



高职高专“十一五”规划教材
机械系列·数控技术专业

数控机床 电气控制

闫雪锋 主 编
李洪民 副主编
王仁广 主 审

国防科技大学出版社



教育部“十二五”规划教材
教育部“十二五”职业教育教材

教育部“十二五”规划教材
教育部“十二五”职业教育教材

主编：王 明

副主编：王 明

数控机床 电气控制

主编：王 明
副主编：王 明
编 者：王 明

机械工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械系列·数控技术专业

数控机床电气控制

闫雪锋 主 编

李洪民 副主编

王仁广 主 审

国防科技大学出版社

【内容简介】本书是为高职高专数控及相关专业编写的教材。

书中介绍了数控机床概论、数控机床电气控制原理、数控系统、数控伺服驱动系统、数控机床主轴系统、检测装置、数控系统与 PLC、数控机床综合维修以及数控机床电气控制电路设计实例等内容。本书力求内容系统完整,讲解深入浅出,通过相应模块的练习,使学生很好地掌握所学知识。

本书适合高职高专学生使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/闫雪锋主编. —长沙:国防科技大学出版社,
2008. 8

(高职高专“十一五”规划教材·机械系列)

ISBN 978-7-81099-557-3

I. 数… II. 闫… III. 数控机床—电气控制—高等学校:
技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 128458 号

出版发行:国防科技大学出版社

网 址: <http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:石少平 特约编辑:党选丽

印 刷 者:三河市骏杰印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:12.5

字 数:312 千字

版 次:2008 年 8 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价:21.00 元

高职高专“十一五”规划教材·机械系列

编审委员会

主 任 李文珍 清华大学机械工程系
中国铸造学会学术工作委员会委员

副 主 任 霍忠义 长安大学理学院
汪 诤 兰州交通大学机电工程学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 艳	尹 楠	田亚平	吕 刚	吕 勇
同鹏英	刘 勇	闫雪锋	孙美霞	杨志勤
杨明飞	李和平	李河水	李洪民	连晓峰
吴健生	辛会珍	苟维杰	易 楠	赵晓东
胡春潮	洪 涛	徐道富	陶春生	常建啟
蔡晓光	廖志远			

课程审定 周 岩 哈尔滨工业大学机电工程学院
王 娜 兰州交通大学机电工程学院
武晨光 徐州空军学院军交系

内容审定 陈智刚 江西现代职业技术学院机械学院
宗 琳 沈阳化工学院机械工程学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3 000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的

目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列、机械系列、电子信息系列、物流管理系列、财经管理系列和化学化工系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

电子信息系列

- 公共基础课
- 应用电子技术专业
- 通信专业
- 电气自动化专业

化学化工系列

- 化学基础课

物流管理系列

- 物流管理专业

财经管理系列

- 工商管理专业
- 财务会计专业
- 经济贸易专业
- 财政金融专业
- 市场营销专业

机械系列

- 机械基础课
- 机械设计与制造专业
- 数控技术专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

序

21 世纪是科技和经济高速发展的重要时期,随着我国经济持续快速健康的发展,各行各业对高技能专业型人才的需求量迅速增加,对人才素质的要求也越来越高。高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,在加快培养高技能专业型人才方面发挥着重要的作用。

与国外相比,我国高职高专教育起步时间短,这种状况与我国经济发展对人才大量需求的现状是很不协调的。因此,必须加快高职高专教育的发展步伐,提高应用型人才的培养水平。

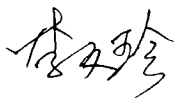
高职高专教育水平的提高,离不开课程体系的完善。相关领域人才的培养需要一批兼具前瞻性和实践性的优秀教材。教育部高教司针对高职高专教育人才培养模式提出了“以就业为导向”的指导思想,这也正是本套高职高专教材的编写宗旨和依据。

如何使高职高专教材既突出行业的需求特点,又突出职业的核心能力?这是教材在编写过程中必须首先解决的问题。本系列教材编委会深入研究了高职高专教育的课程和专业设置,并对以往的教材进行了详细分析和认真考察,力图在不破坏教材系统性的前提下,加强教材的创新和实践性内容,从而确保学生在学习专业知识的同时多动手,增强自己的实践能力,以加强“知”与“行”的结合。

本系列教材根据高职高专教育的要求,注重学生能力的培养,使学生在学习理论知识的同时更主要的是理论结合实践。本系列教材设置了“本章小结”和“习题”模块,方便学生学习并掌握所学知识点;而且根据科目的不同配有实践环节和实验环节等。通过这些栏目的设计,使本系列教材的内容更加丰富、条理更为清晰,为老师的讲授和学生的学习都提供了很大的便利。

经过辛勤努力,本系列教材终于顺利出版了。我们相信本系列教材一定能够很好地适应现代高职高专教育的教学需求,也一定能够在高职高专教育机械课程的改革中发挥积极的推动作用,为社会培养更多优秀的应用型人才。

清华大学机械工程系材料加工技术研究所副所长
中国铸造学会学术工作委员会委员



前 言

随着数控技术的不断发展,数控机床的应用范围越来越广,数控机床的维修和维护人员越来越紧缺。所以,掌握一定的数控机床电气控制方面的知识,对机床的操作与维修有很大的作用。数控机床电气控制是一门综合性和实用性极强的技术,它也是继电器-接触器控制、可编程控制(PLC)控制、数控系统控制、伺服驱动控制等的综合应用。不但需要机械方面的知识,而且需要紧密结合工程实践。

本教材兼顾工程应用及教学需要,从数控机床电气控制的应用出发,系统地介绍了数控系统各部件的基本知识和应用实例。本教材在编写过程中力求做到:在理论上,只求够用;在内容上,力求全面实用。本教材中的术语、图形文字符号均采用最新的国家标准。

本教材共9章内容,系统介绍了数控机床绪论、数控机床电气控制原理、数控系统、数控伺服驱动系统、数控机床主轴系统、检测装置、数控系统与PLC、数控机床综合维修以及数控机床电气控制电路设计实例等内容。本教材将理论讲解和实际操作有机地结合在一起,从理论到实际应用,都很详细地做了介绍。

由于编者水平有限,书中难免有不妥或疏漏之处,请多指教。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床电气控制系统的发展	1
1.1.1 开放结构的发展	1
1.1.2 软件伺服驱动技术	2
1.1.3 CNC 系统	2
1.2 数控机床电气控制系统的结构	3
1.3 现代数控系统的发展	5
1.4 数控机床的电气故障分析	6
本章小结	7
习题 1	7
第 2 章 数控机床电气控制原理	8
2.1 数控机床常用低压电器	8
2.1.1 接触器	8
2.1.2 继电器	12
2.1.3 低压断路器	16
2.1.4 熔断器	20
2.1.5 主令电器	22
2.1.6 电源变压器	26
2.2 数控机床电气控制原理图	28
2.2.1 电气控制原理图中图形符号与文字符号	29
2.2.2 电气控制原理图绘制规则	30
2.2.3 电气原理图符号位置的索引	31
2.2.4 电气控制原理图	32
2.2.5 电气原理图的识读	33
2.3 数控机床电气控制的逻辑表示	36
2.3.1 电气控制的逻辑表示	36
2.3.2 逻辑运算法则	36
2.3.3 数控机床电气控制线路的基本规律	37
2.4 数控机床电气控制系统的基本环节	41
2.4.1 笼型异步电动机的直接启动控制	41
2.4.2 笼型异步电动机的正反转控制	42
2.4.3 笼型异步电动机制动控制电路	45

2.4.4 联锁控制	46
2.4.5 应用实例分析	47
本章小结	48
习题 2	48
第 3 章 数控系统	50
3.1 概述	50
3.1.1 数控系统的组成	50
3.1.2 数控系统的类型	53
3.2 CNC 系统结构	57
3.2.1 CNC 系统硬件	57
3.2.2 CNC 系统软件	57
3.3 数控系统举例	58
3.3.1 华中系统	58
3.3.2 德国 SIEMENS 系统	60
3.3.3 日本 FANUC 系统	60
3.4 数控系统的电磁兼容性	64
3.4.1 数控系统电磁兼容性要求	64
3.4.2 接地技术	65
3.4.3 屏蔽技术	68
3.4.4 滤波技术	70
本章小结	70
习题 3	70
第 4 章 数控伺服驱动系统	72
4.1 伺服驱动系统	72
4.1.1 伺服驱动系统的组成	73
4.1.2 伺服驱动系统的工作原理	73
4.1.3 伺服驱动系统电动机类型	75
4.1.4 数控机床对伺服驱动系统的要求	78
4.2 伺服电动机驱动系统	78
4.2.1 步进电动机驱动系统	78
4.2.2 直流电动机驱动系统	81
4.2.3 交流电动机驱动系统	82
4.2.4 交流电动机伺服系统	84
4.3 数控机床伺服系统控制实例	85
4.3.1 华中系统	85
4.3.2 德国 SIEMENS 系统	92
4.3.3 日本 FANUC 系统	94
本章小结	102

习题 4	103
第 5 章 数控机床主轴系统	104
5.1 主轴系统	104
5.1.1 主轴系统的组成	104
5.1.2 数控机床对主轴系统的要求	106
5.2 主轴变速	106
5.2.1 无级变速	107
5.2.2 分段无级变速	108
5.3 主轴电动机驱动	110
5.3.1 直流主轴电动机驱动	110
5.3.2 交流主轴电动机驱动	111
5.4 主轴的定向控制与准停控制功能	112
5.4.1 主轴电气定向控制	112
5.4.2 主轴电气准停控制	114
本章小结	115
习题 5	115
第 6 章 检测装置	116
6.1 检测装置概述	116
6.1.1 检测方式	116
6.1.2 伺服系统对检测装置的要求	117
6.2 编码器	117
6.2.1 编码器结构与工作原理	117
6.2.2 编码器的类型	119
6.3 感应同步器	120
6.3.1 感应同步器结构与工作原理	121
6.3.2 感应同步器工作方式	122
6.4 旋转变压器	123
6.4.1 旋转变压器结构与工作原理	123
6.4.2 旋转变压器应用	124
6.5 光栅	125
6.5.1 光栅结构与工作原理	125
6.5.2 光栅检测装置的特点	128
6.6 磁栅	128
6.6.1 磁栅结构与工作原理	128
6.6.2 拾磁磁头及其拾磁原理	131
6.7 测速发电机	132
本章小结	135
习题 6	135

第 7 章 数控系统与 PLC	136
7.1 可编程控制器 PLC	136
7.1.1 可编程控制器概述	136
7.1.2 PLC 的结构与工作原理	139
7.1.3 PLC 的技术指标	140
7.1.4 PLC 的类型与特点	140
7.1.5 PLC 的应用及发展	142
7.2 PLC 在数控系统中的配置	144
7.2.1 配置方式	144
7.2.2 PLC 与数控系统外部信息交换	145
7.3 PLC 在数控系统中的应用	146
7.3.1 电动机启动/停止	146
7.3.2 电动机正反转	147
7.3.3 自动换刀	149
本章小结	152
习题 7	152
第 8 章 数控机床综合维修	153
8.1 概述	153
8.1.1 故障检查知识与故障分析知识	154
8.1.2 控制系统的保养与维护	154
8.2 数控机床故障分析方法	155
8.2.1 数控机床的维修方法	155
8.2.2 数控机床使用注意事项	157
8.2.3 数控机床故障诊断技术	158
8.3 实践技能	159
8.3.1 通过数控机床电气控制梯形图识读	159
8.3.2 交流主轴的故障分析	163
本章小结	161
习题 8	164
第 9 章 数控机床电气控制电路设计实例	165
9.1 电气控制电路设计	165
9.1.1 电气控制电路设计原则	165
9.1.2 电气控制电路设计注意事项	165
9.1.3 数控系统功能的选择	166
9.2 数控车床电气控制电路设计	167
9.2.1 数控车床的功能	167
9.2.2 数控车床电气控制电路	168

9.3 数控铣床电气控制电路设计	172
9.3.1 数控铣床的功能	172
9.3.2 数控铣床电气控制电路	173
9.4 数控加工中心电气控制电路设计	176
9.4.1 数控加工中心的功能	176
9.4.2 数控加工中心电气控制电路	176
本章小结	177
习题 9	178
附录	179
参考文献	182

第 1 章 绪 论

1.1 数控机床电气控制系统的发展

进入 21 世纪后,我国机床制造业面临着提升电气控制系统控制精度的压力。数控技术对传统机械制造业的渗透产生了一种机电一体化的产品——数控机床。数控机床是以数控系统为代表的新技术,其技术范围覆盖很多领域。

1.1.1 开放结构的发展

数控技术从发明到现在,已有近 50 年的历史。按照电子器件的发展,数控系统可分为电子管数控、晶体管数控、中小规模 IC(Integrate Circuit)数控、小型计算机数控和微处理器数控五个阶段。从体系结构的发展,数控系统可分为以硬件及连线组成的硬数控系统、计算机硬件及软件组成的 CNC(Computer Number Control)数控系统,后者也称为软数控系统。从伺服及控制的方式,数控系统可分为步进电动机驱动的开环系统和伺服电动机驱动的闭环系统。数控系统装备的机床大大提高了加工精度、速度和效率。人类发明了机器,延长和扩展人的手脚功能,当出现数控系统以后,制造厂家逐渐希望数控系统能部分代替机床设计师和操作者的大脑,具有一定的智能,能把特殊的加工工艺、管理经验和操作技能放进数控系统,同时也希望系统具有图形交互、诊断等功能。

数控系统具有友好的人机界面和开发平台,通过这个界面和平台开放而自由地执行和表达自己的思路,这就产生了开放结构的数控系统。机床制造商可以在该开放系统的平台上增加一定的硬件和软件构成自己的系统。目前,开放系统有两种基本结构。

1) CNC+PC 主板

把一块 PC 主板插入传统的 CNC 机器中,PC 主板主要运行实时控制,CNC 主要运行以坐标轴运动为主的实时控制。

2) PC+运动控制板

把运动控制板插入 PC 机的标准插槽中作实时控制用,而 PC 机主要作非实时控制用。

开放结构在 20 世纪 90 年代初已形成,对于许多熟悉计算机应用的系统生产厂家,往往采用 PC+运动控制板。但目前主流数控系统生产厂家认为数控系统最主要的性能是可靠性,像 PC 机存在的死机现象是不允许的。而系统功能首先追求的仍然是高精高速的加工,加上这些厂家已经生产了大量的数控系统,体系结构的变化会对他们原系统的维修服务和可靠性产生不良的影响,因此,这些厂家不把开放结构作为主要的产品,仍然大量生产原结构的数控系统。为了增加开放性,主流数控系统生产厂家往往采用 CNC+PC 主板,即在不

变化原系统基本结构的基础上增加一块 PC 板,提供键盘使用户把 PC 和 CNC 联系在一起,大大提高了人机界面的功能,比较典型的如 FANUC 的 150/160/180/210 系统。有些厂家也把这种装置称为融合系统(FUSION SYSTEM)。由于该装置工作可靠,界面开放,越来越受到机床制造商的欢迎。

1.1.2 软件伺服驱动技术

伺服技术是数控系统的重要组成部分。广义上说,采用计算机控制,控制算法采用软件的伺服装置称为“软件伺服”。它有以下优点:

- (1) 无温漂,稳定性好。
- (2) 基于数值计算,精度高。
- (3) 通过参数设定,调整减少。
- (4) 容易做成 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)电路。

20 世纪 70 年代,美国 GATTYS 公司发明了直流力矩伺服电动机,从此开始大量采用直流电动机驱动,开环的系统逐渐由闭环的系统取代,但直流电动机存在以下缺点:

- (1) 电动机容量、最高转速、环境条件受到限制。
- (2) 换向器、电刷维护不方便。

交流异步电动机虽然价格便宜、结构简单,但早期由于控制性能差,所以很长时间没有在数控系统上得到应用。随着电力电子技术的发展,1971 年,德国西门子的 Blaschke 发明了交流异步机的矢量控制法;1980 年,以德国人 Leonhard 为首的研究小组在应用微处理器的矢量控制的研究中取得进展,使矢量控制实用化。从 20 世纪 70 年代末,数控机床逐渐采用以异步电动机为主轴的驱动电动机。如果把直流电动机进行“里翻外”的处理,即把电枢绕组装在定子上,转子为永磁部分,由转子轴上的编码器测出磁极位置,这就构成了永磁无刷电动机。这种电动机具有良好的伺服性能。从 20 世纪 80 年代开始,永磁无刷电动机逐渐应用在数控系统的进给驱动装置上。为了实现更高的加工精度和速度,20 世纪 90 年代,许多公司又研制了直线电动机。它由两个非接触元件(即磁板和线卷滑座)组成。电磁力直接作用于移动的元件而无须机械连接,没有机械滞后或螺距周期误差,精度完全依赖于直线反馈系统和分级的支承,由全数字伺服驱动,刚性高、频响好,因而可获得高速度。但由于它的推力还不够大,发热、漏磁及造价等因素也影响了它的广泛应用。对现代数控系统,伺服技术取得的最大突破可以归结为:交流驱动取代直流驱动,数字控制取代模拟控制(或者把它称为软件控制取代硬件控制)。这两种突破的结果产生了交流数字驱动系统,应用在数控机床的伺服进给和主轴装置上。由于电力电子技术及控制理论、微处理器等微电子技术的快速发展,软件运算及处理能力的提高,特别是 DSP(Digital Signal Processing)的应用,使系统的计算速度大大提高,采样时间大大减少。这些技术的突破,使伺服系统性能改善、可靠性提高、调试方便、柔性增强,大大推动了高精高速加工技术的发展。

1.1.3 CNC 系统

数控系统从控制单台机床到控制多台机床的分级式控制需要网络进行通信,网络的主要任务是进行通信,共享信息。这种通信通常分三级。

1. 工厂管理级

工厂管理级通信一般由以太网组成。

2. 车间单元控制级

车间单元控制级通信一般由 DNC 功能进行控制。通过 DNC 功能形成网络,可以实现对零件程序的上传、读、写 CNC 的数据,PLC 数据的传送,存储器操作控制,系统状态采集和远程控制等。更高档次的 DNC 还可以对 CAD/CAM/CAPP 以及 CNC 的程序进行传送和分级管理。CNC 与通信网络联系在一起还可以传递维修数据,使用户与 NC 生产厂直接通信,进而把用户和制造厂家联系起来,构成虚拟制造网络。

3. 现场设备级

现场级与车间单元控制级及信息集成系统主要完成底层设备单机及 I/O 控制、连线控制、通信联网、在线设备状态监测及现场设备生产、运行数据的采集、存储、统计等功能,保证现场设备高质量完成生产任务,并将现场设备生产运行数据信息传送到工厂管理层,向工厂级提供数据。同时也可接受工厂管理层下达的生产管理及调度命令并执行之。因此,现场级与车间级是实现工厂自动化及 CIMS(Computer Integrated Manufacturing Systems)系统的基础。传统的现场级大多是基于 PLC(可编程控制器)的分布式系统,其主要特点是现场层设备与控制器之间的连接是一一对一,即一个 I/O 点对设备的一个测控点。所谓 I/O 接线方式为传递 4~20 mA(模拟量信息)或 24 V(开关量信息)信息。这种系统的缺点是:信息集成能力不强、系统不开放、可集成性差、专业性不强、可靠性不易保证、可维护性不高。现场总线是以单个分散的、数字化、智能化的测量和控制设备作为网络节点,用总线相连接,实现相互交换信息,共同完成自动控制功能的网络系统与控制系统。因此,现场总线是面向工厂底层自动化及信息集成的数字网络技术。现场总线技术的主要特点为:数控系统通信向现场级延伸,数字化通信取代 4~20 mA 模拟信号,应用现场总线技术要求现场设备智能化(可编程或可参数化)。它集现场设备的远程控制、参数化及故障诊断为一体,由于现场总线具有开放性、互操作性、互换性、可集成性,因此是实现数控系统设备层信息集成的关键技术。它对提高生产效率、降低生产成本非常重要。目前在工业上采用的现场总线有 Deviconet、CAN、hterbus-S 等。有的公司还有自己的总线,比如 FANUC 的 FSSB、I/O LINK(相当于 JPCN-1),日本安川 YASKAW 的 Motion Link 等。目前比较活跃的是 Profibus-DP,为了允许更快的数据传送速度,它由 OSI(Open System Internetwork)的七层结构省去三至七层构成。西门子最新推出 802D 的伺服控制就是由 Profibus-DP 控制的。

1.2 数控机床电气控制系统的结构

现代机床的动力主要由电动机提供,即由电动机来拖动机床的主轴和进给系统。电动机通过传动机构来带动工作机构的拖动方式,称为电力拖动。习惯上将电动机、传动机构及工作机构视为电力拖动部分;为满足加工工艺要求,把电动机启动、制动、反向、调速的控制部分称为电气自动控制部分。数控机床电气控制系统由数控装置、进给伺服系统、主轴伺服系统、机床强电控制系统等组成,如图 1-1 所示为典型数控机床的电气控制系统。

数控机床的电气控制系统主要有以下几个部分。