

《次声传感器校准规范（激光活塞发声器法）》

（征求意见稿）

编 制 说 明

《次声传感器校准规范（激光活塞发声器法）》

编制工作组

2025.11.07

《次声传感器校准规范（激光活塞发声器法）》（征求意见稿）

编制说明

1 任务来源和目的意义

1.1 本规范制定任务是国家市场监督管理总局技术规范制定项目，具体为 2025 年国家计量技术规范制修订计划项目表 MTC（13）中的第 3 项，编号 MTC13-2025-03。

1.2 本规范由中国计量科学研究院、航空工业北京长城计量测试技术研究所、中国电子科技集团公司第三研究所、中国测试技术研究院和浙江大学共同起草，计划于 2025 年 12 月完成并报批。

1.3 次声传感器主要应用于地震、气象、医疗和军事等领域，其声压灵敏度及其频率响应、本底噪声、幅度和相位一致性等技术指标直接决定次声监测系统的装备性能，包括目标声源的特征提取、定位及当量评估的准确度和可靠性。近年来，随着次声监测装备规模的扩大，相关研制生产和装备单位对次声传感器的计量需求日益增多。依托起草单位在次声计量理论、基标准装置研制、校准方法研究与应用方面的技术积累，2024 年修订的空气声声压计量器具检定系统表补充完善了次声频声压量值的传递路径。主起草单位中国计量科学研究院正在开展国际比对及基准申报工作，逐步建立次声频空气声声压计量基标准体系，亟需同步完善次声传感器相关的技术规范，包括通用规范、校准方法等。本规范规定了次声传感器的原级校准方法，即激光活塞发声器法，解决计量基准到计量标准量值传递过程中计量技术规范缺失的问题。

2 编制原则

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》给出的规则和格式编制。

本规范参考 IEC 61094-2: 2009/AMD 1: 2022 电声学 测量传声器 第 2 部分：采用互易技术对实验室标准传声器的声压校准的原级方法 第 1 号修改单（Amendment 1—Electroacoustics—Measurement microphones—Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique）、IEC TR 61094-10: 2022 电声学 测量传声器 第 10 部分：采用可计算活塞发声器对传声器低频绝对声压校准（Electroacoustics—Measurement microphones—Part 10: Absolute pressure

calibration of microphones at low frequencies using calculable pistonphones) 制定, 测量不确定度按照 JJF 1059.1—2012《测量不确定度的评定与表示》的要求评定和表示。其他引用文件包括:

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1034—2020 声学计量术语及定义

GB/T 3102.7—1993 声学的量和单位

GB/T 3947—1996 声学名词术语

GB/T 20441.1 电声学 测量传声器 第 1 部分: 实验室标准传声器规范

GB/T 20441.4 电声学 测量传声器 第 4 部分: 工作标准传声器规范

3 关于制定规范的几点说明

(1) 本规范适用于 0.001 Hz~20 Hz 频率范围的标准次声传感器的绝对法校准, 其他次声传感器或测量传声器的低频校准也可参照本规范。

(2) 激光活塞发声器法次声传感器校准的关键是声压误差修正, 声压误差修正模型的准确性决定了该校准方法的低频适用性。结合起草单位、国内外研究单位的前期研究成果, 征求意见稿附录 B 给出了声压误差修正系数的详细计算公式, 除规范性引用文件外, 其他涉及的参考文献包括:

- [1] H. Gerber, Acoustic properties of fluid-filled chambers at infrasonic frequencies in the absence of convection, The Journal of Acoustical Society of America, 36(8) (1964) 1427-1434.
- [2] A. Rennie, A laser-pistonphone for absolute calibration of laboratory standard microphones in the frequency range 0.1 Hz to 100 Hz, Teddington: National Physical Laboratory, (1977).
- [3] L. B. He, W. He, J. H. Qin, et al, A reference infrasound source with low distortion based on laser pistonphone technology, MAPAN-Journal of Metrology Society of India, 27(4) (2012) 213–218.
- [4] W. He, F. Zhang, L. B. He, et al, A study on the pressure leakage correction of pistonphones at infrasonic frequencies, Journal of Sound and Vibration, 335 (2015) 105-114.
- [5] F. Zhang, W. He, L. B. He, et al, Acoustic properties of pistonphones at low frequencies in the presence of pressure leakage and heat conduction, Journal of Sound and Vibration, 358 (2015) 324-333.

- [6] W. He, L.B. He, F. Zhang, et al, A dedicated pistonphone for absolute calibration of infrasound sensors at very low frequencies, Measurement Science and Technology, 27 (2016) 025018.
- [7] P. Vincent, F. Larsonnier, D. Rodrigues, et al, Analytical modelling and characterization of an infrasound generator in the air, Applied Acoustics, 148 (2019) 476-483.
- [8] P. Vincent, D. Rodrigues, F. Larsonnier, et al. Acoustic transfer admittance of cylindrical cavities in infrasonic frequency range, Metrologia, 56(1) (2019) 015003.
- [9] K. Hirano, H. Takahashi, K. Yamada, et al, Investigation of sound pressure leakage effect for primary calibration down to 10^{-2} Hz using a laser pistonphone system, Measurement Science and Technology, 35(5) (2024) 055009.

4 规程制定的工作过程

- (1) 2025 年 1 月成立规范编制小组；
- (2) 2025 年 1~4 月收集相关资料，包括相关的系列国家、国际标准及相关学术论文；
- (3) 2025 年 5~9 月确定校准规范的校准项目、校准条件、测量标准及设备的技术要求，初步明确校准方法并进行实验验证；
- (4) 2025 年 9~10 月完成校准规范的撰写、实验验证和测量不确定度的评估；
- (5) 2025 年 11 月，完成校准规范初稿预审，起草组根据预审意见修改完善，形成征求意见稿。

2025 年 11 月 5 日，委员会召开校准规范起草组讨论稿的预审会，与会专家提出如下修改意见：

- (1) 首页和第二页的英文名称要保持一致；
- (2) 范围中，明确适用于标准次声传感器的校准，其他类型次声传感器和测量传声器的低频校准也可参照本规范；
- (3) 术语增加标准次声传感器、删除激光活塞发声器，“3.1 活塞发声器”界定为次声活塞发声器；
- (4) 环境条件中静压修改为（86~106）kPa；
- (5) 测量标准及其他设备中，活塞发声器修改为次声活塞发声器系统，增加至少覆盖的声压级表述；
- (6) 6.2.4 中，信号发生器的频率误差要求修改为“频率误差不超过 $\pm 0.05\%$ 或

0.0001 Hz，取其大者”；

(7) 7.2.1 中，修改表述为“次声传感器应具有制造商的名称或商标，产品的型号，产品的序列号等标识”；

(8) 7.2.2 中，修改图 1，增加激光测振仪与多通道声分析仪的信号连接；

(9) 7.2.2 中，多通道声分析仪无输出通道要求，修改为信号发生器；

(10) 7.2.2 中，公式 (3) 补充 H、L、W 的说明；

(11) 7.2.3 中，校准频率按 1/3 倍频程选取，建议修改为“校准频率按 1/3 倍频程中心频率选取”；

(12) 附录 A 的名称建议修改为“次声活塞发声器的的工作原理”，“标准次声波”去掉标准二字；

(13) 附录 E 中，“某型微气压计”修改为“某型次声传感器”；

(14) 附录 E 中，E2.2.3 “常温常压”的具体范围建议明确。

《次声传感器校准规范（激光活塞发声器法）》

编制工作组

2025-11-07