# 第七章 2 功

人类对于能量及其转化的认识与功的概念紧密相连。这是因为在一个过程中如果既存在做功的现象，也存在能量变化的现象，功的计算常常能够为能量的定量表达及能量的转化提供分析的基础。

## 功

功的概念起源于早期工业发展的需要。当时的工程师们需要一个比较蒸汽机效能的办法。在实践中大家逐渐认识到，当燃烧同样多的燃料时，机械举起的重量与举起高度的乘积可以用来量度机器的效能，从而比较蒸汽机的优劣，并把物体的重量与其上升高度的乘积叫做功。到了19世纪20年代，法国科学家科里奥利扩展了这一基本思想，明确地把作用于物体上的力和受力点沿力的方向的位移的乘积叫做“力的功”。

**图7.2-1 如果物体在力的作用下能量发生了变化，这个力一定对物体做了功。**



**甲 货物在起重机的作用下重力势能增加了**

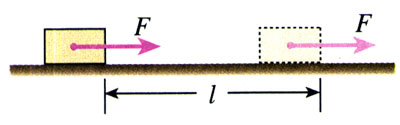
**乙 列车在机车的牵引下动能增加了**

**丙 握力器在手的压力下弹性势能增加了**

在学习初中物理时我们就已经跨越了历史的长河，认识到，一个物体受到力的作用，并在力的方向上发生了一段位移，这个力就对物体做了**功（work）**。起重机提起货物，货物在起重机拉力的作用下发生一段位移，拉力就对货物做了功。列车在机车的牵引力作用下发生一段位移，牵引力就对列车做了功。用手压缩弹簧，弹簧在手的压力下发生形变，也就是产生了一段位移，压力就对弹簧做了功。可见，**力和物体在力的方向上发生的位移，是做功的两个不可缺少的因素**。

在物理学中，如果力的方向与物体运动的方向一致，如图7.2-2，我们就把功定义为力的大小与位移大小的乘积。用*F*表示力的大小，用*l*表示位移的大小，用*W*表示力*F*所做的功，则有

*W*＝*Fl*



**图7.2-2 如果力的方向与位移的方向一致，功等于力的大小与位移大小之积。**

当力*F*的方向与运动方向成某一角度时（图7.2-3），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*F1*＝*F*cos*α*，所以

*W*＝*Fl*cos*α*

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**。



**图7.2-3 当力与位移之间有夹角*α*时，力所做的功是*W*＝*Fl*cos*α*。**

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。1J等于1N的力使物体在力的方向上发生1 m的位移时所做的功，所以

1J＝1N×1m＝1N·m

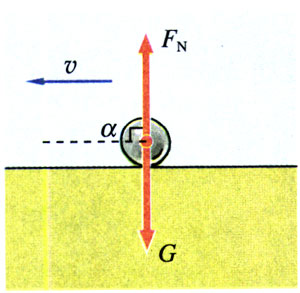
## 正功和负功

我们讨论一个力做功时可能出现的各种情形。

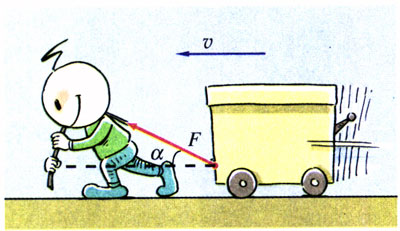
（1）当*α*＝时，cos*α*＝0，*W*＝0。这表示力*F*的方向与位移*l*的方向垂直时，力*F*不做功。例如，物体在水平桌面上运动，重力*G*和支持力*F*N都与位移方向垂直，这两个力都不做功（图7.2-4）。

（2）当*α*＜时，cos*α*＞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7.2-5）。

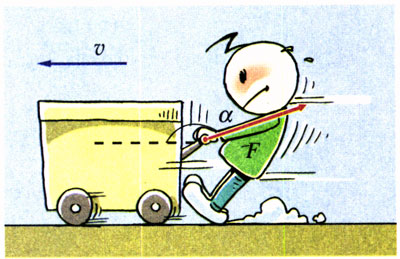
（3）＜*α*≤π时，cos*α*＜0[[1]](#footnote-1)，*W*＜0。这表示力对物体做负功。例如，推着小车跑动的人，到达目的地减速时，人向后拉车的力*F*对车做负功（图7.2-6）。



**图7.2-4 *α*＝，重力、支持力不做功。**



**图7.2-5 *α*＜，人的拉力做正功。**



**图7.2-6 ＜*α*≤π，人的拉力做负功。**

某力对物体做负功，往往说成“物体克服某力做功”（取绝对值）。这两种说法的意义是等同的。例如，竖直向上抛出的球，在向上运动的过程中，重力对球做负功，可以说成“球克服重力做功”。汽车关闭发动机以后，在阻力的作用下逐渐停下来，阻力对汽车做负功，可以说成“汽车克服阻力做功”。

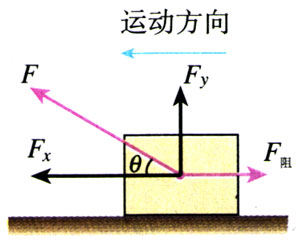
当一个物体在几个力的共同作用下发生一段位移时，这几个力对物体所做的总功，等于各个力分别对物体所做功的代数和。可以证明，它也就是这几个力的合力对物体所做的功。

### 做一做

证明：几个力对一个物体做功的代数和，等于这几个力的合力对这个物体所做的功。

### 例题

一个质量*m*＝150 kg的雪橇，受到与水平方向成*θ*＝37°角斜向上方的拉力*F*＝500 N，在水平地面上移动的距离*l*＝5 m（图7.2-7）。雪橇与地面间的滑动摩擦力*F*阻＝100 N。求力对雪橇做的总功。



**图7.2-7 求拉力和摩擦力对雪橇所做的总功**

【分析】雪橇受到的重力和支持力沿竖直方向，与雪橇运动方向垂直，不做功。

拉力*F*可以分解为水平方向和竖直方向的两个分力，竖直方向的分力与运动方向垂直，不做功，所以力对雪橇做的总功为拉力的水平分力和阻力所做的功的代数和。

【解】拉力在水平方向的分力为*F*x＝*F*cos37°，它做的功为

*W*1＝*F*x*l*＝*Fl*cos37°

摩擦力与运动方向相反，它做的功为负功

*W*1＝－*F*阻*l*

力对物体做的总功为二者的代数和，即

*W*＝*W*1＋*W*2＝*Fl*cos37°－*F*阻*l*

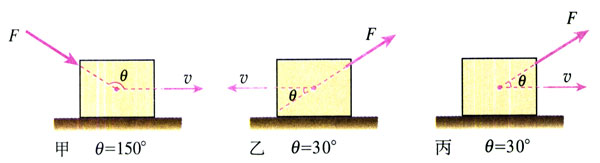
把题目所给的数值以及查表所得cos37°＝0.7986的值代入，得

*W*＝1 500J

力对雪橇做的总功是1500 J。

## 问题与练习

1．图7.2-8表示物体在力*F*的作用下在水平面上发生了一段位移*x*，分别计算这三种情形下力*F*对物体做的功。设这三种情形下力*F*和位移*x*的大小都是一样的：*F*＝10N，*x*＝2m。角*θ*的大小如图所示。



**图7.2-8 分别计算力*F*所做的功**

2．用起重机把重量为2.0×104 N的物体匀速地提高了5m，钢绳的拉力做了多少功？重力做了多少功？物体克服重力做了多少功？这些力做的总功是多少？

3．一位质量*m*＝60 kg的滑雪运动员从高*h*＝10m的斜坡自由下滑。如果运动员在下滑过程中受到的阻力*F*＝50N，斜坡的倾角*θ*＝30°，运动员滑至坡底的过程中，所受的几个力做的功各是多少？这些力做的总功是多少？

4．一个重量为10N的物体，在15 N的水平拉力的作用下，一次在光滑水平面上移动0.5 m，另一次在粗糙水平面上移动相同的距离，粗糙面与物体间的动摩擦因数为0.2。在这两种情况下，拉力做的功各是多少？拉力这两次做的功是否相同？各个力对物体做的总功是否相同？

1. 大于，小于或等于π的角，它的余弦是负数。这个结论在数学课中可以学到。 [↑](#footnote-ref-1)