

李 彬 李凤梧編譯

电动机在农业上的应用

农 业 出 版 社

电动机在农业上的应用

李 彬 李凤梧編譯

农 业 出 版 社

电动机在农业上的应用

李 彬 李凤梧编

*

农业出版社出版

(北京西总布胡同7号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第108号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经销

上海洪興印刷廠印刷

*

787×1092毫米 1/32·2 3/8印张·53,000字

1959年9月第1版

1959年9月上第1次印刷

印数: 1-2,300 定价: (9) 0.25元

统一书号: 15144·131 59·8·京型

編譯者的話

1958年由于全国人民鼓足干劲，力争上游，多、快、好、省地执行了党所提出的建设社会主义总路线，在农业方面，出现了史无前例的大跃进的新形势，并显示出它今后光辉的发展远景。无疑地，农业的大跃进，向工业提出了新的要求，也进一步推动了工业的大跃进。在农业方面，在努力进行农业半机械化的同时，如何使农业早日全面实现机械化、电气化，是摆在我们全国人民面前的一个伟大的任务。在这方面，要进行的工作很多。編譯出版这本小册子只是企图从电动机的一般知識开始着重地对如何选择电动机及维护电动机的工作等淺显知識作一些較詳細的叙述，便于一般农业战线上的干部，对进行电气化中的主要电机能有一个比較系統的了解。

編譯者学識淺陋，書中錯誤或不当之处，在所难免，希讀者批評指正。

本書承一些农村下放同志，提出許多宝贵意見，在此对他們表示感謝。

目 录

第一章 电动机的构造和性能	5
一、电动机的基本知識	5
二、感应电动机	5
三、同步电动机	19
四、直流电动机	24
第二章 电动机在农业机械上的应用	83
五、农业机械对电动机的要求	83
六、有关电动机功率的一些問題	84
七、持續运行状态下的电动机的功率选定	86
八、重复短时运行状态下的电动机的功率选定	43
九、短时运行状态下的电动机的功率选定	46
十、电动机电压与构造型式的選擇	48
十一、电动机在大跃进中出現于农业方面的用途	49
第三章 电动机的控制器械及接綫图	58
十二、电动机的控制器械	58
十三、电动机的控制接綫图	62
第四章 电动机的维护	66
十四、电动机的搬运和安裝	66
十五、电动机的维护工作	67
十六、电动机常見的故障及其解决的对策	68
十七、有关电动机的安全技术	71
十八、触电的紧急救护法	74

第一章 电动机的构造和性能

一、电动机的基本知識

如果在磁場中置以載流的導體，那末，磁場就會迫使導體運動。這種現象就是電動機運轉的主要原理。任何電動機都有固定的部分和轉動部分。固定部分除了機架之外，最主要的就是裝置在機架內壁的繞組，稱為繞組。繞組中通過電流，便會產生磁場。轉動部分是在機架之內（在直流電動機稱為電樞；交流電動機稱為轉子），它和機架間留有很小的空氣隙，在轉動部分上也有繞組。固定部分的繞組所產生的磁場，對轉子（電樞）繞組中的電流發生的作用，形成了轉矩，使轉子轉動。這樣，電動機便將從電源取得的電能轉變為機械能——動能，用以驅動各種生產機械，如農業機械，等等。

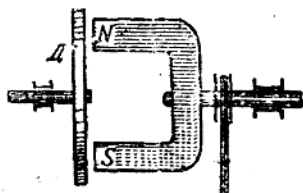
電動機有交流電動機和直流電動機之分。交流電動機又分感應電動機和同步電動機。直流電動機也有分激電動機、串激電動機和復激電動機等。直流電動機的優點在於轉速有較大的平滑調節範圍；缺點是需要有直流電源。

在農業上除了個別情況要用同步電動機希望得到恆定的轉速，例如大型水泵。一般說來，感應電動機的用途比較廣泛。

二、感應電動機

感應電動機的動作，基於旋轉磁場的原理。如取一個銅盤（圖一），它能繞自己的軸而旋轉，將其置於也能旋轉的磁

极 N (北) S (南) 的附近, 那末, 当磁铁往某一方面旋转时, 铜盘也将随之往该方向旋转, 只是铜盘旋转的速度比磁铁旋转的速度略小。



(图一)

因为磁铁发生旋转时, 有磁力线切割铜盘, 并在其上感生涡流。因涡流与磁场的相互作用, 遂产生旋转力矩, 将这原始性电动机的铜盘(即转子)旋转起来。

我们分析这个实验, 便可看出感应电动机可分为两部分: 一为主动部分(即磁铁), 另一为被动部分(铜盘)。而被动部分有追随主动部分运动的趋势。

铜盘的转速要比磁铁旋转的速度略小。因为铜盘如和磁铁以同步旋转(即以同一速度旋转), 铜盘有时将不会被旋转磁场所切割, 在其上即不能感应出产生转矩所必需的涡流。因此基于此原理而运转的电动机又叫做异步电动机:

现代三相感应电动机的实际构造, 旋转磁场并非由永久磁铁旋转而产生, 而是由三相交流电加在特制的绕组上产生的。

感应电动机除了在少数情况采用单相电源外, 绝大部分都应用三相交流电源。农业上多采用鼠笼式感应电动机。至于大型的感应电动机则选用滑环式感应电动机。

感应电动机的铭牌上, 一般都标明了电动机本身的额定数值: 功率(输出)的瓩数, 定子绕组进线端的线电压的伏特数, 线电流的安培数, 电流的频率的赫兹数(每秒变换数), 转速(每秒转数), 效率, 功率因数(定子绕组中相电压和电流间夹角的余弦值)。

在滑环式感应电动机铭牌上, 除了上述各额定值外, 还标

明了滑环上的电压(当轉子不动时)和轉子繞組中的电流(在額定情况下)。此外,在銘牌上有时也标有定子繞組的接綫图,电动机的运用状态,电动机重量的公斤数(在安装电动机时,重量是需要知道的)。

三相鼠籠式感应电动机 这种电动机和其他种的电动机一样,机架和轉子的鉄心(定子),是用涂有絕緣漆的矽鋼片叠合而成的,因为这样可以减少鉄心中的渦流。三相感应电动机的定子槽里敷設有三个互成 120° 的繞組(图二),三个繞組的起端与末端都引到銘牌的接綫端上。这样便于使定子接成三角形(定子繞組中第一相的末端与第二相的起端相接,第二相的末端与第三相的起端相接,而第三相的末端再与第一相的起端相接,这样三相繞組形成一个闭合的三角形)或星形(三相繞組的末端接在一起,而三个起端成为三个自由端,接到电源上)。

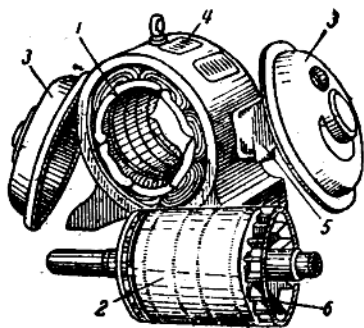
定子和轉子間有很小的空气間隙,在轉子表面槽中敷設着許多銅杆,这些銅杆的两端各用一只銅环連接起来,构成所謂松鼠籠的繞組。

近来,在較小型的电动机,它的轉子是用熔化了的鋁,澆注于槽內制成。在鑄造的同时,把轉子两端短接繞組用的圓环和冷却整个电动机用的扇叶,一起用鋁鑄成(图二)。

因为这种电动机定子和轉子繞組間,只有磁的感应,并无电的直接联系,这正是命名为感应电动机的原因。如果定子繞組中通以三相交流电,便在电动机磁路內产生旋轉磁場,定子的旋轉磁場切割轉子的导体,所以轉子繞組中便产生环流。环流的大小和磁場切割轉子导体的速率成比例,如前所述,如果轉子旋轉的速率和旋轉磁場的速率相等,那末,轉子上的导体不会被磁場所切割,因而也就不会有什么轉动傾向,所以

感应电动机轉子的速率必須較旋轉磁場的速率為低。

感应电动机的最大特点就是，当負載增加时，轉速即減低，这时旋轉磁場在单位時間內切割轉子的導体的次数增加，所以轉子繞組中的环流增大，于是环流对定子磁場的作用力隨而加大，轉子的轉矩因而也增加。



(图二)

- 1——定子繞組； 2——轉子； 3——机壳蓋；
4——銘牌； 5——接線端； 6——扇叶。

在研究感应电动机时，轉差率具有很重要的意义。轉差率就是轉子轉数小于定子旋轉磁場的轉数跟定子旋轉磁場轉数之比的百分数，用公式表示为

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100\%$$

式中： n_1 ——定子旋轉磁場每分鐘的轉数；

n_2 ——轉子每分鐘的轉数。

例如，磁場每分鐘 1,500 轉，轉子每分鐘為 1,425 轉，那末，轉差率是：

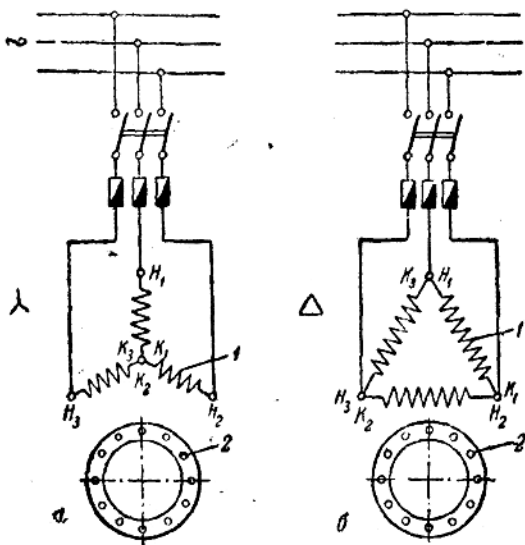
$$S = \frac{1500 - 1425}{1500} \times 100\% = 5\%$$

当轉子不动时，那末， $n_2 = 0$ ， $S = 1$ 或 100%。如果假設轉子以磁場轉速旋轉，那末， $n_2 = n_1$ ，即 $S = 0$ 。因此，就理論上來說，轉差率是从 0 变到 1，或者說从 0 变到 100%。当机軸上的負載增加时，轉子的轉差率增加，因为只有这样，才能增

加轉子繞組內的電動勢和決定轉矩大小的電流。

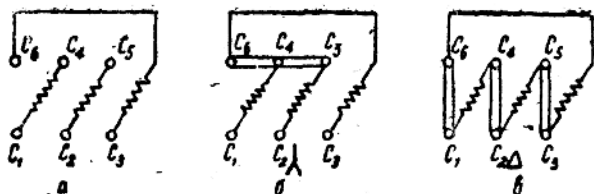
電動機在額定負載(軸上)時的轉差率 S_H ，是表示電動機特性的一个量。就正常運行的電動機說來，轉差率是在 1% 到 6% 之間。

圖三表示三相鼠籠式感應電動機的接線圖。在電動機銘牌上都標明了電動機在各種接線時的電壓，例如 380/220，表示電動機繞組在聯接成星形時，電源的電壓是 380 伏特，聯接成三角形時是 220 伏特。電動機接線板上有定子繞組的六個接線頭 $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ 。圖四表示星形或三角形



(圖三)

a——星形接線； b——三角形接線； 1——定子繞組； 2——轉子繞組；
 $H_1, K_1, H_2, K_2, H_3, K_3$ ——定子繞組中第一，第二，第三各相的起端和末端。



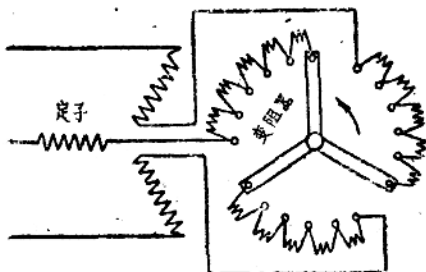
(图四)

a——接線头的位置；b——星形接線；c——三角形接線。

的接線法。

从图三我們把感应电动机可以看作是一台变压器，定子好比原繞組，轉子好比副繞組。在轉子中电流增加时，定子中的电流隨而增大。因为在起动机时，轉子导体中的电流，有时大到額定負載时的5—8倍，起动机时吸取这样大的电流，正是鼠籠式感应电动机的缺点，因为这样会使供电线路上的电压降增大，以致同一线路上的其他用戶，例如民用电灯，这时将会发生亮度不够的現象，所以对于5馬力以上的这种感应电动机，在起动机时必须采取一定的措施。

(甲)变阻器起动机法 这种起动机法(图五)是将变阻器联入定子內以减低电压和起动机电流。这时，定子的磁場隨而减弱，而且轉子中的电流和轉矩

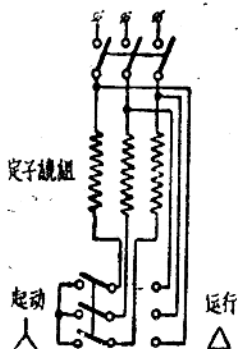


(图五)

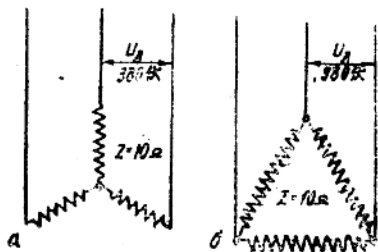
都一并减小。所以定子电路內引入变阻器的起动机法，只宜于电动机在空載时起动机。有的时候，变阻器也用感抗代替。

(乙)星形-三角形換接起动机法 这种方法只应用于电动

机正常在三角形接线下运行的情况。当起动时，定子绕组用切换开关，先接成星形，然后改接成三角形(图六)。由下面的数字例子，我们知道这种方法确能降低电动机的起动电流。假设电源的线电压是 380 伏特，而三相电动机每相的阻抗是 10 欧姆。用星形接线起动时(图七,a)，加在每相绕组上的电压为



(图六)



(图七)

$\frac{380}{\sqrt{3}} = 220$ 伏特，所以每相绕组中的电流为 $\frac{220}{10} = 22$ 安培。星形接线起动时，线电流等于相电流，所以起动时，电动机所吸取的电流也等于 22 安培。

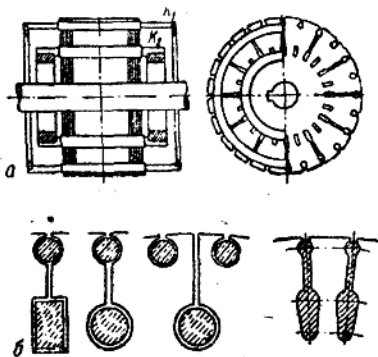
如果同样的电动机，在连接成三角形而接到线电压同样为 380 伏特的电源上(图七,b)，那末，每相的电压也等于 380 伏特，所以电动机各相的电流就是 $\frac{380}{10} = 38$ 安培。因为接成三角形时的电流是各线电流的 $\sqrt{3}$ 倍，所以在这种情况下，电动机从电源每相导线上所吸取的电流就是 $38\sqrt{3} = 66$ 安培，即是接成星形时的 3 倍。所以电动机的转矩也随着减少为原来 $1/3$ 。这种星形换接为三角形的起动法，只能应用于空载或轻载起动。

(丙)自耦变压器起动机法 这种起动机法是使定子绕组经过自耦变压器后再接到电源上。在起动机过程中利用自耦变压器以降低电压。使用这种起动机法时,电能损失较少,发热也不多。

双鼠笼式感应电动机 这是普通鼠笼式感应电动机,在起动机的时候,因为不能将变阻器接到转子电路内,所以起动机电流颇大。如果在设计时,特意将转子电路的电抗增大,那末,起动机电流虽然可以减小,但是电动机的效率却又嫌太低,而且负载增加后,转速下降也很大。为了减小鼠笼式感应电动机的起动机电流,同时又不影响于起动机转矩和效率,可以应用双鼠笼式感应电动机。

双鼠笼式感应电动机,从它的命名,我们可以知道包含两个分开的转子电路,每一个转子电路各为一个短路鼠笼,两个鼠笼分别在内外两层(图八)。

内层导线 K_2 的截面积较外层 K_1 的截面积为大,所以电阻颇低,但是内层导线是深埋在铁心之中的,所以电抗很大。外层导线 K_1 的情形,恰和内层导线相反,即电阻很大而电抗颇低。



(图八)

- a——双鼠笼式感应电动机的转子;
b——转子的内外层槽和导线。

在起动机的时候,转子电流的频率,差不多是和供电线路的频率相等,内层绕组对于这起动机电流的阻力很大,所以大部分电流,都是在电阻很高的外层绕组内流动,因之,起动机转矩很大而电流颇小。待转速增高,转子电流的频率逐渐减小,内层

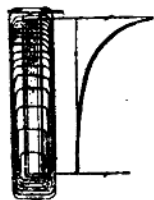
繞組的電抗，也隨着減小，所以轉子電流，逐漸趨向內層繞組。當電動機的轉速增加至最大值時，大部分的轉子電流，是在電阻頗低的內層繞組內流動，所以效率不致過低，轉速調整亦不甚大。

深槽式感應電動機 這種電動機與普通的鼠籠式感應電動機的構造相同，只是槽的深度增加了（深約50公厘，寬為5—6公厘）（圖九）。轉子的繞組是由許多窄的銅條所組成。

為了說明這種繞組的作用，我們不妨把每根銅條看作許多層。最下面的一層所環繞着的磁力綫數最多，表面一層的磁力綫數最少，所以最下層的感抗最大。

在起動時，轉差率大，即轉子中的電流頻率最大（等於定子中電流的頻率），各層的感抗顯著地大於其電阻，因此，各層間電流的分布主要是由感抗來決定。這樣，當銅條最下層的感抗大於上層時，電流大部經流銅條的上層，換句話說，銅條內電流向表面部分移動了（即集膚現象）。圖九中的曲線表示電動機起動時，銅條各截面層電流密度（即每平方公厘面積上的安培數）的分布圖樣。這樣就象是銅條的截面減小了，所以当電流集膚後，轉子的電阻加大了，於是使起動電流減小；同時，電流集膚後轉子的電抗比在同樣槽中銅條內電流平均分布時的電抗減小了，不過仍然比正常樣式的鼠籠式感應電動機的電抗要大些，因此，深槽電動機的起動轉矩得以增大。

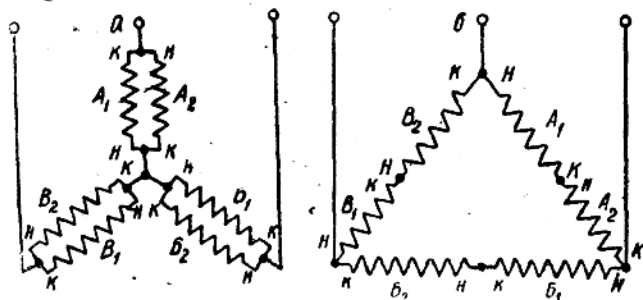
當電動機起動後轉速逐漸增加的同時，轉子內的電流頻率便逐漸減少，直到轉子電流頻率較正常运行轉速時稍低的轉速時，轉子中電流的集膚現象變得很不顯著，電流沿銅條截



（圖九）

面的分布,也就趋于很均匀。

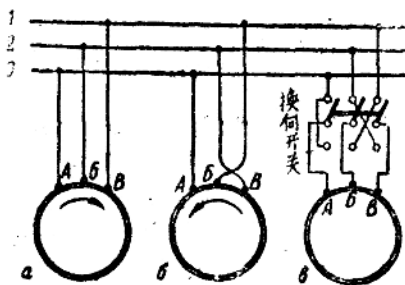
变更极双数调节电动机的转速 为了使电动机获得两种转速,可以将定子绕组的A,B和B三相,每相都分为相等的两组(图十)—— A_1 和 A_2 , B_1 和 B_2 , B_1 和 B_2 。当定子中每相相等的两组串联时(图十,б)的极双数是并联时(图十,а)极



(图十)

双数的两倍,所以并联时的转速就是串联时的两倍。最常见的双速电动机,多为1500转/分和750转/分或1,000转/分和500转/分。这些双速电动机的转子总是鼠笼式的。

感应电动机运转方向的改变 我们知道,转子转动的方向就是旋转磁场运动的方向。为了变更转子转动的方向,必须改变磁场旋转的方向,即调换任何两根供电线的接线位置(即改变相序)。例如,调换供电线1和2的位置(图十一,a和б)。

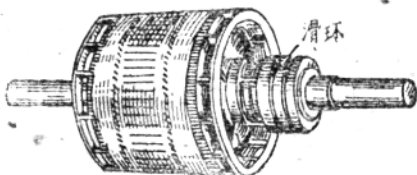


(图十一)

具体改变电动机的运转方向时,可以用换向开关(图十一,B)。

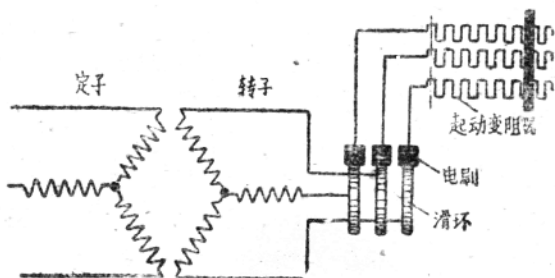
三相滑环式感应

电动机 三相滑环式感应电动机也有和鼠笼式感应电动机同样的定子,不过转子上有三相绕组,各相绕组的末端连接成为星



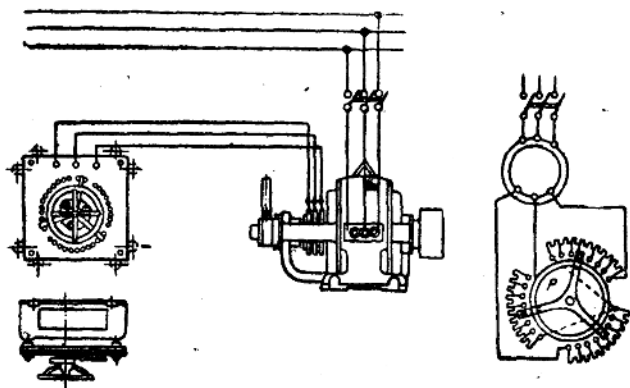
(图十二)

形的中点,而各绕组的起端则和装在电动机轴上的三个铜滑环分别连接。各个铜滑环互相绝缘,同时也跟转动轴绝缘(图十二),环上装有电刷。转子绕组通过这些电刷和滑环,跟起动变阻器的电阻相串联(图十三和十四)。



(图十三)

在电动机起动时,先合上定子电路内的三刀开关,然后把变阻器接入转子电路,转子开始转动。随着电动机转速的增加,逐步减小变阻器的电阻,到起动完毕时,变阻器的电阻便全部撤出。变阻器接入转子电路,一方面使转子电阻增加,因而阻抗增加,以减小起动电流;另一方面,增加转子电路内的电阻,也就是减少了转子中电动势和电流间的相角,所以起动



(图十四)

轉矩也得到增加。

三相滑环式感应电动机也和鼠籠式电动机有同样的特性，即負載增加时轉速降低，这时需要較大的轉矩，因而要消耗較多的功率。它的优点在于有較大的起動轉矩，缺点是构造和維護較复杂。此外，滑环式电动机較同样功率的鼠籠式电动机造价約貴 20—25%。滑环式电动机在农业上多适用于有大飞輪，以及供电綫路电压較低而又必須获得較大起動轉矩的情况(如驅动鋼磨，打谷机，大型的割草机等)。

滑环式感应电动机調节轉速的方法，就是調节轉子电路內的可变电阻。当电阻加入到轉子繞組电路內时，电流便减小，同时轉矩也减小。这种調节轉速的唯一缺点，就是消耗的功率相当可观。

单相感应电动机 常見的单相感应电动机(图十五)，定子只有一个单相交流繞組，轉子的繞組也是鼠籠式的。当单相交流通过繞組时，因为磁場并不旋轉，所以轉矩等于零，轉