

3. 石油化工旋转机械振动标准

SHS 01003—2004

目 次

1	总则	(145)
2	机壳表面振动	(146)
3	轴振动	(150)

1 总则

1.1 主题内容与适用范围

1.1.1 本标准规定了石油化工旋转机械振动评定的现场测量方法(包括测量参数、测量仪器、测点布置、测试技术要求、机器分类等)及评定准则。石油化工旋转机械振动分析的现场测量方法应满足本标准的规定但不仅限于此。

1.1.2 本标准适用的设备包括电动机、发电机、蒸汽轮机、烟气轮机、燃气轮机、离心压缩机、离心泵和风机等类旋转机械。

按照本标准规定的方法进行测试得到的振动数据,可作为设备状态评定和设备验收的依据。经买卖双方协商认可,亦可采用制造厂标准或其他标准。

1.1.3 本标准不适用于主要工作部件为往复运动的原动机及其传动装置。

本标准也不适用于在振动环境中的旋转机械的振动测量。振动环境是指环境传输的振动值大于运行振动值 $1/3$ 的情况。

1.1.4 未能纳入本标准范围的其他旋转机械,暂按设备出厂标准进行检验和运行。

1.2 编写修订依据

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

GB/T 6075.3—2001 在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第3部分:额定功率大于 15kW、额定转速在 120 ~ 15000r/min 之间的在现场测量的工业机器

GB 11348.1—1999 旋转机械转轴径向振动的测量和评

定 第一部分 总则

1.3 本标准提供两种振动评定方法,即机壳表面振动及轴振动的评定方法。

在机壳表面,例如轴承部位测得的振动是机器内部应力或运动状态的一种反映。现场应用的多数机泵设备(电动机、各种油泵、水泵等),由机壳表面测得的振动速度,可为实际遇到的大多数情况提供与实践经验相一致的可信评定。

汽轮机、离心压缩机等大型旋转机械(如炼油催化三机、化肥五大机组、乙烯三大机组和空分装置的空压机等)通常含有挠性转子轴系,在固定构件上(如轴承座)测得的振动响应不足以表征机器的运转状态,对这类设备必须测量轴振动,根据实际需要,结合固定构件上的振动情况综合评定设备的振动状态。

2 机壳表面振动

2.1 本标准适用于转速为 $10 \sim 200\text{r/s}$ ($600 \sim 12000\text{r/min}$) 旋转机械振动烈度的现场测量与评定。

2.2 测量参数

本标准规定在机壳表面(例如轴承盖处)测得的、频率在 $10 \sim 1000\text{Hz}$ 范围内的振动速度的均方根(V_{rms})作为表征机械振动状态的测量参数,在规定点和规定的测量方向上测得的最大值作为机器的振动烈度。

2.3 测量点的布置

测点一般布置在每一主轴承或主轴承座上,并在径向和轴向两个方向上进行测量,如图 1 所示。对于立式或倾斜安装的机器,测量点应布置在能得出最大振动读数的位置或规定的位

置上,并将测点位置和测量值一同记录。测点位置应固定,一般应作明显标记。机器护罩、盖板等零件不适宜作测点。

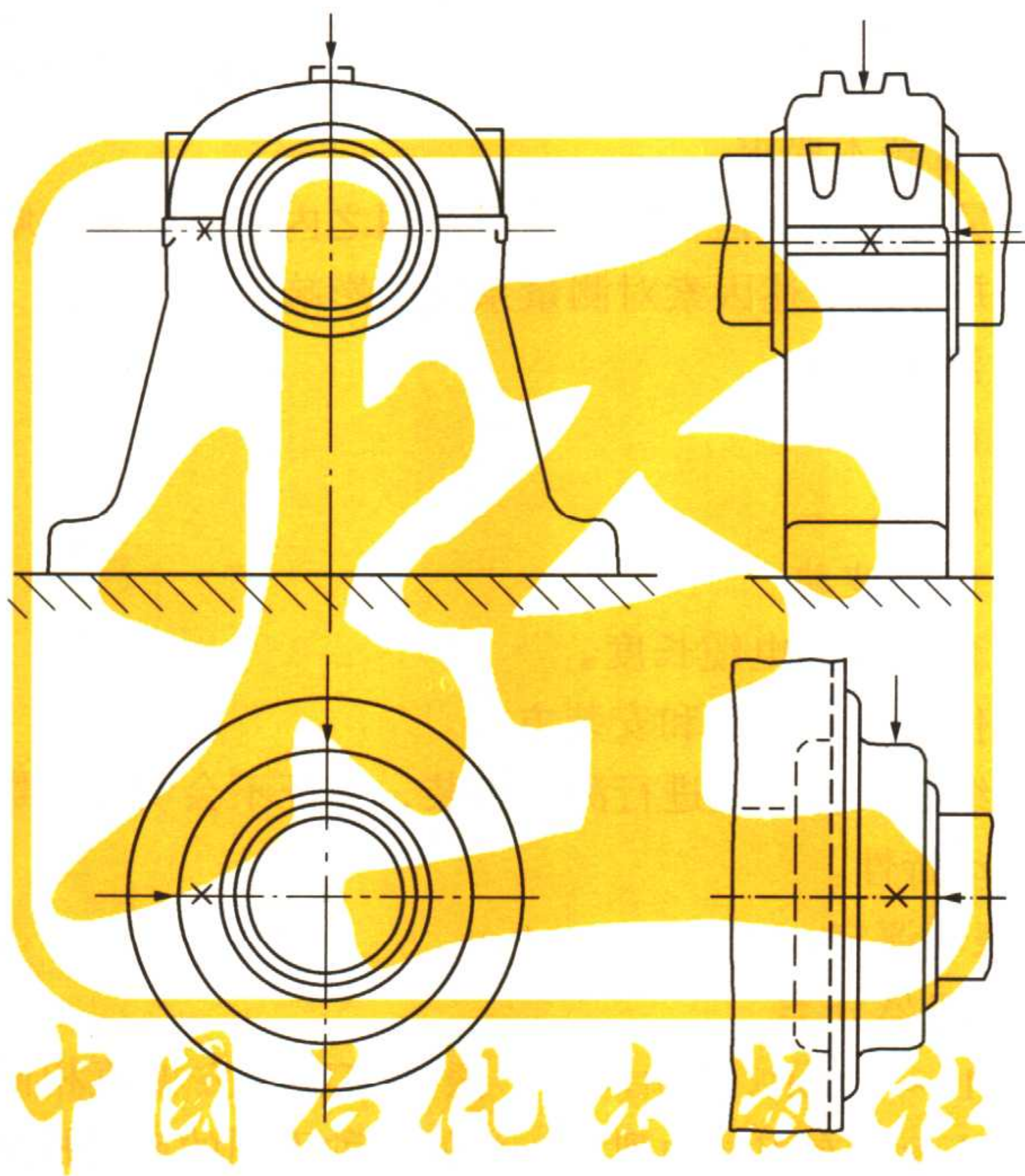


图 1

2.4 测量仪器

2.4.1 一般采用由传感器、滤波放大器、指示器和电源装置等组成的测量仪表。允许采用能取得同样结果的其他仪器。

2.4.2 测量仪表滤波放大器的带通频率为 $10 \sim 1000\text{Hz}$ 。

2.4.3 测量仪表系统误差不超过 $\pm 10\%$ 。

2.4.4 传感器振动速度线性响应的最大值至少为感受方向

上满量程振动速度的 3 倍，传感器横向灵敏度应小于 10%。

2.4.5 直读仪器应能指示或记录振动速度的均方根值。

2.4.6 测量仪表尽可能采用电池为电源装置。

2.4.7 测量仪表需定期校准，保证它具有可靠的测量结果。

2.5 测量技术要求

测量时应当掌握在整个测量范围之内仪器的频率响应和精度，并考虑下述因素对测量系统的影响：

- a. 温度变化。
- b. 磁场。
- c. 声场。
- d. 电源波动。
- e. 传感器的电缆长度。
- f. 传感器的方位和安装方式。

要细心、合理地进行测试安装，保证不会明显地影响机器的振动特性。

2.6 振动评定

2.6.1 机器分类

在 10 ~ 1000Hz 的频段内，振动速度均方根值相同的振动，被认为具有相同的烈度，为使各种不同的旋转机械能用同一烈度标准进行评定，本标准根据机器的尺寸和功能（振动体质量、尺寸、机器的输出功率等）、机器—支承系统的刚性等将旋转机械分为如下 4 类：

- I—小型转机如 15kW 以下的电机；
- II—安装在刚性基础上的中型转机，功率 300kW 以下；
- III—大型转机，机器—支承系统为刚性状态；
- IV—大型转机，机器—支承系统为挠性支承状态。

2.6.2 机器—支承系统状态的确定

本标准中, 根据机器—支承系统在测量方向上的刚度关系, 可分为挠性支承和刚性支承两种支承系统状态。对于挠性支承, 机器—支承系统的基本固有频率低于机器的工作频率(透平、发电机、压缩机其功率大于 10MW 以及立式机器装置, 通常为挠性支承); 对于刚性支承, 机器—支承系统的固有频率高于机器的工作频率(大中型电机低转速时, 通常为刚性支承)。支承状态可通过计算, 也可通过强迫振动或自由振动试验来确定。

2.6.3 评定振动标准

每类旋转机械分 4 个区段作振动状态评定, 振动烈度评定界限见表 1。当振动烈度变化达到表中所列一级数值时,

表 1 振动烈度评定等级表

振动烈度的范围		振动烈度评定等级			
分级范围/ (mm/s)	在该范围极限上的速度均 方根值/(mm/s)	I	II	III	IV
0.28	0.28	A	A	A	A
0.45	0.45				
0.71	0.71				
1.12	1.12	B	B	B	B
1.8	1.8				
2.8	2.8				
4.5	4.5	C	C	C	C
7.1	7.1				
11.2	11.2				
18	18	D	D	D	D
28	28				
45	45				
71					

① I、II、III、IV 为机器分类, 见 2.6.1;

② A 区——新交付使用的机器应达到的状态或优良状态;

B 区——机器可以长期运行或合格状态;

C 区——机器尚可短期运行但必须采取相应补救措施, 或不合格状态;

D 区——不允许状态。

表示振动烈度变化了 1.6 倍, 即相差了 4dB, 表明大多数机器振动状态发生了有意义的变化, 应及时报告。振动烈度变化了两级, 意味着振动变化了 2.5 倍, 即振动状态变化了一个区段, 应及时调查研究, 分析原因。

3 轴振动

3.1 轴振动评定方法, 通常用于确定如下 3 方面的问题:

- a. 振动特性的变化。
- b. 过大的动载荷。
- c. 径向间隙监测。

3.2 测量参数

3.2.1 位移

轴振动测量参数是位移, 测量单位用 μm ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$)。

位移分为相对位移和绝对位移两种, 它们的定义如下:

a. 相对位移: 转轴相对于机器的非转动部件(如轴承座、机壳及基础)的振动位移。

b. 绝对位移: 以地面为静参考系统的转轴振动位移。

两种位移可用不同的位移值进一步定义, 它们是:

S_{p-p} : 测量方向上振动位移的峰峰值;

$S_{\max}$: 测量平面内最大振动位移值;

$(S_{p-p})_{\max}$: 测量平面内最大振动位移的峰峰值。

本标准规定采用 S_{p-p} 值作为轴振动评定参数。

轴振动测量频带应足够宽, 按具体机器的类型和工作状态加以选择, 使对测量分析有用的振动频谱包括在内。

3.2.2 相位

在评定机器振动状态的变化时，应同时进行相位测量。

3.3 测点布置

传感器应放置在能对转轴的径向振动作出正确评定的重要测点上。推荐在机器的每个轴承处或靠近轴承处安装两只传感器，在垂直于轴线的同一测量平面内沿径向安装，两只传感器的测量方向应互相垂直，传感器的轴线和转轴径线的夹角小于 $\pm 5^\circ$ 。对所有轴承，传感器安装的方位要尽量相同。大型旋转机械应在设计、制造阶段，安装轴振动、轴位移、键相位传感器或预留安装位置，并且对机器相关部件根据传感器测量要求进行相应处理。

3.4 仪器要求

在各种应用环境下，测量系统误差不应超过相当于所测值的 10%，或满刻度值的 6% 两者中的最大值。

测试仪器应当有直读式仪器的在线校准功能，测试仪器应当有合适的独立输出，用来作进一步分析。在线振动指示仪表应在背板处有原始振动信号的缓冲输出口，以便引出信号进行振动频谱分析和故障诊断。

仪器在设备停工大检修时应同时进行校验。

3.5 测量方法与要求

3.5.1 轴相对振动通常使用非接触式传感器进行测量。在轴承内安装传感器时，不能影响润滑油膜压力区。在支架上安装传感器时，支架的固有频率要高于机器最高转速的 10 倍以上。

3.5.2 轴绝对振动测量

轴绝对振动测量有两种方法，即用接触式轴振动传感器

方法和把惯性传感器与非接触式传感器结合使用的方法。当采用惯性传感器与非接触式传感器结合使用的方法时。要求惯性传感器和非接触式传感器固接在一起，刚性地安装在机器的轴承座上，以保证两个传感器在测量方向上承受相同支承的绝对振动。两种传感器的灵敏度轴线应尽量重合，以保证它们输出信号的矢量和能成为轴绝对振动的精确测量值。

3.5.3 两种轴振动测量方法，都需确定由于轴表面金相组织不均匀、局部剩磁及轴的机械偏差所引起的总的非振动性偏差，其值不能超过振动位移允许值的 1/4 或 $6\mu\text{m}$ 两者中的较大值。

3.6 评定准则

当评定指标为轴承动载荷或径向间隙时，用轴相对振动值为评定参数。

当评定转轴的振动变化时，如果传感器支承结构的绝对振动值等于或大于转轴相对振动值的 20%，要进行转轴绝对振动测量。

3.7 评定标准

3.7.1 轴振动 A 区(优良状态)上限值，推荐按下式计算：

$$S_{p-p} < \frac{2782}{\sqrt{N_{\max}}} \quad \text{且} \geq 50.8\mu\text{m}$$

式中 $N_{\max}$ ——机器最大工作转速，r/min。

3.7.2 轴振动 B 区(合格状态)的上限，建议取为 A 区上限的 1.6~2.5 倍。工作转速较高者取下限，工作转速较低者取上限。其值建议定为黄灯值(一级报警)。

3.7.3 轴振动 C 区(不合格状态)的上限，建议取为 B 区上

限的 1.5 倍，其值建议定为红灯值(二级报警)。

3.7.4 要重视振动值的变化。在稳定运行条件下，尽管振动值仍在合格范围内，如果振动值发生明显变化，例如其变化量大于 B 区上限值的 25%，无论振动值是变大还是变小，都要及时报告并进一步分析原因。

附加说明：

1 本标准由长岭炼油化工总厂陈大喜、洞庭氮肥厂徐光、中国石化总公司贾约鹏负责起草，(1992)。

2 本标准由镇海炼化股份公司负责修订，修订人周群、汪剑波、孙炯明(2004)。