

感应电动机文辑

第 一 集

上 海 人 民 出 版 社

感应电动机文輯

(第一集)

上海人民出版社

重 印 说 明

为了适应工农业生产发展的需要,我们除了积极组织出版新书外,同时还选择了部分过去出版的、尚有一定参考价值的图书重印出版。本文辑系根据原上海科学技术出版社1968年印刷的版本重印,共分两册。

第一辑主要介绍有关感应电动机的基础知识与应用常识,包括感应电动机绕组的联接和改制、起动和控制、保护方法以及感应电动机的特种型式和特种应用等等。

因本文辑原来是由“电世界”月刊发表的有关文章汇编而成,故各篇文体、符号和图例很不一致,这次重印虽作了一些必要的修改,但缺点和谬误难免存在。希望广大读者提出宝贵的意见。

感 应 电 动 机 文 辑

(第 一 集)

(原上海科技版)

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海东方红印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.875 字数 149,000

1963年4月第2版 1971年10月新1版 1971年10月第1次印刷

书号: 15·4·174 定价: 0.37 元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地
建设社会主义。

认识从实践始，经过实践得到了
理论的认识，还须再回到实践去。

勤俭办工厂，勤俭办商店，勤俭办
一切国营事业和合作事业，勤俭办一
切其他事业，什么事情都应当执行勤
俭的原则。这就是节约的原则，节约
是社会主义经济的基本原则之一。

目 录

1. 感应电动机绕组的联接和改制	1
1-1 三相电动机绕线浅说	1
1-2 再谈电动机绕组的原理	12
1-3 三论三相电动机绕组的原理	21
1-4 三相波形绕组的实际联接法	27
1-5 三相感应电动机的重迭式绕组	33
1-6 双速感应电动机绕组	40
1-7 单绕组多速电动机	48
1-8 如何改接电动机绕组以适应运用的电压	58
1-9 三相鼠笼电动机改为单相使用	63
2. 感应电动机的起动和控制	69
2-1 鼠笼式感应电动机的控制线路	69
2-2 三相整流子电动机的自动控制	88
2-3 备用泵浦自动工作的装置	96
2-4 用一只起动器起动多只电动机	98
2-5 起动自耦变压器及起动电抗器的选择	99
2-6 用图解法计算滑环式电动机的起动电阻	103
2-7 转子三相电阻不对称起动的分析	107
3. 感应电动机的保护	111
3-1 感应电动机的过电流保护	111
3-2 鼠笼式感应电动机起动保护装置的改进	116
3-3 鼠笼式电动机保护熔断器的简易选择方法	118
3-4 鼠笼式电动机熔丝选择的商讨	121
3-5 防止滑环式电动机起动时误动作的装置	124
3-6 防止高压电动机反向起动时短路的方法	125
3-7 三相 Y 接电动机一相断路的保安装置	127
(一)断电指示器	127
(二)电动机断线自动停止器	128

3-8	加强检修预防电动机单相运转	133
4.	感应电动机的应用常识	136
4-1	如何选择电动机	136
4-2	如何试车	141
4-3	运转中出烟的电动机如何处理	146
4-4	电动机几种似是而非的故障	155
4-5	50 和 60 周的电动机可混淆应用吗	163
4-6	在不同环境温度时电动机容量的计算	168
4-7	矿井水泵和卷扬机的电动机容量的计算	172
4-8	感应电动机补偿电容器容量的简捷决定法	176
4-9	矿井排水用电动机预热的新方法	182
5.	感应电动机的特种型式和特种应用	186
5-1	三相整流子电动机	186
5-2	感应变频器	198
5-3	感应电动机的同步并列运转	203
5-4	滑环式电动机的同步运行	209

1. 感应电动机 绕组的联接和改制

1-1. 三相电动机绕线浅说

三相感应电动机需要三组绕组，因为每一相电流需要一组绕组的。但是此三组绕组如何分布在线槽内，则是一个大问题。要了解分布的情形，必须先知道电动机有几个磁极，因为绕组的分布完全依磁极数为标准的。感应电动机的磁极与速度有一定的关系，普通都说每分钟多少转，很少有说几个磁极的，其同步转速与磁极的关系如下面公式：

$$\text{磁极数} = \frac{120 \times f}{\text{每分钟转数}}。$$

f 为电源的频率，若频率为每秒 50 周，

$$\text{磁极数} = \frac{6,000}{\text{每分钟转数}}。$$

例如，一只电动机的同步转速是每分钟 1,500 转，则其磁极必为 $6,000 \div 1,500 = 4$ 。

但实际情形与此稍有不同，一只 4 个磁极的电动机，即或

一点负载没有,也不会转到 1,500 转,在满载时,其最高转速只不过 1,450 转左右,这是为什么呢? 因为 1,500 转是同步转速,1,450 转是实际转速,这两种转速要差一个极小的数量。这个差量叫作“转速差”。如果没有转速差,转子就不能转动;但是有了转速差,上面公式所算出的磁极数就不是整数。如上面的例子, $6,000 \div 1,450 = 4.13$, 难道磁极还有小数吗? 所以在这里特别提出来,算磁极数只算整数,小数不算,象上面的 4.13 即是 4 个磁极。但一般用公式时,都用同步转速,就没有小数的麻烦了。

迭 绕 组

磁极数决定后,我们就可以把三组的绕组每一组分成和磁极数相等数目的部分,分别放在磁极下面的线槽中去。例如一只电动机有 4 个磁极、12 个槽,则可以把每组绕组分成四部分,每一部分作成一只线圈的样子,放在每个磁极下面相同的地位。此电动机共有 4 个磁极及 12 个槽,所以每个磁极占着三个槽,如图 1 所示。又因为有三相的绕组,第一、四、七、十 4 个槽中的 4 只线圈串接成为一相的绕组;其余按次序接成第二及第三相的绕组。

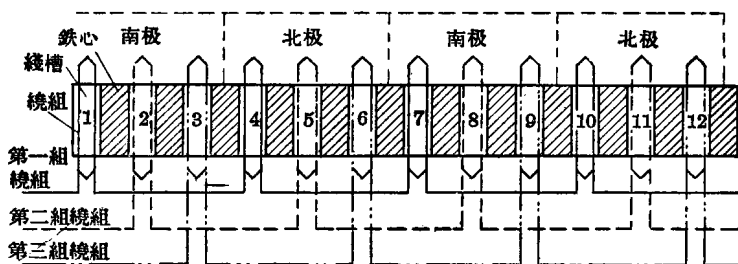


图 1 将一只线圈的两边全放在一个槽内是错误的

不过这种接法是错误的，一只线圈的两边导线是不能放在一个槽内的。因为电流从一端流入必从他端流出，两边导线内的电流方向相反，大小相等。因此所形成的磁场彼此对消，如图 2。所以欲使其产生磁极，必须设法使在同一槽内的导线载有方向相同的电流。欲达到此目的，方法极为简易，只要将每一只线圈的两边分开，放入本组线圈所应占的线槽中去，图 3 即为此种布置。请注意同一线圈的两边已不是放在同一槽中了！而同时同一槽内的两根导线所流过的电流是同一个方向了，因此产生了磁极。

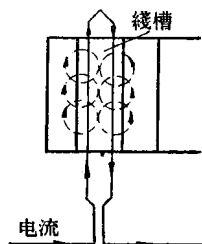


图 2 因为一只线圈两边电流方向相反，如果两边同在一个槽内，结果将无磁场产生

此处四只线圈的接法请特别注意，如第一只中的电流从左边进，则第二只电流必从右边进，一正一倒的接下去。如果不是这样的接法，则仍不能产生磁场。又因相邻两线圈内的电流流动方向相反，所以产生的磁极也是相反，比如第一只线圈产生北(N)极，则第二只线圈产生南(S)极。

感应电动机的构造极简单，铁心只有线槽，并无突出的磁极。所谓 4 极、6 极或 8 极者，是对线圈所产生的磁极而言，因此感应电动机的磁极又称为隐极。

图 3 中的电动机共有 12 个槽、4 个磁极，所以每个磁极要占三个槽；换句话说，就是每三个槽要产生一个磁极。但是在每一个磁极下面要包括三相电流，所以每相电流的线圈只占一个槽。用一句比较专门的术语说，就是“每极每相的线槽等于 1”。

线圈两边所跨接的槽数，名为线圈节距(俗名开档)。开

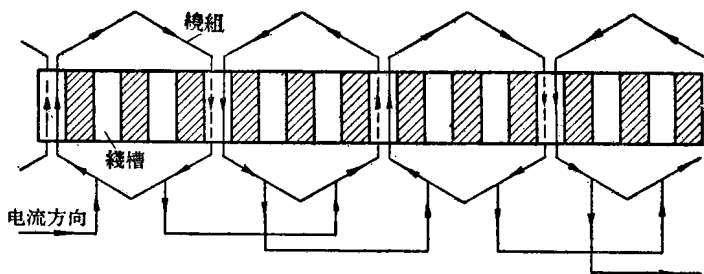


图3 绕组正确分布方式

一个线圈两边放在不同的槽内,这两个槽又是属于相反磁极的

档数即等于每极的槽数。这是因为一只线圈的一边在 N 极下某地位时,另一边必须在相邻的 S 极下面相应的地位,这叫作整节距绕组。图 3 的线圈开档为三,就是说如果线圈的一边在第一槽内,则另一边必须在第四槽内。

图 3 内的四只线圈开档完全一样。在双层绕组中,每槽内有两个线圈边,一在上层,一在下层(每一线圈边可能包括不只一根导线,要看线圈的圈数而定)。放入槽内时,应注意一点,即线圈的第一边如果在第一槽内的上层,则第二边必须在第四槽的下层。每一只线圈都必须一边在一槽的上层,另一边则在另一槽的下层,如图 4。

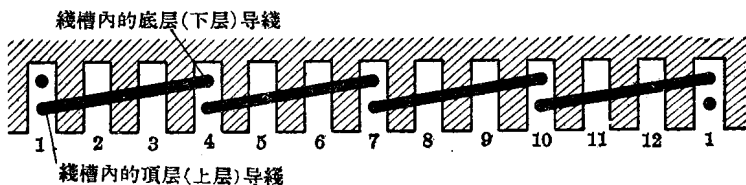


图4 在双层绕组中,线圈的一边在一槽的上层,另一边必在另一槽的下层,如图中斜线所示

这样安排的方法有一优点,就是所有线圈都是一样宽一样大,所以在实际绕线时,不必用手一根根的去绕,而可以用

模子作出许多大小一样的线圈来, 分别按次序嵌入槽内, 然后把线头联接起来即可。联线时应注意电流流动的方向, 应使在同一槽内的导线中的电流是同方向; 也就是说, 相邻的线圈要一正一倒的联接起来。

以上所绘各图均为展开图, 就是把电动机纵着切开, 然后再把它拉直, 读者可想象其形状。比如图 4, 两端的槽均为第一槽, 就是为了便于看图, 将第一槽画二次, 其实只有一个第一槽, 现在把图 3 重复的画成圆形, 见图 5。图中只画出一组绕组, 其余二组读者可自行画出。

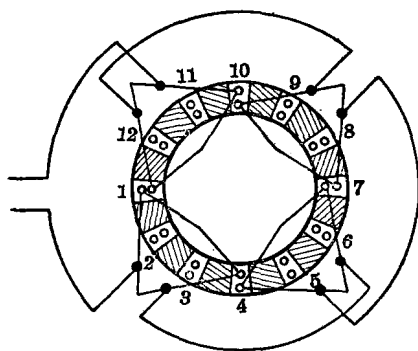


图 5 双层绕组的联接法

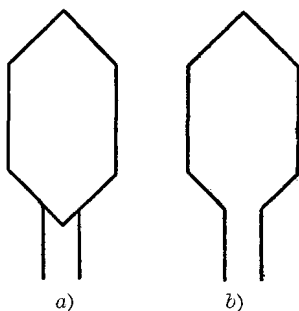


图 6 线圈形状(左面表示一个线圈内包括不只一圈)

所谓一只线圈是什么意思呢? 并不是一根导线绕一圈的意思, 实际上是可用多根导线并起来绕的, 也可能包括不只一圈的。圈数的多少, 要看承受电压的高低及铁心的磁通密度、铁心截面而定的; 所用导线的根数, 要看所载电流的大小(视马力大小而定)及容许的电流密度而定的。线圈的形状, 画起来不一定象图 6b, 有时如图 6a 的画法, 表示不只一圈。

如上面所述 12 槽 4 极双层三相绕组的例子, 在图 7 中全

部显示出来。图中实线画出的从 a 到 b 的是一组的绕组属第一相, a_1b_1 用单点虚线画出的是第二组属于第二相, a_2b_2 用双点虚线画出的是第三组属第三相。由图中可以看出, 每相的绕组包括四个线圈串联着 (因为有 4 个磁极)。因为是 12 槽三相 4 极, 每极占三槽, 每极每相占一槽。如图中第一、四、七、十等四槽属第一相, 二、五、八、十一属第二相, 三、六、九、十二属第三相。第一相绕组跨于第一至第四, 第四至第七, 第七至第十, 再由第十回至第一槽。其他两相可以类推。

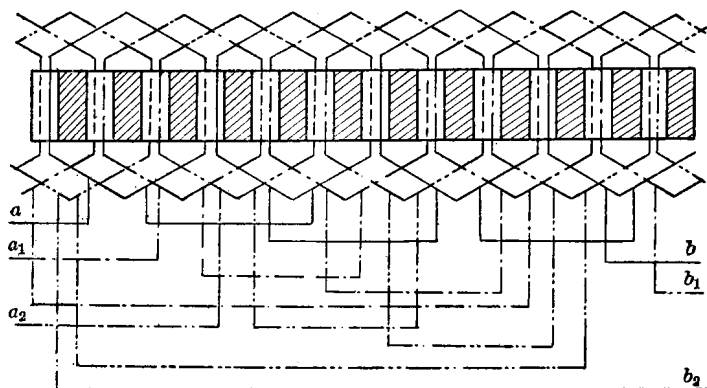


图 7 三相电动机接线全图

现在再举一个例, 有一只三相、1,500 转、50 周、24 线槽的电动机, 将如何绕制?

由前面所讲, 我们知道 1,500 转的电动机要有 4 个磁极, 24 个线槽由 4 个磁极分配, 每磁极占 $24 \div 4 = 6$ 槽; 6 个槽里分布着三相电流的线圈, 每相线圈占 $6 \div 3 = 2$ 槽; 就是说这只电动机“每极每相有二槽”。线圈开档与每磁极下的槽数相等, 就是说等于 6, 例如某一线圈的两边应在第一及第七槽内, 余类推。因为每相线圈在每一磁极下占有两槽, 所以相邻两槽

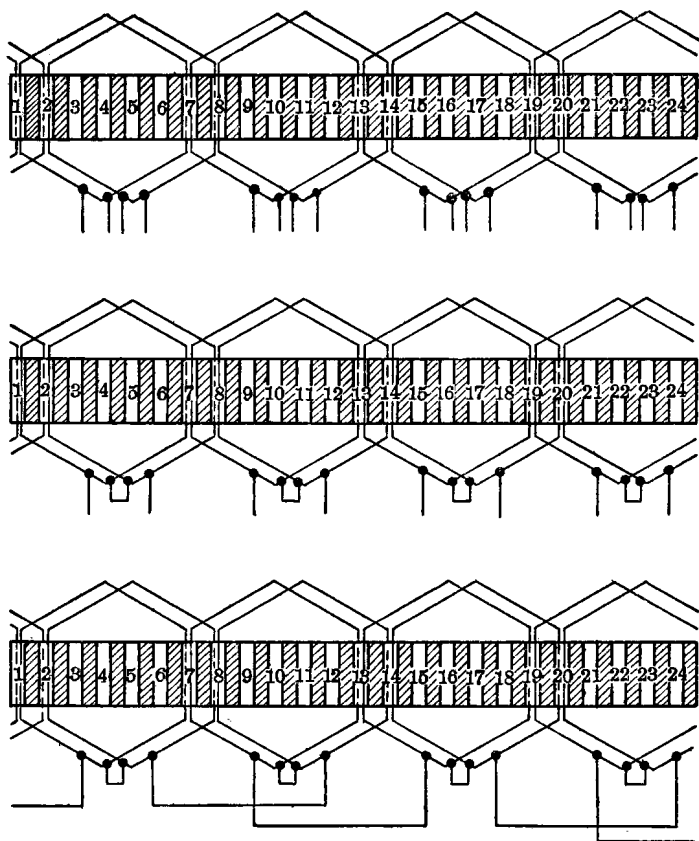


图 8 每相每极有二槽的绕线图

(上图示每极每相两只线圈,中图示两只线圈串联起来,
下图示一相线圈全部串联起来)

内的线圈必属于一相而相串联,其联线法如图 8 所示。在该图中只画出一相的绕组,其余二相完全一样。图 8 中接线的次序如下:

→1 上—7 下—2 上—8 下—14 下—8 上—13 下—7 上—
13 上—19 下—14 上—20 下—2 下—20 上—1 下—19 上→
(上——表示在槽上层的导线;下——表示在下层的导线。)

其各相所占槽数如下:

第一相	槽	1、2、7、8、13、14、19、20
第二相	槽	3、4、9、10、15、16、21、22
第三相	槽	5、6、11、12、17、18、23、24

试再举一例,三相电动机有 54 槽,其同步转速为每分钟 1,000 转,频率为每秒 50 周,则其绕线法如何?

$$\text{磁极数} = \frac{6,000}{1,000} = 6,$$

$$\text{每极槽数} = \frac{54}{6} = 9,$$

$$\text{每极每相槽数} = \frac{9}{3} = 3,$$

开档=9 (线圈两边跨接第一至第十槽,依此类推),相邻的三只线圈相串联。

绕线时,先把绕好的线圈嵌入槽内,相邻的三线圈串联后成为一个单元,这个单元与在不相同而相邻的磁极下的另一个单元,用一倒一正的联法,联成一组线圈,其程序与图 8 同。

三组绕组联接法

依着上述的方法可以接成三组绕组,每组有两个线头,共得六个线头,如图 7 中的 ab 、 a_1b_1 及 a_2b_2 。现在还要将这六个线头联接起来,接到三相的电源。普通用两种接法,一种是三角形接法(或称 $\triangle$ 接法),一种是星形接法(或称 Y 接法)。

1. 三角形接法 在三角形接法中,三相绕组首尾相衔接,有三个公共点接于电源的三根相线。如图 9a, ab 的 b 端

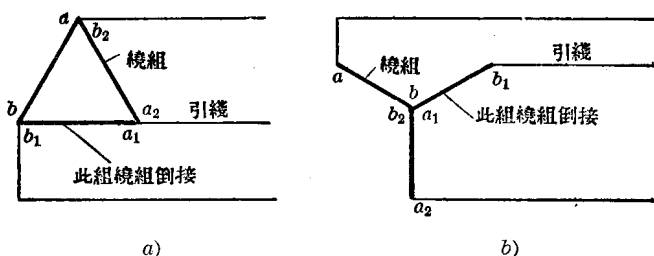


图9 三角形接法(a)和星形接法(b)

和 a_1b_1 的 b_1 端相接, a_1 和 a_2b_2 的 a_2 端相接, b_2 和 ab 的 a 端相接,得到三个公共端。

为什么将 a_1b_1 的一组绕组倒过来和其他二相联接呢?就是说,为什么不是 $aba_1b_1a_2b_2a$,而是 $abb_1a_1a_2b_2a$ 的次序呢?这必须从图7中这六个线端的注字法来看了。

我们知道三相电流是相差 120° 电的时间角度的,也就是说在时间上相差三分之一周的(因为一周以电的角度来表示是 360° ,三分之一周是 120°)三相的绕组在定子槽内也必须相差 120° 电的空间角度。在定子上面,怎样去计算电的空间角度呢?我们通常以一对磁极所占的空间为 360° 电的空间角度。例如在图7中,共有4极12槽,每对磁极占 360° 电的空间角度,也占有六个槽,可以说每相邻两槽间所占的角度是 $360^\circ \div 6 = 60^\circ$ 。同理,相隔 120° 电的空间角度时,必须占有两个槽距,即第一与第三槽间、第三与第五槽间、第二与第四槽间、第四与第六槽间,各相隔 120° 电的空间角度。

ab 组绕组内第一线圈跨于第一及第四两槽, a_1b_1 组绕组内第一线圈跨于第二及第五两槽, a_2b_2 组内第一线圈跨于第三及第六两槽。所以如以 ab 组绕组为依据,则 a_1b_1 组较 ab 相差 60° , a_2b_2 较 ab 相差 120° 。为了使三组绕组各相差 120°

而不是相差 60° ，所以必须将 a_1b_1 组绕组颠倒过来和其他二组相接。因为颠倒过来就是作 180° 的变换，所以 a_1b_1 组倒过来接，即表示 b_1a_1 组较 ab 组相差 $180^\circ + 60^\circ = 240^\circ$ 电的空间角度。因此， a_2b_2 较 ab 相差 120° ， b_1a_1 又较 ab 相差 240° ，即较 a_2b_2 相差 $240^\circ - 120^\circ = 120^\circ$ 。这就是三相绕组的正常分布情形。

2. 星形接法 在星形即 Y 形接法中，将三个互差 120° 的三个绕组的三点接在一起成一公共端（称为中性点），另外三端接至三相电源。所必须注意的，接出的三端必须相差 120° 电的时间角度。

如上一段所说的， ab 、 a_2b_2 和 b_1a_1 是互差 120° 的，因此可以将 b 、 b_2 、 a_1 接在一起，将 a 、 a_2 和 b_1 三端接出，如图 9b 所示。反之，如果将 a 、 a_2 、 b_1 接在一起，就可以将 b 、 b_2 和 a_1 三端接出。

3. 三角形接法和星形接法的分别 其区别在于各绕组所受电压的不同。假若每组绕组是为 220 伏设计的，如作三角形接法，每相绕组既是跨接于电源二线之间，则电源的线路电压也必须是 220 伏。如作星形接法，每两相绕组跨接在两电源线之间，两相互差 120° 而相串联的绕组的电压等于每相电压的 $\sqrt{3} = 1.732$ 倍，所以星形联接时可承受 $220 \times 1.732 = 380$ 伏的电源电压。

一般少数的电动机是将绕组的三个线端在机内已经接妥，只接出三个线头，但大多数是将六个线端引出接在机座上的接线板上，使用者可随意接成三角形或星形联接。图 10a 表示三相绕组的六个线端和其注字；图 10b 将 ab_1a_2 相接， b_2 、 b 及 a_1 引出，即成星形接法；图 10c 是 a 与 b_2 、 b_1 与 b 、 a_2 与 a_1 各相联接，即成三角形接法。用这种接线板，还可以应用

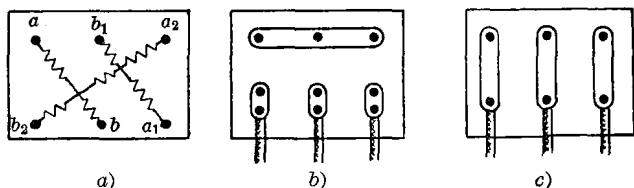


图10 用接线盒的实用接线法

Y-△启动开关,此处不详述。

接线参考图

电动机接线工作如果不熟练,极易弄错,如果先画出一张参考图出来,按图接线就方便得多,错误也可减少。

作参考图时不管每极每相有几个线槽,总是画出磁极数三倍的线圈来,每个线圈代表每极每相的一组线圈,然后依箭头表示的方向顺序联接起来。

(1) 如图11所示是一个4极电动机,先画出12个线圈。为便于分别三相起见,可以用不同的符号,或不同的颜色来画。

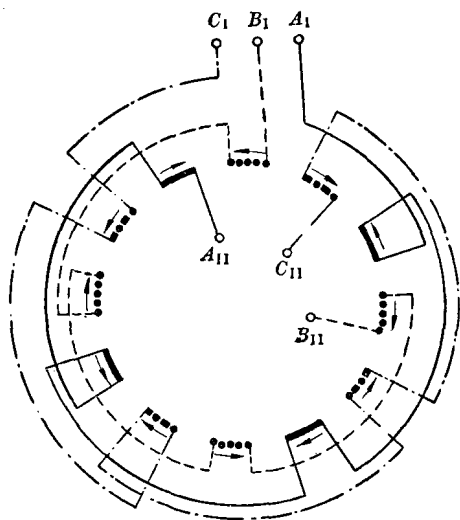


图11 三相绕组的接线参考图

(2) 从任何一个线圈开始,在里面画一个箭头,然后按次序一正一反画下去。