

物理学的任务是发现普遍的自然规律。因为这样的规律的最简单的形式之一表现为某种物理量的不变性，所以对于守恒量的寻求不仅是合理的，而且也是极为重要的研究方向。

——劳厄^①

1 功与功率

问题 ?

起重机竖直提升重物时，重物运动的方向与力的方向一致，则力对物体做的功为力的大小与重物移动距离的乘积。更普遍的情形是物体运动的方向与力的方向不一致，例如马拉雪橇时拉力方向和雪橇运动方向间有一个角度。这时应当怎样计算功呢？



功

当力 F 的方向与运动方向成某一角度时（图8.1-1），可以把力 F 分解为两个分力：与位移方向一致的分力 F_1 ，与位移方向垂直的分力 F_2 。设物体在力 F 的作用下发生的位移的大小是 l ，则分力 F_1 所做的功等于 $F_1 l$ 。分力 F_2 的方向与位移的方向垂直，物体在 F_2 的方向上没有发生位移， F_2 所做的功等于0。因此，力 F 对物体所做的功 W 等于 $F_1 l$ ，而 $F_1 = F \cos \alpha$ ，所以



图8.1-1 物体在力 F 的作用下发生位移 l

① 劳厄（Max Von Laue, 1879—1960），德国物理学家，诺贝尔物理学奖获得者。

$$W = Fl \cos \alpha$$

这就是说, 力对物体所做的功, 等于力的大小、位移的大小、力与位移夹角的余弦这三者的乘积。

功是标量。在国际单位制中, 功的单位是焦耳 (joule), 简称焦, 符号是 J。1 J 等于 1 N 的力使物体在力的方向上发生 1 m 位移的过程中所做的功, 所以

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

正功和负功

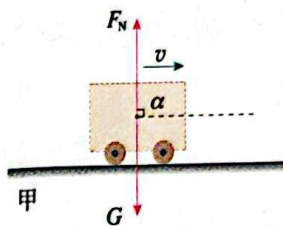
下面我们讨论力与位移成不同的角度时, 力做功的几种情况。

(1) 当 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 时, $\cos \alpha = 0$, $W = 0$ 。这表示力 F 的方向与位移 l 的方向垂直时, 力 F 不做功。例如, 物体在水平桌面上运动, 重力 G 和支持力 F_N 都与位移方向垂直, 这两个力都不做功 (图 8.1-2 甲)。

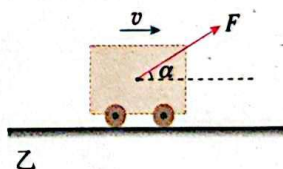
(2) 当 $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时, $\cos \alpha > 0$, $W > 0$ 。这表示力 F 对物体做正功。例如, 人用力拉车前进时, 人的拉力 F 对车做正功 (图 8.1-2 乙)。

(3) $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$ 时, $\cos \alpha < 0$, $W < 0$ 。这表示力 F 对物体做负功。例如, 要使运动的小车减速, 人向后拉车的力 F 对车做负功 (图 8.1-2 丙)。

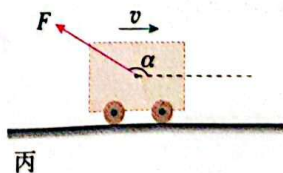
上面我们分析的是物体受一个力时做功的几种情况。实际中, 物体通常会受多个力的作用。当一个物体在几个力的共同作用下发生一段位移时, 这几个力对物体所做的总功, 是各个力分别对物体所做功的代数和。可以证明, 它也就是这几个力的合力对物体所做的功。



力不做功 ($\alpha = \frac{\pi}{2}$)



人的拉力做正功 ($0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$)



人的拉力做负功 ($\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi$)

图 8.1-2 力做功的几种情况

【例题 1】

一个质量为 150 kg 的雪橇, 受到与水平方向成 37° 角斜向上方的拉力, 大小为 500 N, 在水平地面上移动的距离为 5 m。地面对雪橇的阻力为 100 N, $\cos 37^\circ = 0.8$ 。求各力对雪橇做的总功。

分析 雪橇的运动方向及有关受力情况如图 8.1-3 所示。拉力 F 可以分解为水平方