

职业教育实用教材

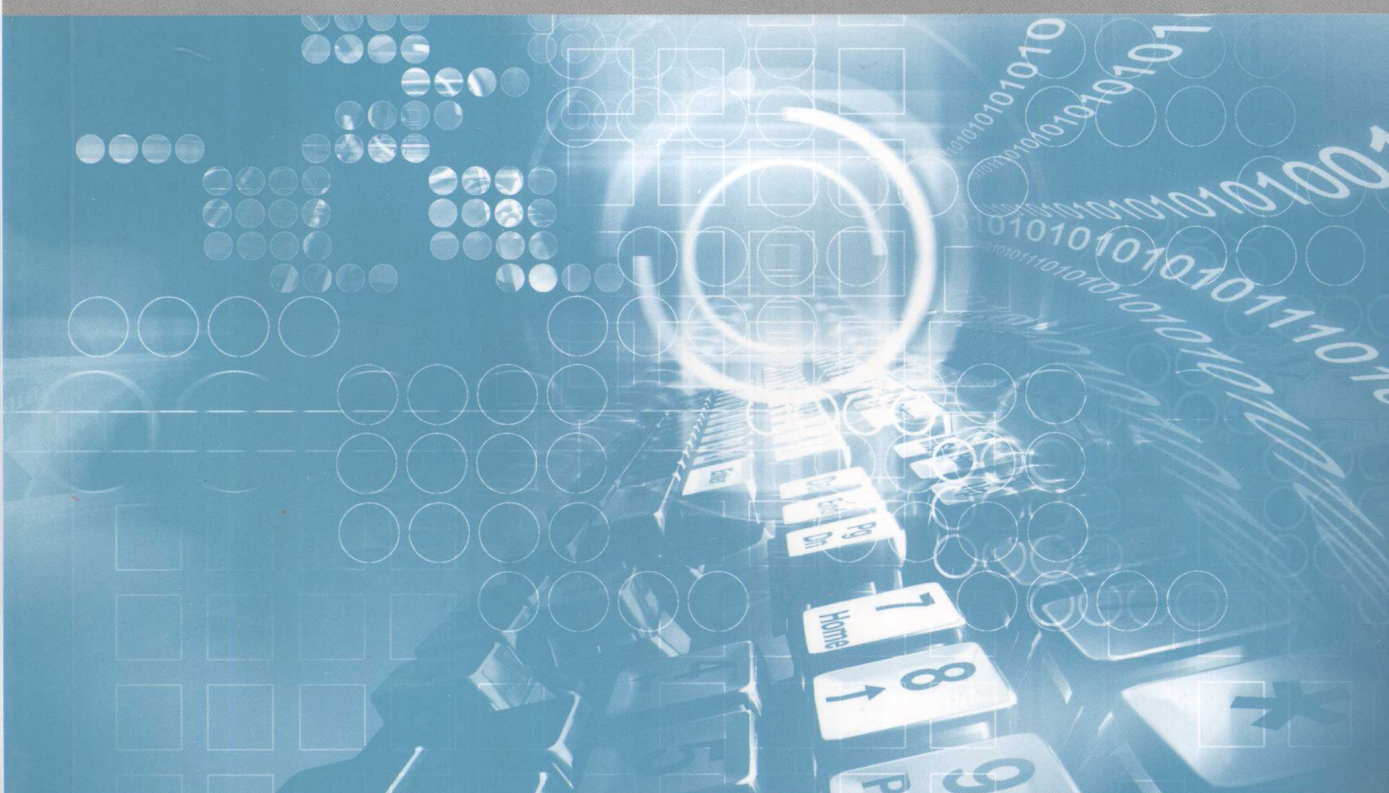
ZHIYE JIAOYU SHIYONG JIAOCAI

数控设备与编程

SHUKONG SHEBEI YU BIANCHENG

孟玲霞 李群 主 编

陈爱荣 郭君霞 陈红 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育实用教材

数控设备与编程

主 编 孟玲霞 李 群

副主编 陈爱荣 郭君霞 陈 红

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍了数控设备的基本知识、数控加工的典型机械结构、数控加工程序编制的基本知识、数控车床的编程与操作、数控电火花加工设备编程与操作、工业机器人、自动编程及数控加工设备的应用与维护等内容。

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

数控设备与编程/孟玲霞,李群主编. —北京:电子工业出版社,2008.8

ISBN 978-7-121-07098-3

I. 数… II. ①孟… ②李… III. 数控机床—程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 104136 号

责任编辑:李 影

印 刷:北京市通州大中印刷厂

装 订:北京市通州大中印刷厂

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:14.25 字数:347 千字

印 次:2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价:22.80 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。若书店缺货,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 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着科学技术的迅猛发展,机械制造技术也随之飞速发展,传统的普通加工设备已经不能适应市场对产品高质量、高效率、多样化的要求。以数控技术为核心的现代化制造技术逐渐取代了传统的机械制造技术,成为现代产品的主要生产技术。数控制造技术是集机械制造技术、计算机技术、微电子技术、现代控制技术、网络信息技术和光机电一体化技术于一身的多学科、高新制造技术。衡量一个国家工业现代化情况的重要标准就是看这个国家数控技术水平及数控机床的拥有量。

目前,我国数控制造技术已经达到相当水平,但是能熟练掌握数控机床编程、操作和维修的一线技术员工十分紧缺。为了培养更多的一线员工,满足国内对数控专业知识人才的需求,编者参阅了大量相关书籍,并结合多年的实践经验编写了此书。

本书针对职业教育的教学特点,突出基础性、实用性、先进性和操作性,注重培养学生理论知识和实际操作相结合的能力。本书以讲解理论知识为主,结合实例来强化实际操作,将理论与实践紧密联系在一起。同时,各章配有相应的练习题,以帮助学生巩固本章知识,从而提升实际操作能力。

本课程教学共需 80 ~ 98 学时,各章参考课时见下表:

内 容	课 时
第一章 数控设备基本知识	4
第二章 数控设备的典型机械结构	10
第三章 数控编程基础	8
第四章 数控车床的编程与操作	14
第五章 数控铣床的编程与操作	16
第六章 数控加工中心的编程与操作	10
第七章 特种加工数控设备及其程序编制	4 ~ 8
第八章 工业机器人	0 ~ 6
第九章 自动编程	6 ~ 12
第十章 数控设备的使用与维护	4 ~ 6
机 动	4
合 计	80 ~ 98
实验专用周	2 周

本书由北京信息科技大学孟玲霞和李群担任主编,陈爱荣、郭君霞和陈红担任副主编。

由于编者水平有限,书中难免存在一些不足和缺点,恳请广大师生及读者不吝提出批评、指正和改进意见,在此深表谢意。

编 者

目 录

第一章 数控设备基本知识	1
第一节 概述	1
第二节 数控设备的结构组成及工作原理	3
第三节 数控设备的分类	5
本章习题	9
第二章 数控设备的典型机械结构	10
第一节 数控机床概述	10
第二节 数控机床的主传动系统	11
第三节 数控机床的进给传动系统	15
第四节 数控机床的自动换刀装置	24
第五节 数控机床的自动排屑装置	32
本章习题	34
第三章 数控编程基础	35
第一节 程序编制流程及方法	35
第二节 常用数控编程术语	37
第三节 常用数控编程指令	41
第四节 数控编程中的工艺处理	48
第五节 数控编程中的数值计算	54
本章习题	57
第四章 数控车床的编程与操作	59
第一节 数控车床的常用性能指标	59
第二节 数控车床加工程序的编制	64
第三节 数控车床的基本操作	80
第四节 数控车床编程实例	87
本章习题	89
第五章 数控铣床的编程与操作	90
第一节 数控铣床的常用性能指标	90
第二节 数控铣床加工程序的编制	94
第三节 数控铣床的基本操作	110
第四节 数控铣床编程实例	119
本章习题	123

第六章 数控加工中心的编程与操作	125
第一节 数控加工中心概述.....	125
第二节 数控加工中心程序的编制.....	128
第三节 数控加工中心的基本操作.....	138
第四节 数控加工中心编程实例.....	143
本章习题.....	151
第七章 特种加工数控设备及其程序编制	152
第一节 数控电火花线切割机床概述.....	152
第二节 数控电火花线切割加工程序的编制.....	155
第三节 线切割机床的基本操作.....	160
第四节 数控电火花成型加工机床.....	163
第五节 激光切割.....	168
本章习题.....	169
第八章 工业机器人	170
第一节 工业机器人概述.....	170
第二节 工业机器人的组成.....	171
第三节 工业机器人的分类、应用及发展趋势.....	174
第四节 工业机器人的编程.....	178
本章习题.....	180
第九章 自动编程	181
第一节 自动编程概述.....	181
第二节 Mastercam9 软件介绍.....	185
本章习题.....	204
第十章 数控设备的使用与维护	205
第一节 数控设备的安装与调试.....	205
第二节 数控设备的使用与维护.....	209
第三节 数控机床常见故障与处理.....	211
本章习题.....	216
附录 A 常用数控技术名词中英对照	217

第一章

数控设备基本知识

【学习目标】

了解数控设备的特点与发展,以及结构组成、工作原理、应用范围与分类等相关的基本概念。

第一节 概 述

现代微型计算机技术、微电子及信息技术飞速发展,在机械领域中也得到了广泛应用。微机的信息处理功能与机械装置的动力学结合而成的机电一体化技术正在使机械制造业发生一场革命。由手工设计绘图、试制、人工操作生产的传统制造业发展为计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)以及工厂自动化(FA)。数控技术正是这场革命的产物,是现代制造业中的一项关键技术,它综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控、机械制造等技术。

一、数控技术基本概念

1. 数控(Numerical Control)

数控是用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种自动控制技术。与模拟控制相对,其控制信号的存储、传输、计算等最终均转换为 0 和 1 的数字信号进行处理。

2. 数控设备

数控设备是一种装有程序控制系统的设备,该系统能逻辑地处理具有特定代码和其他符号编码指令规定的程序。简单来说就是采用了数控技术的设备或者装备了数控系统的设备。

3. 数控系统

数控系统就是程序控制系统,它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序,并将其译码,继而控制设备产生相应运动并加工或测量零件。

数控系统的发展经历了两个阶段。第一阶段为 NC 阶段(1952—1970 年),即逻辑数字控制阶段,数控的所有功能均由硬件(电子管、晶体管、小规模集成电路)来实现。第二阶段为计算机数字控制阶段(CNC)(1970 年至今),主要采用微型计算机与软件进行控制。目前市场应用的数控系统有华中世纪星(中国)、SIMENSE(德国)、FANUC(日本)、FAGOR(西班牙)、HEIDENHAIN(德国)、MITSUBISHI(日本)等 500 多种。

二、数控设备的特点

数控设备具有高度自动化及广泛的通用性,是实现柔性自动化的关键环节。与传统设备相比,具有以下特点:

(1)从结构上看,数控设备进给传动机构简单,传动精度高,运动平稳。

(2)从功能上看,数控设备能够加工复杂型面,工艺复合化,功能集成化,柔性好,适应性强。

(3)从精度上看,数控设备加工精度高,质量稳定。脉冲当量可以达到 $1\mu\text{m}$ 甚至 $0.1\mu\text{m}$,定位精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$,重复定位精度可达 $\pm 0.005\text{mm}$ 。零件一致性好。

(4)生产效率高。数控设备可以大大减少零件加工的机动时间与辅助时间,如可以选择最佳的切削用量、实现快速定位、自动换刀、自动装卸工件,减少工件测量检验时间等。

(5)工人劳动强度低。工人经过程序检查及调试后,主要监视设备是否正常运行,操作简单,可以实现一人多机,劳动强度低,劳动条件得到大大改善。

(6)便于实现自动化集中管理。数控设备采用数字信息进行运算、传输及处理,加工过程稳定,便于精确计算工时、成本,合理安排物流、进度等,实现计算机集成管理。

(7)数控设备造价相对较高,为光、机、电、算、液压、气动一体化设备,维修比较复杂,需要专门的维修人员和高度熟练且经过培训的零件编程人员。

三、数控设备的加工工艺范围

由于零件的生产批量、精度、加工复杂程度等要求不同,因此并不是所有零件都适合在数控设备上加工。数控设备最适合加工具有以下特点的零件:

(1)多品种小批量零件的加工、试制等。

(2)几何形状复杂,手工操作等难于加工的零件。

(3)需严格控制公差、精度要求高、需全部检验的零件。

(4)工艺设计需要频繁改型的零件。

(5)加工过程中需要一次装夹进行多工序加工的零件。

(6)在普通设备上加工需要昂贵的工装夹具等的零件。

(7)加工过程中发生错误会造成严重浪费的贵重零件。

(8)生产周期比较短的零件。

四、数控设备的发展趋势

随着计算机技术、微电子技术、自动控制技术等的发展,数控设备呈现以下发展趋势:

(1)高精度。包括高进给分辨率、高定位精度、重复定位精度、高动态刚度、高性能闭环交流数字伺服系统等。

(2)高速化。机床高速切削和高速空载运动,提高加工效率,减小零件加工热变形等。

(3)多功能化。具有多种监控、检测及补偿功能等。如现场或远程的软件、硬件及故障自诊断功能等,刀具磨损检测、刀具寿命管理、系统精度、热变形检测等,温度补偿、间隙补偿等。

(4)集成化、复合化。将车、铣、钻、磨等多种加工工序集中在一台设备上自动完成,从而提

高加工精度和效率。

(5)智能化。应用数据库技术、专家系统、自适应控制技术,实现最佳工作状态切削,从而提高加工精度、减小表面粗糙度、提高刀具寿命及生产效率等。

(6)高可靠性。提高数控系统软件和硬件的质量,采用模块化、标准化和通用化设计,便于生产、应用、维护和保养。

第二节 数控设备的结构组成及工作原理

一、数控设备的组成

由于数控设备的功能不同,其结构、运动形式等可能不同,但作为数控设备,都是根据预先编制的程序控制设备的加工或测量等,因此其主要组成及工作原理等基本相同。

数控设备是一种典型的机电一体化设备,主要由机械本体、伺服系统及数控系统组成。此外还包括控制介质及一些周围的辅助装置等,如图 1-1 所示。

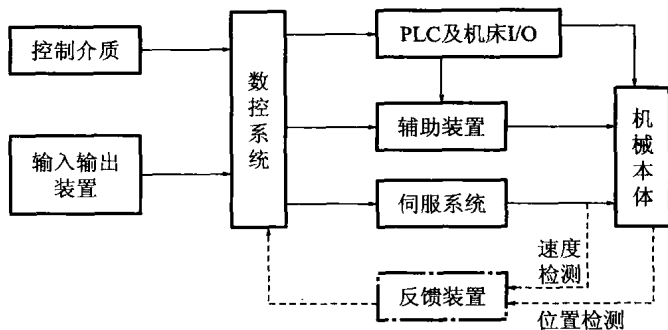


图 1-1 数控设备基本组成

二、数控设备组成部分及各部分功能

1. 机械本体

机械本体是设备用来完成金属切削加工、尺寸测量等功能的机械部分,是数控设备的主体部分。与传统的普通设备类似,由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成。主轴变速通过变频器等来实现一定范围内的无级变速,简化了传统设备的复杂传动链;采用电主轴实现高速加工;采用滚珠丝杠导轨、静压导轨、斜导轨等,刚性好,传动高效平稳,传动精度高。

2. 伺服系统

伺服系统是实现机械本体动作自动化的电气驱动部分,包括驱动电路、驱动电机以及测量反馈装置,是数控系统与机械本体之间的电气联系环节。伺服系统主要由伺服电动机、驱动控制系统、测量装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。驱动电路将数控系统发出的指令信号进行滤波、功率放大等后,驱动电动机运转,从而拖动工作台或刀架等运动。为了提高数控设备的精度,通常需要采用测量装置进行位移、速度

等信号的测量,然后将测量所得信号反馈给数控系统,数控系统将其与指令信号进行比较后,作为实际控制指令,控制数控设备的动作等。测量装置通常采用光栅尺、旋转变压器、光电编码器等非接触式测量装置。反馈比较系统中可以采用普通的 PID 控制,采用模糊控制、神经网络等智能算法进行控制运算,从而实现误差最小化,提高数控系统的精度。

采用细分电路可以达到一个脉冲信号驱动电机旋转一分甚至一秒,从而提高设备的定位及运动精度;采用直线电机可以直接驱动工作台作直线运动,省去中间传动环节,提高系统的刚度,降低系统的惯量,从而提高数控设备的速度和加速度,实现高速、超高速加工;采用压电陶瓷直线电机,可以实现高精度微量进给,进行加工及测量误差的在线补偿等,实现超精密加工与测量。

3. 数控系统

数控系统是数控机床实现自动加工的核心,主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统由 CPU、存储器、控制器等组成,数控系统主要控制对象为位置、角度、速度等机械量及温度、压力、流量等物理量。许多数控设备直接采用微型计算机、工业控制计算机等作为控制硬件,控制软件采用面向对象的 C++ 语言等进行开发,用户可以很方便地进行二次开发等,实现真正的开放式数控系统。

4. PLC(可编程序控制器)及机床 I/O 等电气控制装置

采用 PLC 进行电气开关的逻辑运算与顺序控制,通过继电器、电磁阀、行程开关、接触器等接收程序指令及操作面板发出的开关动作。

5. 控制介质与输入输出装置

控制介质又称信息载体,是人机联系的中间媒介物质,反映数控加工中全部信息,如软盘、U 盘、PCMCIA 卡等。程序及参数的输入、输出可以采用机床的输入面板手动输入,也可以采用计算机自动编程,然后通过串行端口或局域网口将程序传输至数控装置,对于比较大的程序可以直接进行在线(DNC)加工等。

6. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀(ATC)、自动工作台交换(APC)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、气动系统、润滑装置、切削液控制装置、排屑装置、过载保护装置等。

三、数控设备工作过程

数控设备是根据预先编制的程序控制设备的加工或测量等,其工作过程如图 1-2 所示。

(1)根据零件加工图进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数等。

(2)用规定的代码和格式编写零件加工程序单,或用自动编程软件 CAD/CAM,直接生成零件的加工程序文件。

(3)程序的输入和传输。由于手工编写的程序可以从数控机床的操作面板输入,直接生成的程序文件可以通过数控设备的串行接口、RJ45 网口或 PCMCIA 卡等传输到数控设备控制单元(MCU)。

(4)程序校验。可以通过刀具路径模拟、程序单段试运行等检查加工程序,发现错误等进行反复修改直到程序完全正确。

(5) 正确操作设备,运行程序,完成零件的自动加工或测量等。

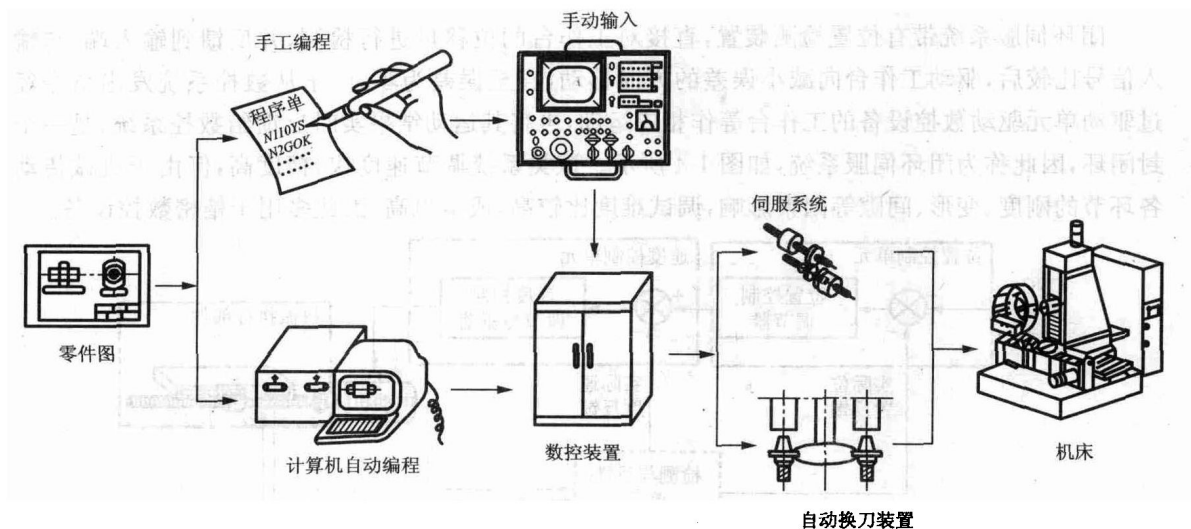


图 1-2 数控设备工作过程

第三节 数控设备的分类

数控设备的种类繁多根据结构、功能不同,控制方式不同,有多种分类方法。

一、按照伺服系统类型分类

1. 开环伺服系统数控设备

这类数控系统是将用户程序处理后,向伺服系统发出指令,直接驱动设备移动,没有速度、位移等测量装置及反馈信号。开环控制系统一般采用步进电动机。数控系统每发出一个脉冲信号,步进驱动器驱动步进电动机旋转一定角度(步距角),再经过齿轮或同步带等传动机构带动工作台移动一定距离(脉冲当量),如图 1-3 所示。由于没有测量反馈装置,该类系统加工速度及加工精度都较低,但比较经济,是早期比较典型的数控产品。

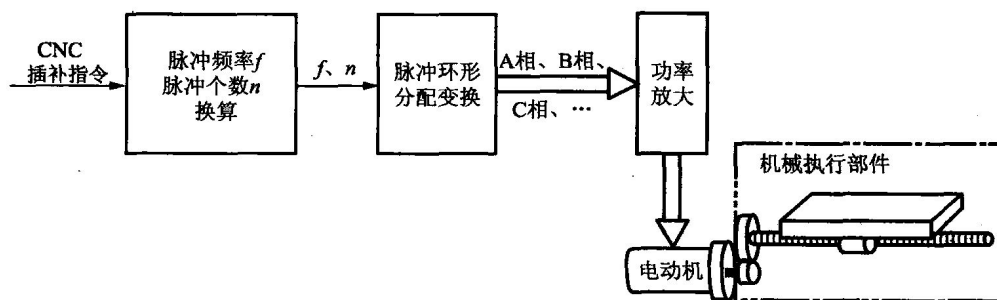


图 1-3 开环伺服系统

2. 闭环伺服系统数控机床

闭环伺服系统带有位置检测装置,直接对工作台的位移量进行检测,并反馈到输入端,与输入信号比较后,驱动工作台向减小误差的方向移动,直至误差为零,由于从数控系统发出指令经过驱动单元驱动数控设备的工作台等作相应运动,再将其运动结果实时反馈给数控系统,是一个封闭环,因此称为闭环伺服系统,如图 1-4 所示。该类系统调节速度快,精度高,但由于机械传动各环节的刚度、变形、间隙等因素影响,调试难度比较高,成本也高,因此多用于精密数控设备。

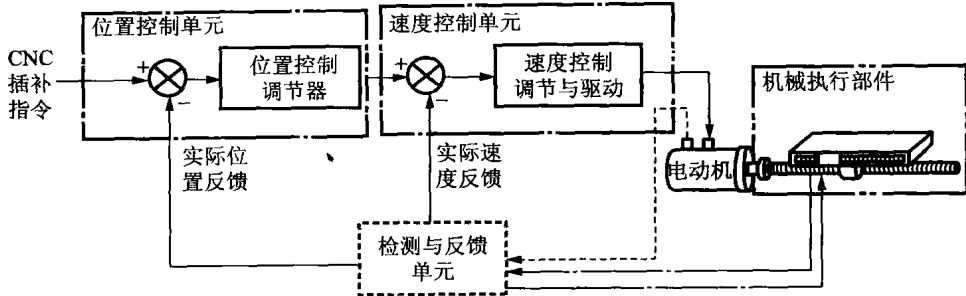


图 1-4 闭环伺服系统

3. 半闭环伺服系统数控机床

半闭环伺服系统是介于开环伺服系统与闭环伺服系统之间的一种系统。该系统采用安装在机床进给电机轴端的角位移测量元件如旋转变压器、脉冲编码器等,将测量信号反馈给控制系统进行比较处理,驱动电机向减小误差的方向转动,直至误差为零,如图 1-5 所示。这类系统没有从执行单元进行信号反馈,未对齿轮传动、丝杠传动等进行间隙误差补偿等,因而精度不如闭环伺服系统高,但由于避开了传动装置等难调试、难补偿的机械环节,调试方便,控制特性稳定,应用广泛。

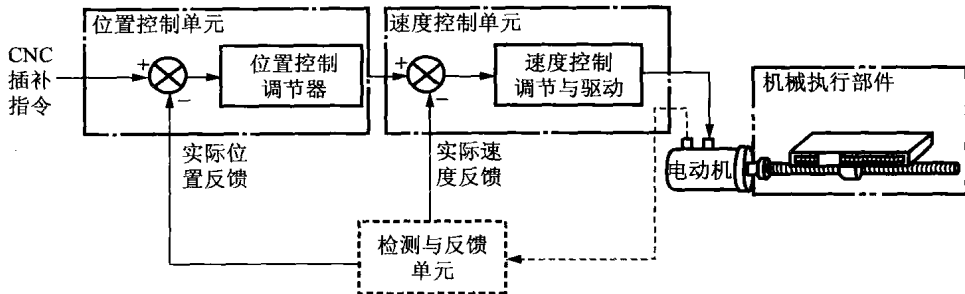


图 1-5 半闭环伺服系统

二、按照工艺分类

1. 普通数控机床

这类数控机床为原有普通金属切削机床的数控化,与普通机床工艺性能相似,有数控车、铣、钻、镗、磨床等。

2. 数控加工中心

这类数控机床是在普通数控机床上安装刀库及自动换刀装置,可以在一台机床上一次装

夹完成车(铣)、镗、钻、铰、攻螺纹等多工序加工。

3. 金属成形类数控机床

这类机床为原有普通成形加工机床的数控化,如数控冲床、数控折弯机、弯管机等。

4. 数控特种加工机床

这类机床与传统的挤压切削原理不同,采用光、电、超声波等技术进行零件加工,如数控电火花加工机床(电腐蚀成形加工、线切割等)、数控激光切割机床、高压水射流切割机床、超声波加工机床等。

5. 其他类型数控设备

这类数控设备是除零件的切削或成形加工以外的设备,如数控三坐标测量机、工业装配机器人、运输机器人等。

三、按照联动轴数分类

数控机床控制的运动部件很多,每一个运动称为一个轴,随着计算机技术、电子技术与自动控制技术的发展,数控设备的控制轴数多达十几个甚至几十个轴。轴与轴之间可以单独运动,也可以作相互配合的相关运动,即联动。空间一点的自由度有六个,因此,数控设备的联动轴数最多为六个轴,目前最多只有五轴联动数控设备。

1. 两轴联动数控设备

这类数控设备联动的轴数为两个轴,典型设备如数控车床,其刀具可以同时作径向(X 轴)进给与轴向(Z 轴)进给,这样除了可以加工回转体零件的端面、外圆以外,还可以两轴联动加工锥面、球面等。

2. 两轴半联动数控设备

这类数控设备可以控制三个坐标轴的运动,但同时进行相关控制的轴数只有两个,如简易数控铣床,可以控制 X 、 Y 、 Z 三个方向的运动,但只能在 XY 、 YZ 、 XZ 中的一个平面内进行相关运动,另外一个轴不能参与插补运算,只能作等距的周期步进运动,加工出曲面,如图 1-6 所示。

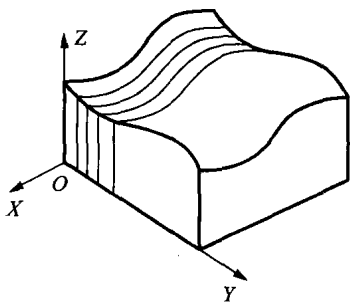


图 1-6 两轴半联动数控铣床加工曲面

3. 三轴联动

这类数控设备可以实现三个坐标轴的相关运动控制,在 XYZ 三维空间内进行插补运算,进行零件的曲面加工,如图 1-7 所示。典型设备如数控铣床和三坐标测量机等。

4. 四轴联动

这类数控设备除了可以同时控制 XYZ 三个直角坐标移动外,还可以实现与一个旋转运动(如旋转工作台)相关的控制,用来加工叶轮、扇叶等,如图 1-8 所示。

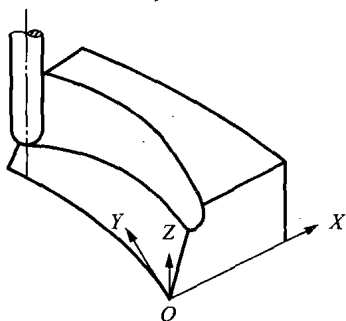


图 1-7 三轴联动数控铣床加工曲面

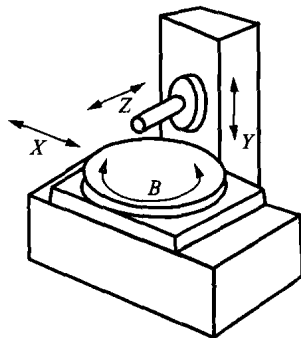


图 1-8 四轴联动数控机床

5. 五轴联动

这类数控设备可以同时进行 XYZ 三个直角坐标的移动与两个轴的转动(如旋转工作台或刀具的摆动等)的相关控制。如图 1-9 所示的机床,用来加工复杂形状的螺旋桨、叶轮等。

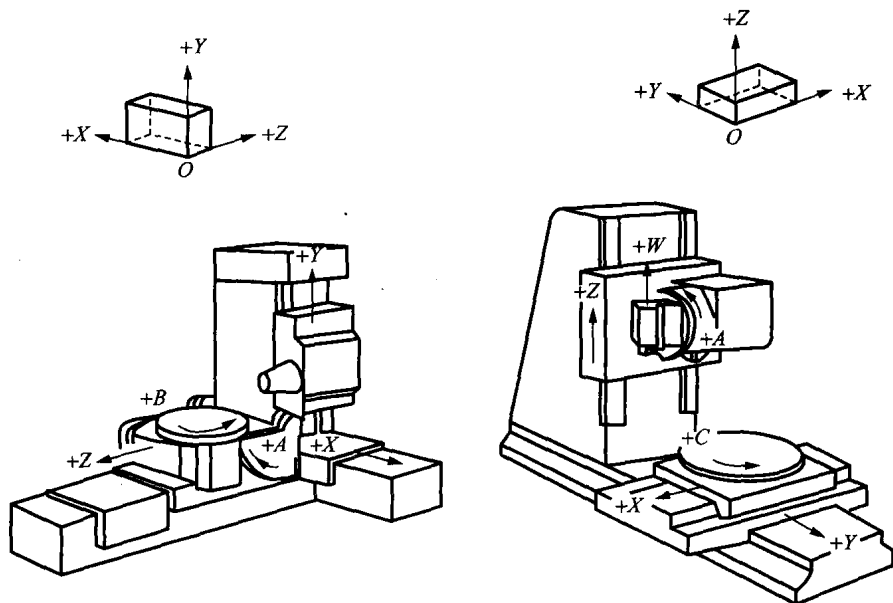


图 1-9 五轴联动数控机床

四、按照设备性能分类

我国常按照数控设备的性能,如分辨率、伺服系统、控制轴数与联动轴数、主 CPU 及数控系统软硬件功能等将数控设备分为高、中、低档,如表 1-1 所示。

表 1-1 数控设备指标及分类

性能指标 档次	分辨率 (μm)	进给速度 (m/min)	伺服系统 类型	联动 轴数	通信能力	显示功能	PLC	CPU
高档	0.1	24~100	直线、伺服 电机,半闭	5	网络、DNC	LED 三维	强大功能 PLC	32、64 位
中档	1	15~24	环、闭环系统	2~4	串口、DNC	CRT、LED 平面	简单 PLC	16、32 位
低档	10	8~15	步进电 机,开环	2~3	无	数码管	无	8 位

不同时期,高中低档的划分标准不同,现在高档的设备 5 年、10 年后很可能成为中档甚至低档设备。因此,这种分类方法属于相对性的划分。

本章习题

1. 试述数控设备的特点。
2. 简述数控设备的加工工艺范围。
3. 数控设备的发展趋势如何?
4. 简述数控设备的结构组成及工作过程。
5. 数控设备按照伺服系统类型、控制轨迹及工艺类型各分为哪几类?

第二章

数控设备的典型机械结构

【学习目标】

了解并掌握数控机床的机械结构组成,了解主传动系统、进给传动系统的组成,掌握齿轮传动副、滚珠丝杠副和导轨副的结构,掌握滚珠丝杠副和齿轮传动副的间隙调整方法,了解数控设备的自动换刀装置与自动排屑装置,掌握常用的换刀方式及其结构工作原理等。

第一节 数控机床概述

数控机床与传统的普通设备类似,由主传动系统、进给传动系统、工作台、床身等部分组成。此外,有些数控机床或加工中心等还配有自动换刀装置、自动润滑装置、冷却装置和排屑装置等。为了提高数控机床的精度、刚度及效率等,其机械结构与传统机床相比,有了十分显著的变化。

(1)数控机床的主传动系统采用变频器等来实现一定范围内的无级变速,简化了传统设备复杂的传动链;采用电主轴实现高速、超高速加工。

(2)数控机床的进给传动系统不再与主轴共用一个电动机,不通过多级变速传递,而是直接采用伺服电机等进行驱动;采用无间隙滚珠丝杠螺母副、无间隙齿轮传动、滚动导轨、静压导轨、贴塑导轨等,提高了传动精度与刚度。

(3)为了丰富数控机床的功能,提高数控机床的加工效率,有些数控机床采用了回转工作台,可以实现精确分度,可以实现回转轴与移动轴的联动插补,用来加工复杂曲面,还可以安装多个工作台,实现工作台自动交换,大大提高了数控机床的加工效率。

(4)数控机床的床身也采用了新结构、新工艺,大大提高了数控机床的刚度与抗振性,减小了机床的热变形,为数控机床实现稳定的切削性能提供了保障。

(5)在数控车床以及加工中心等数控设备上,都配备有刀库及自动换刀装置,可以实现一次装夹多工序加工,大大提高了零件加工精度与效率。

(6)有些数控设备上还配备了机械手,可以实现自动送料及装卸工件、自动将工件调头、调面等,从而实现所有工序在一台设备上的全自动加工。

(7)数控机床通常设计有自动润滑机构、冷却机构,有些机床还配备有自动排屑装置。

第二节 数控机床的主传动系统

一、数控机床主传动系统的特点

数控机床的主传动系统用于产生主切削力,主要由主轴电动机、变速装置及主轴等部分组成,其特点如下:

(1)具有足够的转速范围。既能进行粗加工又能进行精加工,能选用合理的切削用量,从而获得最佳的生产率、加工精度和表面质量。

(2)具有足够的功率和扭矩。数控机床能够进行大功率切削和高速切削,实现高效率加工。

(3)主轴变速迅速可靠。数控机床可以通过指令实现主轴自动无级变速。主轴变速系统采用直流或交流伺服电机、变频器调速装置、主轴电动机等直接驱动主轴,代替传统机床的大量齿轮组成的中间传递环节,使得主轴变速快速、稳定、可靠,并且噪声低、运行平稳。

(4)各零部件具有足够的精度、强度、刚度、抗振性和耐磨性,使得系统具有并长期维持高精度。

二、数控机床主轴的变速方法

数控机床主轴的变速方法有无级变速、分段无级变速和内置电动机变速等几种。目前,多采用交流主轴电动机和直流主轴电动机无级变速系统。为了扩大调速范围,适应低速大扭矩的要求,也经常采用齿轮有级调速和电动机无级调速相结合的变速方式。

1. 无级变速

这种变速方法是通过直流或交流调速电动机的变速经过V带或同步齿形带将运动传给主轴,如图2-1所示。无级变速主轴结构简单,调速和维护方便,主轴的功率、扭矩、转速等特性由调速电动机的输出特性决定,由于不用齿轮传动,避免了齿轮传动引起的振动与噪声。但由于电动机的变速范围有限,这种变速方法主要用于高速、变速范围不大、低扭矩特性要求的机床。

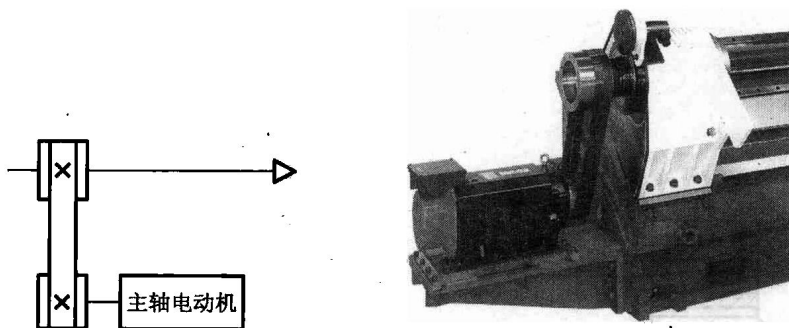


图 2-1 无级变速主轴