

# 第三节

## 机械效率

生活中我们常会强调提高效率，如学习效率、工作效率等。利用机械帮助我们完成某项任务，也会涉及效率问题。那么，机械做功与效率有怎样的关系呢？本节我们将学习有关内容。

### 本节要点

知道机械效率，能认识有用功和总功；知道机械效率总是小于100%，能认识提高机械效率的意义和途径。

### 有用功、额外功和总功

如图 11-28 所示，在使用动滑轮提升物体时，尽管省力，但需要移动更长的距离。使用滑轮提升物体做的功与不使用滑轮直接提升物体做的功相同吗？下面，我们来探究这个问题。

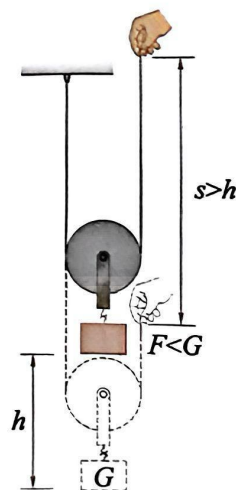


图 11-28 探究机械做功

### 做中学

#### 省功了吗？

如图 11-29 (a) 所示，直接用弹簧测力计将钩码匀速提升一定高度。再借助一个动滑轮用弹簧测力计将同样的钩码匀速提升相同高度 [图 11-29 (b)]。比较两次拉力所做的功，你发现了什么？你能找出其中的原因吗？



图 11-29 做功相同吗？

由实验可知,借助动滑轮所用的拉力做的功要多一些。使用机械做功时,尽管它能给我们带来便利,但是,由于机械本身的自重以及摩擦等因素的影响,需要额外多做一些功。

在图 11-29 (a) 所示实验中,直接用弹簧测力计提升钩码,其拉力克服钩码的重力做的功为有用功。在图 11-29 (b) 所示实验中,弹簧测力计的拉力所做的功为总功;在借助动滑轮匀速提升钩码过程中,拉力不仅要使有用功,还须克服滑轮的重力及摩擦力等做功,这部分功为额外功。

从总功中减去额外功,是对我们有用的功,即有用功。因此,动力对机械所做的功总是大于机械所做的有用功。

## 机械效率的大小

人们希望在总功中有用功所占比例更大些,这就涉及机械效率问题。那么,什么是机械效率呢?

我们把有用功和总功之比叫做机械效率 (mechanical efficiency)。机械效率通常用百分率表示,它的计算公式为

$$\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$$

$\eta$ : 机械效率  
 $W_{\text{有}}$ : 有用功  
 $W_{\text{总}}$ : 总功

使用任何机械时,都不可避免地要做额外功,有用功总是小于总功。因此,机械效率总小于 100%。

生产生活中,人们利用多种方式提高机械效率,但都不能使其达到 100%,如起重机的机械效率一般为 40%~50%,皮带传动 (图 11-30) 的机械效率一般为 90%~98%。

知道有用功小于总功,具有减少额外功、提高机械效率的意识。

素养提升

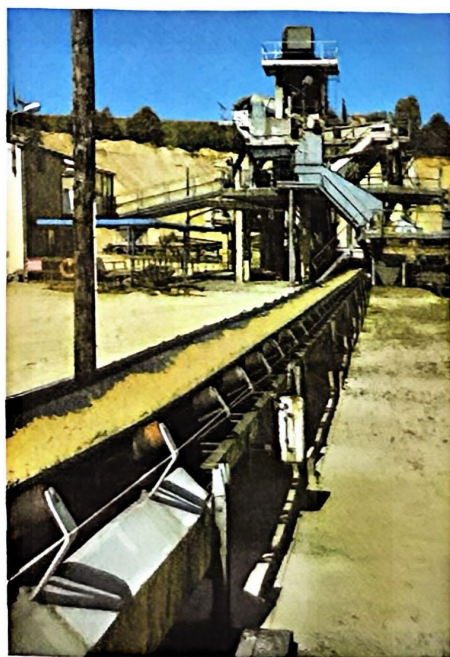


图 11-30 皮带传动





## 例题

如图 11-31 所示,工人用滑轮将 45 kg 建筑材料沿竖直方向匀速提升 3 m,所用的拉力为 250 N。此滑轮的机械效率是多少? ( $g$  取 10 N/kg)

### 分析

工人用滑轮提升建筑材料的过程中,有用功是不用滑轮直接把物体提升 3 m 做的功;总功是拉力做的功,两者的比即为机械效率。

### 解

由题意,建筑材料的质量  $m = 45 \text{ kg}$ ,建筑材料提升的高度  $h = 3 \text{ m}$ ,拉力  $F = 250 \text{ N}$ ,工人用手拉起的实际绳长  $s = 2h = 6 \text{ m}$ 。

滑轮做的有用功为

$$W_{\text{有}} = Gh = mgh = 45 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} \times 3 \text{ m} = 1\,350 \text{ J}$$

拉力做的总功为

$$W_{\text{总}} = Fs = 250 \text{ N} \times 6 \text{ m} = 1\,500 \text{ J}$$

此滑轮的机械效率为

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% \\ &= \frac{1\,350 \text{ J}}{1\,500 \text{ J}} \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

### 讨论

如果用上述滑轮匀速提起 30 kg 的物体,那么机械效率还是 90% 吗? 同一机械的机械效率是否会发生变化? 为什么?

提高机械效率非常重要。生产生活实践中,应尽量减小额外功,如改进机械结构、定期保养机械等。每个减小额外功的举措都将对节能减排、绿色环保等作出贡献。



图 11-31 用滑轮提升建筑材料



### 策略提炼

解决与机械效率相关的问题,首先要根据机械使用情况,分析有用功和总功,明确做功的力和在此力作用下物体运动的距离,再应用相关公式算出机械效率。

## 作业

1. 为了提高起重机的机械效率, 你有哪些建议?
2. 某建筑工人用大小为  $600\text{ N}$  的拉力  $F$ , 通过定滑轮将重  $500\text{ N}$  的物体匀速提升  $2\text{ m}$  (图 11-32)。求:

- (1) 这名建筑工人做的有用功;
- (2) 这名建筑工人做的总功;
- (3) 此定滑轮的机械效率。

3. 某人用  $100\text{ N}$  的力, 沿竖直方向将杠杆动力臂的端点压下  $2\text{ m}$ , 杠杆的另一端将  $320\text{ N}$  的重物举高  $0.5\text{ m}$ , 则他做的有用功是多少? 杠杆的机械效率是多少?

4. 分析汲水装置桔槔 [图 11-7 (b)] 工作时, 机械做有用功、额外功和总功的情况, 并分析主要的能量相互转化的情况。

- 5.\* 工人用如图 11-33 所示滑轮组将重  $200\text{ N}$  的物体匀速提升  $3\text{ m}$ , 工人竖直向上的拉力为  $80\text{ N}$ 。求:

- (1) 工人所做的有用功;
- (2) 工人所做的总功;
- (3) 此滑轮组的机械效率。



图 11-32

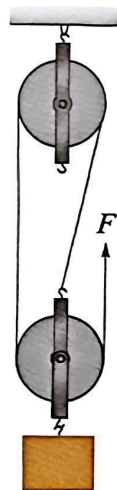


图 11-33

## ? 请提问

1. 有无办法使机械效率大于或等于  $100\%$ ? 为什么?

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

.....