

目 录

第十六章 电磁现象 1

第一节 磁现象 2

第二节 电生磁 9

第三节 电磁铁 12

第四节 电动机 17

第五节 磁生电 20

第六节 发电机 23

第十七章 电磁波 29

第一节 电 话 30

第二节 电磁波的产生与传播 34

第三节 无线电通信 37

第四节 现代通信 42

第十八章 物态变化 49

第一节 温 度 50

第二节 熔化和凝固 55

第三节 汽化和液化 60

第四节 升华和凝华 65

第十九章 热和能 71

第一节 物质的分子构成 72

第二节 分子热运动 74

第三节 内能及其改变 78

第四节 比热容 81

第五节 热 机 85

第六节 能量的转化和守恒 90

第二十章 能源与可持续发展 96

第一节 能 源 97

第二节 核 能 100

第三节 太阳能 104

第四节 能源革命 108

第五节 能源与环境 109



山东出版
SHANDONG PUBLISHING

中国，上海。一条高架轨道上，列车疾驶而来，转瞬而去，像传说中的神龙一样。坐在车厢里向外望去，工厂、楼房、田野，向后飞逝，眨眼间便退出了视野。

它，就是会“飞”的列车——有“零高度飞行器”美誉的磁浮列车。

如果说汽车的出现让人们的短途出行变得舒适而快捷，火车的发明让人们的长途旅行不再无奈，那么，磁浮列车的问世则彻底改变了人们对车的认识：车，也可以不用车轮跑，而是“飞”。

磁浮列车是电磁理论应用的又一辉煌成就。

在未来的社会中，电磁理论应用的成就将会更加辉煌。



第一节 磁现象 ●●●



观察与实验

观察基本的磁现象

图16-1-1的一组实验演示了基本的磁现象。做一做，并与其他同学交流。

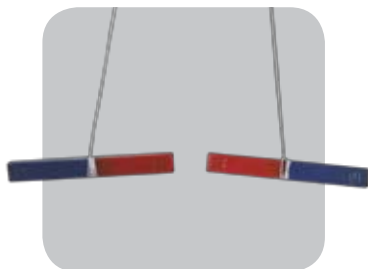
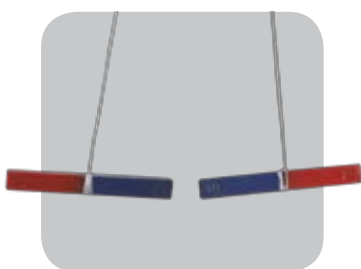
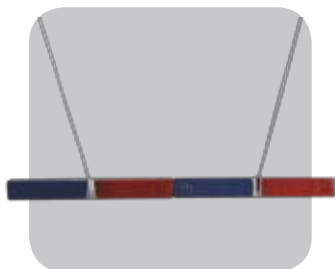


图16-1-1 基本的磁现象

磁性 磁极

在2 000多年前的春秋时期，我们的祖先就发现了天然铁矿石吸铁的现象。物体吸引铁、钴、镍等物质的性质叫做**磁性** (**magnetism**)，具有磁性的物体叫做**磁体** (**magnet**)。人类最先认识的天然铁矿石属于天然磁体，后来又学会了制造人造磁体。天然磁体称为“磁石”，人造磁体称为“磁铁”，它们都能够长期保持磁性，通称永磁体。人们可以根据需要将人造磁体制成各种形状，通常我们看到的蹄形磁铁、条形磁铁、磁针等都是人造磁体。

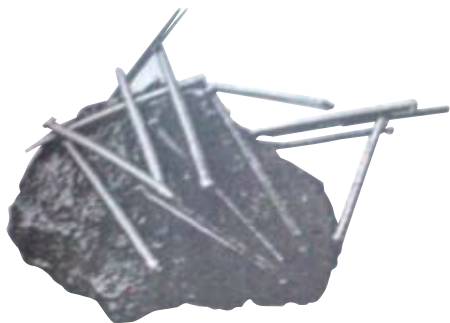


图16-1-2 磁石中含有磁铁矿石



图16-1-3 形形色色的磁体

任何一个磁体，不管形状如何，它上面总有两个部位磁性最强。磁体上磁性最强的部位叫做**磁极**（**magnetic pole**）。能够自由转动的磁体，如悬吊着的磁针，静止时总是一端指南，一端指北。指南的那个磁极叫做**南极**（**south pole**），又叫**S极**；指北的那个磁极叫做**北极**（**north pole**），又叫**N极**。**同名磁极相互排斥，异名磁极相互吸引。**

磁 化

观察与实验

钢棒、铁棒被磁化

如图16-1-4所示，用条形磁铁的一端靠近一根原来没有磁性的铁棒，观察所发生的现象。再用钢棒、铜棒替换铁棒，观察现象。

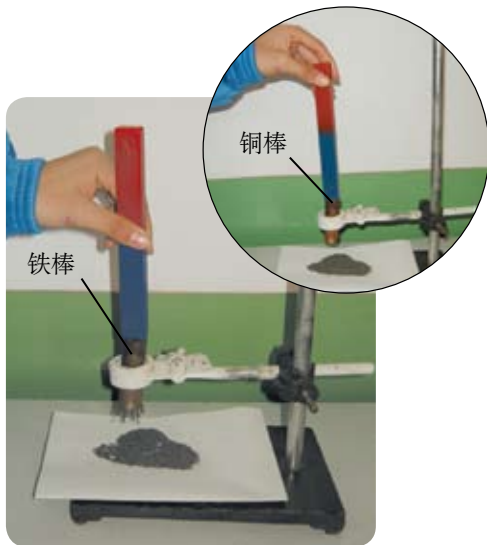


图16-1-4 磁化

我们看到，铜棒没有获得磁性，不能吸起铁屑，而铁棒、钢棒获得了磁性，能吸起下面的铁屑。这种使原来没有磁性的物体获得磁性的过程叫做**磁化**（**magnetization**）。



我国古代的磁学成就

指南针是我国古代四大发明之一，它的产生经历了很长的历史过程。

最早的指南仪叫司南。公元1世纪，东汉学者王充在《论衡》中对司南做了比较具体的描述。图16-1-5是按古代记载仿制的司南模型：用天然磁石琢磨而成的勺子放在刻有方位的铜盘上，勺子可以转动，当勺子静止时，勺柄指南。由于存在较大的摩擦阻力，司南的准确性较差。

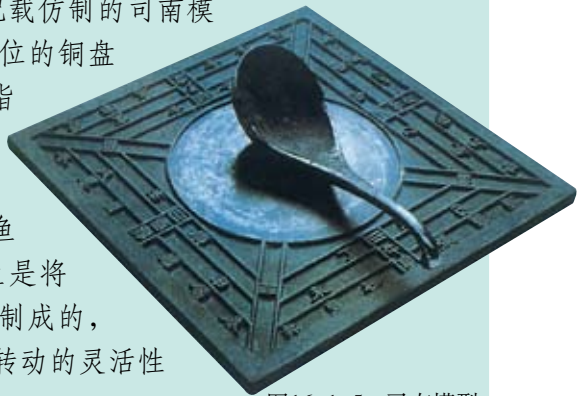


图16-1-5 司南模型

到公元4世纪的西晋时代，有了指南鱼（最早见于西晋崔豹《古今注》）。指南鱼是将剪成鱼形的薄铁片烧热后放在地磁场中磁化制成的，可以浮在平静的水面上，鱼头指南。指南鱼转动的灵活性比司南好，但磁性较弱，不易保存。

之后，人们又用磁石磨针的方法来制作指南针。11世纪末北宋学者沈括在他的著作《梦溪笔谈》中介绍了指南针的人工磁化方法、磁偏角的发现等，还总结了四种指南针的装置方法。我国发明指南针后，很快将之应用到航海上，并发明了航海罗盘。

宋代，中国的商船经常往返于东亚、东南亚和印度洋航线上，商船常搭载有阿拉伯人。中国的航海罗盘技术大约在12世纪末被阿拉伯人学会，又通过他们传给欧洲人。从此，罗盘被许多国家采用，推动了航海事业的发展，促进了世界经济和文化的交流，为人类的进步做出了巨大贡献。

磁 场



观察与实验

磁 场

如图16-1-6所示，一根条形磁体外面包着一块布放在桌面上。它的N极在哪端？用一只磁针探测一下。如果把几只小磁针放在条形磁体周围不同的地方，磁针所指的方向相同吗？



图16-1-6 小磁针的N极在哪一端

条形磁体周围的小磁针都发生了偏转，不再指南北，而是有了新的指向，这是怎么回事？原来，磁体周围存在着一种物质，能使磁针偏转。这种物质看不见、摸不着，我们把它叫做**磁场**（magnetic field）。磁体间的相互作用就是通过磁场发生的。在物理学中，对于许多看不见、摸不着的物质，可以通过它们对其他物体的作用来认识。比如，电流看不见、摸不着，我们可以根据电流产生的效应来认识它。像磁场这种物质，我们可以通过小磁针的偏转来感知它，从而知道磁场是真实存在的。

观察与实验

磁场的方向

在一块玻璃板上均匀地撒一些铁屑，把玻璃板放在条形磁体上，然后在条形磁体的周围放置一些小磁针。连续地轻轻敲击玻璃板，观察铁屑的排列情况和小磁针N极的指向。

换用蹄形磁体，重复上述实验，观察铁屑的排列情况和小磁针N极的指向。

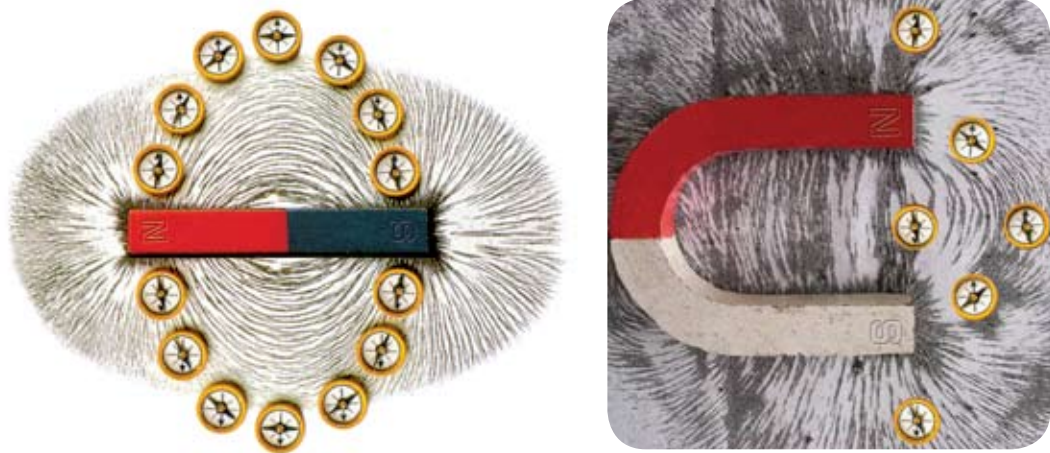
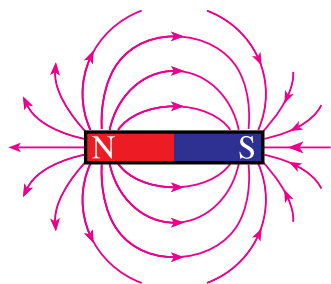


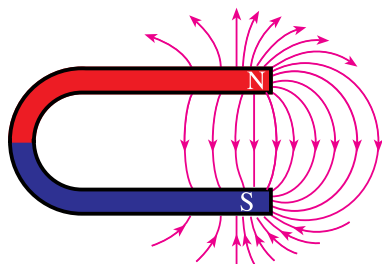
图16-1-7 条形磁体和蹄形磁体的磁场分布

在条形磁体周围的不同地方，小磁针指示着不同的方向。为了形象地描述磁场，可以用铁屑和小磁针显示磁体周围磁场的分布和方向。在物理学中，把小磁针静止时北极所指的方向定为该点磁场的方向。如果在磁体周围沿铁屑排列形状放许多小磁针，这些小磁针在磁场的作用下发生偏转，这样我们就能知道磁体周围各点的磁场方向了。

我们把小磁针在磁场中的偏转情况用一些带箭头的曲线画出来，可以方便、形象地描述磁场，这样的曲线叫做**磁感线**（magnetic induction line）。磁感线可以方便地描述磁场的强弱和方向，但磁体周围并不存在这样的线，就像人们用光线表示光的传播方向，但实际并不存在光线，用经线、纬线定位，但地球表面并没有这样的线一样。图16-1-8是用磁感线描述的条形磁体和蹄形磁体的磁场。



甲 条形磁体



乙 蹄形磁体

图16-1-8 条形磁体和蹄形磁体的磁感线分布

由图16-1-8可以看出，在用磁感线描述磁场时，磁体外部的磁感线都是从磁体的N极出发，回到S极。

地磁场

能水平转动的磁针就能指示方向。拿来几个小磁针放在桌面上，你可以发现，静止时它们都指向同一方向，即磁针的N极总是指向北方。这是什么原因呢？原来，地球周围存在着磁场——**地磁场**（geomagnetic field）。在地球表面及空中的不同位置测量地磁场的方向，画出的地磁场的磁感线如图16-1-9所示。我们发现地磁场跟条形磁体的磁场很相似。

不过，地理的两极和地磁的两极并不重合，磁针所指的南北方向与地理的南北方向稍有偏离。世界上最早记述这一现象的人是北宋学者沈括（1031-1095），这个发现比西方早了400多年。

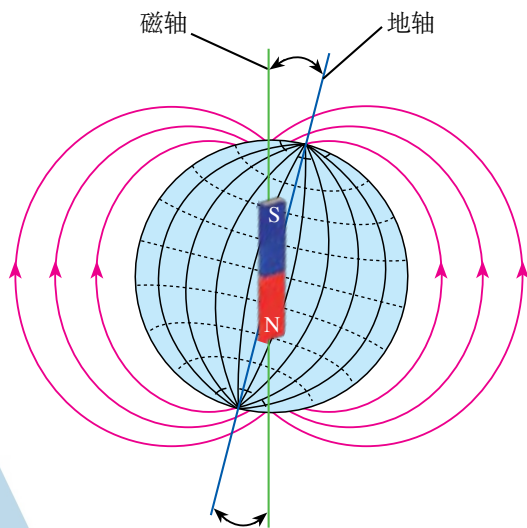


图16-1-9 地球是一个巨大的磁体（示意图）



动物罗盘

大家都知道，信鸽具有卓越的飞行本领，它能从2 000 km以外的地方飞回家。实验证明，如果把一块小磁铁绑在鸽子身上，它就会惊慌失措，立即失去定向的能力；而把铜棒绑在鸽子身上，却看不出对它有什么影响。当发生强烈磁暴的时候，或者在强大无线电发射台附近，鸽子也会失去定向的能力。这些事实说明了鸽子是靠地磁场来导航的。

绿海龟是著名的航海能手。在巴西，有一种绿海龟，每到春季产卵时，它们就从巴西沿海向坐落在南大西洋的“沧海一粟”——阿森松岛游去。这座小岛很小，距非洲大陆1 600 km，距巴西2 200 km。但是，绿海龟却能准确无误地远航到达。产卵后，它们又渡海而归，踏上返回巴西的征途。据研究，绿海龟也是利用地磁场进行导航的。

鱼儿能在波涛汹涌的海洋中按一定的方向航行，这比鸟的迁徙能力更为奇特。海水是导电的，在地球的磁场中，海水流动的时候会产生电流，于是，鱼儿便利用这种电流信号，敏感地校正自己的航行方向。

有人对鳗鲡(màn lì)进行了细致的观察，初步发现，其大脑能对微弱的电磁场做出反应，地磁场是为鳗鲡提供信息的信息源。因此，美洲的鳗鲡能够航行很远的距离后到达产卵场所，产卵后又返回它原来的“基地”。

虽然人们已经知道鸟类、鱼类等动物能够利用地磁场导航，但是还没有弄清楚这个“导航系统”究竟是怎样工作的，迄今为止还没有从这些动物身上找到与“指南针”作用相似的器官。



动手动脑学物理

1. 关于磁场和磁感线, 下列说法中正确的是 ()。

- A. 磁场看不见、摸不着, 所以是不存在的
- B. 磁感线是由铁屑组成的
- C. 磁体周围的磁感线都是从磁体的N极出发, 回到S极
- D. 小磁针在磁场中静止时, S极所指的方向就是该点的磁场方向

2. 如图 16-1-10 所示, 两块外形完全相同的长方体, 其中一块是铁块, 另一块是磁铁, 怎样将它们区分开? 和同学交流你所用的方法和依据的道理。

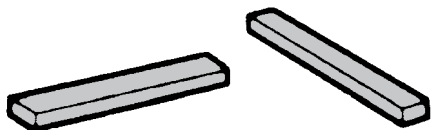


图16-1-10 哪一块是磁铁

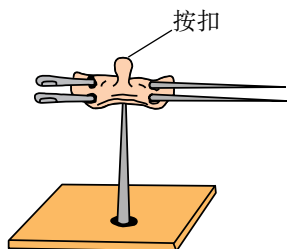


图16-1-11 小指南针

3. 请找两根缝衣针、一个按扣、一根大头针和一块橡皮, 做一个指南针。用橡皮和大头针制作指南针的底座。将两根缝衣针磁化后, 分别穿过按扣的两个孔, 放在底座的针尖上, 这就是一个小指南针, 如图 16-1-11 所示。如果图中指南针静止下来后针尖指北, 针尖是N极还是S极?

4. 图 16-1-12 中的两个图分别画出了两个磁极间的磁感线。请在图中标出磁极的名称, 并画出位于图中A点和B点的小磁针静止时N极所指的方向。

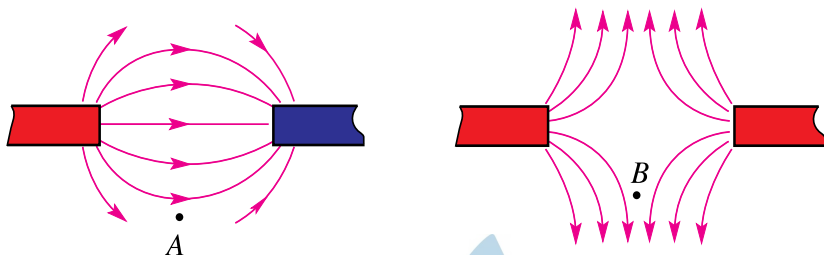


图16-1-12 标出磁极的名称和A、B两点的磁场方向

第二节 电生磁

电流的磁效应

在相当长的一段时间里，人们认为电和磁是互不相关的。到了19世纪初，一些科学家意识到各种自然现象之间存在着相互联系，并进行了长期的探索。1820年，丹麦物理学家奥斯特（Hans Christian Oersted, 1777–1851）在做实验时偶然发现：当导线中通过电流时，它旁边的磁针发生了偏转。这个意外的现象引起了奥斯特极大的兴趣。他又继续做了许多实验，终于证实电流的周围存在着磁场，他也因此成为世界上第一个发现电与磁之间联系的科学家。



图16-2-1 奥斯特实验示意图

观察与实验

电流的磁效应

如图16-2-2所示，在磁针上面放一根平行于磁针的直导线，当直导线触接电池通电时，你能看到什么现象？改变电流的方向，又能看到什么现象？

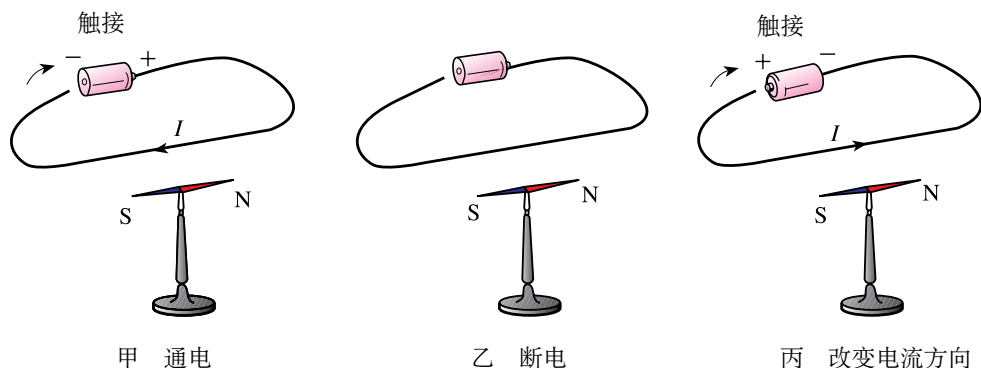


图16-2-2 导线通电时，磁针会动吗

实验表明：导线通电时，磁针发生偏转；导线中的电流方向改变时，磁针向相反的方向偏转。通电导线的周围有磁场，磁场的方向跟电流的方向有关。这种现象叫做**电流的磁效应**。

通电螺线管的磁场

把导线均匀、规则地绕在圆筒上，就做成了**螺线管** (solenoid, 图 16-2-3)。给螺线管通电时，各条导线产生的磁场叠加在一起，磁场就会强得多。

我们已经通过磁感线的分布了解了条形磁体、蹄形磁体周围的磁场，那么，通电螺线管的磁场是什么样的？



图16-2-3 一种螺线管



观察与实验

通电螺线管的磁场是什么样的

如图16-2-4所示，在螺线管的两端各放一个小磁针，并在硬纸板上均匀地撒满铁屑。通电后观察小磁针的指向，轻敲纸板，观察铁屑的排列情况。

改变电流方向，再观察一次。

跟图16-1-7对比，通电螺线管外部的磁场跟哪种磁体的磁场相似？

把通电螺线管看做一个磁体，根据你的实验结果，在下面两幅图上分别标出通电螺线管的N极和S极，并画出磁感线的方向。

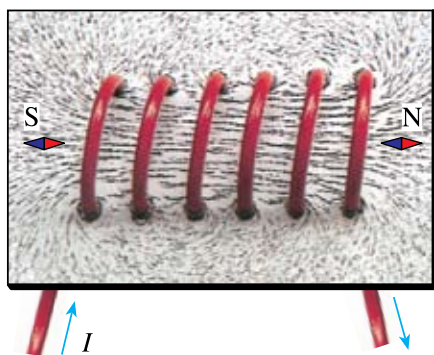
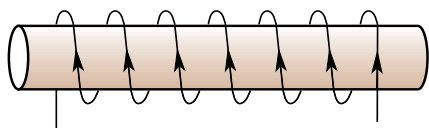
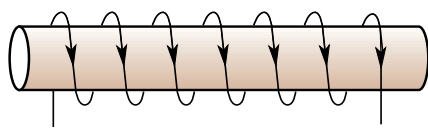


图16-2-4 通电螺线管的磁场



甲



乙

图16-2-5 通电螺线管有两种可能的电流方向

实验结果表明，通电螺线管外部的磁场和条形磁体的磁场一样。通电螺线管的两端相当于条形磁体的两个极，它们的极性可以根据实验中小磁针的指向确定。改变电流方向，通电螺线管的N极、S极正好对调，这说明，通电螺线管两端的极性跟螺线管中电流的方向有关。



想想议议



图16-2-6 螺帽的前进方向和它的旋转方向有什么关系

图16-2-6是通常见到的正旋丝螺栓，螺帽的前进方向和它的旋转方向有什么关系？这与螺线管中电流的方向与其N极方向的关系是否相同？

通电螺线管的极性跟电流方向的关系，可以用**安培定则**来判定。如图16-2-7所示，用右手握螺线管，让四指指向螺线管中电流的方向，则大拇指所指的那端就是螺线管的N极。

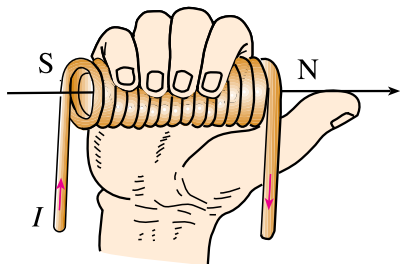


图16-2-7 安培定则



动手动脑学物理

1. 请你根据图16-2-8所示通电螺线管中的电流方向判定螺线管的极性。

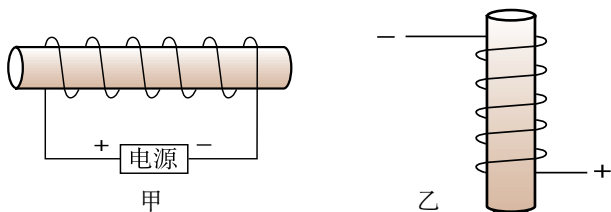


图16-2-8

2. 如图16-2-9所示，按小磁针的指向判定螺线管的极性、电流的方向和电源的“+”“-”极。

3. 如图16-2-10所示，开关闭合后，位于螺线管右侧的小磁针的状态将怎样变化？

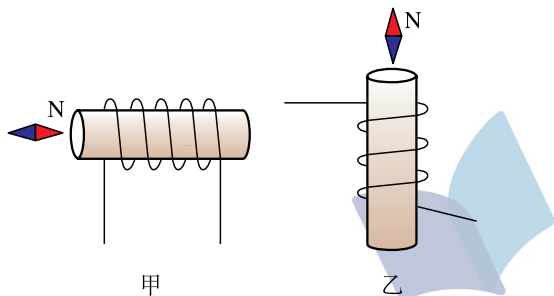


图16-2-9

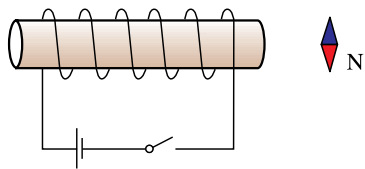


图16-2-10

4. 图16-2-11是牵牛花茎的照片。观察自然界中缠绕植物的茎和攀缘植物的卷须，它们的缠绕方向和生长方向有什么关系？这跟螺线管中电流的方向与其N极方向的关系是否相同？对于不同的植物，这种关系都一样吗？



图16-2-11 牵牛花的茎

第三节 电磁铁 ●●●

在通电螺线管中插入软铁棒，就做成了**电磁铁**（**electromagnet**）。有电流通过时，电磁铁就有了磁性；没有电流时，电磁铁就失去磁性。电磁铁在实际中的用途很多，电磁起重机（图16-3-1）是其中的一种。把电磁铁安装在吊车上，通电后电磁铁会吸起大量废钢铁，移动到另一个位置后切断电流，就可把废钢铁放下。大型电磁起重机一次可以吊起几吨甚至几十吨废钢铁。在电动机、发电机和电磁继电器里也用到电磁铁。全自动洗衣机的进水、排水阀门，卫生间里感应式冲水器的阀门，也都是由电磁铁控制的。



图16-3-1 电磁起重机

影响通电螺线管磁性强弱的因素

我们已经知道，通电螺线管外部的磁场和条形磁体的磁场一样，那么，通电螺线管的磁性强弱跟哪些因素有关呢？

观察与实验

探究影响通电螺线管磁性强弱的因素

把电源、开关、滑动变阻器、电流表和一定匝数的线圈串联起来，组成如图16-3-2所示的电路。闭合开关，线圈会把大头针吸起来，通过观察线圈吸起的大头针的多少，我们可以判断线圈磁性的强弱。

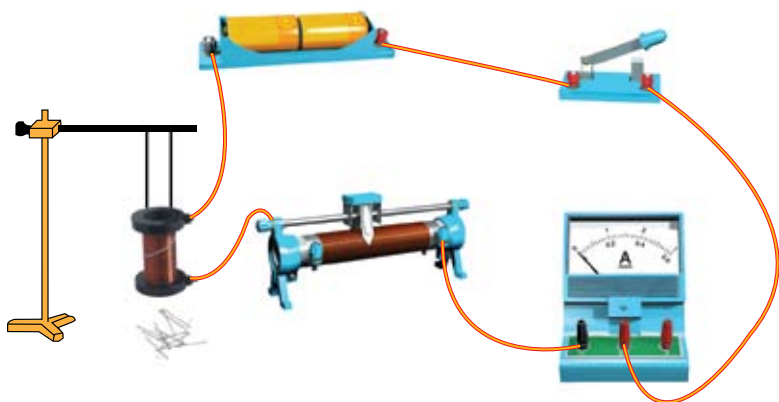


图16-3-2 探究影响通电螺线管磁性强弱因素的电路

比较线圈中有铁芯与无铁芯时磁性的强弱；

用滑动变阻器改变电路中电流的大小，比较线圈磁性的强弱；

改换不同匝数的线圈，比较线圈磁性的强弱。

将探究结果填入下表中：

保持不变的因素	变化的因素	吸起大头针的多少	磁性强弱
匝数、电流	铁芯有无		
匝数、有铁芯	电流大小		
电流、有铁芯	匝数多少		

实验表明，铁芯的有无、电流的大小、线圈的匝数都会影响通电螺线管的磁性强弱。电流越大，匝数越多，插入铁芯，通电螺线管的磁性越强；电流越小，匝数越少，抽去铁芯，通电螺线管的磁性越弱。

电磁继电器

驱动巨大机器的电流可能达到几十安、几百安。在工厂里，我们常常看到工人师傅利用按钮来控制机器。用手直接控制强大电流或操作高压电路是很危险的，工人师傅按下的只是继电器的开关，而电源的接通和断开是由继电器控制的。

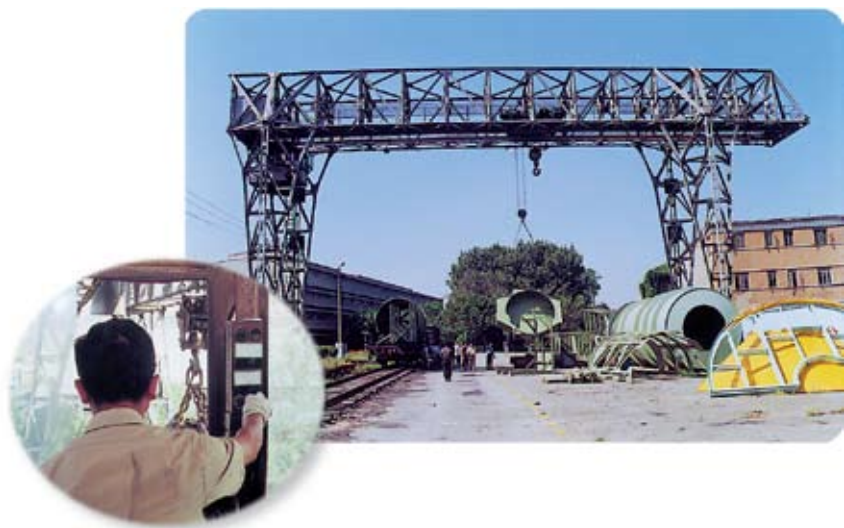


图16-3-3 工人师傅手中的按钮是继电器的开关

继电器是利用低电压、弱电流电路的通断，来间接地控制高电压、强电流电路通断的装置。电磁继电器就是利用电磁铁来控制工作电路的一种开关。

电磁继电器是由电磁铁、衔铁、弹簧等组成的，它的结构如图16-3-4所示。某种电磁继电器的外形如图16-3-5所示。

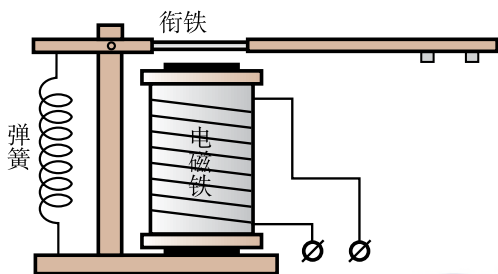


图16-3-4 电磁继电器的构造

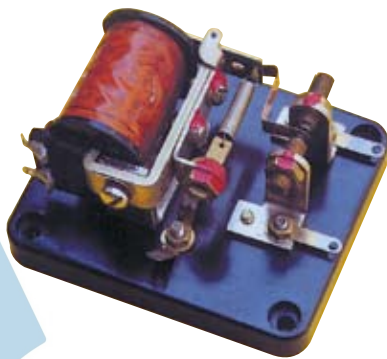


图16-3-5 一种电磁继电器

电磁继电器的电路由低压控制电路和高压工作电路构成（图 16-3-6）。闭合低压控制电路中的开关，使线圈中有了较小的电流时，电磁铁把衔铁吸下，使 B 、 C 两个接线柱所连的触点接通，较大的电流就可以通过 B 、 C 带动机器工作了。低压控制电路中的开关只控制电磁铁线圈中电流的通断，而高电压、强电流电路的通断则由 B 、 C 两个触点间的电路通断控制。这样，工人师傅就可以安全方便地操纵大型机械了。

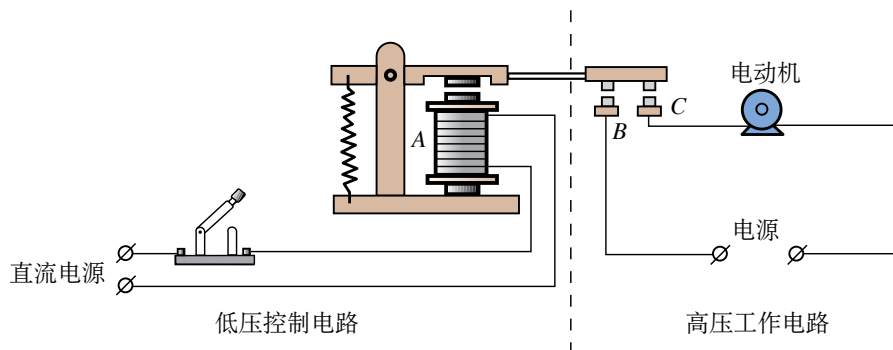


图16-3-6 电磁继电器的工作电路

如果在继电器控制电路中接入对温度或光照敏感的元件，用这些元件操纵低压控制电路的通断，还可以实现温度自动控制或光自动控制。

磁浮列车

列车运行的阻力有一大部分来自车轮与轨道之间的摩擦。如果能使列车从轨道上“浮”起来，就可以避免这种摩擦，从而大幅度提高列车速度。磁浮列车利用磁极间的相互作用规律实现了车体的悬浮（图16-3-7）。

磁浮列车消除了车体与轨道之间的摩擦，所以突破了轮轨列车的速度极限，最高速度可达500 km/h，几乎达到了短程飞机的航速。磁浮列车具有噪声低、稳定性高等优点，目前许多国家都在进行磁浮列车的研制。



图16-3-7 吸引式磁浮列车



磁记录

铁棒本来不能吸引铁，当磁体靠近它或者与它接触时，它便有了吸引铁的性质，也就是被磁化了。软铁磁化后，磁性很容易消失，称为软磁性材料。而碳钢等物质被磁化后，磁性能够保持，称为硬磁性材料。硬磁性材料可以做成永磁体，还可以用来记录信息。

录音机的磁带上就附有一层硬磁性材料制成的小颗粒。

录音时，声音先转变成强弱变化的电流，这样的电流通过录音磁头，产生了强弱变化的磁场。磁带划过磁头时，磁带上的小颗粒被强弱不同地磁化，于是记录了一连串有关磁性变化的信息（图16-3-8）。

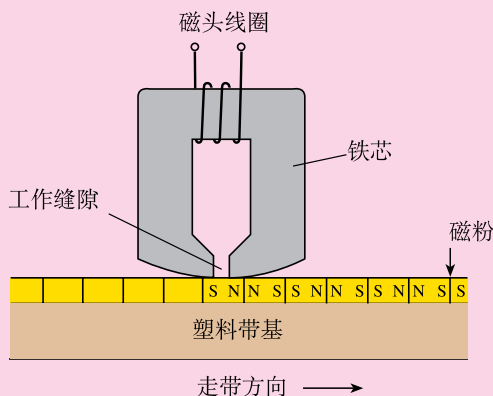


图16-3-8 录音磁头的工作原理



图16-3-9 自动取款机（ATM）

放音时，磁带贴着放音磁头运动，磁性强弱变化的磁带使放音磁头中产生变化的感应电流，电流经放大后使扬声器发声，便“读”出了磁带中记录的信息。

随着技术的不断进步，磁记录与人们的关系越来越密切。录音带、电脑中的磁盘、打电话的磁卡、银行卡以及磁卡式车票等，都是用磁来记录信息的。磁记录技术提高了工作效率，给我们的生活带来了很大的方便。



动手动脑学物理

1. 图16-3-10是一种水位自动报警器的原理图。水位没有到达金属块A时，绿灯亮；水位到达金属块A时，红灯亮。请说明它的工作原理。（注意：纯净的水是不导电的，但一般的水都能导电。）

2. 图16-3-11是一种温度自动报警器的原理图。制作水银温度计时，在玻璃管中封入一段金属丝，并有导线与水银柱相连。当温度达到金属丝下端所指的温度时，电铃就响起来，发出报警信号。请说明它的工作原理。

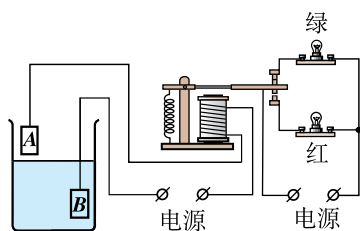


图16-3-10 水位自动报警器

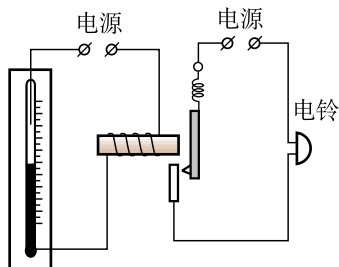


图16-3-11 温度自动报警器

3. 法国科学家阿尔贝·费尔和德国科学家彼得·格林贝格尔由于发现了巨磁电阻（GMR）效应而荣获2007年度诺贝尔物理学奖。巨磁电阻效应是指某些材料的电阻在磁场中急剧减小的现象，这一发现大大提高了磁、电之间信号转换的灵敏度，从而引发了现代硬盘生产的一场革命。

图16-3-12是说明巨磁电阻特性原理的示意图，图中GMR代表巨磁电阻。如果闭合 S_1 、 S_2 并使滑片 P 向左滑动，指示灯的亮度会有什么变化？

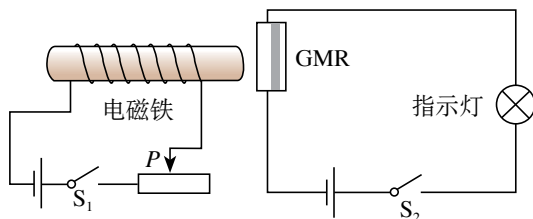


图16-3-12 巨磁电阻特性原理

第四节 电动机

我们的生活已经离不开电动机了，工厂、田野、学校、商场……电动机无处不在。同学们，你能找出身边的电动机吗？为什么给电动机通电它就能转动？

磁场对通电导线的作用

我们知道，磁体在磁场中会受到力的作用。通电的螺线管有磁性，这是不是意味着通电导线也会受到磁场的作用力？



观察与实验

通电导线在磁场中受力

如图16-4-1所示,把导线 ab 放在磁场里,瞬间接通电路,让电流通过导线 ab ,观察它的运动。

把电源的正、负极对调后接入电路,使通过导线 ab 的电流方向与原来相反,观察导线 ab 的运动方向。

保持导线 ab 中的电流方向不变,把蹄形磁体上下磁极调换一下,使磁场方向与原来相反,观察导线 ab 的运动方向。

同时改变导线 ab 中的电流方向和磁场方向,观察导线 ab 的运动方向。

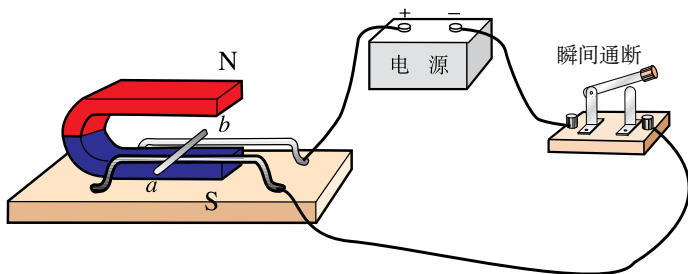


图16-4-1 通电导线在磁场中受力

实验表明,通电导线在磁场中会受到力的作用,力的方向跟电流的方向、磁场的方向都有关系。当电流的方向或者磁场的方向反向时,通电导线受力的方向也变得相反。如果电流的方向和磁场的方向都变得相反,通电导线受力的方向则不变。

换向器

如果把一个通有电流的线圈放到磁场中,它会怎样运动?



观察与实验

通电线圈在磁场中转动

如图16-4-2所示,使线圈位于磁体两极间的磁场中。

使线圈静止在图16-4-2乙所示位置上,闭合开关,观察线圈的转动情况。

使线圈静止在图16-4-2甲所示位置上,闭合开关,观察线圈的转动情况。

使线圈静止在图16-4-2丙所示位置上,闭合开关,观察线圈的转动情况。

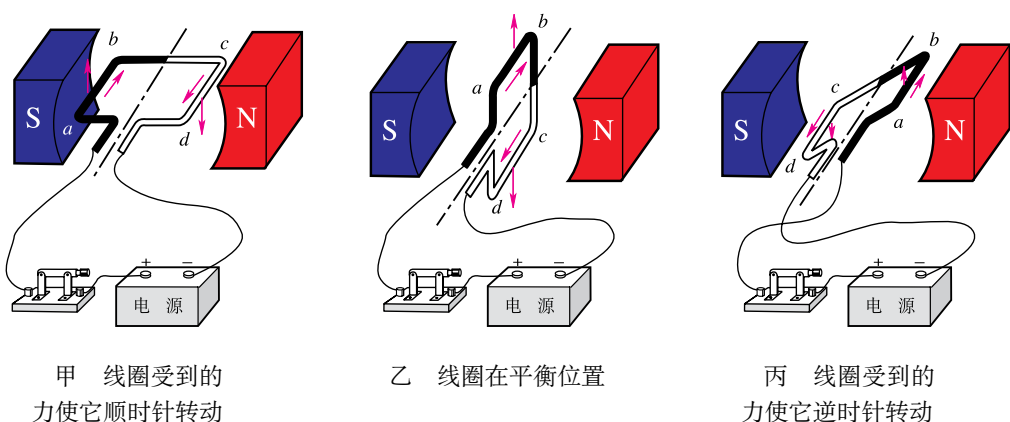


图16-4-2 通电线圈在磁场中转动

使线圈静止在图乙位置，闭合开关，会发现线圈并没有运动。这是因为线圈上下两个边受力大小一样、方向却相反。这个位置是线圈的平衡位置。

使线圈静止在图甲位置，闭合开关，线圈受力沿顺时针方向转动，能靠惯性越过平衡位置，但不能继续转下去，最后要返回平衡位置。

使线圈静止在图丙位置，这是刚才线圈冲过平衡位置以后所能到达的位置。闭合开关，线圈沿逆时针方向转动，说明线圈在这个位置所受到的力是阻碍它沿顺时针方向转动的力。

线圈不能连续转动，是因为线圈越过了平衡位置以后，受到磁场对它的力阻碍了它的转动。如果在越过了平衡位置后及时改变电流方向，线圈不就能连续转动下去了吗？那么，用什么方法改变电流方向呢？

直流电动机是通过**换向器**来实现这项功能的。

换向器的构造如图16-4-3所示，两个铜半环 E 和 F 跟线圈两端相连，它们彼此绝缘，并随线圈一起转动。 A 和 B 是电刷，它们跟半环接触，使电源和线圈组成闭合电路。这样，无论线圈的哪个边，只要处于靠近磁体 S 极的一侧，其中的电流都是从左向右流去，这时它的受力方向总是相同，线圈就可以不停地转动下去了。

直流电动机有多个线圈，每个线圈都接在一对换向片上。有的直流电动机还用电磁铁来产生强磁场。

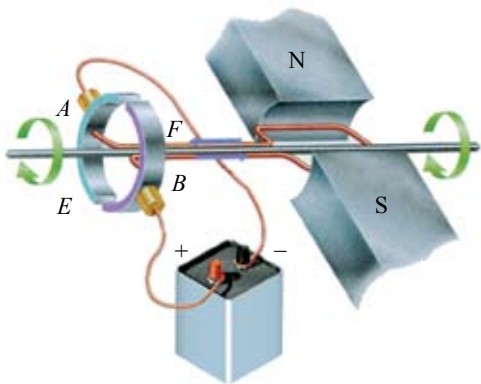


图16-4-3 换向器

生活中的电动机

观察电动机，可以看到它由两部分组成：能够转动的线圈和固定不动的磁体。在电动机里，能够转动的部分叫做转子，固定不动的部分叫做定子。电动机工作时，转子在定子中飞快地转动，电能转化为机械能。

电动机结构简单、控制方便、体积小、效率高、功率可大可小，广泛应用在社会生活中。电灌站、机床都由电动机提供动力；电车、电力机车也都以电动机为动力。电动机不像内燃机那样污染环境，应该提倡以电为动力。目前，由太阳能或蓄电池提供能源的电动汽车的研究已经进入实用阶段。随着科学技术的发展和社会的进步，电动机和人类的关系将越来越密切。



图16-4-4 电动机和转子



动手动脑学物理

1. 电动机有哪些组成部分？它的工作原理是什么？
2. 一台直流电动机的额定电压是220 V，额定功率是5.5 kW，它正常工作时的电流有多大？连续工作2 h耗电多少？
3. 设计一个电路，使电动机在人的操作下既能正转，也能反转。电动机的符号是“ $\text{---}(\text{M})\text{---}$ ”。

第五节 磁生电 ●●●

奥斯特的实验表明，电流的周围存在着磁场。既然电可以生磁，那么磁能否生电呢？英国物理学家法拉第经过10年的探索，在1831年发现了利用磁场产生电流的条件和规律。法拉第的发现进一步揭示了电和磁之间的联系。下面，我们就沿着法拉第的脚印来探究磁怎样生电。

什么情况下磁能生电

观察与实验

探究什么情况下磁可以生电

如图16-5-1所示，在蹄形磁体的磁场中悬挂一根导线，导线的两端跟电流表连接，组成闭合电路。

1. 保持导线在磁场中静止，观察电流表指针是否偏转；换用灵敏电流表，观察电流表指针是否偏转；换用强磁体，观察电流表指针是否偏转；换用多匝线圈，观察电流表指针是否偏转。

2. 让导线在磁场中上下运动、左右运动、斜向运动，观察电流表指针是否偏转。若偏转，偏转的方向是否相同？

3. 保持磁场方向不变，改变导线运动方向，观察电流表指针的偏转方向是否相同；保持导线运动方向不变，改变磁场方向，观察电流表指针的偏转方向是否相同；同时改变磁场方向、导线运动方向，观察电流表指针的偏转方向是否变化。

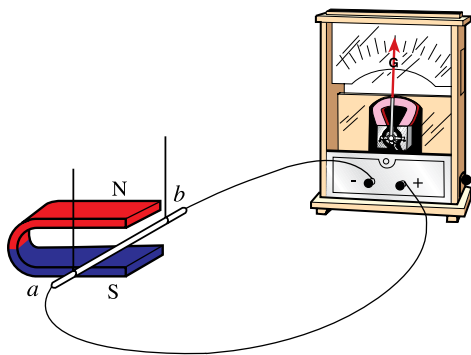


图16-5-1 什么情况下在磁场中的导体能够产生电流

上述实验表明，导线在磁场中静止、上下运动时不产生电流，左右运动或倾斜运动时产生了电流。导线中电流的方向，跟导线运动的方向、磁场的方向有关。如图16-5-2所示，如果把磁感线想象成一根根实实在在的线，把运动导线AB想象成一把刀，描述起来就方便了。因此，当闭合电路的一部分导线在磁场中做切割磁感线的运动时，导线中就会产生电流。

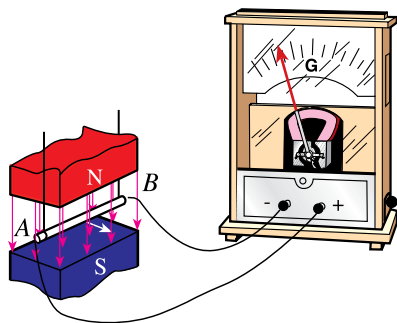


图16-5-2 导线在磁场中怎样运动才能产生感应电流

电磁感应现象

闭合电路的一部分导线在磁场中做切割磁感线运动而产生电流的现象，叫做**电磁感应** (electromagnetic induction) 现象，产生的电流叫做**感应电流** (induction current)。电磁感应现象中，机械能转化为电能。



图16-5-3 法拉第

法拉第

迈克尔·法拉第 (Michael Faraday, 1791–1867), 英国物理学家、化学家, 是自学成才的科学家。法拉第生于萨里郡纽因顿一个贫苦铁匠家庭, 仅上过小学。1831年, 他发现了电磁感应现象, 极大推动了人类文明的进程。

法拉第专心从事科学研究, 淡泊名利。许多大学欲授予他名誉学位, 他均婉言拒绝, 也谢绝封爵。



地磁场能发电吗

闭合电路的一部分导线只要在磁场中做切割磁感线的运动就会产生电流。地球是一个大磁体, 在地磁场中运动的导线会不会也能产生电流呢?

答案是肯定的。但是由于地磁场太微弱, 产生的电流很小, 人们感觉不到。有的海鱼游动时能感知海水在地磁场中流动产生的微弱电流, 依靠这种电流确定洄游的方向。

1992年7月31日, 美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机升空成功, 并于升空后的第四天(8月4日)进行了一次卫星悬绳发电试验。宇航员从航天飞机上释放了一颗卫星, 这颗卫星像风筝一样, 被一根长长的导体系统绳拴着, 在太空中飘游。导线在切割磁感线时, 必须将这一导线构成一个闭合电路, 电路中才会出现感应电流。怎样才能构成闭合电路呢? 航天飞机上装有一个电子枪, 把电子发射到电离层, 这样就形成一个闭合电路, 导体系统绳中就不断有电流流过, 电流的大小可由电子枪发射电子的多少来控制。这是人类首次利用绳系卫星实现在太空发电的梦想。

然而, 试验的过程并不像预想的那样顺利。由于绳索缠绕, 航天员不得不终止了试验, 并于8月6日上午安全返回地面。尽管试验未能完成预定的任务, 但系绳放出250 m时, 在系绳上已产生了40 V的电压, 至少证明利用绳系卫星发电是可能的。



动手动脑学物理

1. 图16-5-4中的 a 表示垂直于纸面的一根导线，它是闭合电路的一部分。它在磁场中按箭头方向运动时，在哪种情况下会产生感应电流？

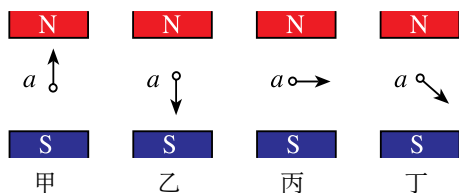


图16-5-4

2. 闭合电路中，有电源才有电流。在电磁感应现象中，你认为哪一部分电路相当于电源？

第六节 发电机

法拉第发现的电磁感应现象，进一步揭示了电现象和磁现象之间的联系。之后，人们发明了各种发电机。现在，电能已经广泛应用在社会生活的方方面面。那么，发电机是怎样发电的呢？

发电机原理

图16-5-2是一个最简单的发电装置的示意图。当导线向右运动时，电流表指针偏转，表明电路中产生了电流；当导线向左运动时，电流表指针向另一方向偏转，表明产生了另一方向的电流。如果导线左右往复运动，电流表指针来回摆动，就产生了**交变电流**（**alternating current**）。交变电流简称**交流**（**AC**）。



观察与实验

手摇发电机

图16-6-1是实验室用的手摇发电机，观察它的构造。

把手摇发电机跟灯泡连接起来，使线圈在磁场中转动，观察灯泡是否发光。

把手摇发电机跟电流表连接起来，使线圈在磁场中转动，观察电流表的指针怎样摆动。



图16-6-1 手摇发电机

实验表明,摇动发电机时,灯泡发光,表明电路中有了电流;电流表的指针随着线圈的转动而左右摆动,表明发电机发出的电流的方向是变化的。

为了把线圈中产生的感应电流输送给用电器,还要用铜环和电刷把线圈和用电器连接起来(图16-6-2)。

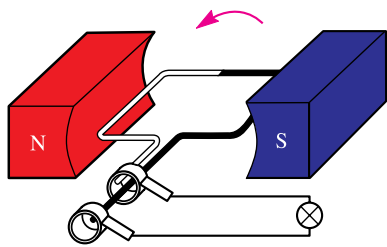


图16-6-2 交流发电机原理

交流发电机的工作过程如图16-6-3所示。

甲图中,线圈开始转动时, ab 边向左运动, cd 边向右运动,导线不切割磁感线,电路中没有电流。

乙图中,线圈转动的前半周中, ab 边向下运动, cd 边向上运动,导线切割磁感线,电路中有电流,这时外部电路中的电流由A到B。

丙图中,线圈转到 $1/2$ 周时, ab 边向右运动, cd 边向左运动,导线不切割磁感线,电路中没有电流。

丁图中,线圈转动的后半周中, ab 边向上运动, cd 边向下运动,导线切割磁感线,电路中有电流,这时外部电路中的电流由B到A。

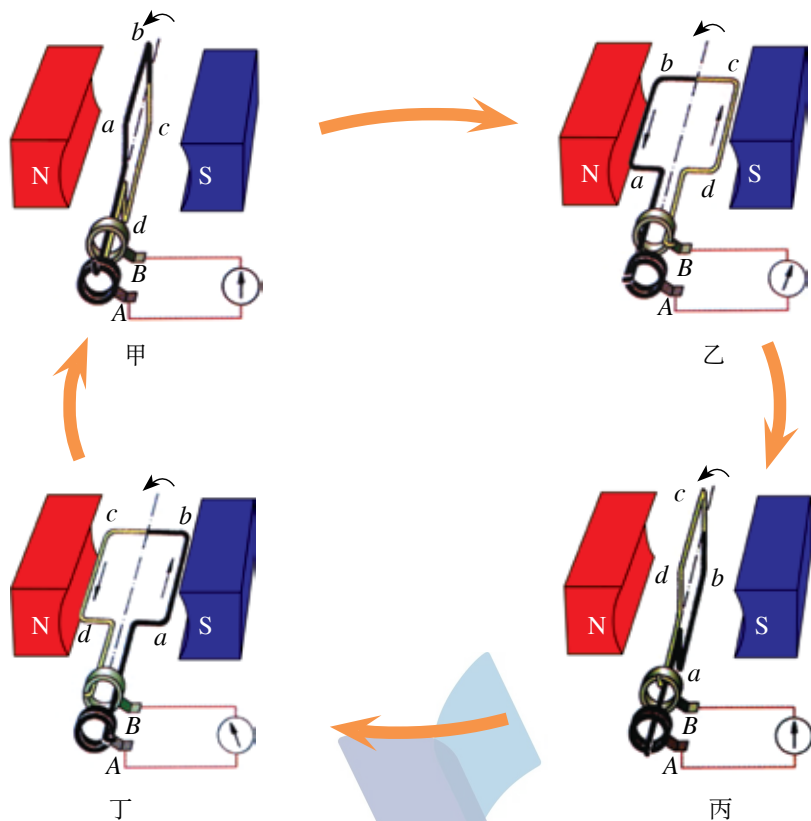


图16-6-3 交流发电机的工作过程

生活中的发电机

实际的发电机比模型式发电机复杂得多，但总体上仍是由转子（转动部分）和定子（固定部分）两部分组成。大型发电机产生的电压很高、电流很强，一般采取线圈不动、磁极旋转的方式来发电，为了得到较强的磁场，还要用电磁铁代替永磁体（图16-6-4）。

发电机发电的过程是能量转化的过程。实际的发电机靠内燃机、水轮机、汽轮机等机械带动，把其他形式的能转化为电能。



图16-6-4 发电机



柴油发电机



家用小型发电机



水力发电机组



汽轮发电机组

图16-6-5 各种发电机



第一台发电机

1831年，法拉第发现了电磁感应现象之后不久，又发明了世界上第一台发电机——法拉第圆盘发电机。这台发电机的构造跟现代的发电机不同，在磁场中转动的不是线圈，而是一个紫铜做的圆盘。圆心处固定一个摇柄，圆盘的边缘和圆心处各与一个黄铜电刷紧贴，用导线把电刷与电流表连接起来；紫铜圆盘放置在蹄形磁铁的磁场中（图16-6-6）。当法拉第转动摇柄，使紫铜圆盘旋转起来时，电流表的指针偏向一边，说明电路中产生了持续的电流。



图16-6-6 法拉第演示圆盘发电机

法拉第圆盘发电机结构简单，有人说它像一个简陋的儿童玩具，产生的电流甚至不能让一只小灯泡发光。但这是世界上第一台发电机，它揭开了机械能转化为电能的序幕。后来，人们根据法拉第圆盘发电机的基本原理——电磁感应原理，制成了功率较大的、各种各样的发电机。

当法拉第在英国皇家学会上表演他的发电机时，一位贵夫人问他：“这玩意儿有什么用呢？”法拉第回答：“夫人，您不应当问一个刚出生的婴儿会有什么出息，谁也不能预料婴儿长大成人之后会怎么样。”

近两个世纪过去了，正是当初这简陋的、不成熟的圆盘发电机把人类带入了电气时代。



动手动脑学物理

1. 发电机的工作原理是什么？
2. 发电机有哪些组成部分？发电机工作时能量怎样转化？
3. 电池产生的电流方向不变，称为直流。观察手摇发电机灯泡的发光与手电筒灯泡的发光，能看出它们有什么不同吗？



做中学

让线圈转起来!

工具与材料

漆包线 1.5 m, 小刀 1 把, 硬金属丝约 1 m, 木板 1 块, 干电池 2 节, 电池盒 1 个, 导线 2 条, 条形磁铁 1 块。

制作方法

1. 把一段漆包线绕成 $3\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的矩形线圈, 漆包线在线圈的两端各伸出约 3 cm (图 16-1 甲)。然后, 用小刀刮两端引线的漆皮, 一端全部刮掉 (图 16-1 乙), 另一端只刮上半周或下半周 (图 16-1 丙)。

2. 用硬金属丝做两个支架, 固定在木板上。两个支架分别与电池的两极相连 (图 16-2)。

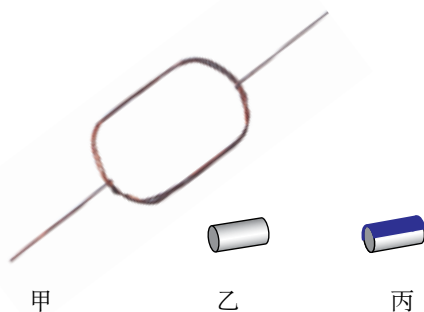


图16-1 小小电动机的线圈

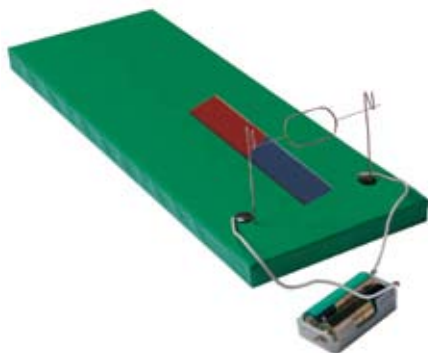


图16-2 小小电动机

3. 把线圈放在支架上, 磁铁放在线圈下。用手轻推一下线圈, 线圈就会不停地转下去。

交流与思考

为什么漆包线的一端只刮掉半圈呢?





学到了什么

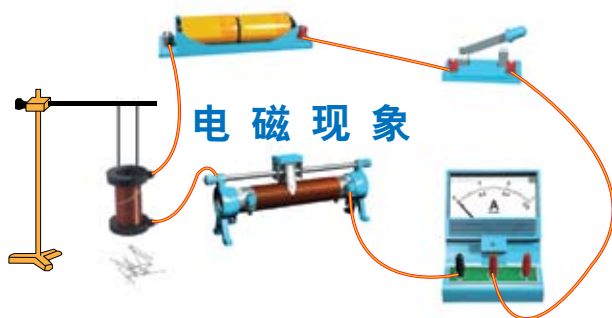
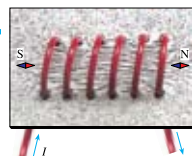


磁现象



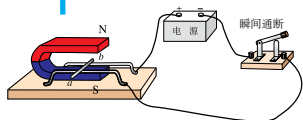
奥斯特

电生磁



电磁现象

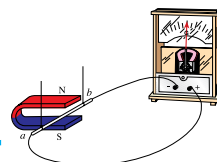
磁场对通电导线的作用



磁生电



法拉第



第十七章

电磁波

从古至今，人类的活动离不开信息的收集、传递与使用。从烽火狼烟到驿站快马，从鸿雁传书到电报电话，从收音机到电视机，这些是信息传播手段、方式、内容的一次次革命。而这一切，离不开物理学研究的重大突破，也离不开科学技术的飞速发展。



第一节 电话 ●●●



想想议议

古代人、近代人、现代人各用什么方法传递信息？



图17-1-1 信息传递方式的演变

在我国古代，曾经流传着“顺风耳”的神话传说，反映了人们想要冲破空间的阻隔互通信息的美好向往。1876年，贝尔发明了电话（图17-1-2），人们的这一愿望得以实现。100多年来，电话技术有了很大的发展。现在，我们的生活已经离不开“现代顺风耳”——电话了。



图17-1-2 1892年，贝尔在纽约至芝加哥的电话线路开通仪式上



甲 话筒把声音信号变成变化的电流



乙 听筒把变化的电流变成声音

图17-1-3 电话

电流把信息传到远方

最简单的电话由话筒和听筒组成。人对着话筒说话，话筒把声音的振动转化成变化的电流；电流经过对方听筒，听筒又把它转化成振动，使人听到声音。振动→变化的电流→振动，这就是电话的基本原理。

老式电话机话筒（图17-1-4）中有一个装着碳粒的小盒子。当你对着话筒讲话时，由于声音的振动，膜片时紧时松地压迫碳粒，它们的电阻随之发生改变，流过碳粒的电流就会相应改变，于是形成了随声音变化的电流信号。

电话机听筒内有一个电磁铁，铁芯上绕着线圈，电磁铁可以吸引一块薄铁膜片。由于线圈中电流不断变化，电磁铁对膜片的作用也随之变化，使膜片振动，在空气中形成声波，这样就可以听到对方的讲话了。

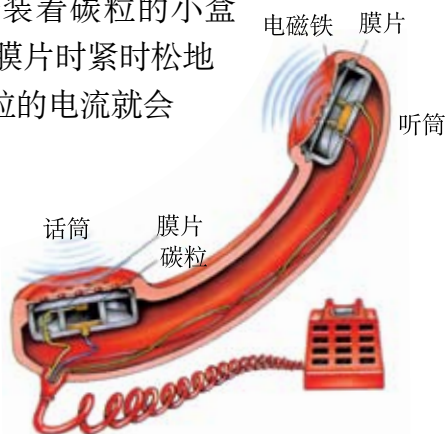


图17-1-4 老式电话机话筒和听筒



动圈式话筒与扬声器

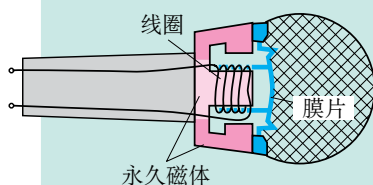


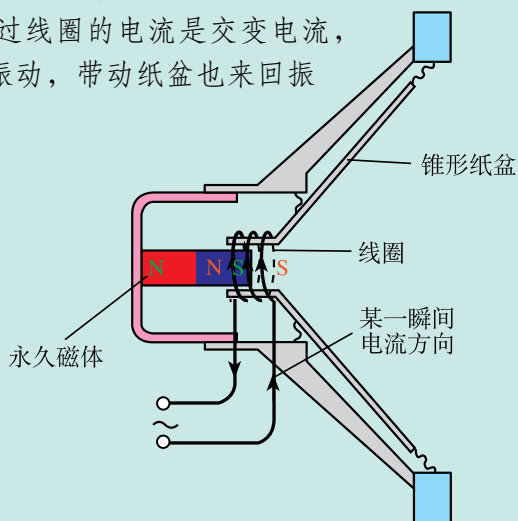
图17-1-5 动圈式话筒

现在，除了碳粒话筒外，还有其他许多种类的话筒，它们都能把声信号变成电信号，如动圈式话筒（图17-1-5），对着话筒说话时，声音使膜片振动，与膜片相连的线圈也一起振动，线圈在磁场中的运动能产生随着声音变化而变化的电流。

扬声器（图17-1-6甲）是把电信号转换成声信号的一种装置。图17-1-6乙是扬声器构造示意图，它主要由固定的永久磁体、线圈和锥形纸盆构成。由于通过线圈的电流是交变电流，它的方向不断变化，线圈就不断地来回振动，带动纸盆也来回振动，于是扬声器就发出了声音。



甲 外形结构



乙 构造示意图

图17-1-6 扬声器

电话交换机

电话刚问世的时候，一部电话机是通过一对电话线与另一部电话机相连的。一部电话机要与多少部电话机通话，就要有多少对电话线与外部相连。这样太浪费材料了。为了提高线路的利用率，人们发明了电话交换机。现在，除有特殊需要的极少数电话还要通过专线连接外，一般电话之间都是通过电话交换机来转接的。一个地区的电话都接到同一台交换机上，每部电话都编上号码。使用时，交换机把需要通话的两部电话接通，通话完毕再将线路断开。

如果在一台交换机与另一台交换机之间连接上若干对电话线，这样，两个不同交换机的用户也能互相通话了（图 17-1-7）。



图17-1-7 程控电话交换机和操作台



科学世界

模拟通信和数字通信

信号分模拟信号和数字信号两种。在话筒将声音转换成信号电流时，这种信号电流的频率、振幅变化的情况跟声音的频率、振幅变化的情况完全一样，“模仿”着声信号的“一举一动”。这种电流传递的信号叫做模拟信号，使用模拟信号的通信方式叫做模拟通信。

传递信息除了可以用模拟信号外，还可以用另外的方式。例如，用点“·”和横“-”的组合代表各种数字，一定的数字组合代表一个汉字；于是，一系列“·”和“-”组成的信号就可以代表一个完整的句子了。“电报”信号就是这样组成的（图17-1-8和图17-1-9）。像这样用不同符号的不同组合表示的信号，叫做数字信号，这种通信方式叫做数字通信。

1 · ----	A · -
2 · · ----	B - · · ·
3 · · · ----	C --- · ·
4 · · · · -	D - · ·
5 · · · · ·
6 - · · · ·
7 -- · · ·	
8 --- · ·	
9 ---- ·	
0 -----	

图17-1-8 莫尔斯电码

哈0761	骸7546	孩1326	海3189	氦8640
亥0075	害1364	骇7480	酣6799	憨2003
邯6725	韩7281	含0698	涵3211	寒1383
函0428	喊0815	罕4988	翰5060	撼2338
捍2194	旱2487	憾2013	悍1880	焊3549
汗3063	汉3352	夯1137	杭2635	航5300
			

图17-1-9 汉字电报码

实际上,不仅可以用“·”和“-”,还可以用长短不同的声音、长短不同的亮光,甚至可以用电压(或电流)的有无、磁体的两极或“0”“1”两个不同的数字等组成各种数字信号,用来传递丰富多彩的声音、图像等信息。

模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中,信号电流的波形会改变,表现为声音、图像的失真,严重时会使通信中断。

通常的数字信号只包含两种不同的状态,形式简单,抗干扰能力特别强。由于电子计算机是以数字形式工作的,数字信号可以很方便地用电子计算机加工处理,发挥电子计算机的优势。数字信号还可以通过不同的编码进行加密。



动手动脑学物理

1. 图17-1-10是老式电话机的原理图。碳粒话筒相当于一个变阻器,膜片振动把碳粒压紧和放松时,相当于图中膜片带动滑片左右移动,使滑动变阻器的电阻随之发生变化,引起电路中的电流发生相应的变化。听筒中有一个电磁铁,当线圈中的电流变化时,它对旁边铁质膜片的引力也随着改变,使膜片来回运动。因此,听筒中膜片往返运动的频率跟话筒膜片振动的频率相同,这样,从听筒中就听到了对方说话的声音。请具体分析:话筒膜片由静止到向左、向右运动时,听筒中原来静止的膜片会怎样运动?



图17-1-10 老式电话机的原理图

2. 现在常用的动圈式耳机,其构造跟图17-1-6中的扬声器相同,不过耳机的体积小很多。图17-1-5是动圈式话筒,其构造和动圈式耳机类似。因此,用两只动圈式耳机就可以制作一部最简单的电话:一只当话筒,另一只当听筒,两耳机之间用一对导线连起来。这样,对着一只耳机说话,在另一只耳机里就能听到说话声。这部电话是没有电池的,从能量转化的角度看,一只耳机处是磁生电,另一只耳机处是电生磁。请问:磁生电和电生磁的两只耳机中,哪只是话筒,哪只是听筒?