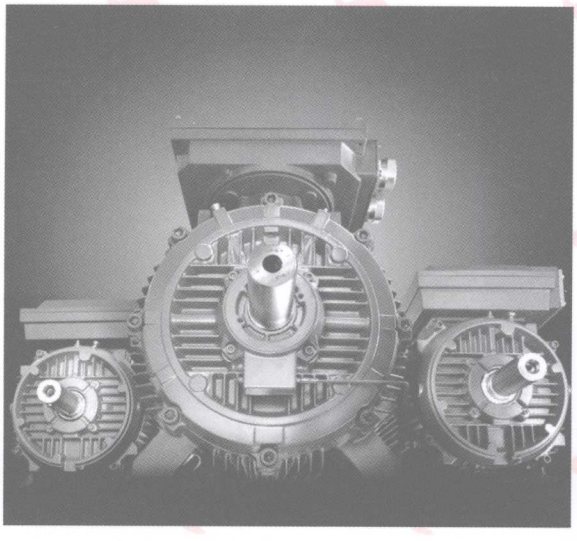
CONG RUMEN DAO GAOSHOU

电工高技能人才
从入门到高手 系列书

初级工入门的向导
中级工进步的阶梯
高级工的必修课
技师手中的有利工具
高级技师授课的实用教材



电机绕组
重绕与改绕

宋家成 李祥新 郝 健 主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电工高技能人才从入门到高手系列书

电机绕组
重绕与改绕

宋家成　李祥新　郝　健　主编

中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书以从易到难、从理论到实际操作、从初级到高级、从基础到高级复杂的编写程序编写，使读者能学习到电机绕组重绕与改绕的相关知识和技能。本书文字通俗易懂、图文并茂，有较强的直观性和可操作性，便于读者自学。

本书除介绍了电机绕组重绕与改绕的相关知识外，还特别推出了“四新”推广站与“绝技绝活”。在“四新”推广站中介绍了一些国内外近一时期才开始使用的新型电机，目的是使读者始终跟踪和学习国内或国外的新技术、新设备、新工艺和新材料。在“绝技绝活”中，介绍了老师傅在电机修理工作中总结的部分“绝技绝活”，目的是开阔读者思路，为电机的节能改造创造出更先进的工艺和技术。

本书可供从事电机绕组重绕与改绕相关工作的工人和从事电机修理工作的工人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电机绕组重绕与改绕/宋家成，李祥新，郝健主编. —北京：中国电力出版社，2009

（电工高技能人才从入门到高手系列书）

ISBN 978-7-5083-8062-9

Ⅰ.电… Ⅱ.①宋…②李…③郝… Ⅲ.电机-绕组-修理 Ⅳ.TM303.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 168567 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 http://www.cepp.com.cn）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 503 千字

印数 0001—4000 册 定价 **38.00** 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《电工高技能人才从入门到高手系列书》

编 委 会

主　　任　宋家成

副 主 任　张春雷　李祥新

编　　委　（按姓氏笔画排列）

于文磊　王　艳　朱　昱　张东亮

宋　宇　安学立　宋家成　张　勇

张春雷　李祥新　尚红卫　郝　健

段俊龙　游国祖　韩鸿鸾　薛文介

《电机绕组重绕与改绕》

编 写 组 名 单

主　　编　宋家成　李祥新　郝　健

编写人员　王志华　李好仁　占新平

　　杨美峰　王　艳

主　　审　张春雷

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

编写说明

一、 读者对象和编写目的

本系列书主要针对：

（1）维修电工初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别。

（2）常用电机检修工初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别。

重点内容为上述两个工种国家职业标准中的实用技术部分，主要目的是让读者学到一些真正的实用技术、操作和修理技能。因为这两个工种的国家标准中，交叉内容较多，因此在编写中特别注意分配了各分册的内容，两个工种的读者在选择时，可根据自己的需要选购。

本系列书可作为：初级工入门的向导、中级工进步的阶梯、高级工的必修课、技师手中的有利工具、高级技师授课的实用教材。

二、 编写方法和内容

《电工高技能人才从入门到高手系列书》共七册，分别为：《常用电工电子器件基本知识》、《电机选用安装与故障检修》、《常用机电设备电气维修》、《电机绕组重绕与改绕》、《直流调速系统应用与维修》、《交流调速系统应用与维修》、《数控机床电气维修》。

虽然本系列书按《维修电工》和《常用电机检修工》的国家职业标准编写，但绝不是仅为应付考试而简单整理的习题和答案。而是对每一个命题都遵循从易到难、从理论到实际操作和维修技术、从初级到高级、从基础到高级复杂技术这样的顺序编写的，目的是让读者能学到真正的技术，掌握真正的技能。考虑到技术工人考工定级问题，每个命题都从低级到高级作了详细论述，只要充分理解这些内容，答案都包含在里边。

本系列书不是以工人技术等级划分，而是以命题来分册的。也就是说一个或几个相近的命题分在一册。这样的分册方法不仅有利于读者学习阅读，而且还可以节约资金。例如，在高级工技能要求中，维修电工电路测绘技术，有继电接触控制电路的测绘。而在技师技能要求中，应能够测绘具有双面印制线路的电子线路板，并绘出原理图。如果按等级分册，读者想学习电路测绘技术，就必须买两本书，而且学习的思路容易断档。而按命题分册，只要读者买一本书就可以把继电接触、单面和双面印制电路板测绘技术一气学完。这样可使学习思路不断档而且还能省钱。

为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，参与编写的大学教授、博士、工程技术人员和高级技师等人员特将高深的理论和复杂的技术用最通俗的语言写出来，使本系列书自始至终保持着通俗易懂的编写风格。

三、“四新”推广站和“绝技绝活”

部分分册在最后一章设立了“四新”推广站和“绝技绝活”。“四新”推广站主要是介绍和跟踪国内、国际最新出现的新工艺、新材料、新技术、新设备。使读者能紧跟不断发展的技术水平和知识，学习到国内、国际的“四新”技能。

“绝技绝活”主要介绍了本系列书编写人员和一些老技术工人的绝技和绝活，尽量做到一学就会，一用就灵。

《电工高技能人才从入门到高手系列书》编委会

2007 年 5 月

前言

PREFACE

本书是《电工高技能人才从入门到高手系列书》之一。读者对象是常用电机检修工初级、中级、高级工及其技师、高级技师。

本书按《国家职业标准　常用电机检修工》中有关电机绕组的基本概念、电机大修的绕线、嵌线、接线方法、浸漆烘干等修理工艺的要求编写。对电机的重绕计算、绕组的变换、电机改压、单速改双速、改变导线规范的计算，修理后的测试方法等电机修理中的常见难点和疑点，本书也都作了详细介绍。这些技术和工艺是常用电机修理工的主要工作与技能，也是考工定级的重要参考资料。

本书按从易到难、从理论到实际操作、从初级到高级、从基础到高级复杂的程序编写，目的是让读者能学到真正的技术、技能和系统的知识。为了使读者真正看懂弄通，考虑到本系列书的读者对象是工人，本书编写中非常注意文字通俗易懂、图文并茂，具有较强的直观性和可操作性，便于读者自学。

本书共分八章，包括：电机绕组基本知识、重绕材料与工具；通用三相异步电动机、三相多速异步电动机、单相异步电动机、直流电机、交、直流单相串励电动机的重绕工艺及电机浸漆烘干与试验，详细介绍了三相和单相电动机的空壳重绕计算，改变导线规范的计算和改压计算；单速电动机改变成多速电动机的方法、改绕步骤、改绕计算及改绕方案。对电机浸漆烘干与试验作了一般介绍。本书第八章推出了“四新”推广站与“绝技绝活”；在“四新”推广站中介绍了直线电动机、变频电动机和超声波电机，这些电机都是国内外近一时期才开始使用的新型电机。介绍的目的是使读者始终跟踪和学习国内或国外的新技术、新设备、新工艺和新材料。在第二节“绝技绝活”中，介绍了一位从事电机修理40多年的老师傅总结的部分绝技绝活，目的是开阔读者思路，为电机的节能改造创造出更先进的工艺和技术。

由于编者水平有限，疏漏和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2009年1月

目录 Contents

编写说明
前言

第一章　电机绕组基本知识、重绕材料与工具

第一节　电机绕组的基本知识 …… 1
一、电机绕组修理的常用符号(1)　二、绕组要求及分布原则(2)　三、电动机绕组的类别(3)　四、电机绕组修理常用术语(3)　五、单层绕组(6)　六、双层绕组(7)　七、分数槽绕组(8)　八、单、双层混合绕组(9)　九、绕线式转子绕组(10)
第二节　材料 …… 12
一、导电材料(12)　二、绝缘材料(21)　三、槽楔与绑扎材料(27)
第三节　工具 …… 28
一、嵌线工具(28)　二、线模(29)　三、电烙铁(32)

第二章　通用三相异步电动机绕组的重绕与改绕

第一节　定子绕组重绕工艺 …… 33
一、记录数据(33)　二、拆除旧绕组(34)　三、绕制线圈(34)　四、制放槽内绝缘(38)　五、嵌线(42)　六、接线(44)　七、线头的焊接(49)　八、绑扎与整形(52)
第二节　绕线转子绕组的重绕工艺 …… 53
一、记录数据(53)　二、旧绕组的拆除(53)　三、线圈的绕制(53)　四、嵌线及接线(54)　五、转子端部的绑扎(55)
第三节　普通三相异步电动机绕组重绕的简易计算 …… 57
一、三相异步电动机空壳重绕计算(57)　二、计算实例(65)
第四节　电机绕组改绕计算 …… 68
一、改变导线规范的计算(68)　二、改压计算(69)
第五节　通用三相异步电动机铁心、绕组技术数据 …… 70
一、Y系列电动机铁心、绕组技术数据(70)　二、YX系列高效率三相异步电动机铁心、绕组技术数据(76)　三、YR(IP44)系列绕线转子电动机铁心、绕组技术数据(80)

第三章　三相多速异步电动机重绕与改绕

第一节　多速单层绕组 …… 84
一、绕组系数(84)　二、相带绕组的概念(85)　三、槽矢量星形图的应用(86)
第二节　变极变速原理 …… 87
一、反向变极法的原理和绕组排列(88)　二、换相变极的接线方法(94)　三、变节距变极法(97)
第三节　单速电动机改变成多速电动机的方法 …… 100

一、电动机的选择(100)　二、改绕步骤(102)　三、改绕的简单计算(102)　四、单速电动机改多速电动机的经验方法(103)
第四节　单绕组多速电动机绕组方案 …… 104
一、方案1(104)　二、方案2(105)　三、方案3(106)　四、方案4(107)　五、方案5(108)　六、方案6(110)　七、方案7(110)　八、方案8(112)　九、方案9(112)　十、方案10(115)
第五节　单绕组多速电动机铁心、绕组技术数据 …… 116
一、YD系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据(116)　二、JDO2系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据(123)　三、JDO3系列多速三相异步电动机铁心、绕组技术数据(124)

第四章　单相异步电动机绕组重绕

第一节　电动机绕组 …… 129
一、同心绕组(129)　二、正弦绕组(129)　三、罩极式电动机绕组(131)
第二节　单相异步电动机绕组重绕工艺 …… 131
一、记录数据(132)　二、重绕方法(132)　三、绕组接线(135)
第三节　空壳重绕计算 …… 137
一、测量电动机铁心的各部分尺寸(137)　二、计算方法(137)　三、计算实例(141)
第四节　单相异步电动机铁心、绕组技术数据及绕组排列 …… 143
一、额定功率与机座代号的对应关系(143)　二、JZ及JZ新系列电动机铁心、绕组技术数据(143)　三、JY及JY新系列电动机铁心、绕组技术数据及绕组排列(147)　四、JX及JX新系列电动机铁心、绕组技术数据(151)　五、BO、BO2系列电阻起动单相异步电动机铁心、绕组技术数据(154)　六、CO、CO2系列电容起动电动机铁心、绕组技术数据(156)　七、DO系列电容运转单相异步电动机铁心、绕组技术数据(158)

第五章　直流电机绕组重绕与改绕

第一节　直流电机绕组的基本概念 …… 161
一、直流电机绕组的基本概念(161)　二、单叠绕组(162)　三、单波绕组(165)　四、复叠绕组(167)　五、复波绕组(168)　六、均压线(169)　七、混合绕组(蛙形绕组)(170)
第二节　直流电机电枢绕组的重绕工艺 …… 172
一、做好标记并记录数据(172)　二、电枢绕组的拆除(173)　三、绕制线圈(174)　四、对地绝缘的置放(177)　五、嵌线(177)　六、换向器和电枢绕组的焊接(178)
第三节　直流电机定子绕组的重绕 …… 179
一、并励线圈的绕制方法(179)　二、串励绕组和换向极绕组的绕制(180)
第四节　直流电机绕组空壳重绕和改绕的计算 …… 181
一、直流电机电枢空壳重绕计算(181)　二、并(他)励绕组的估算(183)　三、换向极绕组匝数的估算(185)　四、直流电机改压计算(185)
第五节　直流电机铁心、绕组技术数据 …… 186

一、Z2 系列直流电机技术数据(186)　二、Z3 系列直流电机铁心、绕组技术数据(215)　三、ZF2、ZD2 系列直流电动机铁心、绕组技术数据(233)　四、ZZY 系列起重冶金用直流电动机铁心、绕组技术数据(240)　五、ZZJ2 系列起重、冶金用直流电动机技术数据(243)　六、WK-4 型挖掘机用直流电动机技术数据 (249)

第六章　交、直流单相串励电动机绕组重绕

第一节　交、直流单相串励电动机基本知识 …… 250
一、结构(250)　二、工作原理(250)　三、换向火花及其改善方法(251)
第二节　交、直流单相串励电动机电枢绕组重绕工艺 …… 252
一、电枢绕组(252)　二、重绕工艺(254)　三、绕组展开图(257)
第三节　单相串励电动机铁心、绕组技术数据 …… 263
一、电钻用单相串励电动机铁心、绕组技术数据(263)　二、电动工具用串励电动机技术数据(263)　三、U、SU 型单相串励电动机铁心、绕组技术数据(267)

第七章　电机浸漆烘干与试验

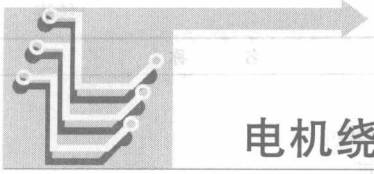
第一节　浸漆与烘干…… 269
一、浸漆与烘干的作用(269)　二、浸漆与烘干的工艺要求(269)　三、烘干方法(270)
第二节　电机试验…… 272
一、异步电动机试验(272)　二、直流电机试验(276)　三、转子校平衡(282)

第八章　“四新”推广站与“绝技绝活”

第一节　介绍几种新型电机…… 285
一、直线电机(285)　二、变频电动机(289)　三、超声波电动机(295)　四、超声波电动机的应用前景(297)
第二节　绝技绝活…… 297
一、单层交叉式绕组改为双层短距绕组(297)　二、低压小型发电机三次谐波励磁的改造(299)

参考文献…… 302

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com



第一章

电机绕组基本知识、重绕材料与工具

第一节　电机绕组的基本知识

一、电机绕组修理的常用符号

电机绕组修理的常用符号见表 1-1。

表 1-1　　电机绕组修理常用符号

符　号	名　　称	符　号	名　　称
A	线负载、电负载	f	频率
a	加速度、导线绝缘厚度、绕组并联路数、或支路对数	H	磁场强度
		H_j	轭部磁场强度
B	磁通密度	H_δ	气隙磁场强度
B_{ad}	电枢反应直轴磁通密度	h	高度
B_{aq}	电枢反应交轴磁通密度	I	电流有效值
B_j	轭部磁通密度	I_N	额定电流
B_m	主极极身磁通密度	I_p	电流有功分量
B_δ	气隙磁通密度	I_Q	电流无功分量
b	宽度	I_{st}	起动电流、最初起动电流
b_v（或 b_d）	通风槽密度	I_x	电抗电流
b_K	换向区域宽度	i	电流瞬时值
b_P	极靴宽度	j、J	电流密度
b_S	槽宽度、矩形槽宽度	J_C	补偿绕组电流密度
b_{SC}	补偿槽宽度	J_k	换向绕组电流密度
b_{sh}	斜槽宽度、槽斜距	J_S	串励绕组电流密度
c	电机利用系数	K	换向片数、变比
C_A	电机常数	K_C	短路比
E	电动势	K_{dp}、k_{dp}	绕组系数
E_a	电枢电动势、电枢反应电动势	K_{dpu}、k_{dpu}	v 次谐波绕组系数
E_u	u 次谐波磁场感应电动势	K_{Fe}	铁心叠装系数
E_ϕ	相电动势	k_i	电流比
E_0	空载电动势	k_s	磁路饱和系数
E_2	折算到定子测的转子电动势	k_u	电压比
F	磁动势、磁位降	K	耦合系数
F_a	电枢反应磁动势	L	自感
F_{ad}	电枢反应直轴磁动势	L_a	电枢电感
F_{aq}	电枢反应交轴磁动势	L_f	励磁绕组电感
F_f	励磁磁动势	L_m	主极磁路长度
F_c	补偿绕组磁动势	l_S	槽漏感

续表

符　号	名　　称	符　号	名　　称
l	长度	U	电压
L_e	线圈半匝平均长度	U_N	额定电压
l_{Fe}(或 l_{FEt})	定子铁心净长度	U_ψ	相电压
l_j	机座长度	V	体积
l_K	换向器长度	v	风速、线速度
l(或 l_t)	定子铁心长度	W	功、能
M	互感	W、w	绕组每相串联匝数
M(或 T)	转矩	X	电抗
m	相数、质量、数的序列、定子绕组沿槽高方向数的股线数	X_q	直轴同步电抗
		X_f	转子漏电抗、励磁绕组总电抗
N_a	电枢导线数	X_k	堵转时等效电抗
N_b	每刷杆电刷数	X_t	定子漏电抗
N_v(或 N_D)	通风槽数	X_q	交轴同步电抗
N_S	每槽导线数	X_2	负序电抗
n	转速、数的序列	Y	绕组节距
n_N	额定转速	Z	阻抗
P	功率、损耗	Z_1、z_1	定子槽数
P_{AL}	铝绕组的欧姆损耗	Z_2、z_2	转子槽数
P_{Cu}	铜绕组的欧姆损耗	a	电角度
P_{Fe}	铁耗	γ	重率、容量增长系数
P_{fv}	风摩损耗	γ(或 ρ)	质量密度
P_S	杂散损耗	δ	气隙长度
p	极对数	η	效率
Q	无功功率	θ	温升
q	每极每相槽数	Λ	磁导
R	电阻	λ	长径比
S	视在功率	ρ	导体电阻系数
s	转差率	τ	极距
T	周期、时间常数、转矩	Φ、ϕ	磁通
t	时间、温度	ψ	磁链
T_k	换向周期	ω(或 Ω)	角频率
t_{st}	起动时间		

二、绕组要求及分布原则

绕组是电动机的主要部件，也是电气结构的核心。运行中由于各种不利因素的影响，如过载、受潮、化学气体的腐蚀、低压运行、单相运转以及机械力或电磁力的冲击，都可能使绝缘老化，导致绕组损伤甚至烧毁。因此，电动机绕组修理的质量好坏，对整个电动机的性能有很大影响。

为了掌握绕组的修理技术，必须对电动机绕组的要求、分布原则、绕组型式、结构原理有一定的认识。

1. 对绕组的要求

(1) 三相绕组的每相绕组数相同，各相绕组的电动势和磁动势要对称，电阻和电抗要平衡。相与相之间在槽内分布间隔为120°电角度，这样的绕组为对称的三相绕组。

(2) 缩短连接部分，节约用铜，减少绕组铜耗，电阻不宜过大。

(3) 绕组的绝缘和机械强度要可靠，散热条件要好。

(4) 每相导体的电动势之和应为该相线匝和线圈的电动势。

2. 分布原则

为了提高绕组的利用率和绕组分布系数，三相绕组通常在槽内按60°相带分布，也就是每极每相占据60°电角度的位置。因为每极为180°电角度，因此可分成三个相带，并根据三相间隔120°的原则，可得到三相带在定子槽内的分配次序，例如36槽4极电动机定子槽展开图，如图1-1所示。

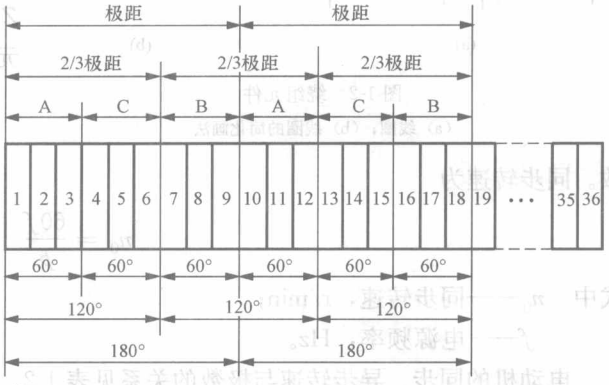


图1-1　36槽4极电动机定子槽展开图

A—B相间隔120°电角度；B—C相间隔120°电角度；C—A相间隔120°电角度；每极下A相占60°相带，B相占60°，C相占60°

三、电动机绕组的类别

1. 集中式绕组与分布式绕组

(1) 集中式绕组。直流电动机的磁极绕组、换向极绕组与旋转磁极式同步电机的磁极绕组等都是安装在磁极铁心上的绕组。对于三相异步电动机，如果每相绕组在每个极下只占有一个槽，或者虽然占有几个槽，但所占数槽中除所占的两个槽外，中间各槽都是空槽（不嵌放绕组）的绕组形式，都是将线圈安装在一个铁心外面，这种绕组称为集中绕组。

(2) 分布式绕组。电机绕组按一定规律分布在电机铁心槽内，这种绕组称为分布式绕组。如三相异步电动机的定子绕组、直流电机的电枢绕组等。

2. 短距绕组、整距绕组与长距绕组

(1) 整距绕组。绕组的节距等于极距的绕组称为整距绕组，又称为全距绕组或满距绕组。由于整距绕组浪费材料，不利于电机的特性，所以很少采用，只有多速异步电动机为了变速的需要，在一些特殊场合，才采用这种绕组。

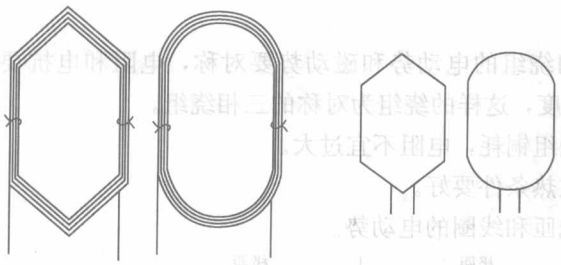
(2) 短距绕组。为了改善电机特性和满足电机制造的需要，有时采用节距小于极距的绕组，这样的绕组称为短距绕组。例如，一个整距绕组的节距是1～9，如采用短距绕组一般采用节距为1～8。

(3) 长距绕组。绕组节距大于极距的绕组叫长距绕组。例如一个电机的整距绕组是1～9，如采用长距绕组，则应是1～10。

四、电机绕组修理常用术语

1. 绕组元件

绕组元件也称元件或线圈。在电动机制造或修理时，一般都是先用绕线模绕制成线圈，然后按一定规律，将线圈一个一个地嵌入电机槽中，便成了绕组。绕组元件可能由一匝导线绕成，也可能是多匝导线绕成，如图1-2所示。线圈的直线部分放在电机铁心槽内，电磁能量转换主要通过直线部分进行，所以直线部分称为有效边。两个有效边之间的导线称为端部（也称



(a)　　(b)

图 1-2　绕组元件

(a) 线圈；(b) 线圈的简化画法

包头），仅起到把有效边连接起来的作用。

线圈端部的形状有菱形和弧形两种，菱形端部的元件多用于双层绕组，弧形端部的元件则用在单层绕组中。

2. 槽数

电动机定子或转子铁心的槽数用符号 Z 表示。电动机线槽的作用是安放绕组元件。

3. 极数

电动机的极对数用 p 表示，$2p$ 为极数。同步转速为

$$n_0 = \frac{60f}{p} \tag{1-1}$$

式中　n_0——同步转速，r/min；

f——电源频率，Hz。

电动机的同步、异步转速与极数的关系见表 1-2。

表 1-2　　电动机同步、异步转速与极数的关系

极对数	极　数	同步转速 (r/min)	铭牌标称转速 (r/min)	
			最　低	最　高
1	2	3000	2800	2970
2	4	1500	1390	1480
3	6	1000	900	980
4	8	750	710	740
5	10	600	560	580

4. 极距

每极所占有的槽数或每极下气隙的长度，称为极距，用符号 τ 表示。极距 τ 有下面几种表示方法：

(1) 用定子槽数表示

$$\tau = \frac{Z}{2p} \tag{1-2}$$

(2) 用电角度表示

$$\tau = 180^\circ \text{（电角度）} \tag{1-3}$$

(3) 用空间几何角度表示

$$\tau = \frac{360^\circ}{2p} \tag{1-4}$$

5. 节距（或称跨距）

每个元件的两条直线边（有效边）之间相隔的槽数，叫做元件的节距，用符号 y 表示。节距 y 一般用槽数表示

$$y = k\tau = k\frac{Z}{2p} \tag{1-5}$$

式中　k——短距比（y 与 τ 的比值），一般取 0.8～0.9 之间。

绕组的节距有三种形式，即全节距、短节距和长节距。

全节距也叫整节距，它等于极距，即 $y=\tau$。例如，一台电动机的定子槽数 $Z=36$，$2p=4$，则极距 $\tau=\dfrac{Z}{2p}=\dfrac{36}{4}=9$。如采用全节距绕组，这时绕组的两条边放在第 1 槽到 1+9=10 槽（即 y 为 1～10）。

短节距绕组的节距小于极距，即 $y<\tau$。那么上例电动机绕组元件两条边放在 1～8 号槽。

长节距绕组的节距大于极距，即 $y>\tau$。但是在普通电机中，一般不用长节距绕组。

6. 每极每相槽数

每一相绕组的一个磁极所占的槽数，称为每极每相槽数，用符号 q 表示

$$q=\frac{Z}{2pm} \tag{1-6}$$

式中　m——相数。

例如，三相 4 极 24 槽电动机，每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z}{2pm}=\frac{24}{4\times 3}=2$$

该电动机每极每相所占槽数为 2 个槽，如果采用单层绕组，每个极只有一个线圈。

7. 极相组

每一相在一个磁极下的线圈，按一定方式串联成组，称为极相组（或称为“联”），如图 1-3 所示。

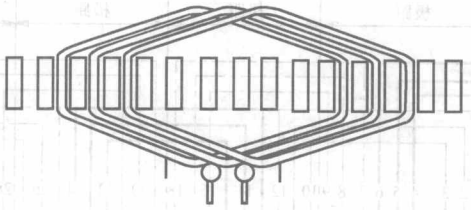


图 1-3　$q=3$ 时绕组的极相组

必须指出，在 q 不变的情况下，双层绕组的极相组数（每相）等于极数，而单层绕组的极相组数（每相）等于极对数。

电动机的定子槽数若能被磁极数与相数的乘积整除，即为整数极相组；若不能，则为分数极相组。

8. 并联支路数

若在定子绕组内每相中有多个极相组的引线头直接与电源相连接，则称为绕组的并联支路。并联支路数用符号 a 表示。

如果一相中的极相组只有两个引线头与电源相连接，则称为一路串联，用 $a=1$ 表示；如果有四个引线头两两并联后，再与电源相连接，则称为两路并联，并联支路数 $a=2$，以次类推，有三路 $a=3$，四路 $a=4$，…，$a=10$ 等。

但是，并联支路不是任意并联的，而是有一定的规律。如 2 极电动机只能有 $a=1$、$a=2$ 两种接法，4 极电动机有 $a=1$、$a=2$、$a=4$ 三种接法，即每一相的极相组数必须被并联支路数整除。如 8 极电动机，每相的极相组数为 8，只能被 1、2、4、8 整除，因此只能有四种接法。

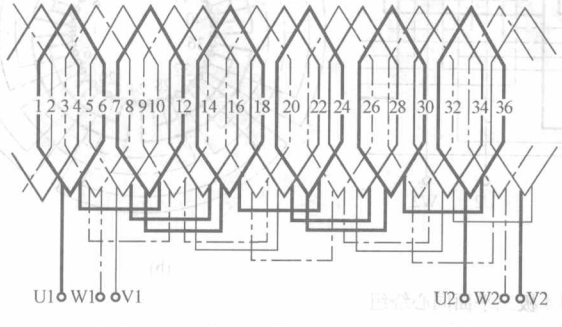


图 1-4　36 槽 6 极等距链式绕组展开图

9. 绕组展开图

设想把定子切开并拉平，略去定子铁心部分，把槽中的绕组元件用一根单线来表示，就可绘出定子绕组展开图，如图 1-4 所示。图中用三种线条分别表示三相绕组，并画出了各个绕组的嵌放位置及各个

线圈的连接方法。这就很容易看出绕组节距，式样，形式，单、双层及极相组之间的连接方法。因为三相绕组为对称绕组，有时为了使人看得更清晰，把三相绕组中的其中一相（一般取A相，即U1、U2），用较粗的线条画出。

五、单层绕组

定子绕组的式样较多，对单层绕组来说，就是在铁心槽内仅嵌有一个线圈边的绕组，通称为单层绕组。单层绕组的元件数目等于定子槽数的一半，它具有嵌线方便，通风性能好和没有槽中的相间绝缘等优点。这类绕组其线圈所用导线较多，电磁波形差，线圈节距变动不大，没有灵活性，因此只适于一般小型电动机。单层绕组可分为同心式、单链式和交叉式三种。

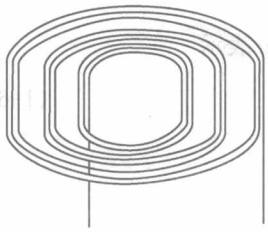


图 1-5　同心式绕组

1. 同心式绕组

同心式绕组由几个宽度不同但彼此“同心”的线圈串联而成，如图 1-5 所示。按绕组端部的安放位置又可分成二平面同心式和三平面同心式，分别如图 1-6 和图 1-7 所示。

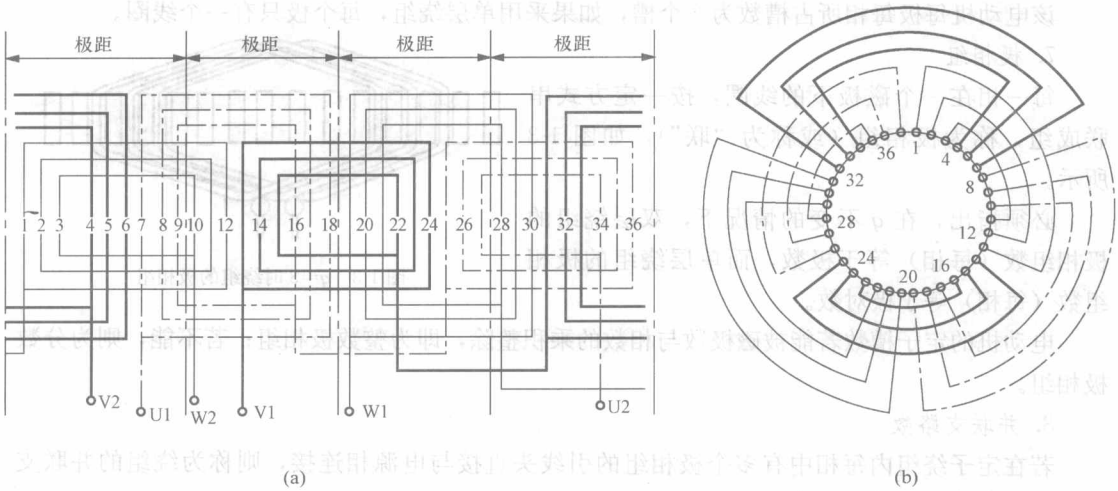


图 1-6　36 槽 4 极二平面同心绕组

（a）展开图；（b）端部图

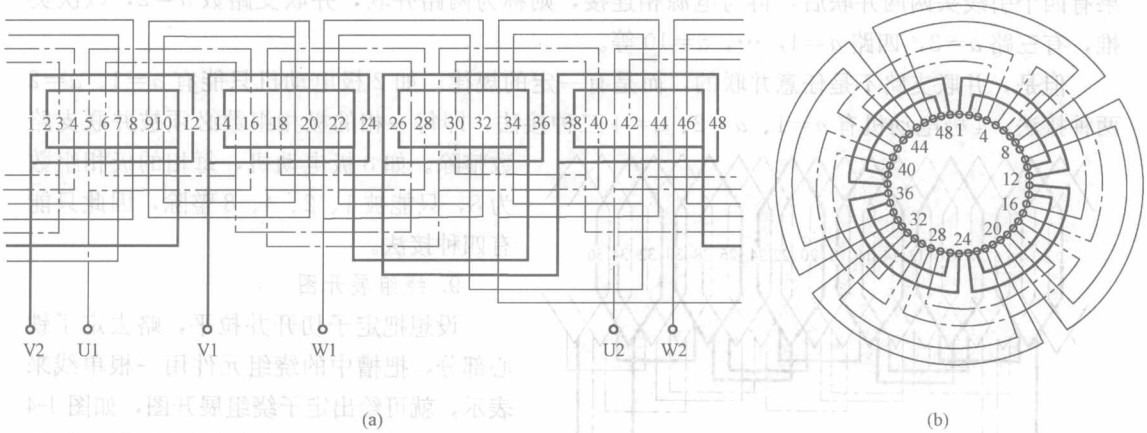


图 1-7　48 槽 4 极三平面同心绕组

（a）展开图；（b）端部图

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com