

俞 志 和 编

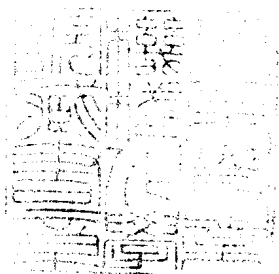


Nongyong
diandongji
dezhengque
shiyongyu
**农用电机的
正确使用与修理**
xiuli

天津科学技术出版社

农用电动机的正确使用与修理

俞志和 编



天津科学技术出版社

责任编辑：刘 众

农用电动机的正确使用与修理

俞志和 编

★

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷二厂印刷

新华书店天津发行所发行

★

开本 787×1092毫米 1/32 印张 6 1/8 字数 127,000

一九八二年六月第一版

一九八四年十一月第二次印刷

印数：28,901—62,900

书号：15212·64 定价：0.70元

序 言

异步电动机广泛应用于工农业及国民经济的其他部门。根据统计，百分之九十左右的电气原动力为异步电动机，其中小型异步电动机占百分之七十以上。在电网的总负荷中，异步电动机的用电量占百分之六十以上。

异步电动机根据定子的相数可分成单相异步电动机和三相异步电动机两类。单相异步电动机一般为1千瓦以下的小功率电动机。根据转子的结构不同，异步电动机又可分成绕线型和鼠笼型（简称笼型）两类。

在所有的异步电动机中，三相笼型异步电动机的应用最为广泛，生产量和需要量也最大。因为这种电动机具有结构简单、价格便宜、运行可靠、使用和维修方便等一系列优点。尤其在农村，无论是排灌、脱粒、粮食加工等等都普遍应用三相笼型异步电动机，其他型式的电动机是很少见的。由于三相笼型异步电动机的应用是如此广泛，那么了解如何正确地使用和修理这种电动机，对于保证生产的顺利进行具有很大的意义。

正确的使用和维护，可使电动机的运行更为可靠，使用寿命获得延长。对于电动机故障的正确判断和修理，可防止损坏的部分不再扩大，节省修理材料和费用，使电动机能及时地恢复正常运转。

本书将着重说明三相笼型异步电动机的使用和修理。在下面的叙述中，除非另有说明，凡是“电动机”都是指“三相笼型异步电动机”。

目 录

第一章 三相笼型异步电动机的

结构与工作原理	(1)
---------------	-----

第一节 笼型异步电动机的结构	(1)
----------------------	-----

第二节 异步电动机的工作原理	(4)
----------------------	-----

第三节 电动机的铭牌	(13)
------------------	------

第二章 电动机的正确使用

第一节 电动机的选择	(18)
------------------	------

第二节 电动机供电线路导线的选择	(21)
------------------------	------

第三节 电动机的绝缘与接地	(25)
---------------------	------

第四节 定子绕组的首端与尾端	(31)
----------------------	------

第五节 电动机的安装与传动	(36)
---------------------	------

第六节 电动机的发热与冷却	(43)
---------------------	------

第七节 笼型异步电动机起动方法的选择	(46)
--------------------------	------

第八节 电动机的起动设备和保护装置	(51)
-------------------------	------

第九节 电动机的试车	(67)
------------------	------

第十节 电动机运行中的监视和定期维修	(74)
--------------------------	------

第三章 电动机的故障判断及处理

第一节 电动机的单相运行	(76)
--------------------	------

第二节 电动机的短路故障	(78)
--------------------	------

第三节 电动机的断路故障	(84)
--------------------	------

第四节 电动机转子断条	(87)
-------------------	------

第五节 电动机机械部分的故障	(89)
----------------------	------

第六节 电动机故障及原因一览表	(93)
第四章 电动机的修理	(96)
第一节 电动机的拆装方法	(96)
第二节 机械部分的修理	(101)
第三节 三相电动机定子绕组的构成	(106)
第四节 全部拆换定子绕组	(132)
第五节 绕组的局部修理	(148)
第六节 绕组数据的估算与改算	(150)
〔附表一〕 J系列电动机性能数据	(155)
〔附表二〕 JO系列电动机性能数据	(158)
〔附表三〕 J ₂ 系列电动机性能数据	(161)
〔附表四〕 JO ₂ 系列电动机性能数据	(164)
〔附表五〕 J和JO系列电动机安装尺寸	(168)
〔附表六〕 J ₂ 和JO ₂ 系列电动机安装尺寸	(169)
〔附表七〕 J系列电动机铁芯、绕组技术数据	(170)
〔附表八〕 JO系列电动机铁芯、绕组技术数据	(174)
〔附表九〕 J ₂ 系列电动机铁芯、绕组技术数据	(178)
〔附表十〕 JO ₂ 系列电动机铁芯、绕组技术数据	(182)

第一章 三相笼型异步电动机的结构与工作原理

第一节 笼型异步电动机的结构

为了用好修好电动机，了解电动机的结构并记忆各零部件的名称是有必要的。

图 1-1 中是一台拆开的笼型异步电动机，电动机的各部分名称都已标在图上。下面仅对某些重要部分进行介绍。

整个电动机可分成两个主要部分：固定部分称作“定子”；转动部分称作“转子”。还有一些其他部分，象端盖、轴承、风扇和风罩等等。

一、定子铁芯与定子绕组

定子铁芯是由许多薄硅钢片（厚度为0.5毫米）叠成的。每片硅钢片都有形状相同的很多缺口，这些缺口被称作“槽”。把一定数量的硅钢片叠起来，槽对齐，经过压紧后固定在电动机机座的内部，就成了定子铁芯。

在定子铁芯的槽内嵌放着定子绕组。定子绕组是由带有绝缘的铜导线或铝导线绕制而成的。定子绕组按照一定的规律被分成相同的三部分，称为“三相绕组”。每部分绕组，应该叫“每相绕组”是由若干个线圈串并联而组成的。每个线圈的大致形状在图1-1也可以看出来。线圈放在定子铁芯槽内的两条边（直边）被称作“有效边”，线圈两端的弯曲部分，被称为“端部”。

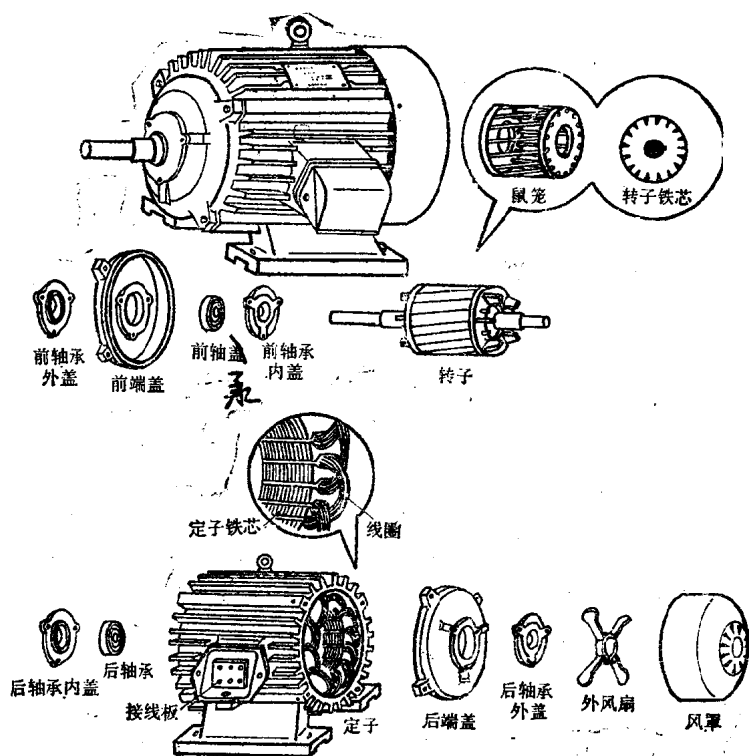


图1-1 三相笼型异步电动机结构

每相绕组有两个引出线头，三相共有六个引出线头。这些线头被联结到机座侧面的接线板上。

接线板上的六个线头一般采用图1-2 (a) 中的标记及排列方法。其中D 1 与D 4 是第一相绕组的两个出线头，D 2 与D 5 以及D 3 与D 6 则分别是第二相和第三相的引出线头。

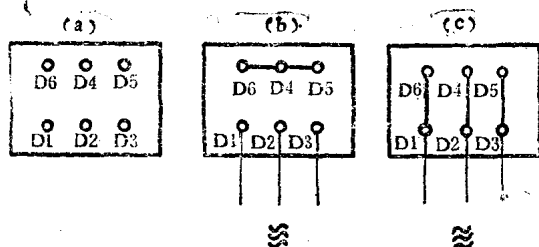


图1-2 三相异步电动机定子接线板

三相绕组有两种联结方式：一种叫做“星形”接法，用符号“Y”表示，可看图1-2 (b)，这时D 6、D 4、D 5被短接起来，D 1、D 2、D 3分别接到三相电源上；另一种接法叫“角形”接法，用符号“ Δ ”表示，如图1-2 (c)，这时把D 1与D 6，D 2与D 4，D 3与D 5分别短接后，再接到三相电源上。

二、转子

转子铁芯也是由硅钢片叠成的。但是转子绕组则是由浇铸在转子铁芯槽内的铝条（称作“导条”）与转子铁芯两端的铝环（称作“端环”）共同组成的。如果设法去掉转子铁芯，那么留下的导条和端环就好象是一只笼子。所以，这种电动机的名称叫“鼠笼转子电动机”，或简称“笼型电动机”。

为了改善电动机的性能，转子铁芯的槽往往是斜的。

在转子的铝端环上还铸有风叶。电动机转动时，风叶可以加强电动机内部的空气流动，使电动机各部分的温度比较均匀。端环上还有一些突出的小圆柱，有的小圆柱上固定着几个圆铁圈，这些铁圈叫“配重”。利用配重可调整转子的

平衡，也就是使沿转子圆周的各处重量相等。不平衡的转子在转动时会产生激烈的震动。

三、机座

异步电动机的机座一般用铸铁制成。机座外表面有很多散热筋片，用来扩大电动机的散热面积。防护型电动机的机座和端盖上开有通风孔，使外部的空气能够直接带走电动机内部的热量。

四、空气隙

电动机定子铁芯内圆和转子铁芯外圆之间形成的空隙叫“空气隙”或者叫“气隙”。

异步电动机的气隙是很小的，一般只有0.2~1毫米左右。气隙的大小会影响到电动机的性能。

第二节 异步电动机的工作原理

为了说明异步电动机的工作原理，首先做一个实验。如图1-3，在一个可以旋转的马蹄形永久磁铁的两个磁极之间，放入一个可以自由转动的笼型绕组。当摇动手柄使马蹄形磁铁旋转时，笼型转子就会跟着磁铁而旋转起来。

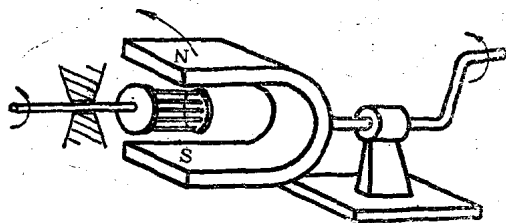


图1-3 笼型转子跟着永久磁铁旋转的实验

为什么笼型转子会跟着磁铁旋转呢？看图 1-4 就比较清楚了。假定磁铁逆时针方向转动，磁铁的两个磁极之间的磁场当然也是逆时针方向转动。这个转动着的磁场的磁力线切割转子的导条，使得导条上产生感应电动势。感应电动势的方向可以用“右手定则”来确定。在图 1-4 中，磁铁的 N 极（北极）在上，

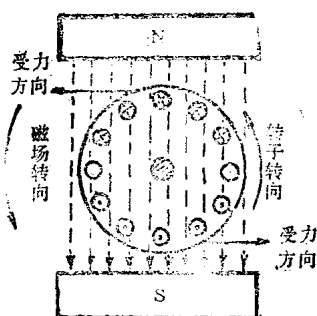


图 1-4 异步电动机工作原理

S 极（南极）在下，用虚线表示了磁力线的方向。因为磁铁是逆时针方向转动的，所以对转子上部的导条而言，这些导条相对磁力线是向右移动的。当伸出右手，让从 N 极发出的磁力线穿进手心，并使右手大拇指指向导条相对磁场运动的方向，即右方时，四指就指向纸内。四指的方向就是导条内感应电动势的方向。在图 1-4 中，用 $\otimes$ 来表示这个电动势，这好象是指向纸内的一支箭的尾部。同样，用右手定则判断转子下部导条的感应电动势时，可发现这些电动势的方向指向纸外。图中用 $\odot$ 来表示这些电动势，这好象是指向读者的箭头。

由于笼型转子上所有的导条都是通过端环相互短路的，感应电动势必定会在导条内产生电流。导条内电流的方向与感应电动势的方向相同，还是如图 1-4 中所表示的那样。上部导条中的电流流向纸内，下部导条中的电流流向纸外。大家知道，通电导线在磁场中会受到力的作用，笼型转子上的导条也不例外。导条在磁场中受力的方向可以用“左手定

则”来判断。把左手伸出，让N极发出的磁力线穿进左手手心，并使左手四指指向导条内的电流方向，左手大拇指所指的方向就是导条受到力的方向。判断的结果也表示在图1-4中了。可以看到，转子上部的导条受到向左的作用力，而转部下部的导条则受到向右的作用力。因为转子中央有轴，转子在受到力的作用后就会旋转起来，转子的旋转方向也是逆时针方向。

假如反方向（顺时针方向）摇动手柄，可以看到转子也将顺时针方向旋转起来，道理也是一样的。所以，不论磁场往哪个方向转动，转子将跟着旋转的磁场而转动。上面讲的就是异步电动机的简单工作原理。

转子跟着磁场转动，能不能越转越快，造成转子的转动速度和磁场的转动速度相等呢？这显然是不可能的。因为转子转动的条件是导条在磁场中受到力的作用，就是说导条上必须有电流。假想转子转得与磁场一样快，那么从转子看来磁场中的磁力线就是静止的，不存在转子导条切割磁力线的现象，转子导条中将不会有感应电动势和电流，转子也就失去了转动的条件。所以笼型转子的转速总是低于旋转磁场的转速，它们的转速不一致，或者说步调不一致。称这种电动机为“异步电动机”就是这个缘故。

另外，由于异步电动机是靠电磁感应原理而工作的，所以也可以称异步电动机为“感应电动机”。

实际的三相异步电动机的旋转磁场当然不是用手转动永久磁铁来产生的，而是靠电动机的定子绕组中通过三相对称电流来产生的。

什么是“三相对称电流”呢？请看图1-5。为了便于说

明和记忆，把图中的三个电流分别记作 i_A ， i_B ， i_C 。这三个电流（应该称作三相电流）中的任意一个电流（应该称作每相电流）都是随时间而变化的。这些电流的大小和方向都在改变，它们由正变成零，由零变负，随后又变正，每变化一个来回的时间是0.02秒。各相电流每变化一次的时间相同，都是0.02秒，或者说每秒钟内变化50次。通常说电流的频率是50赫芝，就是这个意思。通过观察图1-5，还可以发现，各相电流的最大值 I_m 都相等。这些是三相电流的共同点。

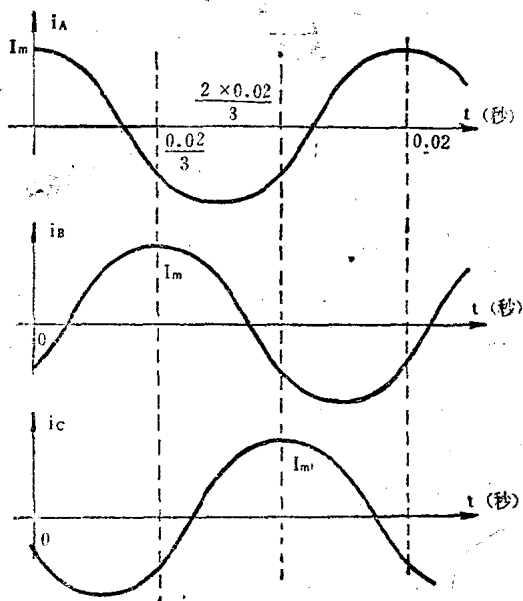


图1-5 三相对称电流

但是各相电流之间也存在着差别：它们到达正方向最大值的时间不同。在时间 t 等于零的时刻， i_A 最大；在 $t = \frac{1}{3} \times 0.02 \text{秒} = 0.0067 \text{秒}$ 的时刻， i_B 到达最大值；而 i_C 到达正方向最大值是在 $t = \frac{2}{3} \times 0.02 \text{秒} = 0.013 \text{秒}$ 的时刻。等到 $t = 0.02 \text{秒}$ 的时刻来临， i_A 又达到正方向最大值。随着时间的推移，循环反复地发生上面的情况。观察图 1-5 还可发现一个有意思的情况：在任意一个时刻，三相电流的代数和等于零（ i_A 、 i_B 、 i_C 带着它们自己的正负号相加等于零）。

三相对称电流通入电动机定子绕组中为什么能产生旋转磁场呢？要解决这个问题就必须对定子绕组有一个初步的了解。

最简单的电动机的定子绕组是由每相一个线圈，共计三个线圈所组成的。三个线圈接成星形。第一相线圈的两条有效边记作A与X，第二相线圈的两条有效边记作B与Y，第三相——C与Z。假定电动机定子铁芯上只有六个槽，每个槽内放入线圈的一条有效边。三个线圈在定子铁芯槽内的位置可见图 1-6。这种图叫剖面图。想象把电动机从中间切开（切电动机的刀与电动机轴垂直），观察切开的剖面，就获得图 1-6 了。下面采用这样的规定： i_A 通入第一相线圈。当 i_A 为正值时，通过线圈边A的电流流向纸内，而通过线圈边X的电流流向纸外，即指向读者。电流 i_B 通入第二相线圈，当 i_B 为正值时，B中的电流流向纸内，Y中的电流指向读者。电流 i_C 通入第三相线圈，线圈边中的电流方向的规定也是同样的。因为绕组接成星形，三个线圈还有一个联结

在一起的共同点，这叫“中点”，用字母“O”表示。由于任一时刻三相电流的代数和等于零，所以三个线圈中的三个电流汇集到中点以后恰好相互抵消。

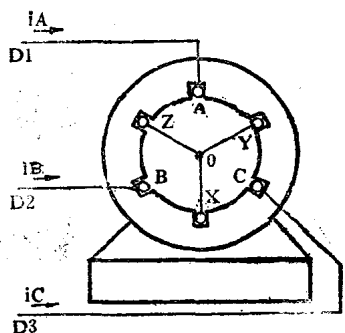


图 1-6 最简单的三相电动机剖面图

三相对称电流通入三相线圈以后，产生旋转磁场的现象可看图 1-7。先看 图 1-7 (a)，这是 $t = 0$ 的时刻。

根据图 1-5，可判断此时 i_A 是正方向最大值 $i_A = I_m$ ，

i_B 和 i_C 都是负值， $i_B = i_C = -\frac{1}{2} I_m$ 。各线圈边中的电流的实际

方向表示在图 1-7 (a) 中： i_A 为正值，根据上面的规定，线圈边 A 中的电流标以 $\otimes$ 号，电流流进，线圈边 X 中的电流标以 $\odot$ 号，表示流出。因为 i_B 与 i_C 在此时刻都是负值，所以线圈边 B 与 C 中的电流应该用 $\odot$ 来表示，而 Y 与 Z 中的电流是 $\otimes$ 。在此时刻，Y、A、Z 三个线圈边中的电流是流进的，而 B、X、C 三个线圈边中的电流是流出的，这些电流共同产生的磁场如图 1-7 (a) 中虚线所示。这同上方是 N 极，下方是 S 极的马蹄形磁铁所产生的磁场是一样的。

再看 $t = \frac{1}{3} \times$

0.02 秒的时刻，由于此时 $i_B = I_m$ ，而 $i_A = i_C = -\frac{1}{2} I_m$ ，可画出图 1-7 (b)。在此时刻，三个线圈中的电流共同产生的磁场好象是左下方是 N 极，右上方是 S 极的马蹄形磁铁的

磁场。同样画出 $t = \frac{2}{3} \times 0.02$ 秒时刻的磁场情况，如图1-7 (c)。而 $t = 0.02$ 秒时刻的情况与 $t = 0$ 时刻的情况完全相同（图1-7 (d) 与 (a) 完全相同）。

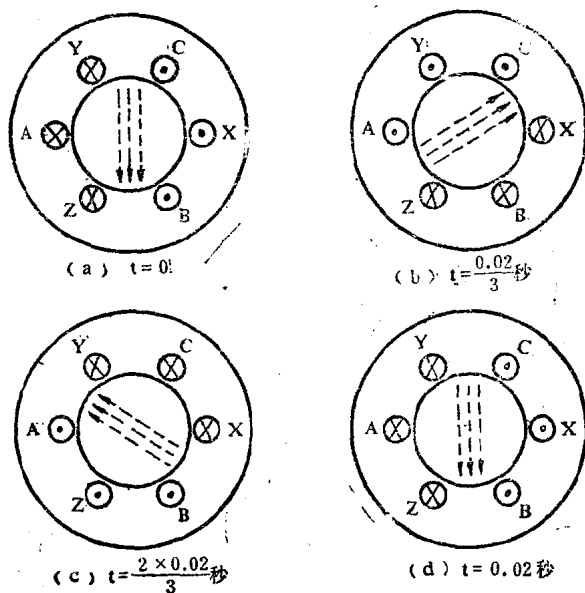


图1-7 两极旋转磁场的产生

依次观察图1-7 (a)、(b)、(c)、(d)，就会觉得三相对称电流通入定子三相绕组以后，这些电流所产生的磁场就好象是转动的马蹄形永久磁铁所产生的磁场。马蹄形磁铁产生的磁场的转动是靠人手的摇动，转动的速度由人来决定。但三相电流产生的旋转磁场是靠三相变化的电流，磁

场的转动速度是每0.02秒一圈，每秒钟50圈，恰好与电源频率的数值相等。习惯上转速以每分钟为单位来计算，所以一般说这个磁场的转速是每分钟3000转，可以写成3000转/分。

如果定子铁芯上有12个槽，定子绕组每相有两个线圈串联而组成。第一相的一个线圈的两条有效边记作A与X，另一个线圈的两条有效边是A'与X'；第二相的两个线圈是B—Y与B'—Y'；第三相——C—Z与C'—Z'。这些线圈边在定子铁芯槽内的分布可见图1-8。采用与前面相同的规定与判断方法，可以获得图1-8 (a)、(b)、(c)、(d)。在现在的情况下，三相电流流过定子绕组所产生的磁场是一个4

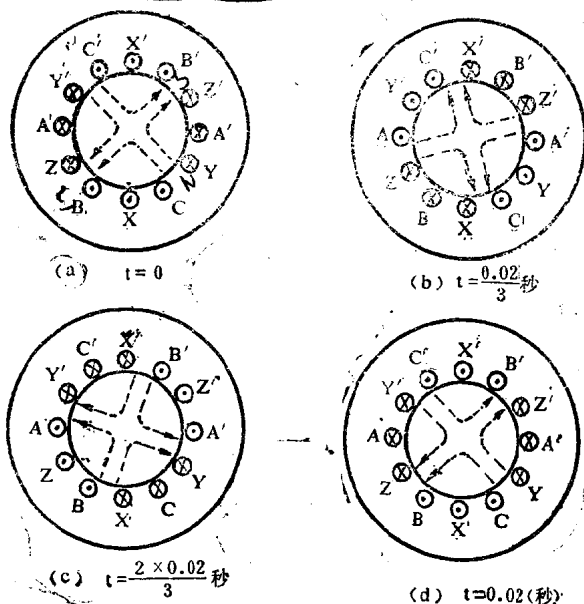


图1-8 四极旋转磁场的方法