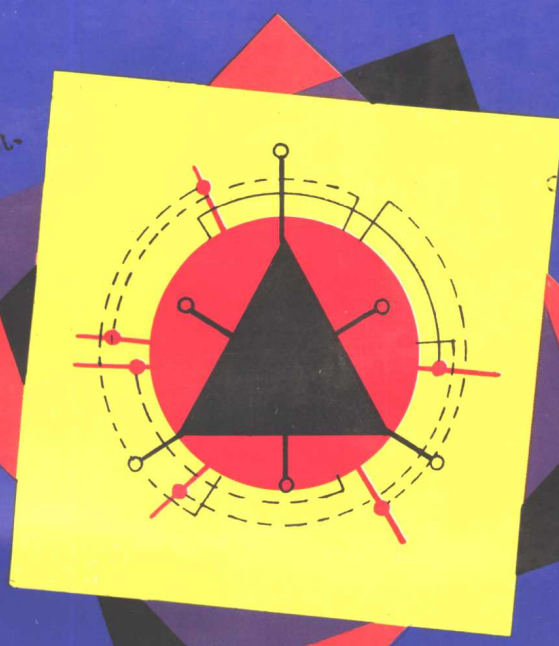


绕组的种类、结构、型式和基本参数
各种绕组的分布排列规律

潘品英 章寿朴 金续曾编著
上海科学技术出版社

三相异步电动机

布线、接线的工



修理绕组的工器具制作方法

电动机定子绕组的常见故障分析与检修方法

电动机绕组修理

DIANDONGJI RAOZU XIULI

电动机绕组修理

潘品英 **章寿樑** 金续曾 编著

上海科学技术出版社

责任编辑 朱建德

电动机绕组修理

潘品英 章寿补 金续曾 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

本书由上海发行所发行 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 14.75 插页 36 字数 328,000

1984年8月第1版 1992年1月第10次印刷

印数 463,001—543,000

ISBN7-5323-0083-8/TM·4

定价: 6.40元

(沪)新登字108号

内 容 提 要

本书专述常用电动机绕组的修理。内容包括：绕组的种类、结构、型式和基本参数；各种绕组的分布排列规律；电动机定转子绕组的常见故障分析与检修方法；三相异步电动机、单绕组多速电动机、单相电动机、通用电动机、直流电动机的重绕、改绕计算，以及绕组重绕、布线、接线的工艺方法；修理绕组的工器具制作方法。最后附录三相、单相、单绕组多速电动机的布接线彩色范例图 70 余幅，以及各种型号常用电动机的铁心、绕组技术数据与有关参考资料。

本书适合电机修理工、维修电工与值班电工或一般电工学习参考；中专、大专院校有关专业师生也可作为实践补充参考资料。

前 言

随着我国四化建设的飞速发展，电动机作为先进的动力设备，在国民经济各个领域的使用将与日俱增。与此同时，维修电动机的工作也无疑相应跟上客观需要。电动机的心脏是绕组，于是修理电动机，一般地讲多数属于绕组故障。为此，如何理解掌握电动机绕组的基本规律与修理技术，诚属从事电工的同志所迫需。

本书以各种常用电动机绕组为主，从绕组的种类结构型式、分布接线规律、主要参数计算、各种故障分析，以至重绕布线、接线的具体操作工艺方法，都系统地作了详细的叙述。其中绕组分布规律以槽电势分布的原理阐述；计算部分采用经验公式和经验数据，并附有例题；绕组布接线部分采用直观法模拟图、展开图、方块图、电路图等不同形式分别介绍，目的是便于读者熟悉掌握与检修电动机绕组的布线规律；此外还附有彩色布线接线图例 70 余幅，都是常用电动机绕组的范例，来龙去脉清晰醒目，可资对照参考；最后介绍若干自制修理工具的经验；附录部分列出各种常用电动机的铁心、绕组技术数据与修理中必需的常用参考资料。

本书主要由潘品英同志执笔编写；其中第一章前二节与第七、八章绝大部分由章寿朴同志编写；第七章5、6两节由金续曾同志编写；附录部分由潘品英、章寿朴、金续曾同志编选；彩图的前三部分由章寿朴同志设计。本书在编写过程中承江炳文等同志热情支持鼓励，蒙朱建德同志对全书作了审改，特此致谢。

本书内容虽属长期实践的小结，但不免有一定局限性。限于编者学识业务水平，缺点错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者 1983年2月

修改说明

为了贯彻国家有关使用法定计量单位的规定，这次对本书内使用的非国家法定计量单位(如高斯、麦克斯韦、马力)修改成国家法定计量单位。由于使用单位的改变，本书内有关的计算公式也相应作了改变，有些计算数也相应作了改动。此外，对书中的有关错误计算公式也作了纠正。这次修改由本社有关编辑完成。

上海科学技术出版社

一九九〇年十一月

目 录

第一章 电动机绕组	1
1-1 <u>绕组的结构型式</u>	1
1-2 绕组的术语与基本参数	4
1-3 三相异步电动机绕组	18
1-4 单相电动机绕组	50
1-5 通用电动机绕组	59
1-6 直流电动机绕组	61
第二章 电动机绕组故障检修	77
2-1 故障检修概述	77
2-2 定子绕组故障检修	78
2-3 转子绕组故障检修	91
2-4 直流电枢绕组故障检修	97
2-5 绕组的干燥与绝缘处理.....	103
第三章 三相异步电动机重绕计算	113
③-1 定子绕组重绕计算.....	113
3-2 转子绕组重绕计算.....	129
3-3 改变电压计算.....	140
3-4 改变极数计算.....	148
3-5 绕组导线替代换算.....	154
第四章 单绕组多速电动机改绕计算	161
4-1 双速电动机变极原理.....	162
4-2 倍极比双速电动机绕组排列.....	169

4-3	非倍极比双速电动机绕组排列	175
4-4	非正规分布双速电动机绕组排列	178
4-5	双速电动机反向变极的接线方法	182
4-6	单绕组双速电动机改绕计算	186
4-7	多速电动机绕组排列与改绕计算	196
第五章	单相电动机重绕计算	207
5-1	罩极电动机重绕计算	207
5-2	分相电动机重绕计算	216
5-3	电容运转电动机重绕计算	228
5-4	“正弦”绕组的安排计算	235
第六章	通用、直流电动机重绕计算	245
6-1	通用电动机重绕计算	245
6-2	直流电动机重绕计算	255
第七章	电动机绕组重绕布线工艺	273
7-1	重绕准备工序	273
7-2	三相异步电动机重绕布线工艺	281
7-3	单相电动机重绕布线工艺	298
7-4	通用电动机重绕布线工艺	299
7-5	直流电动机重绕布线工艺	305
7-6	单绕组多速电动机重绕接线	330
第八章	电动机绕组修理工器具	335
8-1	操作工器具制作	335
8-2	测试器具制作	345
附录 1	电动机绕组布线接线图范例	1
附录 2	各系列电动机铁心、绕组技术数据表	74
附录 3	电动机型号及常用电磁线、绝缘材料参考表	166

第一章 电动机绕组

绕组是电动机的最重要部分，又是最容易发生故障的部分，而电动机修理的大部分工作是对绕组的修理。因此，绕组修理质量的好坏，对整个电动机的性能有很大影响。

要修好绕组，必须对电动机绕组的结构型式以及接线原理与方法有清楚的了解。为此，本章先就各种电动机绕组的基本概念进行分析介绍。

1-1 绕组的结构型式

电动机绕组的结构主要分下列几种型式：

一、以定子绕组形成磁极数来区分

定子绕组根据电动机的磁极数与绕组分布形成实际磁极数的关系，可分为显极式与庶极式两种类型。

1. 显极式绕组

在显极式绕组中，每个(组)线圈形成一个磁极，绕组的线圈(组)数与磁极数相等。图 1-1 是四极显极式绕组的示意图。除直流电动机与单相罩极电动机外，实际上没有凸形的极掌，为说明问题，本图用形象示意图代表。

在显极式绕组中，为了要使磁极的极性 N 和 S 相互间隔，相邻两个线圈(组)里的电流方向必须相反，即相邻两个线

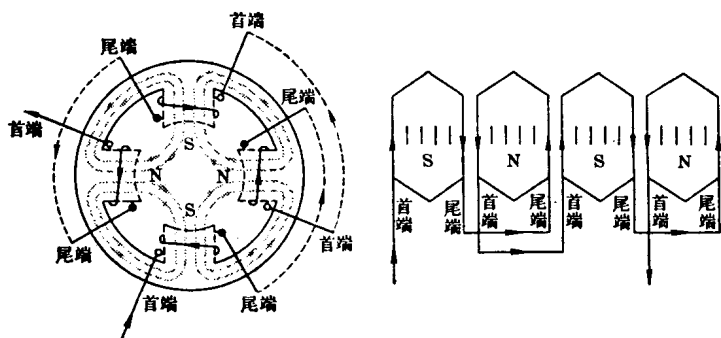


图 1-1 显极式绕组

圈(组)的连接方式必须尾端接尾端,首端接首端(电工术语为“尾接尾”、“头接头”),也即反接串联方式。

2. 庶板式绕组

在庶板式绕组中,每个(组)线圈形成两个磁极,绕组的线圈(组)数为磁极数的一半,因为另半数磁极由线圈(组)产生磁极的磁力线共同形成。图 1-2 是四极庶板式绕组的示意图。形象示意说明同上。

在庶板式绕组中,每个线圈(组)所形成的磁极的极性都

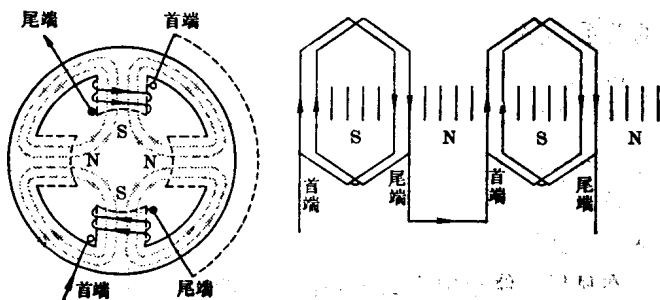


图 1-2 庶板式绕组

相同，因而所有线圈(组)里的电流方向都相同，即相邻两个线圈(组)的连接方式应该是尾端接首端(电工术语为“尾接头”)，即顺接串联方式。

二、以定子绕组的形状与嵌装布线方式区分

定子绕组根据线圈绕制的形状与嵌装布线的方式不同，可分为集中式和分布式两类。

1. 集中式绕组

集中式绕组一般仅有一个或几个矩形框线圈组成。绕制后用纱带包扎定型，再经浸漆烘干处理后嵌装在凸形磁极的铁心上。直流电动机、通用电动机的激磁线圈，以及单相罩极电动机的主极绕组都采用这种绕组。

2. 分布式绕组

采用分布式绕组的电动机定子没有凸形的极掌，每个磁极都是由一个或几个线圈按照一定的规律嵌装布线组成线圈组。根据嵌装布线排列的形式不同，分布式绕组又可分为同心式、迭式两类。

(1) 同心式绕组 同心式绕组是同一线圈组的几个大小不同矩形线圈，按同一中心的位置逐个嵌装排列成回字形的型式。同心式绕组又分单层与多层。一般单相电动机和部分小功率三相异步电动机的定子绕组采用这种型式。

(2) 迭式绕组 迭式绕组是所有线圈的形状大小完全相同(单双圈例外)，分别以每槽嵌装一个线圈边，并在槽外端部逐个相迭均匀分布的型式。迭式绕组又分单层迭式和双层迭式两种。在每槽里只嵌一个线圈边的为单层迭式绕组，或称单迭绕组；每槽嵌二个属不同线圈组的线圈边(分上下层)为

双层迭式绕组，或称双迭绕组。迭式绕组由于嵌装布线方式的变化不同，又有单双圈交叉布线排列与单双层混合布线排列之分；此外，从绕组端部的嵌装形状称为链形绕组、篮形绕组，实际上均属迭式绕组。一般三相异步电动机的定子绕组较多采用迭式绕组。

三、转子绕组

转子绕组基本上分鼠笼型与绕线型两类。鼠笼型结构简单，其绕组过去为嵌铜条，目前多数采用浇铸铝，特殊的双鼠笼转子具有二组鼠笼条。绕线型转子绕组与定子绕组相同，也分迭式与另一种波形绕组。波形绕组的外形与迭式绕组相似，但布线方式不同，它的基本元件不是整个线圈，而是单匝单元线圈，嵌装后需逐个焊接成线圈组。波形绕组一般应用于大型交流电动机的转子绕组或中大型直流电动机的电枢绕组。

1-2 绕组的术语与基本参数

电动机定子集中式绕组的绕制、嵌装比较简单，而目前广泛应用的交流电动机绝大部分属分布式定子绕组，它随着不同机种、型号，根据不同额定条件而设计不同的绕组规格，按不同的嵌装布线工艺将线圈逐个嵌装到定子铁心的空槽内。这些绕组规格均有一定的名词与技术参数，一般有如下基本内容。

一、线圈、线圈组、绕组

线圈是以绝缘导线(圆线或扁线)按一定形状绕制而成。

线圈可由一匝或多匝组成；多个线圈构成一组单元的称为线圈组；由多个线圈或线圈组构成一相或整个电磁电路的组合都统称为绕组。因此线圈是电动机绕组的基本元件，绕组是电动机电磁部分的主要部件(包括铁心)。图 1-3 为电动机分布式绕组中常用的梭形线圈示意图。

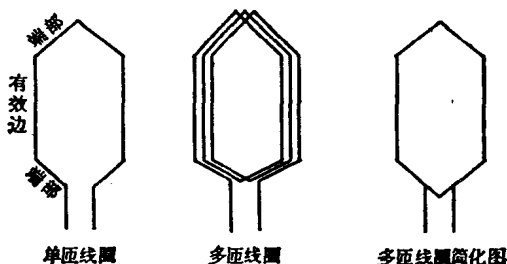


图 1-3 常用梭形线圈示意图

线圈的直线部分称为有效边，是嵌入铁心槽内作为电磁能量转换的部分；两端部伸出铁心槽外有楞角部分不能直接转换能量，仅起连接两个有效边的桥梁作用。为便于绘制绕组图，一般可用简化图来表示一个多匝线圈。

二、总线圈数

由于每线圈有两个有效边嵌入铁心槽内，即每线圈要占二槽，在单层绕组中，每槽里只嵌一个线圈有效边，所以总线圈数等于铁心总槽数的一半，例如：24 槽单层绕组的总线圈数为 12；在双层绕组中，铁心每槽里上下层要嵌入二个线圈有效边，即二个线圈相等于占二槽，因此它的总线圈数等于铁心槽数，例如：36 槽双层绕组的总线圈数为 36。

三、极相组数

极相组数是对交流电动机而言。凡是一相中形成同一个磁极的线圈(一个或多个)定为一组的叫极相组,也称线圈组,如图 1-4 所示。

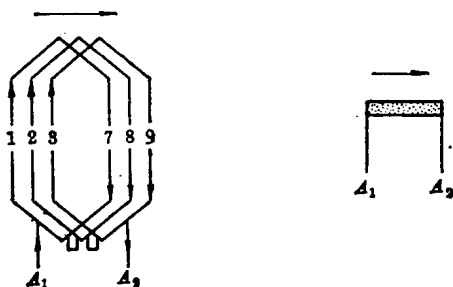


图 1-4 一个极相组示意图
(左图为形象图,右图为简化图)

在交流电动机显极式绕组中,因一相中每组线圈形成一个磁极,则绕组的

$$\text{极相组数} = 2p \times m$$

在交流电动机庶极式绕组中,因一相中每组线圈形成二个磁极,则绕组的

$$\text{极相组数} = \frac{2p \times m}{2}$$

式中: p ——极对数(一个极对等于 NS 二极);

m ——相数。

例如:三相四极显极式绕组的极相组数 $= 2 \times 2 \times 3 = 12$;
三相六极显极式绕组的极相组数 $= 2 \times 3 \times 3 = 18$;
三相四极庶极式绕组的极相组数 $= \frac{2 \times 2 \times 3}{2} = 6$ 。庶极式绕组的极相组

数总是减半。

四、每极相槽数 q (线圈数)

每极相槽数是每极相组所占的槽数，也可看作每极相组的线圈数，简称每组线圈数。

每极相组的线圈由一个或几个线圈顺接串联而成一组，通常在绕线时一次绕成连在一起，然后分槽嵌装。

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{Z}{2p \times m}$$

式中： Z ——定子槽数。

显极式单层绕组与庶极式绕组的每极相线圈数等于每极相槽数的一半。例如：三相四极 24 槽单层绕组中，

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{24}{2 \times 2 \times 3} = 2$$

根据总线圈数规律，单层线圈数减半为 1；三相四极 24 槽庶极式绕组中，依据庶极式极相组减半规律，

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{24}{\frac{2 \times 2 \times 3}{2}} = 4$$

而单层绕组线圈数又需减半为 2。

有的特殊单层绕组，如交叉不等圈数排列的绕组，是将每极相组的线圈分为两半嵌装，这样每极相槽数(或线圈数)就不等。例如：三相四极 36 槽单层绕组中，

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{36}{2 \times 2 \times 3} = 3$$

依照单层线圈数为槽数减半则应为 $1\frac{1}{2}$ 。因每极相组为 1 圈半的线圈较难嵌，除个别的外，一般采用把一极相组的半圈并到相邻一极相组，分别成为单双圈交叉排列的方式(也称交叉

绕组),这样总线圈数不变,每相线圈数也不变,嵌装对称平衡。

显极式双层绕组的每极相线圈数等于槽数。例如:三相六极 36 槽双层绕组中,

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{36}{2 \times 3 \times 3} = 2$$

根据双层总线圈数等于铁心槽数规律,则每极相线圈数也为 2。如果该六极电动机定子为 27 槽,则

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{27}{2 \times 3 \times 3} = 1 \frac{1}{2}$$

因此线圈数也为 $1 \frac{1}{2}$, 这样与前例中的单双圈同样处理。再例如:三相八极 54 槽双层绕组,其

$$\text{每极相槽数 } q = \frac{54}{2 \times 4 \times 3} = 2 \frac{1}{4}$$

则线圈数也为 $2 \frac{1}{4}$, 这就同样难嵌。解决的方法是参照特殊绕组处理,将八个极相组中每四个线圈组的 $\frac{1}{4}$ 圈并入其中一个线圈组成为 3 圈,其余均为 2 圈,成为二个 3 圈,六个 2 圈,这样每相线圈数与总线圈数均维持不变,只是三相依极相次序交叉对称排列。这种不整数的特殊槽数(线圈数)的绕组称为分数槽绕组,其排列计算方法以及绕制嵌装工艺与图例将分述于后。

五、匝数和线径

电动机绕组是根据电动机型号与额定功率、电压、电流等规格设计决定的。对修理重绕线圈时,应依照原始匝数、线径及有关数据进行绕制。匝数即每线圈的圈数,线径分线号或裸线直径(毫米)表示。一般额定功率小的电动机,额定电压低、电流小,则线圈线径小、匝数多;额定功率大的电动机,额定电流也大,则线圈线径相应增大,而匝数相应减少;对高压

电动机一般均属大型,除规定线圈匝数、线径外,而线圈导线的绝缘层耐压性也相应增加。

六、并绕根数

额定功率较大的电动机,因电流较大,就须用较大线径的导线绕制线圈。但线径过大(一般在1.6毫米以上),则线硬而难绕难嵌,可采用几根线径较小的导线并绕代替。当决定电动机修理重绕拆线时,务必注意搞清原始的并绕根数,以免误作线圈匝数。

七、并联支路数

额定功率小的电动机,一般绕组的所有线圈组依次串联成一路再接入电源。这方式通称为“单进火”连接。但额定功率较大的电动机(一般7千瓦以上)所需电流较大,有时就要把绕组的所有线圈组分别串联成二路或多路,然后再按规定方式并联接入电源。这方式习惯上称为“双进火”或“多进火”连接,实际上就是指绕组的并联支路数。当决定修理重绕拆线时,也必须查明原始的绕组并联支路数。

八、极距(τ)

绕组的极距是指每磁极所占圆周表面的距离(长度)。对交流电动机一般常指铁心相邻两磁极中心所跨占的槽距,以槽数表示(如图1-5);定子以铁心内圆气隙表面的槽距计算;转子以铁心外圆气隙表面的槽距计算。直流电动机的电枢极距与交流电动机的转子相仿。

极距有二种表示方法:一为以长度(厘米)表示;一为以槽数表示。