

机械工业知识丛书

电动机

上海市电器科学研究所编



机械工业出版社

机械工业知识丛书

电动机

上海市电器科学研究所编



机械工业出版社

电 动 机
上海市电器科学研究所编
(只限国内发行)

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可延出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 2 · 字数 49 千字
1975 年 2 月北京第一版·1975 年 2 月北京第一次印刷

印数 00,001—73,000 · 定价 0.19 元

*

统一书号: 15033 · (内)612

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国机械工业欣欣向荣，蓬勃发展，形势很好。

“中国靠我们来建设，我们必须努力学习。”为了适应机械工业发展的需要，我们请有关单位编写了一套《机械工业知识丛书》，供机械行业的领导干部、管理人员和有关同志参考。

《电动机》为本丛书之一。书中通俗扼要地说明了电动机在国民经济中的地位与作用，电动机的基本原理、结构和制造方法。重点介绍了中小型电动机的发展概况、类型、用途和型号编制方法等。书后附录为各类电动机的外形照片和异步电动机起动控制接线示意图，供读者参阅。

本丛书在编写过程中，承各编写单位大力支持，做了大量的工作，我们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

第一章 电动机基本原理	1
一、什么是电动机	1
二、电磁作用产生动力	1
三、电动机旋转原理及基本结构	8
第二章 电动机在国民经济中的作用	17
第三章 中小型电动机发展概况	18
第四章 电动机类型、型号及用途	21
一、电动机类型	21
二、电动机型号	25
三、电动机品种及其用途	27
第五章 电动机的制造	38
一、电动机制造特点	38
二、电动机制造方法及成品检验	39
附录	55
附录一 各类电动机外形图	55
附录二 异步电动机起动控制接线示意图	59

第一章 电动机基本原理

一、什么是电动机

电动机又叫马达[●]，也有把它叫做电滚子的。

把电动机接上电源，它就能转动起来，借以拖动各种各样的机器。一切现代化工农业生产及日常生活中，大而至于大型轧钢机、大型纸浆机、大型水泵、鼓风机、电力机车，小而至于理发用的电剪刀、电吹风以及电钟等，处处都需要电动机。单机容量大的有上万千瓦，小的仅仅只有几瓦或者若干分之一瓦。本书主要是介绍中小型电动机，即功率在1~1000千瓦范围以内的。

电动机虽然种类繁多，大小悬殊，但基本原理是一样的，都是由电磁作用产生动力。

二、电磁作用产生动力

1. 电的名字的由来

据说最早发现电的是一个名叫退利斯的希腊哲学家，那是公元前六百多年前的事，他发现一种透明、黄褐色的石块——琥珀（硬化松脂），如使劲用皮毛摩擦以后，就能吸起麦杆的碎渣、灰土、枯的叶片、羽毛或其他衣服上扯下来的丝线等轻微东西。这就是我们现在所说的摩擦生电现象。因此，“电”的外文名字就是希腊字“琥珀”。到十七世纪，一位名叫吉尔勃的英国物理学家，发现很多别的物体，象玻璃、宝石等也会发生这种现象，他把这种物体叫做“电体”。

2. 电的本质

物体都是由很小的物质，即各种不同的原子所组成的。每个

● 马达是英文 motor 的译音。

原子的中心有一带阳电荷（+）的微小核心，叫原子核，在核的周围围有许多更小的微粒，叫做电子，带有阴电荷（-），它以很高的速度绕着原子核旋转（好像地球和太阳系许多其他行星绕着太阳旋转一样，见图1）。平时阴阳电荷相等，在原子外不显现电的现象。

物体相互摩擦时分布在某一物体表面上的有些原子释放出它们的部分电子，并且转移到另一个摩擦物体上。失去部分电子后的物体呈阳性，称为阳极或正极（+），获得过剩电子后的物体呈阴性，称为阴极或负极（-）。

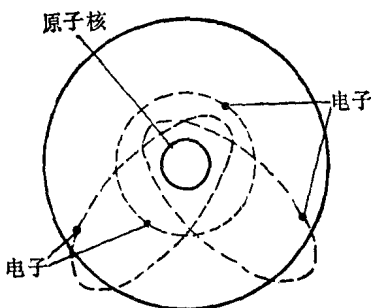


图 1

3. 电流

过剩电子集中在物体的表面不移动的时候，就是静电；如果电子成群地流动的时候，就成为电流。

电子在金属线里比较能够自由流动，但在另一些物质里，却不容易自由流动。前者叫导体，如银、铜、铝、铁线等，通称为导线。后者为不导体，通称绝缘体，如玻璃、丝、纱、油漆、树脂、陶瓷器、石蜡、橡皮、云母和干燥木材等。

要使电子流动，第一要有导线；第二要在导线两端造成正负极性，产生电动势（即促使电子流动的动力），或称电压差，即一端要缺少电子，成正极，另一端要有过多的电子，成负极。电厂里的电是从发电机发出来的，发电机的作用，就是一直创造一端电子过多和另一端电子缺少即电压差的条件。因此用导线把发电机的两头接在电灯上，便有电流流过电灯，使电灯发光。如果发电机两端接在电动机两端，便有电流流过电动机，使电动机转动起来。电流实际上是电子从负极（-）流动到正极（+）。但习惯上一直沿用电流的方向是从正极流到负极的。

我们常用箭头表示电流方向。电流沿导线流动时，就在导线上绘一箭头，以表示电流方向。从导线的横截面上看电流方向时，用图 2 所示的方法来表示：如图 2

(1) 上小圆点 “ $\cdot$ ” 表示电流向外流出导线；如图 2 (2) 上 “ $+$ ” 表示电流向内进入导线。

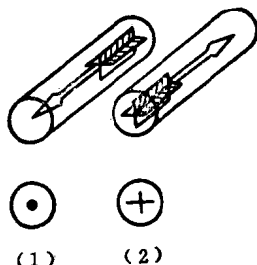


图 2

(1) 电流向外流；(2) 电流向内流

电流的种类分为直流和交流两种。电流流动方向不变的叫直流电，电流流动方向周期性变换的叫交流电，每秒时间内的这种变换次数叫频率。现在电力工业上常用频率有两种，50赫芝^①和60赫芝，我国采用50赫芝为标准频率。

电流的单位为安培，简称为“安”(或以“A”表示)。

4. 电压

对同一电路来说，电流的大小，是由电压大小决定的。这和水流动必须要有水压一样（见图 3）。高处的水向低处流，是因为高处和低处有位差，水本身的重量成了压力，促使水向下流。水泵能提高水位产生压力，因此也能造成水流。和这个道理一样，让电流通过导体，也必须要有压力，这个压力就叫做电压。图 4 所示电流所以能够流过灯泡，是相当于水泵一样的发电机在这里提高了电压的缘故。

电压的单位为伏特，简称为“伏”(或以“V”表示)。

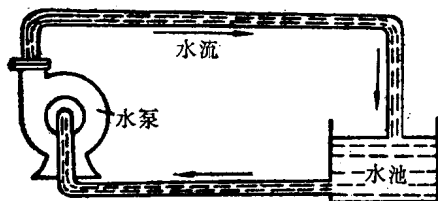


图 3

① 赫芝是频率的单位，为每秒的周波数，如50周/秒为50赫芝。

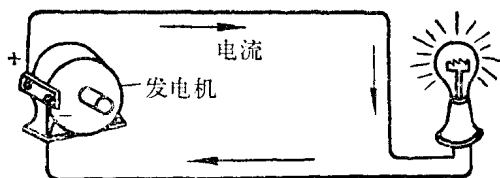


图 4

5. 电阻

如前所述，能够通过电流的物质叫做导体，不能通过电流的物质就叫做绝缘体。可是同样导体，由于物质结构不同，有的很容易让电子流通，有的不很容易让电子流通。如铜和铁虽然都是导体，电流流过铁要比流过铜困难，我们就用电阻两字来说明，就是说在同样的截面积和长度并在同样电压作用下，铁的电阻比铜大，因此，任何材料的电阻表明电流通过该材料难易和大小程度。绝缘体很难通过电流，我们说它的电阻很大。

表明电阻的单位叫做“欧姆”(或以“ Ω ”表示)。

6. 永久磁铁

一块天然磁铁矿或人造磁铁，它能够吸引铁末或其他的铁件，这种吸引现象称它为磁，而具有磁性的铁块称为磁铁。

磁铁的性质：

1) 指南北性——罗盘仪里的磁针，当它停止摆动时，必有一头指北，而另一头指南，如图 5。指北方向的一头叫作磁针的南极，用 S 表示，指南方向的一头叫做磁针的北极，用 N 表示。

2) 同极相斥，异极相吸的性质——如图 6，通过实验可知，同性磁极间互相排斥，异性磁极间互相吸引，就是说北极与北极互相有排斥力，南极与南极也相斥；南极与北极则互相吸引。

如果将一条磁铁放在玻璃板下面，然后在玻璃板上撒布铁粉，磁力的作用会使铁粉排列成如图 7 所示的图形，铁粉是按照一定规律的路线排列的，这种线叫做磁力线。磁力线穿过磁铁本身，从 N 极向外分散，再集中到 S 极进入到磁铁里面。标志着各

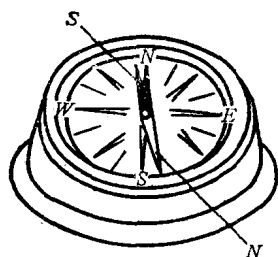


图 5

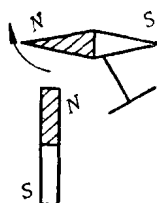


图 6

点磁力的强弱分布与作用的方向。许多磁力线归集在一起叫做磁束或磁通。受磁力作用的整个空间领域，叫做磁场。

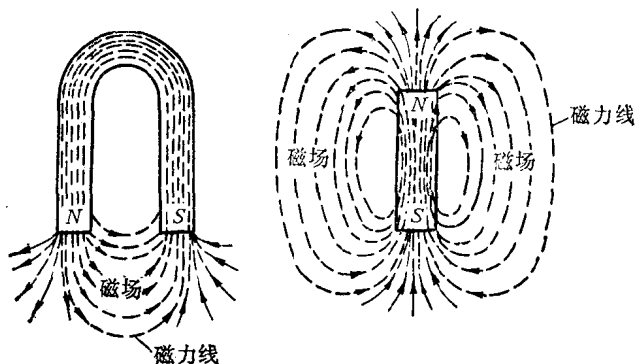


图 7

7. 电流的磁作用

1) 电流和磁力线

电流流过的地方，总要产生磁的作用。电流通过导线时，围绕着电线会有很多卷成环状的磁力线，说明通电的导线周围有磁场，如图 8 所示。如果中断电流，磁力线就消失了。电流越强，磁力线就越多。

电流的方向和磁力线的方向有一定关系，如图 9 所示，用有

手握住导线，大拇指所指的方向是电流通过的方向，则其它四个指头所指示的方向就成为磁力线的方向。

2) 线圈的磁力线

上面讲的是一根直的导线通过电流发生磁力线的情形。如果把导线卷成螺旋形状（叫做线圈），再通上电流，磁力线就会通过线圈中，从一头钻出，经过外侧，又向另一头返回去。这个线圈就像一块磁铁一般，它的作用也和磁铁一样，见图10所示。

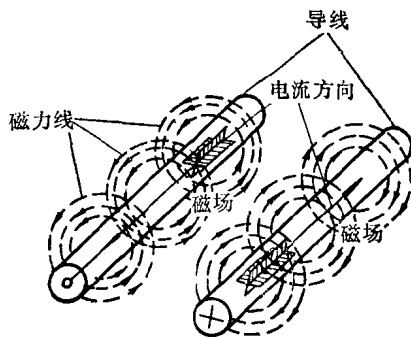


图 8

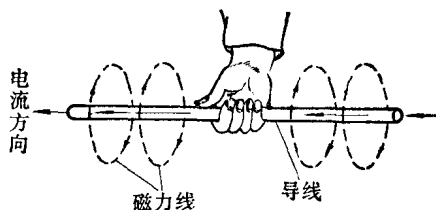


图 9

至于通电线圈的那一头是 N 极，那一头是 S 极，要按电流的方向来决定。如图11所示，用右手握住线圈，此时四指所指的方向是电流流过的方向；则大拇指所指就是 N 极极向，如电流方向相反，则 N 极和 S 极的方向也相反。

3) 电磁铁

如果拿普通铁棒插在上面所讲的线圈中，因为铁是磁阻（对磁力线通过的阻力）很小的物质，磁力线就会比没有插入铁棒时

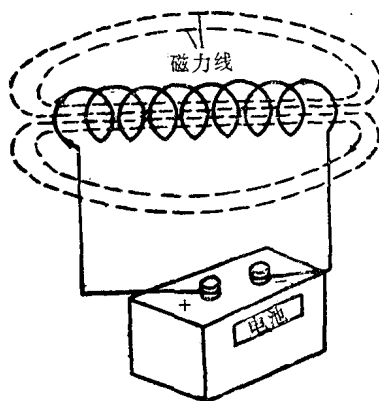


图 10

多得多，并且大都贯穿在铁里面，吸铁的力量也将比以前大得多。所以普通铁棒插入线圈就变成了磁铁，这就是所谓电磁铁，见图12所示。

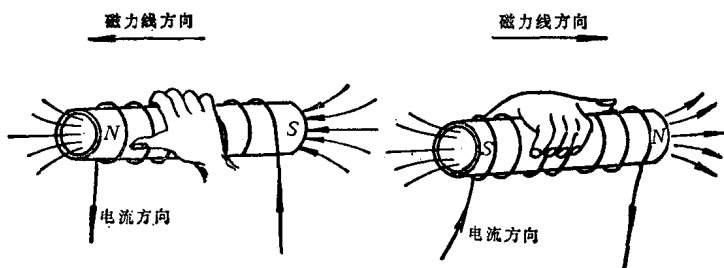


图 11

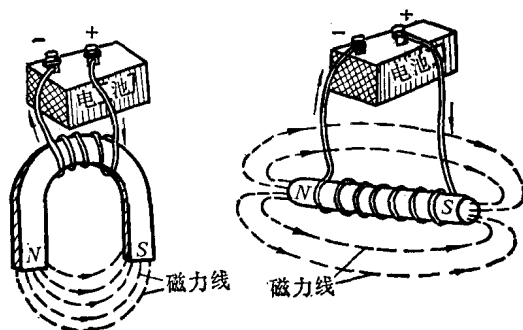


图 12

电磁铁的强度随着电流的安培数和线圈圈数（匝数）的乘积的增大而加强，这个电流和线圈数的相乘积就是能够产生出磁力线的力，把它叫做磁势，用“安匝”表示。

8. 磁力线与电流之间的力

如前所述，通过电流的地方，就有磁力线出现。通过实验，如图13所示，将通电的导线放在U形磁铁中，使与磁铁的磁力线成直角（ 90° ），导线就会朝着一定的方向移动，如把通进导线里的电流方向反过来，导线移动方向也跟着返过来；如电流加大，

导线移动的力也就加强。这就是电动机转动的基本原理。每一个电动机中，都装着许多根铜线，有的用来产生磁场，有的在通电后，在磁场里就受到很大的力，使电动机转动起来。

带电导线为什么会在磁场中移动？首先说一说磁力线的性质。磁力线像拉长的橡胶带一样，如果强制弯曲它，它总是要缩成最短的距离，看一看图14(1)、(2)所示。(1)是表明U形永久磁铁两极间平时磁力线的分布状态，(2)是表明铜线上电流通过时发生磁力线

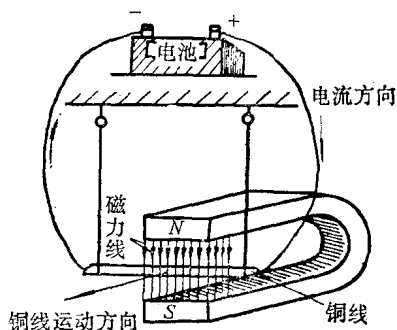


图 13

的分布状态。把(2)插在(1)中间，那么两种的磁力线合在一起，就会变成图14(3)所示的样子。在导线上边，因为永久磁铁的磁力线和铜线产生的磁力线是同向，磁力线就增多，互相拥挤而弯曲。在铜线下边，永久磁铁的磁力线和铜线的磁力线方向相反，因而互相抵消，非常稀薄。于是就象箭头所指的方向，上边的磁力线就会把铜线向下推动。

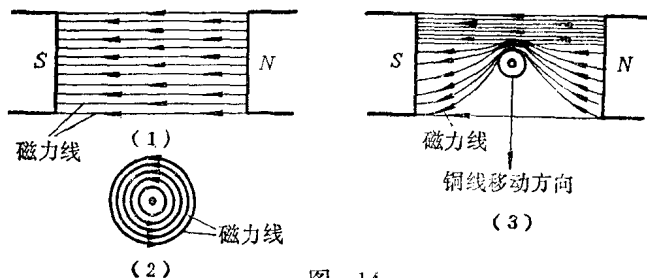


图 14

三、电动机旋转原理及基本结构

1. 电动机旋转原理

1) 直流电动机旋转原理

电动机是利用磁力线和电流之间的力作用而旋转的。参看图 15, 用铜线做线圈 1 装在轴 2 上, 再把线圈的两端接在换向片 3、4 上, 然后把线圈放在磁铁 N 极和 S 极的中间, 也就是放在通过磁力线的磁场中间。线圈上接通电流, 于是电流就会象箭头所示的方向, 由电池正极从电刷 5 换向片 3 流进线圈左侧, 再从线圈右侧流出, 经换向片 4 电刷 6 回到电池负极。如果把这样的线圈和磁铁共同横断切开来看, 那末电流的方向 $\odot$ 和 $\oplus$ 的磁力线的方向就会像图 16 所示的样子, 因此线圈的右侧就被向下推动, 左侧就被向上推动。线圈是以轴为中心的, 所以就按箭标的方向旋转起来。按图 15 的旋转方向, 线圈转过 90 度时, 那末以前接触电刷 5 的换向片 3 就触在电刷 6 上, 接触电刷 6 的换向片 4 就触在电刷 5 上,

因此线圈中的电流方向和以前相反。而线圈在磁场中所处的地位也已改变, 如试以前述方法把两种磁力线加以综合, 则可以发现, 线圈仍会按同一方向继续旋转。实际直流电动机中线圈很多, 换向片也

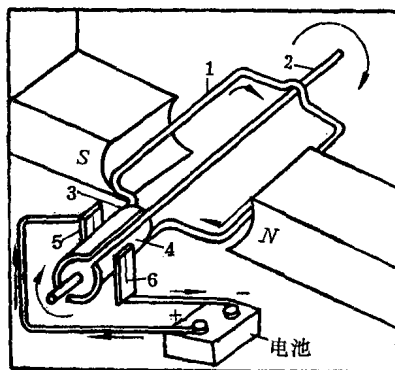


图 15

很多, 但产生的旋转方向是不变的, 这就是直流电动机电枢 (或叫转子) 旋转的基本原理。

2) 三相交流电动机旋转原理

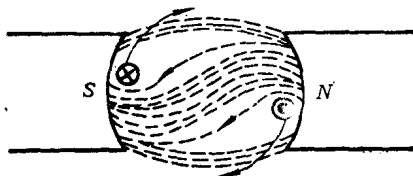


图 16

工业上用的交流电动机一般都是三相^①。主要有同步和异步两种。三相交流电动机都是产生旋转磁场而后带动转子工作的。旋转磁场是怎样产生的呢？我们可以做一个实验如图17，将A，B，C三个线圈互成120°角绑起来，将它们的一端X，Y，Z连接在一起，再把三相交流电分别通入这三相线圈另一端A，B，C中。这时可以看到置在中间的小磁针在轴上可沿A，B，C的顺序方向恒速旋转起来。这个事实说明三相交流可以建立一个稳定的恒速旋转磁场^②。小磁针就是由该三相电流建立的旋转磁场带动的。

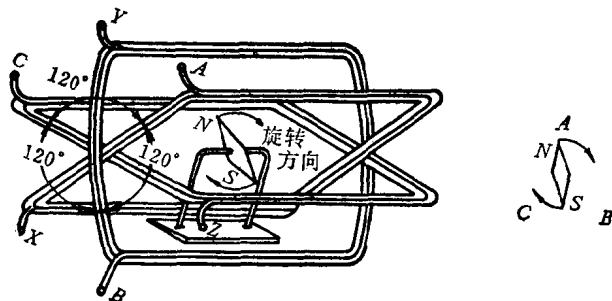


图 17

上面所说的三相线圈，每相分别由一组线圈组成，通入三相交流电，结果建立了两极（即一对极）旋转磁场，这就是电动机的“定子”部分。磁场旋转速度依交流频率50赫芝也为每秒钟50转，即每分钟3000转。如果用六个线圈，组成两个三相组，依次

- 由具有三个交变电流供电的电动机。电机有三根接线头，习惯上标以A，B，C。AB，BC，CA间的电压相等，但在时间上各差120度，其作用相当于三座单相电机合并组成。单相以上称为多相，而多相中以三相最为普遍。因为三相以上的电机制造费用较高。
- 三相交流电建立的磁场依次沿一定的方向推移，因一般电动机的定子都是做成圆形，所以磁场也就沿圆周旋转起来。

排列，则可建立四极（二对极）的旋转磁场，磁场旋转速度变慢了，为每分钟只旋转1500转。

交流同步电动机内部转动部分叫转子，它的旋转速度恒等于定子磁场旋转速度，因而电动机的每分钟转速是由定子的极数和交流电的频率而定，其关系如下式：

$$\text{电动机每分钟转数} = \frac{60 \times \text{交流电的频率}}{\text{极对数}}$$

异步电动机因其转子上导体不从外面通以电流，而由定子旋转磁场切割转子导体，先在导体中感应出电流，因而受到推力作用。所以异步电动机转子的转速要比旋转磁场的转速低一些。这个转子转速小于定子旋转磁场转速的差额跟定子旋转磁场转速之比叫做转差率^①（又叫滑差率或滑率）。异步电动机的转差率一般在10%以内。对于特殊配套要求，也可做到10%以上，即所谓高转差率异步电动机。

（1）异步电动机的旋转原理

三相异步电动机主要有鼠笼型和绕线型^②两种，它们的差别是在转子绕组结构形式的不同，但转子绕组都是处于闭合的短路状态。当电动机定子的三相绕组通以三相交流电时，产生一个旋转磁场，它与转子导体之间有相对运动，因而在转子导体内产生了感应电压与电流。如图18所示，假设磁场以转速

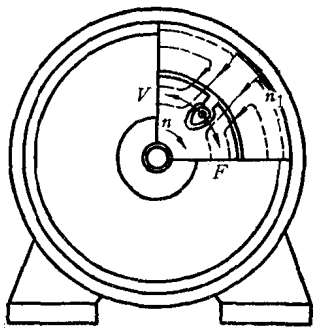


图 18

n_1 顺时针旋转，转子受了感应电流的作用也转起来，转速为 n ，

- ① 异步电动机，由空载到满载，转差率逐渐增大。换句话说，电动机将转得愈慢，不过转差率的增加量总的说来，还是比较小的，对其额定转速影响极小，因此它可以算是定速电动机。
- ② 鼠笼型即电动机的转子用导条嵌入槽内，形如鼠笼，见图24。绕线型即电动机转子用导线绕成绕组嵌入槽内。

则相当于转子导体以差速度 $V = n_1 - n$ 相对于磁场的反时针运动，根据感应电流的右手定则^①判定，导体电流方向在图18中是向外流的。上一节已讲到，处于磁场中的载流导体，会受到磁场力的作用，因为转子电流方向是向外流的，因而它受到磁场力 F 的作用，其方向也是顺时针的。异步电动机就是在这个力的作用下稳定地旋转。

(2) 同步电动机的旋转原理

同步电动机的转子，是由若干对南北磁极组成的。其旋转原理可用下述方法解释：定子的旋转磁场有如空间旋转的多极永久磁铁所建成的磁场，图19外圈表示这个磁场，内圈为转子磁极，是由转子绕组中通以直流电

产生的。我们知道，同极相斥而异极相吸。因此，如果能将转子转到接近同步转速

（即达到定子磁场旋转的转速），那末，到达如图19的位置时，转子磁极将被定子旋转磁场的磁极相对应吸引住，而使转子能随着定子磁场的转速而旋转。由此可见

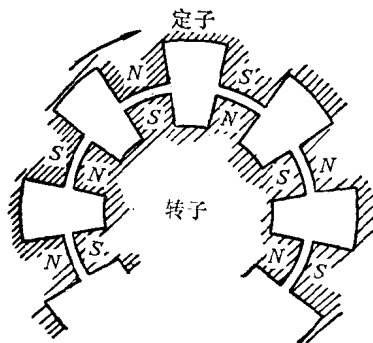


图 19

同步电动机只有在其转子磁极与定子磁场处于同一转数的情况下，也就是同步的情况下才能跟着继续运转，否则就要停下来。所以它也不可能自己起动，必须采取别的办法，使它达到同步速度，然后才能正常运行。同步电动机的起动一般采用以下方法：

① 利用辅助电动机帮助起动，使其达到接近同步，然后脱离辅助电动机，转子通直流电，被旋转磁场吸引住，跟着同步运转。

② 在同步电动机转子磁极上附加一个起动绕组，类似异

① 见图9。