

高起点/模块化/创新设计性/实验教学设备研发制造供应商

高校 声学/热学/实验教学设备研发制造供应商

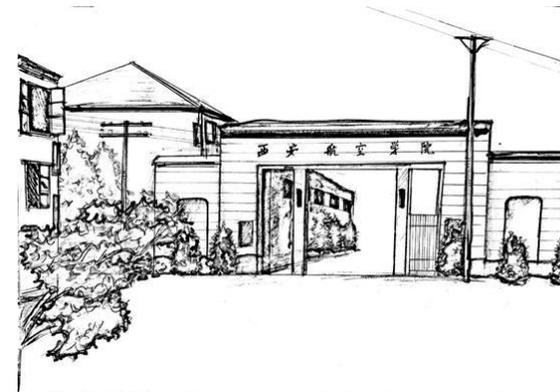
# 理想气体状态方程实验仪

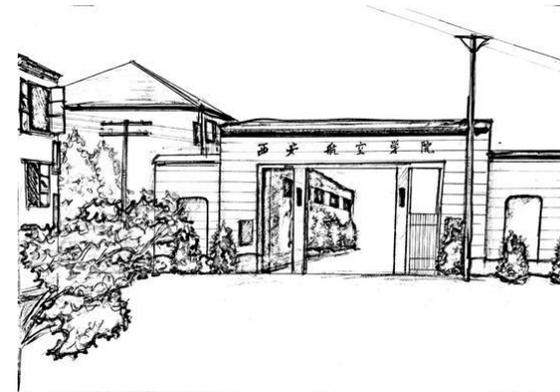
德能日新



# 目 录

- 01 ..... 背景知识
- 02 ..... 结构及原理
- 03 ..... 产品特点
- 04 ..... 推广及应用
- 05 ..... 教学效果





01



背景知识

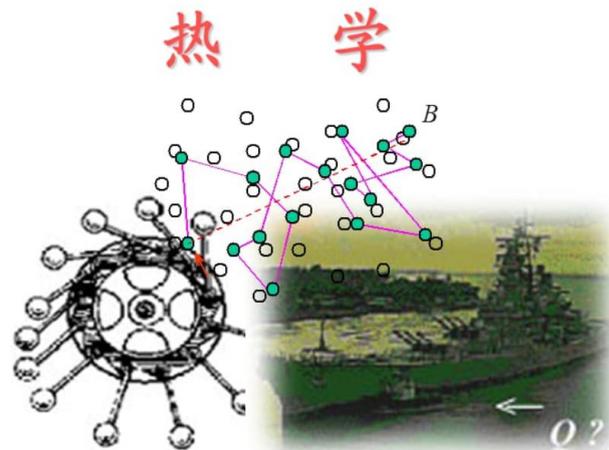


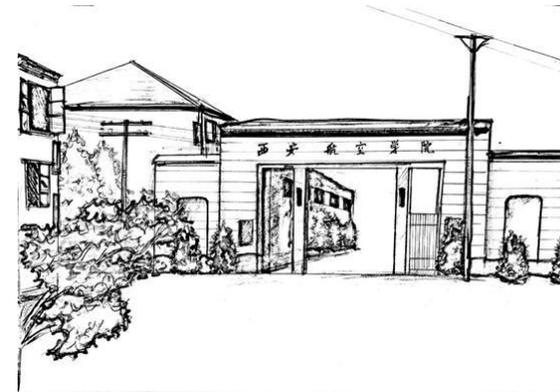


# 研制背景

理想气体状态方程揭示了气体在处于平衡态时，压强、体积、物质的量和温度间的状态关系。它是热力学理论的基础。学习理想气体状态方程理论对热力学的后续学习具有重要作用。

目前，理想气体状态方程实验课没有符合教学配套的实验设备，根据我校专业结合本科专业培养方向，从实验项目、教学内容、自制实验仪器等方面成立了专项小组，开展了为期两年多的研制，已向本校理学院工科学生课程正式开设，并向本科生开出项目设计和大学生创新训练实践项目1项，取得了良好的教学效果





02



原理及结构





# 理想气体知识点及原理

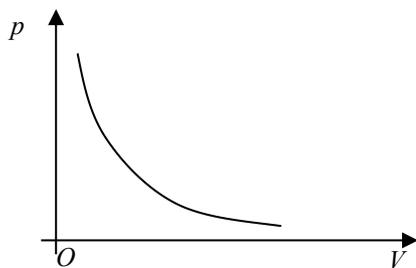
理想气体状态方程，又称理想气体定律、普适气体定律，是描述理想气体在处于平衡态时，压强、体积、物质的量、温度间关系的状态方程。它建立在波义耳-马略特定律、查理定律、盖·吕萨克定律等经验定律之上。

理想气体状态方程是由研究低压下气体的行为导出的。但各气体在适用理想气体状态方程时多少有些偏差；压力越低，偏差越小，在极低压力下理想气体状态方程可较准确地描述真实气体的行为。极低的压强意味着分子之间的距离非常大，此时分子之间的相互作用非常小，因而分子可近似被看作是没有体积的质点。于是从极低压力气体的行为出发，抽象提出理想气体的概念。

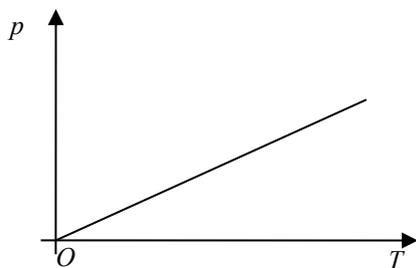
1662年，英国化学家、物理学家波义耳根据实验结果提出：“在密闭容器中的定量气体，在恒温下，气体的压强和体积成反比关系。”这是人类历史上第一个被发现的“定律”。14年后，法国物理学家马略特也独立地发现了这一定律，而且比波义耳更深刻地认识到这个定律的重要性。后人把他俩的发现合称为波义耳-马略特定律。

查理定律指出，一定质量的气体，当其体积一定时，它的压强与热力学温度成正比。

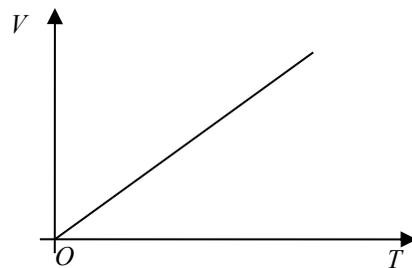
1802年，盖·吕萨克发现气体热膨胀定律，即盖·吕萨克定律，指出：压强不变时，一定质量气体的体积跟热力学温度成正比。



波义耳-马略特定律：  
 $T$ 一定， $p \propto 1/V$



查理定律：  
 $V$ 一定， $p \propto T$



盖·吕萨克定律：  
 $p$ 一定， $V \propto T$



## 原理

根据上述三定律，以及阿伏伽德罗定律和理想气体温标定义，可以推导出理想气体状态方程，具体如下：

气体的体积随压强 $p$ 、温度 $T$ 以及气体分子的数量 $N$ 而变，写成函数形式是： $V=f(p,T,N)$ ，或

$$dV = \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_{T,N} dp + \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_{p,N} dT + \left( \frac{\partial V}{\partial N} \right)_{T,p} dN \quad (1)$$

对于一定量的气体， $N$ 为常数， $dN=0$ ，所以

$$dV = \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_{T,N} dp + \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_{p,N} dT \quad (2)$$

根据波义耳-马略特定律， $C$ 为常数，于是有：

$$\left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_{T,N} = -\frac{C}{p^2} = -\frac{V}{p} \quad (3)$$



## 原理

根据盖·吕萨克， $C'$ 为常数，于是有：

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{p,N} = C' = \frac{V}{T} \quad (4)$$

代入上式后得：

$$dV = -\frac{V}{p} dp + \frac{V}{T} dT \quad \frac{dV}{V} = -\frac{1}{p} dp + \frac{1}{T} dT \quad (5)$$

上式积分得：

$$\ln V + \ln p = \ln T + C'' \quad (6)$$

故有：

$$\frac{pV}{T} = \text{恒量}, \quad (\text{气体质量一定}) \quad (7)$$



## 理想气体方程原理

方程表示，对于一定质量的理想气体，任一状态下， $pV/T$ 的值都相等。  
进一步的实验表明，在一定温度和压强下，气体的体积 $V$ 和它的质量 $m$ 或物质的量 $n$ 成正比。  
阿伏伽德罗定律指出，在相同温度和压强下， $1\text{mol}$ 的各种理想气体的体积都相同。在标准状态（ $p_0=101.3\text{kPa}$ ， $T_0=273.16\text{K}$ ）下， **$1\text{mol}$ 的理想气体的体积 $V_m=22.4\text{L}$** ，于是可定义

$$R = \frac{p_0 V_m}{T_0} = 8.31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \quad (8)$$

$R$ 称为普适气体常数。对于任一物质的量为 $n$  mol的理想气体，有：

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0 n V_m}{T_0} = nR \quad \text{或} \quad pV = nRT \quad (9)$$

该方程称为理想气体状态方程。



# 结 构

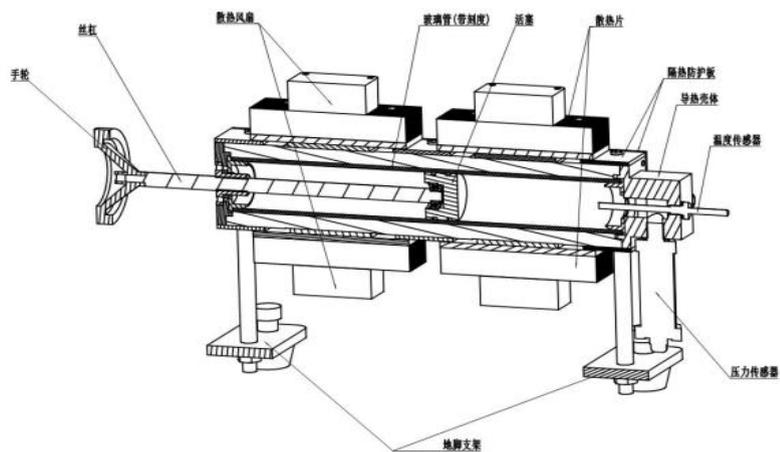
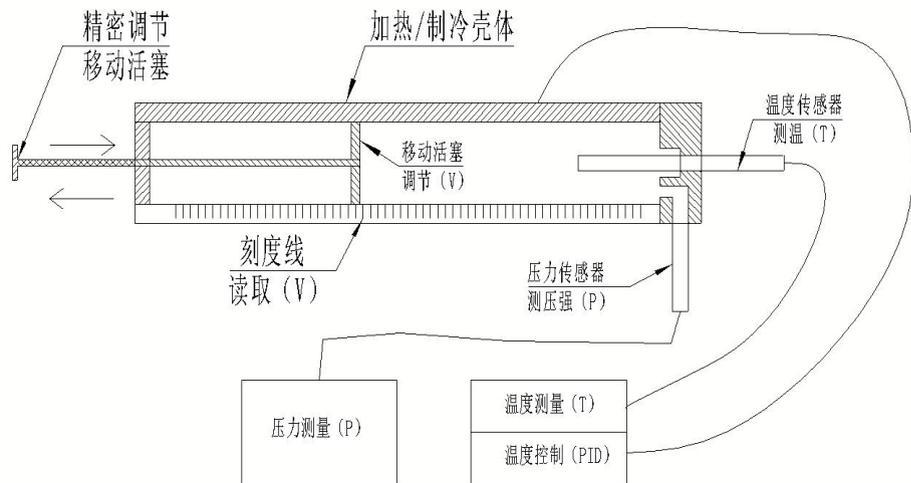


图3 气体装置及实验主体

## 气体装置及实验主体

**手轮：**旋转手轮改变一定质量气体的压强与体积

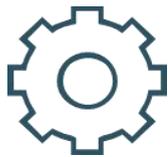
**温度传感器：**温度传感器放置在玻璃容器内，实施测量温度。

**压力传感器：**压力传感器放置在玻璃容器内，实施测量压强。

**手动排气阀：**实验前完全松开使玻璃容器内的大气压与环境大气压一致，实验中锁紧密封。

**玻璃储气装置：**有刻度 存储密封一定质量的气体

**活塞（双O形圈）** 密封改变玻璃容器内的体积



# 结 构

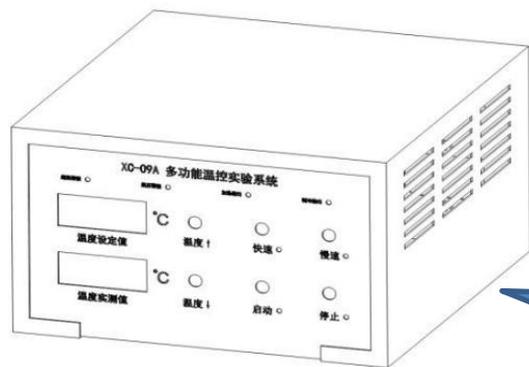


图1多功能温控实验系统

PID设置实验所需的温度，实时显示温度实测值，温度设定后，根据实验进度或要求选择快速或慢速模式，按启动按钮后实验系统工作，工作指示灯闪烁。

- 快速模式：快速实现升温（加热）；快速实现降温（制冷）
- 慢速速模式：缓慢实现升温（加热）；缓慢实现降温（制冷）

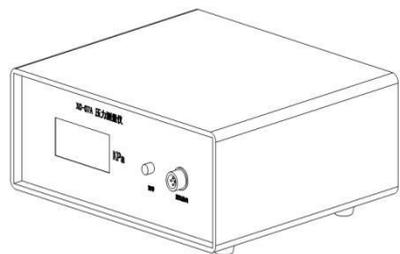


图2压力测量仪

实时显示压力测量值，有清零功能。实验前断开压力输入信号，在清零提高实验精度。



西安航空学院  
XI'AN AERONAUTICAL UNIVERSITY



03



产品特点





# 产品特色

## 实验内容方面

- 1.研究等温条件下，一定质量气体的压强与体积的关系，验证波义耳-马略特定律
- 2.研究等容条件下，一定质量气体的温度与压强的关系，验证查理定律
- 3.研究等压条件下，一定质量气体的温度与体积的关系，验证盖·吕萨克定律
- 4.计算一定气体的物质的量
- 5.计算普适气体常量

内容丰富、涉  
及知识点多，  
实验方法新。

形象直观、适合于  
大面积开设



## 产品特色

模块化设计，多功能温控实验系统可以拓展其它应用实验。

采用模块化结构——实验中各模块功能清晰；有压力、温度保护装置，

可在同一套实验装置上，采用控制变量法进行实验，并解决了以前该类实验装置无法完整验证三个定律的缺陷；

可以快速降温，连续完成不同班级的实验。

有高温防护装置、使用安全可靠。

采用半导体加热/制冷：解决了以往采用水循环加热方式中温度变化范围窄、变温缓慢的问题；



# 产品特色

## 设计的新颖性

该项目启动前，没有此装置，未见在大学物理实验中开展。实验装置应用的多面性。

## 启发性

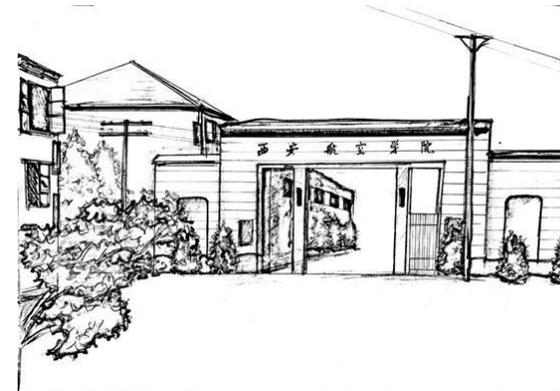
新概念物理与工程技术优势相结合、实验的参与性。通过让学生动手充气体，提高学生对实验的兴趣；实验中可要求学生自己动手连接温度控制元器件与电路，减少实验中仅仅记录数据的枯燥性，提高学生的参与度。

## 教学性

适用课程多。与热力学相关的课程均适合开设，包括《物理化学》、《工程热力学》、《热工基础》、《化工原理》、《流体热物性》等。实验贴近课程实际，具有重要教学价值。实验装置配套有完善的实验指导书

## 动手可操作性

实验器材需求少，分体模块化设计，物理思想清楚，操作性强。



04



推广及应用





# 推广及应用

该装置为我校教学实验改革项目，与四川西测科技有限公司联合研制已实现产品化。截止目前已有内蒙古工业大学、南京工业大学、西安电子科技大学、内蒙古师范大学、四川民族学院、安徽大学等高校应用于实践教学当中。





## 应用

---

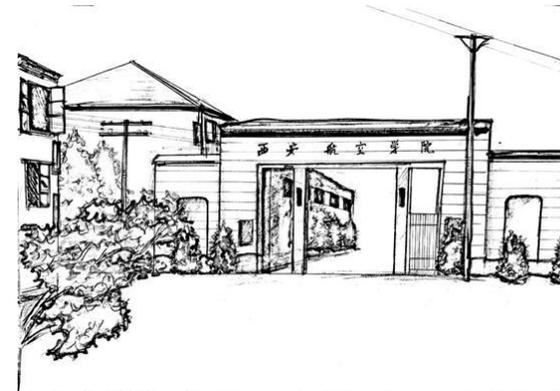
### 教学中的应用

- 1、揭示了温度的微观本质
- 2、用于刻画平衡态示意图
- 3、利用理想气体状态方程测量大气压

利用理想气体状态方程，巧妙地平衡了内外压差，设计出了一种较为新颖的大气压强测量方法。最大的特点在于规避了以往测量大气压强方法中的弊端，做到了实验材料绿色环保，取材方便的同时，实验过程安全易行。同时实验过程直观体现了大气压强的实际效应，实验测量的最终数值结果，满足大气压强的定性测量要求。

### 工业测量中的应用

- 1.精确地测量某个异形容器容积。
- 2.检测成品型容器类产品的密封性问题。



05



教学效果





## 教学效果

---

- 1.实验涉及运用到热学、传感器原理、力学、检测、实验内容丰富、和新实验方法，充分体现了物理实验的教学思想，能扩展实验。
- 2.实验数据重复性好，已在物理、应用物理等专业开展、已在大面积理工科和非物理专业的学生投入实验。
- 3.有利于学生动手实践训练，实验结果的重复性和稳定性好，教学效果好。
- 4.防护性能好，不易损坏，非常适合物理实验，有完善的实验讲义和教学资料。