



**The Karlsruhe Physics Course**

# 卡尔斯鲁厄物理课程

小学教材

(供小学5-6年级学生使用)

## 能量

## Energy

原著：G. Falk F. Herrmann 翻译：陈敏华

Falk  
Herrmann

# New Physics



The  
Energy book



DER KARLSRUHER  
PHYSIKKURS

本教材根据德国卡尔斯鲁厄物理课程英文版翻译

本教材系浙江省教科□划2013年重点研究□□“□□物理□程的不足之研究：  
□程考古学的方法”（SB067）的研究成果之一



## 前言

你也许会认为物理很难学，因为多数人都这样说。他们说，你想弄懂物理，你得有数学天赋；物理对女生来说也是很难的。这些都是偏见。学懂物理学所真正需要的是常识。物理并不会使你的生活变得更困难，而会让你更容易理解这个世界。

在物理课中，你将学到许多看上去互不相关的过程。然而，它们却遵循着相同的规律。例如，无论是汽车消耗汽油还是人和动物吃食物，它们具有相同点。正象人和动物都需要呼吸，汽车发动机也要“呼吸”，即吸入空气。

因此，在学习物理时，当你学完了一个定律后，你就自然而然地学会了另外三个定律。例如，当你弄懂了挖掘机的液压装置的工作原理后，连接电路时你就不会感到困难了。

这个世界中的所有事物（人、动物、植物、石头和机器）都遵循着同样的物理定律。懂得物理的人能回答出许多有趣的问题。然而，物理并不能解释所有事情，相反，它只能回答你所感兴趣的很小一部分问题。例如，用物理定律我们无法回答下列问题：

“为什么花这么美丽？”

“为什么人们要发动战争？”

“为什么许多人喜欢物理？”

Falk  
Herrmann

# Neue Physik



Das  
Energiebuch



## 能量

《能量》这本书的德文版（Das Energiebuch）是在1981年（37年前）出版的。

照片中的学生早已长大，并有了自己的孩子。照片中的年青人现在已经变成了老年人。图中所介绍的实验及其设备现在已经被淘汰了。这些设备包括：白炽灯、日光灯、煤油炉、夜间电蓄热器、煤窑，盒式录音机，等等。我们可以说，技术发展得很快；也可以说，这是正常的发展速度，因为已经有37年过去了。

奇怪的是，应该得到改变的物理教材却没有发生变化。

然而，我们作为作者，希望教材得到哪些改进？物理定律能有所改进吗？物理定律不同于人文科学中的规律吗？它们是永恒不变的吗？

是，也不是。自然按照自己的规律在运行着——关于这一点我们至少是相信的。随着对自然界的新的发现，我们对它的理解越来越清晰了，越来越知道上帝是怎样创造这个世界的。

然而，问题并没有这么简单。物理学家们所发现的定律并不是从万能的上帝的笔记本中抄来的。它们是物理学家们发明的。物理理论是人们描述自然界的成果。无论如何，它是人类的作品。

因此，这个作品中必定有不足的地方。我们在阅读这个作品时要小心。

《能量》这本书就是为了消除这些不足：

完全多余的和概念混乱的能量形式；对能量交换和储存形式的整个描述方式；以伪装的形式作为过程量出现在物理学中的微分 $dQ$ 和 $dW$ 。它们都作为必要的概念产生于19世纪后半叶。当时人们已经引入了能量这个物理量。它在当时来说确实是很重要的。然而，这里有一个问题：当时人们不知道这个量是量度什么性质的。这一情况一直持续到1905年。这时，人们才明白，能量和质量是同一个物理量；也就是说，能量确实量度了一种性质，这种性质叫做惯性（或引力）。

《能量》这本书并没有获得成功。我们编写的这本书当时由施罗德出版社 (Schroedel Publishing House) 精心出版, 并作为北莱茵-威斯特法伦州(North Rhine-Westphalia)的物理初学者的教科书。当时教材审查委员会没有准许发行此书。

附言: 令人奇怪的是, 熵这一概念没有出现在《能量》这本书中。事实上, 当时我们已经知道G.Job的观点。然而, 我们当时仍认为, 熵最好放到高中去教。

Friedrich Herrmann

2018年7月于卡尔斯鲁厄

#### 参考文献

<http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/publication/aip/energy-forms-and-carriers.pdf>

<http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/publication/forme-di-energia.pdf>

## 目 录

### 前言

#### 1. 能量和能量携带者

1.1 汽油、饼干、煤和电有什么  
相同点

1.2 能量一定有携带者

1.3 我们如何为能量付款

1.4 人和汽车不仅需要能量

1.5 什么地方我们需要较多的能  
量，什么地方我们需要较少的能  
量

补充材料：S1.1-1.8

#### 2. 能源和能量接收器

2.1 能量来自哪里，去哪里？

2.2 能流图

2.3 供热系统

2.4 能源从哪里获得能量，能量  
接收器用能量做什么事

#### 3. 能量携带者传动皮带、液

## 压油和压缩空气

### 3.1 链条和传动皮带

### 3.2 泵

### 3.3 挖掘机的液压系统

### 3.4 水力发电厂

### 3.5 能量携带者“压缩空气”

### 3.6 能量携带者“运动的空气”

## 4. 不可回收的能量携带者和可回收的能量携带者

## 5. 能量携带者电

### 5.1 什么是流?

### 5.2 电源和用电器

### 5.3 电路

### 5.4 开关和阀门

### 5.5 什么物质会导电?

### 5.6 短路

### 5.7 水会导电吗?

### 5.8 电是危险的

### 5.9 电灯和电熨斗

### 5.10 自行车灯

### 5.11 电网

### 5.12 电不用付费

## 6. 能流和能量携带者

### 6.1 流的强度

### 6.2 能流

### 6.3 在家里的能流

### 6.4 人所消耗的能量

### 6.5 电流强度

### 6.6 能量携带者越多，携带的能量也越多

## 7. 能量携带者的能量载荷量

### 7.1 我们来传递水

### 7.2 食物的能量载荷量

### 7.3 水的能量载荷量

### 7.4 压强

### 7.5 自行车链条的能量载荷量

### 7.6 电压

## 8. 能量携带者“光”

### 8.1 来自太阳的能量

### 8.2 光源

### 8.3 光的传播—光导

### 8.4 光速

### 8.5 透明体、白色物体和黑色物

体

8.6 光接收器

## 9. 能量携带者 “角动量”

9.1 流过传动轴传的能量

9.2 角动量在能源和能量接收器之间传递能量

9.3 角动量需要回路

9.4 为什么角动量回路通常不易觉察？

9.5 感受角动量流

## 10. 能量收发器

10.1 能源和能量接收器传递能量

10.2 把电动机变为发电机

10.3 能量收发器的相互耦合

10.4 能量收发器的分类

10.5 远距离传输能量

10.6 家里消耗的能量来自何处？

## 11. 电磁铁和电动机

11.1 永久磁体

11.2 电磁铁

11.3 磁体的能量来自何处？

11.4 磁耦合器

11.5 电动机

## 12. 能量储存器

12.1 我们为何要用能量储存器？

12.2 能量储存器举例

12.3 能量储存器的图示

## 13. 冷却口

13.1 冷却口

13.2 电动机的逆向运行

13.3 能量收发器中的能量损失

13.4 永动机

13.5 火力发电厂

## 14. 物质及其性质

14.1 在能量收发器中的物质转化

14.2 如何识别物质？

14.3 物质的混合

14.4 物质特性的检测方法

14.5 几种气体的性质

14.6 固体、液体和气体

14.7 蒸发和凝结

14.8 沸腾

## 15. 能量携带者 “燃料+氧气”

15.1 燃烧需要什么？

15.2 燃烧的产物是什么？

15.3 燃烧产物的质量

15.4 灰烬和氮气

15.5 烟粒和烟尘

15.6 作为能量收发器的人和动物

15.7 作为能量收发器的草原和森林

15.8 汽油机

## 1. 能量和能量携带者

### 1.1 汽油、饼干、煤和电有什么相同点

会飞的地毯仅仅是一个美丽的传说。如果真的有这样的地毯就太好了。有了这样的地毯，我们就可省很多钱了，因为它不需要燃料。实际上，无论是何种旅行，它总是需要燃料的。

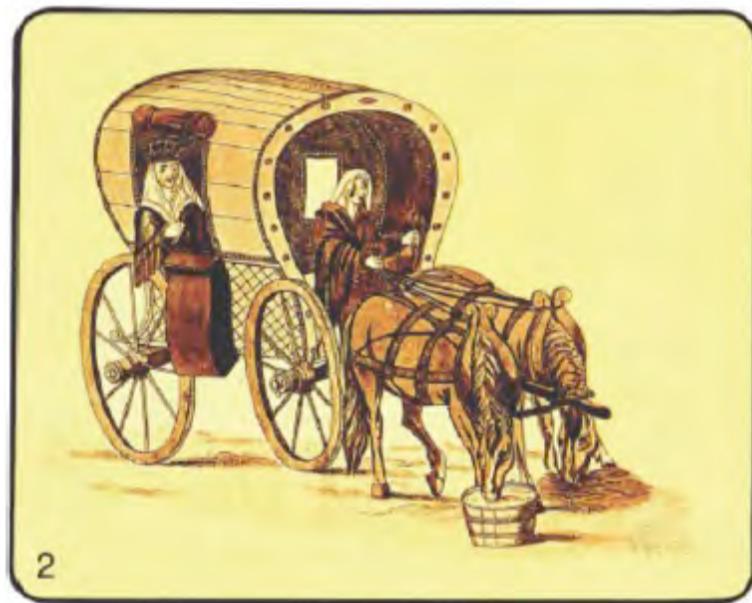


一架飞机正在中途加油

乘汽车旅行时需要汽油；乘火车旅行时，根据不同的类型分别需要柴油、电或煤；乘飞机旅行时需要煤油（图1）。即使骑马旅行或骑自行车旅行或步行，也需要燃料：马要吃燕麦或干草（图2）；骑自行车或步行时，我们要吃食物；驾车旅行时我们吃较少的食物。因此，旅行需要某种燃料：汽油、柴油、电、煤、燕麦或食物。

如果我们不考虑旅行的目的地，我们也无需考虑用了何种的燃料。这些燃料有一个共同的特点，它们都能使我们完成旅行。原因是，它们都含有**能量**。汽油、柴油、电、煤、燕麦和食物含有能量。

要完成一次旅行，使用何种燃料是无关紧要的。我们所需要的是它们所含有的**能量**。



这看上去象个加油站

不仅仅是旅行时需要能量，在其他许多地方我们也需要能量。例如，加热时我们需要能量。旅行时我们需要燃料，加热时我们也需要燃料。加热时所用的燃料是会燃烧的可燃物。燃油、煤、天然气、木料和电热器都是可燃物。在这里，我们也

并不需要一种特殊的燃料。我们所需的可燃物都有一个共同的性质：具有能量。

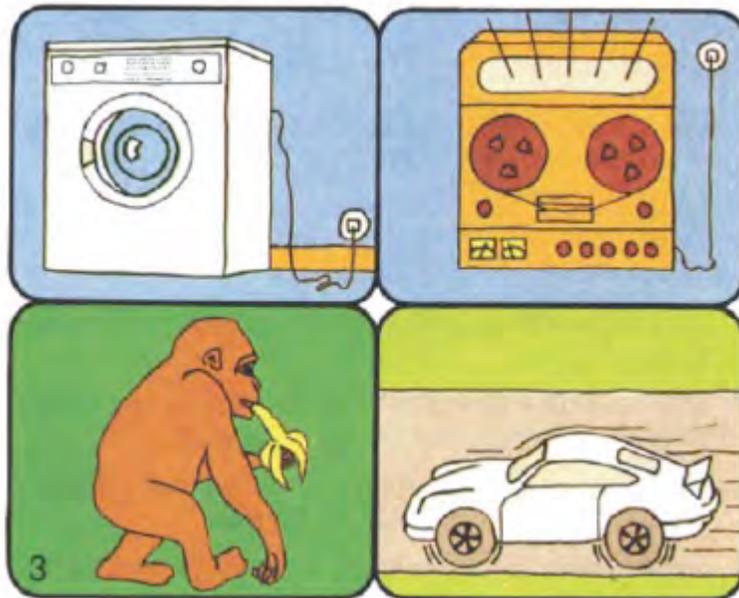
交通工具行驶时需要能量。火炉和散热器加热时需要能量。其他许多机器和技术设备在运行时都需要能量：电动机和割草机用汽油或电来提供能量；拖拉机用柴油来提供能量，起重机和电灯用电来提供能量；煤气灶和燃气锅炉用天然气来提供能量。

**小结：**许多设备和机器需要能量，人和动物也需要能量。它们的能量由燃料或食物来提供。

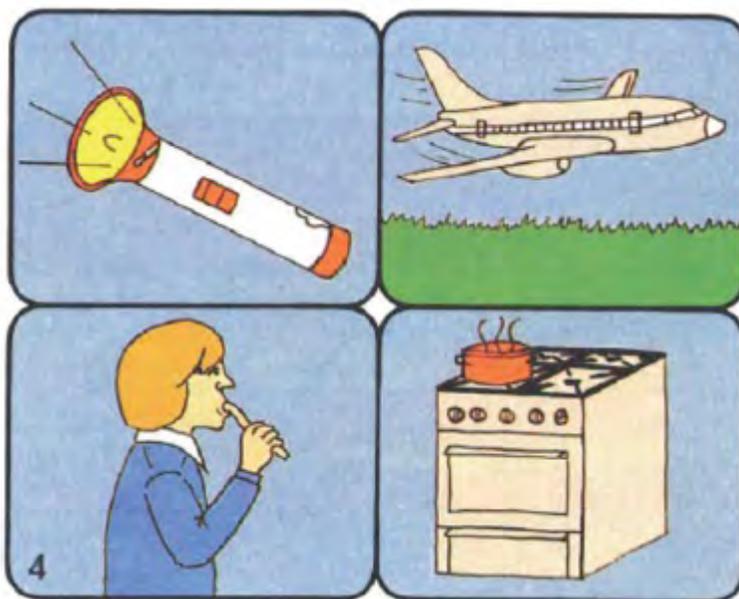
**补充 材料：** S1.1和S1.2

### 练习

1. 每种情况中所用的是什燃料？
2. 在图3和4中的装置、动物和人都要消耗能量。相应的燃料是什么？



它们所用的燃料是什么？



它们所用的燃料是什么？

3. 选定某些机器和设备，指出为它们提供能量的燃料是哪一种。
4. 燃料和食物有什么共同特点？

## 1.2 能量一定有携带者

每种燃料都含有能量。我们把这种“物质”叫做**能量携带者**。

煤、燃油、天然气和木材都是能量携带者。它们将能量携带到炉灶中。

电是能量携带者。它把能量携带到电炉、电灯、电厨灶和其他电器设备中。

汽油和柴油是能量携带者。它们把能量携带到汽油机和柴油机中。

食物是能量携带者。人类生活需要能量。人们施出的力气越大，需要的能量就越多，要吃的食物也越多。

在加热时，如果只考虑能量，我们为何不直接将能量输入到锅炉，而要这么复杂地用煤（煤还要产生有害的烟和灰）或电（传输电需要很粗的电线）？如果这是可能的，我们肯定会这样做。然而，这是不可能的。没有能量携带者，就没有能量（图5）。



你可以把能量想象为一种实物。它象海绵中的水一样包含在燃料中。然而，我们可以将水从海绵中挤出来，得到纯净的水。这对于能量来说是不可能的。没有能量携带者就没有能量。

**小结：**燃料、电和食物是能量携带者。不存在无携带者的能量。

**补充材料：** S1.3和S1.4

### 练习

1. 为什么我们不用无携带者的纯能量来旅行和加热？
2. 请列出分别用 (a) 电、(b) 柴油、(c) 燃油、(d) 煤和 (e) 铀获取能量的机器或设备。
3. 你家里是用哪些能量携带者来获取能量的？
4. 割草机可以用不同的方式推动。对不同的割草机指出相应的能量携带者。
5. 绵羊在草地上运动。它们用什么能量携带者获得能量的？
6. 在建筑工地上的机器是用什么能量携带者获得能量的？

### 1.3 我们如何为能量付款

在建造房子时，我们必须考虑用哪种方式供暖。用国产燃油加热，还是用煤或天然气加热？我们考虑的依据必定是它们的价格。

假如1kg燃油的价格是0.60欧元，1kg褐煤的价格是0.25欧元。我们选择褐煤来加热？回答这个问题并没有你想象的那样简单。房间变热的程度并不与燃料的质量直接有关，而是与炉子里释放出来的能量有关。图6.1给出了1kg燃油、1kg褐煤和1kg其他燃料所携带的能量。例如，1kg石煤携带30,000kJ的能量。

kJ是千焦耳的符号。焦耳是能量的测量单位。你已经知道，米是长度的单位，克是质量的单位。千克和千米中的“千”（kilo）是“1000倍”的意思。1kg=1000g，1km=1000m。同样，1kJ=1000J。

从图6中我们可以看出，1kg燃油所含的能量是1kg褐煤所含能量的两倍多。

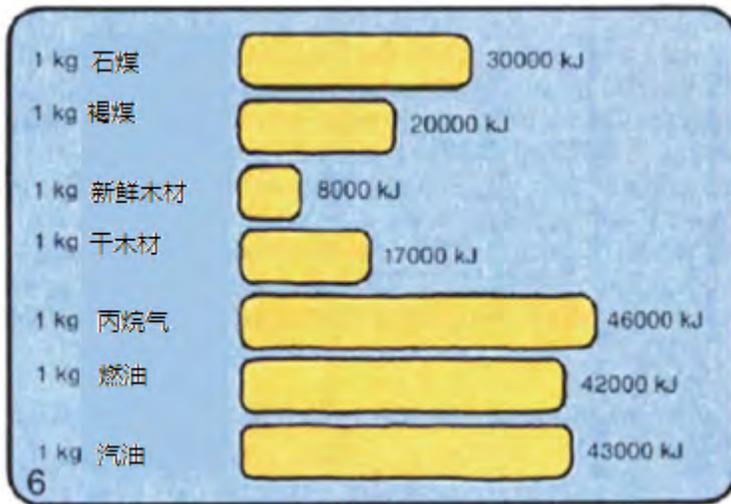


图7给出了1kg不同食物所携带的能量。这里的能量单位仍然是kJ。例如，1kg瘦肉含有5000kJ的能量。一个人平均每天需要10,000kJ的能量。



在买来的食物中，它们所持有的能量通常印在包装袋上。图8所示的盒子上标有100g香脆面包所含的能量值1640kJ。



电也是能量携带者，但你在图6和图7中都找不到电所含的能量值。它之所以没有出现在这两个图中，是因为我们无法测出电的质量。我们这样说是无意义的：“1kg电含有很多kJ的能量。”然而，我们可以用如图9所示的“电度表”测出与电一起进入家中的能量。相信你一定看到过这种电度表。实际上，我们应该叫它能量计，因为它测的是与电一起进入房间的能量。



**小结：**能量的测量单位是焦耳。

补充材料：S 1.5到S 1.7

### 练习

1. 在图6所示的燃料中，a)哪种燃料所含的能量最多？b)哪种燃料所含的能量最少？
2. 前缀“kilo”是什么意思？
3. 在家里去看一下哪些食品袋上标有其所含的能量值，并与图7所给出的值进行比较。
4. 哪些食物含有较多的能量？哪些食物含有较少的能量？
5. 为什么水果和蔬菜所含的能量很少？
6. 我们每个人一天中所需的能量大约为10,000kJ。这相当于多少根100g巧克力所含的能量？

## 1.4 人和汽车不仅需要能量

汽车需要汽油以获取能量。然而，汽车也需要机油、轮胎和用于挡风玻璃洗涤器的水。而这些东西都没有给汽车提供能量。

汽车是这样，人类也是这样的。提供能量仅仅是人们所吃的食物的其中一个功能。只有食物中的淀粉和脂肪才是能量携带者（图7），即我们的燃料。蛋白质是用来重构人体细胞的（很象汽车需要换轮胎一样）。食物中的维生素是用来调节人体内部的。有了它们，“一切都能正常进行”（相当于汽车发动机中需要润滑油一样）。

**小结：** 机器或人类所消耗的东西并不都是用来提供能量的。

## 练习

1. 汽车除了消耗汽油外还要消耗什么？
2. 建筑工地需要能量。哪些能量携带者把能量带到了建筑工地？除了能量和能量携带者，建筑工地还需要什么？
3. 为什么人类需要淀粉和脂肪？为什么人类还需要蛋白质和维生素？

## 1.5 什么地方我们需要较多的能量，什么地方我们需要较少的能量

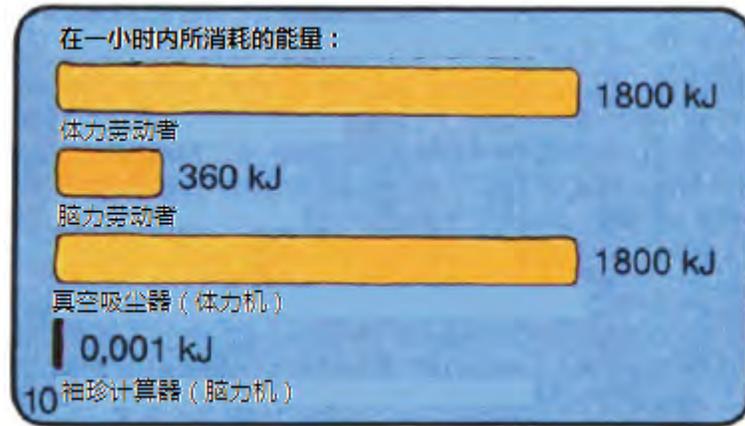
什么活动需要的能量多，什么活动需要的能量少？当然，这取决于活动持续的时间。

给房间供热2个月所需的能量是给房间供热一个月所需的能量的两倍。

为了比较两台机器或两种生物所消耗的能量，我们要看它们在相同时间内所消耗的能量。图10给出了在一个小时内下面各种情况中所消耗的能量：

- 一个体力劳动者
- 一个脑力劳动者
- 一台真空吸尘器（“体力”家用电器）

## ● 计算器（会“思考”的机器）



我们发现，有时需要较多的能量，有时需要较少的能量。要用“体力”的机器和人需要较多的能量，要“思考”的机器和人需要较少的能量。

**小结：** 体力工作需要较多的能量，思考和计算需要较少的能量。

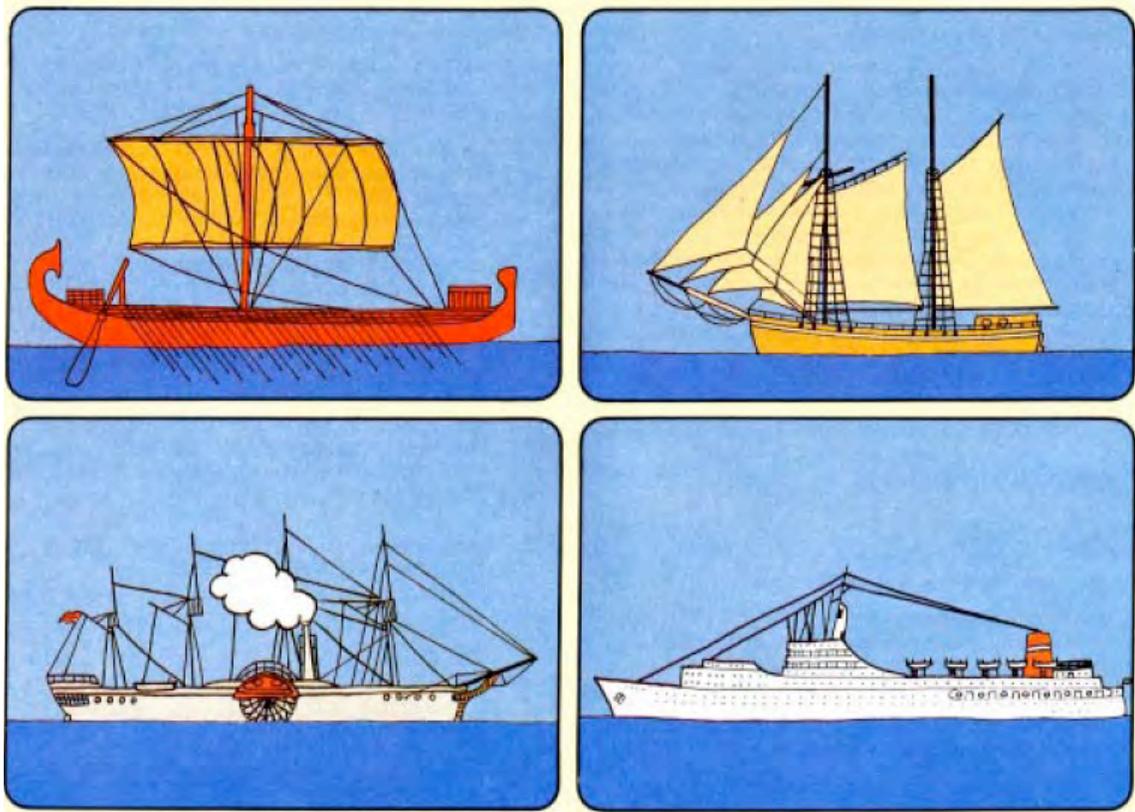
### 练习

1. 分别给出需要a)较多能量，b)较少能量的活动的名称。
2. 分别给出要消耗a)较多能量，b)较少能量的装置的名称。

## 第1章补充材料

### S1.1 不同的轮船燃料

轮船从什么燃料中得到能量？



## S1.2 供热燃油=柴油

柴油和供热燃油是同一物质的不同名称。然而，在加油站这种物质是以柴油的名称在卖买的。柴油比在油店里的燃油的价格贵的多。这一差价是税收引起的，它的一部分用于道路建设。

为了防止有人用燃油来给汽车加油，人们在为供热用的这种物质中加入了一种颜色。这样就容易鉴别出有人是否为燃料缴过税。

## S1.3 不只有能量有携带者

有些东西需要携带者，这是很正常的。

所有交通工具，如自行车、汽车、火车、轮船和飞机可以叫作人的携带者。然而不同的是，人也可以不需要交通工具，即不需要携带者。

水桶、管道、河床和水槽是各种“水的携带者”。

账单、硬币、支票、黄金、邮票是各种“价值携带者”。

## S1.4 看不见的东西

我们看不到能量。你也许会说：“我们看不到的东西是不存在的。”但是，在生活中我们经常会遇到看不见的东西。

空气是看不见的，我们无法用眼睛“感觉到”它，但可以用其他方式（如呼吸或吹风）感觉到它。

当我们把一块糖溶化在水中时，这块糖不见了。但我们肯定不会怀疑它的存在，因为我们知道这时水是甜的。

能量也一样，我们看不到它，但可以通过它的一些效应来认识它。例如，能量可以用来给房间加热，也可以用来驱动汽车。

在物理课中，我们将认识其他许多看不见的东西，如电、原子和X射线。

## S1.5 kcal和kJ

我们经常听说，食物含有许多卡路里（它通常是我们特别想吃的东西）。这是什么意思？卡路里是一个过时的能量单位。这个单位被焦耳这个新的单位取代了。

你可能知道还有其他不同的单位。长度的单位是英尺，今天我们用米来做它的单位。

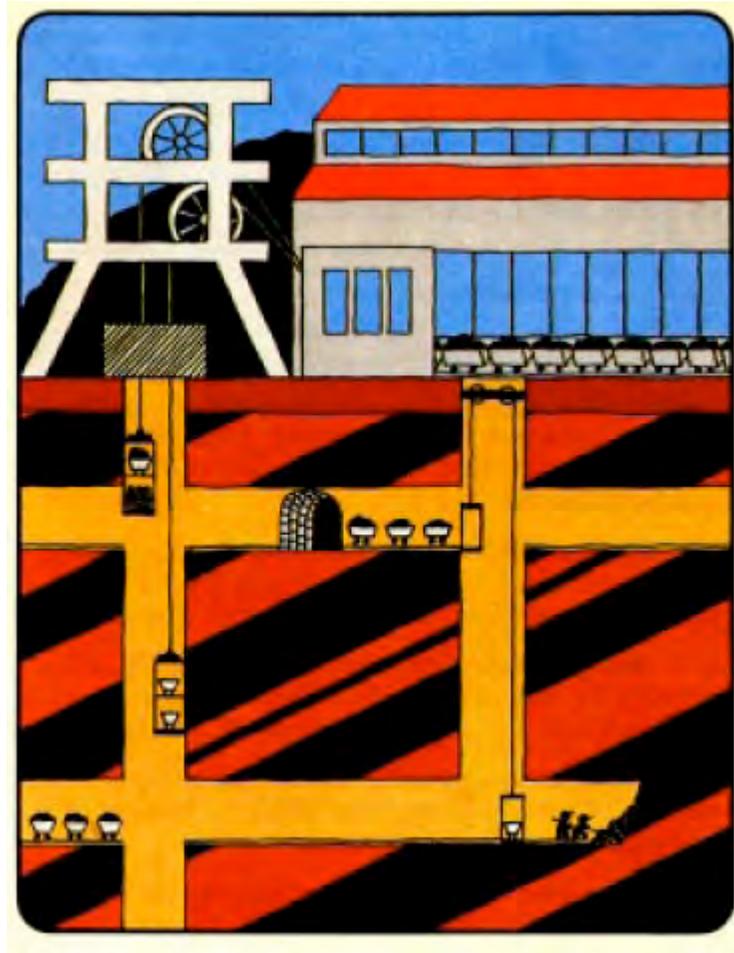
有许多单位在不同的国家是不同的。在美国，“英尺”仍然是长度的单位。一英尺相当于0.305米。

象米和千克一样，焦耳是国际上认可的单位。所有国家都将原来的单位转换为这些单位。

当我们要将能量的旧单位转换为焦耳，我们需要用这个换算关系： $1 \text{ 卡路里} (1 \text{ cal}) = 4.2 \text{ J}$ 。

## S1.6 煤、油和天然气来自何处？

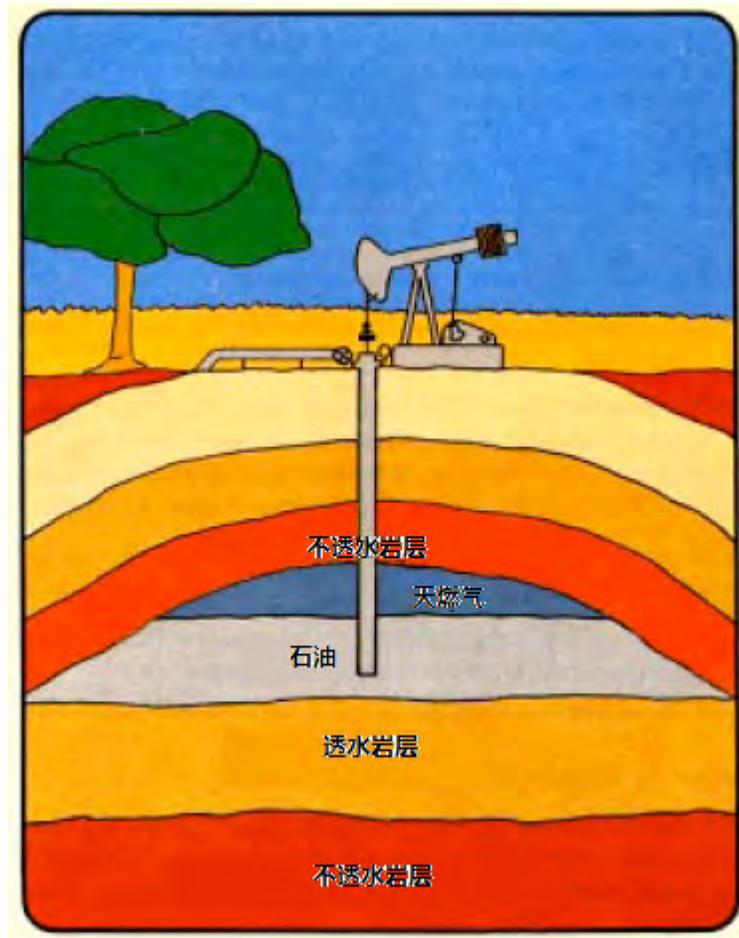
煤藏在地下，是由生长在约3亿年前的树形成的，后来渐渐地被泥土覆盖。人们在煤矿中采煤（见图）。



有些煤露出在地面上。我们可以在露天煤矿中去采这种煤。

原油和天然气很可能是由许多小生物形成的。为了抽取原油和天然气，我们需要在地面钻孔。原油和天然气通常会从这些孔中自动地流出来。

原油是汽油、煤油、燃油（=柴油）等不同燃料的混合物。在炼油厂中，人们将这些物质分离出来。



## S1.7 糖是可燃物

在图7中你会发现，糖含有很多千焦耳的能量（以前人们会说它含有很多卡路里的能量）。对此，我们也可以从糖会燃烧这一事实中看出。当然，要使糖燃烧不是一件容易的事。

将一块糖放在火上烧，它不会燃烧。但如果你在糖上敷一点点香烟灰，然后把它放在火焰上，它就燃烧了。这时，燃烧的不是香烟灰，而是糖。香烟灰在这个燃烧过程中不会消失。



我们发现，糖也可以作为燃料来用。在糖便宜的地方，人们就会用它做燃料。在巴西，人们用糖作为汽车的燃料，当然不是直接来用。糖要先转化为酒精（或者说先“酿成酒精”）。这时，糖所含有的能量在酒精中了。我们可以在加油站得到象汽油或柴油那样的酒精。

## 2. 能源和能量接收器

### 2.1 能量来自哪里， 去哪里？

图1画出了一只油炉和相应的供热系统。锅炉安装在客厅，油箱安装在地下室。燃油通过泵从油箱抽到油炉，将能量从油箱带到油炉。油箱叫作**能源**，油炉叫作**能量接收器**。

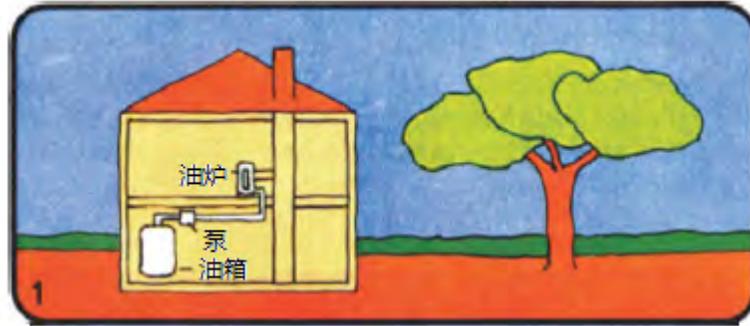


图2画出了一辆小轿车的发动机和它的能量供应系统。多数小轿车的发动机安装在前面，汽油箱安装在后面。汽油用泵沿着管子从油箱抽到发动机，将能量从油箱带到发动机。油箱是能源，发动机是能量接收器。

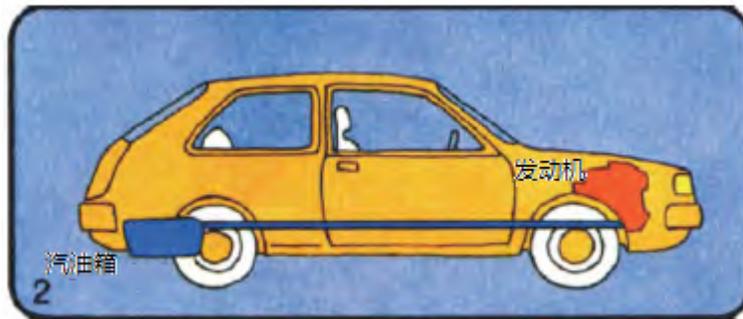
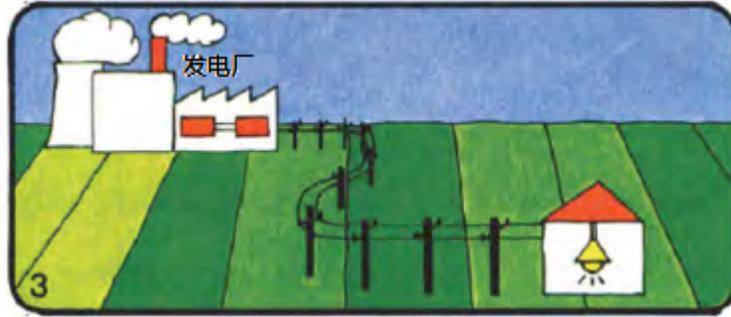
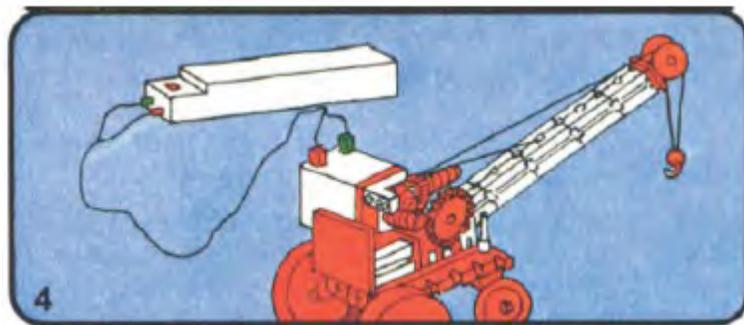


图3画出了灯泡和它的能量供应系统。能量由携带者电从发电厂带过来。发电厂是能源，灯泡是能量接收器。



在图4中，白色盒子中装的是能源电池。电动机或玩具吊车是能量接收器。



小结：能量携带者将能量从能源带到能量接收器。

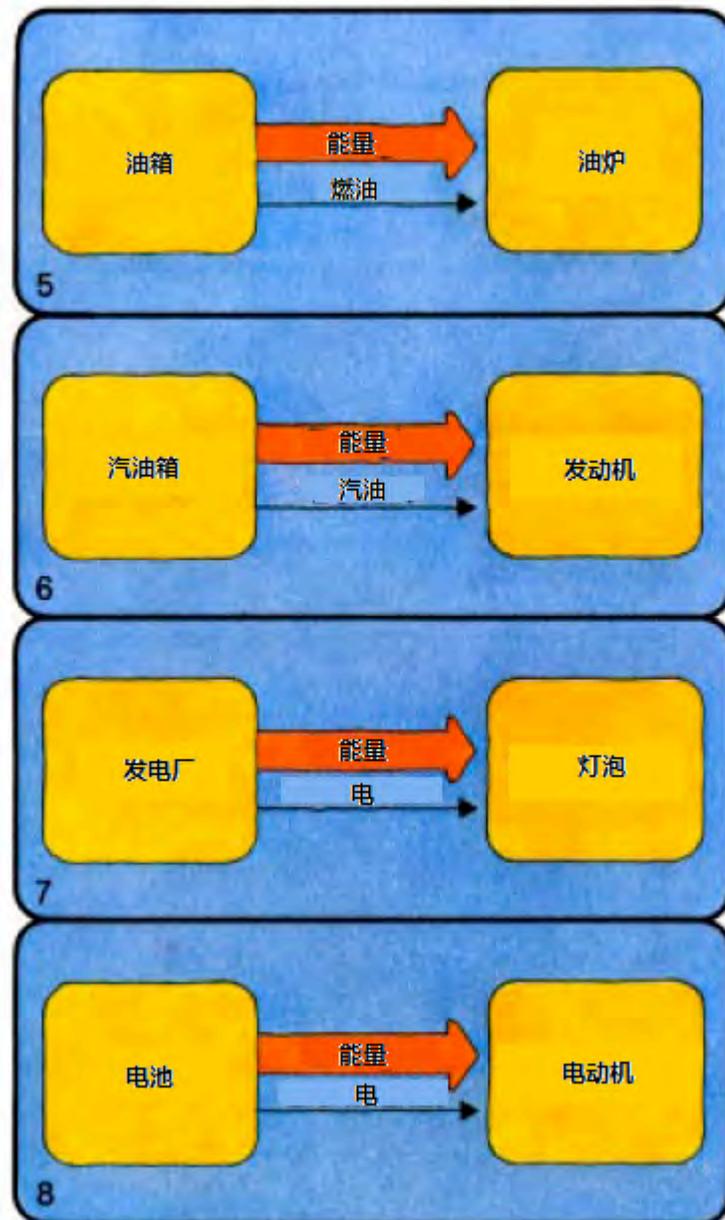
练习

举出几个能量携带者的例子，指出相应的能源和能量接收器。

## 2.2 能流图

图1到图4初一看很不相同，但它们有一个共同的特点：在每个图中，能量从能源流到能量接收器，能量携带者也从能源流到能量接收器。如果我们不关心它们的细节，想把这些过程的不同点画出来，我们需要改变一下画图的方法：运用一些符号。

图5到图8给出了结果。能源和能量接收器都用一个方框来表示，并分别标明能源和能量接收器。这两个方框之间用一个粗的箭头和一个细的箭头连接起来。在粗的箭头上标出能量，在细的箭头上标出能量携带者。



这种图叫作**能流图**。图5画出了油炉供热系统的能流图，图6给画出了汽车中油箱和发动机这个系统的能流图，等等。

这四个图所表示的四个过程具有相同的特点。从这些图中我们容易看出能量来自何处，又向何处去，是由什么来携带的。这就是这种图的优点。另外，这种图比实物图容易画。图5比图1容易画，图6比图2容易画。在这册课本中，我们将经常运用能流图。

然而，有时候这种图起不到什么作用。我们无法从这种图中知道能源和能量接收器是怎样的，也无法知道它们是大的还是小的，也无法知道能量携带者走的是哪条路径。所有这些情况只能在图1到图4中才能看出。

将复杂的事物用符号来表示，这是很常见的事。图10是图9所示的道路的符号。我们为何不将这条路的照片显示在这个三角形的交通符号中？



在解答本册课本的练习时，你会经常碰到画能流图的题目。在画这种图时，你总要遵循一些规则。在你所画的能流图中，在以下三方面不能出错：能量携带者的箭头必须画在能量箭头的下面，能量箭头必须是粗的，能量携带者箭头必须是细的。

**小结：**能流图告诉我们，能量来自何处，向何处去，由什么来携带。

补充材料：S2.1、S2.2和S2.3

### 练习

1. 画能流图：

a)与煤气瓶相连的野营炉子

b)在超市中买来食物的一个人

c)煤炉（煤来自地下室）

d)卡车中的柴油发动机

2. 一个物体的符号与它的照片相比有何优点？有何缺点？

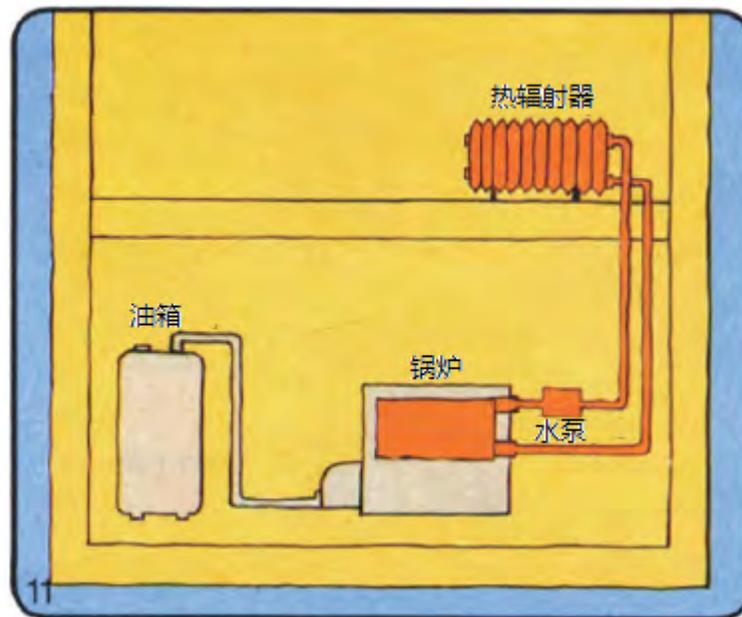
3. 举出用符号来表示其他事物的例子。

## 2.3 供热系统

在家里，我们有很多需要能量的设备，如供热系统、洗衣机、电灯和电视机。耗能最多的是供热装置。下面我们来看不同的供热装置是怎样工作的。

以前，多数房子的每一间房间中装有烧木头或烧煤的炉子。后来，它们被油炉取代了。你现在不是用煤桶而是用燃油把能量携带到炉子中。比较先进的油炉如图1所示。在这个装置中，你用不着去搬运燃油了。

现在，多数房子里安置了如图11所示的中央供暖系统。在图11中，加热用的燃料是燃油。然而，你也可以用煤、木头和天然气来使中央供暖系统工作。

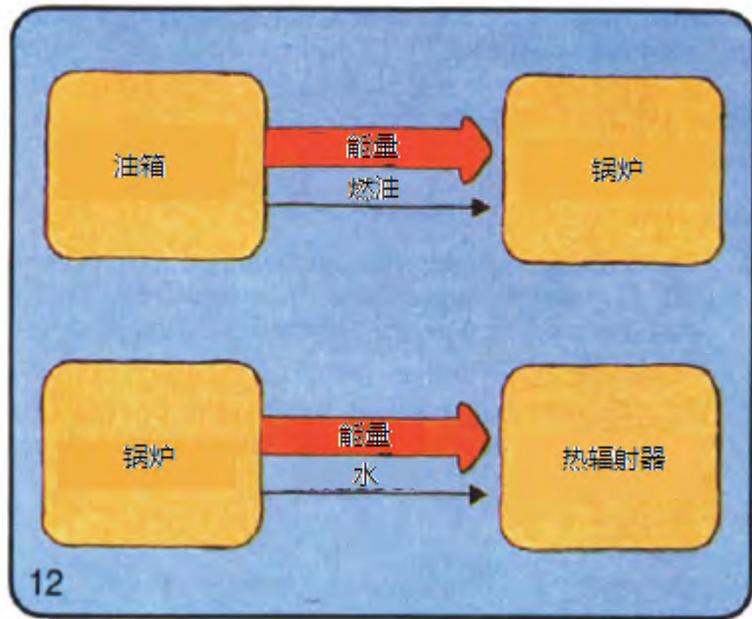


在中央供暖系统中，燃料在锅炉中燃烧。锅炉安装在地下室。锅炉再给水加热。我们可以这样来描述：在锅炉中，能量从燃料传递到水。携带着能量的热水被水泵通过管道抽到房间。在每一房间，水都流过散热器。在散热器，热水将能量释放给房间中的空气。这样，空气就变热了，而热水变冷了。变冷了的水通过第二根管道流回到锅炉，然后再在这里装载能量。

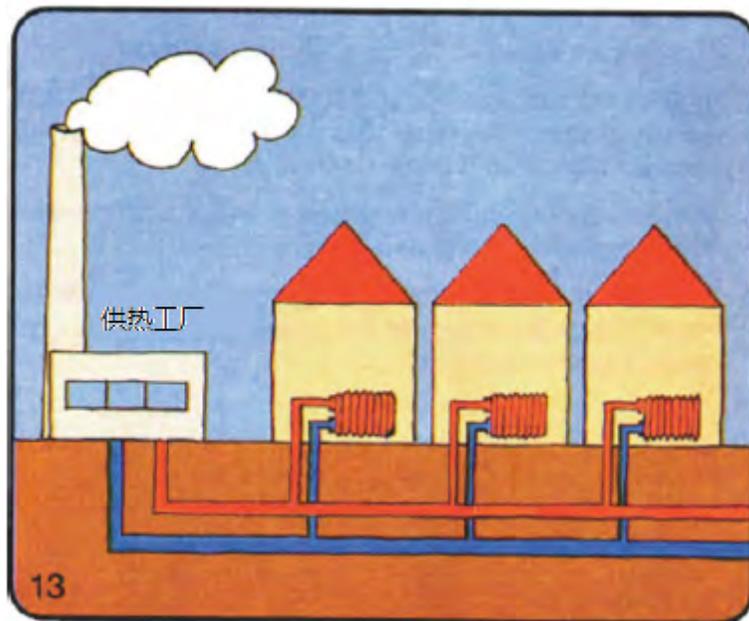
在锅炉和房间之间的能量携带者是热水。

对于如图11所示的中央供暖系统，我们可以画出相应的两个流图。在其中一个流图中，能量从油箱流到锅炉（图12中的上图）；在另一个流图中，能量从锅

炉流到散热器（图12中的下图）。



一种特殊的中央供暖系统是地区加热系统。在供热工厂有一只很大的锅炉在同时向许多房子供热，有时甚至同时向整个地区供热（图13）。从供热工厂到房子之间有两根水管。热水通过其中一根水管从供热工厂流到房子，冷水通过另一根水管从房子流回到供热工厂。



在中央供暖系统和地区加热系统中，水将能量从锅炉携带到房间。在房间中，热空气也充当着能量携带者。汽车中的加热系统就是这样工作的。发动机将热传递给空气。热空气通过管子流到车箱。

**小结：**热水和热空气携带着能量。

### 练习

1. 请描述下一中央供暖系统的结构。
2. 你是怎样看出哪个装置是中央供暖系统中的散热器？在连接它的两根管子中，哪根管子中的水携带着能量？
3. 中央供暖系统和地区加热系统有哪些相同点和不同点？
4. 在中央供暖系统中的散热器是用哪个能量携带者把从水中得到的能量再释放出来的？

## 2.4 能源从哪里获得能量？能量接收器用能量做什么事？

能量来自能源。但是，能源是怎样得到能量的？我们在分析中央供暖系统时已经知道这一点了。

锅炉是水所携带的能量之源（图12中的下图）。然而，它同时也是燃油所携带的能量的接收器（图12中的上图）。你慢慢地会知道，每个能源都是从别处获得能量的。这就是说，每个能源也是能量接收器，每个能量接收器也是能源。

在这一方面，能源跟水源相似：来自自来水厂的水肯定也是从别处流到自来水厂的。

补充材料：S 2.4

### 练习

1. 请举出同时是能源和能量接收器的装置。它们是用什么携带者接收到能量的？又是用什么携带者释放能量的？
2. 发电厂是用什么携带者释放能量的？它是用什么携带者来接收能量的？

## 第2章补充材料

### S2.1 游戏

表中第二、三列的能量携带者和能量接收器位置乱了。请你把它们调整一下。如果你的答案是正确的，括号中的字母将组成三个英文单词。

能源	能量携带者	能量接收器
发电厂 (S)	天然气 (A)	汽车发动机 (E)
电池 (R)	柴油 (R)	挖掘机发动机 (E)
天然气站 (C)	燃油 (E)	煤气灶 (R)
汽油箱 (R)	食物 (E)	浸入式电热器 (U)
柴油箱 (R)	汽油 (I)	人 (I)
冰箱 (C)	电 (O)	油炉 (R)
油箱 (V)	电 (C)	小灯泡 (E)

### S 2.2 汽车中的能源和能量接收器

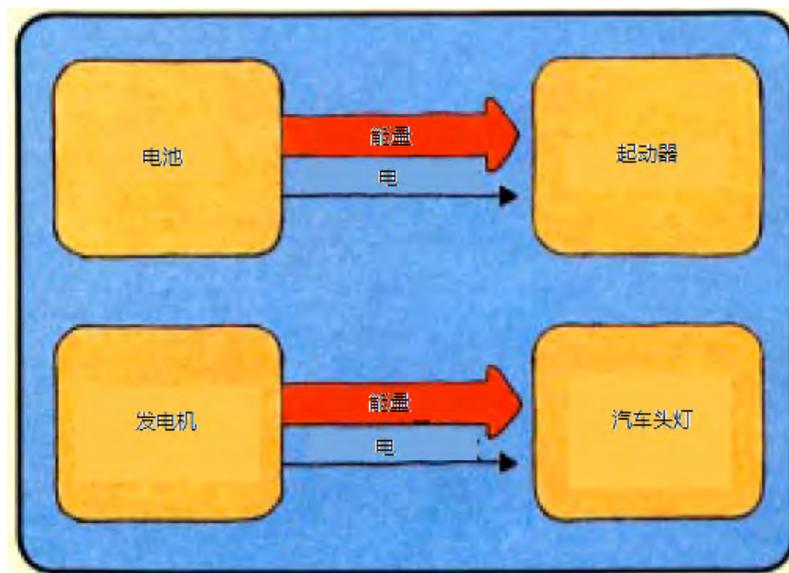
在2.1节中的图2给出了一对汽车中的“能源-能量接收器”。这当然是汽车中最重要的一对装置。然而，汽车中还有其他“能源-能量接收器”。我们来举两例：

当你打开油门时，汽车发动机是不会自动起动的。发动机要靠别的力量来起动。在过去，人们用曲轴来起动汽车发动机。

今天，汽车发动机用小型电动机（起动机）来起动。当我们打开点火按钮时，你同时打开了起动机。当然，起动机需要能量。它通过电线从汽车中的电池中获得能量。

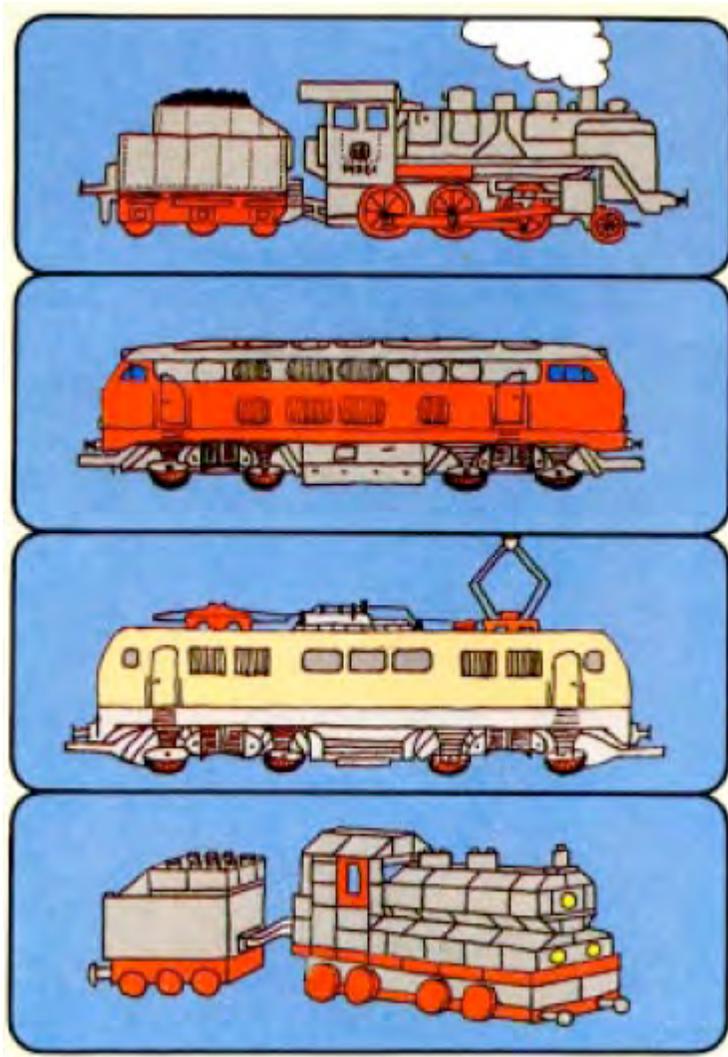


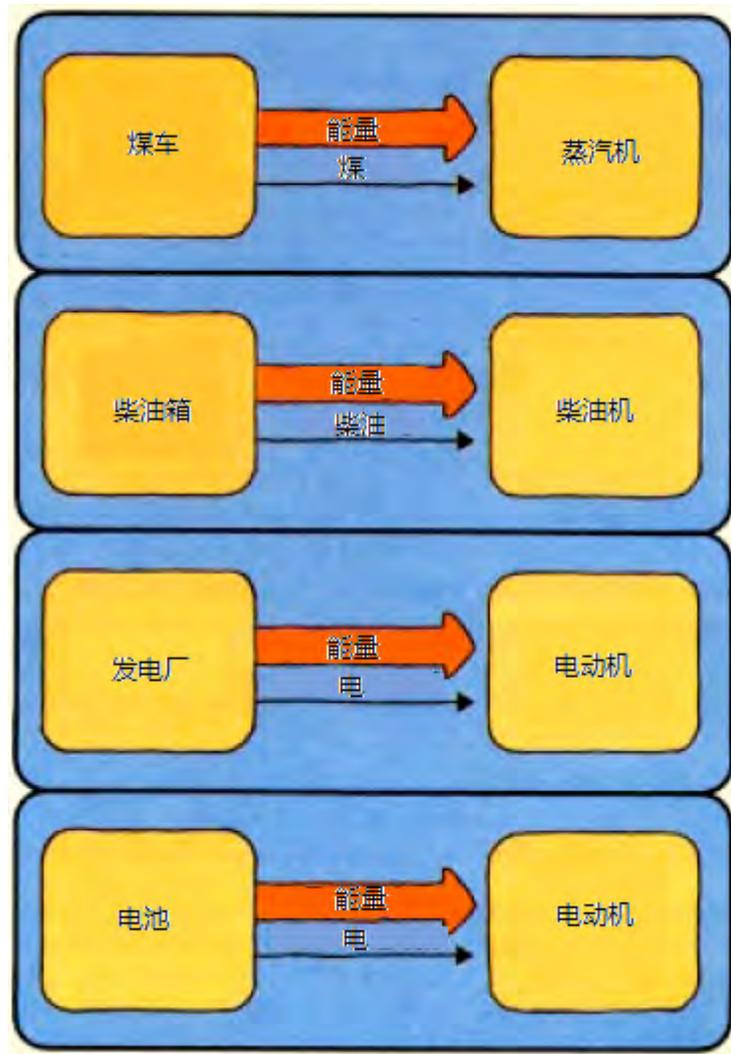
汽车头灯也需要能量。汽车头灯是从汽车中的发电机获得能量的。汽车中的发电机跟自行车中的发电机一样。



### S 2.3 各种不同的火车头

下图是四种不同的火车头。再下面的图是相应的流图。这些流图表示火车头的发动机用什么携带者从哪里获得能量的。其中三个火车头中装有能源，有一个火车头的能源并没有跟着它一起运动。



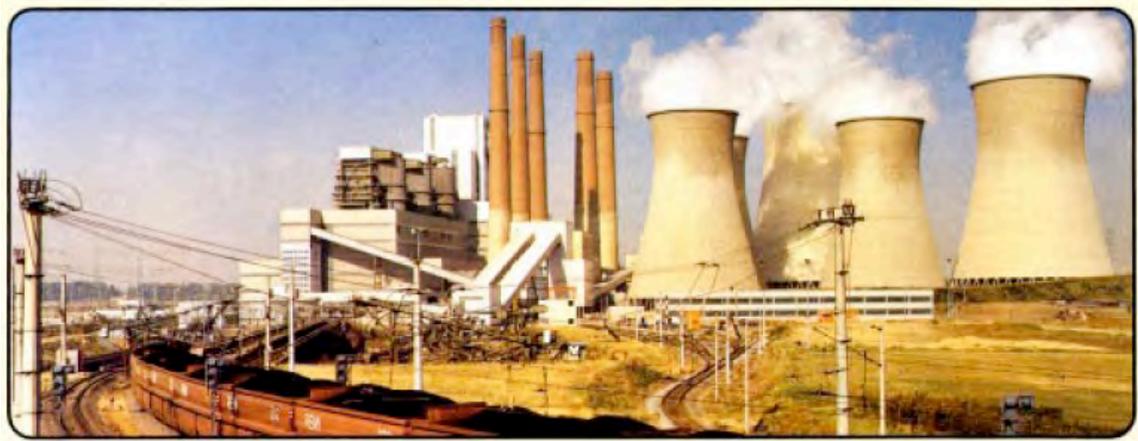


## S 2.4 发电厂

从电源插座中我们借助于携带者电获得能量。然而，能量是怎样到达插座的？这能量来自何处？插座是由电线与发电厂相连的。能量是在发电厂装载到电上的。然而，发电厂的能量也来自别处。

根据获得能量时相应的携带者，发电厂有不同的名称。多数发电厂是烧煤的。它们从携带者煤获得能量。在下面这张照片中，你看到了携带能量的煤。

核发电厂是从铀中获得能量的。铀是很稀有的金属。跟煤一样，铀也是从地下开采出来的。



水力发电厂是从河流中的水中获得能量的。流动着的水也是能量携带者。风力发电厂是从风（运动着的空气）中获得能量的。

太阳能发电厂从光中获得能量。因此，光也是能量携带者。

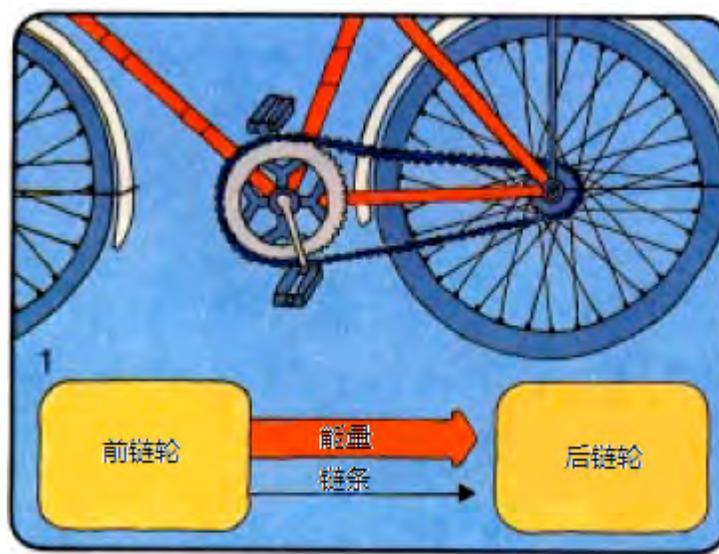
所有发电厂都有一台相同的机器，即发电机。这发电机跟自行车中的发电机是相同的，只不过它更大而已。发电机将能量装载到电上。

根据发电厂的类型，发电机由另一台不同的机器驱动：在火力发电厂和核发电厂中，发电机是由汽轮机驱动的；在水力发电厂中，发电机是由水轮机驱动的；在风力发电厂中，发电机是由风轮机驱动的。你将在本书中学到更多关于所有这些机器的知识。

### 3. 能量携带者 传动皮带、液压油和压缩空气

#### 3.1 链条和传动皮带

自行车运动时需要能量。骑自行车的人通过踏板和曲轴把能量传递到前链轮。但后轮需要能量。能量通过链条从前链轮传到后链轮（图1中的上图）。这里，链条是能量携带者。图1中的下图画出了相应的流图。



用链条传递能量

传动皮带很象自行车的链条。如果你想用蒸汽机驱动一台圆锯，你就得用传动皮带。皮带绕在蒸汽机的轮子和圆锯的驱动轮上。当蒸汽机的轴转动时，圆锯的轮子也转动起来了。

过去，在电还不能作为能量携带者使用时，传动皮带通常被用作远距离传输能量的工具。图2是以前的一家机械厂：能量从一台蒸汽机用传动皮带传输到每一台机器。从这纷乱复杂的传动皮带中你会发现，这是多么不现实的能量传输方式。在现代工厂里（图3），每一台机器都是从携带者电获得能量的。

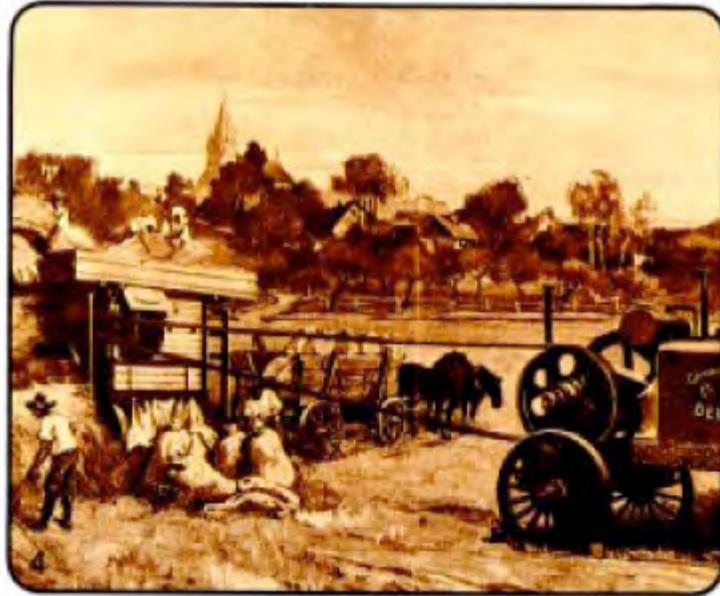


以前的工厂



现代的工厂

在图4中，传动皮带携带着能量，将能量从右边的柴油机传输到左边的脱粒机。



今天，农民们做事更容易了。谷物的收割和脱粒都在同一台机器中进行。图5就是这样一台联合收割机。



联合收割机在农田中行驶，用收割器将谷物割下来。谷物自动地被传输到脱粒机中，谷粒在这里从谷穗中脱落下来。没有谷粒的草秆从机器后面被吐出来。谷粒被收集到机器顶部的大容器中。容器中的谷粒不时地被卸出。联合收割机也用传动

皮带将能量从发动机传输到机器的各个部分。

**小结：** 传动皮带和链条是能量携带者。

补充材料： S 3.1 和S 3.2

### **练习**

1. 举出几个用传动皮带传输能量的例子。
2. 与电相比，传动皮带这种能量携带者有哪些缺点？

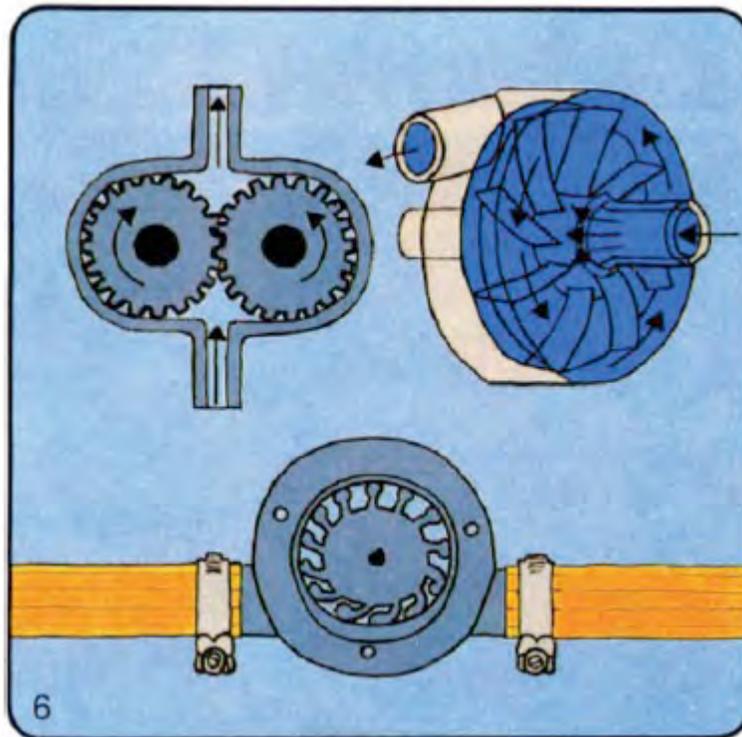
## 3.2 泵

泵的运用很广。在中央供暖系统中有两台泵，一台用来将热水从锅炉抽到散热器，另一台用来将燃油抽到锅炉中（见2.3节中的图11）。

在汽车中有一台汽油泵。它将汽油从汽油箱抽到发动机。汽车中的油泵将润滑油压向轴承。汽车中还有冷水泵，以确保冷水从发动机流向散热器，并再流回来。最后，汽车中通常还有一个用于挡风玻璃刮水器的水泵。

在洗衣机中也有一台水泵。它用于将脏水抽到洗衣机外面。

在有些家庭中有如图6中的下图所示的小水泵。这种泵可以由电钻来驱动。



由于泵有各种不同的用处，所以就相应地有各种不同种类的泵。下面我们来说其中两种泵。

图6左上角画出的是齿轮泵的剖面。在汽车中的油泵就是齿轮泵。当齿轮在朝箭头所示的方向转动时，油就被齿轮间的缝隙带上去了。

图6右上角画出的是离心式水泵。洗衣机中的水泵就是离心式水泵。进入水泵的水到达轮子叶片之间的中央部位。当轮子转动时，水也转动起来。这时水就被向外扔（正象汽车急转弯时一样），最后被推向水泵的出口处。

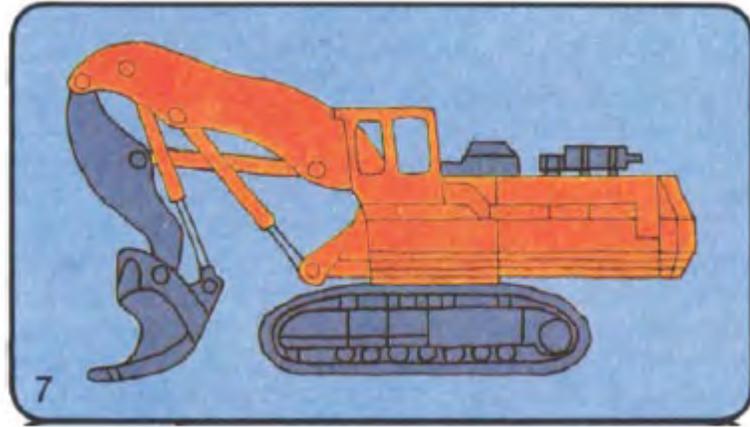
你能描述一下图6下方的水泵的工作原理吗？

### 练习

1. 家里的水泵是用于什么的？
2. 在汽车中的泵用于什么的？请指出在汽车罩下面的各种泵的位置。
3. 请描述齿轮泵和离心泵的运行原理。

### 3.3 挖掘机的液压系统

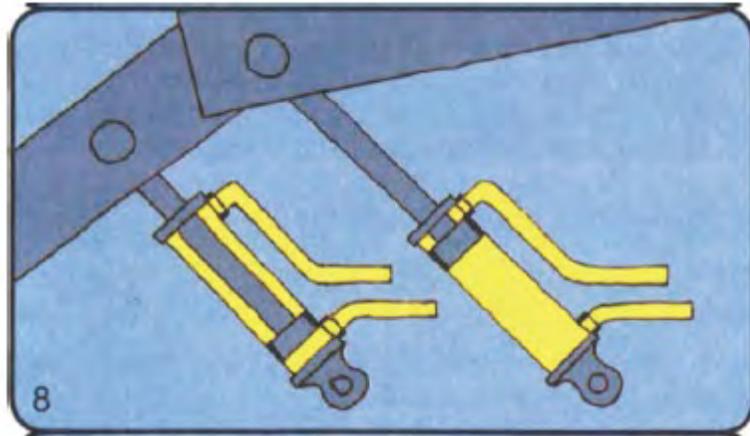
挖掘机是需要大量能量的机器（图7）。它所需的能量被用于各种不同的用途：驱动链条，转动挖掘机的上部，旋转和弯曲铲臂，倾斜铲斗。



为了这些用途，挖掘机各处都需要能量。如果在每一处都安装一台柴油机，这将是很贵的。实际上，挖掘机只有一台柴油机。这台柴油机用来驱动一台泵。这台泵用来推动一种液体（液压油）。液压油通过管子到达不同的地方，用来驱动需要能量的装置，使其运动。在需要转动的地方安装了液压马达，在需要来回移动的地方安装了液压气缸。

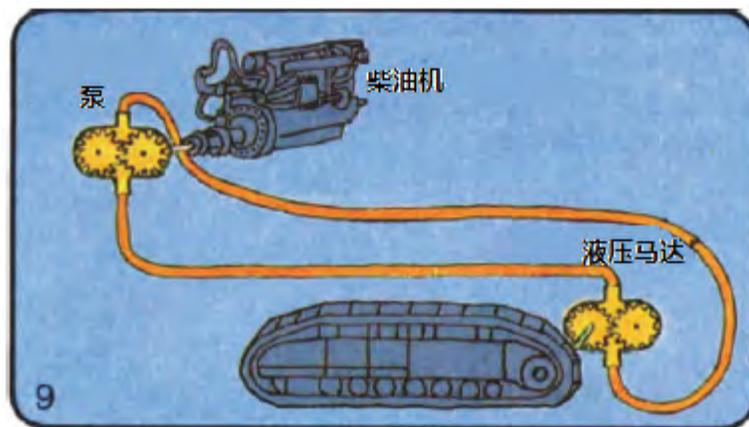
液压马达很象齿轮泵，只不过它们是互为逆运行的。如果它象如图6所示那样运行，你只需转动两根转轴中的其中一根转轴，这样就将液体抽到顶部去了。如果你把这个装置当作液压马达来使用，你就得让压强较大的油进入下面的管子。结果，在外围的齿轮叶片就会被向上推，会按图中箭头所示的方向转动起来。

图8描述了液压气缸的运行原理。在气缸中，活塞能沿直线往复移动。当从上面把油向下压到气缸中时，活塞向下移动，挖掘机的铲臂就下降。在连接液压泵和气缸的管子中有一个阀门，挖掘机的操作人员可以开关这个阀门。如果他想移动挖掘机的铲臂，他就打开这个阀门。油从每个气缸和每只液压马达的第二根管子流回到液压泵。



除了用液压油以外，你也可以用水。但水有一个缺点，它在冬天会结成冰。

图9画出了一台液压泵和一台液压马达。液压泵是能源。它将能量装载给能量携带者液压油。液压油将能量带到液压马达这一能量接收器。这能量携带者又把能量卸载下来，自己通过第二根管子空着回到了原来的能源。我们可以通过其压强来判断能量携带者有否装载着能量。在去的路上，它的压强大，因此携带着能量；在回的路上，它的压强小，因此没有携带能量。



**小结：**液压驱动装置中的能量携带者是高压下的液体，其能源是一台液压泵，其能量接收器是一台液压马达或液压气缸。

补充材料：S 3.3和S 3.4

练习

1. 请描述一下从挖掘机中的柴油机到轮子的能量流动路径。
2. 请举出另一台用液压的方式传输能量的建筑机械。
3. 哪一台农业机械是液压驱动的？

### 3.4 水力发电厂

我们已经知道给油或水装载能量的两种方法：

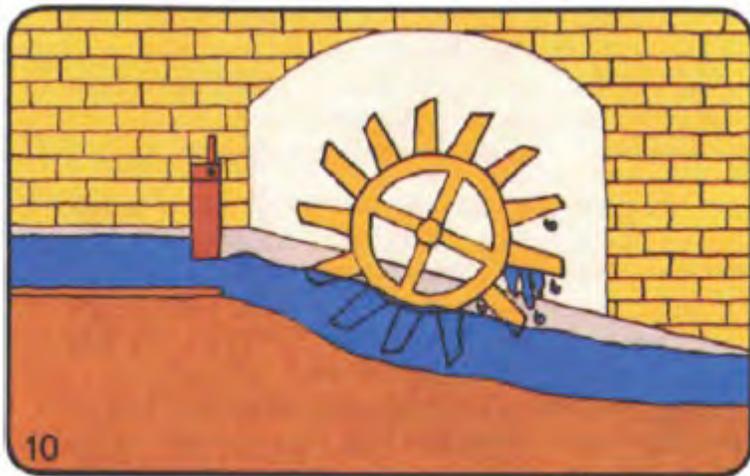
- 给它们加热（在中央供暖系统中是这样做的），
- 给它们加压（在泵中是这样做的）。

我们还有第三种方法：

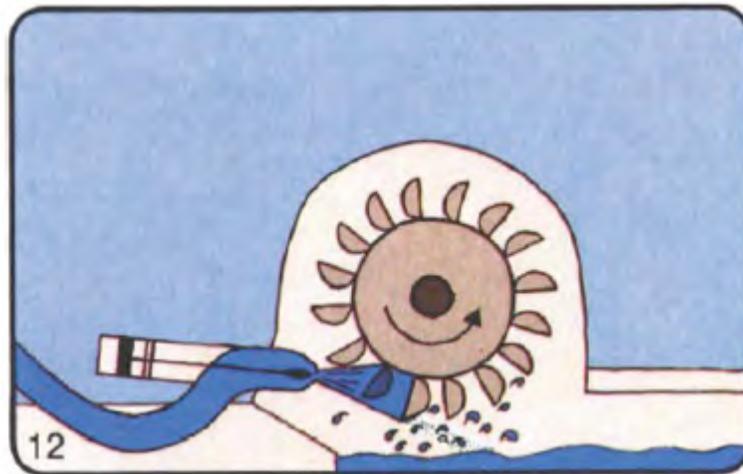
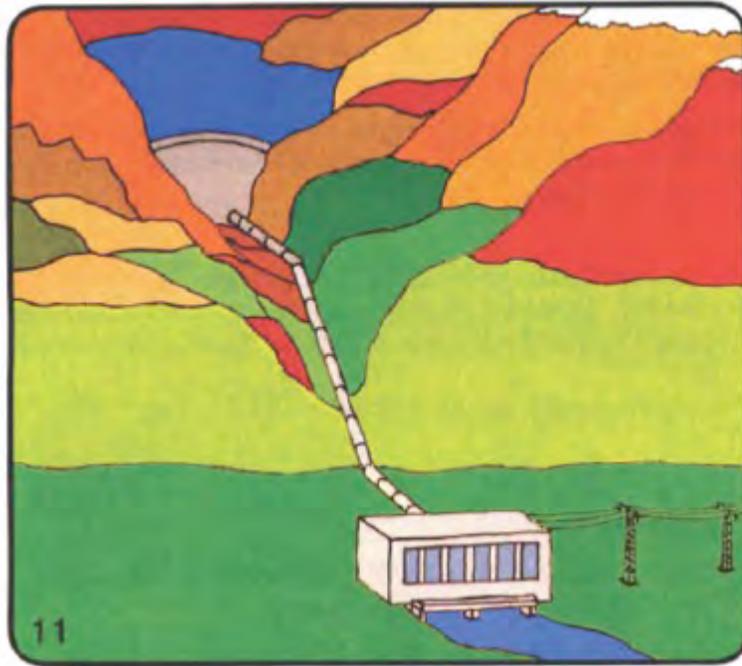
- 让水快速运动。

快速运动的水携带着能量。这一事实是显然的，你只要看看急流的河流就明白了。河流携带着很多能量，能使水中的石头移动。

用水磨轮可以从运动的水中获得能量（图10）。水磨轮之所以有这个名称，是因为在农业时代它曾经被用来驱动磨坊机。



今天，运动的水的能量通常用水轮机来获取。水轮机是水力发电厂中的重要部件（图11）。水通过管子从水库流到水轮机。在水轮机中（图12），水先流到喷嘴处。喷嘴处就是管子狭窄的地方。水从喷嘴处高速流到水轮机的叶片上，使轮子转动。



水轮机通过转轴驱动发电机。这发电机跟自行车中的发电机一样，只不过大一点而已。能量就从发电机通过电线流到你的家里。

**小结：**快速运动的水携带着能量。用水轮机可以从运动的水中卸载能量。

补充材料：S 3.5

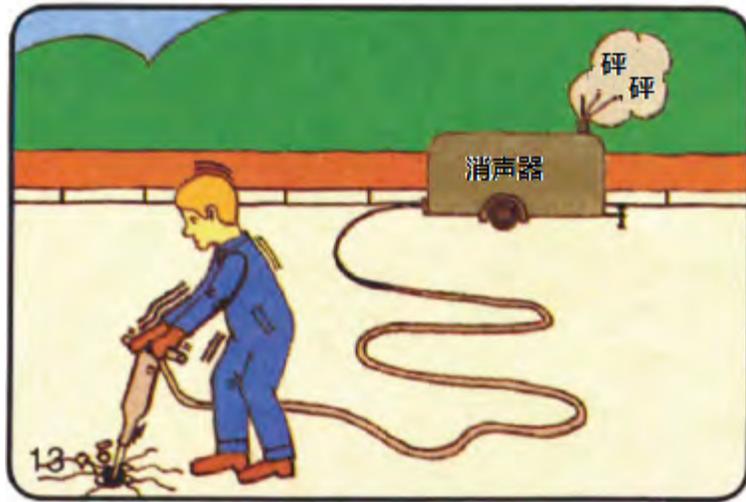
**练习**

1. 水轮机是如何工作的？
2. 水力发电厂是如何建造起来的？

### 3.5 能量携带者“压缩空气”

如果你想在水泥路下安装一根管子，你就得先掘开路面。你可能会用榔头和凿子来做这一工作。这样做是很麻烦的。用气锤来做就更方便了。

我们平常所说的气锤实际上是一个榔头和一个凿子的组合（图13）。在下面是一个凿子，在上面是一个很重的铁块。这铁块上下运动，每次运动都象榔头一样打击一下凿子。



是什么驱动这个榔头的？它的能量来自何处？它跟挖掘机中的液压马达一样，是通过一根管子获得能量的。然而，这管子中流动的不是液体，而是空气。因为这空气处于高压状态，所以叫作压缩空气。压缩空气将能量带到气锤。

给空气装载能量跟液压装置中用泵给液体装载能量一样。这泵是用柴油机来驱动的。一台大型空气泵叫作压缩器。在双轮汽车中通常装有压缩器和柴油机。

当你给自行车轮胎充气时，你用泵来产生压缩空气。你的手臂会感到吃力，在消耗能量。

**小结：**压缩空气携带着能量。压缩器通过压缩空气将能量装载在空气上。气锤从压缩空气中卸载能量。

补充材料：S 3.6到S 3.8

练习

1. 请描述能量从柴油机到气锤凿子的流动路径。
2. 请例举用压缩空气传递能量的其他装置。

### 3.6 能量携带者“运动的空气”

不但处于高压的空气是能量携带者，快速运动的空气也是能量携带者。

风表明快速运动的空气携带着能量，因为它能驱动风车和帆船，甚至会毁灭房子，吹倒大树。

在风力发电厂中，风所携带的能量被利用起来了（图14）。风使大型风轮机转动，风轮机再驱动发电机。帆船、风车和风轮机是能量吸收器，吸收携带者“运动着的风”所携带的能量。它们从风中卸载能量。你也知道使空气运动的装置。这种装置将能量装载到“运动的空气”上。这种装置是电扇和真空吸尘器。它们的相同点是，都用电动机来带动鼓风机叶轮，鼓风机叶轮再带动空气运动。



在真空吸尘器中（图15），空气通过一根管子流入。在管子进口处强烈的空气流把灰尘吸走。在空气到达鼓风机叶轮之前，它必须流过滤袋。灰尘微粒留在过滤袋中。清洁的空气通过真空吸尘器的出口流出来。

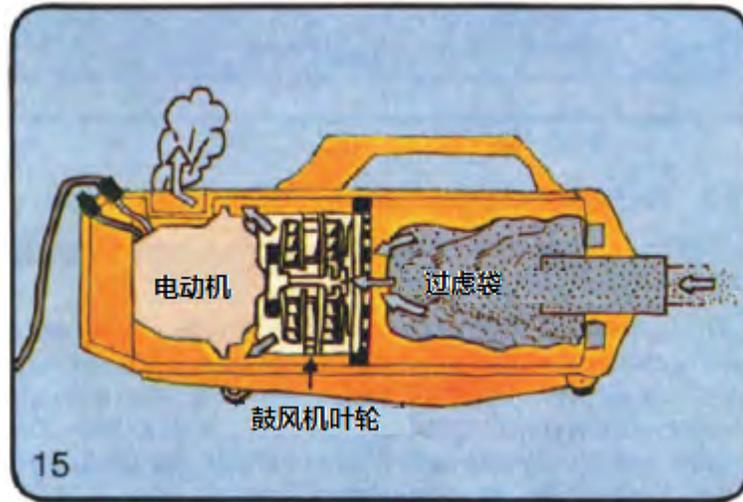
**小结：**快速运动的空气携带着能量。风车、帆船和风力发电厂将能量从运动的空气中卸载下来。风扇和真空吸尘器将能量转载到空气上。

补充材料：S 3.9

#### 练习

1. 真空吸尘器的工作原理是怎样的？

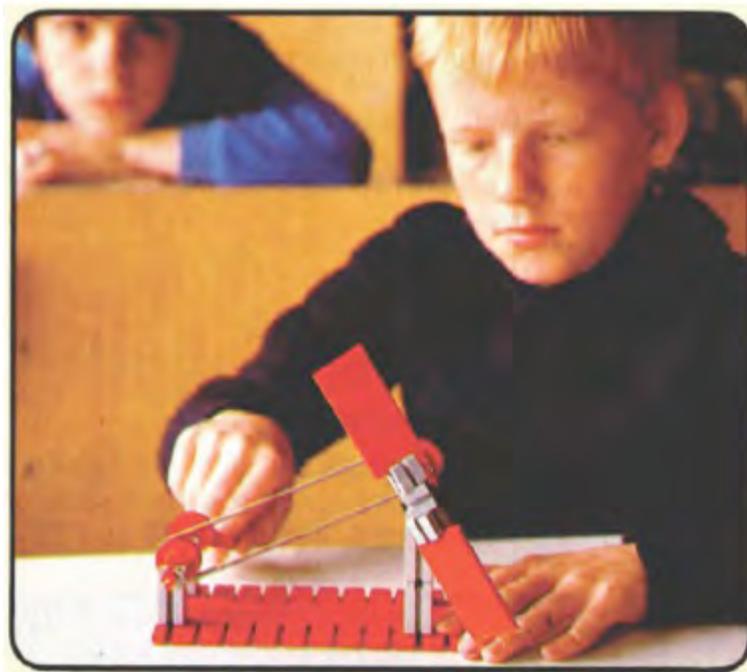
2.在你家里的真空吸尘器中找出空气的出口。你凭什么说从出口处流出来的空气携带着能量？



## 第3章补充材料

### S 3.1 自制传动皮带

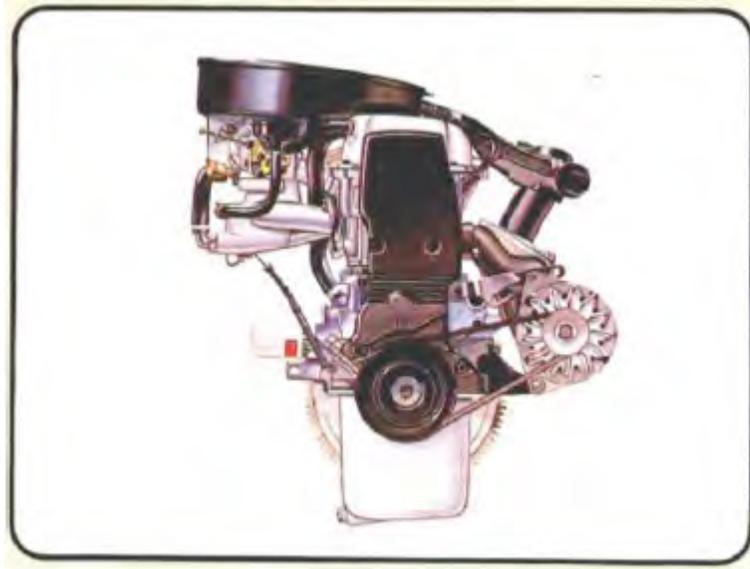
你可以自制一台风扇。皮带将能量从曲轴传递到风扇。



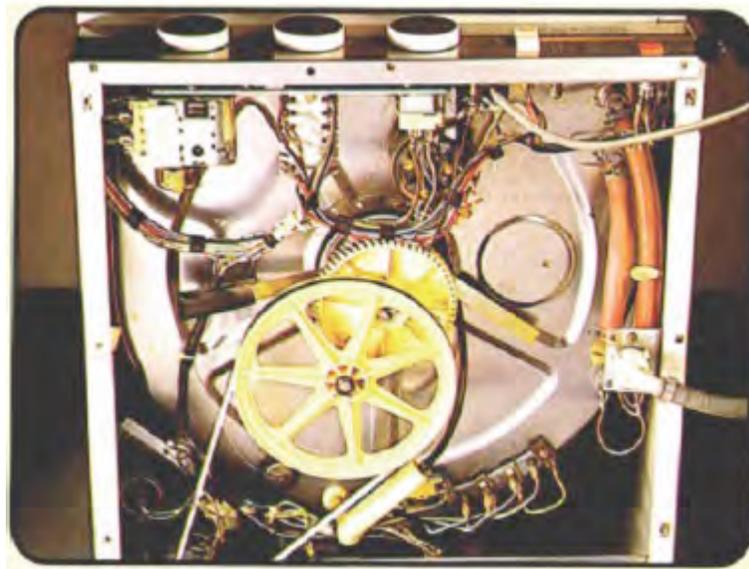
### S 3.2 汽车和洗衣机中的三角皮带

传动皮带通常用在短距离能量传输中。

汽车发动机除了要驱动汽车轮子外，还要驱动发电机。下图是一台汽车发动机的照片。发动机右边安装着一台发电机。能量通过在发动机底部的轮子从发动机流出来，再通过三角皮带流到发电机。

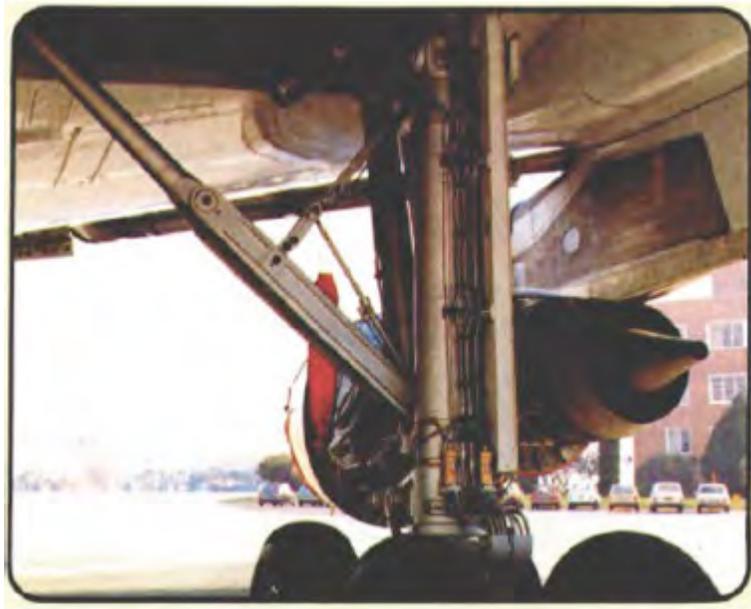


在洗衣机中，三角皮带将能量从电动机传递到洗衣筒。



### S 3.3 飞机起落架

为了减小飞机受到的空气阻力，飞机起落架在飞机起飞后自动收起。在飞机降落前它又自动伸出来。起落架收起和伸出时所需的能量通过液压方式传递到起落架。下图是液压气缸的照片。



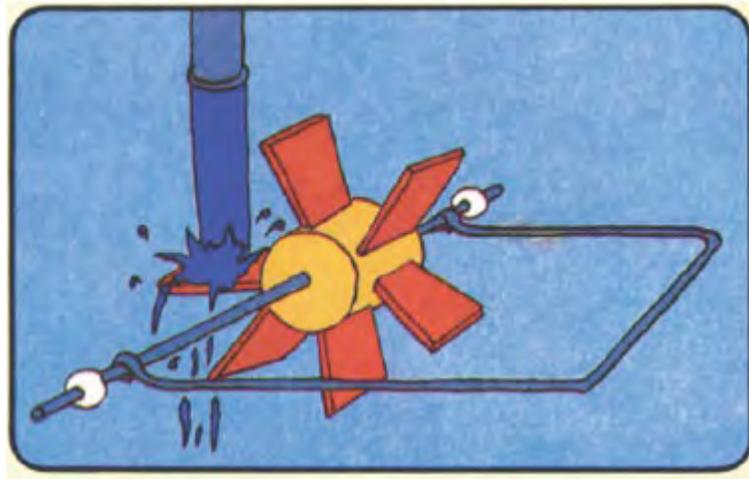
### S 3.4 自制液压传动装置

用一台装在便携式钻机的小型水泵和小型水轮机，你可以自制一台液压传动装置。图中右边是一台水泵，是能源。它将水通过管子推向左边的水轮机，再通过另一根管子将水吸回。这样，能量从水泵流到了水轮机。

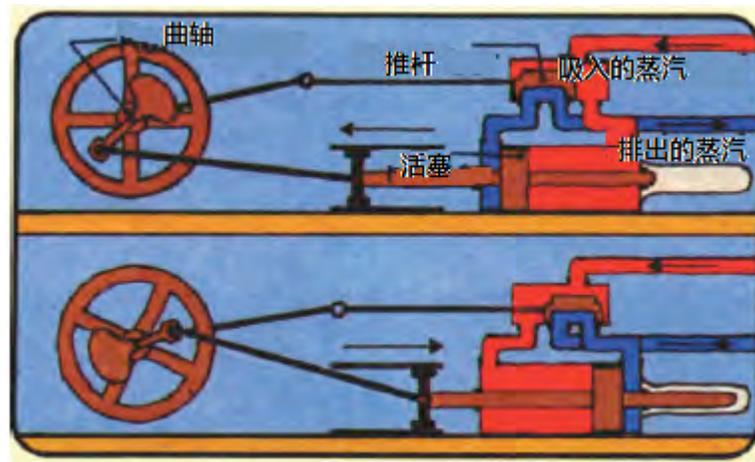


### S 3.5 自制水轮机

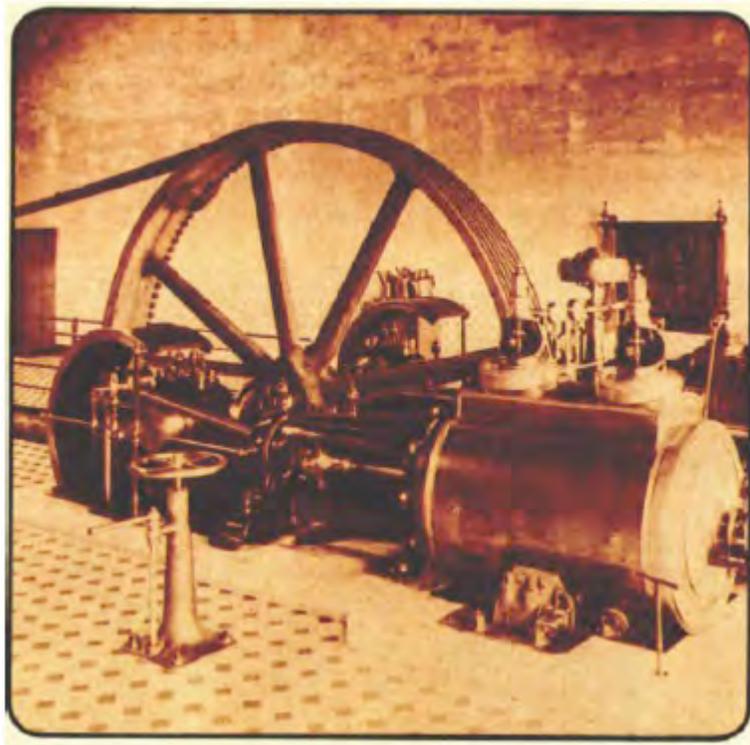
下图所示的水轮机很容易自制。毛线针可用作水轮机的转轴。将木片钉在软木塞上，作为水轮机的叶片。为了防止叶轮向两边滑动，在毛线针上胶合2颗珠子。



### S 3.6 蒸汽机



给蒸汽机锅炉中的水加热，直到它沸腾为止。由于水蒸汽无法从出口处逃离，其压强会升高。水蒸汽通过一根管子到达机器。你从上图中可以看出它的工作原理。蒸汽反复地推动活塞从右向左运动。推杆保证蒸汽始终向正确的方向压活塞。当新的蒸汽在高压下从左边推活塞时，在右边的蒸汽就会流出，反之也是。活塞的运动通过杆子传递到曲轴。推杆由曲轴带动。



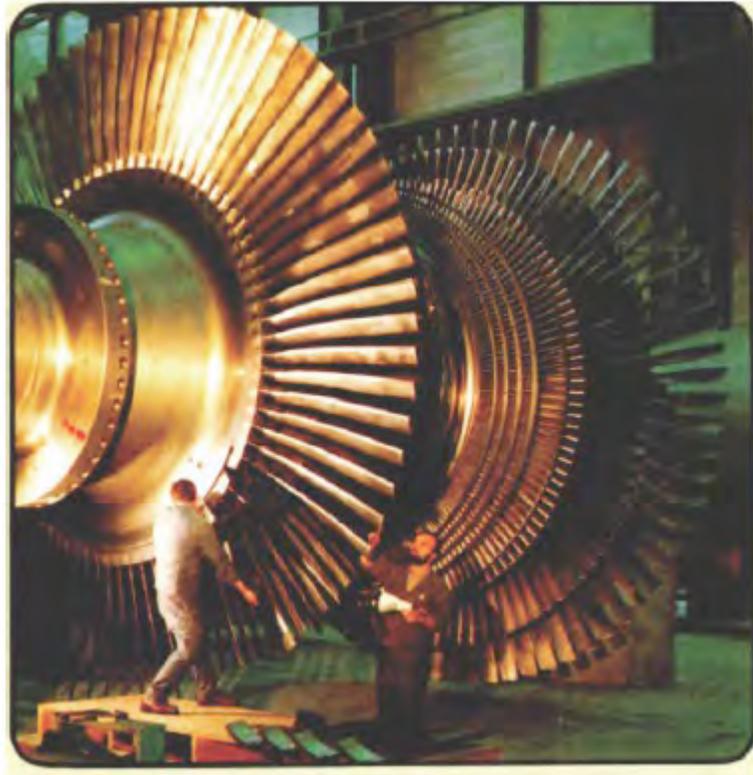
### S 3.7 自制用压缩空气传输能量的装置

自行车打气筒能产生压缩空气，给空气装载能量。压缩空气（而不是水蒸汽）流入蒸汽机。蒸汽机从压缩空气中卸下能量。



### S 3.8 蒸汽轮机

在现代蒸汽发电厂中，蒸汽轮机用来驱动发电机。蒸汽轮机的工作原理跟水轮机的相同。蒸汽通过喷嘴高速流向叶轮。下图表示在大型核电厂中正在装配的蒸汽轮机。



下图是可以自制的简易蒸汽轮机。叶轮是用厚铝片做的。把它放在水壶蒸汽喷口上方时，它会绕一根导线转动。



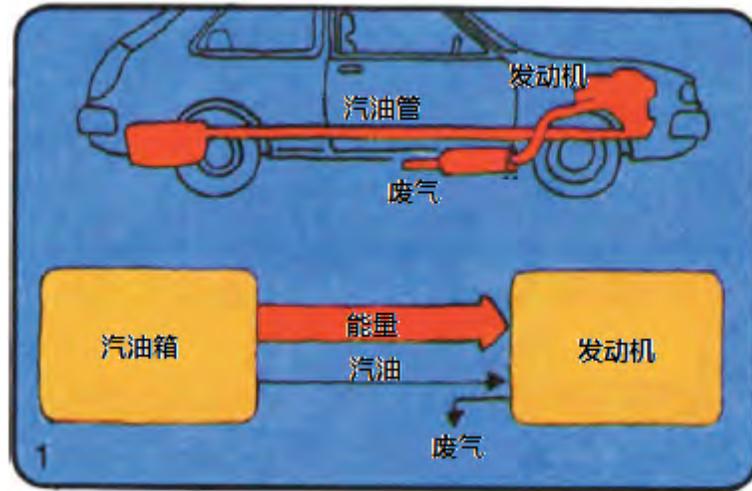
### S 3.9 电吹风

电吹风以两种方法将能量装载到空气上：首先，用电扇让空气快速运动；然后，用电热丝给空气加热。



#### 4. 不可回收的能量携带者和可回收的能量携带者

汽车行驶时需要汽油。汽油将能量携带到发动机。在发动机内，它把能量释放出来，自己转化成了**废气**。这些废气通过管子离开发动机（图1）。这就是说，留在能量携带者中的那部分能量被“抛弃”了。



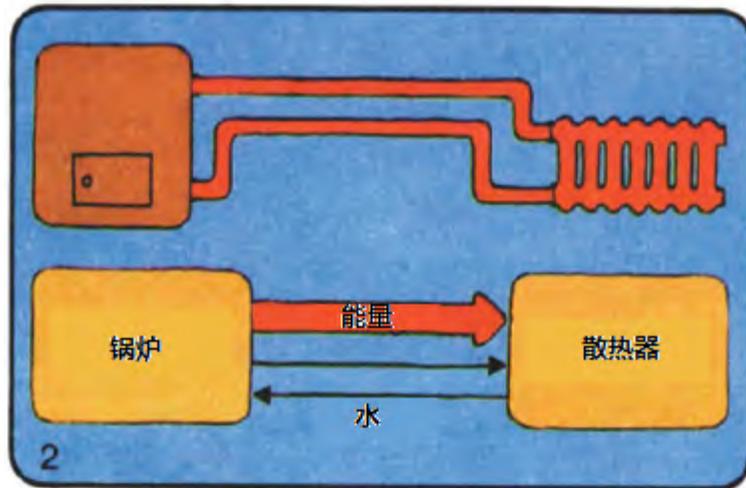
汽油是不可回收的能量携带者。

这样，“空载的能量携带者”象空的矿泉水瓶一样被扔掉了。这样的瓶子叫不可回收的瓶子。我们把卸下能量后被扔掉的能量携带者叫作**不可回收的能量携带者**。

有一种可再利用的空瓶叫作可回收的瓶子。当瓶子中的水用完后，它们就被运送到供应商。供应商再重新把矿泉水装入瓶子内。也有一种可再利用的能量携带者。在能量接收器中卸下能量后，它们被送回到能源。中央供暖系统就是这样的例子。在散热器中，水把能量释放掉（图2）。然而，这水没有被扔掉，而被泵回到锅炉。在锅炉中，再把能量装载到水中。我们把这样的能量携带者叫作**可回收的能量携带者**。

以后，我们将不可回收的能量携带者和可回收的能量量携带者标在能流图中。如果“空”能量携带者返回到能源，我们就画上另一个箭头；这个箭头从从能量接

收器指向能源（图2）。如果能量携带者被扔掉了，我们就用一个弯曲的向下的箭头来表示（图1）。



在中央供暖系统中的水是可回收的能量携带者。

通常，我们很容易识别能量携带者是可回收的还是不可回收的，即使我们不确切地知道能量携带者的实际情况。如果在能源和能量接收器之间只有一个连接（图3），我们就知道这里的能量携带者是不可回收的。



输油管

如果有两个连接（图4），则在其中一个连接中能量携带者装载了能量，在另一个连接中能量携带者从能量接收器流回到了能源。在这种情况下，能量携带者是可回收的。这种可回收的能量携带者总在一个闭合回路中流动。



小区供暖系统中的管道

**小结：**不可回收的能量携带者在能量接收器卸下能量后被扔掉了。不可回收的能量携带者又回到能源，并在那里再装载能量。

### 练习

1. 煤炉的空能量携带者的出口在哪里？煤是可回收的还是不可回收的能量携带者？
2. 从压缩器流到气锤的压缩空气是可回收的还是不可回收的能量携带者？如何在3.5节中的图中识别这一点？
3. 下列能量携带中，哪些是可回收的，哪些是不可回收的？
  - (a) 热气供暖系统中的空气；
  - (b) 挖掘机中的液压油；
  - (c) 水力发电厂中的水；

(d) 传动皮带。

4. 在中央供暖系统中，如果水是不可回收的能量携带者，这样的供暖系统是怎样的？为什么没有这样的供暖系统？

5. 如何使气锤中的空气成为可回收的能量携带者？为什么这样的气锤做不成？

6. 画出下列“能源-能量携带者”系统的能流图：

(a) 油箱-油炉

(b) 压缩空气-气锤

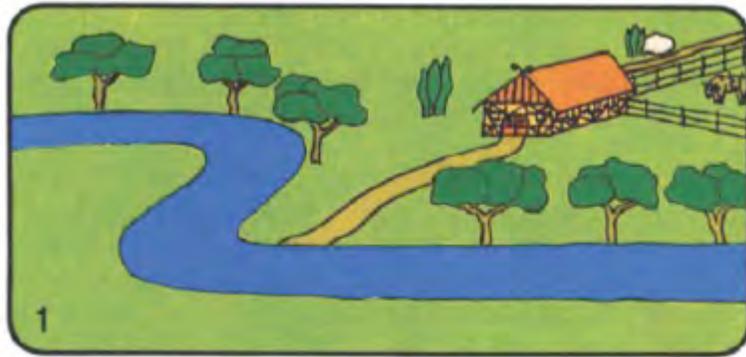
(c) 液压泵-液压马达

(d) 电动机-圆锯

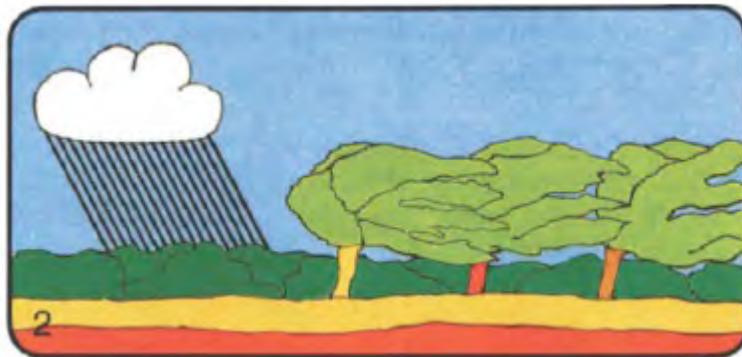
## 5. 能量携带者电

### 5.1 什么是流？

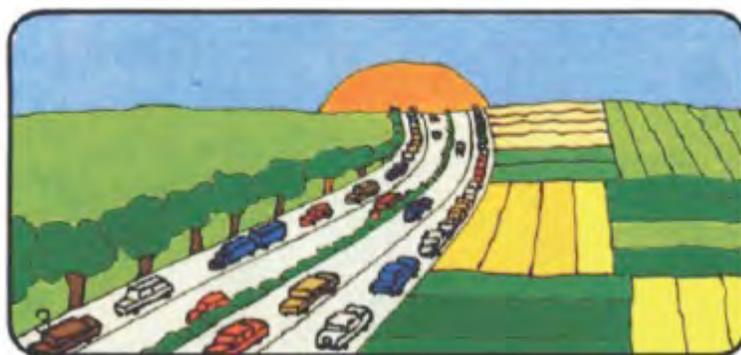
当某个物体在流动时，我们必定要涉及流的概念。水在河中流（图1）。因此，河流就是水流。风是空气流（图2）。汽车在高速公路上形成“车流”（图3）。放学后，学生从校门口出来时，他们形成了人流。在静脉中，流动着血流；在油管中流动着油流。



水流



空气流



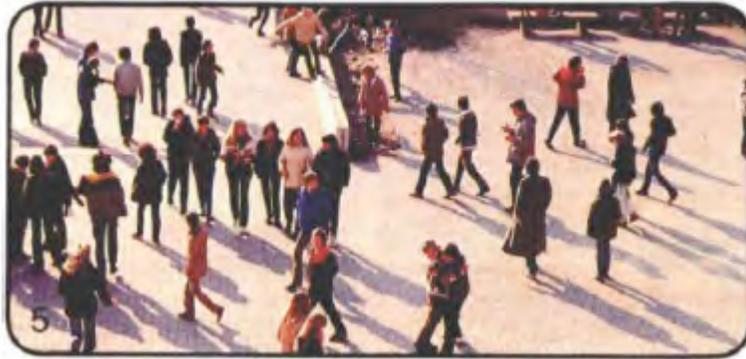
车流

你有否注意到，要形成流需要哪些条件？你需要大量物体（如汽车、人）或物质（如水）。只要这些物体或物质不运动，它们就不会形成流。在池塘中的水几乎不流动，正象停车场中的车几乎不流动一样，也正象教室中的学生几乎不流动一样（图4）。



没有流

为了形成流，运动是必须的。但光有运动还不够。如果所有物体都绕来绕去地运动，就不会形成流。在校园中漫步的学生不形成流（图5）。



没有流

运动的物体或运动的一部分物质必须沿同一路径运动，才会形成流。例如，水在河中流动，车在高速公路行驶，学生在跑步（图6）。



人流

物理学中会涉及到各种各样的流。其中之一是能流。你已经知道，能量从能源流到能量接收器。你也知道，任何能流都需要有一个能量携带者的流。

在汽车中的油箱和发动机之间，能流与油流一起流动。在锅炉和散热器之间，能流与水流一起流动。在发电厂和电灯之间，能流与电流一起流动。

我们不能将电流简称为流。这是因为，有许多不同的流。因此，我们需要在“流”前面加个修饰词，来区分不同的流。

**小结：**当许多物体沿着同一路径运动时，他们就形成了流。同样，物质的流动也形成流。

### 练习

1. 请举出几个流的例子。
2. 为什么课间在校园里玩的学生没有形成流？他们要怎么做才能形成流？
3. 能量从不单独流动，总是与.....请完成这个句子。

## 5.2 电源和用电器

查看一下家里的能量接收器，你会发现，多数装置是用电来接收能量的。电灯、洗衣机、旋转式脱水机、电熨斗、真空吸尘器、电冰箱、电视机等其他许多用电器都是通过电缆获得能量的。电线告诉我们，这里的能量携带者是电。

这些装置的能量来自插座。插座通过电缆与发电机相连。因此，它们的能源是发电机。

有些用电器（即能量携带者是电的能量接收器）并不需要与插座相连。这些用电器包括智能手机、电子手表或计算器。它们内部有电池这种能源（图7）。电池与发电厂相比的优点是可以随身携带。它们的缺点是它们的电会用完。当它们的电用完时，它们就没有什么用处了，你就会把它们扔掉。



一次性电池和充电电池

另一种可移动的电源是充电电池。每辆汽车中有这种电池。它为启动器提供能量。充电意味着给它输入能量。

与手电筒中的电池相比，汽车中的电池比较大而重。因此，这种电池能储存更多的能量。从充满电的汽车电池中可获得约2000kJ的能量，相当于一块巧克力的能量。从手电筒的电池中我们只能获取10kJ的能量。

通过电缆，能量从能源流到用电器。观察一下与电缆相连的插头。它有两个销。电缆也有两根电线组成。这两根电线分别与插头的两个销相连。电通过电线流动。在其中一根电线中，电与能量一起从能源流到用电器。在另一根电线中，电空着（没有携带能量）回到电源。因此，电是可回收的能量携带者。

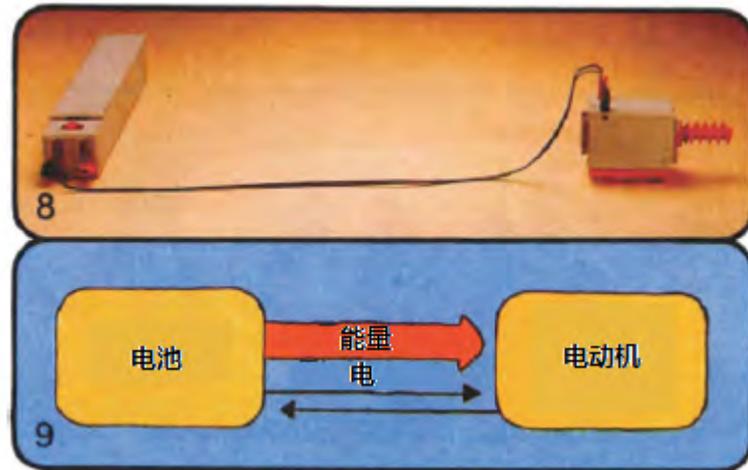


图8中有一台玩具电动机。它通过与左边的电池盒相连的电缆获得能量。你会清楚地看到这里有两根电线。图9是图8的能流图。通常，一根电缆中甚至有三根电线。这第三根电线是用于什么的？你将在补充材料S 5.4中知道这个问题的答案。

**小结：**发电厂、一次性电池和充电电池都是能源。所有用电器都是能量接收器。其能量是由电携带的。电是可回收的能量携带者。

补充材料：S 5.1

### 练习

1. 给出几个用电携带能量的能源和能量接收器的名称。
2. 给出几个从电池中获取能量的装置的名称。
3. 为什么汽车需要电池？
4. 当你给电池充电时，你给它充入了什么？
5. 比较一下发电厂和电池这两个能源。它们各有哪些优点和缺点？
6. 煤气炉从哪个能源获取能量？打火机从哪个能源获取能量？这些能源各有

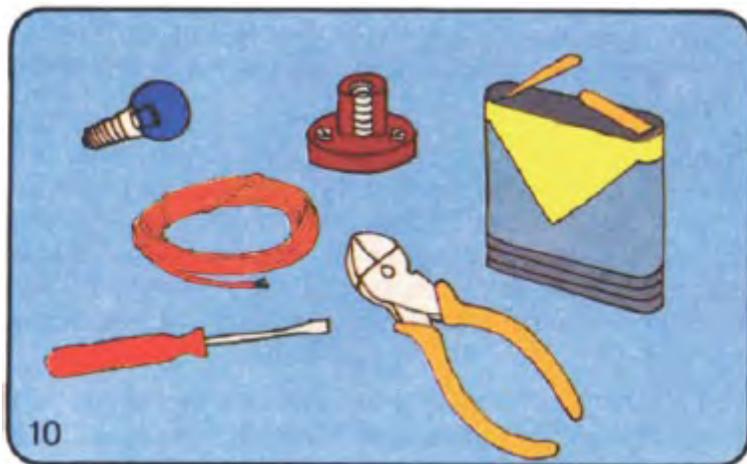
哪些优点和缺点？（与练习5比较。）

7. 有些用电器既可以从电池中获取能量，也可以从电源线中获取能量。这种用电器有何优点？

## 5.3 电路

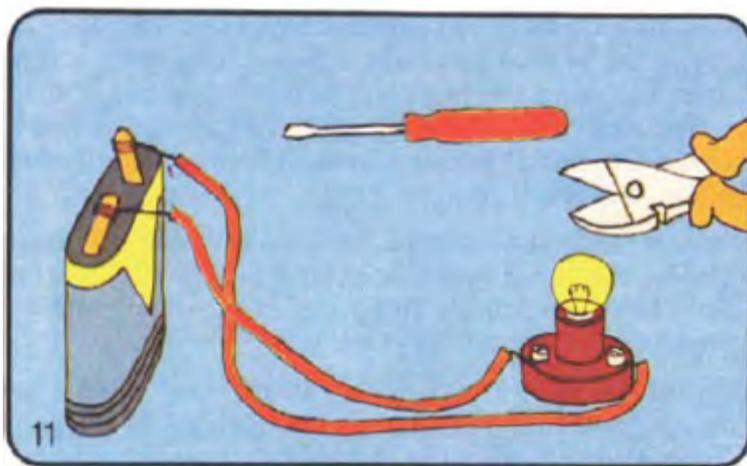
这个标题也可换成：“怎样连接电灯和电池？”

要回答这个问题，你可以自己来动手操作。你可以去拿来如图10所示的器材，亲自来做。如果你做成功了，这节后面的内容对你来说就不是什么新的内容了。



每个电源都有两个“接线头”。在图中，电池顶部的两片金属片就是用来接线的。它们分别叫作正极和负极。

用电器也有两个接线头。其中一个是灯泡的螺口，另一个是其底部的金属头。通常，你将灯泡旋拧到插座中。在图10中，你可看到插座的两个接线头。铜线是电的导体，其外面包有一层塑料。



为了连接电源和用电器，你要按图11的步骤来做：将一根电线的两端的塑料刮掉，让里面的铜线裸露出来。将电线的一端与电源的一个接线头相连，另一端与用电器的一个接线头相连。你必须确认电线的铜有否与接线头的金属充分接触。你只要将裸露部分的导线在接线头上绕一两圈就行了。

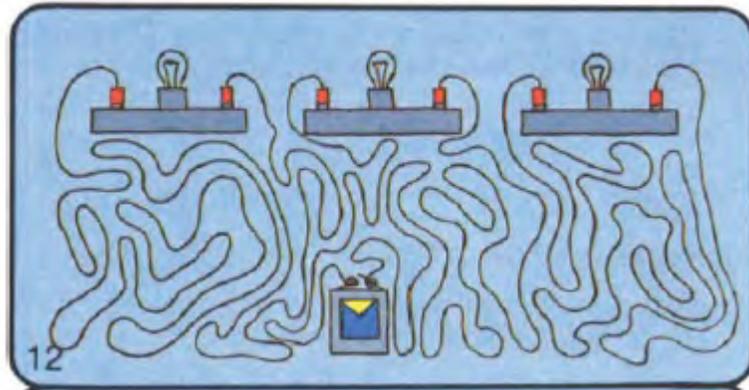
这样，电灯仍不会亮。现在，用同样的方法将电源的第二个接线头和用电器的第二个接线头连接起来。如果一切都按要求做了，电灯就会亮。

你是否感到奇怪，你需要两根电线才能使电灯发亮？你知道，电是可回收的能量携带者。跟其他可回收的能量携带者一样，电也在一个闭合回路中流动。这样，你就完成了电路的连接。

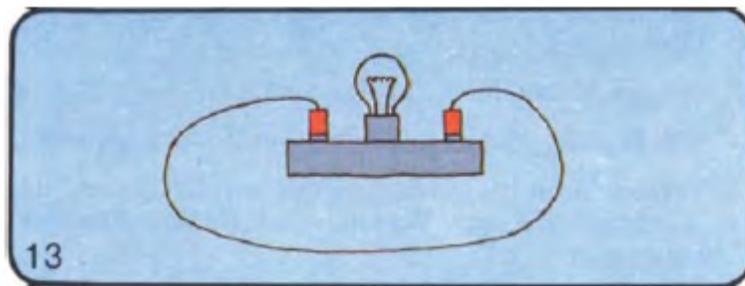
**小结：**为了建立一个电路，必须用铜线把电源的两个接线头与用电器的两个接线头连接起来。

### 练习

1. 在图12的3个灯泡中哪个会亮？



2. 在图13中，电能够在闭合回路中流动。这灯泡会亮吗？

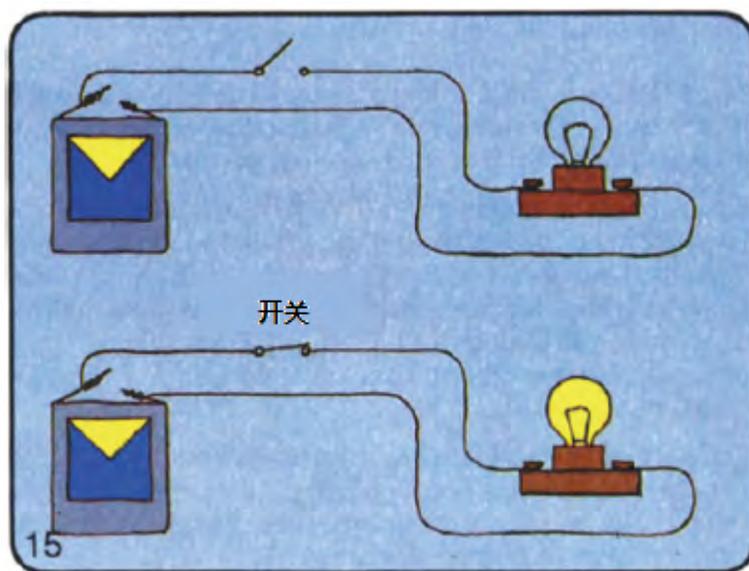


3. 在图14中，电源的两个接线头与用电器的两个接线头相连。这个电灯会亮吗？



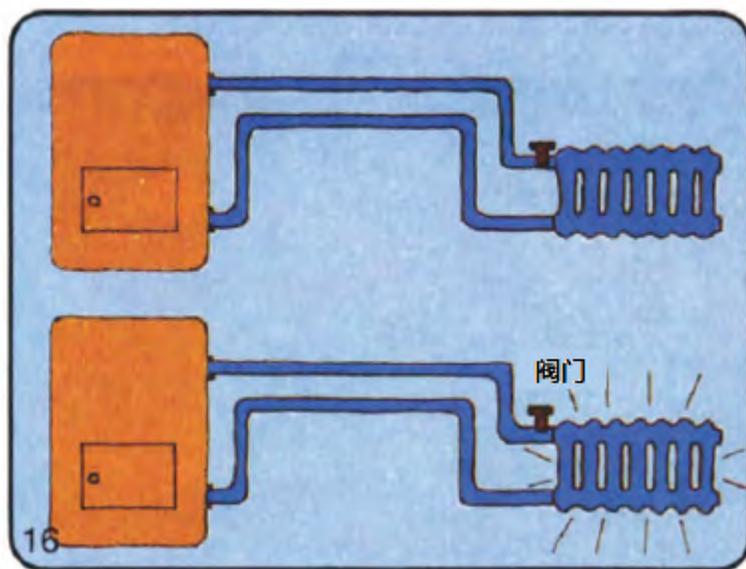
## 5.4 开关和阀门

我们想让电灯有时亮有时不亮。为此，我们必须在电路中接入一个开关（图15）。开关被用来在某处切断电路。这样，电在电路的任何地方都不可能流动。无论开关安装在电路中的哪个位置，这都没有问题。你可把它安装在电从电源流向用电器的那根线中，也可把它安装在电从用电器流向电源的那根线中，也可安装在电线的始端或末端。



电路中的开关

在水路中也有同样的情况，例如，在中央供暖系统中的水路中就有这样的情况（图16）。“阀门”可以被安装在水路中的任何位置。将阀门关闭后，水在水路的任何地方都不可能流动了。



水路中的阀门

**小结：**开关可以被安装在电路中的任何地方。

补充材料：S 5.2

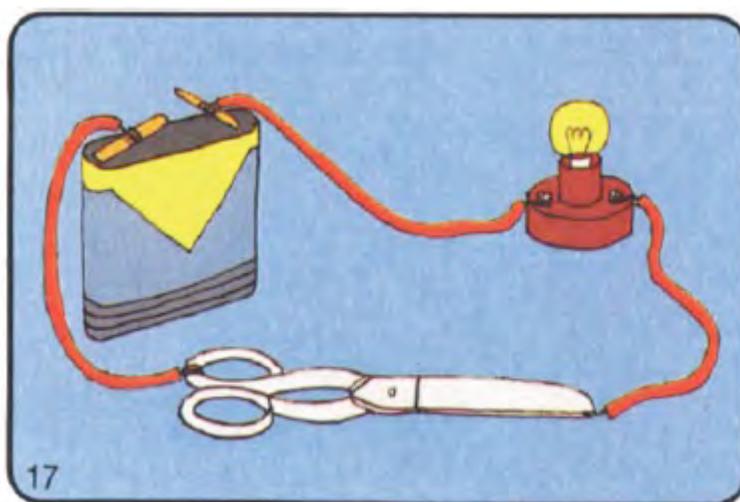
### 练习

1. 不仅电流和水流需要开关或阀门来控制，车流也需要进行开和关的控制。  
你知道这个开关在哪里吗？
2. 将一个废弃了的开关拆开来看一下。说说它的工作原理。
3. 开关和电铃按钮有什么区别？

## 5.5 什么物质会导电？

电只能在铜线中流动吗？它是否也能在其他物质中流动？用你自己做好的电路，你就可以来回答这个问题。

在电路中的任何一处剪断电线。把两个线头理出来，让一个物体的两个不同点接在这两个线头上（图17）。如果电灯会亮，说明电能通过这个物体。这时，我们就说，这个物体能导电。用这个实验可以检验其他许多不同的物体是否会导电。



这把剪刀会导电。

一个物体是否会导电，取决于它所制作的材料。我们已经知道，铜会导电。其他所有金属也是导体。

你肯定已经注意到了，塑料不会导电。现在你知道了，为什么你必须将电线两端的塑料刮掉。

**小结：**金属会导电。

补充材料：S 5.3

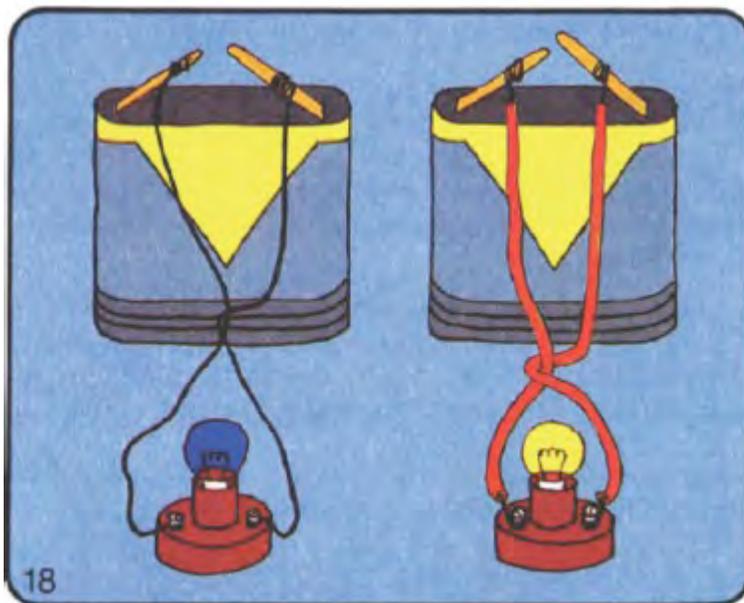
**练习**

1. 一个物体能否导电取决于什么？
2. 铅笔会导电吗？同时检验一下铅笔芯。
3. 给出几个会导电的物质和不会导电的物质的名称。

## 5.6 短路

用于传递电的电线外面包有一层绝缘塑料。为什么要绝缘？

用裸露的铜线连接电灯和电池。如果一根电线与另一根电线接触，电灯就不亮了（图18左）。你一定是把电路**短路**了。如果电线是绝缘的，就不会发生短路（图18右）。



在短路时，电不再流到灯泡了，而只从电池流到两根电线相互接触的那一点，然后再从这一点流回电池。你会发现，即使电灯不亮，电流也在流。事实上，短路时电池和导线会发热。

短路时电路中的电流甚至比以前电灯亮时更大。因此，电池会比以前消耗更多的能量，并会马上消耗完。然而，这消耗的能量并不流向电灯，而由电卸载在电线和电池中。这就导致电线和电池发热。

如果电源不是电池，而是发电厂，短路是很危险的（如果没有保险丝的话）。

如果没有保险丝，短路会引起大量电在导线中流动。这导线会发热，甚至发光，引起火灾。当电流很大时，保险丝（图19）会切断电路。



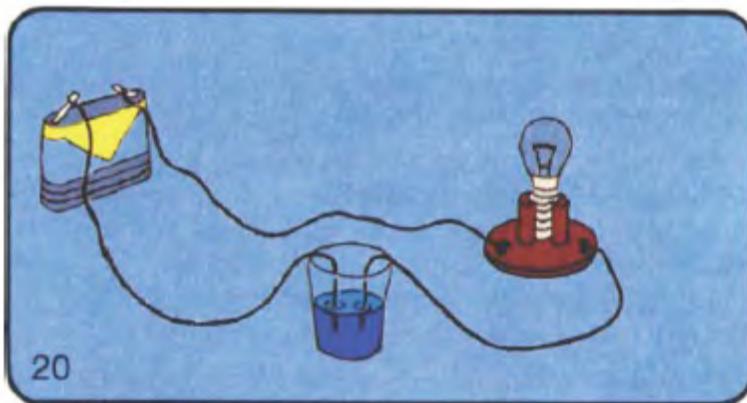
小结：在短路时，很多电会通过电源和短路点之间的导线中流动。这就会导致大量能量消耗掉。这能量卸载在导线上。

### 练习

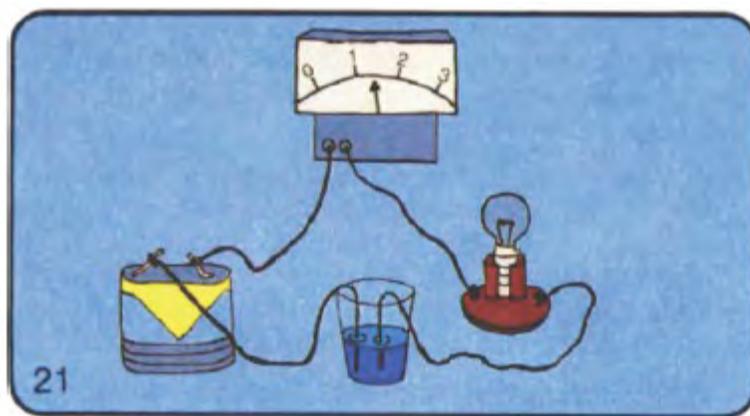
1. 当电路中有一处短路时，电流的路径是怎样的？
2. 为什么短路是危险的？

## 5.7 水会导电吗？

从图20中你能发现一个现象：电灯不会亮。因此，水似乎不导电。如果你将少量（大约一茶匙的量）盐溶解在水中，电灯就开始微弱地发光了。因此，盐水会导电。



以后你会知道，有一种仪器能显示很小的电流，这种仪器叫安培表。用这个仪器可以证明自来水也能一定程度地导电（图21）。



**小结：**自来水也能一定程度地导电。盐水能较好地导电。

### 练习

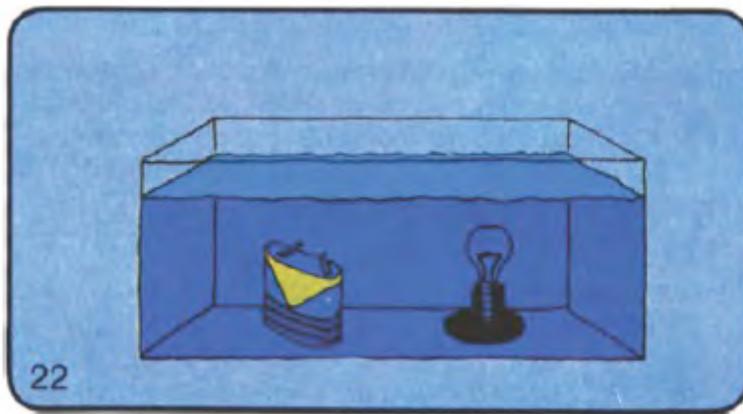
1. 在一个水箱中放有一个小灯泡和电池（图22）。

在水箱中灌满盐水时，灯会亮吗？

在水箱中灌满自来水时，灯会亮吗？

用导线把在水中的灯泡和电池连接起来，灯会亮吗？

2. 空气会导电吗？证明你的结论。



## 5.8 电是危险的

我们每个人的生活都需要能量。象其他能量接收器一样，我们不能随使用任何一种能量携带者来获取能量。我们获取能量时必须用特定的能量携带者：食物。如果能量携带者用错了，我们就会感到不舒服，甚至有危险。

在图23中，不同的人用不同的携带者在获取能量。哪种情况会使人感到不舒服？哪种情况有危险？

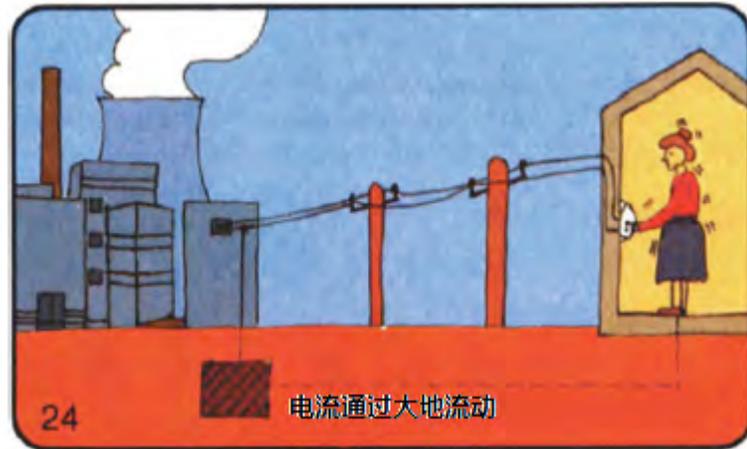


如果人用电来获取能量，这是特别危险的。这样，人会受到电击。不幸的是，这种能量获取方法在以下情况中会发生：

- 如果你同时与插座的两个接头相连，你就象一个用电器一样接到了电源两端。你会被触死。如果你的手是湿的，这特别危险。这时，电流更容易流过你的人体。

- 插座中有两个极，其中一个极通过大地与发电厂相连。如果你与另一个极接触，同时又与大地相连（即如果你不穿木鞋或橡胶鞋），电路是闭合的（图24）。你会受到电击。因此，只与插座的一个接头接触也是危险的，尽管只接触

其中一个接头时才是危险的。但是你不能从插座中看出哪个接线头是接地的。



即使只接触插座的一个接头也不行！

如果你所接触的用电器是湿的，电流能通过用电器中的水从电源的一个极流到你的手，然后通过你的身体流到大地，再流回到发电厂（图25）。



如果你接触的是手电筒电池或汽车电池，你获取的能量是很少的。操作这些电源时，不会有危险。

**小结：**千万不要去接触插座的电极！如果你的手是湿的，或你站在潮湿的地板上，不要使用电器设备。

补充材料： S 5.4

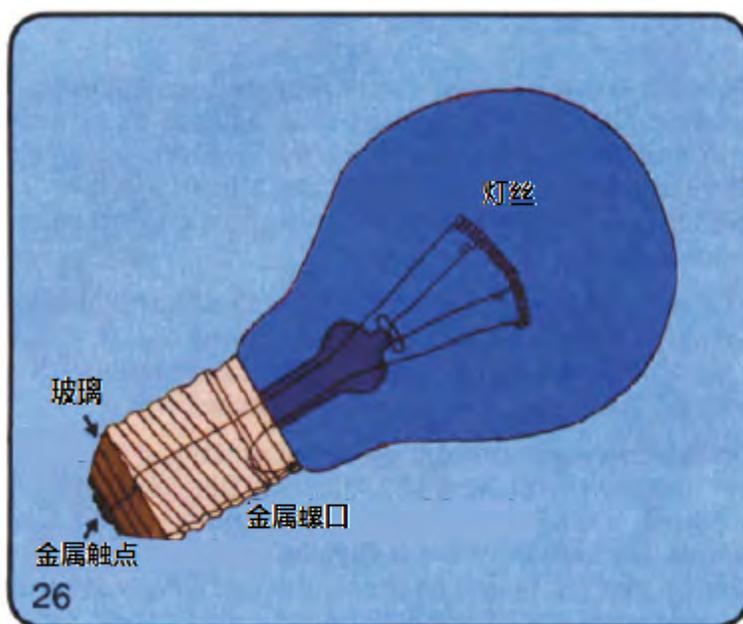
### 练习

1. 在什么情况下你会受到电击？
2. 为什么站在高压线上的鸟不会受到电击？

## 5.9 电灯和电熨斗

我们来做S 5.5中所描述的实验。一根细导线有电流流过，正在变热。电流在它上面卸下能量。

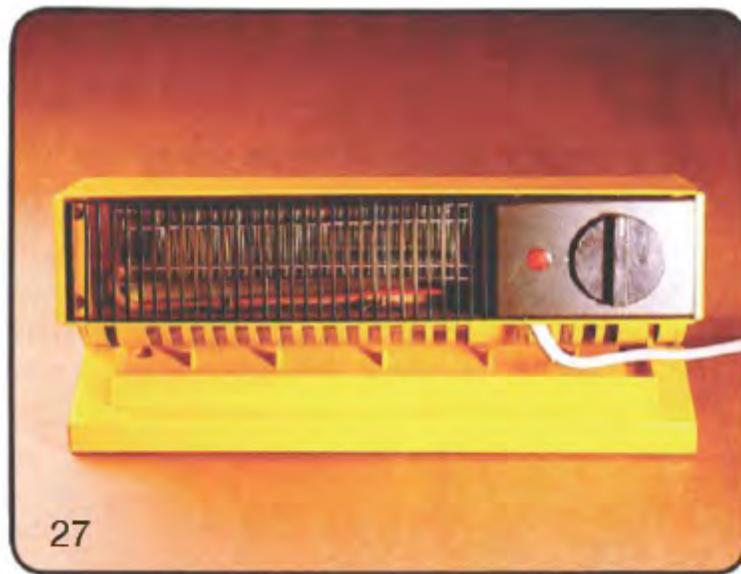
图26是一个灯泡的示意图。在它的底部画出的是其截面，这样你可看出电流的路径。灯丝很细，并且是螺旋状的。如果有电流流过它，它就会发热，导致发光。



电熨斗的工作原理跟电灯的一样：电通过细的导线，能量就释放出来了。在电熨斗中的电热丝比较长，也没有象灯丝那么细。这就是它不那么热和不发光的原因。

在很多用电器中有电热丝：电炉、风扇式空气加热器、电饭煲、浸入式电热器、咖啡机、电吹风、烤箱、热水器、洗衣机、乾衣机.....

在有些装置中你能看到其中的电热丝（图27）。



在风扇式加热器中的电热丝

**小结：**当电流通过线导线时，导线会发热。电流将能量释放在导线上。

补充材料： S 5.5

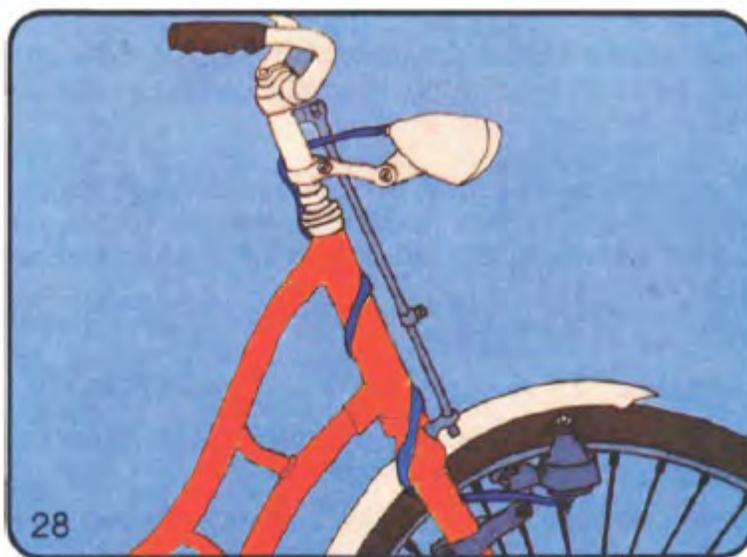
### 练习

1. 请描述电灯中的电流路径。
2. 在家用电器中找出电热丝的位置。

## 5.10 自行车灯

自行车灯的能量是发电机。发电机是由自行车的其中一个轮子驱动的。

考察一下你的自行车发电机与电灯是怎样连接的。你会发现，这里没有两根电线，而只有一根电线（图28）。这看上去好象电是不可回收的能量携带者。但这是不可能的。

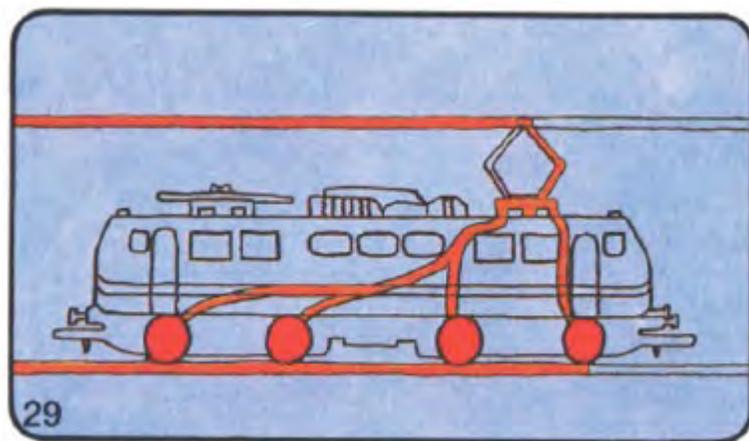


这里的电是不可回收的能量携带者？这不可能。

为了寻找第二个连接，我们将电灯安装在支架上，不松动它与发电机之间的连线。如果现在驱动发电机，这电灯不会亮。只有当灯壳与支架接触时，灯才会亮。因此，灯壳和车架构成了要寻找的第二个连接。图28画出了电流的路径。

在汽车中也同样。对于汽车中的每个用电器（包括头灯、尾灯、刮水器电动机等），连接的只有一根绝缘电线。第二根线是汽车的底座和车身。

甚至在有轨电车和电力机车中，人们也节省了两根中的其中一根线。一根线是在车上方的线，第二根线是铁轨（图29）。



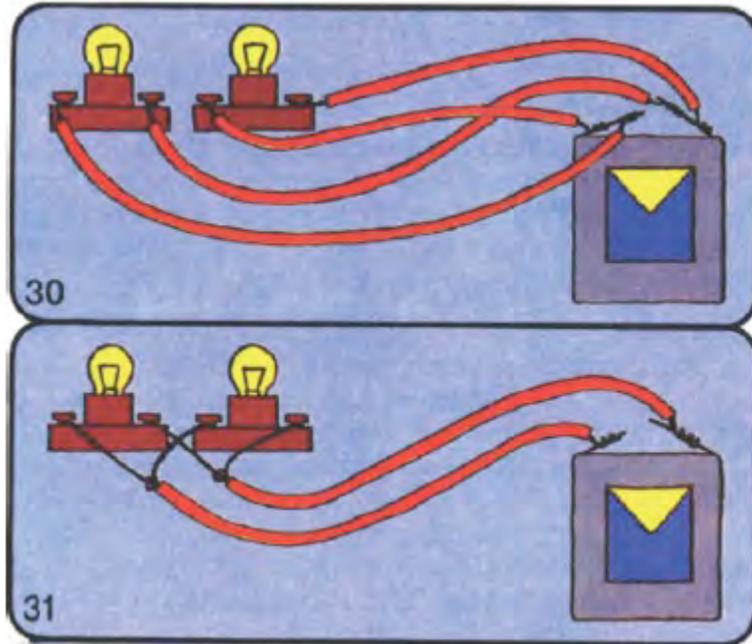
**小结：**连接自行车灯的两根导线中的其中一根是自行车的车架。连接电力机车的两根导线中的其中一根是铁轨。

### 练习

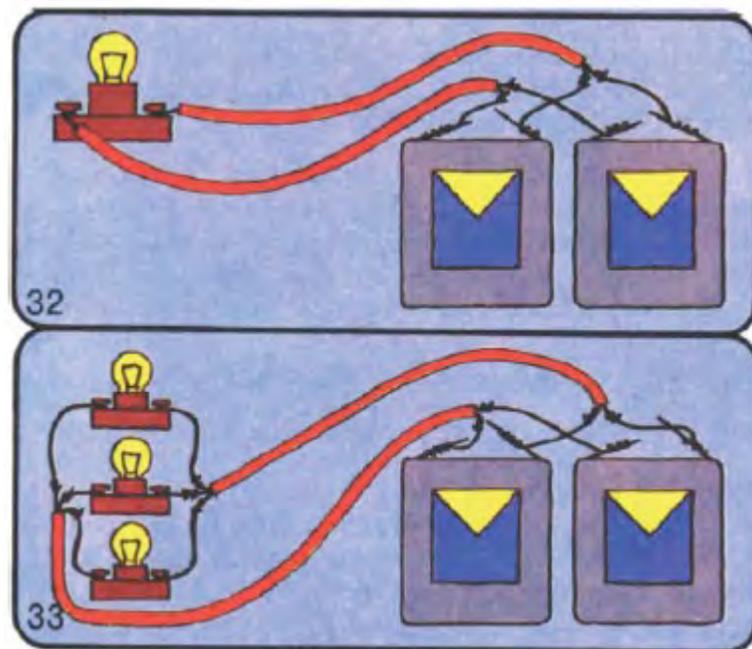
1. 为什么自行车发电机和电灯之间只用一根线连接？
2. 请给出电源和用电器之间只有一根电线的其他例子。它们的第二根导线在哪里？

## 5.11 电网

把两个电灯连到一个电池上。图30给出了一种连接方法。但这种方法会浪费电线。在图31中，你会发现有一部分电线（即电池和分叉处之间的那部分电线）被两个电灯共享了。



我们可以将几个用电器接到一个电源上，同样也可以将一个用电器接到几个电源上（图32）。用这种方法连接的电池，电不会很快用完。



当然，你也可以将多个用电器连接到多个电源上（图33）。电网的原理与图33的结构是相同的。全国的所有发电厂用电缆连接到家家户户的用电器上。请思考一下，这种电网的优点是什么？

### 练习

1. 如果你想把三个用电器连接到电源上，但在墙壁上你只有一个插座。你可以先将一个三分插座连接到墙壁插座上，然后将三个用电器分别连接到这个三分插座上。这个三分插座的结构是怎样的？

2. 要将若干个散热器连接到中央供暖系统的锅炉，怎样布置管道？请画出示意图。

## 5.12 电不用付费

每户人家都有一支所谓的电度表（1.3节图9）。我们要定期读电度表，收到“电单”后必须付费。

我们是为发电厂提供给我们商品付费的。这是什么产品？

我们在为电而付费？发电厂向我们提供了电？提供商品意味着向我们卖商品。我们买了商品后就持有了它。然而，你知道，我们并没有持有电。我们只是从电中卸载了能量，并让电又回到了发电厂。（电是可回收的能量携带者。）我们所持有的不是电，而是能量。我们是为能量而付费的。

**小结：**“电度表”计量发电厂向我们提供的能量。

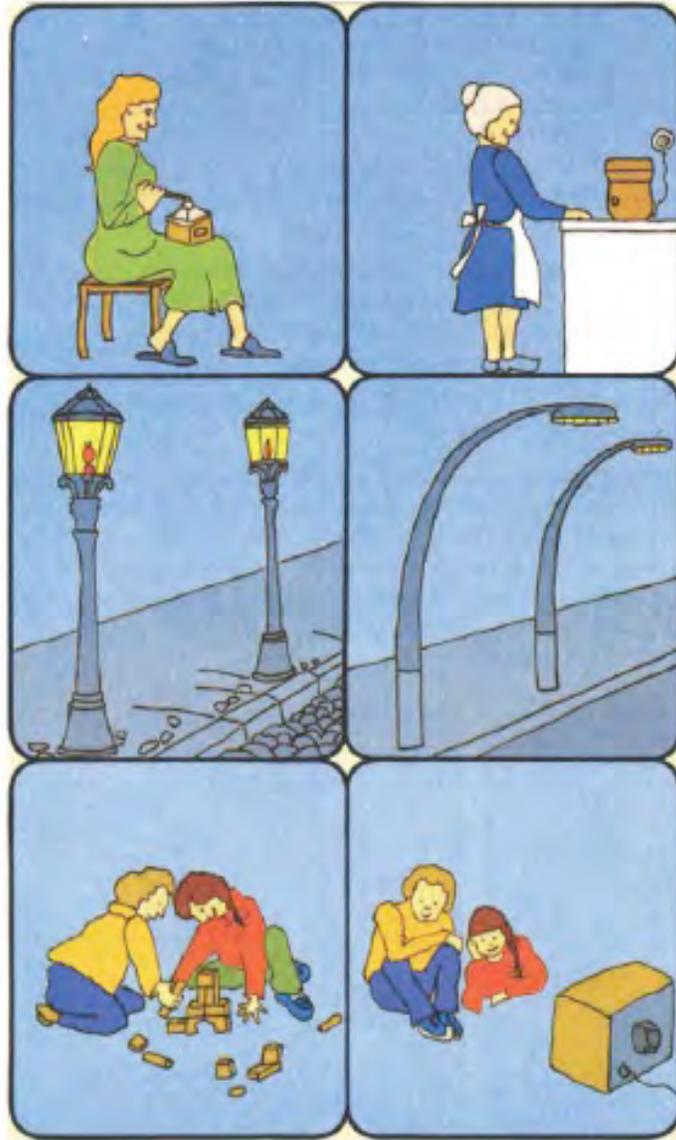
### 练习

1. 仔细观察你家里的“电度表”。你怎么告诉大家你家里消费了大量能量？
2. 你如何确定你家里在一个月内消费了多少能量？

## 第5章补充材料

### S 5.1 能量携带者电的优缺点

能量携带者电的应用给人们带来了不少方便。



过去，人们为完成许多工作而需要为自己提供能量：洗衣、磨咖啡、切面包、扫地、缝纫。今天，人们利用带有电动机的装置来完成这些工作。电动机用电获取能量。

过去，在其他用途中，所用的能量携带者比电更不实用。例如，蜡烛、煤油灯和后来的煤气灯用于照明。相应的能量携带者是蜡、煤油和煤气。这些光源的缺点是明显的。在工厂，当时能量是用传动皮带输送到机器的。传送皮带要占用大量空间，还会磨损，并且控制机器的开和关也很复杂。

今天，我们也要使用很多能量携带者只能是电的装置。这种装置包括：收音机、电视机。

另外，电源是环境很友好的能源。例如，比较电割草机和汽油割草机，汽油割草机有噪声和废气（=空能量携带者）；电割草机无噪声和无废气，其中的空能量携带者流回到发电厂。

然而，电不仅仅只有优点。

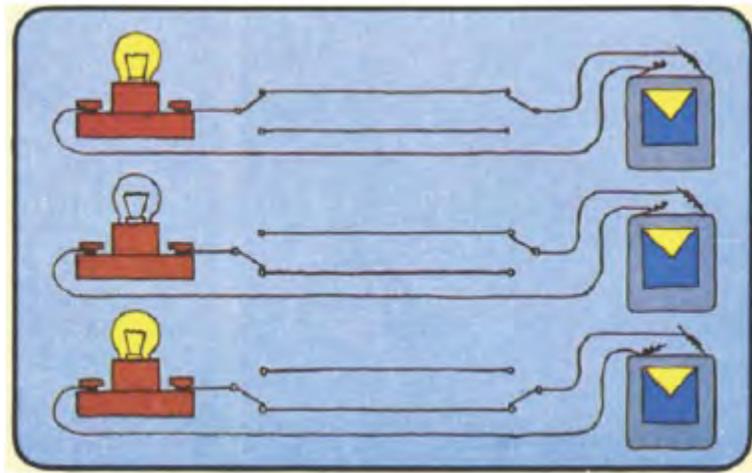
能量一旦在发电厂中转载到电上，它就很难（和很贵）储存，必须立即用掉。换句话说，发电厂只释放当下所需的那部分能量。在不需要能量时，发电厂就不能缺货运行；有些发电厂不得不关闭，空闲着。

它的另一个缺点是，从煤、油或铀将能量转载到电上时，有 $2/3$ 的能量浪费掉。另外，在从发电厂传输到用电器的过程中，也有能量损失。

用电器是环境友好型的，这也说对了一半。这是因为，废气和其他污染物只不过产生在别的地方，即产生在发电厂。

## S 5.2 转换开关

你经常会要求在不同地点能同时控制一个电灯。用一般的开关是无法做到这一点的。你需要转换开关。下图是相应的电路。



### S 5.3 电可以储存

当水通过管子时，就形成水流。然而，在水桶中的水并不形成水流，而是不动的水。

当电在电线中流动时，就形成电流。电可以象水储存在桶里一样被收集到容器中储存起来吗？

事实上，这是可能的。储存电的容器可以是简单的金属体，如金属球。这金属球并不需要象水桶那样是空的，因为电储存在金属中，而不是储存在其空腔中。这球必须装有不会导电的手柄。否则，电会从手柄流出。

为了让金属球带电，我们需要将它与电池的一个极相连。然而，用这个方法只能让一点点电流到球上。你可以用范德格拉夫起电机来给球充上更多的电。



如果将球与范德格拉夫起电机短暂地接触一下，电就会流到球上（见左图）。

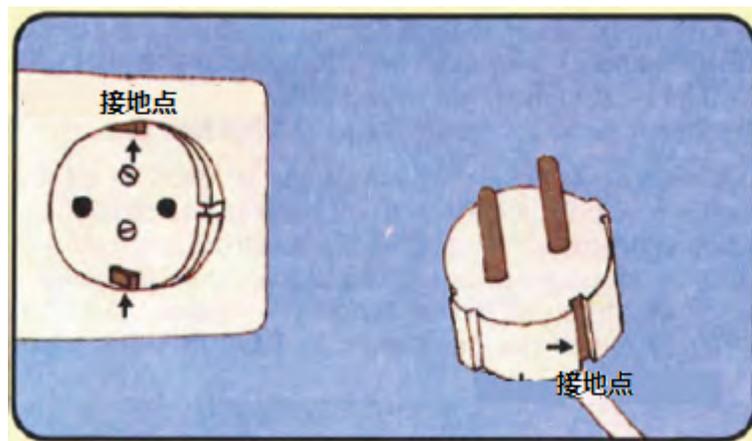
现在，你可将储存在球上的电带到别的地方去了（见中间的图）。为了证明电确实仍储存在球上，你只要将它与辉光灯接触一下。电会通过辉光灯流向大地。辉光灯会短暂地发一下光（见右图）。

你也可以用你的手指接触这个球。如果你感到有轻微的电击（不会有伤害），你就可确定球确实带了电。

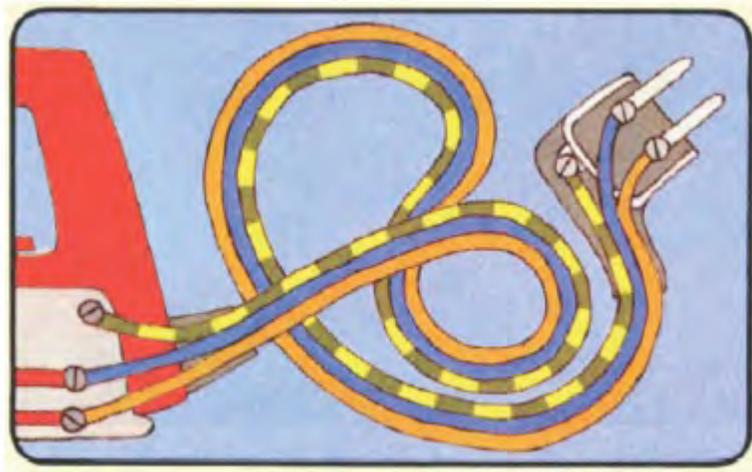
因此，这个球象水桶能储存水一样，也能储存电。

如果你在某种类型的地毯上来回走一段较长的时间，你也能收集到电，会“带上电”。如果你这时去接触一下别的物体，如门的把手，你会感到电击。电流通过你的手流到门的把手，再从门的把手流到大地。

#### S 5.4 地线



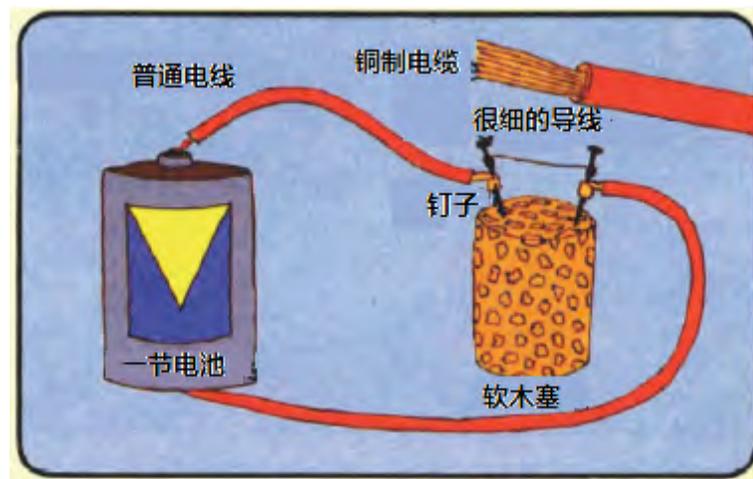
插座中的两个孔是用来连接两根电线的（一去一回）。另外，在插座的出口处有第三个连接点：接地点。（插座中有两个金属支架。它们在插座内部是互相连接的。因此，它们只形成一个接地点。）插座的接地点通过电线与大地相连。许多电器设备有一根含有三根电线的电缆和含有两个销和两个接地点的插头。其中第三根线就是接地线。这根接地线从插头的接地点一直连接到安装电器设备的房子。房子通过地线与大地相连。



如果电器设备的某个极意外地与房子相连，电就会通过接地线流向大地，你就不会受到电击了。

### S 5.5 电流会导致电线发光

如图所示，如果将一节电池的两极用一根短而细的电线相连，这电线会发光。

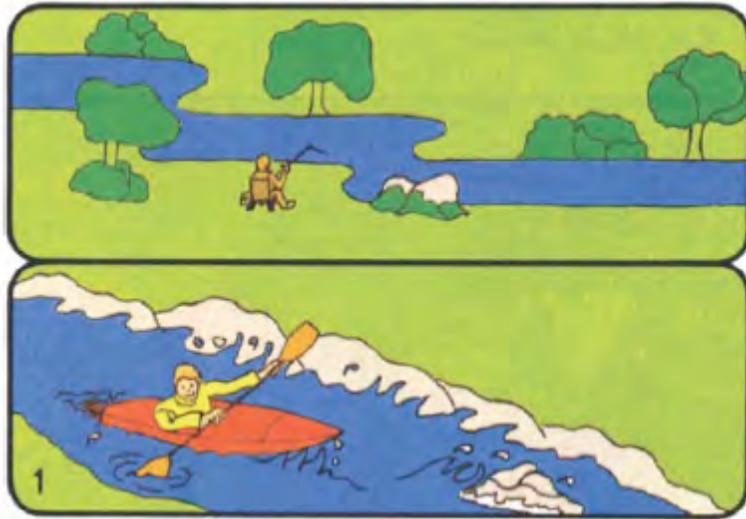


你把一根铜制电缆剥开，就能抽出一根很细的导线。每根电缆的内芯都有很多细铜丝组成。（这种电缆与一根粗导线相比的优点是更有弹性。）

## 6. 能流和能量携带者

### 6.1 流的强度

人们总是想比较两个流，如两个水流。因此，有人会问，“这两个流哪个宽？”或“这两个流哪个快？”在图1中，上面的水流比下面的宽，但下面的水流比较快。通常，我们并不关心流的宽度，也不关心流的速度，而关心流的强度。



水流有不同的宽度和不同的速度。

水流强度表示在一秒内有多少升水流过。例如，在莱茵河中，每秒钟有1,500,000升水流过卡尔斯鲁厄。假如你将一块大的板横插在莱茵河中，你就得在这块板前每秒钟舀出1,500,000升水，才能使河中的水继续稳定地流动。我们说，莱茵河的水流强度是每秒1,500,000升，或1,500,000 l/s。

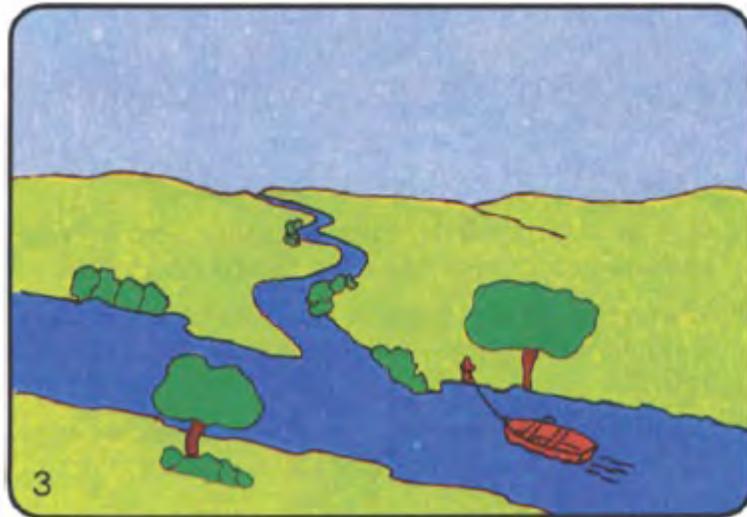
在高速公路一边的“车流”强度大约为每秒一辆。

人们经常会混淆流的强度和流速。在图2所示的河道中，水流强度处处相等。如果在左边河道的水流是每秒1000升，那么在中间窄的那部分河道的水流也是每秒1000升。瀑布的水流也是每秒1000升，这是因为在左边的树到瀑布之间既没有水的消失也没有水的加入。在狭窄处，流变窄了，变快了，但流的强度不变。



在河的每一截面，水流强度都相等。

在图3所示的河中，水流强度并不是处处相等的。假如在小河跟大河交汇处之前的水流强度为 $1000\text{ l/s}$ ，小河的水流强度为 $100\text{ l/s}$ ，那么在右边有小船的地方的水流强度一定为 $1100\text{ l/s}$ 。



交汇处之前的水流强度比交汇处之后的水流强度小。

“这水流的流强度大”是一句冗长的话。通常我们会这样简单地说：“这水流大”。当我们说“这流大”时，我们的意思是“这流的流强度大”。针对图2，我们可以这样说：“树旁的水流跟瀑布中的水流一样大。”

**小结：**水流强度表示每秒通过河道任一截面的水有多少升。车流的流强度表示每秒通过公路任何一处的汽车有多少辆。

### 练习

1. 两条河中的水流可以在哪里方面不同？
2. 如何表述a)水流强度，b)车流强度？
3. 将自来水龙头完全打开，测量其水流强度。
4. 为什么在图2的河道各处的水流强度都相等？
5. 给一只容量为120升的浴缸加满水需10分钟。流入这只浴缸的水流强度有多大？

## 6.2 能流

如果你忘记关掉电炉开关，或忘记关掉电灯开关，这会有多贵呢？当然，用电炉比较贵，因为它要消耗更多的能量。

电炉比电灯需要更多的能量？这句话有不正确的地方。如果电炉用了一个小时，而电灯用了一个月，电灯肯定需要更多的能量。一个用电器，用的时间越长，所需的能量就越多。如果你让电灯亮两个小时，它所需的能量是亮一个小时的两倍。

当你说“电炉比电灯需要更多的能量”时，这意味着什么？这句话没有说清楚。这句话的意思是，如果电炉和电灯开着的时间一样，电炉比电灯需要更多的能量。电炉每秒钟需要2000J的能量，而电灯每秒钟只需要100J的能量。

这可以这样来描述：每秒有2000J的能量流入电炉，有100J的能量流入电灯。电炉所需的能量是电灯所需的能量的20倍。

在许多作为能量接收器的设备上标有其能流或“能耗”。其测量单位是“焦耳每秒”（J/s）。由于我们经常要用到这个单位，因此人们已经将它的名称简化为瓦特了。

也许你已经知道这个测量单位了。在大多数用电器上印有这个单位（图4）。如果你正在使用一个“500W”的真空吸尘器，这意味着，当真空吸尘器开启时，每秒钟有500J的能量通过电缆流入其中。



瓦特数表示流入用电器的能流。对于大的瓦特数，我们用千瓦（kW）： $1\text{kW} = 1000\text{W}$ 。对于更大的瓦特数，我们用兆瓦（MW）： $1\text{MW} = 1000\text{kW} = 1,000,000\text{W}$ 。

**小结：**能流强度的测量单位是瓦特。瓦特是焦耳每秒的简称。

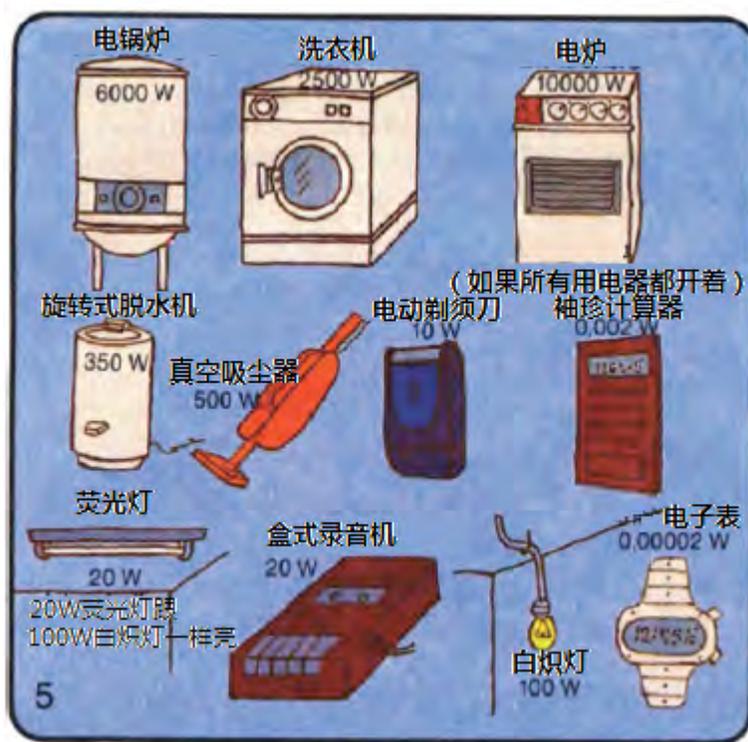
补充材料：S 6.1和S 6.2

### 练习

1. 为什么用电器标的是瓦特数而不是焦耳数？
2. 有一个电灯，在10秒内需要1000焦耳的能量。有一个电炉，在1秒内需要同样多的能量。流入a)电灯和b)电炉的能流强度分别有多大？
3. 在下列几种情况中，一个2W电灯能亮多久？a) 将它接到一个充满电的手电筒电池上，b) 将它接到一个充满电的汽车电池上。（手电筒电池含有10kJ的能量，汽车电池含有2000kJ的能量。）

## 6.3 在家里的能流

在家里的用电器的能流值有大有小，范围很广。在图5所示的用电器中标有能流值。如果你仔细观察这个图，你能找出一些规律。



凡是用来加热的用电器都需要很多能量：电茶壶、滚动式烘干机、电炉、电烤箱、洗碗机。凡是用来移动物体或用来照明的用电器所需的能量都较少：旋转式脱水机、真空吸尘器、电动剃须刀、电灯。象计算器或电子手表等电子设备，它们所需的能量更少。

如果你想节约能量，最好尽量不用“电热器”。

**小结：**凡是用来加热的用电器都需要很多能量，凡是用来移动物体或用来照明的用电器所需的能量都较少，电子设备所需的能量很少。

补充材料：S 6.3

### 练习

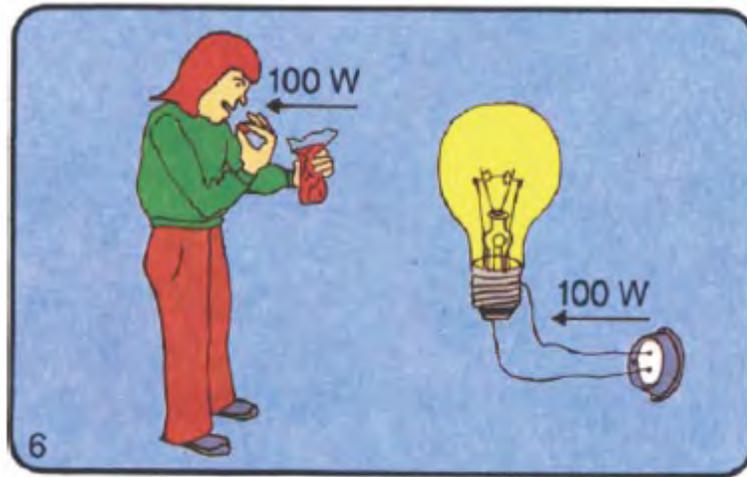
1. 观察你家里的用电器，看看流入它们的能流各有多大。

2. 尽管电子表中的电池只储存很少的能量，但为什么它还能用这么长的时间？
3. 为了节约能量，哪些用电器你会尽量少用？

## 6.4 人所消耗的能量

人生活需要能量。我们从食物中获取能量。借助于食物，流入人体的能流有多大？人每秒钟需要多少能量？

当然，这跟人在做什么活动有关。例如，某人在竭力地跑步，或坐在办公室里，或在看电视。然而，我们可以问，平均来说人消耗的能流有多少。



我们可以计算出平均能流。我们知道，人每天需要大约 $10,000\text{kJ}$ （即 $10,000,000\text{J}$ ）的能量。一天有 $86,400$ 秒。因此，每秒钟人平均所需的能量为：

$$10000000\text{J}/86400\text{s}\approx 116\text{J/s}$$

这样，人平均消耗的能流是每秒 $100\text{J}$ ，或 $100\text{W}$ 。这跟一个大的白炽灯所消耗的能流一样大。

到现在为止，我们只关注人在吃食物时所吸收的能量。然而，人在供热、使用各种用电器时也需要消耗能量。另外，在工业、农业和交通运输方面，人们要消耗更多的能量。在德国，每个公民所消耗的能流至少有 $5\text{kW}$ 之多。

**小结：**平均来说，一个人通过食物所消耗的能流为 $100\text{W}$ 。在家里、企业、农业和交通运输，人均能耗约为 $5\text{kW}$ 。

补充材料：S6.4至S6.6

## 6.5 电流强度

我们已经知道，能流强度的测量单位是瓦特。能量携带者的流也有测量单位。你也许自己能列出其中的多数单位。

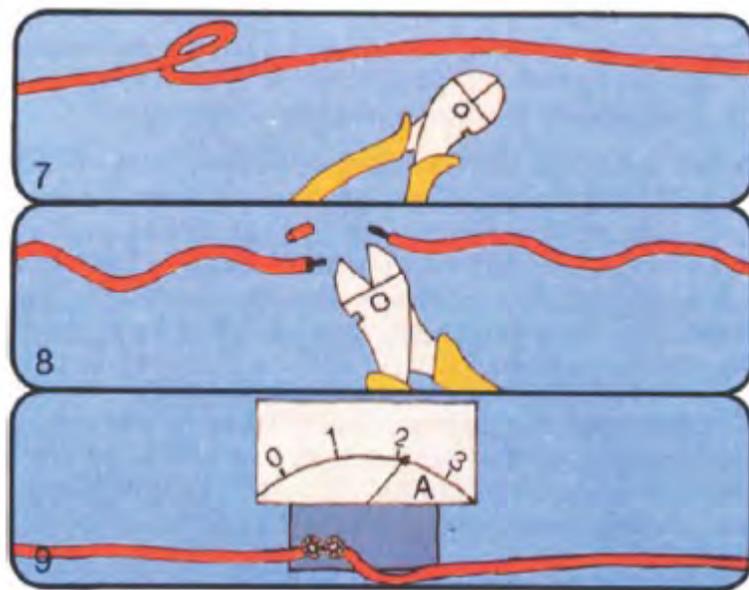
水流、液压油流、汽油流或燃料油流都以升/秒 ( $l/s$ ) 为测量单位。

煤或食物的流以千克/秒 ( $kg/s$ ) 为测量单位。

现在我们还没有电流的测量单位。这个单位叫安培，用**A**表示。如果每秒通过电线的电很多，则安培数就很大；如果每秒通过电线的电很少，则安培数很小。

为了测量电线中的电流，我们需要用安培表。安培表的使用是很简单的。

我们想测量通过图7中电线的电流强度。我们先把电线剪断。这时，新产生了两个线头（图8）。将这两个线头接到安培表的两个接线柱上（图9）。这时，电就流过这个安培表，安培表显示出电流的大小。

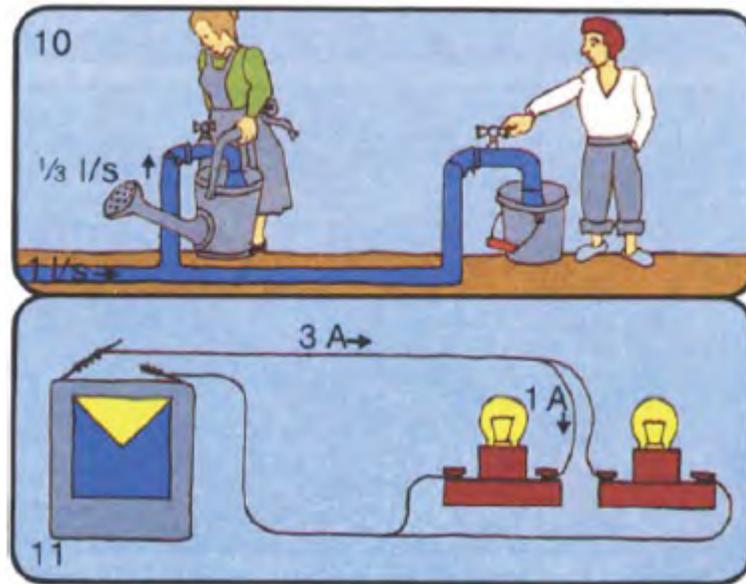


**小结：** 电流强度的测量单位是安培。

**补充材料：** S 6.7

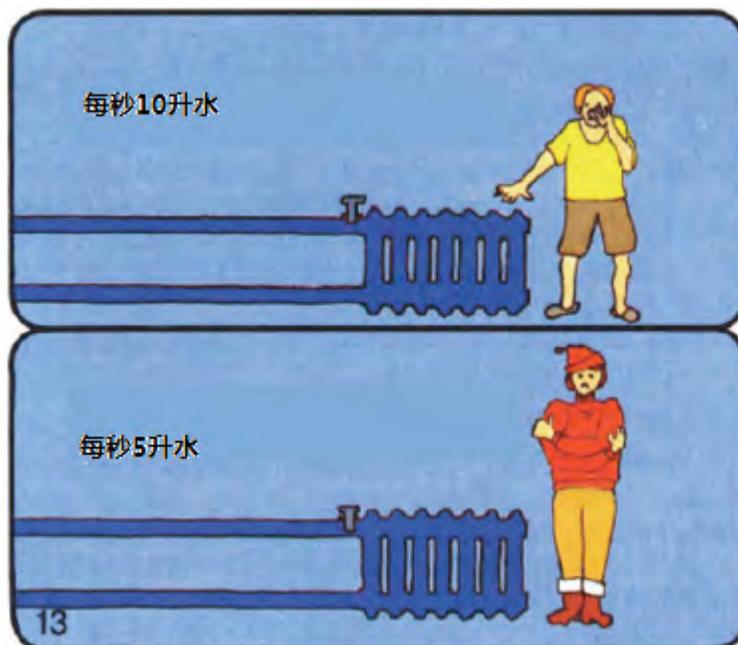
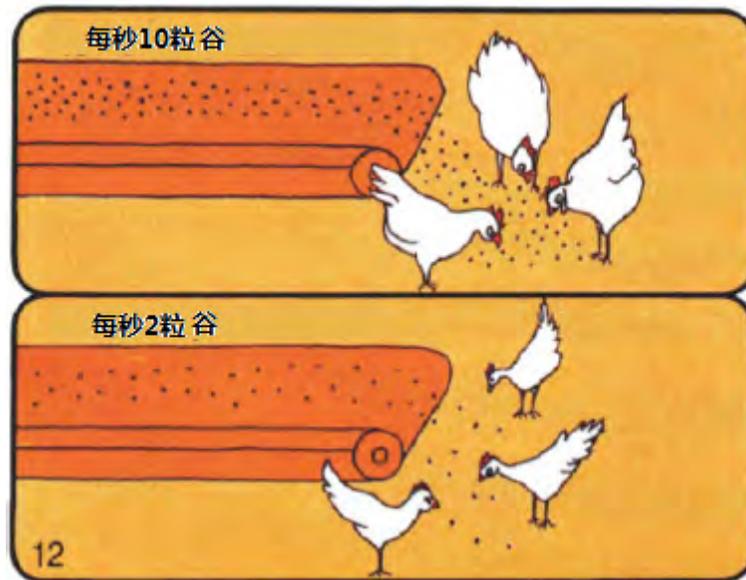
## 练习

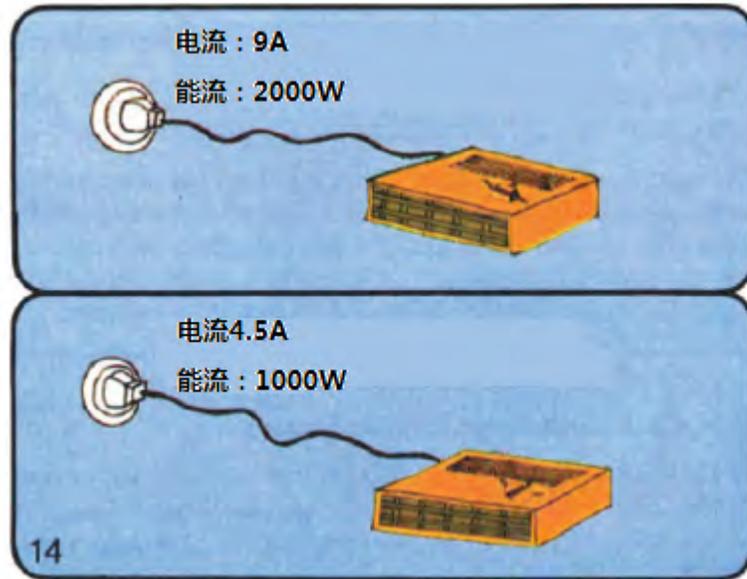
1. 在图10右边的水笼头的水流有多大？
2. 在图11右边的电灯的电流有多大？（提示：补充材料S6.7）



## 6.6 能量携带者越多，携带的能量也越多

比较图12、13和14这三幅图。它们有共同的特点。在每个图中，上图的携带者的流较大，下图的较小。我们总能得出这样的结论：上图的能流大，下图的能流小。能量携带者的流越大，能流也越大。





因此，你可以通过调大或调小能量携带者的流来调大或调小能流。

然而，你还可以通过第二种方法来调大或调小能流。你将在第7章学到这种方法。

**小结：**你可以通过调大或调小能量携带者的流来调大或调小能流。

## 第6章补充材料

### S 6.1 功率=能流

通常我们不叫能流，叫“功率”。我们会说：“这个电灯的功率是100W”。然而，这个名称并不很好。两个相同瓦数的用电器可以有很不相同的功率。例如，40W的荧光灯管能发出5倍于40W的白炽灯的光。因此，我们喜欢用“能流”这个名称。

### S 6.2 能量的第三个测量单位

“电表”显示出有多少能量流过房子。遗憾的是，这种表并不以能量的单位J或kJ显示其读数，而以千瓦时（简称kWh）为单位显示其读数。1千瓦时的能量跟3600kJ的能量相同，即

$$1\text{kWh} = 3600\text{ kJ.}$$

因此，1千瓦时是很大的能量单位。

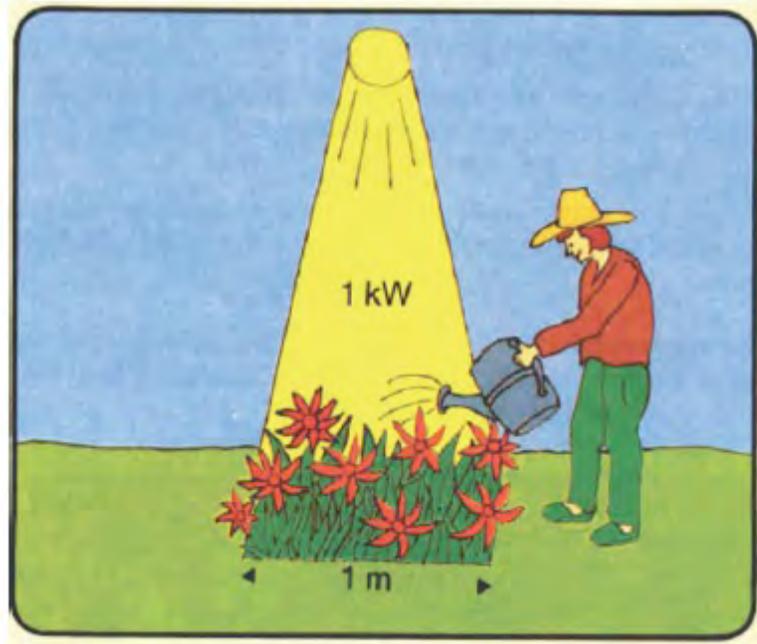
请不要混淆能流的单位千瓦特和能量的单位千瓦时！

你已经学了三个能量单位：kJ、kcal和kWh。为了避免混淆，在本书中我们只用其中一个单位：千焦耳。想象一下，测量长度的单位也是这样变换的：在米和英尺之间变换。

### S 6.3 来自太阳的能流

太阳将能量传递给地球。其能量携带者是光。在垂直于太阳光的方向上，每秒钟到达每平方米的能量大约有1000J，即每平方米有1000W的能量在流动。如果你想利用太阳能，你必须采集到它。这是很容易的。然而，太阳光是不用付费的，

又是用不完的。这就是为什么我们值得去考虑采集太阳能的原因。



#### S6.4 人和其他动物休息时的能耗

小鼠	0.2 W
大老鼠	1.6 W
兔子	6 W
狗	25 W
人	80 W
牛	600 W
大象	2400 W

## S 6.5 hp 和 kW

hp（马力）是一个旧式的能流强度的测量单位。

$$1\text{hp} = 0.734\text{ kW}.$$

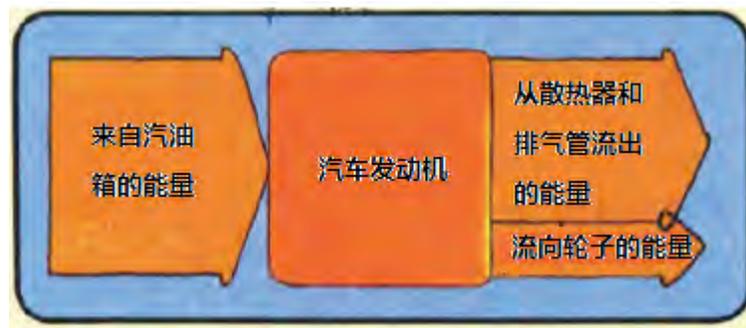
你可以这样近似地来记： $1\text{hp} = 3/4\text{ kW}$ 。如果将以马力为单位的能流值除以4再乘以3，你就得到以kW为单位的能流值。

## S 6.6 汽车上的kW值

大型汽车“有”100 hp，或73 kW。这是什么意思？从其测量单位你可看出，这是能流。

如果在白炽灯上标有100W的字样，这意味着每秒钟这电灯消耗100J的能量。

我们也可以这样认为，73kW的汽车发动机每秒钟消耗73kJ的能量。但这是不正确的。发动机所消耗的能量要更多。其中四分之三的能量将通过散热器和排气管离开汽车。

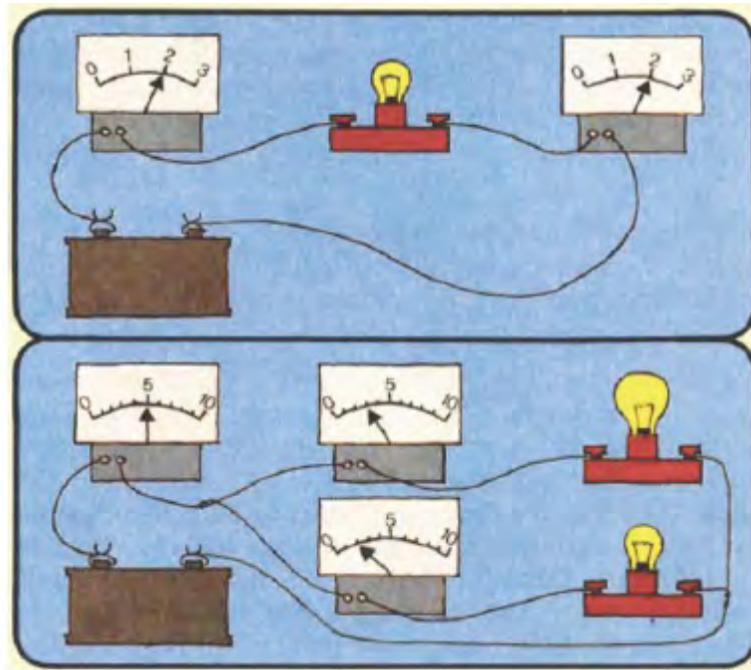


只有四分之一的能量流向轮子。所标出的73kW的意思是，流到轮子的能量最多为73kW。

## S 6.7 电没有消耗

用两只安培表你就可证明用电器并没有消耗电。我们来分别测出来回两根电线中的电流。两只安培表显示相同的读数。所有从电源流到用电器的电通过另一根电

线流回到电源。

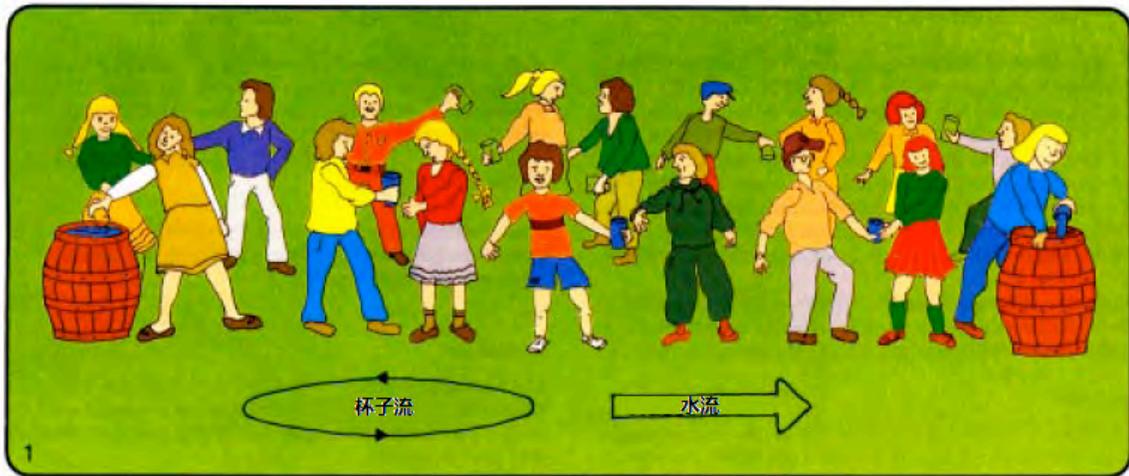


在分叉处，来自电源的电流分流了，一部分电流到小电灯，另一部分电流到大电灯。为了知道它们的大小，我们在每一只电灯前安装一只安培表。其中一只显示  $2A$ ，另一只显示  $3A$ 。为了检验其结果，我们把另一只安培表接到分叉点之前。显然，它的读数是  $5A$ 。

## 7. 能量携带者的能量载荷量

### 7.1 我们来传递水

我们先暂时忘记能量。我们来想象如何将水（而不是能量）从一只大水桶传递到另一只大水桶。

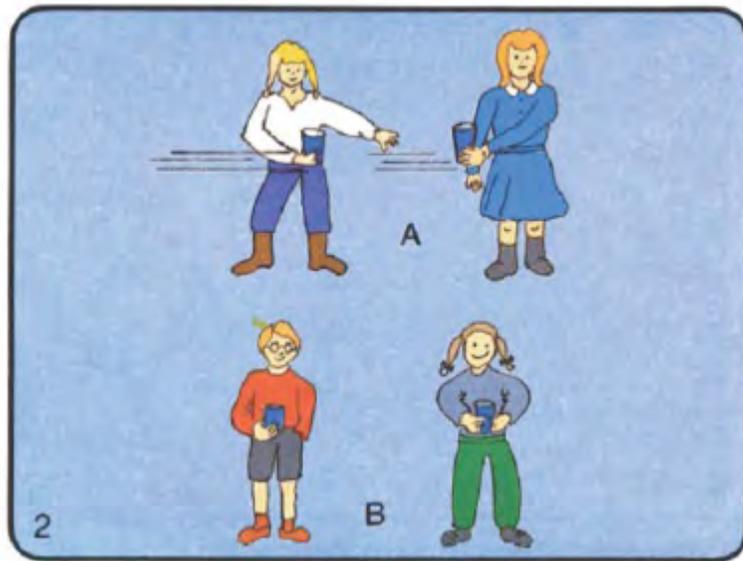


我们总共有17个人，大家一起来传递水（图1）。每人有一只杯子，都站在某个地方。站在满桶水旁边的人用杯子舀取一杯水，并将它传递给旁边的人。这个人将这杯水再传递给旁边的人，这样一直传递下去。第一排的最后一个人将这杯水倒在空桶中。空杯子通过第二排人传回去。你会发现，杯子流是可回收的流。

请明白，在这个游戏中所传递的不是能量，而是水。在传递能量时，我们需要能量携带者。这里，我们有水的携带者：杯子。

现在我们提出这样的问题：如何来调节水流的强弱？如何来调节一分钟内从左桶传递到右桶的水的多少？这很简单：我们很快把杯子装满水，并很快将它们传递出去（图2A）。这样，我们就获得了较大的水流。然后，我们很慢地装满水，并很缓慢地把它们传递到旁边的人（图2B）。这样，我们就获得到较小的水流。水

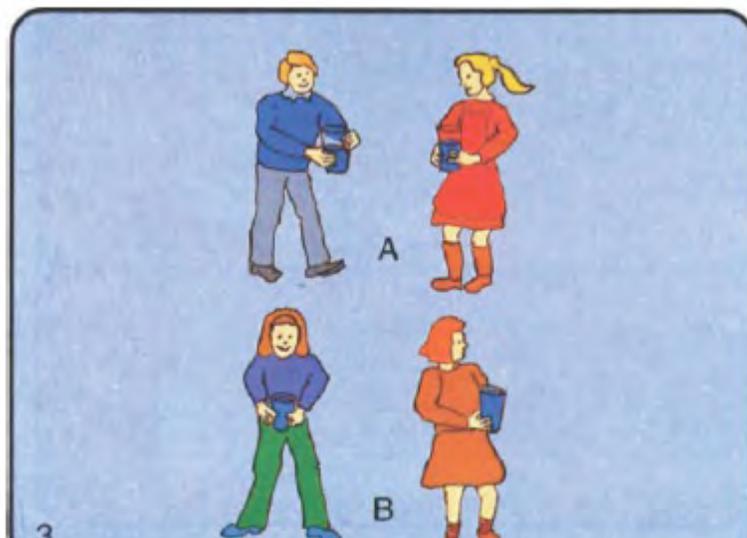
的携带者的流越大，水流也越大。



你有否注意到，这句话跟6.6节中的小结几乎是一样的？其中的差异仅仅是把能量一词换成了水。

还有另一个调节水流大小的方法。我们总是让杯子流保持不变，比如每两秒钟传递一杯水，即每分钟传递30杯水。但是，我们在第一次传递时将杯子只装半杯水（图3A）。这时，我们就得到了较小的水流。然后，我们将杯子中的水装满（图3B）。这时，我们得到了两倍于以前的水流。因此，在每只杯中的水越多，

水流就越  
话说，水的  
载荷的水越  
就越大。



大。换句  
携带者所  
多，水流

如果将水这个字换成能量这个词，这句话也仍然是对的：能量携带者载荷的能量越多，能流越大。

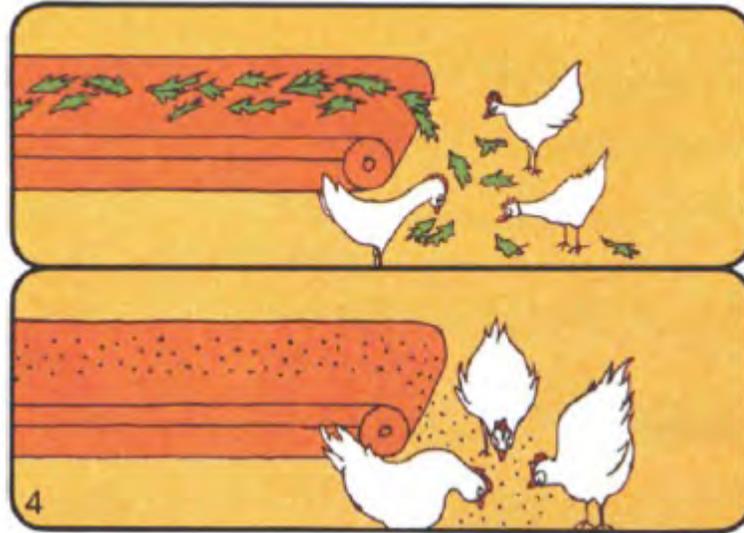
将杯子装上水是很容易的，即让水的携带者载荷多少水是很容易调节的。但是，如何将能量携带者电、自行车链条或压缩空气装上或多或少的能量？我们将在下一节来讨论这一问题。

### 练习

1. 在我们上面这个游戏中，什么东西相当于能量？什么东西相当于能量携带者？
2. 你能用哪两种方法来调节水流的大小？

## 7.2 食物的能量载荷量

某一1kg的食物能否含有比另一1kg食物更多的能量？当然有可能。你只需看一下1.3节中的那张表就知道了。图4给出了两个相同的食物流。每个食物流的强度都是2g/s。然而，第一种食物是蒲公英，第二种食物是谷物。谷物所携带的能流是蒲公英所携带的能流的20倍。我们可以得出以下结论：在第一种情况中，食物流所载荷的能量很少；在第二种情况中，食物流所载荷的能量很多。



谷物比蒲公英载荷着更多的能量。

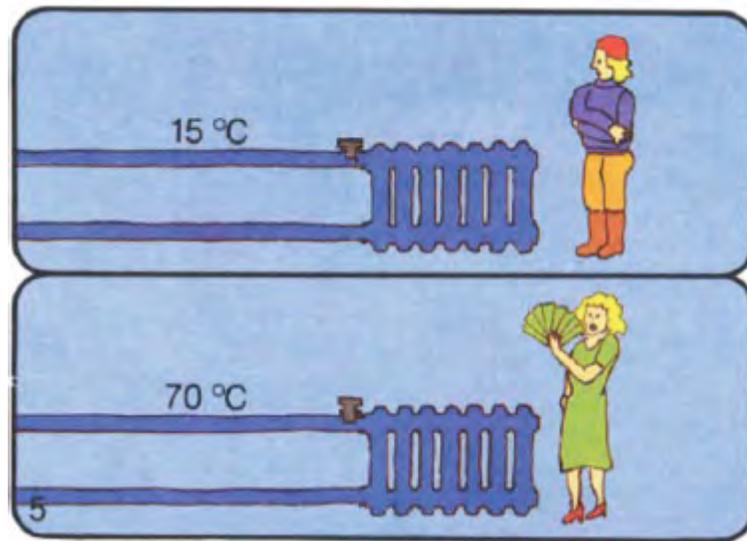
**小结：**食物载荷的能量越多（即每千克食物所含的千焦耳数越多），能流就越大。

## 练习

野兔所吃的食物是狐狸所吃食物的20倍。这怎么可能？请用“载荷”一词来回答这一问题。

## 7.3 水的能量载荷量

某一1升水能否含有比另一1升水更多的能量？当然有可能。一升热水比一升冷水含有更多的能量。热水比冷水载荷了更多的能量。因此，图5中的一位女人感到冷，另一位女人感到热。



热水比冷水载荷了更多的能量。

**小结：**载荷在水中的能量越多，能流就越大，即水的温度越高，能流越大。

## 练习

天气变冷了。因此，从地下室中的锅炉到房间中的散热器的能流必须增大。这可通过两种方法来达到。哪两种方法？

## 7.4 压强

将自行车打气枪拿在手中，直接将枪中的空气向外压出（图6）。每秒钟打两次，一直打到40次为止。你觉得累吗？现在，将气枪与自行车轮胎相连。事先，你已经将轮胎中的气放出了。现在，每秒钟仍打两次。注意现在是否感到累。打到40次后，你肯定会知道（假如你最终能做到的话）：给轮胎打气比直接将枪中的空气向外压出要累。



高压下的空气携带着比低压下的空气更多的能量。

给轮胎冲气需要能量。你压入轮胎中的空气比流到外面的空气携带了更多的能

量。因为你每秒钟都打了两次，所以在两种情况下的空气流是相同的。但是，在第二种情况中，空气流携带了更多的能量。

你是怎样知道空气流载荷的能量是多还是少？我们用压强来判别。压强的测量单位是巴（**bar**）。在轮胎中你所压的空气的压强为**2到2.5bar**。我们把它叫压缩空气。压到气枪出口处的空气的压强为**1bar**。在液体中的压强的单位也用**bar**。在水管中的水的压强大约为**4bar**。

**小结：**给空气载荷的能量越多（即空气的压强越大），能流就越大。

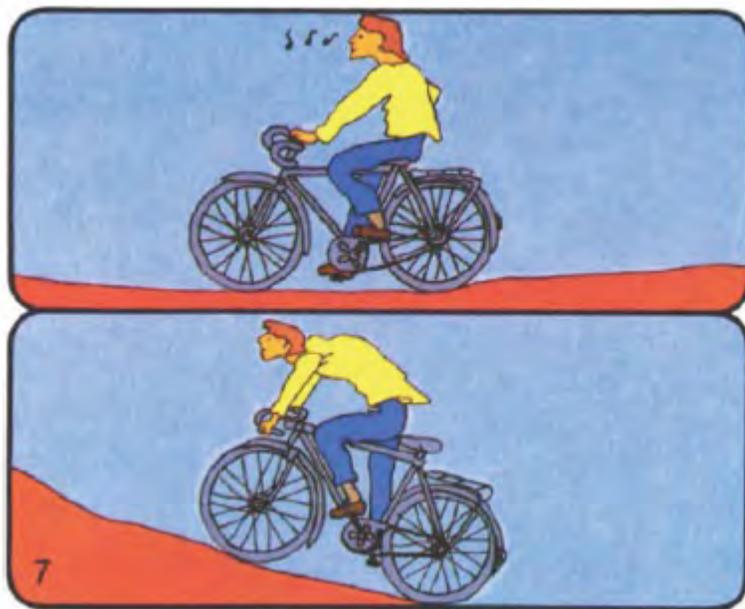
补充材料：S 7.1到S7.3

### **练习**

你是怎样知道空气流载荷的能量是多还是少？

## 7.5 自行车链条的能量载荷量

假如你在骑自行车，一次在水平路面上，一次在小山坡上（图7）。每秒钟你踏一次自行车踏板。在这两种情况中，每秒钟链条通过齿轮的链数是相同的。如果在前链轮共有46个齿，则每秒钟共通过46个链数。在这两种情况中，能量携带者“自行车链条”的流是相同的。



在下图中的链条比在上图中的链条拉得更紧，携带了更多的能量。

尽管如此，从前面流向后面的能流在两种情况中是不相同的。在小山坡上行驶

时，能流较大。你会注意到，在小山坡行驶时你明显地要花更大的力气。由于在两种情况中能量携带者的流是相同的，所以在第二种情况中能量携带者必定载荷了更多的能量。

你也可以从链条中观察到它载荷的能量是多还是少。上面那根链条拉得越紧，它所载荷的能量就越多。

**小结：**在踩踏板时链条拉得越紧，它所载荷的能量就越多，能流就越大。

补充材料： S 7.4

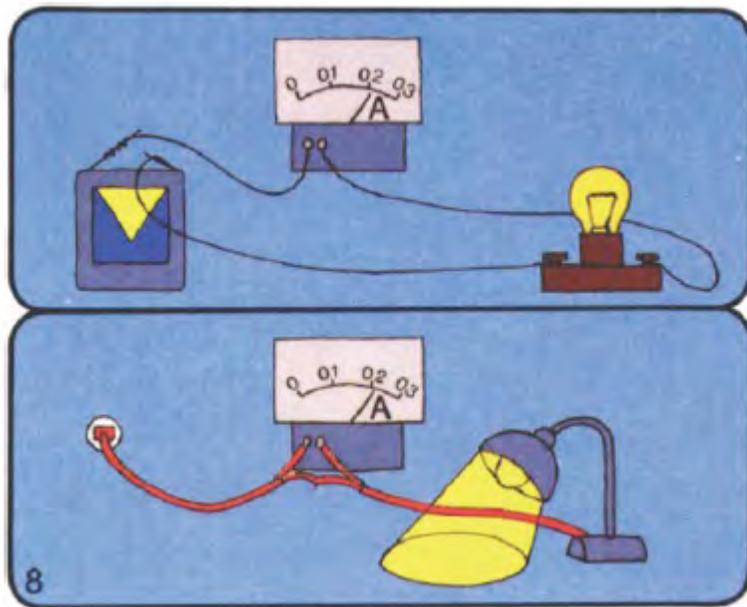
### 练习

两位学生各骑着一辆轻便摩托车。它们以相同的速度行驶。一辆逆着风行驶，另一辆顺着风行驶。通过摩托车链条的能流相等吗？怎样从链条中看出这能流是大的还是小的？

## 7.6 电压

我们来做一个实验。这个实验结果会让你吓了一跳。将一个大灯泡接在电源插座上，另一个小灯泡接在一节小电池上。哪个电路中的电流大？大灯泡的电流大？

在两个电路中都接入一只安培表。两只表的读数几乎相等（图8）。



在电池中的电流比在发电厂中的电流载荷更少的能量。

流到小灯泡的能流比流到大灯泡的能流小很多。你可根据小灯泡比大灯泡发光弱和发热少的事实来证实这个结论。你也可从灯泡上标出的瓦特数来证实这个结

论。在大灯泡上标的是**60W**，即每秒**60J**；在小灯泡上标的是**2W**。大灯泡获得的能量是小灯泡的**30倍**。

为什么这两个灯泡的能量携带者的流几乎相等而能流却不同？唯一的原因是，有时能量携带者载荷的能量多，有时载荷的能量少。与插座相连的发电厂与电池相比，发电厂给电流装载了更多的能量。我们说，插座的**电压**更大。有时，我们不把它叫作电压，而叫作电张力。

电压的单位是伏特，符号为**V**。我们所用的电池（只要它仍含有能量）的电压是**4.5V**。电源插座的电压是**220V**。一节干电池的电压是**1.5V**。半导体收音机中的电池的电压是**9V**。

电压大的能源比电压小的能源给电流装载更多的能量。

**小结：**给电载荷的能量越多（即电压越大），能流就越大。

### 练习

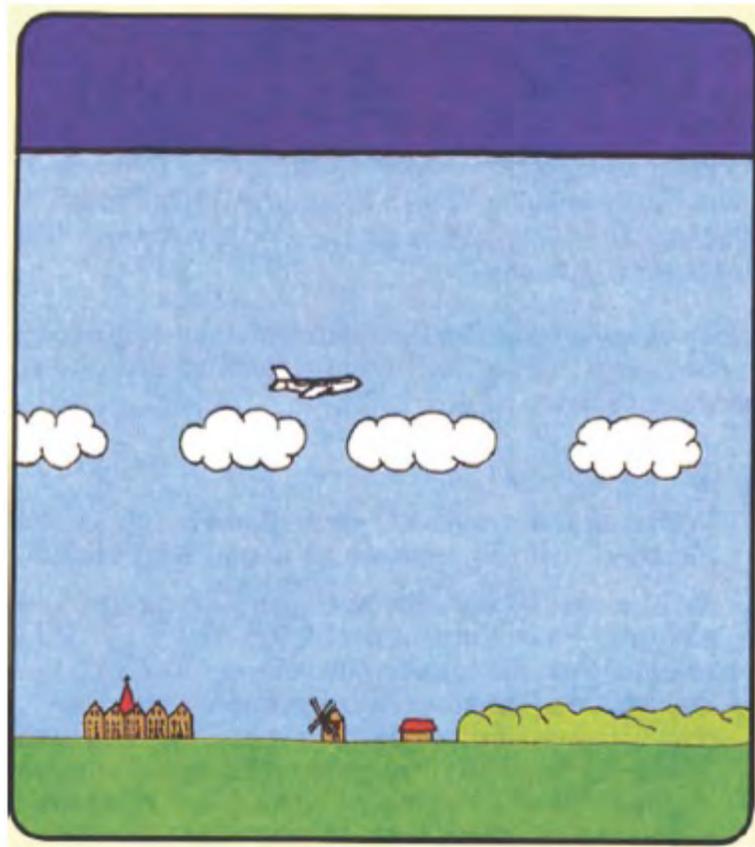
1. 你怎样判断电池给电流装载的能量多还是少？

2. 在美国，市电电压是**110V**。因此，许多用电器必须从**220V**转换到**110V**。这样，它们才能既可用于欧洲，也可用于美国。当然，这些用电器在美国和在欧洲所发挥的功能是相同的。在美国的电吹风与在欧洲的电吹风所需的能流不同吗？在美国的电吹风的电流与在欧洲的一样大吗？

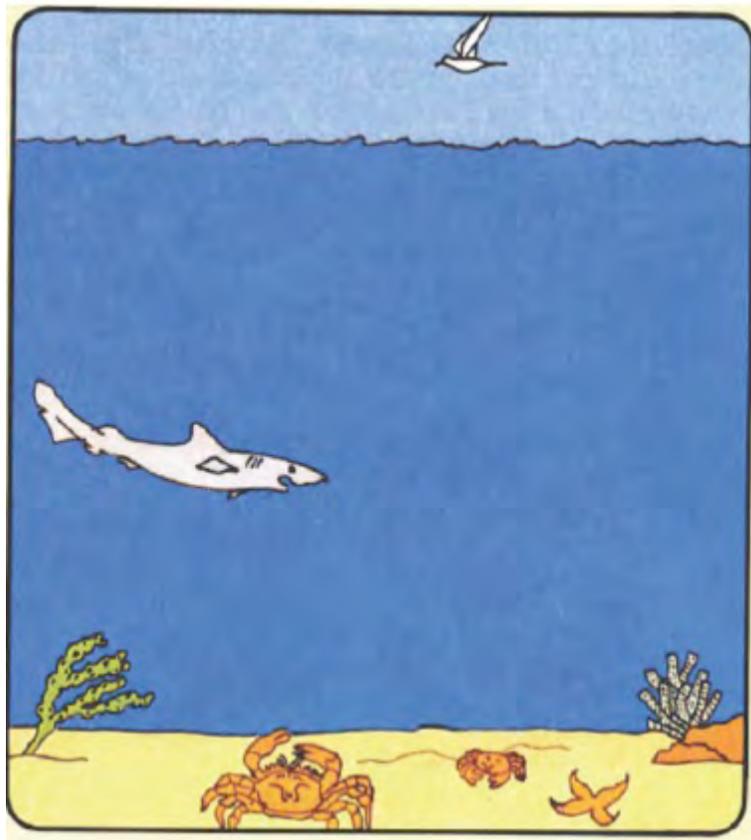
## 第7章补充材料

### S 7.1 大气压

在地球表面上空有一层50km厚的空气。在地球表面上的人们相当于生活在50km深的“空气海洋”的海底，很象一只只螃蟹在海底爬行。



在海底或湖底，你会感到上面水的重力。水产生压强。从表面到底部，压强越来越大。在我们的空气海洋底部承受着上面空气的重力：在地球表面的空气压强大约为1bar。如果你往上爬，这压强就减小。在50km高度，这压强几乎等于0bar。



地球表面的空气压强持续地在变化。其变化范围为960和1060 mbar之间（1bar=1000 mbar，即1000毫巴）。

气压也跟天气有关。在天下雨时的气压通常比天晴时的要低。

## S 7.2 地球表面上方的空气层的真正厚度

在S 7.1中我们曾经说过，地球表面上方的空气层的厚度为50km。事实上，这空气层没有明显的上边界；空气越往上变得越来越稀薄。在10km高空它的密度已经是海平面的1/4了。50km仅仅是一个参考值。也许你会认为50km已经很厚了。然而，请你将这空气层的厚度放在地球尺度上去想象一下。地球的直径相当于一个蓝球的直径，50km厚的空气层则相当于这个蓝球上很薄的一层皮。

## S 7.3 汽车轮胎中气压

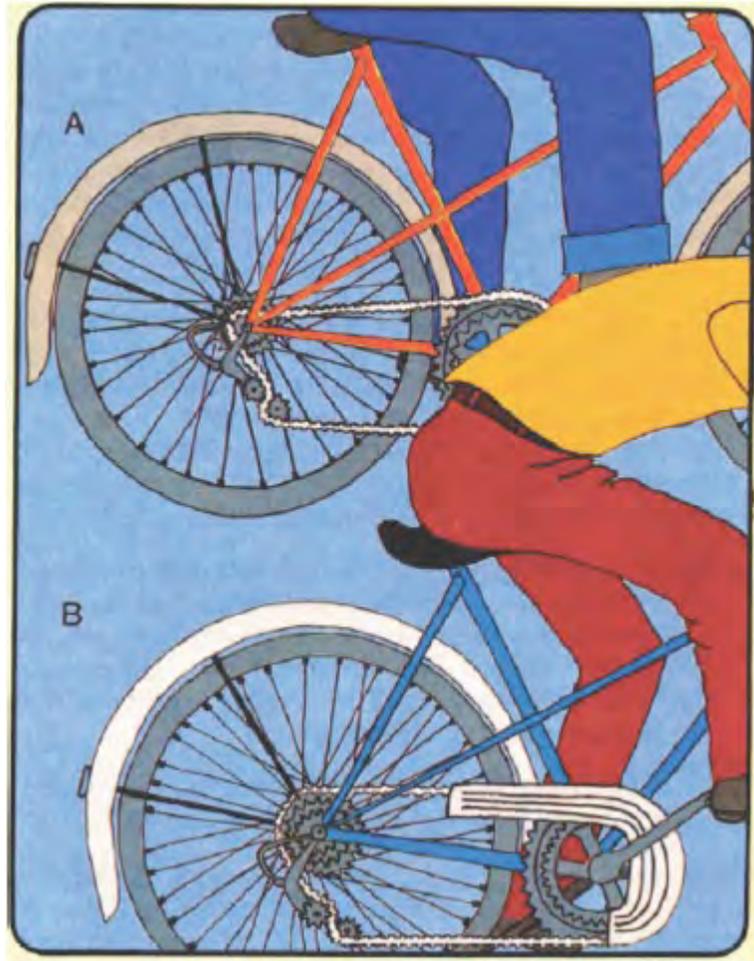
如果有人已经将汽车轮胎“放了气”，在汽车轮胎中的气压为多大？跟轮胎外的气压相同，即1bar。加油站中的气压表显示的不是1bar，而是0bar。这种气压表只显示轮胎内超压的情况。当轮胎被充气到压强为3bar时，它的超压值是2bar。这是因为，轮胎内的空气压强比外界的空气压强大了2bar。

## S 7.4 自行车调速

两位骑自行车的人以相同的速率并行前进。由于他们的体重相等，所骑的自行车也相同，所以他们所需的能量也相等，相同的能流从他们的肌肉流到他们自行车的后轮。

然而，A踏得比B慢，因为A用了较大的齿轮。

踏得慢意味着“链条流”也小。为了让通过链条的能流相同，A的链条必须载荷较多的能量。这就意味着其链条必须拉得更紧。



A的  
流比B的小，但所载荷的能量较多。

能量携带者的

## 8. 能量携带者“光”

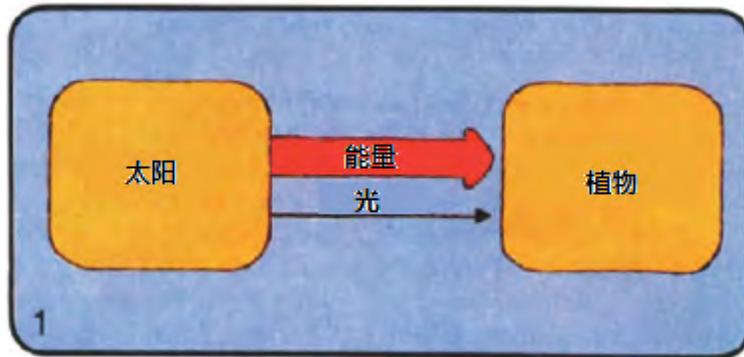
### 8. 1 来自太阳的能量

太阳照亮了地球，不断地给地球发来光。从太阳发来的光，我们获得了能量。因此，光是能量携带者。关于这一点，我们可以从以下几方面来看：

●由于太阳光的照射，白天比夜里要热。“在太阳光下”比在影子中要热。当一朵乌云在你头顶上漂过时，你会马上感觉到太阳光的温暖消失了。正如你所知道的，你需要通过供热来获得能量。因此，太阳光携带着能量。整个地球由太阳来供暖。我们可以说，地球通过携带者光获得能量，是能量接收器。太阳是相应的能源。

●植物生长需要能量。树干中含有大量能量，否则你就无法通过燃烧木头来取

暖了。植物通过来自太阳的光获得能量（植物所需的能量并不来自地球）。在黑夜里，植物无法生长。植物通过携带者光获得能量，是能量接收器（图1）。



●图2是一个太阳能电池。它旁边连接着一只电动机。电动机转动时需要能量。它从太阳能电池中获取能量。太阳能电池通过光获取来自太阳的能量。



●图3是  
车。当太阳  
时，其轮子就会转动。

一个光风  
光照射它



不仅太阳光，电灯光也能供暖。植物甚至可以在人造光下生长。当强的白炽灯照射在太阳能电池上时，图2中的电动机也会转动起来。图3中的光风车在电灯光下也会转动起来。不但太阳光携带着能量，所有光都携带着能量。

**小结：**光是能量携带者。太阳通过能量携带者光将能量传送到地球。

补充材料：S 8.1和S 8.2

### 练习

1. 你怎么知道太阳光携带着能量？

2. 你怎么知道电灯光也携带着能量？

3. 在S 8.1节的图中，太阳和地球画得不成比例。请你按1：

10,000,000,000的比例（即图中的1cm相当于实际的100亿cm）去想象一下地球和太阳的真实大小。为此，你用纸剪下两个圆。一个代表地球，一个代表太阳。将它们放在地板上，使它们之间的距离也遵循上面的比例。你在完成这个任务中需要利用下列数据：

地球的直径：12,800 km

太阳的直径：1,400,000 km

太阳和地球之间的距离：150,000,000 km

## 8. 2 光源

除了太阳，还有其他用光作为携带者来提供能量的能源。它们都被叫作**光源**。它们包括所有各种各样的电灯，也包括手电筒灯、萤火虫和电视屏幕。电灯中的光来自发光的灯丝。事实上，这灯丝才是光源。对于蜡烛或煤油灯，光来自火焰。这里，火焰是光源。

不是所有发亮的物体都是光源。一张纸、一堵白色的墙壁、一朵云或蓝天都是发亮的。光确实来自这些物体。但它们并没有自己发光。它们发亮是因为有来自别的物体所发射出来的光。它们只不过是传递了一下光。

有时，不容易确定某个物体是光源或不是光源。例如，月球并不自己会发光，尽管有光从月亮传过来。它仅仅反射了来自太阳的光。

然而，我们在天空中所看到的星星多数自己会发光。因此，它们是光源。这些会发光的星星被叫作**恒星**。但是，有些星星不会自己发光。它们获取来自太阳的光，然后象月球一样将光朝各个不同方向反射回去。这些星星是行星。你可以在S 8.3节学到更多的这方面的知识。

**小结：**光源通过能量携带者光发射能量。它们产生光。所有其他物体只能将来自其他光源的光反射出去。

补充材料：S 8.3和S 8.4

### 练习

1. 下列哪些物体是光源：萤火虫、火焰、镜子、灯塔、太阳、雪人、窗门？

2. 写出几个在以前的练习中不曾出现过的光源的名称。

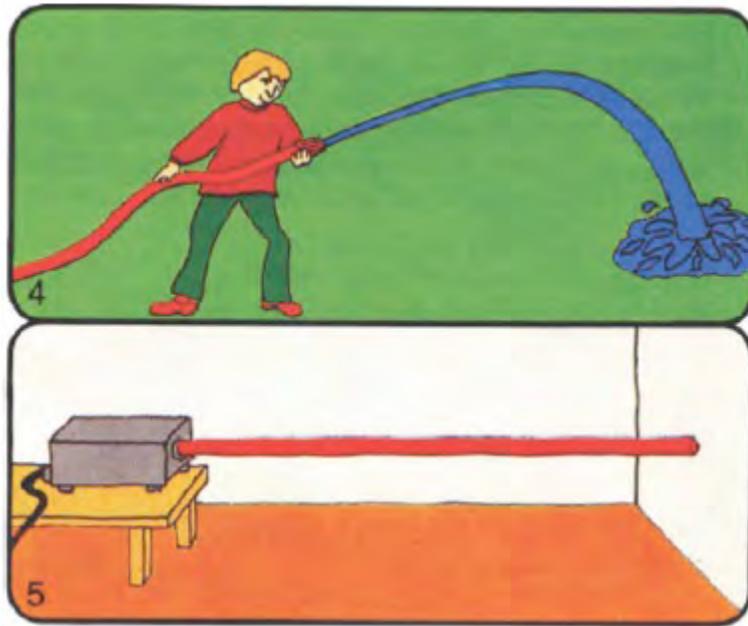
3. 哪些星星自己会发光？哪些星星只将来自别的星星的光反射回去？

4. 在晴朗的夜晚，我们可以看到月球的某一部分。它突出了整个月球的月牙状部分。月球的阴暗部分也是被照亮的，只是亮度比亮的部分弱一些。这光来自何处？

5. 在数字钟表上显示数字的那部分是光源吗？它们在把从另一光源中所吸收的光反射回去？

## 8. 3 光的传播——光导

图4是喷出的一束水。由于水的重力，它向地面弯曲。图5是一束光（最好用激光器来产生一束比较细的光）。这光线并没有弯曲。这是因为光没有受到重力。



由于光线是直的，所以人们用很长的导体来用光传递能量。然而，如果想让光沿有几个拐弯处的复杂路径传递，我们就不能没有光的导体。这时，我们需要运用光导（图6）。



光在左边进入光导，从其右边出来。

光导是传递光的管子或光缆。它由一束很细的玻璃纤维构成。它象电缆一样软。无论光导是直的还是弯曲的或打了结，进入光导一端的光会从另一端出来。光导有很多应用。例如，医生想看病人胃部的情况，就得用光导。为此，医生将两根

光导通过食道插入到胃部。通过其中一根光导，医生将光传送到胃部，用来照亮胃部。通过另一根光导，将胃壁反射回来的光传送回来。

**小结：**光沿直线传播。用光导，我们可以使光象水在弯曲水管中流动一样，让光沿弯曲的路径传播。

补充材料：S 8.5和S 8.6

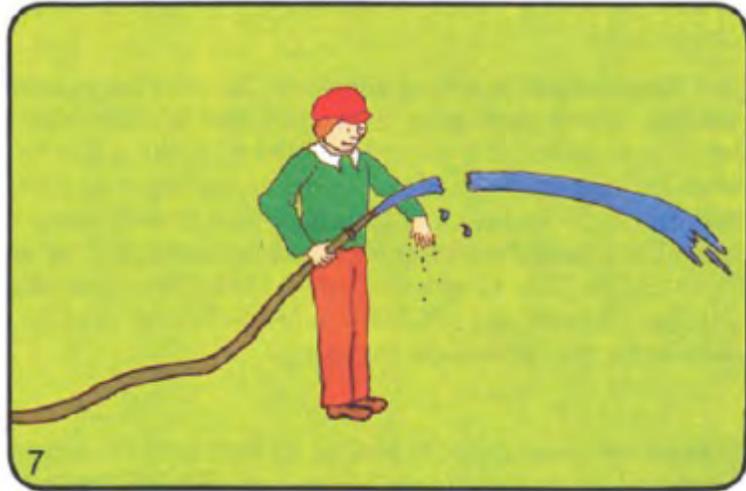
### 练习

1. 为了证明光沿直线传播，你无需激光器。你知道这怎么做吗？
2. 如果没有光导，你能让光沿弯曲的路径传播吗？你是怎么做的？

## 8. 4 光速

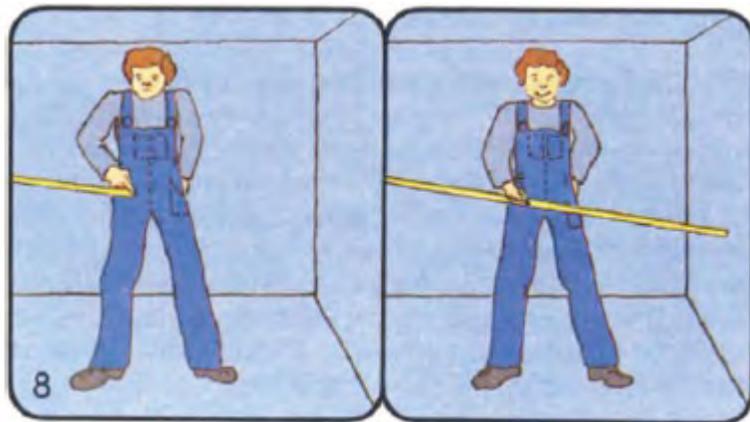
从浇花园的水枪中喷出来的水具有一定的速度。如果你把笼头再打开一点，它的速度会增大；如果你把笼头再关掉一点，它的速度会减小。为了知道其速度的大

小，你可以将手放在水枪口。这时，这股水就被你的手短时间内截断了。被截断了的那股水以原来喷出的速度继续向前运动（图7）。



被截断了的那股水以原来喷出的速度继续向前运动。

我们也来用同样的方法截一下光束（图8）。用你的手指简单地截断一束光。原来光照射在墙上的那个亮点要过多久才能变暗？很明显，它立刻变暗了。

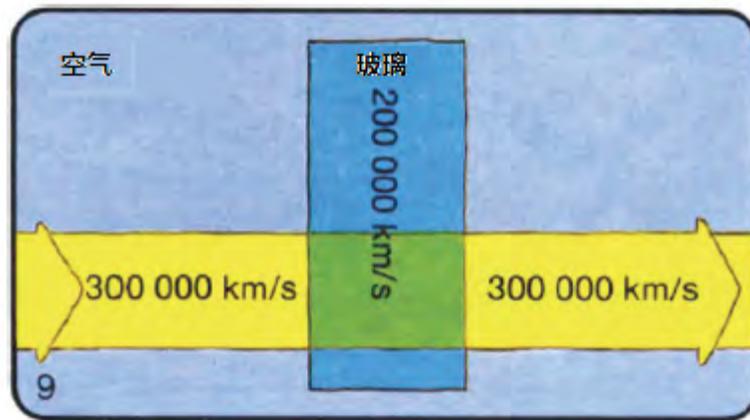


看上去光从你的手指运动到墙壁不需要时间。事实上，光的运动需要时间。然而，这时间很短，以至于我们很难觉察到。光运动得很快很快：在空气和真空中，光以每秒300,000km的速度运动。这个速度比火箭的速度还要快很多。在玻璃

中，光运动得稍慢一些：其速度大约为 $200,000\text{km/s}$ 。

空间探测器从地球到太阳需要几个月的时间。光从太阳到地球只需8分钟。你现在所看到的太阳是8分钟以前的太阳。

通过调节水笼头的开和关，我们可以调节喷出来的水的快慢。对于光，我们无法这样做。光在空气中总是以 $300,000\text{km/s}$ 的速度运动。如果我们让光通过一块玻璃，然后再在空气中运动，它在玻璃中将变慢。但当它离开玻璃后，它的速度又回到了原来 $300,000\text{km/s}$ 的大小（图9）。所以，光速是无法调小的。



**小结：**在空气和真空中，光以 $300,000\text{km/s}$ 的速度运动。

补充材料：S 8.7

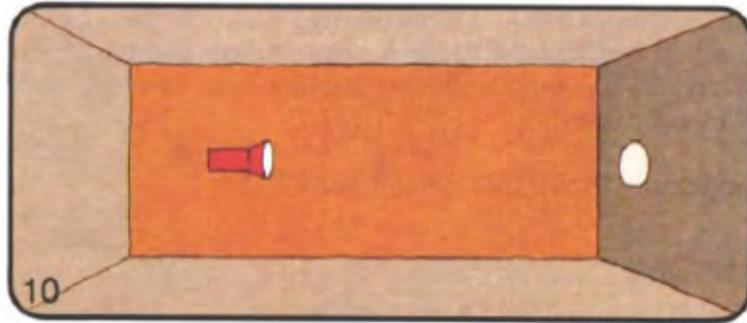
### 练习

1. 强手电筒光比弱手电筒光运动得更快吗？
2. 光从月球运动到地球需要多长时间？月球离地球的距离为 $380,000\text{km}$ 。
3. 声音的速度是 $300\text{m/s}$ 。光速是声速的几倍？
4. 假如你所看到的闪电和所听到的雷声相隔5秒钟，这闪电离你 $1\text{km}$ 远。你如何解释这一现象？
5. 你用手电筒发出 $1/10$ 秒的闪光。这束光有多长？

## 8. 5 透明体、白色物体和黑色物体

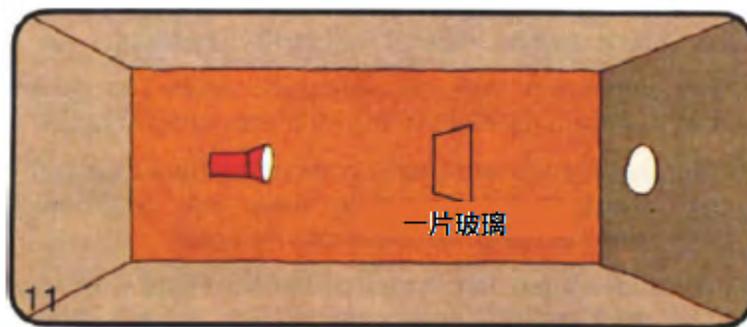
我们来研究光照到不同物体上所发生的情况。为此，我们需要一个暗室和一

一束强光（如一束强手电筒光或投影仪发出的光）。只要你不阻挡这束光，它一定会笔直地运动到墙壁，你会在那里看到一个亮点（图10）。



一束光照射在墙壁上。

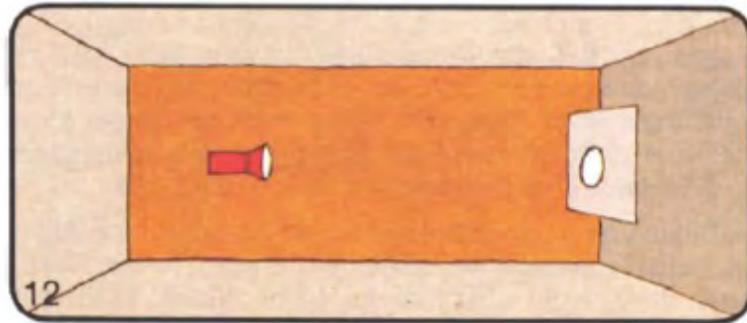
现在，我们将一片玻璃挡在这束光中（图11）。这束光透过玻璃，继续在墙壁上产生一个亮点。因此，有些材料可以让光直接通过它。这种材料是透明的。除了玻璃，有些塑料也是透明的。自然界中许多晶体也是透明的，如石英、钻石。光也能通过水和汽油，当然也能通过空气。



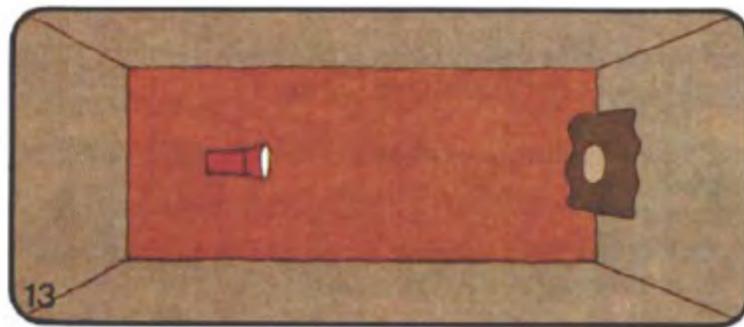
一束光透过玻璃。

现在，我们将一张白纸和一张黑纸或一块黑布挡在这束光中（图12和13），并观察房间中的墙壁。在这两种情况中，墙壁上的亮点消失了。只要把白纸挡在光

束中，房间中的其他墙壁都有点变亮了。另一方面，如果将黑布挡在这束光中，所有墙壁都是黑的。这如何解释？



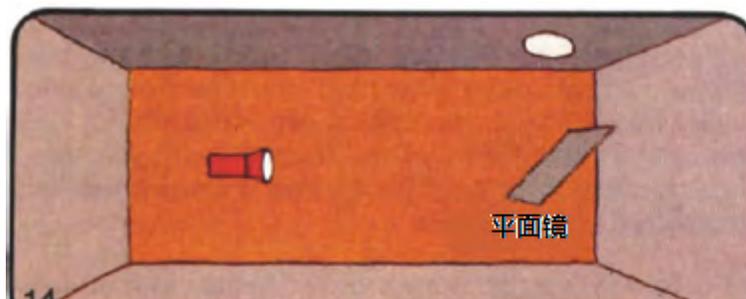
白纸会散射光。



黑纸或黑布会吸收光。

白纸会把光反射回去，导致墙壁变亮了。所有白色物体都会将光反射到各个方向。它会将照射在它上面的光发生**散射**。另一方面，黑布会使光消失。光会被某种材料所**吸收**。所有黑色物体都会吸收入射过来的光。

现在，我们将一个平面镜挡在这束光中（图14）。你会发现，在墙壁的某一地方有一个亮点。平面镜也会反射光。但是，白纸把光反射到各个方向，而平面镜把光反射到某一特定的方向。平面镜扭折了这束光。



平面镜扭折了光束。

现在你已经发现，当光照射到物体上时，有三种情况会发生：

- 它会透过透明物体。
- 如果物体是白色的或是一个平面镜，它会被反射回去。
- 如果物体是黑色的，它会被吸收。

通常，这三种可能的情况中不仅仅发生其中一种，而会同时发生其中两种甚至所有三种。例如，灰色墙壁会把一部分光反射回去，把剩余的光吸收。一张白纸会把大多数入射光反射回去，让很小一部分光透射过去。如果你把这张纸挡在一个光源前，然后在背后去观察，你会看到这个现象。一小部分光甚至会被纸吸收。光射到窗玻璃时，多数光透过去了，但不是全部。你知道剩余的光发生了什么吗？

**小结：**透明物体让光通过，白色物体和反射物将光反射回去，黑色物体把光吸收。

补充材料：S 8.8 和S 8.9

### 练习

1. 举出几个透明物体和不透明物体的名称。它们是由什么物质制成的？
2. 平面镜和白纸都会把光反射回去。它们反射光的方式有何区别？
3. 黑色运动衫并不吸收照射在它上面的所有光。如果它真的把光全部都吸收了，它看上去会怎样？

4. 你也可以将平滑的水面当作平面镜来用。为什么你在水中所看到的像没有比平面镜中所看到的要好？

5. 如果在太阳和地球之间充满着空气，我们将无法再看到太阳。这是为什么？

## 8. 6 光接收器

你可能已经注意到了，黑色物体（如黑色衣服、黑色柏油路）在太阳光下会变得特别热。这是为什么？当光照射在黑色物体上时，黑色物体吸收了光，光消失了。然而，光所携带的能量并没有消失。这能量困在物体中。结果，这物体变热了。

光在光源中产生，并装载上能量。在接收器，光再将能量卸载下来，并消失了。因此，光是不可回收的能量携带者。

白色物体将光和它所携带的能量反射回去，因此不会变热。如果我们不想让物体在太阳光下变热，就必须将它漆成白色。例如，在热带地区的国家，房子都漆成白色。有时，必须保护某种东西避免太阳能的吸收。例如，丙烷气罐必须漆成白色（图15），这样气体就不会变热，气罐就不会爆炸。



丙烷气罐

**小结：**黑色物体是以光能量携带者的能量接收器。它们从光中卸载能量。光卸下能量后消失了。光是不可回收的能量携带者。

补充材料：S8.10和S8.11

### 练习

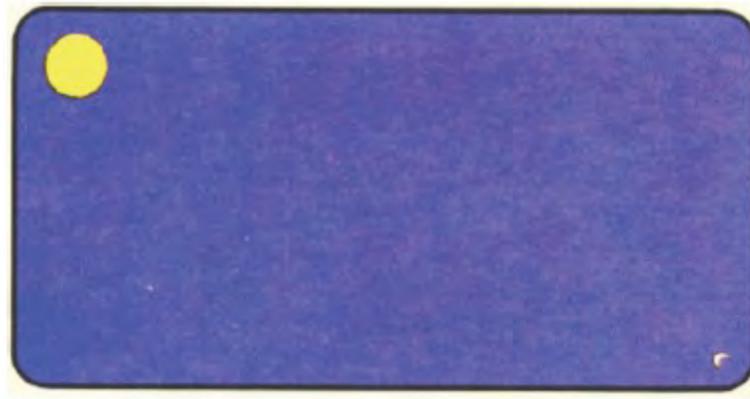
1. 你怎么知道黑色物体从光中卸载了能量？
2. 当光卸下能量后会发生什么情况？

3. 在热带地区的国家，人们穿上白色衣服有什么好处？
4. 为什么冷藏箱要漆成白色？换成反射膜效果是否更好？

## 第8章补充材料

## S 8.1 太阳所发出的能量去哪了？

太阳所辐射的能量惊人地多：每秒有380,000,000,000,000,000,000,000,000kJ。只有其中20亿分之一的能量传递到地球，大多数能量传递到了太空。下图是为了表示传递到地球的那部分能量是如此的少（太阳在左上角，地球在右下角）。然而，这里无法按比例来画。你必须知道，地球实际上还要小很多，地球与太阳之间的距离实际上还要大很多。

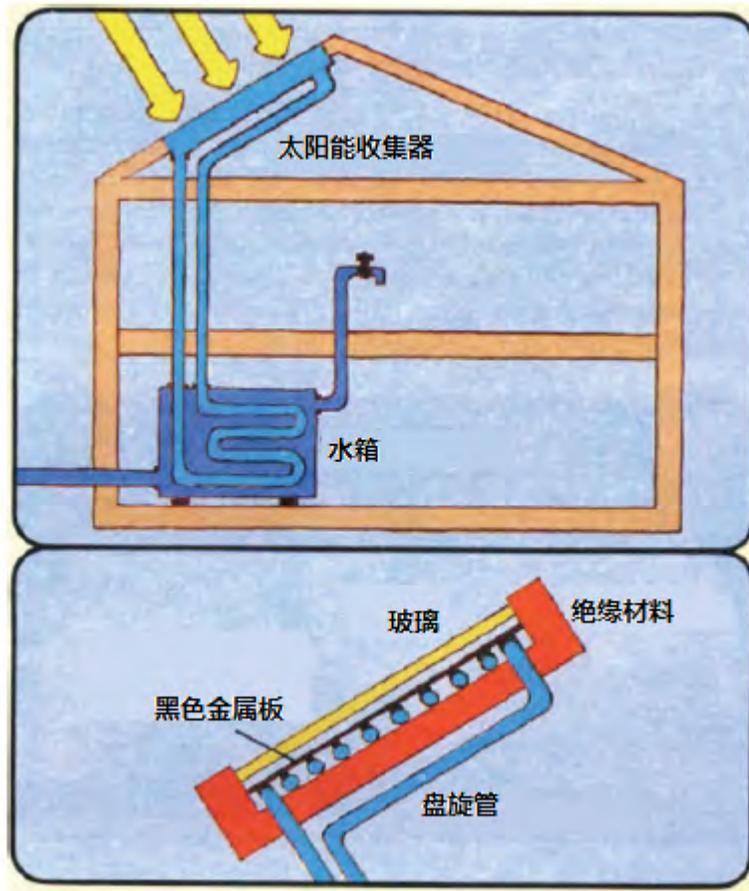


不管怎样，从太阳传递到地球的能量还是很巨大的。在 $1\text{m}^2$ 面积上，每秒大约有1kJ的能量落在地球上。

## S 8.2 太阳能收集器

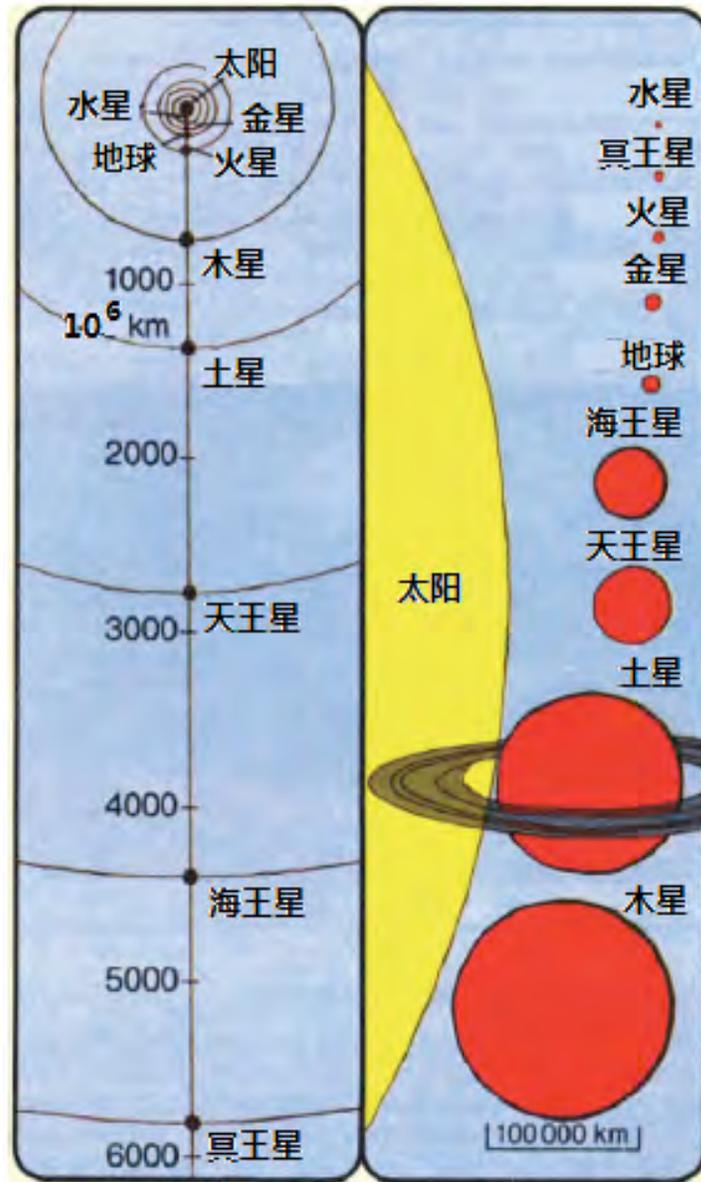
在有些房子中，利用太阳能来给房间中的水加热。太阳能收集器安装在屋顶。下图画出了太阳能收集器的结构。太阳光通过玻璃片照射到黑色金属板上。

黑色金属板由于太阳光的能量而发热。在黑色金属板后面有盘旋管，管子里面有水在流动。通过给水加热，金属板把能量从传递到水。热水通过管道流到房间的地下室，把能量再传递给其他物质，如大水箱中的冷水。来自太阳能收集器的水变冷了，在水箱中的水变热了。水箱中的水可用在家里各个地方。



### S 8.3 太阳系

9颗行星在接近圆的轨道上绕太阳运行。太阳在这些圆轨道的圆心上。所有这些圆轨道几乎在相同的平面上。下面两张图分别表示这些行星的大小和它们的轨道。跟太阳和其他恒星不同，行星是冰冷的，自己不会发光。它们象月球一样吸收太阳光，并反射部分太阳光。



## S 8.4 恒星

你在夜里所看到的天空中的所有星星几乎都会自己发光。这些会自己发光的星星叫作恒星。“恒星”一词表示这些星星看上去象“固定”在天空中一样。与行星相比，恒星似乎是静止不动的。实际上，恒星也是在相互运动着的。但是，因为它们离我们很遥远，又因为各恒星之间相距也很遥远，以至于在一段很长的时间里我们觉察不到它们的运动。

我们用肉眼大约能看到3000颗恒星。如果你有足够的时间去观察的话，借助于大型天文望远镜你可看到几十亿颗恒星。除了太阳，离地球最近的恒星是比邻星。它离地球的距离大约是地球离太阳距离的100,000倍。

人类去行星旅行已经是可以想象的事了，而在近期我们当然不会计划向恒星发射任何空间探测器。到土星的“短”程旅行也要花“先驱者”11号探测器6.5年的时间。到恒星去旅行所需的时间将远远超过人类的寿命。

## S 8.5 光可以看不到的

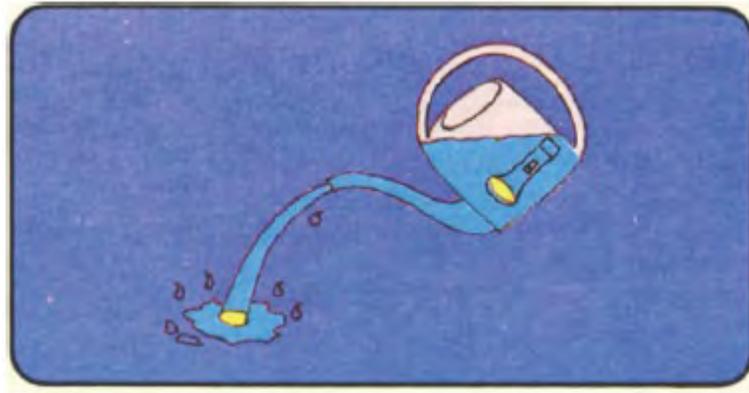
下图是从月球上拍摄到的地球的照片。你能看到这个地球的一部分：太阳光所照射到的地方。天空的其余部分是黑的。这是否意味着这里没有光？这肯定不是。照亮地球的光是从照片上方射过来的。只有在地球下方是它的阴影区域，这里没有光。在这张照片中有光的地方是黑的是由于这样的事实：“从侧面”我们看不到光。



## S 8.6 自制光导

上图告诉你如何用水去制作一个特殊的光导。将一个手电筒放入一只防水塑料袋中。将这个手电筒放入水壶中，并将它发出来的光直接照到水壶的出口处。将水

从壶嘴中倒出来。在水流到地面的那个点，你可看到一个亮点。光线沿着水流传递出来。光之所以无法逃离水流，是因为当它射到水的表面时被反射到水流中。光导纤维就是根据这个原理工作的。



## S 8.7 如何看到过去

光从太阳到达地球需要8分钟。当你看到太阳时，你看到的不是现在的太阳，而是8分钟前的太阳。然而，太阳在8分钟内并没有多大的变化。

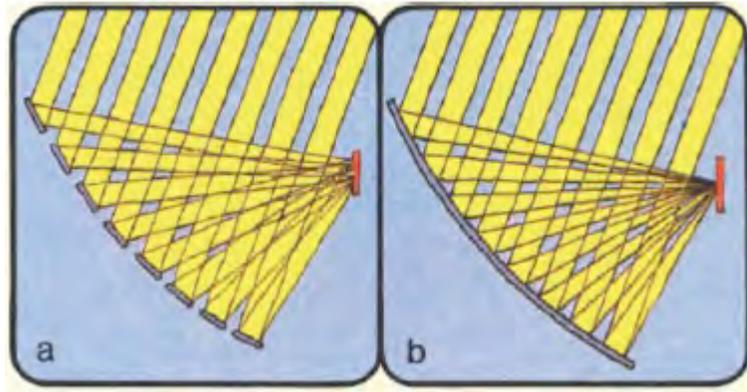
从北河三（双子座 $\beta$ 星）传递到我们的光需要36年。这就是说，北河三离我们有36光年远。因此，当你看到这颗星时，你看到的是36年前的它。你用肉眼（不用望远镜）仍能看到的最远的星星离我们有2百万光年远。因此，我们刚看到的星星是2百万年前的星星。它们中的有些星星已经早就不存在了。

我们观察到的太空越遥远，我们看到的越是遥远的过去。

## S 8.8 凹面镜

用平面镜你可以将很大范围的光束射到一个小的区域（左图）。

不用这许多小的平面镜，你也可以用一个大的凹面镜来实现左图的效果（右图）。



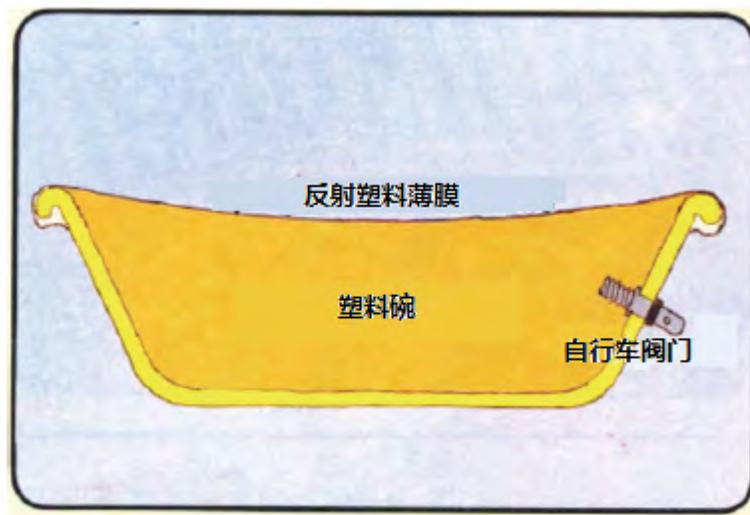
下图是一个能“收集”太阳光的太阳炉的照片。在太阳光聚集的那个点，温度可到达 $3800^{\circ}\text{C}$ 。这个工厂坐落在比利牛斯山脉。它可用来熔化某些金属。



## S8.9 怎样自制一个大的凹面镜

你需要：

- 一只直径大约为40cm的塑料碗
- 一个自行车阀门
- 能粘合塑料和金属的黏合剂
- 反射塑料薄膜（在装饰品商店可以买到）



在塑料碗上打个洞，再将自行车阀门安装在这个洞中，如图所示。用黏合剂将碗的四周镀一边，将塑料薄膜紧紧地贴在碗的边缘，并保证不起皱。在碗的边缘必须牢牢地贴住，用塑料薄膜将碗密封起来，不能漏气。等黏合剂干燥后，用自行车阀门将碗中的一部分空气抽出来。这时，塑料薄膜被外界的空气压进碗中，形成一个凹面镜。空气抽出得越多，镜面就凹得越深。



用这个凹面镜你可以聚集太阳光，使纸张立即燃烧起来。如果你将光聚集在一个盛水的小黑色罐头，几分钟后水就会沸腾（见上图）。

**注意！**

用凹面镜做实验是危险的！手拿凹面镜比手拿火柴更危险。你能看到燃烧的火柴。你也知道正在燃料的物体上什么地方不能用手去拿。但你看不到光通过凹面镜聚焦的那个点（光可以看不到的，见S 8.5）。如果这个点落在你的衣服上，你的衣服就会燃烧。如果它落在你的皮肤上，你的皮肤会烧烤。最危险的情况是，它落到了你的眼睛上。烧烤过的皮肤会重新长好，但眼睛不会重新长。

在凹面镜不使用时，要把它面朝下放置。假如你把它放在窗门旁，并将其反射面朝上。太阳的位置在一天当中不断地变化着。太阳光聚焦的那个点会移动到窗帘，然后.....

## **S 8.10 希尔达公民做错什么了？**

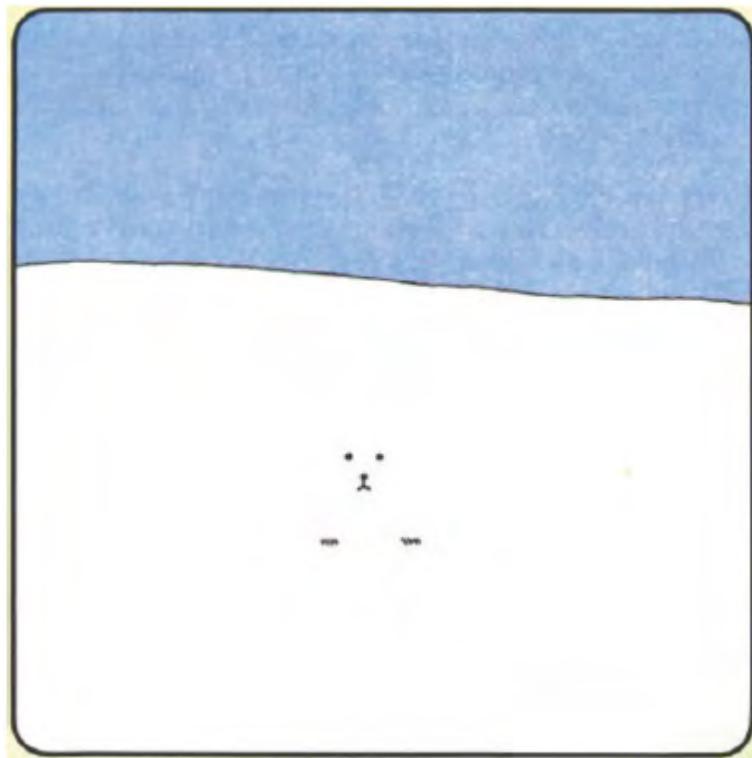
希尔达公民曾经建造了一个没有窗门的市政厅。为了让市政厅的房间光线充足，他们在建筑物中带来了盛光的袋子。他们认为，一旦光进入袋子里面，光就留在那里了。你会认为，你无法这样做？为什么？

请你设想一下，怎样建造一座能把你带进来的光保存起来的建筑物？

## **S 8.11 什么叫“看见”？**

当从一个物体发射出来的光进入我们的眼睛，我们就看到了它。我们的眼睛是光接收器。瞳孔是一个小孔，通过透明的角膜来关闭。光通过瞳孔进入眼睛。你知道为什么瞳孔看上去是黑的？

要看见一个物体，光靠这个物体发光是不够的。你看不见雪地中的北极熊（见下图），尽管这里有足够的光。看见一个物体的条件还有：来自物体不同部分的光必须有不同的数量。



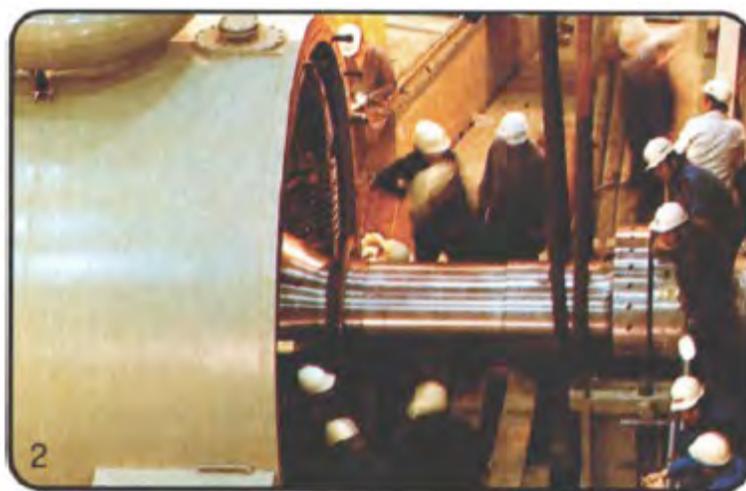
## 9. 能量携带者“角动量”

### 9. 1 流过传动轴的能量

在许多机器中，能量通过一根传动轴从一个地方传递到另一个地方。因此，能量通过传动轴在这些机器之间流动。



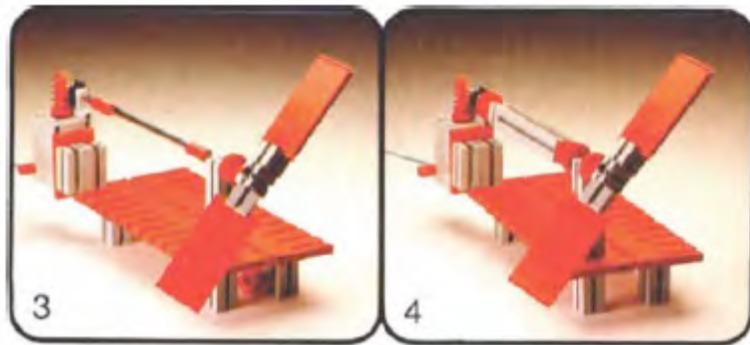
如果你观察一下卡车底部，你能看到万向轴（图1）。能量通过它从发动机传递到后轮。



在发电厂中，工人们正在汽轮机和发电机之安装传动轴。

图2中有一根连接汽轮机和发电机的轴。能量通过它从汽轮机流到发电机。图3是一个自制的电扇。能量通过转轴从电动机流到螺旋桨。传动轴多数是圆柱形

的，并用铁制成。但这并不一定。图4跟图3一样，也是电扇，但其转轴的截面不是圆的而是方的，并用塑料制成。



在左图，能量通过圆的铁制转轴流动。在右图，能量通过方的塑料转轴流动。

这些机器的能量携带者是什么？也许你会认为是转轴。但实际上不是。能量携带者从能源运动到接收器，但转轴并没有这样运动。它仅仅绕自身转动。转轴不是能量携带者，而是能量携带者流动的通道。这能量携带者通过转轴与能量一起流动。

也许它是否就是我们已经熟悉的几个能量携带者之一？水、汽油或压缩空气肯定不是，因为转轴并不是空心的。还有，会不会是电？电也不可能。电只能在金属中流动，但转轴也可以用塑料制成（图4）。

通过转轴携带能量的携带者对我们来说是新的。它叫**角动量**。这种能量携带者既看不见，也摸不着。但不管怎样，你将会知道，你能感受到它。

在图1中，能量与角动量从发动机流到后轴。在发电厂，角动量将能量从汽轮机携带到发电机。

**小结：**当能量通过转轴流动时，其携带者是角动量。

补充材料： S9.1和S. 9.2

### 练习

1. 请举出几个能量在转轴中流动的例子。

2. 你还知道哪些看不见的能量携带者？

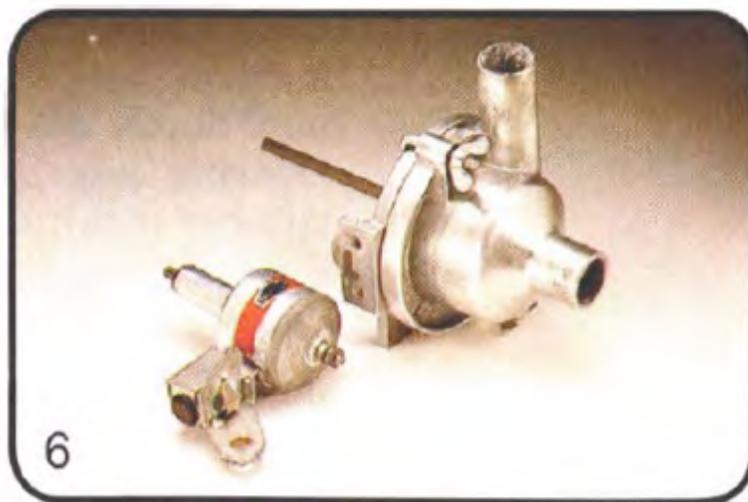
## 9. 2 角动量在能源和能量接收器之间传递能量

将能量载荷到角动量的能源是容易识别的。它们几乎都有一根转轴连接着。



以角动量为携带者的能源：水轮机、电动机、汽油发动机

这种能量包括电动机、汽油发动机、风轮机、水轮机。你也能用角动量来卸载能量。当你要让某些物体转动时（例如，运行咖啡研磨机，用券笔刀削铅笔），你就在用角动量卸载能量。



以角动量为携带者的能量接收器：自行车发电机，水泵

我们同样容易识别以角动量为携带者卸载能量的能量接收器。它们也有一根转轴（图6）。它们包括发电机、螺旋桨、水泵。如果能量接收器所吸收的能量不来自机器，而来自人，它们通常有一个曲轴：咖啡研磨机、杏仁研磨机、钻头（图7）。



以角动量为携带者卸载能量的能量接收器：钻头、咖啡研磨机、杏仁研磨机

**小结：**以角动量为能量携带者的能源和能量接收器可以通过转轴来识别。

补充材料：S 9.3和S 9.4

### 练习

1. 写出几个用携带者角动量提供能量的能源的名称。你是怎样识别它们的？
2. 写出几个用携带者角动量接收能量的能量接收器的名称。你是怎样识别它们的？
3. 汽车发动机用能量携带者“角动量”和“传动皮带”卸载能量。什么地方能量与角动量一起流动？什么地方能量与传动皮带一起流动？
4. 我们怎样识别通过携带者角动量向人接收能量的装置？请写出几个这种装

置的名称。

### 9.3 角动量需要回路

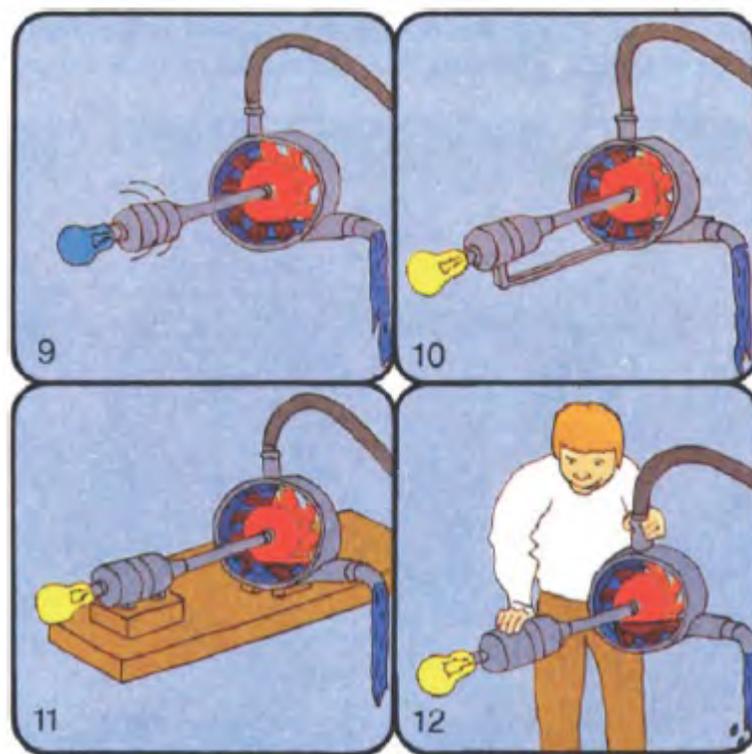
角动量是看不见的。然而，我们还是可以知道关于角动量的更多情况。到现在为止，我们已经能确定每个能量携带者是可回收的还是不可回收的。角动量是可回收的还是不可回收的？可回收的能量携带者可从以下事实中来确认：能源和能量接收器之间的连接通路有两条，一条是去路，另一条是回路。另一方面，不可回收的能量携带者只有一条通路。

用角动量传递能量时，能源和能量接收器之间有一条还是两条通路？初一看，答案是明显的：能源和能量接收器只用一根转轴连接。因此，角动量是不可回收的能量携带者。然而，让我们来作进一步的分析。

图8是一个水力发电厂的模型。图中后面是一台水轮机，前面是一台发电机。发电机上连接了一个电灯。水轮机和发电机之间用一根转轴连接。我们让水流入水轮机。水轮机开始转动，与水轮机相连的发电机的转轴也开始跟着转动。如果能量通过转轴从水轮机流到了发电机，这电灯会发亮。但它没有亮。显然，它没有从发电机那里获得能量。这意味着，发电机没有从水轮机获得能量。



这到底是怎么回事？这个“发电机”的结构出了问题。发电机悬挂在空中。这就导致不但发电机的转轴在转动，整台发电机（包括电灯）都在转动（图9）。

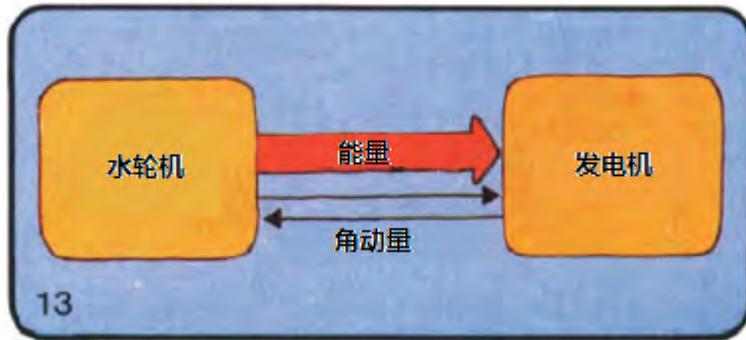


要让这个“发电厂”运行，必须把发电机支撑起来。图10画出了改装后的发电厂。我们用第二根杆将发电机与水轮机连接起来了。这时，电灯亮了。因此，水轮机和发电机之间必须有两个通道。装载着能量的角动量通过其中一个通道从能源流到接收器。没有装载能量的角动量通过另一通道空着流回去。角动量需要回路。你看，我们当时多么仓促地把角动量叫作不可回收的能量携带者了。角动量是可回收的能量携带者。

我们用不着安装第二根杆，而直接将水轮机和发电机安装在同一块底板上（图11）。这块底板就是回路。或者，我们可以用两只手分别提着它们（图12）。这时，角动量将通过我们的手臂和身体流回去。

如果能源和能量接收器足够重，我们甚至可以将它们放在桌子上。这样，角动量会通过桌子流回去。

现在我们可以来画这个发电厂模型的能流图了（图13）。



**小结：**角动量需要回路。它是可回收的能量携带者。

补充材料：S 9.5

### 练习

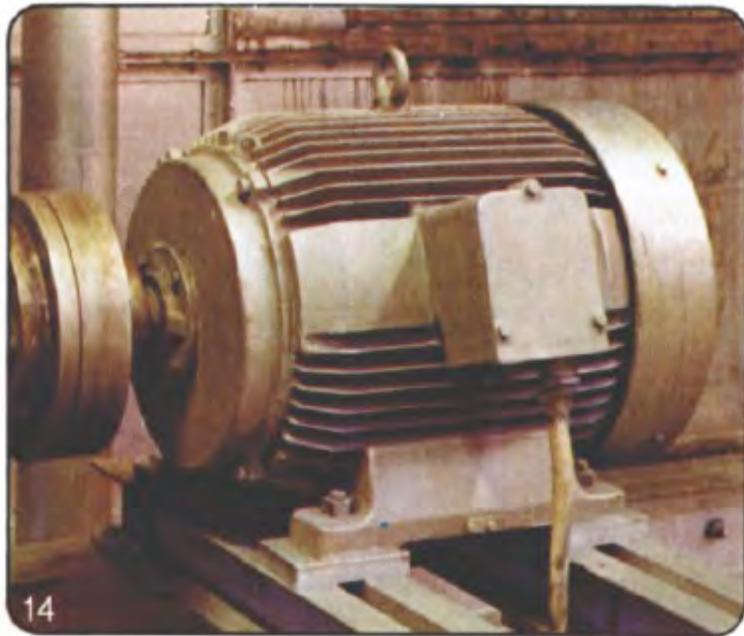
1. 请画出用电动机驱动咖啡研磨机的能流图。

2. 想象一下：在图12中，如果用两个人（而不是一个人）去拿水轮机和发电机（一人拿水轮机，另一人拿发电机），发电机能获得能量吗？这个角动量流路是闭合的吗？角动量沿什么路径流动？

## 9. 4 为什么角动量回路通常不易觉察？

很明显，电作为能量携带者需要两个通道：用电器的电源插座有两个销。初一看，我们看不出角动量需要两个通道。在火力发电厂，角动量能过汽轮机和发电机所固定的地基流回。在电动咖啡研磨机中，角动量通过外壳从研磨机流回到电动机。

因此，能源和能量接收器所安装的“底座”总是作为回路来使用。你不会注意到这条回路，因为这个底座一直就在那里。我们无需为回路专门制作一条通路，这是为了省材料。



我们在前面也上过类似的当。在分析自行车电灯时，我们也上过这样的当，只不过其能量携带者是电。自行车发电机和电灯只用一根电线连接，虽然电需要两个通道。（电是可回收的能量携带者！）对于自行车电灯，其第二个通道是车架。它充当了一根电线。对于角动量流，底座充当了第二个通道，即第二根转轴。

无论如何，我们必须确保这第二个通道也是正常的，尤其当角动量流很大的时候。图14告诉我们，一台大型电动机是怎样固定在钢架上的。角动量通过螺钉从底座流回到电动机。

**小结：**能源和能量接收器所安装的“底座”通常作为角动量的回路来使用。

补充材料：S 9.6

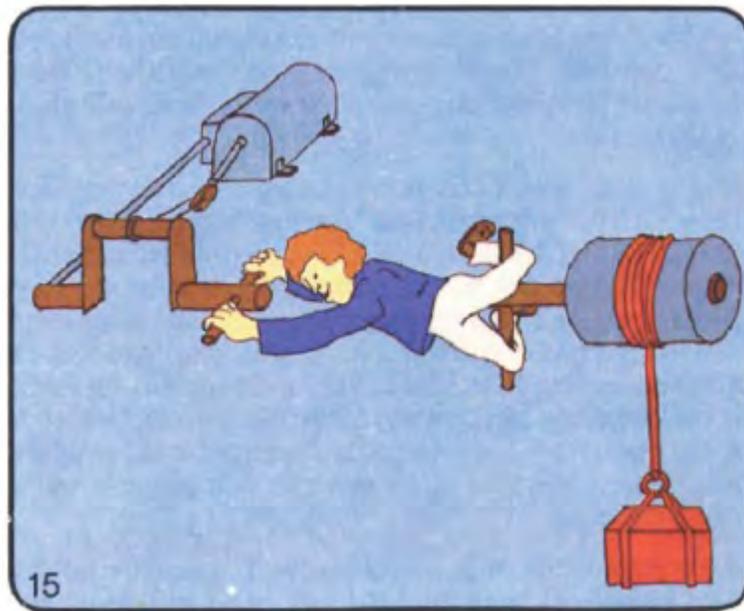
### 练习

1. 当你在一块铁上钻洞时，你必须将它夹紧在台钳上。为什么？
2. 有人用钻头在墙壁上钻孔。能量沿什么路径流动？角动量沿什么路径流动？

## 9. 5 感受角动量流

你知道，当电流过你的身体时，你会感到不舒服。只有当电流很弱时，你会感觉不到它。对于角动量也同样。很小的角动量流（如在图12所示的实验中）不会被觉察到。然而，大的角动量流是可以被觉察到的，也是有危险的。

当角动量流过你的身体时，你所感受到的情况可以这样来描述：角动量流想“扭转”你（图15）。



角动量流想扭转这个人。

如果角动量不通过人体，而通过其他物体，这物体也能“感受”到这种扭转。有时，你甚至能看到这种扭转。

剪一断长方形的塑料，并将它接到一个动量流路中（图16）。当角动量流过这片塑料时，它被扭曲了。当然，这支铅笔也有与这片塑料相同的感受，但你看不到它被扭曲了，因为它太硬了。



图17用能流图表示削铅笔时能量和角动量的流动情况。角动量携带着能量从右手的肌肉通过铅笔流到卷笔刀的刀片。在这里，角动量将能量卸载下来，自己通过左手手臂、身体和右手手臂流回到右手的肌肉。你容易看出，在来去的路径中，角动量流的大小是相同的。在回路中直接插入塑料片（图18）。这塑料片的扭曲情况跟去路中的塑料片完全一样。

其他的角动量流路也是这样的。在图2所示的角动量流路中，角动量从汽轮机流到发电机，并载上能量。汽轮机的转轴感受到被扭转。角动量通过底座空着流回汽轮机。底座也感受到被扭转。

**小结：**角动量流要使它所流过的物体发生扭曲。

## 第9章 补充材料

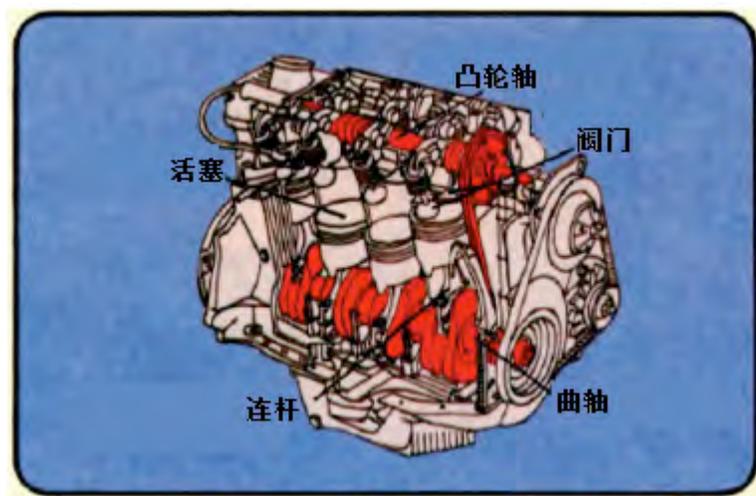
### S 9.1 转轴

有些转轴用于某些场合，有自己的名称。下面举几例：

**万向轴：**在许多汽车中，发动机安装在前面，但后轮却是驱动轮。能量通过万向轴从前面传到后面。由于后轴与底座没有紧密连结，这个轴有两个连接，即万向连接。在卡车中，这个轴能清楚地看到（9.1节，图1）。

**曲轴：**在汽油和柴油发动机中，能量通过转轴从活塞传递出去。根据其形状，我们叫它曲轴。

**凸轮轴：**曲轴通常通过链条驱动凸轮轴。通过连杆，凸轮轴控制发动机阀门的开关。



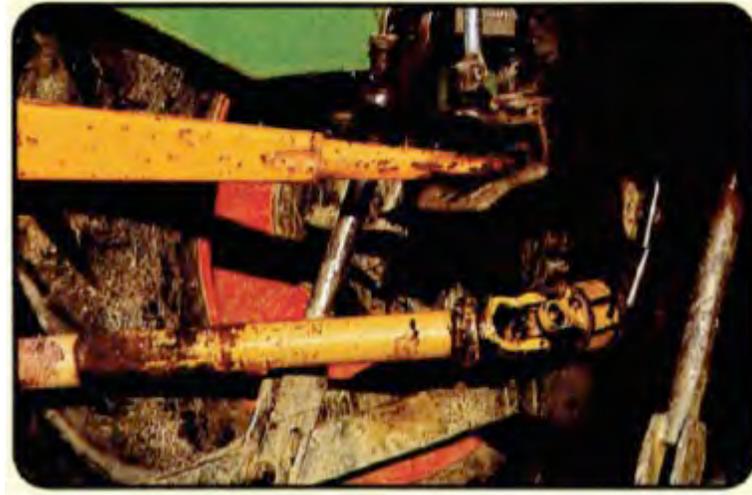
**PTO（动力输出轴）：**辅助设备可以与牵引车相连。许多辅助设备（如茎秆压捆机、自装式搬运车、甜菜收获机）需要用携带者角动量来提供能量。这些设备通过动力输出轴从牵引车获取能量。动力输出轴安装在牵引车后部的拖车挂钩下面（见S9.2插图）。

### S 9.2 PTO和液压驱动

牵引车有两种动力连接：

1. PTO连接。这里，能量通过携带者角动量来传递。

2. 用两条液压管连接。这里，能量通过携带者液压油传递。一根液压管用于进路，另一根用于回路。



现在，越来越多的辅助设备用液压的方式来驱动。这是因为，安装管子比安装转轴要容易，特别在能量需要绕几个转弯处流动时。

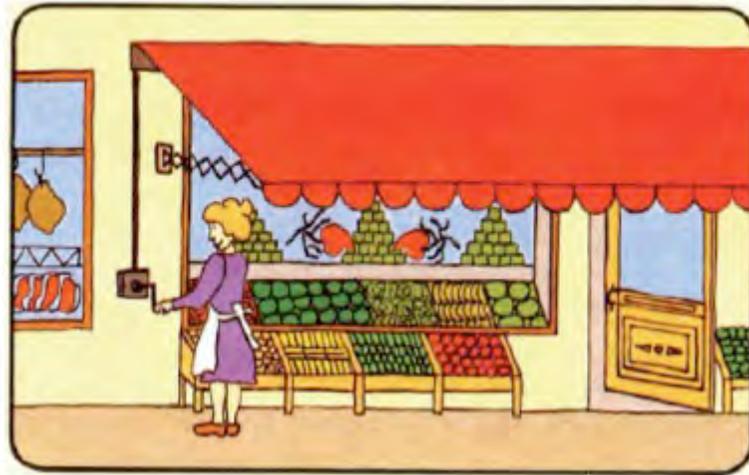
### S 9.3 转轴和传动皮带

我们已经知道了在另一情境中用角动量来传递能量的能源。它们也可以将能量转载到另外的携带者：传动皮带或链条。你所要做的工作是在转轴上连接一个滑轮或链轮。同样，我们已经列出的能量接收器不但可以通过角动量来接收能量，也可以通过皮带或链条来接收能量。

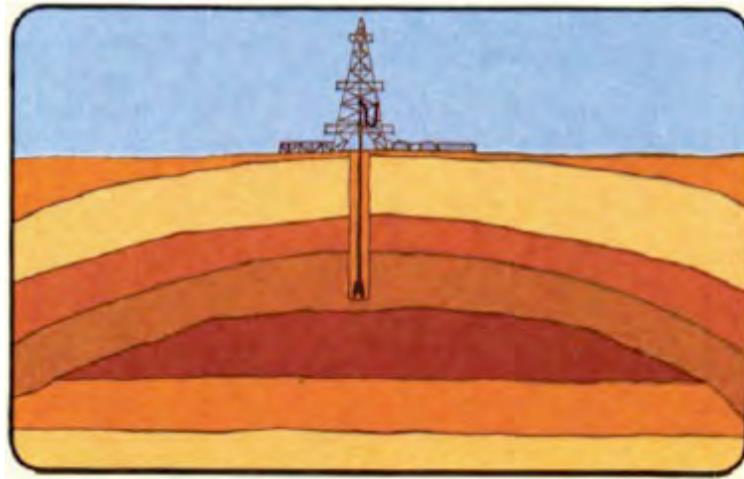
下图是两辆摩托车。在这两辆摩托车中，发动机是能源，后轮是相应的能量接收器。在上图中，链条是能量携带者。在下图所示的摩托车中有万向驱动轴。发动机和后轮用转轴相连。因此，这里的能量携带者是角动量。



#### S 9.4 用角动量传递能量的两个例子



在屋顶需要有能量将活动顶篷卷上去。在底部有一个曲轴。角动量将能量从曲轴携带到卷轴。角动量与能量一起通过竖直转轴（图中左边）向上流动。



在井孔底部需要能量。其能源是安装在地面上的电动机。能量由角动量往下传递。角动量与能量一起通过钻探管向下流动。

## S 9.5 一个简单的角动量流路

你需要下列器材：

- 手提电钻
- 小发电机（多数玩具电动机可用作发电机）
- 手电筒中的电灯

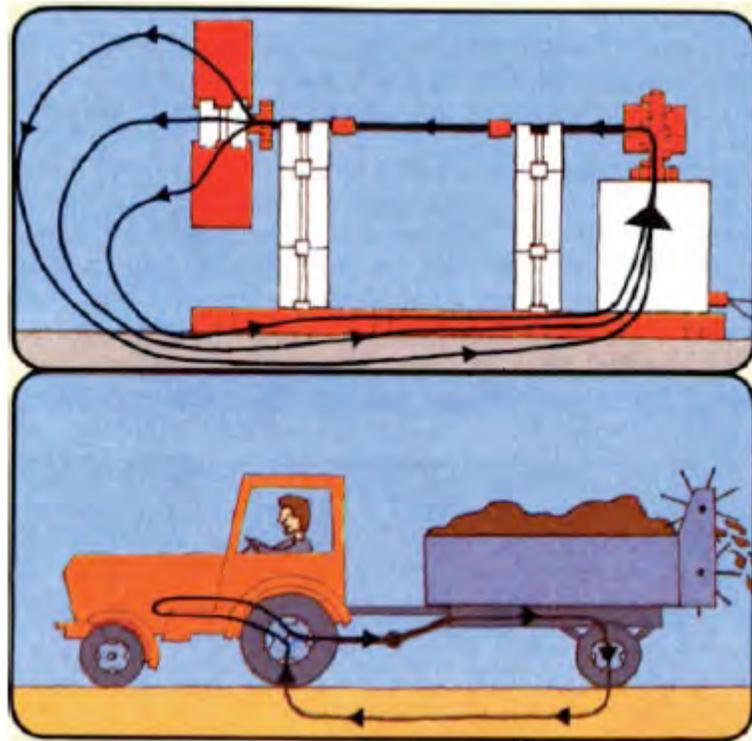


先将电灯与发电机相连。用电钻驱动发电机，换句话说，发电机将用携带者角动量从电钻吸取能量。为此，发电机的转轴必须夹到电钻的钻头夹盘中。现在我们

用双手拿住电钻，让它转动起来。这时电灯会亮吗？然后，我们用一只手拿电钻，另一只手拿发电机。当电钻转动时，电灯会亮吗？角动量沿什么路径流动？

## S 9.6 想不到的角动量流路

通常，角动量回路不易找到。这是因为，有时角动量流过的路径是想不到的。



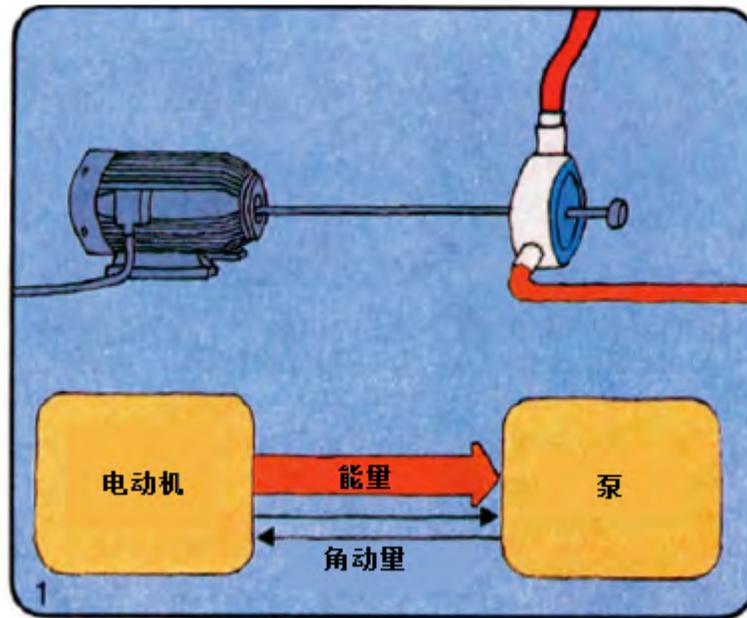
在电扇中，角动量从电动机流到电扇叶片，再通过空气从电扇叶片流到大地，然后从大地流回到电动机。

用牵引车拉一辆拖车时，角动量从牵引车中的发动机通过PTO流到拖车，再通过拖车的轮子流到大地，再通过牵引车的后轮从大地流回到牵引车的发动机。

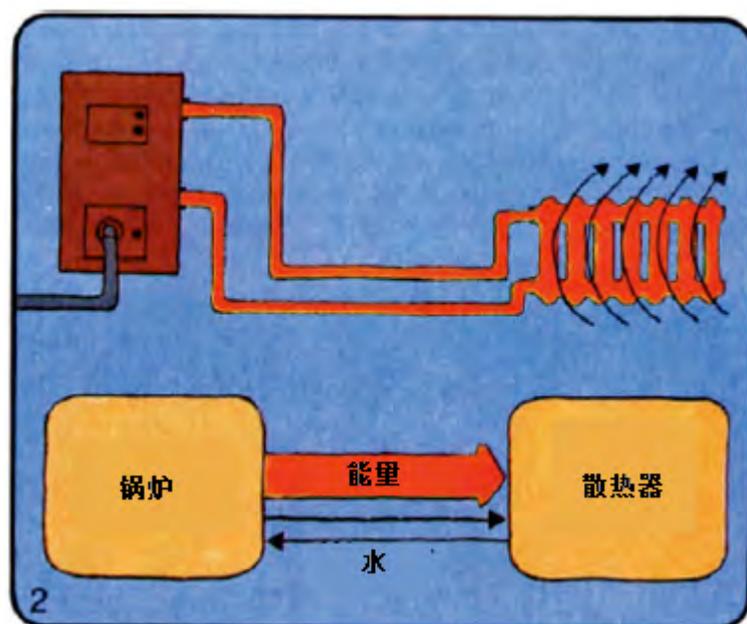
## 10. 能量收发器

### 10. 1 能源和能量接收器传递能量

能源顾名思义就是能量之源。然而，能源的能量又来自何处？来自别的能源？我们来看图1。这里，电动机是能源，电灯是能量接收器。这可从图1的下部分看出。



在中央供热系统中（图2），锅炉是能源，散热器是能量接收器。



在图1的上部分中你可看到，电动机通过电缆获得能量。同样，在图2中的锅炉通过管道中的燃油获得能量。能源不但有能量的出口，也有能量的进口。因此，电动机和锅炉不但是能源，同时也是能量接收器。然而，能源获得能量时的能量携带者与释放能量时的能量携带者不同。

现在我们来查看图1和2中的能量接收器：泵和散热器。它们接收到的能量后来去哪了？与角动量一起流入水泵的能量后来与水一起流出，与热水一起流入散热器的能量后来与流过散热器的空气一起离开散热器。能量接收器也有能量输入端和输出端。它们不但是能量接收器，同时也是能源。然而，它们释放能量时的能量携带者与吸收能量时的能量携带者不同。

因此，我们叫作能源的装置也是能量接收器，我们叫作能量接收器的装置也是能源。所有这些装置实际上在做一件相同的事：它们把能量从一个能量携带者传递给另一个能量携带者。我们把它们叫作**能量收发器**。

电动机把能量从电传递给角动量。

水泵把能量从角动量传递给水。

锅炉把能量从燃油传递给水。

散热器把能量从水传递给空气。

由于许多装置都是能量收发器，因此有必要用特别的图来表示它们。你可根据已经知道的知识来画出这样的图。我们来看能量收发器“锅炉”：锅炉是能量接收器（图3上），也是能源（图3中）。如果将两个图叠加起来，我们就得到了图3下。

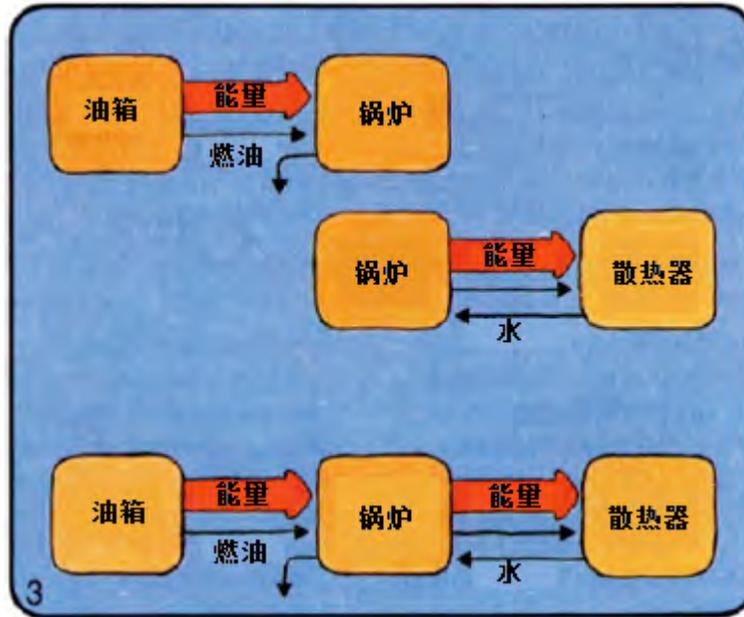
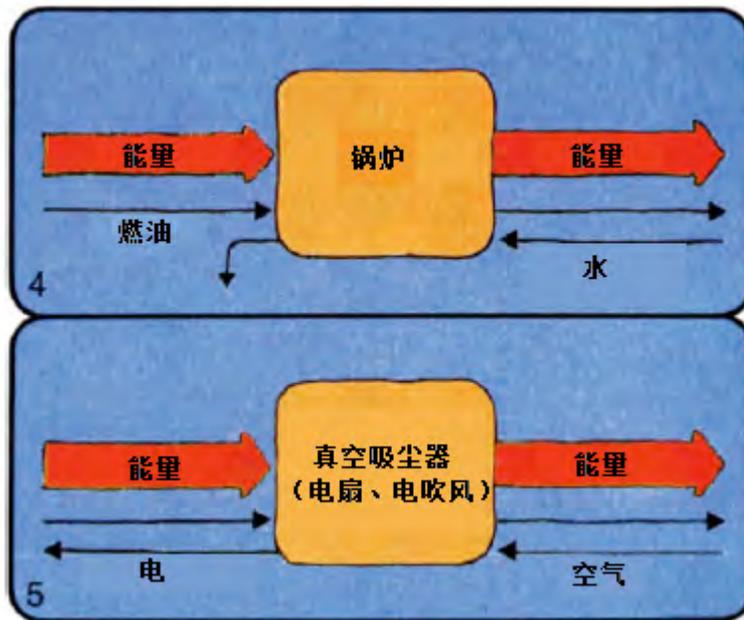


图4只画出了表示锅炉的图。你从中可以清楚地看出锅炉的功能：它将能量从燃油传递给水。



一个图是对一个装置很简单的描述。你无法确定图4是中央供热系统的锅炉还是大型发电厂中锅炉房。

如图5所示的图可能是：真空吸尘器的流图、电扇的流图或电吹风的流图。尽

管这三种装置在许多方面是不同的，但它们有一个共同的特点：它们都将能量从电传递到运动的空气。

**小结：**电动机、水泵、锅炉、散热器都是能量收发器。它们将能量从一个能量携带者传递给另一个能量携带者。

补充材料：S10.1

### 练习

1. 写出几种能量收发器的名称。指出它们接收能量时的能量携带者和释放能量时的能量携带者。

2. 画出下列装置的能流图：

a)汽油机，

b)白炽灯，

c)风轮机，

d)发电机。

3. 下面几种情况中，哪个能量收发器在传递能量？

a)将能量从角动量传递给电

b)将能量从光传递给电

c)将能量从食物传递给角动量

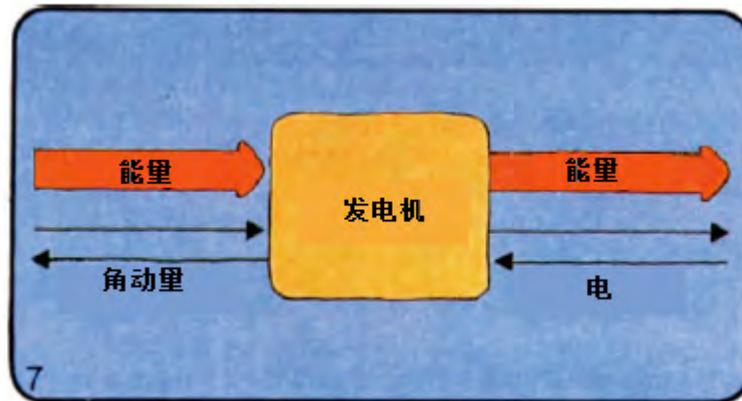
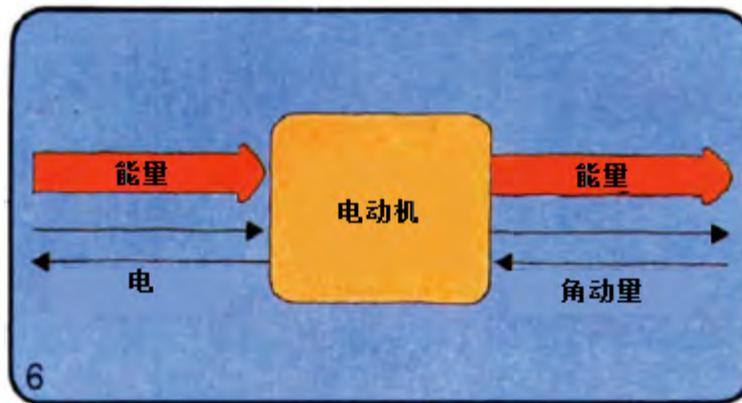
d)将能量从空气传递给角动量

e)将能量从燃油传递给空气

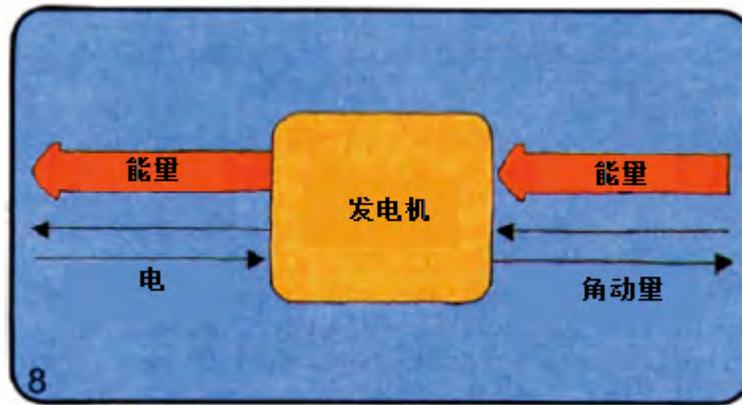
f)将能量从柴油传递给角动量

## 10. 2 把电动机变为发电机

图6和图7是电动机和发电机的能流图。不知道电动机和发电机的人很容易从这两个图中看出这两个装置的功能：电动机将能量从电传递给角动量，发电机将能量从角动量传递给电。发电机在做电动机相反的工作。

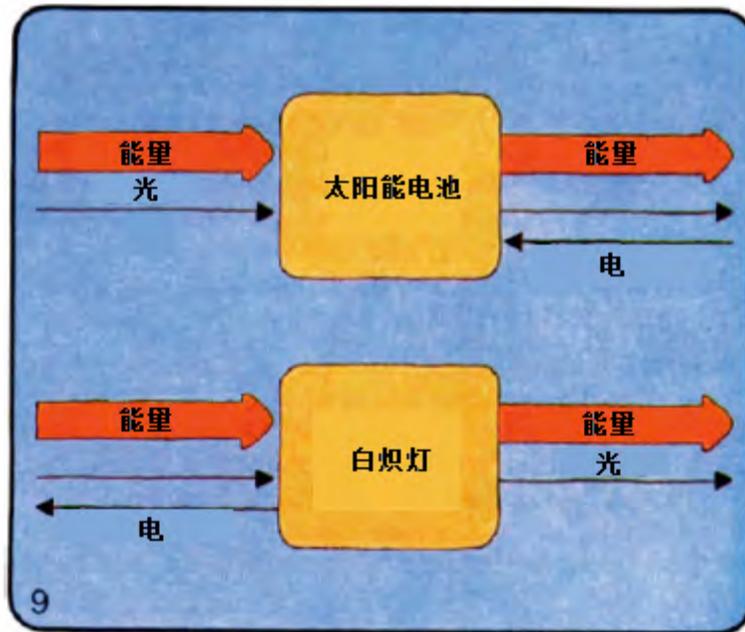


你可以容易地将电动机的能流图转换为发电机的能流图：你只要将图6的所有箭头方向反一下就是了（图8）。



如果你不习惯看从右向左的能流，你可以将图整个地反转一下。（这个图仍是发电机的能流图。）这样，你就得到了图7。

正象“电动机/发电机”这对装置的能流图仅仅是箭头方向不同，“太阳能电池/电灯”这对装置的能流图也是这样的。太阳能电池将能量从光传递给电，电灯将能量从电传递给光（图9）。



通常，在能流图中只有箭头方向不同的能量收发器是完全不同的两个装置。然而，有时我们可以用同一个装置来实现两个不同方向的能量传递。

将一个玩具电动机接上电池。它将能量从电传递给角动量。

现在，将这台电动机接上一个小灯泡，再与手提电钻的转轴相连（图 S9.5）。在适当的位置握住电钻和玩具电动机，使电钻转动起来。这时，电灯亮了。玩具电动机现在变成发电机了。同样，有些水泵也能变成水轮机或液压马达。

**小结：**电动机/发电机、太阳能电池/白炽灯、水泵/水轮机都是能流图箭头方向相反的一对装置。有些电动机可变成发电机，有些水泵可变成水轮机。

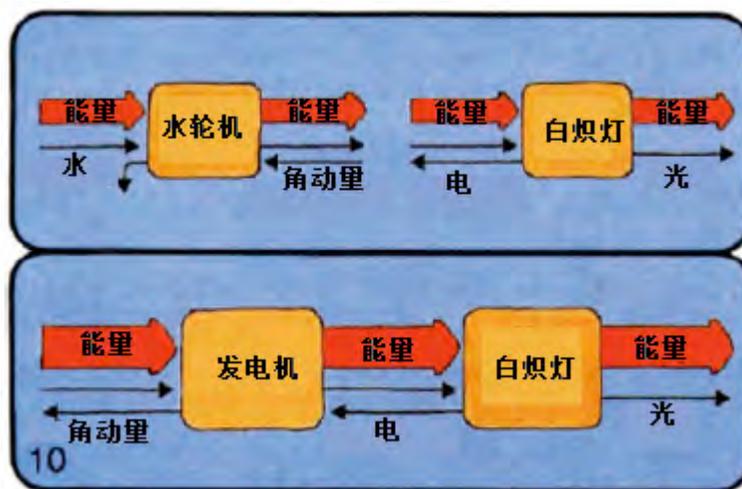
补充材料：S 10.2和S 10.3

### 练习

1. 画出水泵和水轮机的能流图。你怎样从一个图得到另一个图？
2. 画出风轮机的能流图。有没有能流图的箭头与这个图的箭头相反的能量收发器？
3. 同一台装置，能量既可以流入，也可以流出。写出这台装置相应的两个名称。

### 10.3 能量收发器的相互耦合

到现在为止，我们只看到单独的能量收发器。然而，你也许已经注意到了，能量收发器可以相互耦合。我们在前面已经实现了这种耦合。然而，我们可以从中观察到一条法则。也许你可以从图10中自己发现这条法则。为什么你不能将白炽灯和水轮机耦合起来（图10上），而能将白炽灯与发电机耦合起来（图10下）？



从水轮机流出来的能量仅仅由角动量携带。然而，流入白炽灯的能量仅仅由电携带。这两个能量收发器无法耦合。另一方面，发电机和白炽灯可以耦合，这是因为从发电机流出的能量由电携带，并且可以与电一起流入白炽灯。

因此，两个能量收发器耦合的法则是：从第一个能量收发器流出来的能量携带者必须与流入第二个能量收发器的能量携带者相同。

发电机之所以可以与水轮机耦合（图11上），是因为从水轮机流出来的能量和流入发电机的能量都是由角动量携带的（两台机器都有转轴）。

你也许已经注意到了，把它们耦合在一起刚好组成了水力发电厂。取掉中间的连接，我们可以把水力发电厂用一个图单独画出来。如果我们对发电厂的内部结构不感兴趣，图11下面的能流图就足以用来表示它了。

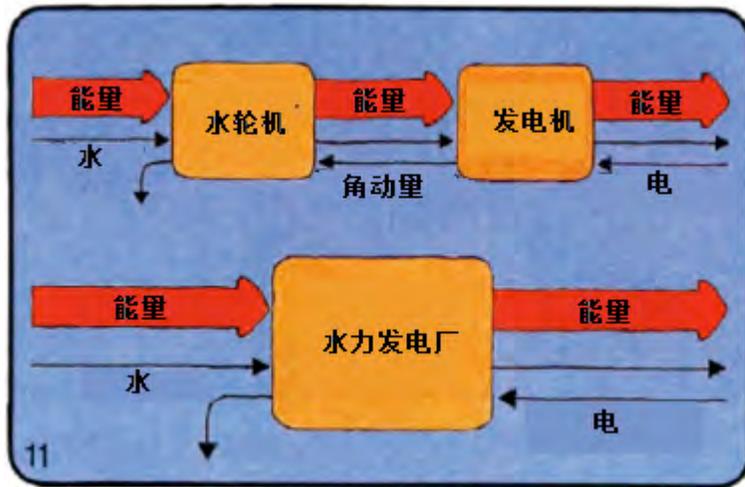
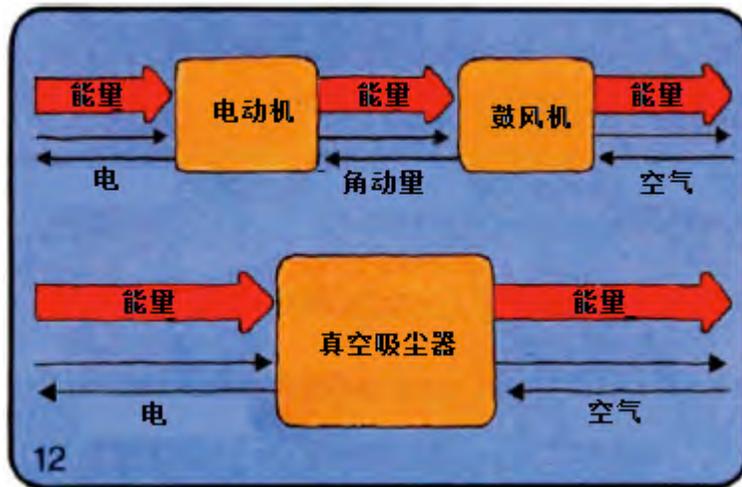
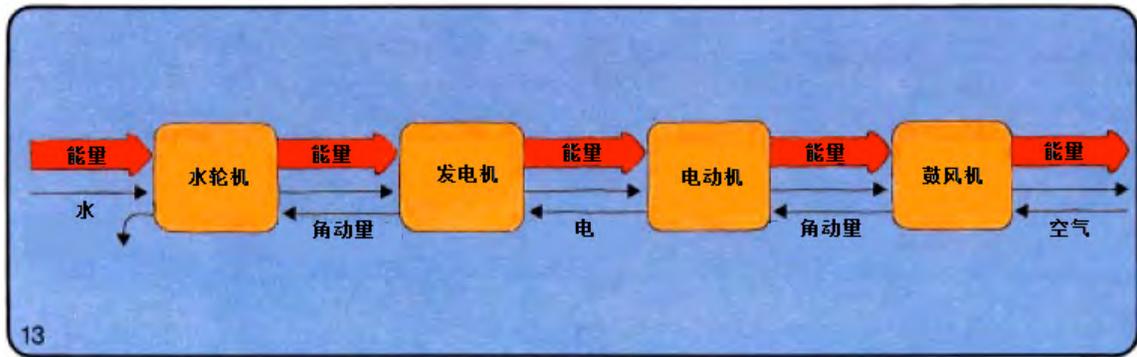


图12下面是真空吸尘器的能流图。把它拆开后的能流图如图12的上图所示。



当然，我们也可以把两个以上的能量收发器耦合起来。你可以建立一个能量收发器链。图13画出了从水力发电厂到真空吸尘器的能流图。能量从水力发电厂流到真空吸尘器总共被收发了四次。



**小结：**两个能量收发器耦合后成为一个新的能量收发器。从第一个能量收发器流出来的能量携带者必须与流入第二个能量收发器的能量携带者相同。

补充材料：S 10.4

### 练习

1. 在将两个能量收发器耦合时，你必须注意到什么？
2. 如果能让汽油机给电灯供电，在汽油机和电灯之间必须插入怎样的能量收发器？
3. 请画一个很长的但实际不存在的能量收发器链。
4. 请画一个尽可能是最长的且实际存在的能量收发器链。
5. 用下面两种方式画出电动水泵的能流图：
  - a) 只用一个能流图，
  - b) 用两个耦合的能流图。
6. 用两个能量收发器分别组装成下面的能量收发器，并画出相应的能流图：
  - a) 电动水泵
  - b) 汽油水泵
  - c) 风轮水泵（在西班牙马略卡岛有这种水泵）

## 10. 4 能量收发器的分类

在这本书中你所看到的许多装置是能量收发器。我们已经把它们列在表中了。我们想看看你对这张表的理解程度如何。如果你从表中“太阳能电池”这个词往最左边看，你会知道与能量一起流入太阳能电池的能量携带者是光。如果你从表中“太阳能电池”这个词往最上端看，你会知道与能量一起流出太阳能电池的能量携带者是电。用同样的方法你可从这张表中知道流入或流出其他装置的能量携带者，如与能量一起流入“散热器”的能量携带者是“热水”，流出散热器的能量携带者是“热空气”。

	从能量收发器流出的能量携带者							
流入能量收发器的能量携带者	压缩空气，流动的空气	高压液体，流动的液体	电	角动量	光	热空气	热水	燃料
压缩空气、流动的空气			风力发电厂	风轮机				
高压液体、流动的液体			水力发电厂	水轮机、 液压马达				
电	电扇、真空吸尖器	电动水泵		电动机	白炽灯	电炉	电热锅炉	
角动量	压缩器	水泵	发电机					
光			太阳能电池	光风车		柏油路	太阳能收集器	
热空气								
热水						散热器		

燃料	柴油压缩 器		火力发电厂	汽油机、 蒸汽机	火	油炉	火炉	
----	-----------	--	-------	-------------	---	----	----	--

表中的能量收发器有复合的（如水力发电厂），也有不能再拆开的（如水轮机）。

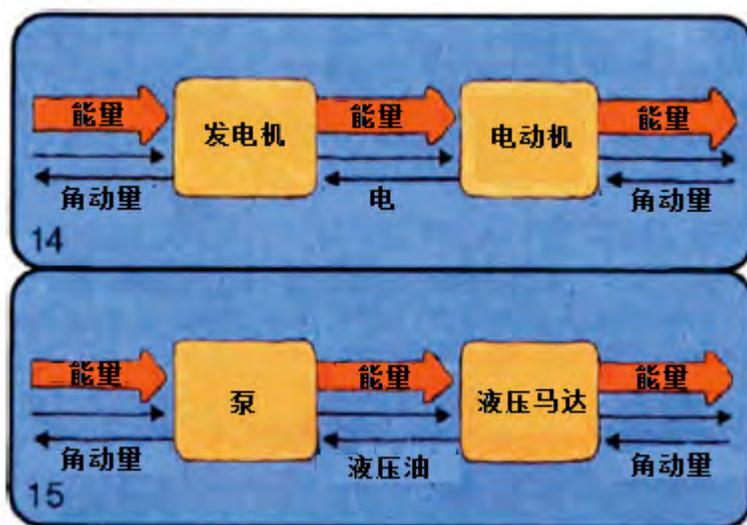
补充材料：S 10.5

### 练习

1. a) 所有马达都在表中同一列。为什么？ b) 所有炉子都在表中同一列。为什么？
2. 表中哪一列含有： a) 泵， b) 灯？
3. 在表中同一行中的装置具有什么共同特点？

## 10.5 远距离传输能量

初一看，图14所示的能量收发器链是无意义的。发电机将能量从角动量传递给电，电动机再将能量传回给角动量。你可以直接将能量传递给角动量，这样能省去两个能量收发器。然而，我们有充分的理由需要这个能量收发器链。在发电厂，能量与角动量一起从汽轮机或水轮机流出来。在家里，我们要用能量；这些能量部分地（在所有需要电动机的装置中）由角动量携带。我们能否省去发电厂中的发电机和家里的电动机？可以，但只不过费用很贵。我们可以用角动量将能量从发电厂的水轮机传递到家里的用电器。这时，在发电厂和家庭之间铺设的不是电线，而是转轴。你能想象，这要花费多少钱。



即使能量传输距离短，我们也经常用电在弯曲通道中传输能量。在每辆汽车中都有好多地方需要电动机：风挡刮水器、电扇（用于冷却发动机）、暖风风扇、窗门升降器、天线升降器、天窗升降器……所有这些电动机都从交流发电机中获取能量。交流发电机将能量从角动量传递给电，电动机再将能量传回给角动量。

在建筑机械中也要用到这样的能量收发器链（图15）。挖掘机中有一台大型柴油机。它将能量从柴油传递给角动量。泵将能量从角动量传递给液压油。挖掘机的轮子或链条连接着液压马达。液压马达将能量传回给角动量。在液压油管道中一来一回地传递能量的理由是，管道比转轴更方便。

**小结：**用角动量来远距离传输能量是不方便的。因此，在能量传输中需要将

能量从角动量传递给电或液压油，然后再把能量传回给角动量。

### 练习

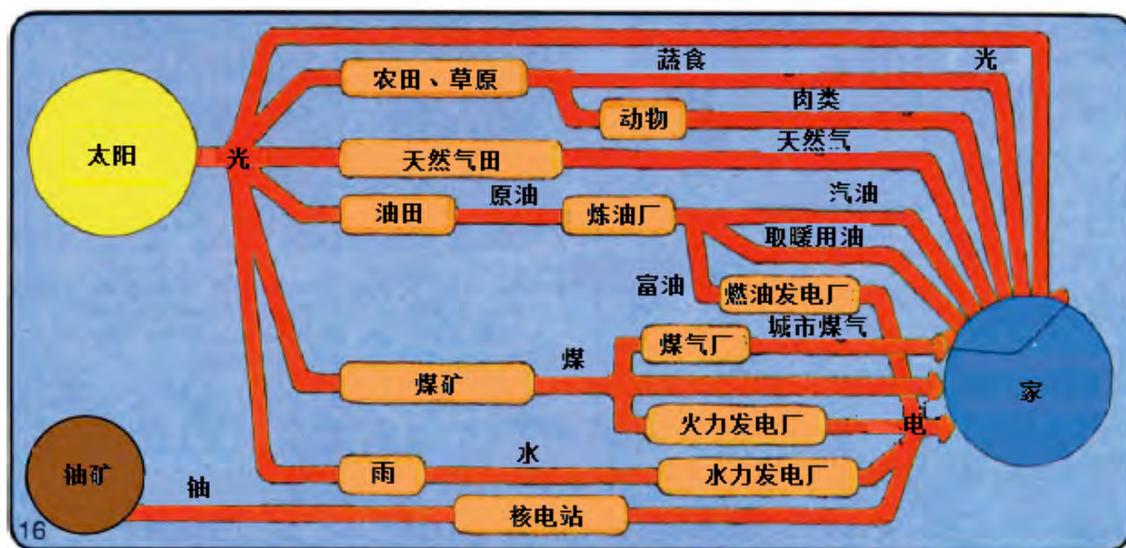
1. 画出下面这个能量收发器链的能流图：汽车发动机-交流发电机-加热鼓风机的电动机。

2. 哪些能量携带者适合于远距离传输能量？哪些能量携带者不适合于远距离传输能量？

## 10.6 家里消耗的能量来自何处？

每个家庭从几个能源获得能量。电灯、电熨斗、真空吸尘器、洗衣机和电视机所需的能量用电来获得。房子外面安装着的太阳能板从太阳光中获得能量，以提供热水。家庭用的汽车、摩托自行车从汽油中获得能量。最后，家里的所有人都要吃东西，能量通过食物进入家庭。

家里消耗的能量来自何处？我们倒着顺序列出能量携带者流动的路径（图16）。



植物从阳光中获得能量。动物要吃植物。因此，当我们吃肉、黄油、鸡蛋时也获得了来自太阳的能量。所有燃料（煤、取暖用油、汽油和天然气）是几百万年前由动植物腐烂而形成的。

多数由电携带的能量来自烧煤的火力发电厂。因此，这能量也来自太阳。有一小部分能量来自水力发电厂。然而，驱动水轮机的水也从太阳那里获得了能量。（如果你想知道太阳是如何给水提供能量的，请阅读S 10.6）。

在家庭中所消耗的能量只有很小一部分（小于5%）来自核发电厂。核发电厂从铀中获得能量。铀矿的能量并不来自太阳。

我们所消耗的能量源自最终要用完的能源。煤矿、油田和天然气田的形成是太阳光几百万年照射的结果。再过大约几十年或几百年，这些能源都将用完。铀矿也

不足以满足我们的需要。因此，该是我们考虑将来如何能继续获得足够能量的时候了。

**小结：**几乎所有我们所消耗的能量来自太阳。我们所用的多数能源将在几十年或几百年用完。

补充材料：S 10.6

### 练习

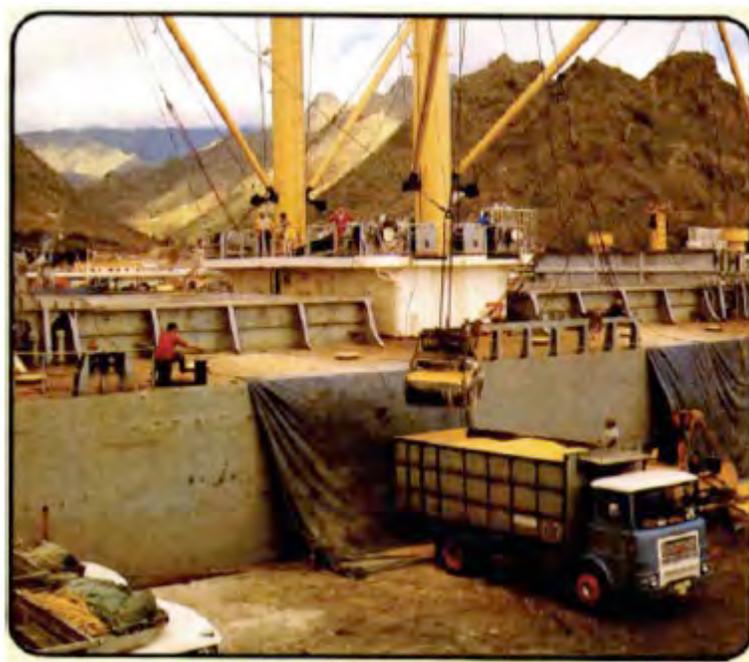
1. 你用哪些能量携带者将能量带到家里？这些能量来自何处？追踪一下它们的路径。
2. 在图16中，你有几种方法将能量从太阳传输到家里。对这几种方法画出相应的能流图。
3. 梭子鱼以小鱼为食。你吃梭子鱼时所获取的能量来自太阳？

## 第10章补充材料

### S 10.1 石子收发器/人收发器

不仅只有能量收发器，也有其他东西的收发器。

下图是在码头将石子从轮船传递到卡车的情境。石子与携带者“轮船”一起进入码头。起重机将它们传递给卡车。石子与携带者“卡车”一起离开码头。因此，码头是“石子收发器”。另外，轮船和卡车都是“可回收的石子携带者”。



你也许已经注意到了，每个码头、机场和火车站都是收发器；它们不是能量收发器，而是货物或人的收发器。在机场，人从携带者汽车卸载到携带者飞机，或反过来。

### S 10.2 把自行车发电机作为电动机来用

许多电动机可以作为发电机来用。同样，发电机也可以作为电动机来用。如果你有一只输出电压为8V的变压器，你可以用自行车发电机来试试这个做法。你需

要用变压器，因为这台机器需要交流电。用电池不能做这个实验。



把自行车翻过来，轮胎朝上。将发电机扣在自行车轮子上（如果你转动自行车轮子，发电机转轴必须会跟着转动。）将发电机的两个接头（螺钉和外壳）与变压器的两个插座相连。发电机驱动自行车轮子转动起来了。你启动了发电机（实为电动机）。

### S. 10.3 用机车模型做实验

有些机车模型中有电动机。这种电动机可作为发电机来用。用这种机车你可以来做一个有趣的实验。

通常，导电条与电源相连。机车通过与两根导轨接触的滑动触点从电源那里获得能量。然而，在图中的导电条没有与电源相连。导轨只与两辆机车的电动机相连。

如果用手推动其中一辆机车，另一辆机车也运动起来了，尽管这两辆机车没有相互接触。另一轴机车是从哪里获得能量的？

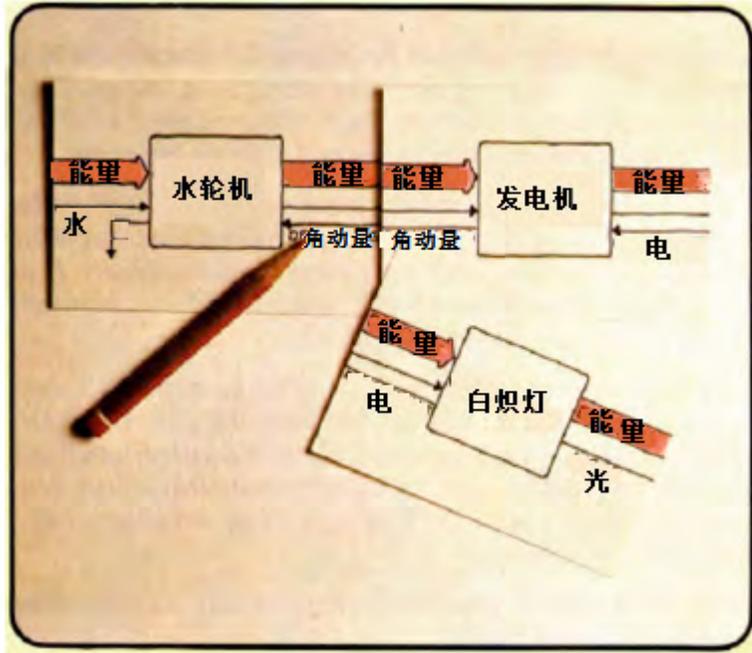


## S 10.4 用能量收发器做多米诺骨牌游戏

在本书的许多练习中，你将需要运用不同的方法来耦合能量收发器。你有很多图要画。然而，如果你将每个能量收发器画在一个小卡片上，这个工作就会变得容易多了。如果你想把每个能量收发器连接起来，你只要将相应的卡片放在一起就是了。这样，这些卡片在下一次练习中仍可使用。

图中画出了卡片的样子。最重要的地方是，两张卡片的箭头要画在卡片的边缘，并且要等高，使它们能首尾相连。然而，你只做不能再拆分的能量收发器的卡片。

将这些卡片放在一起的规则与把多米诺骨牌放在一起的规则相同。



### S 10.5 变压器、变速箱和炼焦厂

在10.4节的表中，从左上角到右下角的对角线上的所有格子都空着。在这些格子所对应的装置中，能量从一个携带者传递给相同的携带者，如从电传递给电。你也许会认为，这种装置没有意义。是吗？让我们来仔细分析一下这种装置。

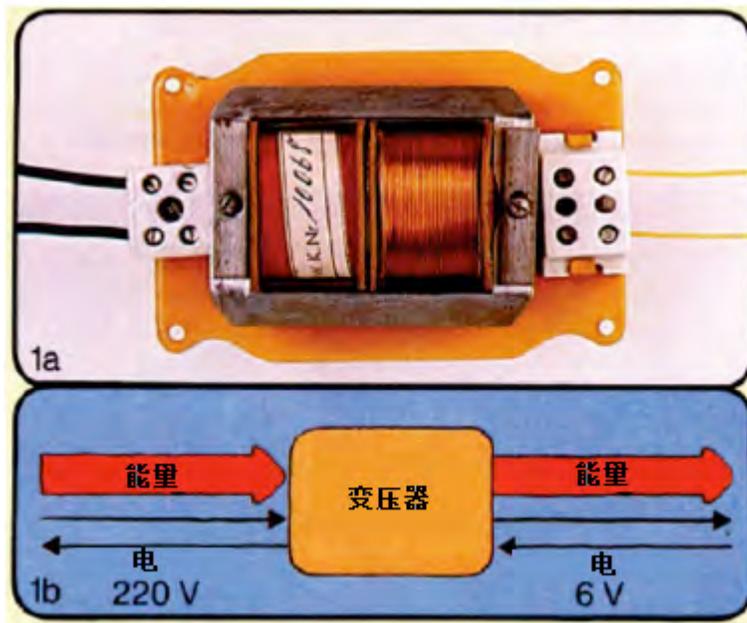
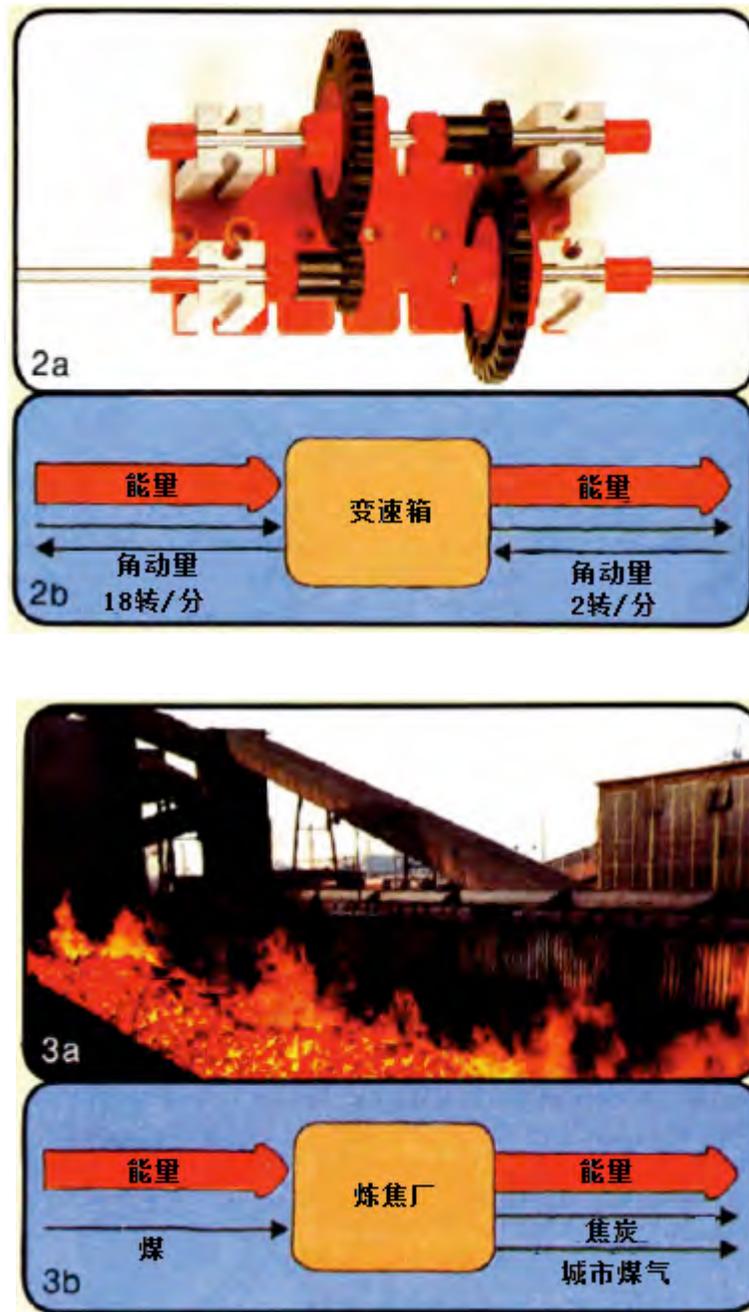


图1a给出了这样一种装置，能量与携带者电流入，再与携带者电流出。这种装置就是变压器。图2a给出了这样一种装置，能量与携带角动量流入，再与携带者角动量流出。这种装置就是变速箱。图3a给出了这样一种工厂，能量与携带者燃料流入，再与携带者燃料流出。这种工厂就是炼焦厂。



虽然这些能量收发器的进出口的能量携带者是相同的，但还是有区别的：能量携带者所载荷的能量的程度不同。

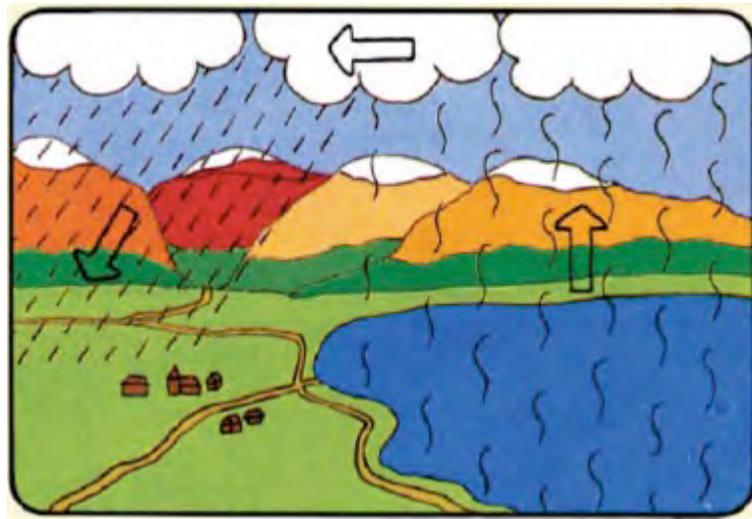
对于变压器，进口处的电压与出口处的电压不同（图1b）。对于变速箱，进口处的转速与出口处的转速不同（图2b）。对于炼焦厂，进口处的燃料与出口处的燃料不同（图3b）。

把变压器、变速箱和炼焦厂填入10.4节的表格中。你有否阅读过关于石子搬运这一节的内容？你能否想象出这样的石子收发器，它能将石子从一个携带者传递给相同的携带者？

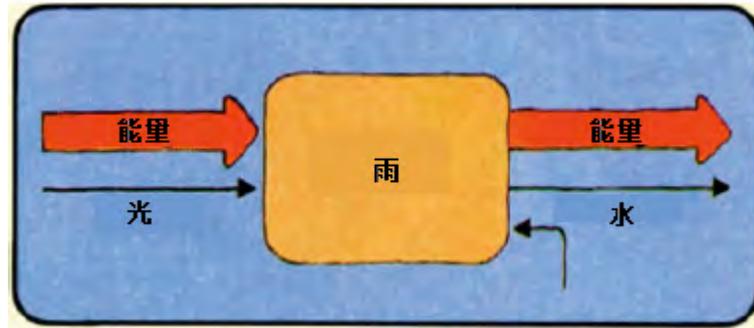
变压器、变速箱和炼焦厂用在什么地方？

## S 10.6 能量收发器“雨”

海面、湖面和河面上的水不断地在蒸发：水变成气体，并与空气混合。蒸发所需的能量由太阳提供。蒸发后的水向上升。这也需要能量，这能量也来自太阳。蒸发后的水越往上越冷。在某一高度，冷的水蒸汽变成液态水，形成许多小水滴。这样，就形成了云。在某一高度，小水滴变大，并从高处落下来。这就是雨。由于风将蒸发后的水带到了另外的地方，所以雨并不下在原来蒸发的地方。



雨水从山上流到山谷，流到海洋。流动的水携带着能量。在水力发电厂，能量从水转载到电。



这样，河水所携带的能量是由太阳光载荷到水上的。这里，能量收发器不是人造的装置，而是天然的现象。为简单起见，我们把“雨”作为能量收发器写入能流图中，尽管对于能量收发器来说实际上比雨还有其他更多的内涵。跟雨一样，风也是由太阳驱动的。

## 11. 电磁铁和电动机

### 11.1 永久磁体

如图1所示的磁体跟电冰箱门锁中的磁体一样都叫永久磁体。它们的磁性永久地保留在那里。另一方面，电磁铁的磁性只有当电流通过它们时才会有。



磁体能吸引铁制物体。它们并不需要相互接触。如果它们之间隔一层非铁制物体，也能相互吸引。当图2中的硬纸板背后的磁体移动时，那把剪刀也会跟着移动。



一块磁体有两个地方的吸引力特别强。这两个地方叫作磁极。把磁体提在铁屑上方，可以特别清楚地看到磁极（图3）。



对于条形磁体，其磁极在其两端。对于图1所示的圆盘型磁体，其两个大的面就是磁极。如果你将条型磁体用细线悬挂起来，使其能转动，那么它最后会指出南/北方向。指向北极的那个磁极叫作北极，指向南极的那个磁极叫作南极。指南针就是能自由转动的条形磁体。

如果将一块磁体与另一块磁体相互靠近，会发生两种情况：如果两个不同的磁极面对面地相互靠近，它们会相互吸引；如果两个相同的磁极面对面地相互靠近，它们会相互排斥。

用指南针，你可极验一块磁体哪一端是北极，哪一端是南极。指南针的尖端（北极）总指向这块磁体的南极。

**小结：**磁体有两个不同的磁极。同种磁极相互排斥，异种磁极相互吸引。没有磁性的铁制物体会被磁体吸引。

补充材料：S 11.1和S 11.2

### 练习

1. 磁体能吸引铁制物体。这句话一定正确吗？
2. 为什么磁体的一个极叫北极，另一个极叫南极？
3. 地球是一个磁体。你是怎么知道这一事实的？这个磁体的北极在哪里？

## 11. 2 电磁铁

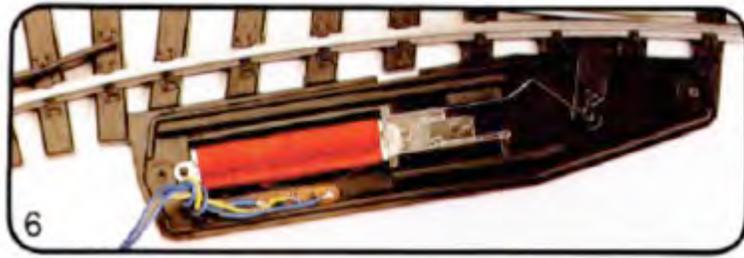
电磁铁很容易制作。你需要一块铁（如一枚铁钉）和漆包线。将漆包线沿某一方向绕在铁钉上。这样就做成了电磁铁（图4）图5是从商店里买来的电磁铁。铁钉叫作**磁芯**，绕上去的漆包线叫作**线圈**。



只要有电流通过电磁铁，它就会吸引铁质微粒。电流越大，这吸引力就越大。电流一消失，电磁铁的磁性就消失。

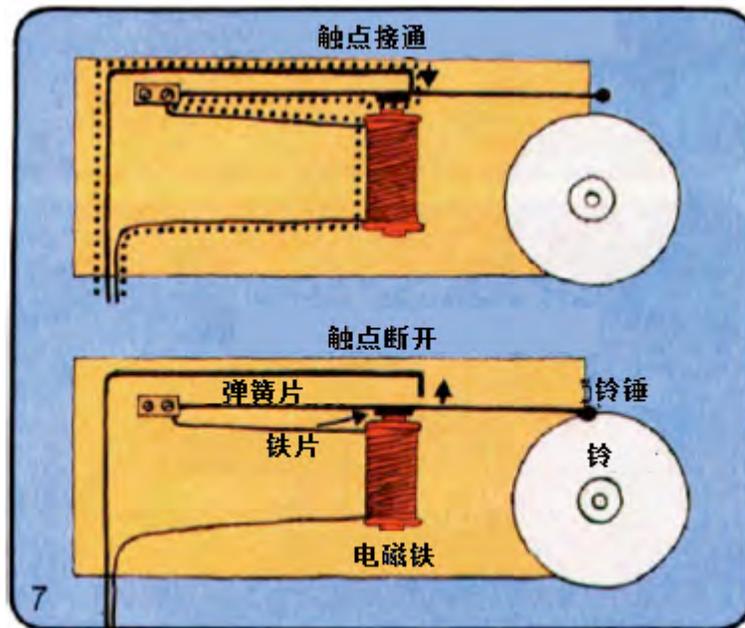
电磁铁跟永久磁体一样也有北极和南极。在图5中，电磁铁的一个磁极在铁芯的上端，另一个磁极在其下端。哪一端是北极取决于线圈中的电流方向。如果线圈中的电流方向反一下（将电池中的两个接线头对调一下），电磁铁的磁极也会反一

下。



电磁铁有很多应用。有轨电车的道岔是由电磁铁来控制的。图6是有轨电车的道岔模型。在洗衣机中，水龙头的开和关是用电磁铁来控制的。在电动门中，门闩是用电磁铁来拉开的。

图7是电铃的示意图。当电磁铁接通时，它把铁片吸下来。铁片与弹簧片相连。这时，铃锤就在铃上敲打一下。与此同时，电路中的触点断开了。这样，电磁铁释放了铁片。这又使得触点接通，电铃重新开始原来的动作。



**小结：**电磁铁象一个永久磁体，也有北极和南极。北极和南极的位置取决于线圈中的电流方向。

补充材料：S 11.3

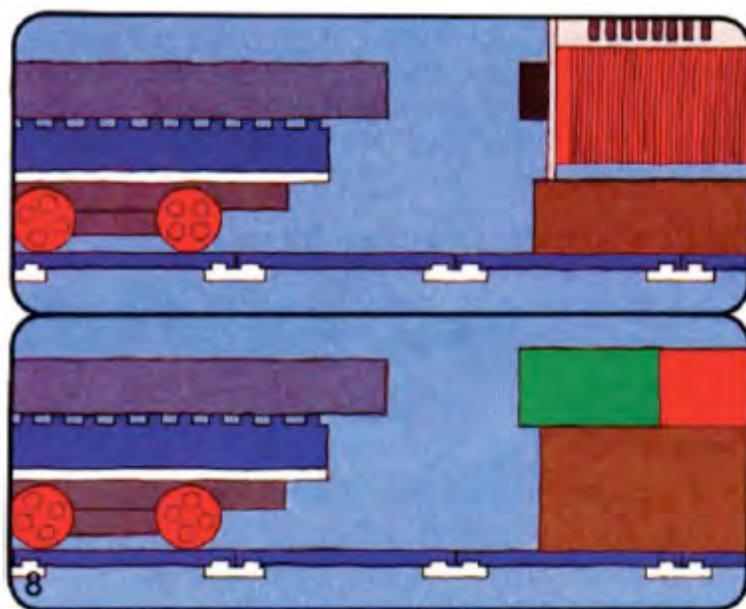
### 练习

1. 为什么电磁铁线圈的铜线必须是漆包线？
2. 如何调节电磁铁的磁性强弱？
3. 如何对调电磁铁的磁极？
4. 请给出几个要用到电磁铁的技术装置，并描述一下它们的工作原理。

### 11.3 磁体的能量来自何处？

在图8上面的图中有一辆铁路车厢和一个电磁铁。在车厢上方有一块磁体。当电磁铁开关合上时，车厢就开始向电磁铁方向运动起来。一般情况下，铁路车厢由火车头来带动。因此，火车头为车厢的运动提供能量。当车厢被电磁铁吸引时，电磁铁提供了能量。电磁铁从与它相连的电池中获得了能量。

我们也可以用一块永久磁体来使车厢运动（图8下）。这时能量来自何处？永久磁体没有接上提供能量的电源。这能量必定在以前就已经在那里了。在工厂里制造磁体时它就获得了能量。



如果永久磁体吸引一块铁，磁体的部分能量就消耗掉了。如果把这块铁从永久磁体中移开，这能量又回到了磁体。

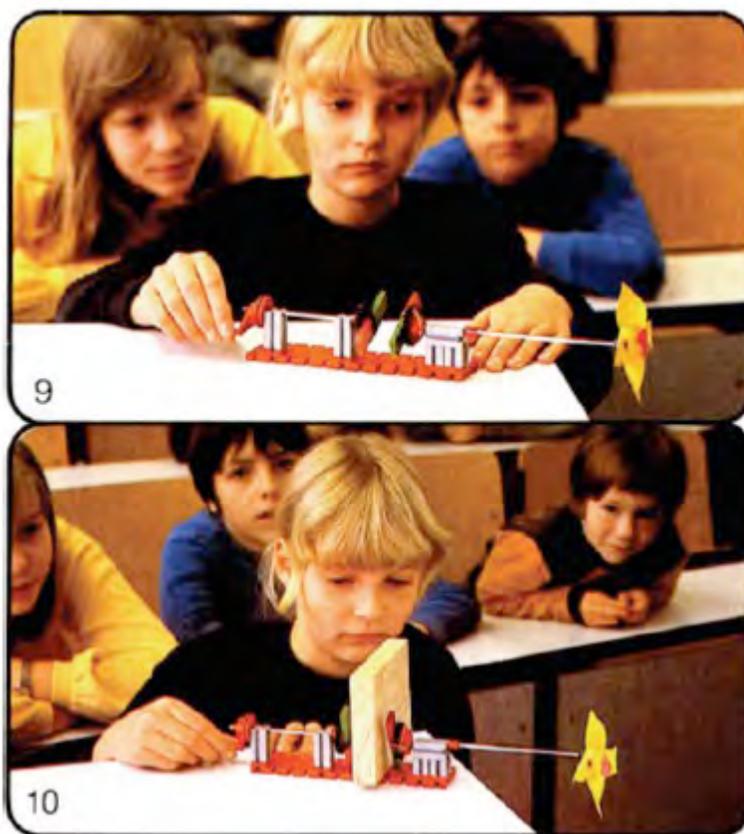
在图8下面的图中的铁路车厢和磁体的行为与玩具汽车的有点象：当你将汽车向后推时，你把汽车的弹簧拉长了，能量就储存在弹簧中。如果你释放汽车，它就会自己向前运动。它利用了你在推汽车时储存在弹簧中的能量。

**小结：**磁铁具有能量。当它们吸引物体时，把能量释放出来。电磁铁用电从与它所连接的能源中获得能量。永久磁铁在制造过程中获得了能量。

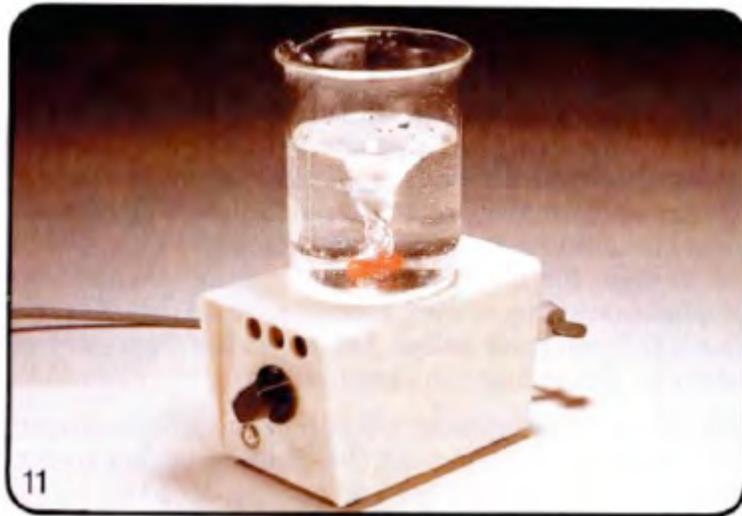
补充材料：S 11.4

## 11. 4 磁耦合器

磁体可以用来无接触地传递能量。图9告诉我们，能量怎样在两个没有接触的转轴之间传输的。这种装置叫作磁耦合器。在图10中，能量通过一块在磁耦合器中间的板进行传输。



在化学实验中，有些液体需要在密闭容器中进行搅拌。这时就需要运用磁搅拌器（图11）。在液体中放一块小的永久磁体。另一块永久磁体安装在盛有液体的容器下面的盒子中。盒子中的磁体由电动机来带动。液体中的磁体会跟着盒子中的磁体转动，从而搅拌液体。



磁搅拌器

**小结：**利用磁耦合器，可以让能量通过一块板进行传输。

补充材料：S 11.5

### 练习

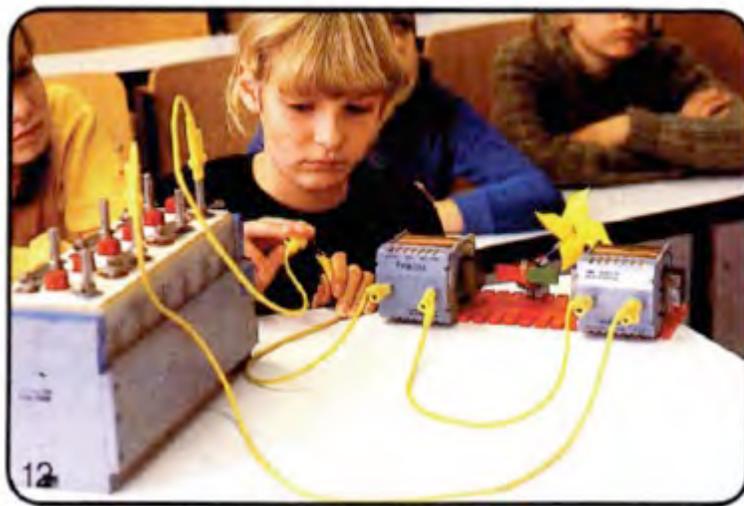
1. 磁搅拌器是如何工作的？

2. 在将能量从磁耦合器的一边传递到另一边时，所用的能量携带者是什么？

请解释你的答案。

## 11.5 电动机

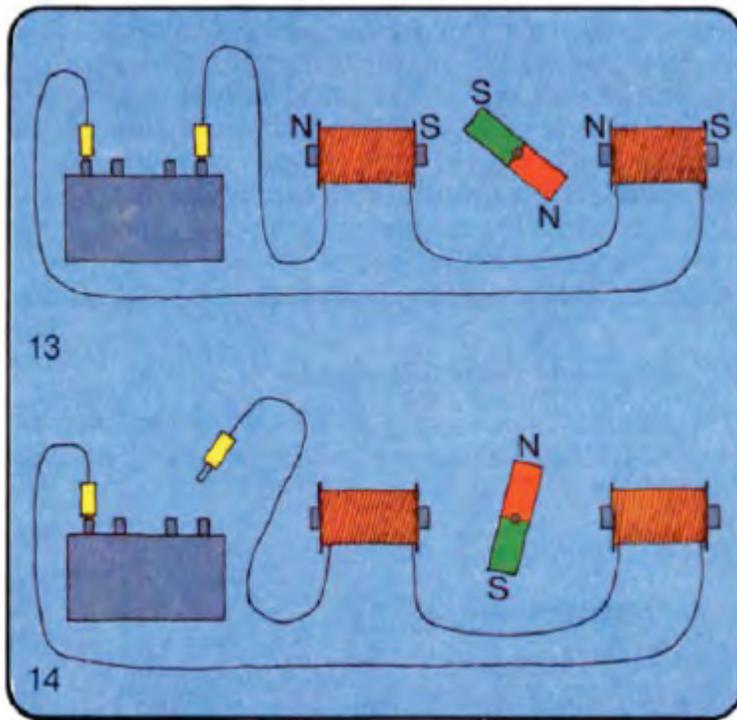
在图9中，螺旋桨叶片转动所需的能量由这位女学生通过转动曲轴来提供。她不再想摇曲轴了，不再想通过自己的力气来使叶片转动了。图12给出了解决这个问题的方案。这里将原来的两个永久磁体中的其中一个换成了两个电磁铁。这样，它就不再需要转动了。我们只需要有规则地开关电磁铁就是了。这样，永久磁体的磁极总是短暂地相互吸引。当它们不再吸引时，永久磁体会由于惯性继续转动，直到其磁极再次在某一恰当的时刻被吸引。



在图13中，永久磁体的北极被向左拉，南极被向右拉。在图14中，永久磁体由于惯性继续转动。给电磁铁接通和断开电源是一件不容易的事。如果开和关不在恰当时刻进行，永久磁体的转动就会失去同步。

这时，从转轴流到螺旋桨的能量不再来自曲轴，而来自电池。

这个奇怪的装置几乎就是一台电动机。这里还有一个小问题没有解决：你必须不时地用手工的方式来切换电源的开和关。实际的电动机是自动完成这项工作的。



补充材料: S11.6

## 第11章补充材料

### S 11.1 如何自制永久磁体？

任何钢制物体（即硬化铁）都可以被磁化。取一枚钢制毛衣针，用磁体的一个极在同一方向上轻轻地来回摩擦这枚针。这样，这枚毛衣针就成了一个两端各为南极或北极的磁体。你可以用指南针来检验它是否具有磁性。

### S 11.2 有单个磁极的磁体吗？

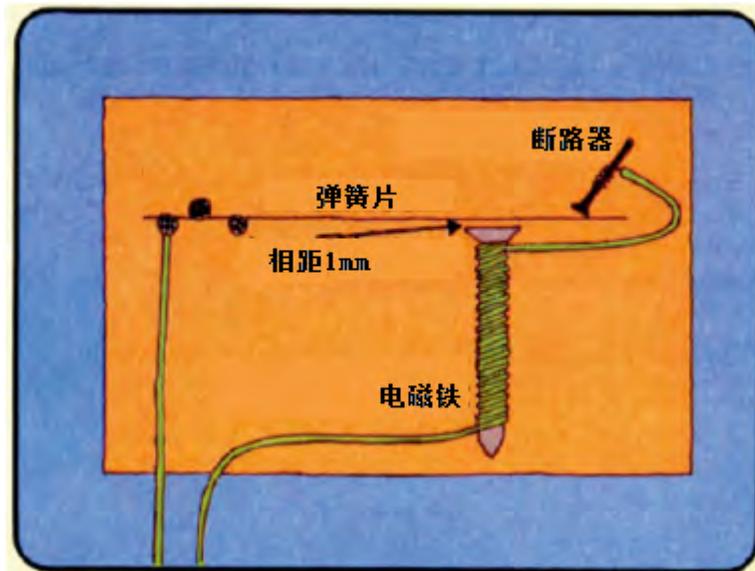
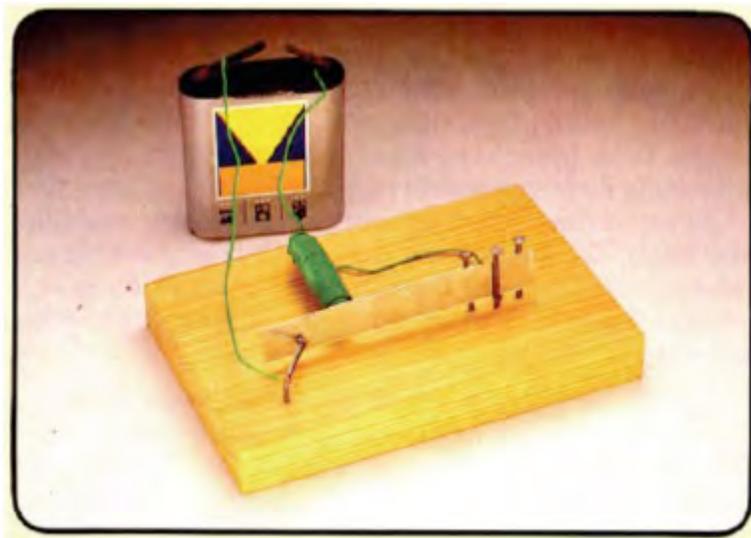
这样的磁体还没有找到。你可以试着自己去制作这样的磁体。一枚磁化了的毛衣针一端是北极，另一端是南极。如果你将它在中间折断，你就有两个半枚的毛衣针了。你也许能得到两枚只有一个磁极的毛衣针。试试看。但你会吃一惊：在断裂处产生了两个新的磁极，每半枚针又都是一个具有南极和北极的完整的磁体。

### S 11.3 自制蜂鸣器

这个蜂鸣器很象图7所示的电铃，只不过是它没有铃。其噪声仅仅由弹簧片的振动而产生。

你需要下列材料：

- 一块小木板，
- 两枚钉子，
- 长约3m的漆包线
- 一个弹簧片（刮掉漆之后的文件夹中的金属条、手表中的弹簧片或牛奶罐的金属皮）。



这个图告诉我们如何安装蜂鸣器。线圈匝数约为200匝。弹簧片必须反压断路器的钉子。钉子可以绕着木板上的孔旋转，用来调节弹簧片和电磁铁钉子之间的距离。这个距离要调节到约1mm。用蜂鸣器可以通过一根电缆来传输信息。当你用它传输信息时，你会使用莫尔斯电码。



## S 11.4 磁体的能量储存

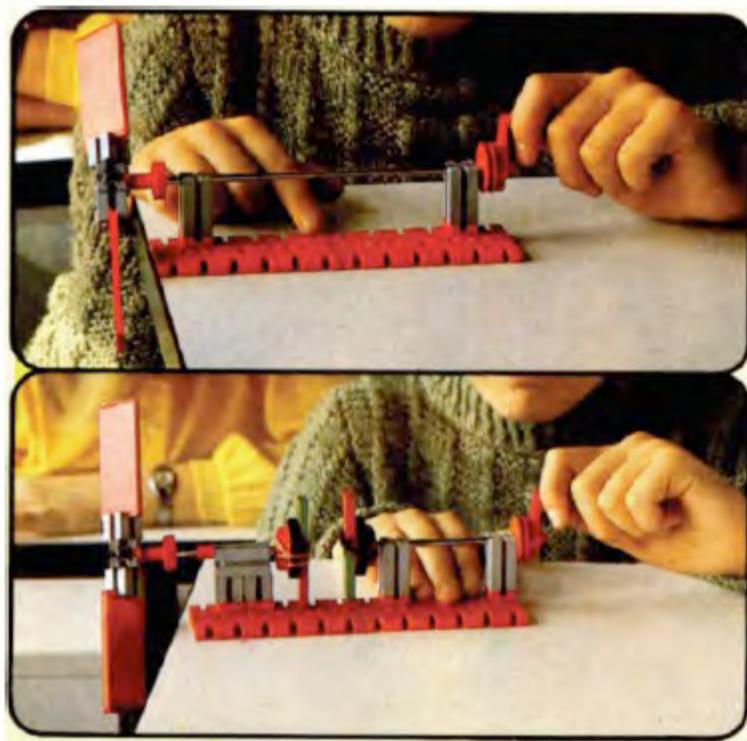
一块蹄形磁体在没有吸引任何物体时已经具有能量。它能吸引铁块朝它运动过来。这样，它的能量就消耗了。它不能再吸引第二块铁了，甚至没有足够的能量来吸引一枚钉子了。





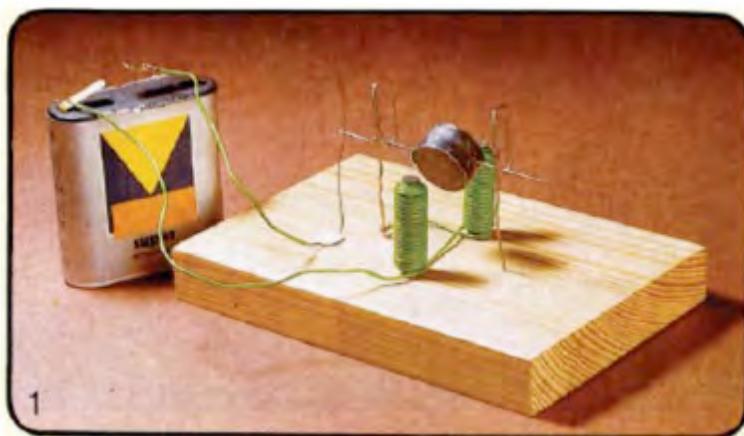
## S 11.5 在真空中流动的角动量

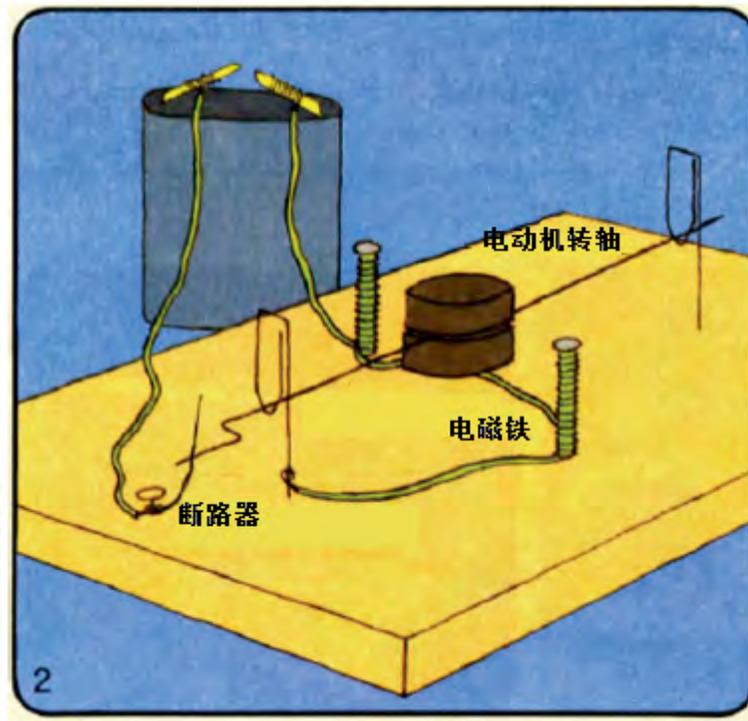
在下图上方，能量与携带者角动量一起从曲轴流到螺旋桨。在下图下方的装置几乎与上方的装置是相同的，只不过在曲轴和螺旋桨之间有一空隙。在这种情况下，能量与携带者角动量也从右边的曲轴流到左边的螺旋桨。因此，能量和角动量都流过了这个空隙。这一能量传递甚至在两个磁体之间没有空气的空间也能进行。因此，能量和角动量可以在磁体周围的真空中流动。



## S 11.6 自制电动机

图1和2给出的是已经做好的电动机。仔细看一下图2，你可知道它是如何运行的。



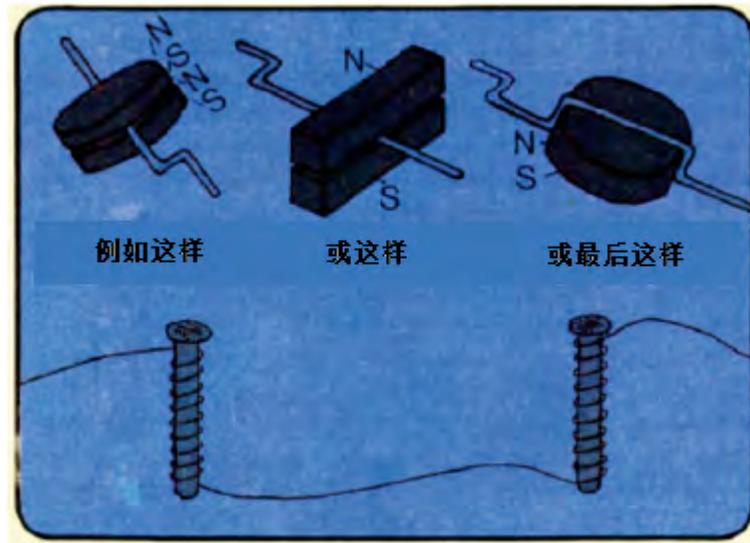


你需要以下器材：

- 一块小木板，
- 两块永久磁体，
- 两枚铁钉或螺丝（约14cm长），
- 约3m长的铜制漆包线
- 三个纸夹，
- 胶带或快干胶，
- 一枚图钉，
- 一节电池。

**电动机转轴：** 弯曲一下纸夹，形成一根直的金属丝。用胶带或快干胶将这根金属丝固定在两块永久磁体上。两个北极必须指向同一方向，两个南极必须指向与北极相反的方向（图3上）。电动机转轴的轴承由两个弯曲的纸夹做成。将它们固定在木板上。将电动机转轴的一端弯成小的曲轴。曲轴比转轴只凸出几个毫米。它

必须与磁体南北极连线成90度角。



**电磁铁：**将两枚钉子钉在木板上。它们的钉头与电动机转轴在同一高度。在每枚钉子上绕上80匝铜制漆包线。两枚钉子上的漆包线绕制方向必须相反（如图下方所示）。

**断路器：**将一根短线的绝缘漆刮掉。用图钉将其一端固定在木板上。将其另一端弯曲成与曲轴在转轴转半圈的过程中与它刚好保持接触，在另一半圈刚好不接触。将电磁铁的一个线头与电动机转轴的轴承相连。将电池的一个线头与电磁铁的一个线头相连，将电池的另一个线头与图钉相连。

**重点：**调节断路器，使电动机转轴平衡。

**非重点：**线圈粗细、电磁铁的匝数。

## 12. 能量储存器

### 12.1 我们为何要用能量储存器？

我们经常会遇到能源用完的情况，如汽车电池、手电筒电池、油箱、丙烷瓶都会用完。因此，流出来的能量原来储存在它们当中。我们因此叫它们能量储存系统，或简称能量储存器。我们来分析两个例子，来说明它们有什么用途。



汽车行驶需要能量。因此多数汽车有能量储存器，即油箱。也有些交通工具的能量储存在电池中（图1）；但有些汽车没有能量储存器（图2和3），这些汽车没有象带有能量储存器的汽车那样有较大的行驶自由度。具有能量储存器的汽车能行驶到电源线（电缆）或燃油管道没有通到的地方。因此，当你使用储油箱时，在没有电源线的地方你也有能量。

如果你想用太阳能来提供热水，这里出现一个问题：你每天需要热水，但天气不总是每天晴的。

因此，你必须将能量储存一会儿，使得在天气不好的时候仍然有能量可用，仍然能用上热水。一只大的水箱就起到这个作用。在晴天，能量输入到水中。在天气不好的时候或在夜里，能量可以从其中输出来（见S8.2节中的插图）。

**小结：**有了能量储存器，在没有电源线接到的地方可以把能量从中取出来。

有了能量储存器，你可以把能量储存一段时间，直到你需要它时再把它取出来。

补充材料：S12.1

练习

1. 我们为何要用能量储存器？
2. 写出几个能量储存器的名称。它们用在什么地方？

## 12. 2 能量储存器举例

**太阳：**太阳是能源。它从不向其他地方吸取能量。因此，它是能量储存器，在某一时刻这个容器的能量会用完。虽然它向外发射巨大能量（S8.1），人们推算，它的能量还能发射40亿年。因此，我们不必为此担忧。

**发光漆：**有些时钟和手表的数字会发光。发光漆是能量储存器。有光照射时，它从光中吸收能量。在夜里，它再用光把能量发射出来。

**发条马达：**有些玩具车里面有一只发条马达。当卷紧发条时，能量储存在马达的弹簧中。能量一直储存在弹簧中，直到需要用它的时候才释放出来。在老式手表或怀表中，弹簧作为能量储存器用来驱动指针走动。自鸣钟里有另一支弹簧，所储存的能量用来响铃的（图4）。



**飞轮：**有些玩具汽车是用飞轮来驱动的（图5）。对这种汽车，我们必须先很快地在地面上推动一下。这样，飞轮转动起来了，吸收了能量。它转得越快，所储存的能量就越多。这时，如果把它放在桌面上，它就会自己运动了。飞轮把能量释放出来了。

在蒸汽机中也有一个飞轮（图6）。曲轴通过活塞杆和连杆由发动机的活塞来驱动。如果曲轴在最右端或最左端，即在其中一个“死点”，它不可能被活塞推动或拉动。这就是飞轮要安装在曲轴上的原因。当曲轴上下运动时，飞轮获取能量；当曲轴通过死点时它就释放出能量给曲轴。

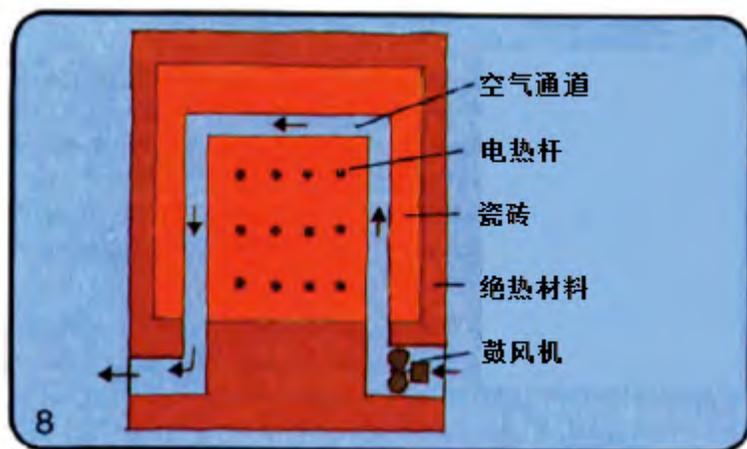
由于同样的原因，每个汽车发动机都有一个飞轮。这飞轮安装在发动机的曲轴上。曲轴和飞轮安装在发动机的外壳里面，因此在外面看不到它们。

**抽水蓄能电站：**一座城市所消耗的以电为携带者的能量在一天中时多时少，

每天的情况也不一样。如果你想知道这是为什么，请阅读补充材料S12.1。为了使大型发电厂尽可能平稳地运行，人们建造了抽水蓄能电站。当电网的能量有多余时，抽水蓄能电站就向电网吸收能量，需要时它再把能量释放出来：在有能量多余的时候，电泵把水从低处抽到高处（图7）。需要能量时，高处的水通过水轮机又流到低处。水轮机驱动发电机，把能量输入到电网中，并提供给消费者。



**夜间蓄能电热器：**在夜里，当多数人睡熟时，所需的能量大大减少。因此，发电厂在夜里卖出的能量便宜一点。为了利用这价格低廉的能量，有些家庭安装了夜间蓄能电热器。夜间蓄能电热器主要由瓷砖建成（图8）。在夜间，用电热器把瓷砖加热到 $600^{\circ}\text{C}$ 。这样，能量流入到瓷砖，在瓷砖中储存起来。在白天，当你想取暖时，就用鼓风机将空气通过瓷砖吹到房间中。瓷砖将能量释放给空气，空气变热。

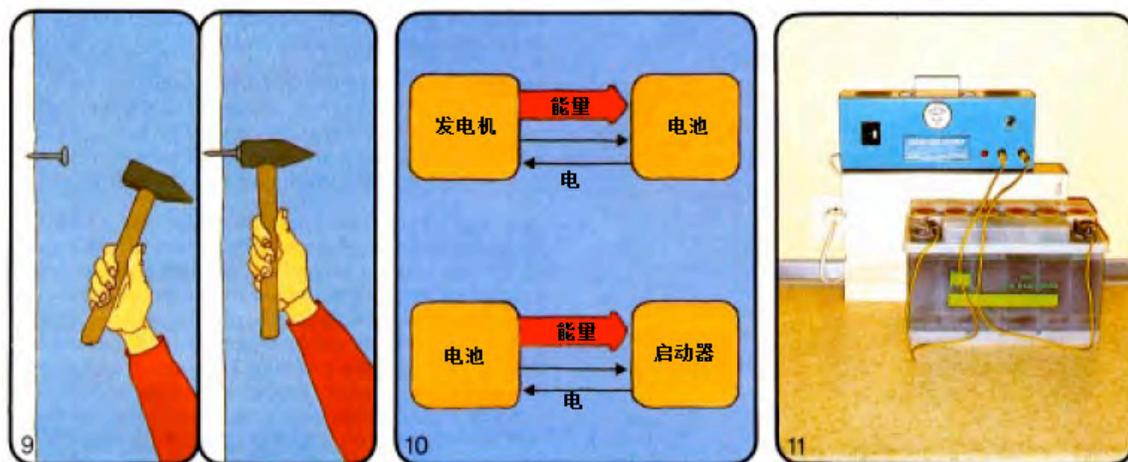


**燃油箱和煤窖：**多数家庭有供暖用的储能装置：燃油箱或煤窖。

有些家庭已经接上煤气管道了，就不再需要这样的储能装置。有些家庭的厨房间有煤气瓶，用丙烷或丁烷来烧菜。汽车行驶所需要的能量来自汽油箱。

**食物：**人所消耗的能量总要储存一段时间。一袋糖储存了与地下室中所装满的土豆一样多的能量。

**榔头：**榔头也是能量储存器。当你给它加速时（图9），你在将能量输入给它。当你用榔头打击钉子时，它把所有能量在很短时间内释放出来。榔头运动得越快，它所含有的能量就越多。



**永久磁体：**在前一章中，你已经知道永久磁体是能量储存器。当它将一块铁

拉过来时，它在释放能量。当你把铁块从磁体中移开时，你又把能量输入到磁体中。

**汽车电池：**在汽车中，甚至在汽车行驶之前也需要能量：启动发动机。这是由一台小型电动机（启动器）来完成的。启动器从电池中获得能量（图10下）。一旦发动机启动，电池和启动器就不再需要了。电池可以充入能量，从发电机中获得能量（图10上）。发电机从发动机中获得能量。如果你让启动器经常运行，并运行很长时间，而汽车只行驶一小段时间，发电机将无法长时间地给电池充电。这样，电池必须用充电器来充电。充电器从插座中为电池吸取能量（图11）。

**小型电池：**你已经知道小型电池的用途。这些能源的能量在生产过程中已经输入其中了。

补充材料：S 12.2 到S 12.4

### 练习

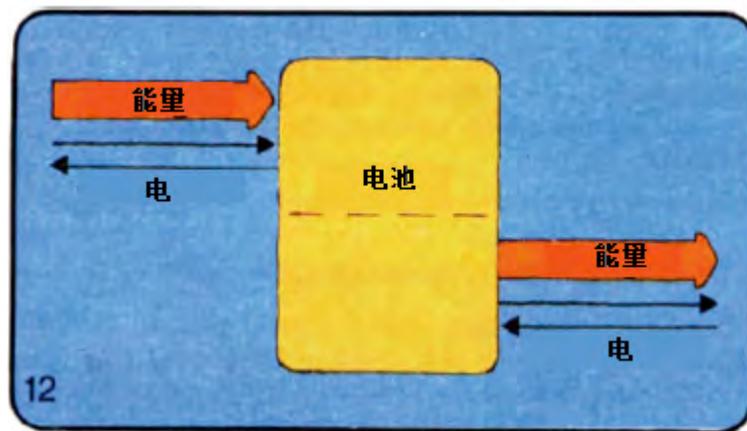
1. 在你家里有哪些能量储存器？它们的用途是什么？
2. 在12.2节中介绍了汽车中三种不同的能量储存器。它们叫什么？有何用途？
3. 在玩具汽车中有哪些能量储存器？

## 12. 3 能量储存器的图示

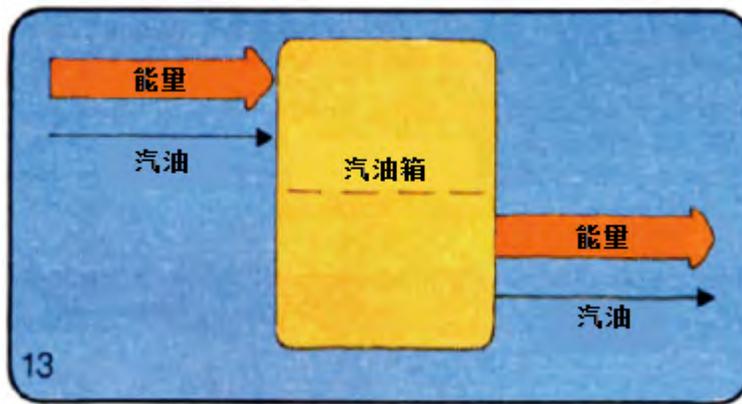
一个能量用完了的电池可以再充电（图10上）。在充电时，电池的正极与发电机的正极相连，电池的负极与发电机的负极相连。在电池充电时，它是一个能量接收器。

你有否记得，电池充电时输入的仅仅是能量，而不是电？电到达电池后把能量释放掉，自己又流回去了。相应地，在图10下方的图中，从电池中取出来的是能量，而不是电。同样，在放电时，通过一根导线流入电池的所有电都将通过另一根导线从电池流出。

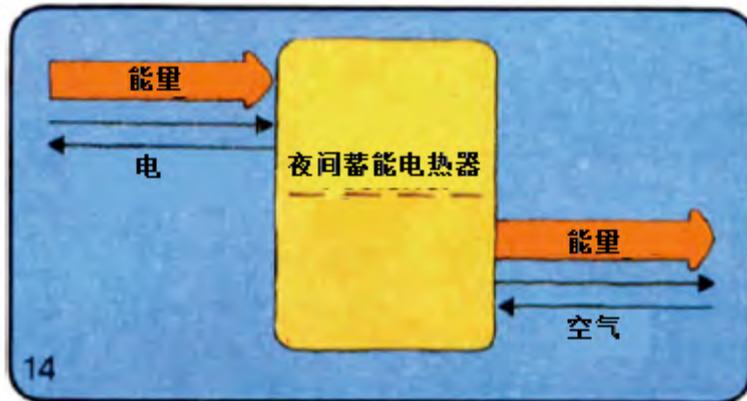
我们把图10上方的电池能流图与下方的电池能流图组合成一个图（图12）。图中输入和输出之间的上下偏移表示输入能量和输出能量之间所经过的一段时间。



电池储存能量，但不是能量携带者。有些能量储存器把能量和它的携带者一起储存在其中。例如，汽车中的汽油箱就是这样的能量储存器。图13是它的能流图。请将它与电池的能流图进行比较。



在电池中，能量与携带者电一起流入和流出。在汽油箱中，能量与携带者汽油一起流入和流出。对于电池和汽油箱，流入和流出的能量携带者都是相同的。在有些能量储存器中，与能量一起流入和流出的能量携带者是不同的。夜间蓄能电热器就是这样一种能量储存器。能量与电一起流入夜间蓄能电热器，然后与空气一起流出。图14是它的能流图。这个图表明，这种能量储存器也是能量收发器。



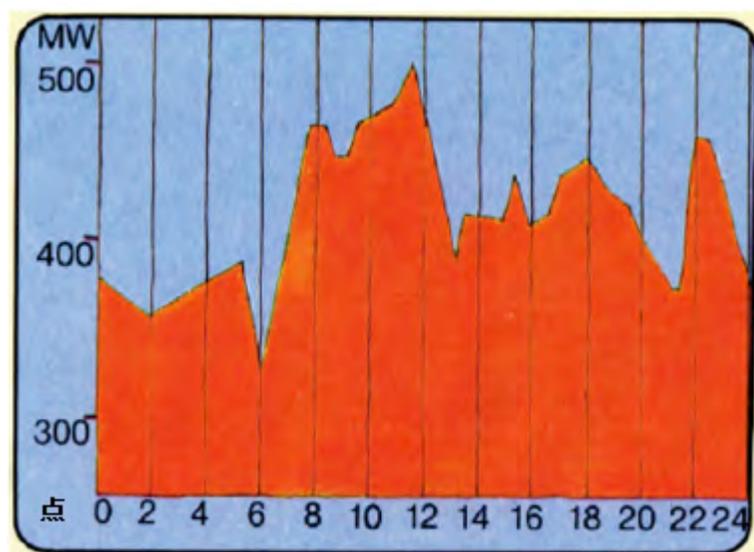
### 练习

1. 请画出能量储存器“丙烷瓶”的能流图。能量与携带者一起都储存在瓶中的吗？
2. 发条马达是用角动量输入和输出能量的能量储存器。然而，角动量并没有储存在里面。请画出它的能流图。

## 第12章补充材料

### S 12.1 一天中一座城市所消耗的能量

下图给出了一座大城市在一天中所消耗的以电为携带者的能量。以时间为向右的横坐标，以能流或“功率”为向上的纵坐标。这个图线告诉我们，在10点钟的能流是470MW。（因此，在10点钟每秒消耗的能量为470MJ或470,000,000J。）



从左向右来看这个图线。从半夜到早晨6点，因为人们还都在睡觉，所以能流是小的。后来，人们起床了，打开了电灯和收音机，磨咖啡。工厂开始生产。所有这些导致在8点钟到达了第一个能耗高峰。在9点钟，许多公司刚好吃早饭，机器关掉了，能耗减小。后来能耗又上升了。在上午11点到中午12点，由于电炊具的使而导致“做饭高峰”的到来。我相信你自己能解释下午的情况。从下午9点开始，发电厂要开始给夜间蓄能电热器充电。这又导致能耗的大幅度增大。

### S 12.2 将自行车轮子当作飞轮

将你的自行车倒翻过来，将其车座和把手搁在地面上，把装有发电机的轮子当

作飞轮。开始时，发电机与车轮是脱开的，不会转动。



**给飞轮输入能量：**用手很快地转动轮子。这时，轮子中储存了能量。

**飞轮释放能量：**将轮子与发电机耦合。这时，轮子将能量传递给了发电机，发电机再将能量传递给自行车头灯和尾灯。轮子很快停了下来。

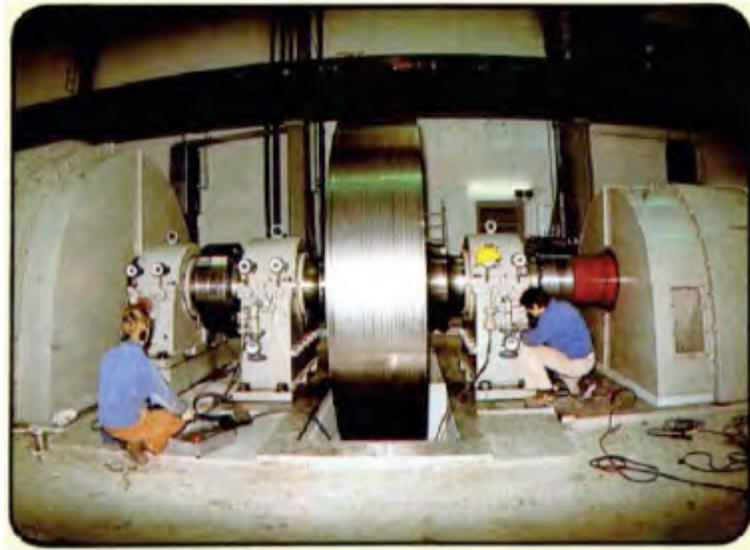
### S 12.3 飞轮如何将很小的能流变为很大的能流？

在慕尼黑附近的一个研究所（马克斯·普朗克等离子体物理研究所）中有一台目前全球最大的飞轮。这个飞轮的直径有2.9米，重有200吨。它是用来在短时间内产生很大能流的装置。用一台很“小”的电动机给它输入能量。这台电动机（下图右）提供5.7MW的能流。输入能量的时间为20分钟，即在20分钟内飞轮转得越来越快。

然后将飞轮与发电机（下图左）连接。它将所有能量在几秒钟内传输给这台发电机。这就导致在很短时间内产生150MW的能流。因此，这个飞轮是用来在较长时间内流入飞轮的较小的能流转变为在很短时间内从飞轮流出的很大的能流。

飞轮储存能量跟你储蓄钱差不多。你的储蓄箱是钱的储存器。如果你要购买一件大的物品（如自行车），你就得储蓄钱（可惜的是，你储蓄得很慢，即钱流得很慢。）如果在你的储蓄箱中有足够的钱了，你就会一次性把钱付出。这时，钱流得

很快。



## S 12.4 压缩空气罐

压缩空气罐是能量储存器。当空气压缩时，有能量在输入；当空气释放时，在输出能量。膨胀的汽车轮胎中含有压缩空气。因此，汽车轮胎是能量储存器。一般情况下，这能量储存器不会释放能量。但你可以释放它的能量。例如，这能量可用于驱动玩具蒸汽机。



## 13. 冷却口

### 13.1 冷却口

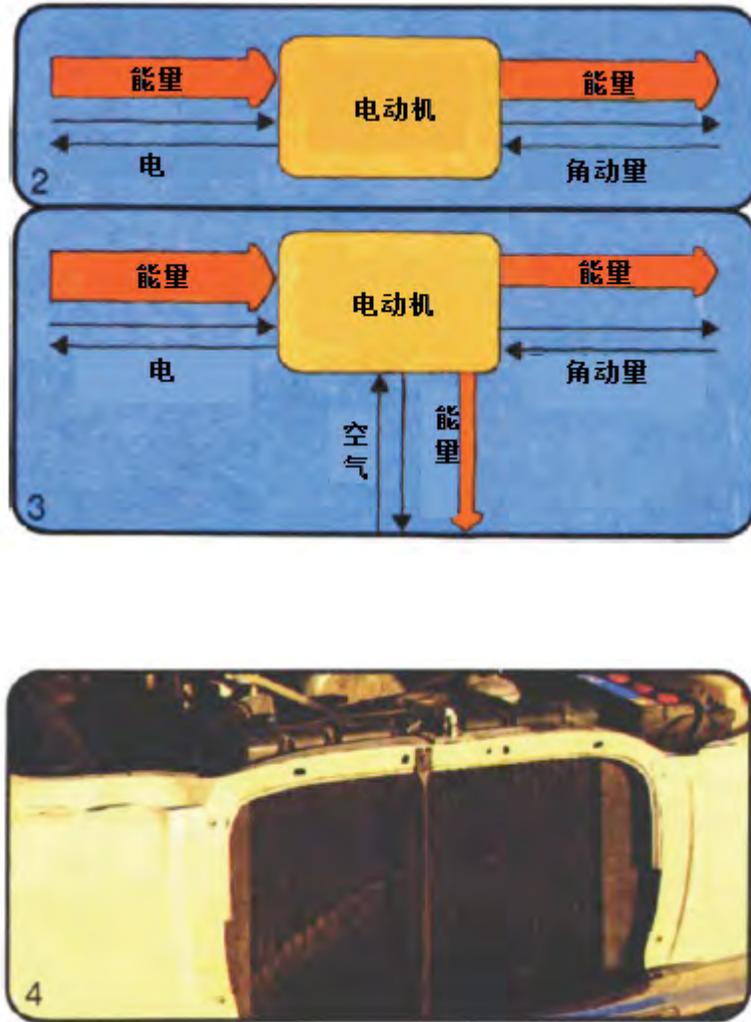
图1是两个很相似的装置。这两个装置都有一个电动机，并能连接很多工具。其中一个装置用在厨房中，可以在它上面安装搅拌器或钩状搅拌器；另一个用在车间中，可以连接钻头或砂轮。这两个电动机都将能量从电传递给角动量。我们来详细讨论这两个装置。



在这两个装置外壳的一个边上都开有窗口。在运行时，空气从其中一个窗口流出，从另一个窗口流入。也许你能想象出这空气是用来干什么的。电动机必须冷却。如果你关闭这个空气出口，电动机就会发热，甚至烧掉。流出的空气比流入的空气要热。这空气携带着能量从装置中流出。

到现在为止，我们所画出的电动机的能流图是不完整的（图2）。在这个能流图中仍然缺少第二个能量出口。我们把它叫作冷却口。图3画出了完整的电动机能流图。能量箭头的粗细表示能流强度。流入进口的能量被分配到两个出口。

这个冷却口是无法避免的缺点。从这里流出的能量是没有用的，对我们来说是损失。然而，如果没有这个冷却口，电动机将无法运行。



汽车发动机的冷却口

不但电动机有冷却口，其他许多能量收发器也有冷却口。汽车发动机的冷却口可以清楚地看到：热水通过管子从发动机流到散热器（图4），冷却的水又从这里流回到发动机。摩托车和摩托自行车的发动机直接将能量释放给流过它们的空气。那些冷却片用来加快能量向空气的传递（图6）。



摩托自行车的冷却口

能量收发器传递的能量越多，冷却口就越大。发电厂中有蒸汽机，其冷却口大到一条大的河流，这样才足以将能量带走。如果附近没有河流或河流太小，就需要建造冷却塔（图5）。在冷却塔，能量不但被空气带走，也被蒸汽带走。



**小结：**能量收发器不只有一个能量出口，而有两个能量出口。然而，从第二个出口流出的能量是没有用的。

补充材料：S 13.1，S 13.2

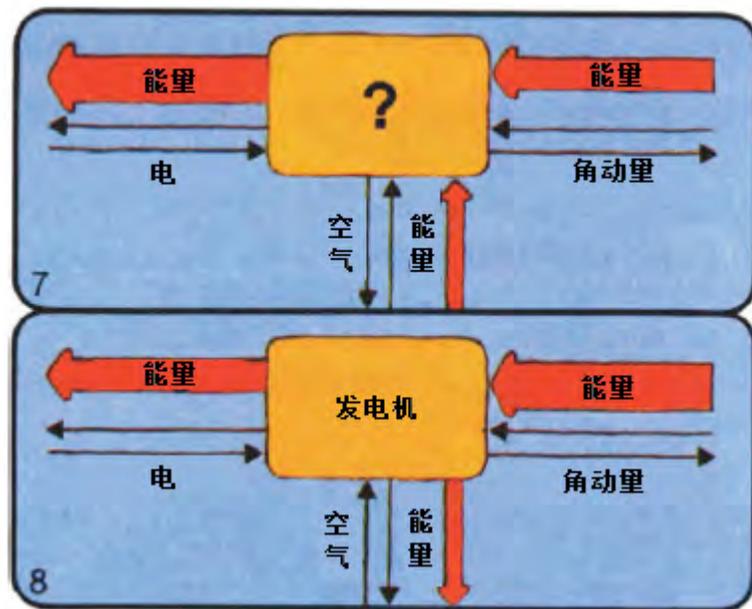
## 练习

1. 写出几个有冷却口的装置的名称。它们的冷却口在什么地方？
2. 真空吸尘器的冷却口在哪里？
3. 如果将投影仪的空气出口关闭，将会发生什么情况？

## 13. 2 电动机的逆向运行

有些电动机可当作发电机来使用。因此，很容易从电动机的能流图得到发电机的能流图：你只要简单地将电动机的所有箭头反向一下就是了。

然而，在前一节中，我们改进了电动机的能流图（图3）。现在，我们想用前面同样的方法从这个改进了的电动机的能流图得到发电机的能流图：将图3中的所有箭头反向一下，得到图7。



错的发电机能流图和正确的发电机能流图

请仔细看一下这个能流图。这个“发电机”用电所释放的能量将多于用角动量所吸收的能量。假如它用电每秒释放3J的能量，但用角动量每秒只吸收2J的能量。这样，它将用空气每秒通过冷却口吸收1J的能量。空气因此而使冷却口变冷。当然，没有这种发电机。在实际的发电机中，热空气从冷却口流出来，这跟电动机是一样的。图8给出了正确的发电机能流图。在这里，能量从一种携带者传递给另一种携带者的过程中仍然有损失。

**小结：**在电动机和发电机中总会有一部分能量损失。这能量从冷却口流出。

补充材料：S 13.3

### 练习

画出有冷却口的太阳能电池和白炽灯的能流图。

### 13.3 能量收发器中的能量损失

有些能量损失发生在能量收发的过程中。当然，你希望这能量损失尽可能地少。

如果与电一起流入一台电动机的能流为4kW，流出冷却口的能流为1kW，那么剩余的与角动量一起流出的能流只有3kW了。流入的能量中有四分之一从冷却口流出，并且无法再被利用。我们说，这台电动机的能量损失为1/4。

如果流入一台电动机的能流为100W，从冷却口流出的能流为50W，那么它的能量损失为1/2。

因此，能量损失是从冷却口流出的能流在流入的能流中所占的比例。

下表给出了一些典型的能量收发器的能量损失：

能量收发器	能量损失
大型水轮机	小于1/10
大型电动机	1/10
发电机	1/10
汽油机	7/10
柴油机	6/10
烧煤火力发电厂	6/10
核电站	7/10
太阳能电池	9/10
白炽灯	19/20

你也许会感到奇怪，为什么能量收器会有这么多的能量损失。然而，如果你将

几个能量收发器串联成一条链，其能量损失将更大。这样，所输入的能量中只有很小一部分能量到达这条链的终端，有很大一部分能量从冷却口流出了。如果能量传输的路径很长，还有“线路损失”：在能量收发器之间的路上所流走的能量。

**小结：**能量收发器的能量损失是从冷却口流出的能量在流入的能量中所占的比例。

补充材料：S 13.4和S 13.5

### 练习

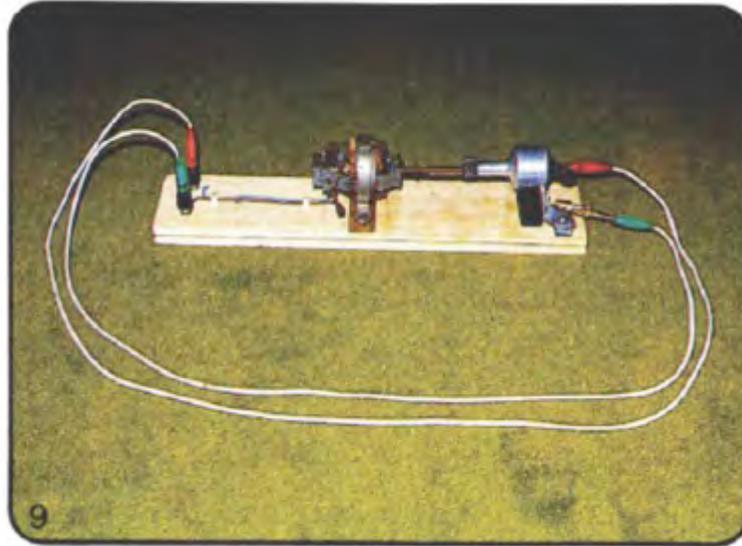
1. 请列出能耗特别小的装置。
2. 请列出能耗特别大的装置。
3. 当汽车发动机不工作时，汽车的能耗是多少？
4. 在S13.2中骑自行车的人的能耗是多少？
5. 一只白炽灯的能耗是 $19/20$ ，一只氖管的能耗只有 $16/20$ 。多少只40W白炽灯发出的光跟40W氖管发出的光一样多？

## 13.4 永动机

永动的意思是永远运动。永动机是能提供能量但又不消耗能量的机器。无数发明者一直在思考如何制造这样的机器，并且提出了这种机器的有趣设想。这种机器有一个共同的特点：它们都不会运行。理由很简单：如果没有能量流入，也不会有能量流出。

通常所提出来的永动机都有几个能量收发器耦合而成，并形成一個闭合的回路。

我们来看图9所示的一种设想：一台电动机驱动发电机。这台电动机自己向发电机获取所需的能量。我们来讨论一下为什么这台机器不能运行。当然，如果电动机和发电机都停止工作，什么也不会发生，这台机器（由电动机和发电机组成）不提供任何能量。现在我们让这台机器开始运行，让电动机和发电机的共同转轴开始转动起来。



这台机器能提供能量吗？

这意味着我们先给这台机器提供一定的能量，希望以后能获得比所提供的能量更多的能量。假如我们开始时给它提供了10J的能量。现在，发电机将这10J的能

量传递给电。其中部分能量通过发电机的冷却口流出了。我们假定这部分能量为1J。这样，电动机得到的能量是9J。它把这能量传递给角动量。如果有1J的能量从电动机的冷却口流出，那么就只剩下8J能量了。这些能量又回到发电机。假定有7J的能量又传递到了电动机，后来有6J的能量又传递给了发电机，如此等等。能量在这个回路中流动。在每一循环中，总有一部分能量从冷却口流出。最后，这台机器停了下来。因此，这台机器没有向外提供能量。相反，最后连我们开始输入给它的10J能量也损失完了。

**小结：**没有这样的机器，能持续不断地向外提供能量，而不从其他地方吸收能量。永动机是没有的。

补充材料：S13.6

### 练习

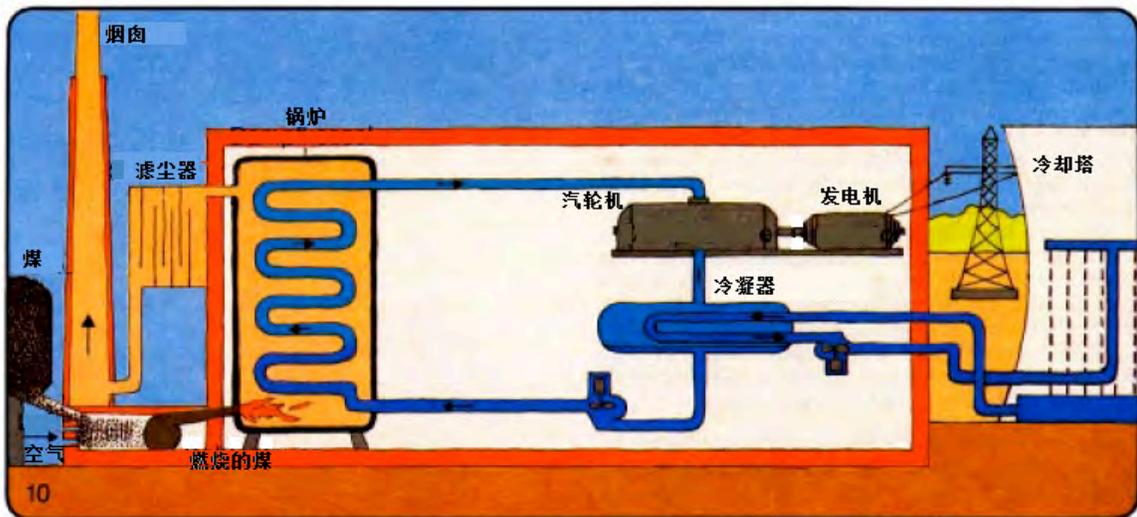
1. 有人想用一块太阳能电池和一只白炽灯做成一个永动机。你认为他是怎么想的吗？
2. 请你设想一台永动机。请你具体描述一下这台永动机。

## 13.5 火力发电厂

许多发电厂是烧煤的。输入发电厂的能量携带者是黑煤或褐煤。在S2.4节中给出了大型烧煤火力发电厂的照片。

这家发电厂提供给用户的总能流为2100MW。这足以满足3,600,000人口的用电需求。

烧煤火力发电厂是如何运行的？它的原理是很简单的。它的原理跟一台驱动发电机的玩具蒸汽机的原理几乎相同。图10是烧煤火力发电厂的图意图。



1. **锅炉：**吸收煤燃烧时释放的能量后，水在锅炉中沸腾，变成高压（150bar）和高温（500℃）蒸汽。蒸汽锅炉占用了大部分发电厂的空间。

2. **汽轮机和发电机：**来自锅炉的蒸汽驱动汽轮机转动（S 3.8）。它的原理跟水轮机差不多：从旁边流出来的蒸汽冲击水轮机的叶轮，使其转动。蒸汽的压强和温度因此而减小。如果只冲击一个叶轮，蒸汽的压强和温度减小得不多，这蒸汽仍可利用。这蒸汽再冲击第二个叶轮，然后再冲击第三、第四个叶轮，等等。一台大型汽轮机共有70个叶轮。蒸汽冲击了一个叶轮后，后几个叶轮会越来越大：第一个叶轮最小，最后一个叶轮最大。在大型汽轮机中，最后一个叶轮的直径有5m。

从最后一个叶轮冲出来的蒸汽的压强几乎为0bar，温度大约为环境温度。对于这种蒸汽不能再利用了。

汽轮机驱动一台大型发电机。换句话说，能量与携带者角动量从汽轮机流到发电机。

**3. 冷凝器：**从汽轮机流出来的蒸汽仍有大量能量，尽管这蒸汽的温度和压强已经很小了。水蒸汽比水含有更多的能量。然而，你无法再利用它了，它的温度太低了。我们将这水蒸汽输入到冷凝器中。在这里，水蒸汽变成了液态水。我们用水泵将这部分水抽回到锅炉中。当这水蒸汽变成液体时会将能量释放给流过冷凝器的冷却水。冷却水将能量带到冷却塔。在冷却塔中，能量释放给空气。因此，冷却塔是发电厂的冷却口。大约有一半由煤输入给发电厂的能量在这里流出。发电厂还有其他出口在损失能量，如烟囱。现代的烧煤火力发电厂的总能量损失大约为6/10。

蒸汽机和玩具蒸汽机没有冷凝器。这里，蒸汽直接从蒸汽机排放到大气。这一蒸汽出口是冷却口。这种没有冷凝器的机器的能量损失比有冷凝器的更大。蒸汽机的能量损失大约为8/10。

补充材料：S 13.7

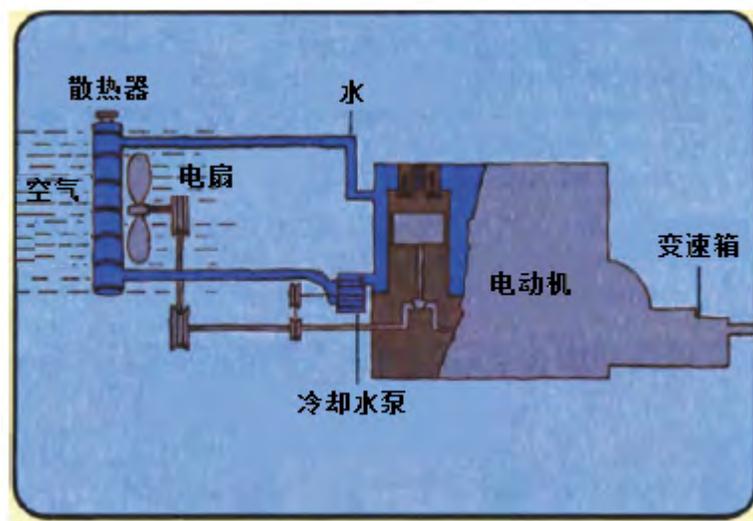
### 练习

1. 请描述一下蒸汽发电厂的设计原理。
2. 为什么汽轮机有不同大小的叶轮？
3. 发电厂的蒸汽锅炉与煤炉一起组成了一台能量收发器。请画出它的能流图。

## 第13章补充材料

### S 13.1 汽车发动机的冷却系统

汽油机必须冷却。如果不冷却，机器会变热；润滑油会变少，不再起到润滑作用。这时，发动机的活塞会被卡住，发生“咬缸”现象。这意味着发动机会爆破。为了避免咬缸现象的发生，汽车中安装了温度计或仪表盘上安装了红灯。当发动机温度过高时，这红灯会亮。



上图是汽车发动机的冷却系统的结构图。在发动机中，能量被载荷到水中，使水变热。冷却水泵把水抽到散热器中。在这里，能量被传给空气。如果汽车停止行驶或行驶得慢，流过散热器的空气就不充分。因此，在散热器旁有一台电扇。

在以下几种情况中冷却效果会变差：

- 冷却系统有漏洞，冷却水泄漏；
- 冷却水泵不工作（或许是因为三角皮带断掉了）。

不管是哪种情况，发动机必须立即关闭。

## S 13.2 人体的冷却口

骑自行车的人将能量传递给角动量。在比赛中，这能流可高达200焦耳/秒，即200W。然而，与此同时，骑车的人在出汗。他通过皮肤向外释放能量，相应的能流大约为600W。人体的皮肤是冷却口。

## S 13.3 管道的冷却口

我们已经知道，能量收发器有能量损失。流入的能量部分流到了冷却口，不再被利用。

遗憾的是，这些“收发器的能量损失”不是唯一的能量损失。能量还会在从一个收发器到另一个收发器的流动路径中损失。能量携带者所流过的管道也有冷却口：开始时流入管道的能量多于最后流出管道的能量。当有东西流过管道时，管道会发热。管道会对周围的空气加热。

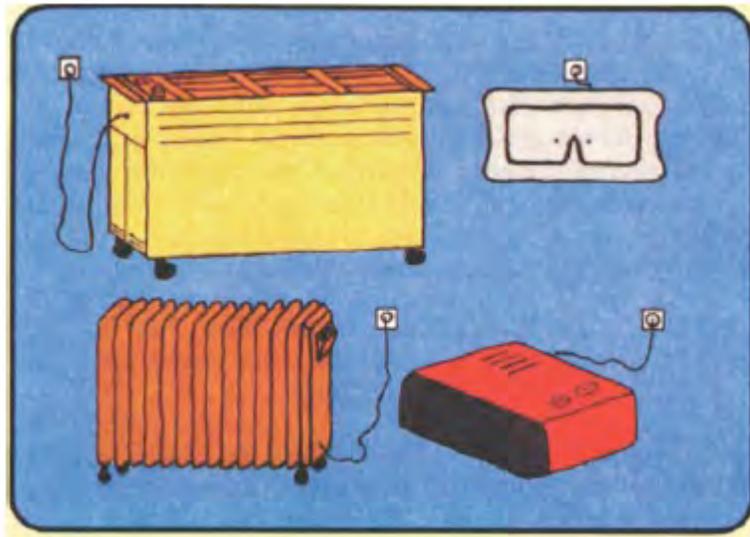
你也许已经感受过电缆发热的现象。为了减小电缆的发热程度，必须用粗的电缆。

在用转轴传输能量时，轴承会发热。为了减小其能量损失，必须使用滚珠轴承。

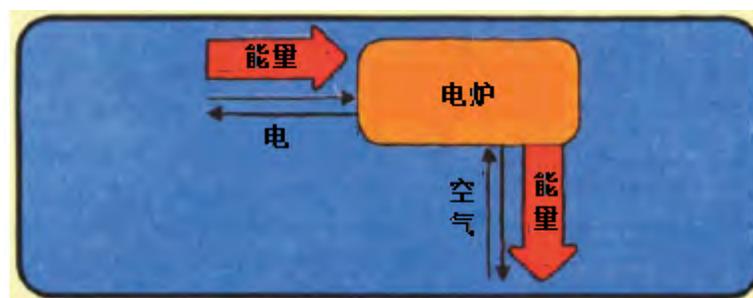
你知道，发热的管子也要损失能量。为了尽可能减少这种能量损失，管子必须是绝热的。

## S 13.4 电热器的能量损失

下图给出了四个不同的电热器。所有这些电热器都没有能量损失。由电携带给电热器的所有能量都与热空气一起流出来。你也许会这样解释：这些电热器只有一个冷却口。就这一次，你只关注流到冷却口的能量。所以，你会得出结论，电热器是一种理想的供暖器。对于其他供暖器，有部分能量会跑到烟囱那儿去。



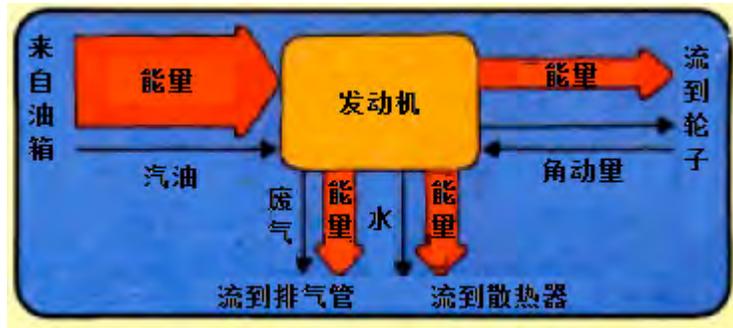
然而，这个结论是错的，因为你只关注能量收发器链中的最后一链。电热器的能量来自发电厂。能量从煤释放到发电厂就要损失 $6/10$ 。如果你通过一个煤炉烧煤来给房间供暖，相应的能量损失会更小：约 $3/10$ 。



### S 13.5 汽油机的能量损失

汽车中的散热器是汽车发动机的冷却口。但还不止这个。没用的能量也从排气管中排出来：废气是热的，仍带着大量能量。作为一条粗略的经验法则，你可以这样来记：

汽油所释放能量的1/3流到轮子，1/3从散热器流出，1/3从排气管排出。



### S 13.6 永动机

起动后的飞轮转动一段时间后会停下来。这是由于摩擦。如果摩擦消除，例如，使用滚珠轴承，其转动时间会延长。如果摩擦彻底消除了，飞轮会永远转动下去。你不能把这种飞轮叫作“永动机”。这是因为，永动机必须有能量输出来，并一直保持运行状态。然而，这个飞轮做不到这些。

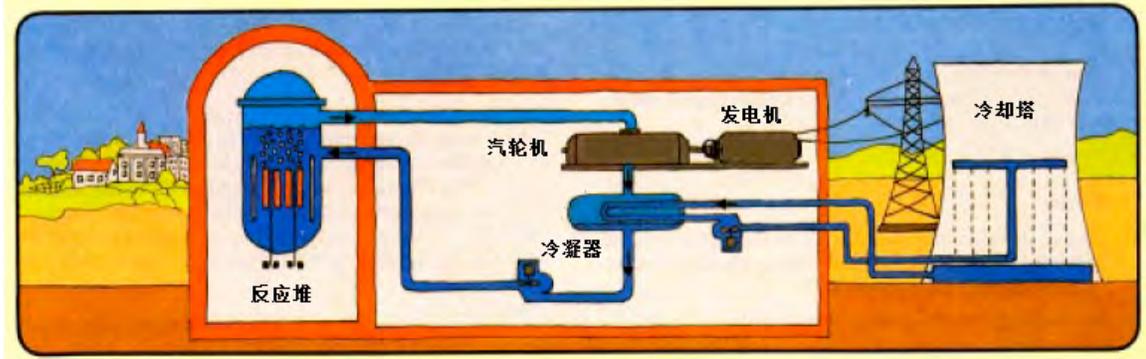
地球就是这样一种几乎没有摩擦的“飞轮”。它绕着其转轴已经转动了几十亿年，并还将转动很长的时间，但不会永远转动下去。在一年中，它转一周的时间会延长0.00002秒。因此，一天的时间会越来越长。我们也可以这样说：地球是一个飞轮，一个能量储存器；在这个能量储存中，有一部分能量在不断地向外流出。

### S 13.7 核电站

从理论上来说，核电站与烧煤火力发电厂只有蒸汽锅炉和它的燃烧系统不同。对于烧煤的锅炉和核电站的锅炉，由于不同的“燃料”而有不同的设计方案。

核电站的“燃料”是铀，其锅炉的“炉子”叫作核反应堆。铀释放能量后产生放射性废料。核电站中的燃料不总是象烧煤的火力发电厂那样经常加到炉子中去的，但必须每年“加注”一次，以供应一年所需的铀。同样，多数“废料”（即放射性废料）一年也要清除一次。放射性废料是极度危险的。因此，每个核电站都有

一个复杂的安全系统，以避免放射性物质的泄漏。只有很少量的放射性气体会不断地从烟囱（图中没有画出）中排放出来。



## 14. 物质及其性质

### 14.1 在能量收发器中的物质转化

当能量携带者流过接收器并把能量释放后，它在某些方面发生了变化。

水流入中央加热系统的散热器时是热的，流出时是冷的了，所含的能量也减少了。流入气锤的空气具有很大的压强，流出时压强减小了，所含的能量也减少了。

在有些能量收发器中，能量携带者所发生的变化更大。

汽车发动机就是这样的能量收发器。载荷着能量的携带者“汽油”流入发动机。在发动机中，汽油释放能量，转化为废气。携带者“废气”通过排气管空着离开发动机。这很象油炉中的情况。

在这种能量收发器中所发生的情况叫作物质的转化，也叫作物质的反应。

我们将学到更多关于物质和物质转化的知识。我们将学到关于化学的知识。

**小结：**在需要燃料的能量收发器中，在能量释放时，新的物质产生了。

#### 练习

1. 驱动水轮机的水在水轮机中发生了变化。你是如何知道它已经将能量卸载给了水轮机？

2. 找出几种这样的物质，当它卸载能量后转化成了别的物质。请写出几个这样的物质的名称。

## 14. 2 如何识别物质？

你如何识别物质？你可以通过物质的特性来识别它们。一般情况下，识别某种物质是不是水是不难的。然而，你得找出多少种水的特性才能确认它是水？

假如桌子上有一只咖啡色的杯子，用软木塞把它密封起来。你能看到杯子里面有一种透明的液体。你能在杯子外面识别这种液体是不是水吗？不，绝对不能。但是，你能排除许多物质：肯定地，它不是固体物质，不是铁或橡胶。它肯定也不是不透明物质，不是牛奶、柏油、水银（在体温计中的液体）。然而，你得考虑其他许许多多液体。

因此，你得把瓶子拿起来，摇晃它。这液体是稀薄的，因此不是润滑油或洗碗液。你仍活着，说明它不是硝化甘油这种液体爆炸物。它会是什么物质？水、酒精、汽油、苹果汁、硫酸（在汽车电池中的液体）或.....？

你打开这个瓶子，细心地闻一下。（老师会告诉你怎么闻。）啊，它没有气味，所以不可能是汽油、酒精、燃油、醋.....你将这液体倒入玻璃杯中。它是无色的，因此不可能是苹果汁。这样是不是可以确认它是水了？当然不可以。例如，它还可能是甘醇，一种经常加注在汽车散热器中作为防冻剂的液体。

看到了吗，要清楚地确定在你面前的物质的种类是何等地难。

现在，人们所知道的物质有几百万种。显然，要区分这些物质仅凭看、摇、闻是不够的。所以，化学家们发明了无数种区分具有许多相同特性的物质的实验方法。

然而，当你已经知道这种物质可能属于哪几种物质时，要识别它是何种物质就不难了。

假如有一位司机，他在后备箱中放了两个塑料筒。这两个塑料筒中，其中一个装的是汽油，以防忘记加油时用；另一个装的是水，以备给发动机加注冷却水之

用。这两个塑料筒看上去完全相同，原来贴上去的标签也脱落了。当然，很容易来区分这两筒液体：这里只有两种可能的物质。这样，我们只要探测一下汽油和水的其中一种不同的特性就够了。例如，我们只要闻一下就是了。如果这位司机闻不到任何气味，他就可以从中取出几滴液体。如果这液体蒸发得很快，它就是汽油；如果它蒸发得较慢，它就是水。他也可以将一张纸在液体中浸泡一下，然后去点燃它。如果它燃烧了，说明这液体是汽油。

补充材料：S 14.1

### 练习

1. 给出几种不同物质的名称。你是如何识别这些物质的？
2. 说说水和酒精的区别。

## 14. 3物质的混合

我们已经知道，要识别一种未知物质是很困难的。尤其是，当物质不是纯的而是由几种物质混合而成的时候，就更难识别了。

假如在桌面上放着一瓶白色晶体颗粒。这晶体是盐还是糖？你尝一下，发现这晶体既有点咸也有点甜。肯定有人将纯的糖和盐混合在一起了。在我们周围，许多物质是纯物质混合而成的，如黄铜、汽油、酒和空气。

例如，酒基本上是由纯物质水、酒精和糖组合而成的混合物。

空气主要由纯物质氧气和氮气组成的。1升空气中含有约 $\frac{1}{5}$ 的氧气和 $\frac{4}{5}$ 的氮气。空气中还含有少量的其他气体。其中，二氧化碳是特别重要的气体，尽管在10,000升空气中只含有3升二氧化碳。如果没有二氧化碳，植物就不能生长；没有植物，动物和人类就不能生存。空气中也含有一些气态水。

**小结：**许多物质是混合物，如黄铜、汽油、酒和空气。

补充材料：S 14.2

### 练习

1. 举例说明某些物质是由纯物质混合而成的。
2. 海水是由纯水和各种盐混合而成的。你如何将水和盐分离出来？

## 14. 4物质特性的检测方法

你已经知道了大量物质，并能区分它们。你会不自觉地问不同的问题：

这物质是可见的（如铁、水和油）还是不可见的（如空气和天然气）？

它是固体、液体或气体？

它是透明的（如玻璃）还是不透明的（如铁）？

它是什么颜色？

它是晶体（如盐和糖）吗？

它是粘滞的（如柏油）、不大粘滞的（如车轴油）还是不粘滞的（如汽油）？  
（换句话说，它传导角动量的本领强不强？）

它有弹性吗（如橡皮）？

它摸上去感觉是冷的（如大理石）还是不冷的（如木料）？

它有气味吗？

它有味道吗？

它是重的还是轻的？

你每回答其中一个问题，都需要对特定的物质特性应用一种“检测方法”。你要检测它的颜色、韧性、气味等。这些检测工作很简单，你无需任何工具，只要动用你的感官就行了。

要回答下列问题，你就需要更复杂的检测方法了：

这物质是溶于水的（如糖、盐是溶于水的，沙、脂肪是不溶于水的）？

这物质是可燃的？

这物质具有磁性？

这物质能导电？

化学家们的检测方法中有些是很复杂的。也有一些装置能自动完成检测工作。

**小结：**为了区分物质，必须运用多种检测方法。

### 练习

1. 选择任意三种物质，尽可能多地列出它们的特性。
2. 对下列两种物质尽可能多地列出能区分它们的特性：
  - a) 铁和空气，
  - b) 金和银。
3. 你如何确定某种物质
  - a) 能导电？
  - b) 具有磁性？

## 14. 5几种气体的性质

多数人对气体物质了解得很少。其主要原因是多数气体是看不到的。然而，有些气体对地球上的生命很重要，如氧气和二氧化碳；有些在技术中起着很重要的作用，如氢气和甲烷；有些在家庭中很常见，如丙烷和丁烷。

因此，我们来详细讨论几种气体，来分析它们不同的性质。我们来分析以下五种气体：氧气、氢气、丙烷、二氧化碳和氮气（在图1中它们从左到右排列）。在商店里，这些气体被装在漆有标准颜色的钢瓶中。这些气体可以在商店里买到。



许多气体可以买到。它们被装在钢瓶中。

**气味：**对气味最简单的检测方法是闻。丙烷具有难闻的气味，氧气、氮气和氢气没有气味。二氧化碳稍微有点酸的气味。

**可燃性：**所检测的气体通过一根金属管流向大气。这气流必须很小，使得它燃烧时的火焰不会太大。现在，你将点着的火柴拿到气流附近。结果是：氢气燃烧了，其火焰几乎是不可见的；丙烷的火焰在底部是黄色的，在顶部是蓝色的。如果

你将点燃的火柴拿到氧气附近，其燃烧的火焰很亮。氧气本身不会燃烧，但木头在这里燃烧时的火焰比在其他地方更亮（图2）。



氧气有助于燃烧。

氮气和二氧化碳不会燃烧。如果你在一个杯子中充满二氧化碳或氮气，再将燃烧着的蜡烛放入其中，你会看到蜡烛熄灭了（图3）。



蜡烛在二氧化碳中熄灭了。

**轻重：**上面五种气体中只有两种还没有识别出来：氮气和二氧化碳。因此，我们还可以来检测气体的轻重。我们将每种气体充入气球中（图4）。氢气球漂上去了。因此，氢气比空气轻。其他所有气球都沉到地面了，并且二氧化碳和丙烷气球沉得特别快（图4）。我们可以运用这一现象来区分二氧化碳和氮气：二氧化碳比氮气重。



气比空气球都沉到二氧化碳气得特别快可以运用二氧化碳比氮气

氢气比空气轻。二氧化碳和丙烷比氮气重。

**石灰水检测：**下面我们将回答这样的问题：一种混合气中是否含有二氧化碳（可能是很少量的二氧化碳）？我们不能通过将它充入气球中来检测。因此，我们要想出另一种检测方法，用这种方法可检测出很少量的二氧化碳。将石灰水注入玻璃杯中（石灰水的制作：将少量普通建筑工地中的石灰放入水中，溶解后就得到石灰水）。将二氧化碳注入这个玻璃杯中。这时，石灰水变得混浊起来。所有其他气体都不会使石灰水混浊。



二氧化碳（在瓶中上半部分）溶解在水中了。

**可溶性：**将瓶子的一半装上水，另一半充入二氧化碳。用大拇指将瓶子密封起来，剧烈地摇动瓶子若干次。这时，在瓶子中形成了真空，你可以让瓶子悬挂在你的大拇指下面了（图5）。上半瓶的部分二氧化碳消失了，溶解到了水中。二氧化碳很容易溶解到水中。其他几种气体不易溶解到水中。然而，有很多氧气溶解到了湖水、河水和海水中，使得鱼能生存。陆地上的动物需要氧气，鱼也需要氧气。



从瓶子内的气泡中跑出来的气体是二氧化碳。它使石灰水变混浊。

二氧化碳溶解于水，这是你已经熟悉的现象。把从带汽矿泉水瓶子中跑出来的气体引导到石灰水中（图6）。石灰水变得混浊了。因此，在带汽矿泉水中的气体是二氧化碳。在生产过程中二氧化碳被压入矿泉水中，并溶解在水中。所以，带汽矿泉水仅仅是有二氧化碳溶入其中的水。

**小结：**氧气不会燃烧，但会助燃。氮气能闷熄火焰。二氧化碳能闷熄火焰，

比空气重，能使石灰水变混浊，易溶于水。氢气会燃烧，比空气轻。丙烷会燃烧，其火焰呈黄色，比空气重。

补充材料：S 14.3

### 练习

1. 列出几种气体。它们有哪些共同的性质？
2. 氮气和二氧化碳有哪些区别？
3. 你如何确定某种混合气体中含有二氧化碳？
4. 葡萄汁发酵时会产生二氧化碳。酿酒者在进入酒窖之前，有时要先点亮蜡烛，尽管酒窖中有电灯亮着。为什么？

## 14. 6 固体、液体和气体

我们已经说过，识别水的其中一个特性是液态。然而，水不总是处于液态，也可处于气态或固态。大家都知道固态水：冰。如果把液态水冷却，在 $0^{\circ}\text{C}$ 时它会变成冰。如果给冰加热，它在 $0^{\circ}\text{C}$ 时会再变成液态。这个转化温度叫作熔点。凝固和熔解发生在同一温度。

为了获得气态水，你无需做什么。空气中总是含有部分气态水。例如，我们时常会说，空气潮湿或干燥，这意思是空气中含有或多或少的气态水。显然，空气中一定含有气态水，因为你知道液态水在蒸发。

如果将刚洗好的衣服挂在一根绳子下，部分水先滴下，其余的水蒸发了，变成气体。下雨后，地面又变干了。部分水流走了，其余的水蒸发了。

上面关于水的情况也可应用于其他物质。你只知道其气态的物质（如空气）也会变成液态或固态。同样，你只知道其固态的物质（如铁）也会变成液态或气态。

下表给出了几种物质的熔点。

物质	熔点 ( $^{\circ}\text{C}$ )
氢气	-259
氧气	-219
氮气	-210
酒精	-114

水	0
铅	327
铁	1528

根据上表，如果温度低于-219℃，空气也会象冰一样覆盖在地球表面。

有些物质（不是水）的蒸发现象更容易看到，只要这些物质有气味。“闻到某种物质的气味”意味着这种物质以气体的形式进入了我们的鼻孔。因此，只有当物质蒸发时我们才有可能闻到它们的气味，如汽油、燃油、蜡光剂、香水的气味。

**小结：**在熔点，物质从固态变为液态或从液态变为固态。在蒸发过程中，物质变为气态。空气中通常含有部分气态水。

补充材料：S 14.4和S 14.5

### 练习

1. 给铅加热时，它在327℃时会变成液体。给它冷却时，在温度为几度时这液态铅又会变成固体？
2. 你凭什么说空气中含有气态水？
3. 列出几种物质的名称，它们的熔点a) 低于水的熔点，b) 高于水的熔点。

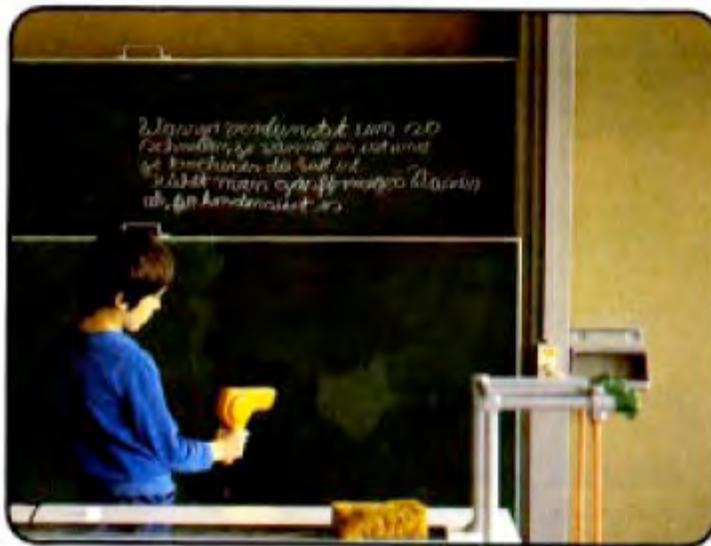
## 14. 7 蒸发和凝结

刚洗好的衣服挂在有风的绳子下面特别容易干。这是为什么？

●空气含有的气态水越少（空气越干燥），水的蒸发就越快。因此，蒸发可以通过风来加快。风把刚蒸发的水蒸气从水的表面吹开，使干燥的空气能不断地流入。

●即使没有风，刚洗好的衣服在阳光下很容易干。水越热，蒸发就越快。

同时给水加热和吹风，水会蒸发得特别快。刚洗好的衣服如果挂在既有风又有阳光的凉衣绳下，会干得特别快。电吹风（图7）对水同时吹风和加热。



然而，如果给含有水的空气冷却，会发生什么情况？这种情况经常发生在夜里。在早晨的早地上，你可以看到所发生的情况：露水结在草上。露水是原来在空

气中的气态水，现在变成了液态水。我们说，水凝结了。凝结和蒸发是两个相反的过程。当液态水变成气态水时，我们把这个过程叫作蒸发；当气态水变成液态水时，我们把这个过程叫作凝结。

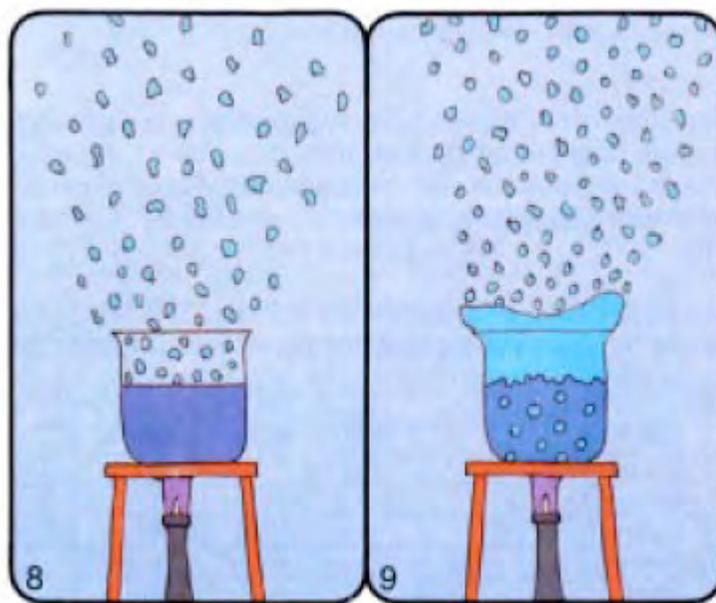
**小结：**空气越热和越干燥，水的蒸发就越快。如果给气态水冷却，它会凝结。

### 练习

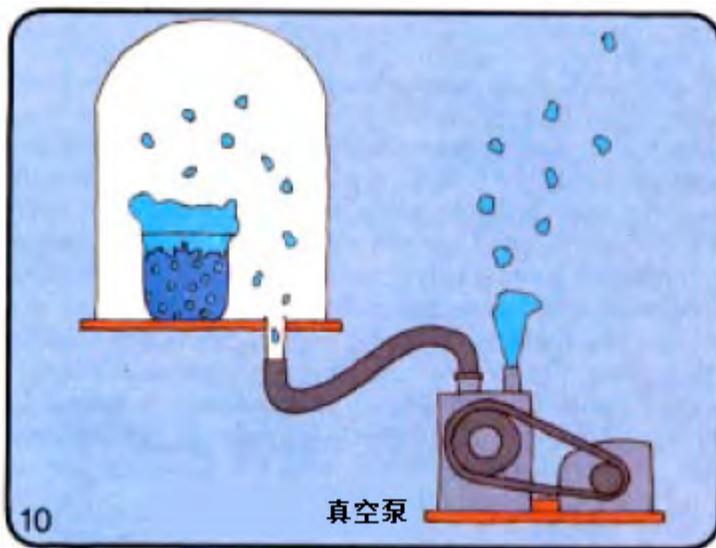
1. 为什么你用电风吹头发时你的头发干得更快？
2. 当你从冰箱中取出一个瓶子时，它外面会覆盖一层水。这水来自何处？
3. 当你在窗玻璃前吹气时，窗玻璃上面会形成一层水。这水来自何处？

## 14. 8 沸腾

温度越高，水的蒸发就越快。图8中有一只盛水的烧杯。有些水一直在蒸发。在水表面上方的空气含有气态水，这些气态水慢慢地向外分布。如果你在锅中给水加热，它蒸发得越来越快。最后，在某一温度下，蒸发的速度是如此地快，以至于所蒸发的水蒸气完全能把水表面上的空气推开（图9）。与此同时，在水内部形成了水蒸气的气泡。这些气泡向上升。你很熟悉这个过程：水的沸腾。水沸腾时的温度是 $100^{\circ}\text{C}$ 。这个温度叫作水的沸点。



在左图，水慢慢地蒸发。在右图，水蒸发得很快，以至于气态水把空气全部推开，水沸腾了。



在这个图中，水在20℃沸腾了。

你也可以帮助水来推开空气：你可以用一台真空泵来将水面上的空气抽出。这样，水可以在通常的环境温度下（即在20℃）沸腾（图10）。

其他不同的液体在不同温度下沸腾。下表列出了几种物质的沸点。

物质	沸点（℃）
氢气	-253
氧气	-183

氮气	-196
酒精	-78
水	100
铅	1750
铁	3000

你会觉得奇怪，金属也会变成气体。然而，你经常会遇到气态的金属。在大街上的路灯，既不是白炽灯，也不是荧光灯（氖管）。确切地说，气态金属在里面发光。在“冷”光灯（发出的光跟日光一样）中，气态水银发光；在“热”光灯（发出黄光）中，气态钠发光。在开关断开时，这金属还不是气体。因此，这种灯在到达正常发光时需要几分钟的时间。

**小结：**在沸点，有大量液体变成气体，使得液面上的空气被推开。

补充材料：S 14.6

### 练习

1. 当水的温度逐渐升高到沸点的过程中会发生什么情况？
2. 怎样让水在温度低于100℃时沸腾？
3. 怎样让水在温度高于100℃时沸腾？
4. 高压锅是有密封盖的锅。当给它加热时，里面的水会发生什么情况？

## 第14章补充材料

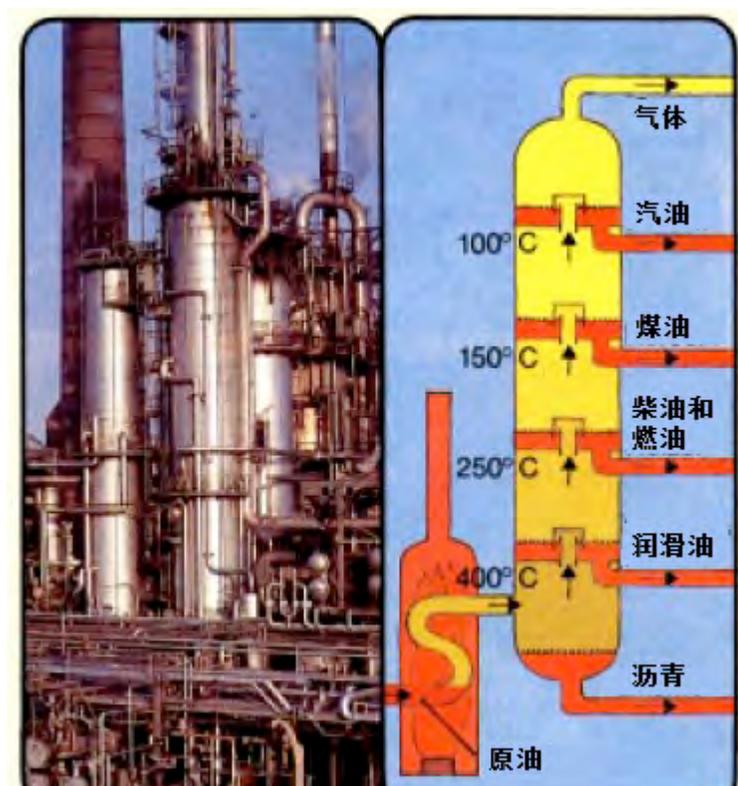
### S 14.1 对未知的物质要小心！

当你靠近不熟悉的狗时，要小心。你最好问一下狗的主人，它是否会咬人。对未知的物质也同样：它们可能是有毒的，也可能有放射性，也可能有腐蚀性，也可能爆炸，也可能全使人窒息。因此，千万不要用你不知道是否有害的物质做实验。尤其是，千万不要去尝未知物质的味道。

例如，氰化物看上去完全跟无害的盐一样，但0.15g氰化物足以毒死一个人。

### S 14.2 物

有时需物，把纯物开来。下面两种在技术物质分离方



### 分解混合

要分解混合质各自分离我们来介绍上很重要的法。

**炼油厂：**原油是大量不同燃料的混合物。原油对你来说派不上什么用处。汽油机也好，柴油机也好，油炉也好，都不能用地下的原油来工作。因此，原油必须在炼油厂中加以分解。这个分解的过程叫作“蒸馏”。原油先蒸发，变成气态。这气态的原油被输入蒸馏塔。在蒸馏塔的不同高度，温度各不相同。由于不同成份的原油有不同的沸点，它们在塔的不同高度凝结，从而被分离出来。然而，并不是所有纯物质都在这里被分离出来。原油仅仅被分成粗的几种成份，每种成份仍是混合物。其中一种是汽油，另一种是柴油或燃油。

**海水淡化工厂：**在世界上许多国家，饮用水是很珍贵的物质，尽管那里有足够的水。然而，这现存的水是海水，即水和盐的混合物。海水淡化工厂就是用来从海水中提取饮用水的。这个过程基于这样的事实：当盐水沸腾时，只有水会蒸发，盐仍是固体。

### **S 14.3 气体可以被压缩**

拿一个注射器。



1. 把活塞稍向外拉出一部分，用手堵住筒口，再压活塞。

2. 把水注入注射器中，堵住筒口，再压活塞。

你能感觉出差异吗？跟所有气体一样，空气容易被压缩。水几乎不能被压缩。

注入空气的注射器跟钢弹簧一样。汽车中装有“空气弹簧”（图的底部）。空气的可压缩性也被用于交通工具的轮胎中。



当你挤压空气时，你把能量储存在其中了。当气体释放时，这能量也释放出来了。

## S 14.4 液态金属

多数金属在正常温度下是固体。如果给它们加热，它们在熔点时会变成液体。

为了制造具有一定形状的金属物体，液态金属通常被灌注到一个模具中，然后再变成固体。



浇铸技术用来制造：

用铁或铝制成的汽车发动机的气缸体、教堂大钟、铜像、铁炉、锌模型玩具车。

## S 14.5 混凝土、鸡蛋和粘合剂的硬化

不是所有物质在从固体变为液体后又反过来能从液体变为固体。

当混凝土变为固体时（即“成型”时），它不是从液体跃变为固体的。混凝土不是在一定的温度下固化的，而几乎在任何温度下都会固化。然而，再给它加热，它不会再变成液体。当混凝土固化时，物质已经转化了。固体的混凝土和液体的混凝土是两种不同的物质。

给鸡蛋加热，它就会硬化。这个过程不可能通过冷却再反过来。

象混凝土一样，粘合剂不是在一定温度下固化的。多数粘合剂由溶解在溶剂中（象糖溶解在水中一样）的固体物质组成。粘合剂固化时，溶剂蒸发了，固体物质仍留在那里。

## S 14.6 水蒸汽和雾

从放在炉子上的水壶喷出来的白“云”通常叫作水蒸汽。然而，物理学家和工程师把水蒸汽理解为别的物质，即气态水。气态水是看不见的。

仔细观察水沸腾时的水壶。在喷口上方你看不到任何东西。不能由此得出结论说，这里有空气，也不要把手指放在这里：这里有看不见的热蒸汽在喷出来！在稍高一些的地方我们能看到白色的雾。这是由很小的液态水滴组成的。从锅炉喷出来的水蒸汽到达某处时遇冷而凝结。然后，这些小水滴又到达一个空气比较干燥的区域，再次蒸发。

在天空中的雾和云也是由小水滴组成的。由于它们在很冷的高处，这些小水滴凝结成小冰粒，成为高处漂流的云。



## 15. 能量携带者“燃料+氧气”

### 15. 1 燃烧需要什么？

如果你想从燃料中获取能量，你就得燃烧它。煤在炉子中燃烧，汽油在汽车发动机内燃烧（这就是把这种发动机又叫作内燃机的原因）。蜡在蜡烛火焰中燃烧。

你有否注意到，在所有燃烧中空气是必须的？下面我们来详细分析一下。

由于空气主要由氢气和氧气组成，所以有人就会有疑问，在这两种物质中哪种物质对燃烧是必须的：氧气、氢气或两者？你可能已经知道了这个问题的答案。在前一节中我们已经知道，氢气会闷熄火焰，而氧气会助推燃烧。因此，火炉中所需的是氧气。然而，氧气在火焰中到底起了什么作用？火炉所需的氧气会不会在烟囱中又跑出来了？下面的实验对这个问题给出了否定的答案。

把一支燃烧着的蜡烛放在一个玻璃杯中，用盖子或软木塞把它密封起来（图1）。过一会儿，火焰变小了，最后熄灭了。如果随后又立即将另一支燃烧着的蜡烛放在玻璃杯中，它马上就熄灭了。这是因为有一样必须的东西现在没有了，这样东西就是氧气。氧气在燃烧第一支蜡烛时已经用完了。



下面的物质在燃烧过程中是必须有的：

- 燃料，
- 氧气。

因此，把能量传递到火焰的携带者不仅仅是燃料，而是两种物质：燃料和氧气。在燃烧过程中，燃料和氧气消失了，转化成了别的物质。因此，我们说：燃料是物质转化的过程。

**小结：** 在燃烧过程中，燃料和氧气转化成了别的物质。

补充材料：S 15.1和S 15.2

### 练习

1. 你无法乘飞机到达外太空。为什么？（这有好几个原因。）
2. 你凭什么说氧气在燃烧过程中消失了？

## 15. 2 燃烧的产物是什么？

在燃烧过程中，能量携带者在卸下能量后发生了什么情况？在燃烧过程中产生了哪些物质？你也许会说：“灰烬、烟粒和烟尘”。然而，这个回答不是很正确。

当蜡烛燃烧时，当汽车中的汽油燃烧时，当油炉中的燃油燃烧时，没有产生灰烬，几乎没有产生烟粒和烟尘。大型烧煤火力发电厂的烟囱的直径有约5m。然而，没有发现有烟从这里冒出来（见S2.4节中的图）。那么，这么高大的烟囱用来干什么？在燃烧过程中产生的物质是不可见的气体。我们把它们叫作废气。这些气体真正是燃烧的产物。下面我们来详细讨论这些产物。

在什么条件下会产生灰烬、烟粒和烟尘？为什么会产生这些物质？你将在15.4节和15.5节中学到这方面的知识。

那么，当蜡烛的蜡燃烧时会产生什么物质？当汽车发动机中的汽油燃烧时会产生什么物质？当油炉中的油燃烧时会产生什么物质？我们很容易识别其中一种物质。将一枚短小的蜡烛放在烧杯中，并加入一些石灰水。把蜡烛点燃，然后把杯子盖起来（图2）。经过很短时间蜡烛熄灭了。摇晃一下烧杯，发现石灰水变混浊

了。这意味着，蜡烛的废气中含有二氧化碳。



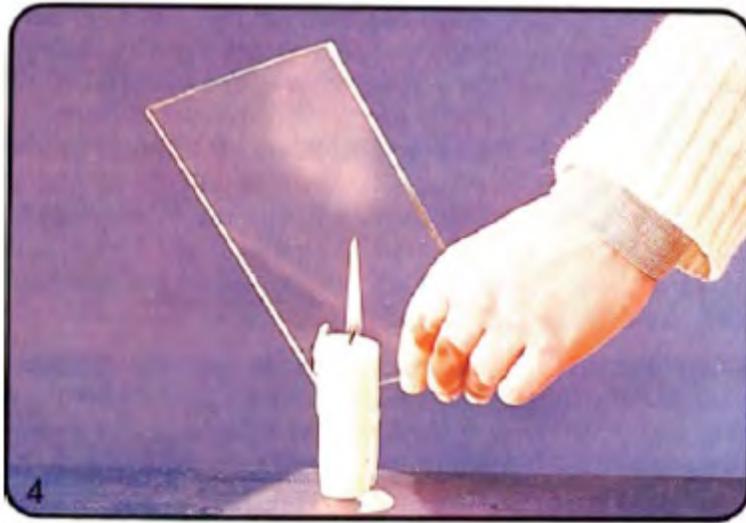
蜡烛的废气中含有二氧化碳。

我们再来用石灰水检测汽油机中排出的废气。把废气导入到一杯石灰水中（图3），然后摇晃杯子。结果很清楚，废气中含有二氧化碳。在燃油燃烧的过程中也产生二氧化碳。



摩托自行车的废气中含有二氧化碳。

然而，二氧化碳不是蜡烛、燃油和汽油唯一的燃烧产物。如果将一块冷的玻璃板或金属板在蜡烛火焰上方放几秒钟（图4），就能看到板上出现一层雾。燃烧产生的气态物质在板上凝结起来了，变成了液体。



在蜡烛上方的玻璃板出现了雾。

在冬天，在行驶的汽车发动机的排气管外面会形成雾。我们知道，雾是由小液滴组成的。如果汽车发动机好长时间不运行，排气管仍是冷的，那么大量的这种液体会聚集在排气管口（图5）。这种液体是什么物质？



某种液体聚集在排气管口。

也许，这是没有燃烧的汽油？我们很容易来找到这个问题的答案。我们取几滴这样的液体，把它们放在一张吸墨纸上，并用火柴来点燃它。结果，凡是潮湿的地方，它就不会燃烧。这是一种不会燃烧的液体，不是汽油。

实际上，这种液体是水（当然，我们用吸墨纸的检测结果还不足以证明这一点）。

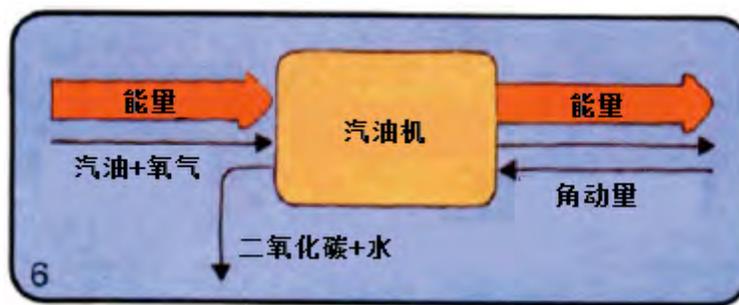
在燃油和蜡烛的燃烧过程中也有水产生。这水开始时是气态，后来遇冷凝结了。

这样，我们知道了两种燃烧产物：

1. 二氧化碳，
2. 水。

在蜡烛、燃油和汽油的燃烧过程中都产生了这两种物质。焦炭燃烧的产物几乎只有二氧化碳，没有水。然而，氢燃烧的产物只有水，没有二氧化碳。

现在我们可以更确切地画出汽油机的能流图了（图6）。载荷着能量的能量携带者是“汽油+氧气”这种混合物。卸载能量后的携带者（以前我们简单地称其为“废气”）是“二氧化碳+水”这种混合物。



**小结：**二氧化碳和水是燃烧的产物。

补充材料：S 15.3

**练习**

1. 从房子烟囱排出来的是什么？

2. 哪些燃料在燃烧过程中转化为下面的物质：

a) 二氧化碳, b) 没有二氧化碳, c) 没有水?

3. 为什么你只能在冬天才能看到汽车排气管外面的雾? 难道在夏天汽油机燃烧时没有产生水?

4. 请画出油炉的能流图。

### 15. 3 燃烧产物的质量

我们打算燃烧100克汽油。这个燃烧过程需要数量很确定的氧气，会产生数量很确定的二氧化碳和水，会释放数量很确定的能量。所有这些量显示在图7中。

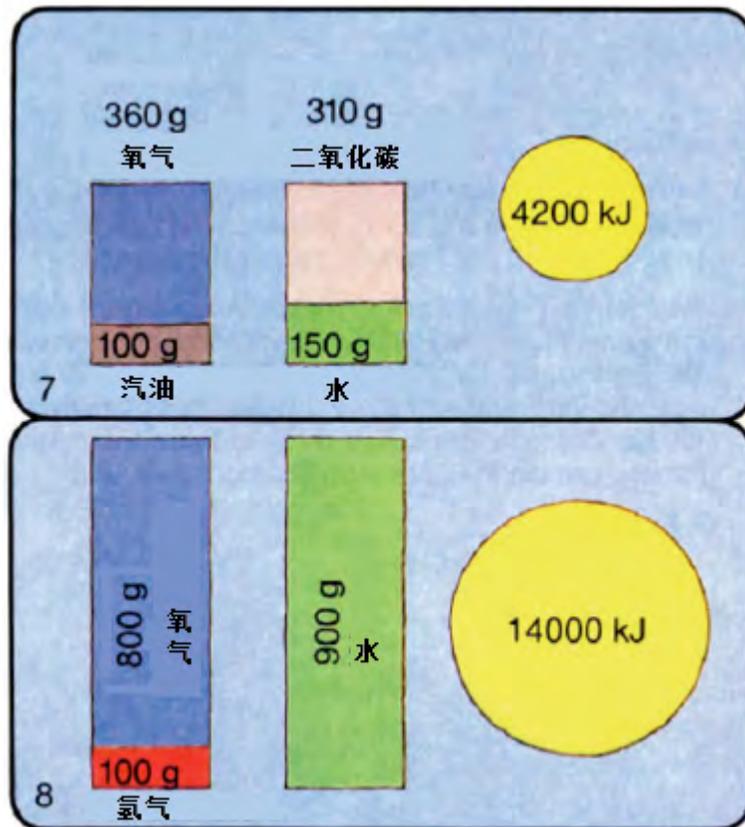


图8告诉我们，燃烧100g所需的氢气所需的氧气数量，所产生的产物数量和所释放的能量。

从图中你很快会发现，燃料和氧气的总质量等于燃烧产物的总质量。携带着能量的携带者的质量刚好等于卸载完能量后的携带者的质量。

从图7中你可以看出，在汽油发动机中，一箱汽油能产生大于一箱的水。（1升汽油的质量几乎等于1升水的质量。）这你想到过没有？

**小结：**燃料和氧气的总质量等于燃烧产物的总质量。

补充材料：S 15.4

### 练习

1. 如果1kg天然气完全燃烧，则会产生2.7kg的二氧化碳和2.3kg的水。在这个燃烧过程中要消耗多少kg的氧？

2. 在一辆汽车从汉堡行驶到慕尼黑的过程中，从其排气管排出来的水有多少kg？从汉堡行驶到慕尼黑的路程是800km。这辆汽车每行驶100km要消耗8kg汽油（约10升汽油）。（先计算出这辆汽车在整个行程中需要消耗多少kg汽油，然后再利用图7中的数据。）

## 15. 4 灰烬和氮气

我们已经知道，二氧化碳和水是燃烧的产物，即在燃烧过程中产生的物质。当煤燃烧时，除了废气外还有另外的物质留在那里。这种物质就是灰烬。然而，灰烬不是燃烧的产物。它不是在燃烧过程中产生出来的新的物质。这种物质在燃烧前就已经包含在煤当中了。因此，在煤当中含有不会燃烧的物质，即杂质。这些杂质在燃烧后留在炉子中。

通常，在燃烧中还涉及另一种物质：氮。然而，氮不参与燃烧过程。空气流入炉子和汽车发动机。然而，只有空气中的氧气才参与了燃烧过程。氮与废气一起毫无变化地从烟囱（在汽车中）和排气管（在汽车中）排出。因此，氮气是一种气体灰烬。

**小结：** 灰烬是燃料中不会燃烧的那部分物质。

补充材料： S 15.5

### 练习

1. 哪些燃料在燃烧过程中留下了灰烬？哪些燃料没有留下这种物质？
2. 请解释废气和灰烬之间的区别。

3. 为什么燃油是最受欢迎的燃料？
4. 与空气一起流入汽油发动机的氮气发生了什么变化？

## 15. 5 烟粒和烟尘

烟粒属于什么物质？它跟水和二氧化碳一样是燃烧的产物？或者是象灰烬和氮气一样是在燃烧前已经包含在燃料中的不会燃烧的物质？都不是。烟粒是从燃料中产生出来的新的物质，而不是会燃烧的物质。你可能听说过“烟囱火”。在烟囱火中，是烟粒在烟囱内燃烧的结果。

烟粒产生于氧气不足分的时候。在油炉中，如果空气不足，燃油不可能充分燃烧，这时会产生烟粒。在使用煤油灯时，如果你把火开得太大，燃烧过程中就得不到足够的氧气，这时就会产生烟粒。如果卡车司机把油门开足，发动机就得到大量燃料，但没有足够的空气。这时，燃料就得不到充分的燃烧，在排气管就会排出烟粒。

有时在烟囱中会排出黑色的“云”，这就是烟尘。烟尘由什么组成？烟尘不是别的，正是大量灰烬和烟粒的微小颗粒。这些微小颗粒被火焰搅动，最后被废气带走。

**小结：**烟粒是没有燃烧完的燃料。烟尘由灰烬和烟粒的小颗粒组成。

补充材料：S 15.6

## 练习

1. 烟粒是在燃烧过程中产生的，也是燃料。请解释这句话。
2. 为什么我们要时常清理烟囱？

## 15. 6 作为能量收发器的人和动物

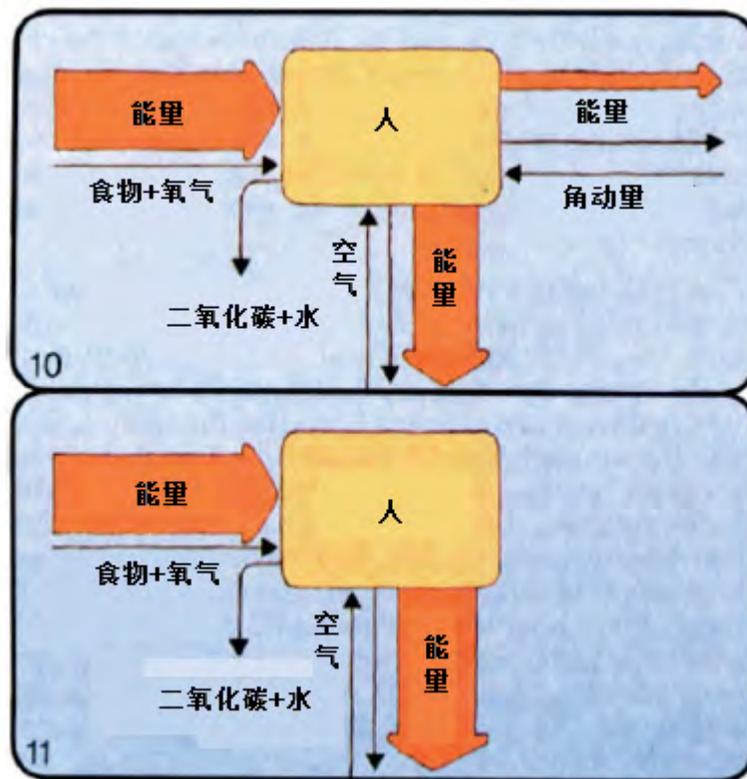
人和动物需要能量才能生存。他们通过食物吸收能量。能量是怎样从食物中卸载下来的？在人体中发生着与在火焰中一样的物质转化。因此，这种物质转化也涉及燃烧。然而，在这种燃烧中没有火焰，因为它发生在温度为 $37^{\circ}\text{C}$ 的地方。下面我们来详细讨论发生在人体内的这种物质转化。

燃烧需要燃料。在我们的身体中的燃料是食物。实际上，许多食物也能燃烧而生成火焰，如糖和油。有些食物不会燃烧，这仅仅是因为它们含有水。它们是水和可燃物的混合物。当水被抽取后，就留下了可燃的物质。新鲜的草不会燃烧。但当它晒干后就变成了干草。干草是会燃烧的。因此，食物是可燃物，或含有可燃物。

燃烧需要氧气。人和动物从所呼吸的空气中得到氧气。如果没有空气，我们就无法生存；因为没有空气，食物的燃烧就会停止。燃烧的生成物是二氧化碳和水。我们不但在喝饮料时吸收了大量水，在燃烧固体食物时也获取了水。当然，这很难看到。另一方面，二氧化碳这一燃烧产物倒容易被检测到。通过一根麦秆向一杯石灰水吹气（图9）。石灰水变混浊了。如果把新鲜空气压入石灰水中，它一点反应也没有。呼出的空气中含有二氧化碳。二氧化碳通过肺离开人体。



我们来画人体的能流图。然而，要画这个图，我们需要知道人体释放能量的携带者是什么。这个携带者取决于人们正在做什么。例如，如果某人正在转动一个曲轴，这个携带者就是角动量。然而，多数能量总是释放到空气中的。人和动物通常比周围环境要热。它们在给周围空气供热。这能量通过皮肤传递出来。皮肤是我们的“冷却口”。对于那位转动曲轴的人来说，其能流图如图10所示。



如果人一点工作也没有工作，或在睡觉，或甚至在思考，其他什么也没有发生变化，其能流图如图11所示。

**小结：**在人和动物体内发生着燃烧。食物和氧气转化为二氧化碳和水。

补充材料：S 15.7到S 15.11

### 练习

1. 为什么许多食物不会燃烧，而人却能从它们那里获得能量？
2. 你凭什么知道在人和动物体内发生着燃烧？
3. 在人体内的燃烧和在油炉中燃油的燃烧有何区别？
4. 我们如何证明呼出的空气中含有二氧化碳？
5. 鱼从哪里获得氧气？

## 15. 7 作为能量收发器的草原和森林

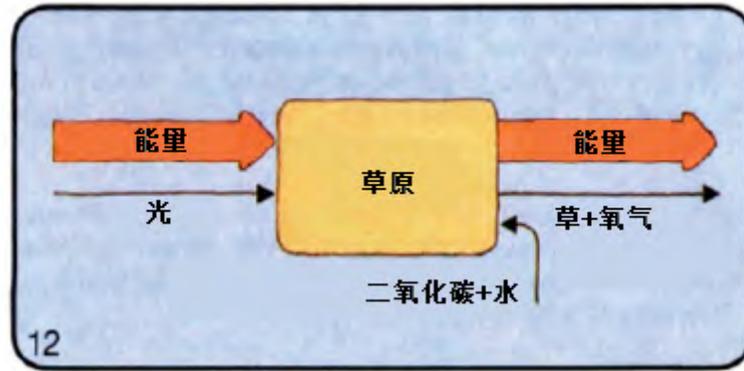
人和动物消耗能量。他们吸收能量，并不久后又释放能量。他们在运动时释放能量，在休息时也释放能量，因为他们在向周围环境供热。

植物也在吸收能量。然而，植物几乎没有运动，也不会发热。因此，植物只向外释放一点点能量。跟人和动物不同，植物只要活着就会生长。人和动物一旦成熟，就不会再生长。然而，植物会不断产生新的叶、枝、茎和果子。它们所吸收的能量储存在这些叶、枝、茎和果子中。能量就这样储存起来了。

下面我们不再讨论单独一个植物，而来讨论大量植物：一片草原。假如在草原上有一只羊在草原上行走，吃草。草原不断地通过光吸收来自太阳的能量。草原又不断地通过能量携带者草把能量释放给这头羊。因此，草原是能量收发器。草原生产草。这些草不是有人放在地面上的。草在生长过程中发生着物质的转化。

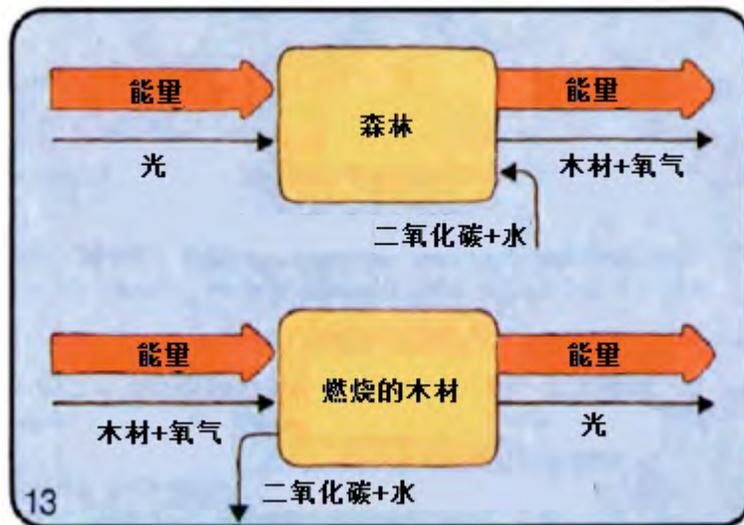
这一物质转化刚好与发生在羊身体中的物质转化相反，是一种与燃烧相反的物质转化。羊把“草+氧气”转化为“二氧化碳+水”。草原把“二氧化碳+水”转化为“草+氧气”。

草原从空气中获取二氧化碳，从大地中获取水。它把能量载荷到空携带者“二氧化碳+水”上。这样就产生了载有能量的携带者“草+氧气”。图12是草原的能流图。



草原吸收了能量。这能量来自太阳，载荷到“二氧化碳+水”上。羊通过草原也获得来自太阳的能量。草原是羊的“太阳能收集器”。

跟草原一样，森林也可以看作是能量收发器。能量通过携带者光流入森林。人们不断地将砍下的树（木材）从森林中运输出去。这森林把“二氧化碳+水”转化为“木材+氧气”。图13是森林的能流图和燃烧木材的能流图。请你比较一下这两个图。



**小结：**在植物中发生着物质的转化。这种物质转化与燃烧刚好相反。农田、草原和森林把能量从光传递给“燃料+氧气”。

补充材料：S 15.12和S 15.13

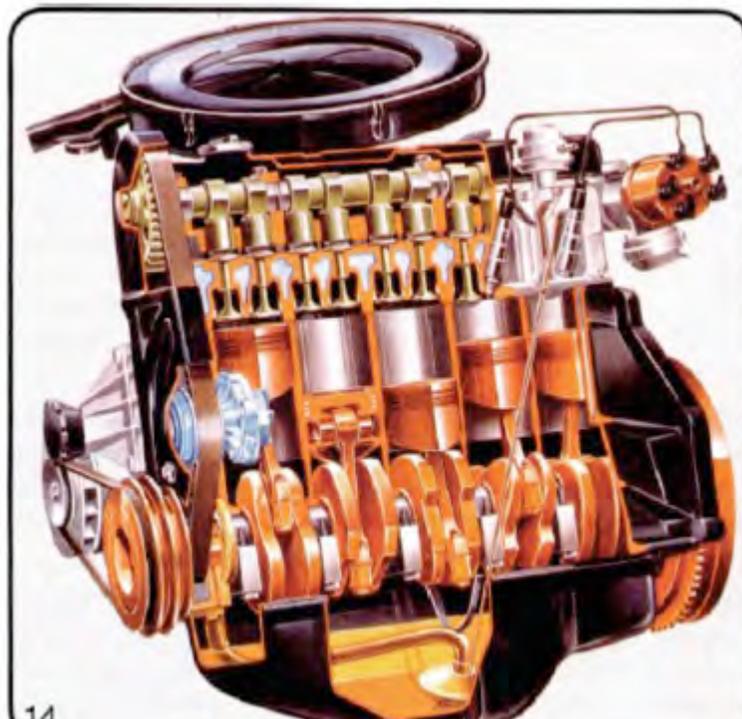
### 练习

1. 植物和动物用不同方式吸收能量。你能解释它们是怎样吸收能量的吗？
2. 请按逆向的顺序寻找人们吸收能量的路径。这能量最终来自哪里？
3. 请画出麦田的能流图。
4. 为什么说，大自然是最好的能反复利用原材料的例子？（请参阅S 15.12。）

## 15. 8 汽油机

图14是汽油机的“剖视图”。汽油机与蒸汽机一样也有气缸、活塞、连杆和曲轴。你可从图14中马上看出，这台发动机共有五只气缸、五个活塞，等等。这就是我们叫它“五缸汽油机”的理由。你也可以说，这是一台有5台汽油机相互连接的发动机。所有汽车和许多摩托车的发动机都有多个气缸组成。为什么它要用几台小的发动机组成，而的发动机运行时快会知道

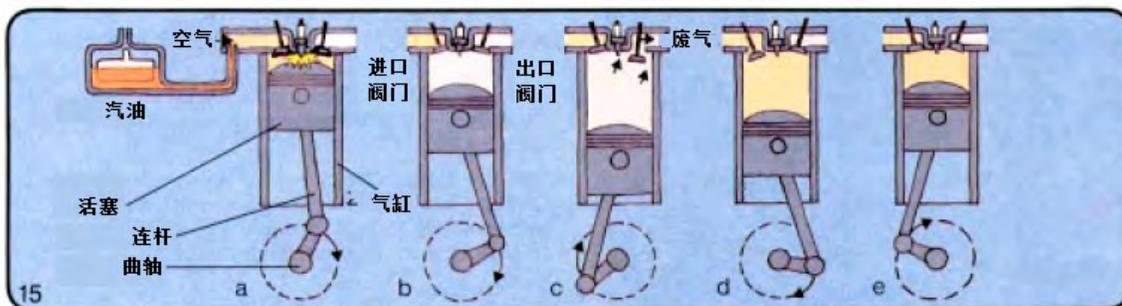
不做成一台大机？多缸发动更稳定。你很可能其原因。



组成，而的发动机运行时快会知道

图15画出了一台汽油发动机在不同时刻的情况。首先我们要知道一台汽油发动机的各个部件。有些部件在图14中容易看到，有些在图15中容易看到。因此，你可以同时看这两个图。

活塞在气缸中上下运动。由于每个活塞通过连杆与曲轴相连，所以曲轴在转动。气缸、活塞、连杆和曲轴在图14中涂成了黄色。在图14最右边黄色的轮子是飞轮。



每只气缸顶部都有一个进口。能量携带者“汽油+空气”就从这里进入气缸。气缸顶部还有一个排放废气的出口。在这两个出口中都安装了阀门，分别叫作进口阀门和出口阀门。阀门在适当的时候的开和关通过凸轮轴来实现。在图14中，阀门和凸轮轴用绿色标出。凸轮轴由传动皮带来驱动。（图中蓝色的装置是水泵，也由同一传动皮带来驱动。在图的左下方是由“三角皮带”驱动的发电机。）

火花塞安装在每只气缸的最上端。它在很特殊的时刻产生火花（图14中只画出了右边两只气缸的火花塞）。

在汽化器中喷射出很细的液态汽油。这汽油与空气混合。这些很细小的汽油液滴立即蒸发，形成空气和汽油的混合气体。

为了理解发动机的工作原理，我们放慢其运动（图15a到e）。我们从活塞在气缸顶部（“死点”）开始分析。

在气缸中，活塞上方有大量汽油和空气的混合物。通过强力的压缩，在这个很小的空间中可以容纳大量气体。这压缩气体是怎样进入气缸的？对此我们将在后面来介绍。我们先来分析它是怎样获得能量的。

汽油和空气的混合物用火花塞来点燃（图15a）并很快烧完。燃料燃烧产生二氧化碳和气态水。另外，空气中的氮气也在气缸中。燃烧的结果是，气体的温度和压强猛增。这热的气体向下推动活塞（图15b）。能量被传递给角动量。部分能量储存在飞轮中。

当活塞在最底部时，出口阀门打开。高速运行的活塞把废气推到出口（图15c）向上推动活塞所需的能量来自飞轮。

当活塞到达顶部时，出口阀门关闭。这时，如果新的汽油和空气的混合物已经在气缸中了，新一轮循环又可以开始了。你必须打开进口阀门，当活塞在顶部时很快把新的汽油和空气的混合物泵到气缸中。然而，这些动作必须在很短时间内完成。当然，你还需要一台泵。

然而，发动机本身就是一台泵。我们让它开始另一个循环。这时，它不释放任何能量，仅仅将新的混合气体泵到气缸中来。这时，进口阀门打开，活塞向下运动，从汽化器中吸入混合气体（图15d）。当活塞在最底部时，阀门关闭。活塞再次向上运动，压缩混合气体（图15e）。在活塞上方很小的空间内有大量汽油和空气的混合物。把混合气体再次泵到气缸内所需的能量必定来自飞轮。

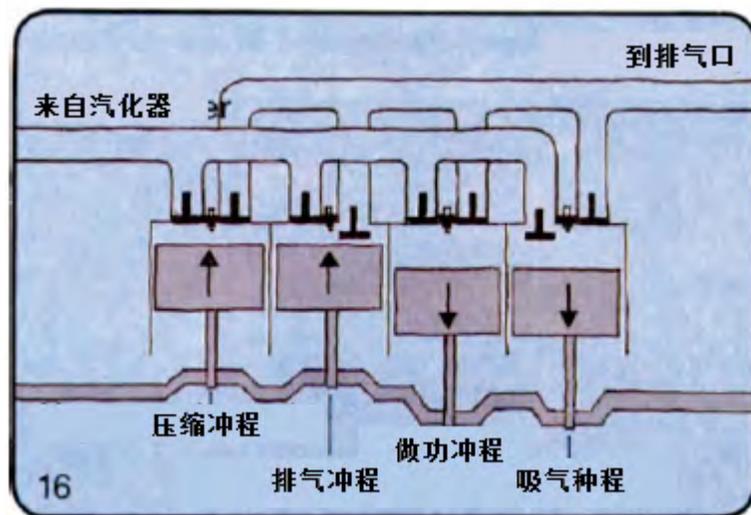
活塞向上或向下运动的过程叫作一个冲程。我们已经可以看出，发动机相继发生着四个不同的冲程，最后一个冲程结束后又马上开始新一轮的四冲程动作。我们因此把这种发动机叫作四冲程发动机。我们来概括一下：

1. 吸气冲程	发动机泵入新的汽油和空气的混合物。
---------	-------------------

2. 压缩冲程	
3. 做功冲程	热的混合气体（二氧化碳、水蒸汽和氮气）将活塞向下推。能量被传递到角动量。
4. 排气冲程	空载的能量携带者（二氧化碳+水蒸汽）与氮气被推出发动机。

只有在“做功冲程”中能量才被传递到角动量。在其他三个冲程中，所需的能量来自飞轮。

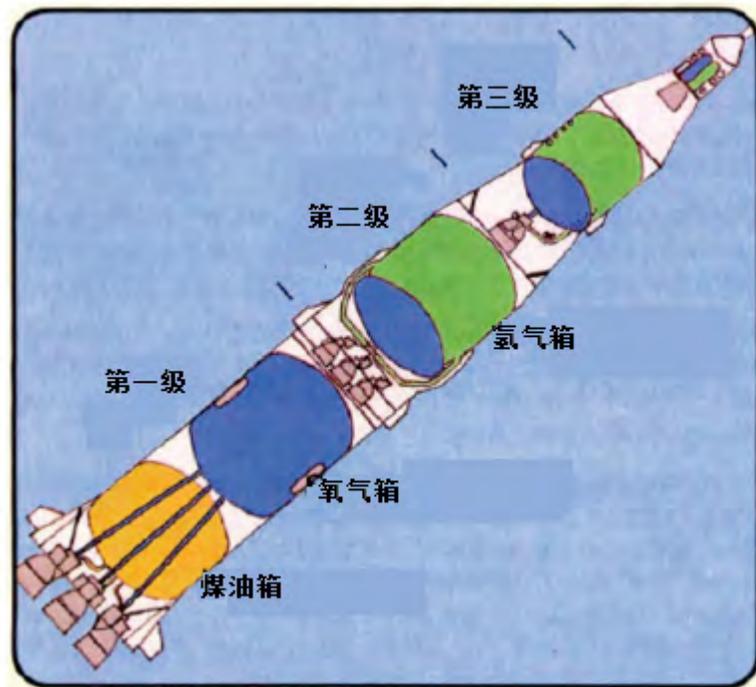
在发动机中有不止一只气缸，几只气缸相互耦合在一起，使得每只气缸的做功冲程发生在一个合适的时刻，共同形成一个合理的顺序。图16说明了一台四缸发动机在这方面的原理。



## 第15章补充材料

### S 15.1 火箭有两个能量携带者的储存箱

汽车需要汽油和氧气。因此，汽车的能量携带者分为两部分。在汽车中，只有其中一部分能量携带者（汽油）有相应的储存箱：汽油箱。氧气不需要储存箱，因为在空气中处处有氧气。



土星5号运载火箭有三级火箭，其燃料逐级燃烧。一级燃料燃烧完后，整级火箭就被扔掉。第一级火箭发动机的燃料是煤油，后两级火箭发动机的燃料是氢气。然而，每级火箭发动机除了燃料外还需要氧气。因为在太空中没有空气，也就没有氧气，所以每级火箭都有两个储存箱：燃料箱和氧气箱。

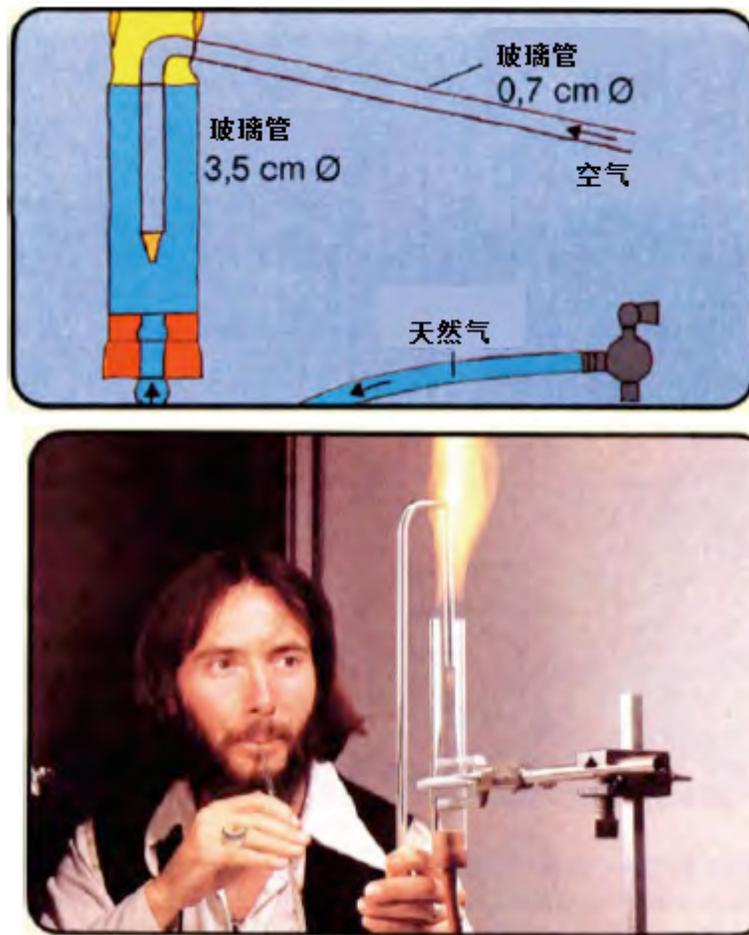
## S 15.2 倒立的火焰

对燃烧来说最重要的物质是燃料——至少在地球上的人是这样想的。你知道氧气也是同样重要的。但由于你无需为氧气而付钱，因此，你通常不会去想它。整个大气层由空气组成，而空气中有五分之一是氧气。

假如有这样一个世界，其大气层是由天然气组成的。在这个世界中，你必须为空气支付高昂的费用，而天然气却是免费的。管道将通到家家户户，但这里流动的不是天然气，而是空气。人们所用的气炉跟我们现在所用的煤气炉看上去完全一样，只不过从炉子里出来的是空气而不是天然气。由于整个厨房间充满了天然气，点燃的是空气，所产生的火焰跟我们现在看到的火焰完全相同。

下面两幅图是对这种世界的缩写。天然气通过管子通到大的玻璃管中。天然气

从其顶部流出来。我们在管口点燃它。在大的玻璃管中充满着天然气，这是我们假设的“倒错的世界”。现在，我们通过一根小的管子将空气吹出来。这根管子的一端从上面插入大的管子中，并穿过天然气的火焰，直到大管子的内部。你要一直吹空气，不能停。这时，在大的管子中会产生一个“倒立的火焰”：空气（即氧气）从管子流到由天然气组成的大气。



### S 15.3 凝结尾

喷气式飞机的燃料是煤油。煤油的燃烧会产生二氧化碳和水。飞机到达高空时，所喷出的水会在飞机后面形成凝结尾。在高处比较冷，所排出的气态水会凝结，形成小水滴。这些小水滴后来会蒸发，但蒸发得很慢（见S 14.6）。



## S 15.4 能量的质量

我们想来比较一下载有能量的能量携带者的质量和卸载能量后的能量携带者的质量。

流入中央供暖系统的散热器的热水的质量与流出散热器的冷水的质量一样大。

流入气锤的压缩空气的质量与流出气锤的膨胀了的空气的质量一样大。

流入汽油发动机的汽油和氧气的总质量与从排气管排出的水和二氧化碳的总质量一样大。

这样看起来，载有能量的能量携带者的质量和卸载能量后的能量携带者的质量总是一样大的。能量看上去没有质量。然而，这并不完全正确。自从爱因斯坦在1905年创立相对论后，人们知道能量也有质量，尽管很小很小：1焦耳的能量的质量为0.000 000 000 000 011 g。

一箱（约50升）汽油向发动机所释放的能量的质量为0.000 02g。一台大型发电厂每天向电网所传输的能量的质量刚好为1g。太阳每秒内向空间辐射的能量的质量为4,000,000吨。

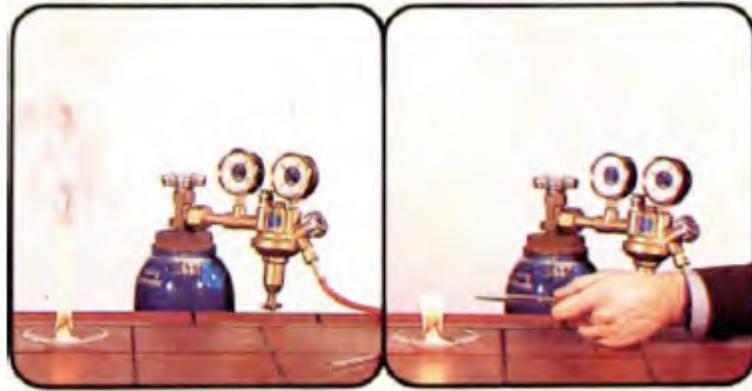
## S 15.5 消化后的“灰烬”

食物在胃和肠中消化的过程中，有一部分能向人或动物提供能量的物质从食物中提取出来。这些物质叫营养物。最重要的营养物是糖类和脂肪类。然而，有些食物是不会消化的。这些物质对人或动物没有用。这部分物质将作为粪便排出。因

此，人和动物的粪便相当于煤燃烧后的灰烬。

## S 15.6 氧气阻止烟粒的产生

在一只小碗中倒入一些汽油。将一个棉花球放在这碗汽油中，并点燃它。棉花球相当于灯芯。结果产生了乌黑的浓烟。这说明汽油没有充分燃烧。现在，通过管子把纯氧气导入到火焰中。结果烟粒停止产生了。



## S 15.7 血液循环

人体内的血液循环起到将物质从人体内某一部分传输到另一部分的作用。它相当于一个国家的铁路系统。你可以通过铁路系统将大量不同的物品从任何一个城市运输到别的城市。同样，人体内的血液可以将大量不同的物质从人体的某一部分传输到别的一部分。这些所传输的物质包括营养物和氧气。在人体中，能量和能量携带者由血液来传输。

火车在轨道上行驶需要驱动力，血液流动也需要驱动力。心脏驱动着血液流动。心脏通过血管在泵血液。

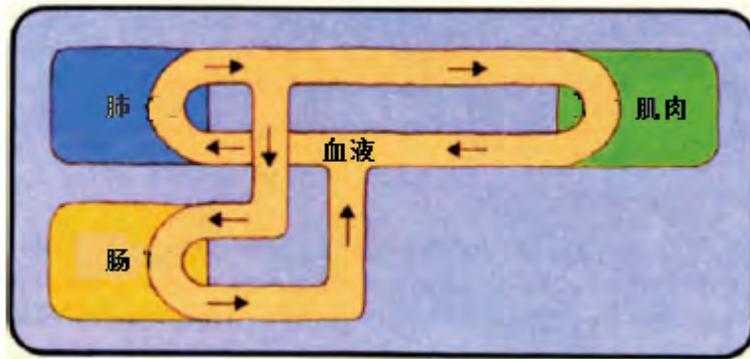
## S 15.8 肠和肺

为了给自己提供能量，人需要摄入食物和空气。

然而，这食物和空气只有一部分被利用：食物中的营养物和空气中的氧气可以被利用。

肠从食物中提取营养物。这些营养物通过血液被传输到身体各个部位。

肺从空气中提取氧气。氧气也通过血液传输到身体各个部位。

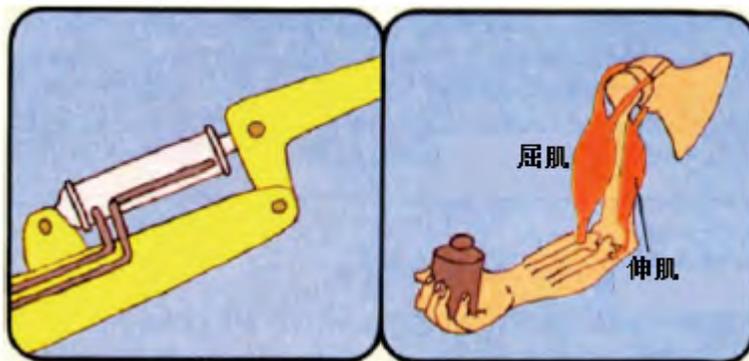


血液将能量携带者营养物和氧气传输到肌肉。

除了营养物外，肠也从食物中提取人体需要的其他物质：蛋白质和维生素。

## S 15.9 人和动物的发动机

挖掘机的每一个接头处都有一个气缸和活塞，以及两根提供液压油的管子。这能保证与接头连接的悬臂能在两个方向上转动，具体朝哪个方向转动取决于液压油朝哪个方向推活塞。悬臂运动所需的能量与液压油一起到达接头。



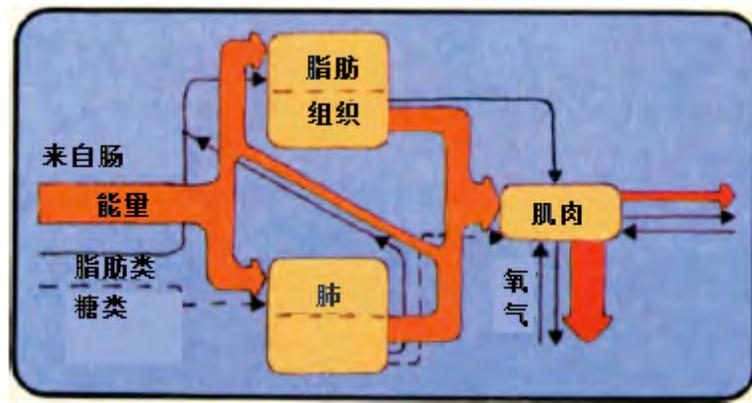
人的每个关节都有两块肌肉。利用这两块肌肉，人可以使骨头绕它所连接的关节在两个方向上转动，转动的方向取决于哪块肌肉在拉。血管通到全身肌肉。能量携带者“营养物+氧气”从血液被传输到肌肉。营养物在肌肉中燃烧，产生二氧化

碳和水。二氧化碳和水再由血液传输出去。

## S 15.10 人的能量储存器

对人体最重要的营养物是**糖类**和**脂肪类**。这两个名称都是对一组物质的总称。

糖类包括各种糖，如葡萄糖和蔗糖。另外，“淀粉”也是糖。土豆和面粉中含有大量淀粉。你也许已经知道各种脂肪：黄油中的脂肪、猪油中的脂肪、橄榄油中的脂肪和向日葵油中的脂肪。



糖类和脂肪类储存在人体中。糖类储存在肺中，脂肪类储存在遍布全身的脂肪组织。如果肺部的空间不够，糖类会转化为脂肪类，并储存在脂肪组织中。因此，不但脂肪会导致肥胖，糖也会导致肥胖。

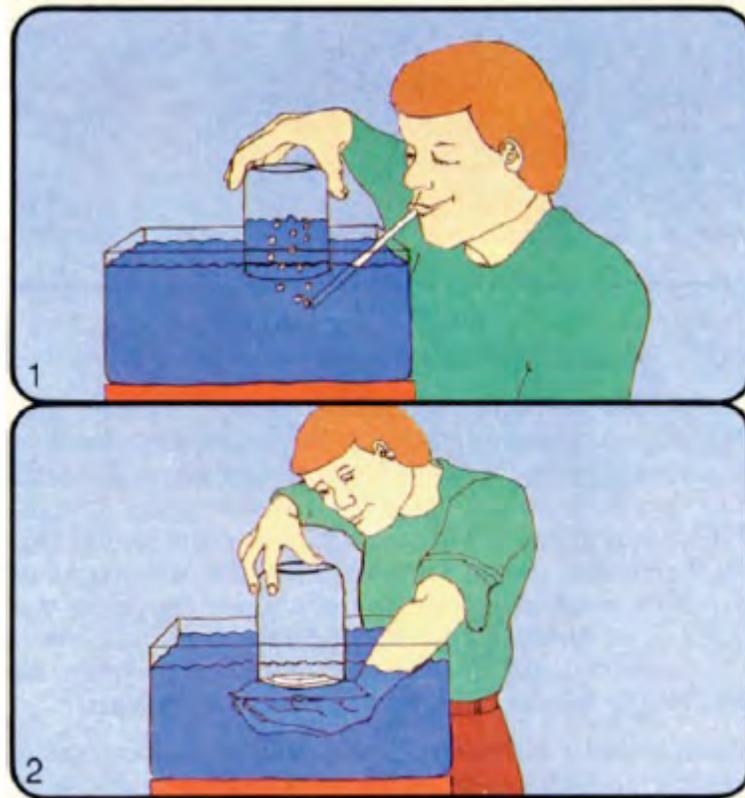
人不需要有一个氧气储存箱，因为氧气处处都有。人用肺从空气中随时吸入所需的氧气。

你也许已经注意到了，这跟汽车中的情况很象。汽车中也只有一只能量携带者的储存箱，即汽油箱。氧气不需要储存箱。我们可以说，汽车也要“呼吸”。然而，汽车的吸气和呼气不发生在同一地方。汽车通过空气过滤器吸气，通过排气管呼气。

## S 15.11 蜡烛和汽油发动机不能靠呼出的空气“生存”

做一下深呼吸，把气吹出来。你呼出来的空气与你所吸入的空气只有一点点不同。你的肺没有足够的时间来吸收氧气和释放二氧化碳。再呼吸一次，这次你要呼吸尽可能长的时间，不要马上呼气。在你这次所呼出的空气中，有些氧气被二氧化碳取代了。人无法在这样的空气中生存。甚至蜡烛或汽油发动机也不能靠这样的空气“生存”。

在一只空玻璃杯中加入水，把它的杯口朝下，放入盛满水的容器中（图1）。屏住很长一段气，然后通过一根麦秆向这个玻璃杯吹入空气。将玻璃杯盖住（图2），并把它开口朝上放在桌子上。移开盖子，将一支燃烧着的蜡烛放入其中。由于空气里没有足够的氧气，火焰熄灭了。蜡烛不能从空气中抽取剩余的氧气。



把汽油发  
动机中的  
空气过滤器拿掉。当发动机运行时，在汽化器中的空气入口处的正上方有力地呼  
气。这时，发动机停止运行了。



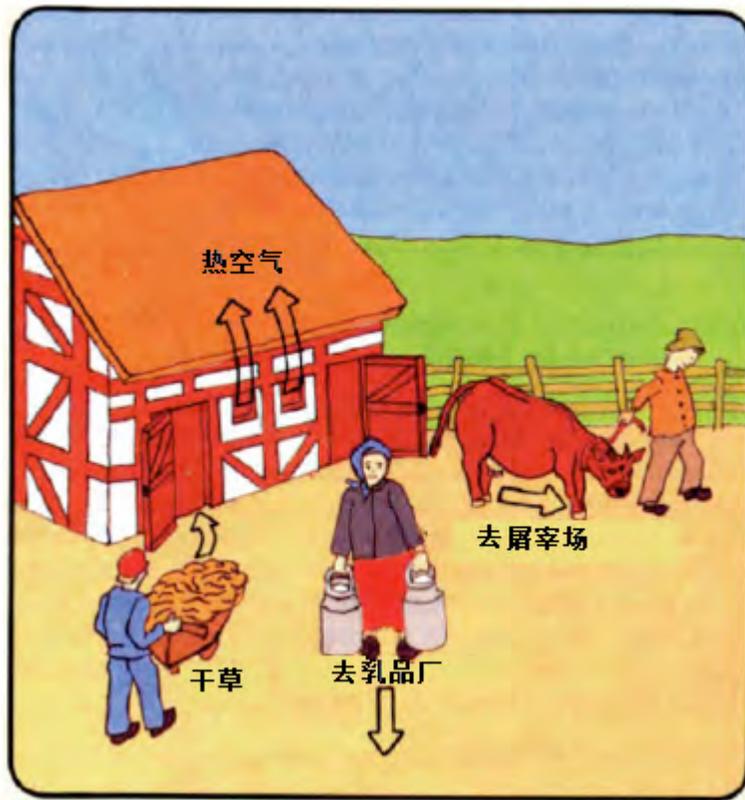
### S 15.13 作为能量收发器的牛棚

我们来建立牛棚的能量平衡：

能流与能量携带者“草（或干草）+ 氧气”流入牛棚。最后，能量被三种不同的携带者所带走：

- 牛奶，
- 牛肉，
- 热空气。

能量跟哪些携带者一起流入猪圈和鸡笼的？又跟哪些携带者一起流出的？



## 本书插图来源名录

**编号说明：**1-1，表示第1章第1张图，其余类推。S2.2表示补充材料S2.2节中的图，其余类推。编号后面的内容表示插图来源。

1-1: Deutsche Lufthansa AG, Köln

1-2: Deutsches Museum, München

1-9: H. Kreutzfeldt, Ahlten

S2.2: Dr. E. Kretschmann, Hannover

S2.4: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen

3-2: Hanomag, Hannover

3-3: Foto Steves, Mönchengladbach

3-4: Deutsches Museum München

3-5: Sperry New Holland, Bielefeld

3-14: Tvindkraft, Ullborg (Dänemark)

S3.2: Ford Magazin Köln

S3.3: Airbus Industrie, Blagnac (Frankreich)

S3.6: Hanomag, Hannover

S3.8: Brown Boverie & Cie. AG, Mannheim

4-3: Esso AG, Hamburg

4-4: Stadtwerke Hannover

5-4,5-5,5-6: A. Vrijs, Karlsruhe

8-15: H. Kreutzfeldt, Ahlten

S8.5: American Embassy, Bonn

S8.8: Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart

9-1: Daimler Benz AG, Stuttgart

9-2: Kraftwerk Union AG, Erlangen

9-14: Siemens AG, Hannover

S9.3: Dr. E. Kretschmann, Hannover

S10.1: Zefa GmbH, Düsseldorf

S10.5: Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenbergbaus, Essen

12-1: Mauritius, Mittenwald

12-2: ÖAF-Gräf & Stift AG, Wien

12-3: Deutsche Presse Agentur, Frankfurt

12-7: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen (発行: Reg.-Präs. Darmstadt, No. 960/75)

12-11: H. Kreutzfeldt, Ahlten

S12.3: Max Planck-Institut, Garching

13-4: Foto Steves, Mönchengladbach

13-5: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen

13-9: H. Kreutzfeldt, Ahlten

14-3: H. Tegen, Hambüren

14-6: H. Tegen, Hambüren

S14.2: Esso AG, Hamburg

S14.3: Daimler Benz AG, Stuttgart

S14.4: Mauritius, Mittenwald

150-1, 150-2: H. Tegen, Hambüren

15-4: H. Tegen, Hambüren

15-15: VW-Werke, Wolfsburg

S15.3: Deutsche Lufthansa AG, Köln

S15-6: H. Tegen, Hambüren

封面（从左到右，从上到下）： Gesamtvergand des Deutschen  
Steinkohlenbergbaus, Essen; Esso AG, Hamburg; Max Planck-Institut, Garching; R.  
Friedrich, Mönchengladbach; Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart; R. Friedrich,  
Mönchengladbach; R. Friedrich, Mönchengladbach; Deutsche Presse Agentur, Frankfurt.

其他照片： R. Friedrich, Mönchengladbach

[陈敏华2018年7月10日开始翻译，2019年8月18日译毕于绍兴柯桥]