



---

# 空气动力学系列

---

V2.0



2022-9

微牛顿(山东)科技开发有限公司

## 目录

一、H012 流场演示实验装置 .....	3
二、空气动力学基本实验台系列 .....	4
1、F100-空气动力学基本实验台 .....	4
2、F101-多管压力计 .....	5
3、F102-伯努利方程实验模块 .....	6
4、F103-边界层分析实验模块 .....	6
5、F104-圆管湍流实验模块 .....	7
6、F105-方形弯管实验模块 .....	7
7、F106-附壁效应实验模块 .....	8
8、F107-拖曳力分析实验模块 .....	8
9、F108-可视化流动实验模块 .....	9
10、F108A 烟雾发生器 .....	9
11、F109-压力损失分析实验模块 .....	10
12、F110-风机性能测试实验模块 .....	10
13、F111-翼型压力分布实验模块 .....	11
14、P100-实验室手推车 .....	11
三、压缩空气实验台系列 .....	12
1、F301 喷嘴特性实验装置 .....	12
2、F302 喷管压力分布实验装置 .....	13
3、F303 压缩流体流动摩擦损失实验装置 .....	14
四、风洞系列 .....	14
1、F116 飞行演示风洞 .....	14
2、F130 亚音速风洞 .....	16
3、F101 多管压力计 .....	17
4、F132 压力显示器(32 路) .....	17
5、F133 三分量天平 .....	17
6、F134 角度标测定仪 .....	错误!未定义书签。
7、F135 皮托管 .....	错误!未定义书签。
8、F108A 烟雾发生器 .....	18
9、F139 模型 .....	19
10、F381 纹影系统 .....	21

## 一、H012 流场演示实验装置

### 产品简介

本产品是一款用来进行流场演示的经典实验装置。根据雷诺数相似准则，许多在空气中发生的流动过程也可以通过在水中的实验来证明。本实验装置主体是一款小型精密水槽，不仅可用于演示配套模型在水渠中的层流和湍流过程，还可以为用户订制其它任意异形阻力体，来演示这些阻力体在流场中的层流、湍流和绕流过程。本实验装置由电气控制单元、流体循环系统、整流机构和支撑结构组成，可支持学生独立开展实验研究。



### 技术指标

- 工作电源：单相三线，220V±5%，50Hz
- 工作环境：0℃≤温度≤45℃、相对湿度≤85%
- 储运环境：-20℃≤温度≤45℃、相对湿度≤85%
- 额定功率：≤150W
- 安全保护：设备过载保护，接地保护，安全电压（DC24V）保护
- 最大流量：40L/min
- 实验电流：0~800mA
- 脉冲频率：0~150KHZ,脉冲宽度 1%-100%可调
- 流体密度：1.026g/L
- 流体电导率：65500us/cm
- 阴极直径：Φ0.2mm
- 阳极面积：0.01 m<sup>2</sup>
- 模型高度：70mm
- 照明光源：白色 LED 灯
- 运行噪音：≤40dB
- 实验装置尺寸(L\*W\*H)：900mm\*400mm\*220mm
- 控制单元尺寸 (L\*W\*H)：410mm\*400mm\*170mm
- 运输重量：约 28kg

### 实验内容

- 二维流动的可视化演示
- 演示绕流及流通过程中的流线
- 演示边界层分离
- 演示涡流的形成及卡门涡街现象
- 对层流和湍流中速度分布的定性观察
- 类比空气流动

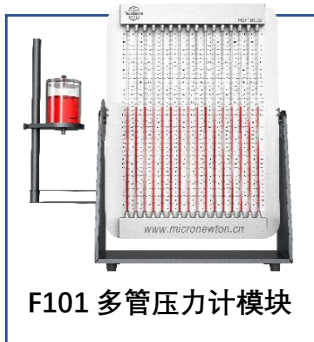
### 实验现象



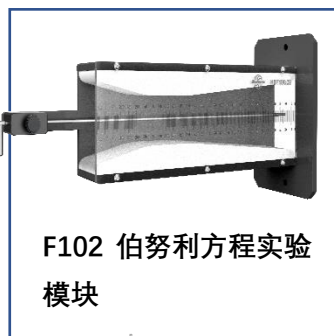
## 二、空气动力学基本实验台



P100 实验室手推车



F101 多管压力计模块



F102 伯努利方程实验模块



F111 翼型压力分布实验模块

 The central air dynamics basic experimental platform, consisting of a white control box, a large black fan, and a duct system.
 

**F100 空气动力学基本实验台**

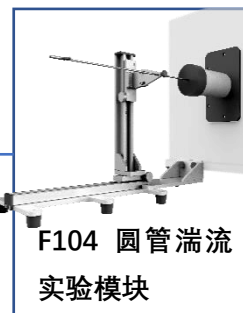
本产品是微牛顿公司为用户开展空气动力学基础实验而开发的实验设备,基本实验台不具有实验功能,只提供低湍流度的气流,气流速度从0~41m/s 连续可调;基本实验台通过安装不同的实验模块,可开展几十种空气动力学定性和定量实验研究;



F103 边界层分析实验模块



F110 风机性能测试实验模块



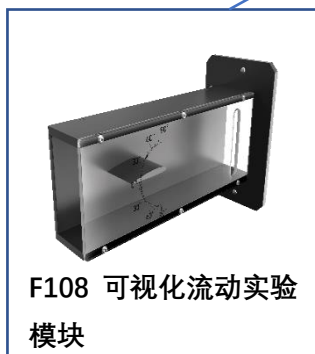
F104 圆管湍流实验模块



F109 压力损失分析实验模块



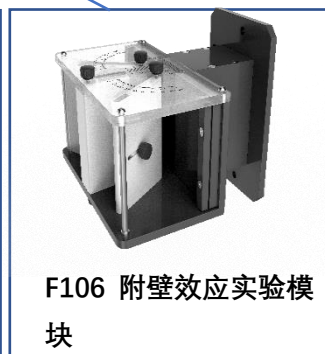
F105 方形弯管实验模块



F108 可视化流动实验模块



F107 拖曳力分析实验模块



F106 附壁效应实验模块

## 1、F100-空气动力学基本实验台

### 产品简介

本产品是一台用于研究空气动力学的基础实验设备，自身不具备实验功能；本产品主要由三部分组成，分别是可锁定脚轮的稳压箱、风速可调的高压离心风扇、进口和出口连接器；本基本实验台具有非常好的拓展性和选择性，通过分别连接 11 个不同的功能模块，可开展一系列的空气动力学实验供学习研究。



### 可选模块

F101-多管压力计实验模块  
 F102-伯努利方程实验模块  
 F103-边界层分析实验模块  
 F104-圆管湍流实验模块  
 F105-方形弯管实验模块  
 F106-附壁效应实验模块  
 F107-拖曳力分析实验模块  
 F108-可视化流动实验模块  
 F109-压力损失分析实验模块  
 F110-风机性能测试实验模块  
 F111-翼型压力分布实验模块  
 P100-实验室手推车

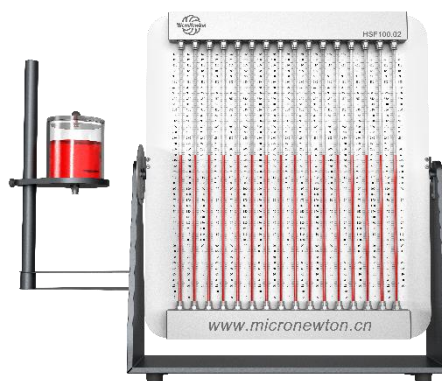
### 技术指标

- 中压变频风机 功率 1.5KW 220V 交流 风量 1200m<sup>3</sup>/h 风压 2Kpa 进出口口径  $\Phi$ 100
- 风机部件尺寸 750mmX460mmX560mm 钣金厚度 1.2mm
- 稳风箱部件尺寸 680mmX480mmX520mm 木板厚度 20mm
- 阻尼网 4 层
- 出口风速 22m/s
- 出风口尺寸 100mmX50mm

## 2、F101-多管压力计

### 产品简介

本产品是一台用于测量气体压力的多管式压力计，可在同一平面内同时展示 16 个点的压力值，也可展示正压、负压和差压，数据展示直观，对比方便；产品配备的储液罐高度可上下自由移动，压力管相对水平面可倾斜一定的角度来获得较高的测量精度；本实验模块即是其它功能模块开展实验的基础，也可作为开展其它空气动力学实验研究的工具。



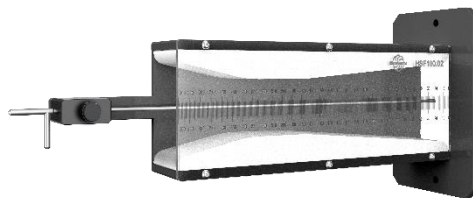
### 技术指标

- 尺寸 150×740×640mm
- 16 路显示管路
- 显示精度 1mm
- 可翻转角度 0-60°
- 显示管路直径 $\Phi$ 6 内径 $\Phi$ 4
- 可显示液位刻度范围 0-430mm
- 背板厚度 8mm
- 支架厚度 10mm
- 钣金厚度 1.2mm
- 水位高度可调节

### 3、F102-伯努利方程实验模块

#### 产品简介

本产品是一台用于验证伯努利方程的实验模块，需要通过出口连接器连接到 F100 基本实验台上开展实验；产品本身是一个单面透明的方形管道，内部组成包括一个收缩-扩张流道和一个可沿着流道轴向移动的皮托管，通过皮托管所测量的轴线上各点的总压和静压比较，验证理想伯努利方程。



#### 技术指标

- 量程: 300mm
- 最小刻度: 1mm
- 喉部截面积: 0.0025 m<sup>2</sup>
- 标称流量系数: 0.92

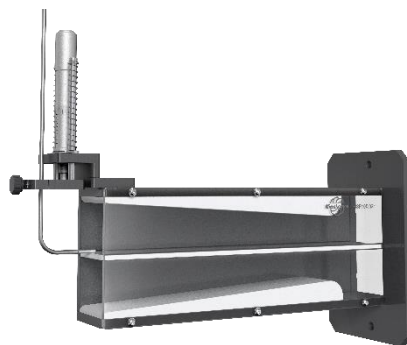
#### 实验内容

- 伯努利方程的验证
- 使用皮托管静压管和多管压力计

### 4、F103-边界层分析实验模块

#### 产品简介

本产品是一台用于研究不同表面粗糙度对边界层的厚度和速度分布影响的实验模块；模块本身是一个一侧透明的方形通道，通道中间的平板可自由翻转，其中一面光滑，另一面粗糙，通道的上下两端布置的白色剖面板可反转，可让流道在来流方向上形成上升或下降的压力梯度；设备带有一个微型皮托管，用千分尺控制其在竖直方向的位移，可测量出边界层在板上沿流动方向上的厚度分布；根据伯努利方程，根据测量的总压和静压，可计算出边界层内的速度分布。



#### 技术指标

- 位移精度: 0.001mm
- 位移量程: 50mm
- 糙面粗糙度: 25
- 光面粗糙度: 1.6

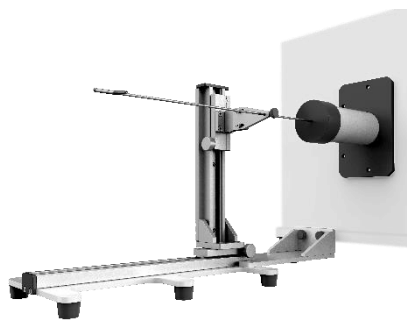
#### 实验内容

- 测量层流和湍流边界层中的速度分布。
- 测量在粗糙和平滑板上形成的边界层中的速度分布。
- 测量距离板前缘不同距离的边界层中的速度分布。
- 压力梯度对边界层速度分布的影响。

## 5、F104-圆管湍流实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究圆管中所发生的湍流的实验模块；模块本身包括一段直管，直管内置有锐边排气口以形成湍流，测量框架上安装有皮托管，可以在圆管内部沿水平和垂直方向移动，可测量流场内部的总压和静压，绘制流场内部的速度剖面线，计算压力损失等。配有中心定位器，方便实验的开展。



### 技术指标

- 轴向位移量程：300mm
- 径向位移量程：100mm
- 管道横截面积：0.0019 m<sup>2</sup>
- 管道内壁粗糙度：25

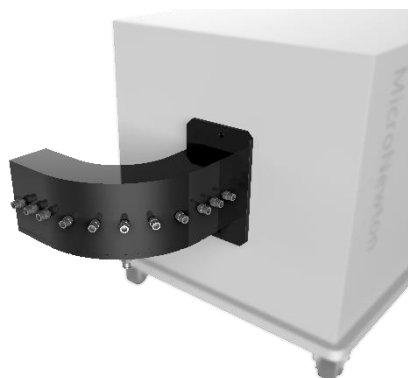
### 实验内容

- 圆管中心线速度的衰减。
- 沿射流不同距离处的速度分布。
- 对速度剖面的分析，质量流量的变化，动能流量的变化等。

## 6、F105-方形弯管实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究气流通过弯曲流道时流动状态的实验模块；该模块由一个截面积不变的 90°弯曲方形管通过出口联接器连接到 F100 基本实验台；沿着管道的外径布置了很多测压点，当与模块 F101 连接时，可测量在不同的风速下，沿着弯曲管道内径的静态压力分布图，并据此计算弯管的压力损失和阻力系数



### 技术指标

- 测压点数量：24
- 流道横截面积：0.005 m<sup>2</sup>
- 弯管角度：90°
- 中心半径：125mm
- 内壁粗糙度：3.2

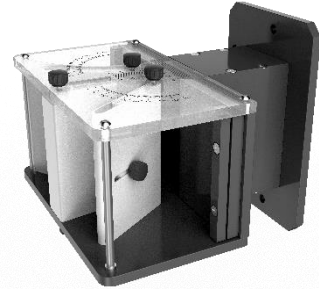
### 实验内容

- 沿弯曲的内壁和外壁的压力分布。
- 径向压力分布与假设自由涡旋速度分布的预测值进行比较。
- 损失系数 (K) 的计算。

## 7、F106-附壁效应实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究附壁效应的实验模块；该模块由一个半透明的矩形通道，通过出口连接器连接至 F100 基本实验台，矩形通道内置一个 Y 型的流道，其中可改变 Y 型流道的开口大小以及正中的平板的轴向位置；通过该装置可研究气流的附壁效应（康达效应）。



### 技术指标

- 风门开合尺寸: 0-50mm
- 活门偏转角度: 0~90°
- 活门延伸尺寸: 0-20mm
- 中心块移动距离: 0-30mm

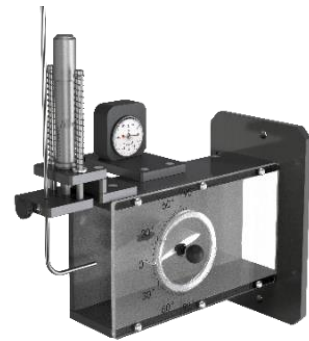
### 实验内容

- 演示 Coandă 效应
- 演示流体流动

## 8、F107-拖曳力分析实验模块

### 产品简介

本产品是用于研究绕流拖曳力的实验模块；该模块由一个半透明的矩形短通道，通过出口连接器连接至 F100 基本实验台，通道中放置绕流样本，可以测量在各种风速下的绕流拖曳力；绕流样本包括机翼模型、圆柱体和平板；



### 技术指标

- 测力精度: 0.1N
- 位移精度: 0.001mm
- 角度精度: 1°

### 实验内容

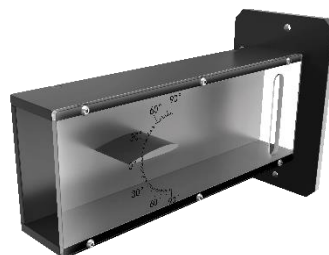
- 通过测量模型周围的压力分布来确定阻力系数。
- 通过尾迹导线确定阻力系数。
- 通过直接测量压力分布和尾流导线获得的结果的比较来确定模型周围的阻力系数。
- 直接测量和比较圆柱，板和翼面之间的阻力系数。



## 9、F108-可视化流动实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于将空气流动进行可视化的实验模块；该模块由一个半透明的矩形通道，通过出口联接器连接至 F100 基本实验台，通道中可放置各种绕流样本，包括平板、机翼模型、圆柱体和三角形。另外，设备需配一个烟气发生器，产生可见的油烟，跟随空气流过各种绕流样本，可以清楚地观察到气体的流动状态和附壁效应。



### 技术指标

- 模型数量：4
- 烟油消耗：60ml/h

### 实验内容

- 流动模型围绕圆柱体，板式，机翼和锋利的边缘/狭缝展示。

## 10、F108A 烟雾发生器

### 产品简介

本产品是一台用于流场观察的烟雾发生装置。烟雾发生器和探头是一个可选的辅助设备，允许在低速风洞和其他气流情况下观察气流。烟雾发生器产生细微的雾，使学生能够看到低速风洞中的气流。探头形状，最大限度地减少尾迹产生。该装置包括一个整体储液瓶，低油耗，可调烟度大小；允许在一次灌装瓶中使用不小于 5 个小时。配有说明书、烟雾探测器、备用加热器端部和机油。



### 技术指标

- 连续工作时间：5h
- 烟油消耗：60ml/h

### 实验内容

- 流场演示

### 注意事项

- 不要在可能爆炸的环境中操作本设备。
- 除非蒸汽发生器顶部明显有油，且其流动不间断，否则切勿向蒸汽发生器供电。
- 在使用过程中，当处理汽化器时，小心高温灼伤

## 11、F109-压力损失分析实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究管道内压力损失的实验模块；设备包括一系列直管、弯管以及不同形状入口的管道，管道的两端均设置有静态压力计，可以测量在不同风速下由于管内摩擦、流向突然改变等带来的压力损失；设备需连接至 F100 基本实验台配合使用。



### 技术指标

- 直管数量：4
- 弯头数量：2

### 实验内容

- 不同管道的压力损失的对比
- 管道损失影响因素（风速、风速流向等）
- 研究沿层压力损失和局部压力损失

## 12、F110-风机性能测试实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究风机性能的实验模块；利用一个节流孔板来控制 F100 中高压离心风扇的流量（模拟系统风阻），使用压差计来测量风扇进、出口的空气总压和静压，以确定风扇的特性曲线。



### 技术指标

- 直管数量：1
- 尼龙弯头数量：1
- 入口接头：1
- 底座尺寸：310×660×260mm
- 管道尺寸外径：Φ150mm
- 内径：Φ140mm，总长：700mm

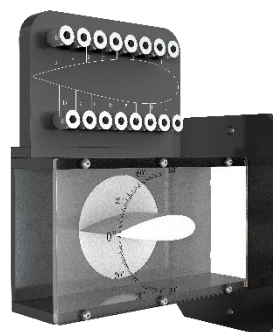
### 实验内容

- 风机性能曲线

## 13、F111-翼型压力分布实验模块

### 产品简介

本产品是一台用于研究机翼截面周围压力分布的可视化 and 测量的实验模块；该模块由前后透明的管道组成，其间可固定安装有 NACA 对称机翼，机翼在其表面上的各个弦向位置处具有 16 个测点，需用 F101 多管压力计测量各点的压力；模块在实验时可精确地调节机翼旋转角度。



### 技术指标

- 尺寸: 210×120×265mm
- 翼型 NACA2424
- 测压点 16 个
- 测压点直径 1.5mm
- 翼型可旋转角度 正负 90°

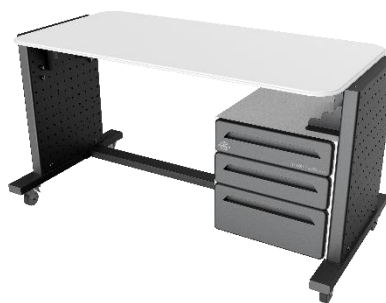
### 实验内容

- 翼型截面周围压力分布的可视化 and 测量。
- 机翼的升力特性和失速角。

## 14、P100-实验室手推车

### 产品简介

本产品是实验室通用工作台，手推车自带收纳箱，可放常用工具和实验模块。产品是模块化设计，主要部件都可自由拆卸和组装，两侧的孔洞支持挂载其它功能模块，比如挂载配电箱、电脑机箱和实验水箱等。带脚轮方便移动，集成性强，节约实验室空间，增加实验室美观性。



### 技术指标

- 标准尺寸: 300mm
- 台面大小可选: 750X1500mm
- 孔距: 50mm
- 台面高度: 860mm

## 三、压缩空气实验台系列

### 1、F301 喷嘴特性实验装置

#### 产品简介

喷嘴常用于蒸汽轮机、喷油器、超音速飞机和火箭发动机等，用途非常普遍。我单位提供的 F301 是一台用于研究喷嘴特性的实验装置，可实现跨音速工况，如图 1 所示。实验设计了两种实验布局，考虑了喷嘴射流的冲击力和对于喷嘴自身的反作用力；第一个实验布局可确定气流对于喷嘴的反作用力，第二个实验布局中可确定喷嘴射流的冲击力。气体的入口压力与环境背压均可调节，可研究进口压力、背压的变化对于喷嘴射流速度的影响，设计小巧，实验台包含 5 个可更换的喷嘴，更换方便，设计小巧，支持学生独立开展实验。



#### 技术指标

- 压缩空气
  - 最大压力: 10bar
  - 调节范围: 0-8bar
  - 耗气量: 25.8L/min (10bar, 温度 300K)
- 喷嘴
  - 缩放喷嘴: 4 个,  $\Phi 1\text{mm}$ , L10mm
  - 收敛喷嘴: 1 个,  $\Phi 1\text{mm}$ , L10mm
- 仪表
  - 温度范围: 0-100°C
  - 压力精度: 0.1bar
  - 压力量程: 0-10bar
  - 推力范围: 0-5N
  - 流量范围: 5L/min-50L/min
- 电源: 单项三线, 220V, 50HZ
- 尺寸: 750mm×450mm×850mm

#### 实验内容

- 演示喷嘴壅塞现象
- 研究进气压力和环境背压对喷嘴射流气流流速的影响;
- 喷嘴射流的实际流速与理论值之间的分析对比;
- 研究在各种进气压力和背压的情况下喷嘴射流速度的变化情况;
- 研究喷嘴效率;
- 研究气流对喷嘴的反推力和进气压力、环境背压与气流单位推力之间的关系;
- 自由拓展的其他功能;

#### 交付配置

- 标配
  - 1 套实验装置
  - 5 个可更换喷嘴
  - 1 个盲板
  - 1 套产品说明书
- 选配
  - 空气压缩机

## 2、F302 喷管压力分布实验装置

### 产品简介

本实验装置，如图所示用于测量收敛和收敛-发散喷管（拉法尔喷管）的压力曲线，并研究可压缩流体的实际流量。此外，还可演示喷管“壅塞效应”：在不改变喷管进口滞止压力的情况下，质量流量在背压达到临界压力时停止增加。可压缩流体可选空气、氮气等常见介质。在实验中，流体流经喷管时膨胀加速降压。通过记录流动方向上几个测量点的压力绘制压力曲线。喷管的进口压力和背压均可调节。三个可更换的喷管可用于研究不同喷管内的压力和速度比，包括一个收敛轮廓和两个具有不同扩张段长度的拉法尔喷管。设计小巧，支持学生独立开展实验。



### 技术指标

- 压缩空气
- 最大压力: 10bar
- 调节范围: 0-8bar
- 耗气量: 25.8L/min (10bar, 温度 300K)
- 喷管
- 拉法尔喷管: 1 个短扩张段
- 拉法尔喷管: 1 个长扩张段
- 收敛喷管: 1 个
- 仪表
- 温度范围: 0-100°C
- 压力精度: 0.1bar
- 压力量程: 0-10bar
- 流量范围: 5L/min-50L/min
- 电源: 单项三线, 220V, 50HZ
- 尺寸: 750mm×450mm×850mm

### 实验内容

- 演示喷管壅塞现象;
- 研究在有激波出现时气流在喷管中的过度膨胀与欠膨胀等现象;
- 研究喷管的进气压力与管内气流速度之间的关系;
- 研究环境背压与管内气流速度之间的关系;
- 研究进气压力和环境背压对喷管内气流流速的影响;
- 研究在不同的进出口压比的情况下三种喷管内的压力分布情况;
- 自由拓展的其他功能;

### 交付配置

- 标配
- 1 套实验装置
- 3 个可更换喷管
- 1 套产品说明书
- 选配
- 空气压缩机

### 3、F303 气体流动摩擦实验装置

#### 产品简介

这是一个用于研究可压缩流体在不同管道、不同雷诺数时流动的压力损失的实验装置。设备由四根不同直径的直管组成，每根管道的两端都设置有压力传感器；设备可测量气流在管道内各点速度、压力。



#### 实验功能：

1. 研究简单的管道摩擦
2. 研究不同雷诺数下的管道摩擦系数
3. 研究压缩流动时的流体摩擦系数
4. 研究气流在流动方向突然改变时的压力损失与恢复
5. 研究气流在经过弯头时的压损

### 四、风洞系列

#### 1、F116 飞行演示风洞

#### 产品简介

这是一台主要用于研究固定翼飞机的机翼性能和飞行原理的教学实验设备，主要研究内容包括：起飞、巡航、降落、失速、机翼的升力曲线等各种过程和现象；设备的主体是一台开式(吸入式)直流风洞，在出气口安装有轴流风扇，风速连续可调，测试段(工作段)的尺寸为 450×225mm。

模型飞机悬挂在测试段中，可通过定位装置来改变飞机的姿态(包括全动水平尾翼)、位置(垂直运动)和重心等，还可以改变气流的速度来模拟不同的飞行状态；模型的机翼上覆盖有塔夫特丝线，可清楚观察气流在通过机翼时的流动状态和方向等。

设备内置仪表可测量多个参数并通过液晶显示屏显示：空气流速、模型姿态、高度、压力和升力等参数；显示屏带有虚拟仿真飞机模型与实际模型互为数字孪生。设备还提供可选配件发烟器用于可视化教学演示。



#### 设备特点

1.  $\emptyset$  可以为学生提供轻型飞机的控制教学，安全，仿真度高
2.  $\emptyset$  可垂直移动飞机模型，并可对飞机弦长 1/4 处进行独立定位
3.  $\emptyset$  可仿真多种飞行状态，包括：起飞、水平飞行、巡航和着陆等

4.  $\emptyset$  可演示多种实验现象, 包括: 机翼升力、失速、纵向稳定性和瞬态运动等
5.  $\emptyset$  可电子显示多个实验参数, 包括: 空气流速、模型姿态、高度、压力和升力等
6.  $\emptyset$  安装在机翼上的塔夫特丝线可清晰演示气流分离现象和失速现象
7.  $\emptyset$  测试段明亮、清晰
8.  $\emptyset$  模型重心可调节
9.  $\emptyset$  提供可选配件: 发烟器

## 实验功能

1. 通过实际操作和模拟仿真来研究飞机的纵向稳定性, 并研究模型飞机在各种飞行状态下的飞行原理, 包括: 起飞、巡航和降落等
2. 分析飞行速度对飞机水平飞行和失速时的姿态影响
3. 测量机翼的升力曲线, 可测量至失速边界外
4. 可改变模型重心, 修整实验曲线并确定新的中性点
5. 可演示模型飞机在高度方向上的长周期内的起伏振荡运动
6. 由于外部扰动造成的短期振荡可以通过模型飞机冲角的改变显示并记录下来
7. 在搭配发烟器: 可清楚观察气流在流过模型机翼和水平尾翼时的流动状态

## 参数规格

1.  $\emptyset$  净尺寸: 2300×1000×1600mm
2.  $\emptyset$  净重量: 262Kg
3.  $\emptyset$  测试段尺寸: 450×225mm
4.  $\emptyset$  风扇类型: 轴流式风扇
5.  $\emptyset$  气流速度: 连续可调
6.  $\emptyset$  气流速度调节: 手动节流阀
7.  $\emptyset$  模型翼型截面: NACA2412
8.  $\emptyset$  模型长度: 440mm
9.  $\emptyset$  模型翼展: 220mm
10. 模型飞机: 主翼固定, 水平尾翼可转动, 两叶式螺旋桨
11.  $\emptyset$  模型有效重量: 0.5kg
12. 噪声水平: 约 84dB(A)

**推荐配件:** 发烟器和探头 (F108A)

**必要条件:** 电气供应: 220/240VAC, 50/60Hz, 单相/两相

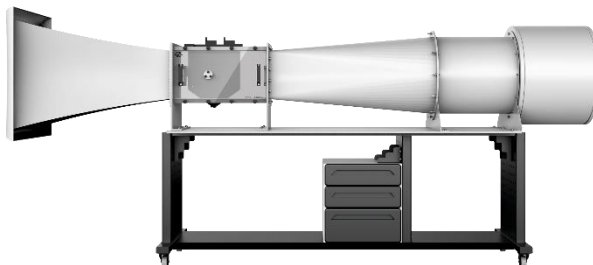
**预留空间:** 占地面积约 3×2m, 水平地面。另外, 在设备的进、出口要求空出至少 3m 的空间以方便气流的吸入和排放

## 2、F130 亚音速风洞

### 产品简介

这是一台主要用于研究空气动力学中气流在流过不同模型时的状态、参数变化, 以及机翼性能, 包括气动特性, 襟翼的影响等过程与现象的教学实验设备。

设备的主体是一台开式吸入直流风洞, 在风洞的排气口安装有轴流风扇, 最大气流为 36m/s(气流速度可控), 工作段(测试段)尺寸: 305×305mm; 设备提供大量的可选配件和模型, 可根据需要进行选购, 方便后期扩展; 设备可测量多个实验参数, 包括: 气流的速度、压力、模型的升力、阻力等; 另外, 设备内部预留接口, 可根据需要进行流动可视化教学演示。



### 技术指标

- 净尺寸: 3700×1065×1900mm
- 净重: 293Kg
- 工作段(测试段)尺寸: 305×305mm, 长 600mm
- 气流速度: 0~36m/s
- 烟道: 23 条, 间隔 7mm
- 噪声: 80dB(A)
- 环境要求: 通风良好的实验室
- 电气供应: 220VAC, 50Hz, 7kW
- 预留空间: 设备进气口至少 2m 空间, 出气口至少 4m 空间

### 可选仪表

- 三分力天平(F133)
- 32 路压力显示器(F132)
- 发烟器(F108A)

### 实验内容

- 对比分析气流在流过陡峭不平的模型表面和流过流线型的模型表面的压力和速度变化
- 观察、研究气流边界层
- 研究纵横比对机翼性能的影响
- 研究襟翼的性能, 包括襟翼角度对升力、阻力和失速的影响
- 研究在亚临界和超临界气流作用下圆柱模型周围的压力分布
- 研究模型的气动特性, 包括测量升力和阻力等参数
- 研究三维翼型的气动特性, 包括测量模型的升力、阻力和俯仰力矩
- 研究并估计算机翼上的气压分布值并与实测值进行比较
- 研究、测量钝头模型在气流中的拖曳力
- 流动可视化研究

### 可选模型

- 三维阻力模型(F139A)
- 平板边界层模型(F139B)
- NACA0012 机翼模型 (F139C)
- NACA2412 机翼模型可变襟翼(F139D)
- 飞机模型, (高低翼) (F139E)
- S1210 翼型 (F139F)



### 3、F132 压力显示器(32 路)

#### 产品简介

32 路压力显示装置是亚音速风洞 (F130) 的可选仪表设备。它可以测量和显示来自模型、皮托静压管和安装在风洞上的其他测量仪器的多达 32 个压力。它非常适合需要多点压力测量的应用, 例如在边界层和翼型模型研究中。

该装置安装在风洞的控制和仪表框架上。通过安装在装置前面板上的压力输入连接到 32 个校准压力传感器中的每一路。这使得该装置与安装在风洞中的实验装置之间可以方便快捷地连接起来。所有压力都是相对于大气来测量的。

该装置有一个带滚动开关的完整液晶显示屏, 允许在任何时候以四个通道一组查看所有 32 个通道。



#### 技术指标

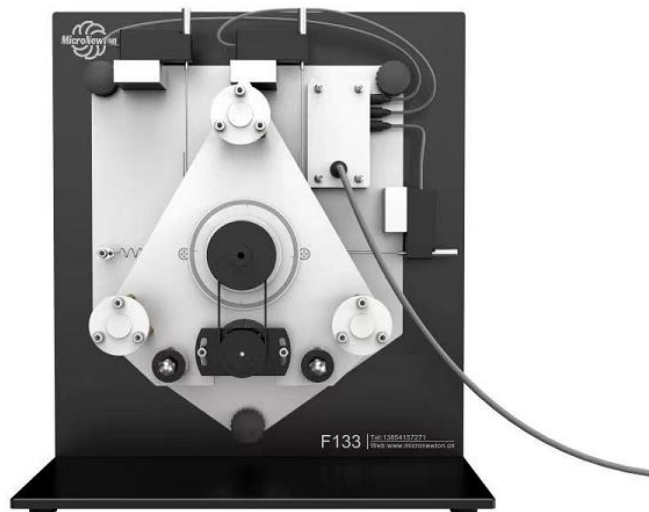
- 尺寸: 高 450 mm x 宽 350 mm x 深 220 mm
- 包装: 0.11 立方米
- 净重: 10kg
- 包装: 20kg
- 压力传感器: 32 个压力传感器, 最大校准压力为 $\pm 7$  千帕

### 4、F133 三分量天平

#### 产品简介

三分力天平安装在亚音速风洞的工作段上。也可用于其他类似设计的亚音速风洞。

三分力天平为风洞模型提供了一个易于使用的支撑系统。它测量施加在模型上的升力、阻力和俯仰力矩。天平安装在风洞工作段的垂直壁上。它是为从前面看平衡时从右到左的气流设计的。天平包括固定在风洞工作部分的安装板。三角力板由一个机构固定在安装板上, 该机构限制其在平行于安装板的平面内移动, 同时使其可以围绕水平轴自由旋转。这种安排提供了必要的三个自由度。



Ø 模型与天平一起使用，需要安装杆。作用在模型上的力通过电缆传递给三个应变测量的称重传感器。每个称重传感器的输出通过放大器传送到微处理器控制的显示模块。显示模块安装在风洞控制和仪表框架上，包括一个数字显示器，直接显示升力、阻力和俯仰力矩。

天平的模型支架可旋转 360 度。这样可以调整模型与气流方向的入射角。模型支架在调整后通过简单的夹具锁定在所需位置；角度标测定仪（F134，单独提供）安装在三分力天平上，并将测试模型的旋转角度数据采集单元。

### 技术指标

- 框架：480×360×550 mm
- 显示模块：140×125×450 mm
- 净重：校 18 kg
- 显示模块：3.5 千克
- 运行环境：通风良好的实验室
- 升力 100 N
- 阻力 50 N
- 俯仰力矩 2.5Nm

## 5、F108A 烟雾发生器

### 产品简介

本产品是一台用于流场观察的烟雾发生装置。烟雾发生器和探头是一个可选的辅助设备，允许在低速风洞和其他气流情况下观察气流。烟雾发生器产生细微的雾，使学生能够看到低速风洞中的气流。探头形状，最大限度地减少尾迹产生。该装置包括一个整体储液瓶，低油耗，可调烟度大小；允许在一次灌装瓶中使用不小于 5 个小时。配有说明书、烟雾探测器、备用加热器端部和机油。



### 技术指标

- 连续工作时间：5h
- 烟油消耗：60ml/h

### 实验内容

- 流场演示

## 6、F139 模型

### F139A 三维阻力模型

#### 产品简介

一组具有相同正面区域的不同形状模型，允许学生比较每个形状的不同阻力系数。包括一个用于试验的接杆，以消除由于每个模型的支撑臂而产生的阻力。



#### 技术指标

1. 普通圆球
2. 半球
3. 带凹坑的圆球(类似高尔夫球)
4. 平板
5. 流线型(泪珠状)
6. 上述所有模型均有固定杆
7. 最大截面: 50mm
8. 净重: 3Kg

### F139B 平板边界层模型

#### 产品简介

显示边界层的发展和分离。该模型是一个横跨 F130 风洞工作段全宽的平板。它具有空气动力学形状的凸块体，安装在离前缘不同距离的板上。每个凸块体的前缘有五个不同高度的分接点。每个出气口都与通向风洞外的柔性编号管道相连。学生可以将管道连接到其他可选的压力测量仪器上。凸点允许学生测量停滞压力。他们用这个来计算离表面不同高度和不同角度的速度。在板的后缘有一个铰链式襟翼。学生可以独立调整板和襟翼的角度。这使得它们可以创建不同的排列来控制压力分布和边界层。板的表面有小的“簇状物”，帮助学生看到板表面周围的气流。



### F139C 机翼模型 (NACA0012)

## 产品简介

机翼在上下表面沿弦有 20 个静压孔。它们每个都连接到通过机翼的管子上，然后再连接到透明的、编号清晰的柔性管子上。学生可以将管道连接到其他可选的压力测量仪器上。然后他们可以测量机翼周围的压力分布，从中他们可以找到升力。



利用皮托管，学生们可以穿过翼型尾流，找到下游的压力分布和翼型上的阻力。学生们可以将这些升力和阻力值与天平上的直接测量值进行比较。他们还可以将其与另一个具有相同剖面的机翼的结果进行比较。改变翼型相对于气流的迎角可以让学生发现压力分布的变化。它还允许失速时的临界条件。可以用烟雾发生器（F108A，不包括在内）显示通过模型周围的气流来增加实验的教育价值。

## F139D 机翼模型（NACA2412）

### 产品简介

带有可调襟翼的非对称截面(弯曲)翼型。可调襟翼允许学生研究副翼、升降舵或方向舵等操纵面的影响。通过与 F129C 翼型的结果进行比较，学生还可以检查不对称翼型 and 对称翼型之间的差异。三分力天平（F133）可以测量翼型测量升力、阻力和俯仰力矩。使用皮托管，学生可以穿过翼型尾流，找到下游压力分布和翼型上的阻力。他们可以将这些结果与天平的直接测量值进行比较。



可以用烟雾发生器（F108A，不包括在内）显示通过模型周围的气流来增加实验的教育价值。

## F139E 飞机模型（高低翼）

### 产品简介

带有 NACA 机翼的模型飞机。一个是低机翼位置（机身底部），另一个是高机翼位置（机身上方）。这些模型适用于固定翼飞机的升力、阻力和俯仰力矩的试验。



## F139F S1210 机翼

### 产品简介

一种非对称翼型，用于二维实验的非对称翼型，它跨越亚音速风洞(AF1300)工作段的整个宽度。这种翼型有一个S1210剖面，基于伊利诺伊大学的迈克尔·S·塞利格的设计。它在低雷诺数下为高升力、低速应用提供了极好的升力。



## 10、F381 纹影系统

### 产品简介

配套间歇式超音速风洞使用，观察并研究在超音速流动中激波和膨胀波的产生过程和原理。纹影仪可以让学员将密度梯度视为照明强度的变化。使学员能够看到模型周围的超音速气流模式。仪器能清楚地显示激波和膨胀波，从而将位置和角度不同的测量值与理论预测值进行比较。



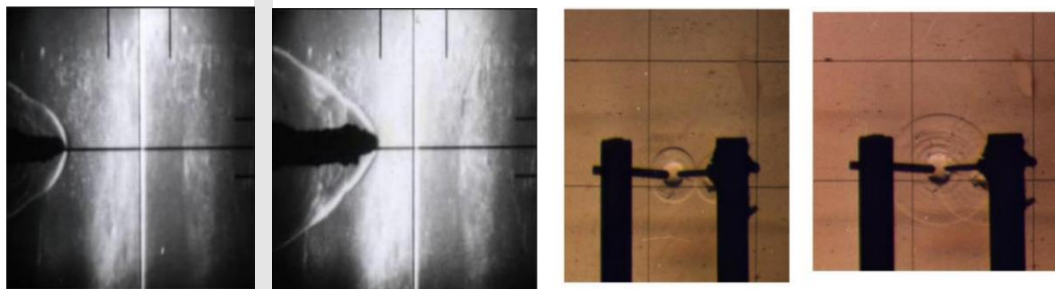
### 实验功能

- 观察并研究在超音速流动中激波和膨胀波的产生过程和原理

### 技术参数

- 通光口径：Φ120mm
- 相对孔径：1:10
- 光源狭缝系统：激光光源 532nm, 0-250mW, 带风冷装置，亮度连续可调。采用双复眼透镜组匀化输出，像面均匀性 $\geq 90\%$ ；聚光物镜，具有清晰对焦功能；
- 刀口成像系统：刀口切割量 0-13mm，步进 0.01mm；360° 旋转调节；刀口沿光轴方向采用精密一维位移台调节 $\pm 20$ mm，步进 0.01mm/圈；特制成像物镜一组，满足大小视场观测：焦距 200-400mm 连续可调；像分辨率 $\geq 20$  lp/mm。
- 自发光偏振消光系统：消光比 1:/1000mm，带宽 10nm。
- 装调机械结构：以观察中心为基准可升降 $\pm 100$ mm，x、y 方向调节 $\pm 25$ mm；水平俯仰摆角调节为 $\pm 5^\circ$

### 实验示例



**注意事项：用户根据自己精度需求自配相机。**