

往复式压缩机
机械振动测量与评价

Measurement and evaluation of mechanical
vibration of reciprocating piston compressors

本标准适用于往复式压缩机机组(以下简称压缩机)的机械振动测量与评价。

1 基本概念和定义

1.1 振动位移 vibration displacement

物体相对于某一参考坐标位置的变化的矢量。

1.2 振动速度 vibration velocity

位移的时间变化率的矢量。

1.3 振动加速度 vibration acceleration

速度的时间变化率的矢量。

1.4 振动速度有效值 ν_{rms}

1.4.1 在简谐振动中,振动速度有效值为振动速度峰值($\hat{\nu}$)的 $\sqrt{\frac{1}{2}}$ 倍,见公式(1)~(3):

$$\nu_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \hat{\nu} \dots\dots\dots (1)$$

$$\nu_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \hat{s} \cdot \omega \dots\dots\dots (2)$$

$$\nu_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\hat{a}}{\omega} \dots\dots\dots (3)$$

式中: \hat{s} ——位移幅值, $s_{(t)} = \hat{s} \cdot \cos(\omega t + \varphi_s)$, mm;
 $\hat{\nu}$ ——速度幅值, $\nu_{(t)} = \hat{\nu} \cdot \cos(\omega t + \varphi_\nu)$, mm/s;
 \hat{a} ——加速度幅值, $\hat{a}(t) = \hat{a} \cdot \cos(\omega t + \varphi_a)$, mm/s²;
 ω ——角频率, $\omega = 2\pi f$, rad/s;

$\nu_{(t)}$ 、 $s_{(t)}$ 、 $a_{(t)}$ ——分别为瞬时速度、瞬时位移和瞬时加速度。

1.4.2 在非简谐振动中,振动速度的有效值应按公式(4)确定。

$$\nu_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \nu^2(t) dt} \dots\dots\dots (4)$$

压缩机的表面机械振动是由有限个不同频率的简谐振动复合而成的复杂振动,因此可通过富氏变换或对测量进行频谱分析得到下式:

$$\nu_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2} (\hat{s}_1^2 \cdot \omega_1^2 + \hat{s}_2^2 \cdot \omega_2^2 + \dots + \hat{s}_n^2 \cdot \omega_n^2)} \dots\dots\dots (5)$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{\hat{a}_1^2}{\omega_1^2} + \frac{\hat{a}_2^2}{\omega_2^2} + \dots + \frac{\hat{a}_n^2}{\omega_n^2} \right)} \dots\dots\dots (6)$$

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{2} (\hat{v}_1^2 + \hat{v}_2^2 + \dots + \hat{v}_n^2)} \dots\dots\dots (7)$$

1.5 当量振动速度 equivalent vibration velocity

等效于振动速度有效值,由有限个不同频率的振动分量复合而成的量。

1.6 振动烈度 vibration severity

表示振动强烈程度的一个通用词。本标准规定用振动速度的有效值为表征机器振动烈度的参数。

2 测量仪器

2.1 测量仪器的要求

2.1.1 振动测量仪器应在 2~3 000Hz 频率范围内能够直接显示被测压缩机的振动速度有效值。测振仪的频率范围在 10~300Hz 时,应配有 23% 带宽的带通滤波器。

2.1.2 测量仪器的总误差应不大于 10%。

2.2 仪器的检定

振动测量仪器必须按有关规定定期送计量部门检定认可。

2.3 仪器的安装

测量振动的传感器的安装与仪器的安装操作,必须符合仪器使用说明书的要求。

3 压缩机的安装

3.1 固定的压缩机

固定的压缩机应按实际使用情况,安装在符合安装图样要求的基础之上,或装在不小于 10 倍于被测压缩机质量的基础和平台上,并保证压缩机、安装平台和基础的刚性联结。在安装平台上测得的振动应小于被测压缩机最大振动值的 10%,以排除外界与安装引起的干扰。

3.2 非固定的压缩机

非固定的压缩机应保持实际使用状态,安放平稳。

4 压缩机的运行条件

压缩机必须在额定工况下连续稳定运行。

5 测点的选定

在压缩机本体外表面的各不同高度(由机座、曲轴至缸盖)上,以三个互相垂直的主方向进行测量,选取最大振动位置为测点。规定压缩机的纵向(曲轴轴线)为 z 向,横向为 x 向,垂向为 y 向,见图 1。

6 压缩机机械振动的评价

6.1 测量数据

测振仪的下限频率为 2Hz 时,直接在测点的三个互相垂直的方向中取得最大振动速度的有效值

v_{rms} 。

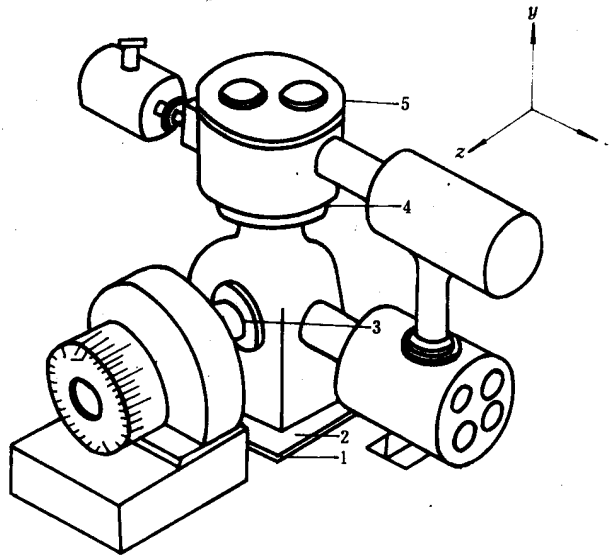


图1 压缩机的测点位置和测量方向示意图

1—基础;2—机座;3—曲轴;4—缸体;5—缸盖

测振仪的下限频率为 10Hz 时,应在 2~300Hz 频率范围内、用恒带宽滤波器的 23% 带宽(1/3 倍频程)进行扫描,逐个记录出现的较大振动速度有效值 ν_{rmsi} 以及它们所对应的中心频率 f_i 。当压缩机的最大振动发生在 10~100Hz 频率范围内时,可直接在测点的三个互相垂直的方向中取得最大振动速度的有效值 ν_{rms} 。否则按式(8)计算当量振动速度(ν_{ave})。

6.2 当量振动速度(ν_{ave})

$$\begin{aligned} \nu_{ave} &= \sqrt{(\beta_1 \cdot \nu_{rms1})^2 + (\beta_2 \cdot \nu_{rms2})^2 + \dots + (\beta_n \cdot \nu_{rmsn})^2} \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot \nu_{rmsi})^2} \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

式中: β_i ——修正系数;

$\beta_i = \frac{10}{f_i}$, 当 $2 \leq f_i < 10\text{Hz}$ 时;

$\beta_i = 1$, 当 $10 \leq f_i < 100\text{Hz}$ 时;

$\beta_i = \frac{f_i}{100}$, 当 $100 < f_i \leq 300\text{Hz}$ 时;

f_i ——对应于第 i 个振动速度值的振动中心频率, Hz。

6.3 机械振动评价

6.3.1 振动烈度

根据所测压缩机的最大速度有效值 ν_{rms} 或当量振动速度 ν_{ave} , 按表 1 确定被测压缩机的振动烈度。振动烈度是以 1:1.6 的比例递增的, 即每两个烈度级差 4dB。

6.3.2 振动的评价

压缩机按其不同的结构型式分为四类, 各类压缩机的振动烈度应不超过表 2 中规定的极限值。

图 2 提供了允许的振动极限曲线, 可作为在测量过程中不同振动参数之间的换算与比较。

7 测试记录内容与测试报告

测试记录内容与测试报告的格式参见附录 A。

表 1

振动烈度	振动速度有效值 v_{rms} 或当量振动速度 v_{eq} , mm/s	
	大于	到
0.11	0.071	0.112
0.18	0.112	0.18
0.28	0.18	0.28
0.45	0.28	0.45
0.71	0.45	0.71
1.12	0.71	1.12
1.8	1.12	1.8
2.8	1.8	2.8
4.5	2.8	4.5
7.1	4.5	7.1
11.2	7.1	11.2
18.0	11.2	18.0
28.0	18.0	28.0
45.0	28.0	45.0
71.0	45.0	71.0
112.0	71.0	112.0

表 2

类别	压缩机结构型式	振动烈度 \leq
I	对称平衡型	18.0
II	角度式(L型、V型、W型、扇型)、对置式	28.0
III	立式、卧式	45.0
VI	非固定型	71.0

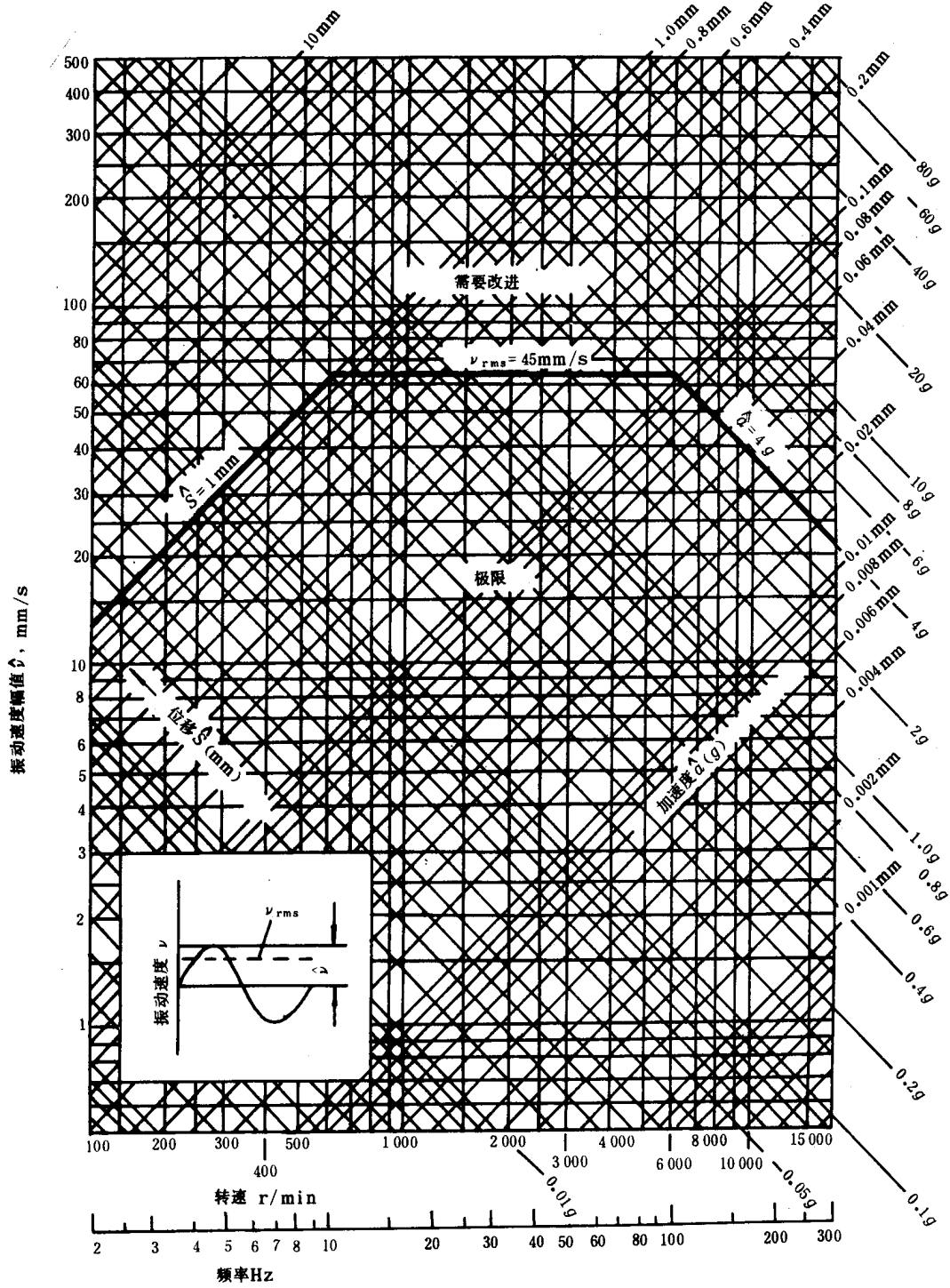


图2 允许的振动极限曲线

附录 A
压缩机振动测试报告
(参考件)

下列测量是按照_____进行的。_____年_____月_____日

机器名称与型号			重 量		
制造厂			出厂编号		
外形尺寸			所属类别		
项目	额 定 工 况			测 试 工 况	
驱 动 机	型 式			型 号	
	转 速			功 率	
安 装 条 件					
测 量 仪 器					
测 试 地 点					
测 点 示 意 图					
平 台 振 动	V_{rmax}		V_{rmax}		V_{rmax}
记 录 数 据	频 率 (f_i)				
	V_{rmsi}				
	V_{ave}	$V_{umaxmax}$		测 量 方 向	
振 动 烈 度				振 动 评 价	
备 注					

测试单位_____ 签字_____

附加说明：
本标准由合肥通用研究所归口并负责起草。