

交流电动机检修

JIAOLIU
DIANDONGJI
JIANXIU



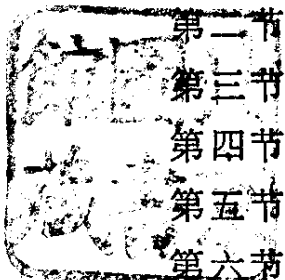
应春虎编 人 民 铁 道 出 版 社

CPA03/02

• 1 1/3 •

目 录

第一章	绕组检修	1
第一节	绕组构造的基本概念	1
第二节	电机拆装和绕组清除尘污	16
第三节	测量绝缘电阻	21
第四节	绕组干燥	27
第五节	寻找绕组接地故障点的方法	36
第六节	寻找绕组短路故障点的方法	41
第七节	寻找绕组断路故障点的方法	49
第八节	寻找单相电机接地、断路、短路故障点的方法	56
第九节	个别线圈故障的简易修理和更换	68
第十节	绕组全部更换和空壳电机的简捷计算	75
第十一节	绕组故障的原因及检查和处理方法	84
附 录	几种系列异步电动机铁芯和线圈的技术数据	87
第二章	配件检修	106
第一节	滚动轴承及润滑	106
第二节	电刷和刷架	140
第三节	滑环	147
第四节	整流子	155
第五节	滑动轴承	171
第六节	铁芯	180



W003751

第七节	端盖	186
第三章	有关电机检修的几项工作	191
第一节	校准电机的中心线	191
第二节	绕组线头和线尾的确认	202
第三节	铜铝连接	208
第四节	保险丝的选择与更换	217
第五节	基本的安全设施和管理工作的	223

第一章 绕组检修

绕组检修质量好坏，直接影响电机的使用寿命。历年来对所有需要大修的电机进行分析时，其原因绝大多数是由于检修或使用保养不良而损坏；大修内容绝大多数是更换绕组。至于其他部分，例如更换铁芯和机座等，数量甚少。为此，我们在电机检修的全过程中，对各个部件要坚持精检细修，其中对绕组的检修要更为严格。本章除第一节简述绕组构造外，其他都按绕组检修的一般顺序进行叙述。

第一节 绕组构造的基本概念

为了在绕组检修工作中，能及时准确地发现问题，并确切地进行分析和采取有效措施，迅速排除故障，恢复电机正常运转。为此，先叙述几种常用绕组名称和构造。

一、关于绕组的几个名称

1. 线匝 导线在定子或转子的两条铁芯槽中绕过一圈称为线匝。平时我们所讲的匝间短路或叫匝间碰线，就是指线匝和线匝之间因为绝缘损坏而造成的短路或碰线。

2. 线圈 由若干个几何图形和截面相同的线匝串绕在一起，最后分别露出一根线头和一根线尾，其整体称为线圈。

3. 极距 在电机的定子和转子的铁芯槽上，一个磁极所占有的距离，称为极距。为此，极距也就等于槽数除以磁极个数。即：

$$\tau = \frac{Q_1}{P} \quad (1-1)$$

式中 τ ——极距;

Q_1 ——定子铁芯总槽数;

P ——磁极个数。

4. 极相组 在三相电机中, 每一极距范围内设有三相互相绝缘的一个或若干个线圈串在一起的线圈组, 称为极相组。例如线头与线头以及线尾与线尾连接的三相四极电机就有 $3 \times 4 = 12$ 个极相组, 三相六极电机就有 $3 \times 6 = 18$ 个极相组等。

5. 节距 是指一个线圈的两个有效边, 在定子或转子铁芯上跨过几槽的距离。线圈的两个有效边跨过的距离正好和极距相等, 称为全节距, 如果线圈的两个有效边跨过的距离少于极距, 称为短节距, 简称为短距。

6. 每极每相槽数 在三相电机的每个磁极中, 都有三相互相绝缘的极相组, 那么每极每相槽数, 就是极距除以相数。即:

$$q = \frac{\tau}{3} = \frac{Q_1}{3P} \quad (1-2)$$

式中 q ——每极每相槽数。

7. 电角度 在机械学中把圆等分成 360 度, 电工学中把交流电的每一周波在横坐标上等分成 360 度。因为交流电每经过半个周波电机每个磁极磁场强度的强弱变更一次, 每个磁极的磁通方向要变更一次, 旋转磁场也要移过一个极距, 所以一个磁极的电角度是 180 度。

电机铁芯上的槽和齿都是很均匀地等分在定子铁芯的内圆或转子铁芯的外圆, 现场习惯地先算出极距, 也就是每极槽数, 再将 180 电度角除以极距数, 求出每槽占几度。即:

$$\varphi = \frac{180}{\tau} \quad (1-3)$$

式中 φ ——每槽电角度。

三相交流电电源的相位差是 120° ，电机的三相绕组抽头位置也要错开 120° ，这样就可以用式（1—3）计算出来的数据确定每相绕组的抽头位置。如图1—2是一台三相四极24槽电机绕组的展开图，每极槽数 τ 和电角度 φ 据公式（1—3）计算后得：

$$\tau = \frac{Q_1}{P} = \frac{24}{4} = 6 \text{ 槽。}$$

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\tau} = \frac{180^\circ}{6} = 30^\circ$$

所以，图中 A 、 B 、 C ，三相抽头的位置是隔开四槽，即 $4 \times 30^\circ = 120^\circ$ 。

同理，图1—6是一台三相四极36槽电机绕组展开图，据式（1—1）和（1—3）计算结果，每极占9槽，每槽占 20° ，所以图中 A 、 B 、 C ，三相的抽头位置是隔开6槽，即 $6 \times 20^\circ = 120^\circ$ 。

二、三相电机的定子绕组

三相电机的定子绕组有四种形式。（一）双层绕组；（二）单层绕组和单层链形绕组；（三）单层交叉绕组；（四）单层同心绕组。绕组的构造，分别叙述如下：

1. 双层绕组 就是在电机的每一条铁芯槽中嵌有上下两层互相绝缘的线圈有效边，它的线圈总数就等于铁芯槽总数。例如24槽电机，就有24个线圈构成该电机的三相绕组。绕组在铁芯上的布置是有一定规律的，在检修工作中必须掌握这个规律。现以三相四极24槽电机为例，在铁芯上布置绕组时，第一步按式（1—1）算出它的极距

$$\tau = \frac{Q_1}{P} = \frac{24}{4} = 6$$

第二步确定节距，因为采用全节距，节距就等于极距。即线圈这一有效边嵌在第一槽，另一有效边就要嵌在第七槽，即跨过 6 槽。第三步按式（1—2）算出每极每相槽数：

$$q = \frac{\tau}{3} = \frac{Q_1}{3P} = \frac{24}{3 \times 4} = 2$$

就是每相在每一个磁极的铁芯槽数中占有 2 槽。此时都采用两个线圈连绕的方法，以求减少绕组接头，否则还要把两个线圈串在一起。最后把属于同一相的极相组各自依次串联或并联起来，成为某相绕组。因为这是一台四极电机，每相共有四个极相组，如果把属于 A 相的四个极相组的线尾和线头、线头和线头串联起来，就是 A 相绕组，如图 1—1。在

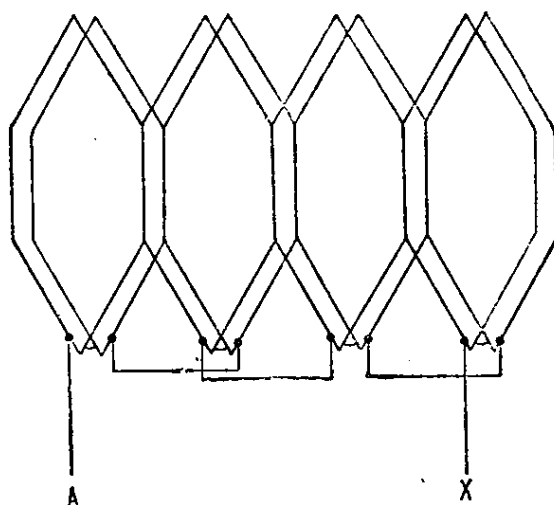


图 1—1 三相四极 24 槽双层绕组中的一相绕组展开图

三相电机中，每相绕组的线圈布置和连接方法都是一样的。唯一区别是：在抽头时要隔开 120 电角度，即移过每个极距的三分之二个槽。现在仍然以这台电机为例，再将另外两相绕组在互相隔开 120 电角度的槽上抽出线头，用同样的方法把各自的极相组连接以后，如图 1—2 就成为这台三相四极

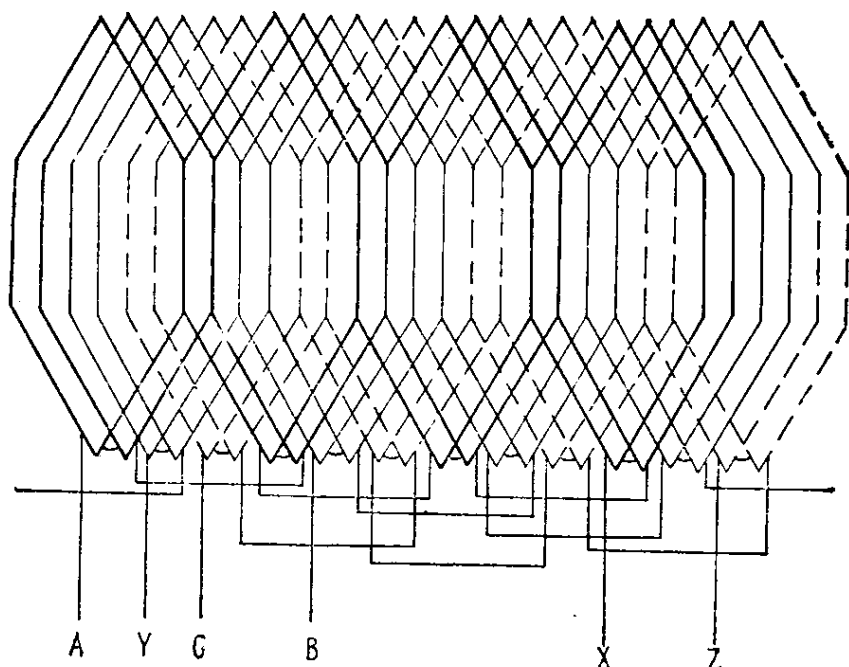


图 1—2 三相四极24槽双层绕组展开图

24槽电机定子的全部绕组展开图。若把 XYZ 三个线端并在一起， ABC 三个线端分别接三相电源，就是星形“Y”接线；如果把 AZ 、 XB 、 YC 并在一起，各自伸出一根电源线成为三角形“ Δ ”接线。

2. 单层绕组 就是在电机的每条铁芯槽中只嵌有一层线圈的有效边，所以它的线圈总数只有电机总槽数的一半。例如三相四极24槽电机，嵌单层绕组时，线圈总数只有12个。线圈在定子铁芯上的布置与双层绕组相似。例如三相四极24槽电机，在布置绕组时，先算出极距是 $24 \div 4 = 6$ ，就是每个磁极占有6槽。第二步确定线圈的节距，此时采用全节距1—7槽就无法布置，因为第1槽中线圈要重迭，故缩短一槽，改为1—6槽，这样就成短距线圈。第三步按式（1—2）算出每极每相槽数， $6 \div 3 = 2$ 槽，因为单层绕组线圈总数只有铁芯槽总数的一半，所以在每一个极距中只有一个线圈，即一个线圈单独构成极相组。最后把每个极相

组串联起来，就是某相绕组，图 1—3 即为一相绕组的布置展开图。再把其他两相绕组在互相隔开 120 电角度位置上，用同样的方法把线圈布置好以后，再连接起来，即成为完整的三相绕组展开图，如图 1—4。除此以外，在中小型电机中，单层链形绕组也在大量使用中。单层链形绕组的线圈形状和在铁芯槽上的布置，以及嵌线方法和要求都与单层绕组相同，就是在极相组与极相组之间的连接线不同，如图 1—5 是一台三相四极 24 槽单层链形绕组的展开图。

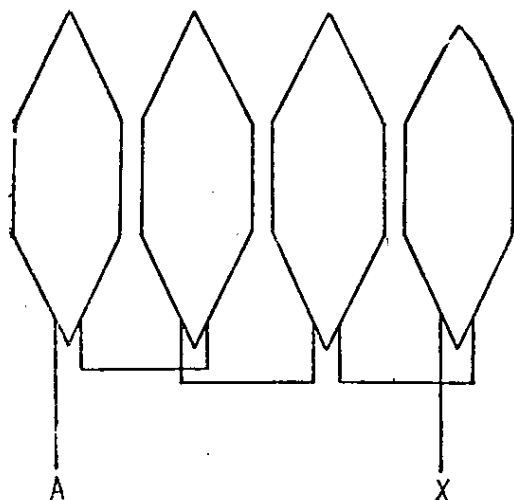


图 1—3 三相四极 24 槽单层绕组中的一相绕组展开图。

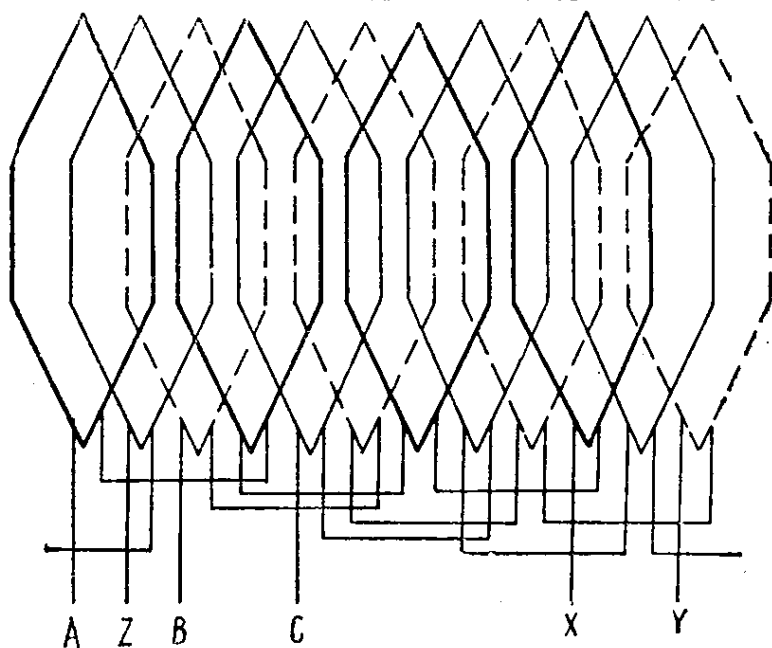


图 1—4 三相四极 24 槽单层绕组展开图

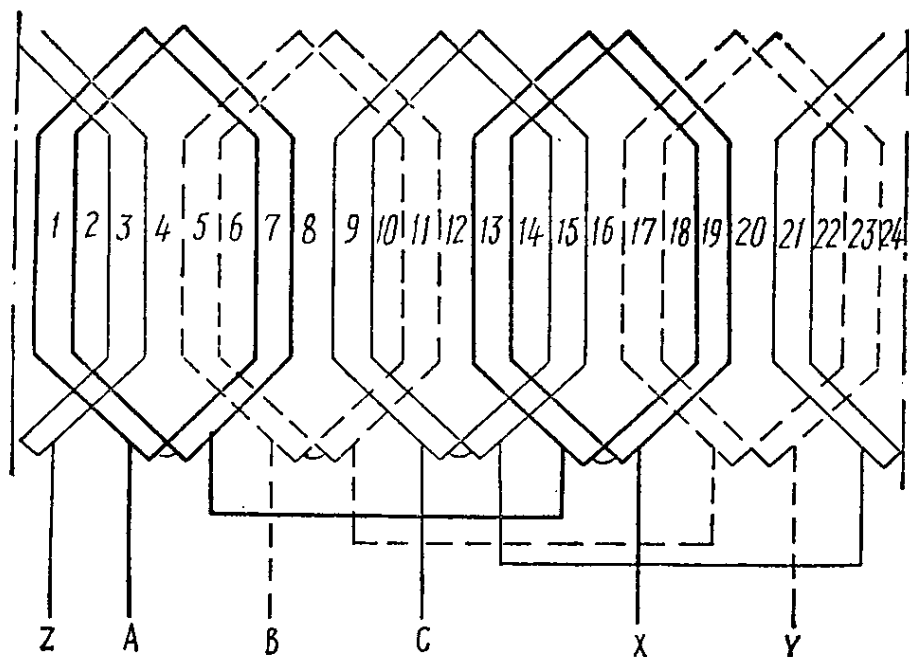


图 1—5 三相四极24槽单层链形绕组展开图

3. 单层交叉绕组 这种绕组常用于小容量电机，例如 JO₂11-2，JO₂52-4 型容量只有0.8到10千瓦等。图1—6是一台三相四极36槽单层交叉绕组的展开图。

4. 单层同心绕组 这种绕组也是用在中小电机中，它的每个极相组，是由2至3个线圈以同心圆的形状连绕以后串成的，图1—7是由两个同心圆线圈串成的一个极相组。极相组在铁芯上的排列有两种方式，小型电机绝大多数是单行排列，容量较大的电机，采用分上下两行排列，如图1—8。在老式电机和中等容量电机中，还有采用三行排列，这种老式绕组在中小型电机中已被逐渐淘汰。

最后把上述四种绕组的每相线头和线尾，即AX、BY、CZ分别引出，并以次序标以 D_1D_4 、 D_2D_5 、 D_3D_6 的记号，作为电源接线端。若电机是星形“Y”接线，中心线在里面，或者是三角形“△”接线，仅引出 $D_1D_2D_3$ 三个线

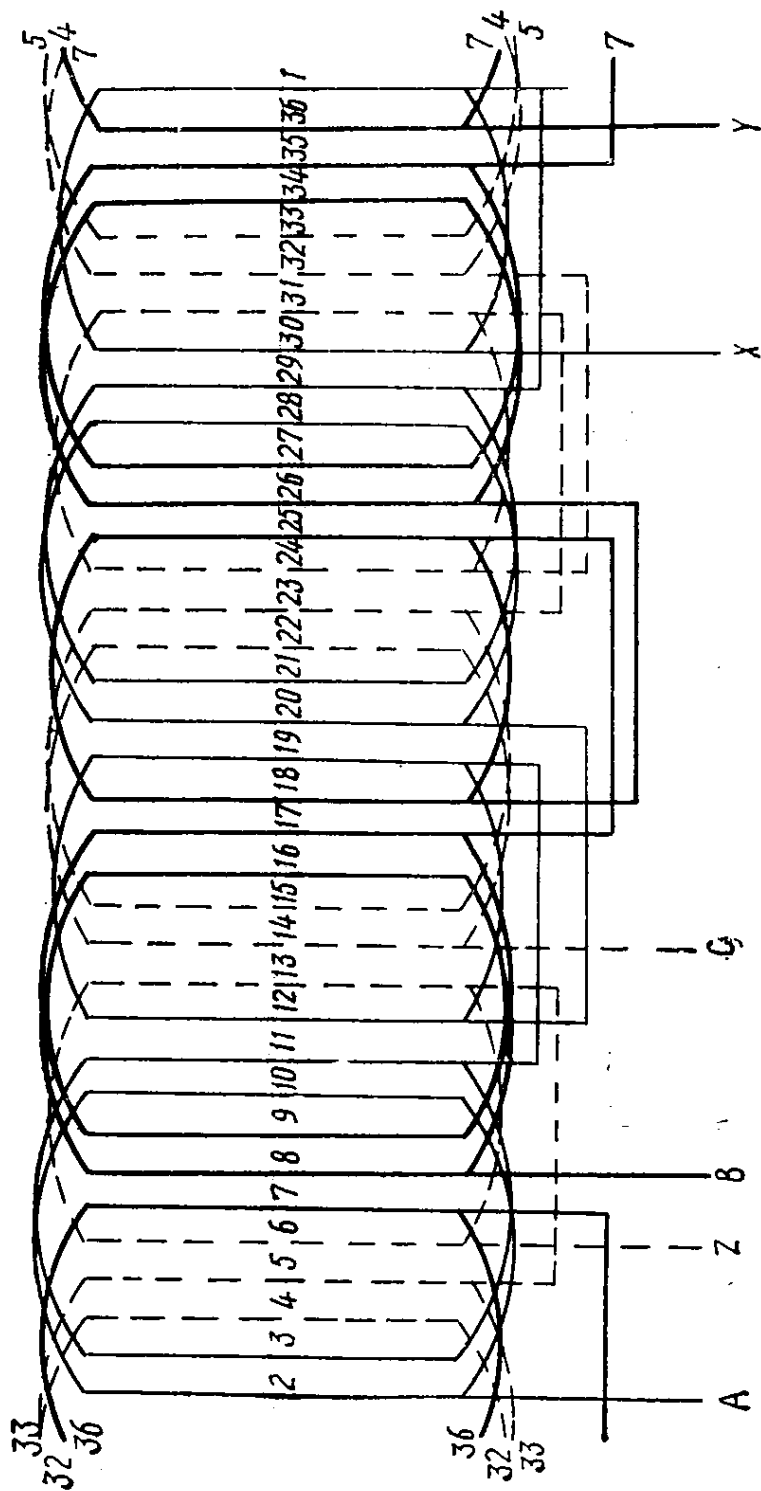


图 1—6 三相四极 36 槽单层交叉绕组展开图

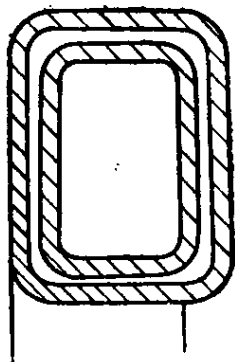


图 1—7 由两个同心圆线圈串成的极相组

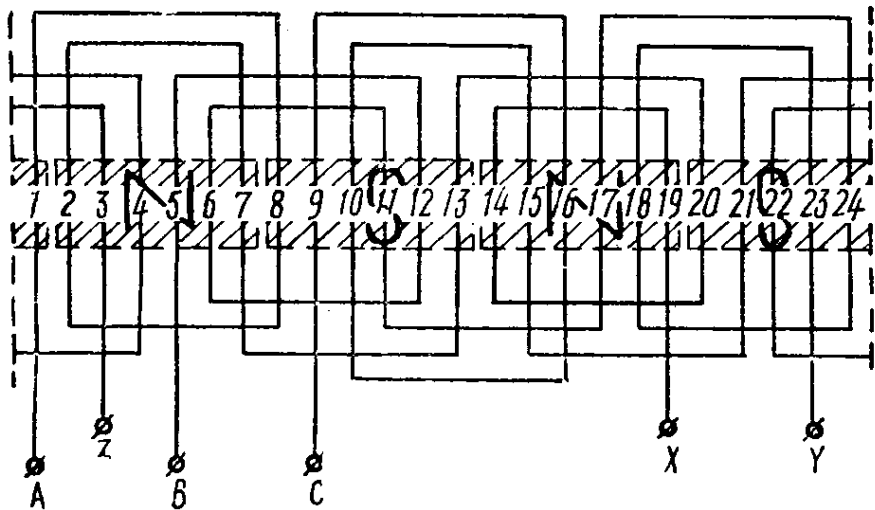


图 1—8 两行排列三相四极24槽同心圆绕组展开图。

端。若电机是 Δ/Y 接线，把上述 6 个线头和线尾全部引出，以便在外面并头。

三、三相电机转子绕组

三相电机的转子绕组常用的有两种，（一）鼠笼式；（二）绕线式。其中鼠笼式在使用中占大多数。

鼠笼转子构造简单，它从转子铁芯槽孔中用离心或者振动等方法，铸入铝或（铜）液，两头短接后成为短路环，在环的端平面上铸出通风散热用的风叶，如图 1—9。其构造形式有三种：（一）普通鼠笼，线圈铸在转子铁芯的边缘

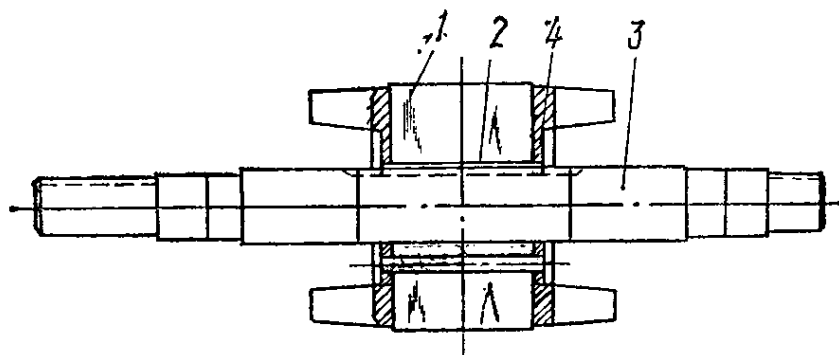


图 1—9 鼠笼转子

1 —— 转子铁芯； 2 —— 键； 3 —— 轴； 4 —— 平衡铁

上，槽形如图 1—10。（二）双鼠笼转子，槽形如图 1—11，（a）是铸铝绕组；（b）是铜条绕组。这两种绕组都有里外两层线圈，若是铜条绕组外层由黄铜或青铜合金材料制成，有较大的电阻和较小的电抗；里层是运行线圈，由纯铜制成，与起动线圈相反，有较小的电阻和较大的电抗。利用起动瞬时阻抗在里外两层线圈中自行调配的原理，起动电流要比同容量普通鼠笼电机小，起动转矩却比同容量普通鼠笼电机大。（三）深槽鼠笼，槽形如图 1—12。线圈截面为矩形，宽度常是高度的10~12倍，深埋在转子铁芯里。它是利用电机在起动时由于槽漏磁通所引起

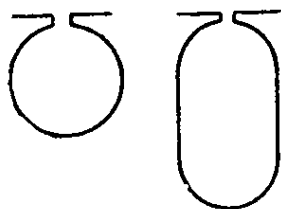


图 1—10 普通鼠笼转子槽形

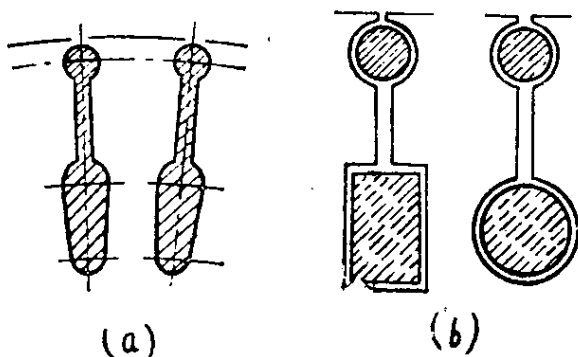


图 1—11 双鼠笼转子槽形

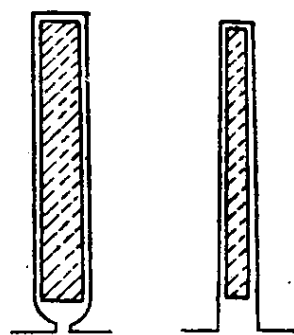


图 1—12 深槽鼠笼转子槽形图

的电流的集肤现象，从而增大转子电阻促使起动转距增大，而起动电流减少，起动时的情况和双鼠笼电机非常相似。

鼠笼线圈没有固定的磁极，它依附于定子绕组的磁极数。再加本身结构简单而坚固，通常不易发生故障和损坏，所以，检修时工作量安排的就较少。

绕线式转子的绕组通常用的有三种：（一）双层绕组，（二）同心绕组，其节距及连接等均和定子同类绕组相同，普遍地用于中小型电机；（三）波形绕组用于大、中型电机。

四、概念图

在实际工作中，为了对电机绕组的基本构造能尽快了解或便于在图上分析情况，都采用简化的概念图。若将图 1—2 简化成概念图时，第一步把其中每一极相组画成如图 1—13(a)。因为三相四极电机共有 $3 \times 4 = 12$ 个极相组，这就从左至右连画 12 个。第二步把这 12 个极相组各自都标上两种标记，一是表明它属于那一相和第几号，二是表明极相组中电流方向，如图 1—13(b)。第三步把属于同一相的极相组按顺号以箭头方向在互相隔开 120° 电角度的位置上一个一个地连接起来，如图 1—14 就成了这台三相四极 24 槽电机绕组的概念图。

图 1—14 是展开图，为了便于分析问题，在实际工作中又可以画成如图 1—15 的圆图，使它与电机绕组的实际布置情况相似。

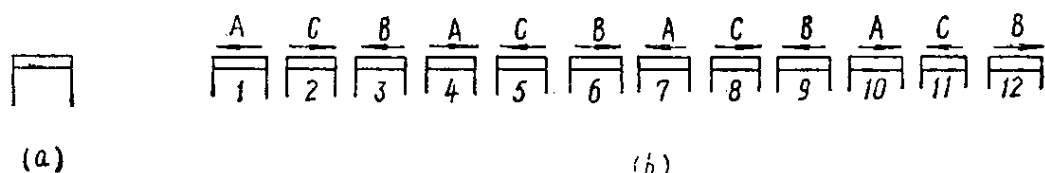


图 1—13 三相四极绕组未连接的概念图

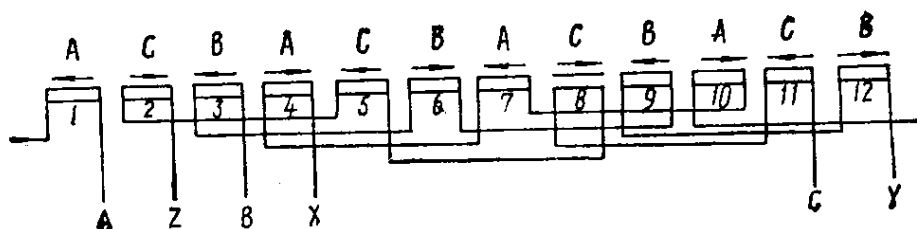


图 1—14 三相四极绕组已连接好的概念图

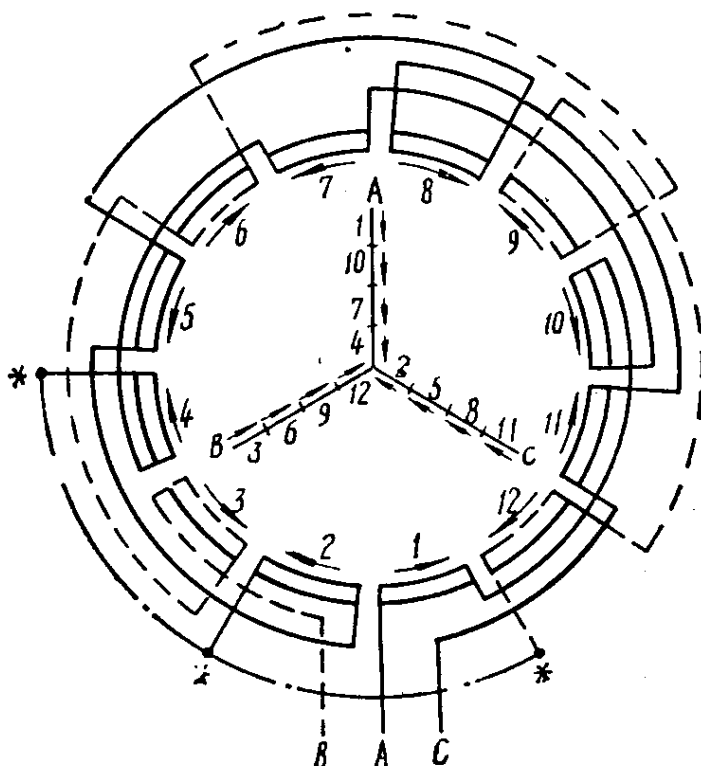


图 1—15 三相四极绕组概念圆图

五、绕组连接

绕组的连接是指同一相内极相组与极相组之间的连接，通常有两种方式：（一）线尾和线尾、线头和线头的连接，即在同一相内，把第一个极相组的线尾和第二个极相组的线尾串联或者并联，再把第二个极相组的线头和第三极相组的线头串联或并联，其他均依此类推。最后按顺序连接完毕以后，用箭头一一标出每个极相组电流方向时，箭头总是两两

六、非整数槽分配

这种方法用于双层绕组。为了便于了解绕组的构造，上述的绕组都是整数槽，即极距的槽数正好被相数除尽。但在实际工作中，极距内的槽被相数除不尽的双层绕组也很多，例如有的10吨桥式起重机上用的主钩电动机，就是三相八极，定子铁芯60槽，按式（1—1）

$$\tau = \frac{Q_1}{P} = \frac{60}{8} = 7.5 \text{槽}$$

再按式（1—2）每极每相槽数为：

$$q = \frac{\tau}{3} = \frac{7.5}{3} = 2.5 \text{槽}$$

象这样的槽数，线圈是无法按整数分配的，因此要按非整数槽分配。其方法有两种：

1. 最小公倍数法 为了便于叙述，仍以上述三相八极60槽电机为例。第一步把铁芯槽数和极相组进行通分，因为铁芯槽是60，极相组 $3 \times 8 = 24$ ，把24和60通分后，其最小公倍数是120。第二步把磁极和三相绘成一张表，如表1—1，中间每一空格代表一个极相组。第三步，把最小公倍数除以极相组，所得之商用圆圈填入表1—1的空格中。例如最小公倍数除以极相组是 $120 \div 24 = 5$ 就在表1—1每一空格中画5个圆圈，如表1—2。第四步把最小公倍数除以铁芯槽数，即 $120 \div 60 = 2$ ，然后1、2，1、2地开始从左至右由上而下地在格中数圆

表 1—1

极相组别 磁极	A相	B相	C相
第1极			
第2极			
第3极			
第4极			
第5极			
第6极			
第7极			
第8极			