

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

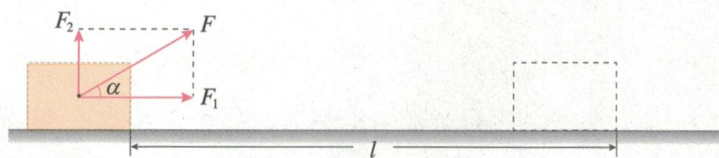


图8.1-1 物体在力 F 的作用下发生位移 l

^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

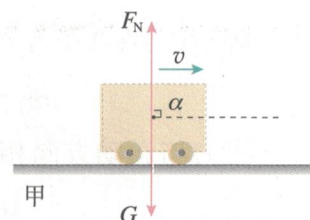
下面我们讨论力与位移成不同的角度时，力做功的几种情况。

(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)。

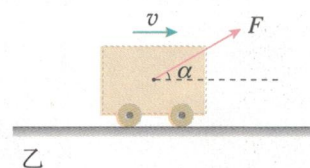
(2) 当 $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2}$ 时， $\cos \alpha > 0$ ， $W > 0$ 。这表示力 F 对物体做正功。例如，人用力拉车前进时，人的拉力 F 对车做正功 (图 8.1-2 乙)。

(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)。

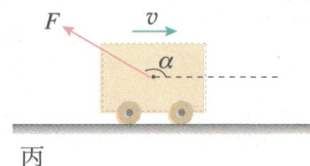
上面我们分析的是物体受一个力时做功的几种情况。实际中，物体通常会受多个力的作用。当一个物体在几个力的共同作用下发生一段位移时，这几个力对物体所做的总功，是各个力分别对物体所做功的代数和。可以证明，它也就是这几个力的合力对物体所做的功。



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

向和竖直方向的两个分力，竖直方向的分力 F_y 、支持力 F_N 和重力 G 与运动方向垂直，不做功。所以各力对雪橇做的总功为拉力的水平分力 F_x 和阻力 $F_{\text{阻}}$ 所做的功的代数和。

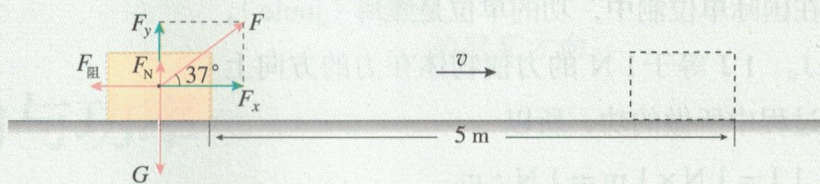


图 8.1-3

解 拉力在水平方向的分力为 $F_x = F \cos 37^\circ$ ，它所做的功为

$$W_1 = F_x l = Fl \cos 37^\circ = 500 \times 5 \times 0.8 \text{ J} = 2\,000 \text{ J}$$

阻力与运动方向相反，两者夹角为 180° ，它所做的功为

$$W_2 = F_{\text{阻}} l \cos 180^\circ = -100 \times 5 \text{ J} = -500 \text{ J}$$

力对物体所做的总功为二者的代数和，即

$$W = W_1 + W_2 = (2\,000 - 500) \text{ J} = 1\,500 \text{ J}$$

力对雪橇所做的总功是 $1\,500 \text{ J}$ 。

功率

在物理学中，做功的快慢用功率表示。如果从开始计时到时刻 t 这段时间内，力做的功为 W ，则功 W 与完成这些功所用时间 t 之比叫作**功率 (power)**。用 P 表示功率，则有

$$P = \frac{W}{t}$$

在国际单位制中，功率的单位是**瓦特 (watt)**，简称**瓦**，符号是**W**。 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ 。瓦这个单位比较小，技术上常用**千瓦 (kW)**作功率的单位， $1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$ 。力、位移、时间都与功率相联系，这种联系在技术上具有重要意义。

如果物体沿位移方向受的力是 F ，从计时开始到时刻 t 这段时间内，发生的位移是 l ，则力在这段时间内所做的功

$$W = Fl$$

因此，有

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Fl}{t}$$

由于位移 l 是从开始计时到时刻 t 这段时间内发生的，所以