



中华人民共和国国家标准

GB/T 4130.2—2024/IEC 60565-2:2019

代替 GB/T 4130—2017

声学 水听器校准 第2部分：低频声压场校准方法

Acoustics—Calibration of hydrophones—Part 2: Procedures for low
frequency pressure calibration

(IEC 60565-2:2019, Underwater acoustics—Hydrophones—Calibration of
hydrophones—Part 2: Procedures for low frequency pressure calibration, IDT)

2024-12-31 发布

2025-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	4
5 校准步骤	5
5.1 原理	5
5.2 声场限制	5
5.3 校准方案	5
5.4 结果报告	6
5.5 复校周期	6
5.6 校准的温度和压力考虑	6
5.7 换能器准备	6
6 电测量	6
6.1 信号类型	6
6.2 接地	6
6.3 水听器输出电压测量	7
6.3.1 通则	7
6.3.2 测量仪器的电负载	7
6.3.3 延长电缆的电负载	7
6.3.4 串扰和声干扰	7
6.3.5 内置前置放大器	7
6.4 发射器电流的测量	7
7 静水压激励法校准	7
7.1 概述	7
7.2 原理	7
7.2.1 交变压力的确定	7
7.2.2 修正因子的确定	8
7.2.3 等效高度的确定	9
7.2.4 水听器声压灵敏度的计算	10
7.3 振动系统的设计	10
7.4 静水压激励法备选方案	10

7.5	测量不确定度	11
8	压电补偿法校准	11
8.1	概述	11
8.2	原理	11
8.2.1	声压的确定	11
8.2.2	特征常数的确定	12
8.2.3	水听器声压灵敏度的计算	12
8.3	校准腔体的设计	12
8.3.1	概述	12
8.3.2	低频腔体	12
8.3.3	高频腔体	13
8.4	压电补偿法的实施限制	13
8.5	比较校准法	14
8.6	测量不确定度	14
9	声耦合腔互易法校准	14
9.1	概述	14
9.2	原理	14
9.2.1	声耦合腔互易原理	14
9.2.2	互易校准步骤	15
9.2.3	转移阻抗的计算	15
9.2.4	声顺的确定	16
9.3	声耦合腔互易法的限制	16
9.3.1	频率限制	16
9.3.2	水听器的限制	16
9.4	测量	16
9.4.1	通则	16
9.4.2	干扰的影响	17
9.4.3	互易性验证	17
9.4.4	线性的验证	17
9.5	测量不确定度	17
10	活塞发声器法校准	17
10.1	概述	17
10.2	原理	18
10.2.1	声压的确定	18
10.2.2	媒质声顺的确定	18
10.2.3	水听器声压灵敏度的计算	18
10.3	限制	18

10.4	比较法校准	19
10.4.1	使用参考换能器的比较校准	19
10.4.2	使用空气-水活塞发声器的比较校准	19
10.5	测量不确定度	20
11	振动液柱法校准	20
11.1	概述	20
11.2	原理	20
11.2.1	通则	20
11.2.2	声压的表示	21
11.2.3	灵敏度的确定	21
11.3	测量条件	22
11.3.1	机械条件	22
11.3.2	声学条件	23
11.4	比较校准法	23
11.5	测量不确定度	24
12	静压换能器法校准	24
12.1	概述	24
12.2	原理	24
12.2.1	静压校准原理	24
12.2.2	静压换能器灵敏度的确定	25
12.2.3	声压灵敏度的计算	25
12.3	限制	25
12.4	测量不确定度	25
附录 A (资料性)	改进的声耦合腔校准方法	26
A.1	概述	26
A.2	基于参考耦合腔的声耦合腔法校准	27
A.2.1	概述	27
A.2.2	理论	27
A.3	基于参考耦合腔和声源的声耦合腔法校准	28
A.3.1	概述	28
A.3.2	理论	28
A.4	基于耦合腔和已知声顺辅助块的声耦合腔法校准	29
A.4.1	概述	29
A.4.2	理论	30
附录 B (资料性)	水听器低频声压场校准不确定度评定	32
B.1	概述	32
B.2	A 类不确定度评定	32

GB/T 4130.2—2024/IEC 60565-2:2019

B.3 B类不确定度评定	32
B.4 不确定度的报告	32
B.5 不确定度的常见来源	32
参考文献	35

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 4130《声学 水听器校准》的第 2 部分。GB/T 4130 已发布了以下部分：

——第 2 部分：低频声压场校准方法。

本文件代替 GB/T 4130—2017《声学 水听器低频校准方法》，与 GB/T 4130—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——增加了校准步骤(见第 5 章)；

——增加了电测量(见第 6 章)；

——增加了静水压激励法备选方案(见 7.4)；

——增加了活塞发声器法校准(见第 10 章)；

——增加了静压换能器法校准(见第 12 章)；

——删除了水听器电压耦合损失的测定(见 2017 年版的附录 A)；

——将等效高度的确定并入静水压激励法校准(见 7.2.3, 2017 年版的附录 B)；

——将压电补偿换能器特征常数的测量方法并入压电补偿法校准(见 8.2.2, 2017 年版的附录 C)。

本文件等同采用 IEC 60565-2:2019《水声学 水听器 水听器校准 第 2 部分：低频声压场校准步骤》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《声学 水听器校准 第 2 部分：低频声压场校准方法》；

——更正了 IEC 原文的错误，将规范性引用的 ISO/IEC Guide 98-3 从参考文献移入第 2 章。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一五研究所、中国科学院声学研究所、中国测试技术研究院、中国计量科学研究院、海鹰企业集团有限责任公司、哈尔滨工程大学。

本文件主要起草人：陈毅、莫喜平、黄勇军、孙磊、徐卓华、王敏、费腾、林金虎、王世全、李鹏、李智、李文静、唐锐、潘潮、王伟印。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1984 年首次发布为 GB/T 4130—1984；

——2000 年第一次修订，2017 年第二次修订；

——本次为第三次修订。

引 言

水听器用于将水下声信号转换成电信号,是声呐、水下噪声测量系统、海洋声学仪器等装备的核心器件。为保证其测量结果的准确性和可靠性,需要在使用前对它们进行校准。

GB/T 4130《声学 水听器校准》描述了水听器的校准方法,旨在规范和指导水听器的校准,拟由两个部分构成。

——第1部分:自由场校准方法。目的是在200 Hz至1 MHz频率范围内建立水听器和换能器的自由场校准方法。

——第2部分:低频声压场校准方法。目的是在0.01 Hz至几千赫兹频率范围内建立水听器在低频声压场中的校准方法。

为了保证校准的准确性,被校水听器应该是“刚性”水听器,其尺寸与声波长相比显得较小,并且在校准时对振动不敏感。

本文件给出了静水压激励法、压电补偿法、声耦合腔互易法、活塞发声器法、振动液柱法和静压换能器法等物理校准法的原理、步骤和测量不确定度。可采用以上方法之一进行水听器校准,校准方法的选择取决于所使用的原理以及声场和频率的限制。

声学 水听器校准

第 2 部分:低频声压场校准方法

1 范围

本文件规定了 0.01 Hz 至几千赫兹频率范围内水听器低频声压场校准方法,校准的频率范围取决于所使用的校准方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

ISO/IEC Guide 98-3 测量不确定度 第 3 部分:测量不确定度表示指南(Uncertainty of measurement—Guide to the expression of uncertainty in measurement)

注: GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示(ISO/IEC Guide 98-3:2008,MOD)

IEC 60050-801 国际电工词汇 第 801 章:声学 and 电声学(International electrotechnical vocabulary—Chapter 801: acoustics and electroacoustics)

注: GB/T 2900.86—2009 电工术语 声学 and 电声学(IEC 60050-801:1994,IDT)

IEC 60500:2017 水声学 水听器 1 Hz~500 kHz 频率范围的水听器特性(Underwater acoustics—Hydrophones—Properties of the hydrophone in the frequency range 1 Hz to 500 kHz)

3 术语和定义

IEC 60050-801 和 IEC 60500:2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护用于标准化的术语数据库网址如下:

——IEC 电子百科:<http://www.electropedia.org/>;

——ISO 在线浏览平台:<http://www.iso.org/obp>。

3.1

耦合腔 coupler

能够在其中插入换能器和水听器的刚性充液腔体,腔体最大尺寸小于波长。

注:在本文件中,术语“小腔体”与耦合腔互换使用。

[来源:IEC 60565:2006^[1],3.3,有修改]

3.2

衍射因子 diffraction factor

水听器接收到的给定方向入射平面波声压的均方根值与水听器移走后在水听器参考中心位置处存在的自由场声压均方根值之比。

注:先进行空间平均,再进行时间平均。

[来源:IEC 60500:2017,3.3,有修改]