

普通高等院校“十一五”规划教材

机械设备

数控技术

(第2版)

JIXIE SHEBEI SHUKONG JISHU

主 编 李 勇 李伟光
副主编 王中任 张 珏



随书附光盘一张



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TG659/212=2D

2010

普通高等

材

机械设备数控技术 (第2版)

主 编 李 勇 李伟光
副主编 王中任 张 珏

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书比较全面、系统地讲述了典型数控机床结构的组成和工作原理,以及各主要部件的功能特点、传动方案、结构设计和数控技术。主要包括数控机床的机械结构、数控加工工艺装备、CNC 系统原理及结构、数控加工程序的编制、数控装置的插补与刀具补偿、位置检测装置和数控机床的伺服系统。内容力求系统、全面、新颖,并能理论联系实际。

本书可作为高等工科院校机械及机电等相关专业教材,也可供从事机械设计、装备控制和研究的工程技术人员参考,同时还可作为高等院校机械设计及其自动化、数控技术以及模具设计制造等专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设备数控技术 / 李勇,李伟光主编. —2 版. —北京:
国防工业出版社,2010.1
普通高等院校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06647-0

I. ①机... II. ①李...②李... III. ①数控机床—高等
学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 007155 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14½ 字数 335 千字

2010 年 1 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

前 言

本书是在机械及机电专业本科多年教学讲义的基础上整理、编写而成,并充分考虑当前的生产实践,按照机械工程及其自动化、机电一体化专业的学生的培养目标和要求编写,可作为高等工科院校的专业教材,也可作为相关科研人员的参考用书。

本书涉及机床结构、加工编程、数控系统、检测系统及机电一体化控制等内容,是机械工程及自动化、机电一体化专业的专业基础课。数控机床是机械技术与微电子及计算机控制技术有机结合的产物,它包括机械技术、电子技术、计算机技术、自动控制技术、传感器技术等,但数控机床并非这些技术的简单叠加,它强调的是多种技术的相互渗透和有机结合。在教材的编写过程中,注重精炼、概括原来设置过窄的专业课,将原来数门课程教材的主要内容、基本概念、基本原理、基本方法和生产实践具体结合起来重新编写,既对以往的教材有一定的继承性,又体现了数控机床的发展对专业培养的要求。

本书的阅读对象为学过机械基础知识、CAD 技术、电子电工技术、自动控制技术和微机原理等课程的学生。通过学习,使学生能融会贯通所学基础知识,综合分析和设计数控机床系统,掌握数控机床系统的共性理论与关键技术,为开发设计数控机床及其他机电一体化产品打下基础。

作为教材,编者在文字叙述上力求深入浅出,循序渐进;在内容安排上既注重基础理论、基本概念的系统阐述,同时也考虑到工程技术人员的实际需要,在介绍设计方法时尽可能具体。

参加本书编写工作的有华南理工大学机械与汽车工程学院的李勇、李伟光老师以及襄樊学院的王中任老师、广东工业大学的张珏老师,另外还有部分研究生对本书的编辑统稿做了大量工作,如邓小龙、夏润生、肖博武、卢朝晖、黄东海、练彬、朱同发等。

限于我们的水平和经验,加之数控机床技术的迅速发展,本书难免存在疏漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月

目 录

第 1 章 数控机床概述	1
1.1 数字控制的基本概念	1
1.2 数控机床的组成及工作原理	2
1.2.1 数控机床的组成	2
1.2.2 数控机床的工作原理	4
1.3 数控机床的分类	6
1.3.1 按数控机床的运动轨迹分类	6
1.3.2 按所用的进给伺服系统的类型分类	6
1.3.3 按所用的数控装置类型分类	8
1.3.4 按数控系统功能水平分类	8
1.3.5 按数控机构类型分类	9
1.4 数控机床的特点及应用范围	11
1.4.1 数控机床的特点	11
1.4.2 数控机床的应用范围	12
1.5 数控机床的发展	12
1.5.1 数控机床的发展概况	12
1.5.2 数控机床的发展方向	13
第 2 章 数控机床的机械结构	15
2.1 概述	15
2.1.1 数控机床本体组成	16
2.1.2 数控机床机械结构的特点和要求	16
2.2 数控机床主传动系统结构	21
2.2.1 数控机床主传动系统的特点	21
2.2.2 数控机床主轴的变速形式	22
2.2.3 数控机床的主轴部件	23
2.3 数控机床进给传动系统结构	28
2.3.1 概述	28
2.3.2 进给传动系统的要求	29
2.3.3 进给传动装置	30
2.3.4 进给传动常用的消隙结构	36

2.3.5	数控机床导轨	39
2.4	数控回转工作台	44
2.4.1	回转工作台的种类	44
2.4.2	回转工作台的主要参数	44
2.4.3	回转工作台的结构形式	45
2.5	典型数控机床传动系统	49
2.5.1	MJ-50 数控车床传动系统	49
2.5.2	XK5040 数控铣床传动系统	49
第3章	CNC 系统原理及结构	51
3.1	CNC 系统的组成及特点	51
3.1.1	CNC 系统的组成	51
3.1.2	CNC 系统的工作原理	52
3.1.3	CNC 系统的特点	54
3.2	CNC 系统硬件结构	55
3.2.1	单处理器计算机数字控制	56
3.2.2	多微处理器结构的计算机数字控制装置	59
3.3	CNC 系统软件结构	61
3.3.1	CNC 系统软硬件界面	61
3.3.2	CNC 系统数据转换流程	61
3.3.3	CNC 系统的软件结构及控制	62
3.4	CNC 系统中的可编程控制器(PLC)	71
3.4.1	数控机床上的两类控制信息	71
3.4.2	可编程控制器(PLC)及其工作过程	72
3.4.3	PLC 在数控机床上的应用实例	77
3.5	CNC 系统常用外设及接口	85
3.5.1	CNC 系统的输入输出和通信要求	85
3.5.2	CNC 系统的显示功能及其接口	85
3.5.3	CNC 系统的 I/O 接口	86
3.5.4	CNC 系统的串行数据通信及其接口	86
第4章	数控加工程序的编制	90
4.1	概述	90
4.1.1	数控编程的基本概念	90
4.1.2	编程的内容和步骤	90
4.2	数控机床的坐标系	93
4.2.1	编程坐标确定原则	93

4.2.2	标准坐标系	93
4.2.3	机床中坐标轴的确定方法	93
4.2.4	机床坐标系的建立	95
4.2.5	工件坐标系的建立	95
4.2.6	绝对坐标和增量(相对)坐标编程	96
4.2.7	附加坐标	96
4.3	数控加工工艺基础	97
4.3.1	数控加工工件的选取	97
4.3.2	加工工序的划分	97
4.3.3	工件的装夹方式	98
4.3.4	刀具的选择	100
4.3.5	选择合适的对刀点和换刀点	101
4.3.6	切削用量的选择	102
4.3.7	加工路线的确定	103
4.3.8	程序编制中的误差	106
4.4	程序的格式和内容	107
4.4.1	程序的结构	107
4.4.2	程序段格式	107
4.4.3	程序字	108
4.5	常用进给 G 指令的格式和编程实例	114
4.6	数控电火花切割编程	131
4.6.1	电火花加工原理	131
4.6.2	数控电火花线切割机床编程的基本方法	131
4.6.3	应用实例	136
4.7	手工编程和自动编程	138
4.7.1	概述	138
4.7.2	自动编程系统类型	138
4.7.3	CAM 的实现过程——UG 数控加工技术	139
第 5 章	数控装置的插补与刀具补偿	149
5.1	概述	149
5.2	评价插补算法的指标	150
5.3	插补方法的原理与分类	151
5.3.1	基准脉冲插补	151
5.3.2	数据采样插补	162
5.4	刀具半径补偿控制	172
5.4.1	刀具数据	172

5.4.2 刀具半径补偿	175
第6章 位置检测装置	184
6.1 概述	184
6.2 脉冲编码器	185
6.2.1 增量式脉冲编码器	186
6.2.2 绝对式脉冲编码器	190
6.3 光栅	192
6.3.1 光栅的结构	193
6.3.2 光栅的工作原理	194
6.3.3 光栅在数控机床中的应用	195
第7章 数控机床的伺服系统	197
7.1 概述	197
7.1.1 伺服系统的组成	197
7.1.2 伺服系统的基本要求	198
7.2 伺服系统的分类	199
7.2.1 按调节理论分类	199
7.2.2 按使用的驱动元件分类	199
7.2.3 按使用的伺服电机分类	200
7.2.4 按用途和功能分类	200
7.2.5 按反馈比较控制方式分类	201
7.3 数控机床伺服驱动装置	201
7.3.1 步进电机	202
7.3.2 直流伺服电机	206
7.3.3 交流伺服电机	211
7.3.4 直线电机	214
7.4 典型进给伺服系统(位置控制)	216
7.4.1 开环控制步进式进给伺服系统	216
7.4.2 闭环、半闭环进给伺服系统	218
7.5 伺服系统性能分析	223
参考文献	224

第 1 章 数控机床概述

本章提要

目前,数控技术已经成为现代制造技术的基础支撑,本章主要介绍数控技术和数控机床的一些基本概念,包括数控机床的工作原理及组成、数控机床的分类、数控机床的特点及应用、数控机床的发展等。

数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础。这个基础是否牢固直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,关系到一个国家的战略地位。因此,世界上各工业发达国家均采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业。

自从 1952 年第一台数控机床问世以来,伴随着计算机、微电子、信息处理、网络通信和自动控制等技术的进步,集机、光、电、液、气等多项技术于一体的数控技术得到了迅速发展和广泛应用,形成了巨大的生产力,导致制造业经历了一场新的技术革命。1959 年,我国第一台数控机床问世,如图 1.1 所示。

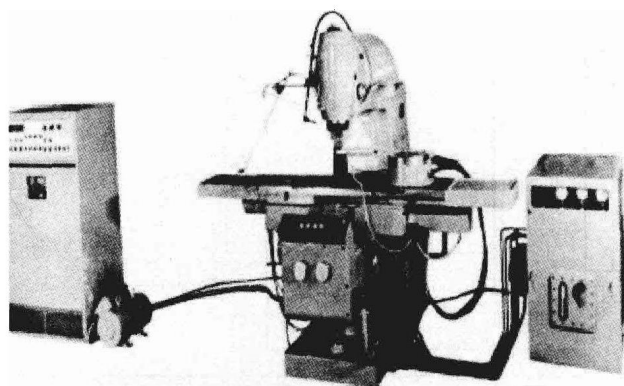


图 1.1 我国第一台数控机床

1.1 数字控制的基本概念

数字控制(Numerical Control, NC),简称数控,是近代发展起来的一种自动控制技术,是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数字控制技术(Numerical Control Technology),是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,它已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing)第五技术委员会对数控机床作的定义是:“数控机床是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用代码或其他符号编码指令规定的程序。”它是集现代机械制造技术、自动控制技术及计算机信息技术于一体,采用数控装置或计算机来部分或全部地取代一般通用机床在加工零件时的各种动作(如启动、加工顺序、改变切削量、主轴变速、选择刀具、冷却液开停以及停车等)的人工控制,是高效率、高精度、高柔性和高自动化的光、机、电一体化的数控设备。

在数控机床的定义中所提到的程序控制系统就是数控系统(Numerical Control System)。数控系统是一种控制系统,它自动输入载体上事先给定的数字量,并将其译码,在进行必要的信息处理和运算后,控制机床动作和加工零件。早期的数控系统由硬件逻辑电路实现其控制功能,称为硬件数控(NC);随着电子技术和计算机技术的蓬勃发展,微型计算机被引入数控系统,许多硬件功能采用软件实现,称为计算机数控(CNC)系统。CNC系统是由计算机承担数控中命令发生器的控制器的数控系统。由于计算机可完全由软件来确定数字信息的处理过程,从而具有真正的“柔性”,并可以处理硬件逻辑电路难以处理的复杂信息,使数字控制系统的性能大大提高。

在普通车床上加工零件时,如图 1.2 所示,依靠双手控制车刀的运动轨迹操作困难,特别是批量加工时,尺寸和形状各异,产品的一致性很差,如采用数控车床加工,仅需将数控加工程序输入机床,装上毛坯和车刀便可连续自动加工,零件精度和生产效率高,批量生产时产品的一致性很好。

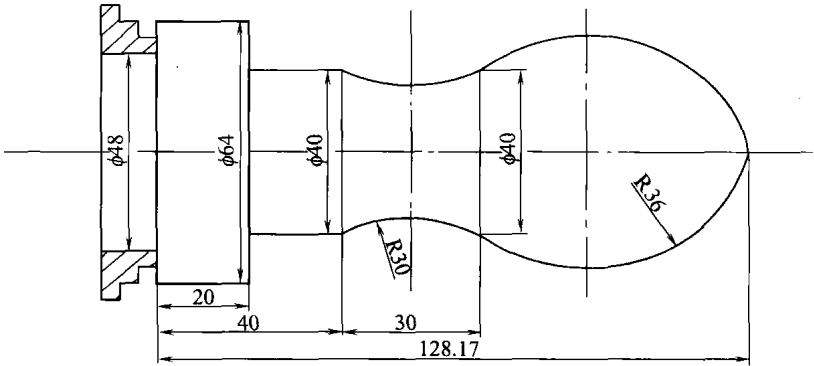


图 1.2 待加工的零件图

1.2 数控机床的组成及工作原理

1.2.1 数控机床的组成

如图 1.3 所示,数控机床是典型的数控化设备,它一般由程序编制及程序载体、输入装置、计算机数控装置及强电控制装置、伺服驱动系统及位置检测装置和机床的机械部件五大部分组成。

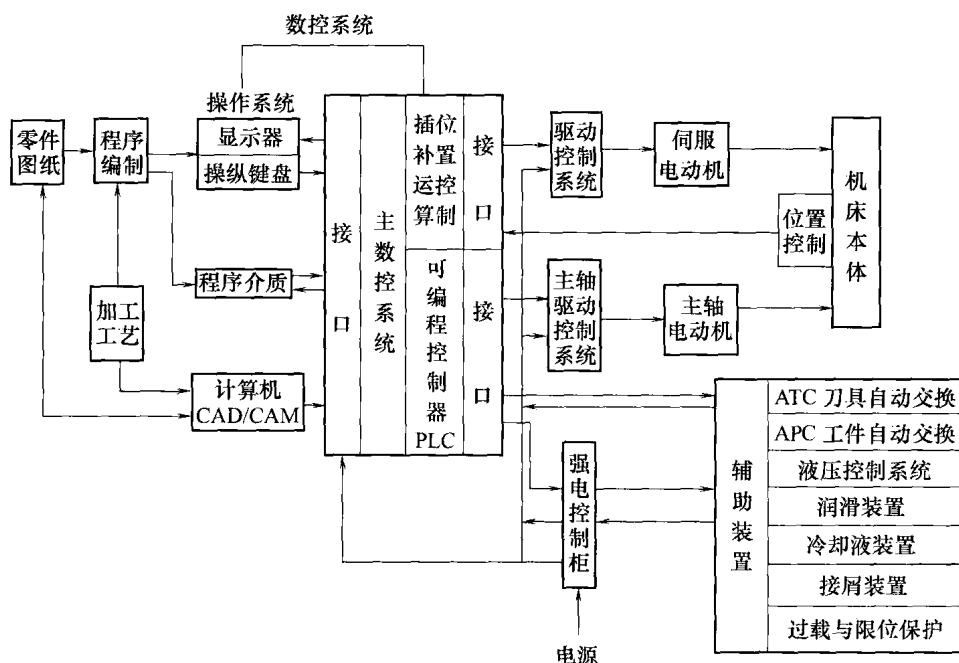


图 1.3 数控机床的组成及其工作过程示意图

1. 程序编制及程序载体

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础上,确定零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床上的安装位置;刀具与零件相对运动的尺寸参数;零件加工的工艺路线或加工顺序、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。这样得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息,然后用标准的由文字、数字和符号组成的数控代码,按规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行,或者在数控机床以外用自动编程计算机系统来完成,比较先进的数控机床可以在它的数控装置上直接编程。编好的数控程序存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,程序载体(信息载体)又称控制介质,用于记录数控机床上加工一个零件所必需的各种信息,如零件加工的位置数据、工艺参数等,以控制机床的运动,实现零件的机械加工。它可以是磁卡、磁盘等,采用哪一种存储载体取决于数控装置的设计类型。信息通过相应的输入装置输入到数控系统中。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置内。根据程序存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。

数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘将加工信息直接输入,或通过串行口与网络接口将计算机上编写的加工程序输入到数控系统。高级的数控系统可能还包含一套自动编程机或者 CAD/CAM 系统。由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据以及显示、模拟、存储和打印等功能。

3. 计算机数控装置及强电控制装置

计算机数控装置是数控机床的核心,它接收输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置

的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令控制机床的各个部分,进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是:由插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给位移量、进给方向和速度的指令,经伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动。其他还有主运动部件的变速、换向和启停信号,选择交换刀具的刀具指令信号,控制冷却、润滑的启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位等辅助指令信号等。

强电控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统,其主要作用是接收数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换、辅助装置动作等指令信号,经必要的编译、逻辑判断、功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,以完成指令所规定的动作。此外,还有行程开关和监控检测等开关信号也要经过强电控制装置送到数控装置进行处理。

4. 伺服驱动系统及位置检测装置

伺服驱动系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置(电机)组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。它根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移。每个作进给运动的执行部件都配有一套伺服驱动系统。伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中,还需使用位置检测装置,间接或直接测量执行部件的实际进给位移,与指令位移进行比较后,按闭环原理,将其误差转换放大后控制执行部件的进给运动。

5. 机床的机械部件

它指的是数控机床机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动机构、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成,但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、刀具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点。归纳起来有以下几点:

(1) 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。

(2) 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

(3) 有较完善的刀具自动交换和管理系统。工件在加工中心类机床上一次安装后,能自动地完成或接近完成工件各面的加工工序。

(4) 具有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。如在加工中心类机床上采用工作台自动交换机构。

(5) 床身机架具有很高的动、静刚度。

(6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工的,所以为了操作安全等,一般采用移门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部位进行全封闭。

1.2.2 数控机床的工作原理

1. 数控编程

数控编程的一般过程如图 1.4 所示。加工之前,需要根据零件图纸进行数控工艺分析,确定数控加工工艺路线、几何参数、工艺参数及切削用量等,然后按规定的格式编写数

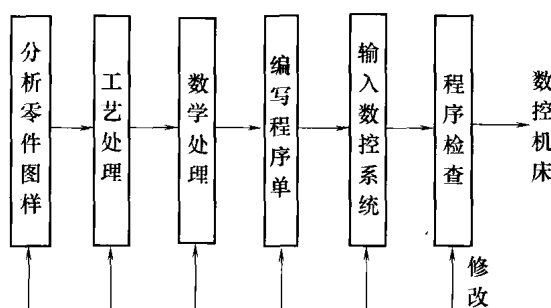


图 1.4 数控编程的一般过程

控加工程序单。上述从分析零件图样到制成控制介质的全部工作过程,称为数控编程。对于较简单的零件,通常采用手工编程;对于较复杂的零件,由于计算繁冗,可采用较先进的自动编程方式,如采用 CAD/CAM 一体化的 MASTERCAM、UG 等软件自动编写和生成零件的数控加工程序。合理正确的数控工艺分析是数控编程的依据,灵活熟练的手工编程方法是数控编程的基础,只有熟练掌握了这两项,才有可能正确地进行自动编程操作,才能正确地运用 CAD/CAM 软件自动生成零件的数控加工程序。

2. 输入

采用操作面板上的键盘、纸带阅读机、磁盘软驱、网络通信接口等方式,把零件的数控加工程序、控制参数、补偿参数等操作信息输送到 CNC 数控装置中。

3. 译码

数控装置对接收到的数控加工程序进行语法检查,按照语法规则将其翻译成计算机可以识别的数据形式,并按一定的数据格式将这些数据存放在指定的内存专用存储区。

4. 刀具补偿

刀具补偿又称“刀补”,是指在生产现场根据刀具的实际测量值,将加工零件时所用刀具的半径和长度等现场数据输入 CNC 数控装置,数控系统根据这些刀补值进行运算,自动把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹,以便加工出所要求的零件轮廓。

5. 插补

插补是指数控系统通过运算,给出机床运动的指令,实现用简单的微线段逼近零件某一段理想轮廓的过程。插补的实际意义是:在已知零件轮廓表面曲线段的起点和终点之间,进行“数据点的密化工作”。数控系统在每个插补周期内运行一次插补程序,得到一个微线段数据,数控机床的运动部件就沿着相应坐标走一步。这一步的距离,在经济型数控机床中称为“脉冲当量”,在中、高档数控机床中称为“最小设定单位”,它反映了数控机床可能达到的最高加工精度。经济型数控机床的脉冲当量值通常为 0.01mm ,中、高档数控机床的最小设定单位值通常在 $0.005\text{mm} \sim 0.001\text{mm}$ 之间。

6. 加工

零件的轮廓表面由许多曲线段(包括直线段)连接构成,数控系统执行一条数控加工程序,通常需要运行许多次插补周期,来生成一连串逼近零件轮廓曲线的微线段,从而加工出零件表面上的一段曲线。当数控加工程序单上的所有程序段全部执行完毕后,就意味着数控机床加工零件结束。

1.3 数控机床的分类

1.3.1 按数控机床的运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床 (Point to Point Control NC Machine)

点位控制系统仅控制定位后刀具相对于工件的坐标位置,但不控制定位过程中刀具的移动轨迹。这种控制系统通常用于数控钻床、数控镗床等孔加工数控机床,采用“快速移动、减速接近、准确定位”的方式进行工作,以提高工作效率和提高定位精度。

2. 直线控制数控机床 (Strait Cut Control NC Machine)

直线控制数控机床也称为平行控制数控机床,其特点除了控制点与点之间的准确定位外,还要控制两相关点之间的移动速度和路线(即轨迹),但其路线只是与机床坐标轴平行的直线,也就是说同时控制的坐标轴只有一个(即数控系统内不必具有插补运算功能),在移位的过程中刀具能以指定的进给速度进行切削,一般只能加工矩形、台阶形零件。

3. 轮廓控制数控机床 (Contouring Control NC Machine)

轮廓控制系统可以按确定的函数关系控制刀具沿两个或多个坐标轴运动的轨迹,从而加工出构成零件表面的轮廓曲线。采用轮廓控制系统进行加工时,实际上是采用折线逼近直线和曲线的方法,如图 1.5 所示。加工所得到的零件表面,实际上是许多微小折线段逼近理想轮廓后,所得到的若干条曲线构成的组合表面。这些特定的微小折线段,需要利用数控装置进行插补运算才能得到。一般的轮廓控制系统都具有直线插补和圆弧插补功能,有些现代数控系统还有抛物线、螺旋线和渐近线等插补功能。由于需要进行插补运算,轮廓控制系统的计算工作量大,对计算机的要求较高。这种机床主要有数控车床、数控铣床、数控线切割机、数控缓进给成形磨床、加工中心等。

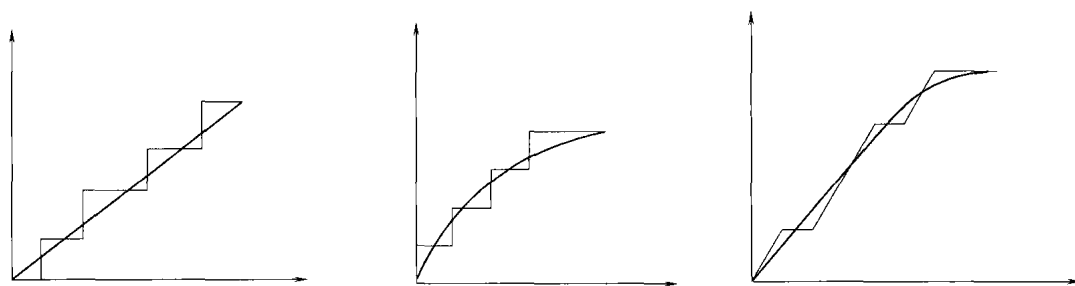


图 1.5 采用折线逼近直线和曲线

1.3.2 按所用的进给伺服系统的类型分类

按照进给伺服系统的类型可把机床数控系统分为三大类:开环数控系统、闭环数控系统和半闭环数控系统。

1. 开环数控系统

开环数控系统一般采用步进电机作为驱动装置,如图 1.6 所示。结构比较简单,但由于没有检测反馈装置,不能防止步进电机“丢步”所产生的位移误差,所以加工精度不高。这种系统仅用于运动速度较低和工作精度不高的经济型数控机床。

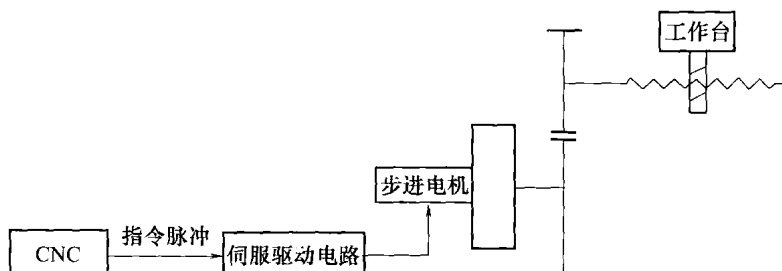


图 1.6 开环数控系统

2. 闭环数控系统

闭环数控系统在执行部件上安装了位置检测装置,测量执行部件的实际位移量并转换成电脉冲,反馈到输入端,与输入位置指令信号进行比较,求得误差,以此构成闭环位置控制。另一方面还利用和伺服驱动电机同轴刚性连接的测速元器件,随时实测驱动电机的转速,得到速度反馈信号,将它与速度指令信号相比较,以其比较的结果即速度误差信号对驱动电机的转速随时进行校正。利用上述的位置控制和速度控制的两个回路,可以获得比开环进给系统精度更高、速度更快、驱动功率更大的特性指标,如图 1.7 所示。闭环进给系统的位置检测装置安装在进给系统末端的执行部件上,实测它的位置或位移量。

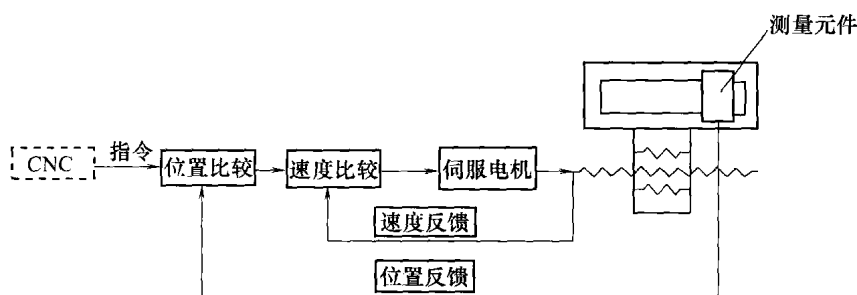


图 1.7 闭环伺服系统

3. 半闭环数控系统

半闭环伺服系统是将检测元件安装在中间传动件上,间接测量执行部件的位置,如图 1.8 所示。闭环系统可以消除机械传动机构的全部误差,而半闭环系统只能补偿系统环路内部分元件的误差。半闭环系统的精度比闭环系统的精度要低一些,但是它的结构与调试都比较简单,且易于实现系统的稳定性,现在大多数数控机床都采用这种半闭环进给伺服系统。

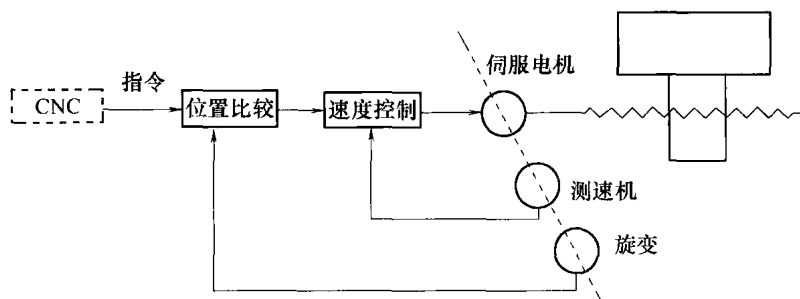


图 1.8 半闭环伺服系统

1.3.3 按所用的数控装置类型分类

1. 硬件数控系统

NC 使用硬件数控装置,它的输入处理、插补运算和控制功能都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路也不相同。改变控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路,因此通用性、灵活性差,制造周期长,成本高。20 世纪 70 年代初期以前的数控机床基本上都属于这种类型。现代数控机床不再采用硬件数控系统。

2. 计算机数控系统

CNC 系统,即软件数控装置。这种数控装置的硬件电路是由小型或微型计算机再加上通用或专用的大规模集成电路制成,数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,所以不同功能的机床其系统软件也就不同,而修改系统功能时,不需变动硬件电路,只需改变系统软件。因此具有较高的灵活性,同时由于硬件电路基本上是通用的,这就有利于大量生产,提高质量和可靠性,缩短制造周期和降低成本。早在 20 世纪 60 年代初期就出现了这类数控机床,但是直到 20 世纪 70 年代中期以后,随着微电子技术的发展和微型计算机的出现以及集成电路的集成度不断提高,计算机数控装置才得到不断的发展,目前几乎所有的数控机床都采用了计算机数控装置。

1.3.4 按数控系统功能水平分类

按照数控系统的功能水平,数控系统可以分为经济型(低档型)、普及型(中档型)和高档型数控系统三种。这种分类方法没有明确的定义和确切的分类界线,且不同时期、不同国家的类似分类含义也不同。下面的叙述可作为按数控系统功能水平分类的参考条件。

1. 经济型数控系统

经济型数控系统又称为简易数控系统,这一档次的数控机床通常仅能满足一般精度要求的加工,能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹类的零件,采用的微机系统为单板机或单片机系统,具有数码显示或 CRT 字符显示功能,机床进给由步进电机实现开环驱动,控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下,进给分辨率为 $10\mu\text{m}$,快速进给速度可达 10m/min 。这类机床结构一般都比较简单,精度中等,价格也比较低廉,一般不具有通信功能,如经济型数控线切割机床、数控钻床、数控车床、数控铣床及数控磨床等。

2. 普及型数控系统

普及型数控系统常称为全功能数控系统,这类数控系统功能较多,以实用为准,除了具有一般数控系统的功能外,还具有一定的图形显示功能及面向用户的宏程序功能等。采用的微机系统为 16 位或 32 位微处理器,具有 RS-232C 通信接口,机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制,进给分辨率为 $1\mu\text{m}$,快速进给速度为 $10\text{m}/\text{min} \sim 20\text{m}/\text{min}$,其输入/输出的控制一般可由可编程序控制器来完成,从而大大增强了系统的可靠性和控制的灵活性。这类数控机床的品种极多,几乎覆盖了各种机床类别,且价格适中,目前总的趋势是趋向简单、实用,不追求过多的功能,从而使机床的价格适当降低。

3. 高档型数控系统

高档型数控系统指加工复杂形状工件的多轴控制数控系统,其工序集中,自动化程度高,功能强,具有高度柔性。采用的微机系统为 32 位以上微处理器系统,机床的进给大多采用交流伺服驱动,除了具有一般数控系统的功能以外,应该至少能实现 5 轴或 5 轴以上的联动控制,最小进给分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,最大快速移动速度能达到 $100\text{m}/\text{min}$ 或更高。具有三维动画图形功能和友好的图形用户界面,同时还具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统和面向用户的宏程序功能。它还有很强的智能诊断和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,且能实现计算机的连网和通信。这类系统功能齐全,价格昂贵,如具有 5 轴以上的数控铣床,大型、重型数控机床,五面加工中心,车削中心和柔性加工单元等。

1.3.5 按数控机构类型分类

(1) 串联数控机床。机构学里将机构分为串联机构和并联机构,串联机构的典型代表是机器人,传统机床的布局实际上也是串联机构。

理论上串联机构具有工作范围大,灵活性好等特点,但精度低,刚性差。作为机床,为提高精度和刚性,不得不将床身、导轨等制造得宽大厚实,由此导致了活动范围和灵活性能的下降。本书主要介绍的是串联机床。

(2) 并联数控机床。如图 1.9 所示,并联机床是指用并联机构作为进给传动机构的数字控制机床。与传统机床相比并联机床具有刚度重量比大、响应速度快、对环境适应性强、技术附加值高等优点。

并联式工作平台具有如下特点:

① 结构简单、价格低。

机床机械零部件数目较串联构造平台大幅减少,主要由滚珠丝杠、虎克铰、球铰、伺服电机等通用组件组成,这些通用组件可由专门厂家生产,因而本机床的制造和库存成本比相同功能的传统机床低得多,容易组装和搬运。

② 结构刚度高。

由于采用了封闭性的结构(Closed-Loop Structure)使其具有高刚性和高速化的优点,其结构负荷流线短,而负荷分解的拉、压力由 6 只连杆同时承受,以材料力学的观点来说,在外力一定时,悬臂量的应力与变形都最大,两端插入(build-in)次之,然后是两端简支撑(Simply-Supported),其次是受压的二力结构,应力与变形都最小的是受张力的二力结构,