



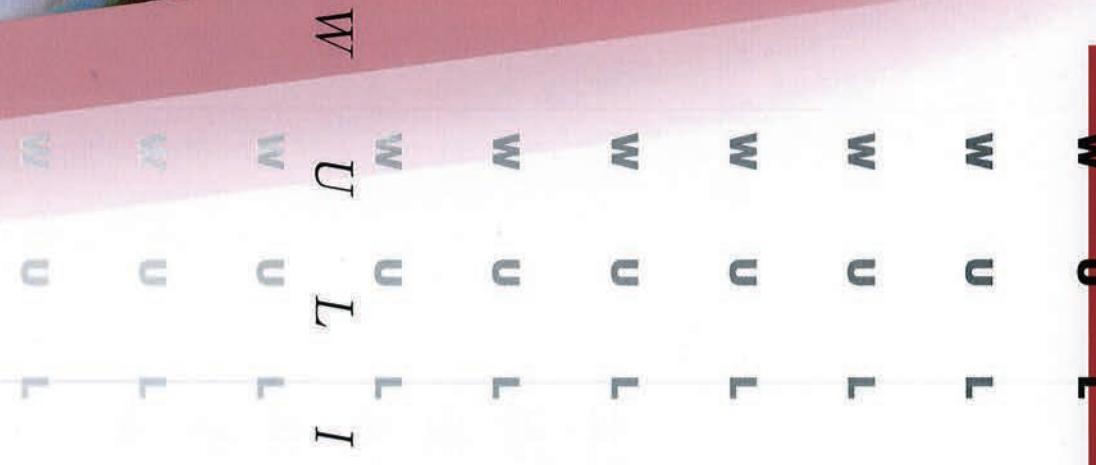
九年义务教育课本

物理

九年级 第二学期

(试用本)

上海教育出版社



九年义务教育课本

物理

九年级第二学期
(试用本)



上海教育出版社



第八章 电能与磁

8.1	电功率	● ● 4
8.2	电流的磁场	● ● 9
8.3	电能的获得和输送	● ● 18
8.4	无线电波和无线电通信	● ● 24



第九章 从原子到星系

9.1	原子	● ● 34
9.2	地球 太阳系	● ● 37
*9.3	银河系 宇宙	● ● 43
9.4	能量的转化和守恒	● ● 46

第八章 电能与磁

Electrical energy and Magnetism

- 8.1 电功率
- 8.2 电流的磁场
- 8.3 电能的获得和输送
- 8.4 无线电波和无线电通信

高压输电线将电能从发电站
输送到需用电能的各个地方



用四节干电池作电源，一个小小的电
磁铁能轻而易举地吊起一个成年人



来自太阳的带电粒子进入地球大气层时，在地磁场的作用下会在两极附近地区的上空产生极光

今天，电已成为现代生活的“必需品”。电与磁这一对亲兄弟在形形色色的电器中几乎无处不在。在这一章中，我们将学习有关电与磁的基本知识，了解它们的广泛应用。

8.1 电功率

Electrical power

电功

物理学告诉我们：自然界中的能量只能由一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体上。能量转化的过程，就是做功的过程，而且做了多少功就有多少能量发生了转化。例如，石块在下落过程中，重力做多少功，就有多少重力势能转化为动能；刹车后，汽车在前行的过程中克服阻力做多少功，就有多少机械能转化为内能。

各种用电器在工作时都消耗

电能，从能量转化的角度来看，用电器消耗电能的过程就是电能转化为其他形式的能的过程，因此这个过程就是电流做功的过程。例如，电流通过电动机时，电动机便会转动并发热，电能就转化为电动机的机械能和内能，在此过程中电流做了功。各种用电器实际上都是电能转化器。电流在通过电灯、电热器、电视机、电扇、空调等用电器时，电能转化为光能、内能、机械能等形式的能，因而电流在通过各种用电器时都做了功。

电流所做的功叫做电功。电流做功的过程，就是电能转化为其他形式能的过程，并且做多少电功，就表示有多少电能发生了转化。电功的单位与能量的单位相同，都是焦耳。

电功的大小是由哪些因素决定的呢？

实验证明，电流通过导体所做的电功等于导体两端的电压、通过导体的电流和通电时间的乘积。即

$$\text{电功} = \text{电压} \times \text{电流} \times \text{通电时间}.$$

如果用 W 表示电流通过导体所做的电功，用 U 表示导体两端的电压，用 I 表示通过导体的电流，用 t 表示通电时间，那么上式就可表示为

$$W = UIt.$$

在国际单位制中，电压的单位是伏（V），电流的单位是安（A），时间的单位是秒（s），那么电功的单位就是焦（J）。显然，

$$1J = 1V \cdot A \cdot s.$$

若通过家用 LED 灯的电流每秒做功约为 3 焦，表明这盏灯通电时每秒约有 3 焦的电能转化为光能和内能。



图 8-1-1 各种家用电器都是电能的转化器

[例题 1] 一台电视机接在 220 伏的家庭电路中，正常工作时通过电视机的电流约为 350 毫安。这台电视机工作 2 小时，电流做了多少功？消耗的电能是多少？

[解答] 电流所做的功可利用公式 $W = U I t$ 来计算，所消耗的电能等于电流所做的功。

$$W = U I t = 220 \text{ 伏} \times 0.35 \text{ 安} \times 2 \times 3600 \text{ 秒} = 5.54 \times 10^5 \text{ 焦。}$$

这台电视机工作 2 小时，电流做了 5.54×10^5 焦的功，消耗了 5.54×10^5 焦的电能。

电功率

电流通过不同的用电器，做功的快慢程度是不同的。例如家用电风扇工作时，通过电动机的电流 1 小时大约做功十几万焦；而通过大型机床电动机的电流，10 秒钟就可以做功几十万焦。

怎样比较电流做功的快慢呢？仿照机械功率的定义，我们把单位时间内电流做的功叫做电功率。电功率表示电流做功的快慢，它等于电功与做功时间的比值，即

$$\text{电功率} = \frac{\text{电功}}{\text{做功时间}}。$$

若用 P 表示电功率，用 W 表示电功，用 t 表示做功时间，那么上式可表示为

$$P = \frac{W}{t}。$$

在国际单位制中，电功率的单位是瓦，符号是 W。显然， $1\text{W}=1\text{J/s}=1\text{V}\cdot\text{A}$ 。

电功与做功时间的比值在数值上等于每秒内电功的数值，因此，每秒内所做电功的数值越大，电功率就越大。

因为 $W = U I t$ ，所以 $P = U I$ 。

电功率等于电压与电流的乘积。只要用电压表和电流表分别测出用电器两端的电压 U 和通过用电器的电流 I ，就可以用 $P = U I$ 计算出用电器的电功率。

通常增大用电器两端的电压，通过用电器的电流也会随之增大，这样用电器消耗的电功率就会增大。但当电压超过一定数值时，用电器就会损坏。因此，所有用电器都有一个正常工作的电压值，叫做额定电压。当用电器两端的电压为额定电压时，通过用电器



图 8-1-2 家用电器的铭牌或说明书上通常标有它的额定电压、额定电流或额定功率

的电流叫做额定电流，此时的电功率叫做额定功率。额定电压、额定电流或额定功率通常标注在用电器的铭牌上。

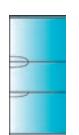
[例题 2] 当天空中空气的湿度很大、两块云之间的电压很高时，原先不导电的空气就会成为导体，强大的电流可在瞬间通过天空，形成闪电。假定某次威力巨大的超级闪电的放电电流约为 2×10^4 安，电压为 2×10^8 伏，放电时间为 0.01 秒，那么这次闪电的电功率约为多大？释放的电能约为多少？

$$P = UI = 2 \times 10^8 \text{ 伏} \times 2 \times 10^4 \text{ 安} = 4 \times 10^{12} \text{ 瓦}。$$

$$W = P t = 4 \times 10^{12} \text{ 瓦} \times 0.01 \text{ 秒} = 4 \times 10^{10} \text{ 焦}。$$

这次闪电的电功率约为 4×10^{12} 瓦，释放的电能约为 4×10^{10} 焦。

一些用电器的电功率

	电子手表	约 1×10^{-5} 瓦	
	计算器	约 1×10^{-3} 瓦	
	收音机	约 3×10^{-2} 瓦	
	LED 手电筒	约 1.5 瓦	
	家用 LED 灯	约 3~15 瓦	
	LED 电视机	约 120 瓦	
	电冰箱	约 200~400 瓦	
	电熨斗	约 1 000~2 000 瓦	
	电饭锅	约 500~1 500 瓦	
	电烤箱	约 1 800 瓦	
	电力机车	约 6.0×10^6 瓦	

此外，人们还常用千瓦 (kW) 来作为电功率的单位。

$$1 \text{ 千瓦} = 1 \times 1000 \text{ 瓦}。$$

电炉炼钢时的电功率可达到 15 000 千瓦，长江三峡工程第一台发电机组——2 号机组的装机容量达 70 万千瓦。

除了“焦”以外，在工程技术和生活中，电功或电能的常用单位还有“千瓦时”（俗称度），符号是 kW·h。额定功率为 1 千瓦的用电器正常工作 1 小时，电流做的功（或者说消耗的电能）就是 1 千瓦时。

$$1 \text{ 千瓦时} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦}。$$

你知道吗？

“发电装机容量”是指某一范围内所有发电机额定功率的总和。这个范围可以是一个发电厂、一个地区或一个国家，单位是“千瓦”或“兆瓦”。而“发电量”则是指在一定时间内生产的总电能，单位是“千瓦时”。

我国电力工业发展迅速，1990—2001年，全国发电装机容量从1亿千瓦跃升到3亿千瓦，2009年达到8.74亿千瓦，2018年更是高达18.9967亿千瓦。全国的年发电量2001年达到14 808.02亿千瓦时，2009年增加到37 146.5亿千瓦时，2018年则高达71 117.7亿千瓦时。

[例题3] 长江三峡水电站平均每天发电输出的总功率约为1 100万千瓦，则电站每天大约输出多少焦的电能？合多少千瓦时？

$$[解答] W = P t = 1.1 \times 10^{10} \text{ 瓦} \times 24 \times 3600 \text{ 秒} = 9.5 \times 10^{14} \text{ 焦。}$$

$$W = P t = 1.1 \times 10^7 \text{ 千瓦} \times 24 \text{ 时} = 2.64 \times 10^8 \text{ 千瓦时。}$$

长江三峡水电站每天大约输出的电能为 9.5×10^{14} 焦，合 2.64×10^8 千瓦时。

家用电能表是测量家庭消耗电能（用电量）的仪表，俗称火表。在以前常用的普通电能表（图8-1-3）中可看到通电时转动的铝盘，用电功率越大，铝盘就转得越快。电能表上方跳动的数字是当前的用电示数即抄见数，抄见数用“千瓦时”（kW·h）作为单位。当前抄见数与上月同日抄见数的差就是这个月内家庭的用电量。

智能电能表（图8-1-4）靠专用的芯片计量电能，每计量一定数量的电能就会输出一个脉冲，同时对应的脉冲指示灯闪烁一次。例如，图中表盘上“1 600imp/kW·h”字样，表示每消耗1千瓦时电能指示灯闪烁1 600次。现在上海家庭已基本普及使用智能电能表，这种电能表利用网络回传数据，实现了远程抄表。

目前上海居民生活用电实行的是“分时电费”和“阶梯电价”的计费制度，不同时段用电和不同累计用电量的单价不同，目的是鼓励广大用户错峰用电、合理用电、节约用电。家用电能表有一个功率容量值，它限制了同时工作的家用电器的功率总和。这个功率容量值的大小可从电能表上标明的额定最大电流计算得出。例如，标有“5 (60) A”字样的电能表，表示额定最大电流是60A（5A是标定电流，通常标定电流越小，电能表的灵敏度就越高）。我国家庭电路电压是220伏，所以同时工作的家用电器的功率总和不应超过 $P=UI=220 \text{ 伏} \times 60 \text{ 安}=13 200 \text{ 瓦}$ 。



图8-1-4 智能电能表



图8-1-3 普通电能表

* 焦耳定律

电流通过导体时，导体都要发热，这种现象叫做电流的热效应。电炉、电热杯、电烙铁等电热器都是利用电流热效应工作的。电流通过家用取暖器的电阻丝时，电阻丝发热发红，这一过程就是电流通过导体将电能转化为内能和光能的过程。

电流通过电炉、电烙铁、电饭锅等电热器时，电能几乎全部转化成内能，这时电流所做的功就等于所产生的热量，即 $Q = W = UIt$ 。

根据欧姆定律 $U = IR$ ，代入可得

$$Q = I^2 R t。$$

其中，电流的单位是安 (A)，电阻的单位是欧 (Ω)，时间的单位是秒 (s)，电流产生的热量的单位就是焦 (J)。

1840 年，英国科学家焦耳通过实验研究发现了上述规律：电流通过电阻时产生的热量，跟电流的平方成正比，跟电阻成正比，跟通电时间成正比，这就是焦耳定律。

利用电流的热效应，人们制造出了各式各样的电加热器。串联在电路中的熔丝（即保险丝），就是利用电流热效应工作的。当电路中的电流超过一定限度时，熔丝的温度便会达到它的熔点，熔丝立即烧断，电路自动切断，这样就保证了用电的安全。

但电流的热效应有时却是有害的，例如电流通过电动机线圈时线圈会发热，或者输电线上电流过大时导线会明显发热，既浪费了宝贵的电能，又容易引发事故。

在通常情况下，电流所产生的热量 Q 仅是电流所做的功 W 中的一部分，例如电流通过电动机做功时，大部分电能转化为电动机的机械能，仅有少量电能转化成内能，因此通常情况下电流产生的热量小于电流所做的功，即 $Q < W$ 。

思考与练习

1. 一只电烤箱的工作电流为 4.5 安，工作电压为 220 伏，通电 20 分钟，它消耗了多少电能？
2. 电灯 A 的电阻大于电灯 B 的电阻。下列两种情况中，在相等的时间内电流通过哪盏灯做功较多？
 - (1) 两灯串联后接在家庭电路中；
 - (2) 两灯并联后接在家庭电路中。
3. 电热杯通电 8 分钟耗电 3.0×10^5 焦，电吹风机制通电 6 分钟耗电 1.8×10^5 焦，哪个用电器的电功率较大？
4. 一把电烙铁接在照明电路中，工作时的电阻为 1 936 欧，那么它连续工作多长时间可耗电 1 千瓦时？
5. 根据图 8-1-2 所示的某电饭锅铭牌，计算该电饭锅正常工作 15 分钟消耗的电能。
6. 阅读 P.6 “例题 2” 和 P.7 “你知道吗？”，将这次闪电的电功率和释放的电能与 2018 年全国发电装机容量和发电量分别进行比较，你有什么启示？

8.2 电流的磁场

Magnetic field of current

磁浮列车可以给人们带来快捷、舒适的旅途感受。工厂里的大型电磁起重机能吊起上百吨的重物。银行卡、电话卡等各种磁卡在生活中已经得到广泛应用。可以说，磁与人们的生活和生产密切相关。



图 8-2-1 大型电磁起重机



图 8-2-2 银行磁卡和存折

磁体 磁极

早在 2 000 多年前，人们就已经发现了一种能吸引铁质物体的天然矿石——磁石。我们把物体能够吸引铁、钴、镍等物质的性质叫做磁性，具有磁性的物体叫做磁体。

除了磁石这种天然磁体外，我们还可以根据需要将铁、镍、钴的合金加工成条形、马蹄形、环形等各种形状的人造磁体。

天然磁体和人造磁体都能长久地保留磁性，它们都是永磁体。一般情况下，实验室里条形磁铁两端所吸引的铁屑最多，

这说明它两端的磁性最强；条形磁铁的中间几乎不吸引铁屑，说明它中间的磁性很弱。我们把磁体上磁性最强的部分叫做磁极。任何磁体都有两个磁极（磁北极和磁南极），将磁体水平悬挂起来，当它静止时，指北的一端叫做磁北极（N 极），指南的一端叫做磁南极（S 极）。将一块磁体分成若干块小磁体，发现不论分成多少块，每一块小磁体均有两个磁极。



图 8-2-4 磁极处磁性最强

同名磁极之间相互排斥，异名磁极之间相互吸引。

磁浮列车就是利用磁极之间的相互作用力，使车身悬浮在轨道上，从而大大减小了阻力，使列车能够高速行驶。上海建成的磁浮列车是支撑在 T 形支架上，依靠异名磁极之间相互吸引的作用而使车身从轨道上浮起约 10 毫米，因此列



图 8-2-3 磁石吸引铁钉

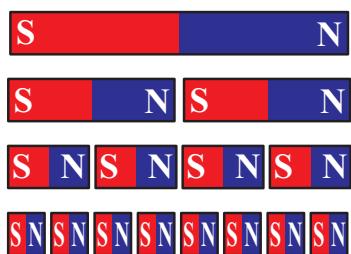


图 8-2-5 与电荷不同，磁极总是成对出现的



图 8-2-6 上海的磁浮列车及其浮起原理图

车在前进过程中受到的阻力很小，最高速度可达到430千米/时。

一根没有磁性的大头针，在接近条形磁铁的S极时，大头针这一端就出现了N极，另一端出现了S极，也就是说大头针具有了磁性。这种使原来没有磁性的物体获得磁性的过程叫做磁化。磁铁能够吸引一串大头针，这是因为其中的每一根大头针被磁化后靠近的两端总是出现异名磁极，从而相互吸引。

有些磁性材料如软铁、硅钢很容易被磁化，但磁性不容易保留，因此常用于制作电磁铁、变压器、发电机的铁芯；另一些磁性材料，如合金钢、碳钢不容易被磁化，但是一旦被磁化后磁性能长期保留，因此常用作扬声器、话筒等设备中的永磁体。许多材料既不能被磁化，也不能被磁铁吸引，例如橡胶、塑料、铝、铜、金、银等。



图 8-2-7 被
磁化的大头针
能相互吸引

磁场 磁感线

磁极之间发生相互吸引或相互排斥作用时，并不需要磁体相互接触。那么这种作用是如何发生的？

实验表明，当小磁针在分别靠近木棒、铝棒和磁铁棒的过程中，只有靠近磁铁棒周围时小磁针才会发生转动，这说明磁体周围存在着某种物质。我们把磁体周围存在的这种看不见、摸不着的特殊物质叫做磁场，磁体之间正是通过磁体周围存在的磁场发生作用的。

进一步研究发现，放入同一磁场中同一点的小磁针静止时，它的N极（或S极）的指向总是不变的，这说明对于磁场中的某一确定点，磁场对小磁针磁极作用的方向是确定的。所以说磁场是有方向的。物理学中规定小磁针静止时N极所指的方向就是该点的磁场方向。这样，我们就可用小磁针来判别磁场中各点的磁场方向。

为了把磁体周围各点的磁场方向尽可能仔细地描绘出来，我们用铁屑来替代

小磁针，均匀地撒在下方有条形磁铁的玻璃板



图 8-2-8 处于磁场中的小磁针

上，轻轻敲击玻璃板，可以看见细铁屑在磁场中被磁化成许多“小磁针”，在磁场作用下发生运动，无数“小磁针”首尾相接，排列成许多条细线。为了形象直观地描述磁场，人们按照“小磁针”的排列在磁场中画出一条条带箭头的假想曲线，这样的曲线叫做磁感线（图8-2-9）。

磁感线可以形象直观地显示出磁体周围各处磁场的强弱和方向。在磁体的外部，磁感线总是从磁体的N极出来，由S极进入磁体。事实上，磁体的内部也存在磁场，而且内部的磁感线是从S极到N极，与磁体外部的磁感线连在一起，构成封闭曲线。



图 8-2-9

磁感线上任意一点的磁场方向就是小磁针在该处 N 极所指的方向。

磁感线分布密的地方磁场强。在磁体的外部，磁极附近的磁感线最密，所以磁极附近的磁场最强。

实际上，磁体周围的磁场分布在整個空间，不局限于某一平面内，如图 8-2-10 所示是条形磁铁、蹄形磁铁周围磁场的空间分布情况。

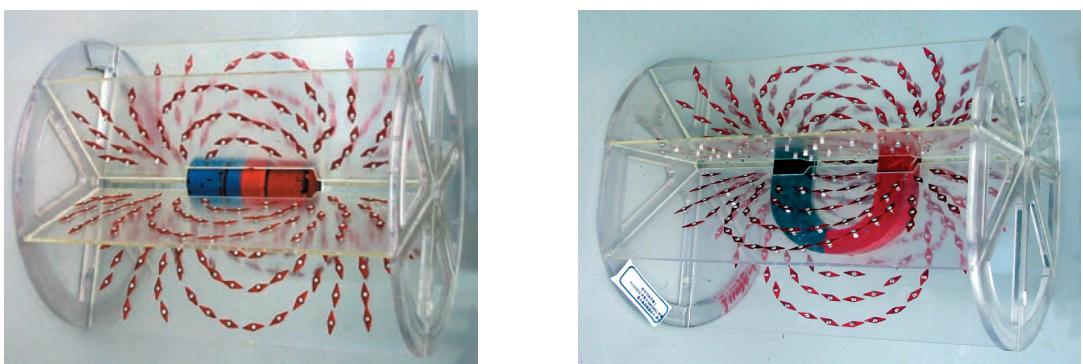


图 8-2-10 磁体周围磁场的空间分布情况

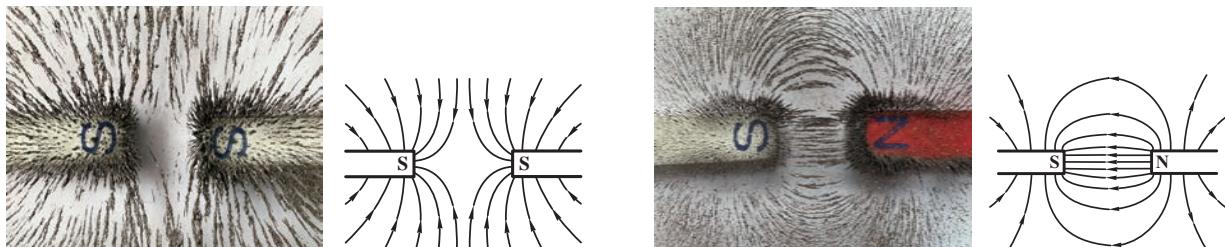


图 8-2-11 同名磁极、异名磁极周围磁场的分布情况

地球本身就是一个巨大的磁体，它的 N 极在地理南极附近，S 极在地理北极附近，地球周围空间存在的磁场叫做地磁场。处于地磁场中的小磁针在地磁场的作用下，具有指南北的性质。利用小磁针的这一性质制成的磁罗盘，常用于航海；一些动物，如信鸽也会利用地磁场的方向来准确找到几千米以外的地方，如果再给它们外加一个磁场，就会干扰它们正常的定向功能。

早在公元前 3 世纪，我国就制成了世界上最早的指南工具——司南。据说司南是由一柄磁勺和一个金属盘子组成

的，磁勺可以在盘子上自由转动，但停止后，

勺柄总是指向南方。指南针后传入欧洲，应用于航海，对人类文明的进步产生了重大影响。事实上，地磁场的 N、S 极与地理的南、北极不完全重合，因此指南针的指向跟地理的南、北极方向存在着一个夹角，叫做磁偏角。对此，北宋的沈括在《梦溪笔谈》中就有“常微东偏，不全南也”的记载。

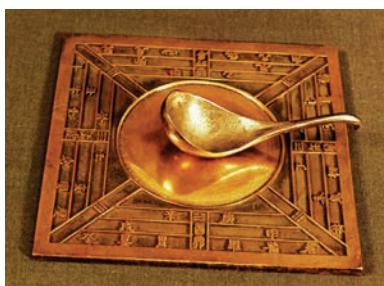


图 8-2-13 司南模型

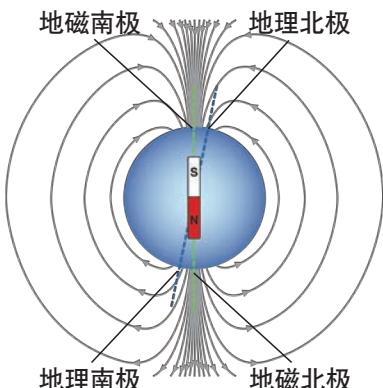


图 8-2-12 地磁场

你知道吗？

太阳外层空间的带电粒子以极大的速度向外辐射，形成太阳风。地球产生的磁场在地球周围形成一个磁性保护层，将带电粒子（主要是质子和电子）约束在范艾伦辐射带内。一方面，它使地球避开太阳风所带来的带电微粒，保护地球不受辐射的伤害；另一方面，在极地上空这些粒子可穿透大气层，激发大气中的氮和氧，造成了一种独特的自然现象——极光。

地磁场究竟是怎样产生的？目前还没有一个令人满意的答案，科学家还在深入探索中。

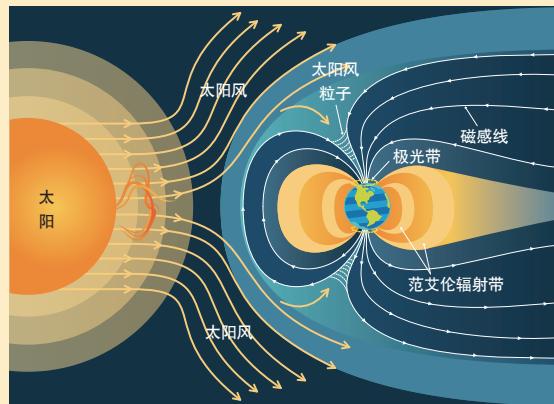


图 8-2-14 地球磁场与太阳风

电流产生的磁场

1820 年，丹麦物理学家奥斯特在一次讲课中做演示时，无意中发现：当电路通电时，电线下方的小磁针转动了一下；停止通电，小磁针又转回了原处。这一不显眼的现象并没有引起听课人的注意，但奥斯特却对此异常兴奋。他深入研究了该现象后指出，这表明了电流周围也存在着磁场，我们把这一现象叫做电流的磁效应。电流的磁效应揭示了电和磁之间存在着联系，从而为电磁学的发展奠定了基础，也打开了电磁学应用的大门。

你知道吗？

自从库仑提出电和磁有本质上的区别以来，很少有人再去考虑它们之间的联系。可是丹麦物理学家奥斯特一直信奉康德的哲学思想，深信电、磁、光、热等自然现象之间一定存在着某种内在联系。富兰克林曾发现莱顿瓶放电能使钢针磁化。奥斯特在深入研究的过程中，受到这些思想和实验现象的启发，终于在 1820 年发现了电流的磁效应。虽然奥斯特发现这一现象似乎有点偶然性，但正如巴斯德所说的，机遇总是青睐有准备的头脑。



图 8-2-15 奥斯特在进行实验演示

实验表明，通电直导线周围的磁感线都处在与导线垂直的各个平面上，是以导线上某一点为圆心的许多同心圆。当导线中的电流方向改变时，周围的磁场方向也会相应地发生变化。

用导线绕成的螺旋形线圈叫做螺线管。实验表明，通电螺线管的磁感线分布情况与条形磁铁的磁感线分布情况十分相似。

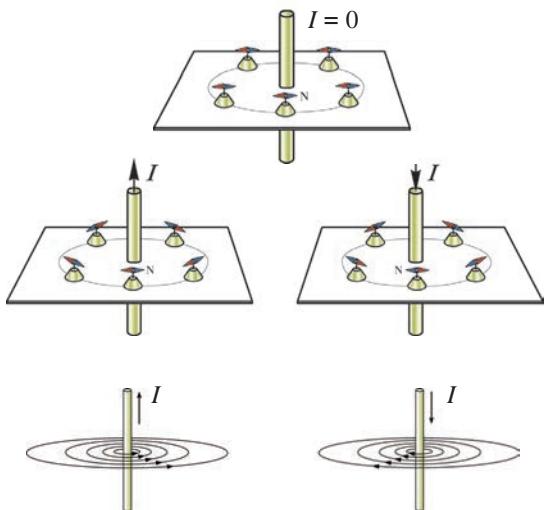


图 8-2-16 通电直导线中的电流方向与其周围的磁场方向之间的关系

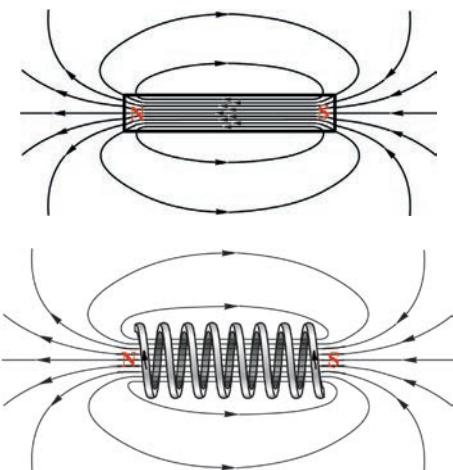


图 8-2-17 条形磁铁和通电螺线管的磁感线分布情况比较

在奥斯特发现电流的磁效应之后，法国物理学家安培又进一步做了大量实验，研究了磁场方向与电流方向之间的关系，并总结出了安培定则，也叫做右手螺旋定则。

假设用右手握住通电导线，大拇指指向电流方向，那么弯曲的四指就表示导线周围的磁场方向，如图 8-2-18 所示。

假设用右手握住通电螺线管，弯曲的四指指向电流方向，那么大拇指的指向就是通电螺线管内部的磁场方向，如图 8-2-19 所示。

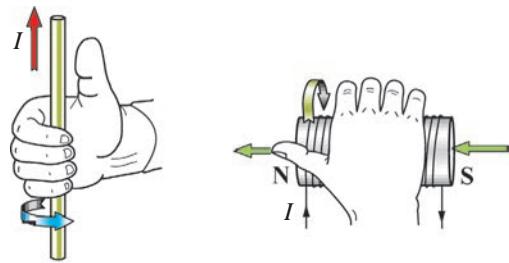


图 8-2-18

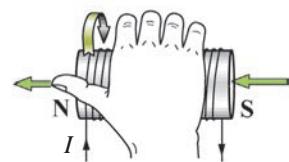


图 8-2-19

* 电磁铁的应用

内部带有铁芯的螺线管叫做电磁铁。在一根软铁芯上，用漆包线密绕成线圈，这就是最简单的电磁铁。实验表明，电磁铁的磁性强弱与线圈的匝数、线圈中的电流大小有关，线圈单位长度的匝数越多，电流越大，电磁铁的磁性就越强。跟永磁铁相比，电磁铁具有以下几个优点：

(1) 电磁铁磁性的有无，完全可以由通断电来控制。

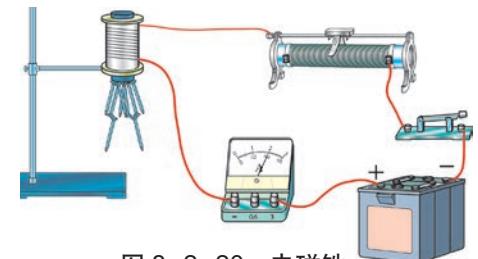


图 8-2-20 电磁铁

电磁起重机、电铃以及电磁继电器都是根据这一特点工作的。冰箱、汽车、电梯、机床里的控制电路，都使用电磁继电器。电磁继电器实际上是一个由电磁铁控制电路的通断开关，如图 8-2-21 所示，当控制电路中有电流通过电磁铁的线圈时，电磁铁吸引衔铁，使触点闭合，工作电路就会接通。

为什么不直接在工作电路中用开关去控制它的通断呢？这是因为有时工作电压很高，直接操作对人有危

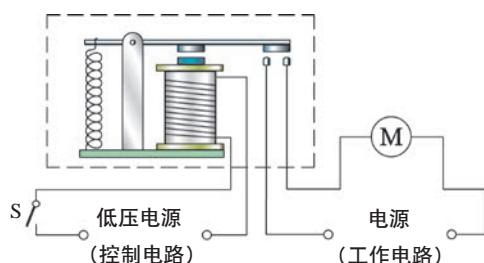


图 8-2-21 电磁继电器的原理图

险；有时工作电路安装在距离很远或操作不便的地方；有时需要在同一地点对多个电路进行统一控制；有时又要根据某些外界因素（如温度、水、光强等）的变化，来自动控制电路的通断等。在这些情况下，就可以使用电磁继电器。

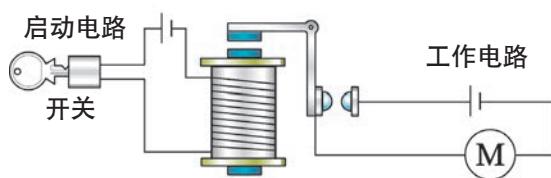


图 8-2-22 汽车启动原理图

例如汽车启动时，用钥匙插入接通仪表板上的开关，电磁铁中有较弱电流通过，继电器触点闭合，这时工作电路中有强电流在短暂的时间内通过电动机，电动机带动发动机轴转动，一踩油门，发动机就正常运转了。

(2) 电磁铁磁性的强弱可以由电流的大小来改变。有些设备如电磁起重机、发电机和加速器，都需要非常强的磁性才能工作。但是由于材料的限制，人们很难造出磁性非常强的永磁铁，而通过强电流的电磁铁则能产生很强的磁性。

(3) 电磁铁产生的磁场方向是由通电电流的方向决定的。打点计时器（图 8-2-23）就是利用电磁原理使用软铁制成的振片振动打点的。打点计时器使用的是交流电，即方向随时间改变的电流。假定某一时刻，电流从接线柱 A 流入线圈，产生磁场使振片的左侧磁化为 N 极，与永磁铁的磁极相互作用，振针 C 向下运动打点。下一时刻，电流反向从 B 流入线圈，产生磁场使振片的左侧磁化为 S 极，与永磁铁的磁极相互作用，振针向上运动，如此重复使振针在纸带上打下一系列的点。交流电每秒钟变化 50 次，振针 1 秒钟内在纸带上打出 50 个点。

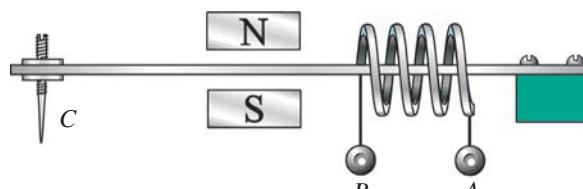


图 8-2-23 打点计时器

* 电动机

电风扇、空调可以在炎炎夏日为人们带来清凉和惬意，电动汽车可以在高速公路上疾驰，“玉兔”号月球车可以在月面上正常行走和巡视……这是因为它们内部都有一个十分重要的部件——电动机（图 8-2-24）。给电动机通电，它就能够转动起来，这是为什么呢？

要弄清楚其中的道理，我们可以先从一个

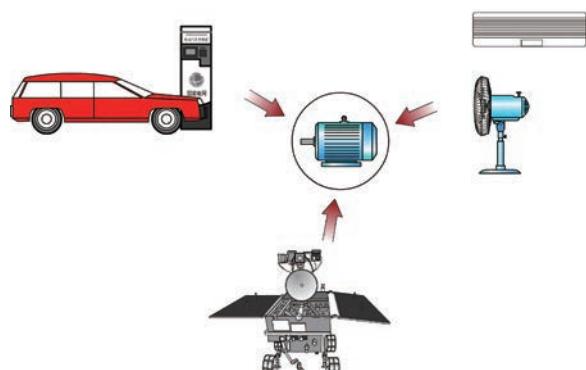


图 8-2-24

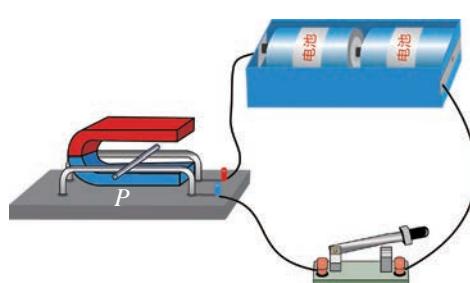


图 8-2-25

实验入手：如图 8-2-25 所示，闭合开关，接通电路，位于磁场中的导体棒 P 就会运动起来，这说明导体棒 P 受到了磁场所力的作用。进一步研究表明，通电导线在磁场中受到磁场所力的方向跟电流方向、磁场方向都有关。若把一个通有电流的线框置于磁场中，线框会转动起来，将电能转化为机械能，这就是电动机的基本原理，如图 8-2-26 所示。

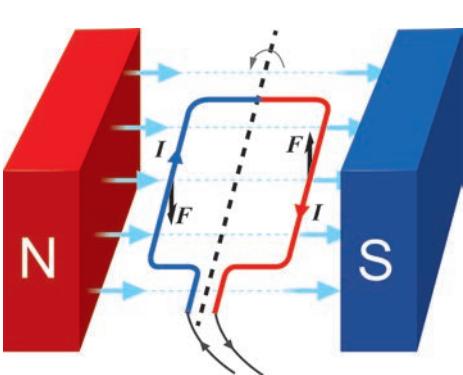


图 8-2-26

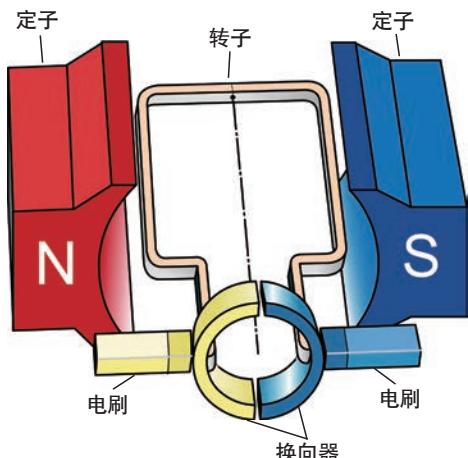


图 8-2-27 电动机的结构简图

电动机主要由转子和定子两部分组成：能够转动的部分叫做转子，固定不动的部分叫做定子。如图 8-2-27 所示，电动机的线圈通电后受到磁场力的作用开始转动，然后通过换向器适时改变线圈中的电流方向，使线圈持续转动下去。当然，实际电动机往往有多个线圈，以获得更大的动力。

电动机由于具有效率高、噪音低等优点，而被广泛应用于工业、交通运输、家用电器等领域，并且随着技术的进步，它的应用将会越来越广泛。

你知道吗？

如图 8-2-28 (a) 所示，闭合开关，电动机中的通电线圈受到磁场力的作用沿顺时针方向转动；当转动到竖直位置时受力平衡，此位置叫做平衡位置，如图 8-2-28 (b) 所示。由于惯性，线圈仍会顺时针转过平衡位置，但此后线圈受到的磁场力会阻碍线圈继续顺时针转动。如何才能使转子线圈持续转动下去呢？可以通过安装换向器来解决这一问题。

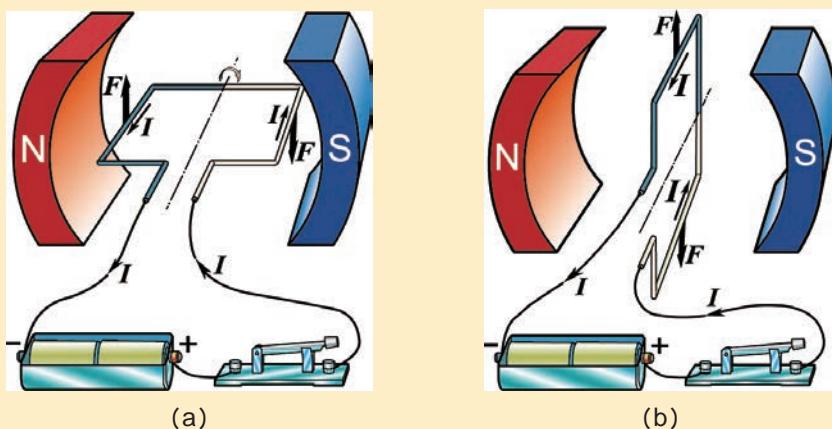


图 8-2-28

如图 8-2-29 (a) 所示，换向器是两个彼此绝缘的半圆形铜环 A、B，它们分别与线圈的两端连接，可随线圈一起转动；两个电刷 C、D 分别与两个铜环 A、B 接触，电源和线圈就组成

闭合电路，线圈受到磁场力的作用沿顺时针方向转动。当线圈转过平衡位置后，*C*、*D*变为分别与*B*、*A*接触，如图 8-2-29 (b) 所示，这样线圈受到的磁场力仍使线圈顺时针转动，因此线圈就可以不停地转动下去了。

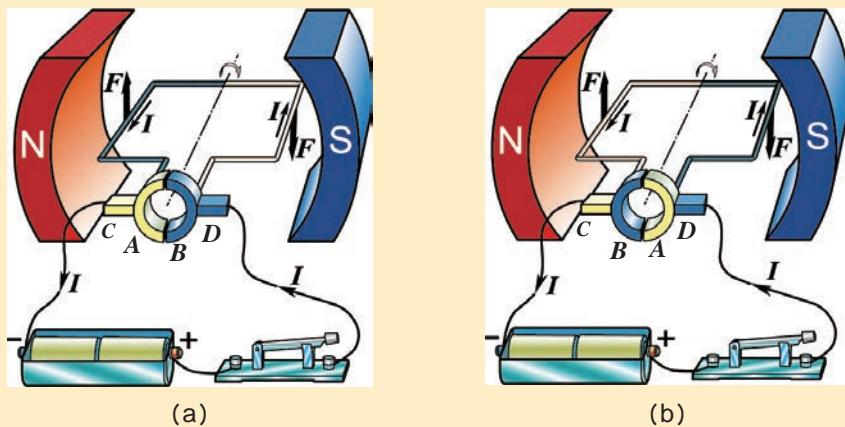


图 8-2-29



信息磁记录

我们知道所有的数据信息都可以转换为二进制代码：“0”和“1”。那么这些二进制代码又是如何存储到计算机的硬盘里的呢？

硬盘主要包括磁头和磁盘。其中磁头是硬盘进行读写的“笔尖”。磁盘上附有磁粉，它就像记录信息的“纸”。磁盘表面的这些磁粉被划分成若干个同心圆，称为磁道。在每个磁道上就好像有无数的任意排列的“小磁铁”，



图 8-2-30 计算机的硬盘

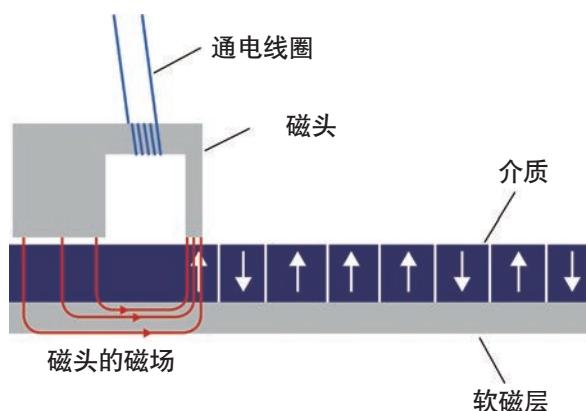


图 8-2-31 磁头写入硬盘示意图

它们分别代表着 0 和 1 的状态。当这些“小磁铁”受到来自磁头的磁力影响时，其排列的方向会随之改变，使每个“小磁铁”都可以用来储存信息。

当读取数据时，磁头先找到存储相关信息的区域，然后再读取这些“小磁铁”的状态并将数据传回计算机。以前经常使用的磁带、磁盘、录像带、磁卡等也都是利用磁来记录各种信息的。

思考与练习

1. 图 8-2-32 中套在木杆上的三个磁环，上面两个磁环都悬浮着，若最底下的磁环底面是 N 极，试标出各磁环的极性。

2. 大致画出两同名磁极之间的磁感线分布图。



图 8-2-33

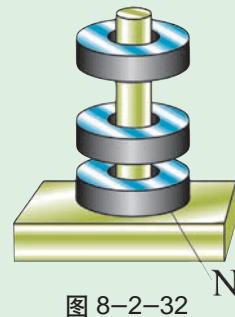


图 8-2-32

3. (1) 磁感线是不是真实存在着的曲线?

(2) 根据磁感线图，在磁感线上标出放在 A 处的小磁针的 S、N 极。

图中 B 点没有画磁感线，B 点处是否存在磁场?

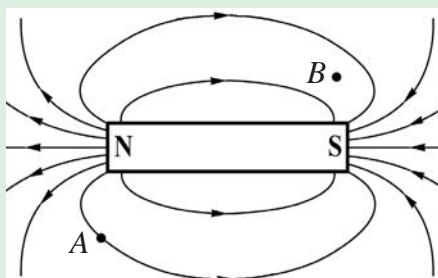


图 8-2-34

4. 用右手螺旋定则完成下列题目：

(1) 标出图 8-2-35 中通电直导线和通电螺线管中的电流方向；

(2) 标出图 8-2-36 中通电螺线管的 N 极和 S 极；

(3) 标出图 8-2-37 中 U 形电磁铁的 N 极和 S 极。

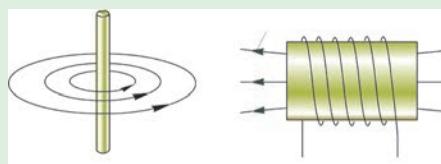


图 8-2-35

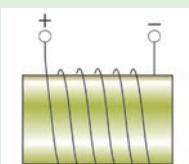
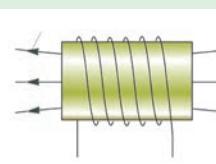


图 8-2-36

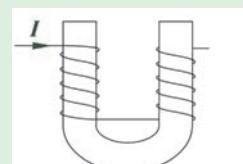


图 8-2-37

*5. 如图 8-2-38 所示，闭合开关，金属杆 ab 向右运动。如果要使金属杆 ab 向左运动，可以进行哪些操作?

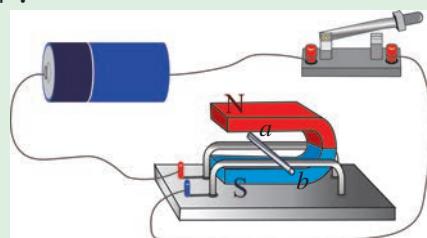


图 8-2-38

8.3 电能的获得和输送

Generation and transmission of electrical energy

电能的获得

今天，我们的生活几乎每时每刻都无法与电分离。电给我们带来了光和热，带来了声音和图像，带来了几乎一切所需的舒适和方便，可以说电已成为现代人的生活必需品。然而，就在你毫不经意地消耗电能之时，你可曾想过电能是怎样获得的吗？

1800年，意大利物理学家伏打发明了伏打电堆，这是人类历史上第一个能持续提供电能的电源。伏打电堆是将化学能转化为电能的电池。今天广泛使用的干电池、锂离子电池等各种化学电池都是伏打电堆的“后裔”。其中锂离子电池由于具有能量密度高、无记忆效应、自放电小、循环寿命长等优点，广泛应用在手机、数码相机、笔记本电脑、电动工具、家用小电器，甚至电动汽车上。锂离子电池的充电、放电过程如图8-3-3所示。另外，太阳能电池可以直接将太阳能转化成电能，但由于成本高、受光照限制，所以目前应用并不广泛。无论是化学电池还是太阳能电池，都很难持续提供家庭电路和工业生产所需的巨大电能。



图 8-3-2 光伏发电

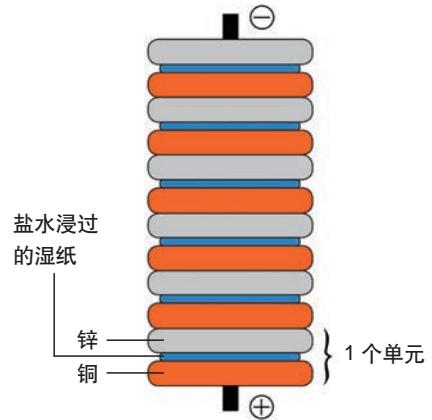
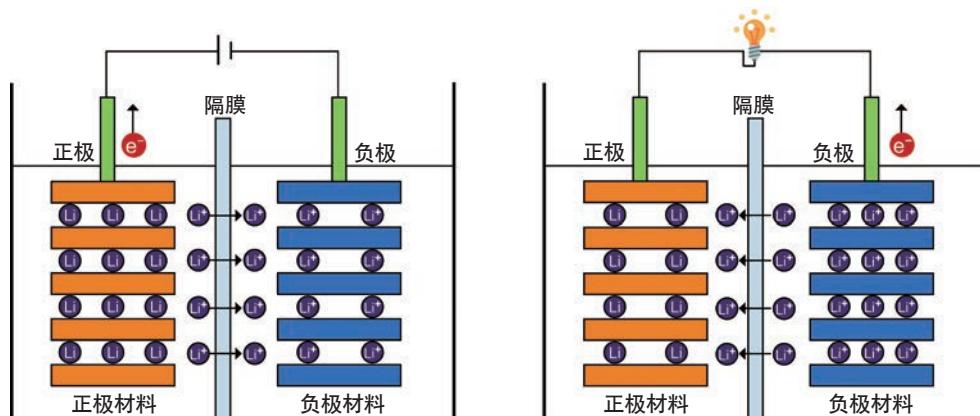


图 8-3-1 伏打电堆

锂离子电池由于具有能量密度高、无记忆效应、自放电小、循环寿命长等优点，广泛应用在手机、数码相机、笔记本电脑、电动工具、家用小电器，甚至电动汽车上。锂离子电池的充电、放电过程如图8-3-3所示。另外，太阳能电池可以直接将太阳能转化成电能，但由于成本高、受光照限制，所以目前应用并不广泛。无论是化学电池还是太阳能电池，都很难持续提供家庭电路和工业生产所需的巨大电能。



(a) 充电时，锂离子从正极移动到负极

(b) 放电时，锂离子从负极移动到正极

图 8-3-3

人类能大量使用电能主要归功于物理学上两项划时代的发现和创造。一是18世纪中期至19世纪发明的热机（蒸汽机和内燃机）。热机的广泛应用标志着人类大规模利用动力时代的到来。热机将燃料燃烧时产生的内能转化成机械能，它使人类找到了从煤炭、石油

等化石能源中获得动力的途径。二是19世纪初英国物理学家法拉第发现的电磁感应规律。这一科学发现给人类带来了大规模获取电能的曙光。电磁感应规律表明：当闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时，导体中会产生电流，叫做感应电流，感应电流的方向与磁场的方向和导体的运动方向都有关，如图8-3-4所示。在这一过程中，机械能转化为电能。

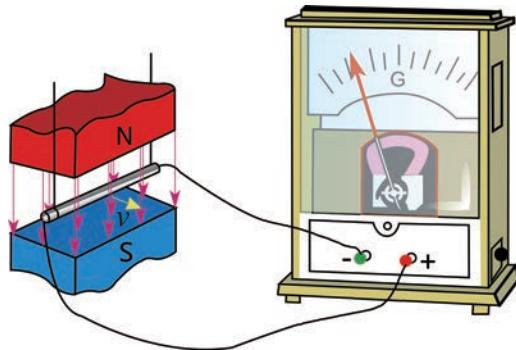


图8-3-4 金属棒在磁场中水平切割磁感线时，闭合电路中会产生感应电流

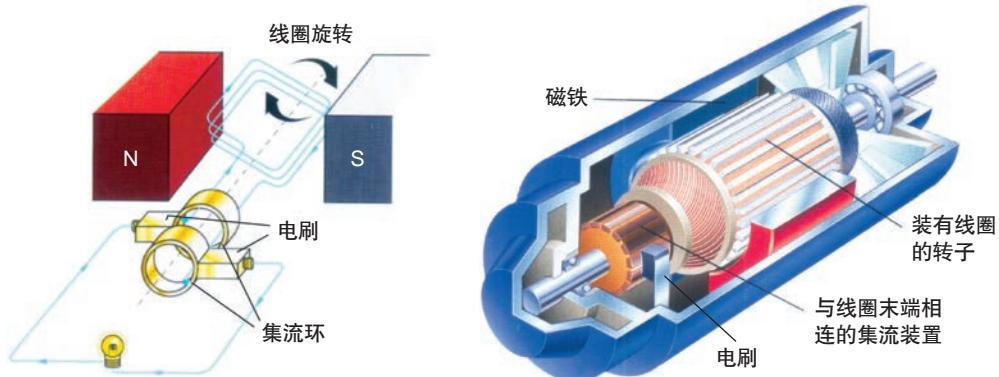


图8-3-5 发电机工作原理及转子示意图

图8-3-5是根据电磁感应规律制成的发电机工作原理图。当线圈在磁场中转动时，线圈两端会产生感应电压，向外供电。磁场越强，线圈匝数越多，线圈转得越快，发电机产生的电压越高。只要为发电机提供动力，使它不停地转动，就能不断地把机械能转化为电路中的电能。在热电站中，发电机由涡轮机驱动，而高温、高压的水蒸气是通过燃煤或燃油加

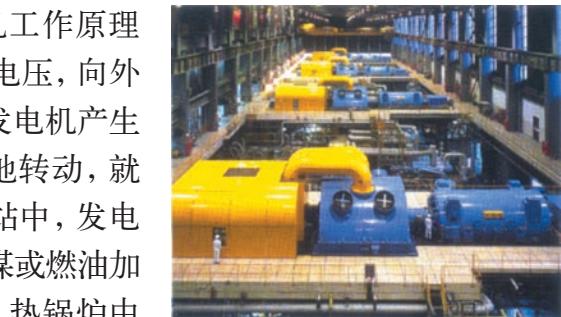


图8-3-6 发电厂内的发电机

热锅炉中的水获得的。当然，燃烧化石燃料会产生大量废气。现代核电站用核燃料代替化石燃料，通过反应堆将核能转化为高温、高压水蒸气的内能，由水蒸气推动涡轮机转动，从而带动发电机转动发电。化石燃料和核燃料都是不可再生的能源，按目前的消耗速度，地球上化石燃料的储量大约只够再使用数百年。用铀作为核燃料，它在地球上的贮量也是有限的，但如果海洋中的核燃料（氢）一旦被开发利用，至少可用上亿年。

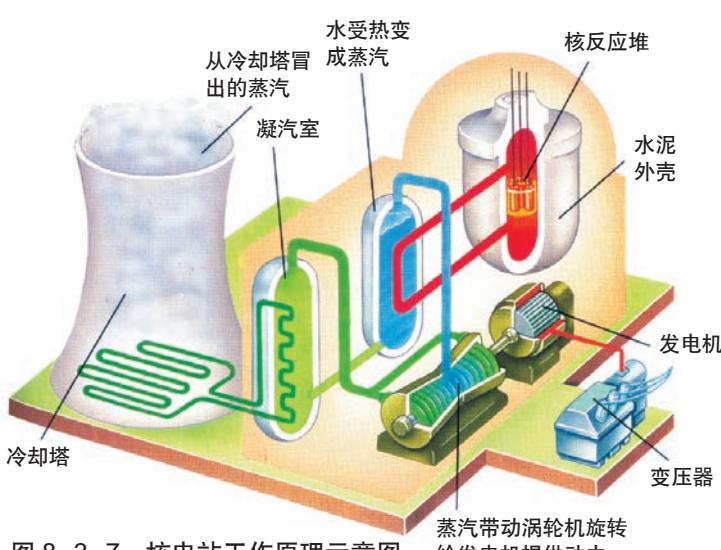


图8-3-7 核电站工作原理示意图

在水电站中，发电机由水轮机驱动，而高速的水流是由大坝前后巨大的落差造成的。风力发电由风轮直接驱动小型发电机，因此单个风力发电机提供的电能有限，所以它们必须成群工作。

水力、风力发电利用的是自然界几乎取之不尽、用之不竭的水流和风的动能，它们都属于可再生能源。然而，水电站投资成本很高，而且它和风力电站一样都受地理条件的限制。目前在我国，火力发电仍是电能的主要来源。

因为电能不像其他能源可直接从自然界中开采或获取，而必须从其他能源转化而来，所以电能属于二次能源。

电能的输送和分配

电能的一个优点是便于转化。电能最终要转化成机械能、光能、化学能、内能、声波或电磁波的能量，才能为我们利用。形形色色的用电器正是把电能转换成上述各种形式能量的转换器，例如电动机把电能转换成机械能，电灯把电能转换成光能等。

电能的另一个优点是便于输送和分配，它不需要车装船运就能风雨无阻地通过输电线路送到千家万户。电能只要通过高压输电线路，就能从发电站输向远处。例如，三峡水电站地处我国腹地，与华北、华中、华南、华东的电力负荷中心相距都在数千千米，发出的电能需要用数百千伏的高压输电线送往各地。

为什么远距离输电必须用高压呢？这是由于电流的热效应，远距离输电时在导线上的电能损耗非常可观。怎样减少这种损耗呢？输电线的发热功率损耗 $P_{\text{损}} = I^2 R$ 等于通过输电线的电流 I 与输电线上电压 $U_{\text{线}}$ 的乘积， $P_{\text{损}} = I U_{\text{线}}$ 。根据欧姆定律，输电线上的电压 $U_{\text{线}}$ 等于输电线上的电流 I 与输电导线电阻 R 的乘积， $U_{\text{线}} = IR$ ，所以 $P_{\text{损}} = I^2 R$ 。由于输电导线的电阻一般是确定的，所以只能减小输电电流。因为发电站的输出功率是一定的，它等于输出电压（输电线上的电压与用户电压之和）和输出电流的乘积，即 $P = U I$ ，所以要减小输出电流，必须升高输出电压。如果电压变为原来的 100 倍，导线上损耗的功率只有原来的万分之一，所以只要将电压升得足够高，导线上的损耗就会很小。远距离高压输电的电压至少需几十万伏，而大型发电机产生的电压一般为 10~20 千伏，不符合远距离输电的要求。怎样将发电机产

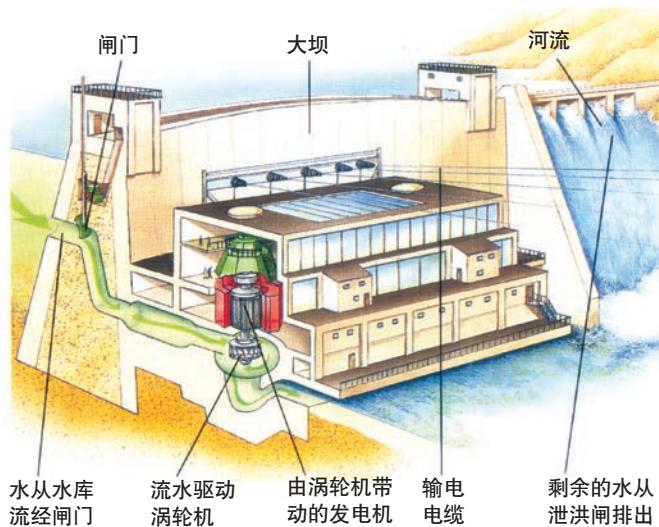


图 8-3-8 水力发电示意图



图 8-3-9 高压输电线

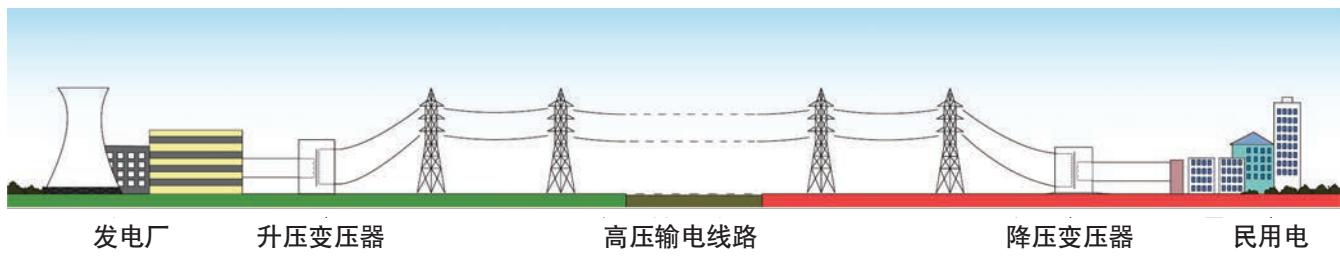


图 8-3-10 高压输电

生的电压升高呢？根据电磁感应规律制造的变压器解决了这一难题。由图 8-3-10 可看出，发电站的升压变压器可将交流电压升高至几十万伏的高压，然后通过高压输电线路送至远方的变电站。变电站通过降压变压器将电压降至不同等级电压，再将不同等级电压送至不同需求的用电区，其中 10 千伏的电压再由配电变压器将电压降至 380V 或 220V，供一般用户使用。

你知道吗？

在电力系统中，通常把 35 千伏~220 千伏的电压称作高压，把 330 千伏~1 000 千伏的电压称作超高压，把交流 1 000 千伏、直流 ± 800 千伏及以上的电压称作特高压。特高压技术是当今世界电压等级最高、最先进的输电技术。与一般的高压输电技术相比，有“电力高速公路”之称的特高压输电技术具有输送容量大、输送距离远、线路损耗低、占用土地少等优点，当然前期建设需要的资金也非常巨大，技术要求很高。目前，我国是世界首个，也是唯一一个成功掌握特高压输电尖端技术，并将其投入商业运营的国家。



图 8-3-11 “西电东送”晋北至江苏 ± 800 千伏特高压直流输电线路

我国为何要大力开展特高压输电技术呢？这与我国能源资源与电力消费分布极不平衡的现况有关。我国的煤炭、水力、风力等可用于发电的能源 80% 以上分布在西部、北部，而 70% 以上的电力消费却集中在东部、中部。为了经济高效地将西部、北部的电能跨越数千千米输送至东部、中部，就需要高压输电，尤其是特高压输电。未来，特高压输电技术将在保障电力供应、促进清洁能源发展、改善环境、提升电网安全水平等方面发挥重要作用。

由相线（火线）和零线组成的双芯电缆把电能引入住户，图 8-3-12 是一个典型家庭电路布线图，在供电箱的每一条支路上都装有不同电流大小的自动断路器。一旦电流超过规定值，断路器便会自动切断电路，故障排除后只要重新合上开关便可恢复供电。

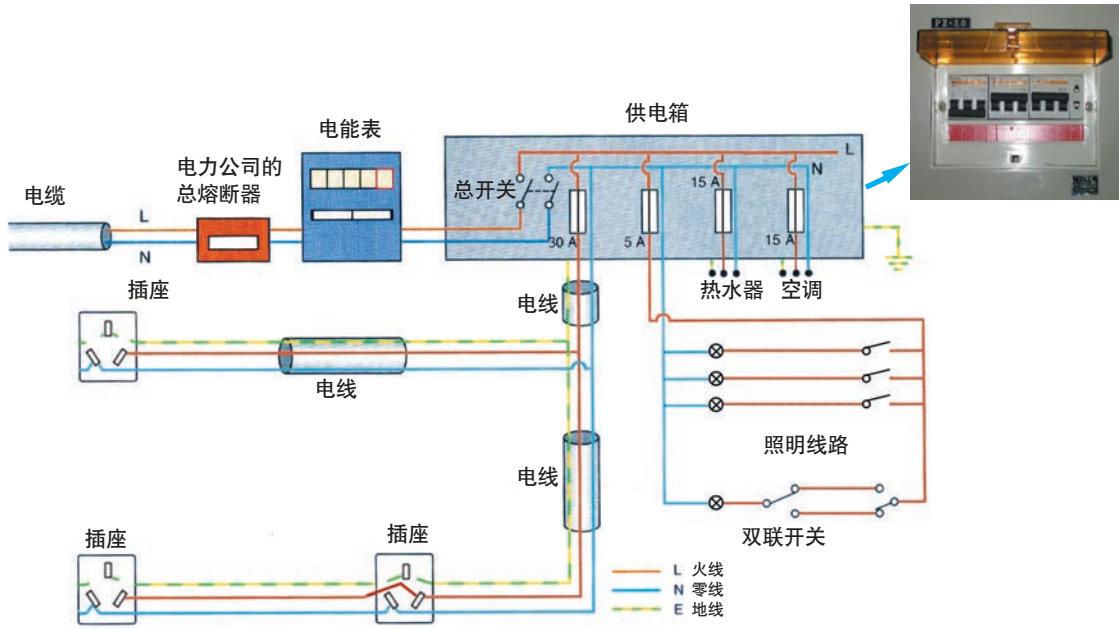


图 8-3-12 家庭电路布线图

运送货物和人流的公路要连接成公路网，输送电能的高压输电线路也要连接成电网。大型发电站都必须并网运行，这样电能可以通过电网相互调剂，从而平衡电网中不同区域的用电负荷。例如，三峡水电站的并网发电促进了西电东送和形成全国电力联网。现代化生产和生活对电能的依赖使电网成为现代社会的“供血系统”。电网一旦出现事故，就会造成大范围甚至长时间停电，由此造成的经济损失将十分严重。因此，确保电网的安全和稳定运行是现代社会的重要保障。



电网建设及安全运行

电网建设是国家现代化的标志。目前，我国电网已经形成了华北、东北、华中、华东、西北、南方六个大型区域电网格局，能够满足日益增长的电力需求。500千伏主网架已经取代了220千伏电网，承担跨省、跨地区电力输送和交换任务。计算机调度的自动化系统已普遍采用。六个跨省区电网和五个独立的省级电网500千伏主网架的建成，以及一系列大型电站的投产，表明我国电力工业发展已经进入了以大机组、大电厂、大电网、超高压、自动化为主要特点的新时期。

**市府采取措施对部分企业工地增加用电限制
确保市民生活用电不受影响**

本报纽约专电

美加突遭世纪大停电

12万平方公里内 2000万人生活受严重影响，已造成3人死亡，纽约发生60起火灾。 目前部分地区已恢复供电



本报华盛顿专电

电量超负荷导致电网连续跳闸 大停电凸显美国电网缺陷

图文/本报记者朱幸福
不久前，记者在华盛顿被困在没有风扇的电梯里长达5分钟，一种死亡的恐惧感油然而生。同被困电梯的乘客一样可怕。可是，有多人被夹在少万美国人和加拿大人昨天被夹在电气化的电梯里，叫天不应叫地不灵，他们没有灯光和风扇的电梯中不知想到过多少次地狱般的死亡？又有多少美国人和加拿大人被困在又热又臭的蒸气室中？经受了“9·11”般的恐怖？又有多少美国人和加拿大人被困在机场动弹不得。

对这次事件的讨论，是为了平息公众对此前“基地”组织或其他恐怖组织威胁要袭击美国目标的恐慌。

美国总统布什也赶紧上电视台发表讲话说，目前的主要任务是减少停电造成的影响。布什说：“我们希望这是一次恐怖袭击由少数人造成的事件，这不是一次‘重大的全国性问题’。”

布什对地方和州一级应急部门

的官员们迅速处理停电事件表示赞赏。他表示：州政府和地方政府的官员还没有向联邦政府请求援助。

美国东北部、中西部以及加拿

一个自动保护和控制系统可以保证电网的稳定和安全运行。一旦电网遭到雷击或发生局部过载等事故，开关会自动跳闸切断输电线路，以保护发电机组和变压器。故障一旦排除，供电便会自动恢复。2003年8月，美国和加拿大东部发生大面积、长时间停电事故，使该地区的生产和生活几乎陷于瘫痪。这一事件引起了世界各国对电网运行安全保障的高度重视。造成大停电事故的原因主要有：备用发电能力和线路输送裕度过小、警报系统失灵、输变电设备老化、电厂过载保护应急系统无序动作、电网可靠性较低、故障范围未能限制等。

思考与练习

- 人类大规模利用电能是由物理学上哪两项划时代的发现或创造带来的？它们各自解决了什么难题？
- 电能为什么叫做二次能源？它最大的优点是什么？
- 有一条220千伏的输电线，如改用500千伏输电，输电导线上前后两次的功率损耗之比为多少？由此说明，为什么我国电网建设中要用500千伏主网架逐步取代220千伏电网。
- * 如图8-3-13所示，直导线A是闭合电路的一部分且垂直于纸面，将它放置在磁铁N、S极之间。当A在磁场中按箭头所指方向运动时，在哪些情况下A中会产生感应电流？并说明原因。

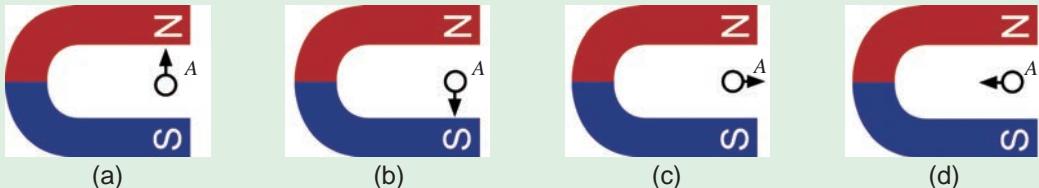


图 8-3-13

8.4 无线电波和无线电通信

Radio wave and radio-communication

无线电波的传播和应用

21世纪人类的生活已经与无线电波密不可分。广播和电视利用无线电波来传递声音和图像信息，移动电话利用无线电波来传递信息，飞机利用无线电波与地面建立联系。无线电波可以在真空中传播，因此“神舟”号载人飞船可以用无线电波向地面接收站发回我国航天员的信息，月球探测器可以通过无线电波把月球表面的图像传送到地球，射电望远镜可以通过接收星体辐射的微弱无线电波探测出宇宙中极其遥远的天体。

无线电波在真空中的传播速度跟光速相同，约等于 3×10^8 米/秒。无线电波在空气中的传播速度与在真空中的传播速度几乎相同。

正如声波有不同的频率一样，无线电波也有不同的频率。不同频率的无线电波对应不同的波长，频率越高，波长越短；反之，频率越低，波长越长。不同频率范围（称为波段）的无线电波的传播特点和应用有所不同。无线电波主要可分为四个波段：长波、中波、短波和微波。长波可以沿着地球表面传播，稳定性和抗干扰性好，因此可用与潜艇和远洋航行的通信。中波和短波主要用于无线电广播，收音机上的中波段（MW）和短波段（SW）就是接收这两个波段的无线电波。短波依靠大气层上部的电离层反射传播，可以进行远距离广播和通信，但稳定性和抗干扰性差。中波在白天主要沿地表近距离（几百千米范围内）传播，夜间还可靠电离层反射传播，所以昼夜信号强度差别比较大。



图 8-4-1 地面站通过无线电波接收到“神舟”号载人飞船发回的信号

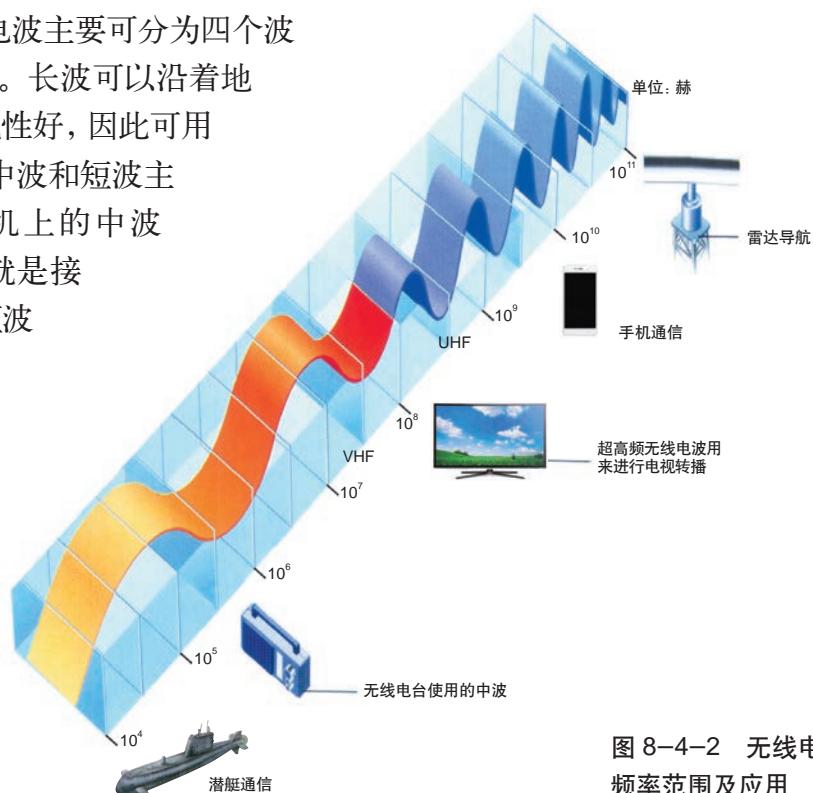


图 8-4-2 无线电波频率范围及应用

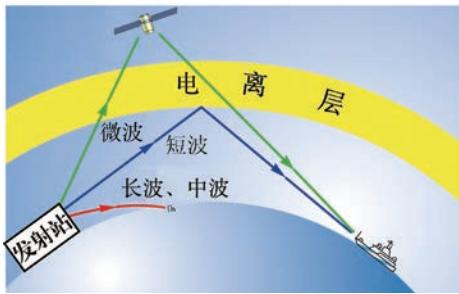


图 8-4-3 无线电波的三种传播方式

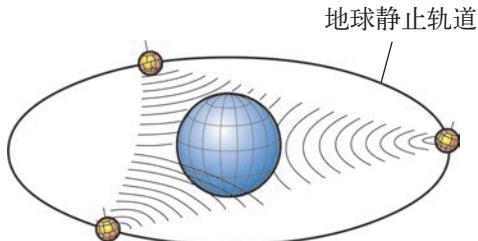


图 8-4-4 在地球赤道平面上的三颗同步卫星基本上就可实现全球通信

你知道吗？

1901 年，意大利发明家马可尼提出向大西洋彼岸传送无线电信号的设想。当时马可尼曾遭到许多专家的嘲笑，他们认为无线电波是沿直线传播的，而地球是圆的，所以这种设想不可能实现。但马可尼坚持进行实验，并最终成功实现了人类第一次远距离无线电通信。实际上，实验的成功依靠了当时还不知道的电离层反射无线电波的帮助。这一有趣的实验说明：技术的发明有时会走在科学的研究的前面。

微波主要用于电视广播、移动通信、雷达、导航、加热等方面。微波只能像光一样沿直线传播，且能穿过电离层。在几十千米范围内，为了增大电视广播和移动通信的覆盖范围，微波发射塔都建得很高。远距离微波通信，则通过地面站或地球赤道上方的同步卫星来实现中继，于是你就可以观看大洋彼岸的电视实况转播了。微波遇到障碍物会发生反射，人们根据这一原理制成了雷达。雷达天线向空中发射微波，并不断改变方向进行搜索。当微波遇到飞机或云层等目标，天线就会接收到反射回来的信号，并在荧光屏上显示出来，据此可确定目标的方位、距离和运动速度。某些频率的微波还能加剧水和脂肪分子的热运动，使物体温度升高。除了微波炉加热食品外，微波加热还广泛应用于木材、粮食、皮革、纺织品和纸张的干燥。过量的微波辐射对人体有害，所以微波炉门的玻璃内嵌有金属网，这样能有效地防止微波泄漏。

无线电通信

今天，大量的信息是靠无线电波传送的，无线电通信成了我们获取信息的主要手段。那么，无线电波是怎样来传递信息的呢？

无线电通信的整个过程可以广播电视台为例简要说明。在广播电台和电视台，声音通过拾音器转换成与声音变化规律相一致的电信号（音频信号），画面通过摄像机转换成与画面色彩、明暗变化相一致的电信号（视频信号）。音频信号和视频信号叫做模拟信号。把声信号和光信号转换成模拟电信号的过程犹如将货物装箱一样。货箱要用运输工具（如飞机）来装载，声音、图像等信息要用无线电波作为载体传至远方。因此，必须使无线电波随模拟信号而改变。一种技术是使无线电波的振幅随模拟信号而改变，这种方式叫做调幅，用 AM 表示。中

波和短波波段的广播采用的就是调幅。另一种技术是使无线电波的频率随模拟信号而改变，这种方式叫做调频，用 FM 表示。调频广播和电视伴音均采用调频技术，并使用微波中的甚高频 (VHF) 和超高频 (UHF) 频段传送信号。

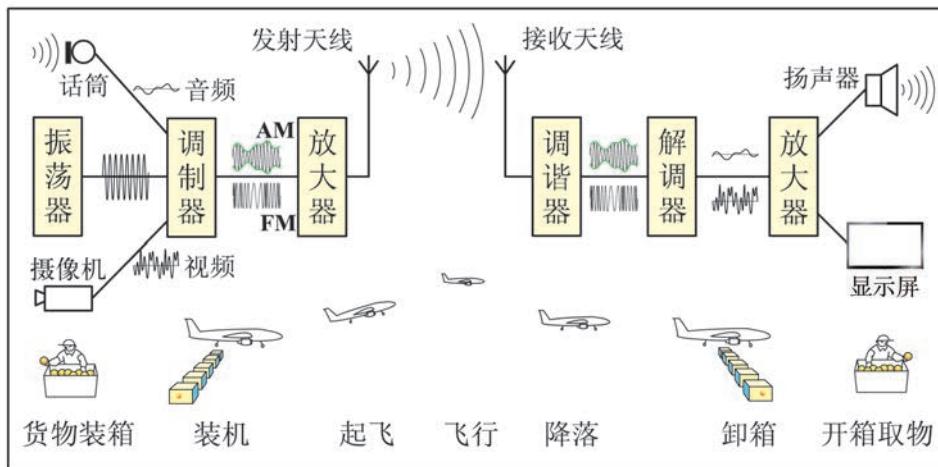


图 8-4-5 广播电视信号的传输过程及其类比

犹如用不同航空公司的飞机装载不同的货物一样，不同的广播电台、电视台用不同频率的无线电波发射不同的模拟信号。因此，接收设备首先必须将所需频率的无线电波从大量不同频率的无线电波中挑选出来，这一过程叫做调谐。选择不同频率的电台（或电视台）节目就是在进行调谐，这就像飞机场调度塔台指定某航空公司的飞机降落一样。

然后，接收设备还必须从所接收的无线电波中分离出所需的模拟信号，这就像从飞机上把货箱搬下来一样。模拟信号经放大后，由扬声器和显示屏还原成声信号和光信号，这犹如将货物从箱中取出一样。



信息高速公路

现代“信息高速公路”是微波通信、卫星通信和光纤通信等高速、大容量信息传输通道的俗称。卫星通信是通过微波实现的，当前它已成为国际通信的主要手段之一。卫星通信的优点是通信距离远，覆盖范围大，不受地理条件和线路限制，能进行多址通信。但卫星通信也有一些明显的缺点，首先卫星造价较高，而且由于通信卫星定位在距离地面很远的同步轨道上，所以卫星通信会有零点几秒的时间延迟。此外，使用微波通信容易被窃听，保密性较差。

光纤通信弥补了卫星通信的这些缺点，显示了巨大优越性。光纤通信通过激光在光导纤维中传输信号。由于激光的频率远高于微波，所以它根本不受其他无线电波信号的干扰，从而保证了传输的稳定性。而且，光纤传输可以满足大容量、高速通信的需要。一条由上千根光纤组成的光缆直径仅为十几毫米，它可同时进行几万路电话的通信。我国光纤通信正在迅速发展，目前国内电信网、互联网和有线电视网已经基本采用光缆线路，有些地区还做到了光纤到户。4G 移动网络的普及和 2019 年起商用的 5G 网络，大大改善了用户的上网体验，拓宽了互联网应用的领域。用光缆取代通信电缆具有许多明显的优越性，但与卫星通信相比仍然有架设

线路受地理条件限制、光缆易被拉断等缺点。卫星通信和光纤通信相辅相成，成为现代“信息高速公路”的两大支柱。图 8-4-6 表示同时采用两种通信方式越洋传递电子邮件的过程。当然，越洋光缆能使全部过程实现光纤通信。

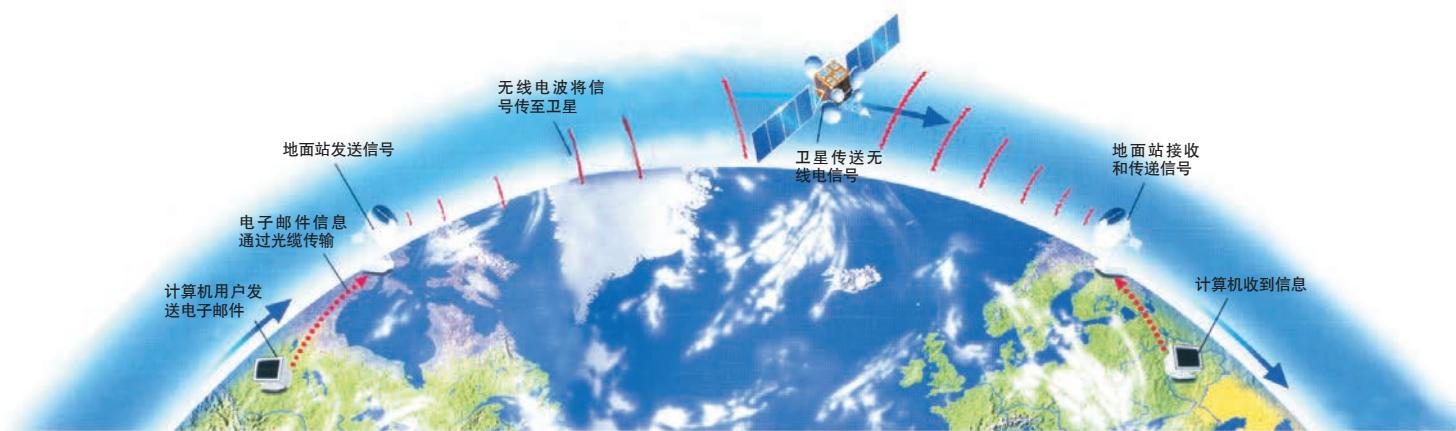


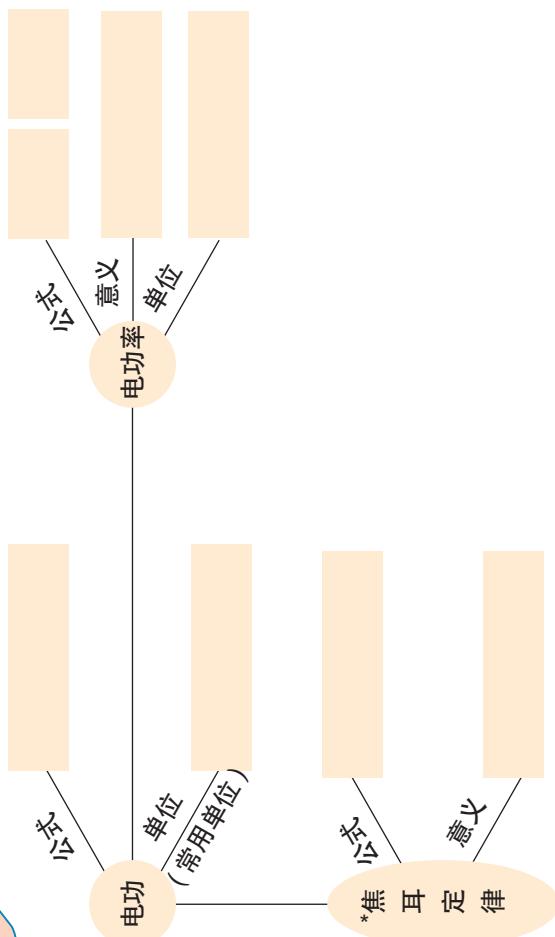
图 8-4-6

思考与练习

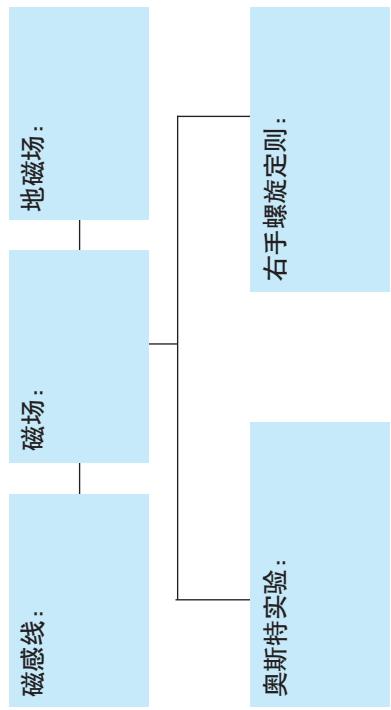
1. 月球与地球表面之间的距离约为 3.8×10^5 千米，人类第一次登月时，微波用多少时间可以把登月画面传送到地面上？
2. 微波通信卫星定位在离地球表面 3.6×10^4 千米的地球静止轨道上，试用简图和计算说明卫星通信至少会有多少秒的时间延迟？
3. 我国第一颗人造卫星用 20.009MHz 和 19.995MHz 的无线电波发送信号，它们属于什么波段？
4. 阅读教科书相关内容，解释以下现象：
 - (1) 收音机的中波段在白天只能接收本地和邻近电台，而在夜间能接收到较远处的中波电台。
 - (2) 微波炉为什么能加热食品？加热哪一类食品效果较好？
 - (3) 你家周围有高层建筑，若不用有线电视信号，电视机接收效果会很差，而且还会有关影。
5. “现代信息高速公路”包括哪些通信技术？它们各有什么优缺点？

概念图

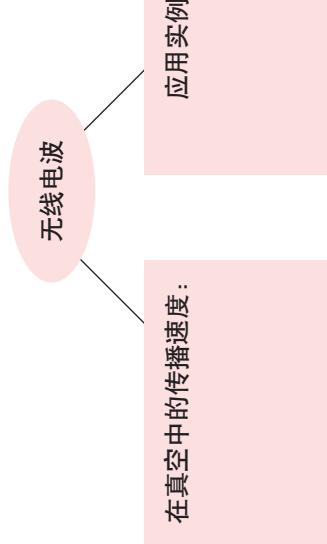
电功率



电流的磁场



无线电波



一切用电器都是将_____能转换为_____能，为人类所利用的装置。
电能的优点之一是便于_____和_____, 无须车船装卸即可送到千家万户。
在远距离输电时，采用_____方法可以减少电能损耗。



丹麦物理学家奥斯特 (H.Oersted) 首先发现了电流和磁现象之间的联系。

从 1819 年冬天起，奥斯特在哥本哈根大学开设了一个自然科学讲座。1820 年 4 月的一天晚上，奥斯特在上课，他演讲的题目是“热和电现象的相互联系”。像平常一样，他在课堂上准备了实验。

助手接通了电源，一根很细的铂金丝被通过的电流烧得通红。此时，他的目光偶然瞥了一下附近铁架上悬挂着的一枚小磁针，起初小磁针恰巧与铂金丝平行，通电后小磁针似乎突然离开了刚才的位置，向着垂直于铂金丝的方向摆动。这一不起眼的现象并没有引起听课人的注意，但奥斯特对此却兴奋异常。

下课后，奥斯特一遍又一遍地打开、闭合开关，观察小磁针的摆动。他思考着：“这可能就是电和磁现象之间必然有的某种联系……”在接下来的三个月里，他进行了深入研究，并发表了著名的论文《关于电流对磁针作用的实验》(Experiments on the Effect of a Current of Electricity on the Magnetic Needle)。一次偶然的观察成就了奥斯特的重大发现。

在奥斯特以前，磁现象和电现象是分别进行研究的。特别是 16 世纪英国科学家吉尔伯特，在对磁现象和电现象研究后断言，电和磁是截然不同的两种现象。之后的许多科学家也都认为，电和磁没有什么联系，它们不可能相互作用和相互转化。但是，电和磁之间是否存在联系的问题仍然不时萦绕在一些爱思考、想创新的科学家的心头，奥斯特就是其中最杰出的一位。

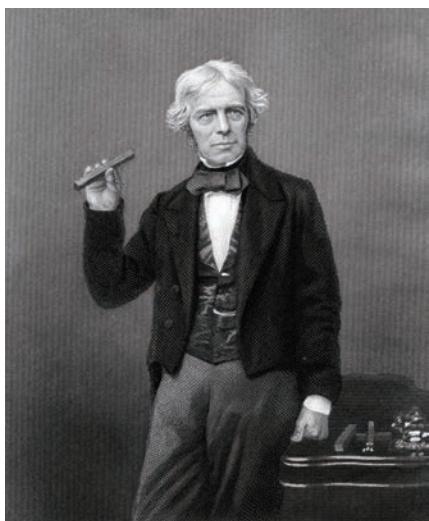
人们常将奥斯特的发现作为“机遇在新发现中起作用”的典型实例之一，这并非毫无道理。不过应当指出，实际上奥斯特在这个新发现之前，已经在电和磁的统一性方面研究了几十年。他深受当时关于各种自然力可以互相转化的哲学思想的影响，相信电和磁以及其他现象的统一性。1751 年，美国科学家富兰克林发现用莱顿瓶放电的办法可使钢针磁化，这对奥斯特的启发很大，他认识到电向磁的转化不是可能不可能的问题，而是如何转化的问题。

1812 年，奥斯特在他的《关于化学力和电力的统一性研究》一书中提出了一个想法：由于较小直径的通电导线会发热，所以进一步缩小导线直径会使它发光，直径更小便会使它产生磁效应。沿着这条思路，他当然不可能发现电流的磁现象。但是整天思考着这个问题的奥斯特在 1820 年的那堂课中终于感悟到：既然在电流方向上寻找磁效应都遭失败，莫非这是一种横向的力？这些史实表明，奥斯特在获得这个伟大的发现之前，早就在它周围探索着，徘徊着……

近代微生物学奠基人、法国化学家巴斯德在讲到奥斯特这段偶然性发现的故事时，曾说过这样



奥斯特



手持磁铁的法拉第

一句名言：“在观察的领域里，机遇只偏爱那种有准备的头脑。”

既然电能生磁，那么磁能生电吗？当奥斯特实验成功的消息传开后，许多科学家加入了这场磁生电的科学角逐，但笑到最后的却是英国物理学家迈克尔·法拉第（Michael Faraday）。

法拉第的研究也不是一蹴而就的。起初，法拉第曾将两根导线平行放置，然后在一根导线中通电，观察另一根导线中是否会产生电流。当时他希望能够看到稳定的电流产生，但没有注意到瞬间的感应电流，以后多次实验也始终没有结果。

直到1831年，法拉第设计了一个新的实验才有所突破：在软铁环的两边分别绕上一个线圈，其中一个线圈与由10个电池构成的电池组连接，另一个线圈两端与一个电流计连接。法拉第认为，既然电流能磁化铁环，铁环也能产生电流，也就是说电

流计的指针会发生偏转。确实如法拉第所想，在断开或闭合电路的瞬间，指针发生了偏转，但在其他时候指针没有偏转。同年10月，法拉第将铜导线缠绕在铜管上，铜导线的两端接上电流计。然后他将一根磁铁插入铜管中，电流计的指针动了一下，但随后又停止了；当将磁铁从铜管中抽出时，指针又动了一下，但是电流方向与插入时相反。于是他便手持这根磁铁，不断地将其插入和抽出铜管，指针显示出了持续的电流。在接下来的几年时间里，法拉第又做了大量实验，最终概括出了可以产生感应电流的五种类型：变化着的电流，变化着的磁场，运动的稳恒电流，运动的磁铁，在磁场中运动的导体。

法拉第由此发现的电磁感应现象，不仅揭开了电与磁之间内在联系的奥秘，而且使电能的大规模利用成为可能，为人类从“蒸汽时代”跨入“电气时代”作出了伟大贡献。

在这场科学竞赛中，为什么法拉第能够力拔头筹？重要的是信念和坚持。与奥斯特一样，法拉第坚信电和磁之间有联系，既然电能生磁，那么磁也一定能生电，虽然经历无数次的失败和挫折，却毫不气馁，始终坚持，终获成功。

法拉第从一个装订学徒工到世界顶级科学家的成长之路，启示我们：攀登科学高峰的路尽管崎岖，只要坚持不懈地努力，终能取得成功。



1. 上网搜索有关“电和磁”的科普图书。
2. CCTV10（科教频道）
(1)《原来如此》

这是一档以实验体验为特征的科普栏目，它针对生活中人们熟视无睹或似是而非的科学疑点和困惑，通过科学实验、实际验证等方式，给出科学、正确、权威的解答，最终给人以“原来如此”、豁然开朗式的顿悟，进而普及科学知识，

提高科学素养，倡导科学生活。

登录央视网 CCTV10，观看以下视频：

20171208 “解密风力发电”；
20190203 “微波炉学问大”。

(2) 《走进科学》

该栏目针对新闻热点背后的科学问题、社会生活中的焦点问题等，给予科学的解释，引发观众对科学的兴趣，弘扬科学精神，提倡科学方法，传播科学知识。

登录央视网 CCTV10，观看视频：

20170321 “巧手用磁”；
20170809 “充电新法”；
20181102 “给磁浮列车提速”；
20171130 “不冒烟的热电厂”；
20190125 “指南针”；
20190311 “电网体验新技术（上）”；
20190312 “电网体验新技术（下）”。

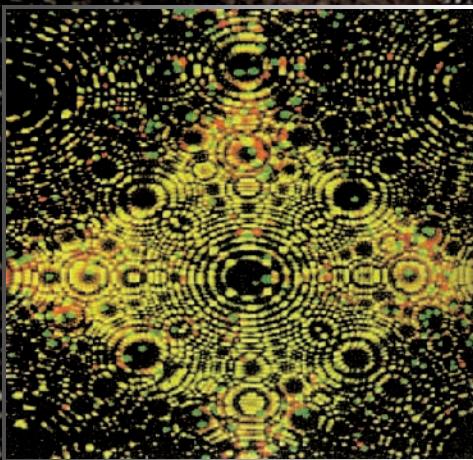
3. 参观地点：上海磁浮交通科技馆、上海电力科普体验中心、上海无线电博物馆。

第九章 从原子到星系

From atom to galaxy

- 9.1 原子
- 9.2 地球 太阳系
- *9.3 银河系 宇宙
- 9.4 能量的转化和守恒

织女星



反映铱表面原子排列情形的场离子显微像



位于我国贵州境内的 500 米口径球面射电望远镜（简称 FAST），被誉为“中国天眼”，于 2016 年 9 月落成启用，是目前世界上最大单口径、最灵敏的射电望远镜。2017 年 10 月，FAST 发现距离地球分别约 4 100 光年和 1.6 万光年的两颗新脉冲星，这是我国射电望远镜首次发现脉冲星。

牛郎星

物理学研究的物质领域极其广泛，大无止境、小无终极。“宇宙”一词中，“宇”是指广袤无垠的空间，“宙”是指无穷无尽的时间，物理学研究时间长河中最漫长和最短暂的现象。目前所知，存在时间最长的事物是宇宙总星系，存在时间最短的事物是某种粒子。现在就让我们深入原子、飞向太空，探究一下物质在不同尺度上的存在形态、结构和演变。同时，我们还将认识支配宇宙万物运动和变化的最基本的物理规律——能量转化和守恒定律。

9.1 原子

Atom

原子和分子

自古以来人类就在不断地探究物质构成的奥秘。古希腊哲学家德谟克利特提出了最早的原子论，他认为物质是不连续的，分到最后是一些不可再分的颗粒，他把这种构成物质

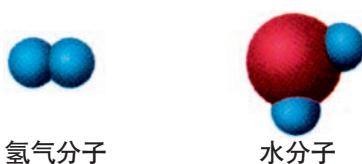


图 9-1-1 分子由原子构成

的颗粒叫做原子，它在古希腊文中的意思是“不可再分的颗粒”。1803 年，道尔顿基于实验事实指出原子是构成物质的微粒，将古希腊简单的原子论发展成为科学原子论。原子又可以结合成分子，例如两个氢原子构成一个氢气分子，一个氧原子和两个氢原子构成一个水分子。有些分子是由单个原子构成的，例如氦分子就是一种单原子分子。

原子模型

19 世纪末，英国物理学家汤姆生在实验中发现原子中存在着带负电的粒子，他把这种粒子叫做电子。电子的发现打破了原子是坚固的、不可再分的最微小粒子的观念，随之而来的问题是：原子是全部由带负电的电子组成的吗？这显然是不可能的，因为原子是不带电的（电中性的）。因此，汤姆生设想原子中必定有等量的正电荷存在，而正电荷像液体一样均匀地分布在原子里，电子则“浸”在其中，这一模型被人们称为“葡萄干蛋糕模型”。



图 9-1-2 汤姆生的原子葡萄干蛋糕模型

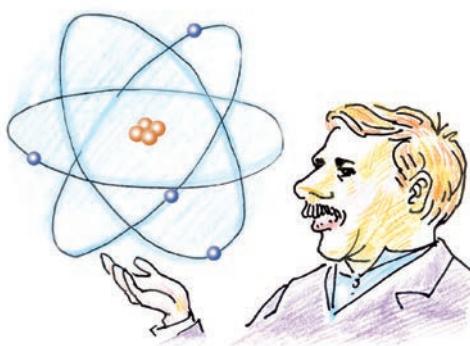


图 9-1-3 卢瑟福的原子行星模型

后来，汤姆生的学生、英国物理学家卢瑟福在实验中发现，原子中全部正电荷和绝大部分质量都集中在原子内一个极小的空间区域，叫做原子核。他设想电子像行星环绕太阳运转一样在核外绕核旋转，这一模型叫做“行星模型”。“行星模型”否定了“葡萄干蛋糕模型”，但它也并不是完美的，以后的实验进一步表明，原子中的

电子不像行星环绕太阳运转时那样有固定的轨道，而是形成“电子云”。20 世纪 30 年代，物理学家在实验中又发现原子核内除了带正电的质子外，还有一种质量与质子相同、但不带电的粒子，他们把这种粒子叫做中子。

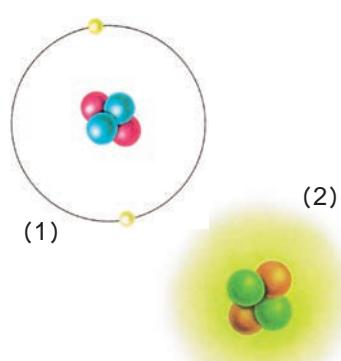


图 9-1-4 氦原子的行星模型(1)和电子云模型(2)

通常，原子核是由带正电的质子和不带电的中子组成的，质子和中子统称为核子。原子是由原子核和分布在核外带负电的电子所组成的。大部分原子的大小约为 10^{-10} 米，而原子核只有 $10^{-15}\sim10^{-14}$ 米。如果把原子想象成篮球一样大，那么原子核比一粒细沙子还要小很多，但原子核却几乎集中了原子的全部质量。

你知道吗？

我国古代的《庄子·天下篇》也曾提出物质无限可分的哲理。2 000 多年来，科学家一直在不断探寻组成物质的最基本单元，即“基本”粒子。20世纪下半叶，除了电子、质子、中子外，物理学家又发现了一批粒子。目前已证实了组成某些粒子的最小单元——夸克的存在。



图 9-1-5

蕴藏在原子核中的能量叫做核能。就像藏在魔盒中的精灵一样，一旦将核能从魔盒——原子核中释放出来就能获得惊人的巨大能量。物理学家不断寻找原子核中藏着的这个精灵，并且想方设法将它释放出来，为人类所利用。

你知道吗？

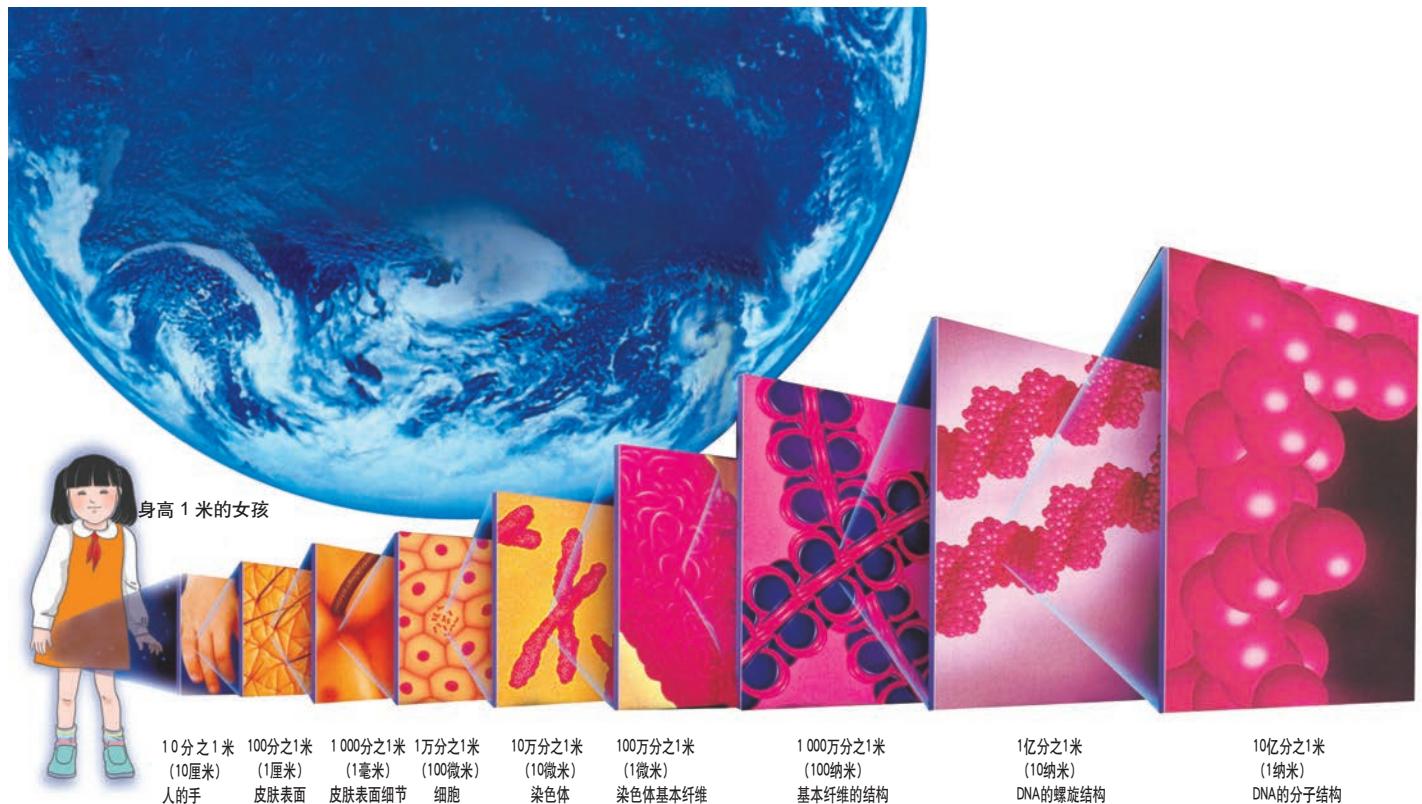
人类利用核能主要有两种方式：裂变和聚变。裂变是指使质量大的原子核分裂成质量小的原子核，在此过程中会释放出核能。原子弹就是在瞬间通过裂变释放出毁灭性的核能。聚变是指使质量小的原子核在超高温、超高压条件下聚合成质量大的原子核，在此过程中会释放出更巨大的核能。氢弹则是在瞬间通过聚变释放出更具毁灭性的核能，太阳内部的原子核每时每刻都在聚变中释放出惊人的核能。人类要和平利用核能就必须控制核能释放的快慢，让核能较慢地释放，这叫做受控核反应。核反应堆是实现受控核反应的关键技术。目前，人类已掌握了受控裂变核反应的技术，正在攻克受控聚变核反应的技术。一旦这一目标实现，人类将从海洋中获得巨量的新能源。

思考与练习

1. 原子是不是组成物质不可再分的最小微粒？
2. 以“葡萄干蛋糕模型”和“行星模型”为例，简要说明原子的模型是怎样建立起来的。



十亿分之一米的奇异世界



纳米是一个长度单位，仅为十亿分之一米，符号为 nm， $1 \text{ 纳米} = 1 \times 10^{-9} \text{ 米}$ ($0.000\ 000\ 001 \text{ 米}$)。与 1 米相比，1 纳米到底有多么小呢？这相当于拿地球与一个直径为 13 毫米的玻璃弹子相比。

对于纳米的微小世界 (0.1~100 纳米)，多学科的交叉和综合研究展现了超乎人们想象的诱人前景。以下是一些纳米技术已经实现或未来可能实现的成果：

在信息存储方面。如果我们能够利用一个分子制成数据存储器，那么就可能研制出超高密度存储器，于是我们就可能将一百年的书籍中的全部信息记录在一块方糖大小的芯片上。

在信息处理速度方面。一枚运用 14 纳米工艺制造的 CPU，数字脉冲信号振荡的频率可高达每秒钟 50 亿次，速度这么快的计算机已可实现两种语言的瞬时翻译，从而彻底打破语言障碍。

在制造业方面。“碳纳米管”和“石墨烯”这些碳纳米材料将在制造极微小电子器件与大面积光电器件方面发挥巨大作用，从而能制造出超薄、节能、柔性可弯曲的大型显示屏。

在医学方面。利用纳米技术制造出的分子机器人，可以疏通脑血管中的血栓，清除动脉中的脂肪沉积物，甚至可以吞噬病毒，杀死癌细胞。科学家已经制造出了首个分子机器人原型，在不久的将来，一些疑难病症可能迎刃而解。

所有这些并不是异想天开，纳米技术已经逐渐应用于工业生产和日常生活中，在可预见的将来会给我们带来越来越多的恩惠。

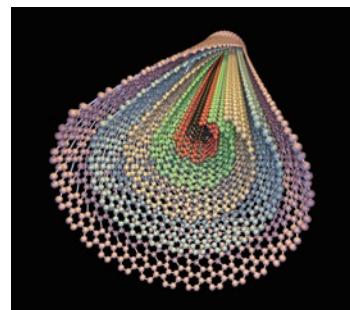


图 9-1-6 碳纳米管

9.2 地球 太阳系

Earth Solar system

人类在深入认识原子内部微观世界的同时，从未停止过对地球之外宏观物质世界的探究，在这一过程中，人类也发现了自己在宇宙中的位置。现在，让我们作一次想象中的太空之旅，去认识一下地球之外的浩瀚宇宙，当然这是一次在时间和空间上都永无止境的虚拟航行。在航行的第一阶段，我们将离开地球，深入太阳系中漫游。



图 9-2-1 地球和月球

地球和月球

当我们离开地球大气层时，天空变成了黑色。在太空我们能看到地球和月球被太阳照亮的一面，人类的家园——地球是一个悬在黑色天幕中直径为 12 800 千米美丽的蔚蓝色球体，蓝色是太阳光照在地球大气层上的缘故，大气层中漂浮着白色卷云。一颗直径相当于地球直径 1/4 的卫星在距地球 38 万千米处绕着地球运转，这就是月球（图 9-2-1）。月球表面没有大气，白昼的温度高达 120℃，夜晚的温度低至 -150℃，它的干燥无水、多尘的表面布满了环形山。地球和月球都已诞生了约 46 亿年。

在月球绕地球运动，并随地球绕太阳公转的过程中，日、月、地的相对位置会发生周期性的变化，地球上所见月球被太阳照亮部分的形状（叫做月相）不断变化。月初，一弯月牙挂上天边；一晚又一晚，月相渐圆，直到月中，长成一轮满月；接着，月相渐渐亏损，到月底再次成为月牙。我国古人很早就知道了月相变化的规律，并制定了阴历，后来又演变成现在的农历。当地球运行到太阳和月球中间时，一部分射向月球的太阳光被地球遮挡，于是在月球上形成一个阴影。在地球上看不到完整的月相，这叫做月食。

你知道吗？



图 9-2-2 嫦娥奔月

我国古代有“嫦娥奔月”的美丽传说，它反映了人类对月球的美好想象和向往。1969年7月20日，人类首次踏上了月球，美国宇航员阿姆斯特朗面对沉睡已久的月球宣布：“对我来说，这只不过是小小的一步，可对全人类来说，这却是一个巨大的飞跃！”(A vast leap for mankind) 目前我国已经开始实施包括绕、落、回三个阶段的月球探测计划，先后发射了多颗“嫦娥”系列绕月卫星，而且于2019年实现了人类首次在月球背面软着陆。



图 9-2-3 2019年1月3日，“玉兔”二号沿着斜梯离开着陆器踏上月球背面

太阳

太阳是一个极其巨大的、炽热的气体球，它是离我们最近的一颗恒星。太阳的直径是地球的109倍，质量是地球的33万倍，体积是地球的130万倍。太阳中心温度高达1500万℃，在那里不断释放氢核聚变产生的核能，每秒钟要消耗约400万吨氢核，因此可以说太阳是一个燃烧氢核的巨型锅炉，太阳内的核能释放据计算可达100亿年，目前已释放了约46亿年。太阳中心处产生的巨大能量经过许多年才传到太阳表面。太阳表面温度高达6000℃，它向太空稳定地辐射出光和热，其中只有22亿分之一到达地球，由于大气层的吸收与反射，这部分能量中只有约80%最终能到达地球表面，但它们却是地球上最基本、最重要的能量来源。

当月球运行到太阳和地球中间时，一部分射向地球的太阳光被月球遮挡，在地球上看不到完整的太阳，这叫做日食。

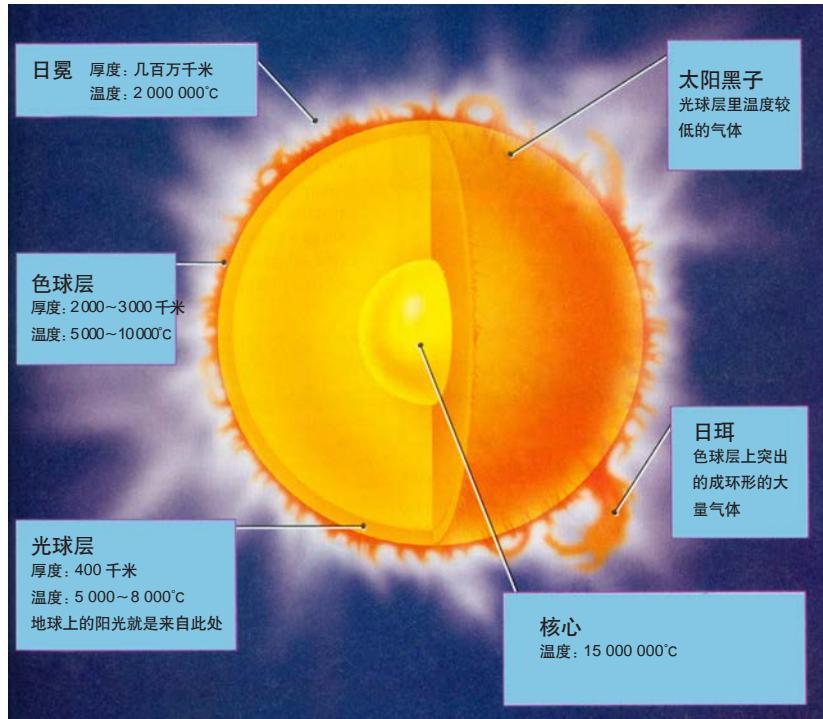


图 9-2-4 太阳结构示意图

八大行星 矮行星

在太阳光照射下，能看到八颗行星几乎在同一平面上绕太阳旋转，每个行星轨道附近不存在其他天体。八颗行星根据质量和形态可以分为类地行星和类木行星。类地行星包括水星、金星、地球和火星，它们质量小、体积小、密度大、自转慢、卫星少，表面为岩态；类木行星包括木星、土星、天王星、海王星，它们质量大、

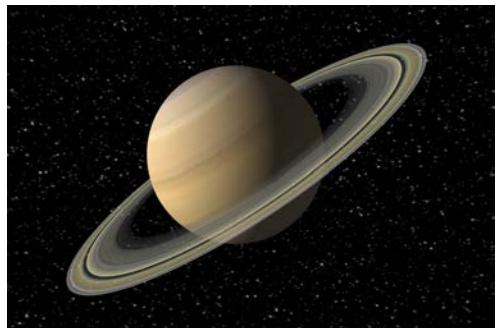


图 9-2-5 土星及其光环

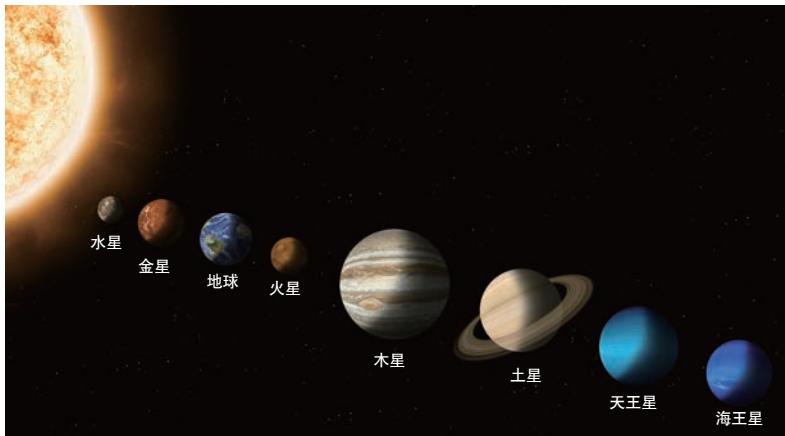


图 9-2-6 太阳系八大行星排列顺序示意图

体积大、密度小、自转快、卫星多，表面为气态。光从太阳传到地球大约需 8 分钟，传到海王星大约需要 4 个小时。海王星之外是太阳系的边缘，在这个区域内还存在一些叫做矮行星的天体绕太阳运转。虽然矮行星具有与行星差不多的质量，并呈圆球形，但它们的轨道附近存在着其他天体。

你知道吗？

国际天文学联合会大会 2006 年 8 月 24 日投票决定，不再将传统九大行星之一的冥王星视为行星，而将其列入“矮行星”。“行星”这个说法起源于希腊语，原意指太阳系中的“漫游者”。近千年以来，人们一直认为水星、金星、地球、火星、木星和土星是太阳系中的标准行星。19 世纪后，天文学家陆续发现了天王星、海王星和冥王星，使太阳系的“行星”变成了 9 颗。此后，“九大行星”成为家喻户晓的说法。

不过，新的天文发现不断使“九大行星”的传统观念受到质疑。天文学家先后发现冥王星与太阳系其他行星存在着一些不同之处：冥王星所处的轨道在太阳系的外围。20 世纪 90 年代以来，天文学家发现在此区域有更多围绕太阳运行的大天体，有的直径和质量都超过了冥王星。这些发现使传统行星的定义遭遇巨大挑战。国际天文学联合会大会通过的新行星定义，意在弥合传统的行星概念与新发现的差距。

大会通过的决议规定，“行星”指的是围绕太阳运转、呈圆球状、能够清除其轨道附近其他物体的天体。冥王星由于不符合新的行星定义，因此被降级为“矮行星”。

注：光年是一个长度单位，1 光年是光在真空中一年内所传播的距离。

太阳系小天体

太阳系中还有许多围绕太阳运转，但称不上是行星的小天体。太阳系小天体是小行星和彗星。小行星是一些形状很不规则的石块，体积、质量都很小，小的与鹅卵石一般，最大的一颗直径也只有近千米。它们沿扁圆的轨道绕太阳旋转，而且绝大多数小行星都分布在火星和木星的轨道之间，形成小行星带。小行星上没有空气和水，至今已发现了上万颗小行星。

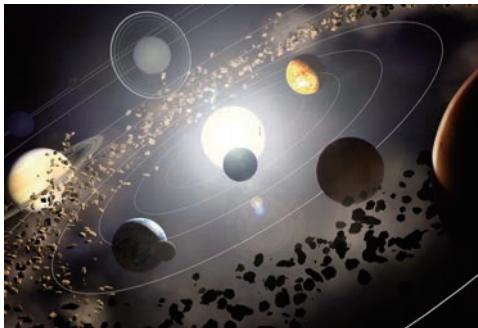


图 9-2-7 处于火星和木星轨道之间的小行星带



图 9-2-8 流星雨

有些小行星的轨道与地球轨道相交，有些小行星还曾与地球相撞，这些与地球相撞的小行星叫做流星体。当流星体高速闯进我们的大气层时，其表面因与空气摩擦产生高温而汽化，并且发出强光，这便是流星。如果流星体没有完全烧毁而落到地面，便叫做陨星或“陨石”。当一群流星同时进入大气层，便形成流星雨现象。

彗星不是一整个固体球，它是聚集成一团的无数小石块和冰块、尘埃。大多数彗星比地球大得多，它们沿着又扁又长的轨道绕太阳运转。

有的彗星离太阳近时，甚至比水星还近，远的时候，比海王星还要远。当彗星接近太阳时，其中的冰块受热开始汽化，成为稀薄的气体。气体在太阳的辐射作用下向背着太阳的方向飘去，受阳光的激发，气体发出光来，形成一条很长的发光尾巴，因此彗星也叫做扫帚星。彗星很不稳定，受行星的影响，它们常常改变绕太阳运转轨道的形状。彗星自己也在不断地分裂和崩溃。

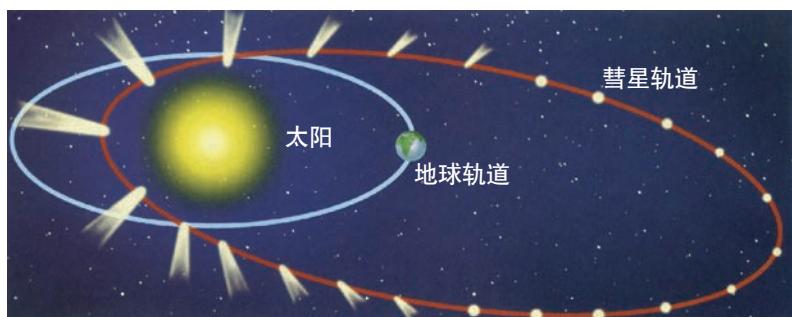


图 9-2-9 彗星的运行轨道又扁又长

思考与练习

1. 查找资料，结合光的直线传播规律用简图和文字说明日食和月食的形成。
2. 分组收集各大行星、小行星和彗星、陨石的有关资料，出一期有关太阳系的展示壁报。
3. 结合图 9-2-4 太阳结构示意图，并查阅有关资料，了解太阳各部分的作用。



航天器

航天器是从地球上向太空发射的飞行器，它可以绕地球飞行，也可以飞离地球，甚至飞离太阳系，如人造地球卫星、空间探测器、宇宙飞船、航天飞机和空间站等。



图 9-2-10 太空行走

人造地球卫星

除月球这个地球的天然卫星外，还有许多不同用途的人造卫星在大气层外绕地球运转。人造卫星按用途可分为科学卫星、技术试验卫星和应用卫星。应用卫星发射数量最多，种类也最多，而其中的通信卫星、气象卫星和导航卫星与我们日常生活生产关系最为密切。

1. 通信卫星

指用于中继无线电通信信息的卫星。卫星通信具有通信距离远、容量大、质量高和机动灵活等优点，因此被广播、电视及数据传输广泛采用。

2. 气象卫星

指用于气象观测的卫星。它携带各种气象遥感器，能够接受和测量地球及其大气层的可见光、红外与微波辐射，并将这些信息发送给地面，从而获得有用的气象资料。气象卫星观测地域广阔、观测时间长、观测时效快、不受自然条件限制，因此大大提高了气象预报的水平，尤其是在对灾害性天气的监测中发挥了重要作用。



图 9-2-11 通信卫星

3. 导航卫星

指用于导航定位的卫星。卫星导航定位具有精度高、全天候、覆盖全球和用户设备简便等优点。“北斗卫星导航系统”是我国自主建设、独立运行的由多颗卫星组成的全球卫星导航系统，能提供实时导航、快速定位、精确授时、位置报告等服务，并具有短报文通信能力，可与美国的全球定位系统（GPS）媲美。

在某些特殊轨道上，卫星具有一些特殊性质，能够完成特别任务。

1. 极地轨道

轨道通过地球南北极上空。卫星沿该轨道运行时，由于地球同时在自转，所以卫星就在地表上方沿着螺旋线运动，对地表进行扫描。一些侦察卫星、地球资源卫星、海洋卫星等常采用这种轨道。

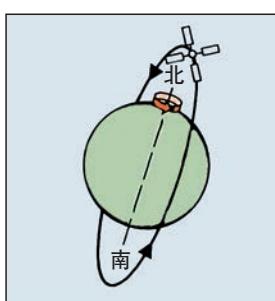


图 9-2-12 极地轨道

2. 地球静止轨道

轨道在地球赤道上方大约 36 000 千米处，卫星绕地球运行一周的时间为 24 小时，正好与地球自转同步，从地面上看卫星似乎“静止”在赤道上方某一点上。我国的“东方红”通信广播卫星就采用了这种轨道。

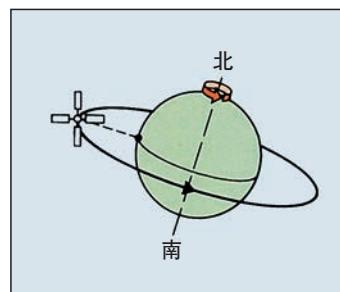


图 9-2-13 地球静止轨道

宇宙飞船

宇宙飞船是一种运送航天员、货物到达太空，能保障航天员在太空生活和工作以执行航天任务并安全返回的一次性使用的航天器。2003年10月我国第一艘载人飞船“神舟”五号发射和着陆成功，标志着我国成为继俄、美之后第三个能够独立开展载人航天活动的国家。



航天飞机

图 9-2-14 中国飞天第一人杨利伟走出“神舟”五号飞船返回舱，充满自豪

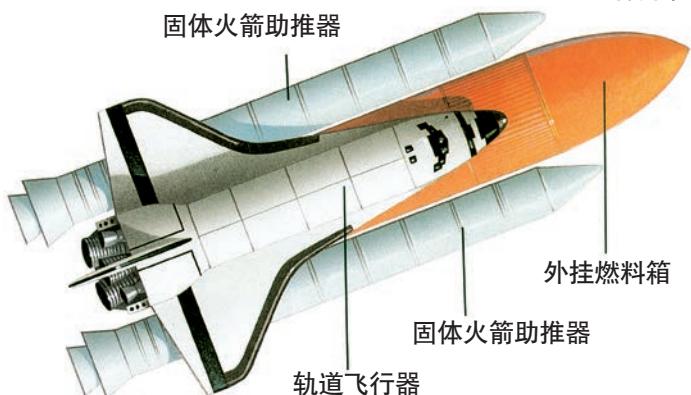


图 9-2-15 航天飞机组成示意图

航天飞机是一种有人驾驶、可重复使用、能往返于地面与宇宙空间的航天器。它是火箭、航天器和飞机三位一体的组合，包括轨道飞行器（机体）、固体燃料推进器和外挂燃料箱三部分。航天飞机作为自由进出太空的工具，曾为人类的空间探索事业作出过重要贡献。

空间站

空间站是指能在近地轨道上长时间运行，可供多名航天员巡访、长期工作和生活的航天器，它也叫做“轨道站”。航天员可在空间站上长期生活和进行各种科学观测和实验。通过与载人飞船和无人飞船的对接，空间站可获得物资补给和交换航天员。俄罗斯“和平”号载人空间站环绕地球运行15年后，于2001年3月重返大气层燃烧坠毁，航天员在“和平”号上工作最长时间达到史无前例的438天。国际空间站是目前在轨运行的最大的空间平台，由美国、俄罗斯等16个国家联合建造，是迄今世界上最大的航天工程。

2016年9月成功发射的“天宫”二号是我国第一个真正意义上的空间实验室。“神舟”十一号载人飞船、“天舟”一号货运飞船相继与“天宫”二号成功实现交会对接，标志着我国已经掌握了空间站建造和运营的关键技术。2022年10月，随着梦天实验舱发射成功，中国空间站“T”字基本构型在轨组装完成，我国空间探索由此步入一个新阶段。



图 9-2-16 中国空间站“T”字基本构型组合体

* 9.3 银河系 宇宙

Galaxy The Universe

在虚拟太空之旅的下一阶段，我们将深入银河系，然后再飞向河外星系。离开太阳系后，行星将从视野中消失，但仍能看见太阳，黑色的天幕中还有许多像太阳一样发光的恒星，它们每时每刻都在释放出大量的核能，向外辐射出光和热。宇宙中由一大群运动着的恒星、大量的气体和尘埃组成的物质系统称为星系。

太阳系所在的星系叫做银河系。在地球上仰望没有浮云的黑暗夜空，几千颗恒星在宇宙深处眨眼，向我们送来几十甚至上千年发出的光。除了那些闪烁的恒星外，还有一条淡淡的光带自东北向西南横贯天穹，我国古代称它为“天河”，现在称为“银河”。银河中含有千百亿颗无法用肉眼分辨的暗弱的恒星，它们以及天空中其他方向的恒星正是在地球上所看到的银河系。要获得银河系的全貌照片是不可能的，因为它的全貌只有在银河系以外的宇宙深处才能看到。

天文学观测和研究表明，银河系是一个庞大的棒旋星系（即一种有棒状结构贯穿星系核的旋涡星系），它包容了2 000 多亿颗恒星和无数弥漫的气体、尘埃物质。

银河系呈扁球状，具有巨大的盘面结构。银河系直径约10 万光年，中心厚度略大于1 万光年，它的年龄超过100 亿年。太阳就位于银河系的一条旋臂中，距中心约为2.6 万光年。银河系里的天体都在绕中心高速运动，太阳以约250 千米/秒的高速绕银河系中心运转，但转一周也要2.5 亿年。尽管从地球上看银河系中的恒星十分密集，但实际上它们相隔很远。两颗相邻的恒星之间的距离，一般是恒星大小的几千万倍，相当于相隔10 千米的两粒沙子之间的距离。



图 9-3-1 银河系



图 9-3-2 南天波江座中的一个旋涡星系

除了众多的恒星之外，天文学家还发现在宇宙深处存在着许多云雾状天体，称为星云。进一步研究发现，星云实际上包括分子云、星团和星系三类天体。其中，分子云由气体和尘埃组成，如猎户座大星云；星团由相互之间存在引力作用的 10 颗及以上的恒星构成，如巨蟹座蜂巢星团。后来又发现，很多星系都在银河系之外，叫做河外星系。绝大多数河外星系极其遥远，用目前最强大的望远镜，已经在我们周围 10 亿光年范围内找到了 1 亿多个星系，而在 10 亿光年之外还有更多的星系。

现在，让我们从宇宙深处返航。在我们周围 200 万光年以内的太空中，有将近 20 个星系。其中有一个比较大的，就是我们所处的银河系，在离银河系中心 25 000 光年的地方，

有一个中等大小且带行星的恒星，这就是太阳——我们的能量之源。在离太阳 1.5 亿千米的地方，有一个带卫星的大行星，这就是我们的地球，一个人类和各种生命在此生长、消亡和世代繁衍的世界。

你知道吗？

飞离太阳系的外太空探测器“先驱者 10”号和“探险者 2”号，现正飞向茫茫的宇宙深处，大约要经过十万年的飞行，它们才能抵达离太阳系最近的恒星附近。在“先驱者 10”号和“探险者 2”号上分别带着刻有人体彩形的金属牌（图 9-3-3）和记录着地球上声音的特制唱片，在久远的未来，甚至在地球消亡以后，这些人类的标志物或许会被宇宙中可能存在的其他智慧生物所发现。

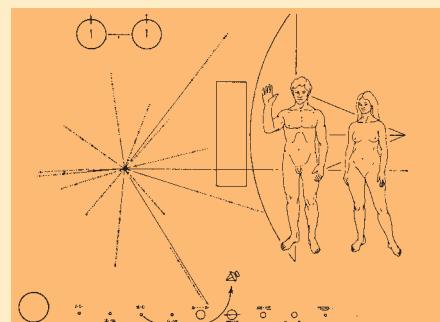


图 9-3-3

思考与练习

1. “坐地日行八万里，巡天遥看一千河”是毛泽东诗词中的诗句，试从科学角度说明这两句诗的含义。
2. 收集有关资料，从以下题目中选一个写一篇几百字左右的科学作文：
“星系是一个巨大的核工业体系”；
“宇宙与人”；
“穿越时空”。



探索太空的工具——望远镜

很多史前文明显示了人类认识太空的愿望，人类很早就希望通过延长自己的眼睛来观察太空的奥秘。这一愿望终于在400多年前得以实现，伽利略利用折射望远镜使人类的视觉范围真的延长了，这是一架长1.2米、直径为4.4厘米、能放大33倍的折射望远镜。他用这架望远镜观察到月亮上的环形山，发现了木星周围转动着的4颗卫星以及土星周围的美丽光环，这些发现极大地开阔了人类观察天体的视野。可以说望远镜对人类文明所起的作用超过了许多其他工具，如果没有它，我们就不可能了解天体的基本运动，也就没有天文学和物理学的一系列重大发现。

后来，牛顿又发明了反射望远镜，用它能更加清楚地观察天体。现代天文台中使用的大型光学望远镜都是反射望远镜。它的巨大镜面能接收到夜空中十分微弱的星光。

除了光学望远镜外，物理学家又发明了射电望远镜，用它能接收遥远天体所发出的无线电波信号，通过对信号的分析，可以画出这些天体的图像。在某些方面，射电望远镜比光学望远镜更优越，因为它不受云层和昼夜的影响。

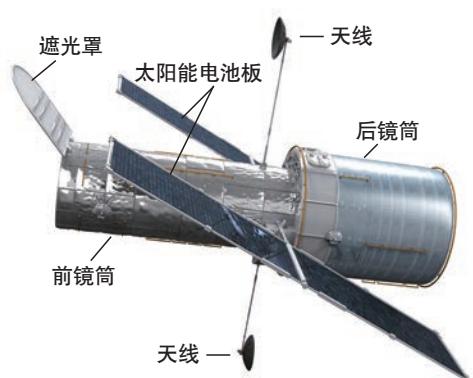


图9-3-4 哈勃空间望远镜

为了更好地观察太空中的天体，1990年4月哈勃空间望远镜被送入太空轨道。它实际上是一座结构复杂、设备先进的空间天文台。由于没有大气层的阻隔和影响，它能观察到距离地球130亿光年的天体。哈勃空间望远镜确定了宇宙的年龄约为137亿~138亿年，并且观测到由于宇宙中存在暗能量，宇宙正在加速膨胀。哈勃空间望远镜是人类探索宇宙奥秘的强有力工具。



射电望远镜



四川三星堆出土的青铜器，想象着把眼睛延长



伽利略的折射望远镜



牛顿的反射望远镜



光学望远镜

9.4 能量的转化和守恒

Energy Conversion and Conservation

能量转化和守恒定律

物理学的研究对象是物质的各种运动形式及其相互间的转换。物质不同的运动形式对应不同形式的能量。例如，与机械运动对应的是机械能，与分子热运动对应的是内能，与电荷运动对应的是电能，与原子核变化对应的是核能，与物质化学变化对应的是化学能，与太阳热辐射对应的是太阳能。

不同形式的能量可以相互转化。例如，内能与机械能可以相互转化，电能与机械能、化学能、内能和核能等许多形式的能量都可以相互转化。从钻木取火到蒸汽机的发明，从伏打电堆到大型发电机的应用，从爱迪生的白炽灯到琳琅满目的电器进入千家万户，从能量的角度审视，人类文明的发展史正是一部能量转化技术的进步史。



图 9-4-2 煤块燃烧放出大量的热量，使铁棒的内能增加



图 9-4-1 在 LED 灯中，绝大部分电能直接转化为光能

那么，不同形式能量之间是怎样实现相互转化的呢？大量事实证明，不同形式能量之间的转化是通过做功过程实现的。例如，不断搓手会感到手发热，这是因为通过双手克服摩擦力做功的过程，机械能转化成了内能。热机通过燃气做功将燃气的内能转化为机械能，发电机通过做功将机械能转化为电能，而电流通过做功又可将电能转化为机械能、内能等许多其他形式的能。

研究表明：在能量转化过程中，在一定量的某种形式的能量减少的同时，总伴随着等量的其他形式能量的增加，但总的的能量是不变（守恒）的。例如，地球所获得的太阳辐射能是地球上最基本、最主要的能量来源，目前我们开采的化石燃料能源正是千万年前太阳能转化而来的。热机、电机等现代技术进步的产物又将这些存储于地下的大自然恩赐转化为机械能、内能等我们生活所需的能量。

所以，在自然界中，能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，它只能从一种形式转化为其他形式，或者从一个物体转移到别的物体，而能的总量保持不变。这个规律叫做能量转化和守恒定律。自然界的一切变化过程都无一例外地严格遵循着这一最基本的规律，它已成为我们认识自然、利用自然的强有力武器。

能源的开发和利用

生物的生存、机器的运转、电器的工作都要消耗能量。凡是能提供能量的物质资源，都可称为能源。



图 9-4-3 上海东海大桥 10 万千瓦海上风电场是我国第一个国家海上风电示范项目。每年的发电量可供上海 20 多万户居民使用一年，相当于每年节约燃煤 10 万吨，减排二氧化碳 20 万吨

自然界直接提供的能源有煤、石油、天然气这类化石燃料，秸秆与薪柴这类生物质能，以及水力和风力、地热、太阳能等。核能是核燃料通过核反应产生的，核能发电是新能源开发的重要方向。电能一般是由化石燃料、水力或核燃料通过发电转化而来的，它最终要通过各种用电器转化为其他形式的能。由于电能具有输送和转化便利、利用率高等优点，它扮演了能量转化和传输中介的角色。化石

燃料、核燃料一旦开采，就难以在地球上迅速再生，所以它们属于不可再生能源。目前世界能源消耗绝大部分来自化石燃料。

石油、煤炭、天然气是古代生物的残骸通过长期的地质变迁形成的，长期和大规模的开采将使它们面临枯竭；而且大量使用化石燃料还会破坏环境和生态。在人类利用能源的历史长河中，基本依赖化石燃料毕竟只是短暂的一瞬，所以必须及早大力开发新能源和可再生能源。新能源与可再生能源是指除化石燃料和大型水力发电之外的生物质能、风能、太阳能、核能、潮汐能、地热能等能源资源。其中核电、风力发电、太阳能供暖和发电及地热发电有着广阔的发展前途。随着人口数量的激增和社会生活的进步，世界能源消耗以每年约 2.7% 的速度增长，所以新能源和可再生能源也应以更大的速度大力发展。

当前，提高能量的利用效率是节能技术的重要发展方向。人类活动必然要消耗能量，而能量是不能无中生有的，最有效的办法是尽可能高效率地使用能量，把有限的能量用到有用的地方去。能量不可能全部转化成有用功，耗能做功的同时，必然伴随发生机械磨损和摩擦等耗散效应，最终以热量形式散失到自然界中。因此，提高能量利用效率正是利用科技手段减少耗能做功时的耗散损失，而不是简单地少用能源。

你知道吗？

能效标识是附在产品上的一种蓝白背景的彩色信息标签，用于表示用能产品的能源效率等级、能源消耗量等指标。目前许多国家都实施了能效标识制度，我国已在空调、电冰箱等多种产品上采用了能效标识。它分为 3 个或 5 个等级，等级 1 表示产品达到国际先进水平，耗能最低，等级越高表示能耗越大。近年来能效标识上还增加了二维码区域。扫描二维码，消费者可进入能效标识信息平台，全面了解产品的各种信息，如能效、规格参数、使用说明书、质保情况、售后服务等。能效标识制度的制定和实施能有效提高用能产品的能源效率，促进节能技术进步，进而减少有害物的排放、保护环境。

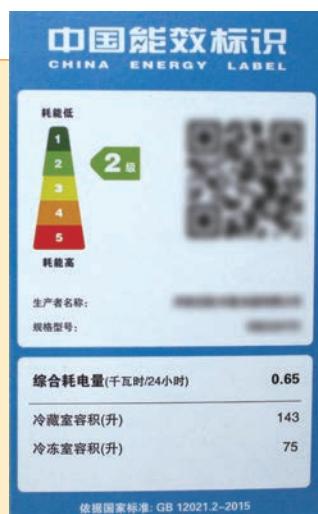


图 9-4-4 冰箱的能效标识



全球和我国的能源消费结构和问题

在相当长的一段时期内，世界能源消费将表现出下述特征：

第一，传统的矿物燃料仍将是世界较长一段时期内能源消费的主体。2016年世界能源消耗结构中，煤占29.21%；石油占32.94%；天然气占23.85%；其余部分中，水电占6.79%，核电占4.44%，太阳能、风能、地热与生物质能等其他可再生能源占2.77%，总计消耗能源132.76亿吨油当量。今后世界能源需求将进一步增加，如此巨大的能源需求是任何一种新能源在短期内都无法满足的，而且矿物燃料的价格也比较低廉。据估计，按目前的开发利用，矿物燃料仅可供全世界使用上百年。

第二，能源开发利用所造成的环境问题日趋严重。2016年，171个国家签署了《巴黎协定》，确定了减少温室气体排放、控制全球气温提升的目标。全球碳计划组织(GCP, The Global Carbon Project)发布报告指出，全球能源消耗的增长，特别是石油、天然气的使用量增加，抵消了减少碳排放所作的努力。2016年全球二氧化碳排放总量为361.8亿吨，人均4.2吨。其中，中国占28%，101.5亿吨，人均7.2吨；美国占15%，53.1亿吨，人均16.5吨；欧盟占10%，34.2亿吨，人均7.0吨；印度占4.5%，24.3亿吨，人均1.8吨。2020年9月，中国作为负责任的大国承诺，2030年前二氧化碳排放不再增长，达到峰值后再慢慢降下去，力争在2060年前实现碳中和。

第三，能源生产消费结构将出现多元化趋势，特别是风能、太阳能等可再生能源将会发挥更大的作用。我国计划到2030年将可再生能源占比提高到20%，推动能源体系向清洁低碳模式转变。

第四，发达国家的能源需求增长将可能减缓，新能源和可再生能源的开发将引起重视，并继续在降低能耗和利用替代能源上努力。发展中国家由于人口和经济增长迅速，能源需求量增长较快。预计到2050年，发展中国家的能源消费量将提高到目前的2~5倍，如印度对石油的需求可能增长1倍多。

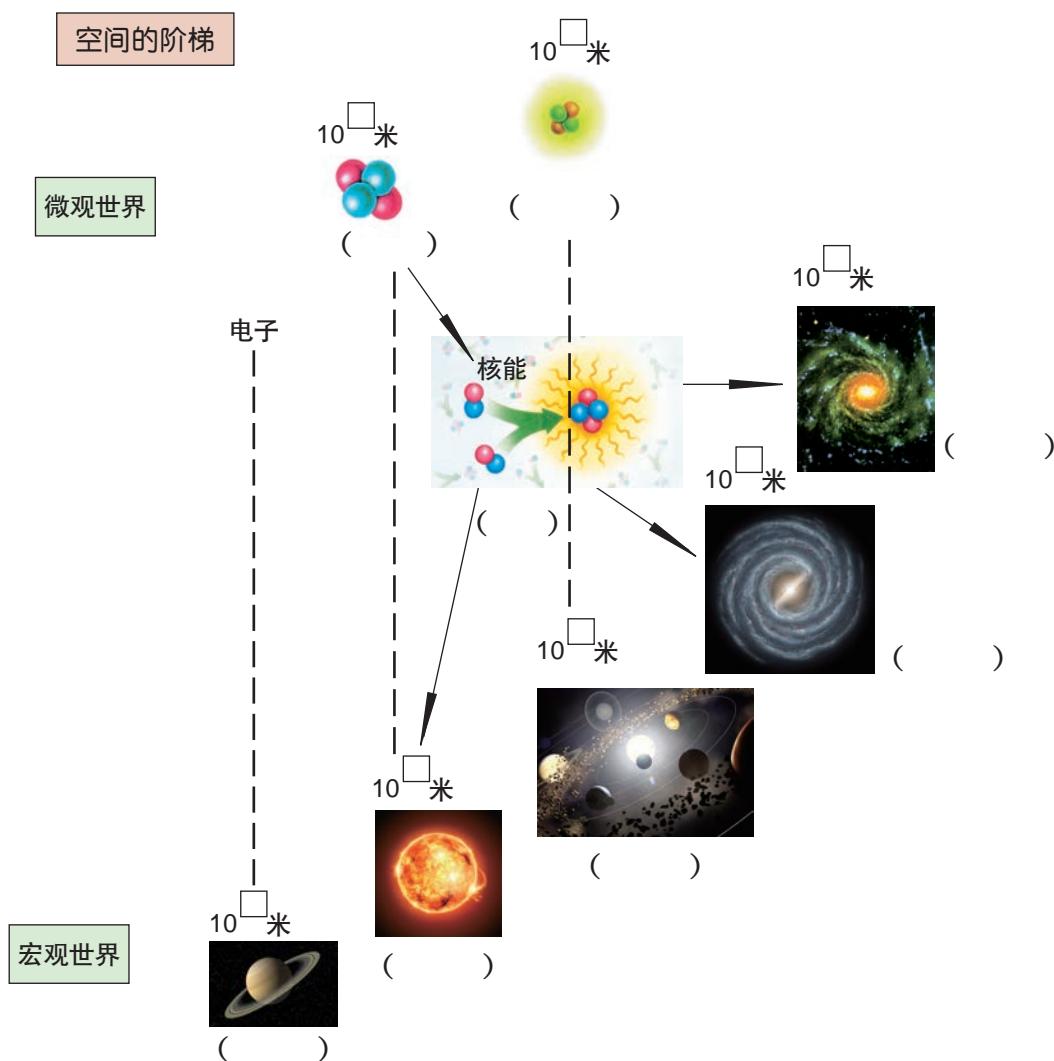
在我国能源消费结构中，煤炭是环境污染的主要根源。虽然近年来，天然气、水电、核电、风电等清洁能源在消费结构中的占比不断提升，但煤炭占比仍然偏大，比如2019年我国煤炭消费总量为28.1亿吨标准煤，占比达57.7%。同时，我国万美元GDP能耗，与发达国家相比仍有一定差距。所以，大力推进节能、采用先进技术提高能源利用率，降低能耗和污染，加速新能源和可再生能源的开发利用，是摆在我们面前的艰巨任务。

思考与练习

随着科技的进步，各类产品的能效限定值和能效等级标准也在不断升级。如《平板电视能效限定值及能效等级(GB 24850—2010)》中规定：平板电视被动待机功率在2012年1月1日之前应小于等于1瓦，在2012年1月1日之后应小于等于0.5瓦。若某户家庭在这一规定执行前后购置的两台平板电视机的待机功率分别为0.8瓦和0.5瓦，它们平均每天的待机时间均为20小时，试估算两台电视机一个月的待机耗电量相差多少度。

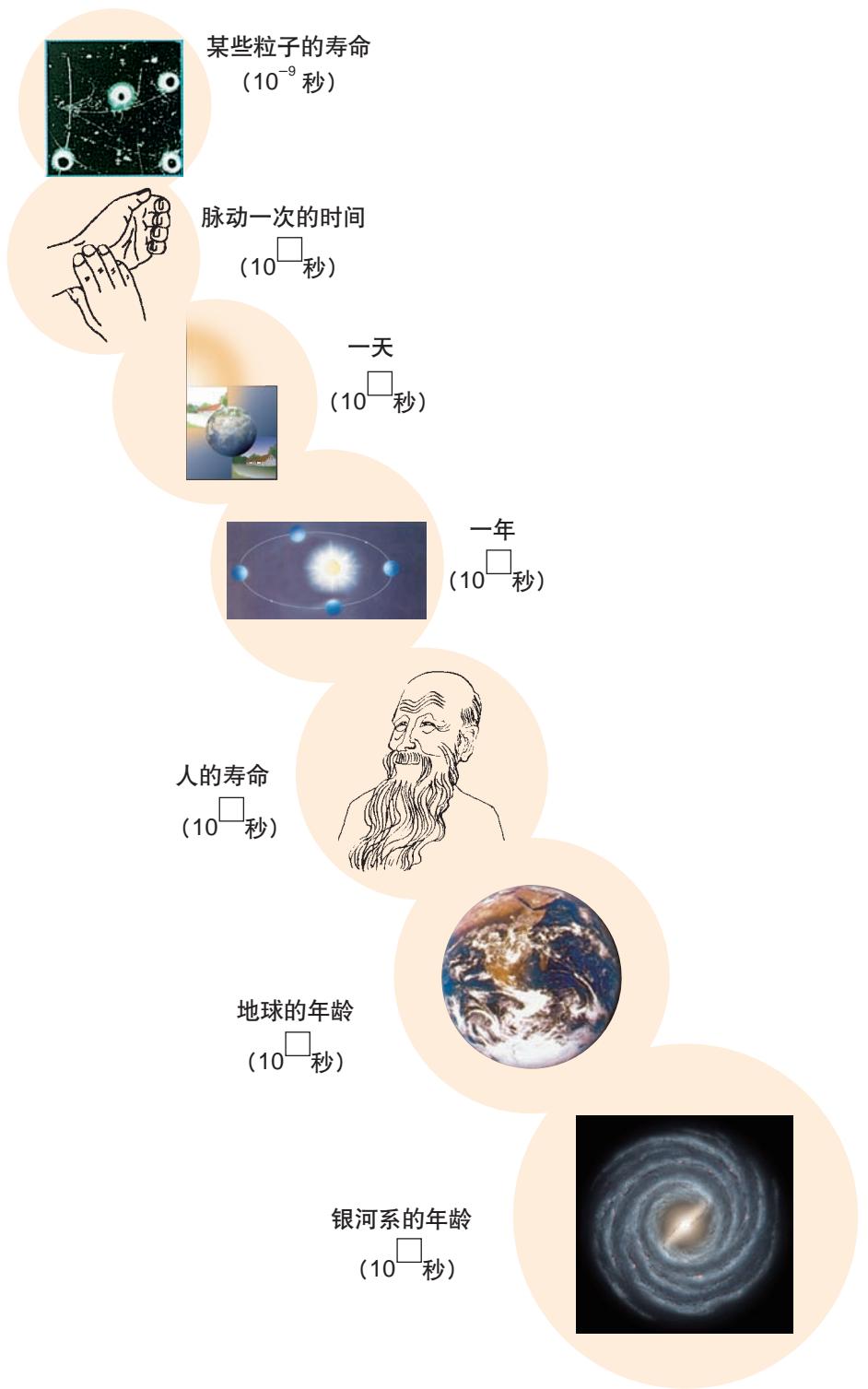
概念图

在课文中寻找有关的科学名词、图片和数据，完成下面“穿越时空”的概念图。在空间阶梯图和时间阶梯图的括号中填上相应的科学名词，在以 10 为底的指数位置上面填上以米或秒为单位的数量级。

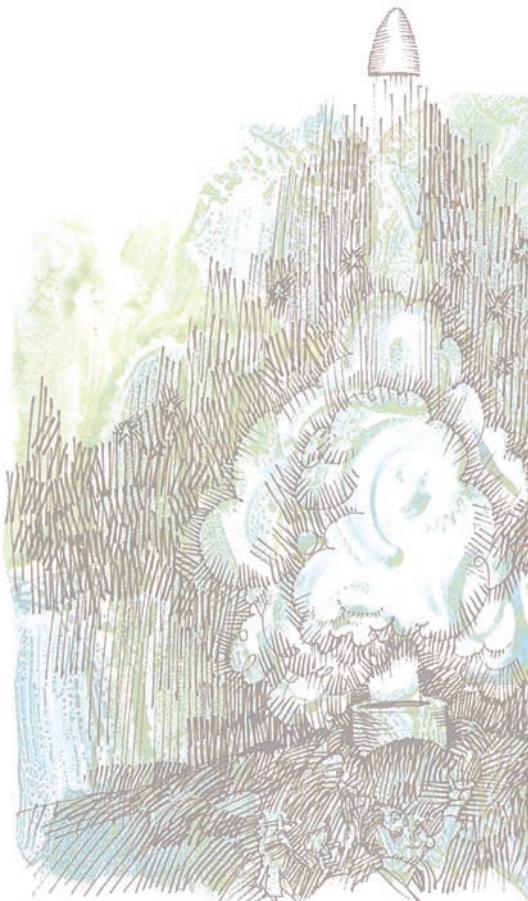


图中虚线表示物质的微观世界模型与宏观世界模型之间存在着某种相似性，你能说出这种相似性吗？

时间的阶梯



《从地球到月球》是儒勒·凡尔纳在1865年出版的科幻小说，它讲述的是美国南北战争中成立的一个不同寻常的、与战争休戚相关的组织——大炮俱乐部的故事。它是由一大批弹道专家组成的俱乐部，在战争期间显赫一时，但在战后逐渐被冷落。为了改变这一状况，有一天，巴尔的摩的大炮俱乐部主席巴尔比康宣布了一个惊天动地的消息，计划把一颗炮弹送到月球上去。之后，大炮俱乐部与剑桥天文台一起开始了这个伟大的登月工程。他们对炮身的形状大小、内部结构、火药的用量及发射的时间、地点、角度等都进行了反复的论证，最后在佛罗里达开始了“哥伦比亚”炮的铸造。炮弹被设计成空心的，三位勇敢的探险家——科学家米歇尔·阿尔丹、船长尼却拉、俱乐部主席巴尔比康要搭乘这颗炮弹到月球上去。12月1日晚上10点46分40秒，随着一声惊天动地的爆炸声，他们开始了登月计划。最后的登月结果到底怎样？请看该书的最后一章。



第二十八章 一颗新星

当天夜里，大家焦急地等待着的那个惊心动魄的消息像惊雷般地在合众国诸州传开了。然后，通过全球的电报网，消息飞过了大洋。多亏朗斯峰上那架巨型天文望远镜，人们看到了炮弹。

以下是剑桥天文台台长写的文件，它为大炮俱乐部的这次试验下了科学的论断。

朗斯峰，12月12日
致剑桥天文台办公室工作人员电

12月12日晚上8点47分，月亮进入下弦月时，贝尔法斯特和曼斯顿两位先生观察到了由荒石岭的哥伦比亚炮发射的炮弹。

这颗炮弹没能到达目的地。它从十分接近月球的地方飞过，所以被纳入了月球的引力圈。

它到了那里后，就由直线运动改成了令人头晕的高速行进的圆周运动。它被拖入了椭圆形的轨道，成了一颗真正的卫星。

目前，这颗新星的各种情况还不明了。我们不知道它的环绕速度，也不知道它的自转速度。它现在离月球的距离可能是2833英里。

现在，我们可以作两种假设来预测情况的变化：要么是它被月球的引力所征服，旅行者最终达到目的；要么是它被固定在恒久不变的轨道上，绕月运行，直到世界末日。

以后的观测自然会把这些情况搞清楚。但到目前为止，除了给太阳系增添一颗新星外，大炮俱乐部的这项试验尚无其他功绩。

贝尔法斯特

这个出人意料的结局引起了多少问题啊！在未来的科学领域中，还有多少奥秘等待着人们去探索啊！多亏了这三个人的勇敢无畏与献身精神，才使向月球发射一颗炮弹这个看似毫无价值的举动获得了巨大的成就，产生了难以估量的影响。被关在新星里的这三位旅行家即便不能到达目的地，也至少融入了月球世界，他们绕着黑夜中的天体飞行，使人类的眼睛得以第一次看穿它的全部奥秘。尼却拉、巴尔比康以及米歇尔·阿尔丹的名字将永远铭刻在天文学发展史上，因为这三位勇敢的探险家怀着进一步开拓人类未知领域的雄心，大胆地把自己送入太空，以生命从事当代最离奇古怪的试验。无论怎样，朗斯峰天文台的文件一公布，全球的人都感到惊奇和恐慌。有没有办法帮助这几位勇敢的地球居民呢？毫无疑问，没有办法。因为上帝给地球的生物限定了活动范围，而他们已经超出了这个范围。他们有够用两个月的空气以及够吃一年的食物。再往后呢？一想到这个可怕的问题，哪怕是最麻木的心脏都要怦怦乱跳了。

只有一个人不愿意接受眼前的绝境。只有一个人还充满着希望和信心。这就是与他们一样忠诚、勇敢、坚定的朋友——正直的曼斯顿。

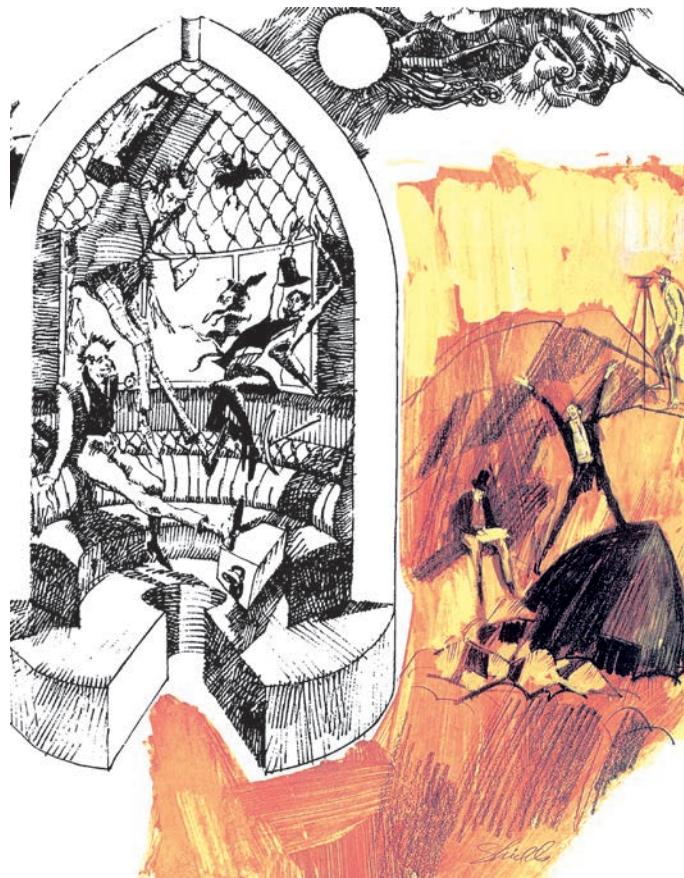
他一刻不停地跟踪着他们的行踪。朗斯峰天文台从此成了他的住所，巨型望远镜的反光镜就是他的视野。一到月亮爬出地平线时，他就把它调入望远镜的视野中。他目不转睛地观察它，兢兢业业地跟着它，穿行在星空中。他以永恒的耐心观察炮弹绕着大银盘运转。真的，这位高贵的先生始终与他的三个朋友保持着“联系”，并且毫不怀疑有一天能与他们重逢。

“我们会和他们联系上的，”只要有可能，他就会对任何想听他讲的人这么说，“我们一定会有他们的消息的，他们也会得到我们的消息！况且，我认识他们。他们都是很有才能的人。他们三个把所有的艺术、科学与技术财富都带入了太空，有了这些，他们什么都能办到。你们等着瞧吧，他们一定会脱险的！”

儒勒·凡尔纳与他的科幻小说

儒勒·凡尔纳(1828—1905)是19世纪法国著名的科幻小说家，他一生创作了近80部中长篇小说。在经历了整整一个世纪之后，他的科幻小说仍能深深地吸引世界各国的广大读者。

凡尔纳小说中的幻想都有充分的科学依据，他的科学幻想大半在今天都得到了实现。就拿潜水艇来说，19世纪初，人们才开始着手设计和试制很小的潜水艇，然而人们一直未能制成真正能在海底航行的船只。凡尔纳却在《海底两万里》中描写了潜水艇在海底长驱两万里的所见所闻，凭借他那丰富的幻想力，形象地描绘了未知的海底世界，使你如睹其状，如闻其声，如临其境。在还没有发明电报的时代，凡尔纳的笔下，却



已经有了电报和有声传真。凡尔纳在莱特兄弟造出第一架飞机之前的几十年，便已在他的作品中写到了直升机。自动陀螺仪的发明者拉·谢尔巴、霓虹灯的完成者乔治·克劳德、现代潜艇之父西蒙·莱克、无线电报的创始人马可尼、北极探险家伯德、气球及航海探险家奥古斯特·皮卡德等，都曾在不同场合公开表示过，对自己最初想象给予启示的正是凡尔纳。

凡尔纳的作品能把各种科学知识生动地与作品的情节交织在一起，以其逼真、生动、美丽如画令你读来趣味盎然。他的作品故事情节惊险曲折、栩栩如生，结局出人意料，所有这些使他的科幻小说具有永恒的魅力。

你想更多地了解凡尔纳，请到图书馆去。他的科幻小说还有：《地心游记》《环月旅行》《格兰特船长的女儿》《海底两万里》《神秘岛》等。



1. 上网搜索有关“原子”“天文”的科普图书。
2. CCTV10（科教频道）

(1) 《走进科学》

该栏目针对新闻热点背后的科学问题、社会生活中的焦点问题等，给予科学的解释，引发观众对科学的兴趣，弘扬科学精神，提倡科学方法，传播科学知识。

登录央视网CCTV10，观看视频：

20190218 “新能源变身记”；
20181225 “飞向太空的实验”；
20181130 “燃料新科技”；
20170926 “探访核燃料”。

(2) 《科技之光》

这是一档为广大科技界、知识界、青少年以及热爱和关注科学的人士打造的专业化、新闻性科技栏目。栏目关注国内外科技新闻事件、科学问题或者前沿科技，弘扬科学精神，倡导科学方法。

登录央视网CCTV10，观看视频：

20180206 “中国散裂中子源”；
20171227 “中国天眼”；
20170610 “北斗引领穿越阿里大北线”；
20170513 “沉睡的能量块·可燃冰”；
20170211 “改变生活的纳米技术”。

3. 参观地点：上海科技馆、上海自然博物馆（上海科技馆分馆）、上海天文博物馆。

说 明

本册教材根据上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会制定的课程方案和《上海市中学物理课程标准（试行稿）》编写，供九年义务教育九年级第二学期试用。

本教材由华东师范大学、浦东新区社会发展局主持编写，经上海市中小学教材审查委员会审查准予试用。

本册教材的编写人员有：

主编：张越 徐在新

分册主编：曹磊

特约撰稿人（按姓氏笔画排列）：汤清修 张溶菁 陈颂基 曹磊 蔡吟吟

修订主编：贾慧青

修订人员（按姓氏笔画排列）：王春浩 朱建波 刘展鸥 沈文萍

张俊雄 张溶菁 胡静雯 戴金平

本册教材图片提供信息：

图片由壹图网、VEER 图库、图虫创意、新华通讯社等，以及教材编写人员提供；《科学画报》（P.36 上图）；
葛斌杰（P.45 射电望远镜）；插图绘制：陈颂基、郑艺、张惠卿、金一哲。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定，我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作
权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。



经上海市中小学教材审查委员会审查
准予试用 准用号 II-CB-2019068

责任编辑 李 祥

九年义务教育课本

物 理

九年级第二学期

(试用本)

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会

上海世纪出版股份有限公司出版
上海教育出版社出版

(上海市闵行区号景路159弄C座 邮政编码:201101)

上海新华书店发行 上海景条印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 3.5

2019年12月第1版 2024年12月第6次印刷

ISBN 978-7-5444-9662-9/G·7969

定价: 7.50元

(本册含学习活动卡)

价格依据文件: 沪价费〔2017〕15号

如发现内容质量问题, 请拨打 021-64319241;

如发现印、装问题, 请拨打 021-64373213, 我社负责调换。



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5444-9662-9



9 787544 496629 >