆周位置

7.3 测试条件

电机应在空载、各相关参量为额定值的状态下进行测量。

固定转速的交流电机应在 IEC 60034-1 规定的实际正弦波条件下运行。

测量应在电机的每一额定转速或变频驱动额定转速范围内进行。对所有的试验转速，振动量值均不应超过表 1 所规定的限值。

为了辨别来自其他振动源引起的机械振动，直流电机试验时推荐使用电流纹波值小的电源或纯直流电源。

注：变频电源供电时的试验通常仅能确定机械产生的振动。有可能与电产生的振动是不同的，如果可能的话，用现场实际安装的变频器和电机一起试验可提供更好的测试结果。

对于变速电机的检查试验，允许在单速下测试，此单速是由型式试验确定的。

对于双向旋转的电机，振动限值适用于任何旋转方向，但只需要对一个旋转方向进行测量。

7.4 振动传感器

振动传感器与电机表面的接触应按照传感器制造厂的规定，不得干扰被试电机运行时的振动状态。为此，传感器装置的总耦合质量应小于电机质量的五分之一。

8 轴承座振动限值

8.1 振动强度限值

振动限值适用于在第 5 章中规定的频率范围内所测得的振动速度和位移的有效值。

根据第 6 章所规定的两种安装条件，轴中心高 56 mm 及以上直流和三相交流电机的振动强度应不超过表 1 中的限值。振动等级划分为两种。如未指明振动等级时，电机的振动限值应符合等级“A”的要求。

检查试验时，对转速小于 600 r/min 的电机，只需测量振动的位移。对转速 600 r/min ~

15 000 r/min的电机,只需测量振动速度。

当检查试验是在自由悬置安装条件下做的,型式试验宜包括在刚性安装情况下的试验。这一条适用于本标准所有速度范围。

表 1 不同轴中心高 H 用位移和速度表示的振动强度限值(有效值)

振动等级	安装方式	$56 \text{ mm} \leq H \leq 132 \text{ mm}$		$H > 132 \text{ mm}$	
		位移/ μm	速度/(mm/s)	位移/ μm	速度/(mm/s)
A	自由悬置	45	2.8	45	2.8
	刚性安装	—	—	37	2.3 2.8*
B	自由悬置	18	1.1	29	1.8
	刚性安装	—	—	24	1.5 1.8*

等级“A”适用于对振动无特殊要求的电机。
等级“B”适用于对振动有特殊要求的电机。
轴中心高小于或等于 132 mm 的电机,不考虑刚性安装。
频率在 1 000 Hz 以上的振动宜过滤掉。
以相同机座带底脚卧式电机的轴中心高作为机座无底脚电机、底脚朝上安装式电机或立式电机的轴中心高。
注 1: 制造厂和用户要考虑到检测仪器可能有 $\pm 10\%$ 的测量容差。
注 2: 一台电机,自身平衡较好且振动强度等级符合表 1 的要求,但在现场安装中因受各种因素,如地基不平、负载机械的反作用以及电源中纹波电流的影响等等,也会显示较大的振动。另外,由于所驱动的各单元的固有频率与电机旋转体微小残余不平衡的激励频率极为接近,也会引起振动,在这些情形下,不仅只是对电机,而且对装置中的每一单元都要检验,参见 ISO 10816-3。
注 3: 如 ISO 20816-1 现场运行中提及的,可以制定特殊协议。ISO 20816-1 给出的值是基于供应商和用户很容易讨论达成。这个值保证了在大多数应用场合,主要的错误或不切实际的要求可以避免。对加速或减速期间的特殊要求也可以制定协议,振动限值和轴承寿命的减少作为振动速度的函数可以由制造商给出。

* 该值为 8.2 和图 7 定义的两倍电网频率占主导时的振动速度限值。

8.2 交流电机两倍电网频率振动速度的限值

二极感应电机可能会产生两倍电网频率的电磁振动。为了正确评定这部分振动分量,要求电机按照 6.3 中的规定进行刚性安装。

对轴中心高 $H > 132 \text{ mm}$ 的二极电机,当型式试验证明两倍电网频率的振动频率分量占主导成分时,表 1 中的振动强度限值(对等级 A)将振动速度从 2.3 mm/s 增加到 2.8 mm/s 或(对等级 B)从 1.5 mm/s 增加到 1.8 mm/s。更大的振动限值依据预先签订的协议。当型式试验证明两倍电网频率分量的振动速度大于 2.3 mm/s 的 70%(对等级 A)或 1.5 mm/s 的 70%(对等级 B)时,两倍电网频率分量被认定为占主导成分。上述定义的图解见图 7。

注 1: 关于两倍电网频率成分供应商和用户之间要达成协议。

注 2: 70% 近似于 $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 100\%$, 这里两倍电网频率的限值相当于电网频率限值的有效值。

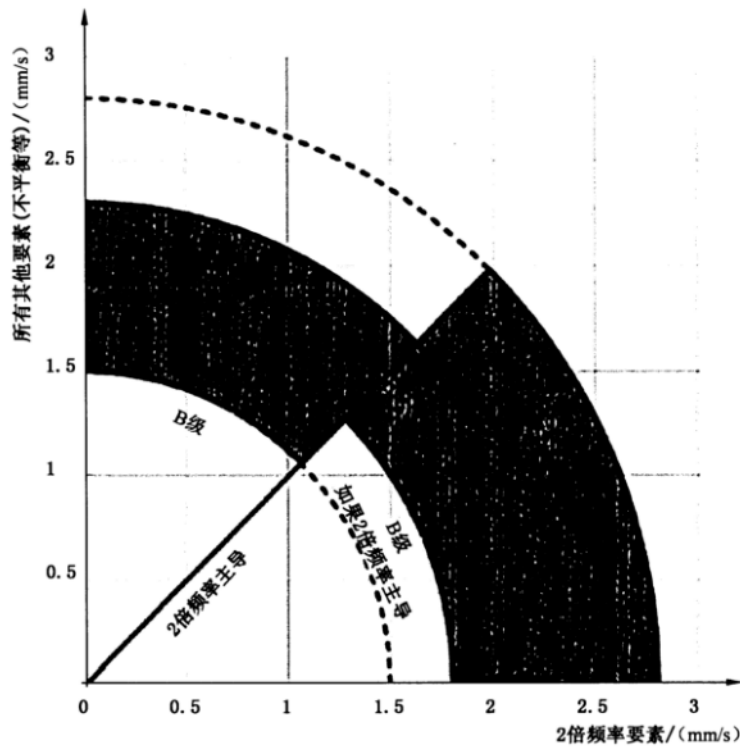


图7 轴中心高 $H > 132$ mm 振动限值图

8.3 轴向振动

轴承轴向振动与轴承的功能及轴承的结构有关。

对推力轴承,轴向振动与推力波动有关,这种振动会损坏滑动轴承的金属衬料或滚动轴承的零件。这些轴承的轴向振动的评定方法应和径向振动评定方法相同,振动限值符合表1的要求。

对轴承无轴向限制结构时,如无轴向推力轴承的滑动轴承,可在制造厂和用户事先签订协议时取消轴向振动的要求。

9 轴相对振动限值

建议仅对有滑动轴承且转速大于 1 200 r/min、额定功率大于 1 000 kW 的电机测量轴相对振动,且振动限值应以事先确定的关于安装轴测量传感器必要规定的协议为依据。

带滑动轴承的电机按特定规定安装振动测量传感器时,其规定的轴相对振动位移的限值见表2,这些限值是第8章要求的补充。

表2 最大轴相对振动(S_{p-p})和最大径向跳动的限值

振动等级	转速/(r/min)	最大轴相对位移/ μm	机械振动和电磁振动共同作用引起的最大径向跳动/ μm
A	$> 1\ 800$	65	16
	$\leq 1\ 800$	90	23

表 2 (续)

振动等级	转速/(r/min)	最大轴相对位移/ μm	机械振动和电磁振动 共同作用引起的最大径向跳动/ μm
B	$>1\ 800$	50	12.5
	$\leq 1\ 800$	65	16
<p>注 1: B 级适用于有特殊振动要求的电机。</p> <p>注 2: 最大轴相对位移限值包括径向跳动(径向跳动的定义见 ISO 20816-1)。</p>			

参 考 文 献

- [1] ISO 2041 Vibration and shock vocabulary
- [2] ISO 7919-3 Mechanical vibration of non-reciprocating machines—Measurements on rotating shafts and evaluation criteria—Part 3: Coupled industrial machines
- [3] ISO 10816-3 Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts—Part 3: Industrial machines with rated power above 15 kW and rated speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ
- [4] API Standard 541:2014 Form-wound squirrel cage induction motors—250 horsepower and larger
- [5] API Standard 546:2008 Brushless synchronous machines—500 horsepower and larger
- [6] API Standard 547:2017 General purpose form-wound squirrel cage induction motors—185 kW(250 hp) and through 2 240 kW(3 000 hp)
- [7] IEEE Standard for Petroleum and Chemical Industry 841:2009 Premium-efficiency, severe-duty, totally enclosed, fan-cooled(TEFC) squirrel cage induction motors—Up to and including 370 kW (500 hp)
- [8] NEMA MG 1:2016 Motors and generators—Part 7: Mechanical vibration measurement, evaluation and limits
-