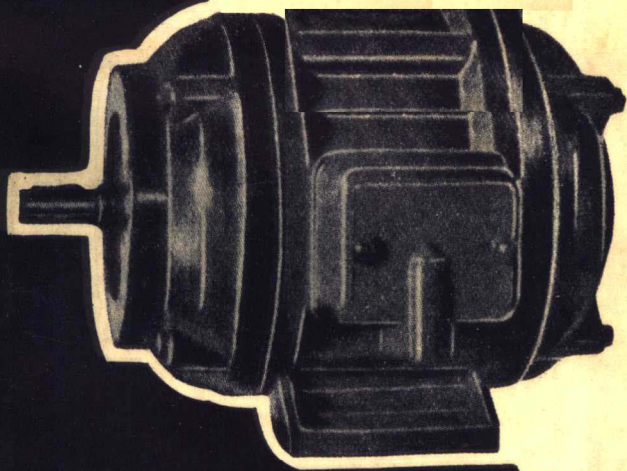


怎样使用和保养 感应电动机

許 萃 群



科学普及出版社

怎样使用和保养 感应电动机

許 萃 群

科学普及出版社

1958年·北京

本書提要

电动机，是我們建設社会主义中实现机械化、电气化，所不可缺少的一个重要的發动机，也是主要的机械能的来源之一。飞机、汽車、輪船、潜水艇，以至起重機、卷揚机和电鏈等，都少不了电动机，而其中用得最多的是感应电动机。由于工人缺乏电和电动机的知識，曾經出过不少事故，因此怎样使用和保养电动机的知識，是各个工業部門的干部和工人都希望知道的。本書內容实际，文字通俗，合乎工人和干部的要求。

总号：625

怎样使用和保养感应电动机

著 者： 許 萃 群

出版者： 科学普及出版社

(北京市西便門外柳樹溝)

北京市書刊出版登記證出字第091号

發行者： 新 華 書 店

印刷者： 北 京 市 印 刷 一 厂

(北京市西便門外大街21号)

开本：787 × 1092 $\frac{1}{2}$

印張：2 $\frac{1}{2}$

1958年4月第1版

字數：43,700

1958年4月第1次印刷

印數：8,100

統一書号：15051·95

定 价：(9) 角8分

目 次

前言	1
第一章 三相感应电动机是怎样轉起来的	2
第二章 怎样在运行中保护电动机	14
电动机的正确的起动方法	14
对运行中的电动机的監視和维护	23
第三章 怎样做好电动机的定期维护工作	33
第四章 电动机有哪些故障怎样来消除它們	58

前 言

电动机，南方俗称“馬达”；北方俗称“电浪子”。凡是有电的工厂里都要用到它。生产愈是机械化和电气化电动机也用得愈多，人們接触它的机会也愈多，因此对于这方面的知識非常迫切需要。特别是怎样使用和保养問題。电动机如果使用和保养不得当，非但要多耗电而且会出事故，既不能节约而且还要减产，所以使用和保养电动机的知識对增产节约也有着密切的联系。

电动机的种类很多，不能一一詳述。这本小册子里主要的是介绍应用最广、最多的三相感应电动机。内容有四个部分：三相感应电动机的轉动原理；怎样在运行中保护电动机；电动机的维护工作；怎样消除电动机的故障。

为了内容通俗易懂，本文避免了一切数学公式和 外文記号，并尽量采用了示意图。

第一章 三相感应电动机是怎样轉起来的

三相感应电动机是用得最广的交流电动机。它的構造簡單，使用也很方便，但是轉动原理却很复杂。甚至和它做了十几年老朋友的老師傅，往往也說不清它怎样轉起来的道理。現在用簡單易懂的办法来解釋一下。

如果在一塊光滑的玻璃板上放一枚磁針（就指南針），板下面放一塊馬蹄形的磁鐵（圖1）。当馬蹄形磁鐵轉动时，板上的磁針也会跟着旋轉。这个道理大家都知道，就是磁極的同性相斥異性相吸。但是如果將磁針換成一塊非常光滑而毫無磁性的鋁盤，当玻璃板下面馬蹄形磁鐵旋轉时，鋁盤也会跟着轉起来（圖2左），这又是什么道理呢？这个道理講起来就不太簡單了。將馬蹄形磁鐵北極上部的鋁盤放大了来看（圖2右）。鋁盤靜置在玻璃上，当板下馬蹄形磁鐵的北極順着时針方向向前移动时，在鋁盤上由于电磁感应的作用产生了电流，这个电流的方向可以根据右手定則来判定。位在北極上的鋁盤由里向外轉动，磁力綫由下向上，因此电流方向應該由鋁盤中心沿半徑方向流向圓盤的边緣。当电流在流近鋁盤边緣的时候，就分左右流回，形成两个旋渦般的电流，叫做“渦流”。在馬蹄形磁鐵“北極”的左右，由于这两个渦流产生了两个無形的磁極（圖2右）。这两个無形的磁極在1处的被磁鐵的北極相吸引，在2处的受磁鐵的“北極”所推斥，于

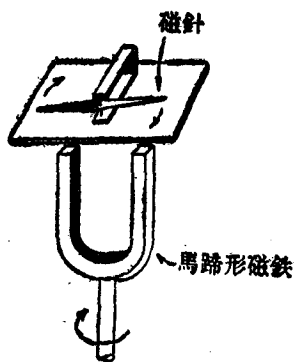


圖1 磁針随着磁極而旋轉。

外轉动，磁力綫由下向上，因此电流方向應該由鋁盤中心沿半徑方向流向圓盤的边緣。当电流在流近鋁盤边緣的时候，就分左右流回，形成两个旋渦般的电流，叫做“渦流”。在馬蹄形磁鐵“北極”的左右，由于这两个渦流产生了两个無形的磁極（圖2右）。这两个無形的磁極在1处的被磁鐵的北極相吸引，在2处的受磁鐵的“北極”所推斥，于

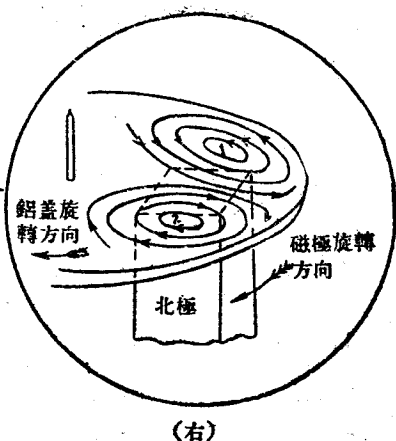
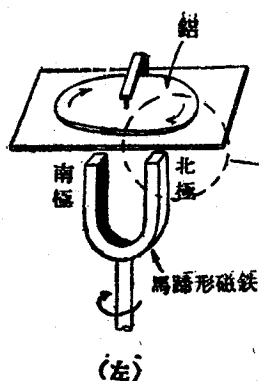


圖 2 鋅盤由于电磁感应作用产生渦流，因而随着磁極旋轉。

是这个鋁盤就随着磁鐵轉动的方向旋轉起来了。

如果將圖 2 中所示的裝置再改变一下，用一个銅制的圓筒来代替鋁盤，并用軸承架支着（如圖 3 上），再將馬蹄形磁鐵的磁極放在圓筒外旋轉，这时，圓筒也会按着馬蹄形磁鐵旋轉的方向旋轉。这又是什么道理呢？和鋁盤旋轉的道理一样。因为当馬蹄形磁鐵已轉动而圓筒尚未轉动时，在圓筒上由于电磁感应已产生了渦流（如圖 3 下）。在圓

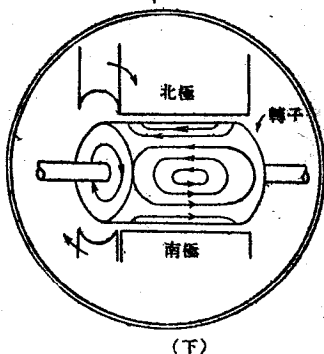
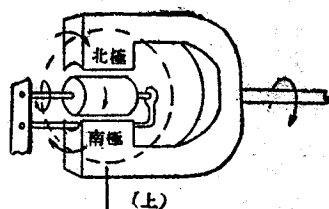


圖 3 圓筒因磁極旋轉而产生渦流，因而也随着磁極旋轉。

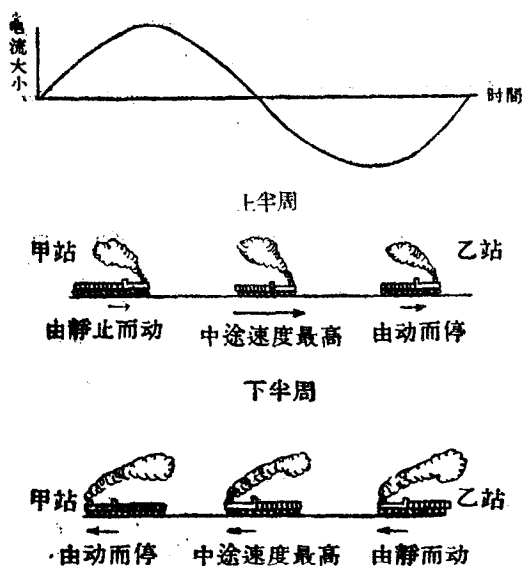


圖 4 交流电流在电缆上的变化。

筒上半部产生的电流由右向左；在下半部的电流由左向右。这也可以用右手定则判定。磁力线的方向都由上到下，在圆筒的上半部，运动的方向是从里到外，因而电流方向由右到左；在圆筒的下半部，运动的方向是从外向里，因而电流的方向是从左到右。这样又形成“涡流”，又产生无形磁极。由于磁铁的两极与无形磁极的吸引及推斥，而使圆筒随着马蹄形磁铁的旋转方向旋转。不过圆筒旋转的速率，总要比马蹄形磁铁旋转得慢一些。不然，如果两者的转速一样，圆筒上就不会由于电磁感应而产生涡流了。圆筒旋转的速率和马蹄形磁铁旋转速率之差叫做转差。

车间里常用的感应电动机，它的构造和圖 3 所描述的机器很不相同，但它们的作用原理都是差不多的。感应电动机主要包括两个部分：一个叫“定子”；一个叫“转子”。定子就是固定在电动机外壳上的铁心和线圈。转子就是电动机中的转动部分。定子的作用就相当于圖 3 中旋转着的马蹄形磁铁，转子的作用就相当于圖 3 中的圆筒。转子相当于圆筒的作用还可以想

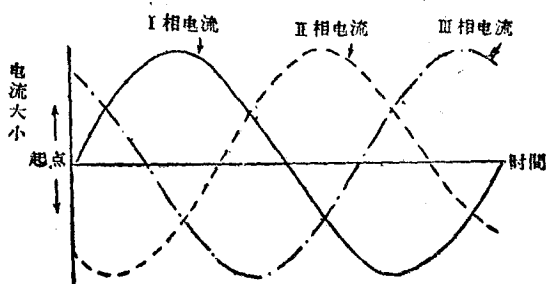
像得出，而定子是一个矽鋼片制成的圓环形鉄心，上面繞着繞圈，固定在電動機的機殼上，一點也不動，它的作用怎樣會相當於旋轉着的馬蹄形磁鉄呢？這里主要是靠三相交流電流和定子鉄心上三相繞圈所產生的旋轉磁場。

在介紹旋轉磁場之前，先說明一下什麼是三相交流電。

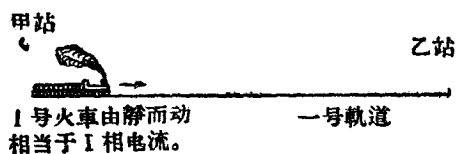
電動機上用的電源有三根綫。每根綫上通過一相交流電，在每根綫上的每相交流電流又互相有些不同。怎樣的不同的呢？這又要先弄清楚交流電是怎樣一回事。

交流電在電綫上通過的時候，電流的大小是時刻在變動的，而且電流方向在 1 秒鐘內來回反復 50 次，它的變化情況，可以用圖 4 的曲綫來表示。開始時，電流由 0 逐漸變大，大到一定值時，又逐漸變小，直到 0。然後又改變了電流方向，再由 0 大到一定的最大值再又下降到 0；又改變了電流方向，這樣周而復始不息地循環。我們還可用一個比喻來說：甲站與乙站之間有一輛區間火車，這個火車自甲站開出時，它的速度由靜止時 0 而起動以後逐漸加快，到中途時為最快，然後又逐漸減低速度，到達乙站時停下，卸下客人上好客人後，調轉方向，再向甲站開，又由靜止而加速，到中途最快，然後降速到甲站而停下，如此來來往往地開個不停。交流電流的大小和方向的变化就好像這輛火車開動的方向和速度大小的变化一樣。

在三根電綫上的三相交流電流，就好像是三輛完全相同的火車行駛在甲乙兩站之間的三條鋼軌上，它們的開車的時間各不相同，當 1 號火車從 1 號軌道由甲站開出時（即速度由 0 而開始加速）；而 2 號火車從 2 號軌道已由乙站開向甲站而且將要開到中間速度最快的地方；同時 3 號火車則從 3 號軌道已由甲站開向乙站而且已開過了中途，速度已逐漸下降。這三輛火車，在三條軌道上就這樣地保持着永久不變的相對位置關係，而在



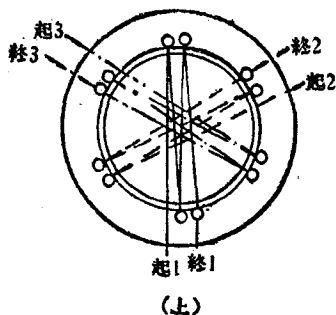
(上) 三相交流电流曲线的变化



(下) 用三辆火车在三条轨道上行驶的不同情况来说明三相交流电流在起点线上的情况。

圖 5 三相交流电流相互間的关系。

甲乙站之間行駛着。三相交流電流就和這樣的情況相像，電流的大小就相當於火車行駛的速度，電流的方向就相當於火車行駛的方向，三相電流相互之間的关系也相當於三輛火車在三條軌道上不同位置的关系。如果用曲綫表示，就如圖 5（上）。



再看定子鐵心上三相綫圈的繞法。假如定子鐵心環上繞有三個綫圈（圖 6 上）：1 號綫圈（即圖 6 中所示起 1 及終 1）；2 號綫圈（即圖 6 中所示的起 2 及終 2）；3 號綫圈（即圖 6 中所示的起 3 及終 3）這樣對角的穿來穿去。實際上是不可能的。因為這樣，定子中間就沒有辦法再裝轉子了，所以導綫穿到對面去的時候必須沿邊折轉，如圖 6（下），這樣就構成了定子綫圈的端部綫圈。

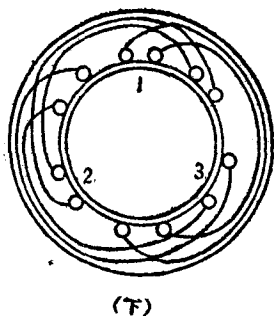


圖 6 定子鐵心上的三相綫圈。

再來看三相交流電通入定子三相綫圈的作用。

定子鐵心上 1 號綫圈中通入 I 相電流；2 號綫圈通入 II 相電流；3 號綫圈通入 III 相電流。在三相電流曲綫上取甲、乙、丙、丁四個不同位置來看交流電在定子鐵心三相綫圈中的流動情況。

在圖 7 中符號⊕表示電流由前向後流，也就是逐漸離開讀者流向紙的後面；⊙表示電流由後向前流，也就是從紙內流出，

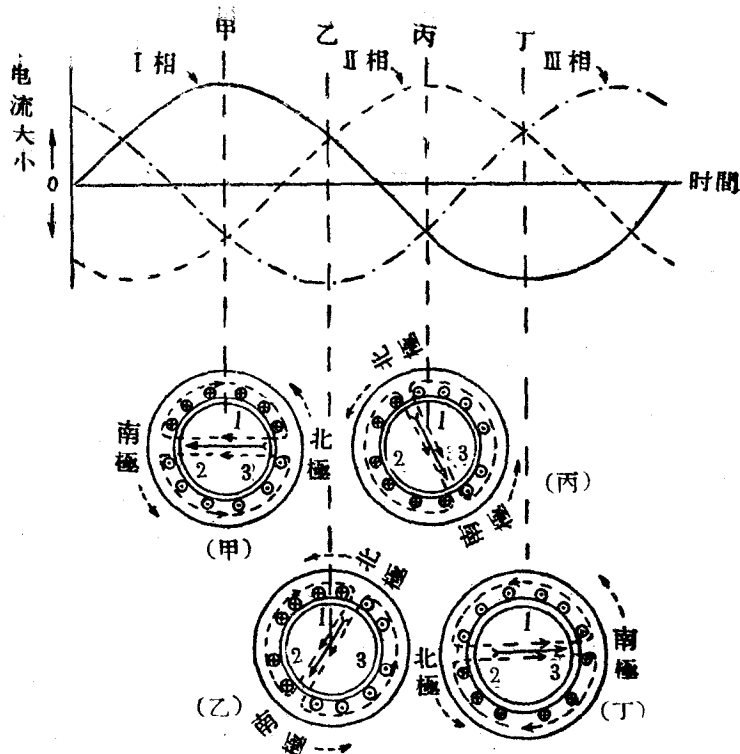


圖 7 三相交流電流在定子鐵心上的三相繞圈中產生旋轉磁場。

向讀者流近。

現在先看圖 7 中甲位置時的情況，從圖 7 的電流曲線上看出，I 相電流最大；II 相和 III 相的方向和 I 相相反，電流數值都比 I 相小，但互相卻相等。因而在 I 相繞圈中，電流從下面流出，再從上面流入；在 II 相繞圈中，因電流和 I 相相反，所以從右下流出，左上流入；在 III 相繞圈中，電流也和 I 相反，所以從左下流出，右上流入；情況就如圖 7（甲）所示。

从圖 7 (甲) 可以明显地看出, 电流在三相繞圈中的流动, 就和电流对称地从下半部流出、上半部流入时完全相同。因此根据右手定則, 产生的磁場是从右到左, 就如圖 7 (甲) 中間的箭头所示。

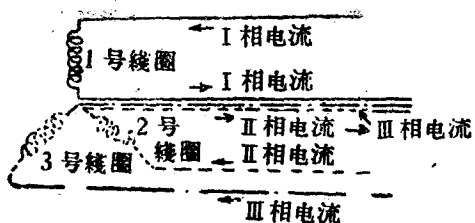
到了乙位置时, 从电流曲綫看出 I 相繞圈的电流方向沒有改变, 只是数值减少了, 和 II 相繞圈的电流的数值相等; II 相繞圈的电流改了方向, 数值都沒有动; III 相繞圈的电流方向不变, 只是数值更大一些。繞圈中电流的方向就如圖 7 (乙) 所示, 繞圈 1 和 3 上的电流方向符号不变, 而繞圈 2 上的电流方向变了即符号 $\oplus$ 和 $\odot$ 相互对調。因此可以看出电流是对称地从右上方流向左下方, 产生的磁場方向, 是像中間的箭头那样, 从右上方到左下方。

到了丙位置时, I 相电流换了方向; III 相方向不变, 数值减到和 I 相等值; II 相方向也不变, 只是数值到最大值。因此在圖 7 (丙) 中只繞圈 1 换了方向, 繞圈 2、3 的方向不变, 电流对称地从左下方流向右上方, 磁場方向是从左上方到右下方。轉到了丁位置时, 只有繞圈 2 的电流换方向, 繞圈 1 的电流恢复最大值, 只是方向和圖 7 (甲) 相反, 电流又成了上下对称, 磁場的方向是自左到右。

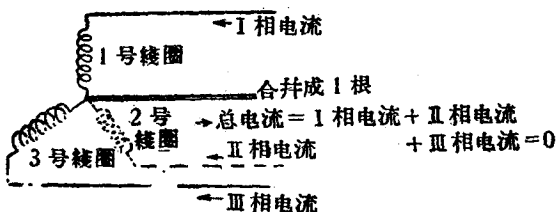
总起来看, 在电流的半个周期的变化內, 定子三个繞圈所产生的总磁場, 順 (甲) (乙) (丙) (丁) 方向轉了半圈, 相当于一个旋轉着的馬蹄形电磁鉄。因此在轉子上也产生渦流, 而使轉子轉动起来。

再来談談接綫的問題。定子鉄心上的繞圈有三个, 共有六个头 (每一繞圈有兩個头), 而三相交流电源只有三根, 怎么連接呢?

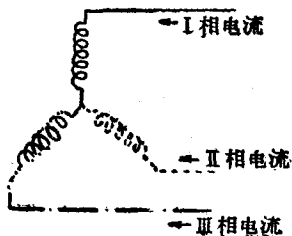
假定每相交流电源有兩根綫接到每相繞圈上 (圖 8 (1)),



(1)



(2)



(3)

圖 8 定子鉄心上三相繞圈的Y形接法的道理。

那么是否可以將中間的三根綜合并成一根呢？如果將三根合并成一根（圖 8 (2)），那么这根綫上流过的电流應該是 I、II、III 三相电流之和。这三相电流之和有多大呢？也可以从圖 7 的三相电流曲綫上看起来。

在甲位置上，I 相电流和 II、III 相电流的方向相反，且 II、III 相电流之和等于 I 相电流，所以电流的总和等于零。在乙位置上，I 相和 II 相电流同向，二者之和等于 III 相电流，而 III 相电流方向正好和 I、II 相电流相反，所以电流的总和也等于零。在丙位置及丁位置上，I、II、III 相电流之和也是零。其实圖 7 中可以看出：在任何位置三相电流之和总是等于零。

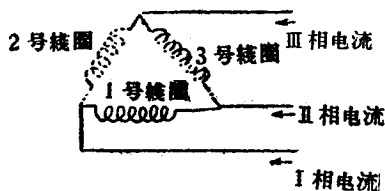


圖 9 定子鉄心上的三相繞圈△形接法。

再回过头来看。既然三相电流之和为零，那么这根三相电源的合并线就可以省略。这就是“星形接法”或叫做“Y 形接法”，如圖 8(3)。也可以接成像圖 9 那样，这叫做“三角形接法”或叫做“△形接法”。在三角形环路内，循环电流就是三相电流之和，因此也等于零。

一般感应电动机的定子绕圈的接圈匣中有六个接线螺丝，它的排列如圖 10(1)所示。如果接成如圖 10(2)那样，就是星形接法；如果接成圖 10(3)那样，就是三角形接法。

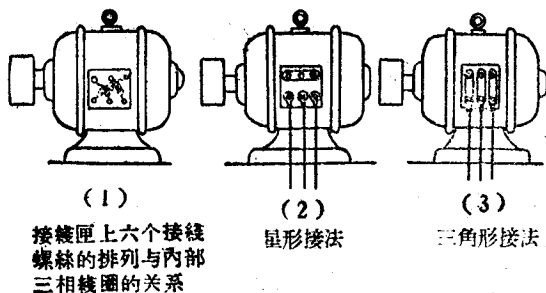


圖 10 三相感应电动机的接圈匣及其接法。

感应电动机的定子既然是旋轉磁場的發源地（也即相当于旋轉的馬蹄形磁鐵，但是它是一个交流的电磁鐵）所以它的鉄心是用導磁性很高而損耗很小的薄矽鋼片疊成的。薄片內圓的四周冲有許多開口的綫槽，以便嵌入定子的三相綫圈。許多薄片压紧后紧裝入机壳內，如圖11(1)。定子綫圈用紗包綫还是用絲包綫、漆包綫或紗漆包綫，这要看电动机的容量、电压及設計型式来决定。在嵌入綫圈时，預先在槽內襯入黃蜡布和云母等，使綫圈嵌入后，在上下層都用絕緣裹沒。槽口用木条或竹条封好，如圖11(2)。

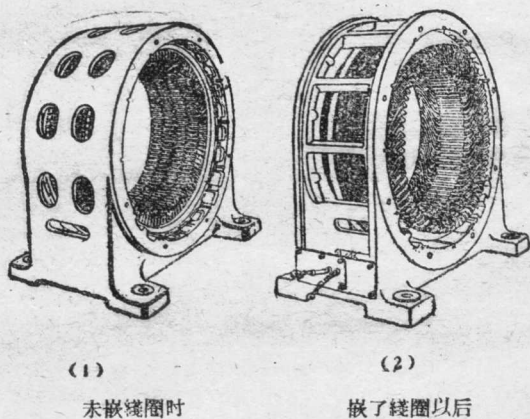


圖 11 感应电动机的定子。

前面解釋电动机的轉动原理中，假定轉子是一个銅的圓筒体。其实，这样的轉子不能在实际中使用。因为它的轉矩太小，也就是拖动机器的力量太小。因此，就必需要用一种能产生轉矩大的轉子。怎样才使轉矩大呢？轉矩的大小要看轉子产生渦电流的强弱，和磁力綫的多少而定，也就是看它們的乘积的大小来决定。如果用銅圓筒来做轉子，由于銅是很好的导体，

所以渦电流很大，但是通过的磁力綫却很少，所以产生的轉矩仍不大；如果用鉄圓筒，通过的磁力綫很多，但鉄的电阻大，产生的渦电流又小了，因此，产生的轉距也不大。由此看来，轉子不能用一种材料制成。电动机上用的轉子是用銅綫（或銅条）及矽鋼兩样东西構成的复合体。最簡單的轉子構造型式是这样：在矽鋼片疊片四周的槽內，穿入粗的銅条，在兩端用銅环和全部銅条焊接起来，如圖 12。这样，銅的部分可以产生很大的渦电流，鉄的部分可以通过大量的磁力綫，兩全其美，产生的轉矩就大了。

从圖 4（下）可以看出轉子上产生的渦流大部分是与轉軸平行，而且这个电流不需要引到外面綫路上去，所以轉子最簡單的構造，是在轉子矽鋼片疊片四周槽內穿入粗的銅条在兩端用銅环和全部銅条焊

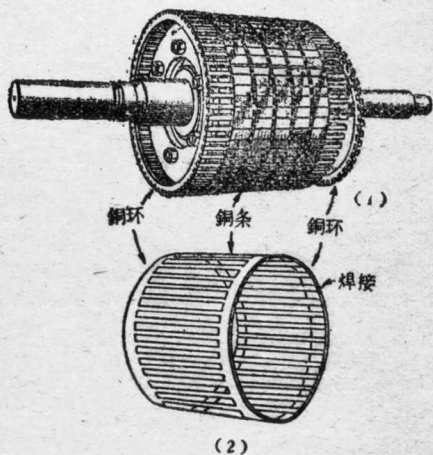


圖 12 感应电动机的轉子。

接起来如圖 12。轉子的銅的部分，单独看来像一只橫摆的鳥籠，如圖 12(2)。但欧洲人看来像一只松鼠籠，所以他們叫它鼠籠式轉子。

另外，还有一种型式的轉子，它和定子相仿。在轉子槽內也嵌了三相綫圈，一端照星形接法連接起来，另一端各连接到一滑环上（又名集流环实际上是一个銅环），經电刷和外边电阻串联。这种轉子叫做繞綫式轉子或滑环式轉子。它的优点是