

公司简介 / Company profile

南京维提思实验仪器有限公司深耕光学和光电学领域将近十年，致力于将激光与光学技术从实验室场景拓展至日常实际应用。

技术背景与核心优势

公司技术源自国内高校的前沿应用研究成果，通过融合光电集成、微型化设计和成本优化三大要素，实现了光子技术与激光技术的灵活创新应用。依托先进的非接触式设备与仪器，维提思可对工业生产流程与产品质量进行精准控制与监测，测量范围覆盖从皮米级到数百毫米级的广泛尺度。

技术突破与产品布局

公司技术团队成功将自混合干涉技术引入激光测振领域，并实现该技术的产业化应用。作为国内少数掌握自混合干涉数据读取技术并应用于激光测振仪产品的企业，维提思尤其擅长根据客户需求定制化开发产品指标与功能。

目前，公司已形成激光测振仪与激光位移传感器两大核心产品系列，并持续根据市场需求拓展产品矩阵。

应用领域与解决方案

维提思的技术与产品已广泛应用于微观结构研究、数据存储、汽车制造、航空航天、交通运输、钢铁工业、机械工程、科研机构及机器人技术等领域，为各行业提供兼具创新性与实用性的高科技解决方案。无论是生产线上电机的 100% 质量检测、超声切割工具的优化调试、MEMS 微谐振器的性能验证，还是车辆传动系统的振动特性分析，公司均可提供标准化或定制化的测试方案。

国内市场布局与服务体系

自 2016 年成立以来，维提思以独特的产品性能、高可靠性、卓越性价比及灵活定制策略，迅速获得国内客户的认可与信赖，产品广泛应用于航空 / 航天 / 兵工 / 船舶 / 核电 / 电力 / 电子 / 半导体 / 汽车 / 高校 / 土木工程等行业。



ISO9000 证书

ISO14000 证书

2. 产品介绍

在一些特殊情况下，比如被测试物体不能直接接触，或者传统的接触式传感器（如位移/速度/加速度传感器）无法使用时，非接触式振动测量就显得尤其至关重要，如下列情况：

- 1) 被测件重量轻和尺寸小（电子元器件，压电晶体薄膜，喇叭薄膜，薄壁件等）；
- 2) 测试物件处于高温（200°C-3000°C）或高温及危险环境中，或无法触及到的地方；
- 3) 被测试物件在旋转中；
- 4) 操作者为了提高效率，免除粘贴传感器的时间和繁琐；
- 5) 逆向工程设计中，对有限元模型和试验模型的相关性分析及验证分析，需要增加大量的测试点（大于 1000 测点以上）；
- 6) 水下微小结构的动力学测试，采用非接触式振动测量的方式，能保证测量精度。

维提思公司为非接触式远距离振动测量提供了四个系列产品：

激光测振仪系列产品：

根据结构的不同，分为单点激光测振仪，单点三维激光测振仪，激光测振仪阵列，单点扫描激光测振仪和单点三维扫描激光测振仪。

根据应用的不同，可以分为显微式激光测振仪，水下型激光测振仪，耐高温和低温型激光测振仪和发动机振动专用测振仪。

激光位移传感器系列产品：

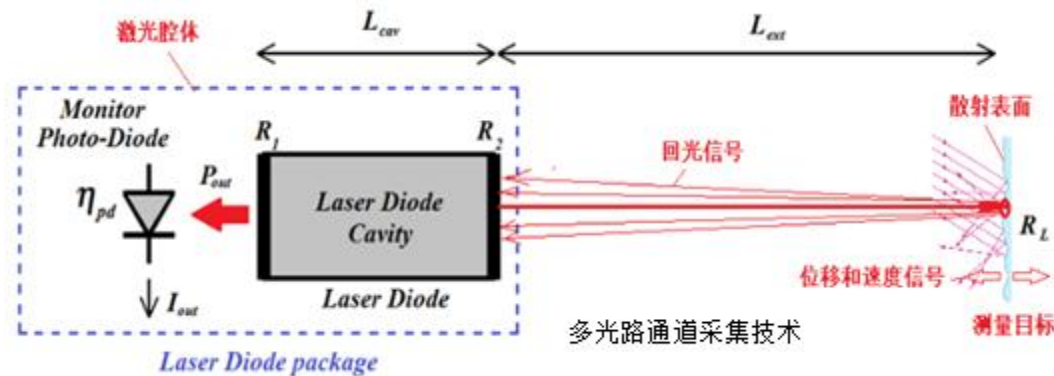
根据量程和工作距离的不同分成不同型号，也可以做成阵列型，扫描型，防真空型，防水型以及耐高温低温型。

3. 显微式单点扫描激光测振仪

3.1 原理

南京维提思公司采用多普勒原理，采用半导体激光作为激光源，波长有

633nm, 780nm, 1310nm 和 1550nm 四种选择, 测量激光功率 $\leq 1\text{mW}$, 激光安全等级 CLASS 1; 引导激光波长 650nm, 功率 $\leq 1\text{mW}$, 激光安全等级 CLASS 2。并基于最先进和新颖的自混合干涉技术方案, 将直接到激光头腔体里的散射光和标准激光源进行干涉处理, 这样大大简化了激光头的设计, 测量目标是表面法向方向的速度和位移量, 具有易用、易维护, 产品维护时间短, 而且操作简单等特点。



激光测振仪原理示意图

3.2 显微式单点扫描激光测振系统

3.2.1 系统组成:

VTS4000-EXT25M-HS-MICRO 显微式单点扫描激光测振仪是一款高精度的光学测量仪器, 专为微结构、微电子器件的单点振动测量设计, 可精准捕捉微尺度器件的振动特性, 提供可靠的位移、速度、加速度等动态和静态振动数据, 为微悬臂梁、桥状梁等谐振器及微薄膜传感器的研发、测试与性能优化提供核心技术支撑, 有效缩短相关产品设计周期, 简化故障分析流程。

基于采用多普勒测速原理, 采用半导体激光器。激光打到反射或散射表面后, 一小部分散射光再次进到激光腔体, 然后产生干涉信号, 从中可以得到被测表面法向方向的位移、速度和加速度。

该仪器基于多普勒测速原理, 采用 633nm 红色可见半导体激光器, 激光功率小于 1mW, 达到人眼 II 级保护标准, 同时激光安全符合 IEC/EN 60825-1 标准、电气安全符合 IEC/EN 61010-1 标准, 保障操作过程的安全性。激光投射至被测物体的反射或散射表面后, 一小部分散射光回传至仪器腔体并产生干涉信号, 通过解析该信号可精准获取被测表面法向方向的位移、速度和加速度等关键振动参数。

VTS4000-EXT25M-HS-MICRO 测振系统由以下组成部分：

1 带显微镜头和摄像模组的激光头	1 套
2 电动扫描平移台	1 套
3 专用工控机	1 套
4 信号发生器	1 套
5 激光头支架	1 套
6 10 倍显微镜头	1 套
7 20 倍显微镜头	1 套
8 配套软件	1 套
9 小机柜	1 套
10 真空腔	1 套

VTS4000-EXT25M-HS-MICRO 显微式单点扫描激光测振仪由激光测振模块、显微成像定位模块、电动位移控制模块、真空环境测量模块、信号激励与采集模块及综合分析软件组成。测量系统采用 633nm 红色可见激光，基于多普勒测速原理实现被测表面法向方向的振动测量，通过解析激光散射形成的干涉信号，可精准获取被测面的位移、速度、加速度等核心振动参数，可进行微尺度单点精准测振，能对尺寸小于 10 μ m 的微结构、微电子器件开展振动测试，可获得微悬臂梁、桥状梁等各类谐振器及微薄膜传感器的单点振动数据与网格多点振动拟合的 ODS 工作变形，满足微纳尺度器件的振动特性检测需求。

3.2.2 功能描述

VTS4000-EXT25M-HS-MICRO 显微式单点扫描激光测振仪是专为微纳机电系统 (M/NEMS) 器件共振特性测试研发的高精度光学测量设备，基于激光多普勒测速原理，由专用工控机通过配套专业软件实现远程操控测试，集成信号源输出、微尺度定位、振动数据采集分析、特殊环境适配等核心功能，可完成微结构 / 微电子器件的单点精准测振及指定网格多点振动测试，同时支持振动激励与测试信号的同步采集，为微纳器件的高频段测试、纳米级振动检测、多参数耦合分析提供全面的数据支撑。

设备支持硬件与软件的联动控制，激光头可手动调焦，其 Z 向支架具备

120mm 行程并支持手动粗调与精调，载物台 XY 向由软件实现电动控制，行程 50×50mm 且分辨率优于 0.5 μ m；激光与摄像机、显微镜头、LED 照明光源实现物理同轴设计，激光点精准处于摄像图像中心位置，LED 光源亮度支持无级调节，集成的数显摄像机与数据管理系统无缝连接，可实时调整和设置测量参数，实现激光的精准定位。

在核心测试性能上，设备系统测试带宽频率范围达 DC~25MHz，系统分析带宽更优至 DC-31MHz；速度量程最大可达 ± 15 m/s（最小 0.01m/s），位移量程最大 250mm（最小 1 μ m），位移最优分辨率达 31pm；配备 16 档硬件高通滤波器，滤波频段覆盖 1Hz 至 30kHz，信号延迟在 6MHz-20MHz 频段内为唯一固定值且不高于 10 μ s；激光功率小于 1mW，达到人眼 II 级保护标准，搭配 10 倍和 20 倍专用显微镜头，最小激光斑点直径小于 4 μ m，可在安装显微镜头时实现尺寸小于 10 μ m 微结构/微电子器件的振动测量，对微悬臂梁、桥状梁等器件的单点振动测量位移不确定度优于 1%，并可完成指定网格多点振动测试且拟合出 ODS 工作变形。

设备集成多功能信号源输出功能，最大输出电压 ± 10 V，信号类型包含直流、正弦、扫频、白噪声、伪随机等，可通过 BNC 通道外接压电片、激振器、扬声器等外部激励装置，也可通过 BNC 转鳄鱼夹对双导线微型电子器件进行通电激励，且激励信号可作为参考信号同步至采集过程，实现多点相位同步和传递函数的精准获取。

配套专业软件功能完善，软件界面集成激光中心位置的摄像机图像、载物台控制、激光定位、网格划分、测振参数设置等基础功能，同时具备单点时域/频域分析、多点数据时域/频域拟合功能；拥有基于 VB 的二次开发接口，可通过外部应用程序检索数据，支持 Microsoft 标准组件对象模型，还能通过用户定义数据集（UDDS）将数学运算应用于内外部测量数据文档，处理后的数据可存储为*.pvd、*.svd 格式，同时设备可输出图片、动图、视频，以及 ASCII 格式 TXT 文件、WAV 格式文件、UFF/UNV 格式文件等，满足数据存储、分析、分享的多样化需求。

设备具备优异的环境适配能力，工作电力供应为 220V（10%）、50Hz，适配工作温度 0 $^{\circ}$ C-50 $^{\circ}$ C、工作湿度<80%，激光安全符合 IEC/EN 60825-1 标准、电气安全符合 IEC/EN 61010-1 标准；配套专用测试真空腔，温度变化范围达-190 $^{\circ}$ C~500 $^{\circ}$ C，极限真空高度小于 5×10^{-10} mbar，可满足真空、高低温等特

殊实验环境下的微纳器件振动测试需求。设备为全套集成配置，包含带显微镜头和摄像模组的激光头、电动扫描平移台、专用工控机、信号发生器、激光头支架、10/20 倍显微镜头、配套软件、小机柜、真空腔等，激光头防护等级不低于 IP40，可直接投入实验室标准化测试使用。

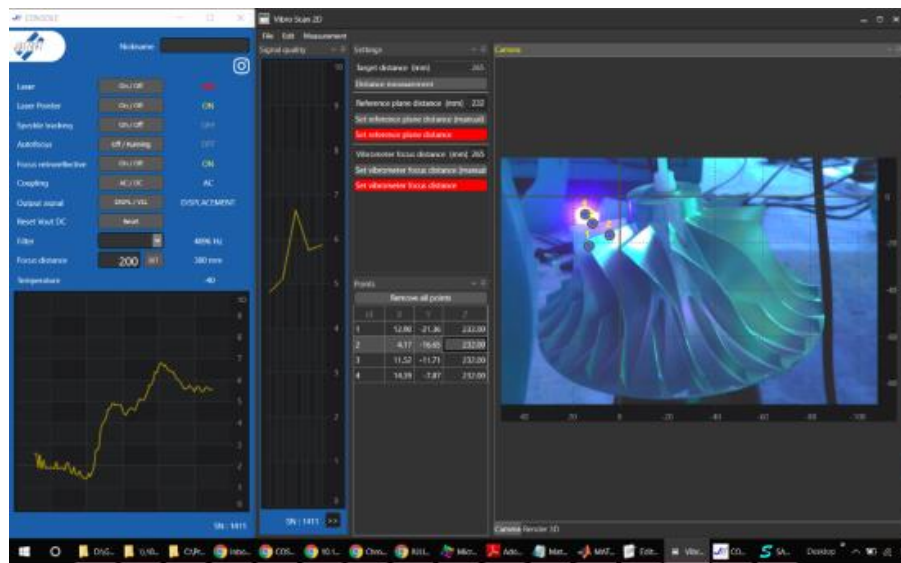
3.2.3 显微式单点扫描激光测振仪的特点：

a. 微尺度超高精度测量

专为微纳尺度器件测试设计，配备 10 倍和 20 倍专用显微镜头，最小激光斑点直径小于 $4\mu\text{m}$ ，可实现尺寸小于 $10\mu\text{m}$ 的微结构/微电子器件振动测量；位移最优分辨率达 31pm ，单点振动测量位移不确定度优于 1%，满足微纳机电系统 (M/NEMS) 器件的纳米级振动检测需求。

b. 光学同轴精准定位

激光与摄像机、显微镜头、LED 照明光源采用物理同轴设计，激光点精准处于摄像图像中心位置，从源头保证测量定位的准确性；LED 光源亮度无级调节，数显摄像机与数据管理系统实时联动，可随时调整测量参数，大幅提升激光定位与测试操作的便捷性。



扫描软件测点区域

c. 硬件性能优异且扩展性强

系统测试带宽、速度量程、位移量程等核心指标均优于招标要求，配备 16 档硬件高通滤波器，可灵活适配不同测量场景的滤波需求；信号延迟在高频段内固定且超低，保障测量数据的精准性与同步性；激光头 Z 向手动粗精调、载物台 XY 向软件电动控制，定位精度高，激光头防护等级不低于 IP40，适配实验室

长期稳定使用。

d. 集成多类型信号激励与同步采集

内置多功能信号源，最大输出电压 $\pm 10V$ ，信号类型覆盖直流、正弦、扫频等多种类型，同时支持外接激励装置和对微型器件直接通电激励；激励信号可作为参考信号与测试数据同步采集，实现多点相位同步和传递函数的精准获取，满足器件振动激励响应的全流程测试。

e. 软件功能丰富且支持二次开发

配套软件具备完善的单点/多点时域、频域分析与拟合功能，可直接拟合 ODS 工作变形；基于 VB 的二次开发接口，支持 Microsoft 标准组件对象模型和用户定义数据集 (UDDS)，可实现个性化数据运算与处理；支持多格式数据存储与输出，兼容主流的振动分析软件与文档格式，满足后续数据深度分析需求。

f. 适配极端特殊实验环境

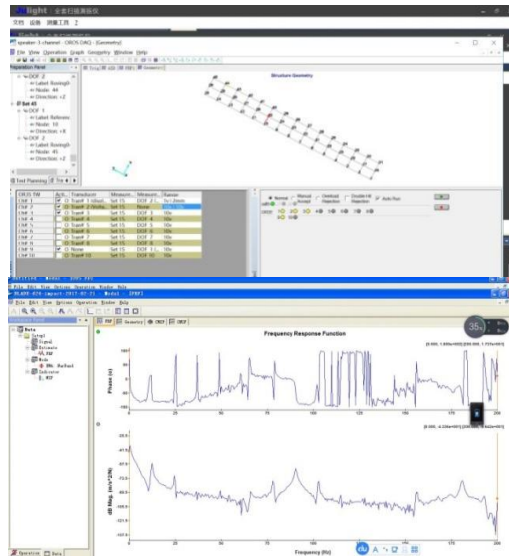
配备专用测试真空腔，可实现 $-190^{\circ}C \sim 500^{\circ}C$ 的高低温测试，极限真空高度小于 $5 \times 10^{-10} mbar$ ，满足微纳器件在真空、高低温等极端环境下的振动特性测试；设备工作温湿度范围宽于常规要求，可适配不同实验室的环境条件，适用场景广泛。

g. 操作便捷且测量高效

激光头手动调焦、载物台电动控制，操作方式简单直观；软件界面集成所有核心操作功能，无需复杂的专业操作即可完成单点测振与多点网格测试；可快速完成激光定位、参数设置、激励与采集的联动，大幅提升微纳器件振动测试的效率。

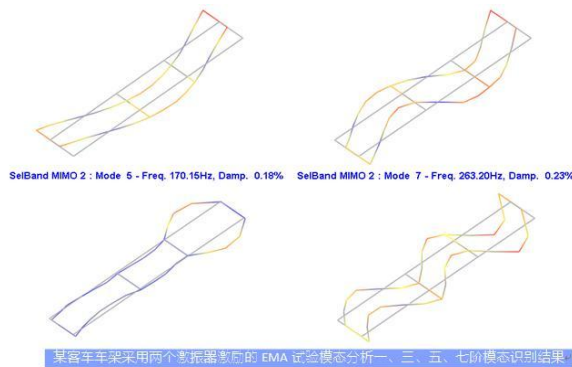
h. 安全合规的工业级设计

激光功率小于 $1mW$ ，达到人眼II级保护标准，激光安全与电气安全均符合国际IEC/EN标准，从设计上保障操作人员的人身安全；设备为成熟全新产品，全套集成配置，无需额外搭配配件即可投入使用，满足实验室标准化、规范化的测试要求。



TEST PLANNING 设置

传递函数和模态分析



模态振型图

模态测试结果

VTS-CONTROLLER控制软件包提供给用户大量的振动信息：各部位的振动状态，振幅大小及频率响应，频响函数等。由厂家集成的数据采集系统所配的模态采集软件，具有模态频响函数品质判断功能，采用自定义的判断准则来确定所测测点的频响函数的质量。如果该点的频响函数质量不好，将可以重新对该点进行测量。可显示任意频率下的频谱图，且能分析出共振点的位置，并将测量结果以图表、图形和动画的形式显示出来。这些图片和动画均可应用于演讲和报告，给人留下深刻印象。

3.2.4 显微式单点扫描激光测振仪主要应用：

- 1) 微纳机电系统 (M/NEMS) 器件的共振特性全面测试，可开展高频段振动、纳米级振动检测，实现速度、位移、加速度等多参数的耦合分析和高灵敏度测试，为微纳器件的研发设计提供核心实验数据。
- 2) 微悬臂梁、桥状梁等各类微谐振器的振动特性测试，可精准测量指定位

置的单点振动参数，也可完成指定网格的多点振动测试并拟合 ODS 工作变形，验证谐振器的动力学性能并指导结构优化。

3) 微薄膜传感器、微型压电器件等微纳传感器件的性能检测，通过精准的振动测量与激励响应测试，评估器件在不同工况下的振动稳定性和可靠性，为器件的量产与应用提供实验依据。

4) 尺寸小于 10 μm 的微结构、微电子器件的振动测试，适配半导体微器件、微机电元件等微尺度产品的研发、检测和性能评估，解决微尺度器件接触式测量难度大、精度低的问题。

5) 真空、高低温等特殊实验环境下的微纳器件振动特性研究，可模拟太空、极端温度等实际应用环境，测试微纳器件在极端工况下的振动响应，为航空航天、精密仪器等领域的微器件应用提供数据支撑。

6) 微尺度器件的振动激励与传递函数分析，通过内置/外接激励方式，获取微器件在不同信号激励下的振动响应规律，开展器件动力学特性分析，为微器件的减振、抗振设计提供优化方向。

7) 高校、科研院所及企业研发中心在微纳机电、微电子、精密传感等领域的基础研究与产品开发，是微尺度器件振动特性测试的核心精密仪器，适配实验室的科研测试与产品质量检测需求

3.2.5 系统和主要部件的参数：

3.2.5.1 VTS4000-EXT25M-HS-MICRO 显微式单点扫描激光测振系统参数：

设备的主要技术参数如下：

技术参数

激光类型	633nm 红色可见半导体激光器
激光功率	小于 1mW，达到人眼 II 级保护标准
激光安全标准	符合 IEC/EN 60825-1 标准
最小激光斑点直	小于 4 μm （配备专用显微镜头情况下）

径	
激光与成像适配	与摄像机、显微镜头、LED 照明光源物理同轴，激光点位于摄像图像中心
测量原理	激光多普勒测速原理
测量方向	被测表面法向方向振动测量
系统测试带宽	DC~25MHz
系统分析带宽	DC~31MHz
振动速度量程	最大±15m/s, 最小 0.01m/s
振动位移量程	最大 250mm, 最小 1μm
最小振动位移分辨率	31pm
位移不确定度	优于 1% (微悬臂梁、桥状梁等器件单点振动测量)
硬件滤波器	16 档高通滤波器, 滤波频段覆盖 1Hz、2Hz、4Hz 至 30kHz
信号延迟	6MHz-20MHz 频段内为唯一固定值, 不高于 10μs
可测器件尺寸	小于 10μm (安装显微镜头情况下)
显微镜头	配备 10 倍、20 倍专用显微镜头
激光头调节	Z 向支架行程 120mm, 支持手动粗调与精调, 可手动调焦

载物台参数	XY 向软件电动控制，行程 50×50mm，分辨率优于 0.5 μm
LED 照明	亮度支持无级调节，配合数显摄像机实现精准定位
激光头防护等级	不低于 IP40
信号源输出	最大输出电压±10V
信号类型	包含直流、正弦、扫频、白噪声、伪随机等
激励接口	BNC 通道（可外接压电片、激振器等激励装置），支持 BNC 转鳄鱼夹对双导线微型电子器件通电激励
同步采集	激励信号可作为参考信号同步至数据采集过程，实现多点相位同步和传递函数获取
工作电源	220V (±10%)，50Hz
工作温度	0°C-50°C
工作湿度	<80%
电气安全标准	符合 IEC/EN 61010-1 标准
真空腔参数	温度变化范围-190°C~500°C，极限真空高度小于 5×10 ⁻¹⁰ mbar
软件功能	集成激光定位、载物台控制、网格划分、单点/多点时域/频域分析、ODS 工作变形拟合等功能
二次开发	支持基于 VB 的二次开发接口，支持 Microsoft 标准组

	件对象模型与用户定义数据集 (UDDS)
数据输出格式	图片、动图、视频, ASCII 格式 TXT 文件、WAV 格式文件、UFF/UNV 格式文件, 以及*.pvd、*.svd 格式文件
核心配置	带显微镜头和摄像模组的激光头、电动扫描平移台、专用工控机、信号发生器、激光头支架、10/20 倍显微镜头、配套软件、小机柜、真空腔
工控机配置	满足软件运行及数据处理需求, 支持连接外部显示设备, 实现参数设置与数据可视化

3.2.5.2 主要采集硬件及软件:

3.2.5.2.1 带显微镜头和摄像模组的激光头:

(1) 激光基础参数: 激光功率小于 1mW, 满足人眼 II 级保护标准; 波长 633nm 为红色可见光, 支持手动调焦, 激光头防护等级不低于 IP40, 适配实验室复杂环境使用;

(2) 同轴采集设计: 激光与摄像机、显微镜头、LED 照明光源物理同轴, 激光点精准处于摄像图像中心位置, LED 光源亮度支持无级调节, 可根据样品特性灵活调整照明强度, 保障采集图像清晰度;

(3) 镜头配置: 标配 10 倍、20 倍显微镜头, 最小激光斑点直径小于 4 μ m, 可精准聚焦于微纳尺度器件表面, 满足小尺寸目标的振动采集需求;

(4) 核心采集性能: 系统测试带宽频率范围 DC~25MHz, 覆盖高频段测试需求; 速度量程最大 \pm 15m/s、最小 0.01m/s, 位移量程最大 250mm、最小 1 μ m, 位移最优分辨率 31pm, 实现纳米级振动精准采集; 配备 16 档硬件高通滤波器 (1Hz、2Hz、4Hz、8Hz、15Hz、30Hz、60Hz、120Hz、250Hz、350Hz、500Hz、1kHz、2kHz、4kHz、8kHz、15kHz、30kHz), 可根据测试场景灵活过滤干扰信号; 6MHz-20MHz 频段内信号延迟为唯一固定值且不高于 10 μ s, 保障高频信号采集的时序一致性;

(5) 集成功能: 集成数显摄像机并接入数据管理系统, 支持采集过程中实时调整激光定位与参数设置; 内置信号源输出功能, 最大输出电压 \pm 10V, 信号类型含直流、正弦、扫频、白噪声、伪随机等, 可直接为样品振动提供激励信号;

(6) 安全标准：严格遵循 IEC/EN 60825-1 激光安全标准及 IEC/EN 61010-1 电气安全标准，保障设备运行及操作人员安全。

3.2.5.2.2 XYZ 向调节机构 (XY 向电动扫描平移台+Z 向支架)：

(1) XY 向电动扫描平移台：采用软件电动控制方式，行程 50×50mm，位置分辨率优于 0.5 μ m，可实现样品在水平方向的高精度移动与定位，支持指定网格多点扫描采集，适配多位置振动测试需求；

(2) Z 向支架：行程 120mm，配备手动粗调与精调功能，可灵活调整激光头的垂直高度，精准适配不同厚度、高度的样品，确保激光束始终聚焦于测试目标区域，保障采集数据的稳定性与准确性；

(3) 协同作用：XYZ 三向调节机构相互配合，实现测试目标的全方位、高精度定位，为单点振动采集、多点分布式采集及工作变形拟合提供可靠的机械支撑，有效提升采集效率与测试精度。

3.2.5.2.3 信号发生器：

与激光头集成设计，为振动采集提供多元化激励支持；输出电压范围 $\pm 10V$ ，可生成正弦波、扫描波、伪随机、突发随机、真随机、矩形波、三角波等多种信号源，满足不同类型样品的振动激励需求；支持通过 BNC 通道连接压电片、激振器、扬声器等外部三方激励装置，也可经 BNC 转鳄鱼夹直接对双导线微型电子器件进行通电激励，激励信号可同步至采集系统，实现激励与采集的时序同步，保障多点相位同步分析及传递函数获取的准确性，为多参数耦合分析提供完整数据支撑。

3.2.5.2.4 真空腔：

专为极端环境下的微纳器件振动测试设计，具备宽温域与高真空度调节能力：温度变化范围覆盖-190 $^{\circ}C$ ~500 $^{\circ}C$ ，可模拟低温、常温、高温等多种工况，满足 M/NEMS 器件在不同温度环境下的共振特性测试；极限真空高度小于 5×10^{-10} mbar，能有效降低空气阻尼对纳米级振动信号的干扰，大幅提升微弱振动信号的采集灵敏度与测试精度；腔体采用高密封性能设计，配备精准的温度与真空度监测模块，可实时反馈腔内环境参数，保障测试过程的稳定性与可重复性；适配微悬臂梁、桥状梁、微薄膜传感器等各类 M/NEMS 器件，支持极端环境下的单点振动采集与多点变形拟合测试，为特殊工况下的器件性能研究提供可靠的采集环境。；

3.2.5.2.5 专用工控机

专用工控机组成：高性能笔记本电脑、控制采集分析软件、液晶显示器；

笔记本电脑配置：系统配置不低于 16G 内存，1T 硬盘，USB 口，网卡等；
Win10 操作系统或以上操作系统；

液晶显示器：24 寸

3.2.5.2.6 控制采集分析软件：

3.2.5.2.6.1 三维测振仪控制软件：

扫描控制：视频图像设置，手动及自动聚焦激光，扫描量程，滤波设置等。

设置参数：可设置扫描参数，测量点数，扫描频率等测量参数。

数据获取处理功能：数据时域和频域获取，数字滤波，信号平均，实时微积分。

数据分析功能：在目标图像上可显示任意频率下的振形，任意点的频谱，传递函数，实部，虚部，相位等，结果可保存为图片或动画；

数据存储格式：包含 ASCII 格式、UFF 格式、TXT 格式以及 CSV 格式等通用格式，数据可导入 LMS、MATLAB 等信号处理软件进行再处理；

布点功能：即任意改变某区域扫描密度，任意增加扫描点的功能，激光自动聚焦。

扫描功能：具有高密度扫描和快速定频扫描功能。

滤波设置：可对采集通道进行软硬件滤波设置。

其他功能：可设置数据采集平均次数，可对测量数据进行微积分设置，可对激光的采集通道进行散斑跟踪设置，当采集的信号信噪比不好时，可自动对干扰点重新测量。采集通道可采集加速度、角度、力、速度、位移等信号，采集通道可设置 IEPE，可连接 IEPE 型传感器。具有信号增强模式，用于减小光学丢失噪声，同时搭配信号发生器，可完成各类波形激励信号下的测试，并在测试过程中预估时间。

3.2.5.2.6.2 数据采集软件功能：

基本软件包集成了常用功能：瞬态数据采集、谱分析（线性谱、功率谱、功率谱密度谱），线数可达 25600 条。此外还提供了丰富的功能：磁盘连续数据记录、借助测试节拍自动定时或定转速间隔自动保存数据、瀑布图、趋势图、谐波失真度、读入其它系统采集的数据、实时数字滤波、实时一次数字积分/微分、实时二次数字积分/微分等功能。

◆**测量功能**：测试过程中，可实时显示及保存时域波形、线性谱、功率谱、功率谱密度、谐波失真度、自谱、互功率谱、FRF、H1、H2、AP、CP、ESD、PSD、coherence、ODSFRF、阻尼比等信号；同时针对大型构件，可实现分次测量后拼接完成数据的一次性输出。

◆**拟合功能**：选择单个峰值或指定带宽范围内（可包含多个峰值）计算振型并在目标图像上以等高线的形式显示；

◆**窗函数**：Rectangle, Flat Top, Hanning, Tapered Hanning 等；

◆**预测功能**：预估测试所需时间；

◆**数据平均**：包括幅值、复数、峰值保持等；

◆**拼接功能**：对于大型构件系统可实现分次测量各表面，然后拼接，实现大型复杂复合材料构件模态一次完整输出。

◆**外部数据导入**：可导入外部测试数据，并映射到网格测点上

◆**瀑布图、趋势图**：可绘制三维谱、彩色三维谱、二维色谱图，横向切片（某个时刻的谱图）或纵向切片（某个频率成分随时间或转速的变化）、通频振幅-时间/转速趋势图（峰值、峰峰值、有效值、均值）、任意频率分量-时间/转速趋势图、转速-时间曲线。

◆**连续记录及回放分析**：在进行实时信号分析、显示的同时，提供实时无缝隙磁盘记录。记录的数据可回放分析。

◆**数字滤波**：实时低通、高通、带通、带阻。可对采集通道进行软硬件滤波设置。

◆**数字微积分**：实时一次数字微分、二次数字微分、一次数字积分、二次数字积分；

时域测试数据的实时微分和积分。

◆**测试件建模功能**：可以导入包括 STL、STP 格式形貌数据

◆**实时动画显示功能**：可实时观察及保存各测点的时域及频域数据；对所有点测试后，可画出所有点的峰值云图，测点布置-幅值分布-随频率变化或固定频率的分布图，时域 ODS 和频域 ODS，MIF（峰值指针函数），并实时动画测试结构。动画视频储存功能（AVI），存储格式：WAV 格式，存储时间可调，暂时只要做对所有点测试后，可画出所有点的峰值云图。可以以图片及动画格式导出，动画导出为 GIF、MP4、WMV 等格式。

模态测试时可实时观察并保存各测点相干系数 coherence，传递函数 FRF；

目标图像上显示任意频率下的振型，振型可用二维，三维或等高线显示；可定制操作界面及处理流程模板。

软件可以对 FRF 函数进行幅值、相位、实部和虚部显示。

软件具有频谱图上的自动/半自动峰值查找功能。

软件可显示和隐藏部件或测试点分组，可编辑测点编号。

具备 ODS 功能。整个频段或者指定频段内，2D 和 3D 动画下，x，y 和 z 向振动矢量的单独或者组合显示。

软件可渲染位移、速度、加速度数据云图，具备极值、区域均值等数据的提取功能。

◆**触发功能**：有触发功能，可进行外部触发扫描控制。在基本的触发功能基础上，增加周期性脉冲触发功能。力锤的力激励信号（力锤接入激光测振仪前端）为触发条件进行锤击模态实验。

◆**存储功能**：在基础的存储功能基础上，增加周期性触发对应的自动存储功能（不同点的存储文件名通过自动加标以区别，加标可以说数字，日期或时间）。可处理已存储数据和实时数据。

◆**检测功能**：测试过程中自动检测测试信号是否正常，对受干扰点自动重测。

◆**数据导出格式**：包括*.svd 格式、ASCII 格式、UFF 格式、CSV、MATLAB 等通用格式，支持 MeScope、LMS 等模态分析软件。

◆**测点布置功能**：1) 测点的坐标信息；2) 测量计划的设置，测点自动递增功能；3) 各种传感器灵敏度和单位设置；4) 自动去除多余通道参与存储和运算功能（比如用于扫描激光测振仪的触发通道信号，只是用于触发作用，对于运算是没有任何用处的，存储的时候（无论是时域信号还是频域信号），都无须参与）；5) 模态测试给出三维动感提示，以提醒所需敲击的测点；6) 频响函数的自动化品质监测（利用响应通道和参考通道之间的相关性在共振峰的值），可给出频响质量的自动评价；7) 所有测点的均方根值云图。

◆**数据采集及分析功能**：数字滤波，信号平均，实时微积分；信号增强模式，用于减小光学丢失噪声，在目标图像上显示任意频率下的振型、任意点的频谱、传递函数、实部、虚部、相位等，可用二维、三维或等高线显示。

◆**内部任意信号发生器**：提供包括正弦、猝发随机、伪随机、白噪声、鸟鸣、方波等标准和用户自定义波形；

◆**操作系统**：WIN7/8/10/11（32/64bit）

◆文字：中文/英文，可自动切

3.2.5.2.7 数据处理前端

南京维提思公司的激光测振仪可以和市面上的任何接受模拟电压信号的数据采集系统配套使用，自身也开发了和激光系列产品配套的数据采集卡或数据采集系统 VTS-DAQ-4(8)，以及专业的数据采集软件 VTS-TEST。数据采集系统可以单独一个系统，也可以集成到主控制器单元里，形成一体化的集成度很高的激光测振系统。激光测振仪的控制单元加上数据采集系统，形成整个系统的数据处理前端。数据处理前端含内置数字解码器和信号发生器。

数据采集系统硬件指标：

采集硬件指标：

- 1) 系统通道数：6
- 2) ADC 位数：16 位
- 3) 通道可设置的有效分析带宽：31MHz
- 4) 耦合方式：支持 AC 和 DC 耦合，并支持 IEPE
- 5) 输入电压：包含 $\pm 10V$ ， $\pm 1V$ ， $\pm 100mV$ 档位
- 6) 输出通道：4
- 7) 信号类型：内部任意信号发生器，提供包括正弦、猝发随机、伪随机、白噪声、鸟鸣、方波等标准和用户自定义波形
- 8) 输出信号频率：DC-500KHz；
- 9) 信号发生器 ADC 位数：24 位
- 10) 输出电压： $\pm 10V$



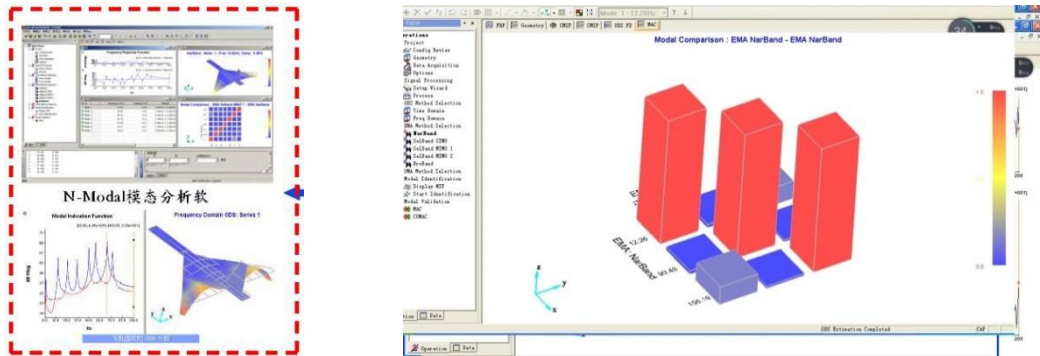
12 通道数据采集系统



软件界面

3.2.5.2.8 VTS-MODAL 模态分析软件

Modal 模态分析软件简介



模态分析软件

提供模态后处理软件 Modal2：包含 ODS/EMA/OMA 功能。

该软件操作简单，可根据用户需求定制软件操作界面并灵活调整处理流程。

Modal——业界知名的分析软件，具有三大分析功能：

Modal2——业界知名的分析软件，具有三大分析功能：

Modal2-EMA（试验模态分析），适用于大型复杂结构在输入输出可测、采用人工激励（激振器或力锤）情况下的多输入多输出（MIMO）振动模态试验与分析。可进行单个或多个激振器激励的模态试验，也可完成采用单个或多个参考点的锤击法模态试验。

Modal2-OMA（运行模态分析），适用于大型复杂结构在运行状态中利用自然激励（环境激励）、输入不可测，或者仅使用输出数据情况下的振动模态试验与分析。

Modal2-ODS（响应模态分析），分为时域 ODS 和频域 ODS。时域 ODS 用于观察机械结构在各时间点上的振动响应状态；频域 ODS 用于观测机械结构在各频率点上的运行状态振型，还可用于区分同一频率点在不同模态空

间上的强迫振动振型。

模态分析软件特点

直接驱动或数据导入

可以直接驱动采集前端，直接实时采集频响函数和 ODS 动画，也可以导入 UFF 格式的频响函数进行模态后处理分析。

快速几何建模

集成交互式几何建模模块，实现节点、连线、多边形、3D 对象的交互式选择、移动、旋转、放大、删除、修改等功能；

可定义总体坐标和局部坐标，具有笛卡尔、柱、以及球等三种坐标系统，各种坐标系统间转换方便；

可实现线段、直线、矩形、梯形、扇面、椭圆、圆台、球体等规则 3D 对象的快速建模，还可自定义三维单元库；

除了交互式几何建模，模型几何信息也可通过配置信息界面直接进行修改、添加、删除等操作。

快速、易用的信号分析功能

向导式的信号处理参数设置，实现趋势去除、时域抽取、快速傅立叶变换 (FFT)、加窗函数等功能；

FFT 长度：基 2 整数，根据实测数据自由可选；重叠：0%~83%，可从下拉列表中选择；平均次数：用户自定义；窗函数：矩形窗、汉窗、海明窗、平顶窗、指数窗和力窗等；

功率谱估计：自谱、互谱、功率谱密度矩阵、半功率谱密度矩阵；

单输入多输出 (SIMO) 的频率响应函数 (FRF) 估计：H1、H2 估计；

多输入多输出 (MIMO) 的频率响应函数估计及相干函数估计；

多线程支持的信号处理过程，并可采用不同设置参数重复进行。

灵活的二维\三维图形显示、控制和输出

提供专用的二维曲线与三维图形控制面板，以及鼠标、快捷键、菜单等多种控制方式；

多种曲线表达方式，诸如频率响应函数的幅值 (线性、对数、dB 坐标)、

相位、展开相位、实部、虚部、奈奎斯特图等；

传递函数各数值可随鼠标光标动态显示，同时振型动画也随之实时更新；

方便灵活的二维曲线显示与控制，网格、图例等元素可显示或隐藏，并能提供相应曲线的完善测量信息（测量节点、方向，是否原点测量等）；

缩放（具有不同缩放状态的记忆能力）、选段、寻峰寻谷等实用功能；

方便灵活的三维图形显示与控制，节点号、输入/输出标记、坐标轴等元素可显示或隐藏，并能轻易实现平移、缩放、旋转等功能；

提供三维图形的俯仰、左右、前后等各向视图，能实现结构的框架线显示或着色面渲染；

二维曲线和三维图形的各元素颜色均可自定义；

基于 OpenGL 的三维图形动画控制，实现播放、暂停、帧播放、幅度控制、速度控制等功能；

各种二维曲线和三维图形均可复制到操作系统剪贴板中，亦可一键存储为 BMP 或 JPG 文件；

振型动画和 ODS 可直接输出成 AVI 文件。

先进、准确、可靠的模态分析技术

EMA：基于输入（激振力）、输出（响应）测量的试验模态分析技术；

单输入/多输出（SIMO）的全局模态识别技术，可识别得到全局模态参数；

多点激振的多输入/多输出（MIMO）模态识别技术，具有识别高密度或重根模态的能力，是大型、复杂结构试验模态分析的理想方法；

单参考点和多参考点锤击法（MRIT）模态识别技术；

OMA：环境激励下仅有输出（响应）可测量的运行模态分析技术，可以对桥梁、建筑、汽车、飞机、旋转机械等机械结构在运行状态进行试验与分析，无须人工激振，只需测量响应；

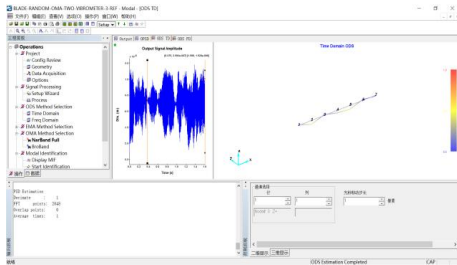
不仅简单可行，同时还可获得结构在真实运行状态下的动态特性，且天然具备多参考点特性，具有解耦密集模态的能力；

基于全功率谱密度矩阵的窄带模态参数识别方法（频域空间域分解法，FSDD），

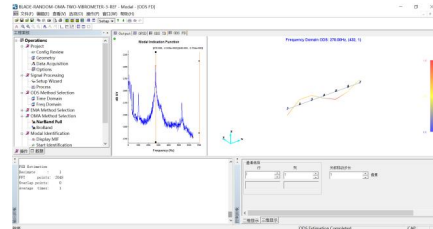
方便易用，结果准确；

基于半功率谱密度矩阵的窄带模态参数识别方法，操作方便，实现了
EMA 与 OMA 分析的统一；

时、频域响应模态分析 (ODS) 及可视化，用户可实时了解某一时刻或
频率点的结构振动模式；



时域 ODS



频域-ODS

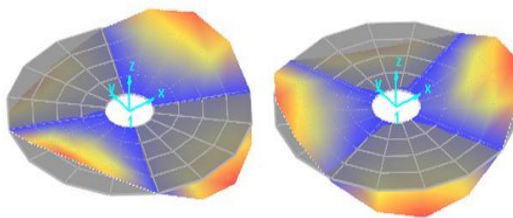
时域及频域信号



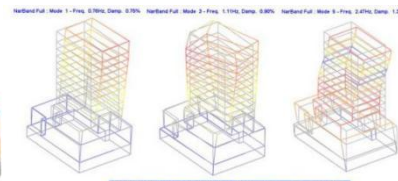
某赛车车架采用两个激励器激励的 EMA 试验模态分析一、三、五、七阶模态识别结果

第 4 阶: 166.13 Hz, 0.96%

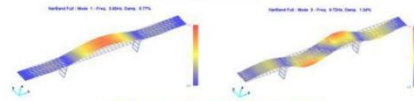
第 5 阶: 166.56 Hz, 0.95%



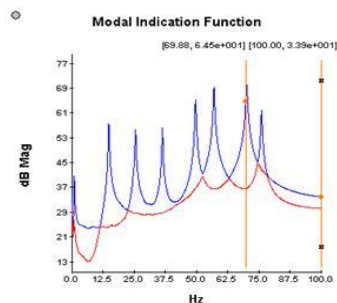
某发动机齿轮采用 MRIT 技术识别得到的一对重根模态



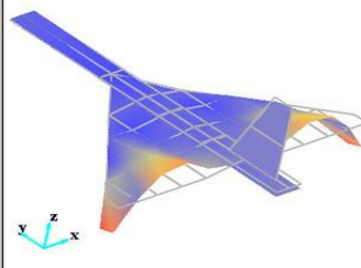
某建筑结构 OMA 识别的 9 个模态中的一、三、五阶模态



某船体三阶 OMA 识别的三阶结果



Frequency Domain ODS: Series 1



飞机结构的 ODS 分析

振型图

4.应用领域

微纳尺度与精密器件的振动测量需要顶尖、精准和无干扰的无损检测工具，显微式单点激光测振仪无疑是微尺度动态测试的最佳选择。在微纳研发、半导体制造、精密电子与生物医学等领域中，显微式单点激光测振仪被用于研究微小尺寸器件的微振动、动态响应、声学特性与模态分布，从 MEMS 器件、半导体芯片、微型传感器、精密光学组件到生物微结构、微型执行器，其已被广泛应用于微机电工程、精密声学、半导体技术、生物医学工程及其他前沿学科和工业领域，甚至可以对微小脆弱、高温表面、高速旋转微结构与微纳敏感结构进行无应力、高精度测量。

显微式单点激光测振仪可应用于以下几个方面的测量：

1.微机电系统 (MEMS) 动态微测试：

比如 MEMS 加速度传感器、微镜、微陀螺、压电微泵、微开关、微谐振器的振动模态、谐振频率测试及结构优化。

2.半导体与光电器件微区检测：

比如芯片、IC、半导体薄膜、LED 芯片、TFT、LCD、PCB、引线框架的微振动测试与封装可靠性检测。

3.精密光学组件动态特性测试：

比如微型振镜、光学镜头、光纤连接器、光开关、衍射光学元件的微振动与谐振特性测试。

4.微型传感器与执行器性能标定：

比如微型压力/流量传感器、压电执行器、微型马达的振动响应、位移精度与动态性能测试。

5.微纳材料超声波与缺陷诊断：

比如超薄薄膜、柔性电子材料、压电材料、复合材料的超声波传播研究与微裂纹、内部缺陷无损检测。

6.生物医学微结构力学测试：

比如微流控芯片、人工耳蜗、生物细胞、微型植入器件、仿生微结构的微振动与力学特性测试。

7.微型声学器件品质检测：

比如微型扬声器、麦克风、蜂鸣器、声学传感器的振动模态与频响特性测试。

8.精密微机械故障诊断：

比如微型轴承、微型齿轮、精密微马达、钟表机芯、硬盘磁头的微振动监测与早期故障诊断。

9.微尺度非接触应变/应力场测试:

采用单点显微测振模式,直接测量微器件、薄膜材料的微应变与局部应力场分布。

10.微器件疲劳寿命分析:

基于精准微应变/应力数据,结合专业疲劳分析软件,完成微器件的寿命预估与可靠性分析。

11.高温/极端环境微结构测试:

用于-200°C+200°C常规极端环境,及+200°C3000°C高温表面的微振动、模态与应变测试。

12.微型旋转机械在线监测:

比如微型主轴、高速微电机、微型旋转阀、硬盘盘片的轴向/径向微振动与动态稳定性测试。

13.微纳加工在线质量检测:

比如微加工、激光蚀刻、光刻工艺中微结构的振动、位移实时在线检测与工艺优化。

14.压电/超声微器件特性测试:

比如微型超声换能器、超声马达、压电微器件的超声振动与能量转换效率测试。

15.显微级振动设备校准标定:

比如微振动台、微型激振器的高频微位移、振动精度校准与性能标定。



国内部分参考客户

上海大学机电与自动化学院, 贵州理工学院机械系, 香港理工大学 北京信息科技大学, 西南交通大学, 重庆大学, 国防科技大学, 中南大学, 湖南大学, 南通大学, 机电学院, 中国矿业大学矿岩国家重点实验室, 中国地质大学, 江苏大学物理系, 江苏大学材料学院, 武汉理工大学, 华中科技大学力学系, 中国民航大学航空工程学院, 南京理工大学, 南京航空航天大学, 清华大学土木工程系, 大连海事大学路桥系, 西安交通大学机电学院, 西北工业大学, 厦门大学, 上海交大, 上海技术物理所, 航天八院 812 所, 航天八院 800 所, 航天 702 所, 航空 624 所, 航空 623 所, 航空 614 所, 深圳烯创材料研究院, 宁波智能仪器有限公司, 浙江海骆航空科技有限公司, 中国商发制造公司, 中船 105 所, 中船 701 所, 潍柴, 锡柴, 一汽解放, 福田汽车, 同济大学汽车风洞实验中心, 苏州泰斯特实验仪器有限公司, 无锡广电, 苏州长菱测试技术有限公司, 西安力利航空科技有限公司, 华为东莞分公司, 江苏核电, 宁德核电等。



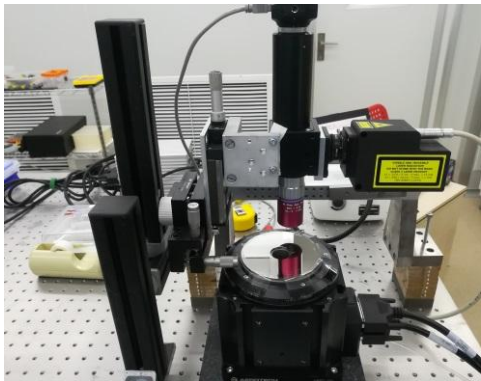
6.活动汇总



电科院旋转轴的测试



某大学测试现场



显微式激光测振仪测试现场



某大学研讨会现场