

实验室具备较完备的现代化测试仪器，可开展二维风电叶片翼型、三维叶段及缩比风力机气动力、流场风洞实验，飞行器整机性能风洞实验，以及风力机外场试验。

主要测试设备包括：

一、流场测量设备：

1. 粒子图像测速仪（PIV）

粒子图像测速仪（PIV）是一种用于实验室流体力学实验的先进设备，能够通过追踪流体中悬浮颗粒的运动来测量速度场。PIV 使用激光照射流体中的微小颗粒，并通过高速相机捕捉图像，利用图像处理技术计算出瞬时的速度分布。该设备广泛应用于湍流、剪切流等复杂流动的研究，具有高精度和非接触测量的优点，适合流体动力学的各类实验。

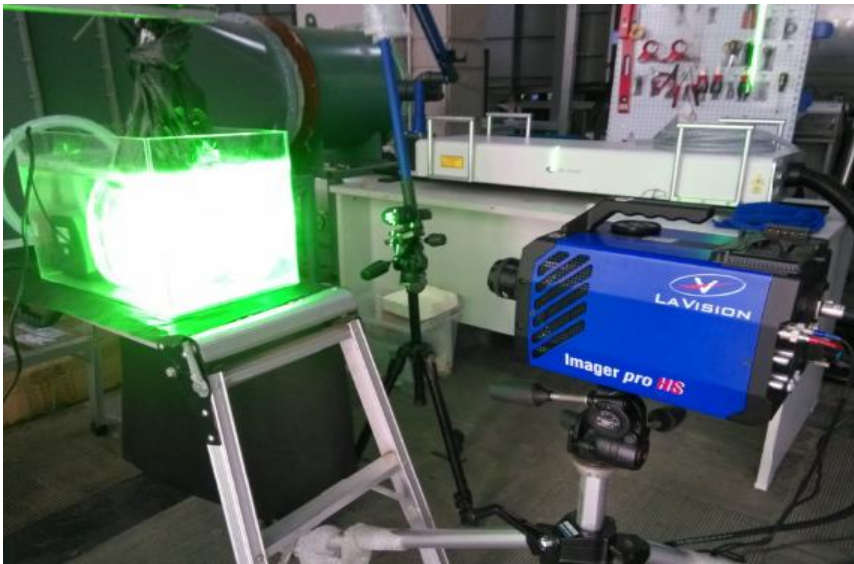


图 1.粒子图像测速仪

2. 激光多普勒测速仪（LDA）

激光多普勒测速仪（LDA）是一种高精度的速度测量仪器，广泛应用于实验室流体力学研究。LDA 通过激光束照射流体中的颗粒，根据多普勒频移原理来测量颗粒的速度。该设备能够在不干扰流动的情况下提供精确的局部速度数据，特别适合湍流、边界层等复杂流动的研究，常用于获得实时的高分辨率速度信息。

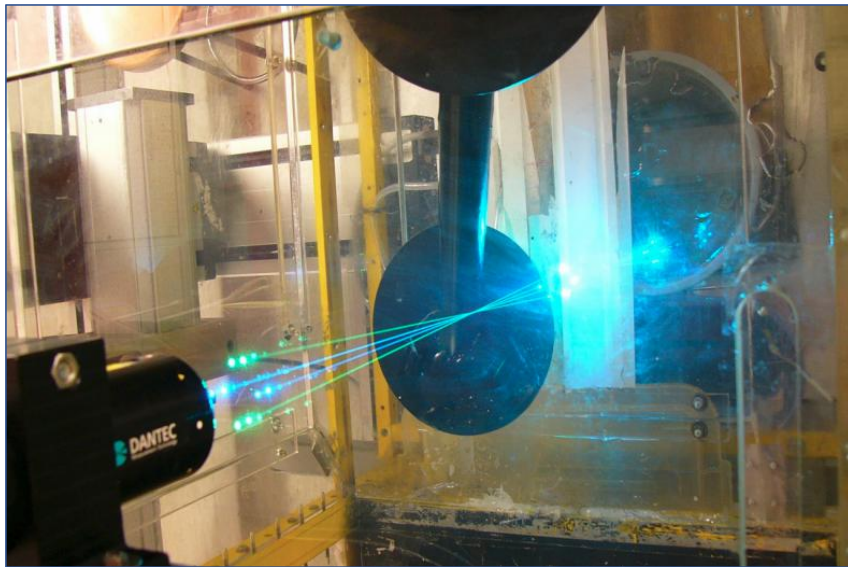


图 2. 激光多普勒测速仪

3. 热线风速仪

航华热线风速仪（CTA-04）是一种具有高精度、低温漂的科研级风速测量仪。它利用置于惠斯通电桥中的微小钨丝探头来测量风速变化，具有系统稳定、时间解析度好、高效等特点。该仪器可配合 1 微米-25 微米直径钨丝探头测量风速变化。主要设备包含测速仪主机、自动标定器、数采系统等。

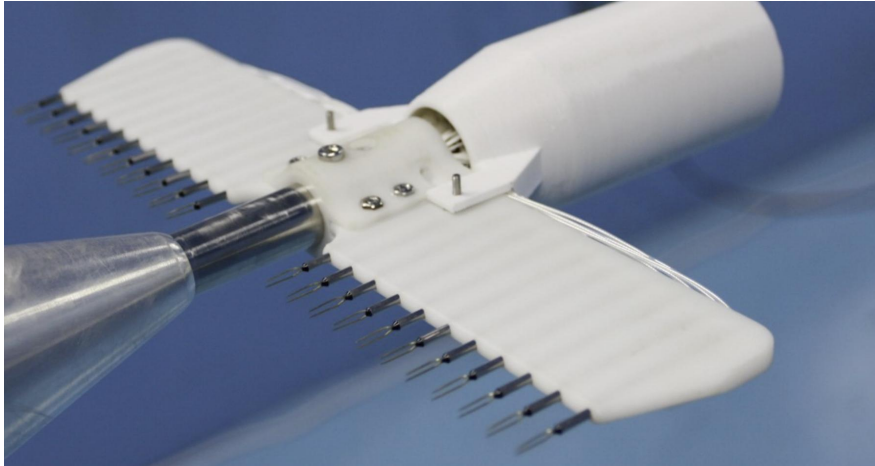


图 3. 热线风速仪

4. 地面激光雷达

地基式激光雷达，专为风资源评估和气象探测设计。该设备采用激光多普勒效应，通过八光束 VAD 扫描技术实现对 30-300 米范围内 12 个自定义高度层的风速、风向的精准测量，采样率为 1Hz。其中风速测量范围 0-75m/s，精度为 0.1 m/s；风向测量范围 0-360°，精度为 1°。地基式激光雷达具有便携性强、安装简便、数据安全等特点，适用于复杂地形和恶劣环境。设备无需塔架、易于部署，支持 GPS 定位和远程监控，可用于风场风能评估、风功率预测、气象探测等多个领域。



图 4. 地面激光雷达

5. 三维扫描激光雷达

三维扫描激光雷达，基于光学相干多普勒频移检测原理，主要用于大气边界层的三维风场探测、湍流强度监测及气溶胶后向散射系数测量。设备支持多种扫描模式，如 DBS、VAD、PPI、RHI 等，探测范围可达 60 米至 15 公里，空间分辨率为 15m/30m/60m/150m，水平风速测量范围 $\geq 50\text{m/s}$ ，精度为 0.2 m/s；垂直风速测量范围为 $-20\sim 20\text{m/s}$ ，精度为 0.3m/s。该雷达具有优异的环境适应性，能够在高盐、高湿、强风环境下稳定运行，适用于航空气象、风力发电选址、海上气象及大气污染监测等领域。



图 5. 三维扫描激光雷达

二、气动载荷测量设备：

1. 六分量测力天平

六分力天平是一种测量物体质量的高精度仪器，常用于科学实验和工业检测中。天平主体使用美国 ATI 公司的力学传感器，可测 x、y、z 三个轴的 6 个力学参数。测力精度可达 0.5%，天平主要用于风洞转盘、风力机模型机舱底部等不同部位的力学性能测量，其量程分布主要为：x 轴和 y 轴 500N，z 轴 600N，转矩 50N·m，不同需求的天平量程略有不同。

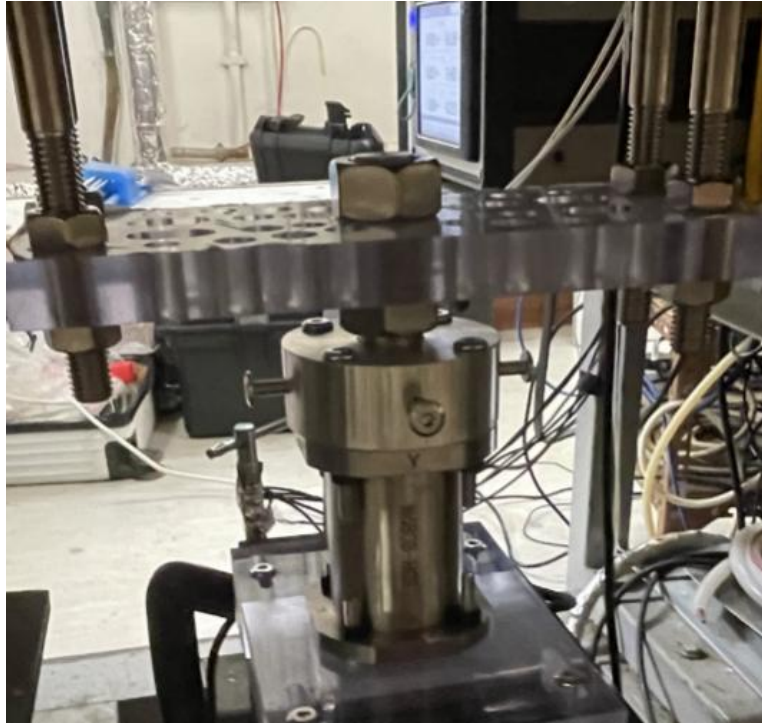


图 6. 六分量测力天平

2. 64 通道压力扫描仪

实验室共有 64 通道压力扫描仪 2 套，设备适用于二维翼型表面压强测量等高精度压强测试应用。设备支持表压测量，量程范围为 ± 2000 Pa，通道数为 64，压力测量精度可达 ± 2 Pa，采样率高达每通道 1 kHz。设备具备温度补偿功能，工作温度范围为 0 至 50°C，并提供过压保护，确保在 2 倍满量程压力下运行。该设备还支持软硬件触发方式，采用 TCP/IP 通讯协议，适用于复杂的多台联机测试环境。通过定制化软件，可实时显示各点位的压力数值。



图 7.64 通道压力扫描仪

三、应变与位移测量设备：

1. 旋转机械遥测系统

旋转机械遥测系统是一款坚固的微型动态数据采集分析系统，专为空间受限的复杂环境设计，能够测量旋转机械部件上的振动数据和应变数据。支持 16 通道同步采集，其中 12 通道为应变信号，4 通道为振动信号，分别提供高达 50kHz 的采样率，确保精确采集机械振动与应变信号。内置 128GB 存储空间，支持 USB 2.0 与计算机通讯，支持手动触发和定时触发数据采集功能，配备锂电池保证设备不少于 6 小时正常运行。系统控制软件支持参数设置、数据管理和报告输出，为旋转机械的实时遥测和数据分析提供强大的支持。



图 8. 旋转机械遥测系统

2. 位移应变测量系统

位移应变测量系统采用高速 3D DIC (数字图像相关) 技术, 能够高精度测量物体表面的三维位移与应变。系统配备两台分辨率为 2560×1920 、采集频率 2000fps 的高速摄像机, 结合先进的三维分析软件, 支持振动分析、模态分析以及点云拼接等功能。该系统通过无频闪 LED 光源提供稳定的光照, 并采用专业的触发采集器实现同步数据采集, 能够准确获取旋转机械部件的位移和应变, 适用于复杂的动态测试场景。



图 9. 位移应变测量系统

四、其它设备：

1. 数据采集系统

NI 数据采集系统基于 PXI 平台，具备强大的多功能和高精度采集能力，广泛应用于风洞实验等大规模同步数据采集场景。系统核心由 4 核 Intel Xeon 处理器控制器驱动，支持 16 GB/s 数据传输带宽，并配有 PXIe 总线机箱，支持不低于 9 个槽位的扩展。其多功能 I/O 模块提供 16 路模拟输入和 4 路模拟输出，采样率高达 1.25 MS/s，精度达 16 位，满足高精度同步采样需求。配合 LabVIEW 图形化编程软件，该系

统能为复杂实验提供强大的数据处理与分析支持。



图 10. 数据采集系统

2. 三维坐标架

三位坐标架的三轴行程分别为 900mm、1600mm、1500mm，能够承载 piv、热线探头等设备进行流场测量，各轴能够按照程序设定的软件进行坐标的移动，重复定位精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。



图 11. 三维坐标架