

前　　言

本标准等同采用 ISO 10816-6:1995(E)《机械振动 利用对非旋转零件的测量以评定机械振动 第 6 部分: 功率大于 100 kW 的往复机械》, 以修订 GB/T 10397—1989《中小功率柴油机 振动评级》。

本标准与被修订标准在以下重要技术内容上有所改变:

——适用范围: 本标准的用途与柴油机的冷却形式无关;

——振动测量和评定量标: 本标准规定需测取振动位移、速度和加速度的均方根值, 并以三个测量值中的最大者作为评定振动烈度等级的量标, 而不是以全部测点的振动速度均方根当量振动烈度的最大值作为评定振动的依据;

——测量工况: 本标准规定需在机器整个功率、转速范围内, 而不仅仅是在铭牌标定功率和标定转速时测量振动的最大值;

——评定准则: 本标准对往复机械的位移、速度和加速度的振动等级和指导值均与发动机缸数无关。

本标准的附录 A 为规范性附录, 附录 B、附录 C 为资料性附录。

本标准自实施之日起, 同时代替和废止 GB/T 10397—1989。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国内燃机标准化技术委员会归口。

本标准起草单位: 上海内燃机研究所、广西玉柴机器股份有限公司。

本标准主要起草人: 吴炎庭、沈捷、谢正良、牟宁斌、瞿俊鸣、宋国婵、陈林珊。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 10397—1989。

引　　言

本标准规定了利用对非旋转零件的测量,以评定机械振动的一般指南。本标准是为往复机械的机械振动制定测量规程和分级指南的一个新文件。从总的来看,本标准涉及了机械的主结构振动,并且为机械振动的分级和避免结构上所装附属设备产生问题,规定了振动的指导值。本标准还推荐了测量和评定的准则。

往复机械的典型特征是振动的质量,周期性变化的输出(输入)扭矩和附属管路中的脉冲力,所有这些特征都会对主支承产生很大的交变力,并使主支承架的振动振幅增大。该振幅一般要比旋转机械的高,但是由于其主要决定于机械的结构特征,因此仍可比旋转机械具有较高的寿命。

对往复机械来说,按照本标准对机械主结构的振动进行测量和量化,只能对机械本身零部件的应力和振动状况提供一个粗略的概念。例如旋转零件的扭转振动一般不能通过机械结构零件的测量而确定。当超过按同类机械的经验数据所制定的指导值时,主要是使安装在机械上的零部件(如增压器、热交换器、调速器、滤清器、泵等)、机械与其外部零件间的连接件(如管路)、或监测仪表(如压力表,温度计等)遭致损坏。而要预测振动达到什么值就会出现损坏的问题,则在很大程度上取决于这些零部件及其紧固件的设计。

在某些情况下,需要对某些机械零件进行专门的测量,以确定其振动的允许值。而且有时还会碰到即使测量值在允许的指导值范围内,但由于附属零部件的变化很大,仍可发生问题。这些问题可以而且也必须通过特定的“局部测量”(如避开共振)来校准。但是经验显示,在大多数情况下,用可测量的量来表征振动状况,并为此提供指导值还是可能的。这表明在大多数情况下可以用可测量的变量和指导值进行可靠的评定。为了描述用以简单表述往复活塞式机械振动值的量,本标准将采用“振动烈度”这一术语。

往复活塞式机械的振动值不仅受机械本身特性的影响,而且在很大程度上亦与基础有关。由于一台往复机械起着一个振动发生器的作用,因此可能需要在机械和基础之间进行隔振。这样,加上基础的振动响应,就会对机械本身的振动产生颇大的影响。这些振动状况亦取决于机械周围环境的传输率,因而并不完全决定于机械本身的振动值。所以本标准只能就机械对环境的影响起一种顾问作用。

中小功率柴油机 振动评级

1 范围

本标准规定了利用对整机非旋转和非往复运动零件的测量,以测量和评定整机振动的一般条件及程序。轴振动(包括扭转振动)不属于本标准的范围。

本标准一般适用于功率大于 100 kW 的刚性或柔性支承的往复活塞式机械,其典型用途为船用主机,船用辅机,柴油发电机组用发动机,空气压缩机和柴油机车用发动机。

所提供的通用评定准则适用于运行监控和验收试验,并且也可以用以确保直接安装在机械上的设备不致遭受机械振动的有害影响。

还需考虑由往复机械驱动或驱动往复机械的配套机械。对此应按有关标准和所加负荷的类别加以评定。

本评定准则对考虑机械内部零件的影响可能用途不大,例如与气门、活塞、活塞环等有关的问题就未必能在测量中反映出来,识别这些问题需要使用研究性技术,这已超出本标准的范围,同样噪声也不在本标准范围之内。

本标准不适用于安装在道路车辆(如卡车、轿车、自行式工程机械和拖拉机等)上的机械。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款,凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

ISO 2041:1990 振动和冲击 词汇

3 术语和定义

本标准采用 ISO 2041 所规定的定义及下列定义。

3.1

振动烈度 vibration severity

系指用一个或一组值,诸如最大值、平均值、均方根值(r. m. s.)或其他参数以描述振动的通称。它可以是瞬时值或平均值。

注: ISO 2041 对上列定义所附的两条注,不适用于本标准。

4 测量

4.1 测量仪器和待测的量

第 5 章规定了往复机械振动烈度分级准则。该分级以频率在 2 Hz~1 000 Hz 范围内所测振动位移、速度和加速度的综合值为基础。

众所周知,往复机械的主激振频率一般在 2 Hz~300 Hz 范围内,但是当把作为机械功能零件的辅助设备与机械一起按整机考虑时,就需要在至少 2 Hz~1 000 Hz 范围内表征振动。而对特殊用途来说,则可由制造厂与客户商定不同的范围。

由于综合振动信号一般包含许多主要频率分量,在综合振动测量的均方根值与峰值之间或峰-峰值之间没有简单的数学关系,因而推荐测量系统所测得的位移、速度和加速度的均方根值,其准确度在

10 Hz~1 000 Hz范围内应为±10%，在2 Hz~10 Hz范围内应为 $^{+10\%}_{-20\%}$ 。这些数值均可用单只传感器测得，其信号经处理后还可求出非直接测量的量（例如加速度计的输出经一次积分可得速度，两次积分可得位移），应该注意确保任何处理过程都不得影响测量系统所要求的精度。

频率响应和所测振动幅值均与传感器的固定方法有关。尤其重要的是，在高振动值时，必须保持传感器与机械间的可靠固定，例如ISO 5348就有加速度计的安装说明。

4.2 测点位置和测量方向

为了确保振动测量的评定尽可能统一并且进而可对不同机械进行精确的比较，推荐测量位置如图1~图3所示，通常测点位置应取图中所示在与机械相关的三个主方向上。

图1~图3所示机械仅为示例，对于不同型式的机械（如星形发动机）可采用类似的测点。

如果根据同类机械的经验，可以预测最大振动烈度点的位置，则无需考虑采用图中所规定的全部测点。但应将可达承载轴承的位置包括在内。而对验收试验来说，如果所用测点较少，则应由制造厂与客户另行商定。

如果为了更仔细地研究或进行比较之用，应优先推荐使用图1~图3中的测点。

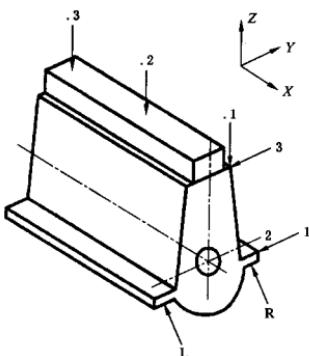
在选择正确测点时，应考虑具体所测机械的结构布置及安装限制。所选择的全部测点，应使振动传感器能正确固定在发动机的主结构上。

测量机械所装零部件的振动，可以提供有关失效的有用信息，但是本标准中所列指导值仅适用于在机械主结构上由图1~图3所给定的位置。

示例

在机架右侧顶部边缘、靠机械联轴节端、沿Y（水平）方向的标记为：

R3.1 Y

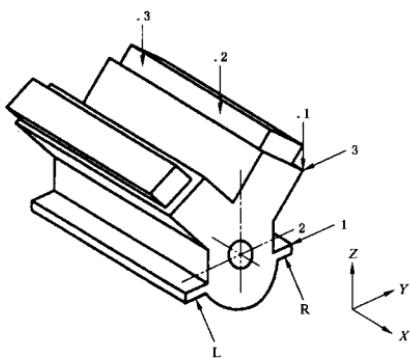


图示说明：

测量端面	L	面向联轴节法兰时左侧
	R	面向联轴节法兰时右侧
测量平面	1	机械支承端
	2	曲轴平面
	3	机架顶部边缘

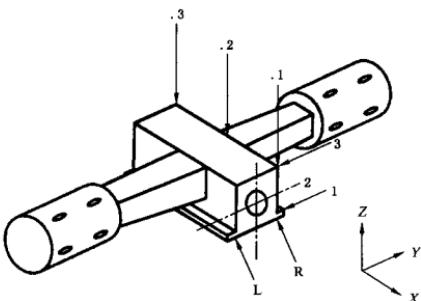
沿机械长度 方向的测点	.1	联轴节端部
	.2	机械中部
	.3	机械自由端

图1 直列式发动机示例



注：图示说明见图 1。

图 2 多缸 V 型发动机示例



注：图示说明见图 1。

图 3 水平对置发动机示例

4.3 测量工况

测量应在机械达到稳定工况(例如运行温度正常)时进行。确定机械振动烈度应以确实达到正常运行时,在整个功率、转速范围内所产生的最大振动为基准。

4.4 测量结果记录

测量结果记录应包括机械和使用测量系统的基本数据,这些数据可列入用作测量记录的附录 B 的表 B.1 和表 B.2 中。

5 振动准则

振动烈度等级用数值示于表 1,并用图表示于附录 C 中。为了定量表示起见,必需测量位移、速度和加速度在 2 Hz~1 000 Hz 范围内的综合(宽频带)均方根值。应求出在发动机主结构上所测各位移、速度的和加速度最大综合均方根值时的振动烈度等级。这三个等级中的最大值就是评定机械振动烈度等级的量标。

例如表 2 中给出的振动值系在机械主结构上 R3.1 位置处的测量值。相应于表 1 中的振动烈度等

级列于方括号内。由此可以得出机械在此位置处的振动烈度等级为 28, 同样可以对所有其他位置进行评定以确定整台机械的最大振动烈度等级。

表 1 振动烈度等级
(2 Hz~1 000 Hz)

振动烈度等级	机械主结构上所测综合振动限值		
	位 移 / $\mu\text{m}(\text{r. m. s.})$	速 度 / $(\text{mm/s})(\text{r. m. s.})$	加速度 / $(\text{m/s}^2)(\text{r. m. s.})$
1, 1	≤17.8	≤1.12	≤1.76
1. 8	≤28.3	≤1.78	≤2.79
2. 8	≤44.8	≤2.82	≤4.42
4. 5	≤71.0	≤4.46	≤7.01
7. 1	≤113	≤7.07	≤11.1
11	≤178	≤11.2	≤17.6
18	≤283	≤17.8	≤27.9
28	≤448	≤28.2	≤44.2
45	≤710	≤44.6	≤70.1
71	≤1 125	≤70.7	≤111
112	≤1 784	≤112	≤176
180	>1 784	>112	>176

注: 表中值系根据在 2 Hz~10 Hz 范围恒位移, 在 10 Hz~250 Hz 范围恒速度和在 250 Hz~1 000 Hz 范围恒加速度导出。

表 2 振动值示例

位 置	实测振动值		
	位 移 / $\mu\text{m}(\text{r. m. s.})$	速 度 / $(\text{mm/s})(\text{r. m. s.})$	加速度 / $(\text{m/s}^2)(\text{r. m. s.})$
R3. 1 X	100[等级 7.1]	15[等级 18]	9[等级 7.1]
R3. 1 Y	150[等级 11]	16[等级 18]	8[等级 7.1]
R3. 1 Z	250[等级 18]	22[等级 28]	10[等级 7.1]

与某一具体机型相关的振动烈度值决定于它的大小、质量、支承系统特性和运行工况等。因此在应用振动烈度等级时, 需要考虑不同的用途和与其有关的环境状况。然后利用在机械总长上所测的最大值即可确定振动烈度。往复机械振动分级数和指导值列于附录 A 内。

为了减少机械对环境的影响, 已广泛使用柔性支承。有关其设计和应用的问题不在本标准所涉及范围内。

注 1: 有关隔振装置的指南见 ISO 2017。

注 2: 有关振动对建筑物影响的指南见 ISO 4866。

附录 A
(规范性附录)
机械振动分级

往复机械振动等级数和指导值见表 A.1, 该指导值有助于评定机械机架和所装辅件和设备可能承受的振动烈度。

往复机械可根据其类型、用途、尺寸、结构布置、柔性或刚性支承以及转速等将振动分成多级, 例如许多工业和船用柴油机可分为 5、6 或 7 级。

若条件允许, 应编制各种具体机械许用振动烈度指导值的推荐表, 届时制造厂与客户便可根据经验和运行结果商定振动等级。

表 A.1 往复机械振动分级数和指导值

振动烈度等级	机械结构上所测综合振动最大值			机械振动分级数						
	位移/ μm(r. m. s.)	速度/ (mm/s)(r. m. s.)	加速度/ (m/s ²)(r. m. s.)	1	2	3	4	5	6	7
评定范围										
1.1	17.8	1.12	1.76							
1.8	28.3	1.78	2.79	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B
2.8	44.8	2.82	4.42							
4.5	71.0	4.46	7.01	C						
7.1	113	7.07	11.1		C					
11	178	11.2	17.6			C				
18	263	17.8	27.9				C			
28	448	28.2	44.2	D	D	D	D	C	C	
45	710	44.6	70.1							
71	1125	70.7	111					C	C	
112	1784	112	176					D	D	C
180										D

评定范围说明:

A: 新近委托评定的机械, 其振动值一般应位于该范围内。

B: 振动值位于该范围内的机械, 一般均认为可作长期运行。

C: 振动位于该范围内的机械, 一般均认为不能满足长期持续运行的要求。通常在没有机会采取补救措施前, 机械只能作有限时间运行。

D: 振动值位于该范围时, 一般认为其振动烈度足以使机械损坏。

注: 往复机械的振动值可以使比旋转机械有较高的寿命, 因此在本表中把范围 A 和范围 B 放在一起, 待将来积累更多经验后, 就可以为范围 A 和范围 B 提供不同的指导值。

附录 B
(资料性附录)
往复机械振动测量表

表 B.1 往复机械振动测量记录表

1	概要 记录号: _____ 日期: _____ 安装地点: _____ 测量人员: _____							
2	往复机械规格 种类:柴油机/压气机* 制造厂: _____ 机械标识号: _____ 功能:主动/从动* 气缸数: _____ 型式/系列号: _____ 结构布置:单卧式/直列;V型,对置* 相应转速: _____ r/min 工作循环:二/四冲程*;单/双作用* 相应功率: _____ kW 测量时转速: _____ r/min 支承:刚性/柔性*;直接/基座上* 测量时功率: _____ kW 连接:刚性/柔性* 注: _____							
3	测量系统规格 仪器型式: _____ 制造厂: _____ 传感器型式: _____ 固定方式: _____ 测量系统是否符合 GB/T 10397—2003 中 4.1 的要求,即综合均方根值的准确度在 10 Hz~1 000 Hz 范围内为 $\pm 10\%$,在 2 Hz~10 Hz 范围内为 $\pm 20\%$? 是/否* 注: _____							
4	测量结果 机械测量草图如下:按 GB/T 10397—2003 中图 1~图 3 要求标明测点位置 测量值:记入表 B.2。 应附上测量记录、频谱、图表等,并提供测点位置和测量方向及测量时的转速和功率,如适用。							
测量方向:相对于曲轴轴线而言(见 GB/T 10397—2003 中图 1~图 3) X—轴向; Y—水平横向; Z—垂直向								
^a 必要时可删去/补充。								

表 B.2 往复机械振动测量结果表

测点号 No. 如图	转速/ (r/min)	功率/ kW	测量值:综合均方根值(2 Hz~1 000 Hz)									注	
			水平横向			垂直向			轴向				
			$d/\mu\text{m}$	$v/(\text{mm/s})$	$a/(\text{m/s}^2)$	$d/\mu\text{m}$	$v/(\text{mm/s})$	$a/(\text{m/s}^2)$	$d/\mu\text{m}$	$v/(\text{mm/s})$	$a/(\text{m/s}^2)$		
			$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$	$\text{M}^* \text{C}^*$		

^a 必要时标注: M—直接测量;

C—频谱计算。

附录 C
(资料性附录)
振动烈度等级诺模图

图 C.1 所示振动诺模图表明了振动烈度等级的范围。多频振动系统很难按离散频率分级,因而各等级的限值主要示于表 1 中,具有多频振动的机械应根据所测位移、速度、加速度的综合值对照表 1 划分等级。

应求出在机械主结构上所测各位移、速度、加速度的最大综合均方根值时的烈度等级。这三个等级中的最大值就是机械的振动烈度等级。

注:如果从频率分析中知道,机械在某一频率时只有一个振动频率分量,则只要用位移、速度或加速度中的一个参数就可按诺模图直接划分等级。

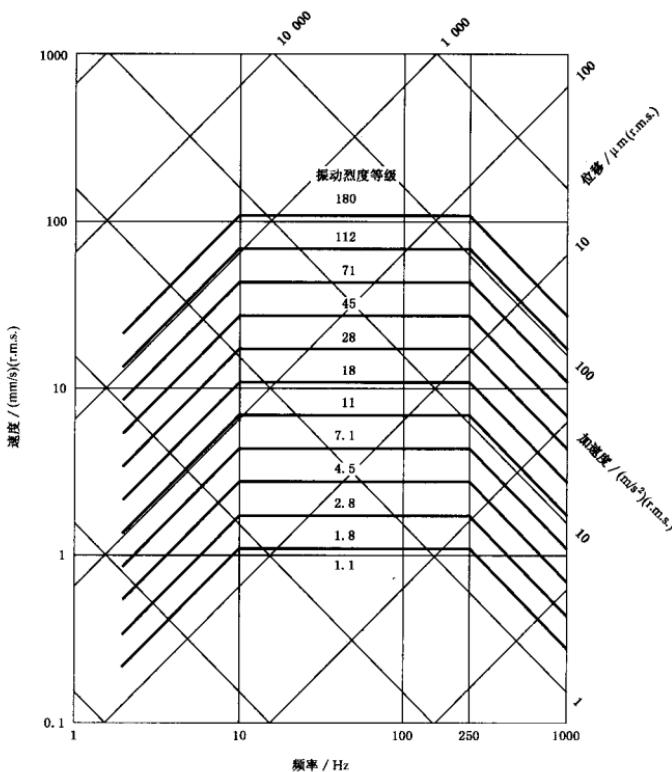


图 C.1 振动烈度等级诺模图

参 考 文 献

- [1] ISO 2017:1982 振动与冲击 隔振器 特性规定的方法
 - [2] ISO 2954:1975 旋转式和往复式机械振动 对测量振动烈度仪器的要求
 - [3] ISO 4866:1990 机械振动与冲击 建筑物的振动 振动对建筑物影响的测量和评定指南
 - [4] ISO 5348:1987 机械振动与冲击 加速度计的机械安装
 - [5] ISO 8528-9:1995 往复式内燃机交流发电机组 第9部分:机械振动的测量和评定
 - [6] ISO 10816-1:1995 机械振动 在非旋转零部件上测量和评定机器振动 第1部分:总则
-