



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 2820.9—2002

---

## 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第9部分：机械振动的测量和评价

Reciprocating internal combustion engine driven  
alternating current generating sets—  
Part 9: Measurement and evaluation of mechanical vibrations

(ISO 8528-9:1997, MOD)

2002-08-05 发布

2003-04-01 实施

---

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 前 言

GB/T 2820《往复内燃机驱动的交流发电机组》共有十二个部分：

第1部分：用途、定额和性能(eqv ISO 8528-1:1993)

第2部分：发动机(eqv ISO 8528-2:1993)

第3部分：发电机组用交流发电机(eqv ISO 8528-3:1993)

第4部分：控制装置和开关装置(eqv ISO 8528-4:1993)

第5部分：发电机组(eqv ISO 8528-5:1993)

第6部分：试验方法(eqv ISO 8528-6:1993)

第7部分：用于技术条件和设计的技术说明(eqv ISO 8528-7:1994)

第8部分：对小功率发电机组的要求和试验(ISO 8528-8:1995,MOD)

第9部分：机械振动的测量和评价(ISO 8528-9:1995,MOD)

第10部分：噪声的测量(包面法)(ISO 8528-10:1998,MOD)

第12部分：对安全装置的应急供电(ISO 8528-12:1997,MOD)

其中“第11部分：在线不间断供电系统”目前尚未制定。

本部分修改采用 ISO 8528-9:1995《往复内燃机驱动的交流发电机组 第9部分：机械振动的噪声和评价》。本部分与 ISO 8528-9 的主要差异是引用文件不同。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 均为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由兰州电源车辆研究所归口。

本部分由兰州电源车辆研究所负责起草。

本部分主要起草人：张洪战、王丰玉、薛晨、史清晨。

# 往复式内燃机驱动的交流发电机组

## 第9部分:机械振动的测量和评价

### 1 范围

本部分描述了在规定测量点对发电机组的外部机械振动特性进行测量和评价的程序。

本部分适用于由往复式内燃机驱动的、固定式和移动式、刚性和(或)弹性安装的交流发电机组。本部分适用于陆用和船用发电机组,不适用于航空或驱动陆用车辆和机车的发电机组。

对于某些特殊用途的发电机组(如医院、高层建筑的供电等),有必要提出一些补充要求。本部分的有关规定可作为基础。

对于由其他往复式发动机(如沼气发动机、蒸汽机等)驱动的发电机组,本部分的规定也可作为基础。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 2820 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 2820.5—1997 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第5部分:发电机组(eqv ISO 8528-5:1993)

IEC 60034-7:1992 旋转电机 第7部分:结构和安装型式分类(IM 码)

ISO 2041:1990 振动和冲击 术语

ISO 5348:1987 机械振动和冲击 加速度计的机械安装

### 3 定义

本部分使用了 ISO 2041 中的有关定义和下列定义。

**振动严重程度:**这个一般性的术语指的是对振动进行描述的一个或一组数值,如最大值、平均值或有效值或其他参数。

注1:它也可能是中间值或均方根值。

注2:ISO 2041 在定义中有两个注释,这两个注释不适用于本部分。

### 4 符号和缩略语

本部分使用了下列符号:

$a$ ——加速度

$\hat{a}$ ——加速度峰值

$f$ ——频率

$s$ ——位移

$\hat{s}$ ——位移峰值

$t$ ——时间

- $v$ ——速度  
 $\hat{v}$ ——速度峰值  
 $x$ ——轴向坐标  
 $y$ ——横向坐标  
 $z$ ——纵向(垂直)坐标  
 $\omega$ ——角速度

下列这些下标连同振动参数  $v$ 、 $s$  和  $a$  一起使用。

- rms——振动参量数值(有效值)  
 $x$ —— $x$  轴方向振动参量测量值  
 $y$ —— $y$  轴方向振动参量测量值  
 $z$ —— $z$  轴方向振动参量测量值  
 $1, 2, \dots, n$ ——级数值  
 本部分使用了下列缩略语:

IMB——按 IEC 60034-7 规定的发电机结构和安装型式。

## 5 其他规定和附加要求

5.1 对于必须遵守某一社会团体规定的船用和近海使用的发电机组,还应满足该社会团体的附加要求。该社会团体应在用户订货前予以声明。

对于在未分级设备中运行的交流发电机组,类似附加要求在不同情况下都应该经过用户和制造商的协商认可。

5.2 如果必须满足任何其他官方机构(如检查和/或立法机构)的特殊要求,该官方机构在用户订货前应予以声明。

任何进一步的附加要求都应得到用户和制造商的协商认可。

## 6 测量值

加速度、速度和位移是测量振动的几个变量(见第 10 章)。一般情况下,从时刻  $t_1$  到  $t_2$  时间间隔,振动速度的有效值为:

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\int_{t_1}^{t_2} v^2 dt}{t_2 - t_1}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

在满足正弦振动的特殊情况下,振动速度的有效值为:

$$v_{\text{rms}} = \frac{\omega \hat{s}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{v}}{\sqrt{2}} = \frac{\hat{a}}{\omega} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

如果已对振动特性进行了分析,且在已知角速度  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  及振动速度  $\hat{v}_1, \hat{v}_2, \dots, \hat{v}_n$  的情况下,振动速度的有效值可由下式求出:

$$v_{\text{rms}} = \frac{\sqrt{\hat{v}_1^2 + \hat{v}_2^2 + \dots + \hat{v}_n^2}}{\sqrt{2}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{v_{\text{rms}1}^2 + v_{\text{rms}2}^2 + \dots + v_{\text{rms}n}^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

注:加速度和位移的有效值也可用同样的方法求出。

## 7 测量装置

测量系统在给出振动加速度、速度、位移这三个参量有效值时的精确度应满足下列要求:在 10 Hz

~1 000 Hz 范围内误差不超过±10%；在 2 Hz~10 Hz 范围内误差不超过-20%~10%。

只要对测量系统的精确度没有不利影响，为导出非直接测量参量，根据测量装置的输出方式，上述有效值可以从微分型或积分型传感器上获得。

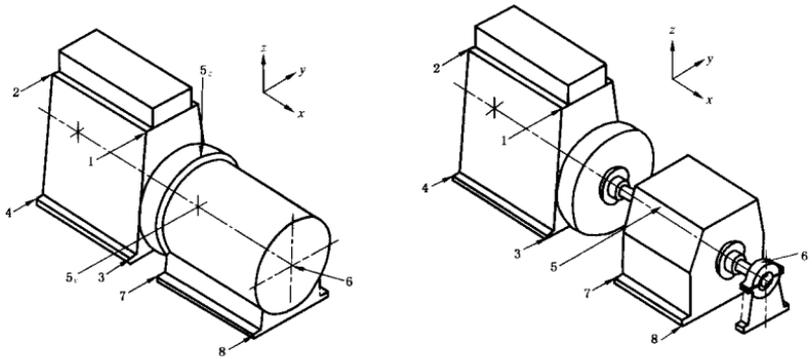
注 1：传感器和被测物体的连接方法对测量的精确度有影响。频率响应及振动的测量值也受传感器连接方式的影响。当振动剧烈时，保持传感器在机组上被测点的良好安装尤为重要。

注 2：加速度计的安装参见 ISO 5348。

## 8 测量方向和测量点的布置

图 1 所示为推荐的发电机组振动测量点。当本部分适合被指明的其他机型时，在可能的情况下，应在所示测点的  $x$ 、 $y$ 、 $z$  三个方向实施测量。

图 1 所示的各测点必须位于坚固的发动机机体和发电机骨架上，以避免测点处发生变形。可根据经验，在类似的发电机组振动剧烈的点实施测量而不必对图 1 所有的点进行测量。



a) 由直列式发动机与带有整体轴承的发电机用法兰连接的发电机组

b) 由直列式发动机与带有托架轴承的发电机组成的发电机组

主要测点说明：

1, 2——上前端和上后端      3, 4——发动机底座的前后端  
5, 6——发电机主轴承外壳      7, 8——发电机底座

注：测点 1~4 也适合于其他类型的发动机，如 V 型、卧式发动机。

图 1 测量点的布置

## 9 测量时发电机组的工作状态

测量振动时发电机组的工作状态包括：正常工作温度，额定频率，空载到满载。如果发电机组不能输出额定功率，则可在其能输出的最大功率状态下进行测量。

## 10 测量结果的评估

往复式内燃机的主激励频率范围约为 2 Hz~300 Hz。但当与发电机等其他部件组成发电机组后，则评估的频率范围要扩展到 2 Hz~1 000 Hz。

为确保没有结构方面的原因影响测量结果，有必要进行附加试验。

常用发电机组振动加速度、速度、位移有效值范围见表 C.1。这些数值可用于评估发电机组的振动级别和潜在效应。

经验证明,对按标准结构和零部件设计的发电机组,当振动级别小于数值 1 时,将不会发生损坏。

当振动级别在数值 1 和数值 2 之间时,则应按发电机组制造商和零部件供货商之间的协议对发电机组的结构和零部件的强度进行评估,以确保发电机组可靠运行。

在某种情况下,振动级别可能会高于数值 2,但这仅限于个别特殊结构的发电机组。

在任何情况下,发电机组制造商应对发电机组零部件的互换性负责(见 GB/T 2820.5—1997 中 15.10)。

## 11 试验报告

要表明的测量结果应包括发电机组和使用的测量设备的主要数据。这些数据应用附录 D 记录。

附 录 A  
(资料性附录)  
发电机组的典型结构

往复式内燃机与发电机的装配有多种方式。图 A.1~A.6 为发电机组典型结构示例：

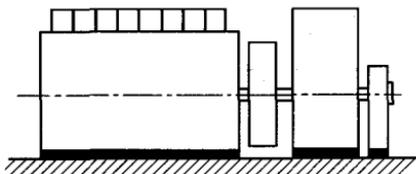


图 A.1 发动机和发电机均为刚性安装

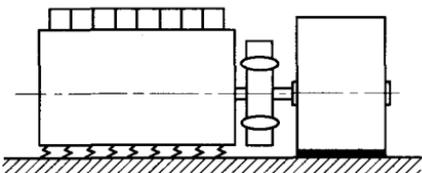


图 A.2 发动机弹性安装,发电机刚性安装,采用弹性联轴器联接

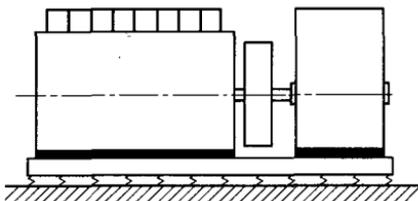


图 A.3 发动机和发电机刚性安装在底架上,而底架为弹性安装

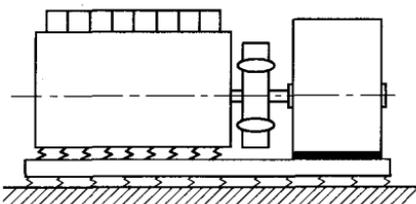


图 A.4 发动机弹性、发电机刚性安装在底架上,而底架为弹性安装,采用弹性联轴器联接

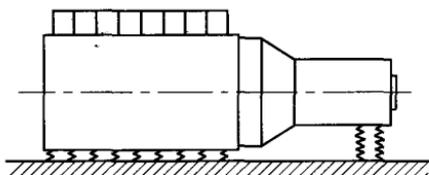


图 A.5 发动机和发电机均为弹性安装,用法兰联接

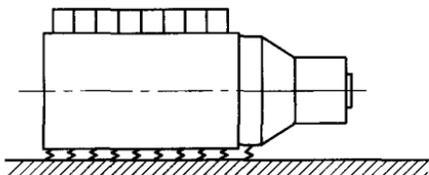


图 A.6 发动机与发电机用法兰联接,发动机弹性安装

**附录 B**  
(资料性附录)  
**发电机组振动评价概论**

众所周知,发电机在发电机组中运行时所承受的振动值较之单独运行时的值高得多。

往复式内燃机的典型特点是:有往复运动和摆动的质量、脉动的扭矩、与作功行程有关的波动压力等。所有这些因素在发电机组的主要支承上产生了相当大的交变作用力,在主要骨架上产生很高的振幅。这些振幅值一般要比旋转式机器的值高得多。但是,由于受发电机组结构的影响,在往复式发动机的寿命期,这些振动值较旋转式机器更加趋于保持恒定。

通过本部分对振动变量的定义,允许我们对发电机组的振动特性进行一般性说明,对机组整体的运行特性和振动的相互作用进行一般性评价。然而,不能用确定的振动数值对发电机组中的固定件和运动件的机械应力进行说明。

也不能用振动严重程度的确定值对轴系(统)的扭转和线性振动特性进行说明。

在发电机组中,甚至连利用振动来精确评价机械应力也是不可能的事。经验表明,如果振动级别超过类似发电机组可接受的某一“通常值”后,发电机组中的重要零部件将会因承受过高的振动应力而发生机械损坏。

然而,如果超出上述的“通常值”范围,发电机组的其他附件和连接件、控制和监视装置等的损坏也会发生。

这些零件的敏感性取决于它们的结构和安装方式,也就是说,在某些个别情况下,即使评价值位于“通常值”范围内时,要避免上述问题也是很困难的。这时应通过发电机组上专门的“局部测量”(如消除共振零件)来解决。

附录 C  
(资料性附录)  
振 动 变 量

表 C.1 往复式内燃发动机驱动的交流发电机组的振动位移、速度、加速度的有效值

内燃机的 标定转速 $n/(r/min)$	发电机组额定输出容量和功率		振动位移有效值 <sup>a</sup> mm		振动速度有效值 mm/s		振动加速度有效值 <sup>a</sup> $m/s^2$				
	$P'/(kV \cdot A)$ ( $\cos\phi=0.8$ )	$p/kW$	内燃 机 <sup>b,c</sup>	发电机 <sup>b</sup>		内燃 机 <sup>b,c</sup>	发电机 <sup>b</sup>		内燃 机 <sup>b,c</sup>	发电机 <sup>b</sup>	
				数值 1	数值 2		数值 1	数值 2		数值 1	数值 2
$2\ 000 \leq n$ $\leq 3\ 600$	$P' \leq 15$ (单缸机)	$p \leq 12$ (单缸机)	—	1.11	1.27	—	70	80	—	44	50
	$P' \leq 50$	$p \leq 40$	—	0.8	0.95	—	50	60	—	31	38
	$P' > 50$	$p > 40$	—	0.64 <sup>d</sup>	0.8 <sup>d</sup>	—	40 <sup>d</sup>	50 <sup>d</sup>	—	25 <sup>d</sup>	31 <sup>d</sup>
$1\ 300 \leq n$ $< 2\ 000$	$P' \leq 10$	$p \leq 8$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	$10 < P' \leq 50$	$8 < p \leq 40$	—	0.64	—	—	40	—	—	25	—
	$50 < P' \leq 125$	$40 < p \leq 100$	—	0.4	0.48	—	25	30	—	16	19
	$125 < P' \leq 250$	$100 < p \leq 200$	0.72	0.4	0.48	45	25	30	28	16	19
	$P' > 250$	$p > 200$	0.72	0.32	0.45	45	20	28	28	13	18
$720 < n$ $< 1\ 300$	$250 \leq P' \leq 1\ 250$	$200 \leq p \leq 1\ 000$	0.72	0.32	0.39	45	20	24	28	13	15
	$P' > 1\ 250$	$p > 1\ 000$	0.72	0.29	0.35	45	18	22	28	11	14
$n \leq 720$	$P' > 1\ 250$	$p > 1\ 000$	0.72	0.24 (0.16) <sup>e</sup>	0.32 (0.24) <sup>e</sup>	45	15 (10) <sup>e</sup>	20 (15) <sup>e</sup>	28	9.5 (6.5) <sup>e</sup>	13 (9.5) <sup>e</sup>

注：振动速度和振动频率的关系见图 C.1。

<sup>a</sup> 表中位移有效值  $s_{rms}$  和加速度有效值  $a_{rms}$  可用表中的速度有效值  $v_{rms}$  按下式求得：  

$$s_{rms} = 0.0159 \times v_{rms}$$

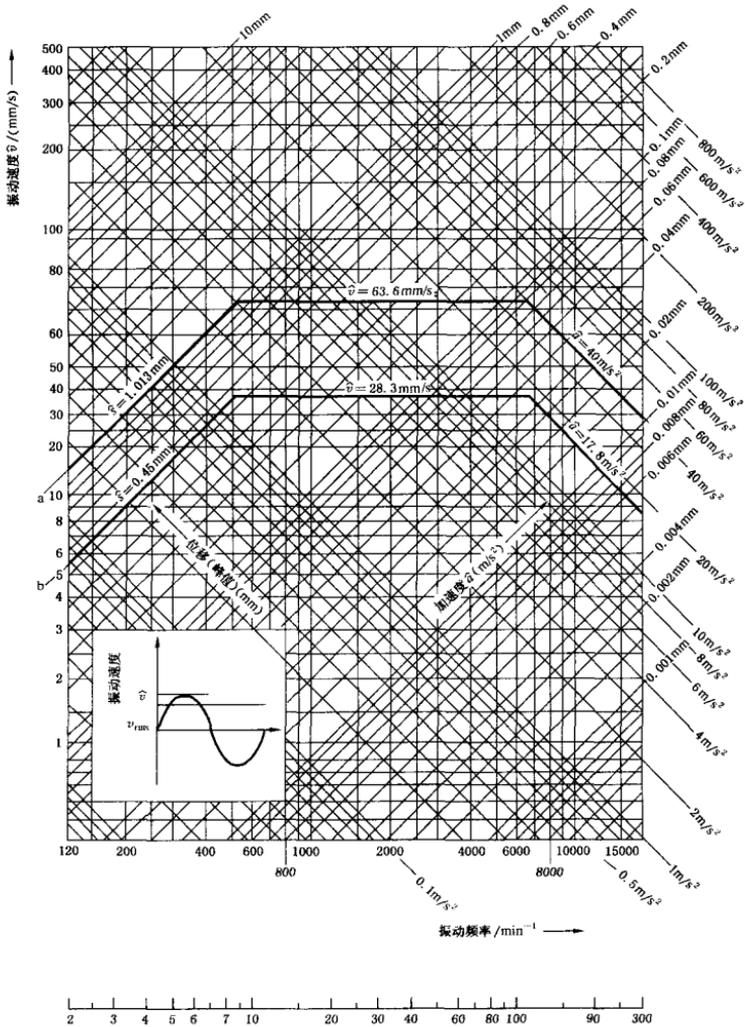
$$a_{rms} = 0.628 \times v_{rms}$$

<sup>b</sup> 对于法兰连接的发电机组，在测点 5(见图 1a)) 的测量值应满足对发电机所要求的数值。

<sup>c</sup> 额定功率大于 100 kW 的发电机组有确定的数值，而额定功率小于 100 kW 的发电机组无代表性数值。

<sup>d</sup> 这些数值应得到制造商和用户的认可。

<sup>e</sup> 括号内的数值适用于安装在混凝土基础上的发电机组。此时，从图 1a) 和图 1b)) 7、8 两点测得的轴向振动数值应为括号内数值的 50%。



图示曲线仅限于正弦振动

曲线 a: RIC 发动机示例  $v_{rms} = 45 \text{ mm/s}$

曲线 b: 发电机示例  $v_{rms} = 20 \text{ mm/s}$  (见表 2)

图 C.1 振动速度和振动频率的关系

附 录 D  
(资料性附录)  
测 量 报 告

## D.1 一般数据

负责测量的公司:	客户/用户:
报告编号:	测量地点:
日期:	操作人员:

## 往复式发动机和发电机的被测数据

	往复式发动机	发电机
制造商		
型式		
生产编号		
标定或额定功率	_____ kW	_____ k · VA $\cos\phi=$ _____
标定或额定转速	r/min	r/min
标定或额定频率		Hz
结构设计	<input type="checkbox"/> 直列式发动机 <input type="checkbox"/> V 型发动机	<input type="checkbox"/> IMB20° <input type="checkbox"/> IMB520 <input type="checkbox"/> IMB16 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/> IMB3
数量	气缸:	轴承:
工作系统	<input type="checkbox"/> 两冲程 <input type="checkbox"/> 四冲程	<input type="checkbox"/> 同步发电机 <input type="checkbox"/> 异步发电机
联接方式	<input type="checkbox"/> 弹性盘式联接 <input type="checkbox"/> 直接联接 <input type="checkbox"/> 弹性联接	
* 发电机结构安装型式的缩写词根据 IEC 60034-7 代码 1 确定。		

## D.2 结构数据

总装图:

编号:

成套制造商:

## 安 装 型 式

发动机	发电机	基础	底架	法兰盘
<input type="checkbox"/> 刚性 <input type="checkbox"/> 弹性	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无			



附 录 E  
(资料性附录)  
参 考 文 献

1. ISO 2954:1975 旋转和往复式机械振动——测量振动强烈程度的设备要求
  2. GB/T 2820.1—1997 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第1部分:用途、定额和性能
  3. ISO 10816-1:1995 机械振动 利用非旋转部件的测量值对机器振动进行评估 第1部分:一般导则
  4. ISO 10816-6:1995 机械振动 利用非旋转部件的测量值对机器振动进行评估 第6部分:额定功率大于100 kW的往复式机器
-