



THE NEW WAY THINGS WORK

万物运转的秘密

带电的猛犸 电的奥秘

[英]大卫·麦考利 尼尔·阿德利 著 赵耀康 译 飞思少儿产品研发中心 监制



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



万物运转的秘密

THE NEW WAY THINGS WORK

带电的猛犸

——电的奥秘

[英]大卫·麦考利 尼尔·阿德利 著 赵耀康 译 飞思少儿产品研发中心 监制



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



LONDON, NEW YORK,
MUNICH, MELBOURNE, and DELHI

A Dorling Kindersley Book

www.dk.com

Original title: The New Way Things Work

Compilation copyright © 1988, 1998, 2004 Dorling Kindersley, London

Illustration copyright © 1988, 1998, 2004 David Macaulay

Text copyright © 1988, 1998, 2004 David Macaulay, Neil Ardley

本书中文简体版专有出版权由Dorling Kindersley授予电子工业出版社。
未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字：01-2008-3647

图书在版编目(CIP)数据

带电的猛犸：电的奥秘 / (英) 麦考利 (Macaulay, D.), (英) 阿德利 (Ardley, N.) 著；赵耀康译. —北京：电子工业出版社，2009.12
(万物运转的秘密)

书名原文：The New Way Things Work

ISBN 978-7-121-09662-4

I. 带… II. ①麦…②阿…③赵… III. 电学—普及读物 IV .O441.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 181817 号

责任编辑：郭晶 马灿

印 刷：北京画中画印刷有限公司

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036

开 本：889×1194 1/16 印张：3.75 字数：96千字

印 次：2009年12月第1次印刷

定 价：25.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，
联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

目录



简介 / 2

电 / 4

猛犸具有吸引力的秘密

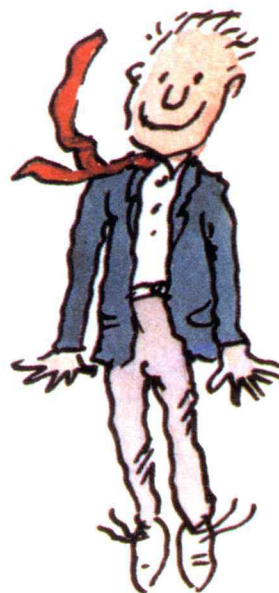
磁 / 20

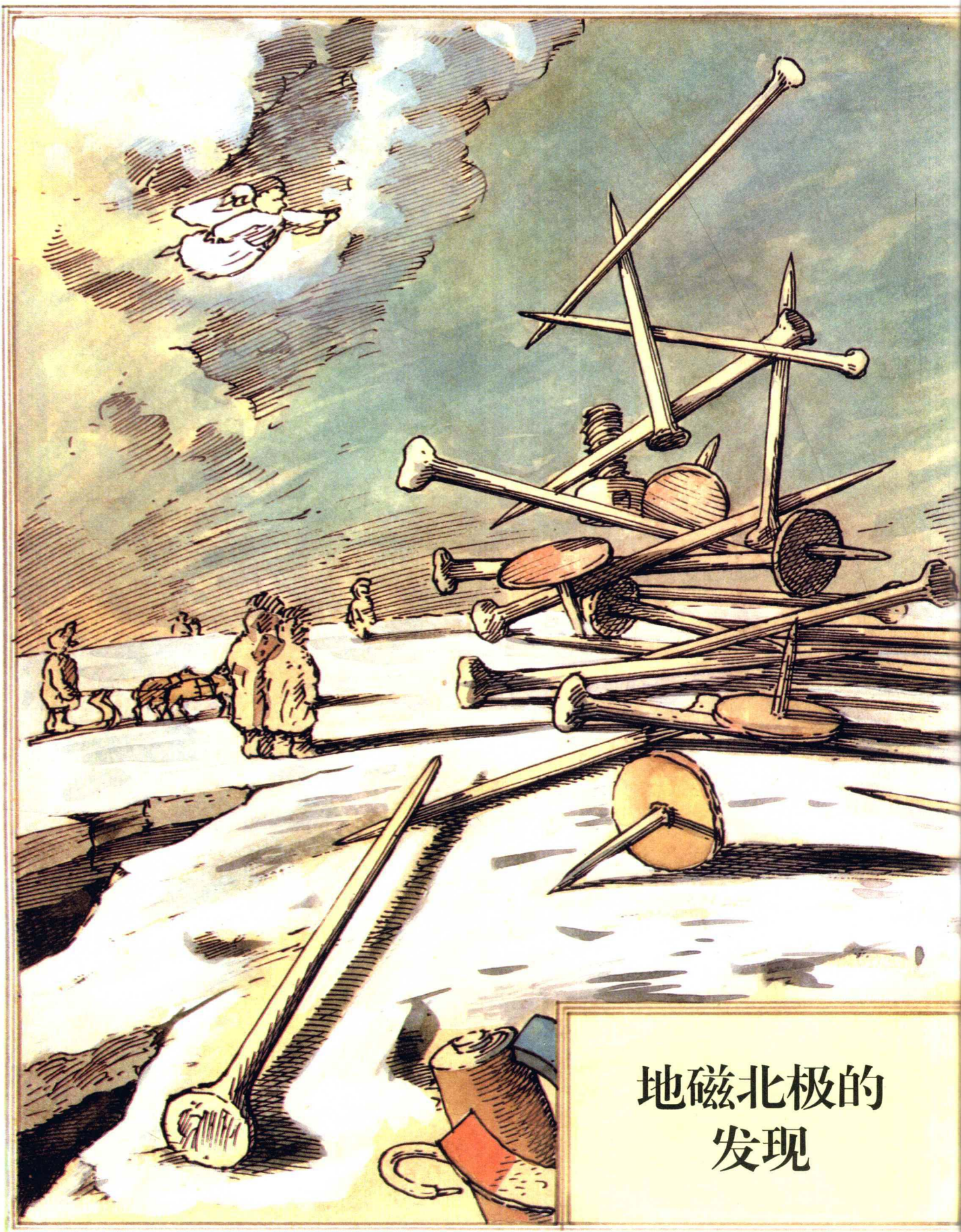
猛犸装上蹄铁后的烦恼



传感器和探测器 / 36

猛犸敏感性的特殊应用





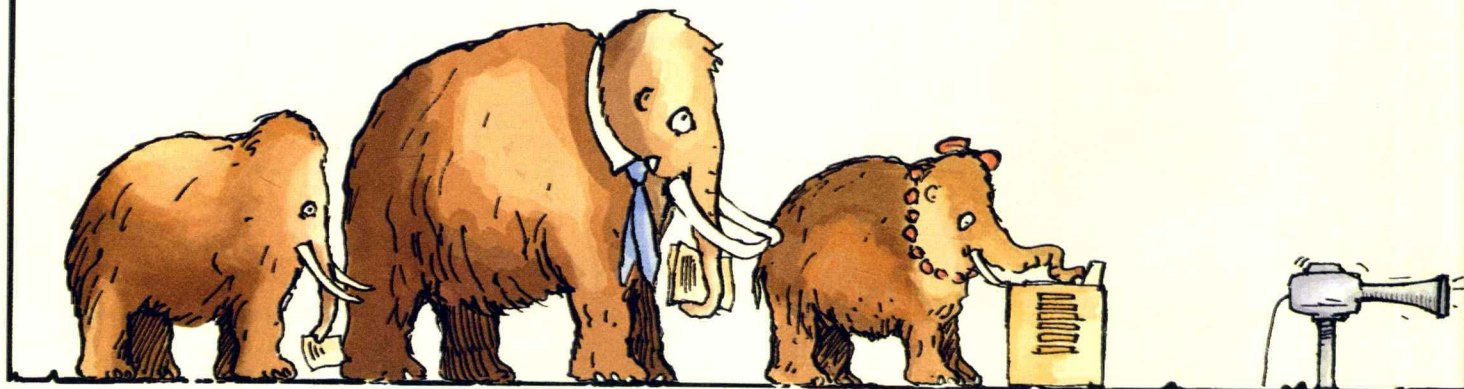
地磁北极的发现

简介

电能源于我们现今所知道的最微小的物质之一——电子。电子是原子里面的微粒，每个电子都带有一个微弱的电荷。电子非常小，即使是 10^{12} 个电子聚集起来，它们的大小也没有大头针的针尖大。当电流沿着导线流过时，就会有无数的电子汹涌地穿过金属导线。例如，1安培的电流只够点亮一只照明灯泡，而此时在导线上的任一点上，每秒钟都有 6×10^{18} 个电子通过。每个电子的相对移动都很缓慢，但是电荷却正以光速从一个电子迁移到另一个电子上。如果说19世纪是机械设备的鼎盛时期，那么20世纪则属于电力设备的时代。这并不意味着机械设备的时代已经远离了我们。因为我们总要利用机器来工作，但它们已经越来越多地改由电动机驱动，并且由电控装置操纵了。20世纪，人们还见证了电子通信设备的兴起，这些设备只有很少的部件做机械运动。它们包括各种各样存储或携带声音和图像信息的通信仪器。随着机器进入数字时代，这项技术的分支已经变得越来越重要。

利用电子

本书将要介绍的机器可能用于发电，也可能通过各种不同的方式来利用电。许多机器都利用了运动的电子能在它们周围产生磁场的性质。磁场能产生很强的吸力或斥力，电力设备都是利用通电导线周围产生的磁场的吸力或斥力来驱动电动机的，而为我们供应电源的发电机也是利用磁场来发电的。磁体本身也有磁性和磁场，它们的磁场也是由于其内部原子中的电子运动产生的。因此，所有按照某种方式利用磁性工作的机器实际上都是在利用电子运动工作。电子还能产生电场，电场和磁场一样，也能产生吸力和斥力。某些机器，如影印机和离子发生器，就是通过电子的迁移来应用电子吸力和电子斥力的。还有很多机器将电子用作携带信息的工具。虽然这些机器的用途各不相同，但是所有电器所遵循的电学原理却是完全相同的。那就是电子总是需要能量来移动它们，并且总是以固定的速度向固定的方向迁移（从负极向正极）。电子还可以通过其他方式来产生非常有用的光和不可见的射线，甚至我们听不见的声音。

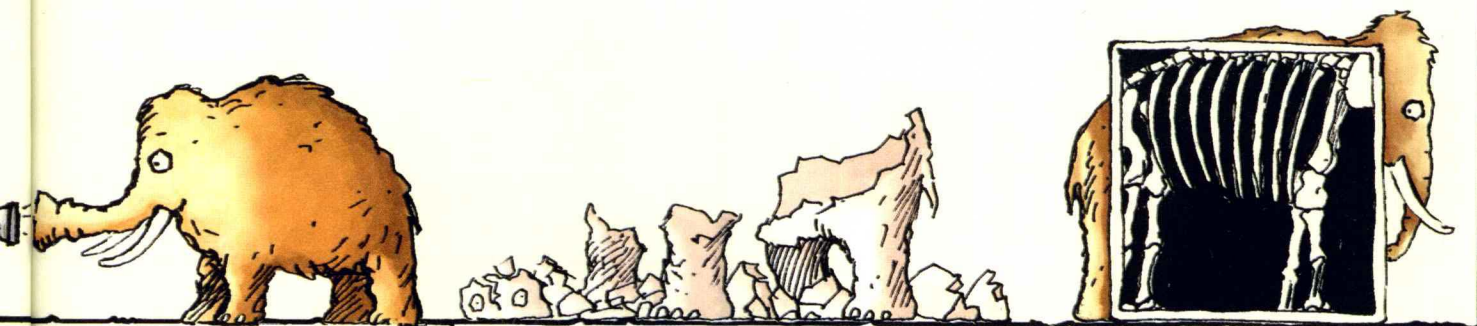


电和运动

作为能源，电能几乎没有可以匹敌的竞争对手。它清洁、安静，可以即时打开或关闭，并且可以轻易地供应到需要它的地方。能够将电能转换成动能的电机种类繁多。乍一看，各种电机（如石英钟和电气机车）之间似乎没有丝毫相似的地方，但是它们都是利用电流的磁效应原理来产生动力的——尽管火车所用的电流比钟表所用的电流要强几十万倍。像所有电机一样，那些用电来产生运动的机器只消耗它们所需的那一部分能量。一台电动机只会利用一定强度的电流，这就是说，一个电源可以给许多机器提供能量，而每台机器只利用它们所需的电流，而不会利用超额的电流。

自动机械

通过施加力的作用使不同数量的电子进入导线，就会导致数量不断变化的电荷产生。这些电荷的迁移速度非常快，几乎可以立即通过导线到达用电器。这种变化的电荷能够形成一种电信号，进而控制机器工作的方式。这个信号可以简便地关闭或打开机器，也可以控制机器的运转过程。许多机器都含有产生控制信号的部件，所产生的信号能使机器高效地进行自我控制，甚至完全独立地工作，比如日常生活中常见的自动门和红绿灯。这些控制信号通常都来源于感应器和探测器。它们能检测到物体，如金属或烟雾，也可以进行定量测量，如测量速度。信号从探测器传送到机器上，机器就会对它做出反应。自动机器做出反应的主要方式有两种。比较简单的一种是控制信号触发一系列的操作，例如自动门在人通过时会打开，汽车发生碰撞时气囊会立即膨胀。这些机器不会做其他事情，因为它们也不需要做其他事情。另外一些自动机器则要精密得多，并且装有感应器或探测器来检测它们自身的运转情况。感应器获得的信息能够保障机器正常工作，如有必要，它还会自动矫正机器的运转。飞机就是这样的机器，自动驾驶仪感应到飞行偏航后会操纵飞机控制装置来校正它，而导向系统会继续检查飞机的位置，确保飞机在正确的航线上飞行。如今，人们在日常生活中正越来越多地使用那些由电子控制的自动机器。自动机器正在取代我们的手工作业，使我们的生活变得更加便利和安全。其中某些自动机器给了我们以前不曾拥有并难以学会的能力，例如自动照相机使得照相变简单了。许多自动机器都是由数字装置来控制的，因为它们能产生高度复杂的控制操作系统。



电

猛犸具有吸引力的秘密

——天，我碰巧看到一头毛发梳理得光可鉴人的猛犸。实际上，理发师只是把猛犸的毛发梳理顺滑了，并没有做太多其他处理，但是当这只猛犸走在街上时，地上的垃圾、碎布和流浪的小猫就会向它身上飞去，并钻进它那刚刚梳理过的毛发里。众所周知，一个衣衫整齐的人总是会有着较大的吸引力，但在这之前，我可没有见过如此有说服力的例子。

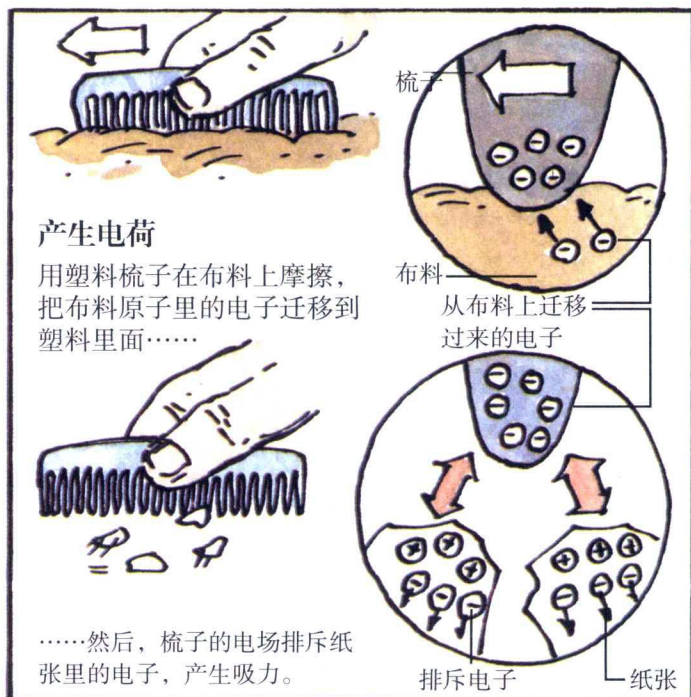


静电荷

所有事物都是由原子构成的，在原子里面有一种叫做电子的微小粒子。每个电子都带有一个电荷，这个电荷在绝大多数情况下带负电，它是产生电流的基础。

静电荷的电子只是从一个地方迁移到另一个地方，而不是随着电流流动。在没有静电荷的物体里，所有的原子都带有特定数量的电子。如果这些电子中的一部分迁移到其他物体上，比如通过激烈的摩擦能导致电子迁移，获得电子的物体就会带上负电荷，而失去电子的物体则会带上正电荷。电子的迁移就会在每个物体的周围产生一个电场。

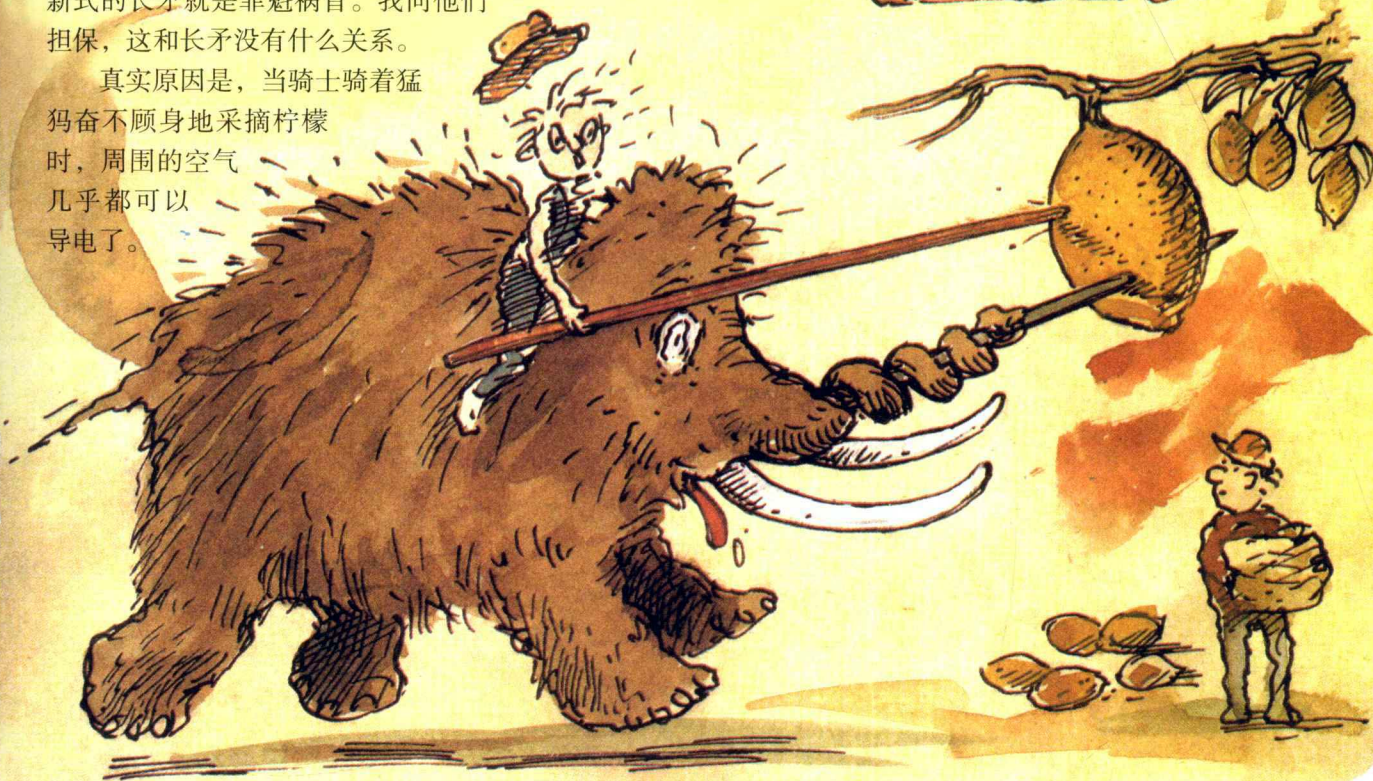
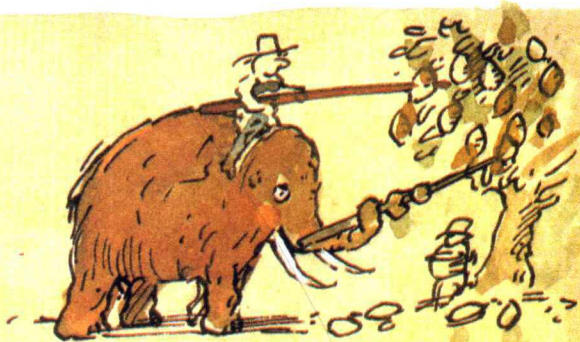
摩擦能产生电荷，并因此产生电场。这个电场会影响附近的物体，在它们身上产生异种电荷。由于同种电荷互相排斥，而异种电荷互相吸引，所以用布料摩擦过的梳子能够吸起小纸片，这也是猛犸的毛发在梳理过后会将垃圾吸得满身都是的原因。



猛犸采摘柠檬的故事

在收获的季节里，有一次我看到猛犸也来帮忙采摘柠檬，我真是羡慕极了。比较大的柠檬可以用长矛直接采摘下来，猛犸鼻子卷着铜长矛，而猛犸上的骑手拿着锌长矛——这是从我设计的工具中改良出来的一种比较轻的工具。我在观察过程中发现，骑手一直在抱怨身体受到了莫名其妙的电击，他们认定这些新式的长矛就是罪魁祸首。我向他们担保，这和长矛没有什么关系。

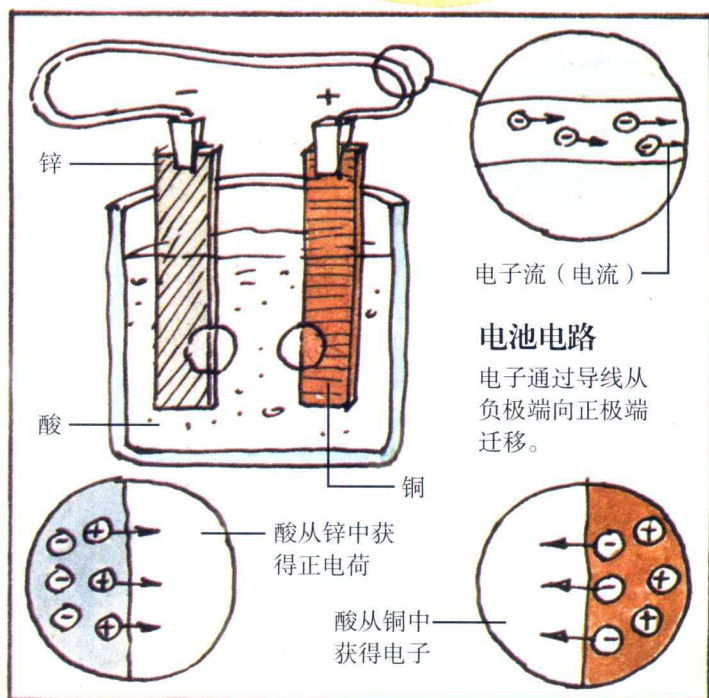
真实原因是，当骑士骑着猛犸奋不顾身地采摘柠檬时，周围的空气几乎都可以导电了。

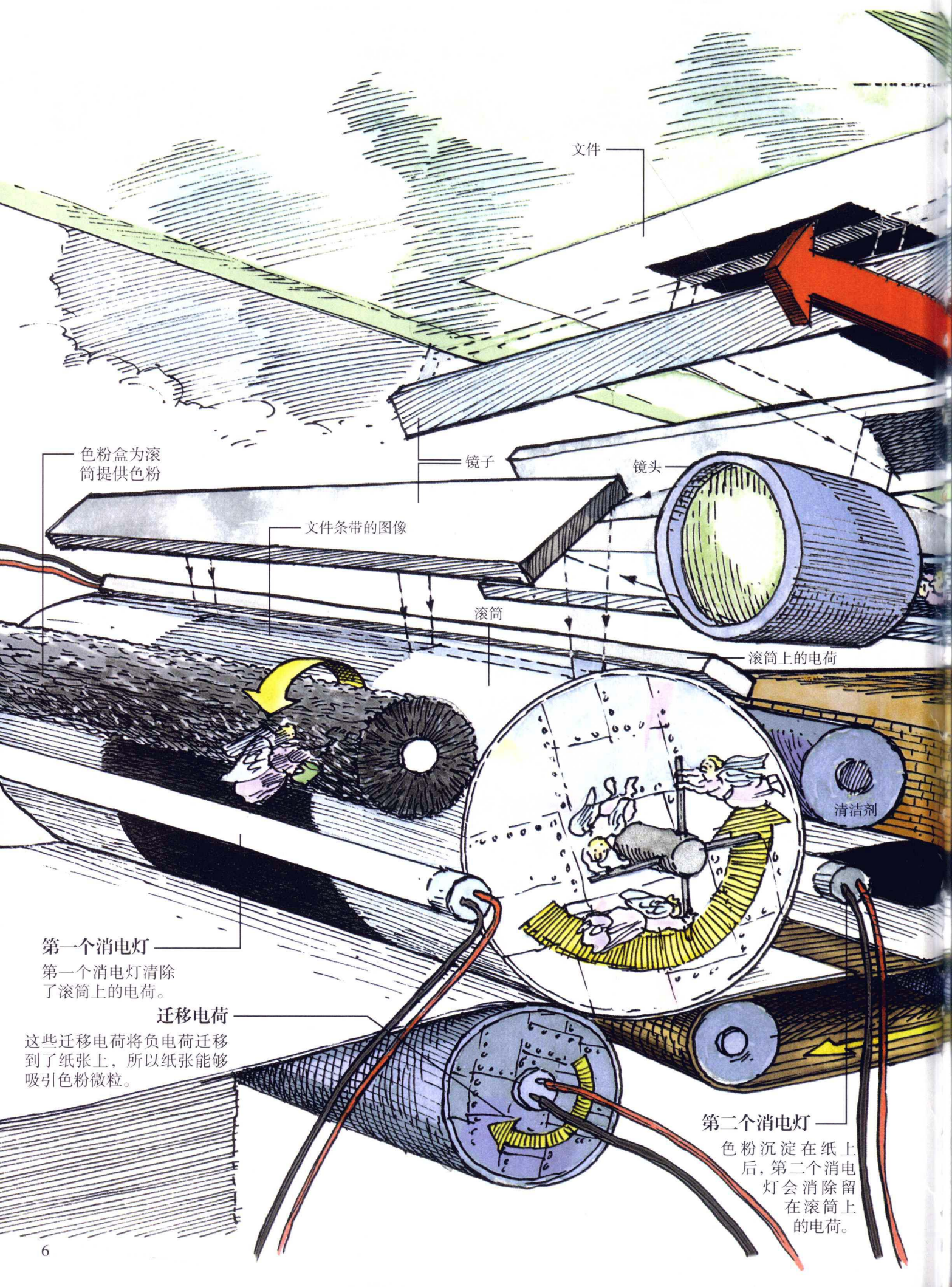


电流

电流是由移动的电子产生的。和静电荷不同的是，电流只能在导体里面存在，导体是一种能让电子自由通过的物体，比如金属就是非常优良的电导体。

要使电子发生迁移，必须给它提供能量。这种能量可以由光、热或者压力来提供，也可以由化学反应产生的能量来提供。化学能是一种在电池驱动电路中使用的能源。猛犸和它的骑手就是遭受了这种形式的电击，因为它们在不间断制造了一个电流回路。柠檬里的酸性物质可以和制造长矛的铜与锌发生反应。酸性物质的原子将铜原子的电子吸引出来并且转移到锌原子上，然后电子就流到了跟两个金属长矛相连接的物体——骑士和猛犸——的身上。释放电子的锌长矛形成了柠檬电池的负极端，接收电子的铜长矛则形成了电池的正极端，它们与骑士和猛犸共同构成了一个封闭的回路，电流可以在里面流动。尽管一般的柠檬不会产生足够的电子来形成一股强电流，但是一个巨大的柠檬产生的大量电子就足以形成非常强烈的电击了。





文件

色粉盒为滚筒提供色粉

镜子

镜头

文件条带的图像

滚筒

滚筒上的电荷

清洁剂

第一个消电灯

第一个消电灯清除了滚筒上的电荷。

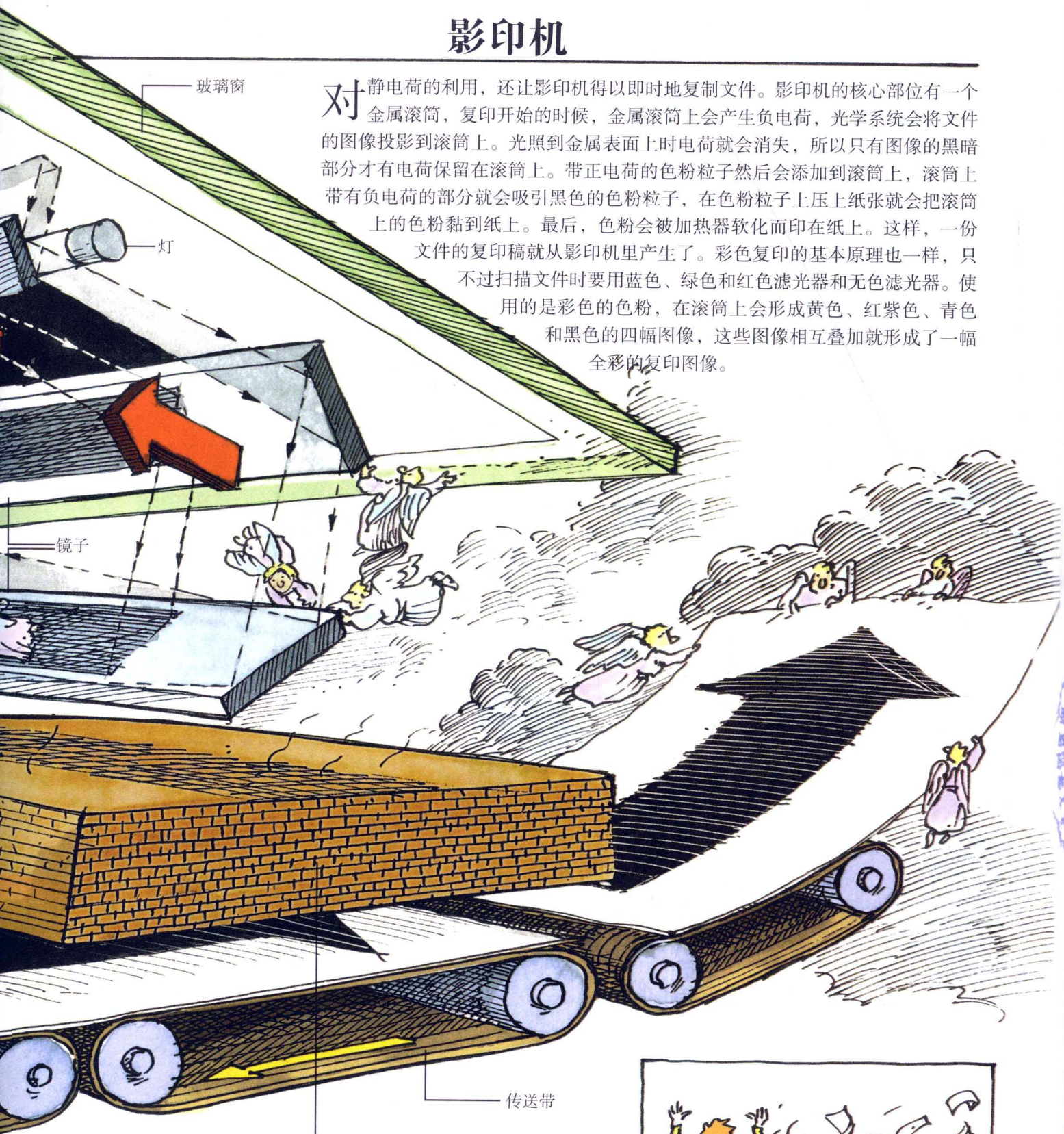
迁移电荷

这些迁移电荷将负电荷迁移到了纸张上，所以纸张能够吸引色粉微粒。

第二个消电灯

色粉沉淀在纸上后，第二个消电灯会消除留在滚筒上的电荷。

影印机



对静电荷的利用，还让影印机得以即时地复制文件。影印机的核心部位有一个金属滚筒，复印开始的时候，金属滚筒上会产生负电荷，光学系统会将文件的图像投影到滚筒上。光照到金属表面上时电荷就会消失，所以只有图像的黑暗部分才有电荷保留在滚筒上。带正电荷的色粉粒子然后会添加到滚筒上，滚筒上带有负电荷的部分就会吸引黑色的色粉粒子，在色粉粒子上压上纸张就会把滚筒上的色粉黏到纸上。最后，色粉会被加热器软化而印在纸上。这样，一份文件的复印稿就从影印机里产生了。彩色复印的基本原理也一样，只不过扫描文件时要用蓝色、绿色和红色滤光器和无色滤光器。使用的是彩色的色粉，在滚筒上会形成黄色、红紫色、青色和黑色的四幅图像，这些图像相互叠加就形成了一幅全彩的复印图像。

光学系统

在玻璃窗下面，文件是通过灯、一套镜子和镜头的共同作用来扫描的。然后，玻璃窗会将扫描文件得到的图像条带投影到转动的滚筒上。光学系统可以放大或者缩小滚筒上的图像。

加热器

加热器加热纸张，使得色粉粒子软化并印在纸张表面。



空气过滤器

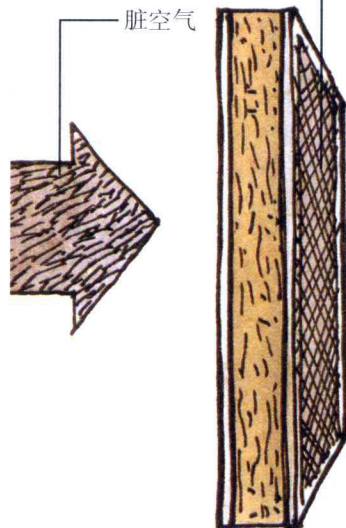
利用静电除尘器来除去房间空气里非常微小的粒子，比如烟尘和花粉的粒子，是一种非常有效的空气净化方法。工作原理是：除尘器先让空气里的粒子携带正电

荷，然后再通过除尘器上带负电的格栅将粒子吸附起来。清洁器也可能附有过滤器，可用来除去灰尘和气味，并有一个离子发生器将负离子添加到清洁的空气中。

预过滤器

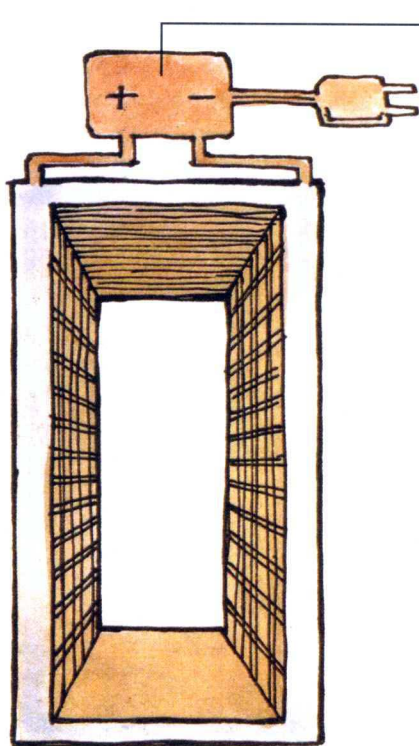
预过滤器上的网眼首先会将空气里比较大的尘埃和泥土颗粒除去。

脏空气

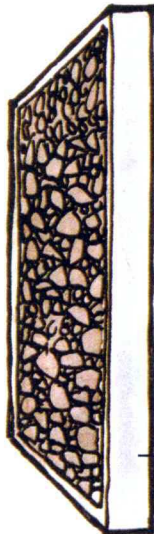


静电除尘器

两块格栅之间产生电性相反的高压电荷。第一块格栅为残留的微小粒子提供正电荷，而带负电荷的格栅会吸引粒子。

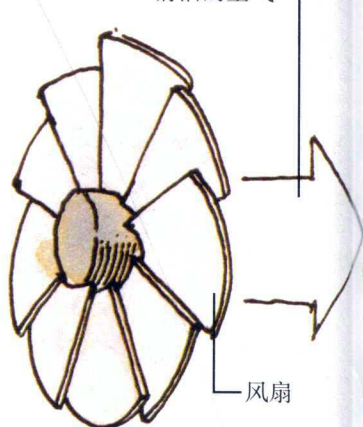


清洁的空气



碳过滤器

这个过滤器里的活性炭吸收了空气的气味后，空气才会由风扇吹过空气过滤器。



风扇

避雷装置

电荷的产生

雷暴雨会在云层的底部产生一个非常强烈的负电荷区域。这些负电荷会导致地面产生大量的正电荷。

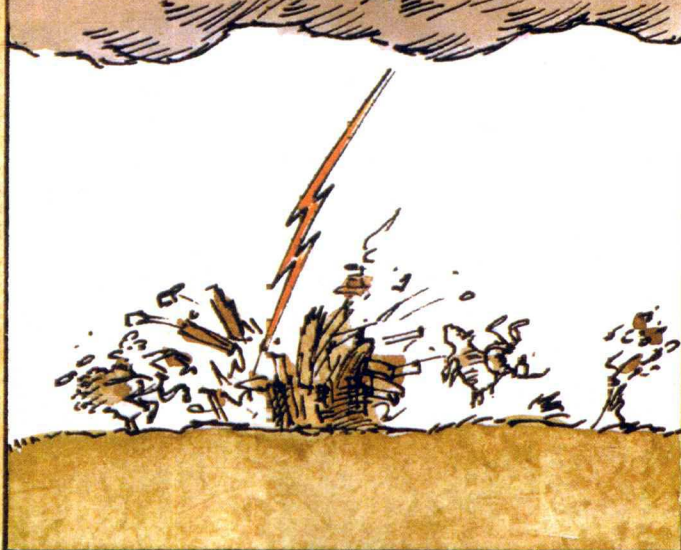
云层底部的负电荷



地面的正电荷

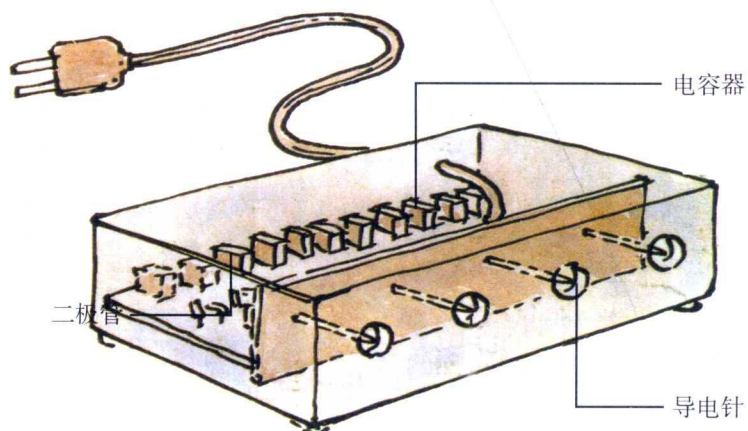
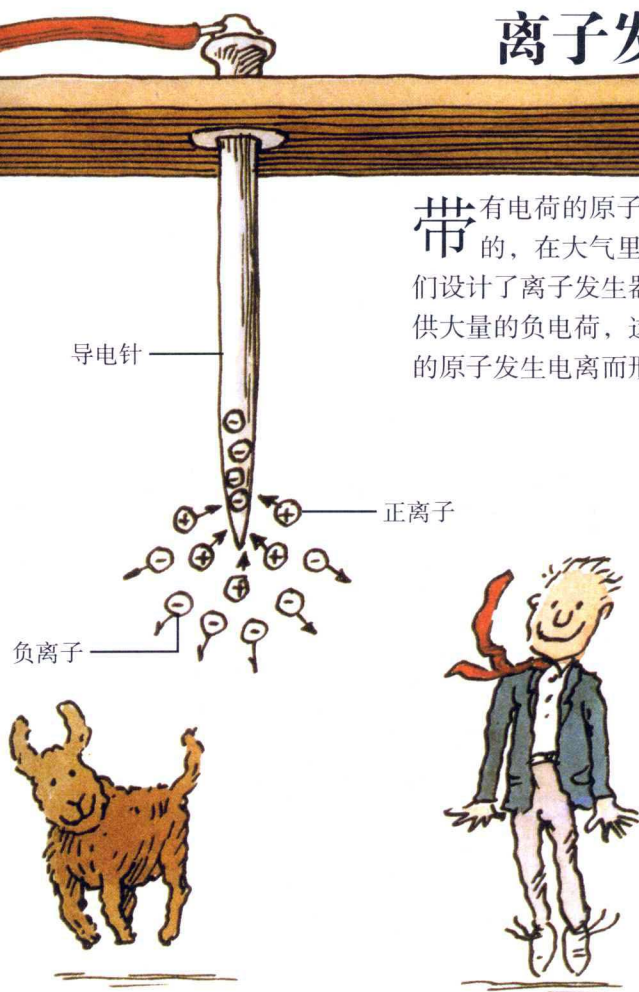
闪电放电

强大的电场会将空气电离，产生离子和自由电子。空气变得能够导电后，其中就会产生强烈地放电，闪电就发生了。



离子发生器

带有电荷的原子被称为离子。离子是自发形成的，许多固体物质都是由离子构成的，在大气里也有离子存在。含有高浓度负离子的空气是非常有用的，所以人们设计了离子发生器来获得高浓度负离子的空气。离子发生器能给一根或多根电针提供大量的负电荷，这样针尖上就会产生一个非常强大的电场，这个电场会导致空气中的原子发生电离而形成离子。正离子会被针吸引，而负离子会从针上往空气里迁移。



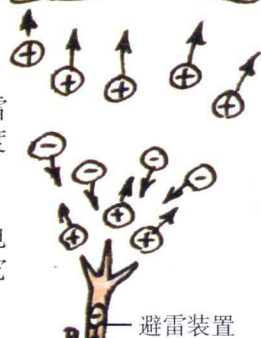
电压倍增器

电压倍增器能先将电源的交流电转换为高压直流电，然后再给离子发生器的导电针充电。二极管能将交流电

转换成可供电容器充电之用的直流电。电容器可以存储电荷，电容器中的电荷量增加了，电压也就增大了。

减少电荷

通过避雷装置可以防止雷击。避雷针针尖的高浓度正电荷会产生正离子。这些正离子往空中迁移，就会减少雷雨云层的负电荷，并吸引负电荷，使它们往下迁移。



电子进入地面

将电荷引导到地上

在发生雷击时，雷电会沿着离子通路打在避雷装置上。雷电的强电流会沿着导线往下流入大地，而不会毁坏其他物体。



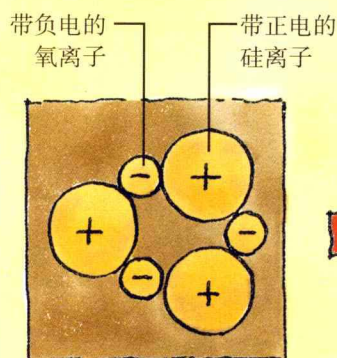
自动手表

压电效应

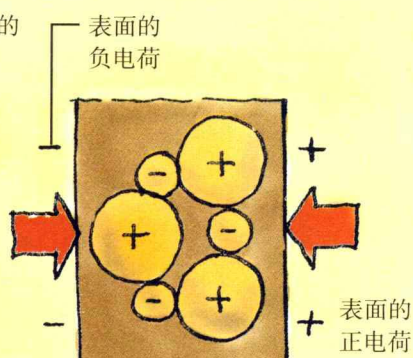
某些晶体和陶瓷受到压力时能够使产生电荷，这种作用叫做压电效应。这种效应常常应用于一些电机上。在很多物质里，原子是以离子形式存在的，离子通过它们的电荷紧密结合在一起。例如，石英含有带正电的硅离子和带负电的氧离子。挤压石英会引起离

子迁移，使带负电的离子向晶体的一端迁移，而带正电的离子向另一端迁移。相对的两面分别产生了负电荷和正电荷，这些电荷可以变得非常强大。反过来也是一样。比如在石英振荡器里，给石英施加一个电信号，就能使它以精确的固有频率振动。

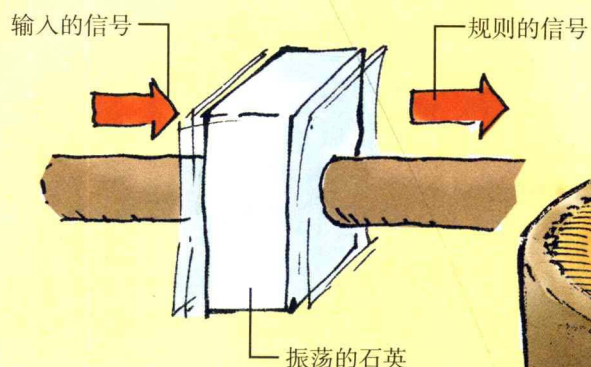
正常的石英晶体



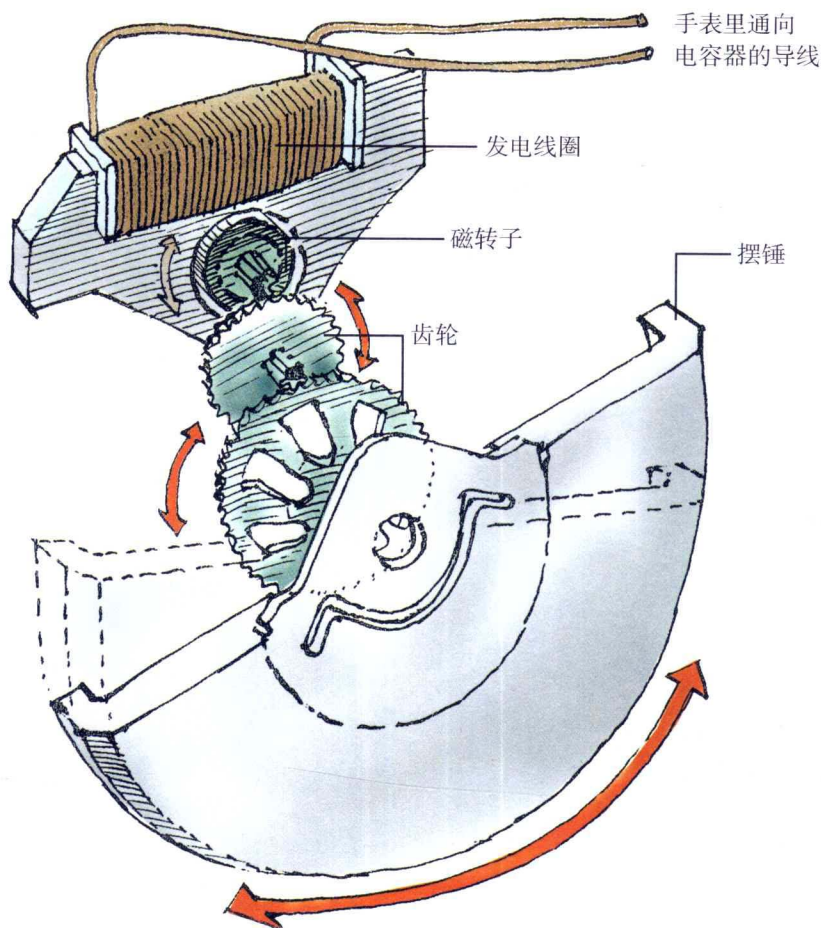
受压的晶体



石英振荡器

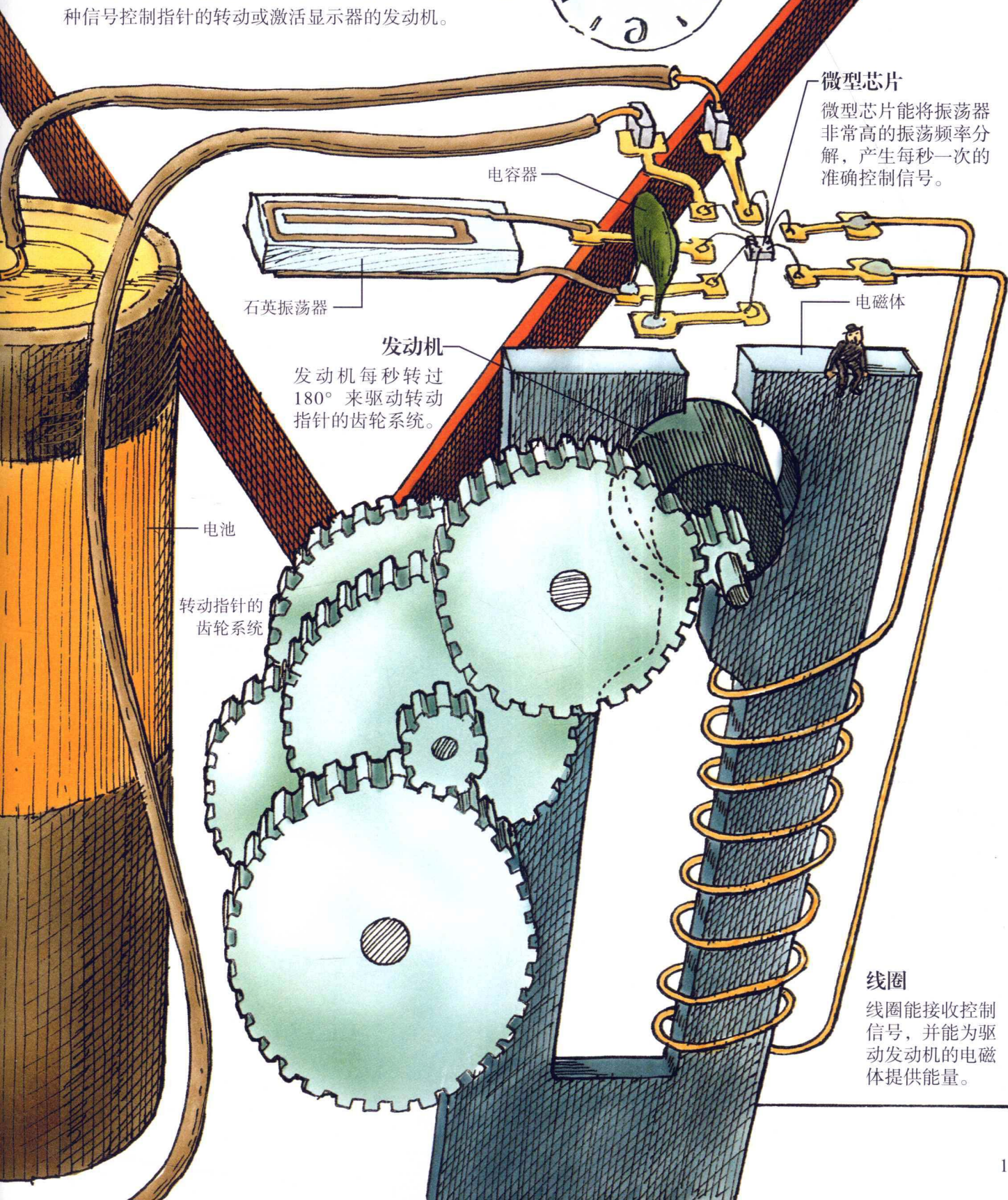
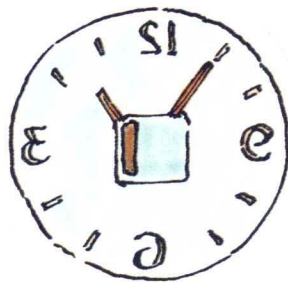


石英表（见下页）消耗的能量非常微小，但它的电池最终也会用光，并且需要重新更换。而自动手表或者动力表则是一种利用压电效应来准确计算时间的钟表。它不需要用电池，而是通过佩戴者手腕的运动来产生电。手表移动，表里的摆锤就会往返摆动。通过一套齿轮组将这种振动转移到细小的磁转子上，磁转子就会以每秒10万圈以上的速度转动，并诱发电线圈产生电流。这股电流接下来会被输送到手表的电容器里储存，并被手表的石英振荡器和发动机利用。



石英钟

压电效应提供了一种准确计算时间的简单方法。许多钟和手表都有一个石英晶体振荡器来控制指针和时间显示。用一块小电池为晶体振动提供能源，晶体就会以非常精确的速度或频率形成电流脉冲。微型芯片会将这种脉冲的速度降低到每秒一个脉冲，然后再由这种信号控制指针的转动或激活显示器的发动机。



微型芯片

微型芯片能将振荡器非常高的振荡频率分解，产生每秒一次的准确控制信号。

电容器

石英振荡器

发动机

发动机每秒转过180°来驱动转动指针的齿轮系统。

电池

转动指针的
齿轮系统

电磁体

线圈

线圈能接收控制信号，并能为驱动发动机的电磁体提供能量。

水推车

虽然电在线圈里流动是看不到的，但是如果我们用其他事物来类比，就可以很容易地理解它。本页所展示的机器是一种虚构的等同于电路的水动力机器。这台机器是利用水流——而不是电子流——提供能量，水推车的每一个部分都与下一页所示的简单电路的相应部分对应。

水闸

打开水闸，增加水流量使得更多的水撞击叶轮来加速机器的转动。水闸与电路上的灯泡的电阻相对应，灯泡电阻越小，通过它的电流就会越大，它就会越亮。

水道

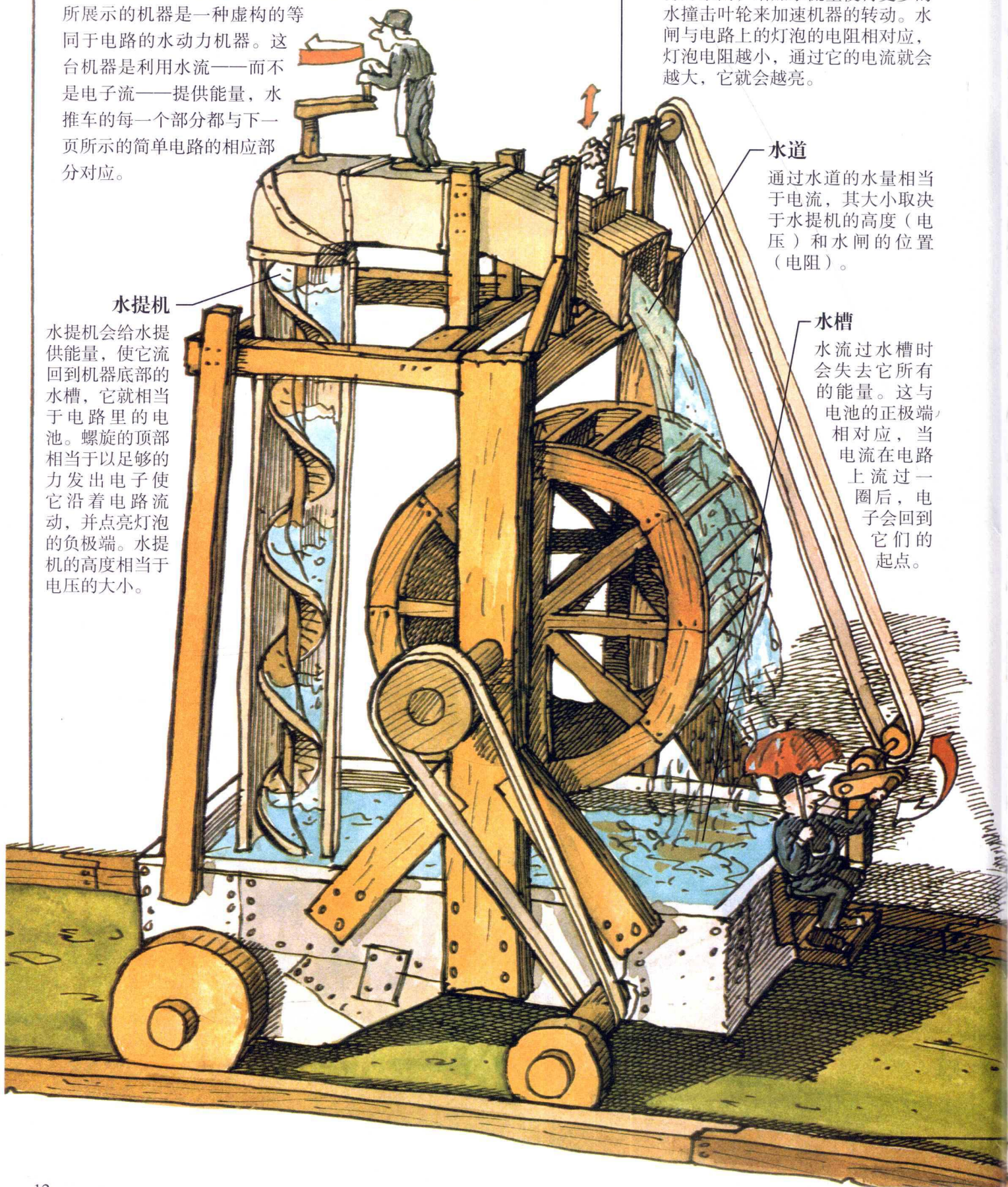
通过水道的水量相当于电流，其大小取决于水提机的高度（电压）和水闸的位置（电阻）。

水提机

水提机会给水提供能量，使它流回到机器底部的水槽，它就相当于电路里的电池。螺旋的顶部相当于以足够的力发出电子使它沿着电路流动，并点亮灯泡的负极端。水提机的高度相当于电压的大小。

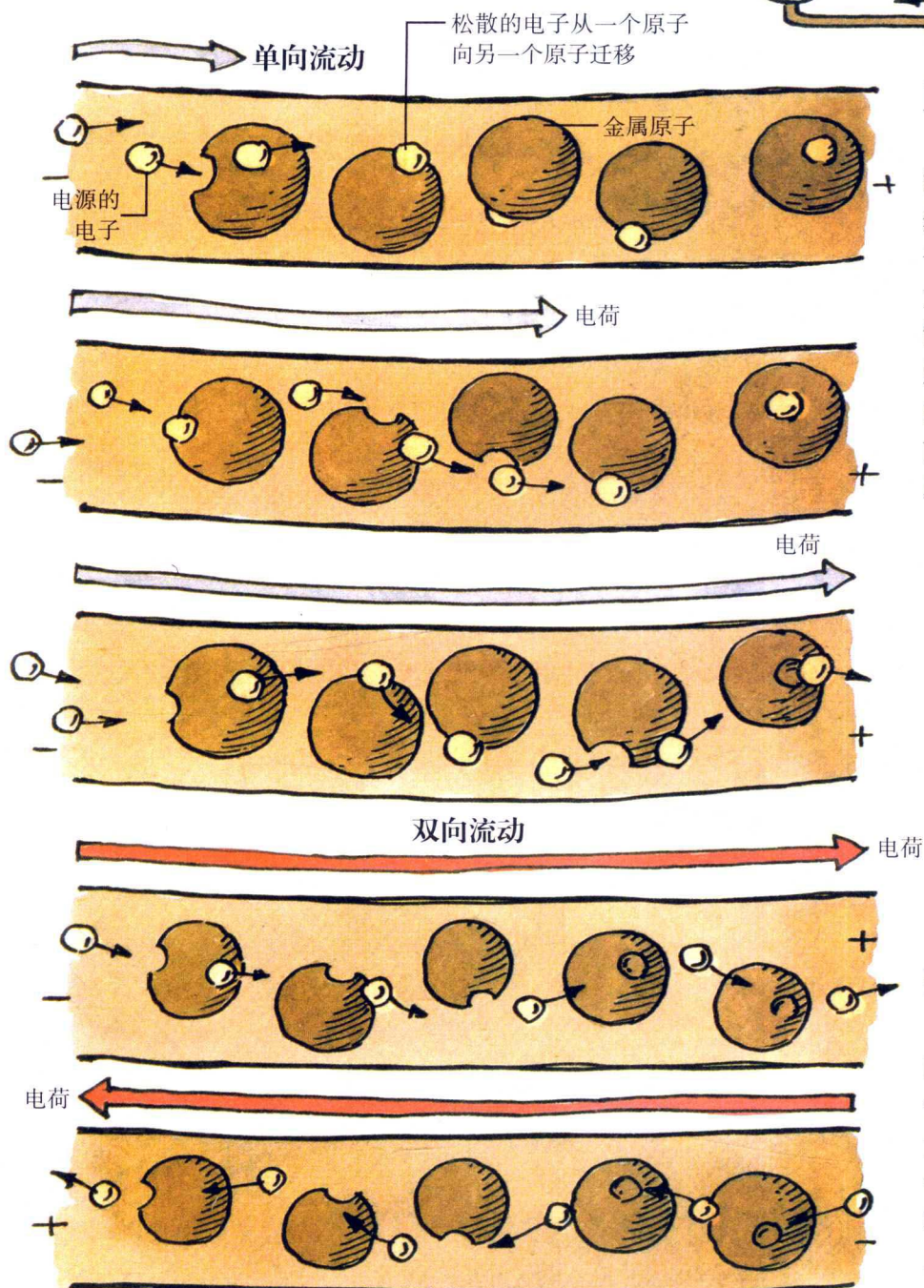
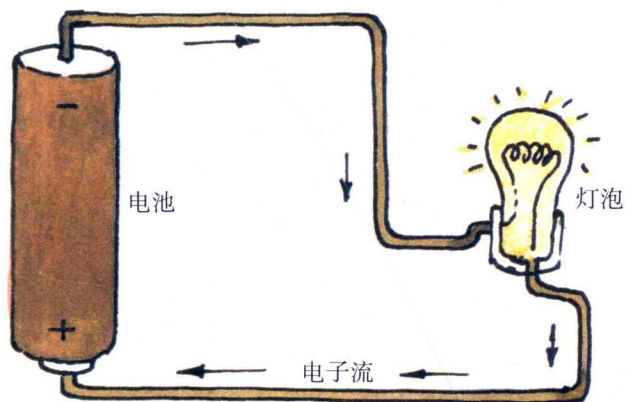
水槽

水流过水槽时会失去它所有的能量。这与电池的正极端相对应，当电流在电路上流过一圈后，电子会回到它们的起点。



电路

所有的仪表和机器都是通过电路的电流来提供能量的。电源通常包括电池或者发电机，它驱动电子通过导线到达机器中提供能量或者释放能量的部件，然后电子通过导线流回电源，构成一个回路。电源能产生一定大小的电压，电压是输送电子通过电路的电压力的值。电流是单位时间内流过导线的电荷总量，它的单位是安培。电路的工作部分一般都存在一定量的电阻，电阻的单位是欧姆。



直流电 (DC)

由电池产生的电流是直流电。电源的电子从负极端向正极端流动。虽然单个电子移动的速度非常慢，但电子上的电荷迁移速度非常快。这是因为移动过来的电子会和金属原子上松散电子相碰撞，使得这些电子离开原子并碰撞下一个原子。这就像分流的铁轨货车一样，导线里电子移动的前进速度非常快，使得电荷迁移的速度也非常快。

交流电 (AC)

日常生活中的电源不是直流电，而是交流电。在交流电中，电子会以每秒50次的频率做往返运动，这是因为电源的电极会从正极向负极反复变化，反之亦然。这对灯泡不会产生影响，因为两个方向的电流通过时都能点亮灯泡。