

物理学院



大学物理·热力学基础

主讲教师：李华

第8章 热力学基础 章结构

(1) 热运动与其它运动形式之间的能量转换

8.1 热力学第一定律与典型热力学过程

8.2 循环过程与卡诺循环

(2) 热力学第二定律与不可逆过程

8.3 热力学第二定律

8.4 热力学第二定律的数学表述——熵、熵增加原理

8.5 热力学第二定律的统计意义





8.2 循环过程与卡诺循环

本节的研究内容

- 8.2.1 循环的基本概念
- 8.2.2 卡诺循环

8.2.1 基本概念

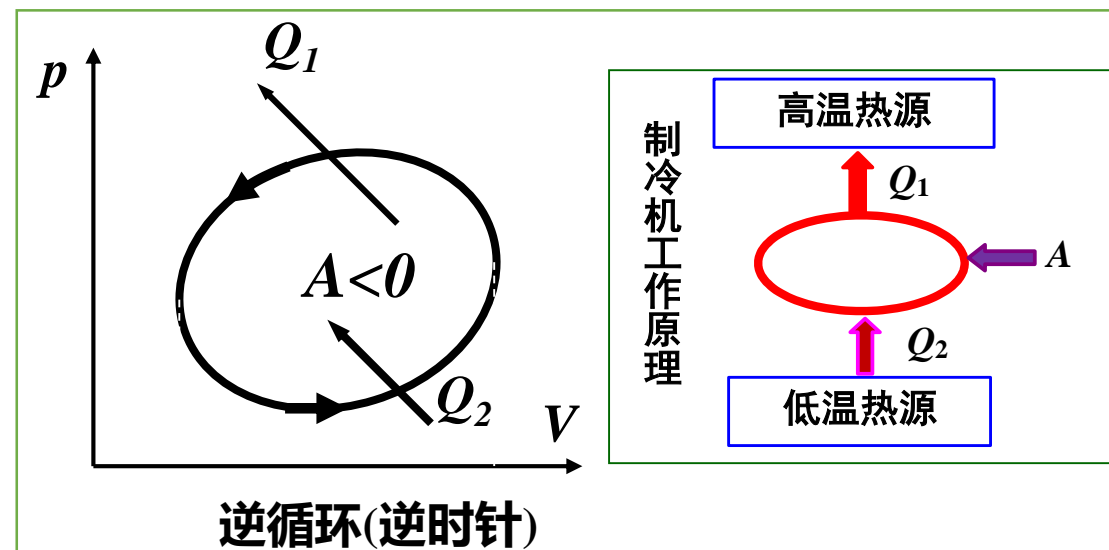
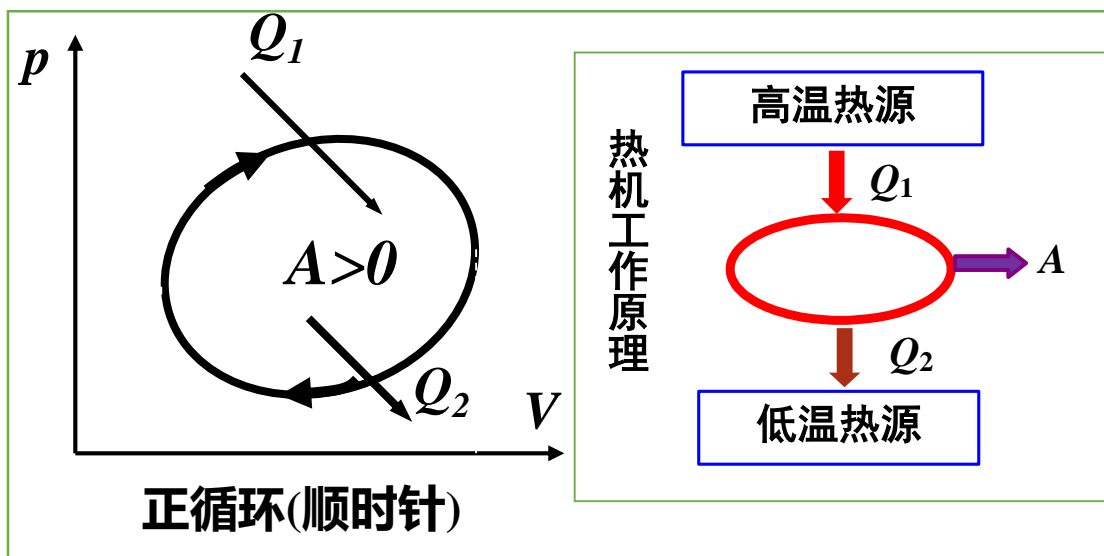
- (1) **循环过程**: 系统经一系列变化后又回到原状态的过程
- (2) **正循环**: 规定顺时针方向的循环为正循环
- (3) **逆循环**: 规定逆时针方向的循环为逆循环



发动机 (热机)



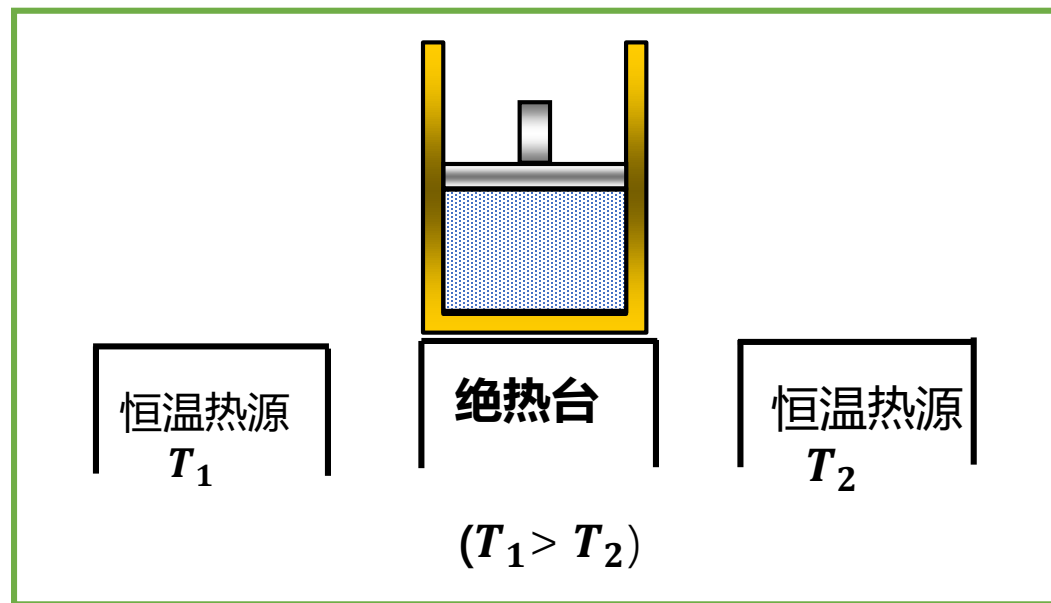
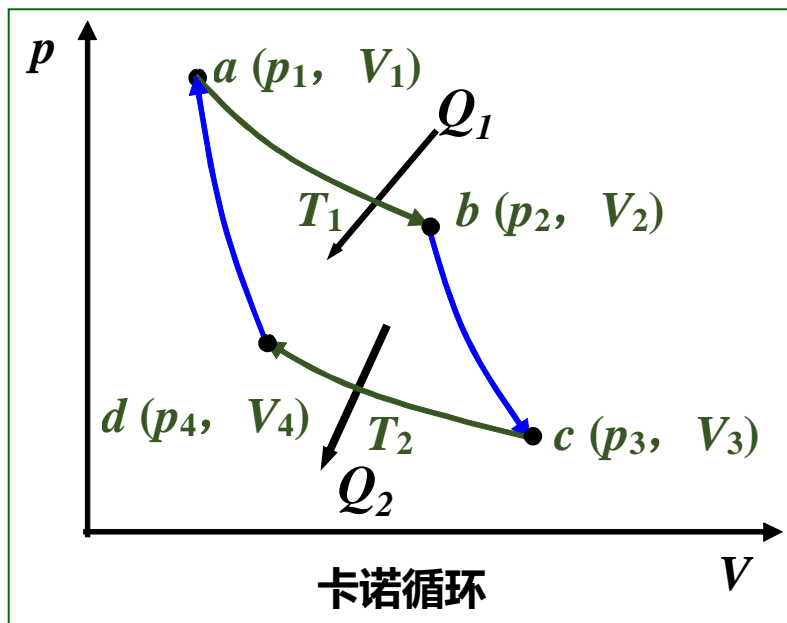
空调 (致冷机)



热机效率： 对外做功与从高温热源吸收热量的比值 $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} < 1$

制冷系数： 在低温热源吸收热量与外界对系统所做功的比值 $\omega = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$

8.2.2 卡诺循环



(1) 卡诺热机效率

$$a \rightarrow b, \text{ 等温膨胀 } Q_1 = \frac{M}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$b \rightarrow c$, 绝热膨胀, 温度降至 T_2

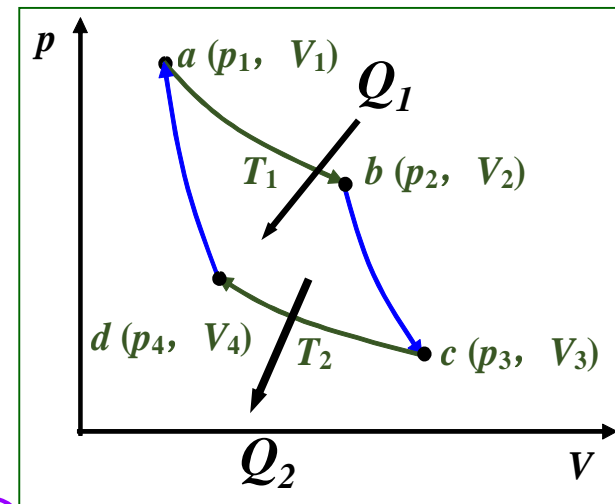
$$c \rightarrow d, \text{ 等温压缩 } Q_2 = \frac{M}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}$$

$d \rightarrow a$, 绝热压缩, 温度回升到 T_1

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \left(\frac{\ln \frac{V_3}{V_4}}{\ln \frac{V_2}{V_1}} \right)$$



$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

绝热过程方程

$$bc: T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$$

$$ad: T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_4^{\gamma-1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

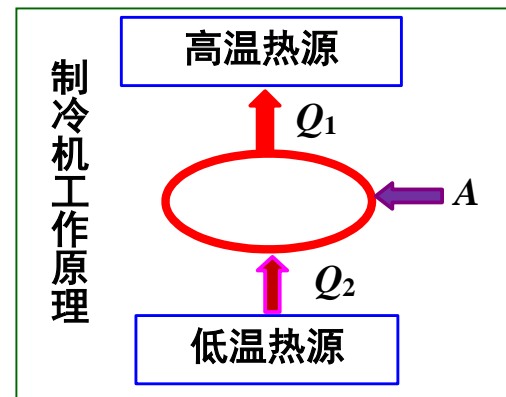
结论：卡诺热机的效率，只与高低热源温度有关，与工作物质无关

卡诺热机效率

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

(2) 卡诺制冷机制冷系数

$$\omega = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{\frac{T_1}{T_2} - 1}$$



结论：卡诺制冷机的效率，只与高低热源温度有关，与工作物质无关



物理学院

谢谢大家!