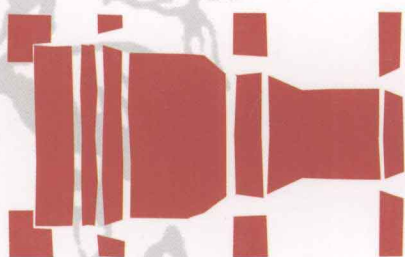
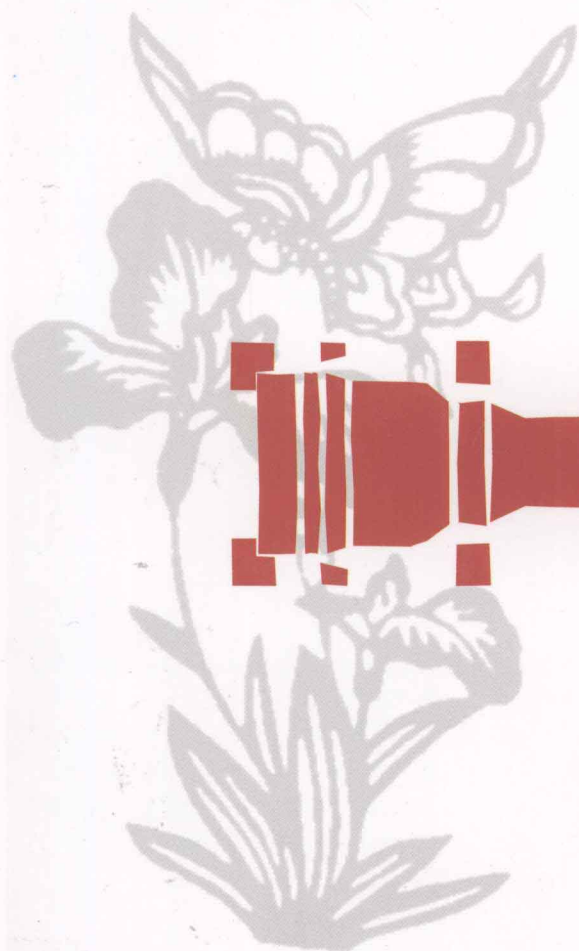


高新技能型紧缺人才培养系列教材·模具专业

数控原理与系统



蒋 丽 主 编
刘朝华 副主编



北京航空航天大学出版社

高技能人才紧缺人才培养系列教材·模具专业

数控原理与系统

蒋 丽 主 编
刘朝华 副主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

全书共分8章:第1章介绍数控系统的基本概念与分类方法,并简要介绍现代数控系统的发展趋势;第2章介绍数控系统的插补原理与刀具补偿原理;第3章介绍数控系统的软、硬件结构,并简要介绍数控系统通信与网络技术;第4章介绍数控机床伺服驱动系统的驱动与控制;第5章介绍数控机床主轴的驱动与控制;第6章介绍数控机床用可编程控制器的原理、指令系统及应用实例;第7章介绍数控机床中应用的位置检测元件;第8章介绍目前常用的数控系统的结构及工作原理。

本书可作为普通高职高专以及民办高等学校机类与机电类数控(模具)专业的教材,也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控原理与系统/蒋丽主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-5124-0013-9

I. ①数… II. ①蒋… III. ①数控系统 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 015890 号

数控原理与系统

蒋 丽 主 编

刘朝华 副主编

责任编辑 孔祥燮 范仲祥

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:13.75 字数:352 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0013-9 定价:25.00 元

前 言

本套数控(模具)专业系列教材立足培养 21 世纪的高新技能专业人才,针对高等职业教育的特点,体现高等职业教育在实用性、新颖性和通用性方面的特殊要求,贯彻培养学生应用能力和创新素质的方针。在编写时力求贯彻少而精、理论联系实际的原则,内容适度、易懂,突出理论知识的应用,加强针对性。

本书全面贯彻有关现行国家标准,充分体现了理论内容“以必需、够用为度”的特点,贯彻通俗易懂、循序渐进的原则,重点培养学生分析问题、解决问题的能力。本书可作为普通高职高专以及民办高等学校机类与机电类数控(模具)专业的教材,也可供有关的工程技术人员参考。

本书主要介绍数控系统的基本概念、软硬件结构特点及基本工作原理,并对数控机床的各组成部分进行了结构、原理及控制应用的介绍,便于读者对数控整体的把握。本书还对目前常用的数控系统的结构与工作原理以及现代数控系统的发展趋势进行了简要介绍。

全书共分 8 章:第 1 章介绍数控系统的基本概念与分类方法,并简要介绍现代数控系统的发展趋势;第 2 章介绍数控系统的插补原理与刀具补偿原理;第 3 章介绍数控系统的软、硬件结构,并简要介绍数控系统通信与网络技术;第 4 章介绍数控机床伺服驱动系统的驱动与控制;第 5 章介绍数控机床主轴的驱动与控制;第 6 章介绍数控机床用可编程控制器的原理、指令系统及应用实例;第 7 章介绍数控机床中应用的位置检测元件;第 8 章介绍目前常用数控系统的结构及工作原理。

本书由蒋丽、刘朝华、邓三鹏、赵巍、李彬、陈振东共同编写。其中,蒋丽编写第 1、6 章,刘朝华编写第 3、7 章,邓三鹏编写第 5 章,赵巍编写第 2 章,李彬编写第 4 章,陈振东编写第 8 章。本书由蒋丽担任主编,刘朝华担任副主编。

本书在编写过程中得到了天津工程师范学院机械工程系数控维修教研室各位老师的大力支持和帮助,在此深表谢意。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大同行和读者批评指正。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第 1 章 数控系统概述	1
1.1 数控系统的概念	1
1.1.1 数控机床的组成	2
1.1.2 数控机床的基本工作过程	3
1.2 机床数控系统的分类	5
1.2.1 按工艺用途分类	5
1.2.2 按机床运动轨迹分类	5
1.2.3 按伺服控制方式分类	6
1.2.4 按可联动的坐标轴数分类	7
1.2.5 按系统功能水平分类	8
1.3 现代数控系统的发展趋势	8
1.3.1 现代数控系统发展趋势	8
1.3.2 开放式数控系统	10
1.3.3 并联运动机床	13
习 题	16
第 2 章 数控系统的插补原理与刀具补偿原理	17
2.1 概 述	17
2.1.1 插补定义	17
2.1.2 插补分类	17
2.2 逐点比较法	19
2.2.1 逐点比较法直线插补原理	19
2.2.2 逐点比较法圆弧插补原理	22
2.2.3 速度分析	24
2.3 数字积分插补法	25
2.3.1 数字积分器的工作原理	25
2.3.2 数字积分法的直线插补	26
2.3.3 数字积分法的圆弧插补	28
2.4 刀具补偿原理	30
2.4.1 刀具长度补偿	31
2.4.2 刀具半径补偿	32
2.5 加减速控制	36
习 题	37

第3章 数控系统的软硬件及相关技术	38
3.1 数控系统硬件结构概述	38
3.1.1 数控系统的硬件构成	38
3.1.2 数控系统的硬件结构	39
3.2 数控系统软件结构	42
3.2.1 CNC系统软硬件的界面	42
3.2.2 CNC控制软件的特点	43
3.2.3 CNC系统软件总体结构	45
3.2.4 CNC系统的控制软件工作过程	46
3.3 数控系统常用接口	48
3.3.1 数控系统的开关量 I/O 接口	48
3.3.2 数控系统的模拟量输入/输出接口	49
3.3.3 数控系统的 DNC 通信接口	49
3.4 数控系统的通信技术	51
3.4.1 数据通信技术概述	52
3.4.2 网络标准与协议	55
3.4.3 现场总线接口	59
习 题	64
第4章 数控机床伺服驱动系统	65
4.1 概 述	65
4.1.1 伺服系统的发展	65
4.1.2 伺服系统的组成	68
4.1.3 伺服系统的分类	68
4.1.4 进给伺服系统的基本特征与要求	70
4.1.5 伺服驱动装置	70
4.2 步进式开环伺服系统	71
4.2.1 步进电动机的分类	71
4.2.2 步进电动机的特点	72
4.2.3 三相反应式步进电动机的工作原理	72
4.2.4 步进电动机的功率驱动电路	73
4.2.5 步进电动机细分技术	74
4.2.6 步进电动机的控制原理	75
4.3 直流电动机伺服系统	78
4.3.1 直流伺服系统的构成	78
4.3.2 直流伺服系统与其他驱动系统的对比	79
4.3.3 直流伺服系统的组成方案及控制	80
4.3.4 直流电动机的控制原理	81

4.3.5 无刷直流电动机伺服控制系统	82
4.4 交流电动机伺服系统	84
4.4.1 交流伺服系统的基本结构	85
4.4.2 交流伺服系统的主要控制策略	87
4.5 直线电动机伺服系统	90
4.5.1 永磁直线同步电动机的特点及结构	91
4.5.2 永磁直线同步电动机的基本工作原理	93
4.5.3 直线伺服系统在数控机床中的应用	93
习 题	95
第5章 主轴驱动与控制	96
5.1 概 述	96
5.1.1 数控机床对主轴驱动与控制的要求	96
5.1.2 主轴驱动装置的特点	97
5.2 主轴变速控制	97
5.2.1 无级变速	97
5.2.2 分段无级变速	98
5.2.3 自动换挡控制	102
5.3 主轴准停控制	103
5.3.1 概 述	103
5.3.2 机械准停控制	104
5.3.3 电气准停控制	104
5.4 主轴驱动装置	108
5.4.1 主轴转速的控制及信号连接	108
5.4.2 开关量信号及控制	111
5.5 高速电主轴	111
5.5.1 高速电主轴的结构	112
5.5.2 冷却润滑技术	113
5.5.3 高速精密轴承	115
5.5.4 电主轴的动平衡	116
5.5.5 刀具的夹紧	116
5.5.6 轴上零件的联接	117
5.6 主轴与进给轴的关联控制	117
5.6.1 脉冲编码器	117
5.6.2 主轴旋转与轴向进给的关联控制	118
5.6.3 主轴旋转与径向进给的关联控制	118
习 题	119

第 6 章 数控机床用可编程控制器	120
6.1 概 述	120
6.1.1 可编程控制器的组成	120
6.1.2 可编程控制器的工作过程	122
6.1.3 可编程控制器的编程语言	123
6.1.4 可编程控制器的特点与分类	125
6.2 数控机床 PLC 的应用特点与控制对象	127
6.2.1 数控机床 PLC 的应用特点	127
6.2.2 数控机床 PLC 的控制对象	128
6.3 典型 PLC 的指令系统	132
6.3.1 梯形图顺序程序	132
6.3.2 梯形图的符号与地址	134
6.3.3 PMC 指令系统的构成及逻辑运算结果的存储	136
6.3.4 基本指令	136
6.3.5 功能指令	139
6.4 PLC 系统设计与调试	150
6.4.1 PLC 系统设计步骤	150
6.4.2 PLC 程序设计与调试	151
6.5 PLC 在数控机床中的控制应用	154
6.5.1 主轴定向控制	154
6.5.2 零件加工计数控制	154
6.5.3 刀库自动选刀控制	155
习 题	162
第 7 章 数控机床用位置检测元件	163
7.1 概 述	163
7.2 光电编码器	164
7.3 光 栅	167
7.4 磁 栅	171
7.5 旋转变压器	174
7.6 感应同步器	178
7.7 测速发电机	180
习 题	181
第 8 章 常用数控系统	183
8.1 概 述	183
8.2 华中数控系统	184
8.2.1 华中数控系统的分类及特点	184

8.2.2 华中数控系统的硬件系统	187
8.2.3 华中数控系统的软件系统	189
8.3 SIEMENS 数控系统	191
8.3.1 SIEMENS 数控系统的发展及特点	191
8.3.2 SINUMERIK 840D 硬件系统的组成	193
8.3.3 SINUMERIK 840D 系统的软件结构	195
8.4 FANUC 数控系统	199
8.4.1 FANUC 数控系统的发展及特点	199
8.4.2 FANUC 0i 数控系统	200
习 题	206
参考文献	207

第 1 章 数控系统概述

随着电子计算机技术的迅猛发展,以信息技术为中心的新技术革命正冲击着世界各个技术领域,作为传统工业之一的机械制造业也正经历着巨大的变革。加之市场竞争的日趋激烈,机械加工企业不得不摒弃传统的加工方式,寻求更高自动化水平的生产方式,以尽可能提高生产率和工作效率。机械制造业正按照 CNC(计算机数控系统)、FMS(柔性制造系统)、CIMS(计算机集成制造系统)的步骤,朝着设计、制造、管理全自动化的高层次方向迈进。其中,计算机数控系统是尤为关键的第一步,也是必经之路。

因此,计算机数控系统是现代机械制造系统的重要基础。而数控机床则是数控系统应用最为广泛和最为典型的数控化设备。

1.1 数控系统的基本概念

数控是数字控制 NC(Numerical Control)的简称,是一种自动控制技术,是用数字化信息(指令)对机械运动及加工过程实现控制的一种方法。采用电子计算机来完成主要的数字控制任务,即称为计算机数控 CNC(Computerized Numerical Control)。

数字控制是相对于模拟控制而言的:数字控制系统中的控制信息是数字量,其变化在时间上和数量上都是不连续的;模拟控制系统中的控制信息是模拟量,其变化无论是在时间上还是在数量上都是连续的。

数字控制与模拟控制相比有许多优点,如可对数字化信息进行逻辑运算、数学运算等复杂的信息处理工作;可用软件来改变信息处理的方式或过程,而不用改动控制电路或机械机构,从而使机械设备具有很大的“柔性”。因此,数字控制已广泛用于机械运动的轨迹控制和机械系统的状态控制,如各类机床、机器人等的控制。

为了对机械运动及加工过程进行控制,必须具备相应的硬件和软件。用来实现数字化信息控制的这些硬件和软件的总和称为数控系统(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。

数控系统最初是由数字逻辑电路构成的专用硬件数控系统。随着微型计算机的发展,硬件数控系统已逐渐被淘汰,取而代之的是计算机数控系统。CNC 系统是由计算机承担数控中的命令发生器和控制器的数控系统。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。

采用数控技术进行控制的各类加工机床,统称为数控机床(NC 机床)。它是一种集机械制造、计算机技术、微电子技术、自动控制技术及精密测量技术等多种技术为一体的典型机电一体化产品,是现代制造技术的基础。它使传统的机械加工工艺发生了质的飞跃,实现了加工过程的自动化操作。

1.1.1 数控机床的组成

数控机床是最典型的数控设备。它一般由数控系统、伺服驱动、机床本体及辅助控制装置等部分组成,如图 1-1 所示。

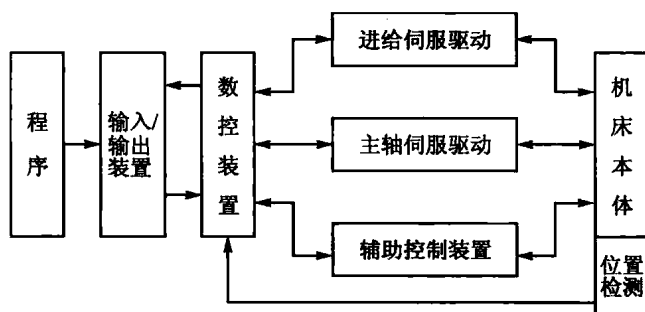


图 1-1 数控机床的组成

1. 数控系统

数控系统是所有数控设备的核心。数控系统主要由程序的输入/输出装置和数控装置组成。

数控系统是严格按照外部输入的加工程序对工件进行自动加工的。通常将从外部输入的、描述机床加工过程的程序称为数控加工程序。它是用字母、数字和其他符号的编码指令规定的程序。数控加工程序按零件加工的工艺顺序记载机床加工所需的各种信息,包括零件加工的几何形状和几何尺寸等刀具移动轨迹信息、坐标轴进给速度和主轴转速等工艺信息、工艺参数、切削用量、换刀操作和冷却液启/停等开关量控制命令。数控加工程序可以记录在各种信息载体上,通过各种输入装置,信息载体上的数控加工程序将被数控装置所接收。

1) 输入/输出装置

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。机床自动加工的相关信息也可以通过输出装置输出。键盘和显示器是任何数控设备都必备的基本输入/输出装置。此外,根据需要还可以配置通信网络接口、纸带阅读机、磁带机及软盘驱动器等。

2) 数控装置

数控装置是数控系统的核心。它由输入/输出接口电路、控制器、运算器和存储器等部分组成。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,按规定进行有序的动作。数控装置将数控加工程序按两类控制量分别进行控制和输出:一类是连续控制量,根据所读入的加工程序,通过译码、编译等信息处理后,由具有插补功能的软、硬件进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服驱动系统的位置、速度反馈信号比较,将控制结果送往驱动装置,从而控制各个坐标的位移;另一类是离散的开关控制量,实现加工过程中的时序逻辑控制,这部分任务通常主要由数控装置的内装型或独立型的可编程控制器(PLC)来完成,它根据机床加工过程中的各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,控制机床各个部件有条不紊地按序工作。

2. 伺服驱动

伺服驱动控制装置是数控系统与机床本体之间的电传动联系环节,包括进给轴伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。

进给轴伺服驱动装置由位置控制单元、速度控制单元、电动机和测量反馈单元等部分组成。它按照数控装置发出的位置控制命令和速度控制命令正确驱动机床进给部件移动。每个做进给运动的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,利用位置检测装置,间接或直接测量执行部件的实际进给位移,与数控装置发出的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。

主轴伺服驱动装置主要由速度控制单元组成,实现无级调速控制。主轴伺服控制必要时还需“定向准停”等位置控制功能。

3. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置与机床机械、液压部件之间的控制系统。它与一般的普通机床电气类似,但为提高可靠性,各类抗干扰措施需更加完善。它的主要作用是接收数控装置发出的主轴的转速、转向和启/停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启/停指令,工件的松开、夹紧指令,工作台的分度指令,排屑装置启/停等辅助装置控制指令,经必要的编译和逻辑判断、功率放大后驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,完成指令规定的动作。过载等监控检测信号及行程开关信号也经辅助控制装置送到数控装置进行处理。

4. 机床本体

机床本体指的是数控机床机械结构实体。它与传统的机床基本相同,同样由主传动系统、进给传动系统、工作台、床身、立柱以及液压气动系统、润滑系统、冷却装置等部分组成。但为了满足数控的要求,充分发挥机床的性能,它在整体布局、外观造型、传动系统结构、操作机构等方面都发生了很大变化,在精度、刚度、抗震性及自动化控制水平等方面要求更高。对于加工中心类的数控机床,还配置有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。

数控机床的机床本体是在普通机床的基础上发展而来的,但也做了很多改进和提高,它的主要特点如下:

(1) 大多数数控机床采用了高性能的主轴及伺服传动系统,因此数控机床的机械传动结构得到了简化,传动链较短。

(2) 为了适应数控机床连续地自动化加工,数控机床机械结构具有动、静刚度高,抗振性好,阻尼精度及耐磨性高,热变性小等特点。

(3) 进给传动多采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

(4) 多数数控机床采用了刀库和自动换刀装置,有的还具有工件自动交换装置,以提高机床工作效率。

(5) 多数数控机床采用了全封闭罩壳,以保证数控机床进行自动加工时的操作安全。

1.1.2 数控机床的基本工作过程

1. 零件加工的基本操作过程

(1) 程序编制。根据零件图纸的要求,结合加工工艺,拟定加工路线、切削用量及坐标行程等,完成数控加工程序的编制。零件程序编制分为手动编程和自动编程。手动编程是程序

员按要求,使用数控标准代码和指定格式逐段编写程序。自动编程多采用计算机 CAD/CAM 图形交互式自动编程方法,输入零件加工相关信息后,经过计算机处理,自动生成数控加工程序。

(2) 数控机床通电初始化。接通电源后,数控系统和可编程控制器将对数控机床各组成部分的工作状态进行检查和诊断,并设置初始状态。对首次使用的数控系统,还需要进行机床参数设置:确定系统控制的坐标轴,确定坐标计量单位和分辨率,确定系统配置的可编程控制器的地址范围,确定系统中检测元件的配置,以及工作台各轴正负行程极限范围的设置等。通过机床参数的设置,使数控系统与具体数控机床的硬件构成及使用环境相适应。

(3) 程序输入。当数控机床具备了正常工作条件后,开始输入零件的数控加工程序并存储到系统内存中。操作员可以将加工程序单制作成控制介质,如穿孔带、磁带、磁盘等,再将控制介质记录的加工信息通过输入装置输入到数控系统中;也可以通过通信接口将程序传送到数控系统中;还可以通过数控系统键盘直接输入程序或对已输入的程序进行修改。

(4) 加工相关参数输入。在加工前,要输入实际使用刀具的刀具参数、实际工件原点与机床绝对原点之间的相对位置坐标参数等,以使数控系统的零件加工程序与实际的工件和刀具相适应。

(5) 运行加工程序,完成零件的数控加工。对于首件零件的试切削加工,可用手动或单段程序运行方式启动加工程序运行,以便对程序进行调试、修改、检测。程序调试好后的批量零件加工,可选择自动运行方式启动自动加工运行。此时,数控系统在内部系统程序的作用下,对加工程序进行必要的处理与计算后,发出相应的控制命令,指挥执行部件进行运动,从而完成零件的数控加工。

2. 计算机数控系统的基本工作过程

(1) 信息输入。输入数控系统的信息有零件加工程序、控制参数和补偿数据等。

(2) 译码转换。所输入的程序段包含零件的轮廓信息(曲线类型及坐标起止点)、加工速度以及其他辅助信息(换刀、换挡、冷却液开关等)。计算机需通过译码程序将这些信息翻译、转换成计算机内部能识别的语言,数控系统才能顺利进行以后的工作。

(3) 数据处理。要处理的数据一般包括刀补计算、速度处理和辅助功能的控制。刀补计算是把工件轮廓轨迹转化为相应刀具中心运动轨迹。速度处理是根据程序工艺参数来确定该数据段的加工速度。辅助功能如换刀、换挡等也在数据处理过程中由可编程序控制器等机床逻辑控制器来实现控制。

(4) 轨迹插补。根据给定的曲线类型(如直线、圆弧或高次曲线)、坐标起止点以及速度信息,在轮廓段起点和终点之间计算出一系列中间点。计算机数控系统大多采用软件插补或软、硬件插补相结合的方法完成轨迹插补。目前应用的插补算法主要分脉冲增量插补和数字增量插补两类。

(5) 伺服驱动。数控系统根据插补运算结果,向各轴伺服系统发出方向、大小和速度都确定的协调的运动命令值,位置调节器将其与机床相应位置检测元件测得的实际位置相比较,经放大处理后,输出相应的位置和速度控制信号,控制各轴伺服系统驱动刀具或机床工作台移动,从而加工出所要求的零件轮廓。

(6) 程序管理。当一个数据段开始插补时,数控系统内部管理程序即开始着手准备下一个数据段的读入、译码和数据处理,即由它调用各个功能子程序,且保证一个数据段加工过程

中将下一个程序段准备就绪。一旦本数据段加工完成,即开始下一个数据段的插补加工。整个零件加工就是在这种周而复始的过程中完成的。

1.2 机床数控系统的分类

机床数控系统种类繁多,分类方法不尽相同。根据控制原理、结构和性能,可按下列方法进行分类。

1.2.1 按工艺用途分类

1. 金属切削类机床数控系统

这类数控系统主要用于数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床和数控镗铣床等金属切削类机床的控制。

加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。它集数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能于一体,工件在一次装夹后,可完成铣、镗、钻、扩、铰及攻丝等多工序的加工。为扩大加工范围,有些加工中心还能自动更换工作台、刀库和主轴。近年来,由数控车床发展而来的车削加工中心,除了有基本的 x 、 z 轴外,还有回转 c 轴和附带的 y 轴,几乎可以完成回转体零件的所有加工工序。

2. 金属成型类机床数控系统

这类数控系统主要用于数控折弯机、数控弯管机和数控压力机等金属成型类机床的控制。

3. 特种加工类机床数控系统

这类数控系统主要用于数控线切割机、数控电火花加工机床和数控激光加工机床等特种加工类机床的控制。

1.2.2 按机床运动轨迹分类

1. 点位控制数控系统

点位控制数控系统的特点是只要求控制机床移动部件从一点到另一点的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工,移动轨迹也无严格要求,如图1-2所示,由起点到终点的移动轨迹可以是图中①、②、③、④、⑤条轨迹中的任意一条。为了提高生产率并保证定位精度,一般先快速移动到终点坐标附近,然后再减速移动到定位点。

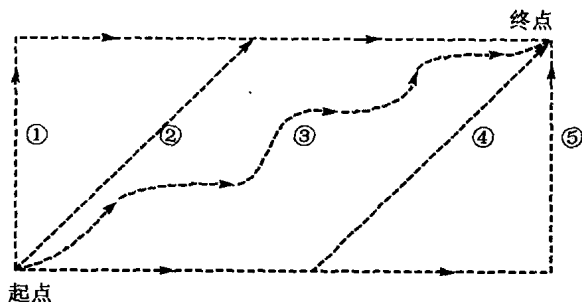


图1-2 点位控制

使用这类控制系统的数控机床主要有数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控弯管机等。

2. 点位直线控制数控系统

点位直线控制数控系统的特点是,除了控制一点到另一点的精确定位,还能控制机床移动部件以适当的速度按平行于坐标轴的方向做直线加工运动或沿与坐标轴成 45° 斜线进行直线切削加工,但不能沿任意斜率的直线进行加工。

应用这类数控系统的数控机床主要有数控车床、数控铣床和数控磨床等。

3. 轮廓控制数控系统

轮廓控制数控系统也称为连续控制数控系统。其特点是数控系统能够对两个或两个以上运动坐标轴进行连续控制,在加工过程中系统不断进行轨迹插补运算,然后进行相应的速度和位移控制,将工件加工成所需的轮廓。在运动过程中,刀具对工件表面连续进行切削,可以进行各种斜线、圆弧、曲线的加工。

应用这类数控系统的数控机床主要有功能完善的数控车床、数控铣床、数控线切割机及加工中心等。

1.2.3 按伺服控制方式分类

1. 开环控制数控系统

开环控制数控系统是指采用不带位置反馈的开环进给伺服系统。这种系统通常使用步进电动机作为执行元件。数控装置根据所要求的进给速度和进给位移,输出一定频率和数量的进给指令脉冲,经驱动电路放大后,每一个进给脉冲驱动功率步进电动机旋转一个步距角,再经减速齿轮、丝杠螺母副或蜗杆副,完成工作台或转台的一个当量位移。采用步进电动机的开环进给伺服控制系统框图如图1-3所示。数控系统以进给指令脉冲个数的多少来控制坐标位移量,以进给指令脉冲的频率来控制位移速度,以进给指令脉冲分配顺序的变化来控制位移方向。由于没有位置反馈,因而进给传动链的误差不能进行反馈校正,位移精度不高。但开环系统结构简单,运行平稳,成本低,使用维修方便,可应用于精度要求不高的经济型数控机床的控制或旧设备数控改造中。

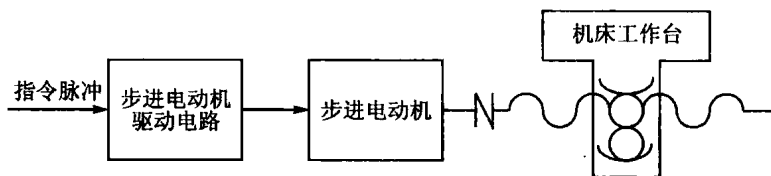


图 1-3 采用步进电动机的开环进给伺服控制系统框图

2. 闭环控制数控系统

闭环控制数控系统是在机床移动部件(如工作台)上直接安装直线位置检测元件的闭环进给伺服系统。位置检测的装置有光栅、感应同步器和磁栅等。这种系统是按闭环反馈控制方式进行工作的。典型的闭环进给伺服控制系统框图如图1-4所示。数控装置将位移指令与位置检测装置测得的实际位置反馈信号随时进行比较,根据其差值与指令进给速度的要求,按一定的规律进行转换后,得到进给伺服系统的速度指令,带动移动部件以消除位置误差。同时,还利用与伺服驱动电动机同轴连接的测速元件,随时实测驱动电动机的转速,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动机的转速随时进行校正。

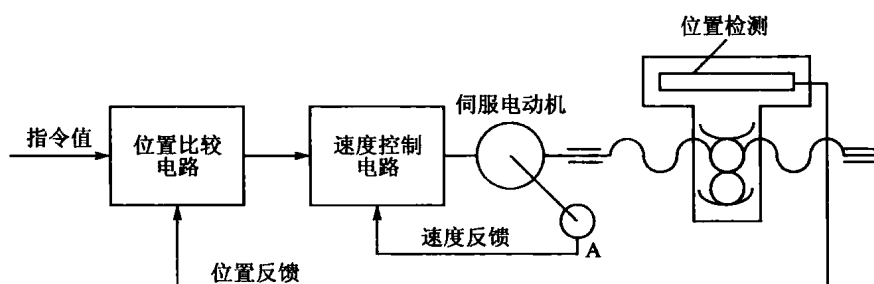


图 1-4 闭环进给伺服控制系统框图

由于闭环系统的位置检测包含了进给传动链的全部误差,因而得到了很高的机床静态定位精度。但是,由于位置检测反馈环中包含的不稳定因素较多,闭环系统的设计和校正相当复杂,系统调试工作较困难,参数匹配不当会引起系统振荡,造成系统不能稳定工作。因此,这种闭环控制方式主要用于精度要求很高的数控坐标镗床、数控精密磨床等。

相对半闭环控制数控系统而言,按位置反馈元件的安装位置不同,闭环控制数控系统又称为全闭环控制数控系统。

3. 半闭环控制数控系统

半闭环控制数控系统是在伺服电动机同轴或丝杠端部安装角位移检测元件,通过测量角位移而间接测量出移动部件的实际位置或位移的半闭环进给伺服系统。能实现角位移检测的装置有光电编码器、旋转变压器等。其控制方式同闭环控制数控系统。典型的半闭环进给伺服控制系统框图如图 1-5 所示。

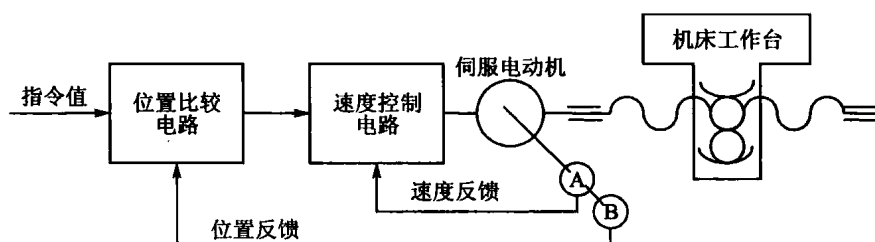


图 1-5 半闭环进给伺服控制系统框图

由于大部分机械传动环节未包括在位置反馈环内,因此调试较方便,系统稳定性好。至于丝杠等机械传动误差虽不能通过反馈随时校正,但可以通过系统的参数定值补偿的方法来提高定位精度。这种系统目前应用较广泛。

1.2.4 按可联动的坐标轴数分类

按可联动的坐标轴数,数控系统可分为 2 轴联动、2 轴半联动、3 轴联动、4 轴联动、5 轴及 5 轴以上联动控制数控系统。可联动的坐标轴数的不同,使机床的加工能力区别很大。2 轴联动只能两坐标轴联动,主要用于数控车床加工曲线旋转面或数控铣床等加工曲线柱面;2 轴半联动主要用于 3 轴以上机床的控制,除其中任意两轴互为联动外,另一轴作周期进给;若为 3 轴联动,选用适当刀具则可加工三维空间曲面。在加工多维曲面时,为使刀具能合理的切削,刀具的回转中心也要转动,因此需要更多的坐标轴联动。5 轴联动的镗铣床能够加工螺旋桨表面。

坐标联动数目是由所具有的伺服坐标轴数和系统控制软件功能共同决定的。机床所具有的伺服坐标轴数不等于坐标轴联动数;具有的伺服电动机数也不等于坐标轴联动数。所谓坐标轴联动数是指由同一个插补程序段所能控制的同时移动坐标轴数。

1.2.5 按系统功能水平分类

按照数控系统的功能水平,数控系统可分为经济型(低档型)、普及型(中档型)和高档型3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。一般来说,可参考以下内容进行分类。

1. 经济型(简易)数控系统

这一档次的系统属于低档数控,是指采用单片机、单板机系统或其他功能简单、价格低的数控系统,一般由步进电动机等实现开环驱动,控制的轴数及联动轴数在3轴或3轴以下。这类系统控制的机床结构简单,价格也较低廉,一般不具有通信功能,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。

它主要用于数控车床、数控钻床、线切割机床以及旧机床改造等。

2. 普及型(全能)数控系统

这类数控系统功能较多、较全,但对具体机床来说,一般以实用、够用为准。系统除了具有数控系统的一般功能外,还具有一定的图形显示功能、人机对话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,机床的进给大多采用交流或直流伺服驱动,系统一般能实现4轴或4轴以下联动控制,其输入/输出的开关量控制一般由可编程控制器来完成,从而大大增强了系统的可靠性和控制的灵活性。这类系统控制的数控机床的品种繁多,几乎覆盖了各种机床类别,且价格适中。目前这类系统的功能趋向于更加简单、实用,从而进一步降低了机床的价格,使得应用范围更加广阔。

3. 高档型数控系统

高档型数控系统是指能加工复杂形状工件的多轴控制数控系统,且其工序集中、自动化程度高、功能强并具有高度柔性。该系统采用的微机系统为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;除了具有数控系统的一般功能以外,还能实现5轴或5轴以上的联动控制;具有三维动画图形功能和便捷的图形用户界面;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;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,且能实现计算机的联网和通信。这类系统功能齐全,价格昂贵,可用于控制具有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 现代数控系统的发展趋势

1.3.1 现代数控系统发展趋势

现代数控系统是新一代数控机床的关键,也是柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等新一代制造技术的技术基础。随着微电子技术、计算机技术的发展,数控系统性能日臻完善,数控技术的应用领域日益扩大。而当今科学技术的发展,世界新一代先进制造技