

农 用 电 动 机

第三版

北京电力学校编

水利电力出版社



1975
4-11

农 用 电 动 机

(第 三 版)

北 京 电 力 学 校 编

水 利 电 力 出 版 社

内 容 提 要

本书主要叙述了三相异步电动机的构造、基本原理和选择方法，对异步电动机的起动、起动方式和在运行中的注意事项也作了说明，还对异步电动机的维护、管理和检修等也作了切合实际的介绍。书中讲述了三相异步电动机半导体保护的基础知识，最后还介绍了单相电动机和安全用电。

本书内容通俗易懂，可供全国广大农村电工参考，也可供工矿企业电工参考。

2523/14

农 用 电 动 机

(第三版)

北京电力学校编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 10.125印张 224千字

1972年6月第一版 1977年12月第二版

1985年5月第三版 1985年5月北京第一次印刷

印数00001—10800册 定价2.50元

书号 15143·5699

第三版前言

《农用电动机》一书自出版以来，在我国农业现代化建设中发挥了一定的作用。根据广大读者的需要，我们将此书又进行了修改和补充。这次修改，除了在文字上进行了修订外，书中删去了技术陈旧的内容，增补一些新设备、新技术的介绍，如增加了已定型生产的、取代JO₁系列的新系列电动机——Y系列电动机的介绍，增设了三相异步电动机半导体保护基础知识和安全用电两章。此外，还补充了三角胶带的选择以及单相运行的保护等内容。考虑到目前我国电器产品更新换代有个过程，有些产品（例如电动机）属于耐用产品，故JO、JO₁系列仍暂保留。

本书所采用的单位，已统一改为法定单位。书中的电压单位（伏）、电流单位（安）、电阻的单位（欧）、功率的单位（瓦），采用符号表示，即分别用V表示电压的单位、A表示电流的单位， Ω 表示电阻的单位，W表示功率的单位。

本书第二版（增订版）和第三版是由我校宋执诚、马亦尚同志在第一版的基础上作了修改与补充，对本书有何批评意见和建议，请写信寄给北京电力学校电力科。

北京电力学校

1984年8月

目 录

前 言

第一章 三相异步电动机的构造和拆装	1
第一节 电动机的种类	1
第二节 三相鼠笼式异步电动机的拆卸及各部件的作用	2
第三节 电动机的装配	7
第二章 三相异步电动机的原理	8
第一节 电动机定子绕组的旋转磁场	8
第二节 电动机运行情况的分析	25
第三章 三相异步电动机的使用	30
第一节 电动机的铭牌	30
第二节 电动机与传动装置的选择	37
第三节 电动机供电线路导线截面的选择	65
第四节 电动机的安装	77
第五节 电动机的接线	81
第四章 三相异步电动机的起动、起动设备和控制 线路	90
第一节 电动机的起动	90
第二节 直接起动设备	92
第三节 降压起动设备	115
第四节 电动机的控制线路	128
第五章 三相异步电动机半导体保护的基础知识	136
第一节 半导体	136
第二节 PN结与单向导电性	137
第三节 晶体二极管及整流	138

第四节	滤波电路	146
第五节	稳压二极管及稳压电路	150
第六节	晶体三极管	153
第七节	晶体管的开关特性	158
第六章	三相异步电动机的运行、维护和管理	165
第一节	电动机正常运行时的监视	165
第二节	电动机起动时的维护	176
第三节	三相电动机的单相运行及其防止	181
第四节	电动机的定期维护和管理	198
第五节	起动设备的维护和检修	202
第七章	三相异步电动机的修理	208
第一节	三相异步电动机的定子绕组	208
第二节	电动机故障的分析方法	227
第三节	电动机绕组的修理	238
第四节	电动机重绕线圈的计算	257
第五节	电动机的机械故障修理	272
第八章	单相交流电动机	280
第一节	单相鼠笼式转子异步电动机	280
第二节	交流串激电动机	286
第九章	安全用电	303
第一节	触电方式和电流对人体的伤害	303
第二节	防止触电的措施	309
第三节	触电急救	314
第四节	接地装置	315

第一章 三相异步电动机的 构造和拆装

农村电工在自己的丰富实践中，对于电动机的构造及拆装方法都很熟悉。为了进一步帮助他们熟悉和掌握电动机的性能，我们首先介绍三相异步电动机的构造及拆装方法。

第一节 电动机的种类

电动机可分为交流电动机与直流电动机两大类。交流电动机又可分为同步电动机与异步电动机（感应电动机）。而异步电动机又可分为三相的与单相的。

单相电动机一般说来，它的功率比较小，多用于日常生活上，如吹风机和电风扇等。在农业生产上用的电动机绝大多数是三相异步电动机。

三相异步电动机中由于转子的构造不同，又可把它分为两种：一种是三相鼠笼式异步电动机，也叫做短路式转子电动机；另一种是三相绕线式转子电动机，也叫滑环式电动机。它们的主要区别是转子构造不同，绕线式转子电动机，转子上也装有和定子一样的绕组，每相绕组的末端连接在一个滑环上。

由于鼠笼式转子电动机，构造简单，工作可靠，价格便宜，所以目前在农业生产上，大多使用三相鼠笼式异步电动机。

机，本书以后凡是讲到“电动机”又没有特殊注明的地方，就是指这种电动机。

第二节 三相鼠笼式异步电动机的 拆卸及各部件的作用

电动机有时需要拆装，以便进行清扫、加油等维护工作。广大农村电工通过亲身的实践，大部分都掌握了电动机的拆装方法。

拆卸电动机这项工作虽然很容易，但我们应当重视它，如果拆得不好会使电动机损坏，或修理后不能保证质量。下面我们简单介绍拆卸电动机的方法及各零件的作用。

(1) 先拆下电动机外部接线

当拆下电动机外部接线后，必须做好与电源线相对应的标记，然后把电动机与传动机械分开。

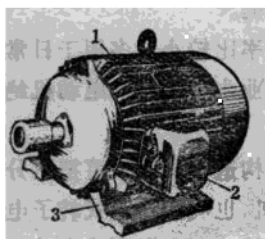


图 1-1 三相鼠笼式异步电动机外形

1—散热片；2—接线盒；3—机座

图 1-1 是一台电动机的外形图，机座与外壳铸成一体，用以支承和保护转子和定子，一般用铸铁制成。在封闭式电动机外壳上有散热片，容量较大的电动机，它的机壳内部还有循环通风装置。机座上同时装有接线盒，定子绕组的引线便由这里引出。

(2) 拆卸皮带轮或联轴器（靠背轮）

拆卸电动机时，首先应把皮带轮或联轴器（靠背轮）拆下。方法是先把皮带轮或联轴器的固定螺丝或销子取出，再

用特制工具（拿子，拔子）把皮带轮或联轴器慢慢拉出来。拿子的拉钩有 2 个的，3 个的或 4 个的，使用方法见图 1-2。在使用时要找好平衡，顶住电动机轴头的丝杠要顶正，在拆卸时要注意使皮带轮或联轴器的受力均匀，不要被拉钩扳裂。不要用铁锤猛力敲打，以免造成电动机的轴、轴承、端盖和皮带轮的损坏。

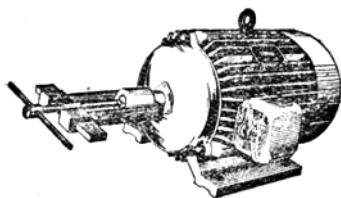


图 1-2 电动机皮带轮的拆卸

如果皮带轮从轴上拉不下来时，可用棉纱沾汽油，沿皮带轮四周燃烧，使其受热，均匀膨胀，这样就能很容易把皮带轮从轴上拉下来。为了防止轴与皮带轮一齐受热膨胀，可用湿布把轴包上，再用水淋浇湿布。

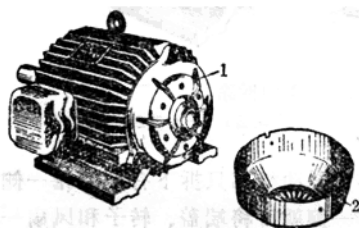


图 1-3 风罩拆下后的电动机

1—风扇；2—风罩

（3）拆除风罩

和风扇

皮带轮拆下以后，就可以拆风罩和风扇（见图 1-3）。风罩和风扇拆下后应该妥加保管，以免遗失或损坏。如果风罩和风扇损坏，将影响

电动机的通风冷却。在小型电动机中，风扇一般不用拆下，可连同转子一起抽出。

（4）拆卸轴承盖和端盖

对于装有滚动轴承的电动机，应先拆下一端的轴承外盖，

如图1-4（目前生产的新型电动机有的没有轴承外盖），再松开端盖紧固螺栓，同时将另一侧的端盖紧固螺栓拆下。为了组装时便于对正，在端盖与机座的接缝处要做好标记（两个端盖标记不应相同，避免装配时弄错），随后用扁铲或铁锤敲打端盖与机座的四周接缝处，把端盖从机座上卸下来，见图1-4。如端盖较重，应用吊链吊住逐步卸下。

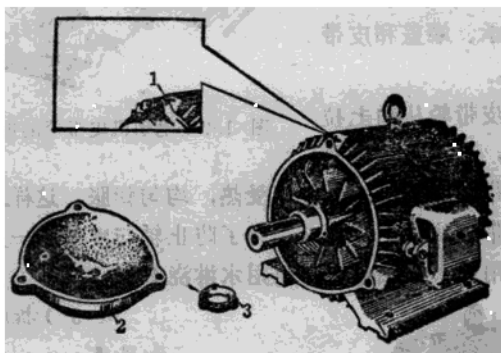


图 1-4 端盖的拆除

1—拆前做上的记号，2—大端盖，3—小端盖

拆卸端盖时，对于小型电动机都只拆下有皮带轮一侧的端盖和轴承盖，这样在另一侧就可将端盖、转子和风扇一起抽出。在大中型电动机中因转子较重，需把两侧端盖都拆下来以后再抽转子。在松动端盖螺栓时应依次把对称的螺栓逐渐拧松（参考图1-9），以免端盖受力不均。

（5）抽出转子

抽转子时必须注意不要碰伤定子线圈。如果电动机气隙较大，抽转子之前应在转子与定子之间塞入薄纸板，以免抽转子时碰伤定子线圈。转子重量不大的可以用手抽出，转子

重量较大时，应用起重设备（如吊链）吊住，抽出的转子见图1-5。

在抽出较重的转子时，先在转子轴上套好起重用的绳（或钢丝绳），用起重设备吊住转子慢慢移出，如图1-6(a)。为了把转子抽出，在轴的一端套上钢管2，为了不使钢管刮伤轴颈，可在钢管内衬一层纸板，如图1-6(b)，继续将转子抽出。待转子重心已移到定子外面时，在转子轴端下垫一支架，将吊绳套在转子中间，如图1-6(c)所示，即可将转子全部抽出。

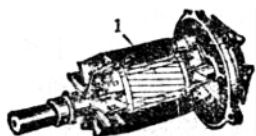


图 1-5 抽出的转子
1—转子笼条

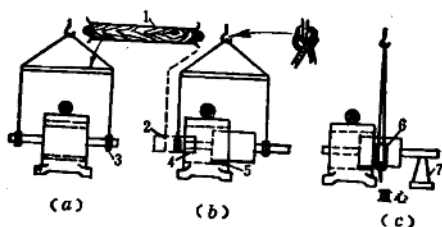


图 1-6 大中型电动机抽出转子的方法

1—横木，2—接长轴的管子；3—衬垫；4—内垫薄纸板；
5—纸板；6—衬垫；7—木架

在抽转子时如果使用钢丝绳，在转子上拴钢丝绳的地方，必须衬以木垫6，以防转子损伤或钢丝绳在转子上滑动。此外在改拴吊绳时，不得把转子放在定子铁芯上，而必须在轴端垫木衬垫，有风扇的电动机应从风扇那边抽出。

以上是拆卸电动机的步骤及方法。抽出转子以后，我们

就可以看到机壳内定子铁芯及绕组，也可以看到鼠笼转子的结构。

定子：定子铁芯是由冲成圆环形的厚度为 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ （毫米）的硅钢片叠压而成。硅钢片表面涂有绝缘漆，使各片之间互相绝缘。小容量电动机（5号机座以下）硅钢片不需另涂绝缘漆，而利用硅钢片表面的氧化层作为片间绝缘，以减小铁芯的涡流损失。

在定子铁芯的内圆上均匀地冲有槽口，如图1-7所示。在铁芯叠压以后形成定子槽，以便嵌放定子线圈，在中小型异步电动机中一般采用半闭口槽。定子绕组将在本书第七章中介绍。

转子：转子是电动机的转动部分。为了保证转子可以在定子内自由转动，在转子与定子之间留有空气隙，一般小型电动机的空气隙约为 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ ，大型电动机约为 $1\sim 1.5\text{mm}$ 。

转子由转轴、铁芯和转子绕组（笼条）组成。电动机轴一般用中碳钢制成。转子铁芯（见图1-8）也是用 $0.35\sim 0.5\text{mm}$ 硅钢片叠成，在转子外圆四周冲有槽口，槽中嵌放导体，转子槽内导体是由钢条（或铝条）嵌入槽内，并在两边用端环短接起来，构成了一个鼠笼绕组。现在生产的中小型电动机，转子槽内的导体和两边端环连同内部通风用的风翼一起

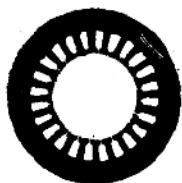


图 1-7 定子铁芯冲片



图 1-8 转子铁芯冲片

用铝铸成。

第三节 电 动 机 的 装 配

装配电动机的工序大致与拆卸的顺序相反，首先是装轴承。轴承装好后，应仔细检查电动机内部是否有遗留下的其它物件，在装电动机端盖前还应当用“皮老虎”吹一吹定子绕组端部。

端盖装入前应仔细清洗轴承（已清洗过的也应当仔细检查）。在装端盖时，紧固螺栓应均匀交替地拧紧，如图1-9所示。在稍稍拧紧螺栓1以后，再拧螺栓3（松紧程度与1差不多），然后拧螺栓4、2，再按2、4、1、3的次序进一步拧紧。

在固定端盖螺栓时，不应一次将一边端盖拧紧，应将另一边端盖装上后，两边同时拧紧。并且还应及时转动转子，看其是否能灵活转动，以免装配后电动机旋转困难。

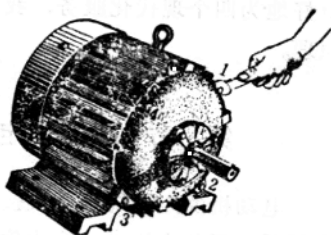


图 1-9 端盖的安装

在装滚动轴承小盖时应使轴承内外盖螺孔对正，在轴承盖里面应加入适当的润滑油，但不可太多，然后用螺栓使内外盖夹紧轴承。

安装皮带轮或联轴器是最后一道工序，安装中小型皮带轮时，可在它的外侧垫上木块，用锤子把皮带轮敲到转轴上。为了不伤害轴承和防止电动机移动，在安装皮带轮时，轴的另一端可垫一木块后再顶至墙上。

第二章 三相异步电动机的原理

电动机接通电源以后，就能转动起来，带动水泵或其它机械进行工作。如果发现电动机反转，只要把电动机接电源的任意两个线头倒换一下就可以正转。电动机每分钟的转数与它的磁极对数有关，磁极对数越多电动机每分钟的转数就越少。电动机起动时的电流比正常运行时大好几倍，所有这些现象和知识，我们都是早已知道的。但是作为电工，只知道这些现象是不够的。为了更好地管好、用好电动机，为了更好地为四个现代化服务，我们应该进一步掌握电动机的原理。

第一节 电动机定子绕组的旋转磁场

电动机的定子绕组引线接通三相交流电源后，定子绕组中便通入三相交流电，产生旋转磁场（与图 2-1 表示的旋转

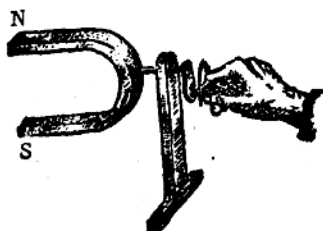


图 2-1 旋转磁场示意图

的马蹄形磁铁的磁场相象)。这时，转子笼条切割旋转磁场的磁力线产生感应电流。笼条的感应电流再与旋转磁场相互作用，就使电动机的转子产生力矩转动起来。可见电动机能够转动的关键，就

是定子的旋转磁场与转子笼条中感应电流的相互作用。但它们各有什么特点，又是怎样相互作用的，下面将分别介绍。

1. 定子绕组的旋转磁场

为了下面能顺利地讲解旋转磁场，我们先把要用到的一些图形与符号说明一下。

1) 通电的直导线与通电线圈的截面图

⊙：圆圈表示与书垂直放着的导线的截面，里面的黑点“·”表示导线里的电流是从书里向我们这方向流过来的。好象一支箭沿着导线向我们射过来时，只能看见箭头一样，把它画出来就如图2-2(a)所示。

⊕：表示一根与书垂直放着的导线，它的电流是由我们这方向向书里流进去的。圆圈里的“+”表示电流是离开我们的。好象我们沿着导线射出去一支箭，只能看到箭尾一样，把它画出来就如图2-2(b)所示。

⊙⊕：表示一个与书垂直放着的线圈，里边的电流是从右边的导线流进去，又从左边的导线流出来。把这个意思画出来就如图2-2(c)所示。

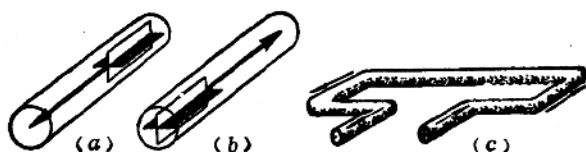


图 2-2 通电直导线与通电线圈截面

2) 交流电随时间变化的图形

我们平时所用的交流电大小和方向都随时间变化，图2-3就是表示交流电变化规律的图形。标着“时间”的横线称为

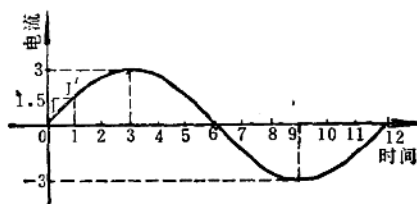


图 2-3 交流电随时间变化规律的曲线

横轴，它按一定比例尺表示时间的长短；标着“电流”的竖线称为纵轴，它按一定比例尺表示电流的大小，上面的数字是安培数。在横轴上面电流是正的，横轴下面的电流是负的。我们规定线圈中的电流从线圈的头进去，到线圈的尾出来是正的；反之，从尾进去到头出来的电流就算负的。

图形上弯弯曲曲的线（曲线）就表示交流电的变化规律。怎样从这条曲线上判断某一时间电流的大小呢？我们以时间“1”为例来说明。先从横轴上找到1，从这点出发画平行于纵轴的虚线与曲线交于1'点，再从1'点出发画与横轴平行的虚线，与纵轴交于1.5的位置，这说明交流电的大小是1.5A（A是电流单位安培的符号，以后用A表示安）。在横轴上边的电流是正的，所以电流方向是从线圈的头进去，尾出来。用这种方法可以判断任意一个时间电流的大小和方向。

下面分析交流电的变化规律：时间在0时（开始时），线圈电流为0，就是说没有电流；时间到3时，电流是+3A，线圈里电流是正的，方向是头进尾出（ $\oplus_{\text{头}} \ominus_{\text{尾}}$ ），电流大小是3A；时间到6时，线圈里又没有电流；时间到9时，电流是-3A，线圈里的电流是负的，方向是尾进头出（ $\oplus_{\text{尾}} \ominus_{\text{头}}$ ），电流大小是3A；时间到12时，线圈中又没有

电流。可见：在从 0 到 6 这段时间里，电流都是正的，说明电流方向总是头进尾出，电流大小是从 0 逐渐增加到 3 安，然后又逐渐减少到 0；而在 6 到 12 这段时间里，电流都是负的，说明电流方向与前面相反，是尾进头出，电流大小是从 0 逐渐减少到 -3 A，然后又逐渐上升到 0。以后就不断地按照这个规律变化下去。

这种大小、方向都按一定规律变化的电流叫做交流电流。按照上面所讲的规律变化一次，叫做一个周波。变化一个周波所用的时间（也就是图 2-3 中横轴从 0 到 12 所表示的时间）叫做周期。交流电在每一秒钟变化的周波数叫做频率。我们所用的交流电频率是 50Hz（赫兹），也就是一秒钟

变化 50 个周波，周期是 $\frac{1}{50}$ 秒（在图 2-3 中，横轴从 0 到

12 这一段表示 $\frac{1}{50}$ 秒，一个小格，即从 1 到 2，或从 2 到 3

等表示 $\frac{1}{600}$ 秒的时间）。

（1）两极旋转磁场

我们先分别研究两极旋转磁场和四极旋转磁场，然后就可发现旋转磁场的一般规律。

图 2-4(a) 那样的绕组，通入三相交流电就能产生两极旋转磁场。图中一个线圈就相当于定子的一相绕组。三个线圈的头（标有 $A_{\text{头}}$ 、 $B_{\text{头}}$ 和 $C_{\text{头}}$ ）正好把定子内圆分成三等份。同样，三个线圈的尾（标有 $A_{\text{尾}}$ 、 $B_{\text{尾}}$ 和 $C_{\text{尾}}$ ）也把定子内圆分成三等份。因为一个圆周是 360° ，三个线圈互差三分之一圆周，所以这样放的线圈，叫做互差 120° 的三相线圈。我们把三个线圈的尾接在一起就成星形接法，接线图画在图 2-4(b)