

# 中华人民共和国国家标准

## 泵的振动测量与评价方法

GB 10889—89

Methods of measuring and evaluating  
vibration of pumps

本标准等效采用国际标准 ISO 2372—1974《评价机器振动的基础》。

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了对泵进行机械表面振动测量与评价方法。

本标准适用于除潜液泵、往复泵以外的各种型式泵和泵用调速液力偶合器,转速范围为600~12 000 r/min。

### 2 引用标准

GB 2298 机械振动 冲击名词术语

GB 6075 制订机器振动标准的基础

### 3 术语

#### 3.1 位移幅值、速度幅值、加速度幅值

以上三项幅值运用简谐振动的运动方程定义如下:

$$s = \hat{s}\cos(\omega t + \psi_s) \dots\dots\dots(1)$$

$$v = \hat{v}\cos(\omega t + \psi_v) \dots\dots\dots(2)$$

$$a = \hat{a}\cos(\omega t + \psi_a) \dots\dots\dots(3)$$

式中:  $\hat{s}$  —— 位移幅值, mm;

$\hat{v}$  —— 速度幅值, mm/s;

$\hat{a}$  —— 加速度幅值, mm/s<sup>2</sup>;

$s$  —— 位移瞬时值, mm;

$v$  —— 速度瞬时值, mm/s;

$a$  —— 加速度瞬时值, mm/s<sup>2</sup>;

$\omega$  —— 角速度, rad/s;

$t$  —— 时间, s;

$\psi_s, \psi_v, \psi_a$  —— 初始相角, rad。

#### 3.2 振动烈度

规定振动速度的均方根值(有效值)为表征振动烈度的参数。泵的振动不是单一的简谐振动,而是由一些不同频率的简谐振动复合而成的周期振动或准周期振动。设它的周期是  $T$ , 振动速度的时间域函数为:

$$v = v(t) \dots\dots\dots(4)$$

则它的振动速度的均方根值用式(5)计算:

$$v_{\text{rms}} = \sqrt{(1/T) \int_0^T v^2(T) dt} \quad \dots\dots\dots (5)$$

设泵的振动由几个不同频率的简谐振动所合成。由频谱分析可知,加速度、速度或位移幅值( $\hat{a}$ 、 $\hat{v}$ 、 $\hat{s}$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ )是角速度 $\omega_j$ 的函数。根据加速度幅值 $\hat{a}$ 、位移幅值 $\hat{s}$ 或速度幅值 $\hat{v}$ ,可由式(6)计算出振动速度的均方根值:

$$\begin{aligned} v_{\text{rms}} &= \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\hat{a}_1}{\omega_1} \right)^2 + \left( \frac{\hat{a}_2}{\omega_2} \right)^2 + \dots + \left( \frac{\hat{a}_n}{\omega_n} \right)^2 \right]} \\ &= \sqrt{(1/2) (\hat{s}_1^2 \omega_1^2 + \hat{s}_2^2 \omega_2^2 + \dots + \hat{s}_n^2 \omega_n^2)} \\ &= \sqrt{(1/2) (\hat{v}_1^2 + \hat{v}_2^2 + \dots + \hat{v}_n^2)} \quad \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

#### 4 测量振动烈度的一般准则

##### 4.1 测量仪器

应当正确选用振动烈度测量仪器来指示和记录被测泵的振动。在进行振动测量之前应细心地检查,保证测量仪器在主要的环境条件下(例如温度、磁场、表面粗糙度等)、在所要求的频率范围和速度范围之内能精确地工作,应当知道在整个测量范围之内仪器的响应和精度。

所用的振动烈度测量仪应经过计量部门检定认可,在使用前对整个测量系统进行校准,保证其精度符合要求。对测量用传感器应当细心地、合理地进行安装,并保证它不会明显地影响泵的振动特性。

##### 4.2 泵的安装与固定

机器的固定对所测得的机器振动值有很大的影响。对于泵不应在软安装或固定在软安装底板上测振动,应安装在固定的结构基础上测量。在这种情况下,必须注意只有基础(包括安装用导轨、土壤或混凝土)具有类似的动力学特性,才能对同类泵的振动烈度作正确地比较。如果这些条件不满足,只能对某种特定情况测定其振动烈度,此时,应注明基础和固定方法,作为比较振动烈度时参考。

泵在试验室作性能试验时,要同时进行振动测量和评价。此时对泵的基础固定要严格要求。泵在试验时属临时安装,当安装质量不如它在工作现场时,允许以在工作现场测得的振动烈度为准。

##### 4.3 泵的运行工况

在测量离心泵、混流泵、轴流泵等叶片泵的振动时,应在规定转速(允许偏差 $\pm 5\%$ )以及允许用到的小流量、规定流量、大流量三个工况点上进行测量。对于降低转速试验的振动测量,不能作为评价的依据。

对齿轮泵、滑片泵、螺杆泵等容积泵(往复泵除外)应在规定转速(允许偏差 $\pm 5\%$ )、规定工作压力的条件下进行测量。

对液力偶合器应分别在负载、空载以及在调速范围内均匀地取10个转速点进行测量。这十个点通常是最大转速的100%、90%、……、10%(由于空载调速范围限制,能够测到的转速点允许不足10个。在负载试验时,对应最高转速时应达到额定负载)。

##### 4.4 测点与测量方向

每台泵至少存在一处或几处关键部位,为了了解泵的振动,我们把这些部位选为测点,这些测点应选在振动能量向弹性基础或系统其他部件进行传递的地方,泵通常选在轴承座、底座和出口法兰处。把轴承座处和靠近轴承处的测点称为主要测点;把底座和出口法兰处的测点称为辅助测点。

立式泵主要测点(标号是“1”)的具体位置应通过试测确定,即在测点的水平圆周上试测,将测得的振动值最大处定为测点(图8除外)。

每个测点都要在三个互相垂直的方向(水平、垂直、轴向)进行振动测量。

典型泵测点位置的选择如图1~10所示。对未涉及到的类型可参照这10个图例确定其测点位置。

图1为单级或两级悬臂泵,主要测点选在悬架(或托架)轴承座部位,标号是“1、2”。辅助测点是标号

“3”的泵脚处(对没有泵脚的选在底座处)。

图2为双吸离心泵(包括各种单级、两级两端支承式离心泵),主要测点选在两端轴承座处,标号是“1、2”。辅助测点在靠近联轴器侧面的底座处,标号是“3”。

图3为多级离心泵,两个主要测点在两端轴承座上,标号是“1、2”,辅助测点在靠近联轴器侧面泵脚上,标号是“3”,没有泵脚的泵,辅助测点在底座上。

图4为齿轮泵、滑片泵、卧式螺杆泵,主要测点标号是“1、2”,辅助测点标号是“3”。

图5为液力偶合器,主要测点选在输入和输出轴承座上,标号“1、2”,辅助测点选在底座处,标号是“3”。

图6为立式离心泵,分为以下三种:

a. 立式多级泵,主要测点选在泵与支架联接处,标号是“1”,辅助测点在出口法兰处和地脚处,标号是“2、3”;

b. 立式船用离心泵,主要测点选在泵与支架联接处,标号是“1”,辅助测点在出口法兰处和支承地脚处,标号是“2、3”;

c. 立式离心吊泵,主要测点标号是“1”,辅助测点标号是“2、3”。

图7为立式混流泵、立式轴流泵,分为以下三种:

a. 单层基础,主要测点选在泵座与电机联接处,标号是“1”,辅助测点标号是“2、3”;

b. 双层基础,主要测点选在泵座最高处,标号是“1”,辅助测点标号是“2、3”;

c. 泵座与电动机间有联接支架,主要测点选在支架与泵座联接处,标号是“1”,辅助测点标号是“2、3”。

图8为立式双吸泵,主要测点选在两端轴承座处,标号是“1、2”,辅助测点标号是“3”。

图9为长轴深井泵,主要测点在泵座上,标号是“1”,辅助测点在出口法兰及泵座地脚处,标号是“2、3”。

图10为立式螺杆泵,主要测点标号是“1”,辅助测点标号是“2、3”。

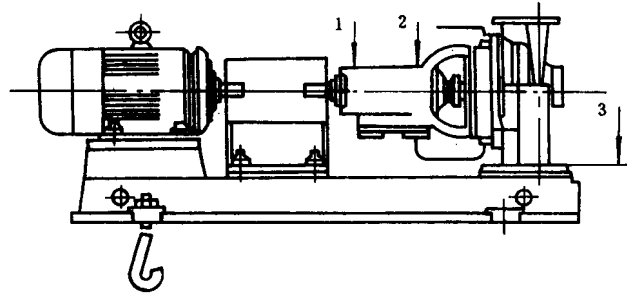


图 1

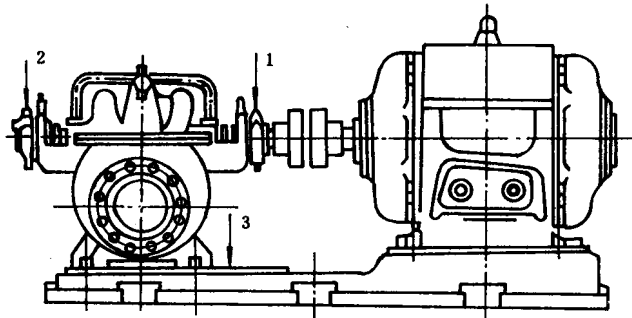


图 2

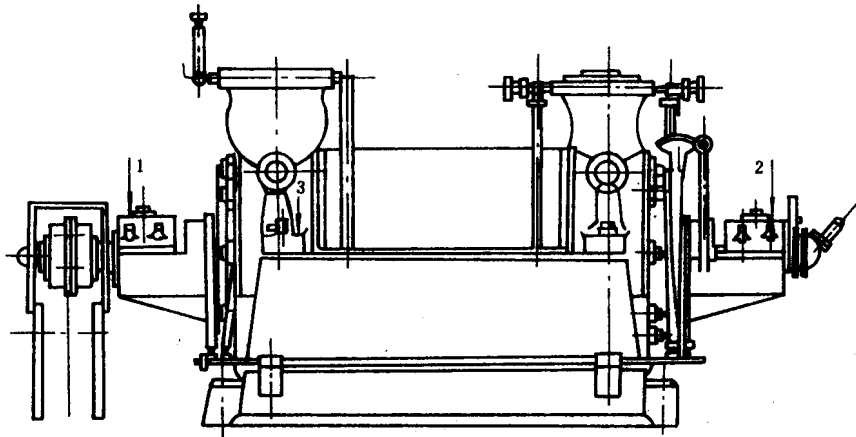


图 3

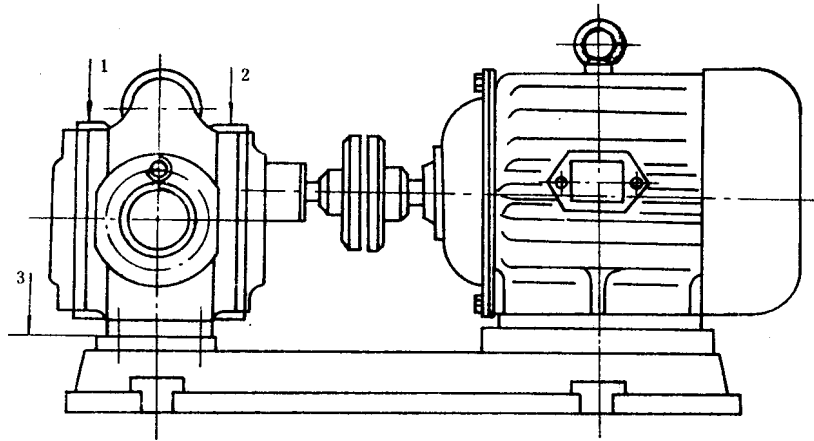


图 4

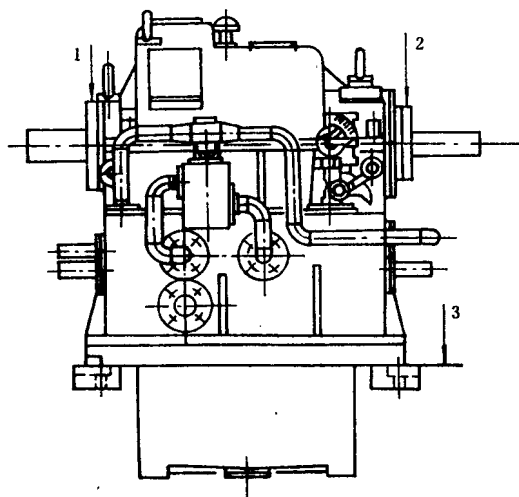


图 5

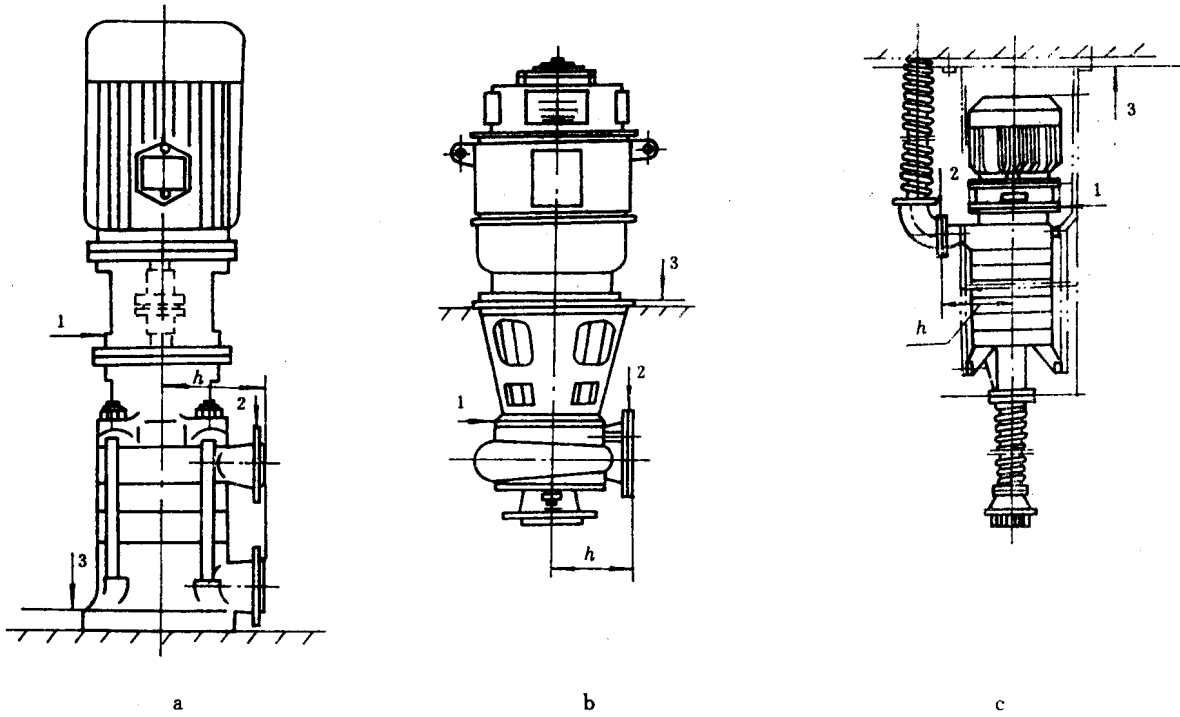


图 6

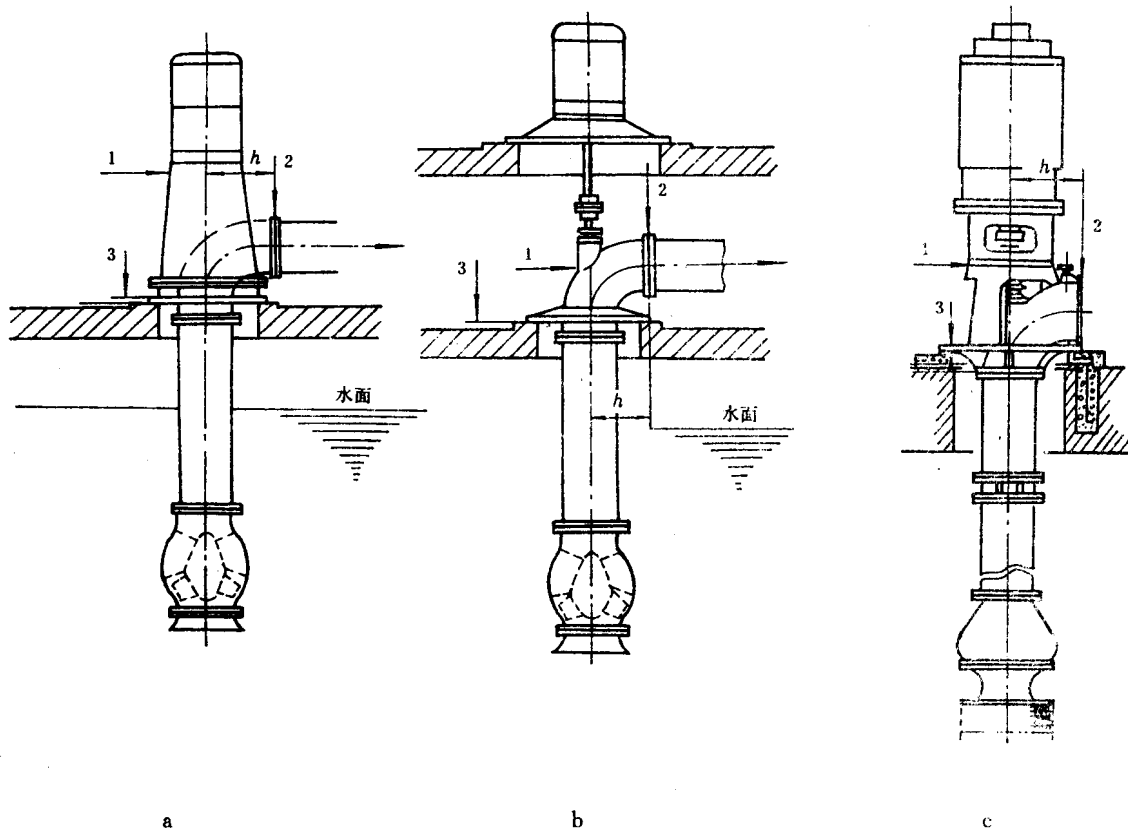


图 7

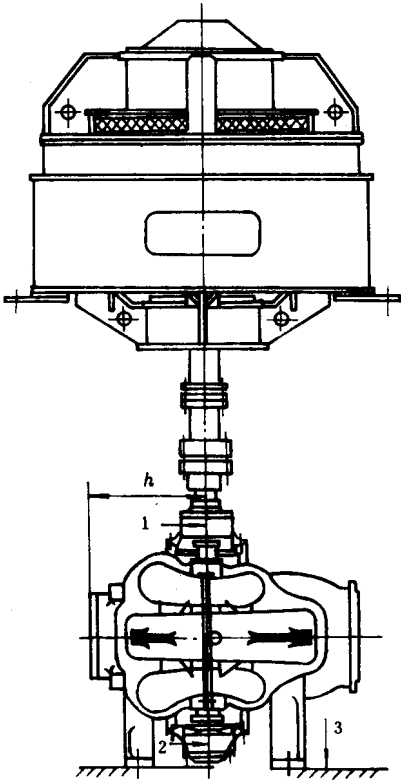


图 8

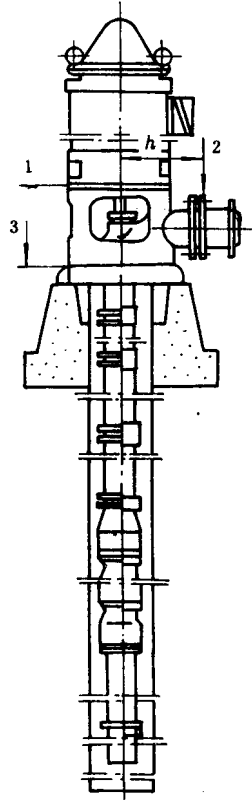


图 9

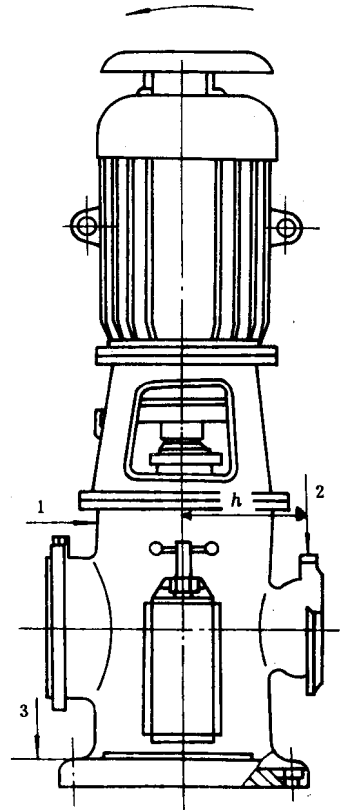


图 10

#### 4.5 泵的振动烈度

比较主要测点,在三个方向(水平  $X$ 、垂直  $Y$ 、轴向  $Z$ )、三个工况(允许用到的小流量、规定流量、大流量)上测得的振动速度有效值,其中最大的一个定为泵的振动烈度。

辅助测点的振动值不能作为评价的依据。辅助测点的振动大于或接近主要测点的振动值时,只能说明泵的固定或装配有问题。

### 5 泵的振动评价

#### 5.1 评价振动烈度的尺度

在 $10\sim 1\,000\text{ Hz}$ 的频段内速度均方根值相同的振动被认为具有相同的振动烈度。表1相邻两档之比为 $1:1.6$ ,即相差 $4\text{ dB}$ , $4\text{ dB}$ 之差代表大多数机器振动响应的振动速度有意义的变化。

用泵的振动烈度(见本标准4.5条)查表1振动烈度级范围( $10\sim 1\,000\text{ Hz}$ ),确定泵的烈度级。

表 1

烈度级	振动烈度的范围, mm/s	
	大 于	到
0.11	0.07	0.11
0.18	0.11	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
1.80	1.12	1.80
2.80	1.80	2.80
4.50	2.80	4.50
7.10	4.50	7.10
11.20	7.10	11.20
18.00	11.20	18.00
28.00	18.00	28.00
45.00	28.00	45.00
71.00	45.00	71.00

## 5.2 泵的分类

为了评价泵的振动级别,按泵的中心高和转速把泵分四类,见表2。

表 2

类别	中心高	mm		
	转速	$\leq 225$	$> 225 \sim 550$	$> 550$
		r/min		
第一类		$\leq 1800$	$\leq 1000$	—
第二类		$> 1800 \sim 4500$	$> 1000 \sim 1800$	$> 600 \sim 1500$
第三类		$> 4500 \sim 12000$	$> 1800 \sim 4500$	$> 1500 \sim 3600$
第四类		—	$> 4500 \sim 12000$	$> 3600 \sim 12000$

卧式泵的中心高规定为由泵的轴线到泵的底座上平面间的距离  $h$ , mm。

立式泵本来没有中心高,为了评价它的振动级别,取一个相当尺寸当做立式泵的中心高;即把立式泵的出口法兰密封面到泵轴线间的投影距离,如图6~10所示  $h$  (mm),规定为它的相当中心高。

## 5.3 评价泵的振动级别

泵的振动级别分为 A、B、C、D 四级, D 级为不合格。

泵的振动评价方法是首先按泵的中心高和转速查表 2 确定泵的类别, 再根据泵的振动烈度级查表 3, 就可以得到评价泵的振动级别。

杂质泵的振动评价方法, 如按表 2 在第一类的泵, 用表 3 第二类评价它的振动级别, 依此类推。

表 3

振动烈度范围		判定泵的振动级别					
振动烈度级	振动烈度分级界线, mm/s	第一类	第二类	第三类	第四类		
0.28	0.28	A	A	A	A		
0.45	0.45						
0.71	0.71						
1.12	1.12	B	B	B	B		
1.80	1.80						
2.80	2.80	C	C	B	B		
4.50	4.50						
7.10	7.10	D	D	C	C		
11.20	11.20						
18.00	18.00			D	D	D	D
28.00	28.00						
45.00	45.00						
71.00	71.00						

## 6 记录内容与格式

### 6.1 记录内容

- a. 泵的型号、性能参数、制造厂、出厂编号;
- b. 测量场所、泵的安装与固定条件;
- c. 使用仪器名称、型号、规格、标定单位、标定日期;
- d. 测点位置示意图, 或标明按 GB 10889 中的图 × 布置的测点;
- e. 不同测点、不同测量方向上的振动速度的均方根值;
- f. 按 GB 10889 第 × 类评价为 A (或 B、C、D) 级振动。

### 6.2 振动测试报告的格式

泵的振动测试报告

产品型号 \_\_\_\_\_ 制造厂 \_\_\_\_\_ 出厂编号 \_\_\_\_\_

测量场所 \_\_\_\_\_ 测量者 \_\_\_\_\_ 测量日期 \_\_\_\_\_

泵的振动测量记录

工 况	测点编号 测量方向	1			2			3		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
m <sup>3</sup> /h		振动速度均方根值 $v_{rms}$ , mm/s								
大流量										
规定流量										
小流量										
附加说明										

评价泵的振动级别

转速, r/min	中心高, mm	分 类	振动烈度级	评价振动级别

测量中使用的仪器

序 号	仪器名称	型 号	检定单位	检定日期

测点位置示意图

(略)

## 附录 A

## 由振动速度的均方根值及主频率计算位移幅值

(参考件)

A1 在许多标准中通常用速度均方根值作为振动的表征量,然而在某些情况下,知道所测得的振动频谱中主频率的位移幅值是很重要的。另外,在一些老标准中还用位移幅值作为振动的表征量。因此,需要把振动速度的均方根值换算成位移幅值。

只有单频率的正弦波才能从振动速度的均方根值转换为振动位移幅值。当已知该频率的振动速度时,可用式(A1)计算位移幅值:

$$\hat{s}_f = \frac{v_f}{\omega_f} \sqrt{2} = \frac{v_f}{2\pi f} \sqrt{2} = 0.225 \frac{v_f}{f} \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $\hat{s}_f$  —— 位移幅值(单峰值);

$v_f$  —— 主频率为  $f$  的振动速度的均方根值;

$\omega_f$  —— 角频率,  $\omega_f = 2\pi f$ 。

应注意位移幅值与位移均方根值的区别。在近代的测量仪表上,不但可以测出速度均方根值,而且可以同样测出位移均方根值、加速度均方根值。

实例:

某一泵的振动烈度(速度均方根值)为3.0 mm/s,即在10~1 000 Hz 的频段内泵的最大振动速度均方根值不超过3.0 mm/s,频谱分析说明其主频率为25 Hz,用式(A1)计算其位移幅值为:

$$\hat{s}_f = 0.225 \frac{3.0}{25} = 0.027(\text{mm})$$

图 A1中绘出了上述关系的图线,即速度均方根值  $v_{\text{rms}}$  与位移幅值  $\hat{s}$  换算图。

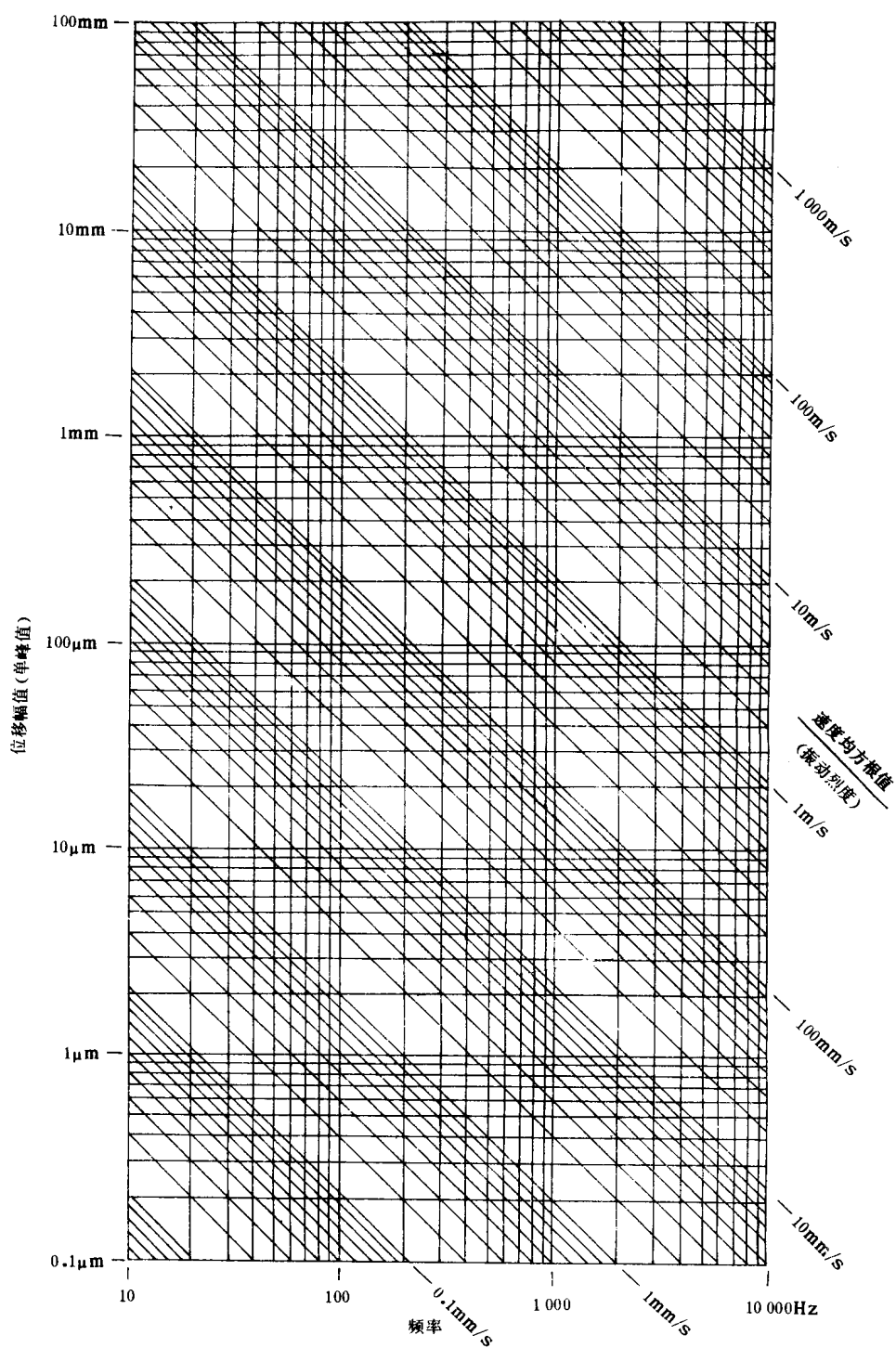


图 A1

**附加说明:**

本标准由沈阳水泵研究所归口并负责起草。

本标准主要起草人王景会。