

DIANDONGJI JI
KONGZHI XIANLU

电动机_及 控制线路

张普庆 杨锦忠 李德俊 编



化学工业出版社

TM320.12/10

2007

DIANDONGJI JI
KONGZHI XIANLU

电动机及 控制线路

张普庆 杨锦忠 李德俊 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电动机及控制线路/张普庆, 杨锦忠, 李德俊编. — 北京: 化学工业出版社, 2007

ISBN 978-7-122-00743-8

I. 电… II. ①张…②杨…③李… III. 电动机-控制
电路 IV. TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 098915 号

责任编辑: 刘 哲 宋 辉

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 陶燕华

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 7 字数 167 千字

2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 16.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国经济的快速发展,各个行业的电气化与自动化程度日益提高。在企业生产、农业生产和人民生活中,电气设备、电动工具和家用电器的用量迅速增长,使用范围也愈加宽广。因而,电气安装、调试、维护和修理工作愈来愈重要,对电气从业人员的技术水平要求也愈来愈高。在各种机械设备和家用电器中,绝大部分采用电动机作为动力源,因此熟悉和掌握各种常用电动机的典型控制线路,以至机械设备和家用电器等各类电气设备的控制线路,对正确使用电气设备及进行故障处理是非常必要的。

本书由各种常用电动机的原理、结构开始介绍,因此非常适合于初级读者使用。同时,本书内容较为广泛,包括直流电动机、三相异步电动机和单相异步电动机的原理、结构、型号、铭牌数据和基本使用方法;常用控制电器的原理、结构、型号和使用方法;电气图及其中的图形符号和文字符号;电气控制线路的基本分析方法;常用电动机的基本控制单元和典型控制线路;在家用电器、机床和工程机械中的电动机控制线路实例分析;电动机控制线路常见故障及处理。

本书由张普庆、杨锦忠和李德俊共同合作完成。

由于作者水平有限,书中如有错误和不足之处,诚请广大读者批评指正。

编者

化学工业出版社电工电子类图书

书 名	定 价
电工常用电气线路	18 元
电工常用工具和仪表	18 元
电工常用元器件和装置	18 元
电工必读	23 元
电工计算 100 例	19 元
电机应用技术	18 元
小功率异步电动机维修技术	39 元
电工技能训练	22 元
电工电子计算手册	42 元
注塑机电子电气电路(附光盘)	45 元
注塑机电路维修(第二版)	45 元
注塑机操作与调校技术	32 元
技术工人岗位培养读本——维修电工	28 元
技术工人岗位培训题库——运行电工	29 元
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工基础	23 元
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工识图	20 元
职业技能鉴定培训读本(技师)——维修电工	36 元
职业技能鉴定培训读本(高级工)——维修电工	31 元
特种作业安全技术培训教材——电工(高压运行维修)	18 元

续表

书 名	定 价
特种作业安全技术培训教材——电工(低压运行维修)	25 元
电工技术培训读本——电工材料	18 元
电工技术培训读本——工厂电气试验	19 元
电工技术培训读本——工厂供配电技术	19 元
电工技术培训读本——电路与电工测量	18 元
电工技术培训读本——电气运行与管理技术	14 元
电子工艺技术入门	20 元
新编实用电子电路 500 例	40 元
实用电子技术基础	20 元
实用电子技术培训读本——电子测量技术问答	24 元
实用电子技术培训读本——电子电路识图	19 元
实用电子技术培训读本——电子电路制作指导	26 元
实用电子技术培训读本——电子元器件的选用与检测问答	28 元
电源集成电路手册(上、下)	136 元
DSP 处理器和微控制器硬件电路	58 元
机电控制集成电路手册	120 元
开关电路手册	58 元
数字逻辑集成电路手册	92 元

以上图书由化学工业出版社 机械·电气分社出版。如果出版新著,请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 www.cip.com.cn。

地址:北京市东城区青年湖南街 13 号 (100011)

购书咨询:010-64518888 编辑:010-64519262

目 录

第 1 章 常用电动机	1
1.1 直流电动机	2
1.1.1 直流电动机的原理与结构	2
1.1.2 直流电动机的铭牌数据及主要系列	8
1.1.3 直流电动机的运行	10
1.2 三相异步电动机	17
1.2.1 三相异步电动机的原理与结构	18
1.2.2 三相异步电动机的铭牌数据及主要系列	22
1.2.3 三相异步电动机的运行	26
1.3 单相异步电动机	35
1.3.1 单相异步电动机的结构与原理	35
1.3.2 单相异步电动机的铭牌数据及主要系列	37
1.3.3 单相异步电动机的运行	40
第 2 章 常用控制电器	46
2.1 常用开关及按钮	47
2.2 熔断器	56
2.2.1 熔断器的外形结构与符号	56
2.2.2 熔断器的原理	57

2.2.3 分类、型号含义	58
2.3 接触器	59
2.3.1 外形结构与符号	59
2.3.2 组成及动作原理	60
2.3.3 型号含义	61
2.4 继电器	62
2.4.1 电磁式继电器	62
2.4.2 时间继电器	65
2.4.3 热继电器	67
2.4.4 速度继电器	70
2.5 常用仪用互感器	72
2.5.1 电流互感器	72
2.5.2 电压互感器	74
2.6 测速发电机	75
第3章 电气识图及基本控制线路	77
3.1 电气图的基本知识	77
3.1.1 电气图中的图形符号及文字符号	77
3.1.2 电气原理图	85
3.1.3 电气元件布置图	88
3.1.4 电气接线图	89
3.2 电气控制线路分析基础	90
3.2.1 电气控制线路分析的内容	90
3.2.2 电气原理图阅读分析的方法	91
3.3 基本控制线路	93
3.3.1 手动启停控制线路	93
3.3.2 点动与长动控制	94
3.3.3 正、反转控制	100
3.3.4 顺序、多点与行程控制	102

3.3.5 时间控制	105
------------------	-----

第4章 电动机的控制线路	108
---------------------------	-----

4.1 直流电动机控制线路	108
---------------------	-----

4.1.1 直流电动机启动控制线路	108
-------------------------	-----

4.1.2 直流电动机调速控制线路	112
-------------------------	-----

4.1.3 直流电动机制动控制线路	114
-------------------------	-----

4.2 单相异步电动机控制线路	117
-----------------------	-----

4.2.1 单相异步电动机启动控制线路	117
---------------------------	-----

4.2.2 单相异步电动机调速控制线路	119
---------------------------	-----

4.2.3 单相异步电动机制动控制线路	126
---------------------------	-----

4.3 三相异步电动机控制线路	127
-----------------------	-----

4.3.1 三相异步电动机启动控制线路	127
---------------------------	-----

4.3.2 三相异步电动机制动控制线路	135
---------------------------	-----

4.3.3 三相异步电动机调速控制线路	139
---------------------------	-----

第5章 常用设备控制线路	145
---------------------------	-----

5.1 单相异步电动机控制实例	145
-----------------------	-----

5.1.1 电风扇控制线路实例	145
-----------------------	-----

5.1.2 洗衣机控制线路实例	149
-----------------------	-----

5.1.3 电冰箱控制线路实例	152
-----------------------	-----

5.1.4 空调器控制线路实例	154
-----------------------	-----

5.2 三相异步电动机控制实例	156
-----------------------	-----

5.2.1 常用机床控制线路	156
----------------------	-----

5.2.2 常用工程机械控制线路	194
------------------------	-----

5.3 控制线路常见故障分析与维修	206
-------------------------	-----

5.3.1 车床常见故障分析及处理	207
-------------------------	-----

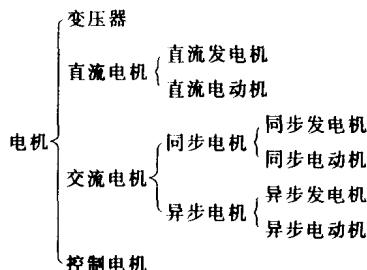
5.3.2 磨床常见故障分析及处理	208
-------------------------	-----

5.3.3 钻床常见故障及处理	208
-----------------------	-----

5.3.4 铣床常见故障及处理	209
5.3.5 刨床常见故障及处理	210
参考文献	212

第1章 常用电动机

电机是利用电磁感应原理工作的机械，它应用广泛，种类繁多，性能各异，分类方法也很多。常用的分类方法是按功能用途分，可分为发电机、电动机、变压器和控制电机四大类。发电机是将机械能转换为电能。电动机则是将电能转换为机械能，作为拖动各种生产机械的动力，是应用最多的动力机械，也是最主要的用电设备，各种电动机所消耗的电能占全国发电总量的60%~70%左右。变压器的作用是將一种电压等级的电能转换为另一种电压等级的电能。控制电机主要用于信号的变换与传递，在各种自动化控制系统中作为多种控制元件使用，如数控机床、计算机外围设备、机器人和音像设备等均大量使用控制电机。电机的分类可归纳如下。本书主要介绍工农业生产和日常生活中常用的直流电动机和交流异步电动机。



1.1 直流电动机

1.1.1 直流电动机的原理与结构

(1) 直流电动机的工作原理

图 1-1 为直流电动机的模型。图中 N、S 为磁极，磁极固定不动，叫做直流电动机的定子。abcd 是固定在可旋转导磁圆柱体上的线圈，线圈连同导磁圆柱体是直流电动机可转动部分，叫做电动机转子（又叫电枢）。线圈的首末端 a、d 连接到两个相互绝缘并可随线圈一起转动的导电片上，这个导电片叫做换向片。转子线圈与外电路的连接是通过放置在换向片上固定不动的电刷进行的。在定子与转子之间有间隙存在，称为空气隙，简称气隙。

把电刷 A、B 接到一个直流电源上，电刷 A 接电源的正极，电刷 B 接电源的负极，在电枢线圈中将有电流流过。如图 1-1(a) 所示，设线圈的 ab 边位于 N 极下，线圈的 cd 边位于 S 极下，由电磁力定律可知每边所受的电磁力的大小为：

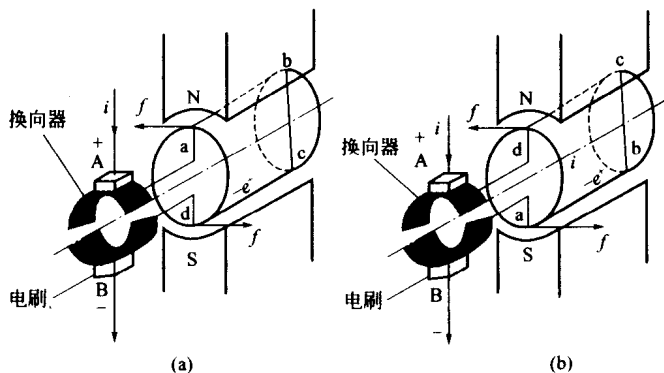


图 1-1 直流电动机模型

$$f = B_x l I$$

式中, B_x 为导体所在处的磁通密度, Wb/m^2 ; l 为导体 ab 或 cd 的有效长度, m ; I 为导体中流过的电流, A (安培); f 为电磁力, N (牛顿)。

导体受力方向由左手定则确定。在图 1-1(a) 的情况下, 位于 N 极下的导体 ab 受力方向为从右到左, 而位于 S 极下的导体 cd 受力方向为从左到右。该电磁力与转子半径的乘积就是电磁转矩, 方向为逆时针。当电磁转矩大于转子轴上的阻力矩时, 线圈按逆时针方向旋转。当电枢旋转到图 1-1(b) 所示位置时, 原位于 S 极下的导体 cd 转到 N 极下, 其受力方向为从右到左, 而原位于 N 极下的导体 ab 转到 S 极下, 导体 ab 受力方向为从左到右。该转矩的方向仍为逆时针方向, 线圈在此转矩下继续按逆时针方向旋转。可以看出, 导体中流通的电流为交变的, 但 N 极、S 极下导体受力方向并未发生改变, 电动机在此方向不变的转矩作用下转动。

需要注意的是, 电枢绕组并不只是一个线圈, 磁极也并非只有一对。

(2) 直流电动机的主要结构

直流电动机可作为电动机运行, 也可作为发电机运行。直流电动机和直流发电机的结构基本相同, 都有可旋转部分和不转部分, 可旋转部分称为转子, 不转部分称为定子。定子与转子之间的间隙称为空气隙。小型直流电动机的结构见图 1-2, 其剖面结构见图 1-3。

① 定子部分

定子主要由主磁极、机座、换向磁极、电刷装置和端盖组成。

主磁极的作用是产生恒定的、有一定空间分布形状的气隙磁通密度。主磁极由主磁极铁芯和放置在铁芯上的励磁绕组构成。主磁极铁芯分为极身和极靴两部分, 极靴的作用是使气隙

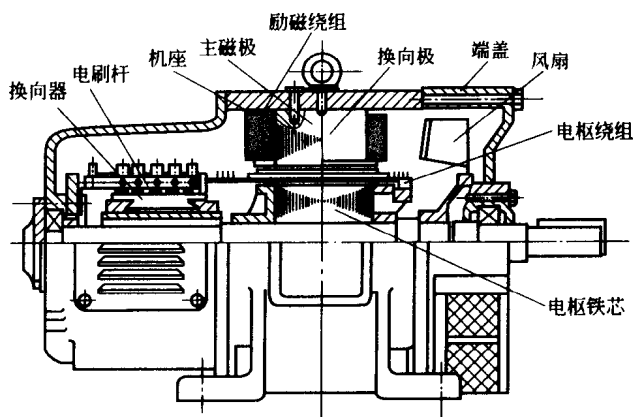


图 1-2 小型直流电动机结构

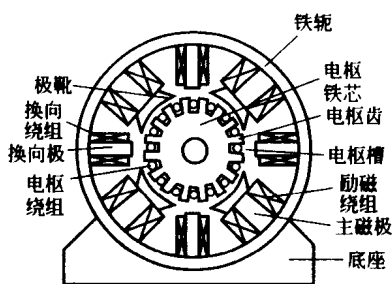


图 1-3 小型直流电动机的剖面图

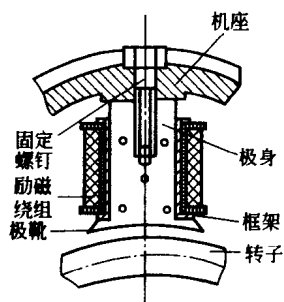


图 1-4 直流电动机主磁极结构

磁通密度的空间分布均匀并减小气隙磁阻，同时极靴对励磁绕组也起支撑作用。为减小涡流损耗，主磁极铁芯用 $1.0 \sim 1.5\text{mm}$ 厚的低碳钢板冲成一定形状，用铆钉把冲片铆紧，然后固定在机座上。主磁极上的线圈是用来产生主磁通的，叫励磁绕组。主磁极的结构见图 1-4。

当给励磁绕组通入直流电时，各主磁极均产生一定极性。相邻两主磁极的极性是 N、S 交替出现的。

直流电动机的机座有两种形式，一种为整体机座，另一

种为叠片机座。整体机座用导磁良好的铸钢材料制成，能同时起到导磁和支撑作用。由于机座起导磁作用，因此机座是主磁路的一部分，叫做定子铁轭。主磁极、换向磁极及端盖都固定在机座上，机座起机械支撑作用。一般直流电动机均采用整体机座。叠片机座是用薄钢板冲片叠压成定子铁轭，再把定子铁轭固定在一个专起支撑作用的机座里，这样定子铁轭和机座是分开的，机座只起支撑作用，可用普通钢板制成。叠片机座主要用于主磁通变化快、调速范围较高的场合。

换向极也叫附加极，结构见图 1-5，其作用是改善直流电动机的换向，一般电动机容量超过 1kW（千瓦）时均应安装换向极。换向极的铁芯比主磁极的简单，一般用整块钢板制成，在上面放置换向极绕组，换向极安装在相邻的两个主磁极之间。为了改善换向，换向极绕组与主磁极绕组相串联。

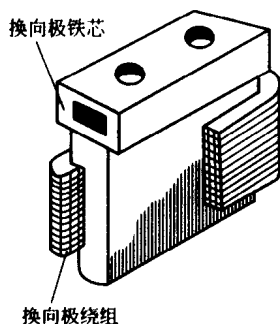


图 1-5 换向极结构图

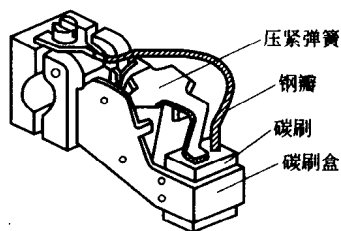


图 1-6 电刷的结构

电刷装置是直流电动机的重要组成部分。通过该装置把电动机电枢（这里，电枢可以简单地理解是转子上的线圈，即图 1-1 中的线圈 abcd）中的电流与外部静止电路相连，或把外部直流电源与电动机电枢相连。电刷装置与换向片一起完成机械

整流,把电枢中的交变电流变成电刷上的直流或把外部电路中的直流变成电枢中的交流。电刷的结构见图 1-6。

端盖主要起支撑作用。端盖固定在机座上,中间放置支撑直流电动机的转轴,使直流电动机能够转动。

② 转子部分

直流电动机的转子是电动机的转动部分,由电枢铁芯、电枢绕组、换向器、电动机转轴和轴承等部分组成。

电枢铁芯是主磁路的一部分,也对放置在其上的电枢绕组(也叫线圈)起支撑作用。为减少当电动机旋转时铁芯中的磁通方向发生变化引起的磁滞损耗和涡流损耗,电枢铁芯通常用 0.5mm 厚的低硅钢片或冷轧硅钢片冲压成形,为减少损耗,在硅钢片的两侧涂绝缘漆,为放置绕组,在硅钢片上冲出转子槽。冲制好的硅钢片叠装成电枢铁芯。图 1-7 是小型直流电动机的电枢冲片形状和电枢铁芯装配图。

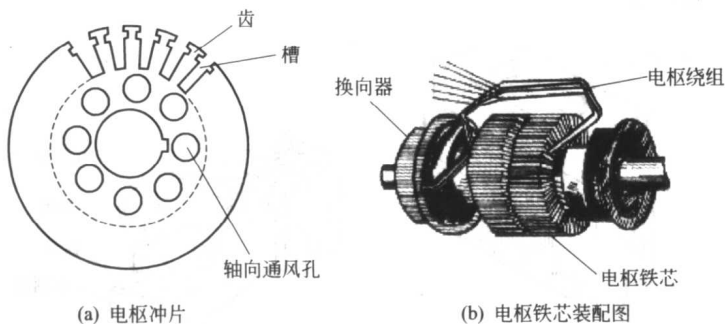


图 1-7 电枢冲片和电枢铁芯装配图

电枢绕组是直流电动机的重要组成部分。绕组由带绝缘的导体绕制而成,小型电动机常采用铜导线绕制,大中型电动机常采用成型线圈。电动机中每一个线圈叫做一个元件,多个元件有规律地连接起来形成电枢绕组。绕制好的绕组或成型绕组放置在电枢铁芯上的槽内,铁芯槽内的直线部分在电动机运行

时将产生感应电动势，称为元件的有效部分；电枢槽两端把有效部分连接起来的部分称为端接部分，端接部分只起连接作用，在电动机运行过程中不产生感应电动势。

换向器也叫整流子。对于发电机，换向器的作用是把电枢绕组中的交变电动势转变为直流电动势向外部输出直流电压；对于电动机，换向器的作用是把外部供给的直流电流转变为绕组中的交变电流以使电动机旋转。换向器结构如图 1-8 所示。换向器由换向片组合而成，是直流电动机的关键部件，也是最薄弱、易损坏的部分。

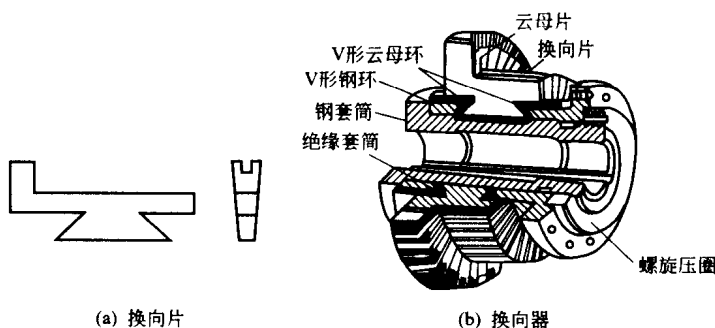


图 1-8 换向器结构

换向器采用导电性能好、硬度大、耐磨性能好的紫铜或铜合金制成。换向片的底部做成燕尾形状，各换向片拼成圆筒形套入钢套筒上，相邻换向片之间以 $0.6 \sim 1.2\text{mm}$ 厚的云母片作为绝缘，换向片下部的燕尾嵌在两端的 V 形钢环内，换向片与 V 形云母片绝缘，最后用螺旋压圈压紧。换向器固定在转轴的一端。

③ 空气隙

在小容量电动机中，定子和转子之间的空气隙为 $0.5 \sim 3\text{mm}$ ，大容量的可到 $10 \sim 12\text{mm}$ 。空气隙的数值虽小，但磁阻很大，故为磁路系统的重要部分，对电动机的运行性能有很大