

中小微型电机 使用与维修手册

孙克军 主 编

刘宝坤 副主编
邓慧琼



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中小微型电机使用与维修手册

主 编	孙克军			
副主编	刘宝坤	邓慧琼		
参 编	闫和平	张苏英	孙丽华	胡玫荣
	孙丽君	严晓斌	李俊格	魏英静
	常宇健	韩 宁	张 颖	陈会振

机械工业出版社

本书内容包括三相异步电动机,直流电机,变极多速三相异步电动机,单相异步电动机,特殊用途电机,小型潜水电泵及深井泵用电动机,单相串励电动机与电动工具,汽车、拖拉机用电机,家用电器用电动机,小型同步发电机,控制电机;电动机常用控制电路、常用电动机的选择、常用电动机的检修、电机使用与维修中的简易计算等。书中介绍了各种常用电机的基本结构、工作原理、使用与维护、常见故障及其排除方法,还介绍了电动机常用控制电路以及电动机的选择、使用与维修中的简易计算与实例等。本书密切结合生产实际,突出实用、图文并茂、深入浅出、通俗易懂,书中列举了大量实例,具有实用性强,易于迅速掌握和运用的特点。

本书可供从事电动机使用与维修的电工及相关技术人员使用,可作为高等职业院校及专科学校相关专业师生的教学参考书,也可作为职工培训用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中小微型电机使用与维修手册/孙克军主编. —北京:机械工业出版社,2011.1
ISBN 978-7-111-32703-5

I. ①中… II. ①孙… III. ①电机-使用-手册②电机-维修-手册 IV. TM3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243935 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张沪光

责任编辑:张沪光

封面设计:赵颖喆

责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·32.75 印张·814 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-32703-5

定价:68.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国电力事业的飞速发展，电动机在工业、农业、国防、交通运输、城乡家庭等各个领域均得到了日益广泛的应用。为了满足广大电动机使用与维修人员的需要，我们组织编写了这本《中小微型电机使用与维修手册》。

本书在编写过程中，从当前中小微型电机使用与维修的实际情况出发，面向生产实际，收集、查阅了大量与电机使用与维修等有关的技术资料，以基础知识和操作技能为重点，介绍了三相异步电动机，直流电机，变极多速三相异步电动机，单相异步电动机，特殊用途电机，小型潜水电泵及深井泵用电动机，单相串励电动机与电动工具，汽车、拖拉机用电机，家用电器用电动机，小型同步发电机，控制电机等各种中小微型电机的基本结构、工作原理、使用与维护、常见故障及其排除方法，还介绍了电动机常用控制电路以及电动机的选择、电动机的检修、电动机使用与维修中的简易计算与实例等。

本书着重于基本原理、基本方法、基本概念的分析和应用，重点阐述物理概念，尽量联系电动机使用与维修的生产实践，力求做到重点突出，以帮助读者提高解决实际问题的能力，而且在编写体例上尽可能适合自学的形式。本书的特点是密切结合生产实际，图文并茂、深入浅出、通俗易懂，书中列举了大量实例，具有实用性强，易于迅速掌握和运用的特点。

本书由孙克军任主编，刘宝坤、邓慧琼任副主编。第1章由刘宝坤编写，第2章由邓慧琼编写，第3章由闫和平编写，第4章由张苏英编写，第5章由孙丽华编写，第6章由胡玫荣编写，第7章由孙丽君编写，第8章由严晓斌编写，第9章由李俊格编写，第10章由魏英静编写，第11章由常宇健编写，第12章由韩宁编写，第13章由张颖编写，第14章由陈会振编写，第15章由孙克军编写。本书由马淑范主审。编者对关心本书出版、热心提出建议和提供资料的单位和个人在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第1章 三相异步电动机 1

1.1 三相异步电动机基础知识 1

1.1.1 三相异步电动机的基本结构 1

1.1.2 三相异步电动机的工作原理 3

1.1.3 三相异步电动机旋转磁场的产生 及特点 3

1.1.4 三相异步电动机的转差率 6

1.1.5 三相异步电动机的用途和分类 6

1.1.6 三相异步电动机的型号 7

1.1.7 三相异步电动机的铭牌 8

1.1.8 三相异步电动机绕组的连接 9

1.1.9 电动机的工作制 9

1.1.10 电机的绝缘等级 10

1.1.11 电机的防护等级 10

1.1.12 三相异步电动机的输入功率与 输出功率 12

1.1.13 三相异步电动机的效率 12

1.1.14 三相异步电动机的功率因数 12

1.1.15 三相异步电动机的机械特性 13

1.1.16 三相异步电动机的空载电流与 起动电流 14

1.1.17 三相异步电动机的起动转矩与 最大转矩 14

1.2 三相异步电动机的绕组 15

1.2.1 交流电动机绕组常用名词术语 15

1.2.2 三相异步电动机绕组的分类 17

1.2.3 单层绕组的特点与实例 18

1.2.4 双层绕组的特点与实例 20

1.2.5 单双层绕组的特点与实例 22

1.3 笼型三相异步电动机的起动 24

1.3.1 直接起动 24

1.3.2 星-三角(Y- Δ)起动 25

1.3.3 自耦变压器减压起动 26

1.3.4 笼型三相异步电动机的起动计算 实例 27

1.4 绕线转子三相异步电动机的起动 28

1.4.1 转子回路串接电阻分级起动 28

1.4.2 转子回路串接电阻分级起动计算 实例 29

1.4.3 转子回路串接频敏变阻器起动 30

1.5 三相异步电动机的调速 31

1.5.1 降低定子绕组电压调速 32

1.5.2 变极调速 33

1.5.3 变频调速 33

1.5.4 变极调速计算实例 35

1.5.5 绕线转子异步电动机转子回路串 接电阻调速 36

1.5.6 转子回路串接电阻调速计算实 例 37

1.5.7 串级调速 38

1.6 三相异步电动机的制动 39

1.6.1 三相异步电动机的能耗制动 39

1.6.2 三相异步电动机的反接制动 40

1.6.3 三相异步电动机的回馈制动 42

1.7 三相异步电动机的使用与维护 43

1.7.1 电动机的熔体选择 43

1.7.2 电动机绝缘电阻的测量 44

1.7.3 异步电动机起动前的准备和检 查 45

1.7.4 电动机起动时的注意事项 46

1.7.5 三相异步电动机运行时的监视 46

1.7.6 三相异步电动机的定期维护 47

1.7.7 三相异步电动机的常见故障及其 排除方法 48

1.8 三相异步电动机的技术数据 51

1.8.1 Y系列(IP44)三相异步电动机 技术性能 51

1.8.2 Y系列(IP44)三相异步电动机 铁心及绕组数据 53

1.8.3 Y系列(IP23)三相异步电动机 技术性能、铁心及绕组数据 56

1.8.4 Y2系列(IP54)三相异步电动机 技术性能、铁心及绕组数据 58

1.8.5 YR系列(IP44)绕线转子三相

异步电动机技术性能、铁心及绕组数据	63	2.4.4 直流电动机调速计算实例	99
1.8.6 YR 系列 (IP23) 绕线转子三相异步电动机技术性能、铁心及绕组数据	66	2.4.5 直流电动机调速方式及调速指标的比较	101
第 2 章 直流电机	69	2.5 直流电动机的制动	102
2.1 直流电机概述	69	2.5.1 能耗制动	102
2.1.1 直流电机的基本结构	69	2.5.2 反接制动	104
2.1.2 直流电机的工作原理	71	2.5.3 回馈制动	106
2.1.3 直流电机励磁方式	72	2.5.4 直流电动机制动计算实例	108
2.1.4 直流电机的用途和分类	73	2.6 直流电机的运行与维护	109
2.1.5 直流电机的型号	75	2.6.1 直流电动机的选择	109
2.1.6 直流电机的额定值	75	2.6.2 改变直流电动机转向的方法	110
2.1.7 直流电机各种绕组线端的标志	76	2.6.3 使用串励直流电动机的注意事项	110
2.1.8 直流电机的几何中性线和物理中性线	76	2.6.4 直流电机电刷的合理选用	110
2.1.9 直流电机的电枢反应	76	2.6.5 直流电机电刷位置的确定	111
2.1.10 直流电机的换向	78	2.6.6 直流电机几何中性线的确定	111
2.1.11 直流电动机的电磁转矩	80	2.6.7 直流电机使用前的准备及检查	112
2.1.12 直流电动机的转速与转速特性	80	2.6.8 直流电机运行中的维护	112
2.1.13 直流电动机的机械特性	80	2.6.9 直流电机的常见故障及其排除方法	112
2.1.14 并励直流发电机的自励	81	2.7 直流电机的技术数据	115
2.2 直流电机的绕组	83	2.7.1 Z4 系列直流电动机技术数据	115
2.2.1 直流电机电枢绕组常用名词术语	83	2.7.2 Z2 系列直流电动机技术数据	124
2.2.2 直流电机电枢绕组的分类	84	2.7.3 Z2 系列直流发电机技术数据	128
2.2.3 单叠绕组的特点与实例	84	2.7.4 Z2 系列直流调压发电机技术数据	130
2.2.4 复叠绕组的特点与实例	85	第 3 章 变极多速三相异步电动机	133
2.2.5 单波绕组的特点与实例	86	3.1 变极多速三相异步电动机概述	133
2.2.6 复波绕组的特点与实例	88	3.1.1 变极多速三相异步电动机的特点	133
2.2.7 换向极与换向极绕组	88	3.1.2 YD 系列变极多速三相异步电动机简介	133
2.2.8 补偿绕组	89	3.2 变极多速三相异步电动机常用的变极方法	133
2.3 直流电动机的起动	89	3.2.1 反向变极法与实例	134
2.3.1 直接起动	89	3.2.2 换相变极法	135
2.3.2 降低电源电压起动	90	3.2.3 不同极距变极法与实例	136
2.3.3 电枢回路串接电阻起动	91	3.3 变极多速三相异步电动机三相绕组的连接	138
2.3.4 直流电动机起动计算实例	91	3.3.1 单绕组双速电动机 $2Y/\Delta$ 联结	138
2.4 直流电动机的调速	94		
2.4.1 电枢回路串接电阻调速	95		
2.4.2 改变电枢电压调速	96		
2.4.3 减弱磁通调速	98		

3.3.2 单绕组双速电动机 $2Y/Y$ 联结	138	4.5.1 BO2 系列单相电阻起动异步电动机技术数据	167
3.3.3 变极多速三相异步电动机的使用与维护	139	4.5.2 BO2 系列单相电阻起动异步电动机绕组的排列方法	168
3.4 变极多速三相异步电动机的技术数据	140	4.5.3 CO2 系列单相电容起动异步电动机技术数据	171
3.4.1 YD 系列变极多速三相异步电动机技术数据	140	4.5.4 CO2 系列单相电容起动异步电动机绕组的排列方法	172
3.4.2 YDT 系列风机水泵专用变极多速电动机技术数据	149	4.5.5 DO2 系列单相电容运转异步电动机技术数据	175
3.4.3 D 系列高极比双速异步电动机技术数据	152	4.5.6 DO2 系列单相电容运转异步电动机绕组的排列方法	176
第 4 章 单相异步电动机	153	4.5.7 YU 系列单相电阻起动异步电动机技术数据	179
4.1 单相异步电动机概述	153	4.5.8 YC 系列单相电容起动异步电动机技术数据	180
4.1.1 单相异步电动机的基本结构	153	4.5.9 YY 系列单相电容运转异步电动机技术数据	180
4.1.2 单相异步电动机的工作原理	154	4.5.10 YL 系列单相双值电容异步电动机技术数据	181
4.1.3 单相异步电动机的起动方法	154	4.5.11 YJF 系列罩极式单相异步电动机技术数据	181
4.1.4 单相异步电动机的用途和分类	154	4.5.12 YJ 系列罩极式单相异步电动机技术数据	181
4.1.5 单相异步电动机的型号	156	4.5.13 70YJ 系列罩极式单相异步电动机技术数据	182
4.1.6 单相异步电动机的机械特性	157	第 5 章 特殊用途电机	183
4.2 单相异步电动机的绕组	158	5.1 变频调速三相异步电动机	183
4.2.1 单相异步电动机的同心式绕组	158	5.1.1 概述	183
4.2.2 单相异步电动机的正弦绕组	158	5.1.2 变频器供电对电动机的影响	183
4.2.3 单相异步电动机的罩极式绕组	161	5.1.3 变频调速电动机的结构特点	184
4.3 单相异步电动机的调速	162	5.1.4 变频调速电动机的转矩特性	186
4.3.1 电抗器调速	162	5.1.5 变频调速系统	187
4.3.2 用调速绕组调速	162	5.1.6 变频调速注意事项	190
4.3.3 副绕组抽头调速	163	5.1.7 变频调速异步电动机的技术数据	191
4.3.4 晶闸管调速	163	5.2 电磁调速三相异步电动机	195
4.4 单相异步电动机的使用与维护	164	5.2.1 概述	195
4.4.1 改变单相异步电动机转向的方法	164	5.2.2 电磁调速三相异步电动机的基本结构	195
4.4.2 单相异步电动机电容器的选择	164	5.2.3 电磁调速三相异步电动机的工作原理	196
4.4.3 单相异步电动机使用注意事项	164		
4.4.4 单相异步电动机常见故障及其排除方法	165		
4.5 单相异步电动机的技术数据	167		

5.2.4 电磁转差离合器的基本结构和机械特性	197	5.6 直流弧焊发电机	229
5.2.5 电磁调速三相异步电动机的选择	198	5.6.1 概述	229
5.2.6 电磁调速三相异步电动机的使用	198	5.6.2 直流弧焊发电机的基本工作原理	230
5.2.7 电磁调速三相异步电动机的维护	199	5.6.3 直流弧焊发电机的分类与结构特点	231
5.2.8 电磁调速三相异步电动机常见故障及其排除方法	199	5.6.4 直流弧焊发电机的使用与保养	231
5.2.9 电磁调速三相异步电动机的技术数据	201	5.6.5 直流弧焊发电机常见故障及其排除方法	232
5.3 防爆电机	204	5.6.6 直流弧焊发电机的技术数据	233
5.3.1 概述	204	5.7 无刷直流电动机	236
5.3.2 防爆电机的结构特点	204	5.7.1 概述	236
5.3.3 防爆电机的选择	205	5.7.2 无刷直流电动机的分类	236
5.3.4 防爆电机的防爆标记与防爆标志	208	5.7.3 无刷直流电动机的特点	236
5.3.5 防爆电机的使用与维护	209	5.7.4 无刷直流电动机的基本结构	237
5.3.6 隔爆型、增安型三相异步电动机技术数据	211	5.7.5 无刷直流电动机的工作原理	238
5.4 锥形转子制动三相异步电动机	219	5.7.6 无刷直流电动机使用注意事项	239
5.4.1 概述	219	5.7.7 无刷直流电动机的技术数据	239
5.4.2 锥形转子异步电动机的类型和使用特点	219	5.8 永磁电机	240
5.4.3 锥形转子异步电动机的基本结构	219	5.8.1 概述	240
5.4.4 锥形转子异步电动机的工作原理	220	5.8.2 永磁直流电动机	240
5.4.5 锥形转子异步电动机的使用与维护	221	5.8.3 永磁同步电动机	243
5.4.6 锥形转子异步电动机的技术数据	222	5.8.4 永磁同步发电机	248
5.5 力矩三相异步电动机	222	5.8.5 永磁电机的技术数据	249
5.5.1 概述	222	5.9 其他特殊用途电机	252
5.5.2 力矩异步电动机的分类	222	5.9.1 高效率三相异步电动机	252
5.5.3 力矩异步电动机的结构特点	223	5.9.2 高转差率三相异步电动机	254
5.5.4 力矩异步电动机的机械特性	223	5.9.3 起重冶金用三相异步电动机	257
5.5.5 力矩异步电动机的主要应用	224	第6章 小型潜水电泵及深井泵用电动机	266
5.5.6 力矩异步电动机的使用与维护	225	6.1 潜水电机	266
5.5.7 力矩异步电动机的技术数据	226	6.1.1 概述	266
		6.1.2 潜水电机的分类	266
		6.1.3 潜水电机的基本结构与主要特点	268
		6.1.4 潜水电机定子绕组的绝缘结构	271
		6.2 潜水电泵	272
		6.2.1 潜水电泵的结构	272
		6.2.2 潜水电泵的使用与保养	274

6.2.3 潜水电泵的定期检查与维护	275	8.1.4 永磁式交流发电机的技术数据	317
6.2.4 潜水电泵的常见故障及其排除方法	275	8.2 硅整流发电机	317
6.3 深井泵用电动机	276	8.2.1 硅整流发电机的基本结构	317
6.3.1 概述	276	8.2.2 硅整流发电机的工作原理	318
6.3.2 深井泵用电动机的基本结构	277	8.2.3 硅整流发电机使用注意事项	318
6.3.3 深井泵用电动机的使用	278	8.2.4 硅整流发电机的常见故障及其排除方法	319
6.3.4 深井泵用电动机的维护与保养	279	8.2.5 硅整流发电机的技术数据	320
6.3.5 深井泵的常见故障及其排除方法	279	8.3 起动机	321
6.4 潜水电泵与深井泵用电动机的技术数据	281	8.3.1 起动机的用途与分类	321
第7章 单相串励电动机与电动工具	294	8.3.2 起动机的基本结构	321
7.1 单相串励电动机	294	8.3.3 起动机的工作原理	322
7.1.1 单相串励电动机的用途和特点	294	8.3.4 起动机的传动机构	323
7.1.2 单相串励电动机的基本结构	294	8.3.5 起动机的控制装置	323
7.1.3 单相串励电动机的工作原理	295	8.3.6 起动机的使用方法	324
7.1.4 单相串励电动机的调速	296	8.3.7 起动机的常见故障及其排除方法	324
7.1.5 单相串励电动机的使用与维护	296	8.3.8 起动机的技术数据	325
7.1.6 单相串励电动机的常见故障及其排除方法	297	8.4 磁电机	326
7.1.7 单相串励电动机的技术数据	299	8.4.1 磁电机的种类	326
7.2 电动工具	301	8.4.2 磁电机的结构	326
7.2.1 电动工具的分类与型号	301	8.4.3 磁电机的工作原理	327
7.2.2 电钻	303	8.4.4 磁电机点火装置使用注意事项	327
7.2.3 冲击电钻	307	8.4.5 磁电机点火装置的常见故障及其排除方法	328
7.2.4 电锤	309	8.4.6 磁电机的技术数据	328
7.2.5 电动曲线锯	311	第9章 家用电器用电动机	329
7.2.6 电动扳手	312	9.1 电风扇用电动机	329
7.2.7 电动角向磨光机	314	9.1.1 电风扇的类别与规格	329
第8章 汽车、拖拉机用电机	316	9.1.2 电风扇用电动机的种类与特点	330
8.1 永磁式交流发电机	316	9.1.3 电风扇用电动机的基本结构与工作原理	330
8.1.1 永磁式交流发电机的基本结构与工作原理	316	9.1.4 电风扇用电动机的调速	330
8.1.2 永磁式交流发电机使用注意事项	316	9.1.5 电风扇的使用与保养	331
8.1.3 永磁式交流发电机的常见故障及其排除方法	317	9.1.6 电风扇的常见故障及其排除方法	332
		9.1.7 电风扇用电动机的技术数据	333
		9.2 电冰箱与空调器用电动机	336
		9.2.1 压缩机的分类	336

9.2.2 压缩机的结构与工作原理	336	10.6.2 三次谐波励磁同步发电机的自励建压	358
9.2.3 压缩机电机的特殊性能	338	10.7 同步发电机的安装与运行	359
9.2.4 电冰箱和空调器的使用与安装	339	10.7.1 同步发电机的安装	359
9.2.5 电冰箱和空调器的常见故障及其排除方法	340	10.7.2 试车前的准备	359
9.2.6 电冰箱和空调器的技术数据	342	10.7.3 试车的步骤	359
9.3 洗衣机用电动机	345	10.7.4 发电机的运行	360
9.3.1 洗衣机的类型与规格型号	345	10.8 同步发电机的常见故障及其排除方法	360
9.3.2 洗衣机的主要性能	345	10.9 小型同步发电机的主要类型和技术数据	364
9.3.3 洗衣机的基本结构	346	10.9.1 T2 系列三相交流同步发电机	364
9.3.4 波轮式双桶洗衣机的常见故障及其排除方法	347	10.9.2 ST2 系列单相交流同步发电机	366
9.3.5 洗衣机用单相电容运转电动机的技术数据	348	10.9.3 TFW 系列无刷三相交流同步发电机	366
9.4 吸尘器用电动机	349	10.9.4 TFDW 系列单相交流无刷同步发电机	367
9.4.1 吸尘器的用途与种类	349	第 11 章 控制电机	369
9.4.2 吸尘器的基本结构	349	11.1 概述	369
9.4.3 吸尘器的工作原理	350	11.1.1 控制电机的用途	369
9.4.4 吸尘器对电机及电器性能的要求	350	11.1.2 控制电机的分类	369
9.4.5 真空吸尘器的常见故障及其排除方法	351	11.1.3 自动控制系统对控制电机的基本要求	370
9.4.6 吸尘器电动机的技术数据	351	11.2 直流伺服电动机	370
9.5 电吹风用电动机	352	11.2.1 伺服电动机的用途与特点	370
9.5.1 电吹风的基本结构	352	11.2.2 直流伺服电动机的类型	370
9.5.2 电吹风的工作原理	352	11.2.3 直流伺服电动机的结构形式	371
9.5.3 电吹风对电动机性能的要求	352	11.2.4 直流伺服电动机的控制方式	372
9.5.4 电吹风的常见故障及其排除方法	353	11.2.5 直流伺服电动机的机械特性	372
9.5.5 电吹风用电热元件及电动机的技术数据	353	11.2.6 直流伺服电动机的调节特性	372
第 10 章 小型同步发电机	354	11.2.7 直流伺服电动机的选择	373
10.1 同步电机的分类	354	11.2.8 直流伺服电动机使用注意事项	373
10.2 同步发电机的工作原理	354	11.2.9 直流伺服电动机的技术数据	374
10.3 同步发电机的感应电动势	355	11.3 交流伺服电动机	377
10.4 小型同步发电机的结构	356	11.3.1 交流伺服电动机的特点	377
10.5 同步发电机的额定值	356	11.3.2 交流伺服电动机的结构形式	377
10.6 三次谐波励磁同步发电机	357	11.3.3 交流伺服电动机的控制方式	378
10.6.1 三次谐波励磁同步发电机的励磁系统	358	11.3.4 交流伺服电动机的机械特性	379
		11.3.5 交流伺服电动机的调节特性	379

11.3.6 交流伺服电动机的选择	380	11.7.7 旋转变压器使用注意事项	404
11.3.7 交流伺服电动机使用注意事 项	380	11.7.8 旋转变压器的常见故障及其排 除方法	404
11.3.8 交流伺服电动机的技术数据 ...	381	11.7.9 旋转变压器的技术数据	405
11.4 直流测速发电机	383	11.8 步进电动机	406
11.4.1 测速发电机的用途	383	11.8.1 步进电动机的用途与特点	406
11.4.2 直流测速发电机的类型	383	11.8.2 步进电动机的种类	407
11.4.3 直流测速发电机的工作原理 ...	384	11.8.3 反应式步进电动机	407
11.4.4 直流测速发电机使用注意事 项	384	11.8.4 永磁式步进电动机的工作原 理	410
11.4.5 直流测速发电机的技术数据 ...	384	11.8.5 感应子式步进电动机的工作原 理	410
11.5 交流测速发电机	387	11.8.6 步进电动机使用注意事项	411
11.5.1 同步测速发电机的类型与工作 原理	387	11.8.7 步进电动机的常见故障及其排 除方法	411
11.5.2 异步测速发电机的类型与工作 原理	388	11.8.8 步进电动机的技术数据	413
11.5.3 测速发电机的选择	389	第12章 电动机常用控制电路	415
11.5.4 交流测速发电机的使用与维 护	390	12.1 电动机基本控制电路	415
11.5.5 交流测速发电机使用注意事 项	391	12.1.1 电动机单向起动、停止控制电 路	415
11.5.6 交流测速发电机的技术数据 (CK系列空心杯转子异步测 速发电机)	391	12.1.2 电动机的短路保护电路	415
11.6 自整角机	392	12.1.3 电动机的过载保护电路	416
11.6.1 自整角机的用途	392	12.1.4 电动机的过电流保护电路	416
11.6.2 自整角机的类型	392	12.1.5 电动机的欠电压保护和失电压 保护电路	416
11.6.3 力矩式自整角机	393	12.1.6 电动机的电气联锁控制电路 ...	417
11.6.4 控制式自整角机	395	12.1.7 电动机的正反向控制电路	418
11.6.5 自整角机的选择	396	12.1.8 电动机的点动与连续运行控制 电路	420
11.6.6 自整角机使用注意事项	396	12.1.9 电动机的多地点操作控制电 路	421
11.6.7 自整角机的常见故障及其排除 方法	397	12.1.10 多台电动机的顺序控制电 路	421
11.6.8 自整角机的技术数据	399	12.1.11 行程控制电路	422
11.7 旋转变压器	401	12.1.12 自动往复循环控制电路	422
11.7.1 旋转变压器的用途	401	12.1.13 无进给切削的自动循环控制电 路	424
11.7.2 旋转变压器的分类	401	12.2 异步电动机起动、调速与制动控制 电路	424
11.7.3 旋转变压器的结构特点	401	12.2.1 三相笼型异步电动机定子绕组 串接电阻(或电抗器)起动的 控制电路	424
11.7.4 正、余弦旋转变压器的工作原 理	402		
11.7.5 旋转变压器的主要技术指标 ...	403		
11.7.6 旋转变压器的选择	404		

12.2.2 三相笼型异步电动机的自耦变压器(补偿器)减压起动的控制电路	426	12.4.4 串励直流电动机起动控制电路	441
12.2.3 三相笼型异步电动机的星形-三角形(Y- Δ)减压起动控制电路	427	12.4.5 直流电动机正反向(可逆)运行控制电路	442
12.2.4 三相笼型异步电动机的延边三角形减压起动控制电路	428	12.4.6 直流电动机能耗制动控制电路	442
12.2.5 三相绕线转子异步电动机转子回路串接电阻起动控制电路	429	12.4.7 直流电动机反接制动控制电路	443
12.2.6 三相绕线转子异步电动机转子回路串接频敏变阻器起动控制电路	431	第13章 常用电动机的选择	445
12.2.7 单绕组双速变极调速异步电动机的控制电路	432	13.1 电动机种类的选择	445
12.2.8 三相绕线转子异步电动机转子回路串接电阻调速控制电路	433	13.1.1 常用电动机的种类及性能特点	445
12.2.9 电磁调速异步电动机控制电路	434	13.1.2 选择电动机的种类时应考虑的主要内容	445
12.2.10 三相异步电动机反接制动控制电路	434	13.2 电动机防护形式的选择	447
12.2.11 三相异步电动机能耗制动控制电路	436	13.3 电动机额定电压的选择	448
12.3 单相异步电动机调速控制电路	438	13.4 电动机额定转速的选择	449
12.3.1 单相异步电动机电抗器调速控制电路	438	13.5 电动机额定功率的选择	449
12.3.2 单相异步电动机绕组抽头L-1型接法调速控制电路	438	13.5.1 负载功率的简易计算	449
12.3.3 单相异步电动机绕组抽头L-2型接法调速控制电路	439	13.5.2 电动机额定功率的选择	450
12.3.4 单相异步电动机绕组抽头T型接法调速控制电路	439	13.6 电动机选择实例	452
12.3.5 单相异步电动机串接电容调速控制电路	439	第14章 常用电动机的检修	454
12.3.6 单相异步电动机晶闸管无级调速控制电路	440	14.1 异步电动机定子绕组常见故障的检修	454
12.4 直流电动机常用控制电路	440	14.1.1 定子绕组接地故障的检修	454
12.4.1 采用起动器的直流电动机起动控制电路	440	14.1.2 定子绕组短路故障的检修	454
12.4.2 他励直流电动机起动控制电路	440	14.1.3 定子绕组断路故障的检修	456
12.4.3 并励直流电动机起动控制电路	441	14.2 异步电动机转子绕组常见故障的检修	457
		14.3 直流电动机电枢绕组常见故障的检修	458
		14.3.1 电枢绕组接地的检修	458
		14.3.2 电枢绕组短路的检修	459
		14.3.3 电枢绕组断路的检修	459
		14.4 换向器常见故障的检修	459
		14.5 电动机绕组的浸漆与烘干	460
		14.5.1 绕组浸漆的目的与基本要求	460
		14.5.2 浸漆处理常用绝缘漆的性能	461
		14.5.3 浸漆处理工艺	461
		14.5.4 烘干绕组的常用方法	464

14.6 电动机修理后的检查与试验	466	A.1 常用漆包线品种、特性及主要用途	496
14.6.1 线圈的检查	466	A.2 漆包圆铜线常用数据表	497
14.6.2 嵌线后绕组的检查与试验	467	A.3 QNF型耐冷冻剂漆包圆铜线规格	500
14.6.3 装配后电动机的检查与试验 ...	469	A.4 QYN型漆包铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能	502
第15章 电机使用与维修中的简易计算	473	A.5 SYN型绞合铜芯聚乙烯绝缘尼龙护套线规格和性能	503
15.1 三相异步电动机	473	附录B 常用绝缘材料	504
15.1.1 三相异步电动机电磁线代用 ...	473	B.1 常用绝缘漆的品种、特性及用途	504
15.1.2 改变笼型三相异步电动机的极数	475	B.2 常用绝缘漆布的品种、特性和用途	505
15.1.3 改变三相异步电动机的电压 ...	478	B.3 电工常用薄膜的性能和用途	506
15.1.4 改变三相异步电动机的频率 ...	481	B.4 电工常用粘带的特性和用途	506
15.1.5 将三相异步电动机接入单相电源运行	484	B.5 电工常用复合制品的性能和用途	507
15.1.6 三相异步电机自励发电	486	B.6 电工常用绝缘漆管的主要性能及有关参数	507
15.2 单相异步电动机	488	附录C 常用辅助材料	509
15.2.1 单相异步电动机电磁线代用 ...	488	C.1 电机常用引接线的型号与规格 ...	509
15.2.2 改变单相异步电动机的电压 ...	489	C.2 三相电动机引接线选用表	509
15.3 直流电动机	491	C.3 槽楔及垫条常用材料	510
15.3.1 直流电动机电磁线代用	491	参考文献	511
15.3.2 改变直流电动机的电压	491		
15.4 单相串励电动机	494		
15.4.1 单相串励电动机电磁线代用 ...	494		
15.4.2 改变单相串励电动机的电压 ...	494		
附录 电机使用与维修常用材料	496		
附录A 常用电磁线	496		

第 1 章 三相异步电动机

1.1 三相异步电动机基础知识

1.1.1 三相异步电动机的基本结构

三相异步电动机主要由两大部分组成，一个是静止部分，称为定子；另一个是旋转部分，称为转子。转子装在定子腔内，为了保证转子能在定子内自由转动，定、转子之间必须有一定的间隙，称为气隙。此外，在定子两端还装有端盖等。笼型三相异步电动机的结构如图 1-1 所示；绕线转子三相异步电动机的结构如图 1-2 所示。

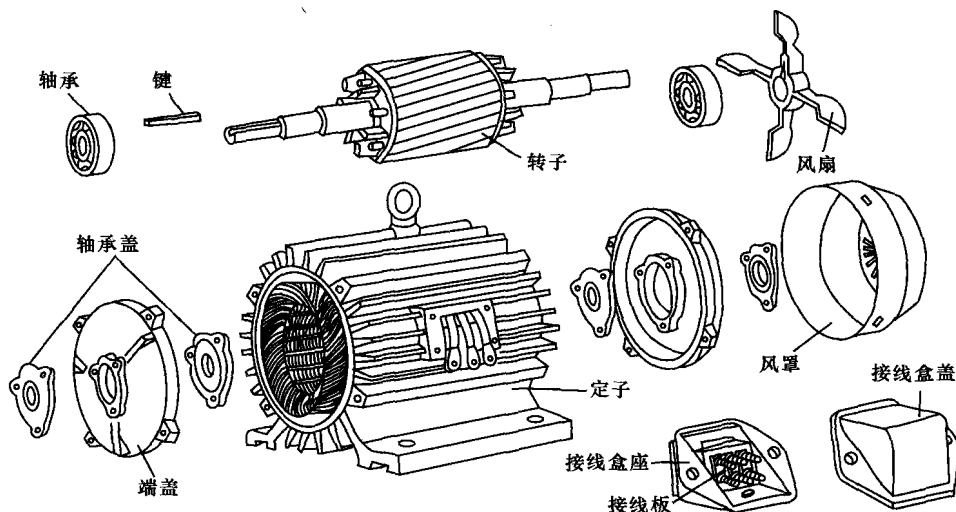


图 1-1 笼型三相异步电动机的结构

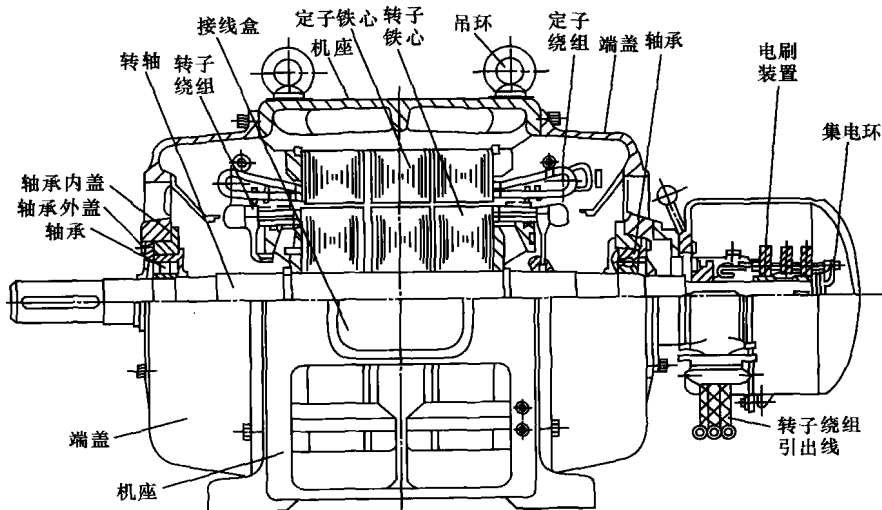


图 1-2 绕线转子三相异步电动机的结构

1. 定子 定子主要由机座、定子铁心、定子绕组等三部分组成。

1) 机座 机座是电动机的外壳和支架，它的作用是固定和保护定子铁心及定子绕组并支撑

端盖。中小型异步电动机的机座一般都采用铸铁铸成，小机座也有用铝合金铸成的。大型异步电动机的机座大多采用钢板焊接而成。机座上设有接线盒，用以连接绕组引线和接入电源。为了便于搬运，在机座上面还装有吊环。

2) 定子铁心 定子铁心是电动机的磁路的一部分，一般用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成。定子硅钢片的表面涂有绝缘漆或硅钢片经氧化处理表面形成氧化膜，使片间相互绝缘，以减小交变磁通引起的涡流损耗。定子铁心直径小于 1m 时，用整圆硅钢冲片；定子铁心直径大于 1m 时，用扇形冲片拼成。在定子冲片的内圆均匀地冲有许多槽，用以嵌放定子绕组。定子铁心与定子冲片如图 1-3 所示。

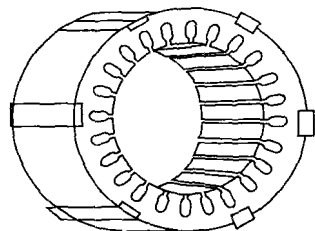


图 1-3 定子铁心

3) 定子绕组 定子绕组是电动机的电路部分。三相异步电动机有三个独立的绕组（即三相绕组），每相绕组包含若干线圈，每个线圈又由若干匝构成。中小型电动机的绕组一般采用高强度漆包圆铜线绕制而成，大中型电动机一般采用外层包有绝缘的扁铜线做成成型线圈。三相绕组按照一定的规律依次嵌放在定子槽内，并与定子铁心之间绝缘。定子绕组通以三相交流电时，便会产生旋转磁场。

2. 转子 转子由转子铁心、转子绕组和转轴等三部分组成。

1) 转子铁心 转子铁心也是电动机磁路的一部分，一般用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，在硅钢片的外圆上均匀地冲有许多槽，如图 1-4 所示，用以浇铸铝条或嵌放转子绕组。转子铁心压装在转轴上。

2) 转子绕组 转子绕组分为笼型和绕线转子两种：①笼型转子绕组。该绕组是由插入每个转子铁心槽中的裸导条与两端的环形端环连接组成。如果去掉铁心，整个绕组就像一只笼子，故称为笼型转子绕组，如图 1-5 所示。中小型异步电动机的笼型转子绕组，一般都用熔化的铝液浇入转子铁心槽中，并将两个端环与冷却用的风扇翼浇注在一起，如图 1-5a 所示。对于容量较大的异步电动机，由于铸铝质量不易保证，常用铜条插入转子槽中，再在两端焊上端环，如图 1-5b 所示。②绕线转子绕组。该绕组与定子绕组相似，也是把绝缘导线嵌入槽内，接成三相对称绕组，一般采用星形（Y）联结，三根引出线通过转轴内孔分别接到固定在转轴上的三个铜制的互相绝缘的集电环（俗称滑环）上，转子绕组可以通过集电环和电刷与外接变阻器相连，用以改善电动机的起动性能或调节电动机的转速。绕线转子如图 1-6a 所示。绕线转子绕组与外加变阻器的连接，如图 1-6b 所示。

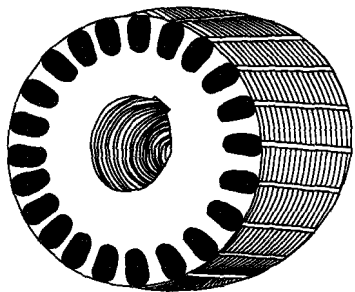


图 1-4 转子铁心

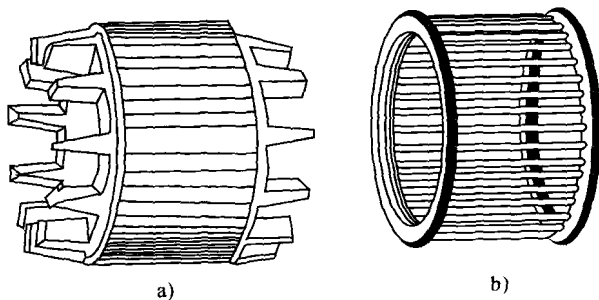


图 1-5 笼型转子绕组

3. 转轴 转轴一般由中碳钢制成，它的作用主要是支承转子、传递转矩，并保证定子与转子之间具有均匀的气隙。气隙也是电机磁路的一部分，气隙越小、功率因数越高、空载电流越小。中小型异步电动机的气隙为 0.2~1mm。气隙太小，会使定子铁心与转子铁心发生“扫膛”现象，并给装配带来困难，因此电动机的气隙量是经过周密计算的。

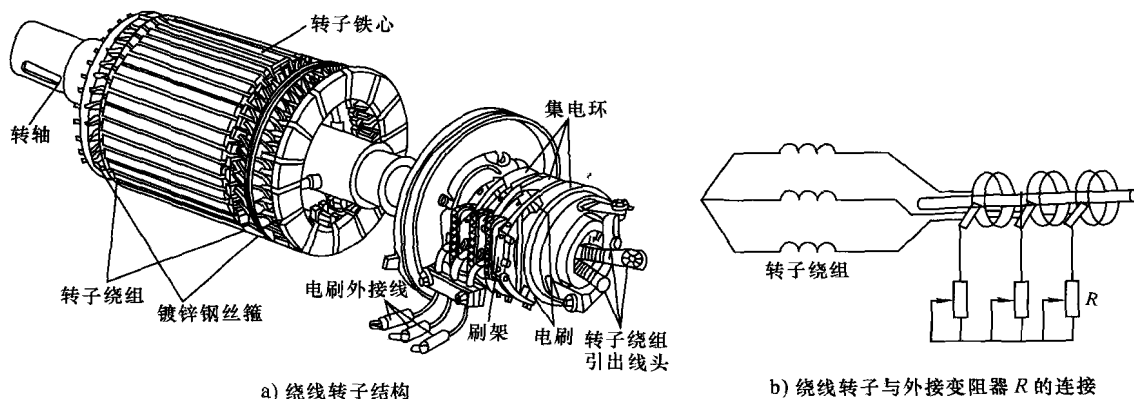


图 1-6 绕线转子

1.1.2 三相异步电动机的工作原理

三相异步电动机工作原理的示意图如图 1-7 所示。在一个可旋转的马蹄形磁铁中，放置一个可以自由转动的笼型绕组，如图 a 所示。当转动马蹄形磁铁时，笼型绕组就会跟着它向相同的方向旋转。这是因为磁铁转动时，它的磁场与笼型绕组中的导体（即导条）之间产生相对运动，磁场逆时针方向旋转，相当于转子导体顺时针方向切割磁力线，根据右手定则可以确定转子导体中感应电动势的方向，如图 b 所示。由于导体两端被金属端环短路，因此在感应电动势的作用下，导体中就有感应电流流过，如果不考虑导体中电流与电动势的相位差，则导体中感应电流的方向与感应电动势的方向相同。这些通有感应电流的导体在磁场中会受到电磁力 f 的作用，导体受力方向可根据左手定则确定。因此，在图 b 中，N 极范围内的导体受力方向向左，而 S 极范围内的导体的受力方向向右，这是一对大小相等、方向相反的力，因此就形成了电磁转矩 T_e ，使笼型绕组（转子）朝着磁场旋转的方向转动起来。这就是异步电动机的简单工作原理。

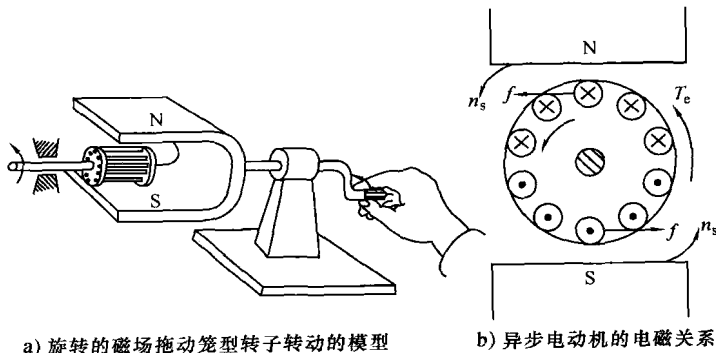


图 1-7 异步电动机工作原理示意图

实际的三相异步电动机是利用定子三相对称绕组通入三相对称电流而产生旋转磁场的，这个旋转磁场的转速 n_s 又称为同步转速。三相异步电动机转子的转速 n 不可能达到定子旋转磁场的转速，即电动机的转速 n 不可能达到同步转速 n_s 。这是因为如果达到同步转速，则转子导体与旋转磁场之间就没有相对运动，因而在转子导体中就不能产生感应电动势和感应电流，也就不能产生推动转子旋转的电磁力 f 和电磁转矩 T_e ，所以，异步电动机的转速总是低于同步转速，即两种转速之间总是存在差异，异步电动机因此而得名，由于转子电流由感应产生，故这种电动机又称感应电动机。

1.1.3 三相异步电动机旋转磁场的产生及特点

1. 旋转磁场的产生 图 1-8 为三相异步电动机定子绕组的示意图。在图 a 中，导体 A 与导体 X 组成一个线圈，导体 B 与 Y、C 和 Z 分别组成另外两个线圈，三个线圈在空间互相相隔 120° ，每个线圈为一相绕组，三相绕组按图 b 连接成星形联结，并把各相的首端 A、B、C 接到三相交流电源上，则就有三相交流电流通过相应的定子绕组。在绕组中通过的三相对称电流的变化规律为

$$i_A = I_m \sin \omega t, \quad i_B = I_m \sin (\omega t - 120^\circ), \quad i_C = I_m \sin (\omega t - 240^\circ)$$

式中, ω 为定子电流的角频率 (rad/s), $\omega=2\pi f_1$; f_1 为定子电流的频率 (Hz); t 为时间 (s)。

各相电流随时间变化的曲线如图 1-9 所示。

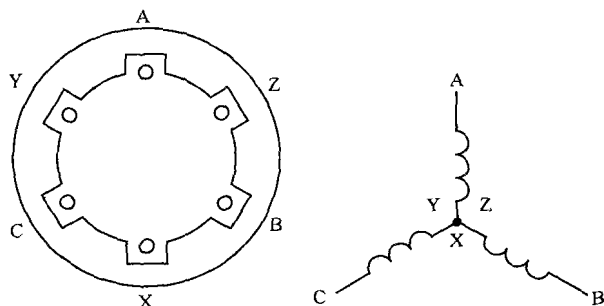


图 1-8 最简单的三相绕组示意图

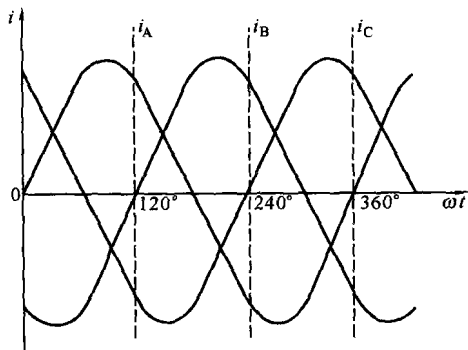


图 1-9 三相对称电流

假定三相交流电流为正值时, 电流从绕组的首端流进, 而从末端流出, 即电流从导体 A、B、C 流入, 用符号 $\otimes$ 表示, 而从导体 X、Y、Z 流出, 用符号 $\odot$ 表示。当电流为负值时, 则方向相反。当绕组通过电流时, 就产生磁场。因为通过的是交变电流, 故绕组产生的磁场也是交变的。下面具体观察在几个不同瞬时定子三相绕组产生的合成磁场。

当 $\omega t=0^\circ$ 时, 由图 1-9 可以看出, $i_A=0$, i_B 为负值, 电流从导体 Y 流入, 从导体 B 流出; i_C 为正值, 电流从导体 C 流入, 从导体 Z 流出。应用右手螺旋定则, 可以确定合成磁场的方向。图 1-10a 表示这一瞬时三相绕组电流的分布情况及产生的合成磁场的方向。

当 $\omega t=120^\circ$ 时, 由图 1-9 可知, $i_B=0$, i_A 为正值, i_C 为负值。此时三相绕组电流分布情况及所产生的合成磁场如图 1-10b 所示。合成磁场比 $\omega t=0^\circ$ 时在空间沿顺时针方向转过了 120° 。

当 $\omega t=240^\circ$ 时, i_A 为负值, i_B 为正值, 而 $i_C=0$, 所产生的合成磁场如图 1-10c 所示, 这时的合成磁场又比 $\omega t=120^\circ$ 时在空间沿顺时针方向转过了 120° 。

电流不断地变化, 合成磁场的方向也不断旋转。由此得出结论: 三相

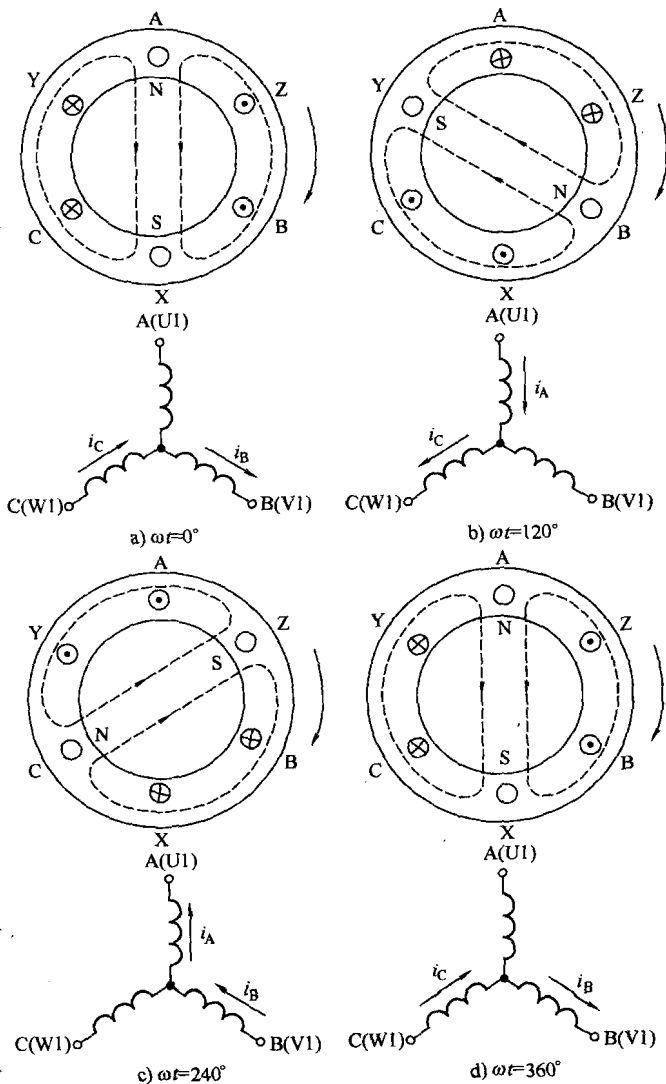


图 1-10 两极旋转磁场的产生