WaveFrag Studio

用户使用手册

声学阵列成像软件



文档版本 V1.2.1

适用软件版本 WaveFrag Studio v1.2.1

2026 年 9 月

目录

1 前言 4

阅读约定 4

授权版本说明 4

2 产品简介 5

2.1 产品概述 5

2.2 支持的硬件 5

2.3 主要功能 5

3 安装、激活与界面 6

3.1 运行环境 6

3.2 安装 6

3.3 激活与授权 6

3.4 界面总览 7

4 快速上手 8

5 页面详解 9

5.1 设备页 9

5.2 工程页 11

5.3 相机页 12

5.4 采集页 13

5.5 回放页 16

5.6 分析页 17

5.7 诊断页 19

5.8 设置页 21

6 数据与工程管理 22

6.1 数据层级 22

6.2 原始数据与可追溯性 22

7 常见问题 23
8 维护与支持 23

1 前言

本手册面向 WaveFrag Studio 声学阵列成像软件的使用者，说明软件的安装、激活、界面组成、各工作区页面的功能与操作方法，以及工程数据的管理方式。阅读本手册后，用户应能够独立完成从连接设备、实时声学成像、录制测量数据，到回放、离线分析与结果导出的完整工作流程。

本手册中的界面截图取自 WaveFrag Studio v1.2.1，软件显示语言为简体中文（zh_CN）、主题为“雾青”。不同版本或不同授权功能位下，个别界面元素可能略有差异。

阅读约定

- 按钮、菜单与页面名称以界面原文为准，例如“开始”“探测并选择”“创建分析运行”。
- **声压图与频谱的电平单位为 dBFS（相对满量程电平）。在完成幅相与灵敏度校准之前，软件显示的是相对电平，不代表绝对声压级 dB SPL。**
- 文中“设备描述文件”指 *.device.json 设备描述文件，是每次采集与分析的运行契约。

授权版本说明

本软件分为基础版、加强版、专业版，由于授权级别的不同导致部分软件功能的不同，更多详情请咨询。

2 产品简介

2.1 产品概述

WaveFrag Studio 是配合 AC01 系列声学阵列使用的上位机软件，集实时声学成像、视频叠加、原始数据录制、历史回放与离线分析于一体。软件以设备描述文件驱动整条采集与分析链路，通过 128 通道麦克风阵列接收声场信号，实时计算声压分布并叠加显示在相机画面上，帮助用户直观地定位噪声源。

2.2 支持的硬件

项目	说明
声学阵列	AC01-128（128 通道，采样率 80 kHz） AC01-64（64 通道，采样率 80 kHz） AC03-48（48 通道，采样率 160 kHz） iDAQ-64P（分布式 64 通道，采样率 80 kHz）
数据链路	千兆以太网 UDP 数据流（有符号 int16、小端、按采样点交织）
控制链路	USB 串口（CH340 等），用于增益设置、硬件 ID 读取与网络参数读写
视频设备	UVC USB 相机，用于声压图视频叠加与录像视频轨
计算平台	Windows 10/11 64 位，建议使用固态硬盘存放工程数据

2.3 主要功能

- 设备描述文件驱动的采集配置：通道数、采样率、阵列几何、通道映射与相机参数均由描述文件定义。
- 实时信号监视：时域波形（单通道 / 16 分轨 / 16 叠加）、频谱（dBFS）与瀑布图。
- 实时声压图：多种波束成形与反演算法，支持自定义频带、聚焦距离、背景噪声标定与视频叠加。
- 原始数据录制：测量（Measurement）保存原始采样数据与冻结的设备描述文件快照，并带完整性哈希校验。
- 历史回放：按测量自身冻结的描述文件回放，支持暂停、拖动进度与“分析此时刻”。
- 离线分析：从原始测量数据完整重算（Full Recompute），生成独立的分析运行（AnalysisRun），可导出 CSV 与描述文件清单。
- 诊断与支持：链路统计、波束耗时分布、事件日志与诊断包导出。
- 多语言与主题：支持英文、简体中文、日文等界面语言与多套实用配色主题。

3 安装、激活与界面

3.1 运行环境

- 操作系统：Windows 10/11 64 位。
- 网络：连接阵列的千兆以太网口，并按设备网络参数配置本机 IP。
- 驱动：USB 串口驱动（CH340）与 UVC 相机驱动。
- 存储：原始测量数据体量较大（128 通道 × 80 kHz × 2 字节），建议预留充足磁盘空间。

3.2 安装

运行随软件分发的安装程序，按向导完成安装。安装完成后即可从开始菜单或桌面快捷方式启动 WaveFrag Studio。

3.3 激活与授权

软件采用授权号激活。首次激活请确保连接麦克风阵列，生成激活请求并发送给供应商。激活后可在“设置”页查看授权状态、授权号、客户名称、有效期与功能位。功能位决定可用能力范围，例如采集、录制、回放、分析与高级算法。授权到期前界面会提示剩余天数。

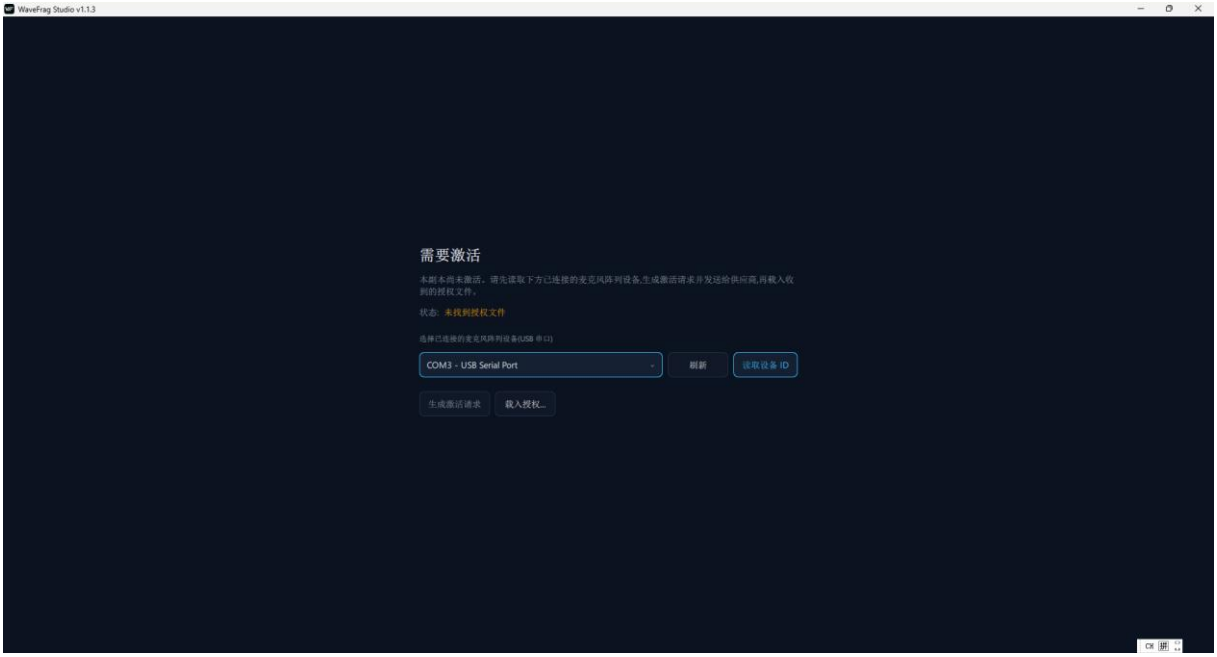
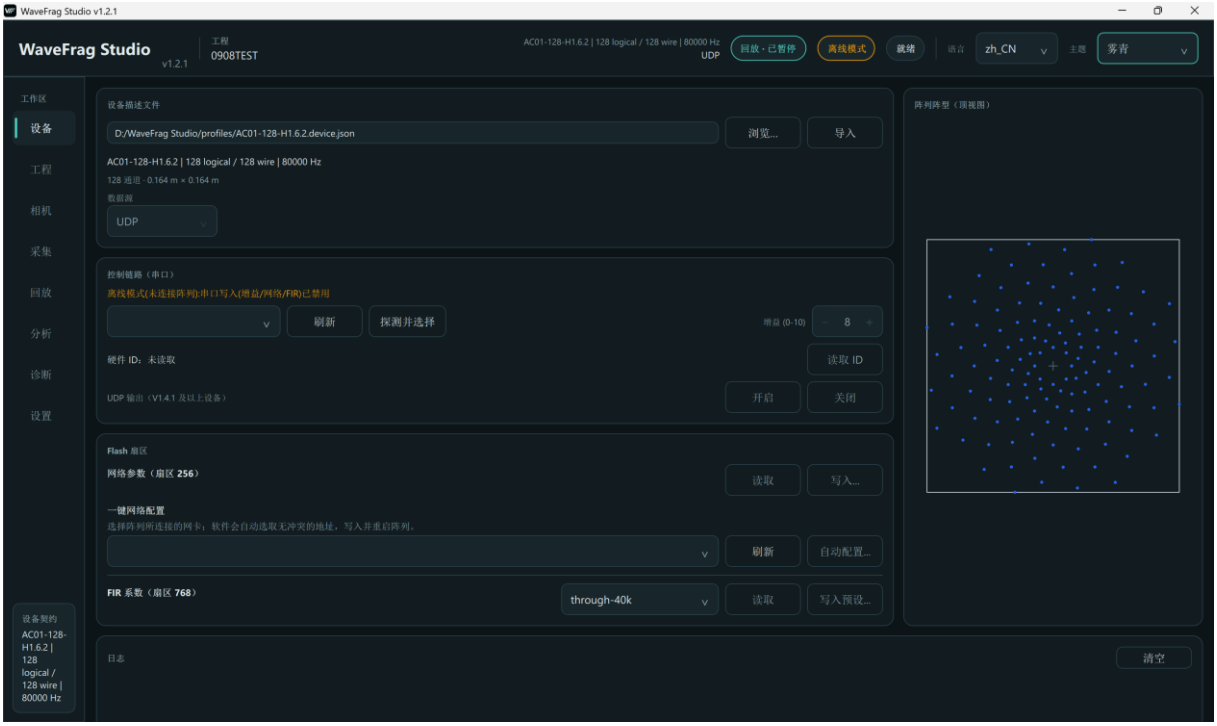


图 首次激活授权页

3.4 界面总览



软件主界面由以下区域组成：

- 顶部状态栏：当前工程、设备描述文件摘要（型号 / 逻辑通道 / 线序通道 / 采样率）、数据源、运行状态、录制状态（REC）、语言与主题切换。
- 左侧导航：工作区入口，依次为设备、工程、相机、采集、回放、分析、诊断、设置。
- 左下设备契约卡：显示当前加载的设备描述文件关键信息（型号、通道数、采样率）。
- 底部状态栏：显示当前链路状态、录制进度或回放信息。

4 快速上手

以下步骤帮助新用户在约十分钟内完成一次从开机到出图的完整流程。各步骤涉及的页面操作详见第 5 章。

步骤	操作	说明
1	新建工程	在“工程”页新建一个工程目录，后续测量与分析都保存在该工程下。
2	导入描述文件	在“设备”页导入与阵列匹配的 *.device.json，右侧阵型图可核对通道布局。
3	连接控制链路	在“设备”页选择串口或点击“探测并选择”，读取硬件 ID 确认链路正常。
4	开启相机	在“相机”页选择 UVC 设备并开启，设置分辨率与帧率。
5	开始采集	在“采集”页点击“开始”，确认波形、频谱，选择算法与频带查看声压图。
6	录制测量	点击“录制”保存原始数据，结束时点击“停止并保存”生成测量。
7	回放与分析	在“回放”页复现测量，或在“分析”页对测量做完整重算并导出结果。

提示：更换设备或设备描述文件时，请先停止采集，再执行“导入新描述文件 → 校验 → 开始”。运行状态下描述文件被锁定，不能替换。

5 页面详解

5.1 设备页

设备页用于管理设备描述文件、数据源与控制链路，并可读写设备中的运行参数。

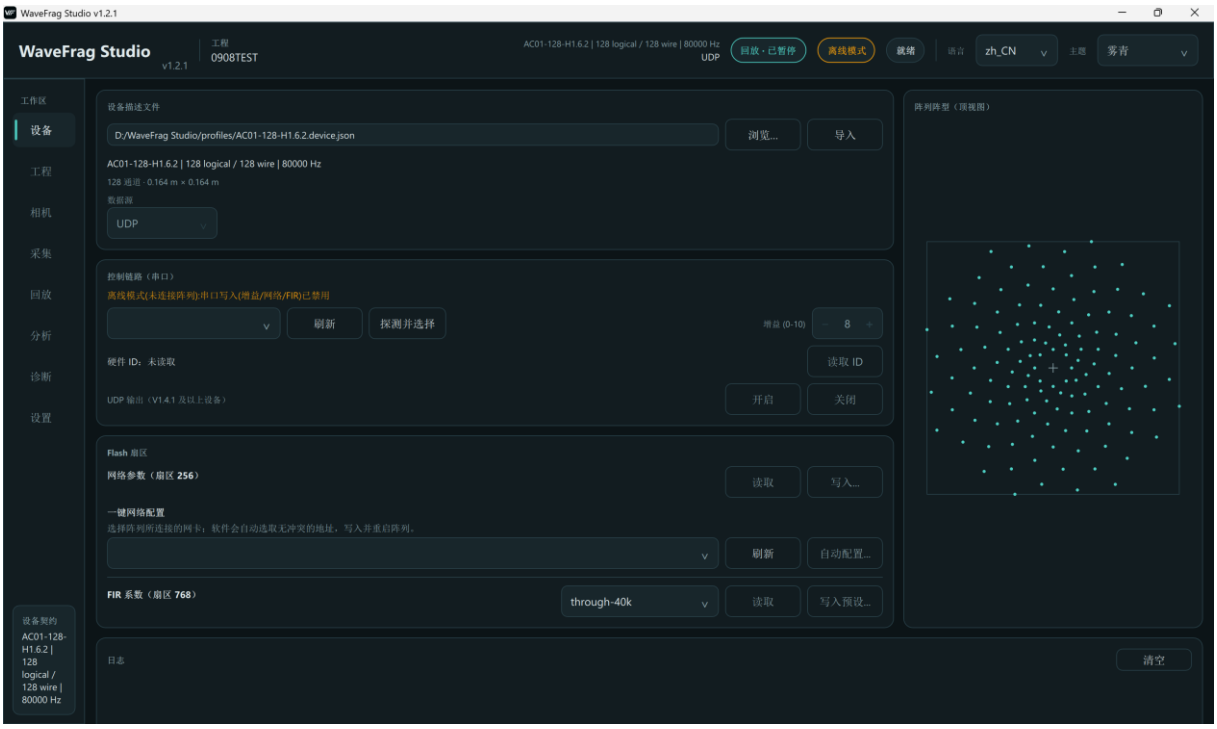


图 1 设备页总览

5.1.1 设备描述文件与数据源

- 设备描述文件：显示当前描述文件路径，可通过“浏览…”选择或通过“导入”在文件对话框中导入。导入后下方显示型号、逻辑 / 线序通道数、采样率与阵列尺寸等摘要。
- 数据源：选择实时数据来源（如 UDP）。真实设备、回放与合成数据源统一进入同一条 DSP 链路。
- 阵列阵型（顶视图）：右侧按描述文件中的麦克风几何坐标绘制阵型图，用于核对通道布局。

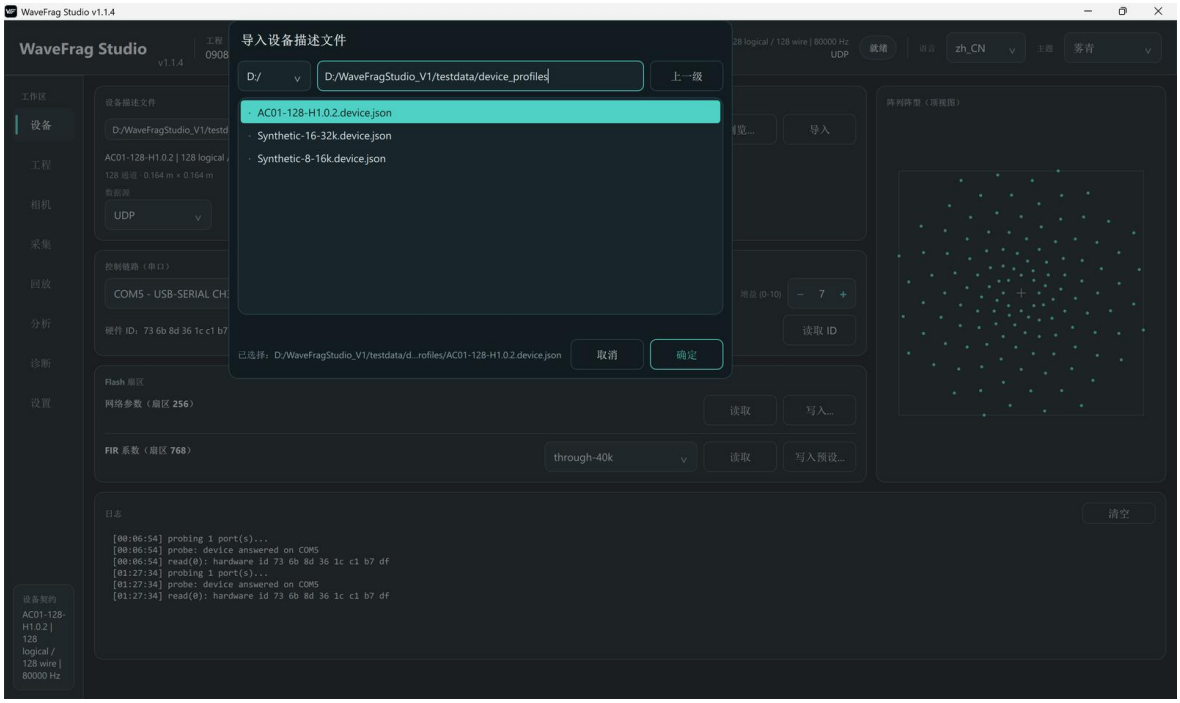


图 2 导入设备描述文件

5.1.2 控制链路（串口）

- 串口选择：下拉框列出可用串口；“刷新”重新枚举；“探测并选择”自动向各串口发送探测，有设备应答时自动选中。
- 增益（0–10）：通过“− / ＋”设置阵列增益档位。
- 读取 ID：读取设备硬件 ID（十六进制字节序列），用于确认设备身份。

5.1.3 设备配置

设备页可读写设备配置中的两类参数。写入操作在设备重启后生效，写入前软件会通过回读校验。

- 网络参数：板载 MAC、板载 IP、目标 MAC、目标 IP、源端口、目标端口。参数错误可能导致设备无法连接，请谨慎修改。
- 自动配置：对于不了解网络设备的用户，建议使用自动配置功能，选择当前的网卡后，自动配置阵列的网络信息并自动重启阵列，注意该功能会绑定当前电脑的 MAC 地址。
- FIR 系数：按预设写入滤波器系数，可选预设，可自行更改阵列的 profile 设备描述文件来修改具体的系数，该系数可自行生成，有疑问请及时联系供应商。

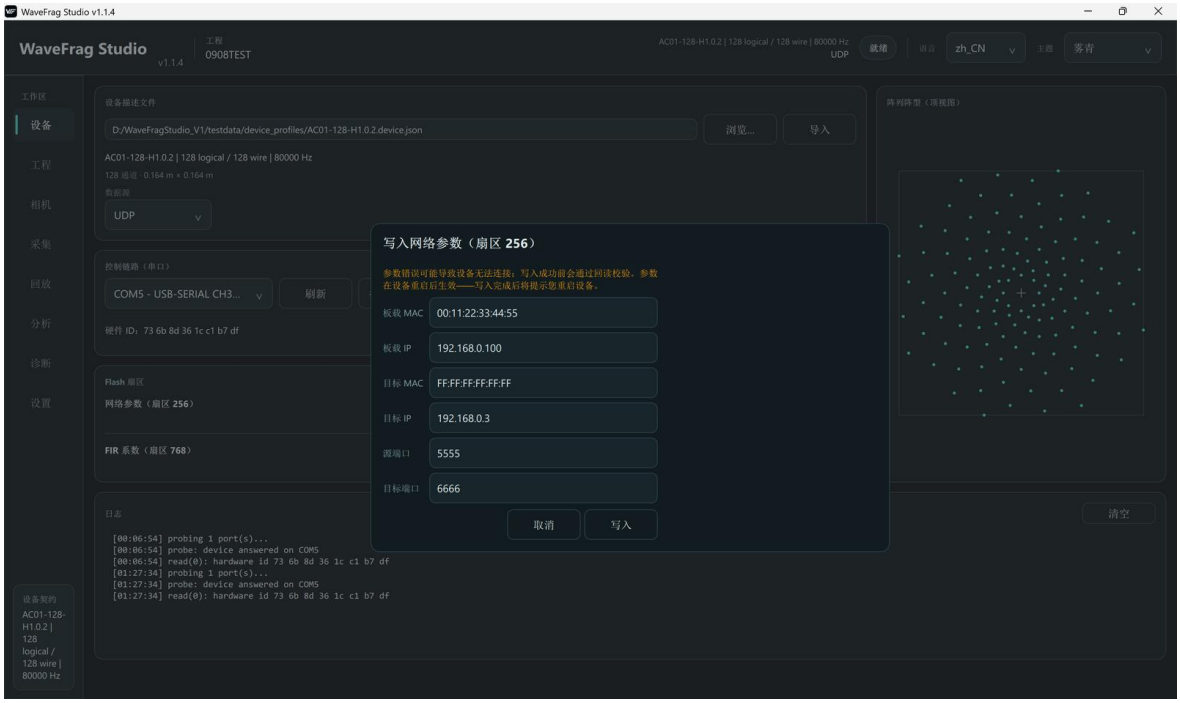


图 3 写入网络参数（扇区 256）

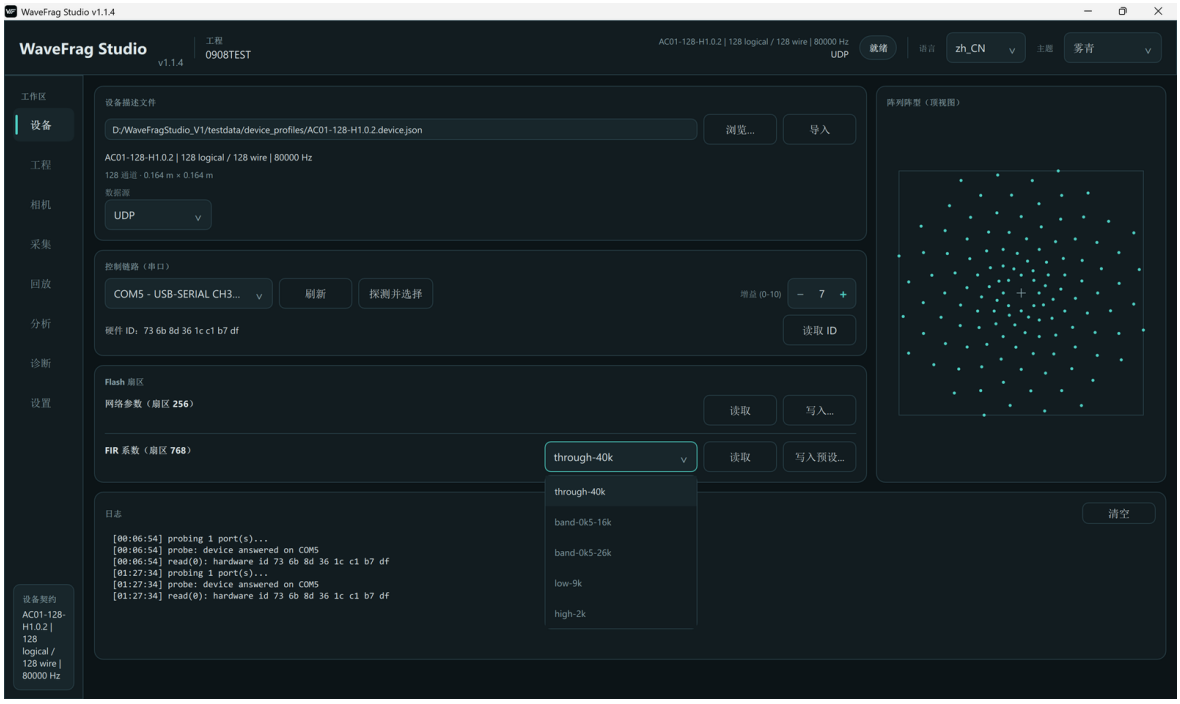


图 4 选择 FIR 系数预设（扇区 768）

页面底部的日志区显示探测、读写等操作记录，可点击“清空”清除显示。

5.2 工程页

工程页管理工程（Project）与其下的测量（Measurement）。工程是数据组织的顶层单位。

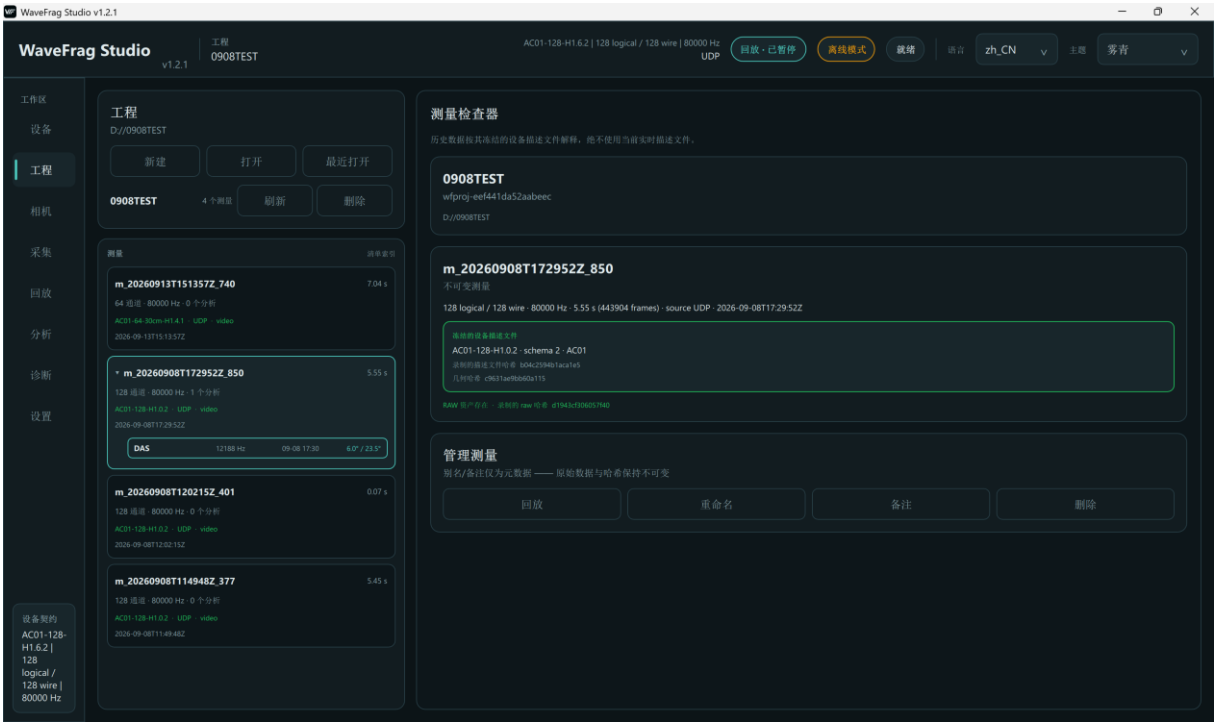


图 5 工程页与测量检查器

- 工程操作：新建、打开、最近打开；当前工程名称、测量数量随列表刷新显示，可删除工程。
- 测量列表：每条测量显示名称、时长、通道数、采样率、数据源与录制时间。
- 测量检查器：选中测量后显示详细信息，包括冻结的设备描述文件（型号、schema 版本、描述文件哈希、几何哈希）与 RAW 资产完整性（录制哈希）。历史数据始终按其冻结的描述文件解释，绝不使用当前实时描述文件。
- 管理测量：回放、重命名、备注、删除。重命名与备注仅修改元数据，原始数据与哈希保持不可变。

5.3 相机页

相机页配置 UVC 视频设备。相机画面本身在此页预览，声学叠加画面在“采集”页显示。

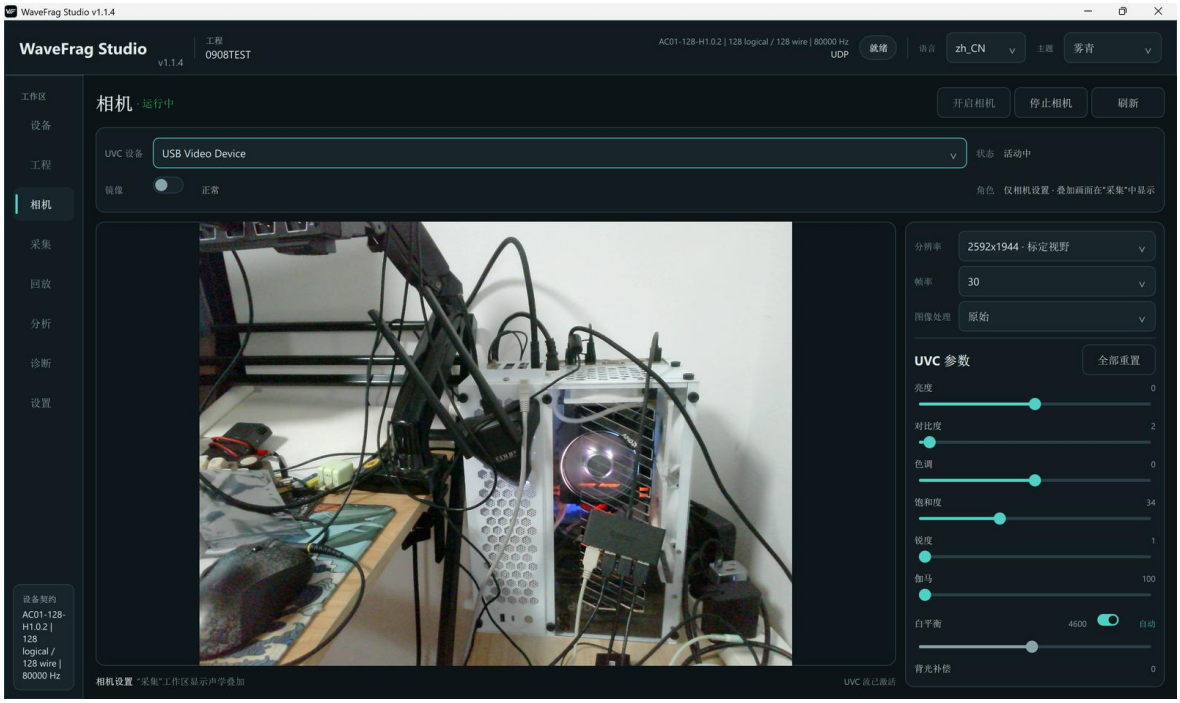


图 6 相机页

- UVC 设备：选择视频设备并显示连接状态；“开启相机 / 停止相机 / 刷新”控制视频流。
- 镜像：切换画面镜像方向。
- 分辨率 / 帧率 / 图像处理：选择采集格式；标定视野分辨率用于保证声压图叠加的对齐精度。
- UVC 参数：亮度、对比度、色调、饱和度、锐度、伽马、白平衡（可自动）、背光补偿等，支持“全部重置”。

5.4 采集页

采集页是实时工作主页面，左侧为信号监视，右侧为声压图控制与显示，左下角为运行控制。

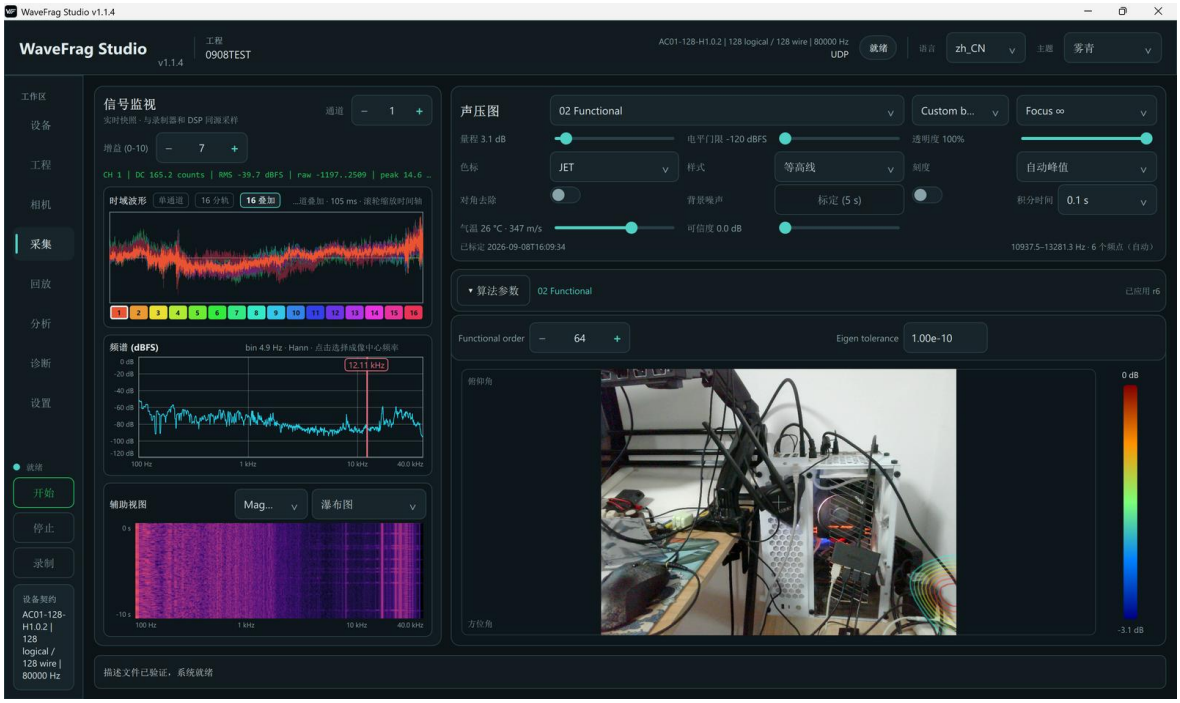


图 7 采集页（就绪状态）

5.4.1 信号监视

- 通道选择：查看指定通道的 DC（counts）、RMS（dBFS）、raw 范围与峰值信息；增益（0–10）与设备页联动。
- 时域波形：支持单通道、16 分轨、16 通道叠加显示，滚轮可缩放时间轴。
- 频谱（dBFS）：显示分辨率（bin）、窗函数（Hann）等信息，点击频谱可选择成像中心频率。
- 辅助视图：幅值 / 瀑布图等视图，瀑布图按时间滚动显示频谱历史。

5.4.2 声压图控制

- 算法：下拉选择成像算法（如 02 Functional、03 MVDR / Capon 等），“算法参数”展开后可设置算法专属参数。
- 频带：选择预设频带或 Custom band 自定义；右侧显示实际成像频点与频率范围。
- Focus：聚焦距离（∞ / 具体距离），远场与近场聚焦均支持。
- 显示：量程（dB）、电平门限（dBFS）、透明度、色标（如 JET）、样式（填充 / 等高线 / 等高线+填充 / 峰值十字）、刻度（如自动峰值）。
- 对角去除：去除互谱矩阵对角线（自功率）以抑制通道自噪声。
- 背景噪声：点击“标定 (5 s)”在环境稳定时采集背景噪声，开启开关后在成像中扣除。
- 积分时间：声压图时间积分长度。
- 气温 / 声速：气温滑杆联动显示对应声速，用于波束成形延时计算；可信度以 dB 显示。

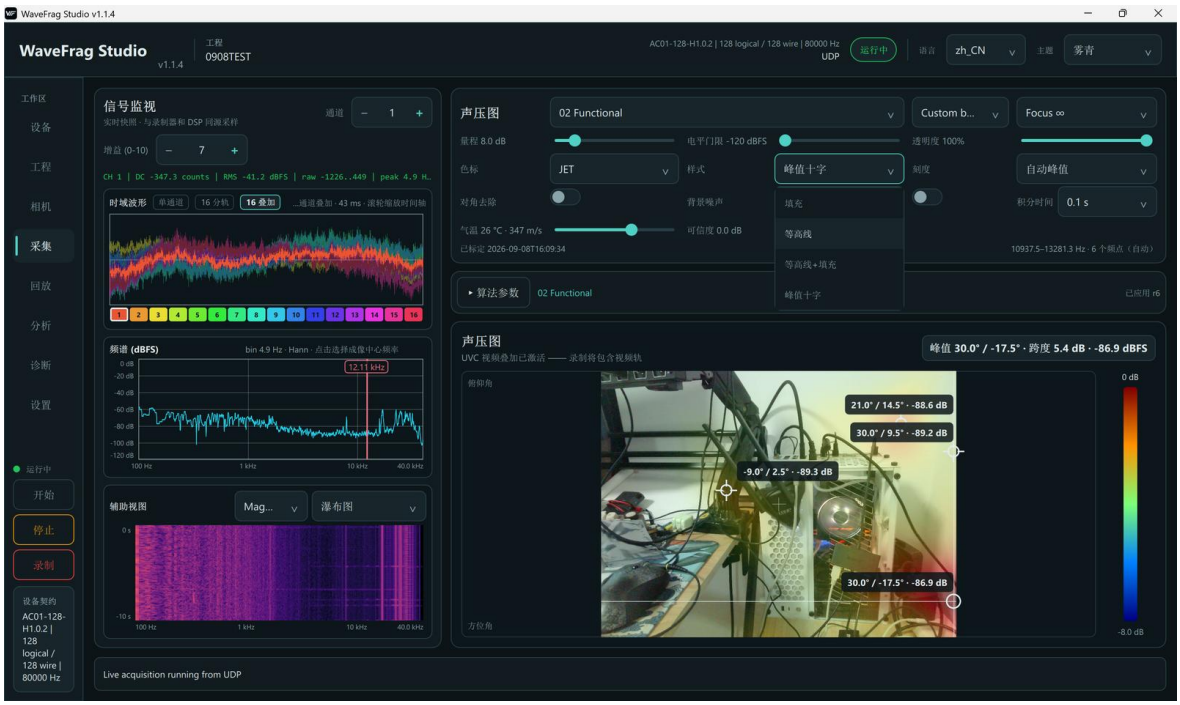


图 8 声压图样式选择（峰值十字）

5.4.3 算法参数示例

不同算法暴露不同参数。例如 02 Functional 提供 Functional order 与 Eigen tolerance；03 MVDR / Capon 提供 Diagonal loading 与 Eigenvalue floor。参数修改后即时应用，并显示“已应用”版本号。

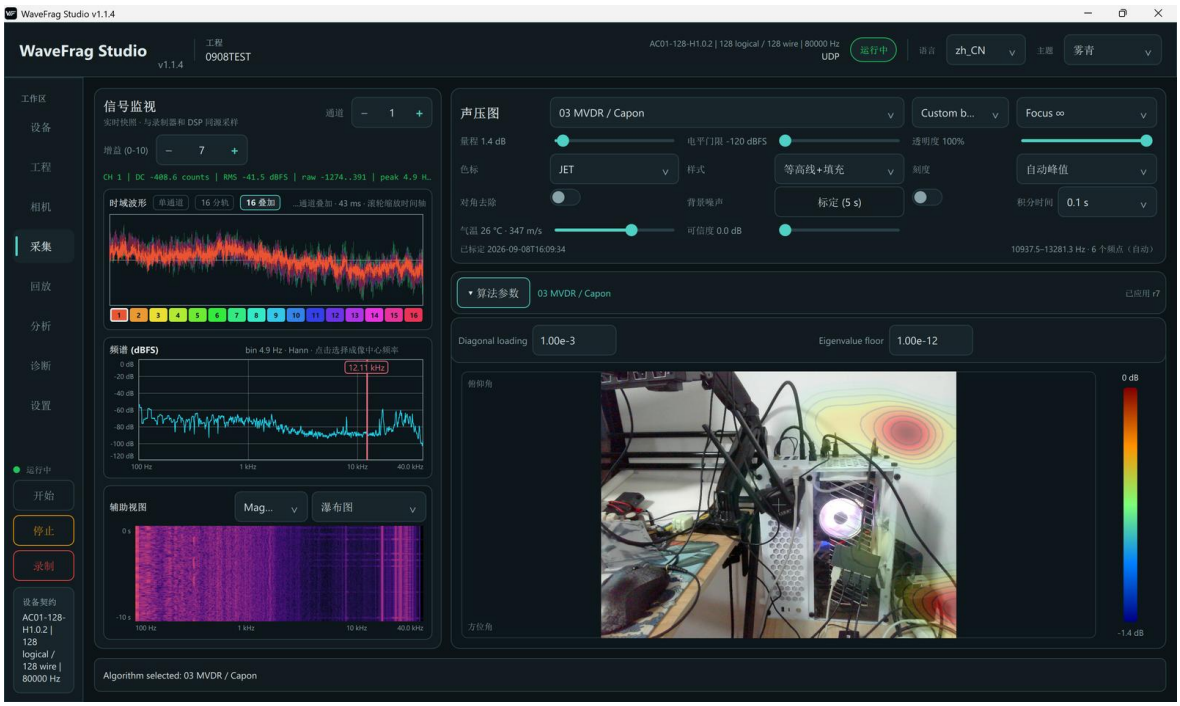


图 9 03 MVDR / Capon 算法与参数

5.4.4 运行控制与录制

- 开始 / 停止：启动或停止采集。开始是一次配置事务：软件按当前描述文件重建整条运行链，全部初始化成功才进入运行状态。
- 录制：运行中点击“录制”开始保存原始数据，顶栏显示 REC，底部显示测量名、时长与数据量；“停止并保存”结束录制并生成测量。
- 声压图视频叠加：相机开启后，声压图叠加在实时视频上；录制将同时包含视频轨。
- 声压图标题栏显示峰值方位角 / 俯仰角、跨度与电平（如“峰值 26.0° / -14.5° · 跨度 6.0 dB”）。

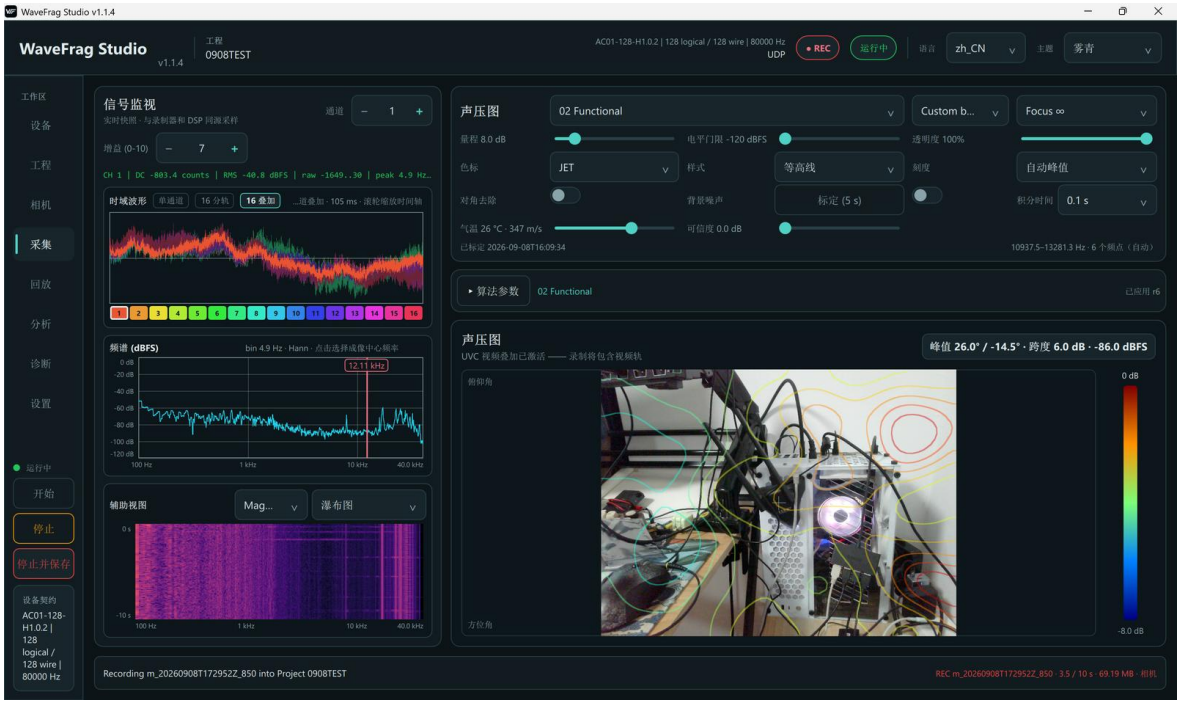


图 10 录制中的采集页

5.5 回放页

回放页复现历史测量。回放始终使用测量自身冻结的设备描述文件（frozen Profile），底部状态栏显示“hash verified”表示完整性校验通过，且回放不会改变当前实时描述文件。

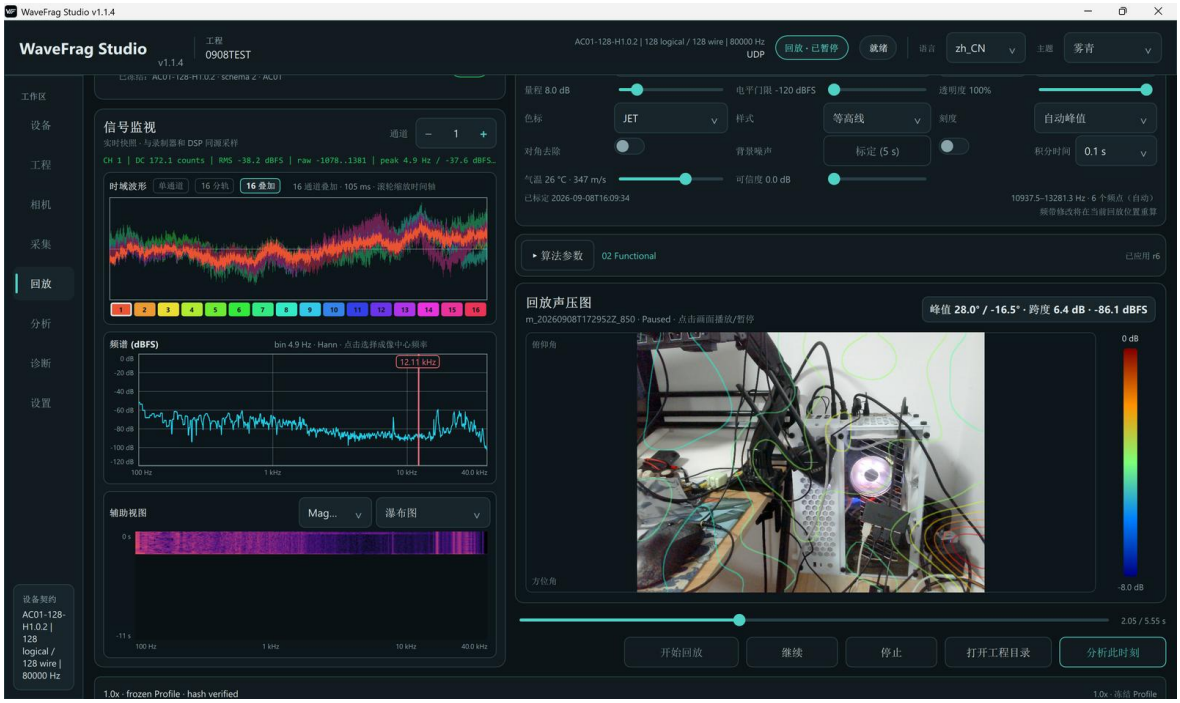


图 11 回放页

- 信号监视与回放声压图：布局与采集页一致，可点击画面播放 / 暂停。
- 进度条：显示当前位置与总时长，可拖动定位；频带修改将在当前回放位置重算。
- 开始回放 / 继续 / 停止：控制回放状态。
- 打开工程目录：在资源管理器中打开当前工程文件夹。
- 分析此时刻：以当前回放时刻为时间窗，跳转到分析流程创建分析。

5.6 分析页

分析页对测量做离线分析：左侧为测量输入与分析运行列表，右侧为分析结果、频谱时间窗与完整重算参数区。

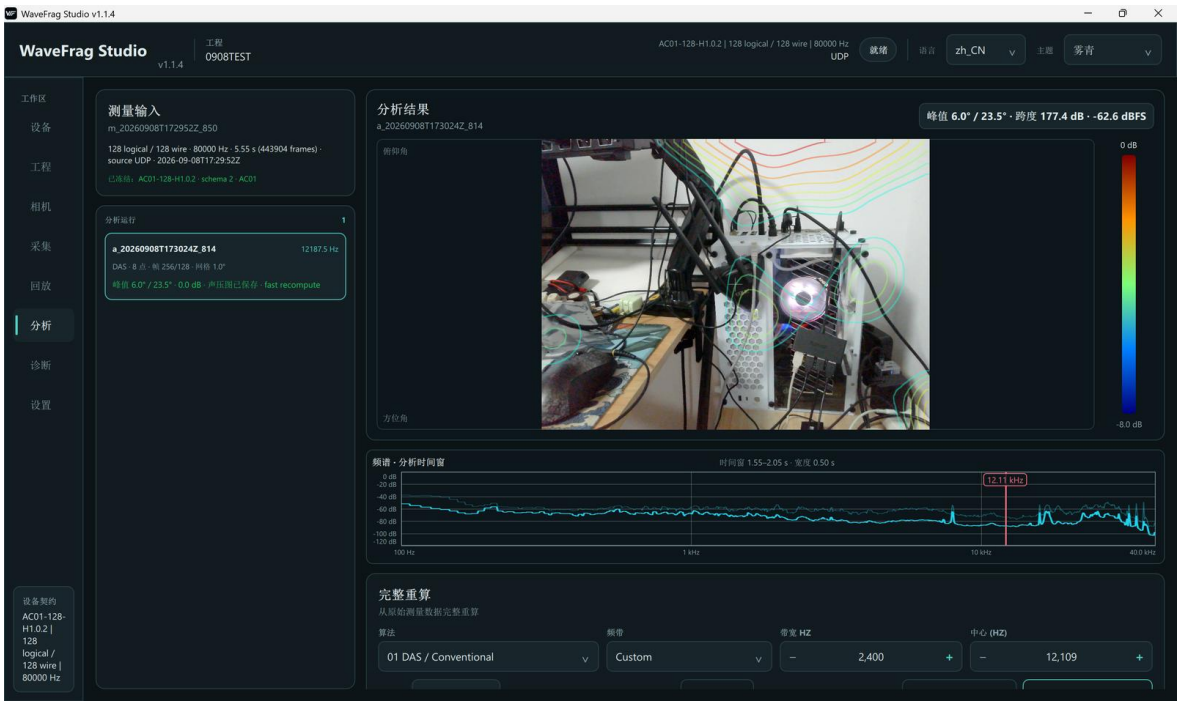


图 12 分析页与分析结果

- 测量输入：显示测量名称、通道 / 采样率 / 时长 / 帧数、数据源与冻结的描述文件。
- 分析运行：每次分析生成独立 AnalysisRun（如 a_20260908T173024Z_814），记录算法、频带、帧长 / 帧移、网格步长与峰值结果；分析运行不可变，可重复查看。
- 分析结果：声压图叠加在测量视频帧上，标题栏显示峰值角度、跨度与电平。
- 频谱 · 分析时间窗：显示分析所用时间窗内的频谱与选定的中心频率。

5.6.1 完整重算

完整重算（Full Recompute）从原始测量数据重新执行算法全链路。主要参数：

参数	说明
算法	如 01 DAS / Conventional、10 DAMAS 等
频带 / 带宽 / 中心	选择预设频带或 Custom，自定义带宽（Hz）与中心频率（Hz）
时间窗	自动（3τ）或整段测量
帧长 / 帧移	STFT 帧长（如 256）与帧移（如 128）
网格步长	成像网格角度步长（如 1.0°）
聚焦	far field 或近场距离
显示参数	气温 / 声速、可信度、量程、电平门限、色标、样式、刻度、透明度
迭代参数	反演类算法的 Iterations、Grid stride、Relaxation

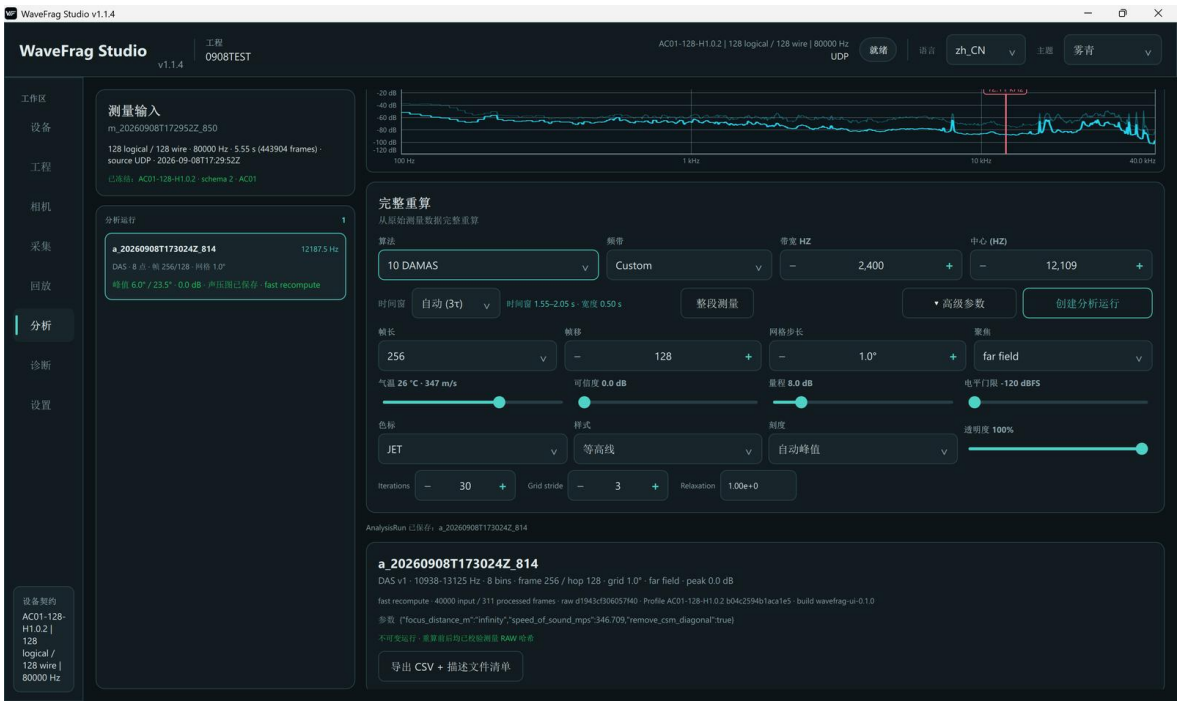


图 13 完整重算参数与 AnalysisRun 详情

点击“创建分析运行”开始计算。完成后 AnalysisRun 记录软件构建版本、输入 / 处理帧数、原始数据哈希与描述文件哈希，重算前后均校验测量 RAW 哈希，确保分析可追溯。

每个分析运行可通过“导出 CSV + 描述文件清单”导出结果数据与元数据，用于外部工具进一步处理。

5.7 诊断页

诊断页汇总运行状态与事件日志，用于现场问题定位。

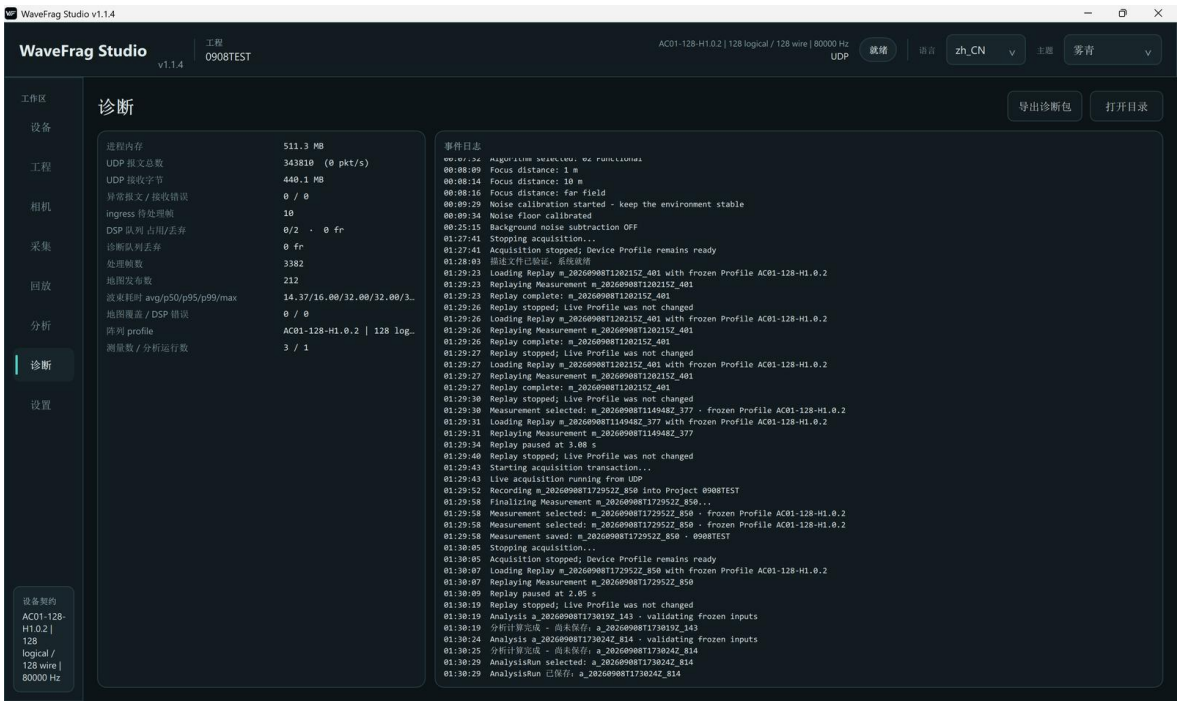


图 14 诊断页

- 运行统计：进程内存、UDP 报文总数 / 速率、接收字节、异常报文 / 接收错误、ingress 待处理帧、DSP 队列占用 / 丢弃、处理帧数、地图发布数、波束耗时（avg / p50 / p95 / p99 / max）、地图覆盖 / DSP 错误、当前阵列 Profile 与测量 / 分析运行数量。
- 事件日志：按时间记录算法切换、标定、采集启停、录制、回放、分析等关键事件。
- 导出诊断包 / 打开目录：将统计与日志打包导出，供技术支持分析。

5.8 设置页

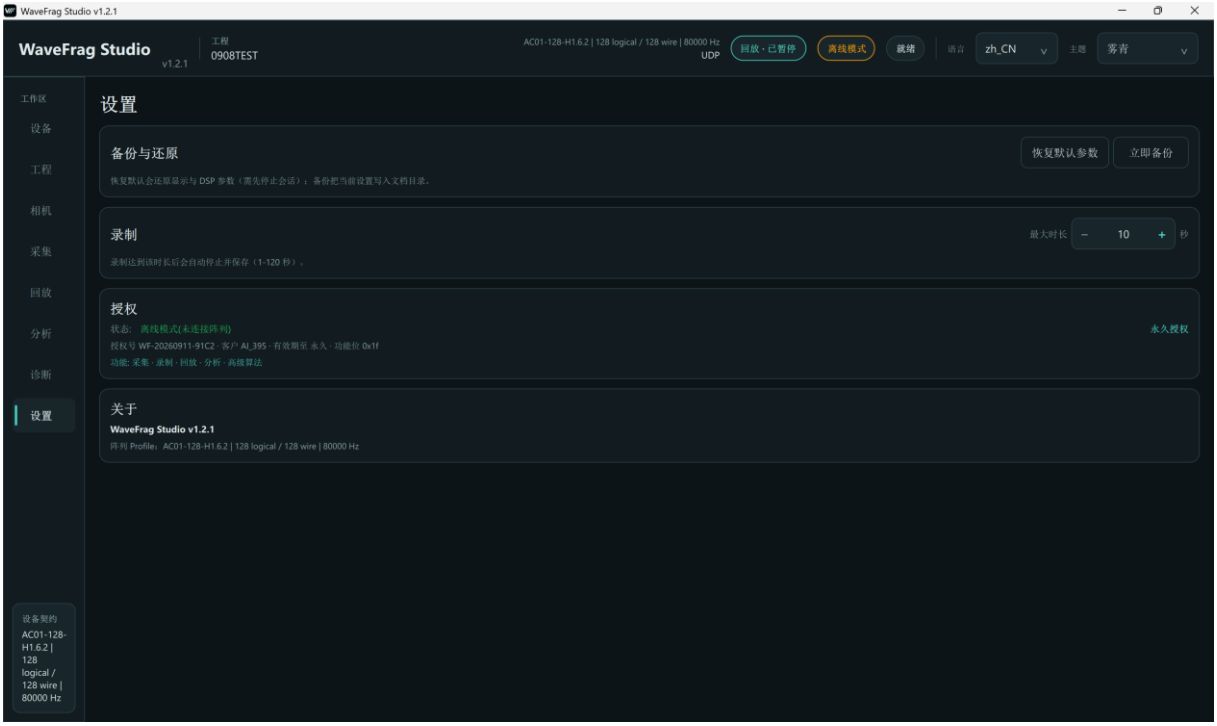


图 15 设置页

- 备份与还原：“恢复默认参数”还原显示与 DSP 参数（需先停止会话）；“立即备份”把当前设置写入文档目录。
- 录制：可以设置工程录制时长（1s - 120s），当录制达到最大时长后会自动停止。
- 授权：显示激活状态、授权号、客户、有效期、剩余天数与功能位（采集 · 录制 · 回放 · 分析 · 高级算法）。
- 关于：软件版本与当前阵列 Profile 摘要。

6 数据与工程管理

6.1 数据层级

软件数据按“工程 → 测量 → 分析运行 → 导出”的层级组织：

- 工程（Project）：顶层目录，包含全部测量与分析运行及清单文件。
- 测量（Measurement）：一次录制的不可变原始数据，包含原始采样、采样参数、冻结的设备描述文件、几何 / 映射信息与完整性元数据。分析不会修改测量。
- 分析运行（AnalysisRun）：对某次测量的一次独立分析，记录算法与版本、频带、网格、参数与结果。同一测量可有多个分析运行，互不覆盖。
- 导出（Export）：CSV、描述文件清单等派生结果。

6.2 原始数据与可追溯性

- 原始测量数据是全部后续计算的最终来源；声压图、截图、CSV 均为派生物。
- 测量在创建时冻结设备描述文件快照，回放与重算始终使用该快照，与当前实时设备配置无关。
- 测量与分析运行均记录数据与描述文件哈希，加载时校验，损坏可被及时发现。
- 快速重分析基于冻结的算法计算结果，完整重算则从原始数据重新执行全链路。

7 常见问题

现象	排查建议
串口探测不到设备	确认 USB 串口（CH340）驱动已安装；检查线缆；在设备页点击“刷新”后重新“探测并选择”。
UDP 无数据	确认本机网卡 IP 与设备板载 IP 在同一网段；核对扇区 256 网络参数；检查防火墙是否放行目标端口；自动配置是否探测到目标网卡。
修改网络参数后设备连不上	网络参数在设备重启后生效，请断电或发送重启指令重启设备；参数错误需通过串口重新写入正确值。
采集页没有视频	先在相机页选择 UVC 设备并“开启相机”，再确认声压图透明度设置。
无法开始采集	确认已导入设备描述文件且状态为就绪；更换描述文件须先停止当前运行。
录制数据量很大	128 通道 80 kHz 原始数据约 20 MB/s，请确认磁盘空间并使用固态硬盘。
显示电平与声级计不一致	软件显示 dBFS 相对电平；未完成幅相 / 灵敏度校准前不代表绝对 dB SPL。
功能不可用或置灰	在设置页查看授权功能位与有效期，确认对应能力（如高级算法）已授权。

8 维护与支持

- 遇到异常时，先在诊断页查看统计与事件日志，并使用“导出诊断包”保存现场信息。
- 定期在设置页使用“立即备份”保存软件设置。
- 工程目录包含全部测量与分析数据，备份工程时请整体复制工程目录。
- 设备描述文件是采集与分析的运行契约，请与设备资产一并归档保存。

版本记录

版本	维护者	修改记录
V1.2.1	梵次郎	1、 数据源默认为 UDP 2、 背景噪声开关权限修改 3、 msvcp140/vcruntime140/vcruntime140_1 4、 新增发货阵列描述文件 AC01-128-H1.6.2
V1.2.0	梵次郎	设备版本管理优化
V1.1.6	梵次郎	新增网络自动配置功能
V1.1.4	梵次郎	初始发布

— 手册结束 —