

土木水利实验教学中心

Civil and Hydraulic Engineering Experimental Teaching Center



大连理工大学

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

# 实验平台简介

Introduction of Experimental Platform

结构力学实验平台

多层、多跨静动力钢结构模型实验平台

桥梁结构实验平台

测量监控实验平台

风工程实验平台

## 一、实验平台简介

结构力学实验平台建成于2009年，是大连理工大学土木水利实验教学中心的重要组成部分。目前，可开展材料力学、结构力学相关课程实验、大学生结构设计大赛和大学生创新训练项目等综合性研究性实验。该实验平台现已申请一种结构力学实验平台、多功能桁架结构实验装置等8项发明专利及实用新型专利。

实验平台现面向海内外各高校开放，可利用现有实验模型开展材料力学、结构力学等课程的综合性实验；也可利用现有平台自主设计实验项目，本中心可根据需要代为加工实验模型。



## 二、主要设备

### ● 结构力学组合实验装置

YJ-III型，大连理工大学与烟台新天地公司共同研制，已申请发明专利——一种结构力学实验平台。可提供竖向、水平加载反力的结构框架，适合50kN以下的结构力学实验。



结构力学组合实验装置



小型精密振动台系统

### ● 小型精密振动台系统

WS-Z30型，北京波谱世纪科技发展有限公司。总采样频率200kHz，用于动力试验中自振频率测量、结构振动分析。

### ● 万能试验机

WDW-100E型，济南时光试验机厂。最大实验力：100KN，可进行弯曲、剪切、拉伸、压缩等材料力学实验。



万能试验机

## 三、主要仪器

### ● 动态信号测试分析系统

DH5923D，江苏东华。最高采样速率128kHz/通道，用于动力试验中应力应变、振动（加速度、速度、位移）、力等各种物理量的测试。



动态信号测试分析系统

### ● 数据采集分析系统

YDD-1型，江苏东华和烟台新天地。最高采样频率200次/秒，用于动力试验中应力应变、振动（加速度、速度、位移）、力等各种物理量的测试。



数据采集分析系统

### ● 静态信号测试分析系统

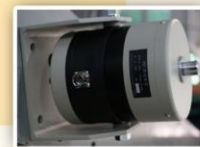
DH3815N，江苏东华。16测点，采样频率1Hz，用于静力实验力、应变、位移采集。



静态信号测试分析系统

### ● 激振器

HEV-50（选配功放型号HEAS-50），江苏东华。最大激振力50N，动力实验中对模型进行激振。



激振器

### ● 电动伺服加载系统

YJS-1型，烟台新天地。采用伺服电机驱动电动缸的加载的方式，进行载荷、位移伺服控制加载。静载出力5kN；运动频率0~1Hz，工作行程100mm。



电动伺服加载系统

### ● 传感器

#### 1、加速度传感器

YD81D-V型。可用于加速度测量。灵敏度：100mV/g；频响0.5Hz~10kHz；质量25g

#### 2、力传感器

TJL-4型。可用于拉、压力值的测量。传感器量程700Kg，灵敏度1.95mV/V。

#### 3、激光测距仪

ZDS102型，英国真尚美。可用于对模型进行非接触式位移测量、形变、振动测量等。最大量程500mm，采样频率可达1000Hz。



直线位移传感器



加速度传感器



激光测距仪



力传感器



位移传感器

#### 4、直线位移传感器

DH821-50 DH821-100型，江苏东华。主要用于接触式的位移测量，量程50mm。

#### 5、位移传感器

YHD-50型。主要用于测量静态、准静态或低频动态，量程50mm，可与静、动态电阻应变仪、数字电压表等配套使用。



## 四、实验模型

### ● 多功能桁架模型



该桁架模型采用空心铝杆为基本杆件，杆件长度共三种，分别为：500mm、707mm、1000mm。另配备两根钢制1000mm变刚度杆件。

#### 可进行实验：

- 1、几何组成分析
- 2、静定结构一般性质
- 3、静定桁架影响线
- 4、结构内力、位移与刚度的关系
- 5、节点改变对结构内力的影响
- 6、验证功的互等定理
- 7、力法实验

### ● 多功能梁模型

该模型杆件采用截面尺寸为20mm×6mm的钢制薄片制成，杆件长度共四种，分别为：250mm、500mm、750mm、1000mm。杆件上可增添质量块，以进行相应的动力实验。

#### 可进行实验：

- 1、直接或间接荷载作用下静定多跨梁的影响线
- 2、超静定多跨梁的影响线
- 3、验证反力互等定理
- 4、位移法实验
- 5、无限自由度体系的自由振动
- 6、多自由度体系强迫振动
- 7、近似法求悬臂梁基频



### ● 多功能刚架模型



该刚架模型采用空心钢杆为基本杆件，杆件长度共三种，分别为：250mm、500mm、750mm。另配备两根750mm变刚度杆件。

#### 可进行实验：

- 1、几何组成分析
- 2、结构内力、位移与刚度的关系
- 3、验证功的互等定理
- 4、力法实验

### ● 多层框架模型

该框架模型立柱高1m，采用3mm×30mm的刚薄片制成；横梁长0.33m，截面尺寸30mm×29mm，可模拟横梁刚度无穷大情况。横梁与立柱间采用夹片式连接，层间距可调。最多可加至四层框架。

#### 可进行实验：

- 1、位移法实验
- 2、多自由度体系的自由振动
- 3、多自由度体系的强迫振动
- 4、近似法求刚架基频



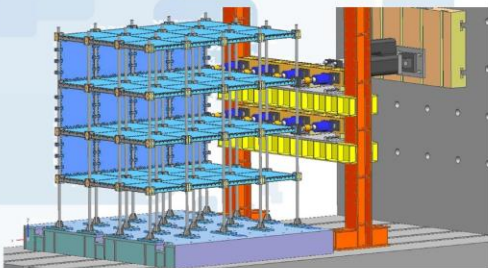
## 一、实验平台简介

多层、多跨静动力钢结构模型实验平台建成于2015年，是大连理工大学土木水利实验教学中心的重要组成部分。实验平台采用先进的测量、测试和加载设备，通过设计的多层、多跨钢结构模型在实验室条件下开展不同结构体系受载实验，加强专业课的理论学习效果，在拓展实验内容的同时降低实验成本；通过多层、多跨钢结构模型静力、动力实验并通过实验结果与有限元模拟结果的相互印证，使学生进一步掌握结构计算分析的建模方法，培养学生严谨的科学态度，使之初步具备科学研究的能力；同时结合工程结构检测常用的仪器设备，使学生熟练掌握其使用方法。

## 二、主要设备

### ● 电液伺服加载系统

定制，大连理工大学与烟台新天地公司共同研制。  
水平多点加载，最多实现16点同时加载，单点最大加载能力50kN。



电液伺服加载系统



### ● 一维振动台

定制，大连理工大学与天水红山试验机有限公司共同研制。

单水平向地震台，台面尺寸1.5m×1.5m，载重10吨，水平推力200kN，振动频率0.1~20Hz，水平位移300mm（±150mm），可输入正弦波三角波和随机地震波。



一维振动台

## 三、主要仪器

### ● 动态信号测试分析系统

型号DH5923D，江苏东华。最高采样频率128kHz/CH，用于动力实验中的应力、应变、振动（加速度、速度、位移）、力等各种物理量的测量。



动态信号测试分析系统

### ● 静态信号测试分析系统

型号DH3816N，江苏东华。每模块60测点，采样频率1Hz，适用于测点相对集中的实验工况，实现对应变、应力、力、压力、扭矩、位移、温度等物理量的测量。



静态信号测试分析系统

### ● 激振器

型号LC02，江苏东华。可用于动力实验中对模型进行激振模型。最大激振力5000N，灵敏度1mV/N。



激振器

### ● 传感器

#### 1、加速度传感器

型号1A111E，江苏东华，用于加速度的测量。灵敏度：10mV/ms<sup>2</sup>，频响0.5~7000Hz；量程500ms<sup>-2</sup>。



加速度传感器

#### 2、位移传感器

DH821-50和DH821-100，江苏东华，用于模型位移的测量。最大行程分别为50mm和100mm，线性度小于0.1%。

#### 3、激光测距仪

ZDS102型，英国真尚美，用于对模型进行非接触式位移、形变及振动测量等。最大量程500mm，采样频率可达1000Hz。



激光测距仪



位移传感器



## 四、实验模型

### ● 多层、多跨钢结构模型静载实验

静力模型是由大连理工大学与烟台新天地公司共同研制。多层、多榀、多跨钢结构（框架、框架-支撑、框架-剪力墙、筒体），空间单元格:长×宽×高=0.5m×0.5m×0.5m，柱为通长圆钢管，其与钢梁通过紧固件刚接。

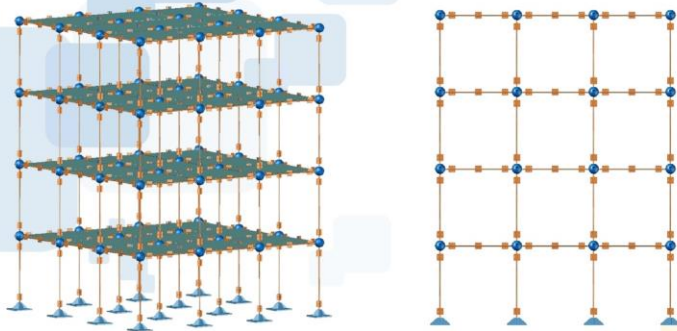
针对不同类型的多层、多跨钢结构模型（框架、框架-支撑、框架-剪力墙、筒体等），采用作动器逐级施加水平荷载，通过电阻应变片测量结构关键位置应变，采用激光位移传感器测量结构关键位置变形，全部实测数据由数据采集系统自动采集。

通过多层、多跨钢结构模型在静力荷载作用下实验，掌握单调加载下钢结构力学反应的全过程，了解不同钢结构形式（框架、框架-支撑、框架-剪力墙、筒体等）的力学特性，并将实测结构关键位置位移及应变等数值与有限元模拟结果对比，相互印证。

具体测试内容主要包括：（1）结构关键位置应变；（2）结构关键位置变形。

#### 1、框架结构

整个结构不采用支撑、剪力墙等抗侧构件，只使用柱、梁和楼板组装成框架结构。



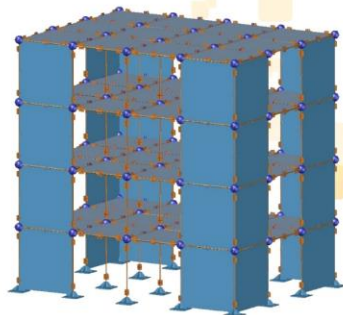
框架结构

#### 2、框架-剪力墙结构

在框架结构的基础上增加部分抗侧钢板剪力墙，形成框架-剪力墙结构。



框架-剪力墙结构

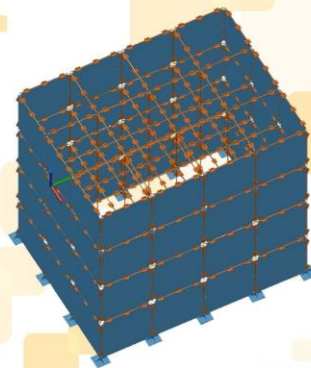


#### 3、筒体结构

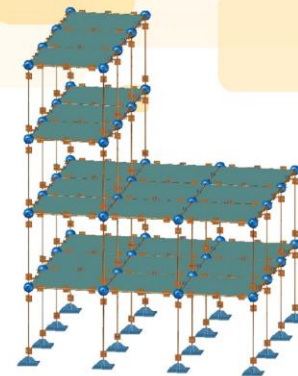
在框架结构的外框和（或）内框均布置抗侧钢板剪力墙，形成筒体结构。

#### 4、不规则结构体系

根据梁、柱竖向和（或）水平位置差异组装成若干结构，如竖向不规则（即存在薄弱层）的结构，平面不规则（即存在刚心和质心不重合情况）的结构及层数不一致的结构等，以研究不规则结构静载作用下的力学特性。



筒体结构



不规则结构体系

### ● 多层钢框架模型动载实验

动力模型是由大连理工大学与烟台新天地公司共同研制。10层单榀单跨钢框架（或框架-支撑体系），平面尺寸0.5m×0.5m，层高0.5m（或1.0m），柱为通长5m的圆钢管，其与钢梁通过紧固件刚接。

多层、单跨钢结构模型动载实验，使学生掌握测振传感器、记录器和分析仪器的操作使用方法；了解多层钢框架的动力特性，不同地震动特性对结构性能的影响及减震、隔震装置的减震效果，同时与有限元模拟结果进行对比分析。

通过敲击振动法或强迫振动法，获得多层钢结构模型的多阶振型、频率及其阻尼比。

具体测试内容主要包括：

- （1）结构动力特性（振型、频率和阻尼比）
- （2）结构动力响应（动应变、动位移）



动力实验模型

## 一、实验平台简介

桥梁结构实验平台建成于2013年，是大连理工大学土木水利教学中心的重要组成部分。目前，可开展桥梁结构相关课程实验、大学生创新训练项目等综合性研究性实验。该实验平台以实际工程项目为背景，研制三座结构不同的桥梁模型，采用工程中最先进的仪器设备再现实际工程实验与检测项目。

实验平台面向国内国际各高校开放，可利用现有实验模型开展桥梁结构检测等课程的综合性实验。

## 二、主要仪器

### ● 无线\总线动态数据采集测试系统

INV3062T，北京东方，24位云智慧分布式无线动态数据采集测试系统，最高采样频率：每通道51.2KHz，用于分布式、多测点、远距离或无线传输的振动、噪声、冲击、应变、压力、电压等各种物理量信号采集。



无线\总线动态数据采集测试系统

### ● 无线\总线静态应变测试系统

JM3812，扬州晶明，分布式无线静态应变测试系统，测量点数：16通道/台。采样速率：1Hz/2Hz（静态测试）；512Hz总采样率（动态测试）。



无线\总线静态应变测试系统

### ● 索力测试系统

INV3018E，北京东方，24位高精度“双核”数据采集仪，一档量程范围达160dB，最高采样频率：每通道51.2KHz。



索力测试系统

### ● 传感器

#### 1、弦式应变计

BGK-4200，北京基康，埋入式混凝土应变测量。



弦式应变计

#### 2、光纤光栅应变计

BGK-FBG-4200T，北京基康，埋入式混凝土应变测量。



光纤光栅应变计

#### 3、激光位移传感器

HL-G112-A-C5，日本松下，非接触式位移测量，测量范围 $120 \pm 60$ mm，分辨率 $8 \mu\text{m}$ ，最高采样频率：5000Hz。



激光位移传感器

#### 4、加速度传感器

4508-B，丹麦B&K，加速度测量，灵敏度：100mV/g，频响0.3~8 KHz。



加速度传感器

#### 5、拾振器

891-4，中国地震局，速度及加速度测量，灵敏度：100mV/g和2~50Vs/m。



拾振器

## 三、主要试验内容

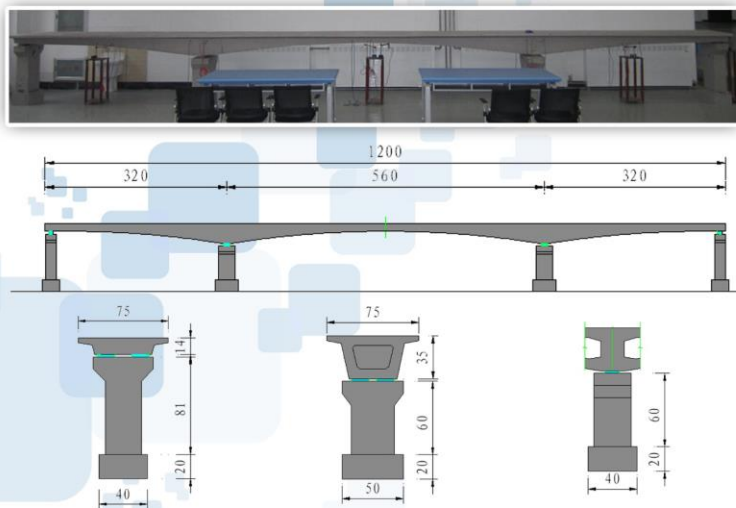
- ◆ 不同桥梁结构静力特性。
- ◆ 不同桥梁结构动力特性及动力响应。



## 四、实验模型

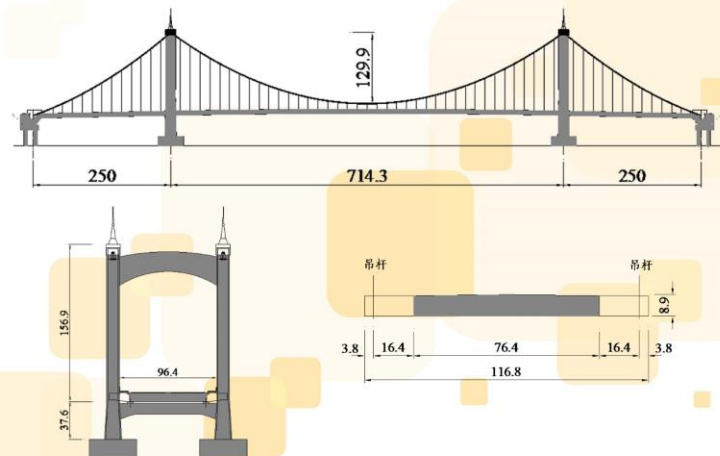
### ● 连续梁桥实验模型

实验模型以主桥为原型，在满足各项指标测试的前提下，模型采用1/20的外形缩尺比例，设计为3.2+5.6+3.2=12m三跨变截面钢筋混凝土连续梁。主梁为箱形断面，梁宽75cm，跨中处梁高为14cm，支座处梁高为35cm。桥梁支座采用8mm厚橡胶板，桥墩为带墩帽的矩形钢筋混凝土桥墩，基础为扩大基础。



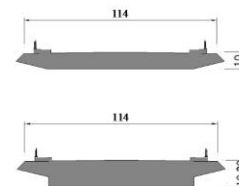
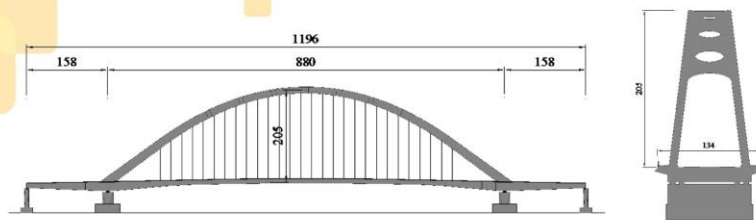
### ● 悬索桥实验模型

实验模型以主桥为原型，在满足各项指标测试的前提下，模型采用1/28的外形缩尺比例，设计为2.5+7.14+2.5=12.4m混凝土自锚式悬索桥。主梁采用实体断面，梁宽96cm，梁高9cm，两侧设悬臂梁。桥塔为门式结构，设上下横梁。桥梁两端为桥台。基础为扩大基础。主缆和吊索采用钢丝绳制作。桥塔及桥台处支座采用5mm厚橡胶板。



### ● 拱桥实验模型

实验模型以主桥为原型，在满足各项指标测试的前提下，模型采用1/25的外形缩尺比例，设计为1.58+8.86+1.58=11.96m钢筋混凝土变截面主梁钢拱肋系杆拱桥，梁宽114cm。主梁梁高在中跨跨中处为10cm，在中墩支点处为20cm。拱肋为钢箱结构。主梁支座采用5mm厚橡胶板。桥墩为切角矩形钢筋混凝土桥墩，基础为扩大基础。



## 一、实验平台简介

测量监控实验平台面向海内外高校开放，可利用综合测量工作站、非接触式视频测量仪、3D扫描仪及分布式多类传感器同步采集仪等先进设备进行结构监测、变形观测等方面的综合性实验，也可利用现有平台仪器自主设计实验项目。

## 二、主要设备

### ● 徕卡Nova MS50综合测量工作站

**——全站仪**  
更有超越目前全站仪的新技术

采用源自航天的WFD激光测距技术，测量精度高，免棱镜测量距离高达2000米，测距速度提高一倍！

**——图像测量系统**  
更有超越传统图像测量系统的高效准

具有广角相机和望远镜相机，广角相机市场广阔，用于粗略照准，定义扫描区域及拍摄全景图，望远镜相机具有自动对焦功能，实现快速精确照准。

**——扫描仪**  
更有超越传统扫描仪的高精度

扫描速度最高可达1000个点每秒，扫描距离可达1000米，100米处点位精度可以达到惊人的0.8mm高精度。

### ● 分布式多类传感器同步采集仪 | DUT-FEsync-S15

DUT-FEsync-S15是适合光纤光栅（FBG）传感器及电类传感器同步采集的多类传感器同步采集仪。2Hz采样频率可以测量光纤光栅低频变化的温度、应变等物理参数。内置大功率波长扫描型激光器，每个光学通道具有80nm波长范围（1510nm~1590nm），波长解调精度达1pm，可同时连接240个FBG传感器。解调仪支持最大48通道的电类传感器动态数据采集，信号类型包括加速度、力、位移、倾角、应变、温度、压力等，适用于桥梁、大坝、建筑物等长期状态监测。



徕卡Nova MS50综合测量工作站

**——超镜站仪**  
可进行创新便捷无控制点自动化测量

能够与徕卡GNSS组合成超站仪，进行GNSS测量，实现MS50高站及定向，颠覆“先控制后碎步”的传统测量模式。



电类传感器采集通道



光纤光栅传感器采集通道

### ● 非接触式视频测量仪

英国艾美创公司（iMETRUM）研发，整套仪器包括一个已安装好配套分析软件的笔记本电脑，以及以下设备：高分辨率数字摄像机，镜头，三脚架等。

视频测量仪是一个非常灵活的测量平面材料、部件和结构的二维位移与应变的设备。可通过摄像机进行实时测量，或对录像文件进行后期测量。该系统针对每一个用户自定义的目标点进行高精度的跟踪。目标点可被选在图像上任意位置，并可对多达100个典型的目标点进行实时跟踪。

#### 应用范围：

- 1、结构：风洞、桥梁、建筑、井架、大坝、隧道、飞行器等
- 2、材料：所有材料力学测试；高温、破坏性试验等
- 3、部件：汽车部件等

### ● 3D激光扫描仪

三维激光扫描技术是国际上近期发展的一项革命性的高新技术，利用三维激光扫描技术获取的空间点云数据，可快速建立结构复杂、不规则场景的三维可视化数字模型，还可以迅速得到任何的距离、面积、体积的测量结果，既省时又省力。FARO Focus3D S可以十分详细的以更高的清晰度和精确度对周围的各种目标进行扫描，扫描后自动拍照，配合标靶和软件自动拼接，自动上色。全部工作轻松快捷，最新64位软件快速高效处理数据，从采集数据到获得全景彩色点云，只需数小时。

#### 应用范围：

- 1、建筑、规划、设计与土木工程：填挖方测量、变形控制、立体检测、结构分析与维护、自由部件检测、建模、道路规划、车载测量、过程检测
- 2、制造工业、大型结构、装备应用及数字工厂：转换和扩展三维记录、组装大型结构、建模虚拟测量分析计算工厂管道、布局研讨工厂改造、机械搬出入模拟演示、资产管理、现场不同行业综合管理
- 3、检测和逆向工程：地下管道测量、质量控制、复制改装产品和组件
- 4、电力、石油化工及军事：三维浏览空间分析电网、规划选址、灾情推演与应急求援、破坏力数据分析
- 5、地质编录边坡监控、矿床勘探、隧道监测



非接触式视频测量仪



3D激光扫描仪



## 一、风工程实验平台简介

风工程实验平台建成于2015年，是大连理工大学土木水利教学中心的重要组成部分。目前，可开展桥梁和建筑结构抗风、沙尘迁移相关课程实验和大学生创新训练项目等综合性研究实验。其主要特色是将PIV例子成像设备用于风洞试验，可以对煤场起尘、颗粒扩散及迁移、各类结构物周围流场粒子等进行动态捕捉，进而开展微观机理研究。

实验平台现面向海内外各高校开放，可利用现有实验仪器设备开展多类风工程综合性实验研究。

## 二、主要仪器设备

大连理工大学2号风洞实验室（DUT-2）是一座全钢结构直流风洞，采用全自动化的测量控制系统。风洞气动轮廓长13m，宽9m，最大高度为2.8m；试验段长5m，横断面宽1.2m，高1m，空风洞最大设计风速20m/s，适用于流场显示、颗粒质量迁移、及土木工程专业试验教学及相关抗风试验研究。

### ● 眼镜蛇脉动风速测试仪

型号：TFI Series 100 Cobra Probe，澳大利亚Turbulent Flow Instrumentation Pty公司。

2个探头，主要用于三维脉动风场的测试，采样频率可以达到1000Hz以上。

### ● 激光位移计

1215、1251、1282型，日本ANR公司。

12个，主要用于高频动态测试，最高采样频率可以达到1000Hz。

### ● 加速度传感器

LC0119型，秦皇岛朗斯测试技术有限公司。

主要用于高频动态测试，最高采样频率可以达到5000Hz。



眼镜蛇脉动  
风速测试仪



激光位移计



加速度传感器



多功能激光粉尘仪



粉尘粒度分析仪系统



三维全自动移动支架

### ● 高频测力天平

型号：Mini40，美国本ATI公司。

主要用于模型的高频测力，频率200Hz以上。



高频测力天平

### ● 3D打印机

型号：X3045，天威。

主要用于复杂模型的精细加工。



3D打印机

### ● 电子分析天平

型号：BSM120.4，上海卓精。

主要用于粉尘质量称重，精度0.1mg。



电子分析天平

### ● 多功能激光粉尘仪

型号：LD-6S，北京绿林创新数码科技有限公司。

精度0.1mg，主要用于分析粉尘的粒径分布特点。

### ● 粉尘粒度分析仪系统

型号：MD-1，中煤科工集团重庆研究院有限公司。

主要用于分析粉尘的粒径分布特点。

### ● 三维全自动移动支架

纵向×横向×竖向=1650×1000×850mm。

主要用于携带测试仪器快速准确至指定位置。

### 三、PIV相关仪器

#### ● 超高速摄像机

型号: FastCAM SA5  
 分辨率: 1,024 x 1,000 pixels  
 速度: 1,024 x 1,000 pixels @ 7,500 fps;  
 相机内存: 32GB memory  
 相元尺寸: 20um  
 灵敏度: Equivalent ISO light sensitivity  
 6,400 (monochrome), 数据位数: 12bit



超高速摄像机

#### ● 同步控制器 (数字延迟/脉冲发生器)



同步控制器

4路脉冲输出  
 8延迟输出  
 信号抖动: <25 ps  
 触发频率可达10 MHz  
 精密频率发生器  
 快速的过渡时间  
 控制接口为: Ethernet,  
 GPIB and RS-232

#### ● 固体连续激光器

波长: 532±1(nm)  
 输出功率: >5000 mW (功率可调节)  
 工作方式: CW  
 光斑模式: Near TEM00\Multi-longitude  
 光束质量(M2 factor): ~3.0  
 光束直径: ~4.0 mm  
 光束指向稳定性: <0.05  
 功率稳定性: <5%



固体连续激光器

#### ● 在人工照明的配合下进行粒子图像的采集



### 四、可进行实验

| 序号 | 试验类型          | 仪器                        |
|----|---------------|---------------------------|
| 1  | 防风网防风效果流场显示   | PIV粒子图像测试仪                |
| 2  | 煤灰沙尘质量迁移      | 多功能激光粉尘仪、粉尘粒度分析仪系统、电子分析天平 |
| 3  | 桥梁主梁节段模型测振    | 激光位移计、加速度传感器              |
| 4  | 高层、高耸结构模型测力   | 高频测力天平                    |
| 5  | 桥梁、建筑结构空气绕流显示 | PIV粒子图像测试仪                |