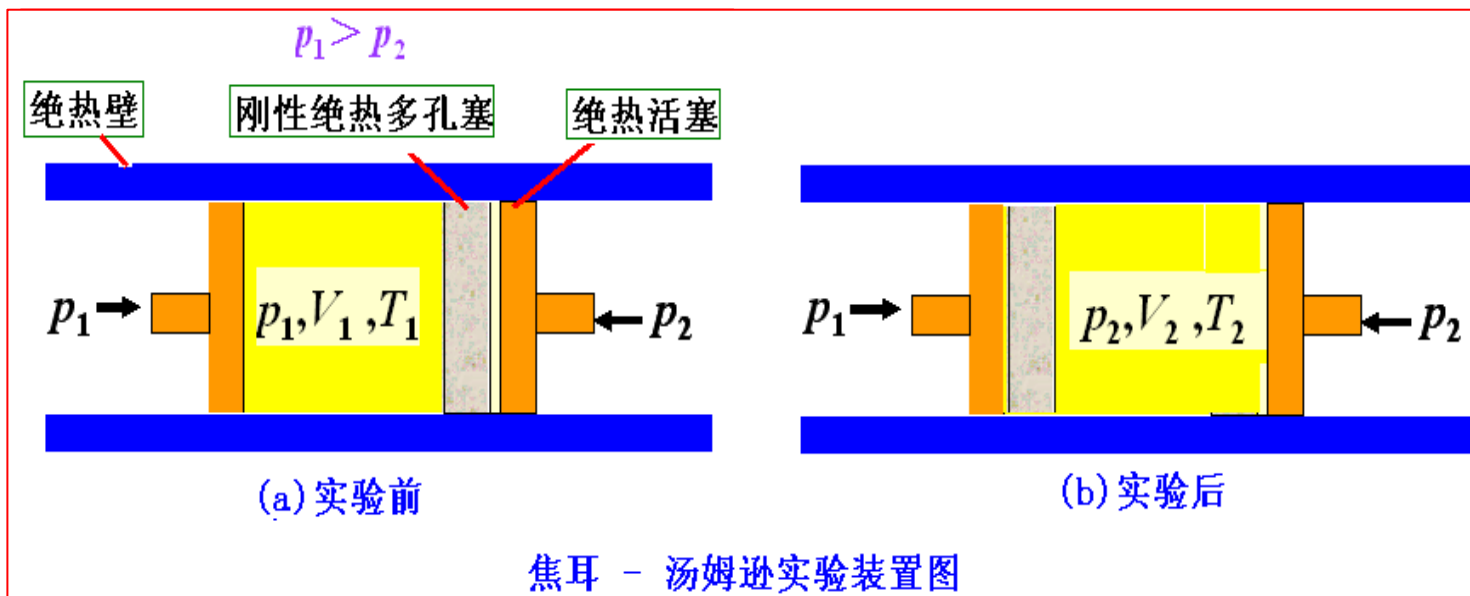


## § 2.11 节流膨胀与焦耳 - 汤姆逊实验

### 1、焦耳—汤姆逊实验



左右活塞外各维持恒定压力  $p_1$ 、 $p_2$ ，且  $p_1 > p_2$ ；

实验前气体位于多孔塞的左侧；

由于  $p_1 > p_2$ ，在恒定的  $T_1$ 、 $p_1$  下有  $V_1$  体积的气体通过多孔塞；

在恒定的  $p_2$  下向右侧膨胀  $V_2$ ，温度变为  $T_2$ ；

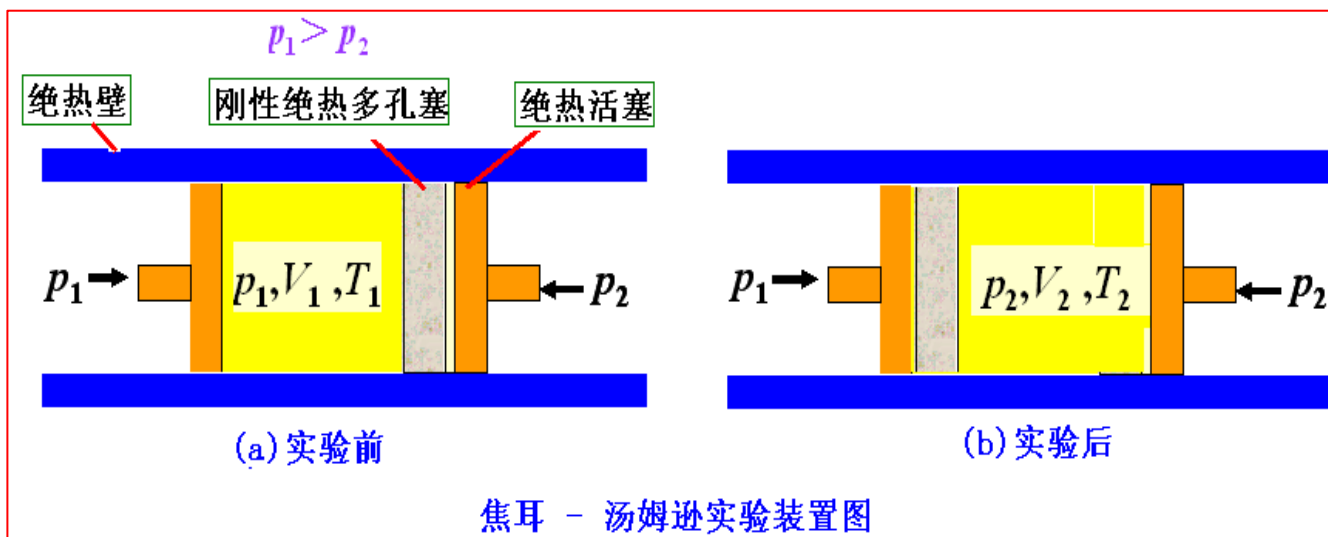
**节流膨胀过程：** 在绝热条件下，气体始末态压力分别保持恒定条件下的膨胀过程，称之。

**焦耳—汤姆逊实验表明：**

室温常压下的多数气体，经节流膨胀后温度下降，产生致冷效应；  
氢、氦等少数气体经节流膨胀后温度升高，产生致热效应；  
各种气体在压力足够低时经节流膨胀后，温度基本不变。

## 2、节流膨胀的热力学特征及焦耳—汤姆逊系数

### (1) 节流膨胀的热力学特征



节流膨胀过程绝热： $Q = 0$

过程功的计算

左侧： $W_1 = -p_1(0 - V_1) = p_1 V_1$

右侧： $W_2 = -p_2(V_2 - 0) = -p_2 V_2$

故整个过程的体积功为： $W = W_1 + W_2 = p_1 V_1 - p_2 V_2$

据热一律  $U = Q + W$ ，则  $U_2 - U_1 = W = p_1 V_1 - p_2 V_2$

$U_2 + p_2 V_2 = U_1 + p_1 V_1$  所以  $H_2 = H_1$  即节流膨胀为恒焓过程。

真实气体经过恒焓的节流膨胀过程后温度发生变化，表明真实气体的焓不只是温度的函数，还是压力的函数。

真实气体  $H = f(T, p)$      $U = f(T, V)$



## 2、节流膨胀的热力学特征及焦耳—汤姆逊系数

### (2) 焦耳—汤姆逊系数 $\mu_{J-T}$ ( 又称节流膨胀系数 )

恒焓过程，温度随压力的变化率

$$\mu_{J-T} = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_H$$

由于膨胀过程  $dp < 0$

$\mu_{J-T} > 0$  时， $dT < 0$ ，表明节流膨胀后致冷（温度下降）；

$\mu_{J-T} < 0$  时， $dT > 0$ ，表明节流膨胀后致热（温度升高）；

$\mu_{J-T} = 0$  时， $dT = 0$ ，即节流膨胀后，温度不变。

理想气体的焓只是温度的函数，在任何状态下节流膨胀时  $\mu_{J-T} = 0$

