



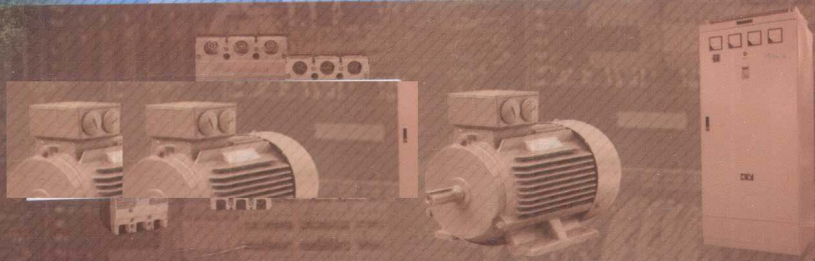
国家示范性高职院校建设项目成果
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

电机与电气控制 项目教程

◎ 殷建国 侯秉涛 主编 ◎ 潘洪坤 副主编 ◎ 谯 锴 主审

- 
- 直流电动机、三相异步电动机的原理与结构
 - 直流电动机的机械特性与调速控制
 - 三相异步电动机的机械特性与调速控制
 - 异步电动机的故障检测与维修
 - 变压器的运行、维修与维护
 - 低压电器元器件
 - 电气控制系统图识读
 - 电气控制系统的控制环节、保护环节线路设计
 - 机床电气控制线路安装与故障诊断
 - 电气控制线路的设计、安装与调试



- ◆ 结合最新的职业教育教学改革成果及作者多年的企业工作经验设计课程内容
- ◆ 以解决生产中电气控制方面的实际问题为目标, 注重岗位操作技能与职业发展能力培养
- ◆ 优选典型的5个学习项目、9个学习任务, 有助于学生牢固掌握知识与技能并顺利就业
- ◆ 配有免费的电子教学课件、习题参考答案和精品课链接网址, 以方便教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高职院校建设项目成果
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

电机与电气控制 项目教程

殷建国 侯秉涛 主 编

潘洪坤 副主编

譙 锴 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据国家示范性高职院校项目式课程教学改革精神,结合作者多年的企业设计与职业教育教学经验,以企业工作岗位的实际技术需求为目标进行编写。全书共设计5个学习项目,分别介绍直流电动机、三相异步电动机、变压器、常用低压电器等基本知识,以三相异步电动机和其他执行电器为控制对象的生产机械的电气控制原理、线路分析方法为重点,培养学生解决生产中电气控制方面实际问题的工程能力。

本书以项目为导向、以能力培养为重点,所有项目均由企业工程人员与高职教师根据工作岗位实际情况结合课程知识点要求进行精心挑选,具有广泛的代表性,符合各院校本课程知识学习与技术应用能力培养的需要。

本书为高职高专院校相应课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、电视大学、自学考试、中职学校、培训班的教材以及工程技术人员的自学参考书。

本书提供免费的电子教学课件、习题参考答案和精品课链接网址,详见前言。

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

电机与电气控制项目教程/殷建国,侯秉涛主编. —北京:电子工业出版社,2011.2

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-12885-1

I. ①电… II. ①殷… ②侯… III. ①电机学—高等学校:技术学校—教材 ②电气控制—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM3 ②TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第016611号

策划编辑:陈健德(E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:侯丽平

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市鹏成印业有限公司

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:12 字数:307.2千字

印 次:2011年2月第1次印刷

印 数:4000册 定价:21.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,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)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。

职业教育 继往开来 (序)

自我国经济在新的世纪快速发展以来,各行各业都取得了前所未有的进步。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

中国电子教育学会立足于电子行业企事业单位,为行业教育事业的改革和发展,为实施“科教兴国”战略做了许多工作。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务和能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,出版反映最新教学改革成果的新教材。中国电子教育学会经常与电子工业出版社开展交流与合作,在职业教育新的教学模式下,将共同为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而提供优质服务。

近期由电子工业出版社组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,具有以下几个突出特点,特向全国的职业教育院校进行推荐。

(1)本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2)本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3)根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4)根据每门课程的内容特点,为方便教学过程对教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育要不断进行改革,创新型教材建设是一项长期而艰巨的任务。为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们殷切希望高职高专院校的各位职教专家和老师提出建议,共同努力,为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

前言



近几年,随着我国经济建设的快速发展,高等职业教育教学改革取得了瞩目的成绩,许多专业课程的教学更加注重对学生职业岗位操作技能与职业发展能力的培养。本书是根据国家示范性高职院校建设项目成果的课程标准及模式,结合企业实际技术应用内容和项目,并针对学生的职业能力和创新能力培养而编写的项目式教材。

本书作者结合多年的企业工作经验及职业教育经验,从企业的实际工作技术应用角度出发,通过设计5个学习项目,分别介绍直流电动机、三相异步电动机、变压器、常用低压电器等基本知识,以三相异步电动机和其他执行电器为控制对象的生产机械的电气控制原理、线路分析方法为重点,培养学生解决生产中电气控制方面实际问题的工程能力。本书在编写时注意与国家中、高级维修电工等级考试大纲、内容与要求相结合,加强电工、维修电工职业技能训练,提高学习者的实践能力。

本书打破了传统的学科式教材模式,以项目为导向,以任务进行驱动,以能力培养为重点构建项目内容,所选项目均由企业工程技术人员与高职教师结合行业工作岗位的实际情况,精心挑选,具有广泛的代表性,能够满足课程知识点的要求;同时增设知识拓展模块,以技术应用为中心,拓展理论知识学习与技术应用能力培养,有利于提高学生的可持续发展能力。参与编写的人员有高等职业院校的教师,也有相关企业具有丰富经验的工程师,充分体现了高等职业教育校企合作、工学结合的特色,也是为培养符合社会和企业需要的高技能应用型人才进行探索。

本书实用性强、内容通俗易懂、易于教学,适合高职高专院校作为相应课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、电视大学、自学考试、中职学校、培训班的教材和工程技术人员的自学参考书。

本书由大连职业技术学院殷建国、侯秉涛担任主编,由大连职业技术学院潘洪坤担任副主编,参加编写的还有大连职业技术学院王刚权、王翔、谢斌及大连天元电机股份有限公司工程师孙磊道。其中项目1、3由潘洪坤、王刚权、孙磊道编写;项目2、5由殷建国、侯秉涛、王翔编写;项目4由殷建国、侯秉涛、谢斌编写。

本书由英特尔半导体有限公司谯锴经理担任主审,并为此书的编写工作提供了宝贵的建议。在本书的编写过程中,得到了编者所在学院的领导、老师及合作企业的大力支持,在此一并表示感谢。

本书配有免费的电子教学课件和习题参考答案,请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。读者也可通过该精品课链接网址(<http://dx.dlvtc.edu.cn/jpk/dx/gcdq/index.htm>)浏览和参考更多的教学资源。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2010年12月





项目 1 电动机的认识与维护	(1)
任务 1 三相笼型异步电动机的拆卸和装配	(2)
1.1 直流电动机	(2)
1.1.1 直流电动机的用途与分类	(2)
1.1.2 直流电动机的原理与结构	(4)
1.1.3 直流电动机的铭牌、型号和额定值	(8)
1.2 三相异步电动机	(9)
1.2.1 异步电动机的用途和分类	(9)
1.2.2 三相异步电动机的原理与结构	(9)
1.2.3 三相异步电动机的铭牌和额定值	(12)
1.2.4 三相异步电动机的合成磁场	(14)
项目实践 1 三相异步电动机的拆装	(18)
知识拓展 1 异步电动机的故障检测与维修方法	(23)
任务 2 三相笼型异步电动机定子绕组首尾端判别与更换	(26)
1.3 直流电动机的电力拖动系统	(26)
1.3.1 直流电动机的负载特性	(26)
1.3.2 直流电动机的机械特性	(27)
1.3.3 直流电动机的调速	(29)
1.3.4 直流电动机调速的允许输出与负载的配合	(30)
1.4 三相异步电动机的电力拖动系统	(32)
1.4.1 三相异步电动机的基本方程式	(32)
1.4.2 三相异步电动机的机械特性	(33)
1.4.3 三相异步电动机的启动	(37)
1.4.4 三相异步电动机的制动	(40)
1.4.5 三相异步电动机的调速	(42)
项目实践 2 定子首尾端判别与更换	(45)
知识拓展 2 交流伺服电动机	(51)
习题 1	(54)
项目 2 变压器的运行、维修、维护	(56)
任务 3 变压器的运行、维修与维护	(57)
2.1 变压器的工作原理、用途及分类	(57)

2.2 变压器的结构与铭牌	(59)
2.3 变压器的运行特性	(66)
2.4 变压器的极性 & 三相变压器的联结组	(68)
2.5 变压器的并联运行	(71)
2.6 变压器的故障与修理	(72)
项目实践 3 变压器的故障分析	(73)
知识拓展 3 自耦变压器和仪用变压器	(77)
习题 2	(79)
项目 3 水塔的电气控制	(80)
任务 4 水塔的人工控制	(81)
3.1 常用低压电器	(81)
3.1.1 刀开关	(81)
3.1.2 断路器	(82)
3.1.3 熔断器	(84)
3.1.4 漏电保护装置	(86)
3.1.5 控制按钮	(87)
3.1.6 接触器	(88)
3.1.7 热继电器	(92)
3.2 电气系统图的类型及有关规定	(94)
3.2.1 常用电气控制系统的符号	(95)
3.2.2 电气控制系统图	(96)
项目实践 4 水塔的人工控制	(100)
知识拓展 4 启保停电路及点动控制	(102)
任务 5 水塔的自动控制	(103)
3.3 有关低压电器	(104)
3.3.1 时间继电器	(104)
3.3.2 行程开关	(108)
3.4 电气控制的基本环节	(111)
3.4.1 互锁控制环节	(111)
3.4.2 多地联锁控制	(112)
3.4.3 顺序控制环节	(113)
3.4.4 位置控制	(114)
3.5 电气控制系统常用的保护环节	(115)
3.5.1 短路保护	(115)
3.5.2 过流保护	(116)
3.5.3 过载保护	(116)
3.5.4 零电压和欠电压保护	(116)
3.5.5 弱磁保护	(117)

项目实践 5 水塔的自动控制	(117)
知识拓展 5 固态继电器和自动往复循环控制	(120)
习题 3	(121)
项目 4 机床控制线路故障维修	(123)
任务 6 CD6140A 车床控制线路安装	(124)
4.1 低压电器介绍	(124)
4.1.1 速度继电器	(124)
4.1.2 电压继电器	(125)
4.1.3 电流继电器	(125)
4.1.4 电磁阀	(126)
4.1.5 电磁离合器	(127)
4.2 三相异步电动机的启动	(128)
4.2.1 三相异步电动机的降压启动	(128)
4.2.2 星形-三角形联结降压启动控制电路	(128)
4.2.3 自耦变压器降压启动控制	(130)
4.3 三相异步电动机的制动	(131)
4.3.1 三相异步电动机的反接制动控制	(131)
4.3.2 三相异步电动机的能耗制动控制	(133)
项目实践 6 车床的电路分析	(135)
知识拓展 6 直流电动机的启停控制	(138)
任务 7 机床电气线路故障的处理	(140)
4.4 机床电气设备故障的诊断步骤与方法	(140)
项目实践 7 车床的电路排查	(145)
知识拓展 7 摇臂钻床、磨床、万能铣床的电气控制线路分析	(146)
习题 4	(156)
项目 5 电气控制线路设计、安装与调试	(157)
任务 8 动力头加工自动控制线路设计	(158)
5.1 电气控制系统设计	(158)
5.1.1 电气控制系统设计的基本原则和内容	(158)
5.1.2 电力拖动方案的确定原则	(159)
5.1.3 拖动电动机的选择	(160)
5.1.4 电气原理图设计	(161)
项目实践 8 机床的控制电路分析	(165)
知识拓展 8 某冷库继电-接触器控制系统设计	(169)
任务 9 电气系统工艺设计及安装调试	(174)
5.2 电气控制系统工艺设计	(174)
5.2.1 电气控制系统工艺设计的内容	(174)
5.2.2 电气接线图和互连图的绘制	(175)

项目实践 9 动力头控制电路的调试与故障分析	(176)
知识拓展 9 小型电动机控制系统工艺设计	(177)
习题 5	(181)
参考文献	(182)



项目 1 电动机的认识与维护

学习目标

本项目主要通过对电动机的认识和维护使用,介绍直流电动机和三相异步电动机的原理、结构、机械特性、启动、制动和调速;了解拆装工艺、维修方法及正确使用方法,能够对定子绕组的首尾端进行判别;实践并掌握异步电动机的拆卸、装配及定子绕组维修的方法。



任务1 三相笼型异步电动机的拆卸和装配

任务描述

为了对电动机进行维护和保养,及时修理电动机故障,电动机的拆卸与装配是电工需要具备的一项基本技能,是电动机检查、清洗、修理的必要步骤,如果拆装不当,把零部件及装配位置弄错,将会给拆装造成困难。因此,了解并掌握电动机的正确拆卸与装配步骤和方法,对日常使用电动机大有好处。

知识链接

1.1 直流电动机

1.1.1 直流电动机的用途与分类

1. 直流电动机的用途

把机械能转变为直流电能的电动机是直流发电机;反之,把直流电能转变为机械能的电动机是直流电动机。

在电动机的发展史上,直流电动机出现得较早,它的电源是电池,后来才出现了交流电动机。当出现了三相交流电以后,三相交流电动机得到迅速的发展。但是,迄今为止,工业领域里仍有使用直流电动机的情况,这是由于直流电动机具有以下突出的优点:

- (1) 调速范围广,易于平滑调速。
- (2) 启动、制动和过载转矩大。
- (3) 易于控制,可靠性较高。

直流电动机多用于对调速要求较高的生产机械上,如轧钢机、电车、电气铁道牵引、挖掘机械、纺织机械等。

直流发电机可用来作为直流电动机以及交流发电机的励磁直流电源。

直流电动机的主要缺点是换向问题,它限制了直流电动机的极限容量,又增加了维护的难度和工作量。但是,由于利用了晶闸管整流电源,使直流电动机的应用增加了一个有利因素。目前,使用直流电动机的场合也较多。

2. 直流电动机的分类

按照直流电动机主磁场的不同,一般可分为两大类:一类是由永磁铁作为主磁极;而另一类则采用给主磁极绕组通入直流电的方式产生主磁场。后一类按照主磁极绕组和电枢绕组接线方式的不同,通常可分为他励式和自励式两种,自励式又可分为并励、串励、复励等。

1) 永久磁铁为主磁极的直流电动机

这种永磁电动机过去常用于录音机、录像机等所需功率很小、机械精度要求高的设备中。



2) 他励电动机

他励电动机的励磁电流由其他的直流电源供电，它与电枢绕组互不相连，如图 1-1 所示。他励电动机的励磁电流由励磁电源电压 U_L 及串联的调节电阻 RP 的大小决定，调节电阻 RP 可以调节励磁电流从而引起主磁通的变化。

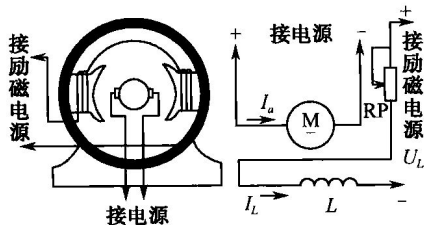


图 1-1 他励电动机的接线图

3) 自励电动机

自励电动机的励磁绕组不需要独立的励磁电源，按励磁绕组连接方式的不同可分为以下 3 种。

(1) 并励电动机 励磁绕组与电枢绕组并联，利用调节电阻调节励磁电流。它的特点是励磁绕组匝数多，导线截面较小，励磁电流值占电枢电流值的一小部分。图 1-2 所示是并励电动机的接线图。

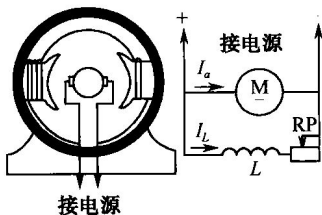


图 1-2 并励电动机的接线图

(2) 串励电动机 励磁绕组与电枢绕组串联，因此，励磁绕组的电流大小与电枢绕组的电流大小相等，它的特点是励磁绕组匝数少，导线截面积较大，励磁绕组上的电压降很小，如图 1-3 所示。

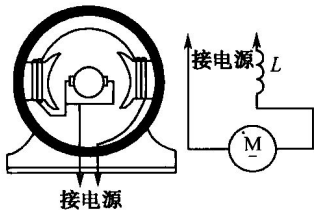


图 1-3 串励电动机的接线图

(3) 复励电动机 主磁极上有两个励磁绕组，一个与电枢绕组并联；另一个与电枢绕组串联，如图 1-4 所示。当两个绕组产生的磁通方向一致时，称为积复励电动机；反之，称为差复励电动机。

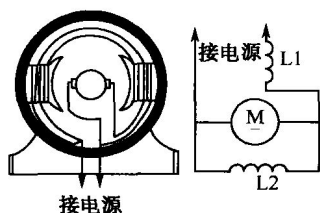
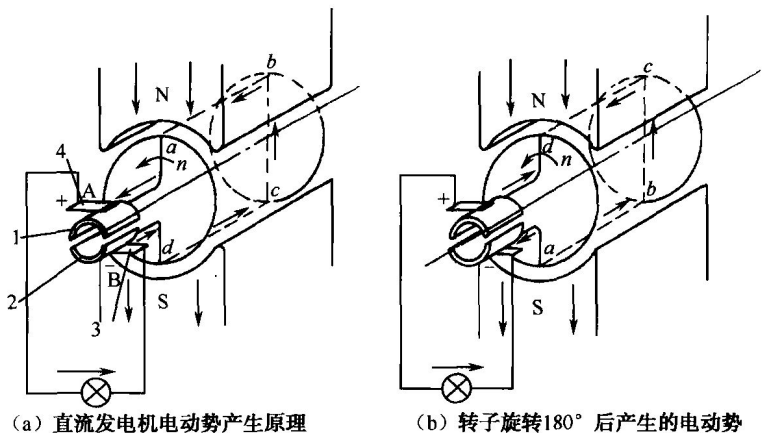


图 1-4 复励电动机的接线图

不同的励磁方式会产生不同的电动机输出特性，从而可适用于不同的场合。

1.1.2 直流电动机的原理与结构

图 1-5 所示为直流发电机模型，它包括静止的主磁极 N、S，可以转动的线圈 $abcd$ ，线圈两端分别装有两个互相绝缘的换向片 1、2，固定不动的电刷 3、4，随着线圈的转动，电刷 3、4 轮流与换向片 1、2 分别相连接，并通过电刷连接负载。



1、2—换向片；3、4—电刷

图 1-5 直流发电机模型

1. 直流发电机的工作原理

根据电磁感应原理，导体在磁场内做切割磁力线的运动时，在导体中就有感应电动势产生。用外力转动直流发电机的转子，使线圈以转速 n 逆时针方向旋转，切割主极磁场，在线圈 $abcd$ 内就会产生感应电动势，其方向可以用右手定则判定：在导体 ab 上，电动势方向由 b 指向 a ，在导体 cd 上，电动势方向由 d 指向 c ；当线圈转过 180° 时，导体 ab 和 cd 互换了位置，导体 ab 的电动势方向变成由 a 指向 b ，导体 cd 的电动势方向则由 c 指向 d ；当线圈逆时针再转过 180° 时，线圈又回到如图 1-5 所示的位置，导体中的电动势方向又成为原来的方向。

线圈每旋转一周，线圈 $abcd$ 中所产生的感应电动势的方向就交变两次，由此可见，在直流发电机内部，线圈中产生的感应电动势是交变电动势。



2. 直流电动机的工作原理

直流电动机是根据通电导体在磁场内受力而运动的原理制成的。在如图 1-5 所示的直流发电机模型中,电刷 4、3 两端加上直流电压,线圈 $abcd$ 内便有电流通过,如果电刷 4 接电源的正极、电刷 3 接电源的负极,导体 ab 在 N 极下方,电流方向从 a 流向 b ,导体 cd 在 S 极下方,电流方向从 c 到 d ,通电导体 ab 和 cd 将受到电磁力的作用,用左手定则可以判断电磁力的方向,电磁力和转子半径的乘积即为电磁转矩,电动机就能转动起来。

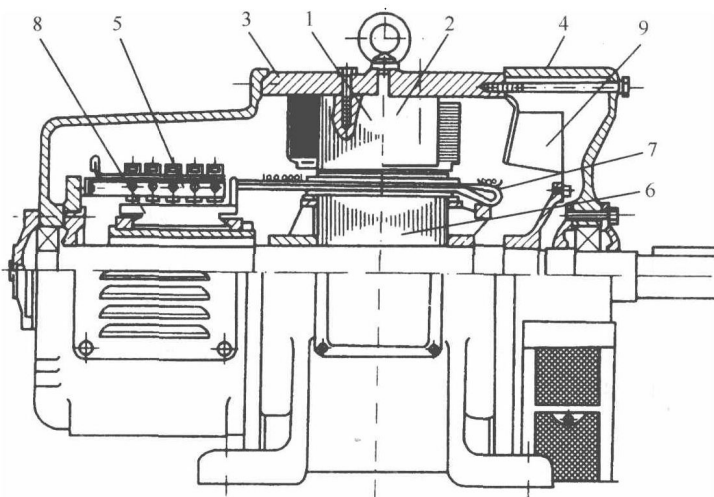
电枢转动以后,导体 ab 和 cd 在磁极中交换位置,在换向器的作用下,使与它们相连的电刷也同时改变,这样进入 N 极下方的导体的电流方向总是流入的,进入 S 极下方的导体的电流方向总是流出的,从而保证了电动机产生的电磁力矩始终不变,电枢沿着逆时针方向一直转动下去。

由此可以归纳出直流电动机的工作原理:直流电动机在外加电压的作用下,在导体中形成电流,载流导体在磁场中将受到电磁力的作用,由于换向器的换向作用,导体进入异性磁极时,导体中的电流方向也随之改变,从而保证了电磁转矩的方向不变,使直流电动机能连续旋转,把直流电能转换成机械能输出。

直流电动机的运行是可逆的。当它作为发电机运行时,外加转矩拖动转子旋转,线圈产生感应电动势,接通负载以后提供电流,从而将机械能转换成电能。当它作为电动机运行时,通电的线圈在磁场中受力,产生电磁转矩并拖动机械负载转动,从而将电能变成机械能。

3. 直流电动机的结构

直流电动机的形式是多种多样的,图 1-6 为国产 Z2 系列直流电动机的剖面图。由图可见,直流电动机的所有部件可以分为固定的和转动的两大部分。固定不动的部分称为定子,转动部分称为转子。定子与转子之间应留有一定的空气隙,一般小型电动机的气隙为 $0.7\sim 5\text{ mm}$,大型电动机为 $5\sim 10\text{ mm}$ 。



1—主磁极; 2—换向磁极; 3—机座; 4—端盖; 5—电刷装置; 6—电枢铁心; 7—电枢绕组; 8—换向器; 9—风扇

图 1-6 国产 Z2 系列直流电动机的剖面图

下面介绍定子、转子中各主要部件的构造和作用。



1) 定子部分

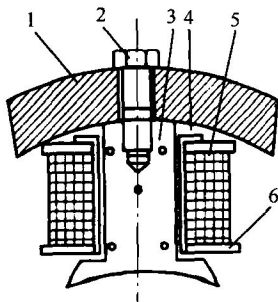
直流电动机定子的主要作用是产生主磁场和作为机械的支撑。定子包括机座、主磁极、换向磁极、端盖和轴承等。电刷装置也固定在定子上。

(1) 机座。机座有两方面的作用：一方面起导磁作用，作为电动机磁路的一部分；另一方面起支撑作用，用来安装主磁极、换向磁极，并通过端盖支撑转子部分。机座一般用导磁性能较好的铸钢件或钢板焊接而成，也可直接用无缝钢管加工而成。

(2) 主磁极。主磁极用来产生电动机工作的主磁场，它由主磁极铁心和励磁绕组组成，如图 1-7 所示。

主磁极铁心为电动机磁路的一部分，为了减少涡流损耗，一般采用厚 1~1.5 mm 的钢板冲制后叠装制成，用铆钉铆紧称为一个整体。

目前，常采用晶闸管整流电源作为直流电动机的直流电源，晶闸管整流电源一般是通过单相或三相交流电整流获得，它输出的电压、电流并不是纯直流，还含有一定的交流谐波。这就给直流电动机带来了换向困难、损耗增加、噪声大、振动剧烈等问题。为了减少交流谐波在主磁极和机座中造成的涡流损耗，采用 0.5 mm 厚的表面有绝缘层的硅钢片制作主磁极和定子磁轭，Z4 系列直流电动机就是这样设计的。主磁极绕组的作用是通入直流电产生励磁磁场，小型电动机用电磁线绕制，大型电动机则用扁铜线绕制。绕组经绝缘处理后，套在主磁极铁心上，整个主磁极再用螺栓紧固在机座上。



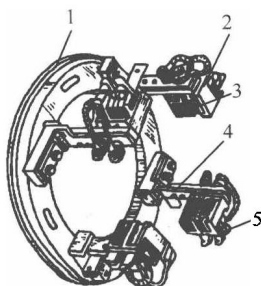
1—机座；2—主磁极螺钉；3—主磁极铁心；4—框架；5—主磁极绕组；6—绝缘垫衬

图 1-7 主磁极结构

(3) 换向磁极。换向磁极是位于两个主磁极之间的小磁极，又称附加磁极。其作用是产生换向磁场，改善电动机的换向。它由换向磁极铁心和换向磁极绕组组成。

换向磁极铁心一般用整块钢或钢板制成。在大型电动机和用晶闸管供电的功率较大的电动机中，为了更好地改善电动机的换向，换向磁极铁心通常采用硅钢片叠片结构。换向磁极绕组制作和主磁极绕组一样，先套装在换向磁极铁心上，后固定在机座上。换向磁极绕组应当与电枢绕组串联，并且极性不得反接。小型直流电动机换向过程较为简单，一般不用换向磁极。

(4) 电刷装置。电刷装置的作用是通过电刷与换向器的滑动接触，把电枢绕组中的电动势引导至外电路，或把外电路的电压、电流引入电枢绕组。电刷装置由电刷、刷握、刷杆、刷杆座和压力弹簧等组成，如图 1-8 所示。



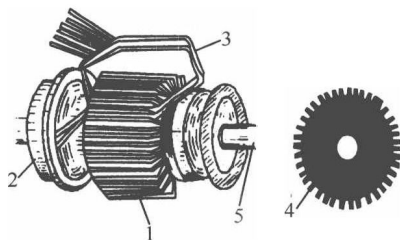
1—刷杆座；2—刷握；3—电刷；4—刷杆；5—压力弹簧

图 1-8 电刷装置

电刷要有较好的导电性和耐磨性，一般采用石墨粉压制而成，电刷放在刷握中的刷盒内，利用压力弹簧把电刷压在换向器上，刷握固定在刷杆上，借助铜丝辫把电流从电刷引到刷杆上，再由导线连接到接线盒中的接线端子上。通常，刷杆是用绝缘材料制作而成的，刷杆固定在刷杆座上，成为一个相互绝缘的部件。

2) 转子部分

转子通称电枢，它是产生感应电动势、电流、电磁转矩，实现能量转换的部件。它由电枢铁心、电枢绕组、换向器、风扇和转轴等组成，如图 1-9 所示。



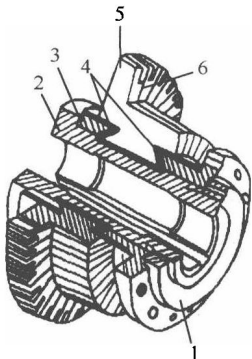
1—电枢铁心；2—换向器；3—电枢绕组；4—铁心冲片；5—转轴

图 1-9 电枢

(1) 电枢铁心。电枢铁心是直流电动机主磁路的一部分，在铁心槽中嵌放电枢绕组。电枢转动时，铁心中的磁通方向不断变化，会产生涡流和磁滞损耗。为了减少损耗，电枢铁心一般采用 0.5 mm 厚的表面有绝缘层的硅钢片叠压而成。图 1-9 中的 4 是铁心冲片，铁心外圆周均匀开槽用于嵌放电枢绕组，轴向有轴孔和通风孔。

(2) 电枢绕组。电枢绕组的作用是通过电流产生感应电动势和电磁转矩实现能量转换。电枢绕组通常用圆形或矩形的绝缘导线绕制而成。再按一定的规律嵌放在电枢铁心槽内，利用绝缘材料进行电枢绕组和铁心之间的绝缘处理。并对电枢绕组采取紧固措施，以防止旋转时被离心力抛出。

(3) 换向器。换向器的作用是将电枢的交流电动势和电流转换成电刷间的直流电动势和电流，从而保证所有导体上产生的转矩方向一致。换向器结构如图 1-10 所示。



1—螺旋压圈；2—换向器套筒；3—V形压圈；4—V形云母环；5—换向铜片；6—云母片

图 1-10 换向器结构（装配式）

换向器由许多特殊形状的梯形铜片和起绝缘作用的云母片间隔叠成圆筒形，凸起的一端称为升高片，用来与电枢绕组的端头相连；下面有燕尾槽，利用换向器套筒、V形压圈及螺旋压圈将换向片及云母片紧固成一个整体；在换向片与套筒、压圈之间用V形云母环绝缘，最后将换向器压在转轴上，这属于装配式。在中、小型直流电动机中常用的是整体式，它把铜片热压在塑料基体上，成为一个整体。

（4）转轴。转轴的作用是用来传递转矩的，为使电动机能够可靠地运行，转轴一般用合金钢锻压加工而成。

（5）风扇。风扇用来降低运行中电动机的温度。

1.1.3 直流电动机的铭牌、型号和额定值

1) 铭牌

在直流电动机的外壳上都有一块铭牌，它提供了电动机在正常运行时的额定数据和其相关内容，以使用户正确使用直流电动机。直流电动机铭牌举例说明如下：

直流电机		
标准编号		
型号 Z3-31	1.1 kW	110 V
13.45 A	1 500 r/min	励磁方式 他励
励磁电压 100 V	励磁电流 0.713 A	
绝缘等级 B	定额 S1	质量 59 kg
出品编号	出品日期	1990 年 月
××电机厂		

2) 型号

