

DIANJI RAOZU XIULI SUCHA SHOUCE

电机绕组修理 速查手册 (第二版)

陈佳新 蔡信健 〇 编著

● 内容全面

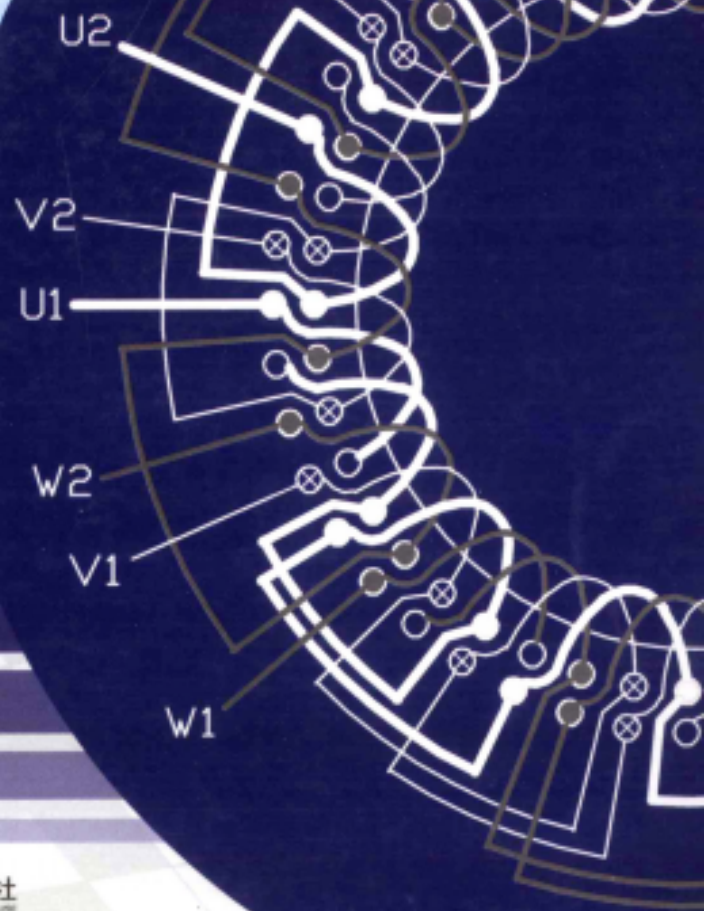
书中收录的绕组图和参数, 涵盖常见的中小型三相、单相、三相多速异步电动机, 以及中小型发电机

● 图示清楚

绕组圆图与直观所见相近, 各图中标识明显

● 查阅方便

已知电机型号, 可以快速找到对应的绕组图



海峡出版发行集团

福建科学技术出版社

THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTION GROUP

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

责任编辑：陈滢璋
封面设计：苗 静
责任校对：郑 诚

ISBN 978-7-5335-3762-3



9 787533 537623 >

定价：40.00元

DIANJI RAOZU XIULI SUCHA SHOUC

电机绕组修理 速查手册

(第二版)

陈佳新 蔡信健 编著



海峡出版发行集团 | 福建科学技术出版社
THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP | FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

电机绕组修理速查手册/陈佳新, 蔡信健编著. —2 版. —福州: 福建科学技术出版社, 2011. 3
ISBN 978-7-5335-3762-3

I. ①电… II. ①陈… ②蔡… III. ①电机-绕组-修理-技术手册 IV. ①TM303.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 209351 号

书 名	电机绕组修理速查手册 (第二版)
编 著	陈佳新 蔡信健
出版发行	海峡出版发行集团 福建科学技术出版社
社 址	福州市东水路 76 号 (邮编 350001)
网 址	www.fjstp.com
经 销	福建新华发行 (集团) 有限责任公司
排 版	福建科学技术出版社排版室
印 刷	福建二新华印刷有限公司
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	20
字 数	716 千字
版 次	2011 年 3 月第 2 版
印 次	2011 年 3 月第 3 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5335-3762-3
定 价	40.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

绕组重绕是电机修理工作的主要内容之一。本书提供了电动机、发电机绕组的布线图、接线图以及多个系列电机的绕组数据，基本上涵盖维修中常见的中型以下三相异步电动机、单相异步电动机、三相多速异步电动机以及中小型发电机。本书第一章还对电动机、发电机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。

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；为便于读者辨别绕组圆图上端部连线的起始端，我们将引出长线的槽依各相不同而填实或画叉。这些画法没有工程技术上的特殊意义，仅为了读图方便。这些画法为本书所特有，他人如引用出版，须事先征得本书作者和出版单位的同意。

本书还收录了常见中小型电动机和发电机的绕组数据。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。

本书第一版在 2008 年问世，反响较好，此次修订，新增了一些三相异步电动机绕组图，主要为多极的低速电动机；对绕组图画法做了改进；增加了大量电动机绕组数据。

本书由福建工程学院的陈佳新和蔡信健编写，陈佳新对全书进行统稿。

赵文钦先生为本书提供了常见中小型发电机的绕组展开图和数据，在此表示感谢。本书编写过程中还参考了一些资料，对原资料作者，以及提供帮助的人士，在此一并致谢。

由于作者水平有限，手册中难免会有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

目 录

第一章 电机绕组修理基础知识 (1)

- 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 异步电动机绕组改绕的简易计算 (12)
- 1.4 交流发电机绕组概述 (19)
- 1.5 常用的电工材料 (20)

第二章 三相异步电动机的绕组图 (35)

- 2.1 12 槽 2 极单层链式绕组 ($y=5; a=1$) (35)
- 2.2 12 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=5, 7; a=1$) (36)
- 2.3 12 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$) (37)
- 2.4 12 槽 4 极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) (38)
- 2.5 12 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=2; a=1$) (39)
- 2.6 18 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=7, 9, 11; a=1$) (40)
- 2.7 18 槽 2 极单层交叉链式绕组图 ($y=7, 8; a=1$) (41)
- 2.8 18 槽 2 极单层交叉同心式绕组图 ($y=7, 9; a=1$) (42)
- 2.9 18 槽 2 极单双层同心式绕组图 ($y=6, 8; a=1$) (43)
- 2.10 18 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$) (44)
- 2.11 18 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=2$) (45)
- 2.12 18 槽 4 极单层交叉链式绕组图 ($y=4, 5; a=1$) (46)
- 2.13 18 槽 4 极单层交叉同心式绕组图 ($y=3, 5; a=1$) (47)
- 2.14 18 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$) (48)
- 2.15 18 槽 6 极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) (49)
- 2.16 18 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$) (50)
- 2.17 24 槽 2 极单层叠式绕组图 ($y=10; a=1$) (51)
- 2.18 24 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=9, 11; a=1$) (52)
- 2.19 24 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=9, 11; a=2$) (53)
- 2.20 24 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=9; a=1$) (54)

- 2.21 24 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=9; a=2$) (55)
- 2.22 24 槽 4 极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$) (56)
- 2.23 24 槽 4 极单层同心式绕组图 ($y=5, 7; a=1$) (57)
- 2.24 24 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=1$) (58)
- 2.25 24 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=5; a=2$) (59)
- 2.26 24 槽 8 极单层链式绕组图 ($y=3; a=1$) (60)
- 2.27 24 槽 8 极双层叠式绕组图 ($y=3; a=1$) (61)
- 2.28 27 槽 6 极双层叠式绕组图 ($y=4; a=1$) (62)
- 2.29 30 槽 2 极单层交叉同心式绕组图 ($y=11, 13, 19; a=1$) (63)
- 2.30 30 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=1$) (64)
- 2.31 30 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=10; a=2$) (65)
- 2.32 30 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=6; a=1$) (66)
- 2.33 36 槽 2 极单层叠式绕组图 ($y=15; a=1$) (67)
- 2.34 36 槽 2 极单层同心式绕组图 ($y=13, 15, 17; a=1$) (68)
- 2.35 36 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=1$) (69)
- 2.36 36 槽 2 极双层叠式绕组图 ($y=13; a=2$) (70)
- 2.37 36 槽 4 极单层叠式绕组图 ($y=9; a=1$) (71)
- 2.38 36 槽 4 极单层同心式绕组图 ($y=7, 9, 11; a=1$) (72)
- 2.39 36 槽 4 极单层交叉链式绕组图 ($y=7, 8; a=1$) (73)
- 2.40 36 槽 4 极单层交叉链式绕组图 ($y=7, 8; a=2$) (74)
- 2.41 36 槽 4 极单层交叉同心式绕组图 ($y=7, 9; a=1$) (75)
- 2.42 36 槽 4 极单双层同心式绕组图 ($y=6, 8; a=1$) (76)
- 2.43 36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=1$) (77)
- 2.44 36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=7; a=2$) (78)
- 2.45 36 槽 4 极双层叠式绕组图 ($y=8; a=1$) (79)
- 2.46 36 槽 6 极单层链式绕组图 ($y=5; a=1$) (80)
- 2.47 36 槽 6 极单层链式绕组图 ($y=5; a=2$) (81)
- 2.48 36 槽 6 极单层同心式绕组图 ($y=5, 7; a=1$) (82)

3.1	8 槽 2 极正弦绕组图 (2/2-A)		(170)
3.2	12 槽 2 极正弦绕组图 (2/2-B)		(171)

3.3	12 槽 2 极正弦绕组图 (3/3-B)	(172)
3.4	12 槽 2 极正弦绕组图 (3/3-A)	(173)
3.5	12 槽 4 极正弦绕组图 (2/1-A/B)	(174)
3.6	16 槽 2 极正弦绕组图 (3/3-B)	(175)
3.7	16 槽 4 极正弦绕组图 (2/2-A)	(176)
3.8	16 槽 4 极正弦绕组图 (1/1-B)	(177)
3.9	18 槽 2 极正弦绕组图 (4/4-B/A)	(178)
3.10	18 槽 2 极正弦绕组图 (4/4-A/B)	(179)
3.11	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/6-B)	(180)
3.12	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/5-B)	(181)
3.13	24 槽 2 极正弦绕组图 (6/4-B)	(182)
3.14	24 槽 2 极正弦绕组图 (5/5-B)	(183)
3.15	24 槽 4 极正弦绕组图 (3/3-A)	(184)
3.16	24 槽 4 极正弦绕组图 (3/2-A)	(185)
3.17	32 槽 4 极正弦绕组图 (4/3-A)	(186)
3.18	32 槽 4 极正弦绕组图 (3/3-B)	(187)
3.19	36 槽 4 极正弦绕组图 (4/3-B/A)	(188)
3.20	36 槽 4 极正弦绕组图 (4/3-A/B)	(189)

第四章 三相单绕组多速异步电动机的绕组图 (190)

4.1	24 槽 4/2 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=6$)	(190)
4.2	24 槽 4/2 极双速绕组图 ($2Y/2Y$, $y=6$)	(191)
4.3	24 槽 4/2 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=7$)	(192)
4.4	24 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=3$)	(193)
4.5	36 槽 4/2 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=9$)	(194)
4.6	36 槽 4/2 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=10$)	(195)
4.7	36 槽 6/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=6$)	(196)
4.8	36 槽 6/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=7$)	(197)
4.9	36 槽 6/4 极双速绕组图 ($Y/2Y$, $y=7$)	(198)
4.10	36 槽 8/2 极双速绕组图 ($Y/2Y$, $y=15$)	(200)
4.11	36 槽 8/2 极双速绕组图 ($Y/2\Delta$, $y=15$)	(202)
4.12	36 槽 8/2 极双速绕组图 ($Y/2\Delta$, $y=15$)	(204)
4.13	36 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=5$)	(205)

4.14	36 槽 8/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=4$)	(206)
4.15	36 槽 8/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=5$)	(207)
4.16	36 槽 12/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=3$)	(208)
4.17	36 槽 6/4/2 极三速绕组图 ($3Y/\Delta/\Delta$, $y=6$)	(209)
4.18	36 槽 8/4/2 极三速绕组图 ($2Y/2\Delta/2\Delta$, $y=6, 12$)	(210)
4.19	36 槽 8/4/2 极三速绕组图 ($2Y/2Y/2Y$, $y=4$)	(211)
4.20	36 槽 8/6/4 极三速绕组图 ($2Y/2Y/2Y$, $y=5$)	(212)
4.21	48 槽 4/2 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=12$)	(213)
4.22	48 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=6$)	(214)
4.23	48 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=7$)	(215)
4.24	54 槽 8/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=6$)	(216)
4.25	54 槽 12/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=5$)	(218)
4.26	54 槽 24/6 极双速绕组图 ($Y/2Y$, $y=7$)	(220)
4.27	60 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=8$)	(222)
4.28	72 槽 6/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=13$)	(224)
4.29	72 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=9$)	(226)
4.30	72 槽 8/4 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=10$)	(228)
4.31	72 槽 12/6 极双速绕组图 ($\Delta/2Y$, $y=6$)	(230)
4.32	72 槽 24/6 极双速绕组图 ($Y/2Y$, $y=10$)	(232)
4.33	72 槽 24/6 极双速绕组图 ($Y/2Y$, $y=3, 9$)	(234)

第五章 交流电动机绕组技术数据 (236)

5.1	Y 系列 (IP44) 三相异步电动机铁心和绕组数据	(236)
5.2	Y 系列 (IP23) 三相异步电动机铁心和绕组数据	(240)
5.3	Y2 系列 (IP54) 三相异步电动机铁心和绕组数据	(242)
5.4	Y2-E 系列 (IP54) 三相异步电动机铁心和绕组数据	(245)
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	(247)
5.6	YD 系列变极多速三相异步电动机铁心和绕组数据	(248)
5.7	JZ 系列单相电阻起动异步电动机铁心和绕组数据	(254)
5.8	JY 系列单相电容起动异步电动机铁心和绕组数据	(256)
5.9	JX 系列单相电容运转异步电动机铁心和绕组数据	(257)
5.10	AO2 系列三相微型异步电动机铁心和绕组数据	(260)

5.11	BO2 系列单相电阻起动异步电动机铁心和绕组数据	(261)
5.12	CO2 系列单相电容起动异步电动机铁心和绕组数据	(262)
5.13	DO2 系列单相电容运转异步电动机铁心和绕组数据	(262)
5.14	JZ2 系列起重及冶金用三相异步电动机铁心和绕组数据	(264)
5.15	YZ 系列起重及冶金用三相异步电动机铁心和绕组数据	(264)
5.16	YB2 系列低压隔爆型三相异步电动机铁心和绕组数据	(265)
5.17	YA 系列低压增安型三相异步电动机铁心和绕组数据	(267)
5.18	改进型 YQS 系列充水式井用潜水三相异步电动机铁心和绕组数据	(268)
5.19	YQS2 系列充水式井用潜水三相异步电动机铁心和绕组数据	(269)
5.20	YQSY 系列充油式井用潜水三相异步电动机铁心和绕组数据	(270)
5.21	改进型 YQSY 系列充油式井用潜水三相异步电动机铁心和绕组数据	(271)
5.22	QS 型充水式三相潜水电泵电动机铁心和绕组数据	(272)
5.23	QY 型油浸式潜水电泵电动机铁心和绕组数据	(273)
5.24	QX 型污水电泵铁心和绕组数据	(273)
5.25	QD 型单相电泵铁心和绕组数据	(274)
5.26	YLB 系列深井泵电动机铁心和绕组数据	(274)
5.27	WQ 型潜污水电泵电动机铁心和绕组数据	(275)
5.28	DT 系列电动工具用单相串励电动机磁极绕组数据	(276)
5.29	电动工具用奇数槽单相串励电动机技术参数	(276)
5.30	电动工具用偶数槽单相串励电动机技术参数	(277)
5.31	电动工具用三相异步电动机技术参数	(279)
5.32	洗衣机用电动机主要技术数据	(280)

第六章 常见型号交流发电机绕组展开图

6.1	T2 系列中心高 H160~180 三相交流发电机定子主绕组展开图	(281)
6.2	T2 系列中心高 H200 三相交流发电机定子主绕组展开图	(282)
6.3	T2 系列中心高 H200 (30kW) 三相交流发电机定子主绕组展开图	(282)

6.4	T2 系列中心高 H225 三相交流发电机定子主绕组展开图	(283)
6.5	T2 系列中心高 H250 三相交流发电机定子主绕组展开图 ($a=4$)	(283)
6.6	T2 系列中心高 H250 三相交流发电机定子主绕组展开图 ($a=2$)	(284)
6.7	T2 系列中心高 H280 三相交流发电机定子主绕组展开图 ($a=4$)	(284)
6.8	T2 系列中心高 H280 三相交流发电机定子主绕组展开图 ($a=2$)	(285)
6.9	T2 系列中心高 H355 三相交流发电机定子主绕组展开图	(285)
6.10	STC 系列 2、3、4 号机座三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(286)
6.11	STC 系列 2、3 号机座 (7.5kW) 三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子副绕组展开图	(286)
6.12	STC 系列 3 号机座 (5kW) 三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子副绕组展开图	(287)
6.13	STC 系列 4、5 号机座三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子副绕组展开图	(287)
6.14	STC 系列 5 号机座 (15kW) 三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(288)
6.15	STC 系列 6 号机座三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(288)
6.16	STC 系列 6 号机座三次谐波励磁有刷三相交流发电机定子副绕组展开图	(289)
6.17	TFW2/JWW 系列中心高 H225、H250、H280 无刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(290)
6.18	TFW2/JWW 系列中心高 H180 无刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(291)
6.19	TFW2/JWW 系列中心高 H200 无刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(291)
6.20	TFW2/JWW 系列中心高 H315 无刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(292)
6.21	TFW2/JWW 系列中心高 H400 无刷三相交流发电机定子主绕组展开图	(292)

开图	(292)
6.22 TFW2/JWW 系列无刷三相交流发电机用交流励磁机电枢绕组展开图之一	(293)
6.23 TFW2/JWW 系列无刷三相交流发电机用交流励磁机电枢绕组展开图之二	(293)
6.24 ST 系列 2、3、4 号机座 (10kW) 单相交流发电机定子主绕组展开图	(294)
6.25 ST 系列 4 号机座 (12kW)、5 号机座单相交流发电机定子主绕组展开图	(295)
6.26 ST 系列 2~5 号机座单相交流发电机定子副绕组展开图	(296)
6.27 TDW 系列逆序励磁无刷单相交流发电机定子绕组展开图之一	(297)
6.28 TDW 系列逆序励磁无刷单相交流发电机定子绕组展开图之二	(297)
6.29 凸极式 4 极转子绕组接线图	(298)
6.30 隐极式 4 极转子绕组接线图	(298)
6.31 凸极式 2 极转子绕组接线图	(298)
6.32 6 极交流励磁机定子绕组接线图	(298)

6.33 10 极交流励磁机定子绕组接线图	(298)
-----------------------------	-------

第七章 常见型号交流发电机绕组技术数据

7.1 T2 (T2H、T2S、TFW) 系列三相交流发电机绕组技术数据	(299)
7.2 STC 系列三次谐波励磁有刷三相交流发电机绕组技术数据	(302)
7.3 TFW2/JWW (T2H2/JWX) 系列无刷三相交流发电机绕组技术数据	(305)
7.4 TFW2/JWW 系列无刷三相交流发电机用交流励磁机绕组技术数据	(306)
7.5 TFD (TFDW、ST) 系列单相交流发电机绕组技术数据	(307)
7.6 TDW 系列逆序励磁无刷单相交流发电机绕组技术数据	(309)

参考文献

第一章 电机绕组修理基础知识

绕组修理是电机修理的主要内容。了解电机的绕组构成、参数计算和修理用绝缘材料,对于电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 and 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,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。

多个线圈连接成一组就称为线圈组,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 $y=6-1=5$ 槽。 $y=\tau$ 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,转子转一圈对应的电角度为 $2 \times 360^\circ = 720^\circ$ 。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。

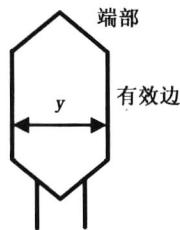


图 1-1 线圈示意图

(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:

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

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。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 U1、W2、V1、U2、W1、V2, 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。

(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。

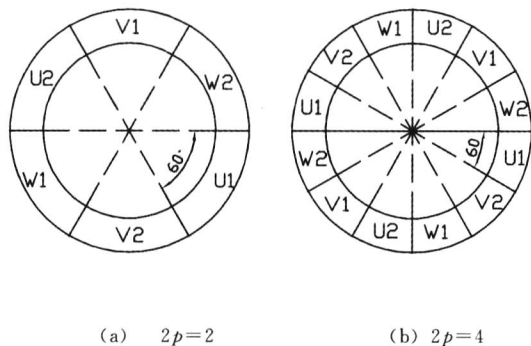
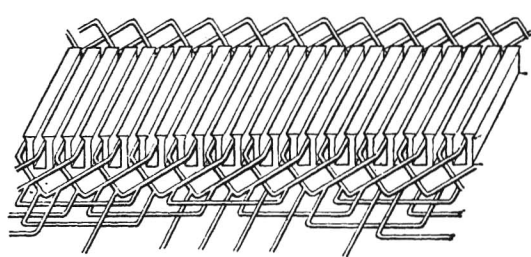
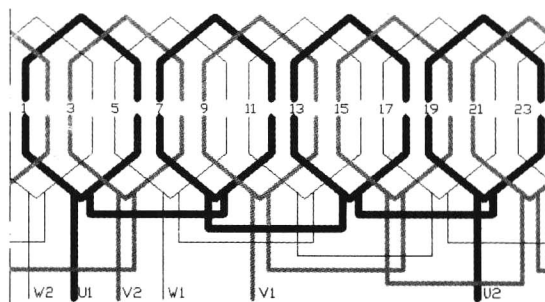


图 1-2 60° 相带三相绕组



(a) 拉平



(b) 展开图

图 1-3 绕组展开示意图

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, 即每一等分代表 180° 电角度 (称为分极), 再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。

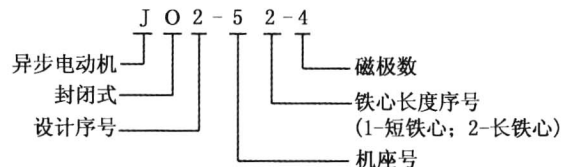
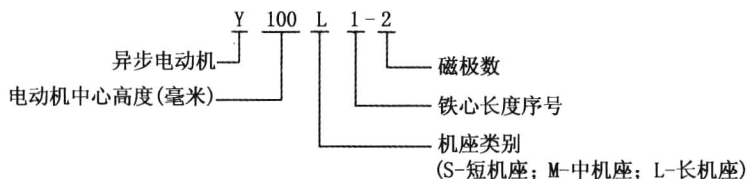
1.1.2 三相异步电动机铭牌数据中与绕组有关的数据

三相异步电动机的铭牌如图 1-4 所示。下面对其进行详细解说。



图 1-4 三相异步电动机的铭牌

(1) 型号。Y 系列三相异步电动机是 20 世纪 80 年代后我国生产的较为先进的三相异步电动机，实际应用中还有一部分老式的 JO2 系列三相异步电动机，两者的型号注解如下：



(2) 额定功率也称额定容量，指电动机在额定工作状态下运行时转轴上输出的机械功率，用符号 P_N 表示。

(3) 额定电压是指电动机定子绕组规定使用的线电压，用符号 U_N 表示。

(4) 额定电流指电动机在额定电压下，输出额定功率时，流过定子绕组的线电流，用符号 I_N 表示。

(5) 额定频率指电机应接交流电源的频率，用符号 f_N 表示。

(6) 额定转速指在额定电压、额定频率及额定输出功率的情况下转子的转速，用符号 n_N 表示，单位为转/分 (r/min)。

(7) 接法是指电动机定子绕组的连接方式，常用的接法有 Y 和 Δ 两种。功率小于及等于 3kW 的电动机，其定子绕组一般为 Y 接法；4kW 级以上电动机，其定子绕组为 Δ 接法。

(8) 绝缘等级是指电动机绕组所采用的绝缘材料的耐热等级，它表明了电动机所允许的最高工作温度，共分 7 个等级，如表 1-1 所示。

表 1-1 三相异步电动机绝缘等级

绝缘等级	Y	A	E	B	F	H	C
极限工作温度 (°C)	90	105	120	130	155	180	180 以上

1.1.3 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, 铁心损耗和噪音都较大。

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

链式绕组是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 1-5a 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 1-5a 中所示, 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 (图 1-5b)。

(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 嵌完一槽下层边后, 空一槽再嵌另一相线圈的下层边 (单层绕组指端部压在下边)。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 1-6a 所示。

(2) 从节省绕组材料、缩短线圈端部出发, 确定线圈节距距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 1-6a 中所示。

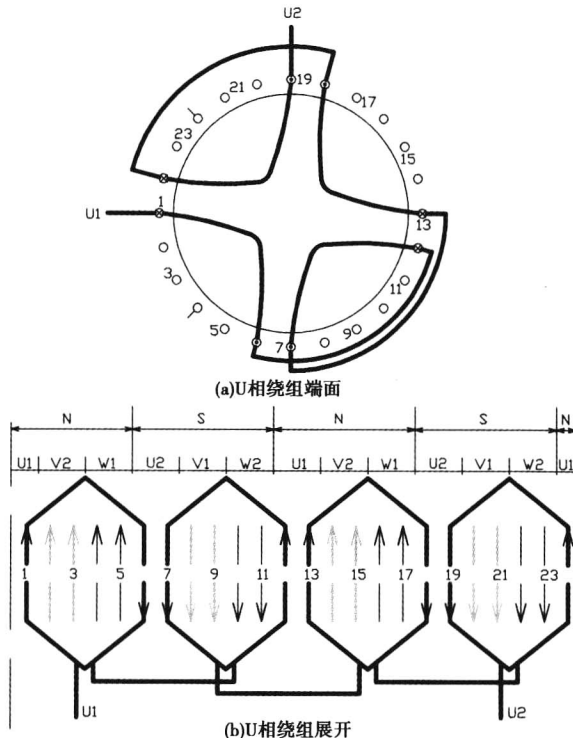


图 1-5 24 槽 4 极三相单层链式 U 相绕组图

- (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(图 1-6b)。
- (4) 三相绕组的电源线应互隔 120° 电角度,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 1-7a 所示。

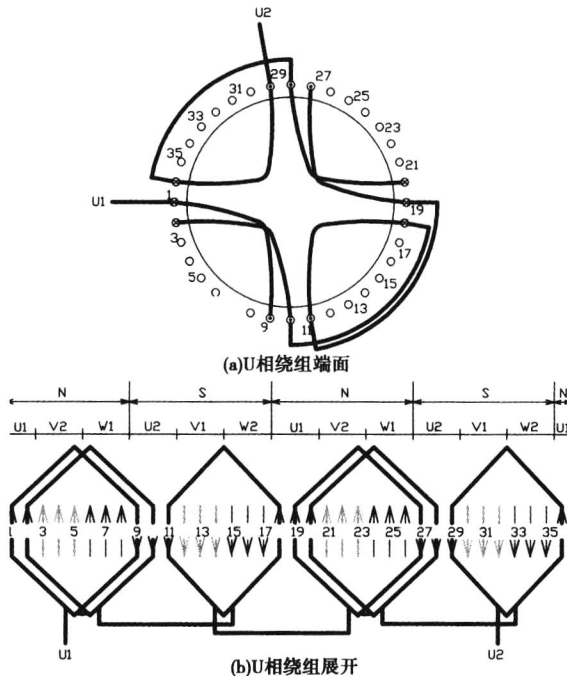


图 1-6 36 槽 4 极三相单层交叉链式 U 相绕组图

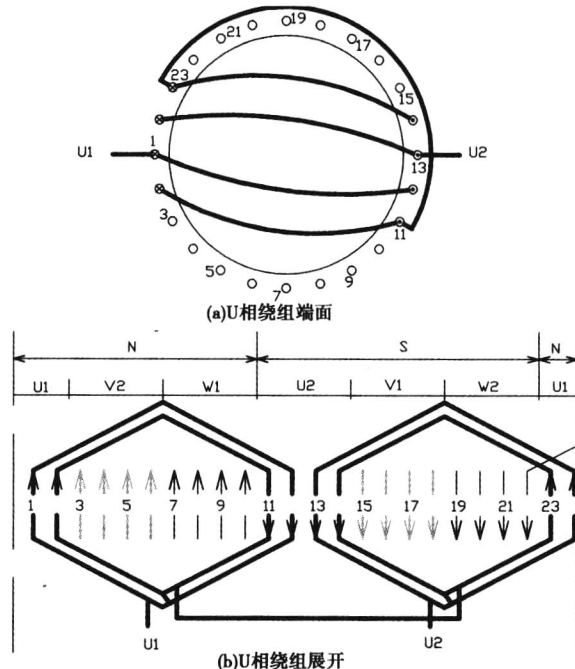


图 1-7 24 槽 2 极三相单层同心式 U 相绕组图

- (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 1-7a 中所示。
- (3) 根据同相绕组中线组组的电流方向,采用“头头相连、尾尾相连”的反串接法,即可得到 U 相绕组展开图(图 1-7b)。

(4) 因槽距角 $\alpha=15^\circ$, 故各相绕组引出线首端 U_1 、 V_1 、 W_1 应相隔 8 槽。同理将 V 相和 W 相的线圈组按反串接法, 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)。

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。

1.1.4 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均采用双层绕组。

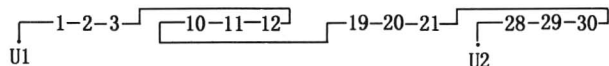
双层绕组可分为叠绕组和波绕组两种形式。叠绕组在嵌线时, 两个互相串联的线圈总是后一个叠在前一个上面, 所以得名叠绕组。下面以三相 36 槽 4 极双层叠绕组为例了解绕组的结构、布线接线图及展开图。

(1) 由极距 $\tau=9$ 槽, 得每极每相下层槽数 $q=3$ 槽, 得 U 相绕组的下层槽号如图 1-8a 中所示 (1、2、3、10、11、12、19、20、21、28、29、30)。

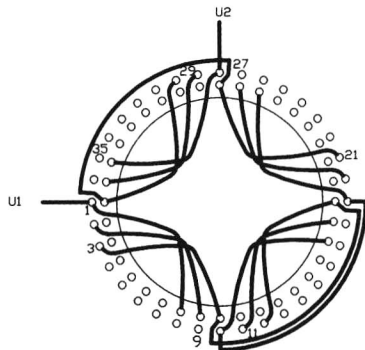
(2) 由于双层绕组一般都采用短距绕组, 由 $y \approx \frac{5}{6}\tau = \frac{5}{6} \times 9 = 7.5$ 槽, 选择线圈节距 $y=7$ 槽。

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……以此类推, 布置 U 相绕组的全部 12 个线圈, 如图 1-8a 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 1-8b 所示。

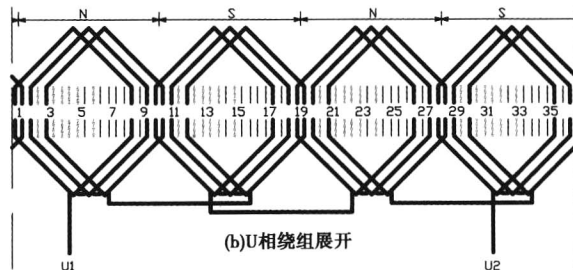
(3) 沿电流方向将 U 相绕组的 4 个极相组按“头接头、尾接尾”的方法串联成一条支路, 即并联支路数 $a=1$, 则得到了 U 相绕组的展开图 (图 1-8b)。各线圈之间的连接顺序如下:



根据需要也可以将每相绕组在不同磁极下的极相组, 通过串—并联组成两条支路, 即 $a=2$, 连接顺序如下, 绕组平行展开图见图 1-9。

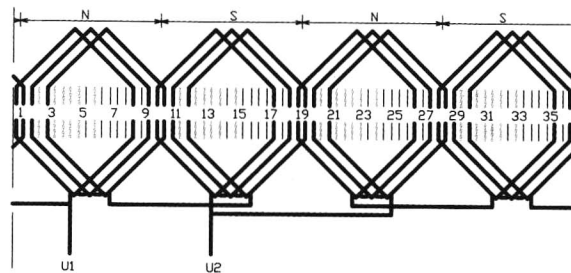
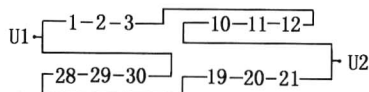


(a) U 相绕组端面

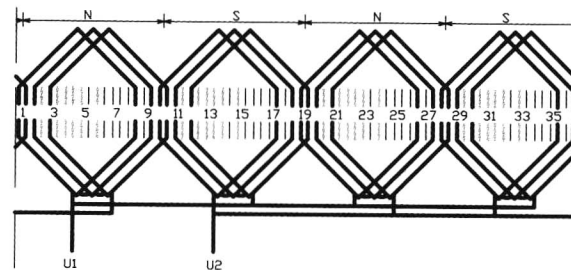
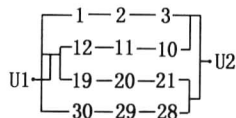


(b) U 相绕组展开

图 1-8 36 槽 4 极三相双层叠绕组图 ($a=1$)

图 1-9 36 槽 4 极三相双层绕组 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, 绕组平行展开图见图 1-10。

图 1-10 36 槽 4 极三相双层绕组 U 相展开图 ($a=4$)

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 $2p$ 。

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;
- 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。

1.1.5 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, 因而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 1-11 画出了三相绕组中的一相绕组, 每相绕组都可以分成两半。图 1-11a 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 1-11b 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。