

主编 董玉红 邵俊鹏

主审 宋本基

机床数控技术

(第三版)

哈尔滨工业大学出版社

主编 王 强 副主编 王 强
主审 王 强 副主审 王 强

机床数控技术

第2版

清华大学出版社

机 床 数 控 技 术

(第三版)

主编 董玉红 邵俊鹏

主审 宋本基

哈尔滨工业大学出版社

·哈尔滨·

内 容 简 介

本书全面系统地讲述现代数控机床的基本原理与控制技术。全书共分六章,内容围绕计算机数控(CNC)系统的各个组成部分,具体包括计算机数控系统、伺服系统与检测装置、数控机床的机械结构、数控加工的程序编制等,以及数控技术的发展趋势。全书内容新颖,章节连贯,系统性强。

本书可作为高等学校机械工程及自动化、机电一体化等专业本科生的技术基础课教材,同时也可供从事机电一体化的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术/董玉红,邵俊鹏主编.—3版.—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2005.8

ISBN 7-5603-1101-6

I.机… II.①董…②邵… III.数控机床—高等学校—教材 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 087503 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 258 千字

版 次 2005 年 9 月第 3 版 2005 年 9 月第 5 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1101-6/TH·50

印 数 20 001~23 000

定 价 15.80 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

再版前言

从 1952 年美国麻省理工学院研制出世界上第一台数控机床到现在,数控机床已经经历了 50 多年的发展历程。今天,以计算机数控(CNC)系统为控制系统的现代数控机床是综合运用了计算机、自动控制、电气传动、精密测量、机械制造和管理信息等技术而发展起来的,它是自动化机械系统、机器人、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等的基础,同时它也是机械制造业 21 世纪实现技术改造和技术更新,朝着机电一体化发展的重要方面。

现代数控机床主要由信息输入、数控装置、伺服驱动及检测装置、机床本体等部分组成。根据各个组成部分本书内容分为六章,除第一章绪论和第六章外,以现代数控机床的每一个组成部分作为一章内容进行讲述。第二章是介绍数控装置的内容,详细地讲述计算机 CNC 装置(或称 CNC 系统)的工作原理、软硬件结构、插补原理、刀具补偿与加减速控制等;第三章讲述伺服系统常用的检测元件、伺服元件,以及开环伺服系统与闭环伺服系统的组成和工作原理;第四章是介绍机床本体的内容,详细讲述数控机床的机械结构特点,包括主传动系统和进给传动系统结构特点,以及自动换刀装置和回转工作台的结构和工作原理;第五章介绍信息输入的内容,讲述数控编程的基础知识,对数控车床、数控铣床和加工中心的编程结合实例进行了讲述,并介绍了自动编程技术;第六章介绍了数控技术在柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)几个方向的发展趋势。

本书结构严谨,在内容选择上力求全面系统地阐述现代数控机床的基础知识、核心技术和最新成就,并注重系统性与先进性、实用性相结合。

本书由哈尔滨理工大学董玉红、邵俊鹏编写,全书由董玉红统稿。

全书由哈尔滨工程大学宋本基教授主审。宋本基教授对本书提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

在教材的使用过程中,随着技术的发展和更新,我们不断完善和充实教材内容,更正教材中的不足和缺点,得到了同行的认可和赞同,收到了较好的使用效果。本次修订增加了数控铣床和加工中心的编程实例,增加了数控机床及数控技术的最新发展等内容,加强了数控机床的实用技术环节,目的是进一步开阔学生的视野,适应现代数控技术的发展需要,同时也满足教材选用者的教学需求。

由于编者水平有限,书中仍难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2005 年 7 月

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 数控机床的产生与发展	(1)
1.2 数控机床的组成	(3)
1.3 数控机床的分类	(5)
思考题与习题	(8)
第二章 计算机数控(CNC)系统	(9)
2.1 概述	(9)
2.2 CNC 系统的硬件结构	(13)
2.3 CNC 系统的软件结构	(19)
2.4 CNC 系统的插补原理	(21)
2.5 CNC 系统的刀具补偿与加减速控制	(35)
2.6 CNC 系统中的可编程控制器(PLC)	(44)
思考题与习题	(50)
第三章 伺服系统与检测装置	(51)
3.1 概述	(51)
3.2 伺服系统的检测元件	(53)
3.3 伺服系统的驱动元件	(62)
3.4 开环伺服驱动系统	(68)
3.5 闭环伺服驱动系统	(74)
思考题与习题	(81)
第四章 数控机床的机械结构	(83)
4.1 概述	(83)
4.2 数控机床的主传动系统	(84)
4.3 数控机床的进给传动系统	(88)
4.4 自动换刀装置	(95)
4.5 数控机床的回转工作台	(101)
思考题与习题	(103)

第五章 数控加工的程序编制	(104)
5.1 概述	(104)
5.2 数控编程的基础知识	(106)
5.3 工艺分析与数值计算	(112)
5.4 数控车床的程序编制	(121)
5.5 数控铣床的程序编制	(132)
5.6 加工中心编程	(143)
5.7 自动编程	(149)
思考题与习题	(160)
第六章 数控机床及数控技术的发展	(161)
6.1 数控机床的发展	(161)
6.2 直接数字控制(DNC)	(164)
6.3 柔性制造系统(FMS)	(168)
6.4 计算机集成制造系统(CIMS)	(176)
思考题与习题	(177)
参考文献	(178)

第一章 绪 论

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生

1952年,美国帕森斯公司(Parsons)和麻省理工学院(MIT)合作研制成功了世界上第一台数控机床,它是一台三坐标数控铣床,用于加工直升飞机叶片轮廓检查用样板。数控化铣床的计算与控制装置采用电子管元件组成的专用计算机,即逻辑运算与控制采用硬件连接电路。1955年,该类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用。

1958年,我国开始研制数控机床,在研制与推广使用数控机床方面取得了一定成绩。近年来,由于引进了国外的数控系统与伺服系统的制造技术,使我国的数控机床在品种、数量和质量方面得到了迅速发展。目前,我国已有几十家机床厂能够生产不同类型的数控机床和加工中心。在数控技术领域,我国和先进的工业国家之间还存在着不小的差距,但这种差距正在缩小。

数字控制机床(Numerical Control Machine Tool,简称 NC 机床)的产生较好地解决了复杂、精密、小批多变零件的加工问题,满足了科学技术与社会生产日益发展的需要。NC 机床与普通机床、自动与半自动化机床相比具有突出的优点。它不仅提高了加工精度和生产效率,同时也减轻了劳动强度,改善了劳动条件,更重要的是有利于生产管理和产品的更新改型。

计算机数字控制机床(Computer Numerical Control Machine Tool,简称 CNC 机床)也称现代数控机床,是 20 世纪 70 年代发展起来的一种新颖的控制系统。它是实现柔性自动化的关键设备和柔性自动生产线的基本单元。现代数控机床是综合应用了计算机、自动控制、电气传动、精密测量、精密机械制造等技术的最新成果而发展起来的,它采用微处理器作为机床的数控装置,通过编制各种系统软件来实现不同的控制功能和加工功能。CNC 机床又称软线数控,与早期使用专用计算机的硬线数控即 NC 机床相比,具有以下优点:

① 柔性好。NC 机床的控制功能是靠硬件电路来实现的。若要改变系统的加工控制功能,必须重新布线。CNC 机床可以通过软件的编制灵活地改变或增加数控系统的功能,具有较大的灵活性。

② 功能强。CNC 机床利用了计算机的高度计算处理能力,实现许多复杂的数控功能,如二次曲线插补运算、多轴联动、固定循环加工、坐标偏移、图形显示、刀具补偿等,使刀具在三维空间中能实现任意轨迹,完成复杂形面的加工过程。NC 机床只能进行简单的

直线、圆弧插补计算,完成直线、圆弧的加工。

③ 通用性好。CNC 机床可以编制不同的软件来满足各种机床的不同加工要求,这样可以用同一种 CNC 装置满足多种数控机床的要求,体现出了较强的通用性。而 NC 机床的功能和种类不同,NC 装置就不同,不能通用。

④ 可靠性高。NC 机床的零件程序是在加工过程中分段读入、分段加工的,频繁启动光电阅读机会产生故障,引起零件程序错误,这是 NC 装置可靠性不高的主要原因。CNC 装置可使用磁带、软盘等输入装置,将零件加工程序一次输入存储器,避免了在加工过程中频繁开启光电阅读机造成的差错,提高了可靠性。CNC 装置还易于设立各种诊断程序,能进行故障预检和自动查找,便于维修和减少停机时间。

⑤ 易于实现机电一体化。CNC 装置采用大规模集成电路和先进的印刷排版技术,采用数块印刷电路板即可构成整个控制系统,使其硬件结构尺寸大大缩小,可以与机床结合在一起,减少占地面积,实现机电一体化。

1.1.2 数控机床及数控技术的发展概述

自从世界上第一台数控机床诞生以来,经过短短数十年的发展,数控系统无论在内部结构还是在外观上都发生了急剧的变化。它已经历了五代的发展演变过程,即从第一代采用电子管、继电器,到第二代采用晶体管分立元件,到第三代采用集成电路,到第四代采用小型机数控,一直到 1974 年出现了第一台微处理器数控而进入了第五代。数控机床的控制部分已从以硬件为主的数控装置,发展成硬件软件相结合的计算机数控系统。目前数控系统的可靠性日益提高,而且无论在国防工业或民用工业,数控技术的应用已相当普遍。

当前数控技术的发展主要有以下几个方面。

(1) 计算机数控(Computer Numerical Control—CNC)

计算机数控包括小型机和微处理机数控(MNC)。它的数控功能是由系统程序决定的,改变系统程序,就可改变数控功能,所以具有很大的通用性。同时,CNC 系统易于设立各种诊断程序,可以进行故障的预检及自动查找。CNC 系统能使用 CRT 编程,使程序编制简化,并提供对输入的零件加工程序及时修改的方便。此外,CNC 系统对输出能方便地实现数字伺服控制和配用可编程控制器 PLC 进行程序控制。CNC 系统的优点尤其是价廉的 MNC 系统出现以后,其性能价格比大大提高,很快就占领了数控领地,得到了飞速的发展。目前不但大型企业,就是中小型企业也逐渐采用了微机数控系统。

(2) 计算机直接数控(Direct Numerical Control—DNC)

DNC 系统也称为计算机群控系统。它可以理解为是一台计算机直接管理和控制一群数控设备的系统。在这个系统中,零件加工程序都由一台计算机存储与管理,并根据设备的需要,分时地把加工程序分配给各台设备。计算机还对各数控设备的工作情况进行管理与统计,如打印报表等,并处理操作者的指令及加工程序。目前,DNC 系统的发展趋势是由一台 DNC 与多台 NC 或 CNC 系统组成分布式,实现分级管理而非分时控制。

(3) 柔性制造系统(Flexible Manufacturing System—FMS)

这种系统是以模块概念为基础的数控可变加工系统,它将一群数控设备与工件、工具及切削的自动传输线相配合,并由计算机统一管理与控制,这就组成了计算机群控自动线。FMS 不仅实现了生产过程中信息流的自动化,还实现了传递各种物资流的自动化。整个系统的加工效率高,当加工产品改变时,有较强的适应性。

(4) 计算机集成制造系统(Computer - Integrated Manufacturing System—CIMS)

这种系统是综合应用了计算机辅助设计 CAD 和计算机辅助制造 CAM 技术的无人化车间和无人化工厂。CAD 和 CAM 的结合是产品设计和制造过程的完整系统。该系统具有计算机控制的自动化信息流与物资流,对产品的设计直至最终装配、试验这一全过程进行控制。目前,国外正在积极研究,全面实现 CAD/CAM 设想的计算机集成自动化工厂将成为现实。

此外,还有自动编程、自适应数控、简易数控等。

科技的发展与先进制造技术的不断成熟,对数控加工技术提出了更高的要求;超高速切削、超精密加工技术的应用,对数控机床的数控系统、伺服性能、主轴驱动、机床结构等提出了更高的性能指标;FMS 的迅速发展和 CIMS 的不断成熟,对机床的可靠性、通信功能、人工智能和自适应控制等技术提出更高的要求。随着微电子计算机技术的发展,数控系统的性能日益完善,数控技术的应用领域日益扩大。

当前数控机床正在不断采用最新技术成就,朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、模块化、系统化与高可靠性等方向发展。

1.2 数控机床的组成

1.2.1 数控机床的组成

现代数控机床由普通机床、NC 机床演变而来,它采用计算机数字控制方式,用单独的伺服电机驱动实现各个坐标方向的运动。如图 1.1 所示,数控机床由信息输入、数控装置、伺服驱动及检测装置、机床本体、机电接口等五大部分组成。

1. 信息输入

信息输入是将加工零件的程序和各种参数、数据通过输入设备送到数控装置,输入方式有穿孔纸带、磁盘、键盘(MDI)、手摇脉冲发生器等。目前较多采用磁盘输入,纸带是一种比较传统的输入方式。也可以通过上位机通信接口输入。

2. 数控装置

数控装置是一种专用计算机,一般由中央处理单元(CPU)、存储器、总线和输入输出接口等构成。为了完成各种形状的零件加工,该部分必须具备多种主要功能,如多轴联动、多坐标控制功能、多种函数插补功能、刀具补偿功能、故障诊断功能、通信和联网功能等等。数控装置是整个数控机床数控系统的核心,决定了机床数控系统功能的强弱。

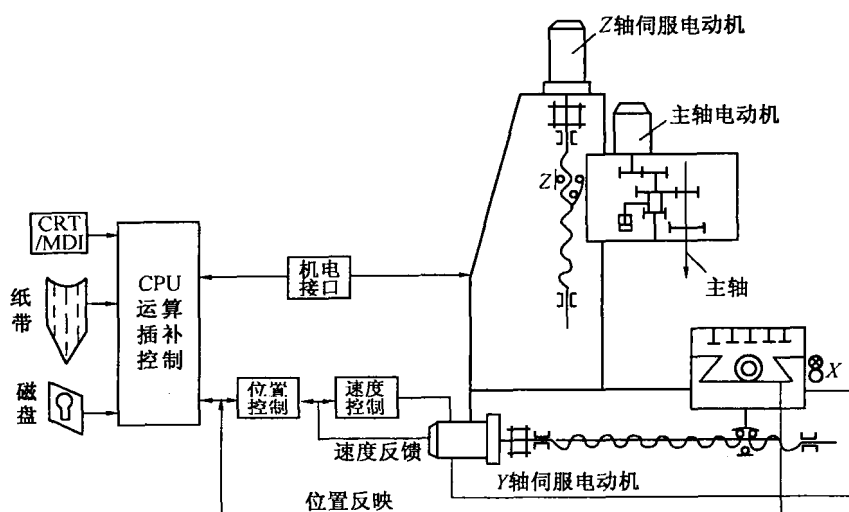


图 1.1 数控机床的组成

3. 伺服驱动及检测装置

伺服驱动及检测反馈是数控机床的关键部分，它影响数控机床的动态特性和轮廓加工精度。伺服驱动部分接受计算机运算处理后分配来的信号，经过调节、转换、放大以后去驱动伺服电机，带动机床的执行部件运动，并且随时检测伺服电机或工作台的实际运动情况，进行严格的速度和位置反馈控制。在伺服系统中包括安装在伺服电机上的速度、位置检测元件及相应电路，该部分能及时将信息反馈回来，构成闭环控制。

4. 机床本体

机床本体包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和其他相关的底座、立柱、刀架、工作台等基础部件。数控机床是一种高精度、高效率 and 高度自动化机床，要求机床的机械结构应具有较高的精度和刚度，精度保持性要好，主运动、进给运动部件运动精度要高。机床的进给传动系统一般均采用精密滚珠丝杠、精密滚动导轨副、摩擦特性良好的滑动（贴塑）导轨副，以保证进给系统的灵敏和精确。可以说高精度、高刚度的机床本体结构是保证数控机床高效、高精度、高度自动化加工的基础。

5. 机电接口

数控机床除了实现加工零件轮廓轨迹的数字控制外，还有许多功能由可编程控制器（简称 PLC）来完成的逻辑顺序控制。如自动换刀，冷却液开、关，离合器的开、合，电磁铁的通、断，电磁阀的开、闭等等。这些逻辑开关量的动力来源是由强电线路提供的，必须经过接口电路转换成 PLC 可接受的信号。

1.2.2 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时，首先要将零件图纸上的几何信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序，然后将加工程序输入数控装置，经过计算机的处理、运算，按各坐标轴的分量送到相应的驱动电路，经过转换、放大去驱动伺服电动机，使各坐标移动若干个最小位移量，并进行反馈控制，使各轴精确走到程序要求的位置，实现刀具与工件的相对

运动,完成零件全部轮廓的加工。

通常把数控机床上刀具运动轨迹是直线加工的称为直线插补;刀具运动轨迹是圆弧加工的称为圆弧插补。所谓插补,就是指在被加工轨迹的起点和终点之间,插进若干中间点,然后用已知线型(如直线、圆弧)逼近。一般的数控系统都具有直线和圆弧插补,能加工出各象限直线和圆弧。对于复杂功能的数控机床,通过多轴控制、多轴联动实现空间曲线、曲面的加工。

数控机床的数字控制功能是由数控系统完成的。数控系统包括:数控装置、伺服驱动和检测装置、可编程控制器等。数控装置能接受零件图纸加工要求的信息,进行插补运算,实时地向各坐标轴发出速度控制指令。伺服驱动装置能快速响应数控装置发出的指令,驱动机床各坐标轴运动,同时能提供足够的功率和扭矩。伺服系统中常用的驱动装置,根据控制系统的类型不同而不同,开环伺服系统常用步进电动机,闭环伺服系统常采用脉宽调速直流电动机和交流伺服电动机等。检测装置将坐标位移的实际位置检测出来,反馈给数控装置中的比较器与指令位置进行比较,实现偏差控制。伺服系统中常用的检测装置有测量线位移的光栅、磁栅、感应同步器等,测量角位移的旋转变压器、数字脉冲编码器等。可编程控制器(PLC)在数控机床中一般用来对一些逻辑开关量进行控制,如:主轴的启、停,刀具更换,冷却液开关等。

1.3 数控机床的分类

为了研究数控机床,可以从不同的角度对数控机床进行分类。

1.3.1 按控制的运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

对于一些加工孔用的数控机床,只要求精确的孔系坐标定位精度,不管从一个孔到另一个孔是按什么轨迹运动,如图 1.2 所示。具有这种运动控制的机床称为点位控制数控机床,如数控冲床、数控钻床、坐标镗床等。这类机床在运动过程中,不进行切削加工,为了提高效率和确保高的定位精度,点位控制数控机床先控制进给部件高速运行,接近目标点时一般采用 3 级减速,低速趋近目标点,以提高定位精度。

2. 直线控制数控机床

某些数控机床不仅要求具有准确的定位功能,而且要求从一点到另一点之间按直线移动,并能控制移动的速度,如图 1.3 所示。具有这种运动轨迹控制的数控机床称为直线控制数控机床,如数控车床、数控镗铣床等。这类数控机床一般是控制机床工作台或刀具以要求的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向或 45°的斜线方向进行直线移动和切削加工。由于这一类数控机床在两点之间移动时,要进行切削加工,所以对于不同的刀具和工件,需要选用不同的切削用量及进给速度。

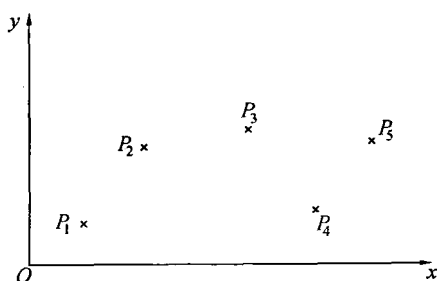


图 1.2 数控机床的点位加工

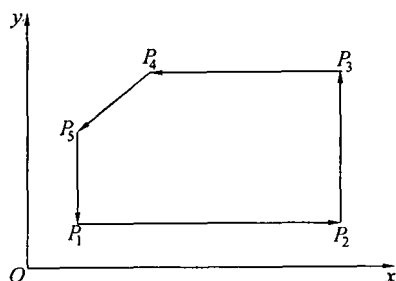


图 1.3 数控机床的直线加工

3. 轮廓控制数控机床

更多的数控机床具有轮廓控制的功能,即可以加工曲线或者曲面的零件,如图 1.4、1.5 所示。具有这种运动轨迹控制功能的机床称为轮廓控制数控机床,如数控铣床、加工中心机床等。这类机床具有同时控制两个或两个以上坐标进行联动的功能,在加工过程中,随时都对各坐标的位移和速度进行严格的不间断控制。现代数控机床大多数都具有这种功能,同时还具有刀具长度补偿功能、刀具半径补偿功能、机床轴向误差补偿功能、丝杠齿轮的间隙误差补偿等一系列功能。

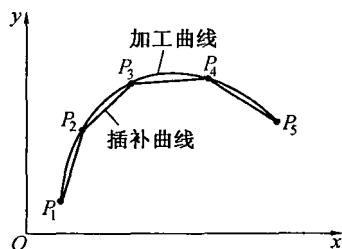


图 1.4 数控机床的曲线加工

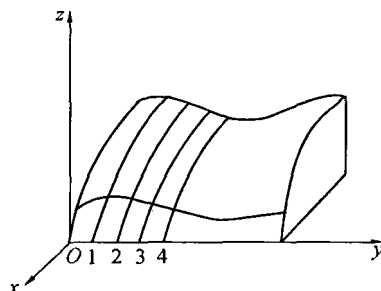


图 1.5 数控机床的曲面加工

1.3.2 按伺服系统的类型分类

1. 开环伺服系统数控机床

这类机床的数控装置将零件的加工程序处理后,输出指令信号给伺服系统,驱动机床运动,没有来自位置检测装置的反馈信号,信号流程是单向的,如图 1.6 所示。典型的开环伺服系统是采用步进电动机的伺服系统,该伺服系统的精度主要取决于驱动元器件和步进电机的性能。该系统结构简单,稳定性好,调试和维修方便,而且成本低,但控制精度不高,它多见于经济型的小型数控机床和旧设备的改造中。

2. 闭环伺服系统数控机床

这类机床具有反馈检测装置,数控装置中插补器发出的位置指令信号随时与工作台上检测的实际位置反馈信号进行比较,根据差值不断进行误差修正,直至差值为零停止运动。这种系统的位置检测信号由于取自机床工作台,因此包含了整个传动系统的全部误

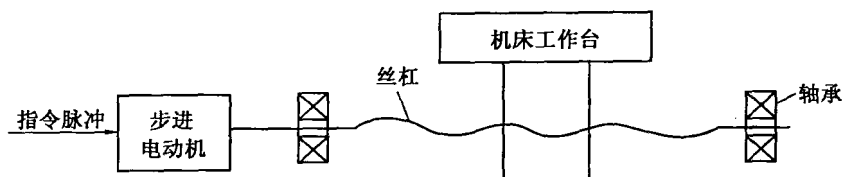


图 1.6 开环伺服系统框图

差,故称为全闭环系统,如图 1.7 所示。该系统加工精度高,但闭环系统的设计、调试、维修困难,且系统复杂,成本高,它主要是一些精度要求很高的镗铣床、超精车床和大型数控机床等。

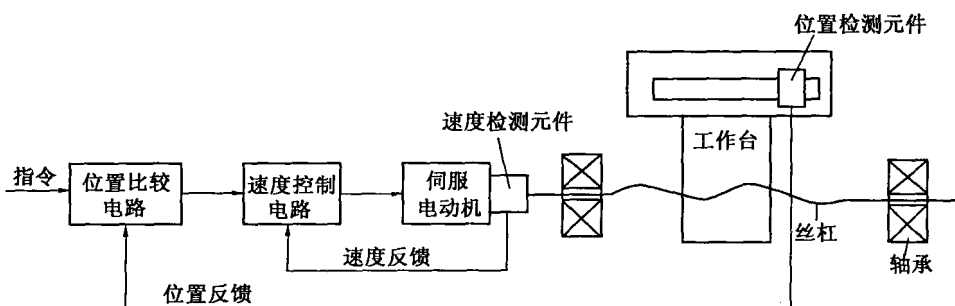


图 1.7 闭环伺服系统框图

3. 半闭环伺服系统数控机床

大多数数控机床是半闭环伺服系统,这类机床的检测元件安装在电机轴或丝杠轴的端部,闭环控制回路内不包括丝杠螺母副与工作台等机械传动环节,故称为半闭环控制系统,如图 1.8 所示。这种系统稳定性好,调试方便,控制精度与定位精度比开环系统高,但比闭环系统低。目前大多数中、小型数控机床都采用这种控制方式。

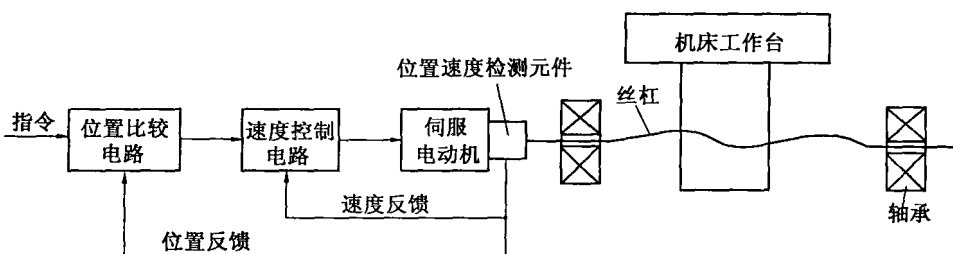


图 1.8 半闭环伺服系统框图

1.3.3 按工艺方法分类

1. 金属切削类数控机床

这类机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。加工中心是一种带有自动换刀装置,能进行铣削、钻削、镗削加工的复合型数控机床。

2. 金属成型类数控机床

这类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

3. 特种加工类数控机床

这类数控机床有数控线切割机、数控电火花成型机、数控激光切割机、数控冲床、数控火焰切割机、数控三坐标测量机等。

1.3.4 按功能水平分类

按照数控机床的功能及指标,可以将数控机床分为低、中、高档三类,如表 1.1 所示。这种分类目前并无确切的定义,但可以给人们一个较清晰的概念。

表 1.1 数控机床分类表

档 次 功 能	低档数控机床 10 μm	中档数控机床 1 μm	高档数控机床 0.1 μm
分辨率和进给速度	分辨率为 10 μm , 进给速度在 8 ~ 15 m/min	分辨率为 1 μm , 进给速度为 15 ~ 24 m/min	分辨率为 0.1 μm , 进给速度为 15 ~ 100 m/min
伺服进给系统	开环步进伺服系统	半闭环直流伺服系统或交流伺服系统	闭环伺服系统、电动机主轴、直线电动机
联动轴数	2 ~ 3 轴	3 ~ 4 轴	3 轴以上
通信功能	无	RS232 或 DNC 接口	RS232、RS485、DNC、MAP 接口
显示功能	数码管显示或简单的 CRT 字符显示	功能较齐全的 CRT 显示或液晶显示	功能齐全的 CRT(三维动态图形显示)
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC, 有轴控制的扩展功能
主 CPU	8 位或 16 位 CPU	16 位向 32 位 CPU 过渡	32 位向 64 位 CPU 发展

思考题与习题

1. CNC 系统与 NC 系统相比较优点是什么?
2. 数控机床的发展变化过程是什么? 数控机床的发展方向是什么?
3. 数控技术的主要发展方向是什么?
4. 数控机床由几部分组成? 简述各组成部分的功能。
5. 什么是插补? 简述数控机床的工作原理。
6. 数控系统主要包括几部分? 简述各部分的作用。
7. 简述数控机床常用的分类方法。
8. 点位控制、直线控制和轮廓控制数控机床的控制特点是什么?
9. 开环伺服控制与闭环伺服控制的特点及适用条件是什么?

第二章 计算机数控(CNC)系统

2.1 概 述

2.1.1 CNC 系统的组成

数控机床的数控系统自 1952 年以来,经历了数次的发展演变,如今已日趋完善。现代数控系统都是 CNC 系统,它靠存储程序来实现各种机床的控制要求。根据 ISO 的定义:数控系统是一种控制系统,它自动阅读输入载体上事先给定的数字,并将其译码,从而使机床移动和加工零件。如图 2.1 所示,整个数控系统是由程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程控制器、主轴控制单元和速度控制单元等部分组成。习惯上简称为 CNC 系统。

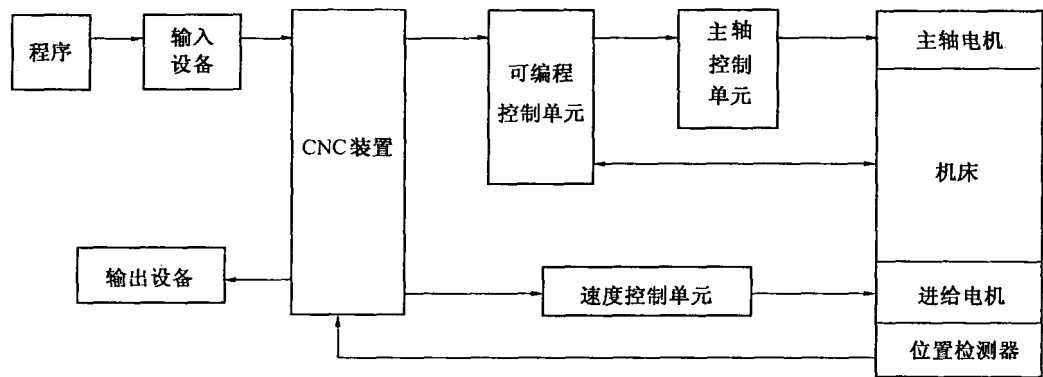


图 2.1 CNC 系统的组成框图

CNC 系统的核心是计算机数字控制(CNC)装置,目前也简略称为数控系统。CNC 装置实质上是一种专用计算机,它除了具有一般计算机的结构外,还有和数控机床功能有关的功能模块结构和接口单元。CNC 装置由硬件和软件组成,软件在硬件的支持下运行,离开软件,硬件便无法工作,两者缺一不可。

CNC 系统在采用微处理机和微型计算机以后,它的性能和可靠性大大提高,而成本却不断下降,其优越的性能价格比,促进了数控机床迅速地向前发展。

2.1.2 CNC 系统的工作过程

CNC 系统是在硬件的支持下,执行软件的全部工作过程。它通过输入装置输入机床加工零件的各种数字信息,经过 CNC 系统译码、计算机的处理、运算,将每个坐标轴的移

动分量送到其相应的驱动电路,经过转换、放大驱动伺服电动机,带动坐标轴运动,同时进行实时位置反馈控制,使每个坐标轴都能精确移动到指令所要求的位置。下面从输入、译码、刀具补偿、进给速度处理、插补、位置控制、I/O 处理、显示和诊断来简要说明 CNC 系统的工作过程。

1. 输入

输入 CNC 系统的有零件程序、控制参数和补偿数据。输入的方式有光电阅读机纸带输入、键盘输入、磁盘输入和连接上级计算机的 DNC 接口输入。CNC 系统在输入过程中还要完成输入代码的校验和代码转换等工作。输入的全部数据信息都存放在 CNC 系统的内存存储器中。

2. 译码

在输入过程完成之后,CNC 系统将零件程序以一个程序段为单位进行处理,把其中的零件轮廓信息、加工速度信息及其他辅助信息,按照一定的语法规则解释成计算机能识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内存专用区内。在译码过程中还要完成对程序段的语法检查等工作。若发现语法错误便立即报警显示。

3. 刀具补偿

刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。通常情况 CNC 系统是以零件轮廓轨迹来编程的,刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹。目前在较好的 CNC 系统中,刀具补偿的功能还包括程序段之间的自动转接和切削判别,即所谓的 C 功能刀具补偿。

4. 进给速度处理

编程指令给出的刀具移动速度是在各坐标合成方向上的速度,进给速度处理首先要根据合成速度计算各坐标方向的分速度。此外,还要处理机床允许的最低速度和最高速度及用软件对自动加减速处理等。

5. 插补

插补就是通过插补程序在一条已知曲线的起点和终点之间进行“数据点的密化”工作。CNC 系统中有一个采样周期,即插补周期,一个插补周期形成一个微小的数据段。若干个插补周期后完成一个数据段的加工,即实现从曲线的起点走到终点的加工。插补程序在一个插补周期内运行一次,程序执行的时间直接决定了进给速度的大小。因此,插补计算的实时性很强,只有尽量缩短每一次插补运算的时间,才能提高最大进给速度和有空闲时间更好地处理其他工作。

6. 位置控制

由图 2.1 可见,位置控制是在伺服系统的位置环上。位置控制可以由软件完成,也可以由硬件完成。它的主要任务是在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际位置相比较,获得差值去控制进给伺服电机。在位置控制中,通常还要完成位置回路的增益调整、各坐标方向的螺距误差补偿和反向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

7. I/O 处理

I/O 处理主要是处理 CNC 系统与机床之间的强电信号输入、输出和控制,例如换刀、换挡、冷却等。