

# 电机绕组接线速成

张曾常 编著



机械工业出版社

本书深入介绍了三相及单相异步电动机中，构成一相绕组的六条基本规律以及多相绕组的嵌线、接线程序，并配以大量绕组图例，使初学者能迅速直观地了解绕组的内在结构及接线中的关键。本书还介绍了直流电机及单相串励电动机的电枢绕组，变压器及电焊机绕组及小型同步发电机的励磁系统的构成及接线方法。最后一章中，辑录了工农业生产及家用电器中常见电机的运行接线、电气控制线路及数据。

本书既具有理论性又富有实用性，可供有关电机运行、维修人员，大中专院校有关专业学生，以及工厂技术人员阅读和参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电机绕组接线速成 / 张曾常编著. — 北京: 机械工业出版社, 1996.12

ISBN 7-111-05290-0

I. 电… II. 张… III. 电机绕组 IV. TM303.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (96) 第1211号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号, 邮政编码100037)

责任编辑: 钱飒飒 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张晓蓉  
邵蔚林

封面设计: 姚毅 责任印制: 路林

北京市房山区印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年1月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/32 · 8.875印张 · 191千字

0.001—7.000册

定价: 12.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

## 前 言

电机绕组接线，对于初学电机绕组的学生，电机运行、维修人员及嵌线技工来说，不是轻易就能理解和掌握的。这一方面，固然是由于绕组结构、类型比较复杂；另一方面，也因为有关专业书籍中，对此叙述得过于概括和抽象，使一些人感到不得要领。为此，编者根据以往的教学经验，尝试在本书中，首先将多相绕组中构成一相绕组的特点，归纳成六句口诀式的简明规律提供给读者，力图让读者一开始就建立起有关绕组结构的清晰图象，即绕组支路线圈组的内部层次关系。重点强调了线圈组在接线过程中起到了基本单元的作用。按这一教学思路，利用本教材，即使对于高小或初中文化水平的读者而言，通过听课甚至自学，加上电机接线的实际操作，一般都能在半个月时间内，达到独立嵌线和接线的程度。

本书对双速变极绕组和分数槽绕组的构成，也作了原理性说明。对于带换向器的电枢绕组，分别介绍了移动电刷和接线借偏以改善换向的原理及等效性，特别是导出了接线借偏的计算公式，以供参考。

本书对于变压器、电焊机的绕组接线和小型同步发电机的励磁系统也作了简明介绍。

本书在最后一章中，辑录了工农业生产中和家用电器中常见电机的绕组数据和电气控制线路，提供给运行、维修和设计人员参考。该章的数据、表格、图例和公式，均摘自书

末所列的各参考文献中，其中特别对文献2、3、5、6、8、9、10、11引用甚多，在此谨向所有各文献的出版社及作者表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，必然存在不少缺点和错误，切望有关专家及读者提出批评指正。

编者

1996年5月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 三相异步电动机绕组接线</b> .....	1
第一节 相绕组的构成 .....	3
一、相绕组 .....	3
二、支路 .....	3
三、线圈组 .....	4
四、第一个规律：绕组支路线圈组 .....	5
第二节 线圈组的构成 .....	5
一、电动机转速与磁极对数的关系 .....	5
习题 .....	6
二、定子槽数的分配 .....	6
习题 .....	8
三、相带对应线圈组 .....	9
四、第二个规律：一组 $q$ 个必串联 .....	9
第三节 单层和双层绕组 .....	10
一、线圈及其分类 .....	10
二、单层及双层绕组 .....	11
三、单层绕组及线圈组数 .....	12
习题 .....	12
四、双层绕组及线圈组数 .....	12
习题 .....	15
五、第三个规律：单层 $p$ 组双 $2p$ .....	15
第四节 线圈组间串并联与并联路数 .....	15
一、线圈组电动势的大小及对应端正负极性 .....	15

二、第四个规律：各组可串也可并 .....	15
三、第五个规律：并联路数是 $a$ 重 .....	16
习题 .....	17
第五节 串并联联接规律 .....	17
一、串并联与正负极性 .....	17
二、第六个规律：串联进出并联同 .....	18
习题 .....	20
第六节 单层绕组的三种类型 .....	20
一、单层等宽度式绕组 .....	20
二、单层同心式绕组 .....	20
三、单层交叉式绕组 .....	20
习题 .....	24
第七节 双层绕组的两种类型 .....	25
一、叠绕组 .....	26
二、波绕组 .....	26
第八节 接线总规律、步骤及三相出线头的区分 .....	27
一、接线总规律 .....	27
二、接线步骤 .....	28
三、区分六根出线头 .....	34
第九节 嵌线规律 .....	35
一、单层等宽度式绕组 .....	35
二、单层交叉式绕组 .....	37
三、双层绕组 .....	38
四、单层同心式绕组 .....	38
习题 .....	40
第十节 分数槽绕组 .....	40
一、大小相带排列的确定 .....	40
二、对称性与并联路数 .....	42
习题 .....	42
第十一节 双速电动机的变极绕组 .....	42

一、显极与庶极接法 .....	43
二、半相绕组电流反向的变极原理 .....	44
三、两路星形/一路星形转换——恒转矩调速 .....	46
四、两路星形/一路三角形转换——恒功率调速 .....	47
五、4/6极、6/8极双速绕组联结举例 .....	49
<b>第二章 单相异步电动机绕组接线 .....</b>	<b>51</b>
<b>第一节 单相异步电动机及其分类 .....</b>	<b>51</b>
一、单相异步电动机的概念 .....	51
二、单相异步电动机的分类 .....	52
三、分相式单相异步电动机 .....	52
四、罩极式单相异步电动机 .....	54
习题 .....	57
<b>第二节 单相异步电动机绕组的构成及其接线 .....</b>	<b>58</b>
一、每极每相槽数 $q$ 、相带数 $2p$ .....	58
二、单相电动机采用普通绕组 .....	58
三、单相电动机采用正弦绕组 .....	59
四、罩极式电动机两相绕组分布 .....	66
五、单相电动机的非正交绕组 .....	70
习题 .....	72
<b>第三节 单相异步电动机的变速绕组 .....</b>	<b>73</b>
一、单相异步电动机的变极绕组 .....	74
二、单相异步电动机的串联电抗器调速 .....	77
三、单相异步电动机的抽头调速 .....	77
习题 .....	88
<b>第三章 直流电机绕组的构成和接线 .....</b>	<b>89</b>
<b>第一节 直流电机主要结构 .....</b>	<b>89</b>
一、定子部分 .....	89
二、转子部分 .....	90
三、直流电机的励磁方式 .....	90

第二节 电枢绕组的类型和联结 .....	93
一、单叠绕组展开图及电路图 .....	94
二、单波绕组展开图及电路图 .....	94
第三节 直流电机的运行接线 .....	95
一、并励发电机的自励条件及电压调节 .....	95
二、他励直流电动机的运行接线 .....	96
第四节 直流电机的换向 .....	100
一、换向极极性和绕组的联结 .....	101
二、电刷的位置和移刷的作用 .....	102
第五节 永磁直流电动机 .....	104
一、永磁材料 .....	104
二、三槽式永磁直流电动机 .....	106
三、永磁直流电动机产品系列 .....	108
习题 .....	111
<b>第四章 单相串励电动机的接线和绕线 .....</b>	<b>112</b>
第一节 单相串励电动机的结构与接线 .....	112
第二节 单相串励电动机电枢绕组的构成及绕线法 .....	112
一、绕组构成 .....	112
二、线圈节距 .....	113
三、绕线程序 .....	113
四、接线借偏 .....	114
第三节 单相串励电动机的噪声及无线电干扰的抑制 .....	123
一、噪声源及其抑制措施 .....	123
二、无线电干扰及其抑制措施 .....	123
第四节 调速方法 .....	125
一、电路中采用串接分级或可变电阻或电抗 .....	125
二、改变励磁绕组接法 .....	125
三、采用晶闸管器件 .....	126



习题 .....	126
<b>第五章 小型凸极同步发电机接线</b> .....	127
第一节 同步电机的分类、结构和原理 .....	127
一、分类、结构 .....	127
二、同步发电机工作原理 .....	128
三、同步电动机工作原理 .....	128
第二节 小型凸极同步发电机励磁方式 .....	128
第三节 晶闸管直接励磁系统 .....	129
一、系统构成 .....	129
二、自动电压调节器 .....	129
三、自励建压 .....	130
第四节 三次谐波励磁系统 .....	131
一、系统构成及特点 .....	131
二、定子主副绕组排列 .....	132
三、晶闸管分流三次谐波励磁系统 .....	132
第五节 电抗移相自励恒压系统 .....	135
一、系统构成 .....	135
二、带电压调节器的相复励励磁系统 .....	135
第六节 双绕组电抗分流自励恒压系统 .....	137
一、系统构成 .....	137
二、接线及注意事项 .....	137
第七节 单相逆序补偿励磁系统 .....	139
一、系统构成 .....	139
二、逆序补偿励磁原理 .....	139
第八节 T2 系列小型三相同步发电机铁心及绕组数据 .....	144
习题 .....	141
<b>第六章 变压器及电焊机的绕组及其联结</b> .....	146
第一节 变压器结构及原理 .....	146
一、单相变压器结构 .....	146

二、感应电动势和电压比 .....	146
三、三相变压器结构 .....	147
四、三相线圈的联结组别 .....	148
五、三相变压器中的线电压和相电压 .....	149
六、极性的测试 .....	150
<b>第二节 特殊变压器 .....</b>	<b>151</b>
一、自耦变压器和自耦调压器 .....	151
二、电压、电流互感器 .....	154
<b>第三节 电焊变压器 .....</b>	<b>156</b>
一、分体式弧焊变压器 .....	156
二、同体式弧焊变压器 .....	157
三、动铁心式弧焊变压器 .....	158
四、动圈式弧焊变压器 .....	160
五、抽头式弧焊变压器 .....	161
六、接触焊变压器 .....	162
七、弧焊变压器绕组的技术数据 .....	163
习题 .....	167
<b>第七章 部分电机结构特点及电控线路 .....</b>	<b>169</b>
<b>第一节 潜水电泵用电动机 .....</b>	<b>169</b>
一、YQS2 系列并用潜水三相电动机 .....	169
二、单相潜水电泵及其所用电动机 .....	180
<b>第二节 电磁调速电动机 .....</b>	<b>185</b>
一、结构特点 .....	185
二、无级调速原理及电控线路 .....	186
三、电磁调速电动机技术数据 .....	189
四、JZTT 系列 2~7 号机座绕组联结图 (4/6 极) .....	196
<b>第三节 电风扇用电动机 .....</b>	<b>196</b>
一、各类风扇配用的电动机 .....	196
二、交流台扇用电动机 .....	197

三、吊扇用电动机 .....	201
四、转页扇和换气扇用电动机 .....	205
五、空调器用风扇电动机 .....	206
第四节 密封式制冷压缩机用电动机 .....	211
一、结构特征 .....	211
二、电控线路 .....	212
三、选型及绕组数据 .....	213
第五节 洗衣机用电动机 .....	215
一、波轮式洗衣机用电动机 .....	215
二、脱水机用电动机 .....	216
三、全自动波轮式洗衣机用电动机 .....	217
四、滚筒式洗衣机用电动机 .....	218
第六节 单相串励电动机 .....	218
一、吸尘器用单相串励电动机 .....	218
二、家用缝纫机用单相串励电动机 .....	219
三、电动工具用单相串励电动机 .....	222
四、食物搅拌器用单相串励电动机 .....	228
五、医疗牙钻用单相串励电动机 .....	228
六、交直流两用单相串励电动机 .....	231
七、断路器用单相串励电动机 .....	231
第七节 电吹风机用电动机 .....	233
第八节 电动剃须刀用电动机 .....	237
第九节 电动玩具用电动机 .....	238
第十节 音象设备用电动机 .....	240
一、盒式录音机用稳速电动机 .....	240
二、电唱盘用电动机 .....	241
三、录象机用电动机 .....	243
第十一节 纺织用力矩电动机 .....	247
一、卷绕用力矩电动机 .....	247
二、导辊用力矩电动机 .....	247

第十二节 汽车、拖拉机、内燃机用电机 .....	248
一、汽车拖拉机内燃机用发电机 .....	248
二、汽车拖拉机用起动机 .....	251
三、汽车用微型电动机 .....	251
第十三节 交流电梯电动机 .....	253
<b>附录</b> .....	256
附录 A 交流电动机常用漆包线和绝缘材料的 组合形式参考表 .....	256
附录 B 电磁线型号中符号的含义及特征参考表 .....	258
附录 C 电机常用绝缘漆的性能及用途参考表 .....	259
附录 D 电容器的结构特点及检查 .....	261
附录 E Y 系列 (IP44) 三相异步电动机技术数据 .....	264
参考文献 .....	272

## 第一章 三相异步电动机绕组接线

三相异步电动机用的是三相交流电源，定子上有相应的三相绕组，分别称为  $U_1U_2$ 、 $V_1V_2$ 、 $W_1W_2$  相绕组。其中  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  称为每相绕组的头， $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$  称为每相的尾。三相绕组间要按一定方式联结后，再接到电源开关上去。联结方式有两种：星形联结和三角形联结。每种联结法又有两种不同画法，见图 1-1a、b。

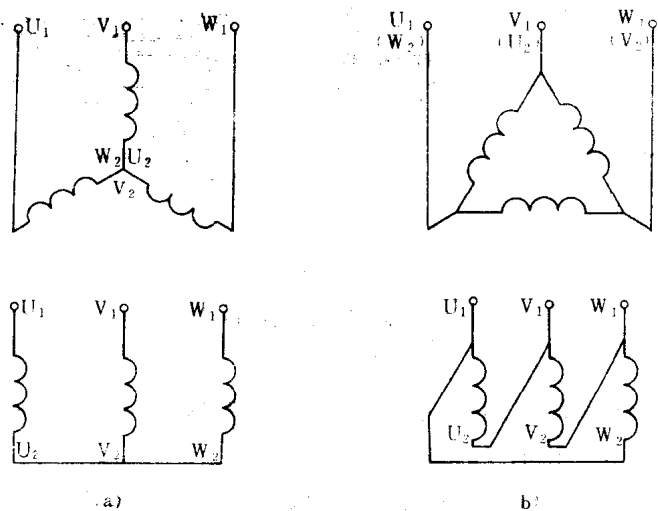


图 1-1 三相绕组间的两种联结法

a) 星形联结 b) 三角形联结

三相异步电动机按转子绕组结构不同又可分为笼型异步电动机和绕线转子异步电动机两种。笼型转子是在铁心槽中铸入铝条或插入铜条而构成的多相自行闭合绕组；绕线转子是三相下线式绕组，构成方式与定子三相绕组相同，但通常接成星形联结，且通过轴上的三相集电环与静止的电刷，可与电动机外部的三相电阻器串联而构成闭合回路，起到提高起动转矩和调速的作用。不过，调速电阻一般是长期运行的，容量选得要比短时运行的起动电阻的容量大。两种转子绕组的结构示意图见图 1-2a、b。

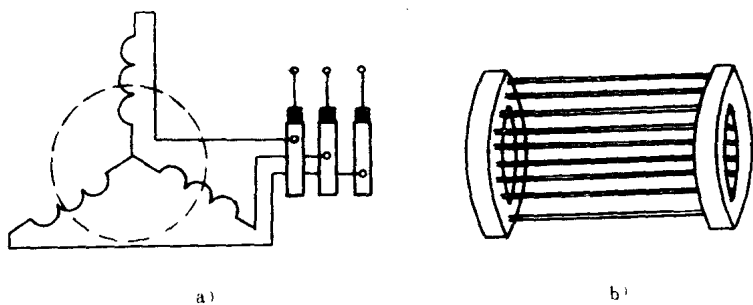


图 1-2 转子绕组的两种结构

a) 绕线型 b) 笼型

笼型异步电动机应用最为广泛，绕线转子异步电动机多应用在矿井和工厂的提升传动中。

因为电源是三相对称的，无论是定子三相或转子三相绕组，它们也必须是对称的。本章前五节的首要任务是介绍绕组构成和接线中的六个基本规律，它们决定了是否能正确地将绕组对称联结。

## 第一节 相绕组的构成

### 一、相绕组

三相中各相绕组是由相同数目的支路并联而成的，每相支路至少一条，多则若干条。对于一相绕组由多少条并联支路并联起来的问题有时也称为“几路进火”，意思都是指一相电流分成几个分支电流进入。本书后文将用英文字母  $a$  表示并联支路数，简称并联路数  $a$ 。若是一条支路，即  $a=1$ ；两条支路，即  $a=2$ ，等等，见图 1-3。

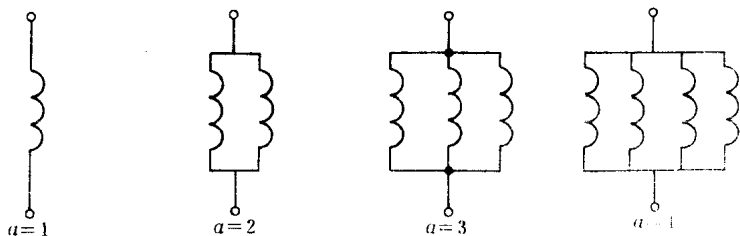


图 1-3 由不同支路数  $a$  构成的相绕组

支路数  $a$  是根据电压、电流大小，在设计计算电动机时就已确定了的。在制造和维修过程中，必须根据原定的并联路数  $a$  来绕制线圈。若要调整  $a$  值，必须重新计算线圈匝数以及线径等。

### 二、支路

并联起来的各条支路是由相同数目的线圈组串联而成的。每条支路串联的线圈组，至少一组，多则若干组，如图 1-4 所示。由多少个线圈组串联成一条支路？这要看并联路数  $a$  和一相总的线圈组数。后者将在后面介绍。

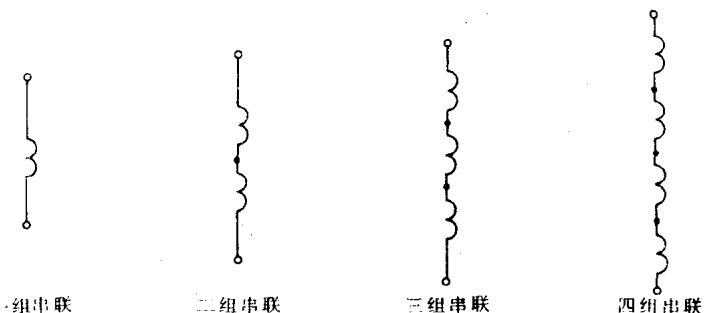


图 1-4 由不同的线圈组数串联成的支路

### 三、线圈组

各个线圈组是由相同数目的线圈串联而成的。串联的线圈个数，称为每极每相槽数（ $60^\circ$ 相带）或每对极每相槽数（ $120^\circ$ 相带），这是一个重要参数，用英文字母  $q$  表示。

$q=1$ ，表示线圈组只有一个线圈，称为集中式线圈，一般情况下不用。常用的是  $q=2, 3, 4$  等，即分别表示每个线圈组中串联有 2、3、4 个等线圈。图 1-5 分别表示  $q=1, 2$  时的线圈组构成方式，每个分图的左边表示线圈的实际分布形状，

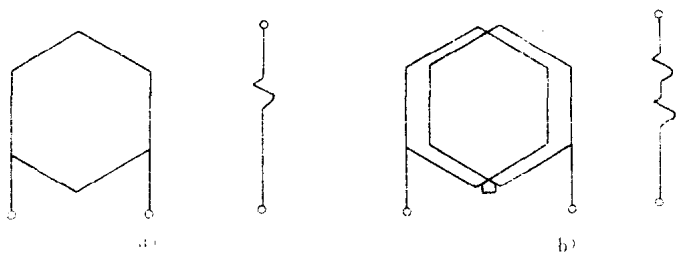


图 1-5  $q=1, 2$  时的线圈组构成

a)  $q=1$     b)  $q=2$



右边为它们的示意画法。

#### 四、第一个规律：绕组支路线圈组

无论是设计、制造，还是修理电机绕组，务必要牢牢记住绕组的构成层次。

如同部队的班、排、连组织一样， $q$  个线圈串联成一个线圈组，若干个线圈组串联成一条支路， $a$  条支路并联成一个相绕组。特别是在接线过程中，一定要按这个构成层次去操作，即先接成每个“线圈组”，然后接成“支路”，再接成“相绕组”，这样目的

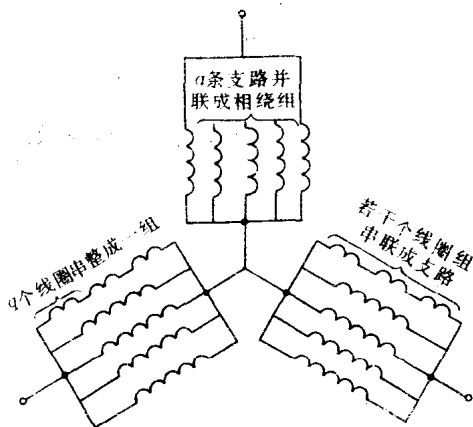


图 1-6 绕组、支路、线圈组的层次关系

明确，层次分明，出现问题也容易检查。尤其重要的是，熟悉这个层次关系后，只要查清楚并联路数  $a$ ，就可不看图样和参考书，熟练地接起线来。为便于记忆，要牢记住这第一个规律：绕组支路线圈组。整个三相绕组的层次关系如图 1-6 所示，设三相绕组间为星形联结。

## 第二节 线圈组的构成

### 一、电动机转速与磁极对数的关系

选用电动机的重要依据之一是它的转速。在电源频率  $f$  一定的条件下，异步电动机定子三相绕组产生的旋转磁场转速  $n_0$  是由它的磁极极对数  $p$  决定的，称为同步转速，公式为