



Shukongchecuang Jiagongzhongxin Gongyibiancheng Yu Jiagong



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十二五”规划教材

数控车床/加工中心 工艺编程 加工

张德荣 ▲ 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十二五”规划教材

数控车床/加工中心 工艺编程与加工

Shukongchechuang Jiagongzhongxin
Gongyibiancheng Yu Jiagong



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本教材是供高职高专数控技术、模具设计与制造、机械制造及自动化、机电一体化技术等专业学生学习数控车床、加工中心工艺编程及加工技术的专业教学用书。

本教材共分为三大模块。模块一介绍数控机床的发展历史、数控机床特点、数控机床类型、数控机床组成及工作过程、数控加工工艺基础及数控编程基础；模块二介绍轴类、套、盘类、螺纹类等零件的工艺编程与加工，以及子程序、宏程序与自动编程的应用；模块三介绍加工中心机床的基本操作，平面与内外轮廓、孔与螺纹的加工，以及坐标变换编程与加工等。

本教材采用大模块框架，便于各学校根据教学需要进行选择；采用由简单到复杂、由单一到组合的项目教学模式，保证教学的针对性及实用性；一些项目后面还附有数控专业英语及知识拓展栏目，以便读者自学和掌握相应专业的英语知识以及增强对本专业的兴趣。

本教材也可作为中、高级数控技术人员的培训用书及从事数控编程与加工的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床/加工中心工艺编程与加工/张德荣 主编. —武汉：华中科技大学出版社，2011.3

ISBN 978-7-5609-6673-1

I. 数… II. 张… III. ①数控机床：车床-程序设计-高等学校：技术学校-教材 ②数控机床加工中心-程序调计-高等学校：技术学校-教材 IV. ①TG519.1 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 202375 号

数控车床/加工中心工艺编程与加工

张德荣 主编

策划编辑：袁 冲

责任编辑：沈婷婷

封面设计：范翠璇

责任校对：张 琳

责任监印：张正林

出版发行：华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编：430074 电话：(027)87557437

录 排：武汉兴明图文信息有限公司

印 刷：华中科技大学印刷厂

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：18

字 数：454 千字

版 次：2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价：33.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题，请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线：400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前



数控机床的应用在现代企业中已相当普遍,现代数控加工技术使得机械制造过程发生了显著的变化,对技术人员或企业员工的要求也越来越高。员工一旦进入现代企业,就要求能够接受行业标准,通晓企业流程及适应工作规范,从而能够表现出强烈的职业化素质与人文素养,这是我们职业教育所追求的,也是现代企业所渴求的。为适应数控技术的教学和高素质、高技能人才培养的需要,按照“项目引领、任务驱动”的教学模式,我们编写了本教材。

本教材在编写过程中力求突出以下特点。

(1) 大模块框架。本教材共分为三大模块,便于各学校根据教学需要,有针对性地进行选择。

(2) 项目式教学。本教材针对企业的真实项目,采用由简单到复杂、从单一到组合的项目教学模式,循序渐进、深入浅出地展开。企业所急需的知识、技能及素质就是项目式教学的目标与归宿。

(3) 配置了专业英语及知识拓展栏目。本教材在一些项目后面设置了简明扼要的数控专业英语及知识拓展栏目,以便读者自学和掌握相应专业英语知识及增强对本专业的兴趣,针对性强、实用性好。

本教材由南京铁道职业技术学院张德荣担任主编,乔志花、戴冠林、王建胜担任副主编。具体编写分工如下:乔志花(模块一中的项目一)、王建胜(模块二中的项目二)、俞涛(模块二中的项目四),苏州工业园区职业技术学校李友节(模块三中的项目一),苏州工业职业技术学院石皋莲(模块三中的项目二),戴冠林(模块三中的项目四),张德荣(模块一中的项目二、三,模块二中的项目一、三,模块三中的项目三,以及所有数控英语和知识拓展部分)。本教材由张德荣统稿。由于模块一偏重于理论知识,模块二、三偏重于实际操作,为了保持模块内部的逻辑性,本书的模块一与模块二、三在编写思路有所不同,特于此说明。

苏州大智精密科技有限公司、苏州吴江凯瑞电子科技有限公司,为本教材提供了相关的工学结合真实训练项目及工程案例,在此对他们的支持表示感谢。

苏州经贸职业技术学院的蒋建强教授审阅了全稿,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢。

本教材可以作为高职高专数控技术、模具设计与制造、机械制造及自动化、机电一体化技术等专业的教学用书,也可以作为中、高级数控技术人员的培训用书及从事数控编程与加工的工程技术人员的参考书。

由于时间仓促和水平有限,对于书中出现的疏漏、不足深表歉意,并希望读者能够将宝贵的意见和信息反馈给我们,以便我们不断改进与提高。

所有意见和建议请寄到:zdrong69@163.com

编者

2010年7月



模块一 基础篇

项目一 数控机床概述	(3)
一、数控机床的产生、特点和发展历程	(3)
二、数控机床的分类	(5)
三、数控机床的组成及工作过程	(8)
项目二 数控加工工艺基础	(10)
一、数控加工工艺分析	(10)
二、编程中的数学运算	(19)
三、数控加工刀具	(24)
项目三 数控编程基础	(40)
一、机床坐标系与机床原点	(40)
二、工件坐标系与工件坐标系原点	(43)
三、数控程序结构	(43)

模块二 数控车床工艺编程与加工

项目一 轴类零件的工艺编程与加工	(57)
任务一 阶梯轴的工艺编程与加工	(57)
一、工作任务	(57)
二、知识链接	(58)
三、工艺准备	(69)
四、任务实施	(71)
五、考核评价	(71)
六、自我练习	(72)
任务二 外沟槽零件的工艺编程与加工	(73)
一、工作任务	(73)

二、知识链接·····	(73)
三、工艺准备·····	(79)
四、任务实施·····	(82)
五、考核评价·····	(82)
六、自我练习·····	(83)
任务三 成形面零件的工艺编程与加工·····	(84)
一、工作任务·····	(84)
二、知识链接·····	(84)
三、工艺准备·····	(88)
四、任务实施·····	(93)
五、考核评价·····	(93)
六、自我练习·····	(94)
项目二 套、盘类零件的工艺编程与加工·····	(97)
任务一 套类零件的工艺编程与加工·····	(97)
一、工作任务·····	(97)
二、知识链接·····	(98)
三、工艺准备·····	(106)
四、任务实施·····	(109)
五、考核评价·····	(109)
六、自我练习·····	(110)
任务二 盘类零件的工艺编程与加工·····	(111)
一、工作任务·····	(111)
二、知识链接·····	(111)
三、工艺准备·····	(114)
四、任务实施·····	(117)
五、考核评价·····	(118)
六、自我练习·····	(119)
项目三 螺纹类零件的工艺编程与加工·····	(122)
任务一 内、外普通螺纹零件的工艺编程与加工·····	(122)
一、工作任务·····	(122)
二、知识链接·····	(122)
三、工艺准备·····	(129)
四、任务实施·····	(132)
五、考核评价·····	(133)
六、自我练习·····	(134)
任务二 梯形螺纹零件的工艺编程与加工·····	(135)
一、工作任务·····	(135)



二、知识链接	(135)
三、工艺准备	(139)
四、任务实施	(141)
五、考核评价	(141)
六、自我练习	(142)
项目四 子程序、宏程序与自动编程	(145)
任务一 子程序的应用	(145)
一、工作任务	(145)
二、知识链接	(146)
三、工艺准备	(147)
四、任务实施	(151)
五、考核评价	(151)
六、自我练习	(152)
任务二 宏程序的应用	(153)
一、工作任务	(153)
二、知识链接	(153)
三、工艺准备	(157)
四、任务实施	(158)
五、考核评价	(158)
六、自我练习	(159)
任务三 自动编程的应用	(160)
一、工作任务	(160)
二、知识链接	(160)
三、工艺准备	(167)
四、任务实施	(167)
五、考核评价	(173)
六、自我练习	(174)

模块三 加工中心工艺编程与加工

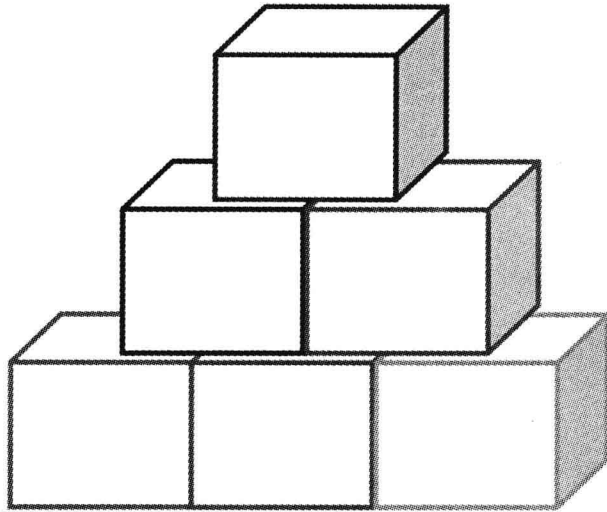
项目一 加工中心机床的操作基础	(179)
任务一 加工中心机床的基本操作	(179)
一、工作任务	(179)
二、知识链接	(179)
三、工艺准备	(183)
四、任务实施	(188)
五、考核评价	(189)
六、自我练习	(189)



任务二 装夹、找正及对刀	(190)
一、工作任务	(190)
二、知识链接	(190)
三、工艺准备	(197)
四、任务实施	(199)
五、考核评价	(199)
六、自我练习	(199)
项目二 平面及内外轮廓加工	(202)
任务一 平面的铣削加工	(202)
一、工作任务	(202)
二、知识链接	(203)
三、工艺准备	(207)
四、任务实施	(209)
五、考核评价	(209)
六、自我练习	(210)
任务二 内外轮廓的铣削加工	(211)
一、工作任务	(211)
二、知识链接	(211)
三、工艺准备	(216)
四、任务实施	(222)
五、考核评价	(222)
六、自我练习	(223)
项目三 孔加工及螺纹加工	(226)
任务一 孔加工	(226)
一、工作任务	(226)
二、知识链接	(227)
三、工艺准备	(236)
四、任务实施	(242)
五、考核评价	(242)
六、自我练习	(243)
任务二 螺纹加工	(244)
一、工作任务	(244)
二、知识链接	(245)
三、工艺准备	(247)
四、任务实施	(251)
五、考核评价	(251)
六、自我练习	(252)



项目四 坐标变换编程与加工	(255)
任务一 平移、旋转加工	(255)
一、工作任务	(255)
二、知识链接	(256)
三、工艺准备	(257)
四、任务实施	(261)
五、考核评价	(262)
六、自我练习	(262)
任务二 镜像加工	(264)
一、工作任务	(264)
二、知识链接	(264)
三、工艺准备	(265)
四、任务实施	(267)
五、考核评价	(267)
六、自我练习	(268)
任务三 极坐标加工	(269)
一、工作任务	(269)
二、知识链接	(270)
三、工艺准备	(271)
四、任务实施	(273)
五、考核评价	(274)
六、自我练习	(274)
参考文献	(277)



模块一 基础篇

项目一 数控机床概述

一、数控机床的产生、特点和发展历程

数控机床(numerical control machine tools)是用数字代码形式的信息(程序指令),控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床,简称为 NC 机床。

(一)数控机床的产生

美国的 T. Parsons 最先提出数控机床的设想。1948 年,美国 Parsons 公司接受美国空军委托,研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想,并在空军经费的支持下,开始研究以脉冲方式控制机床各轴运动,进行复杂轮廓加工的装置。

1949 年,Parsons 公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于 1952 年研制成功第一台三坐标数控铣床,取名为 Numerical Control,这就是数控机床的所谓“第一号机”,它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的技术成果,可用于加工复杂曲面零件。从此以后,很多厂家都开展了数控机床的研制开发和生产。1959 年,美国 Kenaey & Treckre 公司成功开发了具有刀库、刀具交换装置,回转工作台,可以在一次装夹中对工件的多个面进行钻孔、镗孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等多种加工的数控机床。由于它将钻、铣等多种机床的功能集于一身,不但省去了工件的反复搬运、安装、换刀等手续,而且使加工精度大为提高。从此,数控机床的一个新种类——加工中心(machining center,简称 MC)诞生了,并逐步成为数控机床的主力。

(二)数控机床的特点

数控机床对零件的加工过程,是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的。它是一种高效能自动或半自动机床,与普通机床相比,具有以下突出特点。

(1) 适合于复杂异形零件的加工 数控机床可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工,因此在宇航、造船、模具等加工业中得到广泛应用。

(2) 加工精度高、质量稳定 加工尺寸精度为 0.005~0.01 mm,不受零件复杂程度的影响。由于大部分操作都由机器自动完成,因而消除了人为误差,提高了批量零件尺寸的一致性,同时精密控制的机床上还采用了位置检测装置,进一步提高了数控加工的精度。

(3) 自动化程度高,具有很高的生产效率 除手工装夹毛坯外,其余全部加工过程都可由数控机床自动完成。若配合自动装卸手段,则成为无人控制工厂的基本组成环节。数控加工减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件;省去了画线、多次装夹定位、检测等工序及其辅助操作,有效地提高了生产效率。

(4) 高柔性 加工对象改变时,一般只需要更改数控程序即可,这体现出很好的适应性,可大大节省生产准备时间。在数控机床的基础上,可以组成具有更高柔性的自动化制造系统——柔性制造系统(flexible manufacture system,简称 FMS)。

(5) 有利于管理现代化 采用数控机床能将工序管理、刀具管理等工作标准化,有利于企业向计算机控制与管理生产方面发展,为实现生产过程自动化创造了条件。

(6) 易于建立与计算机间的通信联络,容易实现群控 机床采用数字信息控制,易于与计算机辅助设计系统连接,形成 CAD/CAM 一体化系统,并且可以建立各机床间的联系,容易实现群控。

(7) 维修要求高 数控机床是典型的机电一体化产品,技术含量高,对维修人员的技术要求很高。

(8) 投资大,使用费用高。

(9) 对程序的依赖易导致放松对工作的改进等,不容忽视。

(三)数控机床的发展历程

数控机床是在机械制造和控制技术的基础上发展起来的,其发展过程大致如下。

1948年,美国 Parsons 公司接受美国空军委托,对直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板制造中需用到的电子控制机床提出设计思路,开始研发工作。

1949年,该公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于1952年研制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。这便是采用电子管数控的第一代数控机床。

1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心,数控装置进入第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,它不仅体积小、功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称 DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称 CNC),数控装置进入以小型计算机化为特征的第四代。

1974年,使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称 MNC)研制成功,成为第五代数控系统。

20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置。数控装置愈趋小型化,可以直接安装在机床上。数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期,出现了 PC+CNC 智能数控系统,即以 PC 机为控制系统的硬件部分,在 PC 机上安装 NC 软件系统,此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。



二、数控机床的分类

数控机床的种类很多,从不同角度对其进行考查,就有不同的分类方法,通常有以下几种不同的分类方法。

(一)按工艺用途分类

(1) 切削加工类 数控镗铣床、数控车床、数控磨床、加工中心、数控齿轮加工机床、FMC等。

(2) 成形加工类 数控折弯机、数控弯管机等。

(3) 特种加工类 数控线切割机、电火花加工机、激光加工机等。

(4) 其他类型 数控装配机、数控测量机、机器人等。

(二)按运动方式分类

(1) 点位控制系统 控制单点在空间的位置精度,但不保证点到点的路径精度。在移动过程中,刀具不进行切削加工。适用范围:数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量机等。

(2) 直线控制系统 控制刀具或机床工作台以给定的速度,沿平行于某一坐标轴的方向,由一个位置精确地移动到另一个位置,即同时控制点的位置精度和走直线的精度,并且在移动过程中进行直线切削加工。适用范围:数控车床、数控铣床等。

(3) 轮廓控制系统 对两个或两个以上的坐标轴同时进行连续控制,并能对机床移动部件的位移和速度进行严格控制,即控制加工的轨迹,加工出要求的轮廓。在运动过程中,同时要向两个坐标轴分配脉冲,使它们能走出所要求的形状来。其运动轨迹是任意斜率的直线、圆弧、螺旋线等。适用范围:数控车床、数控铣床、加工中心等用于加工曲线和曲面的机床。现代数控机床基本上都装备这种数控系统。

(三)按控制方式分类

按数控系统的进给伺服系统有无位置测量装置可分为开环数控系统和闭环数控系统,在闭环数控系统中根据位置测量装置安装的位置又可分为全闭环和半闭环两种。

1) 开环数控系统

开环数控系统如图 1.1.1 所示。

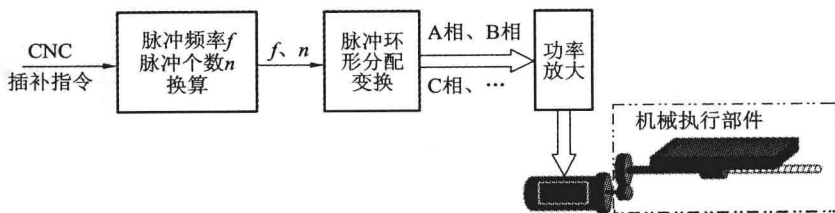


图 1.1.1 开环控制系统框图

开环系统一般用于经济型数控机床。没有位置测量装置,信号流是单向的(数控装置→进给系统),系统稳定性好,精度相对闭环系统来讲较低,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度。一般以功率步进电动机作为伺服驱动元件。

这类系统具有结构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到广泛应用。

2) 半闭环数控系统

半闭环数控系统结构简单、调试方便,精度也较高,因而在现代 CNC 机床中得到了广泛应用。

半闭环环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此可获得稳定的控制性能,其系统的稳定性虽不如开环系统,但比闭环系统要好。半闭环数控系统的位置采样点如图 1.1.2 所示,是从驱动装置(常用伺服电动机)或丝杠引出,采样旋转角度进行检测,不是直接检测运动部件的实际位置。由于丝杠的螺距误差和齿轮间隙引起的运动误差难以消除,因此,其精度较闭环系统差,但较开环系统好。

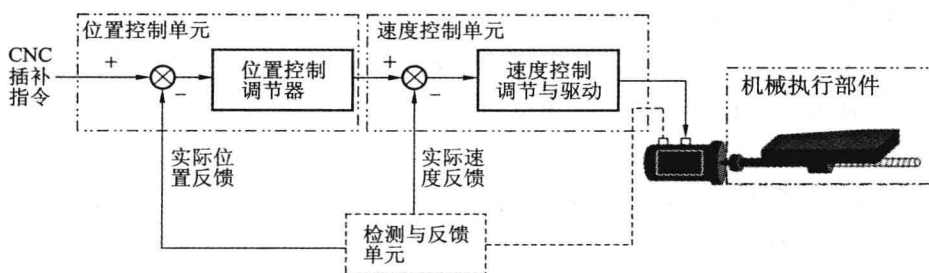


图 1.1.2 半闭环控制系统框图

3) 全闭环数控系统

全闭环数控系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床及较大型的数控机床等。

全闭环数控系统的位置采样点如图 1.1.3 所示,直接对运动部件的实际位置进行检测,从理论上讲,可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量。具有很高的位置控制精度。

由于位置环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚度和间隙都是非线性的,故很容易造成系统的不稳定,使闭环系统的设计、安装和调试都相当困难。

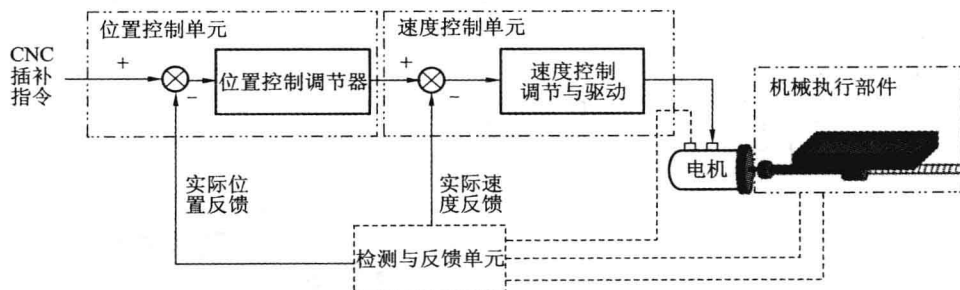


图 1.1.3 全闭环控制系统框图



4) 混合环控制系统

这种控制系统实际上是半闭环和闭环控制系统的混合形式,内环是速度环,控制进给速度;外环是位置环,主要对数控机床进给运动的坐标位置进行控制。

(四)按坐标轴数分类

数控机床根据同时控制坐标轴的数目,可分为两轴、两轴半、三轴、四轴和五轴联动等。两轴联动同时控制两个坐标轴实现二维直线、圆弧、曲线的轨迹控制。两轴半联动除了控制两个坐标轴联动外,还同时控制第三坐标轴做周期性进给运动,可以实现简单曲面的轨迹控制。三轴联动同时控制 X、Y、Z 三个直线坐标轴联动,实现曲面的轨迹控制。四轴、五轴联动除了控制 X、Y、Z 三个直线坐标轴外,还能同时控制一个或两个回转坐标轴,如工作台的旋转、刀具的摆动等,从而实现复杂曲面的轨迹控制。

(五)按数控系统分类

1) 传统专用型数控系统

这类数控系统的硬件是由数控系统生产厂家自行开发的,具有很强的专用性,经过了长时间的使用,质量和性能稳定可靠,目前还占领着制造业的大部分市场。但由于其采用一种完全封闭的体系结构,往往存在以下缺点:

(1) 用户的应用、维修及操作人员培训完全依赖于数控系统生产厂家,系统维护费用较高;

(2) 系统功能的扩充以及更新完全依赖于公司的技术水平,周期比较长;

(3) 大量市售廉价通用软硬件在专用数控系统上无法使用,功能比较单一。

因此,随着开放式体系结构数控系统的不断发展,这种传统专用型数控系统的市场正在受到挑战,市场份额也在逐渐减小。

2) PC 嵌入 NC 结构的开放式数控系统

这类数控系统,如 FANUC16i/18i, SIMENS840D, NUMIO60 等,与传统专用型数控系统相比,结构上具备一些开放性,功能十分强大,但系统软硬件结构十分复杂,系统价格也十分昂贵,一般的中小型数控机床生产厂家没有经济能力去购买。

3) NC 嵌入 PC 结构的开放式数控系统

这种数控系统的硬件部分由开放式体系结构的运动控制卡与 PC 机构成。运动控制卡通常选用高速 DSP 作为 CPU,具有很强的运动控制和 PLC 控制能力。如日本 MAZAK 公司用三菱电动机的 MELDASMAGIC 64 构造的 MAZATROL 640 CNC。这种数控系统的开放性能比较好,并且对功能进行改进也比较方便,系统的控制功能主要由运动控制卡来实现,当机床硬件发生改变时,只需要修改相应部分的控制软件,系统性价比也比较高,能够满足大多数数控机床生产厂家的需要。

4) 全软件型的开放式数控系统

这是一种最新型的开放式体系结构的数控系统,所有的数控功能(包括插补、位置控制等)全部都是由计算机软件来实现的。与前几种数控系统相比,全软件型开放式数控系统具有最高的性价比,因而最有生命力。其典型产品有美国 MDSI 公司的 Open CNC、德国 Power Automation 公司的 PA8000NT 以及 NUM 公司的 NUM1020 系统等。

三、数控机床的组成及工作过程

(一)数控机床的组成

数控机床通常由程序载体,输入/输出装置,数控装置,伺服系统,位置反馈系统和机床本体组成,如图 1.1.4 所示。

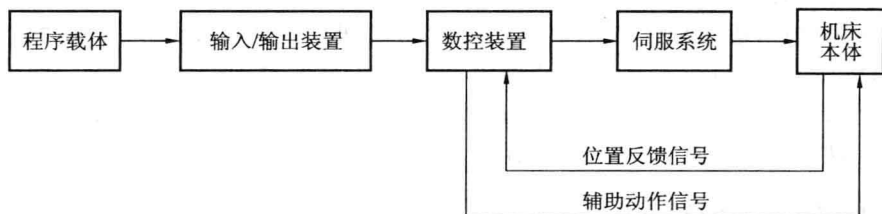


图 1.1.4 数控机床的组成

1) 程序载体

数控机床是按照编程人员编制的工件加工程序运行的。工件加工程序包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数(走刀量、主轴转速等)和辅助运动等。通常编程人员将工件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,如穿孔纸带、磁带、软盘、硬盘、U 盘等,通过数控机床的输入装置,将程序信息输入到数控装置内。

2) 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信息转换成相应的电脉冲信号并传送至数控装置的存储器。根据程序控制介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。最早使用光电阅读机对穿孔纸带进行阅读,之后大量使用磁带机和软盘驱动器。有些数控机床不用任何程序存储载体,而是将程序清单的内容通过数控装置上的键盘,用手工的方式输入。也可以用通信方式将数控程序由编程计算机直接传送至数控装置。输出装置可以对数控机床的运行状态、输入的程序、报警信息等进行显示,便于操作人员对程序进行编辑、修改和调试,以及帮助操作人员判断故障情况等。输入/输出装置就是人机交互设备,常用的人机交互设备有键盘、显示器、光电阅读机等。

3) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。它能完成信息的输入、存储、变换、插补运算及各种控制功能。数控装置接受输入装置送来的脉冲信号,经过编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令来控制机床的各个部分,并按程序要求实现规定的、有序的动作。这些控制信号是:各坐标轴的进给位移量、进给方向和速度的指令信号;主运动部件的变速、换向和启停指令信号;选择和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,分度工作台转位等的辅助信号等。

4) 伺服控制装置

伺服系统主要完成机床的运动及运动控制(包括进给运动、主轴运动、位置控制等),它由伺服驱动电路和伺服驱动电动机组成,并与机床上的执行部件和机械传动部件共同组成