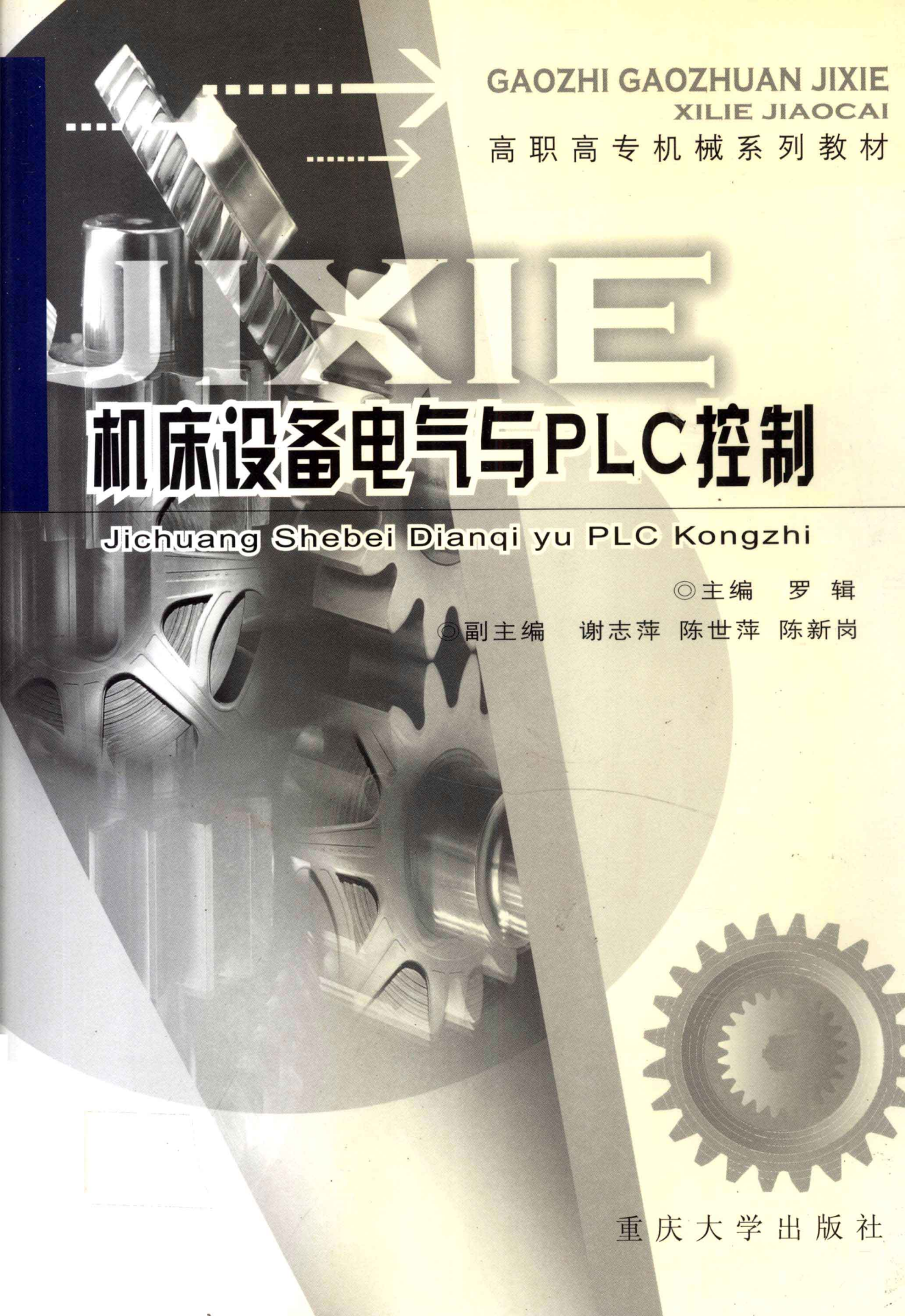




GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI

高职高专机械系列教材

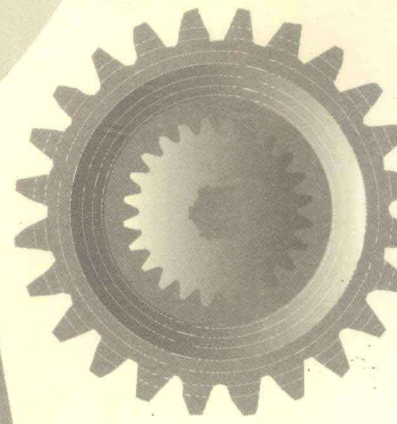
JIXIE

机床设备电气与PLC控制

Jichuang Shebei Dianqi yu PLC Kongzhi

◎主编 罗 辑

◎副主编 谢志萍 陈世萍 陈新岗



重庆大学出版社

机床设备电气与 PLC 控制

主 编 罗 辑

副主编 谢志萍 陈世平 陈新岗

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

《机床设备电气与 PLC 控制》是根据机械类高职高专系列教材“机床设备电气与 PLC 控制”课程教学大纲编写的。

全书共分 9 章,内容包括:电动机(包括直流电动机、交流电动机、步进电动机、控制电机)及其电气控制原理、机床继电器-接触器控制系统、机床电气控制电路设计、可编程控制器的基础知识、可编程控制器的编程方法及应用。每章后附有习题和思考题。附录中选有电气图常用图形符号新旧对照表和 PLC 编程器的使用说明。

本书全面贯彻了高职高专教材“理论够用为度,重在实践”的指导方针,力求突出机电结合、电为机用的特色,尽力做到理论联系实际,元器件的介绍着重于外部特性和在机床电气控制系统中的应用。课程体系新,内容全面、实用,由浅入深,重点突出。

本书可作为高职及大专院校机电工程类专业学生教材,并可作为机械工程类专业电大、函大、夜大、职大生的教材,还可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床设备电气与 PLC 控制/罗辑主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.4

(高职高专机械系列教材)

ISBN 7-5624-3088-8

I. 机... II. 罗... III. ①机床—电气设备—高等学校:技术学校—教材②机床—可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TG502.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 024670 号

机床设备电气与 PLC 控制

主 编 罗 辑

副主编 谢志萍 陈世平 陈新岗

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:蓝安梅 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆铜梁正兴印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.625 字数:362 千

2004 年 5 月第 1 版 2006 年 6 月第 2 次印刷

印数:4 001—8 000

ISBN 7-5624-3088-8/TH·103 定价:19.50 元



本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

为适应机床电气自动控制技术迅速发展的需要,根据机械类高职高专教学大纲,结合多年来从事教学、科研的实践,着手编写了这本教材。

“机床设备电气与 PLC 控制”课程是机械电子工程类专业的一门必修的专业基础课,它是机电一体化人才所需电知识结构的躯体。由于电力传动控制装置和电气自动控制装置已经成为现代机床设备所不可缺少的部分,因此本课程的任务是使学生了解机床设备电气控制的一般知识,掌握各类电动机、控制电器与执行电器的工作原理、特性应用和选用的方法,掌握可编程控制器(PLC)的组成与工作原理、编程方法及在工业中的应用。

本书的组成系统是根据机械电子工程专业的需要,本着“理论够用为度,重在实践”的精神而构建的,内容比较全面,在编写过程中着重考虑了以下几个原则:

①原理与应用——两者并重,注意理论与实际应用紧密结合。

②元件与系统——两者紧密结合,只是元件更注重其外部特性,为在系统中的应用服务。

③定性与定量——重在定性,但也要建立必要的数量概念。

④保旧与建新——既要保旧,以反映我国机床设备电气控制技术的现状,同时又要建新,密切跟踪世界科技发展的前沿,适应机床设备电气控制新技术的需要。

⑤掌握与了解——对目前实践中正在广泛应用的知识要熟练掌握,对现已出现并开始应用的新技术要了解。

书中所有图形符号采用中华人民共和国国家标准 GB4728—85,文字符号采用 GB7159—87,量和单位采用 GB3100 ~ 3102—86。

本课程的前修课是高等数学、物理和电工电子技术基础,它又为后续课程数控原理、微机控制系统等打下基础。

本书是机械类专业高职高专教材,除可作为机械制造及自动化、机电一体化、机械设计及制造以及与之相近专业的教材以外,也可供其他有关专业和从事机械、电气方面的工程技术人员参考。

本书由罗辑主编。第1、3、7章由罗辑编写,第2章由陈新岗编写,第4章由陈世平编写,第5章由廖仕利和吴家福编写,第6章由张罡编写,第8、9章由谢志萍和唐毅锋编写。全书由罗辑负责统稿和定编。覃毅和廉星慧为本书的录入做了大量工作,在此表示感谢。

限于编者的水平,书中难免有缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者
2004 年 3 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 机床电气拖动与电气控制发展概况	2
第2章 交流电动机的特性及电气控制原理	5
2.1 概 述	5
2.2 三相异步电动机的结构	7
2.3 三相异步电动机的转动原理	10
2.4 三相异步电动机的电路分析	14
2.5 三相异步电动机的功率及转矩	17
2.6 三相异步电动机的启动	21
2.7 三相异步电动机的调速	26
2.8 三相异步电动机的制动	28
第3章 直流电动机的特性及电气控制原理	31
3.1 直流电动机的机械特性	31
3.2 直流他励电动机的启动特性	36
3.3 直流他励电动机的调速特性	38
3.4 直流他励电动机的制动特性	40
第4章 步进电动机及其驱动控制系统	50
4.1 步进电动机	50
4.2 步进电动机的运行特性及选用	55
4.3 步进电动机的驱动控制	59
第5章 控制电机	65
5.1 交流伺服电动机	65
5.2 直流伺服电动机	69
5.3 力矩电动机	71
5.4 小功率同步电动机	72
5.5 测速发电机	74

5.6	自整角机	75
5.7	直线电动机	78
第6章	机床继电器-接触器控制系统	82
6.1	机床常用控制电器与执行电器	82
6.2	机床继电器-接触器控制的常用基本线路	96
6.3	机床继电器-接触器控制线路举例	106
第7章	机床电气控制电路设计	115
7.1	机床电气设计的基本原则	115
7.2	机床电气原理图的画法规则	121
7.3	机床电气原理图的设计	126
第8章	可编程序控制器的基础知识	136
8.1	可编程控制器概述	136
8.2	PLC 系统的组成与工作原理	141
8.3	FX 系列可编程控制器	146
8.4	FX 系列可编程控制器的基本逻辑指令	156
第9章	可编程控制器的编程方法及应用	166
9.1	梯形图程序的设计方法	166
9.2	顺序控制梯形图的编程方式	177
9.3	可编程控制器在工业中的应用	187
附录		201
附录 A	电气图常用文字、图形符号新旧对照表	201
附录 B	三菱 F1-20P-E 编程器及使用	209
附录 C	立石 3G2A6-PRO15-E 编程器及使用	215
参考文献		225

第 1 章

绪 论

1.1 概 述

现代化的金属切削机床均用电动机作为动力源。机床主轴转速、工作台或刀架进给量的调节以及工作循环的控制与操作等都离不开电器元件、电子元件与系统。机床的电气控制系统已经成为现代机床不可缺少的重要组成部分。而以电气为主的自动控制系统使机床的性能不断提高,使其工作机构、传动机构的结构大为简化。

经过一个多世纪的发展,随着电气拖动和电气控制系统的不断更新,机床设备结构不断改进,性能不断提高。电气拖动在速度调节方面具有无可比拟的优越性和发展前途。采用直流无级调速电动机驱动机床,使原来结构复杂的变速箱变得十分简单,大大简化了机床结构,提高了传动效率和刚度。近年来研制成功的用于数控机床、铣床、加工中心机床上的电机-主轴部件,是将交流电动机转子直接安装在主轴上,使其具有更为宽广的无级调速范围,且振动和噪音均较小,完全代替了主轴变速齿轮箱,必将对机床传动与构造产生深远的影响。

而在电气自动控制方面,现代化机床更是综合应用了许多先进科学技术成果,诸如:计算机技术、电子技术、自动控制理论、精密测量技术等。特别是当今信息时代,微型计算机已广泛用于各行各业,而机床就是最早应用电子计算机的设备之一。早在 20 世纪 40 年代末期,电子计算机就与机床有机结合产生了新型机床——数控机床。目前各类质优价廉、性能可靠的微机在机床行业中的应用日益广泛,我国各类工厂企业也在大力使用和推广由微机控制的数控机床与数显装置。最新科学技术的应用,使得机床电气设备不断实现现代化,不断提高机床自动化程度和机床加工效率,扩大了工艺范围,缩短了新产品试制周期,加速产品更新换代。同时,现代化机床还可提高产品加工质量,减少工人劳动强度和降低产品成本等。现今出现的各种机电一体化产品、数控机床、机器人、柔性制造系统等均是机床电气设备实现现代化的硕果。

总而言之,电气自动控制在现代机床设备上有着极其重要的地位,机电一体化、机械制造及设备等专业学生以及从事机械设计和制造的工程技术人员都必须掌握机床电气和微机控制的理论和方法。

1.2 机床电气拖动与电气控制发展概况

1.2.1 机床电气拖动的发展与分类

机床拖动系统是随着社会生产的发展而发展的。20 世纪初,随着电动机的问世,机床拖动发生了巨大变化。用电动机代替蒸汽机驱动成组的机床,使机床电气拖动随电动机的发展而发展。但就机电传动而言,它的发展大致经历了成组拖动、单电机拖动和多电动机拖动三个阶段。

(1) 成组拖动

成组拖动是指一台电动机拖动一根天轴,然后再经天轴通过皮带传动驱动若干台机床工作。由于这种方式存在有传动路线长、效率低、结构复杂等缺点,而且一旦电动机发生故障,将造成成组的生产机械停车,因此早已被淘汰。

(2) 单独拖动

单独拖动是指用一台电动机拖动一台机床,较之成组拖动前进了一步,既简化了机床结构,又提高了传动效率,但当一台机床的运动部件较多时,机械传动结构仍十分复杂,目前只有一些中小型通用机床仍采用单独拖动。

(3) 多电机拖动

随着机床自动化程度的提高和重型机床的发展,出现了采用多台电动机驱动一台机床(如铣床)乃至十余台电机拖动一台重型机床(如龙门刨床)的拖动方式,即一台机床的每一个运动部件分别由一台专门的电动机拖动,这样可以缩短机床传动链,而且控制灵活,易于实现各工作部件运动的自动化。当前,重型机床、组合机床、数控机床、自动线等均采用多电机驱动。

(4) 直(交)流电动机无级调速

由于电气无级调速具有可灵活选择最佳切削用量和简化机械传动结构等优点,20 世纪 30 年代出现的交流电动机一直流发电机一直流电动机无级调速系统,至今还在重型机床上有所应用。随着大功率晶闸管的问世和变流技术的发展,又出现了晶闸管直流电动机无级调速系统,与前者相比,具有效率高、动态响应快、占地面积小等优点,当前在数控机床、磨床及仿形等机床中已得到广泛应用。随着逆变技术的出现和高压大功率管的问世,20 世纪 80 年代以来,交流电动机无级调速系统得以迅速发展,它利用改变交流电的频率等来实现电动机转速的无级调速。由于交流电动机无电刷与换向器,较之直流电动机易于维护且寿命长,很有发展前途。

1.2.2 机床电气控制系统的发展与分类

机床电器控制系统的发展伴随着控制器件的发展而发展。大致可以分为逻辑控制系统、连续控制系统和混合控制系统 3 种。

(1) 逻辑控制系统

又可称为开关量或断续控制系统,其理论基础是逻辑代数,采用具有两个稳定工作状态的

各种电气和电子器件构成各种逻辑控制系统。按自动化程度的不同又可分为手动控制系统和自动控制系统:

1) 手动控制 在机床电气控制的初期,大都采用电气开关对机床电动机的启动、停止、反向进行控制。现在在砂轮机、台钻等一些动作简单的小型机床上仍有应用。

2) 自动控制 按其控制原理与采用电气元器件的不同又可分为:

①继电器-接触器自动控制系统 它具有直观、易掌握、易维修等优点,多数通用机床至今仍采用继电器、接触器、按钮开关等电器元件组成的自动控制系统,其缺点是功耗大、体积大,并且改变控制工作循环较为困难。

②程序控制器 由集成电路组成的顺序控制器具有程序变更容易,程序存储量大,通用性强等优点,广泛用于组合机床、自动线等。在20世纪60年代末,又出现了具有运算功能和较大功率输出能力的可编程控制器(PLC)。它是由大规模集成电路、电子开关、晶闸管等组成的专用微型电子计算机,用它可代替大量的继电器,且功耗小、重量轻,在机床上具有广阔的应用前景。

③数字控制 20世纪40年代末,为了适应中小批机械加工生产自动化的需要,在应用电子技术、计算机技术、现代控制理论、精密测量等近代科学成就的基础上,研制成了数控机床,以专用电子计算机为核心,按照预先编好的程序(以数字和文字等表示)对机床实行自动化的数字控制。数控机床既有专用机床生产率高的优点,又兼有通用机床工艺范围广、使用灵活的特点,并且还具有能自动加工复杂的成形表面,精度高等优点。因此它具有强大的生命力,发展前景十分广阔。

数控机床的控制系统,最初是由硬件逻辑电路构成的专用数控装置 NC (Numerical Control),其价格昂贵、工作可靠性差、逻辑功能固定。随着电子计算机的发展,又出现了 CNC (Computer Numerical Control)、DNC (Direct Numerical Control) 和 AC (Adaptive Control) 等数控系统。

为了充分发挥电子计算机运算速度快的潜力,还出现过由一台电子计算机控制数台、数十台甚至上百台数控机床的“计算机群控系统”(DNC),又称为计算机直接控制系统。

随着小型电子计算机的问世又产生了用小型电子计算机控制的数控系统(CNC),它不仅降低了制造成本,还扩大了控制功能和使用范围。

近年来,随着价格低廉、工作可靠的微型电子计算机的出现,更是大力促进了数控机床的发展,出现了大量的微型计算机数控系统 MNC (Microcomputer Numerical Control),当今世界各国生产的全功能和经济型数控机床均系 MNC 系统。

AC 称为自适应控制系统,它能在毛坯余量变化、硬度不均、刀具磨损等随机因素出现时,使机床具有最佳切削用量,从而始终保证具有高的加工质量和生产效率。

具有与数控机床控制系统相类似的工业机器人的诞生,为实现机械加工过程全盘自动化创造了物质基础。工业机器人在机械制造行业中担负焊接、喷漆、搬运、装配、装卸工件等工作,以代替人们从事的繁重劳动,它能在有毒害、有危险的地方工作或从事频繁而简单的劳动,且具有劳动效率高、工作可靠、可不停地进行工作等优点。工业机器人的数量在发达国家正在以惊人的速度增长。

由数控机床、工业机器人、自动搬运车等组成的统一由中心计算机控制的机械加工自动线称为柔性制造系统 FMS (Flexible Manufacturing System),它是自动化车间和自动化工厂的重

要组成部分与基础。与专用机床自动线相比,它具有能同时加工多种工件,能适应产品多变,使用灵活等优点。当前各国均在大力发展数控机床和柔性制造系统。

机械制造自动化高级阶段是走向设计、制造一体化,即利用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)形成产品设计和制造过程的完整系统,对产品构思和设计直至装配、试验和质量管理这一整套过程实现自动化。为了实现制造过程的高效率、高柔性、高质量,研制计算机集成生产系统(CIMS)是人们今后的重要任务。

(2) 连续控制系统

对物理量(如电压、转速等)进行连续自动控制的系统,又称模拟制造系统,这类系统一般是具有负反馈的闭环控制系统,同时伴有功率放大的特点,且具有精度高、功率大、抗干扰能力强等优点。例如直流电动机驱动机床主轴实现无级调速的系统,交、直流伺服电动机拖动数控机床进给机构和工业机器人的系统都属于连续控制系统。

(3) 混合控制系统

同时采用数字控制和模拟控制的系统称为混合控制系统,数控机床、机器人的控制驱动系统多属于这类控制系统。数控机床由专用数字电子计算机进行控制,通过数模转换器和功率放大等装置驱动伺服电机和主轴电动机带动机床执行机构产生所需的运动。

第 2 章

交流电动机的特性及电气控制原理

本章要求在了解交流电动机的基本结构和旋转磁场的产生等基础上,着重掌握交流电动机的工作原理和机械特性,在分析其定、转子电路的基础上,掌握交流电动机启动、调速和制动的常用方法。

2.1 概 述

交流旋转电机可分成同步电机和异步电机两大种类,如果电机转子的转速 n 与定子旋转磁场的转速 n_1 相等,转子与定子旋转磁场在空间同步地旋转,这种电机就称为同步电机。如果电机转子的转速 n 不等于定子旋转磁场的转速 n_1 ,转子与定子旋转磁场在空间旋转时不同步,这种电机就称为异步电机。

异步电机主要用来作为电动机,它具有结构简单、制造容易、价格便宜、运行可靠、维护方便、效率较高等优点,因此得到广泛的应用。据统计,90%左右的电动机均为异步电动机,在电网总负荷中,异步电动机用电量占 60% 以上。

电动机的作用是将电能转换为机械能。现代各种生产机械都广泛应用电动机来驱动。

有的生产机械只装配着一台电动机,如单轴钻床;有的需要好几台电动机,如某些机床的主轴、刀架、横梁以及润滑油泵和冷却油泵等都是由单独的电动机来驱动的。常见的桥式起重机上就有三台电动机。

生产机械由电动机驱动有很多优点:简化生产机械的结构;提高生产率和产品质量;能实现自动控制和远距离操纵;减轻繁重的体力劳动。

电动机可分为交流电动机和直流电动机两大类。在生产上主要用的是交流电动机,特别是三相异步电动机。它被广泛地用来驱动各种金属切削机床、起重机、锻压机、传送带、铸造机械、功率不大的通风机及水泵等。仅在需要均匀调速的生产机械上,如龙门刨床、轧钢机及某些重型机车的主传动机构,以及在某些电力牵引和起重设备中才采用直流电动机。同步电动机主要应用于功率较大、不需调速、长期工作的各种生产机械,如压缩机、水泵、通风机等。单相异步电动机常用于功率不大的电动工具和某些家用电器中。除上述动力用电动机外,在自动控制系统和计算装置中还用到各种控制电机。

异步电动机的缺点是功率因素低,运行时必须从电网吸收无功电流来建立磁场,故其功率因素小于 1,大量的异步电动机在电网中运行,使电网的功率因素降低,必须用其他的办法进行补偿。

异步电机也可以作为发电机使用,在电网尚未达到的山区农村,要建立小型水电站时,可以用异步电动机来发电,不过异步电动机的工作性能较差,只能用于要求不高的地方。

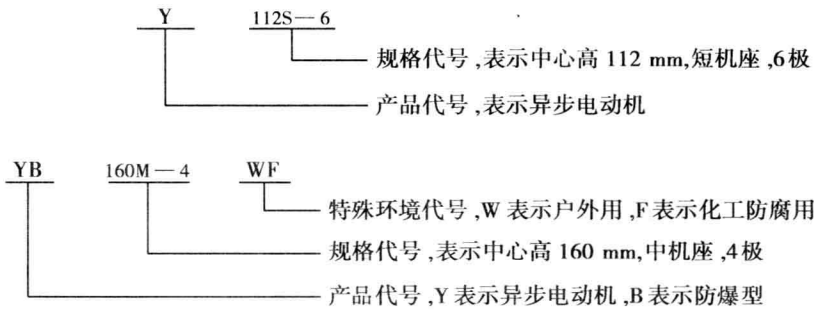
异步电动机型号的表示方法,一般采用大写印刷体的汉语拼音字母和阿拉伯数字组成,其中汉语拼音字母是根据电动机的全名称选择有代表意义的汉字,再用该汉字的第一个拼音字母表示(见表 2.1),例如 Y 系列三相异步电动机:

表 2.1 异步电动机产品名称代号

产品名称	新代号	汉字意义	老代号
异步电动机	Y	异	J,JQ
绕线式异步电动机	YR	异绕	JR,JRQ
防爆型异步电动机	YB	异爆	JB,JBS
高启动转矩异步电动机	YQ	异起	JQ,JQO

每一台异步电动机,在其机座上都有一块铭牌,铭牌上标注着该电动机的额定参数值,额定值规定了该电动机的正常工作状态和条件,它是选用、安装和维修电动机时的依据。异步电动机的铭牌包含下列额定参数值:

- ①额定功率 P_e 。指电动机在额定运行时,轴上输出的机械功率,单位为 kW。
- ②额定电压 U_e 。指电动机在额定运行时,加在定子绕组上的线电压,单位为 V。
- ③额定电流 I_e 。指电动机在额定电压和额定频率下,输出额定功率时,定子绕组中的线电流,单位为 A。
- ④接法是指电动机在额定电压下,定子三相绕组应采用的连接方式,一般有三角形和星形两种连接方式。若电动机铭牌上标有 220/380 V 两种额定电压,接法标明 Δ/Y ,则表示在三相线电压为 220 V 时为三角形连接;线电压为 380 V 时为星形连接。



- ⑤额定频率 f_e 。表示电动机所接的交流电源的频率,我国电力网的频率规定为 50 Hz。
- ⑥额定转速 n 。指电动机在额定电压、额定电流和额定输出功率情况下,电动机的转速,单位 r/min 。
- ⑦绝缘等级。指电动机绕组所用的绝缘材料的绝缘等级,它决定了电动机绕组的允许温升,绝缘等级与电动机的允许温升见表 2.2。

表 2.2 电动机允许温升与绝缘耐热等级的关系(单位:℃)

绝缘耐热等级	A	E	B	F	H	C
绝缘材料的允许温度	105	120	130	155	180	180 以上
电动机的允许温升	60	75	80	100	125	125 以上

对于各种电动机应该了解下列几个方面的问题:①基本构造;②工作原理;③表示转速与转矩之间关系的机械特性;④启动、反转、调速及制动的基本原理和基本方法;⑤应用场合和如何正确接用。

2.2 三相异步电动机的结构

三相异步电动机主要由定子和转子两大部件构成,定子与转子之间有一个很小的空气隙。此外,还有端盖、轴承、风扇等零部件。

图 2.1 是一台封闭式笼型转子的三相异步电动机的结构图。

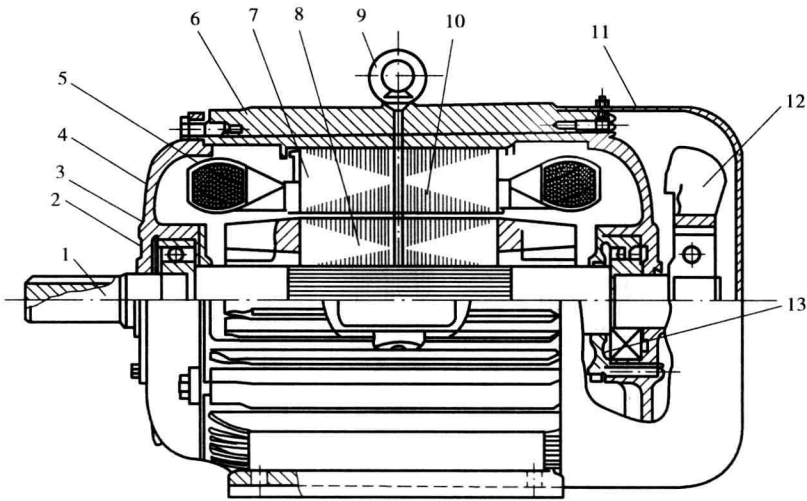


图 2.1 封闭式笼型异步电动机总装配结构图

- 1. 轴承;2. 前端盖;3. 转轴;4. 接线盒;5. 吊攀;6. 定子铁心;
- 7. 转子;8. 定子绕组;9. 机座;10. 后端盖;11. 风罩;12. 风扇

下面介绍各主要零部件的结构及作用。

2.2.1 定子

异步电动机的定子是由基座、定子铁心和定子绕组三个部分组成。图 2.2 是小型封闭式异步电动机的定子结构图。

(1) 定子铁心

定子铁心是电动机磁路的组成部分,旋转磁场对定子铁心以同步速度旋转,故对铁心内某

一点来讲,磁通是交变的,为了减少铁心损耗,定子铁心采用 0.5 mm 厚的硅钢片叠压而成,硅钢片上冲有槽型,称为定子冲片。定子铁心及冲片的示意图如图 2.3 所示。

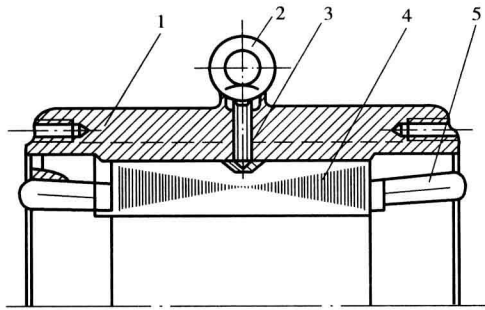


图 2.2 小型自扇冷封闭式异步电动机
1. 机座;2. 吊攀;3. 紧定螺钉;4. 定子铁心;5. 定子绕组

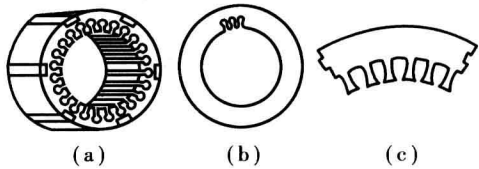


图 2.3 钉子定子铁心及冲片

定子铁心叠成后,其内圆形成可以安放定子绕组的槽形,定子槽形有半闭口槽、半开口槽和开口槽散装。半闭口槽适用于低压圆铜线绕成的散嵌绕组,其优点是槽口较小,齿部对主磁通的磁阻小,可以减小励磁电流;半开口槽适用于 500 V 以下的中型电机,其槽口稍大于槽宽的一半,便于嵌入扁线绕成的分成双排的成型线圈;开口槽适用于大、中容量的高压异步电动机,槽口等于槽宽,便于高压成型线圈的嵌线。图 2.4 为各种槽形的示意图。

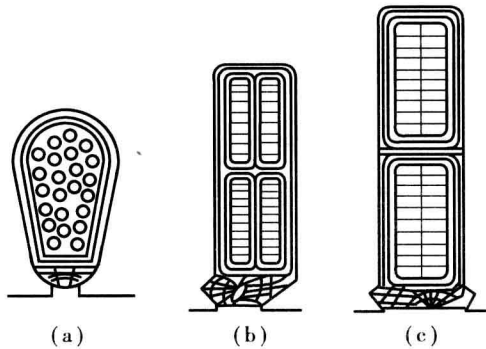


图 2.4 定子铁心槽形及槽内绕组布置

(2) 定子绕组

定子绕组有成型硬绕组与散嵌软绕组两种。散嵌软绕组多用于小容量电机,它是由高强度漆包圆铜线(或铝线)绕制,绕线时将一相线圈一次绕成,嵌线时将三相线圈按一定的规律依次嵌入定子槽中,即形成三相定子绕组。大中容量电机由于电流大、电压高、导线截面大、绝缘要求高,故采用扁线绕制的成型线圈比较合适。

(3) 机座

机座的作用是支撑定子铁心和固定端盖。在中小型电机中,端盖兼有轴承座的作用,则机座还要支撑电机的转子部分,故机座必须有足够的刚度和强度。小型电机一般采用铸铁机座,中型电机除采用铸铁机座外,也有采用钢板焊接的机座,大型电机的机座都是用钢板焊接而成。

2.2.2 气隙

定子铁心与转子铁心之间的气隙:从磁路来考虑,气隙大,则磁阻大,励磁电流大,电机的功率因素降低,从这一角度来考虑,气隙应取较小的数值,但气隙太小,电机带负载运行时,就可能发生定、转子相擦(甚至“闷车”);另外,从减少高次谐波磁动势产生的磁通、减少附加损耗及改善启动性能来考虑,则气隙应大一些,所以气隙的大小应综合考虑。在中小型异步电动机中,气隙一般在 $0.2 \sim 1.5 \text{ mm}$ 。

2.2.3 转子

异步电动机的转子可分成两大类,一种是笼型转子,另一种是绕线转子,笼型转子由转子铁心、转子绕组及转轴等组成;绕线转子除铁心、绕组及转轴外,还有集电环及电刷装置。图 2.5 为两种转子型式的示意图。

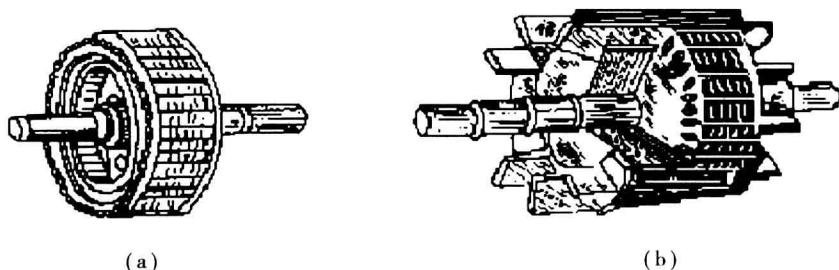


图 2.5 异步电机转子结构

(a) 绕线转子 (b) 笼型转子

(1) 转子铁心

转子铁心也是电机磁路的一部分,一般是用 0.5 mm 厚的硅钢片叠压而成。硅钢片上冲有槽孔,其中安放转子绕组,转子铁心固定在转轴上,或固定在转子支架上,转子支架再套装固定在转轴上。

(2) 转轴

转轴是支持转子铁心和输出转矩的零件,它必须具有足够的刚度和强度,以保证负载时气隙均匀及转轴本身不致断裂。转轴一般用中碳钢棒料车削加工而成,轴伸进端铣有键槽,用来固定皮带轮或联轴器。

(3) 转子绕组

转子绕组有鼠笼型和绕线转子两种。

1) 鼠笼型转子绕组 按结构型式可以分为单笼和双笼两种,按制造绕组时使用的材料可以分成铜料焊接和铝料铸造两种。鼠笼型绕组是一个自己短路的绕组,每槽只放一根导体,导条两端伸出转子铁心端面之外,由两个端环把所有的导条短路,如果把铁心去掉,绕组就像一个松鼠笼子,故常称为鼠笼型绕组。由铜料制造的鼠笼型绕组主要应用在容量较大的中型异步电动机中,小容量异步电动机为了节省铜料和提高生产率,采用铸铝工艺,将熔化的铝液浇铸到安放在铸铝模中的转子铁心的槽里,并连同端环、风扇一起铸成。图 2.6 为铜条焊接鼠笼型转子绕组及铸铝鼠笼型转子绕组的结构示意图。

2) 绕线转子绕组 绕线转子绕组和定子绕组一样,也是一个用绝缘导线绕成的三相对称绕组,而且其极数应与该台电机的定子绕组的极数相同,三相绕组通常接成星形,绕组的三条引出线分别接到三个集电环上,再经由一套电刷装置引出,使转子绕组与外电路接通,如图 2.7(a)所示,当启动或调速时可以串接附加电阻。

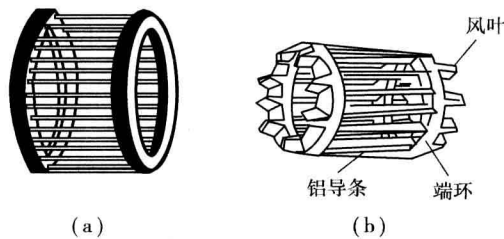


图 2.6 鼠笼型转子绕组结构示意图
(a)铜条鼠笼型绕组 (b)铸铝鼠笼型绕组

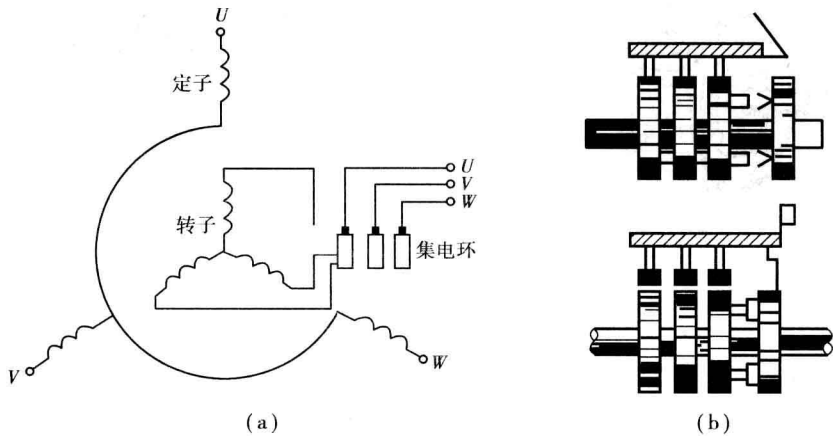


图 2.7 绕线式转子异步电动机示意图
(a)接线图 (b)提刷装置

在大、中型绕线转子异步电动机中,为减少电刷的磨损及摩擦损耗和提高运行可靠性,还装有提刷短路装置,在启动完毕而又不需要调速的情况下,外电路附加电阻应全部切除,这时可利用提刷短路装置(如图 2.7(b)所示),将电刷提起而与滑环脱开,同时使三只滑环短路。

2.3 三相异步电动机的转动原理

三相异步电动机接上电源,就会转动。这是什么道理呢? 为了说明这个转动原理,下面来做实验。

图 2.8 所示是一个装有手柄的蹄形磁铁,磁极间放有一个可以自由转动的、由铜条组成的转子。铜条两端分别用铜环连接起来,形似鼠笼,作为鼠笼式转子。磁极和转子之间没有机械联系。当摇动磁极时,发现转子跟着磁极一起转动。摇得快,转子转得也快;摇得慢,转得也慢;反摇,转子马上反转。