



21世纪高等学校机械设计制造
及其自动化专业系列教材

机电传动与控制

(第二版)

主 编 程 宪 平

主 审 冷 增 祥

华中科技大学出版社

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

E-mail: hustpp@wuhan.cngb.com

图书在版编目(CIP)数据

机电传动与控制(第二版)/程宪平 主编
武汉:华中科技大学出版社,2003年9月
ISBN 7-5609-1437-3

I. 机…
II. 程…
III. 电力传动-控制设备
IV. TM921.5

21 世纪高等学校

机械设计制造及其自动化专业系列教材
机电传动与控制(第二版)

主编 程宪平
主编 冷增祥

责任编辑:钟小珉 叶见欣
责任校对:蔡晓璐 朱霞

出版发行:华中科技大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学出版社照排室
印 刷:湖北新华印务有限公司



开本:787×1092 1/16

印张:23.25

字数:453 000

版次:2003年9月第2版

印次:2004年10月第8次印刷

定价:26.00元

ISBN 7-5609-1437-3/TH·83

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书共分9章,内容包括:直流电机、交流电动机、控制电机,传动控制的基础理论,控制电器和继电器-接触器控制系统,可编程序控制器,电力半导体器件,交、直流电动机以及步进电动机的开环和闭环控制系统等。

本书内容全面,突出机电结合,电为机用。尽量作到加强基础理论,注重实际应用,力求深入浅出,重点突出,以便于自学。

线路图和电气原理图的符号,均贯彻了新颁布的国家标准。

本书是机械设计制造及其自动化专业系列教材之一,可作为机械类专业及与之相近专业本科生的教材,也可作为机械类专业电大生、函大生、高职生等的教材,还可供从事机械、电气方面研究的工作者和工程技术人员参考。

21 世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业系列教材
编 审 委 员 会

顾问: 姚福生 黄文虎 张启先
 (工程院院士) (工程院院士) (工程院院士)

 谢友柏 宋玉泉 艾 兴
 (工程院院士) (科学院院士) (工程院院士)

 熊有伦
 (科学院院士)

主任: 杨叔子 周 济
 (科学院院士) (工程院院士)

委员: (按姓氏笔画顺序排列)

于骏一	王明智	毛志远	左武炘	卢文祥
朱承高	师汉民	刘太林	李培根	吴昌林
吴宗泽	何玉林	陈康宁	陈心昭	张春林
张福润	张 策	张健民	冷增祥	范华汉
周祖德	洪迈生	姜 楷	黄纯颖	童秉枢
傅水根	傅祥志	廖效果	黎秋萍	戴 同

秘书: 钟小珉 徐正达

21 世纪高等学校 机械设计制造及其自动化专业系列教材

总 序

发展是硬道理,而改革是关键。唐代大诗人刘禹锡写得多么好:“请君莫奏前朝曲,听唱新翻《杨柳枝》”。这是这位改革派的伟大心声。

1998 年教育部颁布了新的普通高等学校专业目录。这是一大改革。为满足各高校开办“机械设计制造及其自动化”宽口径新专业教学的需要,华中科技大学出版社在世纪之交,千年之替,顺应时代潮流,努力推出了“机械设计制造及其自动化”专业系列教材。这套系列教材是在众多院士支持与指导下,由全国 20 余所院校数十位长期从事教学和教学改革工作的教师经多年辛勤劳动编写成的,它有特色,能满足机械类专业人才培养要求。

这套系列教材的特色在于,它紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”与“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个重大教学改革项目,集中反映了华中科技大学和国内众多兄弟院校自实施教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”以来,在改革机械类专业培养模式和课程内容体系方面所取得的成果。

这套系列教材,是完全按照两个重大教学改革项目的成果所提出的“机械设计制造及其自动化”宽口径专业培养方案中所设置的课程来编写的。这一培养方案的一个重要特点是:专业基础课按课群方式设置,即由力学系列课程,机械设计基础系列课程,计算机应用基础系列课程,电工、电子技术基础系列课程,机械制造技术基础系列课程,测控系列课程,经营管理系列课程等七大课群组成,有效地拓宽了专业口径和专业基础,体现了机械类专业人才培养模式的改革。

同时专业基础课按课群设置,也有利于加强课群内各门课程在内容上的衔接,有利于课程体系的进一步整合、优化及改革。专业基础课按七大课群设置,这得到了全国高校机械工程类专业教学指导委员会的充分赞同。

21 世纪工程教育的一个基本特征就是“适应性”,就是坚持邓小平同志指出的教育的“三个面向”的战略思想。能适应,才能创业。要能多方适应科学技术的突飞猛进和社会的不断进步,就得进一步明确指导思想,进一步合适地拓宽专业口径与专业基础,构造现代化的人才知识结构、能力结构和素质结构,就得因史制宜、因地制宜、因势制宜,努力实现培养模式的多样化,切忌“千篇一律”、“千人一脸”,万紫千红方能有一个大好的春天。

这是一套具有较大改革力度的系列教材。教材的作者们认真贯彻了中央的教育方针与改革思想,体现出两个重大改革项目成果所提出的“以创新设计为核心,以机械技术与信息技术结合为龙头,以计算机辅助技术为主线,拓宽基础,强化实践”的总体改革思路,并本着整合、拓宽、更新和更加注重应用的原则,对课程的内容、体系进行了诸多重要改革,而且许多课程在开发电子教材方面也取得了长足进展。

按照减少学时、降低重心、拓宽面向、精选内容、更新知识的原则,对原机械专业三门主要专业课(机械制造工艺学、金属切削机床设计、金属切削原理与刀具)实行了整合和改造,编写出了供“机械设计及其自动化”宽口径专业学生学习的《机械制造技术基础》新教材。

改造了原电工技术、电子技术系列课程,将分散在几门课程中的强电知识整合为《机电传动控制》新课程,减少了重复,拓宽了基础,突出了“机电结合、电为机用”的特点。

使用自主版权软件改革传统工程制图内容体系,不仅实现了工程制图和计算机绘图内容的有机融合,也实现了制图课教学手段的现代化。

以设计为主线,重新规划了《机械设计》和《机械原理》课程体系结构,在内容上努力实现由注重学科的系统性向更加注重工程综合性的转化,在教学手段上全面引入多媒体技术,提升了课堂教学的效果和效率。

《金属材料及热处理》更名为《工程材料及应用》,除紧密结合现代科技成就,讲解金属材料的基本理论及应用外,还讲解了其他各类工程材料的有关知识。

《测试技术》更名为《工程测试与信息处理》,加强了与信息获取、传输、存贮、处理及应用有关的内容,并率先在国内建成网上测试技术虚拟实验室。

《液压传动》与《气压传动》整合为《液压传动与气压传动》,精简了内容,强化了应用,并制作出了相应的电子教案。

《材料成形工艺基础》在精选传统金属成形工艺内容的基础上,较大幅度地增

加了新材料、新工艺、新技术方面的知识。

编写出版了《现代设计方法》、《机构与机械零部件 CAD》、《柔性制造自动化概论》、《机电一体化控制技术与系统》及《机器人技术基础》等教材,反映了现代科技的新发展。

科学与工程既有联系又有区别。科学注重分析,工程注重综合。任何一项工程本身都是多学科的综合体。今天,工程技术专家的基本作用正是一种集成作用,工程技术专家的任务是构建整体。我们必须从我国国情出发,按照现代工程的特点和工程技术专家的基本作用来构建机械工程教育的内容和体系。

华中科技大学出版社依托全国高校机械工程类专业教学指导委员会、全国高校机械基础课程指导委员会,经过多年不懈的努力,使这套系列教材的出版达到了较高的质量水准。例如,目前已有九本被教育部批准为“面向 21 世纪课程教材”,有五本获得过国家级、省部级各种奖励,全套教材已被全国几十所高校采用,广泛受到教师和学生的欢迎。特别是其中一些教材(如《机械工程控制基础》、《数字控制机床》等),经长期使用,多次修订,已成为同类教材中的精品。

现在这套系列教材已经正式出版 20 多本,涵盖了“机械设计制造及其自动化”专业的所有主要专业基础课程和部分专业方向选修课程,能够较好地满足教学上的需要。我们深信,这套系列教材的出版发行和广泛使用,将不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对机械类专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于编者学术水平有限,改革探索经验不足,组织工作还有缺陷,何况,形势总在不断发展,现在还远不能说系列教材已经完善,相反,还需要在改革的实践中不断检验,不断修改、锤炼,不断完善,永无休期。“嘤其鸣矣,求其友声。”我们殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加批评与指正。

江泽民同志在 2000 年 6 月我国两院院士大会上号召我们:“创新,创新,再创新!”实践、探索、任重道远,只有努力开拓创新,才可能创造更美好的未来!

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员

中国科学院院士

华中科技大学教授

杨叔子

2000 年 6 月 6 日

第二版前言

本书于1997年出版发行以来,历经4次印刷,得到了广大读者和有关专家的好评。经过对本书4年来使用的教学实践,特别是有关教师给我们提出了许多宝贵意见,深感需及时进行修订再版。

这次作为高等学校21世纪机械设计制造及其自动化专业系列教材而出版,在内容上作了修改。这次修改一方面是因本学科近年来的迅速发展,需要补充和更新内容。另一方面也希望在内容的选取和处理上更能适应教学改革,更充分反映本领域的基础理论知识、最新技术和发展趋势。

全书共分9章。第1、2章对直流电机、交流电动机的基本结构、工作原理、机械特性、启停和调速性能作了较详细的介绍,并从动力学角度分析了机电传动系统,为系统应用作好基础理论的准备;第3章较全面介绍了几种常用控制电动机,其中包括伺服电动机、步进电动机、直线电机等;在第4章机电传动控制系统基础的前提下,分别在后面5章中分析了各种传动控制系统。在内容安排上,首先较全面介绍各种常用的控制电器及继电器-接触器基本控制电路,分析了几种典型的控制系统实例。第6章介绍了可编程序控制器(PLC),对F1系列的指令、程序及其基本电路进行了分析,使读者能具备基本的编程能力,并有不同形式实例可供参考、分析。第7、8章描述了一般的电力半导体器件、新型电力器件的特性为调速系统分析作基础准备。然后分别介绍了直流、交流调速系统,加强了脉宽调制和交流变频调速的内容。第9章对步进电动机开、闭环及其控制系统也作了较详细的叙述。在第5、6、8、9章介绍了典型的控制系统实例,使学生对机电传动与控制有了进一步的了解。

书中采用的电路图形符号、文字符号、有关术语及电气原理图的绘制,均贯彻GB5094—85、GB4728—85、JB2740—85等新标准。

全书可作为机械类专业及与之相近专业的本科生教材,也可作为机械类专业电大生、函大生、高职生等的教材,并可供从事机械、电气方面的科学研究和工程技术人员参考。

全书由程宪平统稿,其中第1、4章由余伟芦编写,第2、3、8章由张忠夫编写,第7章由肖宏年编写。绪论及第5、6、9章由程宪平编写。

全书由东南大学冷增祥教授担任主审,他对全书进行了全面的审阅,并提出了许多宝贵的意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处和错误在所难免,希望读者不吝赐教。

编者

2002. 1

第一版前言

将机械技术与电子技术有机地结合,用电子技术改造传统产业,借以振兴机械工业,进而促进国民经济的发展,这就需要一批机电一体化的复合型人才。本书是为适应机电一体化系列教材的市场需求而编写的。机电传动与控制课程是从机电一体化技术需要出发,集电机、控制电器、电力拖动、自动控制系统于一体的课程。它是培养机电一体化应用型人才所需电知识的主干课程。通过本课程的学习,学生能掌握电机、电器、拖动控制等必备的基础理论,掌握常用的开环、闭环控制系统的工作原理、特点及应用场所,具备一定的分析及处理机电传动与控制系统的实际能力,并了解最新控制技术在机械设备中的应用。

本书根据机械电子工程专业的需要独自建立了内容比较全面的体系。书中的内容有作者从事科研工作的一些经验,也有近年来从事教学工作的体会与总结。在内容处理上,既注重基础理论知识,又注意与实际应用相结合;既描述了器件的外特性,又着重器件在控制系统中的应用;既结合当前的国情介绍了目前广泛应用的机电传动与控制技术,又充分反映了本领域的最新技术和发展趋势。在文字叙述上力求言简意赅,叙述清晰。在内容安排上由浅入深,便于自学、便于掌握。

全书共分10章。第1、2章对直流电机、交流电机的基本结构、工作原理、机械特性、启停和调速性能作了较详细的介绍,为系统应用作基础理论的准备;第3章较全面介绍了几种常用控制电机,以便正确选用和使用它们;在第4章机电传动控制基础理论的前提下,分别在后面5章中分析了各种传动控制系统。在内容安排上,首先介绍有触点逻辑控制系统,再介绍无触点连续控制系统。第5章较全面介绍各种常用的控制电器及继电器-接触器基本控制电路,分析了几种典型的控制系统实例,简介了基本设计方法;第6章可编程序控制器(PLC)是通过软件实现继电器-接触器的控制。对一种型号(F-40型PLC)的指令、程序编制及实例的介绍,使读者能具备基本编程的能力。第7、8章首先对电力半导体器件及其基本电路进行了描述,然后分别介绍直流、交流调速系统,并加强了脉宽调制和交流变频调速的内容。第9章对步进电动机原理及其控制系统也作了较详细的叙述。第10章简述了电动机的选择。在第7、8、9章中都介绍了控制系统实例,并反映了当今本学科的新技术和新方法。

书中所采用的图形符号为国家标准GB4728—85,文字符号为GB5094—85,GB71、57—87等新标准。

本书可作为机械电子工程专业、机械制造专业以及与之相近专业的教材,也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

全书由程宪平统稿,其中第1、4、10章由余伟芦编写,第2、3、8章由张忠夫编写,第7章由

肖宏年编写。绪论及第 5、6、9 章由程宪平编写。

全书由华中理工大学邓星钟教授担任主审。他提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中的不足之处和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1995 年 11 月



机电传动与控制

绪论	(1)
第 1 章 直流电机	(4)
1-1 直流电机的基本结构与工作原理	(4)
1-2 直流发电机	(11)
1-3 直流电动机的机械特性	(15)
1-4 机电传动系统运动的理论基础	(20)
1-5 生产机械的机械特性	(25)
1-6 直流他励电动机的启动与调速	(29)
1-7 直流他励电动机的制动	(33)
习题与思考题	(39)
第 2 章 交流电动机	(43)
2-1 三相异步电动机的基本结构与工作原理	(43)
2-2 三相异步电动机的定子电路与转子电路	(49)
2-3 三相异步电动机的转矩与机械特性	(53)
2-4 三相异步电动机的启动性能与方法	(59)
2-5 三相异步电动机的调速方法	(69)
2-6 三相异步电动机的制动	(74)
2-7 单相异步电动机	(77)
2-8 同步电动机	(81)
习题与思考题	(84)
第 3 章 控制电机	(86)
3-1 伺服电动机	(86)
3-2 微型同步电动机	(93)
3-3 测速发电机	(98)
3-4 步进电动机	(102)

3-5 直线电动机	(110)
3-6 旋转变压器	(117)
3-7 感应同步器	(122)
习题与思考题	(127)
第4章 机电传动控制系统的基础	(129)
4-1 机电传动控制系统的组成及方案选择	(129)
4-2 选择电动机额定功率的基本依据	(137)
4-3 电动机的发热与冷却	(138)
4-4 不同工作方式下电动机容量的选择	(140)
4-5 电动机的种类、额定电压、额定转速及形式的选择	(145)
习题与思考题	(146)
第5章 控制电器与继电器-接触器控制系统	(148)
5-1 常用控制电器	(148)
5-2 生产机械电气设备的基本控制线路	(156)
5-3 生产机械的继电器-接触器控制线路	(170)
5-4 继电器-接触器控制线路的设计方法	(184)
习题与思考题	(190)
第6章 可编程序控制器	(192)
6-1 可编程序控制器的发展概况	(192)
6-2 可编程序控制器的结构与工作原理	(196)
6-3 可编程序控制器的指令系统与编程方法	(204)
6-4 可编程序控制器的应用	(221)
习题与思考题	(245)
第7章 直流电动机调速系统	(247)
7-1 电力半导体器件	(248)
7-2 可控整流电路	(255)
7-3 逆变与脉宽调制	(268)
7-4 电力半导体器件和装置的保护	(274)
7-5 单闭环直流调速系统	(278)
7-6 双闭环直流调速系统	(287)
7-7 晶闸管-电动机可逆调速系统	(290)
7-8 晶体管直流脉宽调速系统	(293)
习题与思考题	(299)

第 8 章 交流电动机调速系统	(301)
8-1 晶闸管交流调压调速系统	(302)
8-2 交流电动机变频调速系统	(307)
8-3 其他交流调速系统	(319)
习题与思考题	(327)
第 9 章 步进电动机控制系统	(328)
9-1 步进电动机的环形分配器	(328)
9-2 步进电动机的驱动电路	(331)
9-3 步进电动机的传动与控制	(335)
9-4 步进电动机的应用	(342)
习题与思考题	(344)
附录一 电气图形符号	(346)
附录二 电气文字符号	(350)
附录三 部分习题与思考题答案	(352)
参考文献	(353)



机电传动与控制

一、机电传动与控制的目的与意义

在现代化生产中,生产机械的先进性和电气自动化程度反映了工业生产发展的水平。现代化机械设备和生产系统已不再是传统的单纯机械系统,而是机电一体化的综合系统,电气传动与控制系统已成为现代化机械的重要组成部分。因此,从广义上讲,机电传动与控制就是要使生产机械设备、生产线、车间甚至整个工厂都实现自动化;具体地讲,就是以电动机为原动机驱动生产机械,将电能转变为机械能,实现生产机械的启动、停止及调速,满足各种生产工艺过程的要求,实现生产过程的自动化。因此,机电传动与控制,既包含了拖动生产机械的电动机,又包含了控制电动机的一整套控制系统。

现代化生产要求有高的生产自动化程度,高的加工效率,大的工艺范围,能加速产品更新换代和开发数字化、自动化、智能化的机电一体化的产品,这无疑对机电传动与控制系统提出了越来越高的要求。而今特别突出的是电子、航空、航天及汽车工业等高新技术工业的发展,都依赖于机械工业制造技术,以及由“重大长厚”型转向“轻小短薄”型的工艺设备的发展。而每一次新技术的出现,都是同新型的加工方法、加工手段和测量控制技术的出现密切相关的。目前,我国正在加速制造技术领域的发展,引进国外先进技术,吸收新技术成果,并正在加快单机自动化、局部生产过程自动化、生产线自动化和全厂综合自动化的步伐。这些都离不开机电传动与控制。

随着计算技术、微电子技术、自动控制理论、精密测量技术的发展,随着电机及电器制造业及各种自动化元件的发展,机电传动与控制正在不断创新与发展。目前直流或交流无级调速控制系统代替了结构复杂、笨重的变速箱系统,简化了生产机械的结构,使机械向性能优良、运行可靠、重量轻、体积小、自动化的方向发展。近 20 年来各种机电一体化产品,如数控机车、工业机器人、电力机车、静电复印机、电动汽车、计算机磁盘光盘驱动器等都是现代生产机械自动化的成果,可见机电传动与控制在整个生产机械中占有极其重要的地位。为了培养新世纪机电一体化的复合型实用人才,必须掌握机电传动与控制的理论和方法。

二、机电传动与控制系统的概况

1. 机电传动的发展

机电传动的发展是随着电机的发展而发展的。20 世纪以前,电机处于它的初级阶段,经历了由诞生到初步在工业上的应用,各种电机初步定型,电机理论和电机设计计算方法的建立和发展的过程。20 世纪是自动化发展的时代,对电机也提出了越来越高的要求,使电机向性能良好、运行可靠、重量轻、体积小的发展方向发展。随着自动控制系统的发展及广泛应用,出现了多种高可靠性、高精度、快速性能好的控制电机。目前动力电机正在向大型、巨型化发展,而专用电机正在向着高精度、长寿命、微型化发展。由于各类电机已成为各种机电系统中的极为重要的元件,因此,机电传动将发展成为把电子学、电机学和控制论结合在一起的新兴学科。

电动机的问世使电力拖动代替了蒸汽或水力的拖动。机电传动的发展大体经历了成组拖动、单电机拖动和多电机拖动三个阶段。所谓成组拖动就是一台电动机经天轴(或地轴)由皮带传动驱动一组生产机械的拖动方式。这种拖动方式传动路线长,生产效率低,结构复杂,一旦电动机发生故障,将造成成组生产机械的停车,现早已被淘汰。生产机械中广泛采用的单电机拖动,即一台电动机拖动一台生产机械,较成组拖动前进了一步,它适用于中小型机械,但生产机械的运动部件较多时,机械传动机构仍十分复杂。自 20 世纪 30 年代起,广泛采取了多电机拖动方式,即一台生产机械的每个运动部件分别由一台专门的电动机拖动方式,这样生产机械的结构就大为简化了。例如龙门刨床的刨台、左右垂直刀架与侧刀架、横梁及其夹紧机构,均分别由一台电动机拖动。在生产机械中也有一个运动部件采用多电动机拖动的。例如,链式输送机的工作机构是一条长的链式运输带,它往往采用多台电动机拖动的方式。这种多电机拖动方式不仅大大简化了生产机械的传动机构,而且控制灵活,为生产机械的自动化提供了有利的条件。

2. 控制系统的发展

随着生产的不断发展,现代机电传动要求实现局部或全部的自动控制。随着电机及各种自动控制器件的发展,机电传动控制系统也正在不断创新与发展。它主要经历了如下四个阶段。

继电器-接触器自动控制系统,这是借助继电器、接触器、按钮、行程开关等电器元件组成的控制系统,能实现对控制对象的启动、停车以及有级调速等控制,这是属于有触点的逻辑控制系统。它的结构简单、价格低廉、维修方便,广泛地应用在机床和其他机械设备上。但它的控制速度慢、控制精度差、灵活性差、可靠性不高。

20 世纪 40~50 年代的交磁放大机-电动机控制系统,从断续控制发展到了连续控制,系统可随时检查控制对象的工作状态,能对控制对象进行自动调整,它的快速性及控制精度都大大超过了最初的断续控制系统,并简化了控制系统,生产效率也提高了,但系统存在体积大、响应慢、旋转噪声等缺点。

20 世纪 60 年代晶闸管的出现,组成了晶闸管-直流电动机无级调速系统,晶闸管具有功

率大、体积小、效率高、动态响应快、控制方便等优点,并正在向大容量方向发展。其后由于逆变技术的出现和高压大功率晶体管的问世,20世纪80年代以来,交流电动机无级调速系统有了迅速的发展。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,因此,交流调速系统很有发展前途,至今用大功率晶体管逆变技术和脉宽调制技术(PWM)改变交流电的频率等实现电动机无级调速的系统在工业上正在得到广泛的应用。目前已出现了多种以微机为核心的变频器调速系统,它使交流电动机的控制变得更简单,可靠性更高,拖动系统的性能更好,为机电传动与控制开辟了新途径。

随着数控技术和微计算机的发展,出现了具有运算功能和较大功率输出能力的可编程序控制器(PLC),用它可代替大量的继电器,使硬件软件化。它实际上是一台按开关量输入的工业控制用的微型计算机。用它来替代继电-接触器控制系统,提高了系统的可靠性和柔性,使控制技术产生了一个飞跃。20世纪90年代的大型PLC正向着高速度,多功能,适应多级分布控制系统的方向发展,同时微型PLC已发展成不仅具有开关型逻辑控制,定时/计数,逻辑运算功能,还具有处理模拟量的I/O,数字运算功能,通信功能,可构成分布式控制系统的控制器,因此,它的应用越来越普遍,越来越广泛。它已是机电传动与控制的重要器件。

随着微电子技术 with 计算技术的不断发展,机电传动与控制正向着计算机控制的生产过程自动化方向前进。它经历了单机数控(NC)→计算机群控(CNC)→柔性制造单元,即加工中心(FMC)→柔性制造系统(FMS)→计算机集成制造系统(CIMS)的过程。20世纪80年代末出现的由数控机床、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——柔性制造系统,它是机械制造的自动化车间和自动化工厂的重要组成部分与基础。21世纪,将是计算机集成制造系统的时代。利用计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)形成产品设计和制造过程的一体化,使产品构思、设计、装配、试验和质量管理全过程实现自动化,是当今世界机电一体化发展的新趋势。



直流电机

直流电机是机械能和直流电能互相转换的旋转机械装置。直流电机可作为电动机,将电能转换为机械能,也可作为发电机,将机械能转换为电能。

电动机可分为交流电动机和直流电动机两大类。

直流电动机虽然比三相异步电动机的结构复杂,维护也不方便,但由于它的调速性能较好,启动转矩较大,因此,在速度调节要求较高,正反转和启制动频繁,或多单元同步协调运转的生产机械上,仍采用直流电动机来拖动,例如,龙门刨床、镗床、轧钢机等均采用直流电动机作动力。

直流发电机可作为直流电源,例如,作为直流电动机,同步电机励磁,蓄电池充电,汽车、船舶上的用电,电镀,电解,电焊等方面的直流电源。由于直流发电机的构造复杂,价格昂贵,目前已被晶闸管等整流设备逐渐取代。但从电源的质量与可靠性来说,直流发电机有其优点,至今直流发电机仍有应用。

本章主要讨论直流电机的基本工作原理及其特性,特别是直流电动机的机械特性及启动、调速、制动的基本原理和基本方法。

1-1 直流电机的基本结构与工作原理

一、直流电机的基本结构

直流电机可概括地分为静止和转动两大部分。静止部分称为定子;转动部分称为转子。定、转子之间由空气隙分开。其结构如图 1-1(a)所示,图 1-1(b)所示的为直流电机剖面示意图。

1. 定子部分

定子由主磁极、换向极、机座和电刷装置等组成。

(1)主磁极 它的作用是产生恒定的主极磁场,由主磁极铁心和套在铁心上的励磁绕组组成。铁心的上部叫极身,下部叫极掌。极掌的作用是减小气隙的磁阻,使气隙磁通沿气隙空间分布得更均匀,并支撑绕组。为了保证各励磁电流严格相等,励磁绕组相互间一般采用串联连