



中华人民共和国国家标准

GB/T 29531—2013

受控

泵的振动测量与评价方法

Methods of measuring and evaluating vibration of pumps



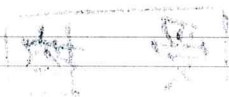
2013-06-09 发布

2014-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布





前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国泵标准化技术委员会(SAC/TC 211)归口。

本标准起草单位：沈阳水泵研究所、上海东方泵业(集团)有限公司、上海凯士比泵有限公司、浙江新界泵业股份有限公司、上海电力修造总厂有限公司、博山精工泵业有限公司、山东颜山泵业有限公司、淄博华成泵业有限公司、上海凯泉泵业(集团)有限公司。

本标准主要起草人：赵玉艳、刘卫伟、潘再兵、许敏田、郑昱、李娟、王磊、王立磊、卢熙宁、王世民。

泵的振动测量与评价方法

1 范围

本标准规定了在泵的非旋转部件表面进行的振动测量、测量仪器及泵的振动评价方法。

本标准适用于转速为 600 r/min~12 000 r/min(小于 600 r/min 可参照使用)的各种型式泵,泵与电动机共轴(或泵轴与电机轴采用刚性联轴器连接)的泵机组。

本标准不适用于潜液泵、往复式容积泵和内燃机驱动的泵机组。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2298 机械振动、冲击与状态监测 词汇

GB/T 7021 离心泵名词术语

GB/T 13824 对振动烈度测量仪的要求

ISO 10816-7 机械振动 通过非转动部件上测量评估机械振动 第7部分:包括在旋转轴上测量的工业设施用回转动力泵(Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurements on nonrotating parts—Part 7: Rotodynamic pumps for industrial applications, including measurements on rotating shafts)

3 术语和定义

GB/T 7021 和 GB/T 2298 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

振动烈度 vibration severity

诸如最大值、平均值、均方根值或其他描述振动参数的一个或一组数值,涉及多个瞬态值或多个平均值。

注1: 振动烈度是一种通称,过去在涉及振动速度时经常使用。然而现在更多地用于位移、加速度等其他测量量。

注2: 机械的振动烈度定义为在机器的多个不同点如轴、轴承或机械结构的其他部件上所测得的振动量的最大值。

注3: 振动的持续时间有时也包含在描述振动烈度的参数中,但此用法已不主张使用。

4 测量

4.1 测量参数

4.1.1 测量频率范围

为充分覆盖泵的频谱,振动测量应选宽带,其频率范围通常为 10 Hz~1 kHz。

4.1.2 振动值

用符合 GB/T 13824 要求的仪器所做测量结果叫做指定测量位置和方向上的振动值。

当评价泵的宽带振动值时,应考虑振动速度的均方根值即有效值。

4.1.3 振动烈度

在两个或三个测量方向及各个测量位置上进行测量以得到一组不同的振动值,振动烈度为在规定的泵支承和运行条件下所测得的最大宽带振动值。

4.1.4 测量值

泵的振动测量,可使用振动位移、振动速度和振动加速度三个测量参数。振动的位移(峰-峰值)、速度(均方根值)、宽带加速度(均方根值)之间没有简单的关系式,振动波形关系参见附录 A,已知振动谐波分量时,关系式参见附录 A。

4.2 泵的安装与固定

4.2.1 泵现场测试的安装与固定

验收测试在现场进行时,泵的支承结构,应确保泵的所有相关部件安装牢固。
同一类型的泵,在不同基础或基础底座上进行振动比较,基础具有相似动态特性时,方为有效。

4.2.2 泵试验台测试的安装与固定

验收测试在试验台上进行时,试验台应具有与现场测试不同的支承结构特性,支承结构宜影响所测的振动,应保证任何支承结构特性的试验装置的固有频率,不同于泵的旋转频率或不发生任何明显的谐振。

试验装置应在泵的底座或靠近轴承支承的底座上,在水平方向和垂直方向测量的振动值,不应超过在该轴承上相同方向测得振动值的50%。另外,试验装置不应引起任何主要共振频率的实质变化。

在验收测试中存在支承共振且不能被消除时,振动验收测试应在现场完全安装的机器上进行。

正常情况下,产生较高振动值是由于节流阀距离泵太近,引起管路、泵壳和轴承箱的振动。若该值超出振动限值,制造厂应说明较高振动值产生的原因,例如由于节流阀是临时固定或支承等。

4.3 泵的运行工况

在测量泵的振动时,叶片泵应在规定转速(允许偏差 $\pm 5\%$)以及允许用到的大流量、小流量、保证点流量等工况点进行测量。非往复式容积泵应在规定转速(允许偏差 $\pm 5\%$)、规定工作压力的工况点进行测量。

测量时应考虑轴承温度不稳定对测量的影响,不能在汽蚀状态下进行测量。对于降低转速试验的振动测量,不能作为评价的依据。

4.4 测点与测量方向

4.4.1 测点确定

泵非旋转件的振动测量应在泵的轴承箱(轴承座)或靠近轴承处进行。在每台泵的一处或几处关键部位选为测点,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部位,测点应选在轴承座、底座和出口法兰处,轴承座处和靠近轴承处的测点为主要测点;泵脚、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9除外)。

4.4.2 测量方向选择

每个测点都要在三个互相垂直的方向(水平 H/X 、垂直 V/Y 、轴向 A)进行振动测量。卧式泵应优先选择水平和垂直方向,也可取轴向。立式或斜式轴布置的泵,测点应选择指向最大挠性并且与其垂直的方向,保证最大读数。

4.4.3 测点及测量方向选择的图例说明

泵的主要测点位置及方向选择如图 1 和图 2 所示。典型泵测点具体位置的选择如图 3~图 11 所示,对未涉及到的各类型泵可参照图 1~图 11 确定其测点位置及方向。

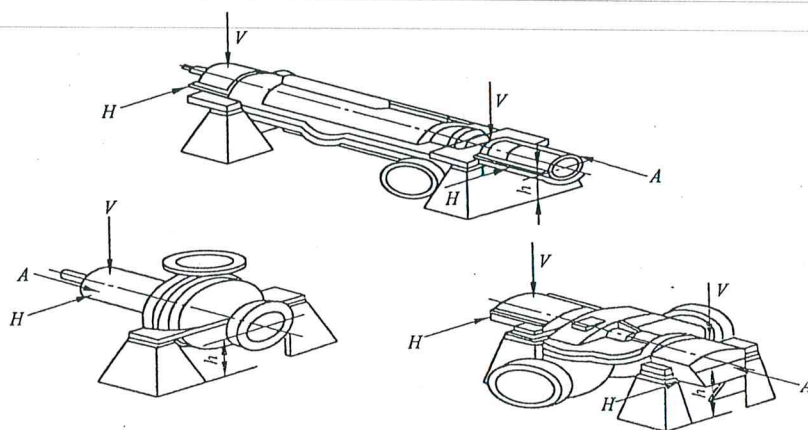


图 1 卧式泵

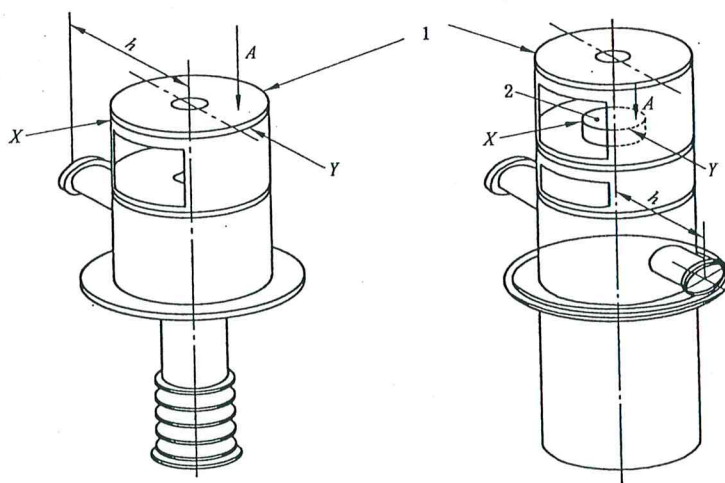


图 2 立式泵

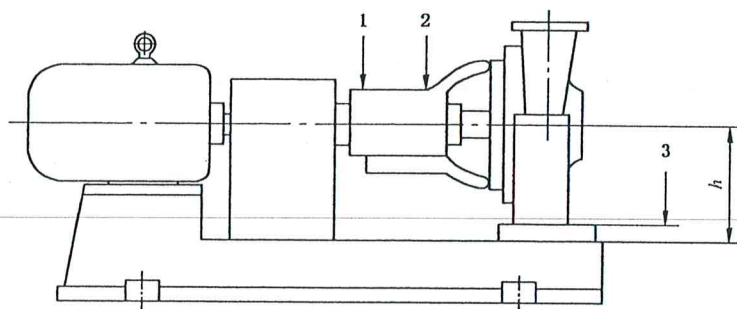


图 3 单级或两级悬臂泵

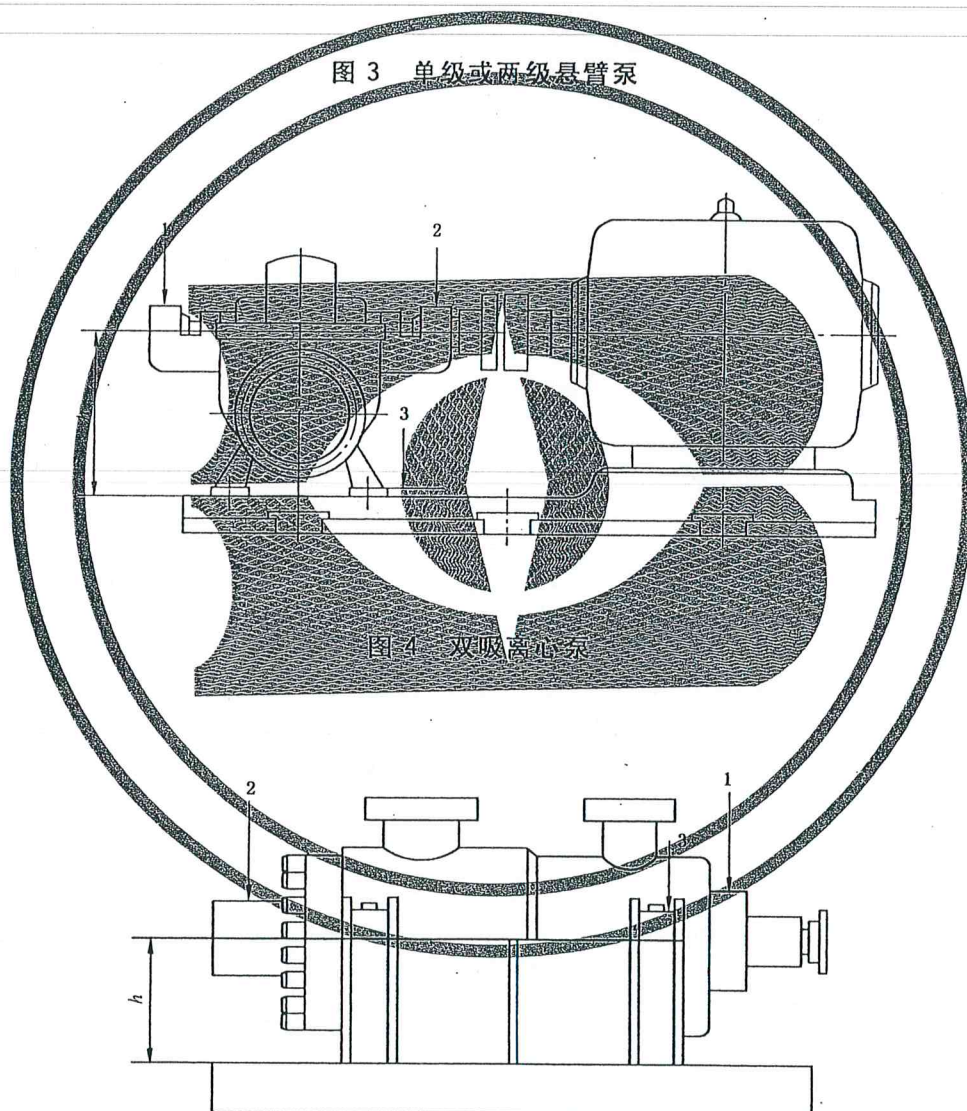


图 4 双吸离心泵

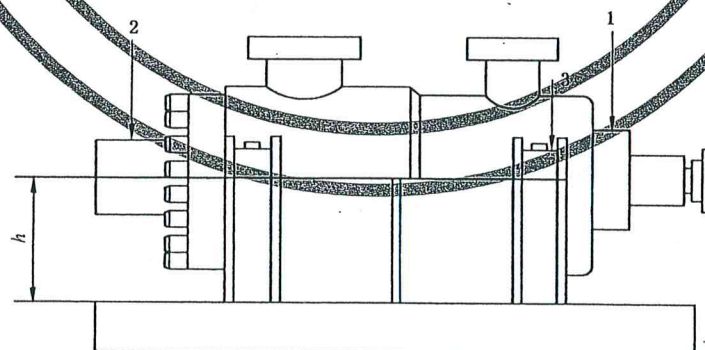


图 5 多级离心泵

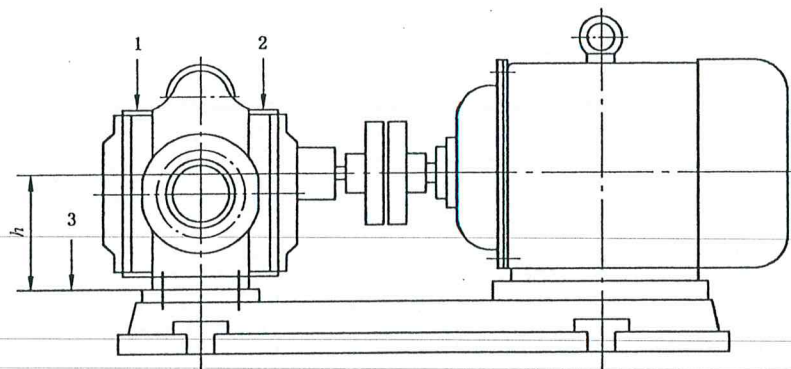


图 6 齿轮泵、滑片泵

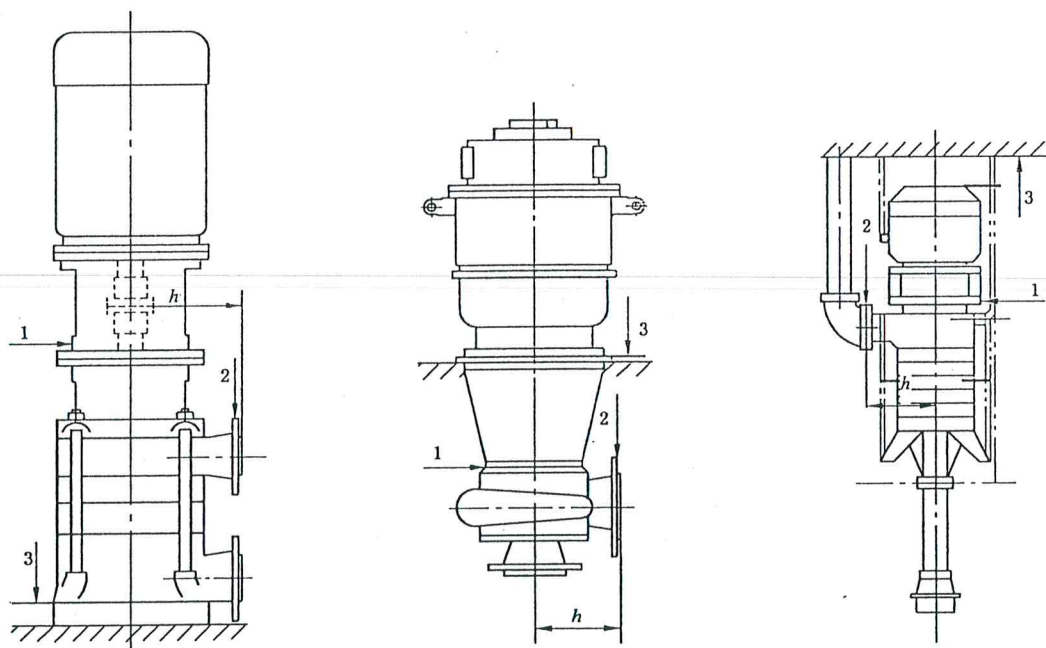


图 7 立式离心泵

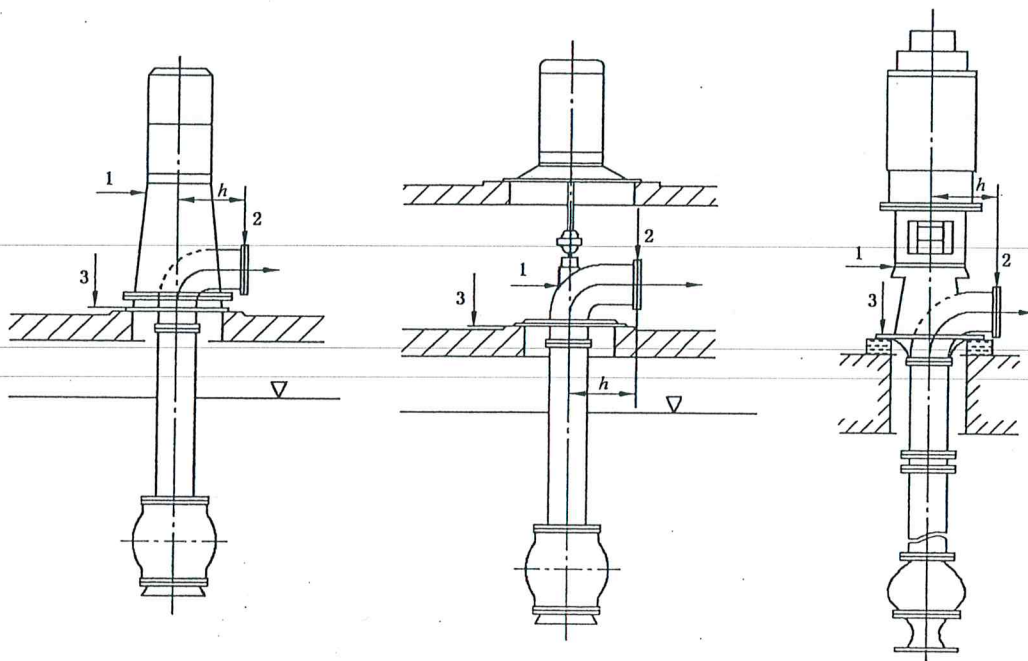


图 8 立式混流泵、立式轴流泵

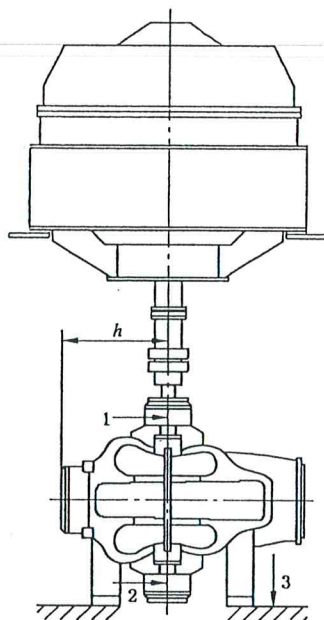


图 9 立式双吸泵

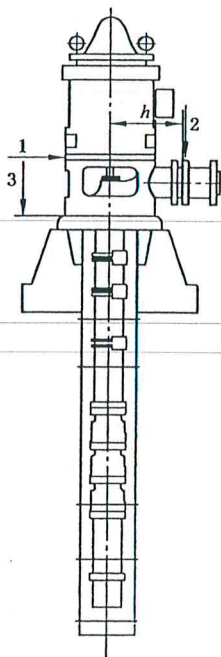


图 10 长轴深井泵

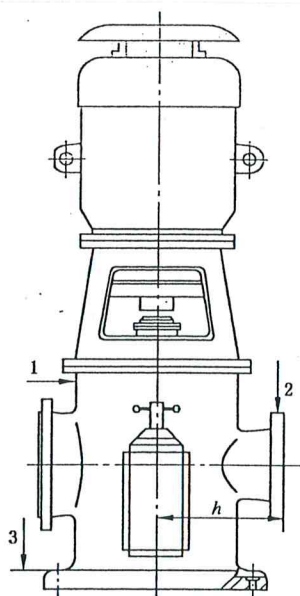


图 11 立式螺杆泵

4.5 环境振动评价

所测振动值大于标准规定的范围,并且受到较大背景振动干扰时,应将泵停机进行测量以确定外界影响的程度。如泵静止时所测的振动值超过泵运行时的 25%,应采取措施减少环境振动值。

5 测量仪器

5.1 测量仪器特性

测量仪表的精度应符合 GB/T 13824 的规定,在选择指针式仪表量程时,应使被测的最低振动烈度值的示值至少等于满量程值的 30%。

测量仪器应具有测量振动宽频带有效值能力,振动加速度测量系统的频率范围应覆盖 10 Hz~8 kHz。振动烈度测量系统频率范围应覆盖 10 Hz~1 kHz,但对于转速低于 600 r/min 的泵,其通频响应范围下限应达到 2 Hz,非旋转部件振动的有效过滤位移值应符合附录 B 的规定。

5.2 测量仪器的环境要求和安装

5.2.1 测量仪器的环境要求

所有仪器在其使用的环境中应能正常工作,测量系统应不受下述环境因素的影响:

- a) 温度变化;
- b) 磁场;
- c) 声场;
- d) 电源波动;
- e) 传感器方位;
- f) 传感器电缆长度。

5.2.2 测量仪器的安装

振动传感器的安装应符合 ISO 10816-7 的规定,应保证安装正确并不能降低测量精度。

5.3 测量仪器检定

所有的测量仪器、仪表都应经国家认可的计量检定机构检定,取得检定合格证书,并处于检定有效期内。

6 泵的振动评价

6.1 评价振动烈度的尺度

在 10 Hz~1 kHz 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 中相邻两档之比为 1:1.6,即相差 4 dB。4 dB 之差代表大多数泵振动响应的振动速度有意义的变化。

用泵的振动烈度查表 1 振动烈度级范围(10 Hz~1 kHz),确定泵的烈度级。

表 1 泵的振动烈度值

烈度级	振动烈度的范围 mm/s
0.11	>0.07~0.11
0.18	>0.11~0.18
0.28	>0.18~0.28

表 1 (续)

烈度级	振动烈度的范围 mm/s
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

6.2 泵的分类

6.2.1 评价泵的振动级别,按泵的中心高和转速将泵分为四类,列入表 2。

表 2 泵的分类

类别	中心高(mm)及转速(r/min)		
	≤225 mm	>225 mm~550 mm	>550 mm
第一类	≤1 800 r/min	≤1 000 r/min	—
第二类	>1 800 r/min~4 500 r/min	>1 000 r/min~1 800 r/min	>600 r/min~1 500 r/min
第三类	>4 500 r/min~12 000 r/min	>1 800 r/min~4 500 r/min	>1 500 r/min~3 600 r/min
第四类	—	>4 500 r/min~12 000 r/min	>3 600 r/min~12 000 r/min

6.2.2 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)。

6.2.3 立式泵没有中心高,为了评价振动级别,可将立式泵的出口法兰密封面到泵轴线间的投影距离(如图 7~图 9 所示 h)作为中心高。

6.3 评价泵的振动级别

6.3.1 泵的振动级别分别为 A、B、C、D 四级,D 为不合格。

6.3.2 泵的振动级别评价方法先按泵的中心高和转速查表 2 确定泵的分类,再按泵振动烈度级和类别查表 3 评价泵的振动级别。

6.3.3 杂质泵的振动评价方法,将表 2 所确定的泵的分类向后推 1 类,如按表 2 第一类的泵,用表 3 中的第二类评价它的振动级别,依此类推。

表 3 评价泵的振动级别

振动烈度范围		评价泵的振动级别			
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	C	C
4.50	4.50	D	D	D	D
7.10	7.10				
11.20	11.20				
18.00	18.00				
28.00	28.00				
45.00	45.00				

6.4 泵的振动测试报告

泵的振动测试报告参见附录 C。

附录 A
(资料性附录)
振动波形关系

多年来已认识到使用均方根速度测量以表征各种类型机器的宽范围的振动响应特性是很成功的,并且仍然这样使用着。对于单一交变波形,它们由离散的幅值和相位的谐振分量组成,并且不包含显著的随机振动或冲击分量,通过傅里叶分析,严格使用确定的数学关系式,能够说明各种基本的量(如位移、速度、加速度、峰值、均方根值、平均值等)。这些已在别处导出,本附录不包括该方面的内容。以下概括了几个有用的关系式。

由所测的作为时间函数的振动速度记录,速度均方根值可按式(A.1)计算:

$$V_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) \cdot dt} \quad \text{..... (A.1)}$$

式中:

$V_{r.m.s}$ ——相应的速度均方根值,单位为毫米每秒(mm/s);

T ——采样时间,它比组成 $v(t)$ 的任何主频率分量的周期长,单位为秒(s);

$v^2(t)$ ——与时间有关的振动速度,单位为毫米每秒(mm/s);

对于不同频率($f_1, f_2, \dots, f_n$)的加速度、速度和/或位移的值(分别为 $a_1, a_2, \dots, a_n$)可由记录谱分析确定。

如果振动的峰-峰位移值 $S_1, S_2, \dots, S_n$ (mm)、速度均方根值 $V_1, V_2, \dots, V_n$ (mm/s)、加速度均方根值 $a_1, a_2, \dots, a_n$ (m/s²)、频率 $f_1, f_2, \dots, f_n$ (Hz)已知,则表征运动的有关速度均方根值按式(A.2)计算:

$$V_{r.m.s} = 10^{-3} \sqrt{\frac{1}{2} [(S_1 f_1)^2 + (S_2 f_2)^2 + \dots + (S_n f_n)^2]} \quad \text{..... (A.2)}$$

$$= \frac{10^{-3}}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{a_1}{f_1}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{f_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{a_n}{f_n}\right)^2}$$

如果振动仅由两个显著的拍的频率分量组成,即 $V_{\min}$ 和 $V_{\max}$,那么均方根值 $V_{r.m.s}$ 可近似按式(A.3)计算:

$$V_{r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{2} (V_{\min}^2 + V_{\max}^2)} \quad \text{..... (A.3)}$$

仅对单一频率谐振分量进行振动加速度、速度或位移值的变换,使用如图 A.1 就能完成。如果已知单一频率分量的振动速度,那么峰-峰位移可按式(A.4)计算:

$$S_i = \frac{450 V_i}{f_i} \quad \text{..... (A.4)}$$

式中:

S_i ——峰-峰位移值,单位为微米(μm);

V_i ——振动速度均方根,单位为毫米每秒(mm/s),有频率 f_i 的成分,频率单位为 Hz。

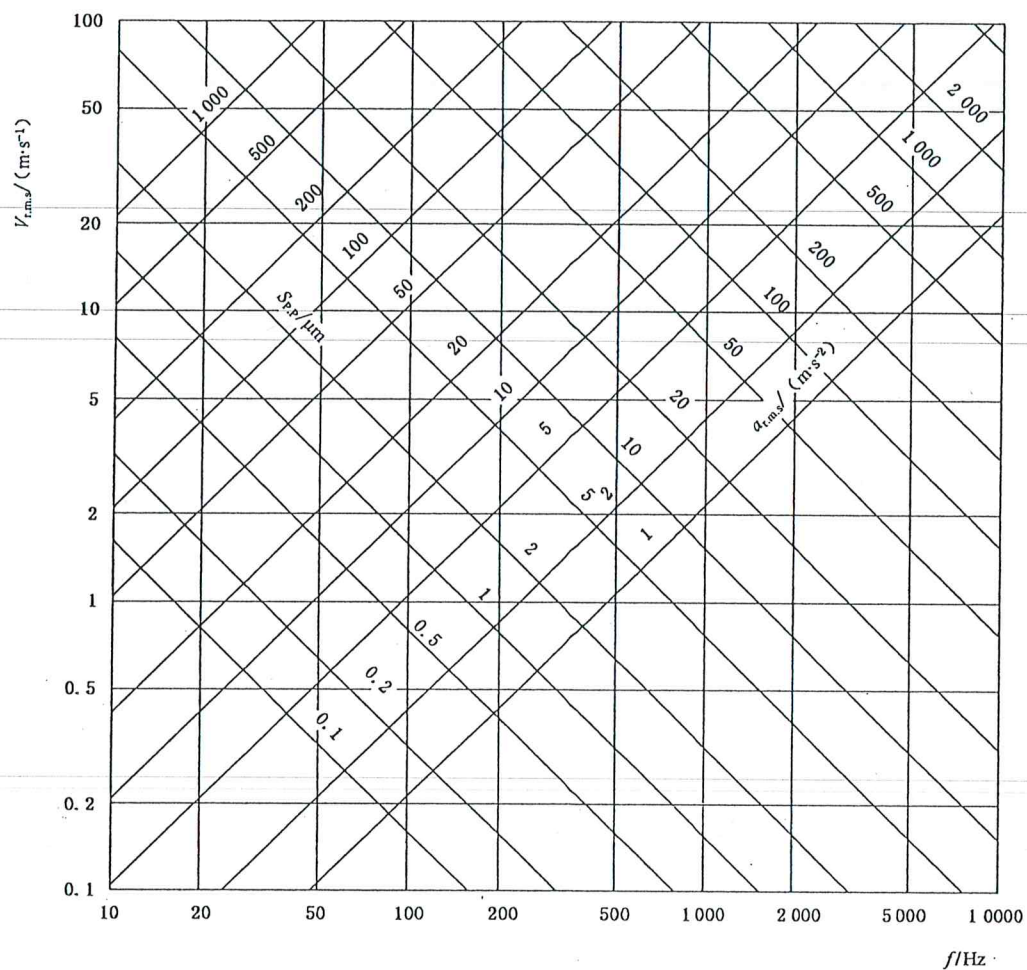


图 A.1 单一频率谐波分量加速度、速度和位移之间关系

附 录 B
(规范性附录)

非旋转部件振动的评价区域界限

B.1 回转动力泵的运转转速小于 600 r/min 时,非旋转部件振动的有效过滤位移值应符合表 B.1 规定。

表 B.1 有效过滤位移值(0.5 倍、1 倍和 2 倍运行转速)

振动等级	运动状态	振动位移界限 峰-峰值 μm
A	在优选工作范围内就近启用机器	50
B	允许工作范围内非限制长期运行	80
C	界限运行	130
D	损坏危险	>130
现场验收试验	优选运行范围	50
	允许运行范围	65
工厂验收试验	优选运行范围	65
	允许运行范围	80
注:对于特殊的泵或特殊的支承和运行条件,以及一些特殊应用的泵的设计和叶轮类型,可以允许不同于表 B.1 给出的或高或低的值。这种情况应当得到制造商与用户的同意。		

附 录 C
(资料性附录)
泵的振动测试报告

C.1 报告内容

泵的振动测试报告应包括下述内容：

- 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，或标明按本标准中的图 X 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) 按本标准第 X 类评价为 A(或 B、C、D)级振动。

C.2 振动测试报告的格式

泵的振动测试报告的格式见表 C.1。

表 C.1 泵的振动测试报告

泵的振动测量记录									
测点编号	1			2			3		
测量方向	H/X	V/Y	A	H/X	V/Y	A	H/X	V/Y	A
检测工况点流量/(m ³ /h)	振动速度均方根值 $V_{r.m.s.}/(\text{mm/s})$								
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			检定有效期限		
测点位置示意图									
产品名称			型号/编号				生产单位		
检测场地			检测员				检测日期		