



主编 田锡天 仝春民

数控加工 技术基础

SHUKONG JIAGONG
JISHU JICHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数控加工技术基础

主编 田锡天 仝春民

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了数控加工技术的理论及其应用,涉及数控机床、数控工艺、数控编程以及计算机辅助数控编程等内容。全书分7章,分别是数控加工技术概述、数控加工程序编制基础、数控加工工艺过程设计、数控铣床的程序编制、加工中心的程序编制、数控车床的程序编制、CAD/CAM 软件及其应用。本书内容丰富,重点深入,图文并茂,理论与实际紧密结合,符合教学规律,便于自学。

本书可作为高等工科院校的本科生教材,也可作为从事数控加工、数控编程人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术基础/田锡天,仝春民主编. —北京:国防工业出版社,2012.9

ISBN 978-7-118-08398-9

I. ①数... II. ①田... ②仝... III. ①数控机床—加工 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 223187 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 15 字数 344 千字

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2050 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

数控技术是现代先进制造技术和装备的核心技术。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平、增强对动态多变市场的适应能力和竞争能力。此外,世界各工业发达国家还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资,不仅采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业,而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面对他国实行封锁和限制政策。我国则在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》中将“高档数控机床与基础制造技术”确定为16个重大专项之一。总之,数控技术已成为一个国家机械制造水平的重要标志之一,更是体现机械制造企业技术水平的重要标志。

数控机床是为满足复杂形状零件的自动化加工而发展起来的一种自动化加工机床,具有高效率、高精度与高柔性的特点。数控加工是一种使用数控机床进行零件加工的技术,能够有效解决复杂、精密、多品种小批量零件的自动化加工问题。此外,数控机床是数字化制造的加工执行单元,是实现柔性制造、车间自动化及数字化制造的基础。

目前,数控机床已在航空、航天、船舶、汽车、模具等制造行业得到了普遍应用,并且必将得到越来越广泛的应用。

本书由田锡天、仝春民负责统稿。第一章、第二章、第四章、第五章、第六章由田锡天编写,第三章由仝春民编写,第七章由耿俊浩编写。

本书在编写过程中,难免有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 数控加工技术概述	1
1.1 数控加工的基本概念	1
1.1.1 数字控制与数控机床	1
1.1.2 数控加工	1
1.2 数控机床	2
1.2.1 数控机床的组成	2
1.2.2 数控机床的工作过程	4
1.2.3 数控机床的分类	4
1.2.4 数控机床的控制方式	5
1.2.5 数控机床的特点	7
1.3 数控系统	8
1.3.1 数控系统的组成	8
1.3.2 数控系统的硬件组成	9
1.3.3 数控系统软件	11
1.3.4 CNC 系统的插补原理	12
1.4 数控机床的发展	13
习题	14
第 2 章 数控加工程序编制基础	16
2.1 数控加工程序及其编制过程	16
2.2 机床坐标系和工件坐标系	17
2.2.1 机床坐标系与运动方向	17
2.2.2 工件坐标系与局部坐标系	20
2.2.3 数控机床的坐标轴数与联动数	20
2.3 数控加工程序的结构及指令	21
2.3.1 程序结构	21
2.3.2 程序段格式	22
2.3.3 子程序	23
2.3.4 程序指令	24
2.3.5 常用准备功能指令	28
2.3.6 常用辅助功能指令	35
2.4 数控加工程序编制举例	36
2.5 数控加工程序编制方法	40

2.5.1	手工编程	40
2.5.2	计算机辅助编程	41
2.5.3	编程方法选择	42
习题	42
第3章	数控加工工艺过程设计	44
3.1	数控工艺的特点和内容	44
3.1.1	数控工艺的特点	44
3.1.2	数控工艺的主要内容	45
3.2	数控加工零件及内容的选择	45
3.2.1	数控加工零件的选择	45
3.2.2	数控加工内容的确定	46
3.3	零件的数控工艺性分析	46
3.3.1	零件图分析	46
3.3.2	零件结构工艺性分析	48
3.4	数控工艺过程制定	49
3.4.1	工艺路线设计	49
3.4.2	数控工序详细设计	54
3.5	数控加工工艺文件	67
3.6	编程误差及其控制	69
习题	71
第4章	数控铣床的程序编制	72
4.1	数控铣床概述	72
4.1.1	数控铣床的类型	72
4.1.2	数控铣床的加工对象	72
4.2	数控铣削加工工艺	74
4.2.1	数控铣削工艺过程制定	74
4.2.2	典型零件的数控铣削加工工艺	80
4.3	数控铣床程序编制基础	85
4.3.1	数控铣床的坐标系	85
4.3.2	程序编制中的数值计算	86
4.4	SINUMERIK 802C 数控系统的程序指令及应用	87
4.4.1	程序结构	88
4.4.2	常用程序指令	88
4.4.3	参量编程	98
4.4.4	程序跳转	99
4.4.5	固定循环	101
4.4.6	子程序	111
4.4.7	刀具及刀具补偿指令	112
4.5	数控铣床程序编制举例	119

4.5.1	XKN713 数控铣床简介	119
4.5.2	编程举例	119
	习题	121
第 5 章	加工中心的程序编制	123
5.1	加工中心概述	123
5.1.1	加工中心及其分类	123
5.1.2	加工中心的加工对象	123
5.2	加工中心的程序编制基础	124
5.2.1	工艺过程制定	124
5.2.2	换刀程序的编制	129
5.3	FANUC Oi- MB 数控系统的程序指令及应用	131
5.3.1	程序结构	132
5.3.2	常用程序指令	133
5.3.3	固定循环	145
5.3.4	刀具及刀具补偿指令	154
5.3.5	尖角过渡	158
5.4	加工中心程序编制举例	160
5.4.1	VB610 加工中心简介	160
5.4.2	编程举例	162
	习题	165
第 6 章	数控车床的程序编制	167
6.1	数控车床概述	167
6.2	数控车削加工工艺	167
6.2.1	数控车床的加工对象	167
6.2.2	数控车削工艺过程制定	168
6.3	数控车床程序编制基础	173
6.3.1	数控车床的坐标系	173
6.3.2	数控车床的程序编制特点	175
6.4	FANUC Oi- TC 数控系统程序指令及应用	175
6.4.1	常用程序指令	177
6.4.2	固定循环	188
6.4.3	刀具及刀具补偿指令	193
6.5	数控车床的程序编制举例	199
6.5.1	DL-20M 数控车床简介	199
6.5.2	编程举例	200
	习题	202
第 7 章	CAD/CAM 软件及其应用	204
7.1	概述	204
7.2	CAD/CAM 软件系统的组成及功能	205

7.3 应用 CAD/CAM 软件编程的过程	206
7.4 Mastercam 软件的应用	210
7.4.1 Mastercam 软件概述	210
7.4.2 Mastercam 软件的界面	211
7.4.3 Mastercam 软件数控编程举例	213
习题	230
参考文献	232

第 1 章 数控加工技术概述

1.1 数控加工的基本概念

1.1.1 数字控制与数控机床

数字控制(Numerical Control, NC), 简称为数控, 是用数字化信息(数字量及字符)对控制对象进行自动控制的一种技术。数字控制与模拟控制相比有许多优点, 如可用不同的字长表示不同精度的信息, 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, 特别是可用计算机程序来改变信息处理的方式或过程, 而不用改变电路或机械机构, 从而使机械设备具有很大的柔性。因此, 数字控制技术已被广泛应用于机械运动的轨迹控制和机械系统的开关量控制, 如机床的控制、机器人的控制等。

数字控制的对象是多种多样的, 但数控机床是最早应用数控技术的控制对象, 也是应用最广泛和最典型的数控设备。正因为如此, 在国家标准《机床数字控制 术语》(GB 8129—87) 中将数字控制定义为: “用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法”。数控机床是采用了数控技术的机床, 或者说是装备了数控系统的机床。数控系统是数控机床的控制装置, 其作用是处理输入到系统中具有特定指令代码的程序, 控制机床的运动和动作, 实现零件的加工。

数控机床是为满足复杂形状零件的自动化加工而发展起来的一种自动化加工机床。1949 年美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件, 与帕森斯(Parsons)公司和麻省理工学院(MIT)合作, 于 1952 年成功研制世界上第一台数控机床——三坐标立式铣床, 揭开了数控加工技术的序幕。

数控机床的出现和发展, 对于单件和小批量生产自动化, 尤其对复杂零件的自动化加工起着重要作用。在整个机械加工生产中, 中小批量和单件生产的零件品种占 80% 以上。一般的自动化机床或专用机床由于准备工作、调整工作量很大(凸轮、靠模、挡块、电器、液压等), 在大批量生产中使用才是经济合理的, 而对中小批量、单件生产是不经济合理的。

精密、复杂形状零件在航空、航天、汽车、船舶、兵器等工业中具有大量应用, 而且改型频繁, 普通机床的加工能力已完全不能满足加工要求, 尤其对于一些复杂曲线、曲面零件, 用普通机床加工不仅劳动强度大、加工周期长、精度不易保证, 有时甚至无法完成加工。因此, 数控机床在上述行业的产品制造中具有十分重要的地位和作用。

1.1.2 数控加工

数控加工是指使用数控机床进行零件加工的方法或技术, 它采用数字化信息对零件加工过程进行定义(即程序), 并控制机床自动运行完成零件的加工。

数控加工过程如下：

(1) 数控加工程序编制。首先根据零件设计要求(零件图)制定数控加工工艺过程,选择刀具及切削参数,然后按数控机床规定的编程格式编写零件的数控加工程序。

(2) 数控加工程序输入。根据数控机床的程序输入要求,通过输入装置将数控加工程序输入到数控机床的数控系统中。

(3) 零件加工。数控系统对输入的数控加工程序进行必要的处理,生成和发出相应的控制指令,控制机床的各种运动和动作,使刀具与工件严格地按照程序规定的顺序、刀具路径和参数运动,从而加工出符合要求的零件。

数控加工程序,简称为数控程序或零件程序(Part Program),是用特定格式的一套指令代码编写的控制数控机床执行一个确定的加工任务的一系列指令。

数控加工程序编制(NC Programming of Part Programming)是指为零件的数控加工编写加工程序的过程。

一般来说,数控加工技术包括数控加工工艺和数控加工程序编制技术两大方面。数控机床为数控加工提供了物质基础,但数控机床是按照事先规定的指令信息——数控加工程序来执行各种运动的。因此,数控加工程序的编制是实现数控加工的重要环节。对于复杂零件的加工,其编程工作显得尤其重要。

此外,在数控加工中,通常采用坐标测量机或直接在数控机床上测量零件的加工精度,因此需要编写数控测量程序控制测量过程。一般认为,数控测量程序是数控加工程序的一种。

数控加工是一种具有高效率、高精度和高柔性特点的自动化加工技术,它可以有效解决复杂、精密、单件小批量零件的加工问题,不仅能够充分适应现代化生产的需要,而且是自动化、柔性化、敏捷化和数字化制造的基础与关键技术。

1.2 数控机床

1.2.1 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质、数控系统、伺服系统和机械系统等组成,如图 1-1 所示。

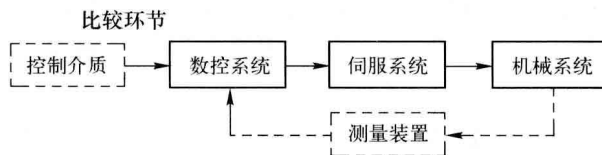


图 1-1 数控机床的组成

1. 控制介质

控制介质又称信息载体,用于记录零件的数控程序。常用的信息载体有穿孔纸带、磁盘和 U 盘等,它们可通过相应的输入装置将信息输入到数控系统中。数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘直接输入数控程序和其他加工信息,或者通过配置的通信接口(串口或网卡)将外部计算机上的数控程序输入到数控系统中。

2. 数控系统

数控系统是数控机床的控制系统,是数控机床的核心组成部分。它的功能是输入数控加工程序,进行计算和处理后,发出相应的指令,传送给伺服系统,通过伺服系统控制机床的运动和动作。数控系统控制的机床运动和动作主要包括:

- (1) 机床主轴运动,如主轴的启动、停止、转向和速度。
- (2) 机床进给运动,如点位、直线、圆弧进给运动,运动方向和进给速度选择等。
- (3) 刀具选择、换刀和刀具补偿。
- (4) 其他辅助运动,如工作台锁紧和松开、工作台的旋转与分度、冷却液的开和关等各种辅助操作。

3. 伺服系统

伺服系统(又称随动系统)是用来精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统。它是数控系统与机床执行机构的连接环节,是数控机床执行机构的驱动部件。伺服系统的作用是把来自数控系统的位移或位移速度、加速度等信号,经功率放大和处理后,转换成机床执行部件的运动,如工作台的直线运动、主轴的旋转运动等。

根据驱动主轴或进给运动,可以将伺服系统划分为主轴伺服系统和进给伺服系统。

伺服系统一般由比较环节、驱动单元、伺服电动机和测量反馈单元等四部分组成,如图 1-2 所示。

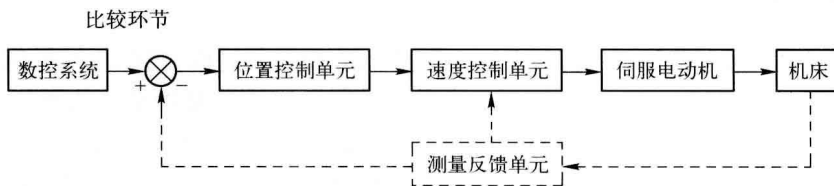


图 1-2 伺服系统的组成

比较环节的功能是将输入的指令信号与反馈信号进行比较,以获得输出与输入间的偏差信号。

驱动单元包括位置控制单元和速度控制单元,其主要任务是对比较环节输出的偏差信号进行变换处理,以控制伺服电动机按要求动作。一般情况下,多将位置控制单元与数控系统做在一起,所以通常所说的驱动单元是指速度控制单元。速度控制单元是一个调速系统,由速度调节器、电流调节器、功率驱动放大环节等组成。

伺服电动机的功能是将电信号转换成转轴的角位移或角速度以驱动控制对象。“伺服”即电动机转子服从控制信号的要求而即时运转或停止,因此伺服电动机的控制精度非常准确。常用的伺服电动机有直流伺服电动机、交流伺服电动机和数字伺服电动机。一些低端数控机床常采用步进电动机作为驱动部件。

检测环节是指能够对输出进行测量并转换成比较环节所需要的量纲的装置,一般包括传感器和转换电路。

伺服系统的性能将直接影响数控机床部件的运动精度和速度,因此是影响数控机床加工精度和加工效率的主要因素之一。

4. 机械系统

数控机床的机械系统由下列部分组成。

(1) 机床基础件:包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台等,它是整台机床的基础和框架。机床的其他零部件,或者固定在基础件上,或者工作时在它的导轨上运动。

(2) 主轴部件:包括主轴伺服电动机和主轴传动系统。

(3) 进给系统:包括进给伺服电动机和进给传动系统。

(4) 实现工件回转、定位的装置和附件。

(5) 实现某些部件动作和辅助功能的系统和装置,如液压、气动、润滑、防护等装置。

(6) 刀库和自动换刀装置。

(7) 自动托盘交换装置。

数控机床的机械系统的主要特点如下:

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

(2) 为了适应数控机床的连续自动化加工,数控机床具有较高的动态刚度、阻尼及耐磨性,热变形较小。

(3) 采用高效、高精度、无间隙传动部件,如滚珠丝杠螺母副、直线滚动导轨、静压导轨等。

(4) 一些数控机床还采用了刀库和自动换刀装置,以提高机床工作效率。

1.2.2 数控机床的工作过程

在数控机床上加工零件时,首先要制定零件的数控工艺过程,按照数控机床规定的格式和指令代码编写零件的数控加工程序;然后通过输入装置将数控加工程序输入到数控系统中;数控系统对数控加工程序进行处理,向伺服系统等发出相应的指令,控制机床主轴的启停、变速,工作台(或刀架)的进给方向、速度和位移,以及其他如刀具更换、冷却液开关等,使刀具与工件及其他辅助装置严格按照数控加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合要求的零件。数控机床的工作过程如图 1-3 所示。其中,穿孔制带环节取决于数控机床是否采用穿孔纸带作为控制介质,如果是,则需要制作穿孔纸带。



图 1-3 数控机床的工作过程

1.2.3 数控机床的分类

数控机床种类较多,按其加工工艺方式一般可分为金属切削数控机床、金属成型数控机床和特种加工数控机床等。金属切削数控机床中根据其自动化程度的高低,又可分为数控机床、加工中心(Machining Center, MC)和柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。

像传统的通用机床一样,数控机床可分为数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床、数控冲床、数控剪床等,这类数控机床的工艺特点和相应的通用机床

相似,但它们具有复杂形状零件的加工能力。

加工中心可分为镗铣类加工中心和车削加工中心,它们是在相应的数控机床的基础上加装刀库和自动换刀装置而构成的。其工艺特点是:工件经一次装夹后,数控系统能控制机床自动地更换刀具,连续自动地对工件多个表面进行铣(车)、镗、钻等多种加工操作。

柔性制造单元是具有更高自动化程度的数控机床。它可以由加工中心、搬运机器人和(或)自动化小车等自动物料储运系统组成,有的还具有加工精度、切削状态和加工过程的自动监控功能。

特种加工数控机床可分为数控电火花加工机床和数控线切割机床等。

1.2.4 数控机床的控制方式

1. 按运动方式划分

数控机床的种类虽然很多,但按照刀具与工件的相对运动方式,可将其控制方式划分为点位控制、直线运动控制和轮廓控制。

(1) 点位控制。只控制机床移动部件的终点位置,而不管移动轨迹如何,并且在移动过程中不进行切削,如图 1-4(a)所示。数控钻床、数控冲床等是典型的点位控制机床。

(2) 直线运动控制。除了控制运动的起点与终点的准确位置外,还要求刀具运动轨迹为一条直线,并能控制刀具按照给定的进给速度进行切削加工,如图 1-4(b)所示。数控车床、数控铣床、加工中心等一般都具有直线运动控制功能。

(3) 轮廓控制。又称连续轨迹控制,能够对刀具与工件的相对移动轨迹和速度进行连续控制,并在移动时进行切削加工,可以加工任意斜率的直线、圆弧和曲线,如图 1-4(c)所示。大多数数控铣床、数控车床、数控磨床、加工中心等都具有轮廓控制功能。

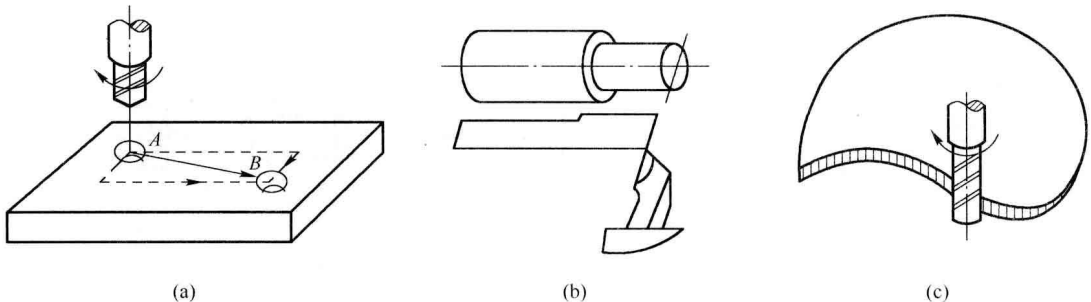


图 1-4 数控机床的控制方式

2. 按伺服系统控制方式划分

按伺服系统控制方式的不同,可将数控机床的控制方式划分为开环控制、闭环控制和半闭环控制方式。

1) 开环控制方式

开环控制是一种不带位置测量反馈装置的控制方式。在这种控制方式中,数控系统处理数控加工程序,并向伺服系统发出位移指令信号,驱动机床运动,进行加工。最典型的开环伺服系统就是采用步进电动机的伺服系统,如图 1-5 所示。它一般由步进电动

机驱动器、步进电动机、齿轮箱和丝杠螺母传动副等组成。数控系统每发出一个位移指令脉冲,经驱动器功率放大后,驱动步进电动机旋转一个步距角,再经传动机构带动工作台或刀具移动。步进电动机的实际转角和转速分别由输入的脉冲数和脉冲频率决定。这类系统的信息传送是单向的,即位移脉冲指令发出去以后,实际进给位移不再反馈回来,所以称为开环控制方式。经济型数控机床一般采用开环伺服系统,机床调试简单,其精度取决于步进电动机和机床机械系统的精度,一般来说,其加工速度和加工精度较低。

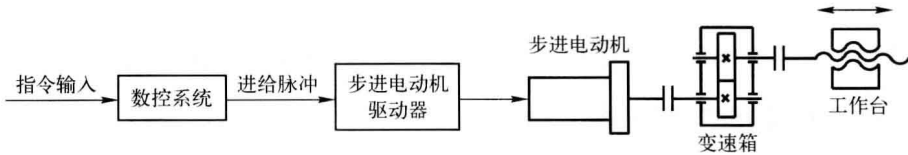


图 1-5 开环控制示意图

2) 闭环控制方式

闭环控制是一种在机床移动部件上直接安装有位置测量反馈装置的控制方式,如图 1-6 所示。位置测量装置(光栅、感应同步器等)的作用是检测工作台的实际位置并反馈给数控系统。数控系统将实际位置与数控加工程序中规定的位置相比较,以其差值来控制伺服电动机(直流或交流伺服电动机)驱动工作台向减少误差的方向移动,直到差值等于零为止。这类伺服系统因为把机床工作台纳入位置控制环,故称为闭环控制。闭环伺服系统可以消除因传动环节的制造精度而引起的运动误差,因而定位精度高。但由于闭环伺服系统受丝杠的拉压刚度、扭转刚度、摩擦阻尼特性和间隙等非线性因素的影响,机床调试复杂困难。如果各种参数匹配不当,将会引起系统振荡,造成不稳定,影响定位精度。由于闭环伺服系统复杂和成本高,故主要用于精度要求高的数控机床。

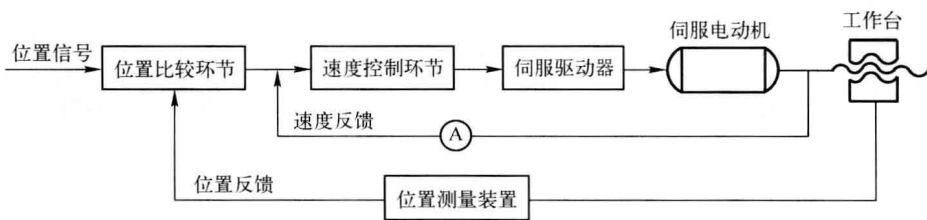


图 1-6 闭环控制示意图

3) 半闭环控制方式

与闭环控制方式不同,半闭环控制用安装在伺服电动机或丝杠上的角位移测量元件(如旋转变压器、脉冲编码器、光栅等)来代替安装在机床工作台上的直线测量元件,用测量电动机的旋转角位移来代替测量工作台的直线位移,如图 1-7 所示。这种系统未将丝杠螺母副、齿轮传动副等传动装置包含在闭环反馈系统中,因而称为半闭环控制方式。半闭环控制虽然不能补偿传动装置的传动误差,但却容易获得稳定的控制特性,其控制精度介于开环控制系统和闭环控制系统之间,机床调试比闭环容易,因而应用广泛。

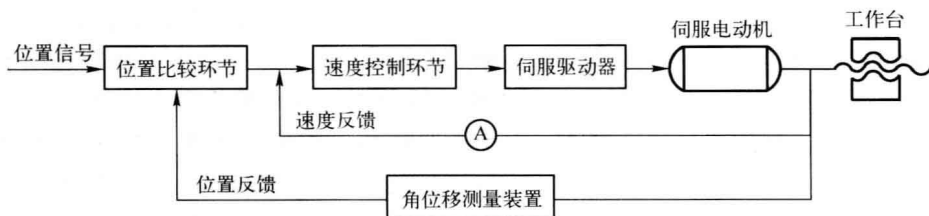


图 1-7 半闭环控制示意图

1.2.5 数控机床的特点

数控机床与普通机床相比具有以下显著特点。

1. 自动化程度高

在数控机床上加工零件时,除了手工装卸工件和对刀外,全部加工过程都可由机床自动完成。尤其是在柔性制造系统(FMS)中,上料、下料、检测、诊断、传输、调度、管理等也可自动完成,从而减轻了操作者的劳动强度。

2. 进给传动机构简单

数控机床的进给传动机构一般为滚珠丝杠副,伺服电动机与滚珠丝杠直接连接或通过同步带连接,传动机构简单。滚珠丝杠副通过预紧可消除反向间隙,传动精度高,运动平稳。

3. 具有加工复杂形状零件的能力

数控机床不仅工艺范围大,而且由于其具有多轴联动功能,能够实现许多普通机床难以完成或无法加工的空间曲线、曲面。因此,数控加工能够完成常规加工方法难以完成或者无法完成的复杂型面加工。

4. 具有高度的柔性

柔性即灵活、可变、适应性强,是相对刚性而言的。许多企业采用的组合机床、专用机床是专门针对某种零件而设计的,适用于产品稳定的大批量生产,可大幅度提高生产率和产品质量,并降低成本。但这类刚性设备,无法适应多品种、小批量生产。一般的机械仿形加工机床能加工一些较复杂的零件,但零件形状改变后,就必须重新设计、制造靠模等,技术准备周期长。而采用数控机床,当加工对象改变后,只需改变数控加工程序、调整刀具参数等,并且很少需要专用夹具,因此数控机床柔性好,可大大缩短工艺准备周期,特别适用于多品种、中小批量和复杂型面的零件加工。

5. 加工精度高、质量稳定

目前,数控加工的尺寸精度一般可达 $\pm 0.005\text{mm}$,最高的尺寸精度可达 $\pm 0.01\mu\text{m}$ 。数控机床的脉冲当量一般为 0.001mm ,高精度数控机床可达 0.0001mm ,其运动分辨率远高于普通机床。另外,数控机床具有位置检测装置,可将移动部件的实际位移量或丝杠、伺服电动机的转角反馈到数控系统,并进行补偿。因此,可获得比机床本身精度还高的加工精度。数控加工是用程序控制的自动化加工技术,零件的加工质量由机床保证,无人操作误差的影响,所以同一批零件的尺寸一致性好,质量稳定。

6. 加工效率高

数控机床的加工效率一般比普通机床高2倍~3倍,在加工复杂零件时,加工效率可

提高十几倍甚至几十倍。数控机床能够减少零件加工所需的机动时间与辅助时间。数控机床的主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大,使得每一道工序都能选用最佳的切削用量。另外,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,从而有效地节省了加工时间。数控机床移动部件在定位中一般都采用加速和减速措施,并可选用很高的空行程运行速度,缩短了定位和非切削时间。对于复杂零件可以采用计算机辅助编程,而零件又往往安装在简单的定位夹紧装置中,从而加快了工艺准备过程,尤其是在使用具有自动换刀装置的加工中心时,工件往往只需进行一次装夹就能完成几乎所有部位的加工,不仅可消除多次装夹引起的定位误差,且可大大减少加工辅助操作,使加工效率进一步提高。

1.3 数控系统

1.3.1 数控系统的组成

数控系统一般由输入装置/输出装置、数控装置、逻辑控制装置三部分组成。

输入装置用来输入数控程序和其他各种控制信息,输入内容及数控系统的工作状态可以通过输出装置观察。常见的输入/输出装置有纸带阅读机、磁盘驱动器、USB 口、串行通信接口、键盘和操作面板、显示器等。

数控装置是数控系统的核心,它有两种类型:一是完全由硬件逻辑电路构成的专用硬件数控装置(即 NC 装置);二是由计算机硬件和软件组成的计算机数控装置(即 CNC 装置)。

NC 装置是数控技术发展早期的产品,其控制功能由逻辑电路实现,所以称为硬件数控。显然,要想增加或改变某种功能,就必须改动 NC 装置内部的逻辑电路,因此 NC 装置的专用性很强,灵活性差,功能有限,现已逐渐被淘汰。

由于 NC 装置本身所存在的缺点以及计算机技术的迅猛发展,目前 NC 装置已被 CNC 装置所取代。采用 CNC 装置的数控系统称为计算机数控系统(CNC 系统)。本节主要针对 CNC 系统进行介绍。

CNC 系统由硬件和软件共同完成数控任务,其基本组成如图 1-8 所示。由于采用软件,CNC 系统可以实现硬件 NC 装置所不能完成的许多功能,如图形显示、系统诊断、各种复杂的轨迹控制算法和补偿算法、智能控制、通信及联网功能等。

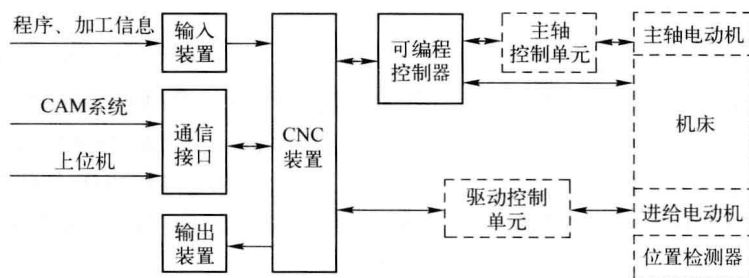


图 1-8 CNC 系统组成

现代 CNC 系统采用可编程控制器(PLC)取代传统的机床电器逻辑控制装置(即继电器控制线路),用 PLC 控制程序实现数控机床的各种逻辑控制。PLC 可位于数控单元之外,称为独立型 PLC;也可以与数控装置合为一体,称为内装型 PLC。

CNC 系统的数控装置是一台通用微型计算机,与 NC 装置相比,具有以下优点。

(1) 输入信息的存储、数据处理、插补运算以及各种控制功能都通过软件来完成,并能增加很多用逻辑电路难以实现的功能。只要改变控制软件就可改变控制功能,因此灵活性和通用性强。

(2) 具有存储能力,零件程序可以一次性输入,从而可减少 NC 装置由于光电阅读机启动频繁和长期运行而造成的差错。

(3) 程序的编辑、修改方便。

(4) 计算机和机床之间采用标准接口连接。

1.3.2 数控系统的硬件组成

数控系统本质上是一台计算机。在硬件方面,它经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、微处理机到当前基于 PC 的结构等五代的发展。在体系结构上,经历了 NC(硬线数控)、CNC 到目前的基于 PC 的 NC 三个阶段。早期的数控系统由于运算速度低,功能处理需要专门硬件来完成。而当前计算机性能的提高,功能处理可以由更为灵活的软件方法来实现,特别是在 PC 上实现,有力地推动了数控系统的发展。在目前实际应用的数控系统中,还存在专用计算机和通用计算机两类结构,其中前者由生产厂家专门设计制造,后者则使用与 PC 兼容的通用的工业 PC。由于 PC 的通用性和软件的柔性,当前 CNC 系统正向着 PC 平台、软件方式及开放式结构发展。

1. 硬件组成

数控系统是实时控制系统,其操作处理可分为集中和分布式两类结构。前者是在单处理器上以软件调度来完成各功能任务的控制,其硬件简单,但软件较为复杂,要求 CPU 处理速度较高;后者采用多处理器结构,按其功能进行分布处理,其硬件较复杂,但结构明晰且软件设计较简单。通常,为降低成本,在普及型系统上采用单处理器结构,而中高档系统则一般使用多处理器结构。不管采用何种结构,数控系统的硬件组成一般包括以下部分(图 1-9)。

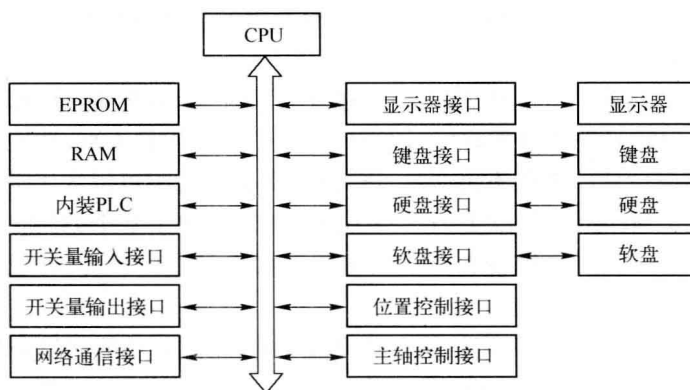


图 1-9 数控系统的硬件组成