

电动机和起动设备

农村机电工人培训教材

电动机和起动设备

林六道編

中国工业出版社

本书詳細敘述了农村常用的感应电动机及其起动設備的原理、构造、性能、選擇、安装、运行、維修等方面的知識，并对电动机的其他附属設備作了詳尽的介紹。內容切合实际，說理清楚，通俗易懂。

本书是“农村机电工人培訓教材”中的一册，可作县和公社級的电工訓練班的教材。对农村原有电工和希望学习电气技术的农村知識青年，也可作为自学进修的讀物。

农村机电工人培訓教材
电动机和起动設備
林大道 編

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯（北京阜外月坛南營房）

中国工业出版社出版（北京修鵬園路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ ·印張 $9 \frac{3}{16}$ ·字数194,000

1964年1月北京第一版·1964年1月北京第一次印刷

印数0001—15,320·定价(8-3)0.86元

*

統一书号：K15165·2905(水电-396)

农村机电工人培训教材出版说明

这套农村机电工人培训教材，是为培训县和公社级的电工、机手编写的；同时，对要求提高技术水平的原有农村机电工人，以及希望学习机电技术的农村知识青年，也可作为自学进修的读物。

这套教材是按农村目前常用的主要机电设备分册，现在先出版下列各册，以后将根据需要，陆续编写新册出版。

1. 电工基础
2. 农村架空输配电线路的架设
3. 农村架空输配电线路的运行和维修
4. 变压器和开关设备
5. 电动机和起动设备
6. 电气测量和电工仪表
7. 屋内布线和民用电器
8. 农村供用电安全技术
9. 农用水泵
10. 农用内燃机

编写各册教材时，考虑了读者对象的特点，尽量做到条理清楚，解说详透，文字通俗，插图丰富。使具有高小毕业或初中文化水平的读者，在学完“电工基础”一册以后，都容易接受。

这套教材的内容，是根据大多数地区农村的电力应用范

围，現有設備情况，以及讀者对象的工作需要来选择材料和确定标高的。编写时以理論結合实际、解决问题为原则，对农村供用电设备和排灌机具的构造、安装、运行和維修作了系統的叙述，以帮助讀者掌握技能，担任具体工作；同时又介绍了必要的浅显理論知識，使讀者明了各项具体操作規定的原因，从而提高理性認識，巩固所学技术，并为今后深入学习打下基础。

鉴于目前各地农村所用机电設備类型复杂，教材中对常見的各型設備都作了适当的介绍。书中层次清楚，段落分明，讀者可按当地設備情况和自己的需要刪减选学。

由于这种成套教材是初次出版，調查研究工作不够深入，可能存在不少缺点，难以滿足讀者的要求。誠懇希望对各册教材的安排和书中的具体问题提出宝贵的意見，寄北京水利电力部办公厅图书編輯部，以便重版时修訂补充。

1963年9月

目 录

农村机电工人培训教材出版说明

第一章 感应电动机的原理和构造	1
第一节 概述	1
第二节 感应电动机的构造	2
第三节 感应电动机的旋轉磁場	11
第四节 感应电动机的运行原理	18
第五节 感应电动机的轉差率和轉子轉速	19
第六节 感应电动机的轉矩	21
✓ 第七节 感应电动机的性能	26
第二章 感应电动机的使用和維護	32
第一节 感应电动机的銘牌	32
第二节 常用感应电动机的系列及其应用	38
✓ 第三节 电动机的選擇	41
第四节 所需变压器容量的選擇	49
第五节 傳动裝置的選擇和計算	52
第六节 感应电动机供电綫路导綫截面的選擇	60
第七节 电动机供电綫路的安裝	67
第八节 电动机的安裝	73
✓ 第九节 感应电动机的起動	85
第十节 感应电动机的运行和維護	107
第三章 感应电动机的故障和检修	134
第一节 感应电动机的运行故障及其处理的方法	134
第二节 电动机的定期檢修	150

第三节	繞組的修理	151
第四节	鉄心の修理	169
第五节	軸承的檢修	171
第六节	电动机的拆卸和装配	186
第七节	电动机的干燥	193
第八节	电动机檢修后的檢驗和試運轉	197
第四章	起動電器的原理	200
第一节	概述	200
第二节	电接触与触头系統	202
第三节	电弧的产生和熄灭	205
第四节	电磁系統的工作原理	212
第五节	起動電器的工作原理	214
第五章	各种起動設備	219
第一节	閘刀开关	219
第二节	熔断器	223
第三节	鉄壳开关	234
第四节	交流接触器和磁力起動器	237
第五节	自耦补偿起動器	251
第六节	星三角起動器	261
第七节	自动空气断路器	264
第八节	起動電器的組合	269
第六章	起動設備的故障和檢修	273
第一节	触头系統的故障和檢修	273
第二节	电磁系統的故障和檢修	279
第三节	灭弧系統的故障和檢修	285

第一章 感应电动机的原理和构造

第一节 概 述

电动机在南方各省俗称馬达，在北方叫做电滚子。电动机是用电来做功的机器。它輸入电能，輸出机械能，即經過电动机的作用，将由供电綫路取得的电能变换为机械能，用以拖动各种生产机械，例如拖动水泵和其他农业机械等。

电动机的种类很多，按电动机的电源性质可分为直流电动机和交流电动机两种。直流电动机主要应用在需要調速和起動轉矩大的机械上，例如起重机、电車等就是用直流电动机来拖动的。但是由于直流电动机需要直流电源，并且交流电动机在其他方面具有更多的优点，所以直流电动机的应用并不普遍，尤其是在农业上应用得更少。

交流电动机又可以分为很多类型，主要有同步电动机和感应电动机(也叫做异步电动机)。同步电动机一般在功率較大或者轉速必須恆定时，方才应用，例如拖动大型水泵等。但是由于同步电动机的构造复杂、造价較高、起動和維護都比較麻煩，因此在农业上的应用不多。

关于感应电动机的种类下面还要談到，由于它的构造簡單，坚固耐用，价錢便宜，工作可靠，效率又高，維護容易等許多突出的优点，因此它是应用最广的一种电动机。尤其是在小容量不需要調速的机械中，应用得更多。目前农村电

力排灌所用的电动机，几乎全部都是感应电动机。

第二节 感应电动机的构造

一、感应电动机的类型和一般构造

感应电动机按其定子绕组的相数不同，可分为单相感应电动机和三相感应电动机。单相感应电动机定子只有一相绕组，引出两个接线端子，通以单相交流电就能使这种电动机旋转。在没有三相电源或者所需的功率很小时，用单相感应电动机既方便又经济。但它的功率一般较小，大都不到1瓦，所以日常生活中用得比较多，例如电风扇、吹风机等。农业生产上用的电动机绝大多数是三相感应电动机。三相感应电动机有两种基本类型：一种是鼠笼式感应电动机（也叫做短路式感应电动机）；另一种是绕线式感应电动机（也叫做滑环式感应电动机）。它们主要的区别是转子构造不同。在鼠笼式感应电动机中有时为了满足更高的要求，制成双鼠笼式和深槽式的感应电动机。

三相感应电动机在构造上主要由两个部分组成：固定不动的部分，叫做定子；旋转的部分，叫做转子。转子装在定子当中，它们不接触，彼此间被空气隙分开。此外还有两个端盖，分别装在定子的两端。感应电动机的外形和部件如图1-1和图1-2所示。从图中可以看出，鼠笼式和绕线式感应电动机的构造大致相同，在定子上装有通入三相电流的定子绕组，三相绕组的始末端，引到装在机座外壳的引线盒上。定子铁心牢固地装在机座外壳中。感应电动机的转子的中心装有转轴，转轴在轴承中旋转，在中小型的电动机中，轴承

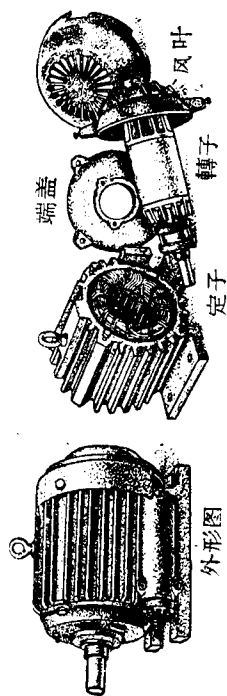


图 1-1 鼠籠式感應電動機的外形和部件

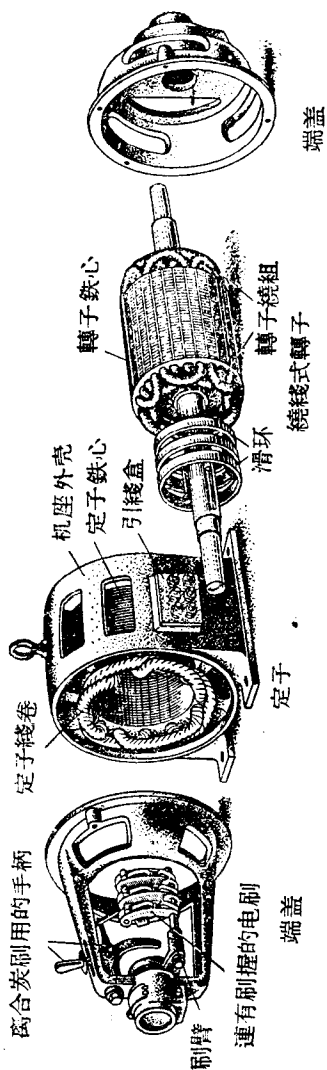


图 1-2 繞線式感應電動機的部件

就装在端盖中。端盖用螺栓紧装在电动机的机座外壳上，这样，轉子就支持在端盖上旋轉。轉子轉軸的一端可装上皮帶輪或其他傳动装置，以便傳动各种生产机械。

繞綫式电动机的轉子，如图 1-2 所示，它和定子一样也装有繞組，每相繞組的末端联接在一个滑环上，三个彼此絕緣的滑环安装在軸上。有的繞綫式电动机，在滑环同一側的端盖上，还装有起動和運轉时离合炭刷用的手柄，这种手柄是在起動时操作用的。

关于鼠籠式轉子的构造下面还要談到。图 1-1 中，在轉子上有风叶，这样可借助风叶在电动机旋轉时打风来冷却电动机。

感应电动机的机座外壳上有一个銘牌，上面注有电动机的主要数据，它是这台电动机最簡單的說明书。

二、感应电动机的定子

定子是电动机固定不动的部分，它的任务是專門产生一个旋轉磁場，驅使轉子旋轉。它是由机座、定子鉄心和定子繞組等三部分組成，各种类型的感应电动机的定子都基本相同。现将各組成部分分別說明如下：

1. 机座 机座的作用是固定和保护定子鉄心、定子繞組，并支撑住两个端盖，是电动机的主要支架。机座一般是用普通的鑄鉄鑄成，有的机座在側壁上有出风口，这是为了电动机通风散热用的。封閉式电动机的机座，外表面帶有散热筋(图 1-1 中机座表面上凹凸不平的部分就是散热筋)，用来增加散热面。

为了便于搬运，在机座上装有吊环，它的負重能力大于

整台电动机的重量。

机座有一定的标准尺寸，各种不同尺寸的机座都編有号碼。

2. 定子鉄心 定子鉄心是电动机磁通經過的部分，所以主要作导磁用。鉄心一般用 0.5 毫米的硅鋼片迭成，硅鋼片表面涂有絕緣漆，使它們互相絕緣，减少鉄心的渦流損耗。定子鉄心用的硅鋼片是冲成圓形的，并在內圈上均匀地冲有槽口，如图 1-3 所示。迭合起来以后就形成放繞組的綫槽。

中小型的感应电动机一般是采用半閉口形的綫槽，其綫槽的形状如图 1-3 所示。这种綫槽的槽口很小，所以在小容量的电动机里，繞組由絕緣的圓銅綫做成，以便把它装入綫槽。

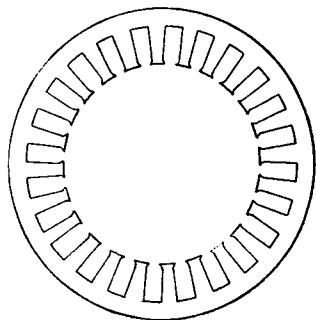


图 1-3 定子鉄心冲片

硅鋼片迭成的鉄心，用压装的方法，固定在电动机的机座內。

3. 定子繞組 感应电动机的定子繞組在通三相交流电时就会产生旋轉磁場，所以它是导电用的。感应电动机定子繞組可分为单层繞組和双层繞組两种，单层繞組是在一个綫槽中只放一个綫卷边，双层繞組是在一个綫槽中上下共放两层綫卷边。大于 10 瓩的感应电动机一般是采用双层繞組。在双层繞組中还有迭繞和波繞两种繞法，波繞适合用在大容量的电机中。对于中小型的感应电动机繞組，一般是用迭繞法，下面简单地介紹一下双层迭繞的繞綫法。

一只綫卷不应理解为就是一根导綫繞一圈的意思，电动

机的綫卷也可能是用很多根导綫并起来繞的。所用导綫的根数,由通过綫卷的电流大小而定。綫卷的形状如图 1-4 所示,但不一定都要画成如图 1-4 之(1)所示的那样,为了表示綫卷不仅一圈,一般画成如图 1-4 之(2)所示的形状。为了

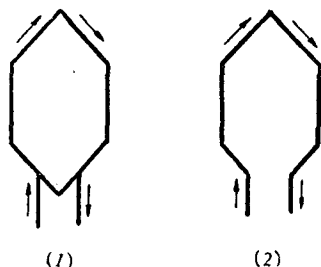


图 1-4 綫圈表示法

說明繞綫的方法,需要画展开图,如图 1-5 所示,这样的展开图就是把电动机定子順軸向切开一个地方,然后再把它拉直的示意图。图中沒有影綫的部分是表示綫槽,标上 1、2、3 等號碼,两端之綫槽均为第一槽,这是为了看清楚起見,

将第一槽画二次,其实只有一个第一槽。图 1-5 是表示四极 12 槽的定子展开图。图 1-5 中画上四只綫卷,它分别放在 1、4、7、10 四个綫槽中。把这四只綫卷串联联接起来就成为一相的繞組,但联接时要特別注意电流的方向,如第一只綫卷中的电流从左边进去,則第二只綫卷的电流必从右边进去,老是这样一正一反地接下去。这样电流的方向則如图 1-5 箭头所示,同一槽內的两导体所流过的电流是同一方向的,因此产生磁极(詳細的情况后面还要讲到)。又因相邻两綫卷内电流流动方向相反,如图中第一只綫卷电流順时針方向流动,而第二只綫卷电流是反时針方向流动,故产生的磁极极性也是相反的,比如第一只綫卷是产生 N 极,則第二只是 S 极。在感应电动机中,所謂磁极是指繞組所产生磁場的磁极,并无真正突出来的鉄磁极。

第二相和第三相繞組的繞綫法和上述的第一相一樣。不過第二相繞組是嵌在 2、5、8、11 四個綫槽中；第三相繞組是嵌在 3、6、9、12 四個綫槽中，接綫的方法也和第一相一樣。關於感應電動機繞組的繞制和接綫法，在第三章第三節“繞組的修理”中還要詳細介紹。在圖 1-5 中第二相和第三相繞組沒有畫出來。

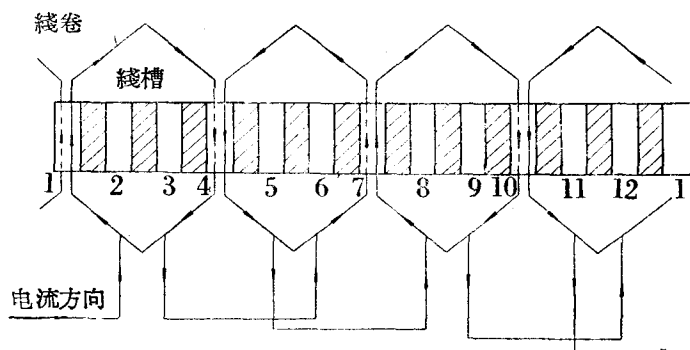


圖 1-5 繞組展開圖

圖 1-5 中的定子共有 12 個槽，四個磁極，所以每個磁極要占三槽，換一句話說，就是每三個綫槽要產生一個磁極，但是在每一個磁極下面要包括三相繞組，所以每相繞組只占一個槽，這就叫做每極每相的綫槽等於 1。

綫卷兩邊所跨接的槽數，叫做節距，當節距數等於每極之槽數時，叫做整節距繞組，圖 5 即屬於整節距繞組，圖中四只綫卷的節距完全一樣。在雙層繞組中，每槽內有兩個綫卷邊，一在上層、一在下層，即綫卷的第一邊如果在第一槽的上層，則第二邊必須在第四槽的下層。每一只綫卷都必須一邊在一槽的上層，另一邊在另一槽之下層，如圖 1-6 所示。

这样安排的优点是所有綫卷都一样大，所以实际上繞綫时可以用模子繞出許多大小一样的綫卷来，分別按次嵌入綫槽內，然后把綫头照上述的原則連接起来就可以了。



图 1-6 双层繞組

在短距迭繞的繞組中，每相每个綫圈的两边距离小于一个磁距(磁极中心之間的距离)，这样的繞綫法可以节省一些端接銅導綫，并且有較好的电气性能。

为了更合理地利用鉄心有效截面积和改善繞組的某些性能，实际上每极每相之綫槽数大于1，也就是說每相繞組在每个磁极下不只一个綫槽。把同一相繞組嵌在相邻的綫槽里，例如每极下有六槽，当1、2两槽为第一相时，3、4两槽为第二相，5、6两槽为第三相。这叫做分布繞組。

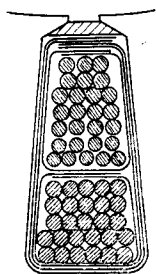


图 1-7 定子綫槽的截面

在小型的感应电动机中，定子繞組是用絕緣的圓導綫来制造的。先将導綫繞成綫卷，以后再嵌入定子綫槽里去。綫卷嵌入綫槽后，上下两层的截面如图 1-7 所示，上下层用青壳紙或黄蜡布隔开，导体和槽子間的絕緣也是用青壳紙和黄蜡布等絕緣材料組

成。图中絕緣紙层用綫条表示。

在中型的感应电动机中，綫卷是用扁銅綫来繞制，这是因为电动机容量大了，电流很大，就需要用大截面的扁銅綫来制造。

三、感应电动机的轉子

轉子是电动机的轉动部分，其任务是在旋轉磁場的作用下，得到一个轉矩而旋轉起来带动工作机械。轉子位于电动机定子的内部，安装于电动机兩側端盖的軸承上。

轉子和定子間的空气隙，目的只是保証轉子可以在定子内自由轉动，在理論上應該愈小愈好。一般小型电动机的空气隙約为 $0.35 \sim 0.5$ 毫米，大型电动机約为 $1 \sim 1.5$ 毫米。

感应电动机的轉子由轉軸、轉子鉄心和轉子繞組等三部分組成的。轉子鉄心就裝在轉軸上，在轉軸的端部裝有皮帶輪或聯軸器，以便傳动工作机械，由于轉軸要承受很大的轉矩，所以一般用中炭鋼制成。轉子鉄心一般是用 0.5 毫米的硅鋼片迭成的，和定子一样，硅鋼片也是互相絕緣的，硅鋼片的外圈上均匀地冲有綫槽，作为嵌放轉子繞組用。轉子繞組有鼠籠式和繞綫式两种。

繞綫式的繞組，也是用絕緣導綫繞成的，其型式和构造与定子繞組大致相同，在轉子的綫槽內，也是嵌入三相的轉子繞組，三相繞組通常接成星形的，即各相繞組的三个末端連結在一起，三个起端接到裝在軸上的三个彼此絕緣的滑环上。所以又叫做滑环式的轉子。

鼠籠式的轉子繞組，用适当数量不絕緣的銅条放在轉子綫槽內，銅条的两端，分別焊接在两个端环上，构成鼠籠式

轉子繞組。如果我們單就轉子的導體來看，如图 1-8 所示，其形狀好像一個捕鼠的籠子，因此叫做鼠籠式的轉子。在 100 瓩以下的鼠籠式感應電動機，轉子綫槽內的導體、端環以及風扇葉，同時用鋁鑄成代替銅條和銅環，如图 1-9 所示，這樣既提高勞動生產率，又節省用銅。

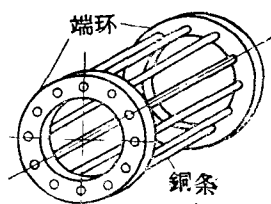


图 1-8 鼠籠式感應電動機轉子的導體

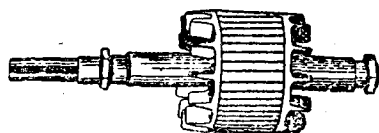


图 1-9 感應電動機鑄鋁的轉子

為了改善鼠籠式感應電動機的起動性能，感應電動機鼠籠式的轉子，除上述普通的鼠籠轉子之外，還設計有雙鼠籠轉子和深槽轉子。雙鼠籠式轉子上有內外兩個鼠籠，內鼠籠裝在外鼠籠的里面。雙鼠籠轉子槽的形狀如图 1-10 所示，槽內裝有內鼠籠和外鼠籠兩組導體，外鼠籠導體是由電阻較大的材料制成的，而內鼠籠導體是由電阻較小的純銅制成的，並且在導體兩端短接的銅環具有較大的導電面積。也有雙鼠籠轉子的導體用鑄鋁來代替銅條。

深槽轉子的槽比較深，如图 1-11 所示，槽的深度大約是槽寬度的 10~12 倍，槽內嵌置又深又窄的銅條，兩端也是用銅環短接，構造比雙鼠籠轉子簡單。