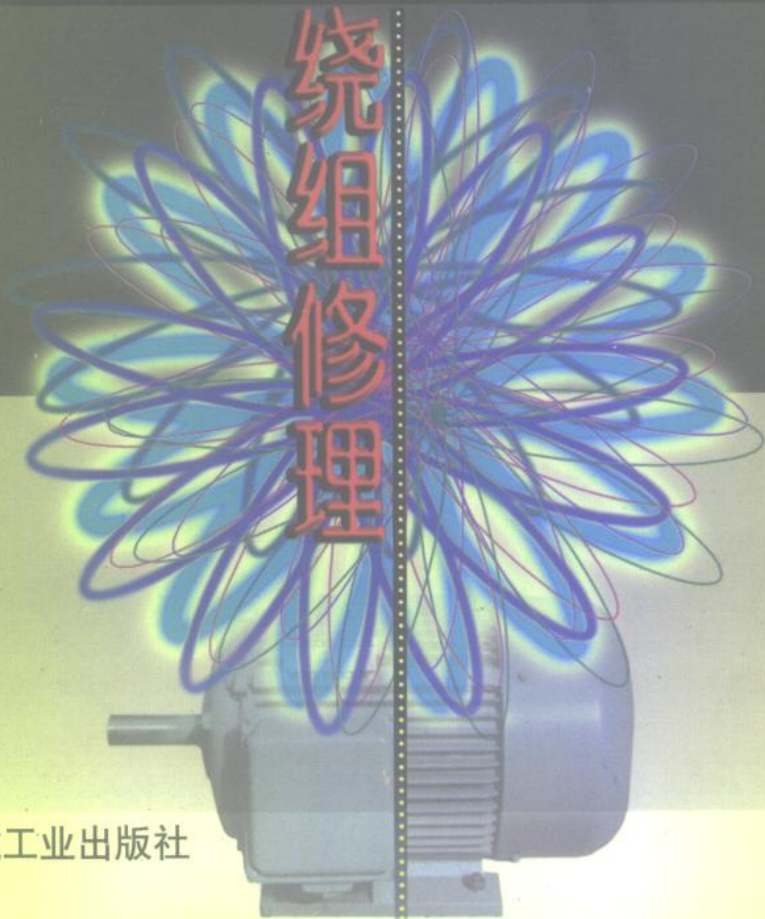


中小型电机

潘品英 编著

绕组修理



机械工业出版社

1303.1
P16

中小型电机绕组修理

潘品英 编著



机械工业出版社

本书从电机绕组构成原理入手,系统介绍各种绕组型式及其演变过程和电动机绕组的修理。其内容包括三相电动机、单相及家用电动机、换向器式电枢及变极电动机的绕组结构、特点、参数计算和修理;并详细叙述电动机重绕操作的完整工艺程序,对修理选用的绝缘材料、剪裁尺寸以及修理质量的检验、要求及试验方法、标准都作了重点叙述。而且,除对重绕修理中出现的问题作出分析和处理外,还着重介绍提高电动机运行性能的参数调整。此外,从各种电机常用的绕组型式中精选出40余例,采用端面模拟画法,绘制成布接线图的典型范例,并在附录中提供了各种新系列电动机的技术数据及重绕修理的必要资料,供读者参考选用。

本书可供从事电动机修理的人员作为实用工具书,也可作为军地两用人才的培训教材及社会职业培训读本之用;也适用于大中专院校、技校有关专业师生作为实践参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中小型电机绕组修理/潘品英编著. —北京:机械工业出版社, 1997. 5

ISBN 7-111-05532-2

I. 中… II. 潘… III. 电机-绕组-维修 IV. TM303.1

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第02844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:李振标 版式设计:冉晓华 责任校对:肖新民

封面设计:姚毅

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1997年4月第1版·1997年4月第1次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·17.75印张·470千字

0 001—6 000册

定价:28.00元

前 言

随着国民经济的飞速发展，中小型电动机的产量和使用量与日俱增，特别是家用电器产品的普及，电动机的维修问题越显突出。因此，从事电修工作的人员不断扩大，其技术素质也需相应提高，而有意参加电机修理行业的仍大有人在，他们无论是自学或提高，在实践中都亟需一本切合实用的教材或读本，使之学以致用。目前出版的电机修理书刊很多，其中涉及实用的修理工艺内容并能指导读者动手实践的却不多。因此，本书从实际出发，由浅入深，先从绕组构成原理着手，分类介绍电机各种绕组的型式特征、布接线特点及绕组型式的演变过程；并详尽地叙述电动机修理的拆线记录、清槽备料、线圈绕制、嵌槽布线、接线整形及浸漆烘干等整个重绕操作程序与工艺，以满足初学者的学习；同时也兼顾有一定基础的读者，通过重绕计算的学习，对性能参数调整、分析、实施，进一步提高修理技术，使电机重绕质量达到较高的水平。

全书共分七章，内容包括：三相电动机、单相及家用电动机、换向器式电枢和变极电动机的绕组及修理计算；重绕工艺、质检、性能调整及重绕故障检修；绕组布线接线典型范例等。附录中提供了各种常用电动机的新系列的性能和修理数据，以及修理必需的参考资料。

本书由潘品英主笔编写，水竹韵、米日京、潘玉景、招才万、田水和等参加部分工作。此外，在选题和编写过程中，朱建德先生给予了热诚支持，对内容提供了补充意见，并对初稿进行了全面审改。在此特表感谢。

由于作者水平所限，书中不足和错误在所难免，敬请读者批评指正。

潘品英

1995年1月于韶关

目 录

第一章 三相电动机绕组与修理计算	1
第一节 三相电动机绕组	2
一、三相绕组的结构类型与基本参数	2
二、三相绕组的排列方法	11
三、三相单层链式绕组	23
四、三相单层叠式绕组	25
五、三相单层同心式绕组	27
六、三相单层交叉式绕组	30
七、三相单层同心交叉式绕组	32
八、三相双层叠式绕组	33
九、三相双层叠式分数绕组	36
十、三相双层同心式绕组	38
十一、三相单双层混合式绕组	39
十二、三相异步电动机转子绕组	41
第二节 三相电动机修理计算	44
一、电动机绕组重绕计算	44
二、改变电压计算	59
三、改变频率计算	64
四、改变极数计算	67
五、改变线圈并绕根数的换算	75
六、改变绕组并联支路数的换算	77
七、改变绕组接线方式的换算	79
第二章 单相电动机绕组与修理计算	82
第一节 单相电动机绕组	82
一、单相绕组的结构型式和排列方法	85
二、单相单层链式绕组	92
三、单相单层叠式绕组	93

四、单相单层同心式绕组	96
五、单相双层链式绕组	99
六、单相双层叠式绕组	100
七、单相单双层混合式绕组	102
八、单相正弦绕组	105
九、单相罩极式绕组	113
十、单相抽头调速绕组	115
第二节 单相电动机修理计算	125
一、起动型单相电动机修理计算	125
二、运行型单相电动机的修理计算	140
三、罩极电动机的修理计算	145
第三章 换向器式电动机绕组与修理计算	150
第一节 换向器式电动机绕组	150
一、换向器式电动机的型式和绕组结构	150
二、单叠绕组	155
三、单波绕组	160
四、死波绕组	163
第二节 换向器式电动机的修理计算	166
一、直流电动机绕组的修理计算	166
二、交直流两用串励电动机绕组修理计算	180
第四章 变极电动机绕组与改绕计算	190
第一节 变极电动机绕组	190
一、变极绕组与变极原理	190
二、倍极比变极电动机绕组排列	198
三、非倍极比变极电动机绕组排列	207
四、非正规分布变极电动机绕组排列	209
五、双速电动机反向变极的接线方法	214
六、换相变极原理与双速绕组排列、接线	218
七、双节距变极原理与双速绕组排列	225
八、多速电动机绕组的排列与接线方法	230
第二节 变极电动机改绕计算	240
一、双速变极电动机的改绕计算	240
二、多速变极电动机的改绕计算	251

第五章 电动机重绕工艺与质量检验	256
第一节 绕组的拆除与清理	256
一、绕组原始数据记录	256
二、拆除绕组的简单工具与方法	265
三、铁心的清理与修整	266
第二节 线圈的绕制和绝缘件的裁剪	267
一、软绕组线模的设计	267
二、线模的制作	271
三、线圈绕制的工艺和要点	272
四、绝缘件的制作	273
第三节 绕组的嵌线	277
一、嵌线前的准备工作	277
二、嵌线操作的通用规则与手法	282
三、嵌线的规律与程序	285
第四节 绕组的接线工艺	300
一、导线的连接	300
二、焊接操作工艺	301
三、绕组的接线	304
第五节 绕组的整形与绑扎	323
一、定子绕组的整形与绑扎	323
二、转子绕组的整形与绑扎	324
三、交直流串励电枢绕组的捆扎	328
第六节 绕组的浸漆与烘干	329
一、电机绕组的浸漆	329
二、烘干	335
三、典型浸烘工艺实例	335
第七节 重绕质量的检查与试验	339
一、外观检查项目	340
二、电机绝缘电阻与吸收比检测	340
三、绕组直流电阻的测定	342
四、绕组极性检测	344
五、绕组耐压试验	347
六、电动机空载检验	350

七、绕组匝间绝缘强度试验	352
八、短路试验	353
第六章 电动机性能调整及重绕故障检修	356
第一节 重绕电动机电磁性能参数的分析与调整	356
一、空载电流不合格的参数调整	356
二、短路电压(或短路电流)不合格的分析与调整	360
三、空载电流 I_0 与短路电压 U_K “一对大”的分析	361
四、 I_0 与 U_K “一对大”电动机的调整与修理	362
五、单相电容电动机最佳工作状态的调整	366
第二节 重绕电机绕组典型故障的检修方法	369
一、绕组接地故障	369
二、绕组短路故障	372
三、绕组断路故障	376
四、绕组接错的故障	378
五、重绕电动机转向设定与接线	382
第三节 电动机重绕试车的故障及原因	385
一、三相异步电动机	386
二、单相异步电动机	388
三、家用电扇电动机	390
四、直流电机	391
五、交直流两用串励电动机	394
第七章 电动机绕组实用布线接线典型范例	396
第一节 三相交流电动机绕组布线接线图	397
一、三相单层链式 12 槽二极绕组布线接线图	398
二、三相单层链式 24 槽四极绕组布线接线图	399
三、三相单层叠式 24 槽二极绕组布线接线图	400
四、三相单层叠式 24 槽四极(庶极)绕组布线接线图	402
五、三相单层同心式 24 槽二极绕组布线接线图	403
六、三相单层交叉式 36 槽四极绕组布线接线图	405
七、三相单层同心交叉式 18 槽二极绕组布线接线图	406
八、三相单层同心交叉式 30 槽二极绕组布线接线图	408
九、三相双层叠式 24 槽四极绕组布线接线图	410
十、三相双层叠式 36 槽四极绕组布线接线图	411

十一、三相双层叠式 36 槽四极(二路并联)绕组布线接线图	413
十二、三相双层叠式 45 槽六极(分数)绕组布线接线图	414
十三、三相双层同心式 36 槽四极绕组布线接线图	416
十四、三相单双层混合式 36 槽四极绕组布线接线图	418
第二节 单相及家用电动机绕组布线接线图	420
一、单相单层链式 16 槽四极运行型绕组布线接线图	422
二、单相单层链式 32 槽十六极运行型绕组布线接线图	423
三、单相单层同心式 24 槽四极起动型绕组布线接线图	424
四、单相双层链式 8 槽四极运行型绕组布线接线图	426
五、单相双层链式 32 槽十六极运行型绕组布线接线图	427
六、单相单双层混合式 24 槽四极运行型绕组(A类)布线接线图	429
七、单相单双层混合式 24 槽四极运行型绕组(B类)布线接线图	431
八、单相正弦绕组 24 槽二极 5/5-B 布线接线图	432
九、单相正弦绕组 24 槽四极 2/2-A 布线接线图	434
十、单相正弦绕组 24 槽四极 3/2-A 布线接线图	435
十一、单相正弦绕组 24 槽四极 3/3-A 布线接线图	437
十二、单相正弦绕组 36 槽四极 4/3-B/A 布线接线图	438
十三、单相罩极式 12 槽四极绕组布线接线图	440
十四、单相罩极式 24 槽四极绕组布线接线图	441
十五、单相 8 槽四极电容式双速电扇 L-2 型 4-2-2 绕组布线接线图	443
十六、单相 16 槽四极电容式三速电扇 L-1 型 4/2-4-4/2 绕组布线接线图	444
十七、单相 16 槽四极电容式双速电扇 L-2 型 4-2-2 绕组布线接线图	446
十八、单相 16 槽四极电容式三速电扇 L-2 型 4-4/2-4/2 绕组布线接线图	447
十九、单相 16 槽四极电容式三速电扇 T 型 4/2-4-4/2 绕组布线接线图	449
二十、单相 16 槽四极电容式三速电扇 Φ 型 4/2-4/2-4 绕组布线接线图	450

二十一、单相 16 槽四极电容式三速电扇 H 型 4-2/2-2(2/2) 绕组 布线接线图	452
第三节 变极电动机绕组布线接线图	453
一、24 槽 2/4 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	454
二、36 槽 2/4 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	456
三、36 槽 4/6 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	458
四、36 槽 4/8 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	461
五、36 槽 6/8 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	463
六、54 槽 6/12 极 2Y/ Δ 双速绕组布线接线图	465
七、36 槽 4/6/8 极 2Y/2Y/2Y 三速绕组布线接线图	467
八、36 槽 2/4/8 极 2 Δ /2 Δ /2Y 三速绕组布线接线图	470
附录 常用中小型电机技术数据	473
附表 1 Y 系列(IP44)三相异步电动机铁心、绕组技术数据	473
附表 2 YR 系列(IP44)绕线转子三相异步电动机铁心、绕组技 术数据	477
附表 3 YR 系列(IP23)绕线转子三相异步电动机铁心、绕组技 术数据	480
附表 4 Y 系列(IP44)220/380V、50Hz 三相异步电动机铁心、 绕组技术数据	482
附表 5 电动工具专用三相异步电动机铁心、绕组技术数据	485
附表 6 YQSY 系列充油式并用电泵三相异步电动机铁心、绕组 技术数据(一)	487
附表 7 YQSY 系列充油式并用电泵三相异步电动机铁心、绕组 技术数据(二)	488
附表 8 YQS2 系列充水式并用电泵三相电动机铁心、绕组技术 数据	490
附表 9 YQS 系列充水式并用电泵三相电动机铁心、绕组技术 数据	493
附表 10 常用潜水电泵三相电动机铁心、绕组技术数据	495
附表 11 通(排)风机三相电动机铁心、绕组技术数据	499
附表 12 ZD、ZDY 系列锥形转子起重用电动机铁心、绕组技术 数据	499
附表 13 JLJ 系列三相力矩电动机铁心、绕组技术数据	500

附表 14	JX 新系列单相电容运转电动机铁心、绕组技术数据	501
附表 15	JY 新系列单相电容分相起动电动机铁心、绕组技术数据	503
附表 16	JZ 新系列单相阻抗分相起动电动机铁心、绕组技术数据	504
附表 17	国产常用牌号电扇电容式(220V)电动机绕组数据	506
附表 18	国产常用牌号吊扇电容式(220V)电动机绕组数据	511
附表 19	直流电扇专用串励电动机铁心、绕组技术数据	513
附表 20	部分空调机电容式电动机铁心、绕组技术数据	514
附表 21	单相潜水电泵电动机铁心、绕组技术数据	516
附表 22	G 系列通用电动机铁心、绕组技术数据	517
附表 23	电动工具专用串励电动机铁心、绕组技术数据	520
附表 24	YD 系列三相变极多速电动机铁心、绕组技术数据	521
附表 25	Z3 系列直流电动机铁心、绕组技术数据	530
附表 26	电机车辅机用直流电机铁心、绕组技术数据	540
附表 27	绕组常用电磁线型号	542
附表 28	电机绕组常用漆包圆铜线直径和截面积	543
附表 29	绕组常用纤维包(漆包)绝缘圆铜线数据	544
附表 30	低压电机绕组修理中常用的绝缘材料	545
附表 31	电机重绕计算专用正弦余弦表	548
参考文献		553

第一章 三相电动机绕组与修理计算

三相异步电动机是由三相正弦交流电源供电，它具有结构简单、成本低廉、运行可靠和维护修理方便等优点而被广泛应用于各行业工厂的生产机械作为拖动设备。三相电动机有各种电压等级产品，但以低压 380V 电动机使用最普遍，此类系列的中小型电动机的产量最多，其损坏而需修理的工作量也最大。故本章主要介绍这种电动机的修理。

为了适应不同的工作需要，异步电动机的外形结构有封闭式、防护式和开启式。一般用途的中小型电动机常设计成封闭式，它的内部结构被带有散热筋的电机外壳（机座）封闭，能有效防止飞溅的水或小颗粒固体物进入电机内部，内部绕组的端接线则通过接线板引出。防护式是在机座两侧和下部开有数个上设遮挡凸缘的通风孔，既利于铁心热量散发，也可防止垂直落下的异物进入机座内，一般用于大中型电机。开启式机座适用于大型电机，它沿定子铁心外壳四周都开通风孔，散热性能好，但无法防止异物或雨水进入，目前国内已不生产。此外，农业排灌用潜水泵为全封闭式，外壳机件交接缝隙均用橡胶圈密封，故可浸入水中工作。

异步电动机主要由定子部分、转子部分及附件等构成。定子包括外壳（机座）、定子铁心、定子绕组、端盖和风罩；转子则由转子铁心、转子绕组（笼型绕组或线圈绕组）、转轴、轴承和风叶等组成；电机的附件主要有铭牌和接线盒装置。除绕组外，其余部件多属钢质构件，正常使用时，一般都较少损坏，而轴承虽属易损件，但一旦损坏，只能更换新件而不作修理。电机绕组是由外包绝缘物的导线绕制，嵌装在铁心槽内，通电工作时产生旋转磁场，是电动机工作的重要部件，它通电后会引发电磁振动和

发热，而成为最易受损的部件。因此，电动机除局部机械故障外，实际上的修理多数是指绕组故障的重绕修理。

由于电机绕组的种类繁多，要学会电机绕组的嵌绕和接线，首先要对绕组的型式和结构特征全面了解，才能在修理中熟悉、掌握嵌线、接线等技术，为此，本书先从电机绕组进行叙述。

第一节 三相电动机绕组

一、三相绕组的结构类型与基本参数

图 1-1a 是由一相绕组形成四极的显极式绕组示意图。为了形象地说明问题，图中画出凸形磁极，每极上缠绕一只线圈，这种布线通称为“集中式”绕组。若设同绕方向的起端为“头”，另一端为“尾”，使相邻线圈反极性连接，即“尾与尾”或“头与头”接好后，假如从 U_1 端通入电流， U_2 端流出，电机各磁极产生的极性可根据右手螺旋定则确定，如图所示。由图可知，相邻两磁极

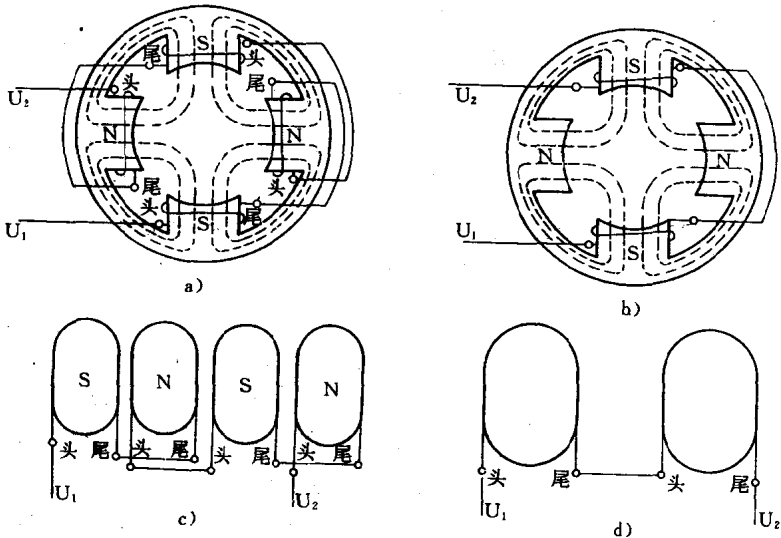


图 1-1 电机四极绕组示意图

- a) 一相绕组的显极形成示意 c) 一相绕组的显极接线展开图(反接串联)
 b) 一相绕组的庶极形成示意 d) 一相绕组的庶极接线展开图(顺接串联)

的极性是相反的,而且是以N极和S极交替轮换,并成对存在的。这就是电动机定子磁场极性的基本规律。如果把定子纵向剖开展平,将线圈按排列顺序取出简化后就得一相绕组,如图1-1b所示。这种电机的线圈(组)数目等于磁极数目的绕组布线形式称为“显极式”。由此可见,电动机的绕组是由线圈组成每极线圈组(每组由一至数只线圈顺接串联而成),再由几组线圈按一定规律连接,构成一相绕组。

在图1-1a的定子中,凸极是由铁磁材料制成,凸极之间的空间是放置线圈的,若把它称之为“槽”,则这台电机定子有四个槽,每个槽有两只线圈的导线缠入,缠入槽内的线圈边称为“有效边”,即有八个有效边。这样的定子构成四极时,只能容纳一相绕组,如果要容纳三相绕组就需要12个槽,这样,槽与槽之间的凸极铁心就变窄而成为“槽齿”。这种铁心形式就是三相电动机定子的多槽式铁心;它的每极绕组由多只线圈组成而不同于“集中式”,故称为“分布式”绕组。

三相分布式绕组就是由三个参数(匝数、线径和线圈几何形状、尺寸)完全相同的每相绕组构成,并要求相间按相隔 120° 电角度空间分布的位置安排,嵌装在定子铁心槽内。图1-2就是12槽铁心构成的三相四极双层绕组的端面分布情况。它的大圆圈代表定子铁心内径,铁心以内是转子位置(图中未画出),大圈之外是定子铁心上的槽及嵌装线圈的有效边,每一有效边用一小圆圈表示,靠外的是下层(有效)边,靠近大圈

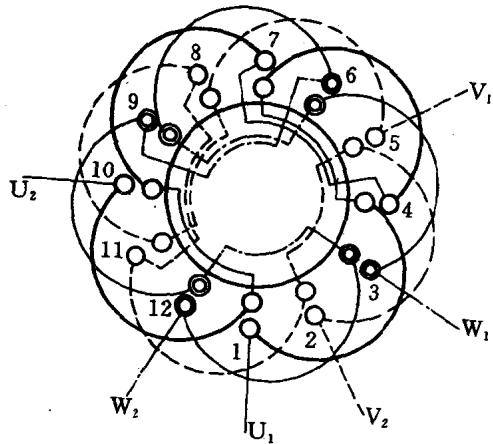


图1-2 12槽构成的三相四极双层绕组端面分布情况及接线

的是上层(有效)边;连接两槽有效边的弧线是线圈的一部分,称为线圈端部;大圈内的线是一相绕组的连接线。三相绕组的型式很多,结构也比较复杂,下面再详细介绍。

(一) 三相绕组的结构类型

1. 显极式绕组

为使相邻磁极极性相反,必须使相邻磁极的线圈(组)电流反向。因此,显极式绕组应具有如下特征:

- 1) 在一相绕组中,线圈组数等于电机磁极数;
- 2) 同相线圈(组)间的分布是相邻的,如图 1-1b 所示;
- 3) 同相相邻线圈(组)必须采用反接串联,即“尾接尾”、“头接头”。

2. 庶极式绕组

改变绕组在定子中的安排和接线如图 1-1c 所示。只用两个线圈(组)也可获得与图 1-1a 相同的四个磁极。由此可见,庶极式绕组具有如下特征:

- 1) 在一相绕组中,线圈组数等于磁极对数(即极数的一半);
- 2) 同相线圈(组)间的分布是相隔开一个极距的;
- 3) 同相相邻线圈(组)必须顺接串联,即“尾接头”。

(二) 三相绕组的术语和基本参数

三相电动机的磁场是旋转磁场,不适宜采用明显凸出的磁极,而是把线圈按一定的规律分布嵌装在很多槽的定子铁心中,通过安排和接线来形成磁极的,因此,属于隐极式,其绕组称为分布式绕组。

分布式绕组是一个较复杂的线圈连接、组合电路,它有多种布线形式和连接方式,但要掌握绕组的布线型式,首先要对绕组常用术语及参数的内容有所理解。

1. 绕组

(1) 线圈 线圈是由绝缘导线在绕线模上绕制而成的基本元件,其形状如图 1-3 所示。它的两直线段嵌入铁心槽内,是电磁能量转换部分,称为线圈有效边;两端部仅作为连接有效边的“过

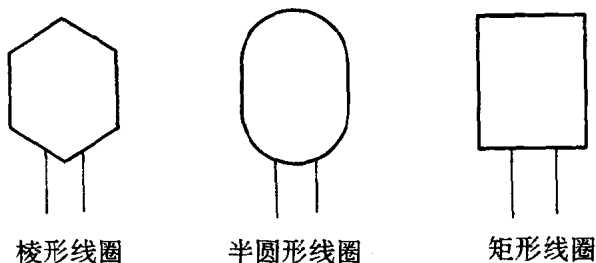


图 1-3 电动机常用的几种线圈形状

桥”，不能产生能量转换，故端部越长则能量浪费越大；引线则是引入电流的连接线。

(2) 绕组 几个线圈顺接串联构成线圈组，按一定规律分布在铁心槽内的几个线圈组就连接成一相绕组。

2. 单层与双层绕组

线圈在槽内的布线有两种，每槽只安排一个有效边的称为单层绕组；每槽安排两只线圈各一个(即槽内有两边)有效边的为双层绕组。

3. 总线圈数(Q)

一台电机绕组的总线圈数与布线型式有关。单层绕组每一线圈分别占去两槽，而双层绕组则各占半槽，所以

$$\text{单层绕组 } Q = Z/2$$

$$\text{双层绕组 } Q = Z$$

式中， Z 为定子铁心槽数。

4. 极相组数(u)

极相组数是指一台电机绕组含有的线圈组数目，它与绕组类型有关：

$$\text{显极绕组 } u = 2pm$$

$$\text{庶极绕组 } u = pm$$

5. 极相槽数与每组线圈数

(1) 极相槽数(q) 极相槽数即绕组每极每相所占据的槽数。它与绕组型式无关，由下式确定：

$$q = \frac{Z}{2pm} \quad (\text{槽})$$

式中 p ——电动机绕组的磁极对数，一对极包含 N、S 两极；因此常用 $2p$ 表示电动机极数；

m ——相数；三相绕组 $m=3$ 。

(2) 每组线圈数 (S) 每组线圈数又称极相组线圈数，它是一个线圈组含有线圈的数目，即 $S=Q/u$ 。但由于显极式绕组的极相组数 $u=2pm$ ，而庶极布线时的极相组数减半，所以，不同布线型式的绕组，其每组包含的线圈数是不等的，如：

$$\text{双层显极式绕组} \quad S=q=Z/2pm$$

$$\text{双层庶极式绕组} \quad S=Z/pm$$

$$\text{单层显极式绕组} \quad S=Z/4pm$$

$$\text{单层庶极式绕组} \quad S=Z/2pm$$

例如，24 槽的三相四极电动机，若绕组选用双层显极式布线，每组由 $S=24/2 \times 2 \times 3=2$ 只线圈组成；若选用双层庶极式布线，每组为 4 只线圈；当选单显极或庶极时，则每组分别为 1 只和 2 只线圈。

此外， S 值为分数时也可能构成三相对称绕组，称为分数绕组。

极相组线圈在绕组图中常采用图 1-4 的几种表示画法。

6. 齿距与槽距 (t)

齿距是指铁心上相邻两槽齿中心线的距离；槽距是相邻两槽中心线的距离。在同一台电机中它们的值相等。即：

$$t = \frac{\pi D}{Z}$$

式中 t ——齿距(或槽距)；

D ——定子铁心内径。

7. 电机极距与绕组极距 (τ)

(1) 电机极距 是指每一磁极所占铁心圆周表面的距离长度，由下式表示：