



# 数据采集、回放、 本地分析与 AI 辅助解读

面向会做数据采集、刚开始接触振动分析的现场工程人员

01

可信采集

示波、USB、TF

02

只读回放

时域、频谱、导出

03

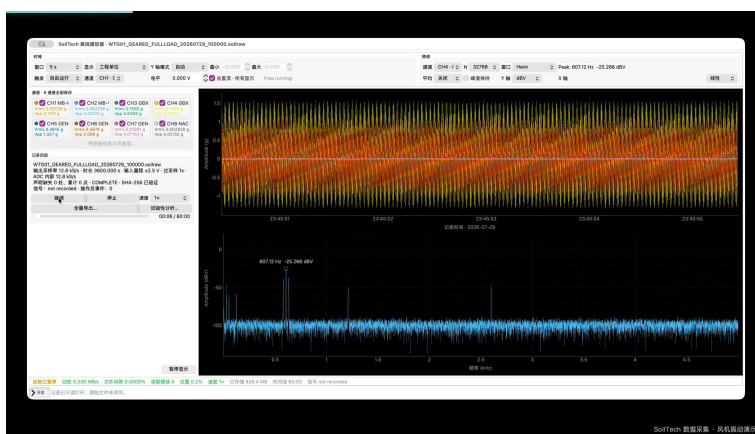
本地分析

事实、质量、适用性

04

AI 辅助

假设、解释、复测



本地确定性结果是事实底座；AI 只做辅助解释。设备状态、标准符合性和安全决策必须由责任工程师确认。

# 内容导航

建议先阅读第 0 章了解数据与结论边界，再按采集、回放、分析或故障排查任务查阅对应章节。

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 0. 阅读导航                    | 5  |
| 1. 安装与运行准备                 | 6  |
| 1.1 启动分析程序 . . . . .       | 6  |
| 1.2 项目文件和受控资料 . . . . .    | 6  |
| 1.3 作业工具与安全准备 . . . . .    | 7  |
| 2. 快速入门工作流                 | 7  |
| 2.1 建立采集任务 . . . . .       | 7  |
| 2.2 检查并回放记录 . . . . .      | 7  |
| 2.3 运行本地分析 . . . . .       | 7  |
| 2.4 按需使用 AI 辅助分析 . . . . . | 8  |
| 2.5 导出与归档 . . . . .        | 8  |
| 3. 数据采集                    | 8  |
| 3.1 安装传感器 . . . . .        | 8  |
| 3.2 启动并连接设备 . . . . .      | 9  |
| 3.3 选择采样设置 . . . . .       | 9  |
| 3.4 填写传感器信息 . . . . .      | 10 |
| 3.5 先示波 . . . . .          | 10 |
| 3.6 正式采集到 USB 主机 . . . . . | 11 |
| 3.7 正式采集到 TF 卡 . . . . .   | 12 |
| 4. 回放和全量导出                 | 13 |
| 4.1 打开记录 . . . . .         | 13 |
| 4.2 播放器按钮 . . . . .        | 14 |
| 4.3 导出 . . . . .           | 14 |
| 5. 本地分析                    | 15 |
| 5.1 所有场景都要填的内容 . . . . .   | 16 |
| 5.2 红色提示怎么处理 . . . . .     | 16 |
| 5.3 结果页怎么读 . . . . .       | 17 |
| 6. 一次可复现的普通机器分析            | 18 |
| 6.1 采集建议 . . . . .         | 18 |
| 6.2 分析设置 . . . . .         | 18 |
| 6.3 通道与测点 . . . . .        | 19 |
| 6.4 试验与阈值 . . . . .        | 20 |
| 6.5 结果解释 . . . . .         | 20 |
| 专题 A. 随附教学样例：一小时风机记录       | 21 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| A.1 记录和传感器 . . . . .              | 21        |
| A.2 播放器怎么设置 . . . . .             | 22        |
| A.3 本地分析配置 . . . . .              | 23        |
| A.4 本地结果怎么读 . . . . .             | 24        |
| <b>专题 B. DeepSeek V4-Pro 辅助分析</b> | <b>25</b> |
| B.1 启用与运行 . . . . .               | 25        |
| B.2 发送什么，不发送什么 . . . . .          | 26        |
| B.3 AI 的实际价值 . . . . .            | 27        |
| B.4 为什么必须工程复核 . . . . .           | 27        |
| B.5 AI 报告交付检查表 . . . . .          | 28        |
| <b>7. 启停、变速与阶次分析</b>              | <b>28</b> |
| 7.1 需要什么 . . . . .                | 28        |
| 7.2 RPM CSV . . . . .             | 28        |
| 7.3 操作 . . . . .                  | 29        |
| 7.4 看什么 . . . . .                 | 29        |
| <b>8. 振动台试验</b>                   | <b>30</b> |
| 8.1 接线 . . . . .                  | 30        |
| 8.2 目标谱 CSV . . . . .             | 30        |
| 8.3 正弦扫频 . . . . .                | 31        |
| 8.4 定频驻留 . . . . .                | 31        |
| 8.5 随机振动 . . . . .                | 31        |
| 8.6 冲击 . . . . .                  | 31        |
| <b>9. 力锤 / 试验模态</b>               | <b>32</b> |
| 9.1 接线 . . . . .                  | 32        |
| 9.2 采集 . . . . .                  | 32        |
| 9.3 GUI . . . . .                 | 32        |
| 9.4 结果 . . . . .                  | 32        |
| <b>10. 运行模态 OMA</b>               | <b>33</b> |
| 10.1 什么时候用 . . . . .              | 33        |
| 10.2 采集和通道 . . . . .              | 33        |
| 10.3 GUI . . . . .                | 33        |
| 10.4 结果 . . . . .                 | 33        |
| <b>11. 采样率怎么选</b>                 | <b>34</b> |
| <b>12. 振动分析新手需要会的十个词</b>          | <b>35</b> |
| 有效值 (RMS) . . . . .               | 35        |
| 峰值 (Peak) . . . . .               | 35        |
| 峰峰值 (Vpp) . . . . .               | 35        |
| 波峰因数 . . . . .                    | 35        |

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| PSD 和 ASD . . . . .          | 35        |
| 主频峰 . . . . .                | 35        |
| 1×、2×阶次 . . . . .            | 35        |
| FRF . . . . .                | 35        |
| 相干性 . . . . .                | 35        |
| FDD . . . . .                | 35        |
| <b>13. 常见红色错误</b>            | <b>36</b> |
| <b>14. 项目部署模板</b>            | <b>36</b> |
| 14.1 电机 / 泵 / 风机基线 . . . . . | 36        |
| 14.2 维修前后对比 . . . . .        | 36        |
| 14.3 升速 / 降速 . . . . .       | 36        |
| 14.4 振动台 . . . . .           | 37        |
| 14.5 力锤 . . . . .            | 37        |
| 14.6 OMA . . . . .           | 37        |
| <b>15. 故障排查</b>              | <b>37</b> |
| 设备临时连不上 . . . . .            | 37        |
| 记录中没有明显频谱峰值 . . . . .        | 38        |
| ISO 没有 A/B/C/D . . . . .     | 38        |
| 大文件等待太久 . . . . .            | 38        |
| 图表为空 . . . . .               | 38        |
| <b>16. 文件和交付</b>             | <b>38</b> |
| <b>17. 项目部署信息清单</b>          | <b>39</b> |
| <b>18. 任务检查表</b>             | <b>39</b> |
| 采集前 . . . . .                | 39        |
| 采集后 . . . . .                | 40        |
| <b>19. 当前硬件和方法边界</b>         | <b>40</b> |



版本：2026-07-30

适用对象：数据采集、设备运维、振动试验和状态监测人员

适用软件：当前 SoilTech 八通道 IEPE 采集与离线播放器

# 0. 阅读导航

SoilTech 的基本工作流分为三段：

- 1 采到可信的数据；
- 2 准确登记各通道所接传感器、测点和方向；
- 3 先用本地确定性分析计算事实，再按需让 AI 整理假设和复测建议。

本地确定性分析负责给出可追溯的数值事实；AI 负责整理、解释、提出假设和 复测建议。设备状态、标准符合性、停机放行和安全决策最终仍由责任工程师确认。AI 不能覆盖本地数值，也不能把信息不足变成确定结论。

软件不会根据一张波形自动猜出机器类型、传感器灵敏度、转速、基准通道或力锤通道。信息不足时，界面会在分析开始前标红并拒绝运行；ISO 条件不足时，会显示“信息不足”，不会硬套一个 A/B/C/D 分区。

例如，结果页显示“CH1 带限速度 2.5 mm/s；评价结果信息不足”，前半句是已经计算出的结果，后半句说明机器分类、测点、支承、工况或标准频带证据不足，软件不能据此给出 ISO 分区。应补齐真实资料，不能为了得到绿色结果随意选择模板。

可按任务查阅本手册：

- 初次安装和建立完整工作流：第 1、2 节；
- 设备采集、回放和导出：第 3、4、11、18 节；
- 普通旋转机械分析：第 5、6、13 节；
- 风机教学样例与 AI 辅助分析：专题 A、专题 B；
- 阶次、振动台、力锤和 OMA：第 7~10 节；
- 项目部署、故障排查和文件交付：第 14~19 节。

# 1. 安装与运行准备

## 1.1 启动分析程序

SoilTech 以桌面应用交付。完成安装后，启动SoilTech 数据采集与振动分析程序即可。采集、示波、记录回放和分析功能均在应用内使用；分析历史数据时，在软件中选择相应的.soilraw文件。

应用程序、设备驱动和固件的安装或升级属于受控维护操作，应在没有采集任务时进行。维护完成后，应确认软件、驱动和固件版本与交付要求一致。

运行前应确认：

- 操作系统不会在采集过程中自动休眠或进入低电量节能；
- 系统盘和记录盘有足够空间；
- USB 数据线可靠，优先直接连接主机，避免松动转接头；
- 应用程序、设备驱动和固件组合已经按交付版本完成验证；
- 采集任务期间不执行应用程序、设备驱动或固件升级；
- 软件版本、固件版本和项目配置已有记录。

## 1.2 项目文件和受控资料

开始项目任务前，建议准备：

- 项目名称、资产编号、测试编号和计划工况；
- 通道、传感器、测点、方向及安装方式对应表；
- 传感器校准证书和灵敏度；
- 机器铭牌、额定功率、额定转速、轴承和支承资料；
- 项目规范、合同限值和用户受控的标准副本；
- 原始数据、配置文件、分析结果和导出文件的归档目录；
- 独立于工作副本的原始文件只读备份。

用于教学或操作练习时，可使用软件随附的教学样例和配套配置。教学样例由软件合成，不来自实际设备，不能作为设备验收、安全判断、性能验证或 ISO 符合性依据。

对已有记录进行复查时，文件应成套保存：

- USB 主机记录保留 .soilraw 和同名 .soilmeta；
- TF V3 记录保留同次全部编号分片；
- 需要复现分析时保留 .soilanalysisprofile；
- 需要直接查看既有结果时保留与源记录绑定的 .soilanalysis；
- 需要复现通道换算时保留 .soilsensors 和测点表。

USB 记录复制后应执行一次校验记录完整性，看到SHA-256 已验证。TF 记录应由播放器扫描全部分片，确认已提交逻辑块 CRC 有效、存在 END 块且没有 GAP 或冲突。采集界面的 COMPLETE 只说明采集终止流程和计数检查完成，不等于复制后的文件已经再次校验。

正式运行分析时会校验源记录身份。即使只分析 20 秒，数 GiB 原始文件的完整哈希仍可能需要较长时间。经常复查的大文件可保存与原始记录绑定的 .soilanalysis，避免重复计算；打开结果时仍须核对源记录身份。

## 1.3 作业工具与安全准备

- IEPE 加速度传感器及校准证书；
- 备用传感器、同轴线和 USB 线；
- 螺柱、磁座、胶粘座及表面清洁用品；
- 线缆固定带，避免线缆甩动；
- 经验证的 TF 卡和读卡器；
- 机器铭牌照片或额定功率、额定转速、轴承、支承资料；
- 需要阶次分析时的时间-RPM 文件；
- 振动台试验规范、目标谱和容差；
- 力锤证书及 mV/N 灵敏度；
- 用户受控的标准副本和合同限值。

传感器安装、设备启停和试验操作必须服从作业许可、风险评估、能量隔离及现场安全制度。SoilTech 负责采集和分析，不替代设备保护、振动台联锁、急停或安全管理程序。

## 2. 快速入门 workflow

初次使用可按以下顺序完成一次从记录到结果的闭环。各步骤的详细设置见后续章节。

### 2.1 建立采集任务

- 1 整理项目名称、资产编号、测点和通道表。
- 2 按校准证书填写传感器灵敏度及单位。
- 3 根据目标频带选择采样率，根据预估峰值选择输入量程。
- 4 先进入**示波**，核对通道响应、噪声、线缆干扰和 ADC 削顶。
- 5 停止示波后进入**采集**，选择 USB 主机或 TF 卡作为记录目的地。
- 6 填写采集项目信息，确认保存路径和可用空间，再开始记录。
- 7 正常停止并等待界面完成终止统计与文件提交。

### 2.2 检查并回放记录

- 1 打开 .soilraw 或 TF V3 分片。
- 2 核对采样率、量程、过采样、时长、通道数和文件名。
- 3 检查 COMPLETE / INCOMPLETE / INVALID、缺失点、削顶和信号余量。
- 4 USB 记录执行 SHA-256 校验；TF 记录完成全部分片的 CRC、END 和 GAP 检查。
- 5 使用播放、暂停和时间滑块定位稳定区段、瞬态或异常时刻。
- 6 在时域图观察波形和瞬态，在频谱图核对主频、谐波与宽带能量。

显示有波形不等于记录完整。完整性和数据质量确认应先于设备状态解释。

### 2.3 运行本地分析

- 1 在**记录回放**中点击**试验性分析...**。

- 2 选择与记录来源相符的分析场景。
- 3 选择代表性的分析时间段；稳定运行通常先取 20~60 秒。
- 4 填写机器、工况、转速、通道角色、测点、方向、灵敏度和单位。
- 5 保持缺失数据和削顶区段排除开启，检查数据质量。
- 6 点击[运行本地分析](#)。配置不完整时，软件会在扫描数据前标红相关字段。
- 7 先看状态和警告，再看主要发现、图表及结构化明细。
- 8 保存 [.soilanalysisprofile](#) 和与源记录绑定的 [.soilanalysis](#)。

ISO 20816 评价不能只凭一个振动值直接套用 A/B/C/D。机器类型、功率、转速、支承、测点、方向、工况、单位和频带都会影响适用性。

## 2.4 按需使用 AI 辅助分析

AI 分析是本地计算完成后的可选步骤。启用后，软件只发送有界的结构化摘要，不发送逐点原始波形。AI 报告用于整理事实、列出候选原因和复测建议，不能替代本地数值、受控标准、校准证据或责任工程师判断。具体操作和数据边界见专题 B。

## 2.5 导出与归档

- 长记录优先导出 CSV；
- 需要表格交付时可导出 XLSX，大文件会拆分工作表；
- MAT 仅适合规定样本上限内的短区段；
- 原始记录、元数据、传感器配置、分析配置和分析结果成套归档；
- 派生表格不能替代 [.soilraw](#) 原始证据。

软件随附教学样例可用于练习上述流程。该示例数据由软件合成，只用于学习界面、配置和结果解释，不作为现场设备、安全、验收或 ISO 符合性依据。

# 3. 数据采集

## 3.1 安装传感器

先服从作业现场的许可、风险评估和上锁挂牌要求。安装传感器和布线原则上在设备停机、隔离能量后进行；不要为了测量拆除运行设备的防护罩，不要让手、线缆或磁座跨越转轴、联轴器、风扇、皮带和高温表面。安装完成后恢复防护罩，确认人员和工具撤离，再由现场授权人员启动设备。振动台和冲击试验继续使用原控制器的联锁、限位和急停，采集软件不能替代安全系统。

- 1 停止采集后再接线或换线。
- 2 把传感器装在轴承座、机壳或结构的刚性位置，不要装在薄盖板、松动护罩或油漆起皮处。
- 3 螺柱安装重复性最好；磁座适合快速部署，但要清理表面并确认吸附牢靠；胶粘安装要等待固化。
- 4 标记每只传感器的方向。水平、垂直和轴向必须与现场照片及通道表一致。
- 5 固定线缆并留出应力释放，避免线缆摆动把摩擦声传给传感器。
- 6 核对 IEPE 激励硬件跳线和电流设置。软件中的确认框只是人工记录，软件不能开关激励，也不能回读实际电流。

当前板卡不能读取 TEDS、IEPE 偏置或实际恒流值，也不能可靠判断开路 and 短路。不能把界面中的 TEDS 或 IEPE 标志当作在线硬件检测。

### 3.2 启动并连接设备

- 1 启动SoilTech 数据采集与振动分析桌面应用。
- 2 在标题栏最左侧选择设备。
- 3 没有设备时点 刷新。
- 4 点 连接，等待状态变为 已连接。
- 5 出现 Vendor endpoint quarantined、TX timeout 或设备无应答时，先退出 GUI，复位采集板，再启动 GUI。不要连续点击开始。

现场最明确的冷复位方法是：确认没有采集任务 → 退出 GUI → 拔下设备 USB 供电/数据线至少 3 秒 → 重新连接 → 再启动 GUI。若设备另有独立供电，也要按交付的断电步骤重新上电。不要在文件尚未完成时复位。

打开了历史记录时不能开始实时采集。先关闭播放器中的记录，再回到设备采集。

### 3.3 选择采样设置

界面中的四项设置都在开始前完成：

- 采样率系列
- 输出采样率
- ADC 过采样
- 输入电压量程

两个采样率系列：

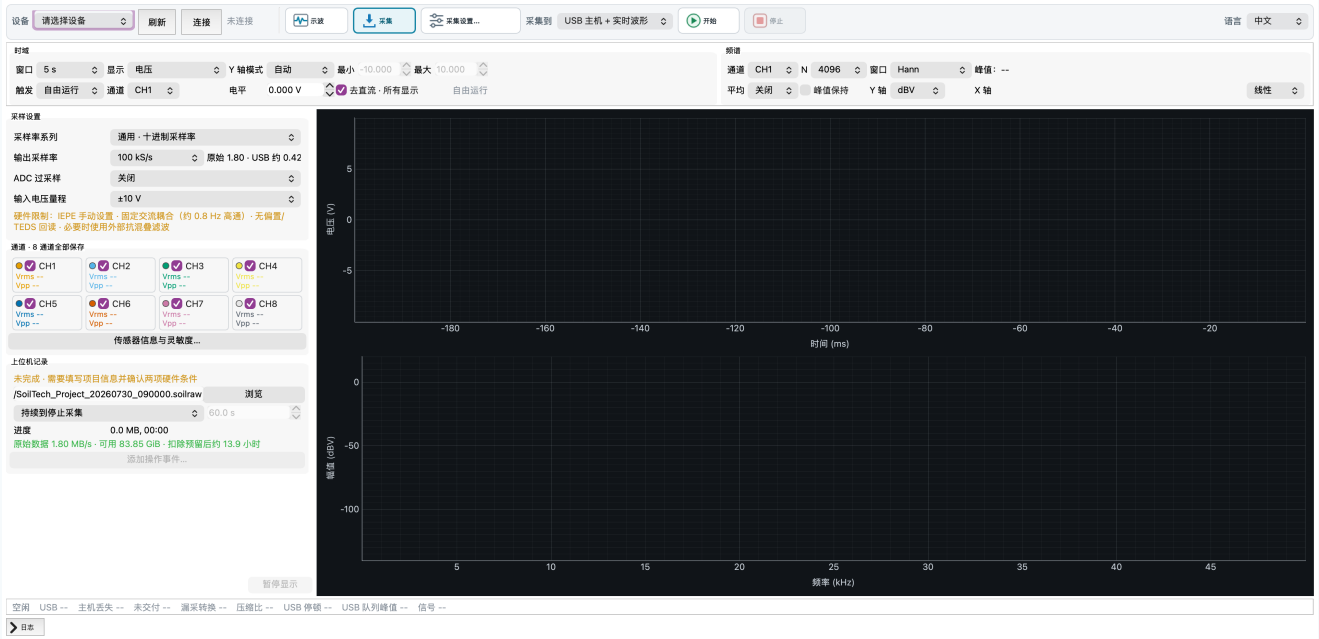
| 系列                   | 可选输出采样率                                        |
|----------------------|------------------------------------------------|
| 通用 · 十进制采样率          | 100、500、1k、5k、10k、20k、50k、100k S/s             |
| IEPE / DSA · 2.56 系列 | 1.28k、2.56k、5.12k、12.8k、25.6k、51.2k、102.4k S/s |

输出采样率是保存到 USB 或 TF 的每通道同步采样率。2×/4×是 ADC 内部过采样，输出采样率和 USB 样本数不变，但 ADC 的 BUSY 时间会增长。

输入量程是八通道共用的真实 ADC 满量程：

- ±2.5 V
- ±5 V
- ±6.25 V
- ±10 V
- ±12.5 V

未知信号或冲击先选 ±10 V 或 ±12.5 V。示波确认峰值留有余量后再缩小量程。缩小量程只能改善码值利用率，不能消除安装噪声、接地噪声或前端本底噪声。



USB 主机采集工作区：先选采样率、过采样、量程和采集目的地，再点击开始

### 3.4 填写传感器信息

点击 **传感器信息与灵敏度...**。要把电压正确换算成工程量，必须填写：

- 灵敏度；
- 灵敏度单位；
- 输出工程单位。

名称、型号、序列号和备注不是数值换算的必填项，但正式项目应尽量填写，便于追溯传感器证书、安装位置和替换记录。

示例：

| 证书内容            | 灵敏度  | 灵敏度单位 | 工程单位 |
|-----------------|------|-------|------|
| 100 mV/g 加速度传感器 | 100  | mV/g  | g    |
| 0.1 V/g 加速度传感器  | 0.1  | V/g   | g    |
| 2.25 mV/N 力锤    | 2.25 | mV/N  | N    |

100 mV/g 与 0.1 V/g 表示同一换算关系，但数值必须与单位配套。无法确认灵敏度时留空，此通道保留为电压，不能假装成加速度。

可把整套八通道信息保存为 **.soilsensors**，下次导入后仍要核对通道是否调换。

### 3.5 先示波

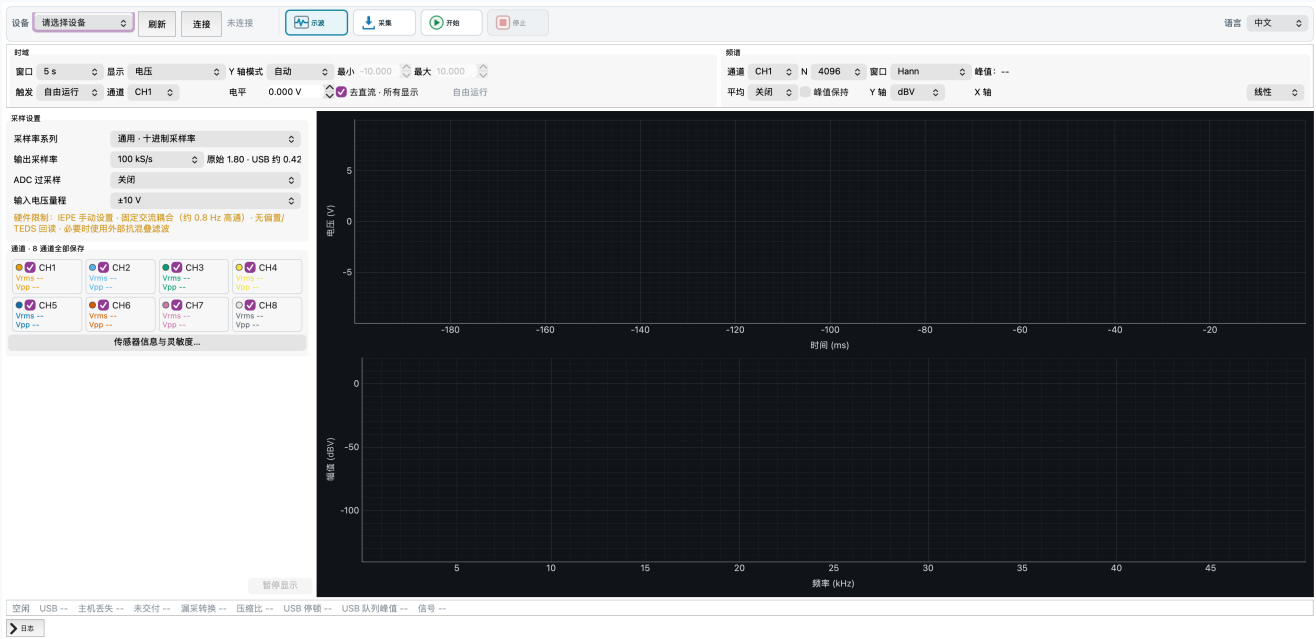
- 1 点击标题栏 **示波**。
- 2 选择采样率、量程和过采样。
- 3 点击 **开始**。
- 4 逐个轻触或轻敲传感器附近，核对通道映射和响应是否存在。
- 5 检查：
  - 静止时是否有异常大噪声；
  - 50/60 Hz 工频是否异常突出；

- 是否出现削顶或近满量程；
- 已有已知方向激励时，各通道极性是否符合传感器箭头和坐标定义；
- 线缆移动是否引入大信号。

1 点击 **停止**，等待设备回到空闲。

通道卡片上的勾选只控制显示，八个物理通道仍全部保存。**暂停显示**只冻结绘图，采样、接收和文件写入继续；它与播放器中的**暂停**不是一回事。**去直流**·**所有显示**只影响显示和读数，不修改原始记录。

轻触或轻敲只能确认“哪个通道有响应”，不能证明极性。极性必须结合传感器箭头、安装方向、坐标正方向和已知方向的激励确认。



示波工作区：示波只观察实时接口，不写入记录文件

### 3.6 正式采集到 USB 主机

- 1 点击 **采集**。
- 2 采集到选择 **USB 主机 + 实时波形**。
- 3 点击 **采集设置...**。
- 4 填写：
  - 采集名称 \*
  - 测试编号
  - 被测设备 / 资产 \*
  - 操作员（选填）
  - 测点（选填）
  - 轴向 / 方向
  - 备注
  - 文件名前缀

1 手工检查 IEPE 跳线后勾选 IEPE 激励确认。

2 阅读固定前端限制后勾选第二项确认。



- 3 选择持续到手动停止，或固定时长。
  - 4 检查保存路径和磁盘余量。
  - 5 点击标题栏 开始。
  - 6 采集中关注：
    - 主机丢失应为 0；
    - 漏采转换最终应为 0；
    - 文件间断应为 0；
    - 信号应有足够 ADC 码值余量，不应显示 CLIP；
    - USB 停顿增加时留意是否随后恢复；
    - USB 队列峰值越接近总槽数，说明本次采集曾经出现过的发送积压越严重。
  - 1 点击 停止后等待终止统计、文件刷新、SHA-256 和 sidecar 完成。
  - 2 只有界面明确显示 COMPLETE，才把本次记录作为采集端完成的数据。
  - 3 复制或归档后，在播放器中执行校验记录完整性；看到SHA-256 已验证后，才确认当前这份副本与采集结果一致。
- 文件名前缀限 1–8 个英文字母、数字、下划线或连字符；开始时自动追加时间戳。

状态栏的含义：

- 未交付 pending stop：采集中尚有最终统计要等停止后确认，运行时出现这段文字通常不是故障；
- 漏采转换：ADC 侧漏掉的转换，停止后的最终值必须为 0；
- USB 停顿：设备曾等待主机，不自动等于丢样；要结合最终丢失、间断和文件状态判断；
- 压缩比：越接近 1×，压缩后数据越大，USB 压力越高；
- USB 队列峰值：从本次启动到当前为止的历史最高占用，不是实时队列深度；例如 6/6 表示至少有一刻没有空余槽，不能据此说它一直满；
- 信号：根据 ADC 码值估计的余量，只能说明数字码值有没有逼近满量程。它不能证明传感器没有过载、IEPE 顺应电压充足，或模拟前端在 ADC 之前没有饱和。

102.4 kS/s、八通道 USB 依赖无损压缩后的数据量。高熵满量程信号不能保证持续通过 Full-Speed USB。任何缺口、ring-full、TX timeout 或计数不一致都会把文件标为 INCOMPLETE。不可重复试验不能只凭“实时波形正常”判断记录成功，应预先验证信号形态、USB 余量和备用记录路径。

### 3.7 正式采集到 TF 卡

- 1 插入已通过写速和长时测试的 TF 卡。
- 2 点击 采集。
- 3 采集到选择 TF 卡 · 无实时波形。
- 4 完成相同的 采集设置...。
- 5 点击 开始。
- 6 记录期间只有本地计时和状态，没有实时波形，这是正常设计。
- 7 点击 停止后等待所有分卷关闭并提交 END 块。
- 8 设备侧应显示 COMPLETE或COMPLETE · RECOVERED，且漏采 0、丢样 0、END 已提交。发生过写错误但数据被精确恢复、没有形成 GAP 时，仍可能显示 COMPLETE · RECOVERED。



- 9 完成前不要拔卡、复位或断电。
- 10 取卡复制后，用播放器完整扫描本次所有分片：每个已提交的逻辑块 CRC 有效、END 汇总有效、没有 GAP 或冲突，才把这份介质数据判作完整。非关键残尾或已放弃物理块可以作为恢复告警保留，不等同于时间线丢失。

没有 END 的中断文件仍可能恢复到最后一个 CRC 有效的已提交逻辑块，但只能标为恢复/不完整，不能伪装成完整采集。

TF V3 的“自描述”只包括容器结构和采样参数，不保存项目单位、资产、操作员、测点、传感器序列号或灵敏度。正式项目还要单独保存 .soilprofile、.soilsensors、项目测点表，并记录每组 TF 分片属于哪个项目。

当前 TF 路径只完成了现有固件和现有卡上的短时板级验证。把 TF 作为不可重复试验的唯一记录路径前，应锁定固件版本、卡型号和供电条件，并至少完成 10 分钟、60 分钟、慢卡、正常停止和掉电恢复验证。未完成这套验证时，同时保留另一条受控记录或先做可重复的预试验。

设备 请选择设备

刷新

连接 未连接

记录

采集

采集设置...

采集到 TF 卡：无实时波形

开始

停止

语言 中文

采样设置

采样率系列 通用·十进制采样率

输出采样率 100 kS/s 原始 1.80·USB 约 0.42

ADC 过采样 关闭

输入电压量程 ±10 V

硬件限制：IEPE 手动设置、固定交流耦合（约 0.8 Hz 高通）、无偏置/ TEDS 回读、必要时使用外部抗混叠滤波器

TF 卡记录

基础文件名 SoilTech\_20260730\_011002

ADC → TF 卡独占通路，记录期间不传输波形；设备自动选择不覆盖已有文件的名称，并在完整结束前提交自描述 V3 容错的 END 记录。

TF 卡独占采集

就绪

已采集 00:00

开始采集时分配 TF 文件名

ADC 数据直接写入 TF 卡，记录期间不向本机发送波形或采样数据，界面仅显示本地计时以及最终成功/错误结果。

日志

TF 卡独占采集工作区：记录期间不向主机传输样本或波形

## 4. 回放和全量导出

### 4.1 打开记录

从统一界面选择文件 → 打开离线数据播放器…。若交付版本提供独立播放器入口，也可直接启动播放器。

主机 USB 记录的 .soilraw 和 .soilmeta 必须一起保存和移动。TF V3 是自描述分卷，不使用 .soilmeta；同一次记录的所有分片要放在一起。TF 的自描述信息只覆盖容器和采样参数，项目单位、项目、测点及传感器灵敏度仍要靠外部项目资料恢复。

打开后先核对：

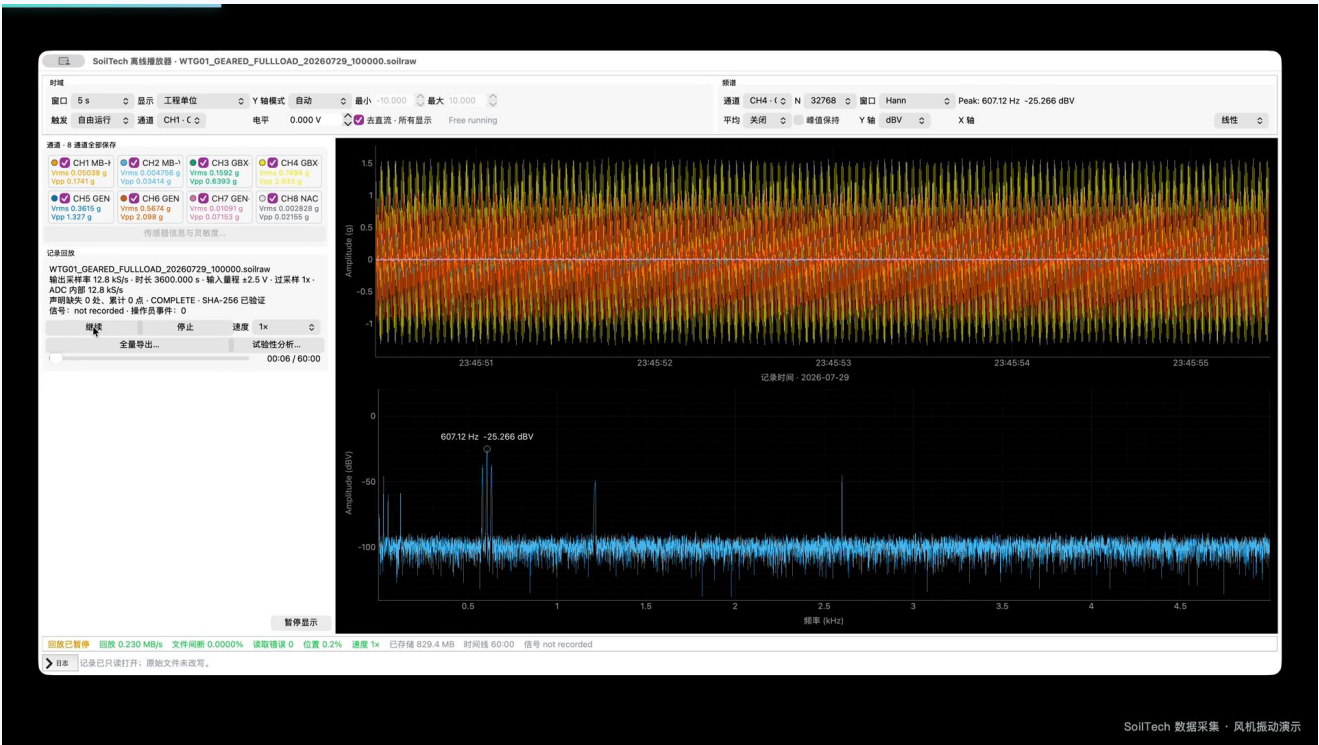
- 文件名和项目；
- 输出采样率；
- 输入量程；
- ADC 过采样；
- 时长和通道数；
- COMPLETE / INCOMPLETE / INVALID；

- 声明缺失点；
- 削顶和信号 headroom。

USB 文件复制后点**校验记录完整性**，确认 **SHA-256 已验证**。TF 文件要让播放器扫完全部分片，确认每个已提交的逻辑块 CRC 有效、END 汇总有效且没有 GAP 或冲突；残尾等物理恢复警告要另行记录。打开保存的 **.soilanalysis** 只会核对其中声明的源记录引用，不会替你重新哈希整份原始文件。

## 4.2 播放器按钮

- **暂停 / 继续**：暂停或继续记录时间推进；
- **停止**：停止并回到起点；
- **速度**：改变回放速度，不改变原始时间轴；
- **时间滑块**：跳到指定位置；
- **全量导出...**：导出整段或指定区间；
- **试验性分析...**：打开本地分析；
- 备用入口：**工具** → **试验性分析...**；
- 快捷键：**Ctrl+Shift+A**。



离线播放器：记录摘要、八通道、时间轴、时域波形和频谱保持同步

## 4.3 导出

可选择：

- 电压；
- 传感器工程量；
- CSV；
- XLSX；
- MAT。

CSV 兼容性最好，也最适合长记录的流式导出，但文件会很大。XLSX 单工作表最多 1,048,576 行，大记录会自动拆表，生成速度通常比 CSV 慢。当前 MAT 导出不是流式路径，最多处理 2,000,000 个时间样本；100 kS/s 约 20 秒，102.4 kS/s 约 19.5 秒。因此长时、高采样率数据优先使用 CSV，XLSX 适合需要直接交付表格的软件用户，MAT 只用于较短区段。

选择**传感器工程量**时，播放器只使用采集时已经写入记录元数据的灵敏度。后来在分析窗口中填写的灵敏度不会反写到播放器导出。USB 主机记录可从 `.soilmeta` 恢复这项信息；TF V3 当前不保存传感器灵敏度，播放器也没有把外部 `soilsensors` 注入 TF 导出的功能，因此 TF 全量导出当前只能输出电压 V。需要工程量时，先按 V 导出，再在下游按受控的传感器配置换算。导出文件是派生数据，不能替代 `.soilraw` 原始证据。

## 5. 本地分析

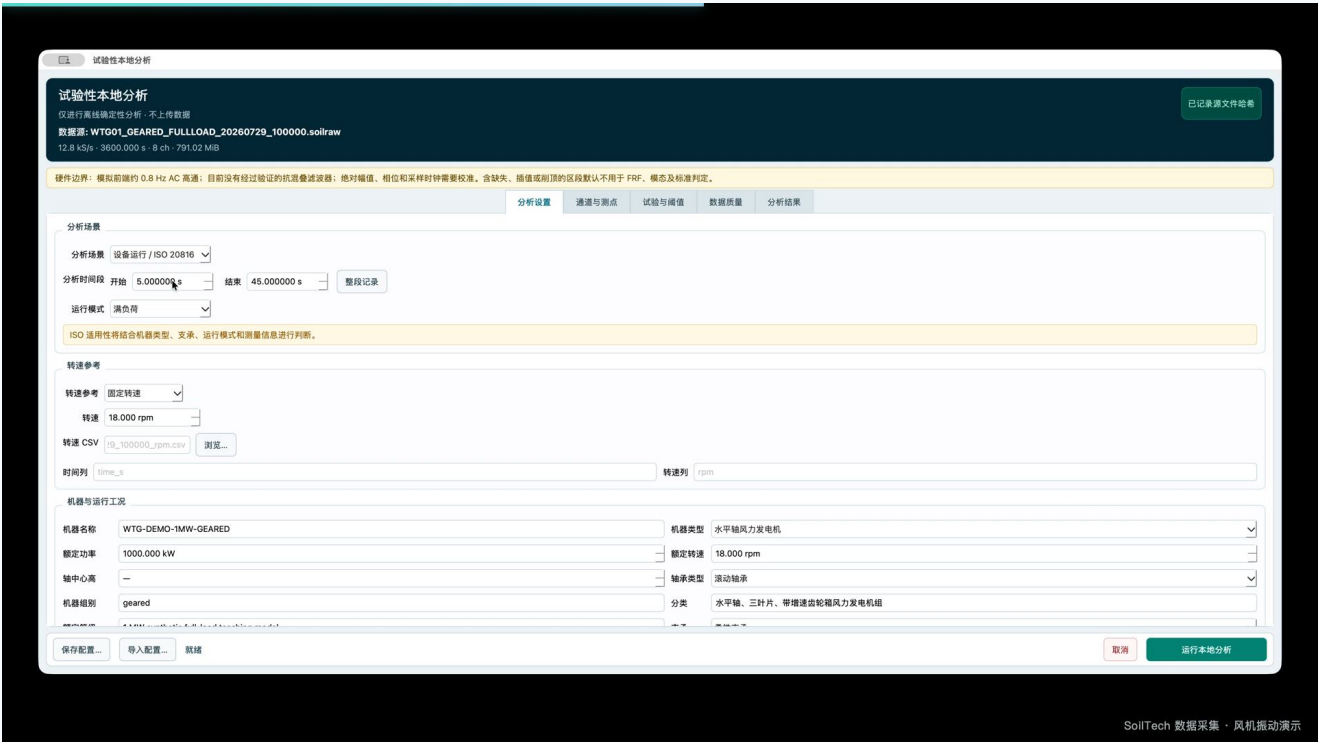
分析窗口标题为 **试验性本地分析**，副标题为**仅进行离线确定性分析 · 不上传数据**。

五个页签：

- 1 分析设置
- 2 通道与测点
- 3 试验与阈值
- 4 数据质量
- 5 分析结果

底部按钮：

- 保存配置...
- 导入配置...
- 取消
- 运行本地分析



分析设置：先定义分析区间、运行模式、转速、机器和工况

## 5.1 所有场景都要填的内容

- 1 选择与真实试验相符的[分析场景](#)。
- 2 设置[分析时间段](#)；第一次先选代表性的短区段。
- 3 已有受控配置时，点[导入配置...](#)载入，再逐项核对其与当前记录是否一致。
- 4 选择记录当时的真实[运行模式](#)。
- 5 在[通道与测点](#)中只启用实际有意义的通道。
- 6 给通道指定角色、测点、方向、灵敏度和单位。
- 7 保持[去直流](#)、[排除缺失数据](#)、[排除削顶区段](#)开启。
- 8 首次使用保持 Hann 窗和 50% Welch 重叠率。
- 9 对已经导入且没有再编辑的配置，可点一次[数据质量](#) → [刷新质量检查](#)查看概况。
- 10 点[运行本地分析](#)；开始前的红色预检会先完成，最终结果中的数据质量才是本次设置的权威判断。

当前版本的独立[刷新质量检查](#)可能仍按上一次加载或保存的分析配置检查。若刚改过时间段、通道或排除条件，应先保存并重新导入配置，或者直接运行本地分析，不要只依赖旧的质量概况。刷新和运行都会计算源文件身份，大文件不要反复刷新。

这里的[去直流](#)只对 Welch/FFT 路径做去均值处理，基础时域 RMS、峰值等统计不会随这个复选框一起重算。它也不同于主界面的[去直流 · 所有显示](#)；后者只影响实时显示和读数，二者都不修改原始样本。

## 5.2 红色提示怎么处理

出现：

请先修正下列已标红的设置，再开始分析。

说明配置预检没有通过，后台分析没有启动，也没有开始扫描大段样本。界面会：

- 在顶部一次列出所有问题；
- 给有问题的页签加红点；
- 把具体字段边框标红；
- 自动切换到第一个问题页；
- 底部显示分析尚未启动。[N 项设置问题](#)。

修改任意字段后旧提示会清除。按顶部清单逐项修正，再点一次[运行本地分析](#)。

试验性本地分析

仅进行离线确定性分析 · 不上传数据

数据源: preflight-source.soilraw

102.4 kS/s · 10.000 s · 8 ch · 0.00 MiB

已记录源文件哈希

硬件边界: 模拟前端约 0.8 Hz AC 高通; 目前没有经过验证的抗混叠滤波器; 绝对幅值、相位和采样时钟需要校准。含缺失、插值或削顶的区段默认不用于 FRF、模态及标准判定。

请先修正下列已标红的设置, 再开始分析。  
1. 振动台场景必须选择正弦扫频、定频驻留、随机或冲击。 [test.excitation]  
2. 正弦试验需要一个启用的台面/基准参考通道。 [test.reference\_channel]  
3. 振动台试验至少需要一个响应通道。 [channels]

分析设置

通道与测点

试验与阈值

数据质量

分析结果

试验定义

激励方式

未指定

参考通道

—

目标谱 CSV

浏览...

试验规范

响应容差

—

备注

本地分析参数

窗函数

Hann

Welch 重叠率

50.0 %

☒ 去直流

☒ 排除缺失数据

☒ 排除削顶区段

保存配置...

导入配置...

分析尚未启动。3 项设置问题

取消

运行本地分析

开始前检查会同时标红页签和字段

### 5.3 结果页怎么读

按这个顺序：

- 1 看状态；
- 2 看主要发现；
- 3 看警告与适用性；
- 4 在图表下拉框切换结果；
- 5 最后看结构化明细。

状态：完成只表示计算过程完成，不代表机器健康、合同通过或 ISO 合格。

“没有报告主要发现”也不等于没有计算。主要发现区优先放规则判断和算法选出的关键项目，例如 ISO 分区、合同限值、目标谱容差或驻留频率；它不是完整统计表。普通统计值和谱结果仍在图表及结构化明细中。

设备运行场景的最低验收方法：

- 顶部应显示状态：完成；
- 图表下拉框至少应有幅值谱密度；
- 灵敏度可以换算成加速度时，还应看到带限速度相关图表和数值；
- 详细数值在结构化明细中展开 metrics，重点找 basic\_statistics、dominant\_spectral\_peaks 和 band\_limited\_velocity；
- 只有结果状态失败、图表下拉为空且导致分析失败的错误有内容时，才属于真正没有分析结果。

采用 Welch 方法估计功率谱密度（PSD）时，图中显示的是其平方根幅值谱密度（ASD）。PSD 的单位是“量<sup>2</sup>/Hz”，ASD 的单位是“量/√Hz”。不要把 ASD 当成普通 FFT 幅值。



完成表示算法完成, 适用性要另看警告区

## 6. 一次可复现的普通机器分析

以下示例适合电机、泵或风机的稳定运行数据。表中数值只是填写格式，机器分类必须以设备铭牌、受控资料和作业事实为准。

### 6.1 采集建议

- IEPE / DSA 系列 25.6 kS/s，适合先观察约 10 kHz 以内内容；
- 未知信号先用  $\pm 10\text{ V}$ ；
- 初次部署先用  $\times 1$ ；有明确降噪目的并完成 USB/TF 压力验证后再用  $\times 2/\times 4$ ；
- USB 主机记录 30~60 秒；
- 机器达到稳定转速、负荷和温度后开始；
- 驱动端和非驱动端优先布置水平、垂直、轴向测点。

当前前端没有经过验证的可编程抗混叠滤波器。若正式分析频带有严格上限，应配置相应外部模拟低通并完成链路验证。

### 6.2 分析设置

- 分析场景：设备运行 / ISO 20816
- 分析时间段：稳定的 20~60 秒
- 运行模式：例如额定稳态、满负荷或在役监测
- 转速参考：稳态普通分析可选无转速参考；已知恒速可填固定转速
- 机器名称：项目设备编号

- 机器类型：电动机、泵、风机等真实类型
- 额定功率、额定转速、轴中心高：按铭牌
- 轴承类型：按设备资料
- 机器组别、分类、额定等级：只有能从受控标准和设备资料确认时才填
- 支承和支承方向分类：按现场结构
- 负荷、温度、旋向、达到热稳态：按记录当时状态

一套能触发 ISO 20816-3 自动匹配的测试资料可能包含：工业电动机、100 kW、1500 rpm、滚动轴承、group2、刚性支承、径向轴承座测点、额定稳态。只有实际设备确实符合这些条件时才能这样填写，不能照抄示例换取分区。

6.3 通道与测点

示例：

| CH1  |         |
|------|---------|
| 名称   | 驱动端水平   |
| 角色   | 响应加速度   |
| 部件   | 电机驱动端轴承 |
| 测点   | DE-H    |
| 方向   | 水平      |
| 灵敏度  | 按证书     |
| 单位   | mV/g    |
| 工程单位 | g       |

| CH2  |         |
|------|---------|
| 名称   | 驱动端垂直   |
| 角色   | 响应加速度   |
| 部件   | 电机驱动端轴承 |
| 测点   | DE-V    |
| 方向   | 垂直      |
| 灵敏度  | 按证书     |
| 单位   | mV/g    |
| 工程单位 | g       |

| CH3  |         |
|------|---------|
| 名称   | 驱动端轴向   |
| 角色   | 响应加速度   |
| 部件   | 电机驱动端轴承 |
| 测点   | DE-A    |
| 方向   | 轴向      |
| 灵敏度  | 按证书     |
| 单位   | mV/g    |
| 工程单位 | g       |



| CH4-CH8 |     |
|---------|-----|
| 名称      | 未接  |
| 角色      | 不使用 |
| 部件      | —   |
| 测点      | —   |
| 方向      | —   |
| 灵敏度     | —   |
| 单位      | —   |
| 工程单位    | —   |

方向不要只依赖下拉框。把 H/V/A、X/Y/Z 或径向/轴向同时写进通道名称和测点编号，并保留现场照片，后续才能确认坐标和极性。

6.4 试验与阈值

- 标准分册：自动判断适用性
- 评价目的：按项目选择在役运行监测、验收试验、调试 / 基线或诊断性分析
- 测量量：非旋转部件振动
- 指标标识：broadband\_velocity
- 统计量：有效值
- 窗函数：Hann
- Welch 重叠率：50%
- 去直流：开
- 排除缺失数据：开
- 排除削顶区段：开

初次配置不要修改 ISO 推荐值。项目有明确的带限速度 RMS 最大限值时，可另外启用合同限值，并填写 mm/s 最大限值。其他量纲先作为人工合同条款复核，不要暗示当前路径都会自动判断。合同判断和 ISO 分区应分别说明。

6.5 结果解释

- 带限速度 RMS, mm/s：机器在规定频带内的整体振动强度；
- 主频峰：最强的频率成分，不自动等于故障频率；
- A/B/C/D：特定分册、机器分类、测点、工况和频带下的分区；
- 信息不足：有数值，但缺少标准判定所需证据；
- 不适用：已知条件表明所选规则不适合；
- 有条件适用：仍须满足结果列出的附加条件。

常见分册方向：

| 分册          | 常见对象       |
|-------------|------------|
| ISO 20816-1 | 一般指导       |
| ISO 20816-2 | 大型燃气轮机和汽轮机 |
| ISO 20816-3 | 常见工业机械     |



| 分册          | 常见对象   |
|-------------|--------|
| ISO 20816-4 | 燃气轮机   |
| ISO 20816-5 | 水力机械   |
| ISO 20816-8 | 往复式压缩机 |
| ISO 20816-9 | 齿轮装置   |

自动匹配只是软件筛查。正式合同、认证或安全结论仍要以用户受控标准、校准证据和责任工程师复核为准。

## 专题 A. 随附教学样例：一小时风机记录

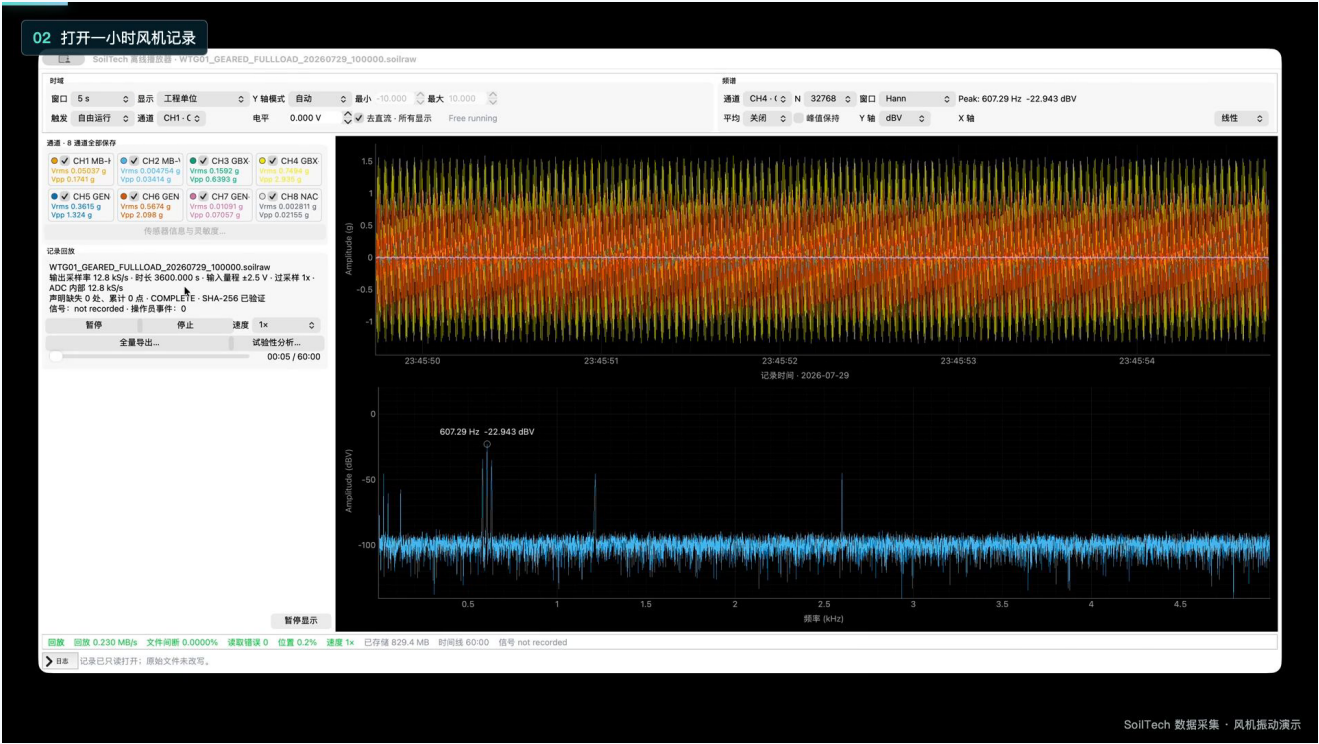
本专题使用软件随附的一小时风机教学样例。该示例数据由软件合成，用于学习 播放器操作、分析配置和结果解释；它不来自实际设备，不能用于设备安全、验收、性能验证或 ISO 符合性结论。

### A.1 记录和传感器

| 项目      | 设置                                            |
|---------|-----------------------------------------------|
| 文件      | WTG01_GEARED_FULLLOAD_20260729_100000.soilraw |
| 通道      | 8 通道同步                                        |
| 输出采样率   | 12.8 kS/s                                     |
| 记录时长    | 3600 s                                        |
| 输入量程    | ±2.5 V                                        |
| ADC 过采样 | 1×                                            |
| 同步采样组   | 46,080,000                                    |
| 数据质量    | 缺失、插值、计数中断和削顶均为 0                             |
| 传感器     | 8 只 IEPE 加速度计，100 mV/g                        |

通道和测点：

| 通道  | 测点       | 方向 | 部件  |
|-----|----------|----|-----|
| CH1 | 主轴承轴承座侧面 | 水平 | 主轴承 |
| CH2 | 主轴承轴承座顶部 | 垂直 | 主轴承 |
| CH3 | 齿轮箱低速输入端 | 水平 | 齿轮箱 |
| CH4 | 齿轮箱高速输出端 | 水平 | 齿轮箱 |
| CH5 | 发电机驱动端   | 水平 | 发电机 |
| CH6 | 发电机驱动端   | 垂直 | 发电机 |
| CH7 | 发电机非驱动端  | 水平 | 发电机 |
| CH8 | 机舱底座     | 垂直 | 机舱  |

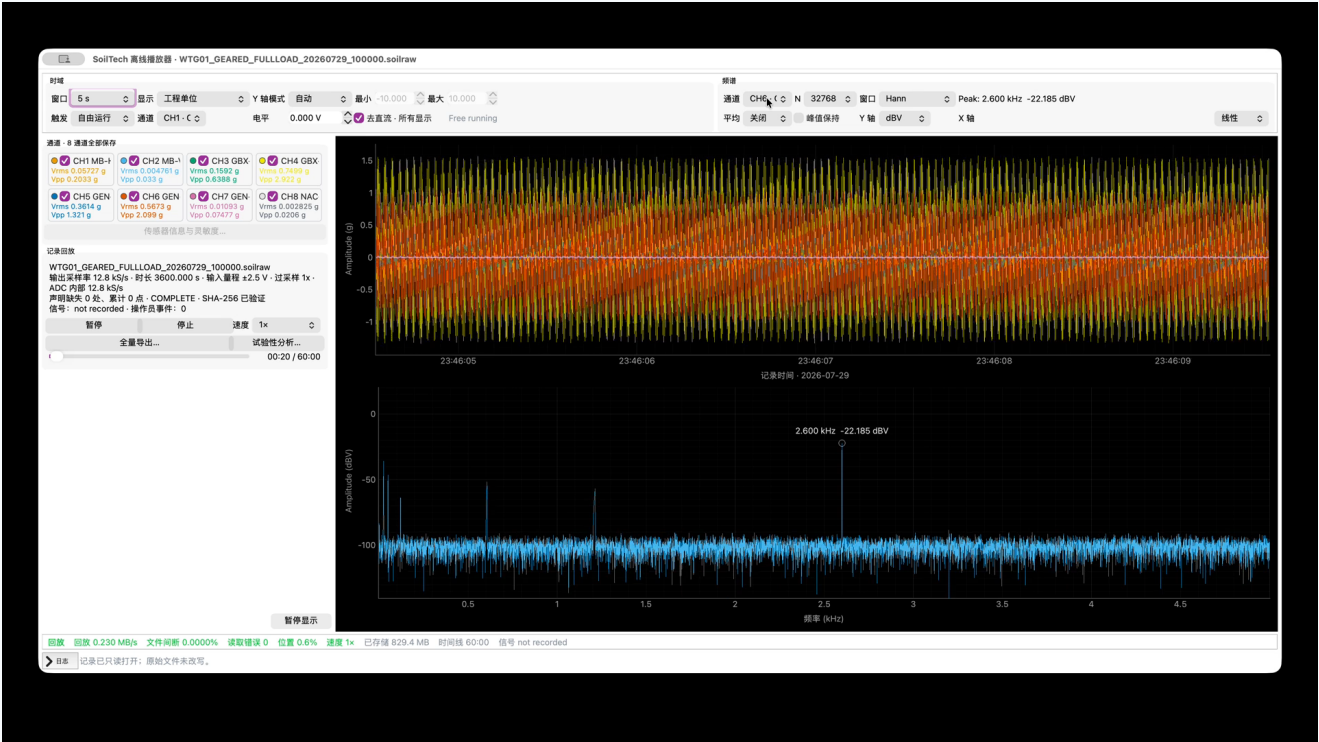


打开记录后先核对采样率、时长、通道、完整性和哈希状态

## A.2 播放器怎么设置

- 1 时间窗选 5 s。
- 2 显示选传感器值。
- 3 开启去直流 · 所有显示。
- 4 频谱通道先选 CH4，N 选 32768，窗函数选 Hann。
- 5 再切到 CH6 和 CH2/CH7 作为对照。
- 6 用暂停和时间滑块定位，不要把显示开关误认为存储开关。

CH4 的高分辨率播放器频谱可以看到约 599.1 Hz 的突出成分，以及约 574 Hz 和 624 Hz 的对称边带。CH6 的已报告主峰约为 2600 Hz。播放器使用 32768 点频谱，而本地结构化摘要的默认 Welch 设置可能报告约 603.125 Hz；这是不同频率分辨率和估计方法造成的差异。说明结果时应写成“约 599–603 Hz 的显著高速端成分”，并注明所用分析设置。

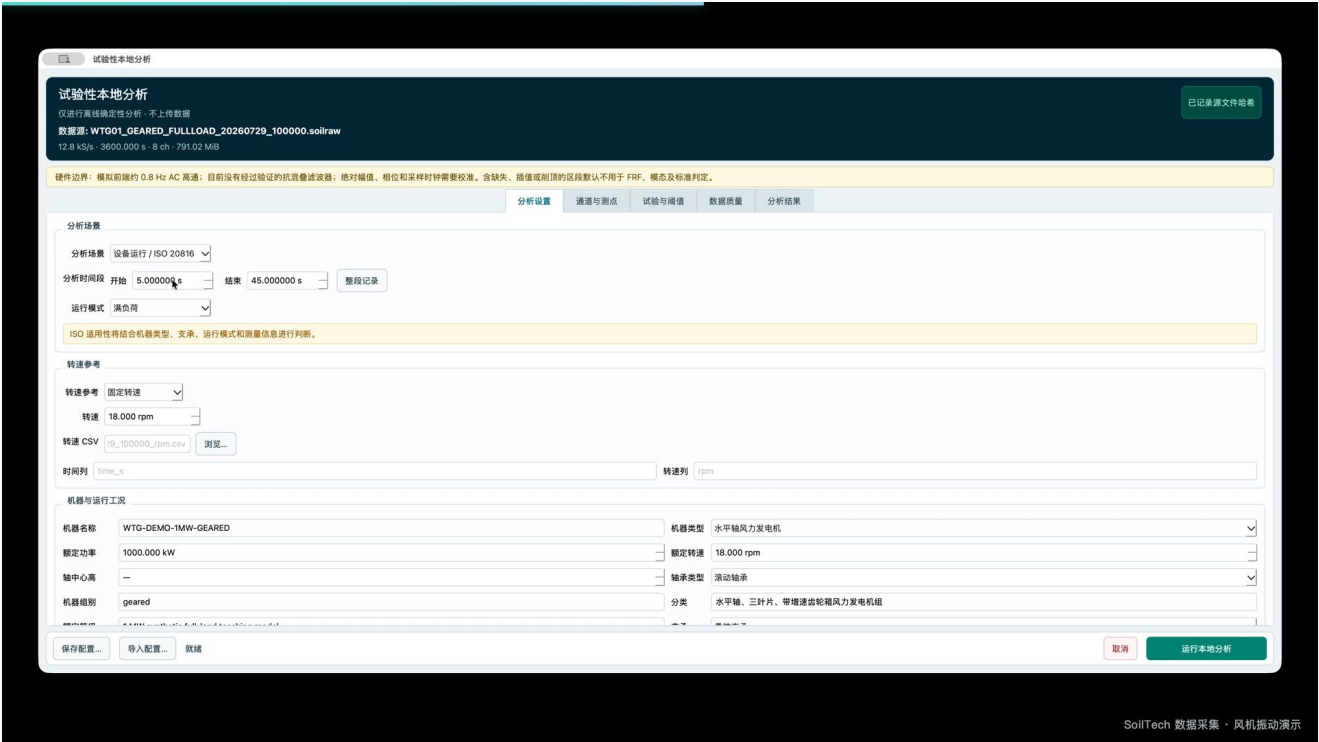


时域与频域联动：CH6 可见约 2600 Hz 的窄带响应

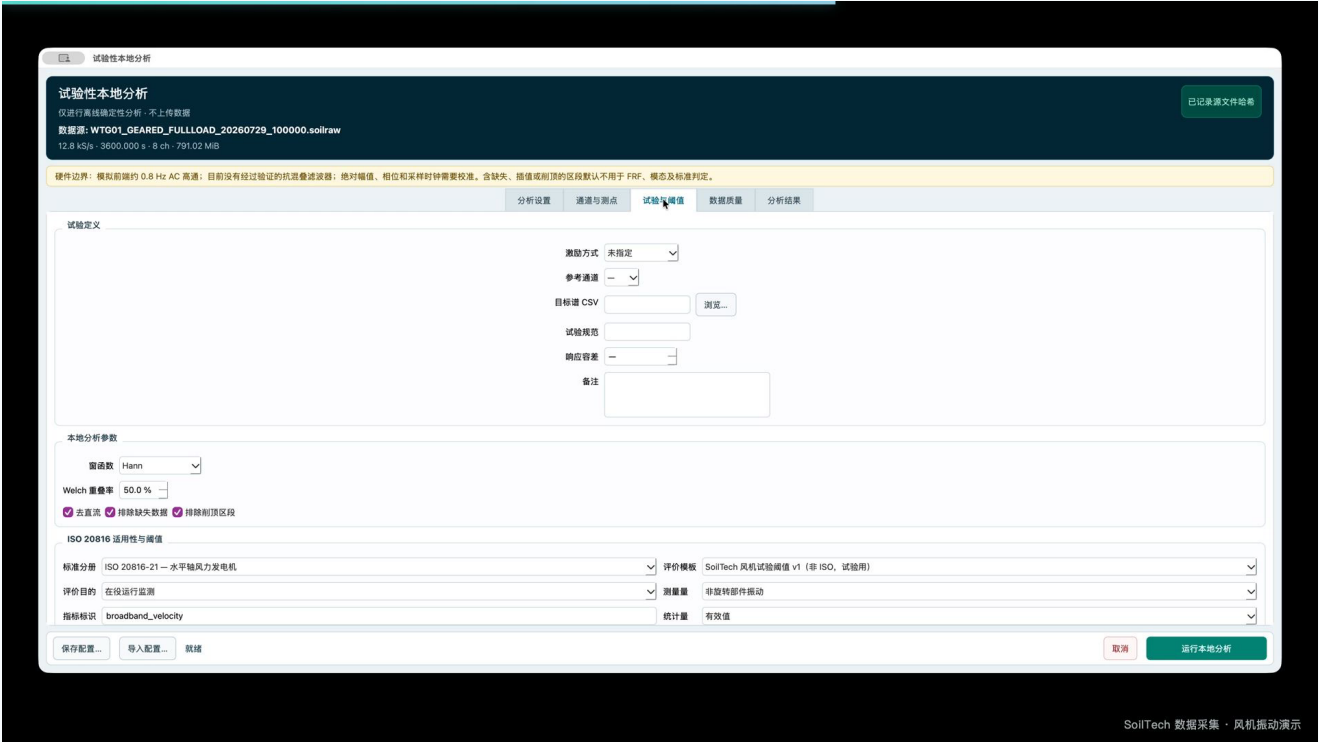
A.3 本地分析配置

| 配置组   | 推荐值                      |
|-------|--------------------------|
| 场景    | 设备状态 / ISO 20816         |
| 分析区间  | 5–45 s                   |
| 运行模式  | 满负荷连续运行                  |
| 转速参考  | 固定 18 rpm，代表风轮/主轴转速      |
| 机器    | 1 MW、水平轴、齿轮传动风机          |
| 轴承    | 滚动轴承                     |
| 支承    | 柔性、方向相关                  |
| 负荷和温度 | 85%，48 °C，热稳态            |
| 标准分册  | ISO 20816–21 适用性辅助检查     |
| 风机组别  | Group 1，齿轮传动             |
| 项目阈值  | SoilTech 风机试验阈值 v1，非 ISO |
| 计算设置  | Hann、50% 重叠、去直流、排除缺口和削顶  |

导入 `.soilanalysisprofile` 后仍要逐项核对。配置文件可以减少重复输入，但 不能证明实际机器、测点和工况与模板相同。



风机案例的分析区间、转速、机器和工况设置



ISO 20816-21 适用性与 SoilTech 非 ISO 项目阈值应分开理解

A.4 本地结果怎么读

本地分析使用 5–45 s，共 512,000 组有效样本，约 1.28 s 完成并生成 7 张图。项目区域统计为 A 5 项、B 3 项、C 3 项、D 3 项；另有 8 项低频评价信息不足。

| 通道  | 加速度项目区 | 速度项目区 | 工程解释                     |
|-----|--------|-------|--------------------------|
| CH1 | A      | B     | 主轴承水平速度升高，应和 CH2 及历史趋势比较 |
| CH2 | A      | A     | 主轴承垂直低幅对照，不等于绝对健康        |
| CH3 | B      | C     | 齿轮箱低速端整体振动偏高，建议复测        |

| 通道  | 加速度项目区 | 速度项目区 | 工程解释                    |
|-----|--------|-------|-------------------------|
| CH4 | D      | B     | 高速端高频加速度明显，优先检查啮合与结构响应  |
| CH5 | C      | C     | 发电机驱动端水平振动升高            |
| CH6 | D      | D     | 发电机驱动端垂直方向优先复查          |
| CH7 | A      | A     | 发电机非驱动端低幅对照             |
| CH8 | 无      | 无     | 0.1–10 Hz 完整频带受硬件低频边界限制 |

这组结果说明振动升高主要集中在齿轮箱高速端和发电机驱动端，而不是八个 通道同时整体升高。CH4 的啮合相关响应支持进一步检查齿轮啮合调制、偏心、 对中或局部齿面状态，但单次记录不能确定具体故障。CH6 的 2600 Hz 高频响应提示发电机驱动端可能存在局部共振、轴承相关激励或传递路径放大，需要轴承 参数、包络谱、相位和复测验证。

项目 D 只表示数值超过 SoilTech 当前内部试验策略的 C/D 分界，用于安排 复查优先级。它不是 ISO 20816–21 Annex A 分区，也不自动等同于故障确认、 停机要求或验收不合格。

八项低频“信息不足”的原因是当前 IEPE 模拟前端约有 0.8 Hz 交流高通， 不能声称完整覆盖从 0.1 Hz 开始的频带。这是测量链边界，不是机器故障， 也不是软件分析失败。



先看主要发现和适用性，再看图表；项目 D 是内部筛查，不是已确认故障

## 专题 B. DeepSeek V4-Pro 辅助分析

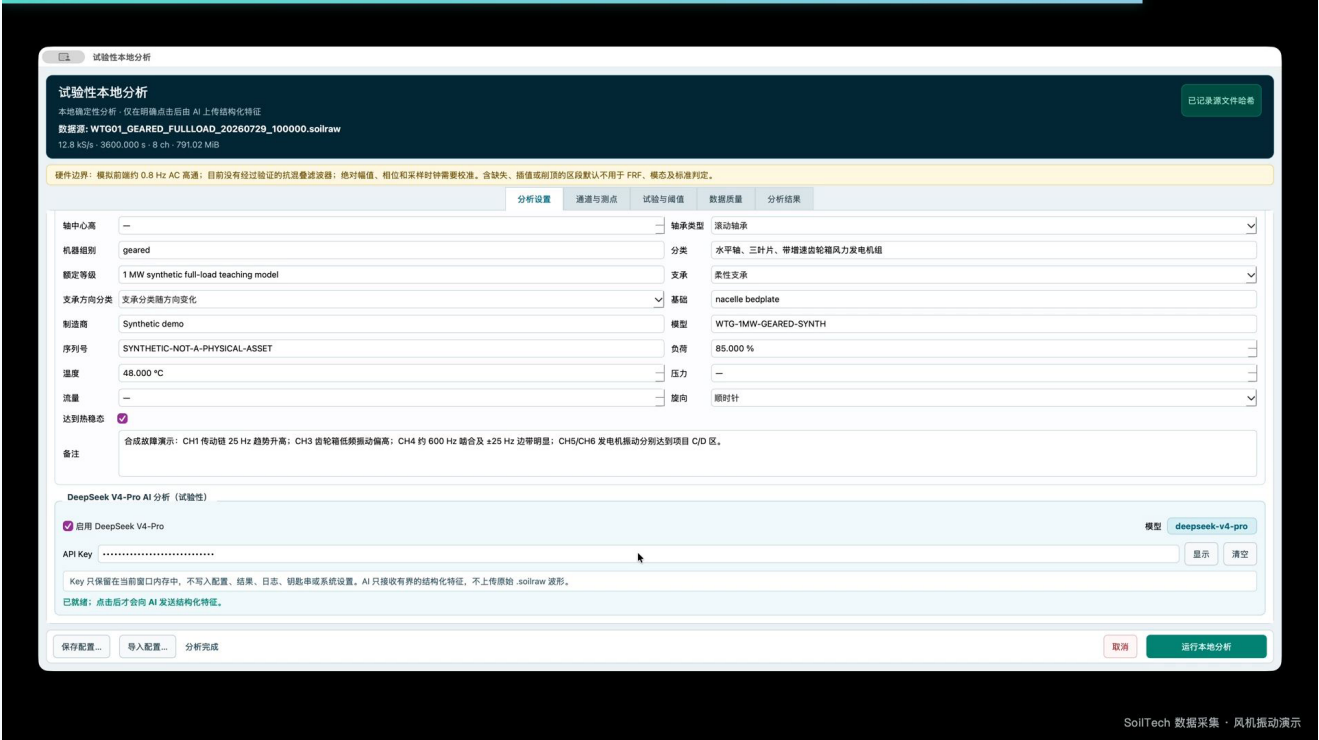
AI 是本地分析之后的可选步骤。正确顺序是“本地计算事实 → AI 整理解释 → 工程师复核”，而不是把原始波形直接交给模型猜故障。

### B.1 启用与运行

- 在分析设置底部勾选启用 DeepSeek V4–Pro。
- 在掩码输入框中填写 API Key。
- 先运行并完成本地分析。

- 4 进入分析结果 → AI 分析。
- 5 点击运行 AI 分析，等待请求完成。
- 6 核对模型、载荷大小、原始波形字节数、Token 和报告完整状态。
- 7 将报告逐项与本地结果对照，再复制或保存。

API Key 只在当前窗口进程内存中使用，不写入配置、分析结果、日志、系统设置 或 钥匙串。点击清空后不可通过撤销恢复。说明书、截图和交付文件中都不能出现 真实 Key。



DeepSeek 设置位于本地分析配置底部；Key 始终以掩码显示

## B.2 发送什么，不发送什么

发送的是有界结构化摘要：

- 数据质量和分析区间；
- 机器、工况和测点；
- 频带 RMS、项目分区和每通道已报告主峰；
- 硬件、频带、校准和标准适用性边界。

不发送：

- 逐点原始波形；
- 本机绝对文件路径；
- 操作员身份；
- 传感器序列号；
- API Key。

随附教学样例的一次 AI 分析中，结构化载荷约 30,410 B，原始波形为 0 B，模型响应约 81.6 s。响应时间取决于网络和服务状态，不是固定性能指标。AI 服务需要联网；本地分析和历史回放不依赖 AI 服务。

## B.3 AI 的实际价值

AI 可以：

- 把分散的本地事实整理成易读报告；
- 区分测量事实、工程假设和缺失证据；
- 按优先级整理可能原因和替代解释；
- 生成复测、趋势对比、参数补录和现场检查清单；
- 帮助初学者更快理解结果；
- 帮助有经验的工程师查漏补缺并形成报告初稿。

AI 不能：

- 修改或替代本地确定性数值；
- 补造未上传的频率、边带或相位证据；
- 把项目分区改称 ISO 分区；
- 代替校准、验收、认证或责任工程师签字；
- 控制机器、振动台或保护回路；
- 给出自动停机、放行或安全决策。

## B.4 为什么必须工程复核

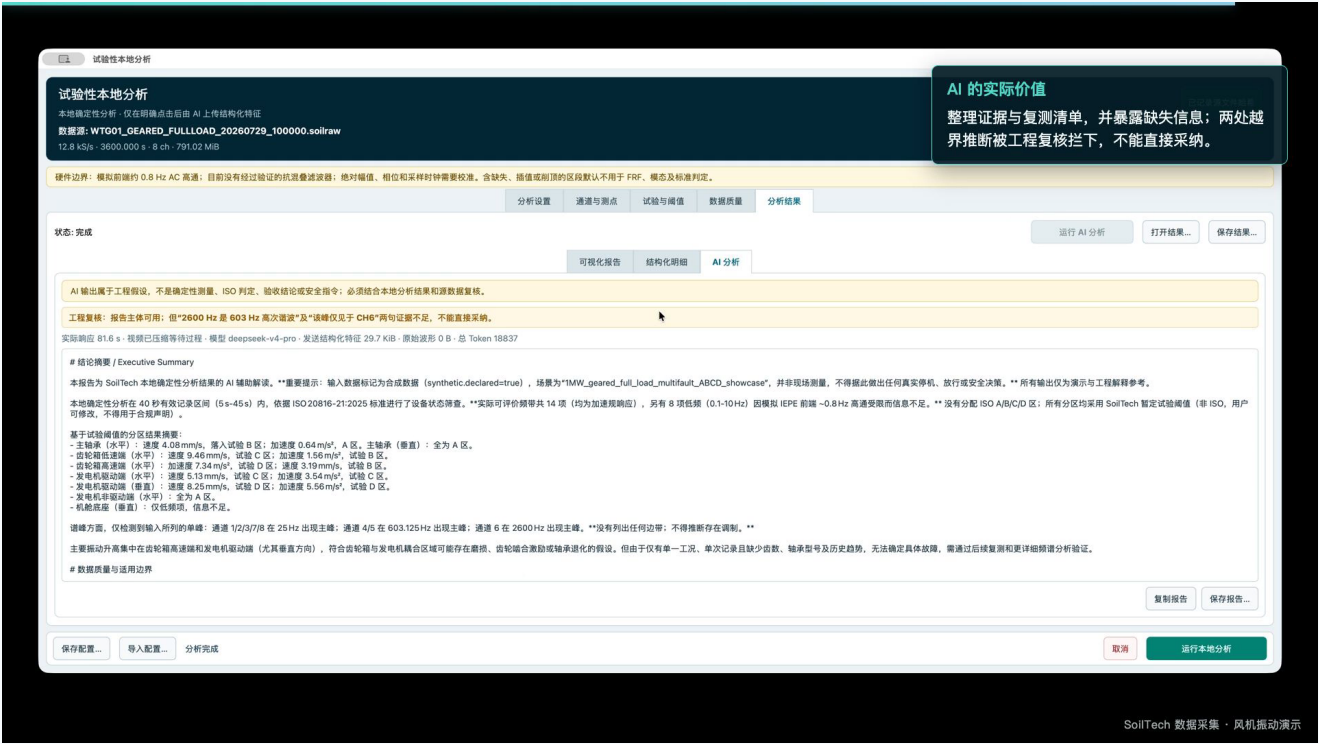
本次真实 DeepSeek 响应主体结构可用，但工程复核发现两处证据越界：

- 1 把 2600 Hz 称为 603 Hz 的高次谐波；两者比值约为 4.31，不是整数倍；
- 2 断言 2600 Hz 只出现在 CH6；输入只给了每个通道的一个主峰，不能证明

其他通道不存在 2600 Hz。

这两处并不意味着 AI 没有价值，而是说明它适合做解释、归纳、提醒和复测计划，不适合覆盖本地算法或替代工程师判断。正式报告应把 AI 输出标为辅助意见，并保留人工复核记录。





AI 报告应与本地结果并排复核；橙色提示明确拦截了两处证据不足的推断

## B.5 AI 报告交付检查表

- ☐ 报告已声明数据来源和分析区间
- ☐ 本地数值与 `.soilanalysis` 一致
- ☐ 项目分区没有被写成 ISO 分区
- ☐ “信息不足”没有被改写为通过或失败
- ☐ 所有故障名称都标为假设、候选或待验证
- ☐ 没有自动停机、放行或安全指令
- ☐ 已列出缺少的转速、轴承、相位、包络或趋势证据
- ☐ 已给出可执行的复测和现场检查计划
- ☐ 责任工程师已记录采纳、修改或拒绝的理由

# 7. 启停、变速与阶次分析

## 7.1 需要什么

- 至少一个响应加速度通道；
- 恒速时填写固定 RPM；
- 真正升速或降速时提供覆盖整个分析区间的时间-RPM CSV。

当前版本不会自动解码测速脉冲，也没有键相同步和等角重采样。把通道角色设成**转速参考**并不会自动生成转速曲线。

## 7.2 RPM CSV

UTF-8 文件示例：

```
time_s,rpm
```



0.000,600  
1.000,720  
2.000,900  
3.000,1100  
4.000,1500

要求：

- `time_s`严格递增；
- `rpm`全部大于 0；
- 时间覆盖所选分析区间；
- 时间相对整份记录起点，不是截取段重新从 0 开始；
- GUI 中时间列和转速列与表头完全一致。

## 7.3 操作

- 1 场景选启停、变速与阶次分析。
- 2 时间段覆盖完整升速、降速或恒速停留。
- 3 运行模式选升速、降速 / 滑行或恒速停留。
- 4 转速参考选固定转速或时间-RPM CSV。
- 5 响应通道角色设为响应加速度。
- 6 激励方式可记录为升速 / 滑行。
- 7 保持 Hann、50% 重叠和质量排除项。

## 7.4 看什么

- Campbell 图中随转速移动的斜线；
- 固定频率的横线；
- 0.5x、1x、2x至 6x幅值随转速的变化；
- 某个转速区间是否出现明显幅值抬升。

当前 Campbell 热图只为“启用的响应通道中编号最小的那一路”生成；各阶次幅值仍会为全部启用的响应通道计算。需要比较多通道热图时，应分别调整启用通道后重算，或在外部工具中处理。

阶次定义：

阶次 = 频率 / 转频  
转频 = RPM / 60

1x突出常与旋转同步现象有关，2x突出可能提供不对中等线索，但都不能单独确定故障。当前相位是 FFT 分析窗相位，不是轴相位，也不能直接用于现场动平衡配重。

## 8. 振动台试验

### 8.1 接线

正弦扫频和定频驻留至少需要：

| 通道      | 位置       | 角色         |
|---------|----------|------------|
| CH1     | 台面或夹具控制点 | 振动台 / 基座参考 |
| CH2-CH8 | 试件关键位置   | 响应加速度      |

在[试验与阈值](#)中的[参考通道](#)再次选择 CH1。随机和冲击当前至少需要一个响应通道；工程上仍建议同时记录台面参考。

### 8.2 目标谱 CSV

目标谱可选。不提供目标谱仍能分析，但没有自动容差判断。这里的目标文件是“记录后响应比较曲线”，不是振动台闭环控制谱，软件不会根据它驱动或限制振动台。

正弦：

```
frequency_hz,target
20,1.0
100,1.0
500,1.0
1000,1.0
```

也可使用[target\\_amplitude](#)。

随机 ASD：

```
frequency_hz,target_asd
20,0.01
100,0.04
500,0.04
1000,0.01
```

随机 PSD 可改用[target\\_psd](#)，同一文件不要同时放两个目标列。

冲击 SRS：

```
frequency_hz,target_srs
10,2.0
100,8.0
1000,20.0
```

共同要求：

- UTF-8；
- 频率列名必须是[frequency\\_hz](#)；
- 至少两个频点；
- 频率严格递增且不超过奈奎斯特频率；
- 目标值非负；
- 只有一个目标数值列。

有目标谱时按试验规范填写[响应容差](#)。该字段留空时当前实现按 0% 处理，因此不需要比较时不要误加载目标谱；需要比较时必须填写项目规范中的真实容差。不能为了得到通过结果临时编写容差。

CSV 没有独立单位列。当前比较对象固定为“启用的响应通道中编号最小的那一路”：

- 正弦扫频的 `target` / `target_amplitude` 与该响应通道相对参考通道的 H1 传递率比较；输入和响应同量纲时通常是无量纲比值，不是台面控制加速度；
- 随机振动的 `target_asd` / `target_psd` 与该响应通道的 ASD / PSD 比较；
- 冲击的 `target_srs` 与该响应通道的 SRS 比较；
- 定频驻留会读取并校验目标 CSV，但当前不执行目标容差比较。

目标数值必须与上述比较量及谱定义一致，并把单位写入 [试验规范或备注](#)。 $\text{g}$ 、 $\text{m/s}^2$ 、 $\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  和  $\text{g}^2/\text{Hz}$  不得混用。

## 8.3 正弦扫频

- 1 场景选 [振动台试验](#)。
- 2 激励方式选 [正弦扫频](#)。
- 3 基准通道角色设为 [振动台 / 基座参考](#)。
- 4 至少一个通道设为 [响应加速度](#)。
- 5 [参考通道](#) 选择基准通道。
- 6 时间段覆盖一次完整扫频。

看：

- H1 传递率；
- 相干性；
- 共振候选；
- 半功率阻尼候选；
- 可选的首个响应通道 H1 目标曲线比较。

相干性在 0~1 之间。高值说明参考与响应在该频率处具有较强线性关联，不表示校准正确或试件合格；低值可能来自噪声、非线性、多输入、泄漏、非平稳或激励不足。

## 8.4 定频驻留

- 1 激励方式选 [定频驻留](#)。
- 2 只选振幅和频率稳定的 5~20 秒。
- 3 选择基准与响应通道。

结果包括参考谱峰估计的驻留频率、幅值、相位、残余和传递率。相位是所选窗的相对相位；若参考通道谐波强于基波，自动频率估计可能选错，应对照基础频谱复核。当前定频驻留不执行目标 CSV 容差比较。

## 8.5 随机振动

- 1 激励方式选 [随机振动](#)。
- 2 选择 20~60 秒近似平稳区间。
- 3 至少一个响应通道。
- 4 需要比较时提供 `target_asd` 或 `target_psd`。

看工程量 ASD、各通道总 RMS、目标谱偏差。 $\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$  必须对应 ASD； $\text{g}^2/\text{Hz}$  对应 PSD，不能混填。

## 8.6 冲击

- 1 激励方式选 [冲击](#)。

- 2 选择包含完整冲击和衰减的区间。
- 3 避免把多个无关碰撞放进同一段。
- 4 需要比较时提供target\_srs。

结果包括峰值、阈值脉宽、积分量和固定 5% 阻尼 SRS。SRS 实际计算频率约从  $\max(1\text{ Hz}, f_s/10000)$  到  $\min(0.4f_s, 5000\text{ Hz})$ ；目标文件超出这个范围的点不能据此获得有效比较。

本系统只分析已记录响应，不控制振动台，也不承担闭环均衡、停机保护或安全联锁。

## 9. 力锤 / 试验模态

### 9.1 接线

| 通道      | 信号      | 角色       | 典型单位        |
|---------|---------|----------|-------------|
| CH1     | 仪器化力锤   | 力 / 力锤参考 | N, 灵敏度 mV/N |
| CH2-CH8 | 结构响应加速度 | 响应加速度    | g, 灵敏度 mV/g |

力锤参考必须能换算到 N，否则预检会拒绝把响应/参考称为机械 FRF。

### 9.2 采集

- 每个初次分析区间只放一次干净敲击；
- 敲击前留少量安静基线；
- 敲击后保留完整自由衰减；
- 避免双击、滑锤、线缆碰撞；
- 力和响应都不能削顶；
- 锤头软硬决定有效激励频带，按目标频率选择。

### 9.3 GUI

- 1 场景选力锤 / 试验模态。
- 2 时间段选一次完整敲击及衰减。
- 3 力通道角色设为力 / 力锤参考，灵敏度单位例如mV/N。
- 4 至少一个独立响应通道设为响应加速度。
- 5 在试验页选激励方式力锤和正确参考通道。
- 6 填写施力点、响应点、方向、坐标和极性。

### 9.4 结果

- H1 FRF，单位取决于响应/力，例如 g/N；
- 幅值平方相干性；
- 共振候选；
- 半功率阻尼候选；
- 敲击峰值、脉宽和积分量。

这里的“积分量”只是所选区段中，经过固定交流耦合并做基线扣除后的波形数值面积。它受约 0.8 Hz 高通、所选时间窗和基线算法影响，不能当作可追溯的力冲量。

当前版本没有自动完成多次敲击分组、双击拒绝、力窗门控、重复性统计或完整 MIMO 模态参数辨识。更准确的说法是：

当前获得力参考 H1 FRF、相干性和共振候选，用于试验筛查和后续复核。

## 10. 运行模态 OMA

### 10.1 什么时候用

适用于无法施加已知输入力、但结构在环境或运行激励下持续振动的场合。至少需要两个同步响应通道。

### 10.2 采集和通道

- 推荐 2~8 个同类型、同量纲加速度传感器；
- 所有测点使用统一坐标系；
- 明确 X/Y/Z、水平/垂直/轴向和正方向；
- 极性与坐标正方向一致；
- 选择近似平稳的 60~300 秒；
- 避开启停、负荷突变和人工碰撞；
- 低频结构优先选择较低采样率。

### 10.3 GUI

- 1 场景选运行模态 OMA。
- 2 至少两个通道角色设为响应加速度。
- 3 填写测点、方向、坐标、坐标单位、极性和灵敏度。
- 4 激励方式可记录为环境 / 运行激励。
- 5 时间段选择稳定工况。

### 10.4 结果

- FDD 第一奇异值谱；
- 最多六个候选振型；
- 各通道归一化相对分量。

FDD 峰和奇异向量只是运行模态候选。转速谐波、非平稳激励、密集模态或激励不足都会混淆结果。当前输出不是三维振型动画，也不自动给出经确认的阻尼、固有频率或完整模态参数。

当前播放器只能分析一份 .soilraw，不能把多批“固定参考 + 漫游传感器”记录自动拼成统一振型。需要漫游测点时，每批都要保留固定参考和统一坐标，随后用外部模态软件合并；本软件当前只给出每一批内部的候选结果。

## 11. 采样率怎么选

部署前先确认：

本次最关心的最低频率和最高频率是多少？

IEPE / DSA 系列的界面默认显示带宽按采样率约除以 2.56：

| 输出采样率      | 常用目标分析上限 |
|------------|----------|
| 1.28 kS/s  | 约 500 Hz |
| 2.56 kS/s  | 约 1 kHz  |
| 5.12 kS/s  | 约 2 kHz  |
| 12.8 kS/s  | 约 5 kHz  |
| 25.6 kS/s  | 约 10 kHz |
| 51.2 kS/s  | 约 20 kHz |
| 102.4 kS/s | 约 40 kHz |

这只是数字分析带宽安排，不是模拟抗混叠保证。当前硬件没有经过验证的可编程抗混叠滤波器；正式测量应根据目标频带配置外部模拟滤波并验证。

当前本地分析默认 Welch 窗不超过 4096 点，因此频率间隔约为：

$\Delta f = \text{采样率} / 4096$

| 采样率        | 默认频率间隔  |
|------------|---------|
| 5.12 kS/s  | 1.25 Hz |
| 10 kS/s    | 2.44 Hz |
| 25.6 kS/s  | 6.25 Hz |
| 51.2 kS/s  | 12.5 Hz |
| 100 kS/s   | 24.4 Hz |
| 102.4 kS/s | 25 Hz   |

高采样率适合高频内容，却会让固定 4096 点窗的频率间隔变粗。低频模态、相近谱峰或低速机械不应一律使用 102.4 kS/s。延长记录会增加平均次数，但不会改变 4096 点窗的频率间隔。

推荐起点：

| 应用任务          | 建议起点              | 说明                      |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| 普通电机、泵、风机整体振动 | 12.8 或 25.6 kS/s  | 兼顾 5–10 kHz 带宽与频率间隔     |
| 低速机械整体振动      | 5.12 或 12.8 kS/s  | 低频分辨率更友好，仍要考虑 0.8 Hz 高通 |
| 轴承高频线索        | 51.2 kS/s         | 需要相应模拟抗混叠和传感器带宽         |
| 振动台 0–10 kHz  | 25.6 kS/s         | 基准与响应同步                 |
| 振动台 0–20 kHz  | 51.2 kS/s         | 先验证幅相链路                 |
| 冲击、力锤高频筛查     | 51.2 或 102.4 kS/s | 同时关注量程、窗长和衰减时间          |
| 低频 OMA        | 1.28–5.12 kS/s    | 记录更长，关注前端 0.8 Hz 高通     |

## 12. 振动分析新手需要会的十个词

### 有效值 (RMS)

描述一段连续振动的总体强度。必须同时说清物理量、频带和单位，例如“10–1000 Hz 带限速度 RMS，2.5 mm/s”。RMS 不直接说明故障类型。

### 峰值 (Peak)

所选区间中的最大绝对瞬时值，对冲击、干扰和削顶敏感。

### 峰峰值 (Vpp)

最大值减最小值，容易受偶然尖峰影响，不能替代 RMS。

### 波峰因数

峰值除以 RMS。升高可能提示冲击性增强，但不能单凭它判定轴承故障。

### PSD 和 ASD

PSD 表示每 Hz 的均方能量，单位是量<sup>2</sup>/Hz；ASD 是 PSD 的平方根，单位是量/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。比较两次记录时，应保持窗、采样率、频带和平均设置一致。

### 主频峰

最强频率成分。它可能来自转频、谐波、结构响应、外部激励或干扰，不自动等于固有频率。

### 1×、2×阶次

1×等于转频，2×等于转频两倍。它们提供与旋转同步性的线索，不是唯一故障标签。

### FRF

已知参考输入与响应输出的频率响应。参考、响应、单位和极性错误时，FRF 没有物理意义。

### 相干性

0~1 的幅值平方相干性。高值支持线性输入–响应关系，低值提示 FRF 或相位需要谨慎；它不是通用合格百分比。

### FDD

运行模态中的频域分解。奇异值峰和向量是候选，需要结合转速、结构和重复试验确认。

## 13. 常见红色错误

| 提示           | 实际含义                | 处理                                                  |
|--------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
| 振动台场景必须选择激励  | 场景选了振动台，激励仍是未指定     | 选正弦扫频、定频驻留、随机或冲击；普通机器数据改回设备运行                       |
| 正弦试验需要基准参考   | 没有有效台面参考            | 在通道页设振动台 / 基座参考，并在试验页选同一通道                          |
| 至少需要一个响应通道   | 所有通道都未使用或只有参考       | 至少启用一个真实响应加速度                                       |
| 力锤需要力参考      | 没有力通道               | 设一个力 / 力锤参考                                         |
| 力参考不能换算到 N   | 灵敏度或单位不正确           | 按证书填写 mV/N 或 V/N，工程单位 N                             |
| OMA 至少两个同步通道 | 响应通道不足              | 启用至少两个真实同步响应                                        |
| RPM CSV 无效   | 列名、时间、RPM 或覆盖范围错误   | 修正 UTF-8 CSV 并核对列名                                  |
| 目标谱列名不匹配     | CSV 内容与激励类型不一致      | 正弦用 target；随机用 target_asd/target_psd；冲击用 target_srs |
| 时间段无效或太短     | 没有完整分析窗             | 重新选择连续区段                                            |
| 没有可用分析窗      | 缺失或削顶区段被全部排除        | 换干净区段；必要时重新采集或增大量程                                  |
| ISO 信息不足     | 标准判定证据不全            | 补真实机器、测点、工况、频带、灵敏度和单位                               |
| 结果属于另一份记录    | .soilanalysis源身份不匹配 | 先打开原结果对应的.soilraw                                   |

不要为了“让它跑起来”关闭缺失和削顶排除。配置错误应修配置；数据质量错误应换区段或重新采集。

## 14. 项目部署模板

### 14.1 电机 / 泵 / 风机基线

- CH1：驱动端水平；
- CH2：驱动端垂直；
- CH3：驱动端轴向；
- CH4：非驱动端水平；
- CH5：非驱动端垂直；
- CH6：非驱动端轴向；
- CH7-CH8：备用或相关结构点；
- 12.8/25.6 kS/s，30~60 秒稳定运行；
- 记录转速、负荷、温度；
- 同一机器以后保持测点、方向、安装方式和工况一致。

### 14.2 维修前后对比

- 维修前后使用同一传感器或同等级传感器；
- 同一测点、方向、量程、采样率和运行工况；
- 分别保存采集配置和分析配置；
- 比较 RMS、主频、谐波、峰度和带限速度；
- 不用一次瞬时差异替代趋势判断。

### 14.3 升速 / 降速



- 在动作开始前启动记录；
- 结束并稳定后再停止；
- 同步导出控制系统的时间-RPM；
- 记录数据采集与转速文件的时间对齐方式；
- 分开分析升速和降速，避免混淆滞回现象。

## 14.4 振动台

- CH1 台面或夹具参考；
- CH2-CH8 试件响应；
- 先校验传感器方向和极性；
- 目标谱、容差、扫频速率、驻留时间来自项目规范；
- 人员撤离、夹具检查、限位、联锁和急停仍由原振动台控制系统负责；
- 采集仪只记录，不替代振动台控制和安全系统。

## 14.5 力锤

- CH1 力锤；
- CH2-CH8 响应；
- 标记施力点、施力方向、响应点和响应方向；
- 每次先检查力脉冲是否单击、是否削顶；
- 当前软件优先分析单次干净敲击。

## 14.6 OMA

- 建立统一坐标系和测点编号；
- 保留一个固定参考测点，其他传感器可分批移动；
- 每批记录相同工况并保留重叠参考；
- 低频结构选择较低采样率和更长记录；
- 结果只称运行模态候选；
- 当前软件不会合并多批漫游记录，跨批振型需外部模态软件处理。

# 15. 故障排查

## 设备临时连不上

- 1 确认当前没有采集任务，未完成的文件也不再写入。
- 2 退出 GUI，按第 3.2 节执行一次完整冷复位。
- 3 重新启动 GUI，刷新设备列表并连接。
- 4 仍然失败时，停止反复连接，保存最后一条错误和日志。
- 5 核对 USB 线、主机端口、供电和设备枚举状态，再由维护人员按受控流程处理固件或驱动。
- 6 硬件恢复前，独立播放器仍可用于查看和分析已经完整保存的历史记录。

记录中没有明显频谱峰值

- 先确认通道映射、灵敏度、量程和单位是否正确；
- 检查传感器安装位置、方向、线缆和 IEPE 硬件状态；
- 核对分析区段是否覆盖目标工况，采样率和频率分辨率是否合适；
- 若数据质量和设置均有效，应记录“当前测点和工况下没有突出的候选特征”，不能编造故障；
- 需要趋势判断时，与同一测点、方向、安装方式和工况下的历史基线比较。

ISO 没有 A/B/C/D

这表示基础数值已经计算完成，但机器分类、测量量、频带或工况证据不足，软件拒绝套用标准分区。该状态既不是通过，也不是失败。补齐受控资料后重新分析；不能随意选择机器模板。

大文件等待太久

- 取消任务；
- 选择 20~60 秒代表区段；
- 或打开提前保存并与当前原始记录绑定的 `.soilanalysis`；
- 需要整段统计时，在磁盘、内存和任务时限允许的环境中单独运行。

图表为空

依次检查：

- 1 场景是否与数据来源相符；
- 2 是否启用了响应通道；
- 3 参考角色是否正确；
- 4 所选区段是否全部缺失、插值或削顶；
- 5 结果状态是否为失败；
- 6 图表下拉框是否选择了实际生成的图。

16. 文件和交付

| 文件                                | 用途            | 注意                                              |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|
| <code>.soilraw</code>             | 原始样本证据        | 主机记录与同名 <code>.soilmeta</code> 一起保存             |
| <code>.soilmeta</code>            | 主机记录完整性、设置和来源 | 不能与 <code>.soilraw</code> 分开                    |
| TF V3 分片                          | 自描述容器和采样参数    | 所有同次分片放在一起；不含项目和传感器资料                           |
| <code>.soilsensors</code>         | 八通道传感器配置      | 导入后核对通道映射                                       |
| <code>.soilprofile</code>         | 采集界面配置        | 本次 IEPE 两项人工确认不会被永久复用                           |
| <code>.soilanalysisprofile</code> | 分析配置          | 用于新记录时要明确重新绑定                                   |
| <code>.soilanalysis</code>        | 分析结果          | 必须先打开匹配的 <code>.soilraw</code> ；打开结果不会重新哈希整份源文件 |
| CSV/XLSX/MAT                      | 派生数据          | 不能替代原始记录；MAT 仅适合短区段                             |

一次完整项目交付建议包括：

- 原始记录和配套元数据/TF 分片；
- 传感器-通道-测点-方向表；
- 传感器证书灵敏度；
- 采样率、量程、过采样、记录方式和工况；
- 数据完整性、缺失和削顶摘要；
- .soilanalysisprofile与.soilanalysis；
- 按需导出的 CSV/XLSX/MAT；
- TF 项目还要有“分片文件名-项目-测点-传感器”的对应表；
- 软件版本、分析日期和操作者；
- 责任工程师的解释与签字。

## 17. 项目部署信息清单

- 1 被测对象是什么机器或结构？
- 2 目的是基线、趋势、故障筛查、验收、振动台还是模态？
- 3 最关心的最低和最高频率是多少？
- 4 额定功率、额定转速和实际转速是多少？
- 5 轴承和支承形式是什么？
- 6 传感器型号、灵敏度、方向和安装方式是什么？
- 7 是否有同步 RPM、台面参考或力锤参考？
- 8 需要记录多久，试验能否重复？
- 9 项目是否有合同限值、试验谱和用户受控的标准副本？
- 10 最终要原始数据、表格、分析结果还是正式签发报告？

资料不全时，先确定采集方案和交付边界，不急着给标准结论。

## 18. 任务检查表

### 采集前

- ☐ 已完成现场许可、风险评估、停机隔离或上锁挂牌
- ☐ 传感器安装后已恢复防护罩，线缆避开旋转件和高温表面
- ☐ 测点、方向和通道标签已拍照记录
- ☐ 传感器型号、序列号和灵敏度已登记
- ☐ 传感器和线缆固定牢靠
- ☐ IEPE 激励硬件已人工确认
- ☐ 采样率与目标频带匹配
- ☐ 输入量程已通过示波预检

- ☐ 没有 ADC 码值削顶和明显断线特征
- ☐ 已单独确认传感器及模拟前端没有过载迹象
- ☐ 项目信息和文件名前缀正确
- ☐ 磁盘或 TF 容量足够
- ☐ USB/TF 记录方式符合试验风险

## 采集后

- ☐ 已正常点击停止并等待完成
- ☐ 采集端状态为 **COMPLETE**或经解释的**COMPLETE · RECOVERED**
- ☐ 主机丢失、漏采、文件间断为 0
- ☐ 无 ADC 码值削顶，或已明确标记削顶区段
- ☐ USB 的 **.soilraw**与 **.soilmeta**成对保存；TF 的全部分片齐全
- ☐ USB 副本已显示**SHA-256 已验证**，或 TF 已完成全分片 CRC/END/GAP 检查
- ☐ 原始数据已备份
- ☐ 头、中、尾三个时段已抽查
- ☐ 分析配置和结果已保存
- ☐ 项目交付物清单已核对

## 19. 当前硬件和方法边界

- ADC：八通道同步、24 bit；
- IEPE 前端固定交流耦合，标称高通拐点约 0.8 Hz，不能测 DC；
- 靠近 0.8 Hz 的幅值和相位需要单独标定；
- 当前没有经过验证的可编程抗混叠滤波器响应；
- 板级增益、通道相位和采样时钟尚不能自动证明可追溯校准；
- 软件不能读取 TEDS、IEPE 偏置和实际恒流值；
- USB 102.4 kS/s 八通道对高熵信号没有无条件保证；
- TF 记录也依赖锁定的固件、经验证的卡、稳定供电和完整停止；指定组合的 10/60 分钟、慢卡和掉电资格验证仍要在产品定型前关闭；
- 分析不控制机器、振动台或保护回路；
- 当前版本包含用户显式启动的 DeepSeek V4-Pro 辅助分析，但它只接收结构化摘要，不替代本地算法、自动故障确认、剩余寿命预测或工程责任判断；
- ISO 模块是授权范围内的内部工程辅助，不是标准认证。

把“计算完成”“记录完整”“信号质量良好”“标准适用”“设备健康”分别判断，不要合并成一个绿色状态。