



扫一扫

◀ 扫描书中的“二维码”，开启全新的微视频学习模式

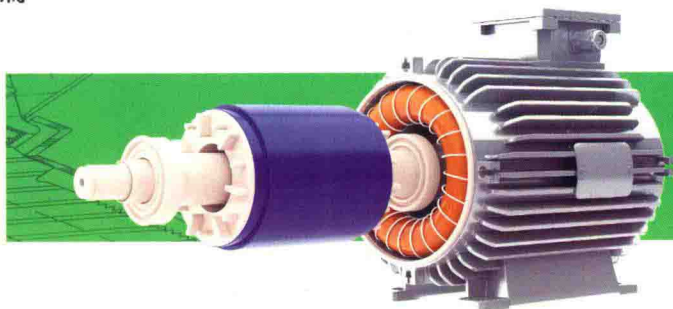


微视频全图讲解系列

微视频 全图讲解 电动机

- ▶ 数码维修工程师鉴定指导中心 组织编写
- ▶ 韩雪涛 主编
- ▶ 吴 瑛 韩广兴 副主编

Micro-video
Diagrammatize



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

微视频全图讲解系列



扫描书中的“二维码”
开启全新的微视频学习模式

微视频

全图讲解电动机

数码维修工程师鉴定指导中心 组织编写
韩雪涛 主编 吴 瑛 韩广兴 副主编

精彩微视频
配合讲解



扫码观看
方便快捷

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书采用“全彩”+“全图”+“微视频”的全新讲解方式，系统全面地介绍电动机的专业知识和应用技能，打破传统纸质图书的学习模式，将网络技术与多媒体技术引入纸质载体，开创“微视频”互动学习的全新体验。读者可以在学习过程中，通过扫描页面上的“二维码”即可打开相应知识技能的微视频，配合图书轻松完成学习。

本书适合相关领域的初学者、专业技术人员、爱好者及相关专业的师生阅读。



使用手机扫描书中的“二维码”，开启全新的微视频学习模式……

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微视频全图讲解电动机/韩雪涛主编. —北京: 电子工业出版社, 2017.10
(微视频全图讲解系列)

ISBN 978-7-121-32615-8

I. ①微… II. ①韩… III. ①电动机—图解 IV. ①TM32-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第211168号

责任编辑: 富 军 特约编辑: 刘汉斌

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 北京天宇星印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 410千字

版 次: 2017年10月第1版

印 次: 2017年10月第1次印刷

定 价: 59.80元

凡所购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88258888、88254888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254456。

编委会

主 编 韩雪涛

副主编 吴 瑛 韩广兴

编 委 张丽梅 马梦霞 朱 勇 张湘萍

王新霞 吴鹏飞 周 洋 韩雪冬

高瑞征 吴 玮 周文静 唐秀鸯

吴惠英

前言



“微视频”扫码轻松学

首先，本书是专门为从事和希望从事电动机设计、制造、调试、维修等相关工作的初学者和技术人员编写的，使读者能够在短时间内迅速提升初学者的专业知识和专业技能，同时，也为从事相关工作的技术人员提供更大的拓展空间，丰富实践经验。

电动机领域实践性强，对读者的专业知识和动手能力都有很高的要求。为了能够编写好本书，我们依托数码维修工程师鉴定指导中心进行了大量的市场调研和资料汇总，从电动机的岗位需求角度出发，对电动机所涉及的专业知识和实操技能进行系统的整理，以国家相关职业资格标准为核心，结合岗位的培训特点，重组电动机技能培训架构，制订出符合现代行业技能培训特色的学习计划，确保读者能够轻松、快速地掌握电动机的各项专业知识和实操技能，以应对相关的岗位需求。

其次，本书打破传统教材的文字讲述模式，在图书的培训架构、图书的呈现方式、图书的内容编排和图书的教授模式四个方面全方位提升图书的品质。

四大特色

- 1** 本系列图书的内容按照读者的学习习惯和行业培训特点进行科学系统的编排，适应当前实操岗位的学习需求。
- 2** 本系列图书全部采用“**全彩**”+“**全图**”+“**微视频讲解**”的方式，充分体现图解特色，让读者的学习变得轻松、简单、易学易懂。
- 3** 图书引入**大量实际案例**，读者通过学习，不仅可以学会实用的**动手技能**，同时可以掌握更多的**实践工作经验**。
- 4** 本系列图书全部采用**微视频讲解互动**的全新教学模式，每本图书在内页重要知识点相关图文的旁边附印二维码。读者只要用手机扫描书中相关知识点的二维码，即可在手机上实时浏览对应的教学视频，视频内容与图书涉及的知识完全匹配，晦涩复杂难懂的图文知识通过相关专家的语言讲解，可帮助读者**轻松领会**，同时还可以极大地**缓解阅读疲劳**。

另外，为了确保专业品质，本书由数码维修工程师鉴定指导中心组织编写，由全国电子行业资深专家韩广兴教授亲自指导。编写人员有行业资深工程师、高级技师和一线教师。本书无处不渗透着专业团队的经验和智慧，使读者在学习过程中如同有一群专家在身边指导，将学习和实践中需要注意的重点、难点一一化解，大大提升了学习效果。

值得注意的是，电动机的种类、功能、原理与绕组绕制、维修等的知识性很强，要想活学活用、融会贯通需结合实际工作岗位进行循序渐进的训练。因此，为读者提供必要的技术咨询和交流是本书的另一大亮点。如果读者在工作学习过程中遇到问题，可以通过以下方式与我们联系交流：

数码维修工程师鉴定指导中心

联系电话：022-83718162/83715667/13114807267

地址：天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401

网址：<http://www.chinadse.org>

E-mail：chinadse@163.com

邮编：300384



编者

第1章 直流电动机的结构原理	1
1.1 直流电动机的种类和功能特点	1
1.1.1 直流电动机的种类	1
1.1.2 直流电动机的功能应用	2
1.2 永磁式直流电动机的结构和工作原理	4
1.2.1 永磁式直流电动机的结构	4
1.2.2 永磁式直流电动机的工作原理	6
1.3 电磁式直流电动机的结构和工作原理	10
1.3.1 电磁式直流电动机的结构	10
1.3.2 电磁式直流电动机的工作原理	12
1.4 有刷直流电动机的结构和工作原理	15
1.4.1 有刷直流电动机的结构	15
1.4.2 有刷直流电动机的工作原理	17
1.5 无刷直流电动机的结构和工作原理	19
1.5.1 无刷直流电动机的结构	19
1.5.2 无刷直流电动机的工作原理	21
第2章 交流电动机的结构原理	27
2.1 交流电动机的种类和功能特点	27
2.1.1 交流电动机的种类	27
2.1.2 交流电动机的功能应用	28
2.2 单相交流电动机的结构和工作原理	31
2.2.1 单相交流电动机的结构	31
2.2.2 单相交流电动机的工作原理	34
2.3 三相交流电动机的结构和工作原理	38
2.3.1 三相交流电动机的结构	38
2.3.2 三相交流电动机的工作原理	42
2.4 交流同步电动机的结构和工作原理	45
2.4.1 交流同步电动机的结构	45
2.4.2 交流同步电动机的工作原理	47

第3章 电动机与电动机控制电路48

3.1 电动机与电动机控制电路的关系.....	48
3.1.1 电动机和电气部件的连接关系	48
3.1.2 电动机控制电路中的主要部件	51
3.2 电动机控制电路的特点.....	56
3.2.1 直流电动机控制电路的特点	56
3.2.2 单相交流电动机控制电路的特点	58
3.2.3 三相交流电动机控制电路的特点	60
3.3 常用电动机控制电路的分析.....	62
3.3.1 直流电动机正、反转控制电路的分析	62
3.3.2 单相交流电动机正、反转控制电路的分析	63
3.3.3 三相交流电动机点动/连续控制电路的分析	64
3.3.4 两台三相交流电动机间歇交替工作控制电路的分析	65

第4章 电动机检修的器材工具66

4.1 电动机常用拆装工具的特点和用法.....	66
4.1.1 螺钉旋具的特点和用法	66
4.1.2 扳手的特点和用法	67
4.1.3 钳子的特点和用法	67
4.1.4 锤子和錾子的特点和用法	69
4.1.5 顶拔器和喷灯的特点和用法	70
4.2 电动机绕组绕制、嵌线和钎焊工具的特点和用法.....	71
4.2.1 绕线机的特点和用法	71
4.2.2 绕线模具的制作方法	71
4.2.3 压线板的特点和用法	73
4.2.4 划线板的特点和用法	73
4.2.5 嵌线材料的特点和用法	74
4.2.6 钎焊工具的特点和用法	75
4.3 电动机常用检测仪表的特点和用法.....	78
4.3.1 万用表的特点和用法	78
4.3.2 钳形表的特点和用法	80
4.3.3 绝缘电阻表的特点和用法	82
4.3.4 万能电桥的特点和用法	84
4.3.5 转速表的特点和用法	86
4.3.6 相序仪的特点和用法	87
4.3.7 指示表的特点和用法	88

第5章 电动机的拆卸与安装.....89

5.1 直流电动机的拆卸.....	89
5.1.1 有刷直流电动机的拆卸	89
5.1.2 无刷直流电动机的拆卸	92
5.2 交流电动机的拆卸.....	94
5.2.1 单相交流电动机的拆卸	94
5.2.2 三相交流电动机的拆卸	95
5.3 电动机的安装.....	99
5.3.1 电动机的机械安装	99
5.3.2 电动机的电气安装	106

第6章 电动机的常用检修方法.....115

6.1 电动机的基本检测方法	115
6.1.1 电动机绕组阻值的检测	115
6.1.2 电动机绝缘电阻的检测	118
6.1.3 电动机空载电流的检测	119
6.1.4 电动机转速的检测	121
6.2 电动机铁芯和转轴的检修方法	122
6.2.1 电动机铁芯的检修	122
6.2.2 电动机转轴的检修	130
6.3 电动机电刷和滑环的检修	137
6.3.1 电动机电刷的检修	137
6.3.2 电动机滑环的检修	142
6.4 电动机日常的保养维护	149
6.4.1 电动机主要部件的日常维护	149
6.4.2 电动机定期维护与检查	158
6.5 电动机常见故障的检修	161
6.5.1 直流电动机不启动故障的检修	161
6.5.2 直流电动机电刷火花过大故障的检修	162
6.5.3 直流电动机不转故障的检修	163
6.5.4 单相交流电动机不启动故障的检修	164
6.5.5 单相交流电动机启动慢故障的检修	165
6.5.6 单相交流电动机转速低故障的检修	166
6.5.7 三相交流电动机外壳带电故障的检修	167
6.5.8 三相交流电动机扫膛故障的检修	168
6.5.9 三相交流电动机温度升高故障的检修	169

第7章 电动机绕组的绕制.....170

7.1 电动机绕组的绕制方式	170
7.1.1 电动机绕组的几种绕制形式	170
7.1.2 计算电动机绕组的绕制数据	175
7.2 电动机绕组的拆除	178
7.2.1 记录电动机绕组的原始数据	178
7.2.2 电动机绕组的拆除方法	183
7.3 电动机绕组的重新绕制	188
7.3.1 电动机绕组绕制前的准备	188
7.3.2 绕组的绕制操作... ..	189
7.4 电动机绕组嵌线的绝缘规范	190
7.4.1 交流电动机绕组的绝缘规范	190
7.4.2 直流电动机绕组的绝缘规范	194
7.5 电动机绕组的嵌线工艺要求	195
7.5.1 单层绕组的嵌线工艺	195
7.5.2 双层绕组的嵌线工艺	200
7.5.3 单双层混合绕组的嵌线工艺	201
7.6 电动机绕组嵌线的基本操作	204
7.6.1 放置槽绝缘	204
7.6.2 嵌放绕组	205
7.6.3 相间绝缘	206
7.6.4 端部整形	207
7.6.5 端部包扎	207
7.7 电动机绕组线端的接线	208
7.7.1 电动机绕组焊接头的连接形式	208
7.7.2 电动机绕组的焊接	208
7.8 电动机绕组的绝缘处理	210
7.8.1 电动机绕组的预烘	210
7.8.2 电动机绕组的浸漆	210
7.8.3 电动机绕组的浸烘处理	211
7.8.4 电动机绕组的涂抹覆盖漆	212

第8章 常用电动机绕组的接线方式213

8.1 单相异步电动机的绕组接线图	213
8.1.1 2极12槽正弦绕组接线图.....	213
8.1.2 4极12槽正弦绕组接线图.....	213
8.1.3 2极24槽 ($Q=24$) 正弦绕组接线图	214

8.1.4 4极24槽 ($Q=20$) 正弦绕组接线图	215
8.1.5 4极32槽 ($Q=24$) 正弦绕组接线图	216
8.1.6 4极36槽 ($Q=28$) 正弦绕组接线图	217
8.2 三相异步电动机的绕组接线图	218
8.2.1 2极30槽 ($Q=30$) 双层叠绕式绕组接线图	218
8.2.2 2极36槽 ($Q=18$) 单层同心式绕组接线图	219
8.2.3 2极36槽 ($Q=36$) 双层叠绕式绕组接线图	220
8.2.4 2极42槽 ($Q=42$) 双层叠绕式绕组接线图	221
8.2.5 2极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图	222
8.2.6 4极24槽 ($Q=24$) 双层叠绕式绕组接线图	223
8.2.7 4极30槽 ($Q=30$) 双层叠绕式绕组接线图	224
8.2.8 4极36槽 ($Q=18$) 单层交叉同心式绕组接线图	225
8.2.9 4极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图1	226
8.2.10 4极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图2	227
8.2.11 4极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图3	228
8.2.12 4极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图4	229
8.2.13 4极60槽 ($Q=36$) 单双层同心式绕组接线图	230
8.2.14 4极60槽 ($Q=60$) 双层叠绕式绕组接线图	231
8.2.15 6极36槽 ($Q=18$) 单层同心式绕组接线图	232
8.2.16 6极36槽 ($Q=36$) 双层叠绕式绕组接线图	233
8.2.17 6极54槽 ($Q=54$) 双层叠绕式绕组接线图	234
8.2.18 8极36槽 ($Q=36$) 双层叠绕式绕组接线图	235
8.2.19 8极48槽 ($Q=24$) 单层链式绕组接线图	236
8.2.20 8极48槽 ($Q=48$) 单层链式绕组接线图	237
8.2.21 8极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图1	238
8.2.22 8极48槽 ($Q=48$) 双层叠绕式绕组接线图2	239
8.2.23 8极54槽 ($Q=54$) 双层叠绕式绕组接线图	240
8.2.24 8极60槽 ($Q=60$) 双层叠绕式绕组接线图	241
8.2.25 10极60槽 ($Q=60$) 双层叠绕式绕组接线图	242



第1章

直流电动机的结构原理

1.1 直流电动机的种类和功能特点

1.1.1 直流电动机的种类

直流电动机主要采用直流供电方式。因此可以说，所有由直流电源（电源有正、负极之分）供电的电动机都可称为直流电动机。

直流电动机按照定子磁场的不同，可以分为永磁式直流电动机和电磁式直流电动机。其中，永磁式直流电动机的定子磁极是由永久磁体组成的，利用永磁体提供磁场，使转子在磁场的作用下旋转；电磁式直流电动机的定子磁极是由铁芯和绕组组成的，在直流电流的作用下，定子绕组产生磁场，驱动转子旋转，如图1-1所示。

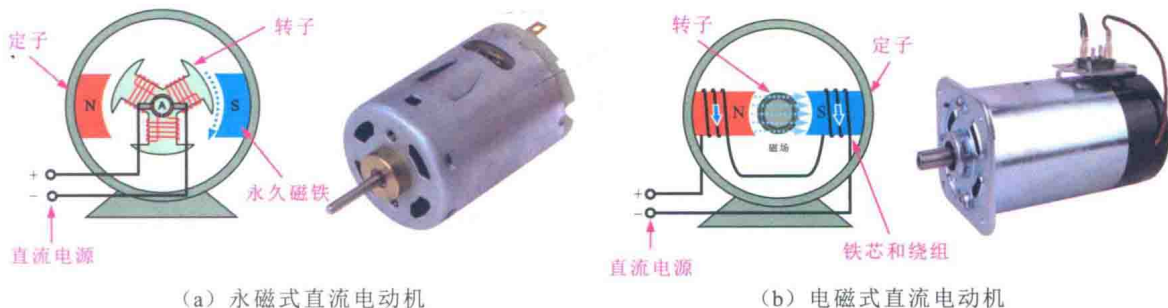


图1-1 永磁式直流电动机和电磁式直流电动机

直流电动机按照结构的不同，可以分为有刷直流电动机和无刷直流电动机。有刷直流电动机和无刷直流电动机的外形相似，主要通过内部是否包含电刷和换向器进行区分，如图1-2所示。

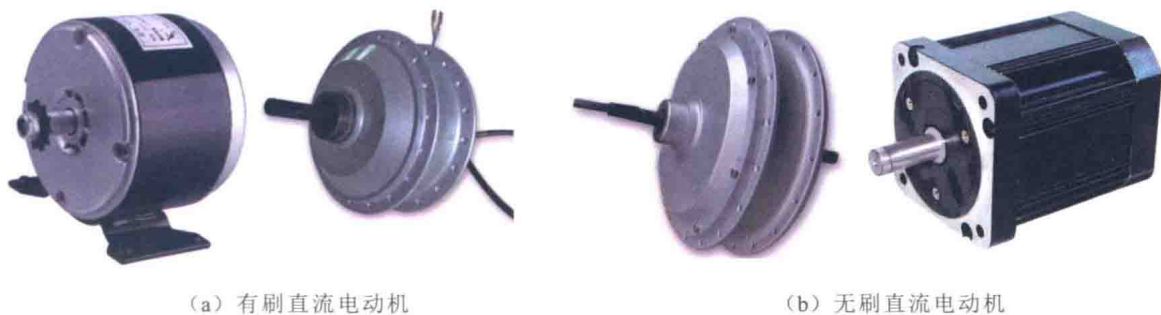


图1-2 有刷直流电动机和无刷直流电动机

1.1.2 直流电动机的功能应用

直流电动机具有良好的启动性能和控制性能，如图1-3所示，能在较宽的调速范围内实现均匀、平滑的无级调速，适用于启、停控制频繁的控制系統。

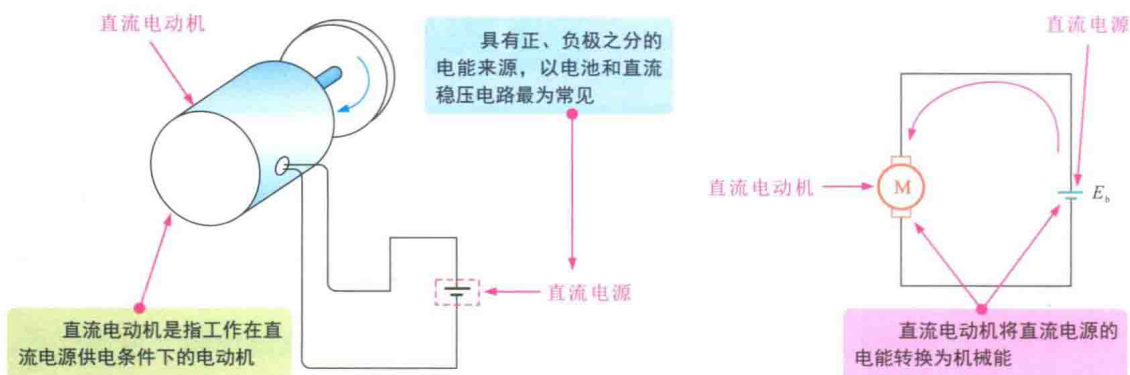
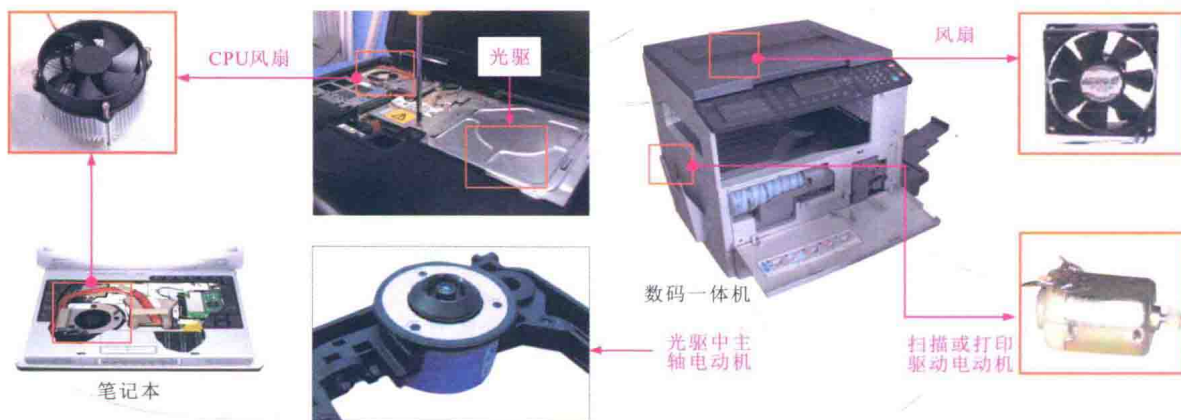


图1-3 直流电动机的功能

直流电动机具有良好的可控性能，很多对调速性能要求较高的产品或设备都采用直流电动机作为动力源。可以说，直流电动机几乎涉及各个领域。例如，在家用电子电器产品、电动产品、工农业设备、交通运输设备中，甚至在军事和宇航等很多对调速和启动性能要求高的场合都有广泛应用，如图1-4所示。



(a) 计算机及办公设备动力驱动部件中的直流电动机



(b) 电动割草机、车载吸尘器中的直流电动机

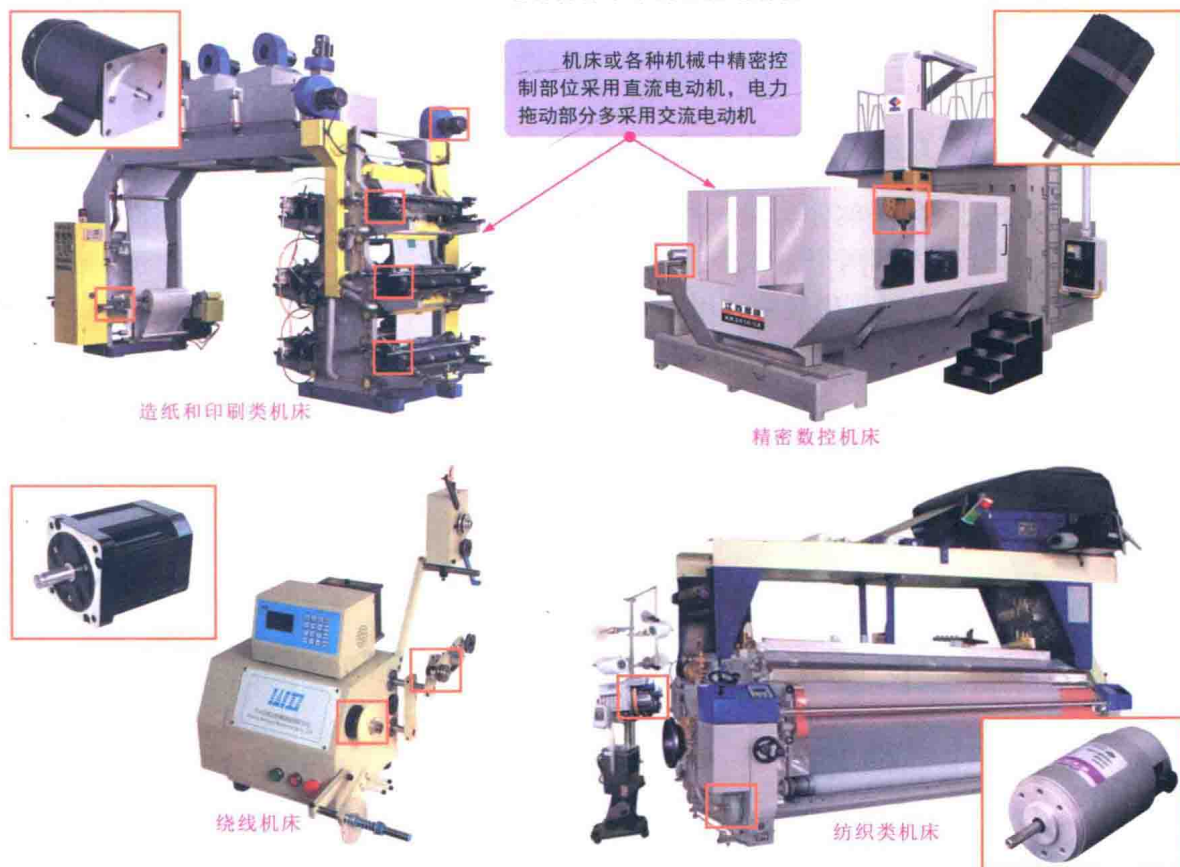
图1-4 直流电动机的应用



(c) 电动缝纫机、充电式手电钻中的直流电动机



(d) 电动自行车中的直流电动机



(e) 工业设备中的直流电动机

图1-4 直流电动机的应用（续）

1.2 永磁式直流电动机的结构和工作原理

1.2.1 永磁式直流电动机的结构

永磁式直流电动机主要由定子、转子和电刷、换向器构成，如图1-5所示。其中，定子磁体与圆柱形外壳制成一体，转子绕组绕制在铁芯上与转轴制成一体，绕组的引线焊接在换向器上，通过电刷供电，电刷安装在定子机座上与外部电源相连。



图1-5 典型永磁式直流电动机的结构

1 永磁式直流电动机的定子

由于两个永磁体全部安装在一个由铁磁性材料制成的圆筒内，所以圆筒外壳就成为中性磁极部分，内部两个磁体分别为N极和S极，这就构成了产生定子磁场的磁极，转子安装于其中就会受到磁场的作用而产生转动力矩。

图1-6为永磁式直流电动机定子的结构。

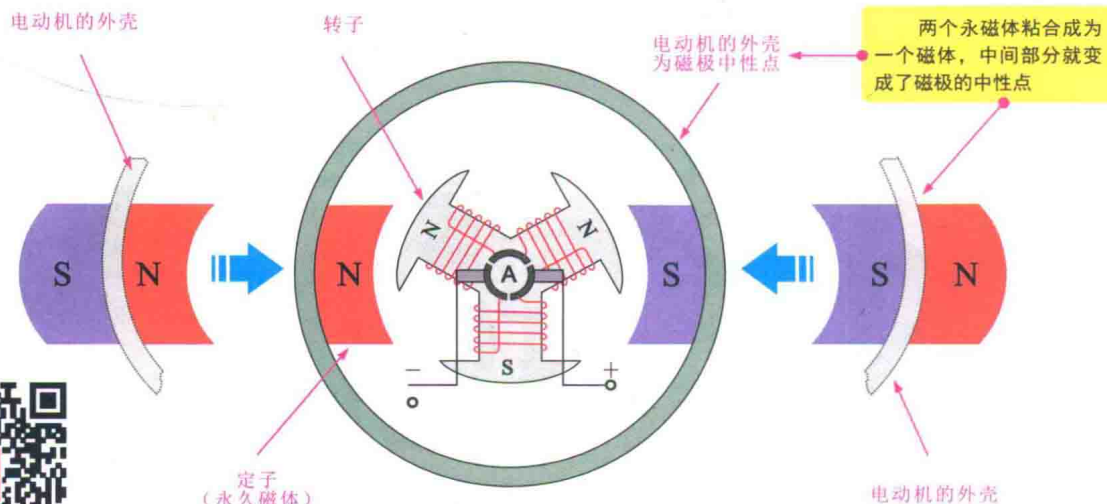


图1-6 永磁式直流电动机定子的结构



2 永磁式直流电动机的转子

永磁式直流电动机的转子是由绝缘轴套、换向器、转子铁芯、绕组及转轴（电动机轴）等部分构成的，如图1-7所示。

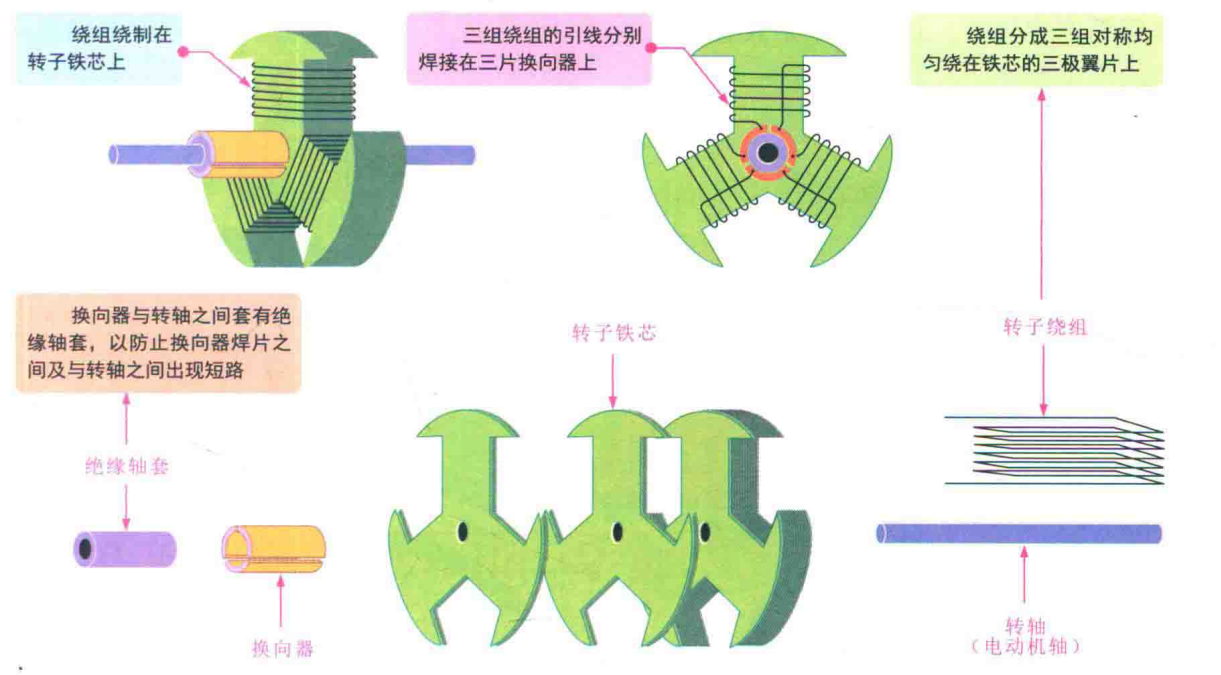


图1-7 永磁式直流电动机转子的结构

3 永磁式直流电动机换向器和电刷部分

换向器是将三个（或多个）环形金属片（铜或银材料）嵌在绝缘轴套上制成的，是转子绕组的供电端。电刷是由铜石墨或银石墨组成的导电块，通过压力弹簧的压力接触到换向器上。也就是说，电刷和换向器是靠弹性压力互相接触向转子绕组传送电流的。

图1-8为永磁式直流电动机换向器和电刷的结构。

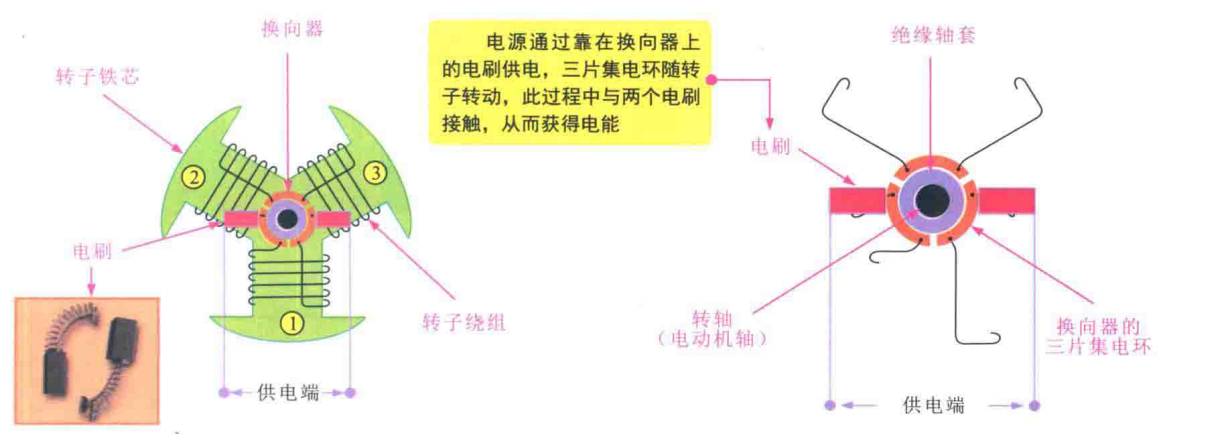


图1-8 永磁式直流电动机换向器和电刷的结构

1.2.2 永磁式直流电动机的工作原理

1 永磁式直流电动机的特性

根据电磁感应原理（左手定则），当导体在磁场中有电流流过时就会受到磁场的作用而产生转矩。这就是永磁式直流电动机的旋转机理。图1-9为永磁式直流电动机转矩的产生原理。

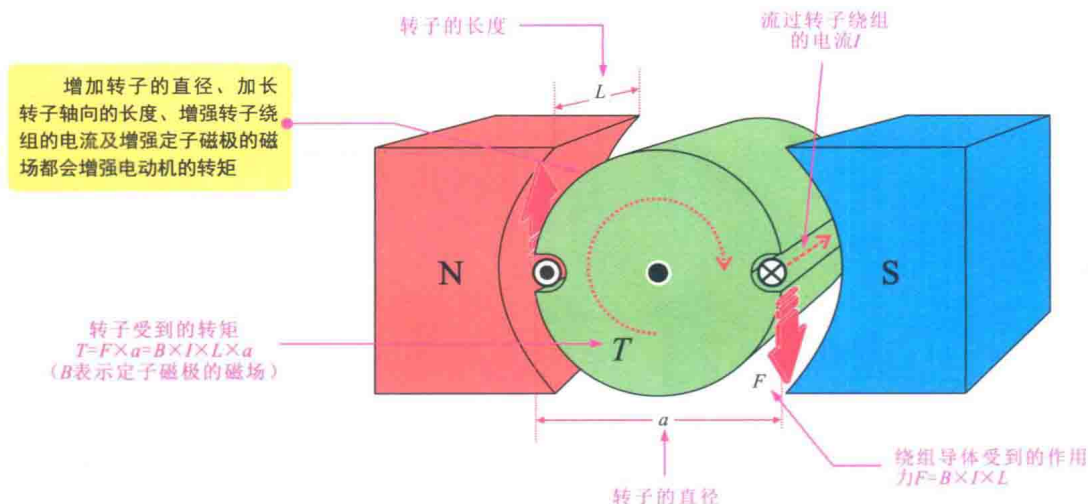


图1-9 永磁式直流电动机转矩的产生原理（1）

由于永磁式直流电动机外加直流电源后，转子会受到磁场的作用力而旋转，当转子绕组旋转时又会切割磁力线而产生电动势，该电动势的方向与外加电源的方向相反，因而被称为反电动势，所以当电动机旋转起来后，电动机绕组所加的电压等于外加电源电压与反电动势之差。其电压小于启动电压。

图1-10为永磁式直流电动机转矩的产生原理。

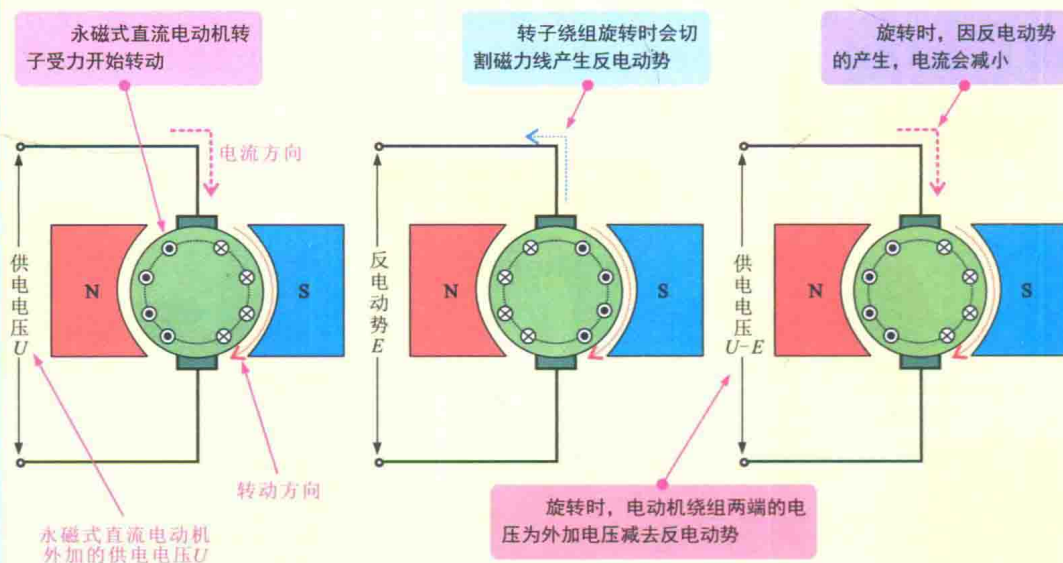


图1-10 永磁式直流电动机转矩的产生原理（2）

图1-11为永磁式直流电动机中各主要部件的控制关系示意图。

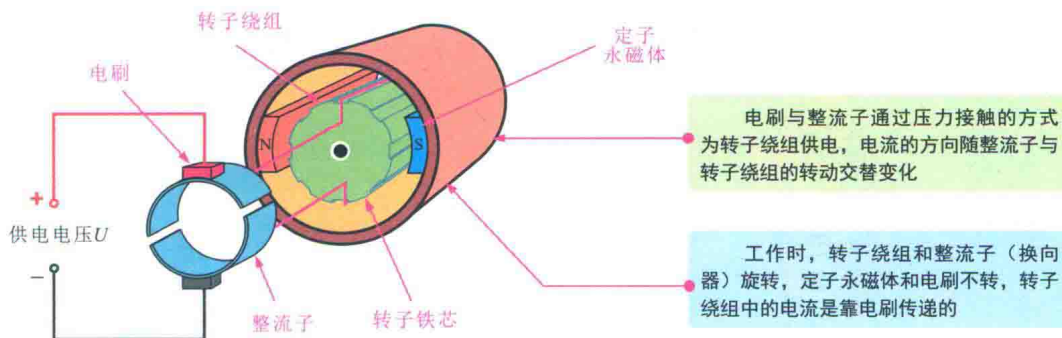


图1-11 永磁式直流电动机中各主要部件的控制关系示意图

永磁式直流电动机根据内部转子构造的不同，可以细分为两极转子永磁式直流电动机和三相转子永磁式直流电动机，如图1-12所示。

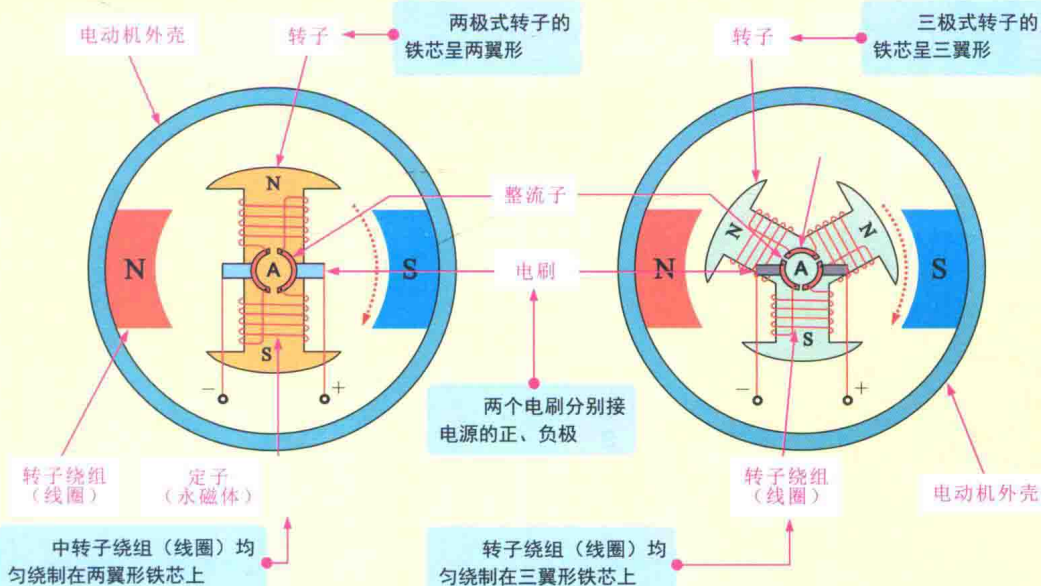


图1-12 两极转子永磁式直流电动机和三相转子永磁式直流电动机

如图1-13所示，通电导体在外磁场中的受力方向一般可用左手定则判断，即伸开左手，使拇指与其余四指垂直，并与手掌在同一平面内，让磁力线穿入手心（手心面向磁场N极），四指指向电流方向，拇指所指的方向就是导体的受力方向。

转子绕组有电流流过时，导体受到定子磁场的作用所产生力的方向，遵循左手定则。

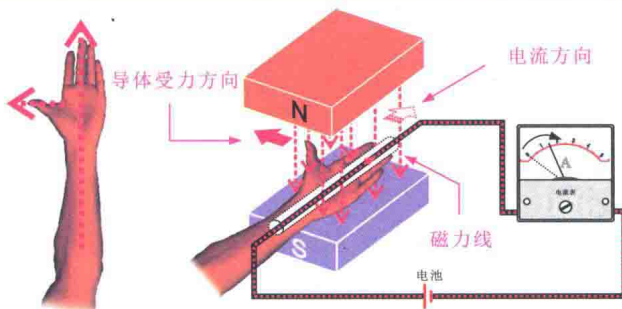


图1-13 左手定则