



中华人民共和国国家标准

GB/T 16165—1996

水听器相位一致性测量方法

Measurement method of hydrophone
phase consistency

1996-01-25 发布

1996-10-01 实施

国家技术监督局 发布

水听器相位一致性测量方法

Measurement method of hydrophone
phase consistency

1 主题内容与适用范围

本标准规定了水下声基阵基元的水听器相位一致性的测量方法。
本标准适用于频率范围为几百赫兹到几十千赫兹同类型水听器的比较测量。

2 引用标准

- GB 3223 水声换能器自由场校准方法
- GB 3947 声学名词术语
- GB 7965 声学 水声换能器测量

3 术语、符号和代号

本标准所采用的术语、符号和代号,除符合 GB 3223、GB 3947、GB 7965 的规定外,并规定下列定义。

3.1 相位一致性 Phase consistency

当二个或二个以上水听器在相同瞬时声压作用下,各个水听器输出开路电压的相位差值。

4 测量

4.1 测量原理

参考水听器 J_0 和被测水听器 $J_i (i=1, 2, 3, \dots)$ 同时置于发射器 F 激发的声场中接收声压,其输出开路电压的相位差由两部分组成,一是声场中不同位置的瞬时声压的相位差值 ψ_0 ,二是两水听器自身的相位一致性 ψ_i 。

参考水听器 J_0 在声场中位置固定不变,被测水听器 J_i 则在 F, J_0, J_i 三者相对位置不变的声场中,在其固定的位置置换。测出每次 J_i 相对 J_0 的相位差值 ψ_0 ,则两只被测水听器的相位一致性按公式(1)求得:

$$\psi_i = \psi_0 - \psi_0 \dots \dots \dots (1)$$

式中: ψ_i ——两被测水听器的相位一致性, (°)或 rad;

ψ_0, ψ_0 ——分别为两只被测水听器 J_i 和 J_0 ,相对于参考水听器 J_0 的相位差值, (°)或 rad。

4.2 测量条件

本标准规定的所有测量都应在符合 GB 3223 附录 A、GB 7965 附录 B 稳态、自由场、远场条件下进行。

4.3 准备

在测量前应用清洁剂将水听器和发射器表面擦洗干净,并浸泡于水中使换能器表面充分湿润,不附

气泡,浸泡时间一般不少于 24 h。然后将换能器安装在支架上,并在所需测试深度放置一定时间,使温度、压力达到平衡,待该系统读数稳定或每小时测量值不变时,方可正式测量。

4.4 测量系统

4.4.1 测量系统的方框图

测量系统的方框图见图 1。

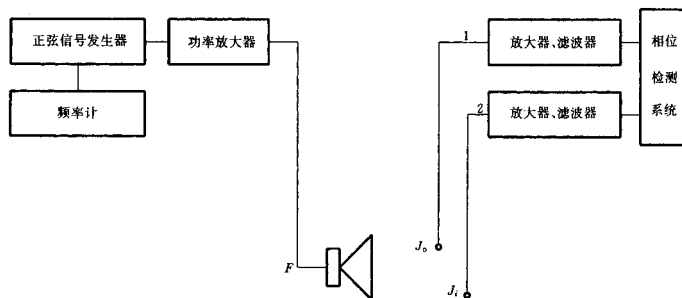


图 1

F —发射器;1—包括参考水听器 J_0 和放大器、滤波器;2—包括被测水听器 J_1 和放大器、滤波器

4.4.2 参考水听器的选择

参考水听器应与被测水听器类型相同,并具有较高稳定性性能的水听器。

4.4.3 换能器布置要求

发射器 F 、参考水听器 J_0 和被测水听器 J_1 ,三者安装在刚性好的测量架上,以保证被测水听器 J_1 在反复置换的测量过程中,三者相对位置不变。

测量架需使 J_0 、 J_1 在 F 的远场区。测量架在测量中不应引入电串漏,并尽量减少振动或散射等影响。 J_0 、 J_1 与 F 的距离应大致相同。 J_0 、 J_1 间应保持一定间距,以消除相互间散射影响。 F 面对 J_0 、 J_1 的方向性起伏应在允许范围内。

F 、 J_0 、 J_1 三者间的相对距离和相对方位,在每次测量中均应严格保持不变。如果数个被测水听器 J_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) 须在不同距离上进行相位一致性测量时,则必须确定各水听器与发射器 F 之间的距离差,并经过相位与距离关系的声场检查,才能对相位差读数进行声程差修正。距离差必须按统一的几何中心或参考声中心度量。

4.5 相位差测量

根据不同条件,可选用如下四种方法进行测量。

4.5.1 在满足自由场条件下,可以用单频连续波信号,直接用相位计读取被测信号和参考信号的相位差值。

若相位计精度优于 1° ,测量随机误差约 $2^\circ \sim 4^\circ$,则频率在 20 kHz 以下用该方法得到的相位一致性测量不确定度在 $\pm 4^\circ$ 范围之内。

4.5.2 在反射波影响不可忽略的声场条件下,可以采用扫频连续波信号,直接用扫频相位检测仪(如:传递函数分析仪、网络分析仪、扫频增益相位仪等)读取被测信号和参考信号的相位差值。

测试方框图见图 2。

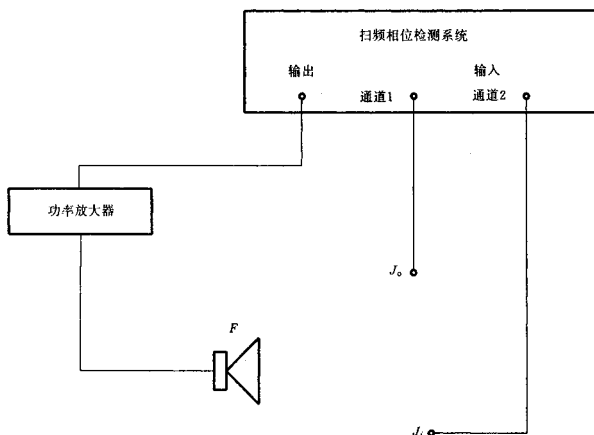


图 2

F —发射器; J_0 —参考水听器; J_1 —被测水听器

测量中要选择合适的扫频速率 s 和跟随滤波器带宽 Δf , 使直达波频率在通带之内, 反射波频率在通带之外。即应满足公式(2)和公式(3)的条件:

$$\Delta f \geq \frac{s \cdot d}{C} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta f \leq \frac{s \cdot \Delta d}{C} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: s —扫频速率, Hz/s;

Δf —跟随滤波器带宽, Hz;

C —自由场声速, m/s;

d —直达声距离, m;

Δd —反射声程与直达声程差, m。

该方法相位一致性测量不确定度同 4.5.1 条。

4.5.3 在非消声有限水域测量时, 可采用脉冲声技术, 其相位测量一般用基于快速付里叶变换 (FFT) 的信号处理方法如:

- a. 传递函数计算, 读两信号的相位差值;
- b. 互谱计算, 在相位谱上, 读取指定频率的相位差值。

在上述数字信号处理中, 采样频率 f_s 和 A/D 比特数 B 必须足够高, 采样的点数 N 要足够多, 以保证足够的测量精度。 f_s 、 B 、 N 的确定取决于仪器的软件和硬件及 J_0 、 J_1 声程差的大小。

为保证足够的精度, B 不小于 8 bit, N 不小于 512 点, 采样频率 f_s 比测量频率 f 高 20 倍以上, 而且 N 必须包含接收脉冲尽可能多的稳态部分, 而不包含反射脉冲。读数应当采用多次测量离散付里叶变换 (DFT) 的累加平均值。测量平均次数取决于信噪比大小。

若相位检测仪精度优于 2° , 测量随机误差约 $2^\circ \sim 4^\circ$, 则在频率为 20 kHz 以下, 用该方法得到的相位一致性测量不确定度在 $\pm 5^\circ$ 之内。

4.5.4 在上述测量方法实施有困难的情况或测量精度要求不很高时, 也可采用参考信号比较法, 见附录 A (参考件)。

附录 A
参考信号比较法
(参考件)

A1 在远场和自由场条件满足时,可以用发射信号源的长脉冲电压信号作为参考比较信号,替代参考系统 J_0 的信号。

测试方框图见图 A1。

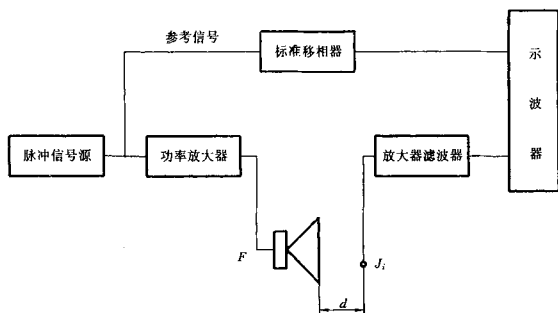


图 A1

F —发射器; J_i —被测水听器; d —距离,m

参考信号的脉冲宽度 τ 应足够宽,使 τ 值大于距离 d 与声速 C 之比。该参考信号与接收信号的稳态部分有一部分重叠,用移相器改变参考信号的相位,在示波器上观察相加波形,辨别零值相位指示(如:李萨如图形或叠加部分相减波形),读取被测水听器 J_i 的相位值 ψ_i ($i=1,2,\dots,j,\dots$),即可按公式(A1)计算相位一致性。

$$\psi_j = \psi_i - \psi_j \quad \dots\dots\dots (A1)$$

A2 当不具备标准移相器,而使用相位计和一般移相器时,其测试方框图见图 A2。

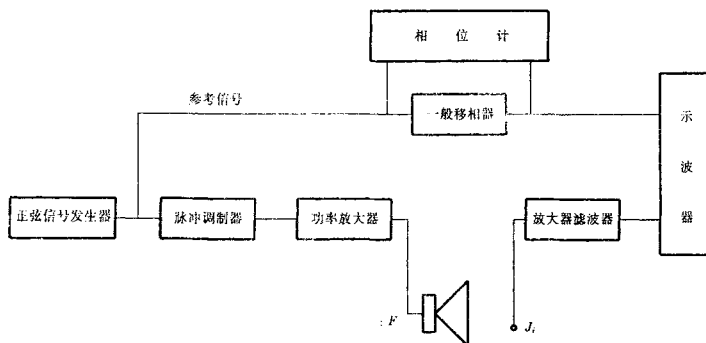


图 A2

用一般移相器改变连续波电信号的相移(和幅度),使示波器相位指示为零(观察李萨如图形,或电信号和声脉冲覆盖部分叠加波形为零值),用相位计,读取被测水听器 J_i 的相位值 ψ_i ,即可按公式(A1)计算相位一致性。

若相位计精度优于 1° ,零值相位指示误差为 4° ,测量随机误差约 $2^\circ \sim 4^\circ$,则在频率为 20 kHz 以下,用该方法得到的相位一致性不确定度在 $\pm 6^\circ$ 范围之内。

附加说明:

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由国营七二一厂负责起草,中国科学院声学所、船总七一五所、六一二厂、哈尔滨工程大学等单位参加。

本标准主要起草人 郑进鸿、宋受镛、高明仙。