

高职高专机电类
工学结合模式教材

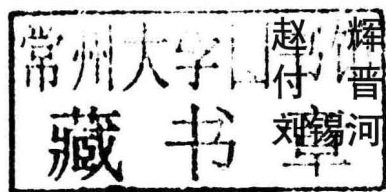
数控铣编程 与操作项目教程

赵 辉 主 编
付 晋 副主编
刘锡河 主 审

清华大学出版社

高职高专机电类
工学结合模式教材

数控铣编程 与操作项目教程



主 编
副主编
主 审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书采用任务驱动的方式进行编写,所有任务中的零件均来自生产一线,具有一定的典型性和代表性。主要内容包括数控铣床及数控编程基础、数控铣床工件坐标系的设置、数控铣床基本指令应用及操作、孔系零件加工、坐标变换指令、空间曲面加工、复杂复合零件加工。

本书可作为职业院校(技工学校)数控铣工的教材,也可作为专业技术人员的参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控铣编程与操作项目教程/赵辉主编. —北京:清华大学出版社,2011.8

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-25673-1

I. ①数… II. ①赵… III. ①数控机床:铣床—程序设计—高等职业教育—教材
②数控机床:铣床—操作—高等职业教育—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 102836 号

责任编辑:朱怀永

责任校对:袁芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:9.25 字 数:207 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版 印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:19.00 元

随着国家产业结构的调整,目前国家倡导大力发展职业教育事业,而数控加工是现代机械加工业中具有代表性的先进制造加工技术,数控技术的发展十分迅速,数控机床的普及率越来越高,数控加工的编程和操作人员的需求量也越来越大。根据应用型技术人才培养的需要,结合编者多年的教学与实践的经验,专门针对职业院校学生编写了这本关于数控铣削加工的项目化教材。

本教材具有以下几个特点:

1. 本书以就业为导向,以国家职业标准中级、高级数控铣床铣工考核要求为基本依据,贯彻基于工作过程的新理念,便于教师的一体化教学。

2. 本教材采用任务驱动的方式进行编写。书中所示加工任务都为实际生产中的产品,形象直观地把数控铣削加工零件展示出来,学生通过每个任务的学习可以自己加工出相对应的零件,不但有利于知识点的掌握,还极大地提高了学生的学习兴趣,培养了学生的职业能力。

3. 教材中的每个任务都分为工作任务、相关知识、工艺准备、任务实施、考核评价、思考与练习六个板块,从各个方面系统全面地对所学任务进行了详尽介绍,这样可进一步巩固知识点,体现了“教学做合一”的教育理念。

4. 由于数控系统生产厂家众多,本书主要以具有代表性的、目前我国众多职业院校普遍应用的FANUC系统为主要介绍对象。本教材知识点划分详细、内容新颖、通俗易懂、引人入胜,可作为职业院校(技工学校)数控铣工的教材,也可作为专业技术人员的参考书籍。

本书由烟台工程职业技术学院副教授赵辉主编,付晋任副主编,刘锡河主审。基础知识由付晋编写,项目一、项目二、项目三、项目四、项目五、项目六分别由肖苏慧、梁宁宁、宋延良、张所夏、官晓峰、吕家鹏和纪成美编写。本书编写过程中得到了烟台环球集团数控专家们的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,本教材难免有不妥之处,敬请广大读者提出宝贵意见。

编者

2011年3月

本书编委会

主任：李一龙

副主任：陆 民 孙显佳 刘锡河 巩华荣

委员：肖学东 宋延良 赵 辉 王忠新



项目准备 数控铣床及数控编程基础	1
项目一 数控铣床工件坐标系的设置	29
项目二 数控铣床基本指令应用及操作	38
任务一 板槽零件加工	38
任务二 端盖加工	47
任务三 连杆外轮廓加工	55
任务四 底座零件加工	66
项目三 孔系零件加工	75
项目四 坐标变换指令	90
任务一 可编程镜像功能及坐标系旋转功能的运用	90
任务二 极坐标编程运用	102
项目五 空间曲面加工	110
任务一 椭圆及倒角零件的加工	110
任务二 球面零件的加工	121
项目六 复杂复合零件加工	130
附录 数控铣专业高级工操作试题	136
参考文献	138

数控铣床及数控编程基础

【内容导入】

数控加工技术是将普通金属切削加工、计算机数字控制、计算机辅助制造等技术综合的一门先进加工技术。在以上各个领域进步的推动下,尤其是计算机技术的飞速发展,使数控加工技术正从深度、广度上对机械加工技术进行革命性的变革,使其朝着高速化、高精化、复合化、智能化、高柔性化及信息网络化等方向发展。

数控机床的产生带来了机械加工业的革命,因此学生在学习本课程前必须了解数控机床的发展史、数控机床的分类以及数控机床基本的工作原理。

一、数铣加工中心发展及机床概述

(一) 数控铣床概述

在机械制造工业中,机械产品结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,更新换代频繁,单件与小批量产品约占机械加工总量的80%以上。为了满足多品种、小批量的自动化生产,迫切需要一种灵活的、通用的、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床。数控铣床就是在这样的背景下诞生和发展起来的。

1. 数控铣床的产生

机床的数控技术起源于美国,首先用于军工,使数控技术获得迅速发展。

1948年,美国帕森斯公司承担研究设计和加工直升飞机桨叶轮廓用检查样板的加工机床任务时,该公司经理帕森斯根据自己的设想,提出了革新这种样板加工机床的新方案,由此便产生了研制数控机床的最初的萌芽。1949年,作为这一方案主要承包者的帕森斯公司,正式接受委托,在麻省理工学院伺服机构实验室的协助下,开始从事数控机床的研制工作。

经过三年时间的研究,于1952年试制成功世界上第一台数控机床实验性样机。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标连续控制铣床,数控装置体积比机床本体还要大,电路采用电子管元件。

2. 数控系统的发展

从1952年第一台数控铣床问世以后,数控系统先后经历了两个阶段和五代的发展。

(1) 五代数控系统

随着微电子技术和计算机技术的快速进步和发展,在短短的几十年的时间内,数控系统经历了五代发展历程。

① 电子管数控系统 诞生于1952年,以美国麻省理工学院研制的基于电子管和继电器的机床数控装置为标志。

② 晶体管数控系统 1958年,美国凯奈·屈列克公司在世界上首先研制成功带有自动换刀装置的加工中心机床。1959年,数控装置由电子管过渡到晶体管和印刷电路板元件。

③ 集成电路数控系统 1965年,出现了商品化集成电路数控装置,不仅缩小了数控装置的体积,减少了功耗,并且使系统的可靠性进一步提高。

④ 小型计算机数控系统 1970年,美国芝加哥国际机床展览会上,第一次展出了采用小型计算机的计算机数控装置。

⑤ 微处理器数控系统 1974年,由于微型计算机性价比不断提高,使其迅速渗透到各行各业,很快取代了小型计算机系统,成为计算机数控系统的核心。目前,计算机数控系统均指由一个或多个微型计算机作为数控系统核心组件的数控系统。现代数控系统也主要是基于微型计算机的数控系统。

(2) 两个阶段

① NC系统 前三代数控系统是采用专用电子线路实现的硬件式数控系统,一般称为硬件数控系统,简称NC系统。

② CNC系统 第四代和第五代是采用微处理器及大规模或超大规模集成电路组成的软件式数控系统,称为计算机数控系统,简称CNC系统。由于现代数控系统的控制功能大部分由软件技术来实现,因而使硬件进一步得到了简化,系统可靠性提高,功能更加灵活和完善。目前,现代数控系统几乎完全取代了以往的硬件数控系统。

3. 数控系统和数控铣床的发展趋势

随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术的不断进步,现代数控系统的性能日趋完善,应用领域日益扩大,其发展趋势主要体现在高速度、高精度、高可靠性、多功能化、网络化、小型化和多样化、智能化和开放性八个方面。

(1) 高速度、高精度、高可靠性

① 高速度 速度和精度是数控系统的两项重要指标,直接关系到数控机床的加工效率和加工质量。在数控机床的高速度化中,提高主轴转速占重要地位,目前,数控机床的主轴转速已普遍达到6000r/min以上,有的高达40000r/min;切削速度达到2000m/min。

② 高精度 提高数控机床加工精度的途径,一是减少数控系统误差,二是采用补偿

技术。

③ 高可靠性 数控机床的可靠性,特别是在长时间无人操作环境下运行的数控系统的可靠性成为人们最关注的问题之一。现代数控系统的平均无故障时间可达到 10000~36000h。

(2) 多功能化

数控加工中心是典型的多功能化数控机床。这类数控机床一般配有机械手和刀具库。工件一经装夹,数控系统就能控制机床自动更换刀具,连续对工件的各个加工面自动地完成铣削、镗削、铰孔、扩孔及攻螺纹等多工序加工,把许多工序甚至许多不同的工艺过程都集中到一台设备上来完成,从而可以避免多次装夹所造成的定位误差,减少设备台数、工夹具和操作人员,节省占地面积和辅助时间。为了提高效率,新型数控机床在控制系统和机床结构上也有所改革。

(3) 网络化

为了适应一些先进的制造系统,一般的数控系统都具有高速远距离串行端口,可按照用户需要,同上一级计算机进行多种数据交换。高档的数控系统还具有 DNC 接口,可以实现几台数控机床之间的数据通信,也能够对几台数控机床进行分布式控制,有利于工厂管理层与现场设备层的信息交换,以促进企业信息网络集成化和管控一体化的实现。

(4) 小型化和多样化

一些发达国家采用了三维安装方法,将电子元器件高密度安装,大大地缩小了占有空间;在显示部件方面,普遍采用新型薄膜技术的彩色液晶显示器;同时,普遍采用内装式 PLC,使 CNC 与 PLC 有机地结合在一起。

(5) 智能化

现代数控系统的智能化发展趋势主要是指将专家系统和智能控制技术引入数控系统,模拟专家智能地对制造过程中出现的问题进行分析、推断、构思和决策。现代数控系统的智能化主要体现在以下三个方面。

① 加工过程的智能化 如建立智能工艺数据库,根据加工条件设定加工参数;采用自适应控制技术对误差进行补偿等。

② 人-机界面智能化 它主要指编程和操作的智能化,如采用人机对话自动编程;应用图像识别和声音识别技术使机器学会辨认图样和按照自然语言进行加工。

③ 故障诊断智能化 将人工智能技术引入,准确判断故障所在。

(6) 开放性

早期的数控系统在硬件结构等方面都采取了专用封闭的方式,各个厂家的数控系统产品之间互不兼容。这样,不但给系统维修和技术升级带来很大困难,也难以满足一些先进的制造系统对数控系统的要求。为了顺应计算机等技术的发展和建立现代制造系统的需要,人们提出了开放式数控系统的概念,并推出了开放式数控系统产品。

4. 基本概念

(1) 数字控制

根据国家标准,对机床数字控制的定义为:用数字数据的装置(简称数控装置),在运行过程中,不断地引入数字数据,从而对某一生产过程实现自动控制,叫做数字控制,简称

数控。

(2) 数控机床

数控机床是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床,或者说是装备了数控系统的机床。它是数控技术与机床相结合的产物。根据实现控制功能的结构不同,分为以下几种。

① NC 机床 使用 NC 数控系统实现控制的机床称为 NC 机床。

② CNC 机床 具有 CNC 系统的机床称为 CNC 机床。如今人们提及的一般是指 CNC 机床。

③ 加工中心 有些数控机床具有刀库、自动换刀装置,能在一次装夹中对工件的多个表面进行多工序加工,如进行钻孔、铰孔、镗孔、攻螺纹、平面铣削、轮廓铣削等加工,这种新一代的数控机床称为加工中心,它代表着当今数控机床发展的主流。如图 0-1 所示为一台五轴联动数控加工中心。

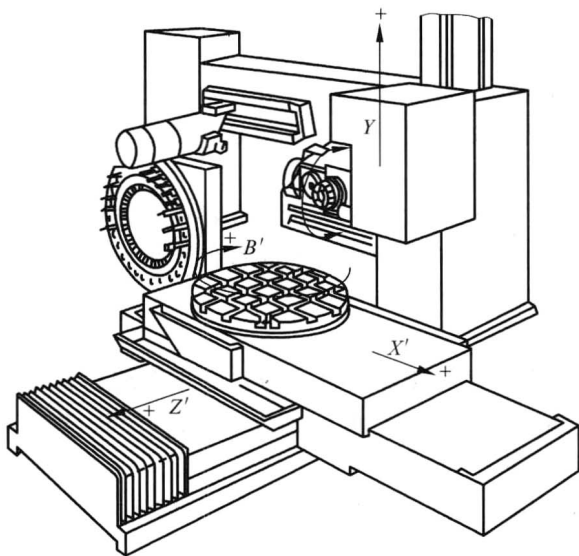


图 0-1 五轴联动数控加工中心

(3) 先进制造系统

① 柔性制造单元(FMC) 如果某加工中心增加了托盘自动交换装置、机械手和中央物料库(包含刀具、设备、材料和成品等),便可实现长时间无人看管加工。这种形式的数控机床称为柔性制造单元,如图 0-2 所示。

② 柔性制造系统(FMS) 是由计算机集中控制和管理,数控机床和自动物料传输装置相结合,能根据制造任务或生产环境的变化迅速进行调整,可自主完成多品种、中小批量生产任务的制造系统。柔性制造系统的构成框图如图 0-3 所示,它包括多个柔性制造单元。

③ 计算机集成制造系统(CIMS) CIMS 不仅仅把技术系统和经营生产系统集成在一起,而且把人(人的思想、理念及智能)也集成在一起,使整个企业的工作流程、物流和信

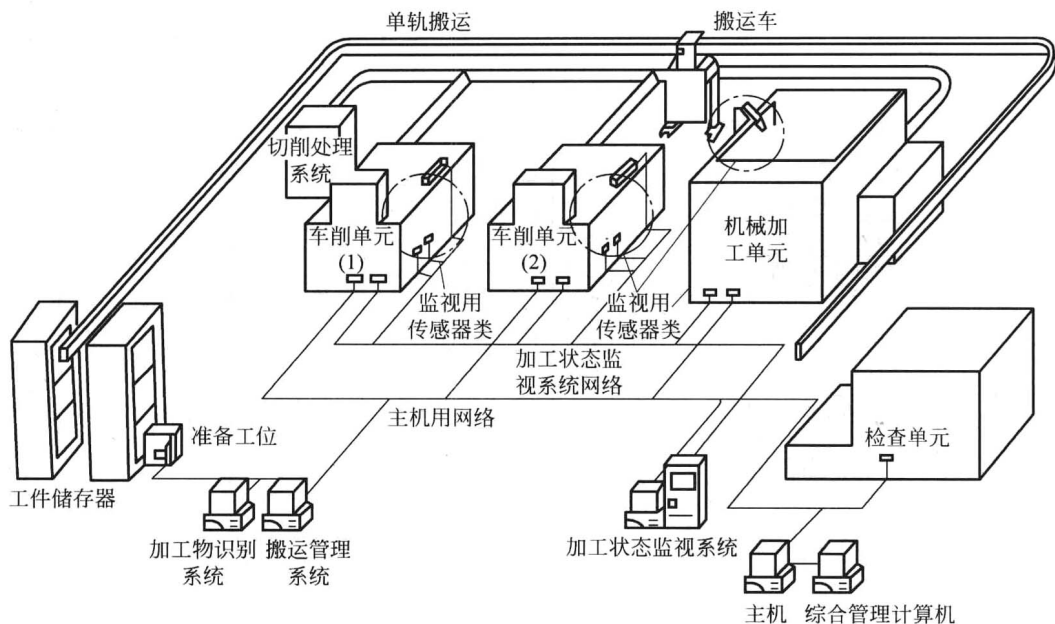


图 0-2 精密机械零件加工的柔性制造单元

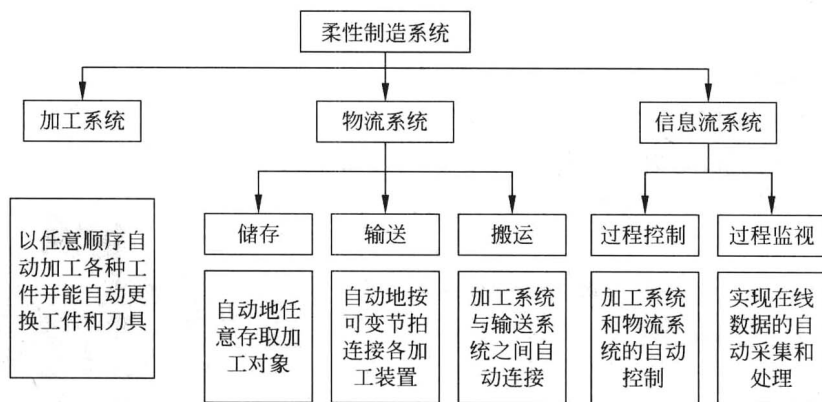


图 0-3 柔性制造系统的构成框图

息流都保持通畅和相互有机联系,如图 0-4 所示。所以,CIMS 是人、经营和技术三者集成的产物。

(二) 数控机床的分类

目前,数控机床品种齐全、规格繁多,可从不同角度和按照多种原则进行分类。通过以下分类掌握各类数控铣床在数控机床中的位置。

1. 按工艺用途分类

数控机床是在传统的普通机床的基础上发展起来的,各种类型的数控机床基本上起

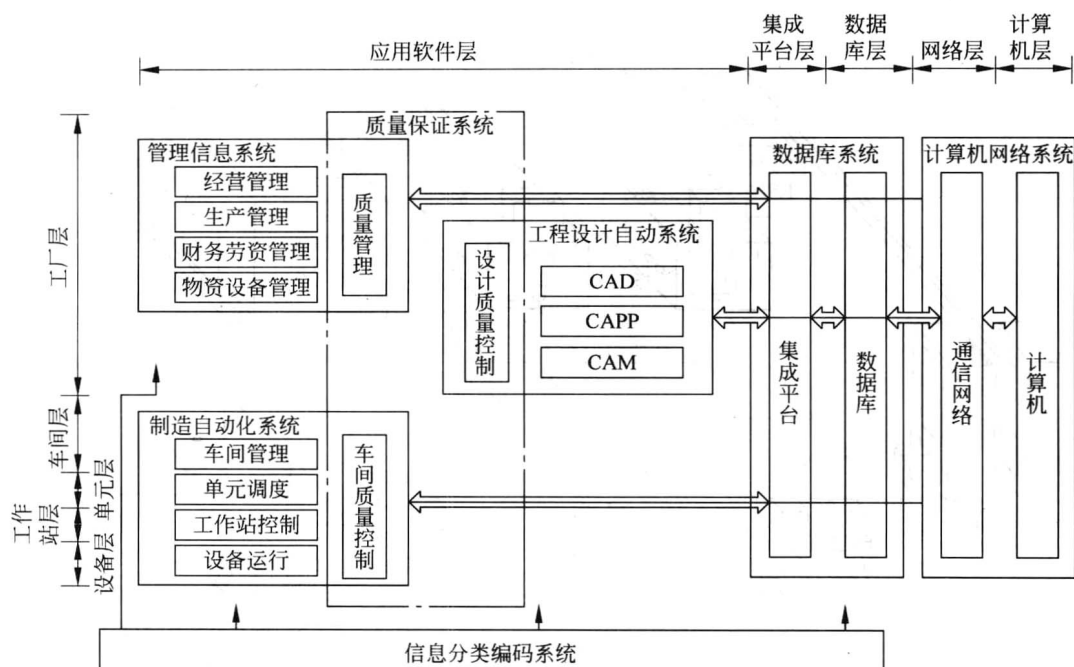


图 0-4 CIMS 体系结构

源于同类型的普通机床,按其工艺用途的不同,数控机床可分为以下几种类型。

(1) 普通类

普通类数控机床一般是指在加工工艺过程中的一个工序上实现数控的自动化机床,如数控车床、数控铣床、数控镗床、数控磨床、数控钻床等。

其中,数控铣床通常按机床形态可分为以下几种。

① 立式铣床 立式数控铣床是数控铣床中数量最多的一种,应用范围最广,适宜加工高度方向尺寸相对较小的工件。如图 0-5 所示为立式数控铣床。

② 卧式铣床 如图 0-6 所示,主轴是水平设置的,结构比立式复杂,占地面积较大、价格较高,宜加工箱体类零件。

③ 龙门式铣床 用于加工特大型零件,如图 0-7 所示。

(2) 加工中心

加工中心的典型特征是有刀库和自动换刀装置。工件在一次安装后,可以进行多种工序加工。加工中心一般可分为立式加工中心、卧式加工中心和万能加工中心。



图 0-5 立式数控铣床

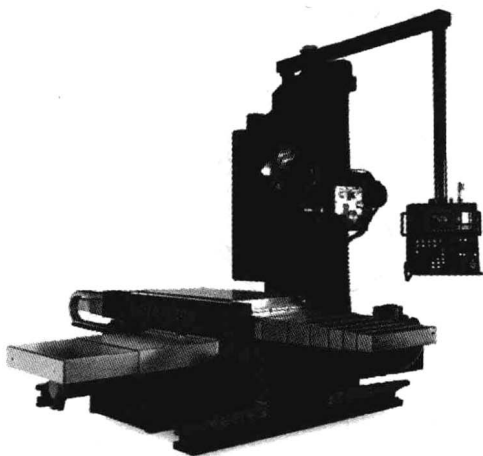


图 0-6 卧式数控铣床

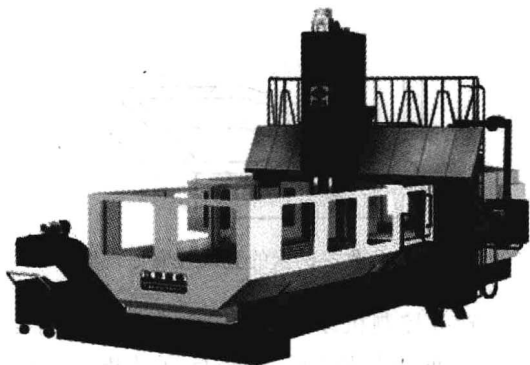


图 0-7 数控龙门镗铣床

(3) 金属成形类

如数控折弯机、数控弯管机、数控转头压力机等。

(4) 特种加工及其他类型

如数控线切割机床、数控电火花成形机床、数控激光加工机床等。

2. 按加工路线分类

(1) 点位控制

点位控制数控机床只要求控制机床移动部件(刀具)从一点移动到另一点的准确位置,而不管移动过程的运动轨迹(路径和方向)。如图 0-8 所示,各坐标轴之间的运动互不相关,可以单坐标分别移动,也可多个坐标同时移动,在移动过程中刀具不进行切削。数控钻床、数控镗床、数控冲床都是配备点位控制系统的典型数控机床。

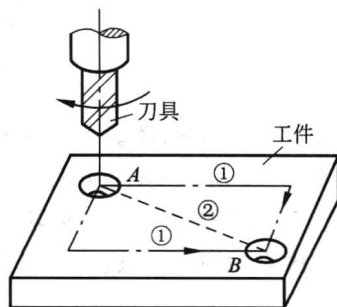


图 0-8 数控机床的点位控制原理图

(2) 直线控制

直线控制数控机床除了控制刀具从一点到另一点之间的准确定位外,还要控制刀具在两相关点之间的移动速度和轨迹。但其路线只是按平行于坐标轴的方向直线移动并对工件进行切削。其原理图如图 0-9 所示,这类系统可以控制刀具或工作台同时在两个轴向以相同的速度运动,以实现按 45° 斜线进行加工(但不能按照任意斜率进行加工)。一般的简易数控系统均属于直线控制数控机床,数控车床、数控铣床、数控磨床都是配备典型直线控制的数控机床。

(3) 轮廓控制

轮廓控制数控机床是对两个或两个以上坐标轴同时进行控制,它不仅要控制机床移动部件的起点和终点坐标,而且要控制加工过程中每一点的速度、方向和位移量,即必须控制加工的轨迹,加工出要求的轮廓。运动轨迹是任意斜率的直线、圆弧、螺旋线等,因此

轮廓控制又称连续控制,其原理图如图 0-10 所示。大多数数控机床具有轮廓控制功能,如数控车床、数控铣床、加工中心等。

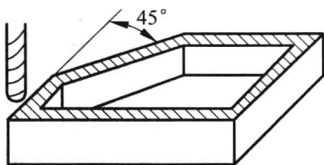


图 0-9 数控机床的直线控制原理图

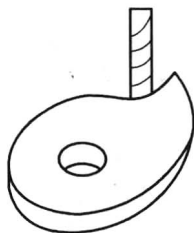


图 0-10 数控机床的轮廓控制原理图

轮廓控制机床按可控制联动的坐标轴数,还可以分为以下几种。

① 两坐标联动 两坐标联动指可以同时控制两根轴,即使两个轴坐标数值同时发生变化,同时控制 XY 坐标、 XZ 坐标和 YA 坐标时,可以加工出图 0-11 所示形状零件。

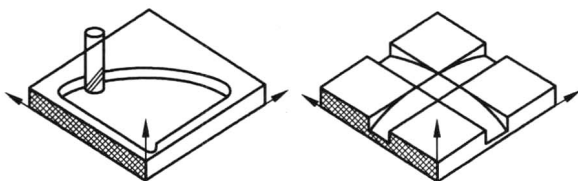


图 0-11 两坐标联动轮廓加工

② 两轴半坐标联动 两轴半坐标联动是指两个轴连续控制,第三个轴定位或直线控制,如图 0-12 所示,从而实现三个主要轴 X 、 Y 、 Z 内的二维控制。

③ 三坐标联动 三坐标联动是指同时控制 X 、 Y 、 Z 三个坐标,使刀具在空间任意方向都可移动,因而能够进行三维立体加工。图 0-13 所示为三坐标联动轮廓加工。

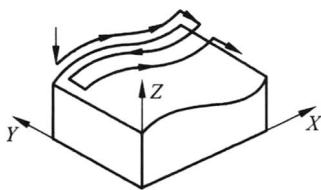


图 0-12 两轴半坐标联动轮廓加工

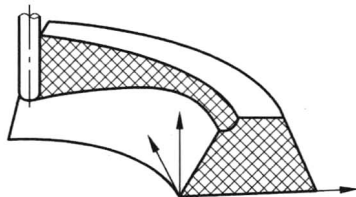


图 0-13 三坐标联动轮廓加工

④ 多坐标联动 多坐标联动是指同时控制四个或四个以上坐标轴的运动。多坐标联动数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制繁杂,主要用于加工形状复杂的零件。

3. 按伺服系统的类型分类

根据伺服系统有无检测元件以及检测元件安装位置的不同,数控机床的伺服系统分为开环伺服系统、闭环伺服系统和半闭环伺服系统。

(1) 开环控制数控机床

这类数控机床没有检测反馈装置,通常使用步进电动机作为驱动。

图 0-14 所示为开环控制系统简易框图,这类机床结构简单、成本低、工作较稳定、调试方便,目前主要在简易型、经济型数控系统中使用。

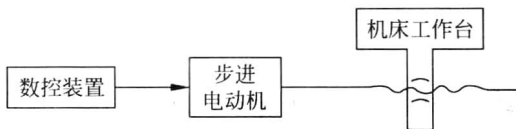


图 0-14 开环控制系统框图

(2) 闭环控制数控机床

这类数控机床一般采用位置检测元件,如图 0-15 所示,测量机床移动部件工作台的位置,并将测量结果与数控装置中的理论位置进行比较,用比较的差值进行控制,直到差值消除为止。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中,进行反馈校正,保证电动机转速恒定不变。

这类数控机床的特点是加工精度高、结构比较复杂、调试和维修比较困难、成本高,通常作为精度和速度都要求较高的精密大型数控机床。

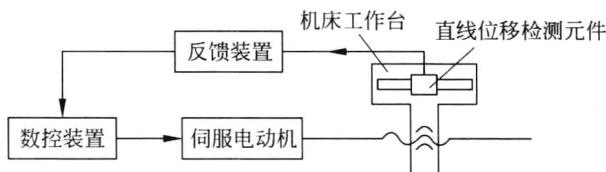


图 0-15 闭环控制系统框图

(3) 半闭环控制数控机床

这类数控机床一般采用转角位移检测元件,如图 0-16 所示,它不是直接检测工作台的位移量,而是测出伺服电动机或丝杠的转角,从而推算出工作台的实际位移量,反馈到数控装置中进行位置比较,用比较的差值进行控制。由于反馈环内没有最终移动部件工作台,故称半闭环控制。

这类数控机床的精度高于开环控制,低于闭环控制。由于半闭环控制系统的性价比好,目前广泛用于中小型数控机床中。

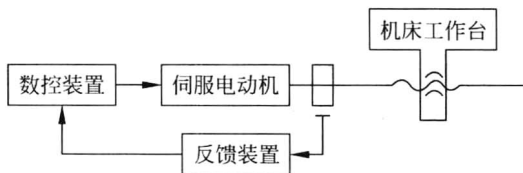


图 0-16 半闭环控制系统框图

4. 按功能水平分类

(1) 低档数控机床

低档数控机床又称经济型数控机床。在我国,是指由单板机、单片机和步进电动机组成的数控系统,以及功能简单、价格低廉的数控系统,主要应用于车床、线切割机以及旧机床的数控改造等。

(2) 中档数控机床

中档数控机床功能较多,但不过分追求齐全,以实用为准,它除具有数控系统基本功能以外,一般还具有图形显示功能及面向用户的宏功能等。中档数控机床品种几乎覆盖了所有机床类别。

(3) 高档数控机床

高档数控机床一般是能够加工复杂形状的多轴联动控制的数控机床。这类数控机床功能齐全、价格昂贵,主要应用于五轴联动数控铣床、重型数控机床、五面加工中心、车削中心和柔性加工单元等。

(三) 数控铣床的组成与工作原理

1. 数控铣床的特点

与传统机械加工设备相比,数控铣床的特点主要表现在以下几个方面。

(1) 适应性强

数控铣床按照数控指令进行加工,更换加工对象只需更改数控加工程序,而不必制造、更换夹具或模具,因而生产准备周期短、灵活性强,为多品种、小批量生产和新产品研制提供了有利条件。

(2) 加工精度高、质量好

数控铣床的加工是自动进行的,消除了操作者人为产生的误差,使同一批工件的尺寸一致性好,加工质量稳定。此外,数控铣床进给机构均可由数控系统进行位置补偿,从而保证数控铣床能够达到较高的加工精度和加工质量。

(3) 生产率高

数控铣床可大大减少零件加工所需的机动时间和辅助时间,从而保证有较高的加工效率。数控铣床主轴转速和进给量调节范围比普通机床大,每道工序均可选用最佳切削用量。在加工中心机床上,工件往往只需进行一次装夹就能完成所有工序的加工,大大减少了半成品的周转时间,生产率的提高更为明显。此外,数控铣床能进行重复性的操作,尺寸一致性好,减少了次品率和检验时间。

(4) 减轻劳动强度

数控铣床的操作者一般只需装卸零件,并监督机床的运动过程即可,可大大减轻操作者的劳动强度,显著改善操作者的工作条件。

(5) 良好的经济效益

虽然数控铣床价格昂贵,分摊到每个工件上的设备费用较大,但是使用数控铣床可节省许多其他费用。例如,工件加工前不用划线工序,工件安装、调整、加工和检验所花费的时间少,特别是不需要设计制造专用工装夹具,加工精度稳定,废品率低,减少了调度环节

等,所以总体成本下降,可获得良好的经济效益。

(6) 有利于生产管理的现代化

现代数控系统具有统计零件加工工时、计算刀具损耗、自动检验加工工件质量以及半成品管理等功能,这些功能都十分有利于生产管理的现代化,也为实现产品设计、制造和管理一体化奠定了基础。

2. 数控铣床的应用场合

数控铣床比一般机床具备许多优点,但是这些优点都是以一定条件为前提的。数控铣床的应用范围在不断扩大,但它并不能完全代替其他类型的机床,也还不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。它常最适应于以下几种情况。

(1) 多品种、小批量生产的零件。图 0-17 所示为三类机床的零件加工批量数与综合费用的关系。零件加工批量大时选用数控铣床是不利的,而选择专用机床时则效率高、费用低。通常,采用数控铣床加工的合理生产批量为 10~100 件。

(2) 结构比较复杂的零件。图 0-18 所示为三类机床的被加工零件复杂程度与零件批量大小的关系。通常数控铣床适宜加工结构比较复杂,尤其是一些空间复杂曲面的加工。在非数控机床上加工时需要有昂贵的工艺装备(工具、夹具和模具)及无法加工的零件。

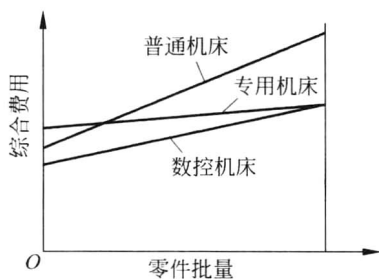


图 0-17 加工批量数与综合费用的关系

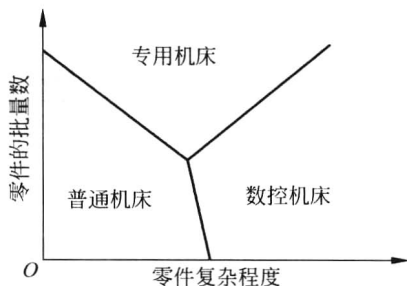


图 0-18 零件复杂程度与批量数的关系

(3) 需要频繁改形的零件。当生产的产品不断更新,使用数控铣床只需更改相应数控加工程序即可,从而节省大量的工艺装备,使综合费用降低。

(4) 价值昂贵,不允许报废的关键零件。

(5) 设计制造周期短的急需零件。

(6) 批量较大精度要求较高的零件。

3. 数控铣床的工作原理

数控铣床就是将加工过程所需要的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、选择刀具、供给切削液等)和步骤,以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示,将数字信息送入专用的或通用的计算机,计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的伺服系统或其他执行元件,使机床自动加工出所需要的零件。图 0-19 中描述了数控铣床加工时的基本工作过程。