

基于LabVIEW的麦克风综合性能测试平台

朱岚清¹, 陈奎², 吴天赐¹, 杨忠禧¹

¹徐州工程学院信息工程学院, 江苏 徐州

²徐州工程学院江苏省大型工程装备检测与控制重点建设实验室, 江苏 徐州

收稿日期: 2026年3月24日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月30日

摘要

针对传统麦克风专业测试设备成本高、操作复杂, 难以在中小企业检测与高校教学中普及的问题, 本文基于LabVIEW开发麦克风核心性能自动化测试系统。系统以PC内置声卡为核心硬件, 替代专用采集卡与仪器, 结合隔音箱、参考音源构建标准声场, 通过LabVIEW实现激励信号生成、数据采集与分析, 自动化完成灵敏度、频率响应、总谐波失真(THD)、信噪比(SNR)四大指标测量。商用低价麦克风验证实验表明, 测试数据符合典型性能规律, 结果稳定可靠。系统显著降低了测试成本与操作门槛, 提供了低成本、高效率、易推广的解决方案, 兼具工程实用与教学应用价值。

关键词

麦克风, LabVIEW, 自动化测试, 内置声卡

Microphone Comprehensive Performance Test Platform Based on LabVIEW

Lanqing Zhu¹, Kui Chen², Tianci Wu¹, Zhongxi Yang¹

¹School of Information Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu

²Jiangsu Key Laboratory of Large-Scale Engineering Equipment Testing and Control, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu

Received: March 24, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 30, 2026

Abstract

Aiming at the problems that traditional professional microphone testing equipment is costly and

文章引用: 朱岚清, 陈奎, 吴天赐, 杨忠禧. 基于 LabVIEW 的麦克风综合性能测试平台[J]. 计算机科学与应用, 2026, 16(4): 464-470. DOI: 10.12677/csa.2026.164145

complicated to operate, thus difficult to popularize in product testing for small and medium-sized enterprises and teaching in universities, this paper develops an automatic test system for the core performance of microphones based on LabVIEW. The system takes the PC's built-in sound card as the core hardware to replace special data acquisition cards and instruments. Combined with a sound-proof box and a reference sound source, it constructs a standard sound field, generates excitation signals, and completes data acquisition and analysis via LabVIEW, so as to automatically measure four key indicators: sensitivity, frequency response, total harmonic distortion (THD), and signal-to-noise ratio (SNR). Verification experiments on commercial low-cost microphones show that the test data are consistent with the typical performance characteristics of microphones, and the measurement results are stable and reliable. The system significantly reduces the hardware cost and operation difficulty of the microphone performance test, providing a low-cost, high-efficiency and easy-to-promote solution with both engineering practical value and teaching application value.

Keywords

Microphone, LabVIEW, Automated Testing, Built-In Sound Card

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

麦克风作为电声系统的输入端,其性能直接决定拾音质量。当前主流的专业测试设备虽然测量精度高,但存在硬件成本昂贵、操作流程复杂、维护困难等问题,难以在中小企业的产品检测及高校相关专业的教学中普及[1][2]。

本平台以“软件为主、硬件为辅”为设计原则,整体架构由上位机、激励信号产生模块、隔音箱与参考音源、被测麦克风夹具、数据采集模块、声压计六大核心部分组成,实现了从标准声场构建、信号采集到数据处理的全流程自动化测试。

2. 核心测试指标与测量原理

本平台选取灵敏度、频率响应、总谐波失真、信噪比四大麦克风核心性能指标作为测试对象,明确各指标的测量原理与数学模型,为系统软硬件开发提供理论支撑[3][4]。

2.1. 灵敏度

灵敏度是麦克风的核心性能指标定义为在 94 dB SPL (1 Pa)。即 1 kHz 标准声压麦克风输出电压与入射声压比值,单位为 dB (参考值: 1 V/Pa) [3]。其计算公式见式(1):

$$M = 20 \log_{10} (U_{rms} / P_{in}) \quad (1)$$

式中 U_{rms} 为麦克风输出电压的有效值, P_{in} 为入射声压的实际值。为提升数据稳定性,系统引入指数滑动平均滤波器对测量数据进行处理[2]。其计算公式见式(2):

$$s_t = (1 - \alpha) x_t + \alpha s_{t-1} \quad (2)$$

式中 s_t 为当前时刻的滤波输出值, s_{t-1} 为上一时刻的滤波输出值。 α 为平滑系数, x_t 为当前时刻的采集值。灵敏度测量与滤波算法的程序框图如图 1、图 2 所示。

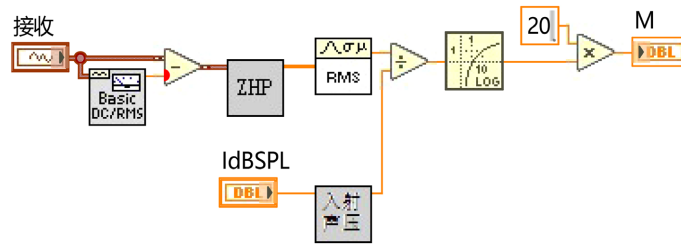


Figure 1. Sensitivity program flowchart
图 1. 灵敏度程序框图

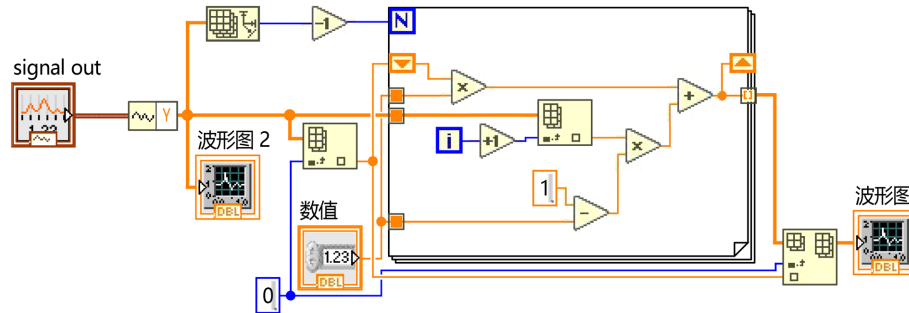


Figure 2. Exponential moving average filter program block diagram
图 2. 指数滑动平均滤波器

2.2. 频率响应

本频率响应描述麦克风输出电平随输入信号频率变化的特性，是评估其全频段拾音一致性的核心指标[3]。

系统生成 20 Hz~2.5 kHz 扫频激励信号，考虑被测麦克风实际有效工作频段，测试时选取 100 Hz~2.5 kHz 频段采集与计算频率响应的性能。系统在同一均匀声场中，同时采集被测麦克风与标准参考麦克风的输出电压，利用已知的参考麦克风频响，消除发声系统与声场带来的误差，得到被测麦克风真实频率响应[1] [2]。其计算公式见式(3)

$$R(f) = 20 \log_{10} (U_{out} / U_{ref}) \quad (3)$$

式中 $R(f)$ 为激励信号频率， U_{out} 、 U_{ref} 为被测麦克风和标准参考麦克风输出电压有效值。频率响应测量程序如图 3 所示。

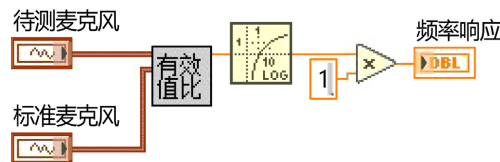


Figure 3. Frequency response program block diagram
图 3. 频率响应程序框图

2.3. 总谐波失真

总谐波失真(THD)用于表征麦克风的非线性失真程度，定义为输出信号中谐波成分总有效值与基波成分有效值的比值，数值越低代表信号转换线性度越好[3] [4]。

系统通过快速傅里叶变换(FFT)对输出信号做频域分析,提取基波与各次谐波幅值计算 THD [2],其计算公式见式(4):

$$\text{THD} = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2} / V_1 \times 100\% \quad (4)$$

式中, V_1 为基波幅值, V_n 为第 n 次谐波幅值。程序框图如图 4 所示。

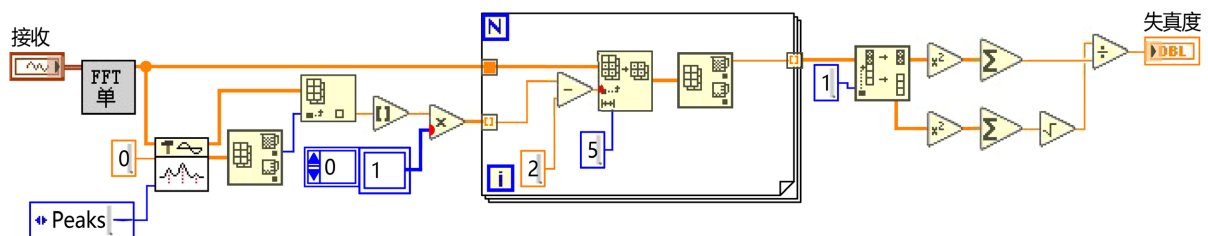


Figure 4. Total harmonic distortion program block diagram
图 4. 总谐波失真程序框图

2.4. 信噪比

信噪比(SNR)为麦克风输出信号中有效信号功率与噪声功率的比值,单位为 dB,数值越高代表抗噪声性能与拾音纯净度越好[3]。

系统在标准声信号激励下采集麦克风输出信号,通过 FFT 进行频域分析,分别提取有用信号功率 P_s 与噪声功率 P_n [2],其计算公式见式(5)。

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} (P_s / P_n) \quad (5)$$

式中 SNR 为信噪比, P_s 、 P_n 为信号功率和噪音功率,信噪比测量程序框图如图 5 所示。

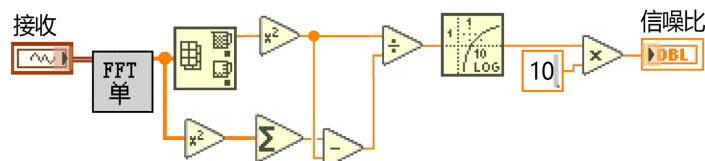


Figure 5. Signal-to-noise ratio program flowchart
图 5. 信噪比程序框图

3. 测试平台构建

本平台以“软件为主、硬件为辅”为设计原则,整体架构由上位机、激励信号产生模块、隔音箱与参考音源、被测麦克风夹具、数据采集模块、声压计六大核心部分组成,实现了从标准声场构建、信号采集到数据处理的全流程自动化测试[1] [2]。

上位机:作为控制与数据处理中心,运行 LabVIEW 程序,控制测试流程,进行实时信号分析与结果可视化,并生成测试报告。

激励信号产生模块:由 LabVIEW 生成的正弦波、扫频信号等数字激励,经 PC 声卡数模转换后驱动参考音源,在隔音箱内构建稳定、可控的声场。

隔音箱:用于隔绝外界环境噪声,并通过内部吸声材料抑制反射和驻波,为测试提供高信噪比的声学环境。麦克风夹具用于固定被测麦克风,减少振动干扰。

数据采集模块：采用 PC 内置声卡作为核心硬件，替代专用数据采集卡，完成麦克风信号的模数转换与激励信号的数模转换，实现信号的双向传输。

声压计：用于实时监测和校准隔音箱内的实际声压级，确保测试在 94 dB SPL 标准条件下进行，并通过反馈实现激励信号的自动调整[1] [3]。

性能测试实验装置如图 6 所示。



Figure 6. Test platform and performance testing site diagram
图 6. 测试平台与性能测试现场图

4. 测试流程与实验结果分析

4.1. 自动化测试流程

平台基于 LabVIEW 实现了全流程自动化测试，操作便捷。整体流程分为四个核心步骤[2]，如图 7 所示。

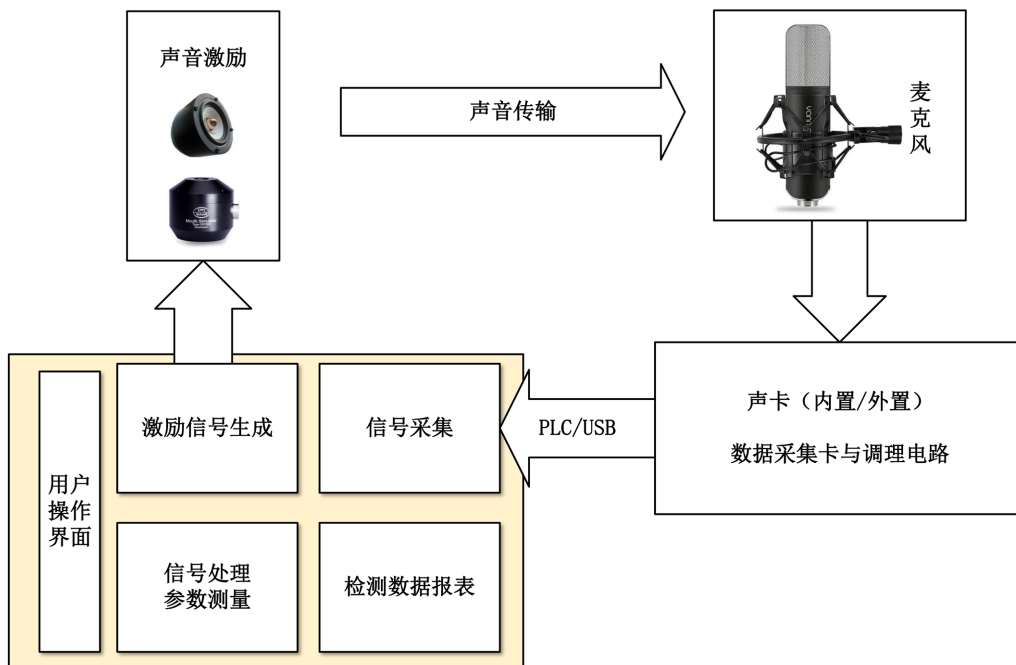


Figure 7. Automated testing flowchart
图 7. 自动化测试流程图

- 1) 测试准备：固定被测麦克风，密封隔音箱，完成硬件连接与系统自检；
- 2) 参数设置：在 LabVIEW 界面设置测试指标、激励信号参数、数据保存路径等；
- 3) 自动测试：系统自动生成激励信号并构建标准声场，同步采集被测麦克风与参考传声器信号，实时计算各项指标，通过声压计实时校准隔音箱内声压级，确保测试条件稳定[1]；
- 4) 结果输出：测试完成后自动生成包含指标数值、可视化曲线及测试条件的标准化报告。

4.2. 实验结果与分析

本次测试平台选取商用低价麦克风作为被测对象，首先在定义为在 94 dB SPL (1 kHz 标准声压级)条件下完成系统灵敏度基准标定[3]，随后采用贴近消费级麦克风日常使用场景的 50 dB SPL 声压级，在 100~2500 Hz 频段内开展四大核心指标的联合测试，测试结果如表 1。

Table 1. Microphone test results

表 1. 麦克风测试结果

频段划分	灵敏度 M	谐波失真 THD	信噪比 SNR
低频段(100~800 Hz)	偏低，存在波动	1.1%	5 dB
中频段(800~1800 Hz)	平稳，逐步提升	0.5%~1.0%	5~12 dB
高频段(1800~2500 Hz)	稳定，显著提升	≤0.5%	≤18 dB

表中可见，被测麦克风频率响应曲线趋势平稳，无剧烈跳变、尖峰或深谷，在 100 Hz~2500 Hz 频段内拾音一致性良好，无明显频段失真。

麦克风低频段(100 Hz~800 Hz)灵敏度偏低且存在波动，中高频段(1800 Hz~2500 Hz)灵敏度显著提升且数值稳定，符合麦克风的典型性能特征[5]-[7]。

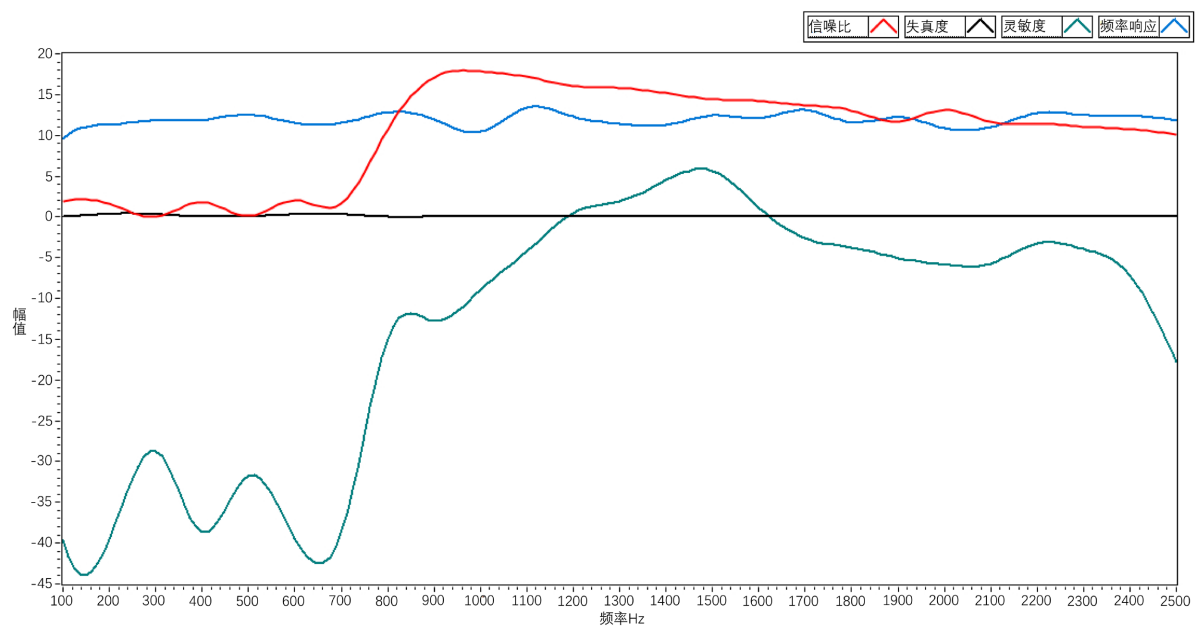


Figure 8. Test results visualization interface

图 8. 测试结果可视化界面

低频段平均失真度为 1.1%，中高频段降至 0.5% 以下，GB/T 14198-2012 中消费级麦克风的失真度要求[3]。

低频段信噪比约为 5 dB，抗噪声性能较弱；中高频段信噪比最高可达 18 dB，噪声抑制能力与拾音纯净度显著提升。

上述测试结果与麦克风的典型性能规律高度吻合，且测量数据稳定无明显波动，验证了本平台测量结果可靠有效，可准确反映麦克风的实际性能，达到设计预期[1] [2]。测试结果可视化界面见图 8。

5. 结语

本文针对传统麦克风测试设备的行业痛点，本文基于 LabVIEW 设计并搭建了一套以 PC 内置声卡为核心的麦克风综合性能自动化测试平台。该平台明确了核心指标的测量原理，完成了硬件架构设计与软件开发，实现了测试流程的自动化。

实验证明，该平台搭建成本低、操作便捷、测试效率高且结果可靠。它不仅为中小企业提供了一种低成本的产品检测方案，也适用于高校电声、测控等相关专业的教学实验，兼具工程实用价值与教学价值。

未来将从三方面对平台进行优化：优化低频段信号处理算法，提升 100 Hz 以下频段的测量精度；新增麦克风指向性测试功能，拓展平台的测试覆盖面[5]-[7]；优化 LabVIEW 程序界面，提升操作便捷性。

参考文献

- [1] 孔洒洒, 李泳, 张二亮. 麦克风校准测试系统的设计与验证[J]. 机械设计与制造, 2025(7): 369-373.
- [2] 戴波. 麦克风性能参数测量系统研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林电子科技大学, 2022.
- [3] GB/T 14198-2012 传声器通用规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [4] GB/T 9396-2016 扬声器主要性能测试方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [5] 王俊力. 电容式硅麦克风特性研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2019.
- [6] 胡磊. 硅基 MEMS 电容式麦克风性能优化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2022.
- [7] 周景晖. 双背板电容式 MEMS 麦克风建模及接口电路设计[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2024.