



全国高职高专教育“十一五”规划教材

数控技术专业系列

数控机床电气控制 (第2版)

廖兆荣 杨旭丽 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

全国高职高专教育“十一五”规划教材

内容提要

本书是根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》和《教育部关于深化高等职业教育教学改革的若干意见》等文件精神，在广泛调研的基础上，参照国外先进经验，结合我国高等职业教育实际情况，由具有丰富教学经验的教师共同编写而成的。本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校等院校机械类、机电类、自动化类、电子信息类等专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

数控机床电气控制

(第2版)

廖兆荣 杨旭丽 主编

责任编辑：张永红 封面设计：王 伟 责任校对：王 伟 责任印制：王 伟 责任校对：王 伟

出版发行：高等教育出版社 地址：北京市西城区德胜门外大街4号 邮编：100120 电话：010-28810000 网址：http://www.hep.com.cn 电子邮箱：hep@hep.com.cn 印刷：北京印刷厂 装订：北京印刷厂 开本：787×1092 1/16 印张：20.75 字数：200 000

版次：2004年6月第1版 印次：2004年6月第1次印刷 定价：30.00元

高等教育出版社

书号：24436-00

内容提要

本书从数控机床的安全操作、日常维护、简单故障诊断与维修出发,介绍了数控机床电气控制概况、电力拖动系统及其运动分析、常用电动机及其应用、数控机床常用低压电器、电气控制基本环节、典型机床电气控制、可编程控制器及其应用、自动控制基础、数控机床驱动装置、数控装置结构与原理、典型数控系统、数控机床维护与维修。全书内容选择以“必需够用”为度,元器件介绍重外部应用,应用实例针对性强,内容结构清晰,分析简明扼要。

本书可作为高等职业院校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控及相关专业的教学用书,也可供数控技术专业领域技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/廖兆荣,杨旭丽主编. —2版. —北京:
高等教育出版社, 2008.6
ISBN 978-7-04-024436-6

I. 数… II. ①廖… ②杨… 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059900号

策划编辑	徐 进	责任编辑	许海平	封面设计	张志奇	责任绘图	朱 静
版式设计	范晓红	责任校对	王 雨	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊市科通印业有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 20.75
字 数 500 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年6月第1版
2008年6月第2版
印 次 2008年6月第1次印刷
定 价 30.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24436-00

第2版前言

本书以数控机床应用对电气控制系统的要求为主线,进行内容组织和编写。全书共分12个模块。模块一分析了数控机床加工过程及要求,介绍了数控机床电气控制系统的组成、工作过程、分类、主要性能指标、发展趋势;模块二阐述了电力拖动系统运动方程及各种运动的实现,对多轴电力拖动系统的折算进行了简单分析;模块三介绍了数控机床中常用电动机结构、简单原理、起动和调速及制动方法、性能特点;模块四介绍了数控机床中常用低压电器的结构、原理、选用;模块五从三相异步电动机起动、调速、制动出发,分析了继电-接触器的基本控制环节,并介绍了简单电路设计方法;模块六从控制原理分析的角度,介绍了电气原理图的分析、典型机床的结构原理和维修;模块七介绍了数控机床常用可编程控制器的结构、原理、编程、设计及实现;模块八介绍了自动控制的相关基础;模块九介绍了数控机床常用驱动装置的结构、简单原理;模块十介绍了数控装置的结构与原理;模块十一介绍了数控机床中典型数控系统的结构、连接、调试、维修;模块十二则从数控机床应用出发,介绍了数控机床安全操作和维护、数控机床电气控制各部件故障诊断与维修的思路和方法。

全书内容选择以“必需够用”为度,侧重于数控机床的安全操作、日常维护和简单故障分析。分析时,尽量将元器件和系统看成黑匣子,重在应用分析和外部特性描述,对内部结构和原理只要求大致了解,并尽量简化或删除。应用实例根据内容需要从简单到复杂,针对性强。全书力求结构清晰,分析简明扼要,文字流畅。

通过本书的学习,可以使学习者了解数控机床电气控制系统的结构、简单工作原理,掌握数控机床的安全操作和维护。对数控机床电气控制方面的故障,能进行简单的分析、诊断和维修。全书各模块内容相对独立,读者可以根据不同学习目的,选择相应的模块学习。

本书由廖兆荣、杨旭丽担任主编,模块一、模块二、模块九、模块十二由廖兆荣编写;模块三、模块八由杨旭丽编写;模块四、模块五由杨旭丽、陈顺科编写;模块六由杨旭丽、张勇忠编写;模块七由张勇忠、廖兆荣编写;模块十、模块十一由张勇忠编写。

全书由赵承获主审。赵老师对修订大纲和具体内容提出了指导性的意见,并针对全书图表的统一和标准化提出了具体的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2008年3月

第1版前言

数控技术是制造业实现自动化集成生产的基础,而数控机床电气控制是继电器接触器控制、伺服系统、可编程控制器控制、自动控制系统、数控系统的综合应用,是数控机床安全操作、故障诊断与维修的重要基础。

全书共分10个模块。模块一介绍数控机床电气控制的组成、简单工作过程、分类、性能指标要求和发展趋势;模块二从电力拖动系统的运动分析和自动控制理论基础方面,介绍数控机床电气控制中必需的运动分析和控制基础;模块三介绍数控机床中常用低压电器的结构、原理、调整、选用和维修;模块四介绍继电器接触器控制的基本控制环节;模块五从如何分析电气控制原理的角度,介绍电气原理图的分析、典型机床的结构原理和维修;模块六介绍数控机床中常用的可编程控制器结构、原理、编程和调试维修;模块七介绍数控机床常用驱动装置的结构、简单原理、调试和维修;模块八简单介绍数控机床中数控装置的结构和原理,而模块九介绍数控机床中典型数控系统的结构、连接、调试和维修;模块十则从数控机床应用出发,介绍数控机床安全操作和维护、数控机床电气控制各部件故障诊断维修的思路和方法。

通过本书的学习,可以使学生了解数控机床电气控制系统的结构、简单工作原理,掌握数控机床安全操作和维护,对数控机床电气控制方面的故障,能进行简单的分析、诊断和维修。

本书由廖兆荣担任主编,并编写模块一、模块二、模块七和模块十;张勇忠任副主编,并编写模块五、模块六、模块八和模块九;陈顺科编写模块三和模块四。

由于编者水平有限,书中不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2004年9月

目 录

模块一 数控机床电气控制概况	1
模块二 电力拖动系统及其运动分析	12
学习单元一 电力拖动系统的运动方程	12
学习单元二 多轴电力拖动系统的折算	14
模块三 常用电动机及其应用	19
学习单元一 直流电动机及其应用	19
学习单元二 三相异步电动机及其应用	28
学习单元三 同步电动机及其应用	36
学习单元四 步进电机及其应用	37
模块四 数控机床常用低压电器	42
学习单元一 低压电器基本知识	42
学习单元二 电力开关电器	44
学习单元三 控制信号电器	51
学习单元四 接触器和继电器	56
学习单元五 保护电器	64
学习单元六 执行电器	71
学习单元七 数控机床位置检测装置	74
学习单元八 低压电器认识与调整实验	80
学习单元九 位置检测装置的应用实验	82
模块五 电气控制基本环节	85
学习单元一 三相异步电动机的全压起动控制	85
学习单元二 三相异步电动机的降压起动控制	87
学习单元三 三相异步电动机正反转控制	90
学习单元四 三相异步电动机的制动控制	92
学习单元五 其它基本控制线路	96

学习单元六	简单控制电路设计	100
学习单元七	电气维修基础	112
学习单元八	三相异步电动机正反转控制实训	115
学习单元九	三相异步电动机星形-三角形降压启动控制实训	116
学习单元十	三相异步电动机能耗制动实训	117
模块六	典型机床电气控制	118
学习单元一	电气制图与识图方法	118
学习单元二	CA6140 型普通车床电气控制	121
学习单元三	X62W 型万能铣床结构及电气控制要求	124
学习单元四	X62W 型万能铣床电气控制	126
学习单元五	CA6140 型普通车床常见电气故障分析与维修	130
学习单元六	X62W 型万能铣床常见电气故障分析与维修	131
模块七	可编程控制器及其应用	134
学习单元一	可编程控制器概况	134
学习单元二	可编程控制器的组成及工作原理	137
学习单元三	FANUC-PMC 的指令系统	143
学习单元四	FANUC-PMC 应用实例	155
学习单元五	SIMATIC S7-300 PLC 基本构成	162
学习单元六	SIMATIC S7-300 PLC 基本指令系统	169
学习单元七	PLC 控制系统的设计	177
学习单元八	机械手 PLC 控制设计实例	187
学习单元九	可编程控制器编程与调试实训	193
模块八	自动控制基础	195
学习单元一	自动控制系统及其性能要求	195
学习单元二	自动控制系统的数学模型	200
学习单元三	自动控制系统的时域分析	203
模块九	数控机床驱动装置	209
学习单元一	数控机床驱动装置概况	209
学习单元二	步进电机驱动装置	215
学习单元三	变频电动机驱动装置	219
学习单元四	交流伺服电机驱动装置	223
学习单元五	数控机床主轴驱动装置	231
学习单元六	步进电机驱动系统的调试及使用	242
学习单元七	变频调速系统的构成、调整及使用	246

学习单元八 交流伺服系统的构成、调整及使用	251
模块十 数控装置结构与原理	259
学习单元一 数控装置的硬件结构	259
学习单元二 数控装置的软件结构	265
学习单元三 数控装置的信息处理	270
学习单元四 数控装置的通信	274
模块十一 典型数控系统	276
学习单元一 FANUC Oi 数控装置	276
学习单元二 FANUC Oi 伺服系统	279
学习单元三 FANUC Oi 主轴模块	281
学习单元四 FANUC Oi 电源模块	283
学习单元五 FANUC Oi 数控系统连接	285
学习单元六 数控系统的连接及调试实训	288
模块十二 数控机床维护与维修	290
学习单元一 数控机床的安全操作与维修	290
学习单元二 数控机床维修管理与维修方法	295
学习单元三 数控系统的参数设置与备份方法	298
学习单元四 数控装置常见故障分析与维修	301
学习单元五 进给伺服系统常见故障诊断与维修	304
学习单元六 主轴伺服系统的故障诊断与维修	309
学习单元七 PLC 控制常见故障诊断与维修	312
学习单元八 其它故障分析与维修	314
学习单元九 数控系统的参数设置与调整训练	316
参考文献	321

模块一 数控机床电气控制概况

模块学习目标

- 了解数控机床加工过程及特点;
- 掌握数控机床电气控制系统的组成和工作特点;
- 理解数控机床电气控制系统主要性能指标及要求;
- 熟悉数控机床电气控制的分类和发展方向。

模块学习内容

数控机床的编程加工技术人员除了应掌握数控机床的编程和操作外,还必须了解数控机床的性能,掌握数控机床电气控制系统的组成和工作特点,才能充分发挥数控机床的作用,判断数控机床能否保证零件的加工质量;在数控机床发生故障时,还应能简单分析故障原因并进行处理,避免故障的扩大;同时应及时与维修人员进行沟通,为数控机床的故障排除提供足够的信息,从而保证数控机床长期稳定地无故障运行。

一、数控机床加工过程及特点

工业、农业、科学和国防现代化建设,要求机械产业不断地提供各种先进的设备,如电力机车、内燃机车、起重运输机械、装卸机械、工程机械、养路机械等。为制造和维修这些设备,就必须具备制造各种金属零件的设备,如铸造、锻造、焊接、冲压和切削加工设备等。机械零件的形状精度、尺寸精度和表面粗糙度,主要靠切削加工来达到,特别是形状复杂、精度要求高和表面粗糙度要求高的零件,往往需要经过几道甚至几十道切削加工工序才能完成。

利用刀具对金属毛坯进行切削,从而加工出机械零件的工作机械称为金属切削机床,简称机床。机床是现代机械制造业中最重要的加工设备,在一般机械制造厂中,机床所担负的加工工作量约占机械制造总工作量的40%~60%。

机床的性能直接影响机械产品的性能、质量和经济性,因此,它是国民经济中具有战略意义的基础工业,机床的拥有量及其先进程度将直接影响到国民经济各部门生产发展和技术进步的能力。

数控机床由普通机床发展而来,它集机械、液压、气动、伺服驱动、精密测量、电气自动控制、现代控制理论、计算机控制和网络通信等技术于一体,是一种高效率、高精度、能保证加工质量、解决工艺难题,而且又具有一定柔性的生产设备,并正逐步取代普通机床。数控机床的广泛使

用,给机械制造业的生产方式、产品结构和产业结构带来了深刻的变化,其技术水平高低和拥有量多少,是衡量一个国家和企业现代化水平的重要标志。

(一) 数控机床加工过程

普通机床的整个加工过程,需要通过技术工人手工操作来完成;而数控机床可以按事先编制的加工程序,自动地对工件进行加工,如图 1.1 所示。

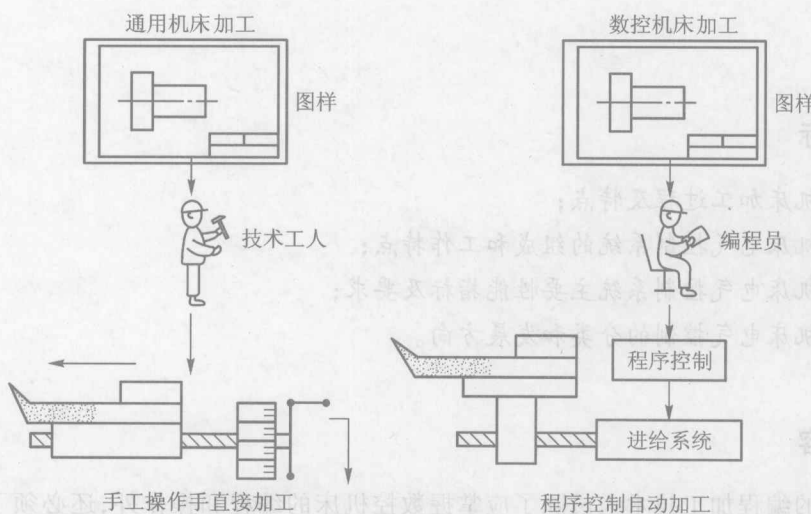


图 1.1 普通机床与数控机床加工的比较

数控机床的加工过程如下(图 1.2):

- (1) 根据加工零件尺寸、形状和技术要求,确定零件的加工工艺过程和加工参数。
- (2) 按规定的格式和代码,编制数控机床能执行的数控加工程序。
- (3) 采用按键输入或通信输入的方式,将数控加工程序输入到数控机床的数控装置中。
- (4) 数控机床的数控装置自动处理数控加工程序,进行刀具轨迹计算,发出各种信号控制数控机床的伺服系统和机床强电控制系统,驱动电动机带动主轴旋转和工作台移动,并协调控制数控机床的主运动、进给运动和辅助运动,直至零件自动加工完毕。

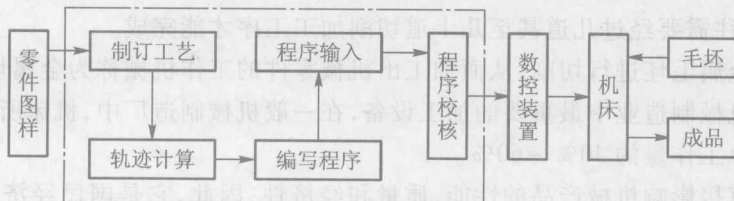


图 1.2 数控机床加工过程

由此可看出,数控机床既具有专用机床生产率高的优点,又具有普通机床工艺范围广、使用灵活的特点,集高效率、高精度、高柔性于一身,成为当今机床自动化的理想形式。

(二) 普通机床和数控机床加工实例比较

以切削如图 1.3 所示的摇手柄为例。

1. 摇手柄的普通车床加工方法

数量较少或单件生产时,各圆弧面采用双手控制法车削,

即通过双手合成运动加工。

数量较多时,各圆弧面可以采用多把成形车刀车削,即将多把车刀刀刃磨得跟工件各圆弧面形状相同,分别对各圆弧面进行切削。

批量生产时,可以采用靠模法进行加工。采用背板靠模和尾座靠模加工摇手柄的方法分别如图 1.4 和图 1.5 所示。



图 1.3 摇手柄示意图

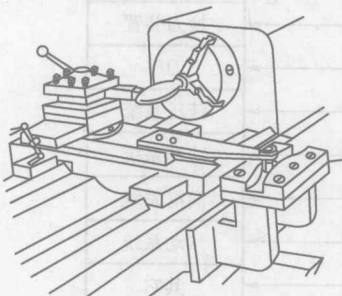


图 1.4 背板靠模加工法示意图

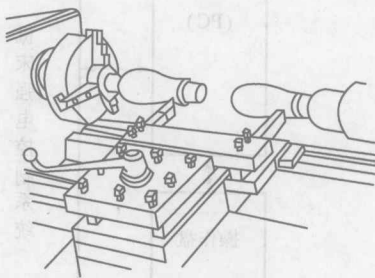


图 1.5 尾座靠模加工法示意图

2. 摇手柄的数控车床加工方法

数控车床加工是将摇手柄图置于加工坐标系中,通过计算确定各点的坐标,然后编制程序,通过数控车床电气控制系统,控制车床的 X 轴和 Z 轴进给,从而控制车刀沿轮廓运动,即可加工出高精度的摇手柄。

图 1.6 为摇手柄的数控车床加工示意图。现以加工从点 P_1 到点 P_2 的圆弧为例说明数控车床加工摇手柄的过程。

设经过计算确定两点坐标为 $P_1(x_1, z_1)$ 、 $P_2(x_2, z_2)$ 的圆弧半径为 40 mm 。则点 P_1 到点 P_2 圆弧的数控加工指令为:

G90 G02 Xx2 Zz2 R40 F100

数控车床执行这条加工指令时,会按照圆弧要求,分别

驱动 X 轴和 Z 轴运动,两轴带动车刀运动合成的轨迹就是 $R40$ 的圆弧,当车刀运动到点 $P_2(x_2, z_2)$ 时,数控车床会继续执行下一条指令,从而完成点 P_1 到点 P_2 的圆弧加工。

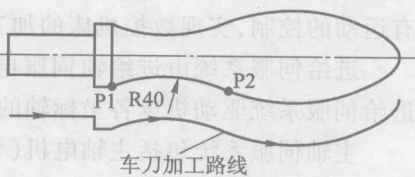


图 1.6 摇手柄数控车床加工示意图

(三) 数控机床特点

由此可看出数控机床具有以下几个显著特点:

- (1) 能完成很多普通机床难以加工,或者根本不能加工的复杂型面的加工。
- (2) 采用数控机床可以提高零件的加工精度,稳定产品的质量。
- (3) 采用数控机床可比普通机床提高 $2 \sim 3$ 倍的生产效率,对复杂零件的加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。
- (4) 数控机床具有柔性,只需更换程序,就可适应不同品种及尺寸规格零件的自动加工。
- (5) 大大减轻了工人的劳动强度。

二、数控机床电气控制系统组成及其工作过程

1. 数控机床电气控制系统的组成

数控机床电气控制系统由数控装置(CNC)、进给伺服系统、主轴伺服系统、机床强电控制系统(包括可编程控制器控制系统和继电器-接触器控制系统)等组成,如图 1.7 所示。

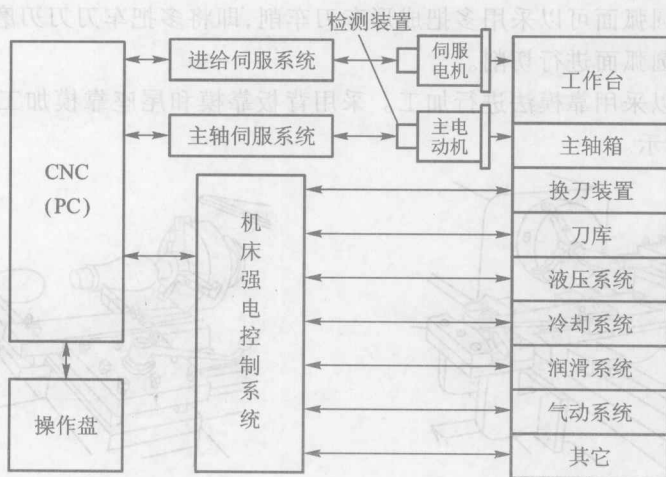


图 1.7 数控机床电气控制系统组成

数控装置是数控机床电气控制系统的控制中心。它能够自动地对输入的数控加工程序进行处理,将数控加工程序信息按两类控制量分别输出:一类是连续控制量,送往伺服系统;另一类是离散的开关控制量,送往机床强电控制系统,从而协调控制机床各部分的运动,完成数控机床所有运动的控制,实现数控机床的加工过程。

进给伺服系统由进给轴伺服电机(一般内装速度和位置检测器件)和进给伺服装置组成。进给伺服系统驱动机床各坐标轴的切削进给,提供切削过程中所需要的转矩、运转速度。

主轴伺服系统包括主轴电机(含速度检测器件)和主轴伺服装置,实现对主轴转速的调节控制,有的主轴伺服装置还含有主轴定向控制功能。

机床强电控制系统,除了对机床辅助运动和辅助动作(包括电动系统、液压系统、气动系统、冷却箱及润滑油箱等)的控制外,还包括对保护开关、各种行程极限开关和操作盘上所有元件(包括各种按键、操作指示灯、波段开关)的检测和控制。在机床强电控制系统中,可编程控制器(PLC)可替代机床上传统的强电控制系统中大部分机床电器,从而实现对润滑、冷却、气动、液压和主轴换刀等系统的逻辑控制。

2. 数控机床电气控制系统工作过程

如图 1.6 所示,在从点 P1 到点 P2 的圆弧加工中,数控车床电气控制系统的工作过程如下:

- (1) CNC 控制主轴伺服系统模块,使主轴电动机带动主轴按要求速度旋转。
- (2) CNC 控制车床强电控制系统,使冷却系统正常工作。
- (3) CNC 通过车床强电控制系统,驱动换刀装置,使需要使用的车刀转动到工作位置。
- (4) CNC 控制 X 轴、Z 轴伺服装置,驱动刀架移动,使车刀定位在点 P1(x1,z1)。

(5) CNC 按圆弧加工指令控制 X 轴、 Z 轴伺服装置,分别驱动刀架沿 X 向、 Z 向移动,车刀刀架规定的圆弧轨迹移动,即可加工出所需要的圆弧。

(6) 当车刀运动到点 $P2(x_2, z_2)$ 时, CNC 继续下一条指令的控制。

以上所有的动作控制都按预先编好的程序自动进行,不需要人工操作。

三、数控机床电气控制系统分类

数控机床电气控制系统的种类很多,虽然控制对象不同,但原理却基本相似。

(一) 按运动轨迹分类

1. 点位控制系统

点位控制系统只是精确地控制刀具相对工件从一个坐标点移动到另一个坐标点,移动过程中不进行任何切削加工,点与点之间移动轨迹、速度和路线决定了生产效率的高低。为了提高加工效率,保证定位精度,系统采用“快速趋近,减速定位”的方法实现控制。这类数控机床有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。数控钻床点位控制如图 1.8 所示, A 孔和 B 孔的钻孔加工,可以按两种路线加工。

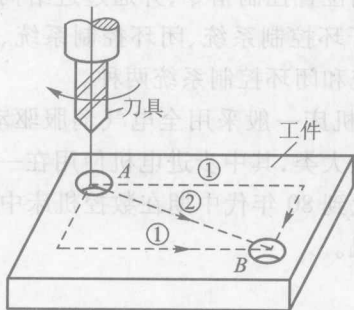


图 1.8 数控钻床点位控制

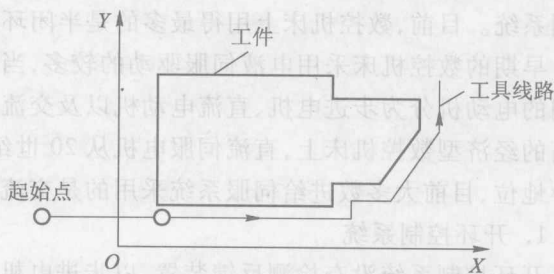


图 1.9 数控铣床直线控制

2. 直线控制系统

直线控制系统不仅要求具有准确的定位功能,而且要控制两点之间刀具移动的轨迹是一条直线,且在移动过程中刀具能以给定的进给速度进行切削加工。

直线控制系统的刀具运动轨迹一般是平行于各坐标轴的直线;特殊情况下,如果同时驱动两套运动部件,其合成运动的轨迹是与坐标轴成一定夹角的斜线。这类数控机床有数控车床、数控镗铣床等。数控铣床直线控制如图 1.9 所示。

3. 轮廓控制系统

轮廓控制系统能同时控制两个或两个以上坐标轴,这需要进行复杂的插补运算,即根据给定的运动代码指令和进给速度,计算刀具相对工件的运动轨迹,实现连续控制。这类数控机床有数控车床、数控铣床、数控线切割机床、数控加工中心等。数控铣床轮廓控制如图 1.10 所示,数控线切割机床轮廓控制如图 1.11 所示。

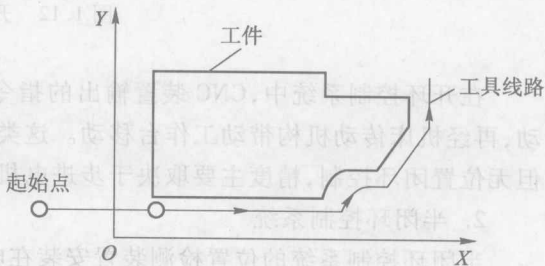


图 1.10 数控铣床轮廓控制

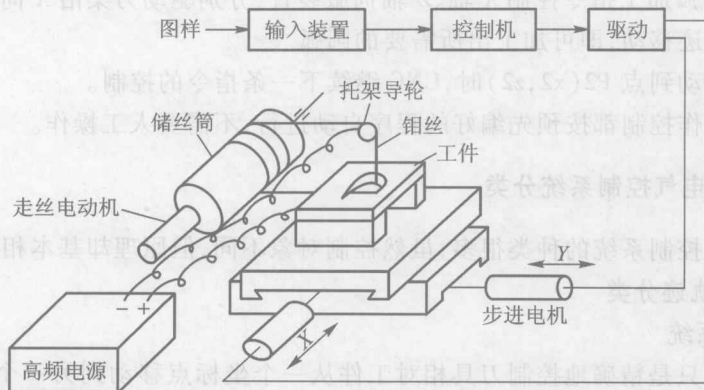


图 1.11 数控线切割机床轮廓控制示意图

(二) 按伺服系统分类

数控系统根据输入的程序指令及数据,经插补运算得到位置控制指令,并通过进给伺服系统完成各坐标轴的位置控制。伺服系统按控制方式来分,有开环控制系统、闭环控制系统、半闭环控制系统。目前,数控机床上用得最多的是半闭环控制系统和闭环控制系统两种。

早期的数控机床采用电液伺服驱动的较多,当前,数控机床一般采用全电气伺服驱动系统,使用的电动机分为步进电机、直流电动机以及交流电动机三大类,其中步进电机使用在一些要求不高的经济型数控机床上,直流伺服电机从 20 世纪 70 年代到 80 年代中期在数控机床中占据了主导地位,目前大多数进给伺服系统采用的是交流伺服电机。

1. 开环控制系统

开环控制系统没有检测反馈装置,以步进电机作为驱动元件,由步进驱动装置和步进电机组成,如图 1.12 所示。



图 1.12 开环控制系统框图

在开环控制系统中,CNC 装置输出的指令脉冲经驱动电路进行功率放大,控制步进电机转动,再经机床传动机构带动工作台移动。这类系统结构简单、价格低廉,调试和维修都比较方便,但无位置闭环控制,精度主要取决于步进电机及传动机构的精度,因而精度较差。

2. 半闭环控制系统

半闭环控制系统的位置检测装置安装在电动机或丝杠轴端,通过角位移的测量,间接测量机床工作台的实际位置,并与 CNC 装置的指令值进行比较,用差值进行控制。半闭环控制系统以

交、直流伺服电机作为驱动元件,由位置比较电路、速度控制电路、伺服电机等组成,如图 1.13 所示。

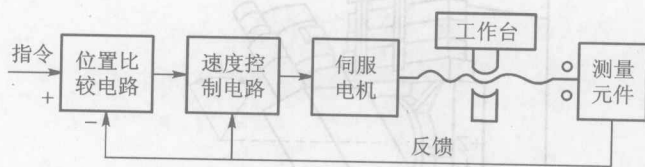


图 1.13 半闭环控制系统框图

半闭环控制系统只检测电机的旋转角度而不检测机械间隙等,所以整个位置系统位置环增益可以较大,且调试比较容易,稳定性较好。对部分环节造成的误差可以控制,精度比开环高,传动链上有规律的误差,如间隙及螺距误差等,可由数控系统加以补偿。但是传动机构的误差过大或其误差不稳定时,则数控系统难以补偿。

3. 闭环控制系统

闭环控制系统的位置检测装置安装在机床工作台上,直接测量工作台的实际位移,并与 CNC 装置的指令值进行比较,用差值进行控制。闭环控制系统以交、直流伺服电机作为驱动元件,用于高精度设备的控制,如图 1.14 所示。

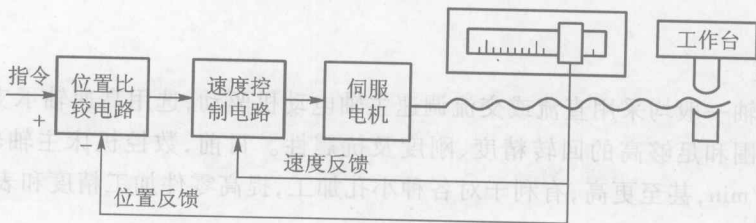


图 1.14 闭环控制系统框图

闭环控制系统直接从机床的移动部件上获取位置实际移动值,通过反馈控制,可调节全部传动环节造成的误差,其精度很高,检测装置的精度对系统的精度影响大。但由于在位置环中存在着延迟、间隙等非线性环节,因此影响系统的稳定性,调试较困难。

四、数控机床电气控制系统主要性能指标及要求

（一）数控机床的运动性能指标

1. 数控机床的可控轴数和联动轴数

数控机床的可控轴数是指数控机床数控装置能够控制的坐标数量。数控机床可控轴数与数控装置的运算处理能力、运算速度及内存容量等有关。国外先进数控装置的可控轴数已经达到了 24 轴,我国目前数控装置可控轴数最多为 6 轴,图 1.15 为 6 轴加工中心示意图。

数控机床的联动轴数是指数控机床数控装置可同时进行运动控制的坐标轴数。目前有 2 轴联动、3 轴联动、4 轴联动、5 轴联动等。3 轴联动数控机床能三坐标联动,可以加工空间复杂曲面。4 轴联动、5 轴联动数控机床可以加工飞行器叶轮、螺旋桨等零件。

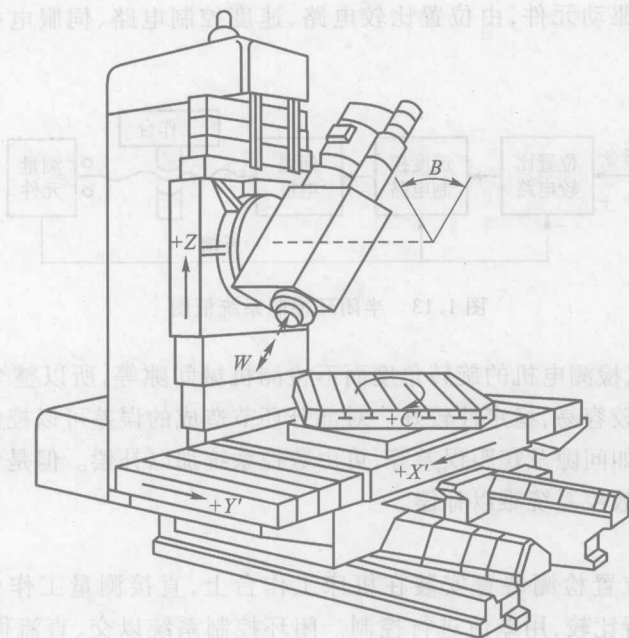


图 1.15 6 轴加工中心示意图

2. 主轴转速

数控机床主轴一般均采用直流或交流调速主轴电动机驱动,选用高速轴承支承,保证主轴具有较宽的调速范围和足够高的回转精度、刚度及抗震性。目前,数控机床主轴转速已普遍达到 5 000 ~ 10 000 r/min,甚至更高,有利于对各种小孔加工,提高零件加工精度和表面质量。

3. 进给速度

数控机床的进给速度是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素。它受数控装置的运算速度、机床运动特性、刚度等因素的限制。目前我国数控机床的进给速度可达 10 ~ 15 m/min,国外先进数控机床的进给速度可达 15 ~ 30 m/min。

4. 坐标行程

一般数控机床坐标轴 X 、 Y 、 Z 的行程大小构成数控机床的空间加工范围,即加工零件的大小。坐标行程是直接体现机床加工能力的指标参数。

5. 刀库容量和换刀时间

刀库容量和换刀时间对数控机床的生产效率有着直接的影响。刀库容量是指刀库能存放加工所需要刀具的数量。中小型数控加工中心多为 16 ~ 60 把刀具,大型加工中心可达 100 把刀具。换刀时间是指带有自动交换刀具系统的数控机床,将主轴上使用的刀具与装在刀库上的下一工序需用的刀具进行交换所需要的时间。目前国内数控机床换刀时间为 10 ~ 16 s,国外先进数控机床换刀时间一般为 4 ~ 5 s。

(二) 数控机床的精度指标

1. 定位精度

定位精度是指数控机床工作台等移动部件移动到指令位置的准确程度,即实际移动位置与

指令要求位置的一致性,移动部件实际位置与指令位置之间的误差称为定位误差。被控制机床坐标的误差(即定位误差)包括驱动此坐标轴控制系统(伺服系统、检测系统、进给系统等)的误差,也包括移动部件导轨的几何误差等。定位误差将直接影响零件加工的位置精度。

2. 重复定位精度

重复定位精度是指在同一条件下,用相同的方法,重复进行同一动作时,控制对象到达同一指令位置的一致程度,即在同一台数控机床上,应用相同程序、相同代码加工一批零件,所得到的连续结果的一致程度,也称为精密度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙、刚性以及摩擦特性等因素影响。

3. 分辨率与脉冲当量

分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对数控机床电气控制系统而言,分辨率是可以控制的最小位移增量,其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。数控装置发出一个脉冲信号,机床移动部件的位移量叫做脉冲当量。脉冲当量是设计数控机床原始数据之一,目前普通精度级的数控机床的脉冲当量一般采用 0.001 mm/脉冲 ,精密或超精密数控机床的脉冲当量采用 0.0001 mm/脉冲 。脉冲当量越小,数控机床的加工精度和加工表面质量越高。

五、数控机床电气控制系统的发展状况

数控机床电气控制系统的发展,与数控系统、伺服系统、可编程控制器的发展密切相关。

(一) 数控系统的发展状况

随着微电子技术和计算机技术的飞速发展,数控系统的功能不断增多,柔性不断增强,性能价格比不断提高,当前数控系统正朝着下面几个方向发展。

1. 高速度、高精度化

数控系统的高速度、高精度化要求数控系统在读入加工指令数据后,能高速度计算出伺服电机的位移量,并能控制伺服电机高速度准确地运动。此外,要实现生产系统的高速度化,还要求主轴转速、进给率、刀具交换、托板交换等实现高速度化。提高微处理器的位数和速度是提高 CNC 速度的最有效的手段。目前较新的数控系统大多数采用 32 位微处理器。

2. 智能化

数控系统应用高技术的重要目标是智能化。智能化技术主要体现在以下几个方面:

(1) 自适应控制技术。通常数控机床按照预先编好的程序进行控制,但随机因素,如毛坯余量和硬度的不均匀、刀具的磨损等难以预测,为了确保质量,一般要在编程时采用较保守的切削用量,从而降低了加工效率。自适应控制系统(AC, adaptive control)可对机床主轴转矩、功率、切削力、切削温度、刀具磨损等参数值进行自动测量,并由 CPU 进行比较运算后,发出修改主轴转速和进给量大小的信号,确保 AC 系统处于最佳切削状态,从而在保证加工质量条件下,使加工成本最低或生产率最高。

(2) 附加人机会话自动编程功能。建立切削用量专家系统和示教系统,从而提高编程效率和降低对编程操作人员技术水平要求。

(3) 具有设备故障自诊断功能。数控系统出了故障,控制系统能够进行自诊断,并自动采取排除故障的措施,以适应长时间无人操作环境的要求。