

3. 卡诺效率

主题:

热机的效率较低,这是由于热能只能部分地转化为功。在理想条件下,所转化的功在热能总量中所占的比例叫卡诺效率 (*Carnot efficiency*)。如果用 T_2 和 T_1 分别表示向热机输入热能的热源的温度和从热机输出热能的热源的温度,则卡诺效率为 $\eta = (T_2 - T_1) / T_2$ 。

缺点:

这个热机效率的表达式表现出出奇的不一致。我们用一台水轮机来作一比喻。卡诺曾作过这样的比喻:假设在德国卡尔斯鲁厄附近的黑森林(Black Forest)中,在海拔 $h_2=1000\text{m}$ 的地方有一台水轮机。它的一个水轮的水位高度差为 $h_2-h_1=5\text{m}$ 。这样,它每得到 1kg 水所获得的势能为 $mgh=10\text{kJ}$ 。在理想情况下,它所能利用的这部分水的势能只有 $mg(h_2-h_1)=50\text{J}$ 。因此,它的“卡诺效率”为

$$\eta = (h_2 - h_1) / h_2 = 0.005.$$

我们又假设,在较低的莱茵河(海拔 $h=20\text{m}$)也有相同的一台水轮机。那么,它的效率为 0.25 。刚才我们以海平面为参考面来计算势能。如果以地球中心为参考面,势能的值将达到 20MJ 。这样,上面所提到的两台水轮机的效率将减到 $\eta=2.5 \cdot 10^{-6}$ 。

现在我们可以看出,肯定在什么地方出错了。显然,卡诺效率与水轮机或蒸汽机无关,而与所假定的参考面有关,与相对于这个参考面的实际高度 h_2 和 h_1 或温度 T_2 和 T_1 有关。

历史:

卡诺是在能量原理被发现之前写下它的观点的,当时他还不知道能量这个量。他将蒸汽机与水轮机作对比。对于他来说,象水轮机的情况一样,热机的功来自于热的进出口之间的“势能”差。

建议:

跟在力学中一样,在热力学中效率这个概念是多余的。把热机描述成“熵机”(entropy mill)后,热机跟水轮机一样都是通俗的名称。

(陈敏华 2012 年 1 月 7 日译于绍兴县豫才中学)