

电动机绕组 修理手册

陈佳新 蔡信健 编著

- 内容全面

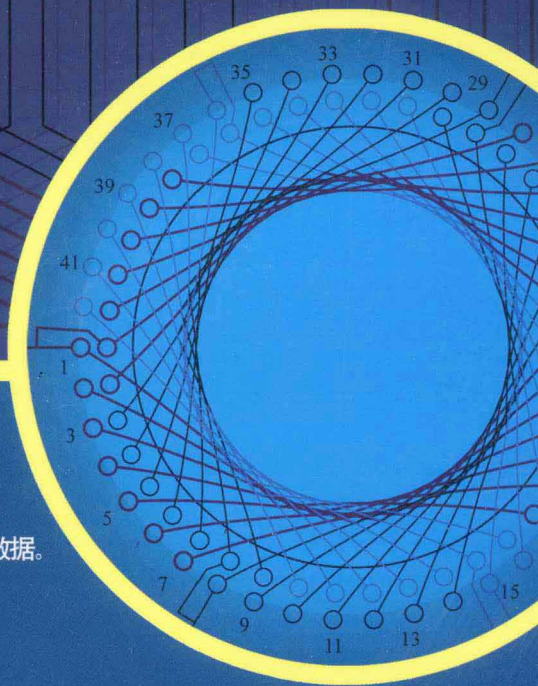
提供了常见电动机绕组的布线图、接线图以及数据。

- 方便查阅

以圆图和展开图两种方式给出绕组彩色线条。

- 直观易懂

绕组圆图与维修视野所见相符，绕组图例都配有嵌线顺序表，使下线走向一目了然。



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电动机绕组修理手册

陈佳新 蔡信健 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



绕组重绕是电动机修理工作的主要内容之一。本书提供了异步电动机绕组的布线图、接线图以及多个系列电动机的绕组数据,基本上涵盖了维修中常见的三相异步电动机、单相异步电动机、三相多速异步电动机。此外,本书第1章还对电动机的绕组知识作了简要介绍,并提供了电工材料的参数。

本书对每个电动机绕组图例,均以圆图和展开图的两种方式给出,对绕组各相采用加粗线条和三种颜色加以区别,以方便读者阅读。本书绘制的电动机绕组圆图与维修时视野所见相符,直观易懂,且标示明显。此外,每个电动机绕组图例均配有嵌线顺序表,使下线走向一目了然。

本书内容全面、使用方便,文字叙述简明扼要、通俗易懂,可供广大电动机修理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电动机绕组修理手册/陈佳新,蔡信健编著. —北京:中国电力出版社, 2012.12

ISBN 978-7-5123-3847-0

I. ①电… II. ①陈…②蔡… III. ①电动机-绕组-维修-技术手册
IV. ①TM320.31-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 298590 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

2013年7月第一版

787毫米×1092毫米 横16开本 20印张 535千字

北京博图彩色印刷有限公司印刷

2013年7月北京第一次印刷

各地新华书店经售

印数 0001—3000册

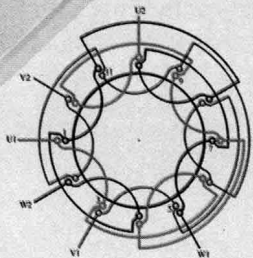
定价 55.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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



绕组重绕是电动机修理工作的主要内容之一。本书提供了异步电动机绕组的布线图、接线图以及多个系列电动机的绕组数据，基本上涵盖维修中常见的三相异步电动机、单相异步电动机、三相多速异步电动机。此外，本书第1章还对电动机的绕组知识作了简要介绍，并提供电工材料的参数。阅读使用方便、内容涵盖全面是本书的特色。

书中对每个电动机绕组图例，均以圆图和展开图的两种方式给出，对绕组各相采用加粗线条和三种颜色加以区别，以方便读者阅读。本书绘制的电动机绕组圆图与维修时视野所见相符，直观易懂，且标示明显。其中，考虑到复杂的绕组图中有些端部连线距离很近，读者不易辨清，我们将个别连线画成虚线，仅为了读图方便，没有工程技术上的特殊意义。此外，每个电动机绕组图例均配有嵌线顺序表，使下线走向一目了然。

本书还收录了常见中小型电动机的绕组数据。对于待修的异步电动机，读者如果知道其型号并在本书的表格中找到，即可获得绕组维修数据，并可根据本书目录，迅速找到对应的绕组展开图。

本书由福建工程学院的陈佳新和蔡信健编著，陈佳新对全书进行统稿。在编著过程中，我们学习和借鉴了大量有关的参考资料，在此向所有资料的编写者们表示深深的感谢。

由于编著者水平有限，手册中难免会有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者
2013年3月

前言

第1章 电动机绕组修理基础知识

- 1.1 三相异步电动机的定子绕组 1
- 1.2 单相异步电动机的定子绕组 9
- 1.3 异步电动机绕组的简易计算 11
- 1.4 常用的电工材料 19

第2章 三相异步电动机的绕组图

- 2.1 12槽2极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$) 33
- 2.2 12槽2极单层同心式绕组图
($y=5, 7; a=1$) 34
- 2.3 12槽2极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$) 35
- 2.4 12槽4极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) 36
- 2.5 12槽4极双层叠式绕组图 ($y=2; a=1$) 37
- 2.6 18槽2极单层同心式绕组图 ($y=7, 9; a=1$) 38
- 2.7 18槽2极单层交叉链式绕组图
($y=7, 8; a=1$) 39
- 2.8 18槽2极单层交叉同心式绕组图
($y=7, 9; a=1$) 40
- 2.9 18槽2极单双层同心式绕组图
($y=6, 8; a=1$) 41
- 2.10 18槽2极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$) 42

- 2.11 18槽2极双层叠式绕组图 ($y=7; a=2$) 43
- 2.12 18槽4极单层交叉链式绕组图
($y=4, 5; a=1$) 44
- 2.13 18槽4极单层交叉同心式绕组图
($y=3, 5; a=1$) 45
- 2.14 18槽4极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$) 46
- 2.15 18槽6极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) 47
- 2.16 18槽6极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$) 48
- 2.17 24槽2极单层叠式绕组图 ($y=10; a=1$) 49
- 2.18 24槽2极单层同心式绕组图
($y=9, 11; a=1$) 50
- 2.19 24槽2极单层同心式绕组图
($y=9, 11; a=2$) 51
- 2.20 24槽2极双层叠式绕组图 ($y=9; a=1$) 52
- 2.21 24槽2极双层叠式绕组图 ($y=9; a=2$) 53
- 2.22 24槽4极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$) 54
- 2.23 24槽4极单层同心式绕组图
($y=5, 7; a=1$) 55
- 2.24 24槽4极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$) 56
- 2.25 24槽4极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$) 57
- 2.26 24槽8极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) 58
- 2.27 24槽8极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$) 59

2.28	27 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$)	.....	60	2.49	36 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$)	.....	81
2.29	30 槽 2 极单层交叉同心式绕组图 ($y=11, 13, 15; a=1$)	.....	61	2.50	36 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$)	.....	82
2.30	30 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=1$)	.....	62	2.51	36 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$)	.....	83
2.31	30 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=2$)	.....	63	2.52	36 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$)	.....	84
2.32	30 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=6; a=1$)	.....	64	2.53	36 槽 12 极双层叠式绕组图 ($y=2; a=1$)	.....	85
2.33	36 槽 2 极单层叠式绕组图 ($y=15; a=1$)	.....	65	2.54	42 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=14; a=2$)	.....	86
2.34	36 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=13, 15, 17; a=1$)	.....	66	2.55	42 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=15; a=2$)	.....	88
2.35	36 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=1$)	.....	67	2.56	42 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=16; a=2$)	.....	90
2.36	36 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=2$)	.....	68	2.57	45 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=6; a=1$)	.....	92
2.37	36 槽 4 极单层叠式绕组图 ($y=9; a=1$)	.....	69	2.58	45 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$)	.....	94
2.38	36 槽 4 极单层同心式绕组图 ($y=7, 9, 11; a=1$)	.....	70	2.59	45 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$)	.....	96
2.39	36 槽 4 极单层交叉链式绕组图 ($y=7, 8; a=1$)	.....	71	2.60	45 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$)	.....	98
2.40	36 槽 4 极单层交叉链式绕组图 ($y=7, 8; a=2$)	.....	72	2.61	45 槽 12 极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$)	... 100	
2.41	36 槽 4 极单层交叉同心式绕组图 ($y=7, 9; a=1$)	.....	73	2.62	48 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=17; a=2$)	... 102	
2.42	36 槽 4 极单双层同心式绕组图 ($y=6, 8; a=1$)	.....	74	2.63	48 槽 4 极单层叠式绕组图 ($y=10; a=2$)	... 104	
2.43	36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$)	.....	75	2.64	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=9; a=4$)	.....	105
2.44	36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=2$)	.....	76	2.65	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=1$)	... 108	
2.45	36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=1$)	.....	77	2.66	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=2$)	... 110	
2.46	36 槽 6 极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$)	.....	78	2.67	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=4$)	... 112	
2.47	36 槽 6 极单层链式绕组图 ($y=5; a=2$)	.....	79	2.68	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=11; a=1$)	... 114	
2.48	36 槽 6 极单层同心式绕组图 ($y=5, 7; a=1$)	.....	80	2.69	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=11; a=2$)	... 116	
				2.70	48 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=11; a=4$)	... 118	
				2.71	48 槽 8 极单层叠式绕组图 ($y=6; a=1$)	.....	120
				2.72	48 槽 8 极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$)	.....	121
				2.73	48 槽 8 极单层链式绕组图 ($y=5; a=2$)	.....	122
				2.74	48 槽 8 极单层同心式绕组图 ($y=5, 7; a=1$)	.....	123
				2.75	48 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$)	.....	124
				2.76	48 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$)	.....	126

2.77	48 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=4$)	128
2.78	54 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=1$)	130
2.79	54 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=2$)	132
2.80	54 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=3$)	134
2.81	54 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=6$)	136
2.82	54 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=6; a=1$)	138
2.83	54 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$)	140
2.84	54 槽 12 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$)	142
2.85	54 槽 12 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=2$)	144
2.86	54 槽 16 极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$)	146
2.87	60 槽 4 极单双层同心式绕组图 ($y=10, 12, 14; a=4$)	148
2.88	60 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=11; a=4$)	150
2.89	60 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=1$)	152
2.90	60 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=2$)	154
2.91	60 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=4$)	156
2.92	60 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=2$)	158
2.93	60 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=4$)	160
2.94	60 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$)	162
2.95	60 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$)	164
2.96	60 槽 10 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=5$)	166
2.97	72 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=16; a=4$)	168
2.98	72 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=1$)	170
2.99	72 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=2$)	172
2.100	72 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=3$)	174
2.101	72 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$)	176
2.102	72 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=1$)	178
2.103	72 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=2$)	180

2.104	72 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=4$)	182
2.105	72 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=8$)	184
2.106	几种特殊绕组的绕组图	186
一、	16 槽 2 极单层链式绕组图 ($y=6, 7; a=1$)	186
二、	16 槽 4 极单双层链式绕组图 ($y=3; a=1$)	187
三、	32 槽 4 极单层链式绕组图 ($y=7; a=1$)	188
四、	32 槽 4 极单双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$)	189

第3章 单相异步电动机的绕组图

3.1	8 槽 2 极正弦绕组图 (2/2 - A)	190
3.2	12 槽 2 极正弦绕组图 (2/2 - B)	192
3.3	12 槽 2 极正弦绕组图 (3/3 - B)	193
3.4	12 槽 2 极正弦绕组图 (3/3 - A)	194
3.5	12 槽 4 极正弦绕组图 (2/1 - A/B)	195
3.6	16 槽 2 极正弦绕组图 (3/3 - B)	196
3.7	16 槽 4 极正弦绕组图 (2/2 - A)	197
3.8	16 槽 4 极正弦绕组图 (1/1 - B)	198
3.9	18 槽 2 极正弦绕组图 (4/4 - B/A)	199
3.10	18 槽 2 极正弦绕组图 (4/4 - A/B)	200
3.11	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/6 - B)	201
3.12	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/5 - B)	202
3.13	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/4 - B)	203
3.14	24 槽 2 极正弦绕组图 (5/5 - B)	204
3.15	24 槽 4 极正弦绕组图 (3/3 - A)	205
3.16	24 槽 4 极正弦绕组图 (3/2 - A)	206
3.17	32 槽 4 极正弦绕组图 (4/3 - A)	207
3.18	32 槽 4 极正弦绕组图 (3/3 - B)	208
3.19	36 槽 4 极正弦绕组图 (4/3 - B/A)	209
3.20	36 槽 4 极正弦绕组图 (4/3 - A/B)	210

第4章 三相单绕组多速异步电动机的绕组图

4.1	24槽 4/2极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=6$)	211
4.2	24槽 4/2极双速绕组图 ($2Y/2Y, y=6$)	213
4.3	24槽 4/2极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=7$)	214
4.4	24槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=3$)	215
4.5	36槽 4/2极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=9$)	216
4.6	36槽 4/2极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=10$)	218
4.7	36槽 6/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=6$)	220
4.8	36槽 6/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=7$)	222
4.9	36槽 6/4极双速绕组图 ($Y/2Y, y=7$)	224
4.10	36槽 8/2极双速绕组图 ($Y/2Y, y=15$)	226
4.11	36槽 8/2极双速绕组图 ($Y/2\Delta, y=15$)	228
4.12	36槽 8/2极双速绕组图 ($Y/2\Delta, y=15$)	230
4.13	36槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=5$)	232
4.14	36槽 8/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=4$)	234
4.15	36槽 8/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=5$)	236
4.16	36槽 12/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=3$)	238
4.17	36槽 6/4/2极三速绕组图 ($3Y/\Delta/\Delta, y=6$)	240
4.18	36槽 8/4/2极三速绕组图 ($2Y/2\Delta/2\Delta, y=6, 12$)	242
4.19	36槽 8/6/4极三速绕组图 ($2Y/2Y/2Y, y=4$)	244
4.20	36槽 8/4/2极三速绕组图 ($2Y/2Y/2Y, y=5$)	246
4.21	48槽 4/2极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=12$)	248
4.22	48槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=6$)	250
4.23	48槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=7$)	252

4.24	54槽 8/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=6$)	254
4.25	54槽 12/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=5$)	256
4.26	54槽 24/6极双速绕组图 ($Y/2Y, y=7$)	258
4.27	60槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=8$)	260
4.28	72槽 6/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=13$)	262
4.29	72槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=9$)	264
4.30	72槽 8/4极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=10$)	266
4.31	72槽 12/6极双速绕组图 ($\Delta/2Y, y=6$)	268
4.32	72槽 24/6极双速绕组图 ($Y/2Y, y=10$)	270
4.33	72槽 24/6极双速绕组图 ($Y/2Y, y=3, 9$)	272

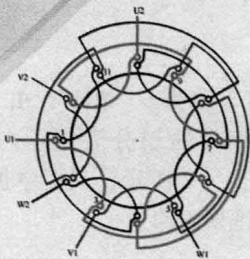
第5章 交流电动机绕组技术数据

5.1	Y系列 (IP44) 三相异步电动机铁心和绕组 数据	274
5.2	Y系列 (IP23) 三相异步电动机铁心和绕组 数据	278
5.3	Y2系列 (IP54) 三相异步电动机铁心和绕组 数据	280
5.4	Y2-E系列 (IP54) 三相异步电动机铁心和 绕组数据	285
5.5	YX系列高效率三相异步电动机技术性能、铁心和 绕组数据	288
5.6	YD系列变极多速三相异步电动机铁心和绕组 数据	289
5.7	JZ系列单相电阻起动异步电动机铁心和绕组 数据	297
5.8	JY系列单相电容起动异步电动机铁心和绕组 数据	299

5.9	JX 系列单相电容运转异步电动机铁心和 绕组数据	300
5.10	AO2 系列三相微型异步电动机铁心和 绕组数据	303
5.11	BO2 系列单相电阻起动异步电动机铁心和 绕组数据	304

5.12	CO2 系列单相电容起动异步电动机铁心和 绕组数据	305
5.13	DO2 系列单相电容运转异步电动机铁心和 绕组数据	306

参考文献	307
-------------------	-----



电动机绕组修理基础知识

绕组修理是电动机修理的主要内容,了解电动机的绕组构成、参数计算和修理用绝缘材料等知识,对于电动机修理是必不可少的。

1.1 三相异步电动机的定子绕组

定子绕组是三相异步电动机的主要组成部分,电动机中磁场的建立,以及电能和机械能之间能量的转换,都与定子绕组有关。

1.1.1 定子绕组概述

1. 定子绕组的构成原则

三相异步电动机的定子绕组是由许多嵌放在定子铁心槽内的线圈,按照一定的规律分布、排列、连接而成的。为了满足三相异步电动机的运行要求,在设计和绕制三相定子绕组时均采用三相对称绕组。三相对称绕组应符合以下几个条件:三相绕组在空间位置上分别相差 120° 电角度;每相绕组的导体数、并联支路数相等,导体规格一样;每相绕组的导体或线圈在空间的分布规律相同。由于三相对称绕组有以上特点,因此每相绕组参数相同,所以只要了解其中一相的情况,就可知道另外两相的情况。

2. 定子绕组的分类

三相异步电动机的定子绕组一般均匀分布于定子内壁。定子绕组

按槽内层数,可分为单层绕组、双层绕组和单双层绕组;按每极每相所占槽数,可分为整数槽绕组和分数槽绕组;按绕组的结构形状,又可分为链式绕组、交叉链式绕组、同心式绕组、叠绕组和波绕组等。

3. 绕组的几个基本术语

(1) 线圈、线圈组、绕组。线圈也称绕组元件,是构成绕组的最基本单元。它是用绝缘导线(圆线或扁线)按一定形状绕制而成的,可由一匝或多匝组成。图1-1是常用的梭形线圈示意图。图中线圈嵌入铁心槽内的直线部分称为有效边,它是进行电磁能量转换的部分。伸出铁心槽外的部分仅起连接作用,不能直接转换能量,称作端部。

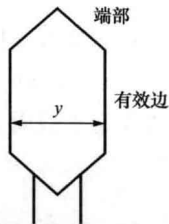


图1-1 线圈示意图

多个线圈连接成一组就称为线圈组,由多个线圈或线圈组按照一定的规律连接在一起就形成了绕组。

(2) 极对数(p)。电动机的主磁场沿气隙按N、S、N、S...交替排列、分布,一对极形成一个周期。如果沿气隙圆周有 p 个周期,则磁极对数为 p ($2p$ 则为磁极数)。

(3) 极距(τ)。极距指沿着定子铁心内圆,每个磁极所占的范围,用定子槽数 Z_1 来表示时为

$$\tau = \frac{Z_1}{2p}$$

(4) 线圈节距 (y)。一个线圈两个有效边之间所跨过的槽数称作线圈的节距 (图 1-1 中 y)。如某线圈的一个有效边嵌放在第 1 槽, 而另一个有效边嵌放在第 6 槽, 则其线圈节距 $y=6-1=5$ 。 $y=\tau$ 时, 称为整距绕组; $y<\tau$ 时, 称为短距绕组; $y>\tau$ 时, 称为长距绕组。实际应用中, 一般采用短距或整距绕组, 长距绕组一般不采用, 因其端部较长, 绕组材料消耗较多。

(5) 电角度。电动机一个圆周所对应的几何角度为 360° , 此称为机械角度。从电磁观点来看, 每经过一对磁极, 磁场就变化了一个周期, 相当于 360° , 此称为电角度。显然, 对于两极电动机, 极对数 $p=1$, 这时机械角度等于电角度; 对于四极电动机, $p=2$, 这时电动机一个圆周有两对磁极, 对应的电角度为 $2 \times 360^\circ = 720^\circ$ 。以此类推, 若电动机有 p 对极, 则

$$\text{电角度} = p \times \text{机械角度}$$

在交流电动机的分析计算中, 一般采用电角度进行分析和计算。

(6) 槽距角 (α)。相邻两个槽之间的电角度称为槽距角。因为定子槽在定子圆周上是均匀分布的, 所以有

$$\alpha = \frac{\text{总电角度}}{Z_1} = \frac{p \times 360^\circ}{Z_1}$$

(7) 每极每相槽数 (q)。每个磁极下每相绕组所占有的槽数称为每极每相槽数。三相异步电动机定子绕组的每极每相槽数为

$$q = \frac{Z_1}{2pm_1} = \frac{\tau}{m_1}$$

式中, m_1 为定子绕组的相数。若计算结果 q 为整数, 称为整数槽绕组; 若 q 为分数, 则称为分数槽绕组。

(8) 相带。每相绕组在一对极下所连续占有的宽度 (用电角度表示) 称为相带。在异步电动机中, 一般将每相所占有的槽数均匀地分布在每个磁极下, 由于每个磁极占有的电角度是 180° , 因此对三相绕

组而言, 每相占有 60° 的电角度, 称为 60° 相带。由于三相绕组在空间彼此相距 120° 电角度, 所以相带的划分沿定子内圆应依次为 U_1 、 W_2 、 V_1 、 U_2 、 W_1 、 V_2 , 如图 1-2 所示。只要掌握了相带的划分和线圈的节距, 就可掌握绕组的排列规律。

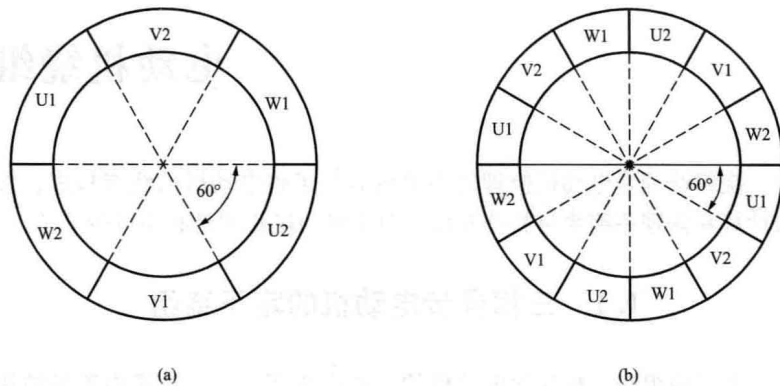


图 1-2 60° 相带三相绕组

(a) $2p=2$; (b) $2p=4$

(9) 极相组。将一个磁极下属于同一相的线圈, 按一定方式串联成组, 称为极相组或线圈组。

(10) 绕组展开图。设想把定子 (或转子) 沿某一槽线切开, 把它拉成平面, 并用一根线表示一个线圈边, 这样给出的所有线圈的平面分布, 就叫绕组展开图, 如图 1-3 所示。

4. 三相定子绕组的分布、排列与连接要求

三相异步电动机定子绕组的作用是产生对称的旋转磁场, 因此要求定子绕组是对称的三相绕组, 其分布、排列与连接有下列要求:

(1) 各相绕组在每个磁极下应均匀分布, 以使磁场对称。为此, 先将定子槽数按极数均分, 每一等分代表 180° 电角度 (称为分极), 再

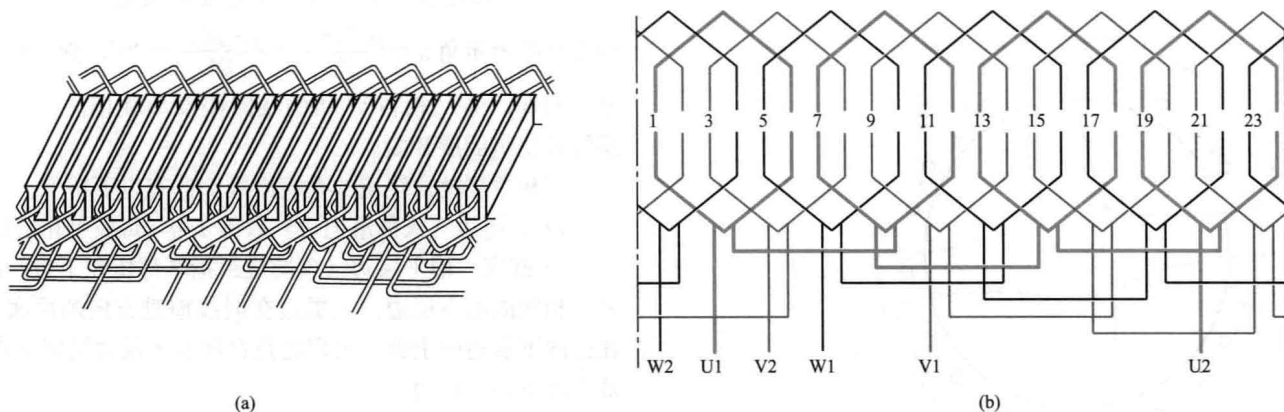


图 1-3 绕组展开示意图

(a) 拉平; (b) 展开图

把每极下的槽数分为 3 个区段 (即相带), 即每个相带占 60° 电角度 (称为分相)。

(2) 各相绕组的电源引出线应彼此相隔 120° 电角度。

(3) 同一相绕组的各有效边在同性磁极下的电流方向应相同, 异性磁极下的电流方向相反。

(4) 同相线圈之间的连接应顺着电流方向进行。

1.1.2 三相单层绕组

1. 单层绕组的特点

(1) 单层绕组的每个槽中只嵌放线圈的一个有效边, 绕组的线圈数等于总槽数的一半, 线圈数量少, 绕制和嵌线方便。

(2) 槽内因为只有一个有效边, 因此无需层间绝缘, 槽的利用率高, 同时不存在槽内相间短路的可能性。

(3) 线圈节距不能任意选择, 电气性能较差, 铁心损耗和噪声都较大。因此, 单层绕组一般只适用于小型的三相异步电动机。

2. 三相单层链式绕组

链式绕组由相同节距的线圈组成, 其结构特点是绕组线圈一环套一环, 形如长链。下面以三相 24 槽 4 极单层链式绕组为例, 了解绕组的结构、布线接线图及展开图。

(1) 由定子槽数 $Z_1=24$ 槽, 磁极数 $2p=4$, 得极距 $\tau=\frac{Z_1}{2p}=\frac{24}{4}=6$ (槽), 每极每相槽数 $q=\frac{\tau}{m_1}=\frac{6}{3}=2$ (槽)。对 60° 相带, 由均匀分布得 U 相绕组的槽号, 如图 1-4 (a) 所示。

(2) 从节省绕组材料、缩短线圈端部出发, 确定线圈节距 $y=5$ 槽, 线圈 1 的一个有效边嵌在第 1 槽, 另一个有效边则嵌在第 6 槽, 如图 1-4 (a) 所示, 其余类推。

(3) 根据线圈中的电流方向, 采用“头头相连、尾尾相连”的反串连接法, 将 U 相线圈连接起来, 便形成 U 相绕组的展开图如图 1-4 (b) 所示。

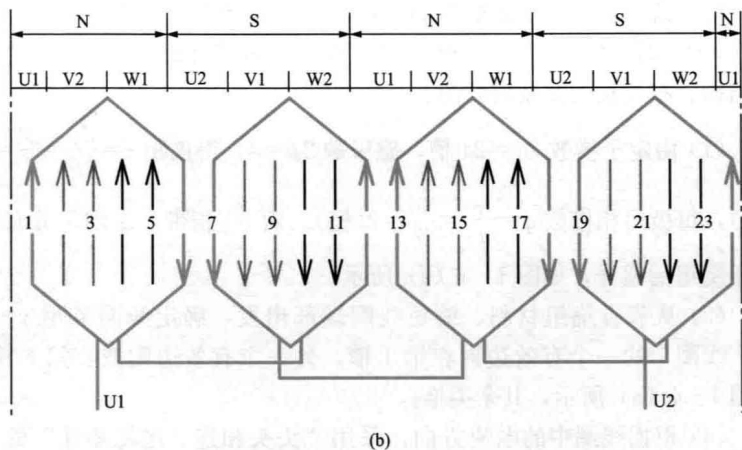
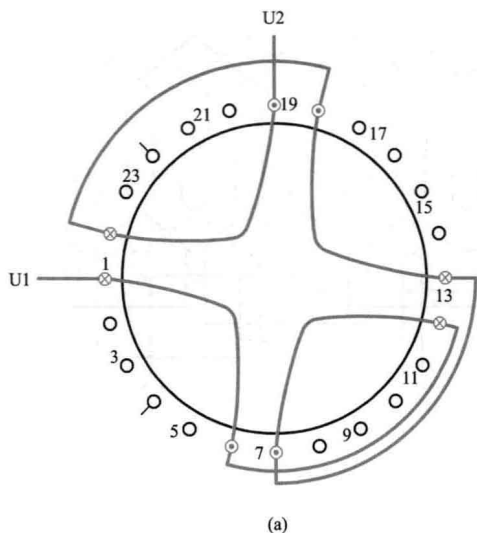


图 1-4 24 槽 4 极三相单层链式 U 相绕组图
(a) U 相绕组布线接线图; (b) U 相绕组展开图

(4) 各相绕组的电源引出线应彼此相隔 120° 电角度, 由相邻两个槽之间的槽距角 $\alpha = \frac{p \times 360^\circ}{Z_1} = \frac{2 \times 360^\circ}{24} = 30^\circ$, 则 120° 电角度应相隔 4 槽。同理, 将 V 相和 W 相的线圈按反串联接法, 最终可得到三相单层链式绕组的展开图。

三相单层链式绕组的叠绕嵌线工艺有以下特点:

1) 起把边 (或称吊把边) 数等于 q (每极每相槽数)。
2) 嵌完一槽下层边 (单层绕组指端部压在下边) 后, 空一槽再嵌另一相线圈的下层边。上层边在嵌线前进方向的后面, 所以自然会压在已嵌下层边的上面。吊把边是在所有下层边沿定子内圆布完一周后, 最后放下的上层边。

3) 同相线圈的连接规律为上层边与上层边相连, 下层边与下层边相连。

以上的嵌线方法可以简单地归纳为“嵌一、空一、吊 q ”。

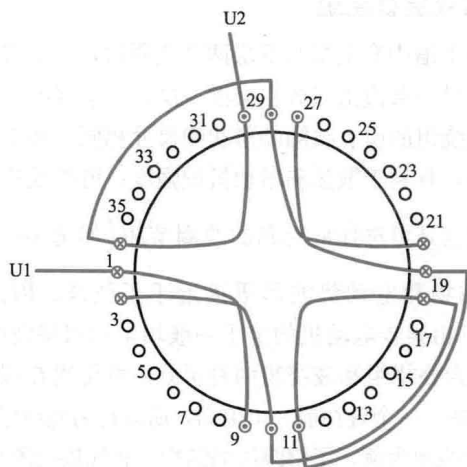
3. 三相单层交叉链式绕组

单层交叉链式绕组主要用于每极每相槽数 q 为奇数 (如 $q=3$) 的四极或两极的小型三相异步电动机定子绕组。由于采用了不等距的线圈, 绕组端部短, 可节省绕组材料, 且便于布置。下面以三相 36 槽 4 极单层交叉链式绕组为例了解绕组的结构、布线接线图及展开图。

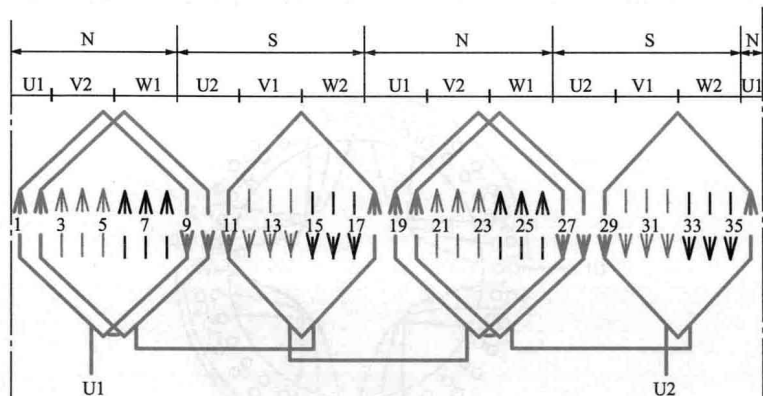
(1) 由定子槽数 $Z_1=36$ 槽, 磁极数 $2p=4$, 得极距 $\tau=9$ 槽, 每极每相槽数 $q=3$ 槽。对 60° 相带, 由均匀分布得 U 相绕组的槽号, 如图 1-5 (a) 所示。

(2) 从节省绕组材料、缩短线圈端部出发, 确定线圈节距构成大线圈组和小线圈组, 形成两对极下依次出现两大一小的交叉布置, 如图 1-5 (a) 所示。

(3) 根据线圈组的电流方向, 采用“头头相连、尾尾相连”的反串联接法, 将 U 相绕组的 4 个线圈组沿电流方向连接起来, 可得 U 相绕组的展开图, 如图 1-5 (b) 所示。



(a)



(b)

图 1-5 36 槽 4 极三相单层交叉链式 U 相绕组

(a) U 相绕组布线接线图; (b) U 相绕组展开图

(4) 三相绕组的电源线应互隔 120° 电角度, 由槽距角 $\alpha=20^\circ$, 则相隔 6 槽。同理, 将 V 相和 W 相的线圈组按反串联接法, 最终可得到三相单层交叉链式绕组的展开图。

三相单层交叉链式绕组的叠绕嵌线工艺有以下特点:

- 1) 起把线圈数等于 q ;
- 2) 一、二、三相轮着嵌。先嵌一相双连, 然后空一槽, 嵌另一相单连, 空两槽, 再嵌第三相双连……
- 3) 同相的线圈组之间为上层边与上层边相连, 下层边与下层边相连。以上的嵌线方法可以简单地归纳为“嵌二、空一、嵌一、空二、吊 q ”。

4. 三相单层同心式绕组

同心式绕组的特点是各线圈的节距不等, 轴线重合。下面以三相 24 槽 2 极单层同心式绕组为例, 了解绕组的结构、布线接线图及展开图。

(1) 由定子槽数 $Z_1=24$ 槽, 磁极数 $2p=2$, 得极距 $\tau=12$ 槽, 每极每相槽数 $q=4$ 槽。采用 60° 相带时, U 相绕组的槽号如图 1-6 (a) 所示。

(2) 由线圈边电流方向确定线圈节距, 构成大线圈和小线圈, 大小线圈相套、轴线重合, 组成一个同心式极相组, 如图 1-6 (b) 所示。

(3) 根据同相绕组中线圈组的电流方向, 采用“头头相连、尾尾相连”的反串联接法, 即可得到 U 相绕组展开图, 如图 1-6 (b) 所示。

(4) 因槽距角 $\alpha=15^\circ$, 故各相绕组引出线首端 U1、V1、W1 应相隔 8 槽。同理, 将 V 相和 W 相的线圈组按反串联接法, 最终可得到三相单层同心式绕组的展开图。

三相单层同心式绕组的叠绕嵌线工艺有以下特点:

- 1) 起把线圈数等于 q 。
- 2) 同一线圈组是先嵌小线圈, 后嵌大线圈; 嵌两个槽, 空两个槽再嵌下一相的下层边。
- 3) 同相的线圈组之间为上层边与上层边相连, 下层边与下层边相连。以上的嵌线方法可以简单地归纳为“嵌 S (先小后大)、空 S、吊 q ” (S 为每组线圈数)。

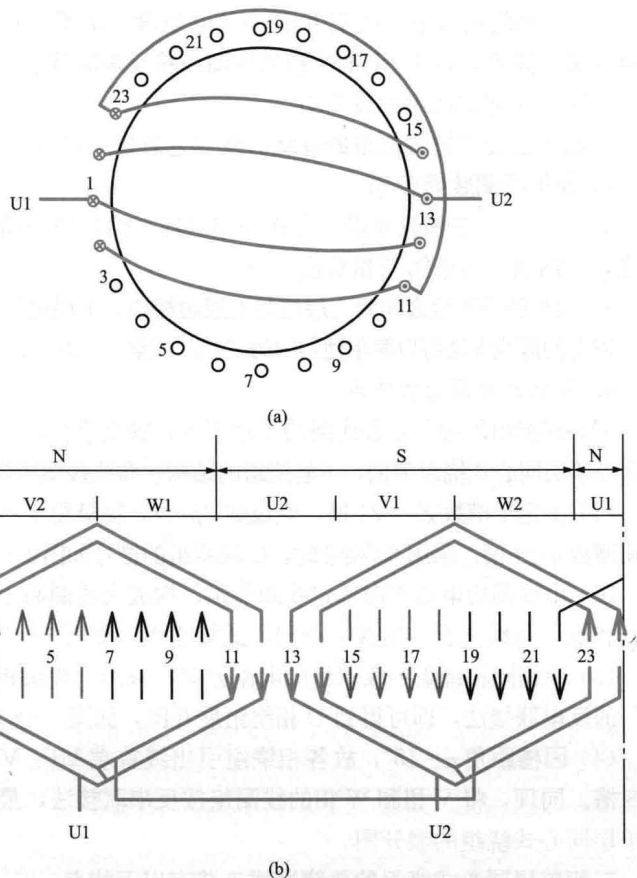


图 1-6 24 槽 2 极三相单层同心式 U 相绕组图
(a) U 相绕组布线接线图; (b) U 相绕组展开图

单层绕组的组成, 只要保证每相绕组所属的槽号及电流方向不变, 改变线圈的端接形式, 对电磁效果就基本上没有影响。选用何种形式的绕组结构, 主要从缩短线圈端接部分的长度 (节省线材) 出发, 当然也要考虑到嵌线工艺的可行性。

1.1.3 三相双层叠绕组

双层绕组的每个槽中有上层和下层两个线圈边, 每个线圈的一条边嵌放在某槽上层, 另一条边则嵌放在某槽下层, 整个绕组的线圈数等于定子的槽数。双层绕组的所有线圈的形状和尺寸相同, 便于制造; 绕组端部形状排列整齐, 有利于散热和增加机械强度; 可组成较多的并联支路。其最主要的优点是可选择最有利的线圈节距 (如选 $y \approx \frac{5}{6} \tau$), 使三相异步电动机的磁场和电动势波形更接近于正弦波。因此容量较大 (10kW 以上) 的三相异步电动机的定子一般采用双层绕组。

双层绕组可分为叠绕组和波绕组两种形式。叠绕组在嵌线时, 两个互相串联的线圈总是后一个叠在前一个上面, 所以得名叠绕组。下面以三相 36 槽 4 极双层叠绕组为例, 了解绕组的结构、布线接线图及展开图。

(1) 由极距 $\tau=9$ 槽, 每极每相槽数 $q=3$ 槽, U 相绕组的下层槽号如图 1-7 (a) 所示 (1、2、3、10、11、12、19、20、21、28、29、30)。

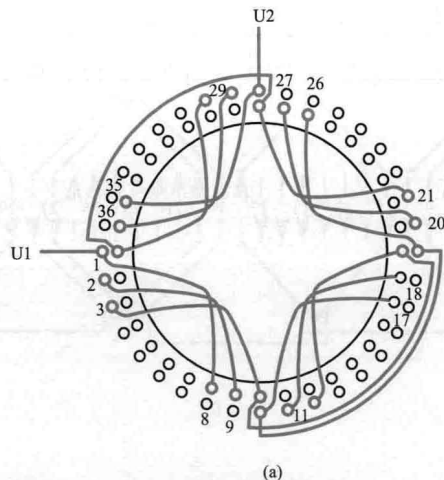


图 1-7 36 槽 4 极三相双层叠绕组图 (一) ($a=1$)
(a) U 相绕组布线接线图

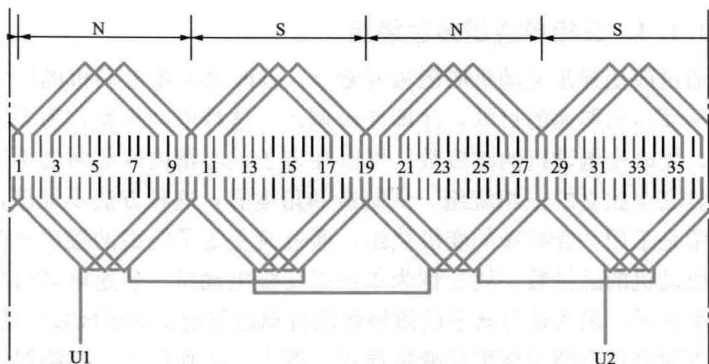


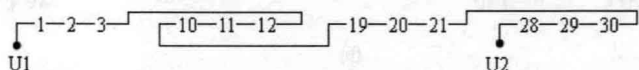
图 1-7 36 槽 4 极三相双层叠绕组图 (二) ($a=1$)

(b) U 相绕组展开图

(2) 由于双层绕组一般都采用短距绕组, 由 $y \approx \frac{5}{6} \tau = \frac{5}{6} \times 9 = 7.5$ (槽), 选择线圈节距 $y=7$ 槽。

以 U 相绕组为例, 由 $y=7$ 槽, 线圈 1 的一个有效边嵌在第 1 槽, 另一个有效边则嵌在第 8 槽, 线圈 2 的一个有效边嵌在第 2 槽, 另一个有效边则嵌在第 9 槽……依此类推, 布置 U 相绕组的全部 12 个线圈, 如图 1-7 (a) 所示。将线圈 1、2、3 串联起来, 线圈 19、20、21 串联起来, 就分别组成 N 极下 U 相绕组的两个极相组; 将线圈 10、11、12 串联起来, 线圈 28、29、30 串联起来, 又分别组成 S 极下 U 相绕组的两个极相组, 如图 1-7 (b) 所示。

(3) 沿电流方向将 U 相绕组的 4 个极相组按“头接头、尾接尾”的方法串联成一条支路, 即并联支路数 $a=1$, 则得到了 U 相绕组的展开图, 如图 1-7 (b) 所示。各线圈之间的连接顺序如下:



根据需要也可以将每相绕组在不同磁极下的极相组, 采用串—并联连接成两条支路, 即 $a=2$, 连接顺序如下, U 相绕组的展开图见图 1-8。

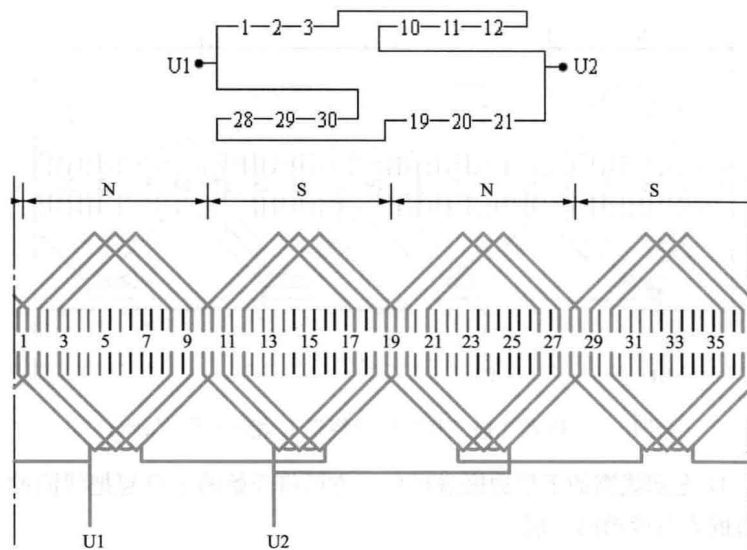


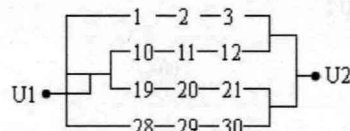
图 1-8 36 槽 4 极三相双层叠绕组 U 相展开图 ($a=2$)

或并联连接成四条支路, 即 $a=4$, 连接顺序如下, U 相绕组的展开图见图 1-9。

双层叠绕组每相共有 $2p$ 个极相组, 每相最大并联支路数等于磁极数 $2p$ 。

三相双层叠绕组的嵌线工艺有以下特点:

- 1) 起把线圈数等于 y (线圈节距);
- 2) 嵌完 y 只起把线圈的下层边, 在其上放好层间绝缘并压紧, 然后再依次嵌入其后的各只线圈的下层边和上层边;



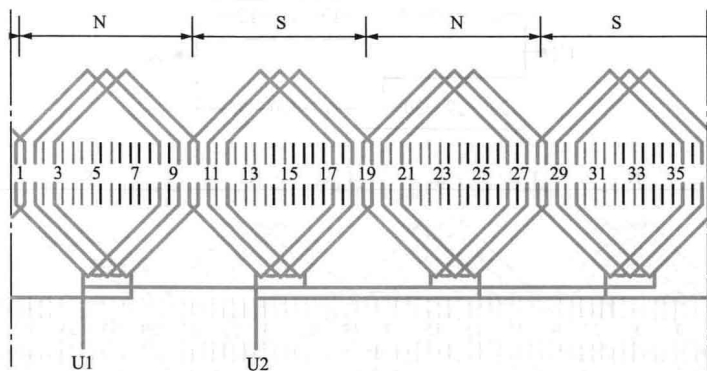


图 1-9 36 槽 4 极三相双层叠绕组 U 相展开图 ($a=4$)

3) 全部线圈的下层边嵌进槽后, 方可将开始的 y 只起把线圈的上层边嵌入对应槽的上层。

1.1.4 三相单绕组多速绕组

通过改变异步电动机的磁极对数 p , 以改变异步电动机的同步转速, 从而达到调速的目的, 此即变极调速, 这种电动机就称为多速电动机。要改变电动机的磁极数, 可以在定子铁心槽内嵌放两套不同磁极数且完全独立的三相绕组。从制造的角度看, 这种方法不经济, 因此通常是采用一套特殊的变极绕组, 通过改变定子绕组的接法来改变异步电动机的磁极数, 故又称为单绕组变极电动机。多速电动机均采用笼型转子, 因为这种转子的磁极数能自动地与定子的磁极数相适应。

下面简单介绍单绕组的变极原理。图 1-10 画出了三相绕组中的一相绕组, 每相绕组都可以分为两半。图 1-10 (a) 中, 两个“半绕组”中的电流同向, 对应的磁极数 $2p=4$; 如果将其中的一个“半绕组”进行反接, 如图 1-10 (b) 所示, 此时两个“半绕组”中的电流方向相反, 可得到磁极数 $2p=2$, 转速提高 1 倍。这种常用的变极方法称为“反向变极法”, 可得到倍极比的转速。

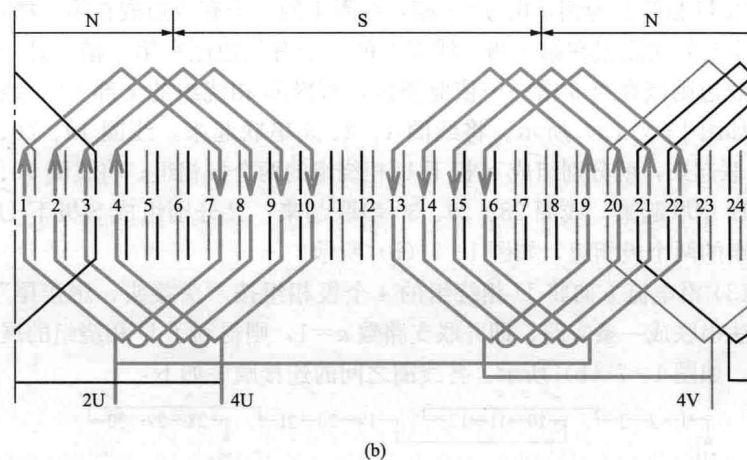
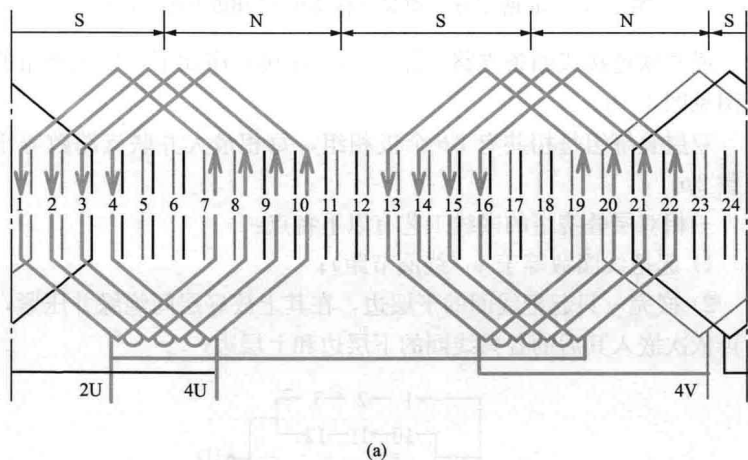


图 1-10 单绕组变极原理图

(a) $2p=4$; (b) $2p=2$