VP-PVM-100 / 技术白皮书

云台扫描激光测振与结构模态测试

测点规划、同步采集与振型结果验证

本白皮书由北京威谱测光电科技有限公司（威谱测 VIPICO）整理，面向从事结构动力学、超声器件及轻小结构研究的实验室。以 VP-PVM-100 云台扫描系统为例，说明如何从测点规划和参考通道选择入手，建立可复核的空间振动结果。

01 确定测量任务

云台扫描激光测振适合需要比较多个位置的响应或识别振型的任务。测振前端沿激光视线方向逐点取得响应，云台负责定位，视觉几何将测点与样件表面关联，公共参考用于比较跨测点的幅值和相位。

任务	采集与分析条件	主要输出
ODS 运行变形	规定运行工况和目标频率；空间相位需可信公共参考	该工况下的相对幅相和运行变形
OMA 运行模态	采集响应，核查工况平稳性和激励假设；顺序扫描保持公共参考	候选频率、阻尼和振型，经复核后确认
EMA 实验模态	使用力锤或激振器等，测量激励与响应并计算 FRF	基于频响的模态参数与拟合质量

02 测点与光学配置

从预计振型和关注区域反推测点密度。布点应覆盖高响应位置、边界与疑似节线，并避开夹具遮挡或回光不稳的位置。对小样件，应在代表性表面上验证光斑大小、定位误差和邻点间距。

对曲面记录测点坐标、入射角和法向信息。适用局部法向振动假设时，可将视线响应换算为法向分量。若视线接近切向或几何不可靠，保留原始视线数据并标记状态。机械转角、相机视场和有效可测覆盖应分别记录。

03 同步采集与质量复核

步骤	操作	验收记录
建立参考	按 ODS、OMA 或 EMA 选择固定响应或力参考，核对时钟与通道延迟	通道角色、量程、灵敏度、延迟
验证频带	确认前端、采集和滤波链均覆盖目标频带；记录采样率和记录长度	频率响应、抗混叠设置、频率间隔
先试少量测点	验证回光、到位稳定性及信号强度，再运行完整扫描	过载、失光、异常点和复测状态
复核分析	比较重复采集与不同拟合设置，结合稳定图、振型一致性及试验条件判断	原始数据、处理参数、候选状态和异常说明

04 案例 A 超声样件的九测点测试

既有记录采用固定激光响应参考和逐点扫描，共接受 9 个测点。采样率为 256 kSa/s，采用 EFDD 在 20–50 kHz 分析频带得到候选结果。记录使用平面像素拓扑，曲面测量需另行验证几何与法向条件。

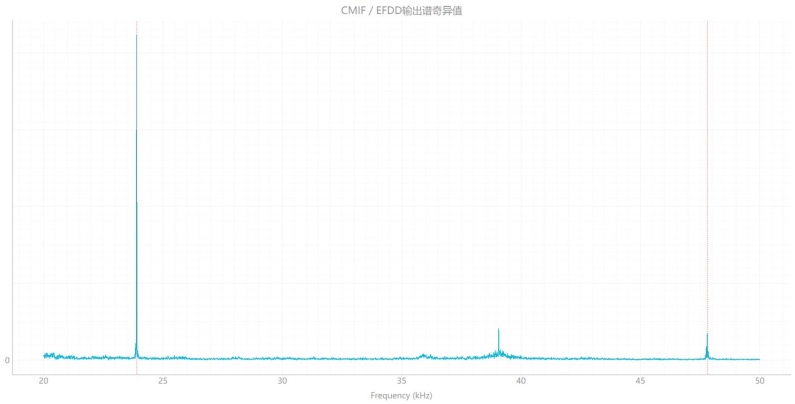


图 1 超声振动台样件的 EFDD 频谱。来源为威谱测公开案例 [2]。

报告记录 23,902.415 Hz 候选的 MPC 为 0.871，47,803.030 Hz 候选的 MPC 为 0.471，后者建议复核。MPC描述候选振型的相位特征，需与工况、频谱和重复试验结合判断。

05 案例 B 叶片 A/B 的振型配对

在另一组离线复核资料中，叶片 A 和 B 各使用 9 个对应测点，采用 H1 频响函数，分析频带为 70–3000 Hz。配对比较既看频率，也核对相同空间坐标下的振型相关性。

叶片 A	叶片 B	复数 MAC
496.63 Hz	499.42 Hz	0.993
2623.91 Hz	2747.32 Hz	0.983



图 2 叶片 A/B 低阶振型的原有可视化截图。截图标注 496.84 Hz 与 499.80 Hz，表中列出同组资料的离线复核值。来源见 [2]。

这两组配对在所用测点与谱设置下呈现较高相关性。另有频段出现多个可配对候选，需结合装夹、激励和复测比较。故障归因还需独立的损伤证据或验证试验。

06 试验交付与常见问题

交付至少包括测点与坐标图、采集和参考设置、原始数据、被剔除或复测的记录、分析参数及振型或报告。把实测点与插值区域、候选结果与复核结论分别标明。

能测多小的部件?

先核对有效光斑、工作距离、定位误差、回光及测点间距，再用代表性样件验证。可测尺寸取决于具体光学和定位配置。

几何模型是否代表三向振动数据?

单测量头提供沿视线方向的振动分量。三维几何可用于映射和显示响应。独立获得三向分量需要相应的多方向测量配置。

怎样向威谱测确认配置?

提供对象尺寸、材质、工作距离、预计振幅、频率范围、是否可测激励，以及希望获得的结果。建议用代表性样件确认有效覆盖、信号质量和重复性。

参考资料

[1] VP-PVM-100 云台扫描系统产品页

[2] 超声样件与叶片 A/B 案例及数据说明

[3] 激光扫描模态测量与分析软件

[4] VP-PVM-100 产品手册及使用说明书