

9907096

ICS 17.140
A 59



中华人民共和国国家标准

GB/T 17251—1998

声学 水听器加速度灵敏度校准方法

Acoustics—Calibration method of hydrophone
acceleration sensitivity



1998-03-18 发布



C9907096

1998-10-01 实施

国家技术监督局 发布

水听器加速度灵敏度校准方法

前 言

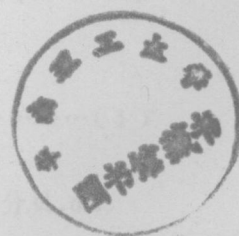
水听器加速度灵敏度测量方法在我国工业和科研部门中使用多年,为统一测量方法,保证测量量值的统一和准确,特制定本标准。

本标准的附录 A 是提示性的附录。

本标准由全国声学标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:中国船舶工业总公司第七一五研究所、中国科学院声学研究所。

本标准主要起草人:薛耀泉、朱厚卿、袁文俊、沈建新。



中华人民共和国国家标准

声学 水听器加速度灵敏度校准方法

GB/T 17251—1998

Acoustics—Calibration method of hydrophone
acceleration sensitivity

1 范围

本标准规定了水听器加速度灵敏度的测量方法。

本标准适用的测量频率范围为 10~2 000 Hz, 加速度值的范围为 1~100 m/s²。

2 引用标准

下列标准所包含的条文, 通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时, 所示版本均为有效, 所有标准都会被修订, 使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 3240—82 声学测量中的常用频率

GB/T 3947—1996 声学名词术语

3 定义

本标准采用下列定义:

3.1 水听器加速度灵敏度 acceleration sensitivity of hydrophone

在某一方向作加速度运动的水听器的开路电压 U_a 与该方向上的加速度 a 之比。单位为伏·秒平方每米, $V \cdot s^2/m$ 。

以式(1)表示:

$$M_a = U_a / a \quad \dots\dots\dots (1)$$

3.2 水听器加速度灵敏度级 acceleration sensitivity level of hydrophone

水听器加速度灵敏度值 M_a 与基准灵敏度 M_{ar} 之比的以 10 为底的对数乘以 20, 单位为分贝, dB。

以式(2)表示:

$$M_a = 20 \lg (M_a / M_{ar}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

注: 基准灵敏度一般取 $1 V \cdot s^2/m$ 。在作出说明的情况下, 也可取 $1/9.80 V \cdot s^2/m$ 。

4 校准

4.1 校准水听器加速度灵敏度的方法

根据定义, 当校准水听器加速度灵敏度时, 在给定频率的情况下有两个独立量需要测量, 一个是被校水听器承受的振动加速度, 另一个是它受到振动时的开路输出电压。测量振动加速度的方法有两种: 一是用一般的压电加速度计, 二是用激光测振仪。

4.1.1 标准加速度计法

被校水听器所承受的振动加速度可以用振动台上的标准加速度计给出, 被校水听器的加速度灵敏度:

$$M_a = \frac{U_a}{U_0} \cdot M_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

或

$$M_a = 20\lg\left(\frac{U_a}{U_0}\right) + 20\lg M_0 - 20\lg M_{ar} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： U_0 ——标准加速度计放大器的输出电压，V；

M_0 ——标准加速度计(包含加速度计放大器放大量)的电压灵敏度， $V \cdot s^2/m$ ；

M_{ar} ——基准灵敏度， $V \cdot s^2/m$ 。

推荐校准设备联接框图如图1所示。把被校水听器 and 标准加速度计同时刚性固定在振动台的台面上，使它们受到相同加速度的作用。振动台台面在某一频率振动加速度作用下首先测量加速度计前置放大器的输出电压，然后测量被校水听器的开路电压，若被校水听器具有高输出阻抗时，则它的输出端必须接入具有更高输入阻抗的前置放大器进行阻抗转换。最后代入式(3)或(4)计算测量结果。

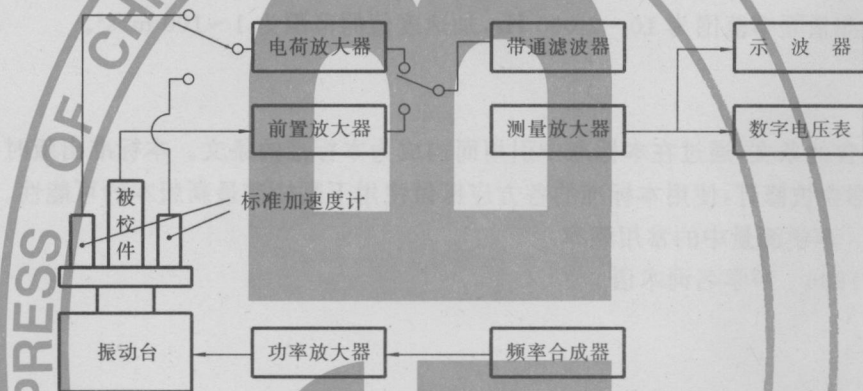


图1 用标准加速度计校准水听器加速度灵敏度的框图

4.1.2 激光测振法

被校水听器所承受的振动加速度用激光测振仪直接测量时，被校水听器的加速度灵敏度可直接用式(1)计算。推荐的校准框图如图2所示。把被校水听器刚性固定在振动台台面上，激光探头聚焦点选在被测水听器顶部的某一点，由激光测振仪直接测得水听器承受的振动加速度。若被校水听器具有高输出阻抗时，则它的输出端必须接入具有更高输入阻抗的前置放大器进行阻抗转换，然后再输至测量放大器。

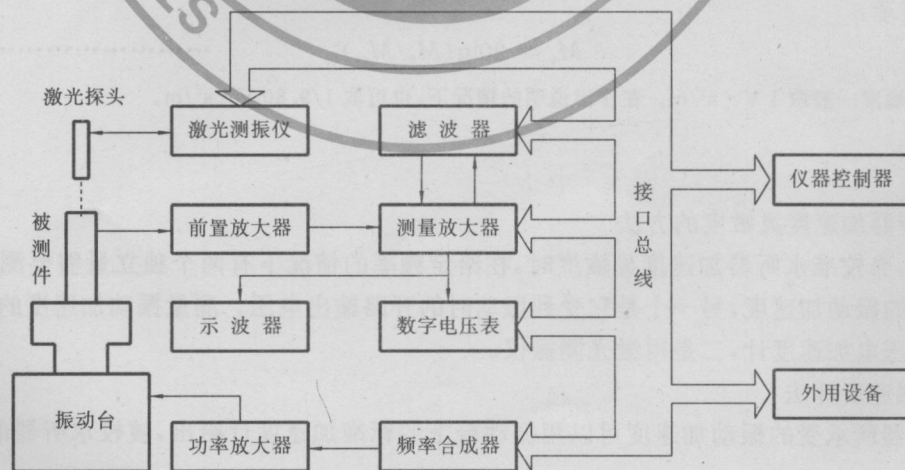


图2 激光测振法校准水听器加速度灵敏度的框图

4.2 校准信号与频率

推荐正弦信号作为校准用的信号,在使用频段内,信号频率应采用 GB 3240 中频率系列所规定的频率。在一般情况下,校准频率采用 1/3 倍频程的中心频率,如若需要,测量频率间隔也可根据需要调节,频率不确定度要求小于 0.2%。

4.3 校准设备与环境要求

4.3.1 振动台

振动台是产生稳定正弦振动的振动源。校准时,加速度计和被校水听器同时刚性地安装在它的台面上。一般要求振动台的频率范围为 10~2 000 Hz,加速度的范围为 1~100 m/s²,要求振动的非线性失真小于 1%,不稳定性每小时小于 0.5%。

振动台台面要有足够的刚度和厚度,避免在使用频率范围内台面产生弯曲或共振,导致波形失真或不稳定。还要求振动台台面平整光洁,便于加速度计和水听器与台面能可靠连接。振动台应保持垂直方向振动,横向振动分量应小于 3%。

4.3.2 标准加速度计

- 加速度计的灵敏度必须经过校准并在合格周期范围内使用,它的标准不确定度小于 3%;
- 横向灵敏度与纵向灵敏度之比不得大于 3%;
- 加速度计在要求的频率范围内动态范围的非线性失真小于 1%;
- 加速度计的非振动环境灵敏度的影响量应小于 -30 dB。

注:加速度计是机电转换器,它应只响应加速度,对其他物理量不敏感,但由于传感器结构形式和敏感元件对多种物理量的响应特性等因素,使得传感器在测量某一物理量时还受其他物理量的影响,如:电磁场的影响,温度场的影响或环境噪声场的影响等等,这种除对加速度响应之外对其他物理量的敏感程度统称为他的非振动环境灵敏度。

4.3.3 激光测振仪

激光测振仪是非接触式振动传感器,校准时无需在被校水听器上安装反射镜、反射器或附加其他任何反射涂层,从而完全避开了在被校水听器上附加质量所造成的影响。把激光测振仪输出的聚集型光束聚集在被校水听器振动加速度方向上的某个面上,激光测振仪中的速度解码器可以直接测出被校水听器的振动加速度。激光测振仪应满足如下条件:

- 激光测振仪必须经过校准,并在合格周期内使用,它的校准不确定度小于 1%;
- 激光测振仪在本标准要求的频率范围内动态范围的非线性失真小于 0.5%;
- 激光测振仪的测量距离大于 0.3 m。

4.3.4 放大器、电压表和滤波器

标准加速度计的输出阻抗很高,一般应用电荷放大器作为其前置放大器,电荷放大器的输出电压可以由数字电压表直接读取,必要时也可再经测量放大器放大后读取。电压表的测量不确定度应小于 0.1 dB。

被测水听器的开路电压经测量放大器放大后也由电压表读取。要求测量放大器的输入阻抗比水听器的阻抗至少高 100 倍(由此引入的电压耦合损失将小于 0.1 dB),若放大器的输入阻抗达不到上述要求时,必须预先用高输入阻抗的前置放大器进行阻抗转换。

为了提高测量信噪比,尤其是为了在测量加速度灵敏度很低的水听器时为确保有足够信噪比,测量放大器需配加带通滤波器组,也可以用以振动激励信号为参考信号的锁相放大器或外差放大器。

4.3.5 实验室环境条件

a) 实验室温度应控制在测量设备和水听器正常工作的范围内,振动台或振动台周围应无热源,以避免室内形成温差梯度而产生环境温度变化,影响测量精度;

b) 为了避免环境噪声对测量的干扰,要求环境噪声所产生的干扰信号(包括设备噪声和非校准信号干扰)比校准信号低 20 dB。

4.4 加速度计和被校水听器的安装

采用加速度计测振法时,标准加速度计和被校水听器必须同时安装在振动台台面上,为了保证被校水听器加速度测量的准确,它们安放如图 1 所示,在被校水听器两边各安装一只加速度计同时监测台面振动加速度。如果振动台振动稳定,台面振动分布均匀,并且被校水听器安装以后不影响振动台台面振动的分布,则也可以应用一只加速度计。

4.4.1 压电加速度计的安装

以下两种安装方式均可采用:

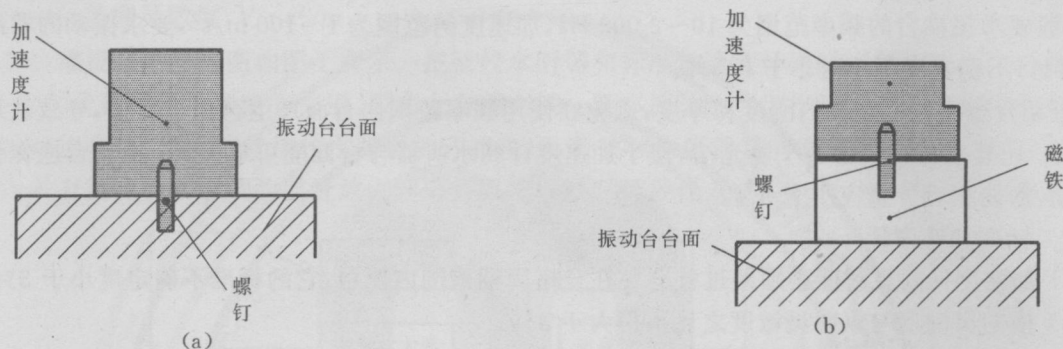


图 3 压电加速度计安装示意图

a) 钢柱螺栓连接法:把压电加速度计用钢柱螺栓拧紧在振动台台面上,如图 3(a)所示。如果安装表面不够光滑平整,则在拧上压电加速度计前在其底部抹上一层薄薄的硅脂。若台面带电,则要求用绝缘片(如云母片)作垫片再用刚性绝缘螺栓拧紧;

b) 永磁铁连接法:把压电加速度计用钢柱螺栓连接在永磁铁上,再将永磁铁吸附在振动台台面上,如图 3(b)所示。用本连接法时,振动台台面必须应用与磁铁相吸的金属材料,例如钢。

无论上述哪种安装,都必须保证加速度计轴向垂直振动台面。

4.4.2 被校水听器的安装

a) 通过专门设计的夹具把被校水听器固定于振动台台面,夹具的结构形式和夹持方式必须保证不改变水听器对加速度的响应和保持台面振动加速度无衰减地传递给水听器;

b) 被校水听器安装位置处的加速度必须与标准加速度计所在点的加速度值相等且方向相同。

5 校准不确定度

水听器加速度灵敏度校准的不确定度由随机影响引起的不确定度分量(简称 A 类分量)和系统影响引起的不确定度分量(简称 B 类分量)综合而成。

校准条件在满足本标准规定的情况下,B 类不确定度分量小于 0.6 dB。

附 录 A

(提示的附录)

校准结果不确定度分析

校准结果的不确定度反映了对被校量值的认识不足。对已认识的系统影响进行修正后的校准结果仍然是被校量值的估计值,因为还存在着由随机影响引起的不确定度和由于对系统影响修正不完全而引入的不确定度。

由随机影响引起的不确定度分量称为 A 类标准不确定度分量(简称 A 类分量),由系统影响修正不完全而引入的不确定度分量称为 B 类标准不确定度分量(简称 B 类分量)。

A1 A 类标准不确定度分量

A 类标准不确定度分量用统计分析方法评定,用标准偏差表示。若水听器加速度灵敏度校准结果用单次校准值表示时,A 类分量用校准装置的实验标准偏差 S_1 来表示,它的估算式是:

$$u_A = S_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (M_{ai} - \bar{M}_a)^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (A1)$$

若用 n 次独立校准的算术平均值表示时,A 类分量用平均值的实验标准偏差来表示,它的估算式为:

$$u_A = S_2 = S_1 / \sqrt{n} \dots\dots\dots (A2)$$

式中: M_{ai} ——一次独立校准的加速度灵敏度, $V \cdot s^2/m$;

$\bar{M}_a$ ——多次独立校准的加速度灵敏度算术平均值, $V \cdot s^2/m$;

n ——独立校准次数。

由此可见,有限次校准的算术平均值的实验标准偏差与 $\sqrt{n}$ 成反比。校准次数增加,算术平均值的分散性减小,但当 $n > 20$ 时, S_2 减小的速度减慢,校准次数的增加意味着校准时间和成本的增长,因此一般情况下 n 取 4~20 次之间,本标准推荐 $n=6$ 。

A2 B 类标准不确定度分量

在水听器加速度灵敏度校准中 B 类标准不确定度分量主要包含以下几个方面的影响量:

a) 标准加速度计校准值的不确定度,若置信水平在 99% ($k=3$) 时的不确定度为 7.5%,则它的 B 类标准不确定度为:

$$u_{B1} = 2.5\%$$

b) 本标准中允许标准加速度计横向与纵向灵敏度之比小于 3%,允许振动台的横向分量小于 3%,因此校准结果中横向分量的影响为 0.09% (置信水平 95%, $k=2$),所以有:

$$u_{B2} = 0.045\%$$

c) 校准装置中电压测量系统是标准加速度计和水听器公用的,因此它引入的影响必须加倍。本标准要求电压表的不确定度小于 1.2% (置信水平 95%, $k=2$),因此有:

$$u_{B3} = 1.2\%$$

d) 本标准中要求测量放大器的输入阻抗比水听器的阻抗高 100 倍,因此可以引入电压耦合损失约为 1.2%:

$$u_{B4} = 1.2\%$$

e) 标准要求被校振子在固定时有加速度传递损失 1% 左右,则:

$$u_{B5} = 1.0\%$$

f) 本标准要求信号频率不确定度为 0.5% (置信水平 95%, $k=2$), 则:

$$u_{B6} = 0.25\%$$

因此 B 类分量

$$u_B = \left[\sum_{i=1}^6 u_{Bi}^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 3.2\% \approx 0.3 \text{ dB}$$

A3 合成标准不确定度

水听器加速度灵敏度校准中, 校准结果的标准不确定度包含有 A 类分量和 B 类分量, 显然, 它们是相互不相关的。因此, 合成标准不确定度是它们的方和根值:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad \text{..... (A3)}$$

A4 扩展不确定度

扩展不确定度用 U 表示, 因此水听器加速度灵敏度的校准结果可以表示为:

$$M_a = \bar{M}_a \pm U \quad \text{..... (A4)}$$

U 由合成不确定度 u_C 乘包含因子 k 得到即:

$$U = k \cdot u_C \quad \text{..... (A5)}$$

包含因子 k 的值是根据 $\bar{M}_a \pm U$ 的区间要求的置信水平而选择的, 一般 k 在 2~3 范围内, 当 $k=2$ 时, 区间的置信水平约为 95%, 当要求更高置信水平时, 可以取 $k=3$, 此时置信水平约为 99%。本标准推荐 $k=2$ 。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
声学 水听器加速度灵敏度校准方法
GB/T 17251—1998

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电 话:68522112

无锡富瓷快速印务有限公司印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 12 千字
1998年7月第一版 1998年9月第二次印刷
印数 1001—2500

*

书号: 155066·1-15015 定价 8.00 元

*

标 目 343—48