

高职高专机电类
工学结合模式教材

数控车削加工工艺 设计与实施

赵春梅 张 鑫 主 编
于向和 刘宏伟 副主编

清华大学出版社



高职高专机电类
工学结合模式教材

数控车削加工工艺 设计与实施

赵春梅 张 鑫 主 编
于向和 刘宏伟 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容包括对数控机床的认识、数控车床加工程序的编制、刀具与夹具的选择、数控车床加工工艺、数控车床的编程方法与技巧、数控车床的操作及 VNUC3.0 数控仿真软件的应用等。

本书以企业典型的生产任务作为教学依据,选取典型零件为载体,将知识点、技能点有机融合,内容实用,容易上手,操作性强。

本书可供高职、高专院校数控、机电、模具等专业的学生作为教材用书。

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

数控车削加工工艺设计与实施/赵春梅,张鑫主编. —北京:清华大学出版社,2011.11
(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-26920-5

I. ①数… II. ①赵… ②张… III. ①数控机床:车床—车削—加工工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 194540 号

责任编辑:贺志洪

责任校对:袁 芳

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.5

字 数:331 千字

版 次:2011 年 11 月第 1 版

印 次:2011 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

产品编号:044211-01

随着数控机床的日益普及,对数控机床编程、操作人员提出了更高的要求。本教材针对不同专业,不同层次,不同培养目标,面向机械制造业,以培养高素质技能型数控技术人才为宗旨,以就业为导向,根据行业企业实际和生产一线需求,与企业共同开发学习情境,共同编写特色教材。教材涵盖学习情境工作过程及学习情境之间的内在联系,以知识和技能为切入点编写。

本教材内容包括离合器分离臂轴的加工、三挡主动齿轮坯的加工、长波组件的加工、配合件的数控车削加工 4 个学习情境,按照“工作任务由简单到复杂”这一主线来进行,有序地提高学生的综合能力。每个学习情境以若干项目展开介绍,以典型零件的图样分析引出相关知识,分别含有相关理论和工艺、编程方法和技巧、机床操作等。项目的案例都是选自企业生产和学校实践训练实例,保证案例的典型性、可操作性。本教材具有如下特点。

(1) 从适应学生的认知特点出发,选取典型任务,将知识点、技能点有机地融合,有利于学生的职业素质和职业能力的提高。

(2) 教学目标明确,每一情境都给出教学目标,明确教学要求的知识、技能、任务。使学生在每一情境时能完成实际的编程与加工技能,增强成就感,提高学生学习的自信心。

(3) 设计趣味案例,注重激发学生的学习兴趣 and 动机,使学生变被动学习为主动创新,提升了学生的设计能力。

(4) 精选大量的实例和企业案例,精心设计并实施一套层次分明、循序渐进的实践教学方案,富有启发性地引导、拓展教师和学生思维的空间,从而提升学生的就业竞争力。

本教材由赵春梅、张鑫担任主编,于向和、刘宏伟担任副主编。在编写过程中得到了天合富奥商用车转向器有限公司、长春一汽四环金仑汽车零部件有限公司、长春奥普光电技术股份有限公司等相关技术人员的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平和经验有限,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2011 年 8 月



概论	1
一、数控机床的认识	1
二、数控车床的安全操作规程	11
三、数控车床保养与维护	12
思考与练习	14
学习情境一 离合器分离臂轴的加工	15
子情境一 外圆的数控车削加工	15
一、知识资讯	16
二、外圆零件的工艺设计与实施	33
三、成果评价	46
四、知识拓展	47
思考与练习	50
子情境二 离合器分离臂轴的加工	51
一、知识资讯	51
二、离合器分离臂轴的工艺设计与实施	86
三、成果评价	89
思考与练习	91
子情境三 宝葫芦(或陀螺)的设计与加工	91
一、知识资讯	93
二、宝葫芦(或陀螺)的设计与加工	97
三、成果评价	99
四、知识拓展	100
思考与练习	102
学习情境二 三挡主动齿轮坯的加工	104
子情境一 驾驶座支撑套的数控车削加工	104
一、知识资讯	104
二、驾驶座支撑套的工艺分析与实施	110
三、成果评价	114
四、知识拓展	146
思考与练习	117

子情境二 三挡主动齿轮坯的加工	118
一、知识资讯	118
二、三挡主动齿轮坯的工艺设计与实施	124
三、成果评价	133
四、知识拓展	135
思考与练习	137
思维拓展	137
学习情境三 长波组件的加工	139
子情境一 综合件的数控车削加工	139
一、知识资讯	139
二、综合件的工艺分析与实施	149
三、成果评价	154
子情境二 长波组件的加工	155
一、知识资讯	156
二、长波组件的工艺设计与实施	159
三、成果评价	163
四、知识拓展	164
思考与练习	166
思维拓展	166
学习情境四 配合件的数控车削加工	168
子情境一 配合件的数控车削加工	168
一、知识资讯	168
二、配合件工艺分析与实施	174
三、成果评价	175
子情境二 FANUC 0i 数控系统的仿真加工	176
一、知识资讯	176
二、FANUC 0i 数控系统仿真软件的操作	185
子情境三 SIEMENS 802D 数控系统的仿真加工	192
一、知识资讯	192
二、SIEMENS 802D 数控系统仿真软件的操作	211
思考与练习	216
思维拓展	218
附录 A 任务书、卡片、程序单	219
参考文献	224



概 论

一、数控机床的认识

学习目标

通过学习,学生应掌握数控机床的组成及种类,熟悉数控机床的加工特点和加工对象,了解数控机床的产生背景、发展趋势。

相关知识

(一) 数控机床的产生及发展趋势

1. 数控机床的产生

20 世纪 40 年代以来,随着航空航天技术的迅速发展,对于各种飞行器的加工提出了更高的要求,这些零件大多数形状复杂,材料多为难加工的合金,用传统的机床和工艺加工方法进行加工不能保证精度,也很难提高生产效率。为了解决复杂形状表面的加工问题,1948 年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。1952 年帕森斯公司和麻省理工学院伺服机构实验室合作,研制成功了世界上第一台三坐标数控铣床。半个多世纪以来,数控技术得到了迅猛发展,数控机床的发展至今经历了两个阶段,即数控(NC)阶段(1952—1970 年)和计算机数控(CNC)阶段(1970 年至今)。早期的计算机运算速度低,不适应机床实时控制的要求,人们只好利用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统,这就是硬件连接数控,简称数控(NC)。1970 年,通用小型计算机已出现并投入成批生产,人们将它移植过来作为数控系统的核心部件,从此进入计算机数控阶段。

数控机床配置的数控系统不同,其功能和性能也有很大差异。就目前应用来看,FANUC(日本)、SIEMENS(德国)、DMG(德国)、FAGOR(西班牙)、MITSUBISHI(日本)、OKUMA(日本)、哈斯(美国)等公司的数控系统及相关产品,在数控机床行业占据主导地位;我国也先后研制了华中数控、广州数控等多个数控机床控制系统,在国内市场数控机床的占有率也逐年增加。

2. 数控机床的发展趋势

随着科学技术的发展,先进制造技术的兴起和成熟,为数控技术的进步提供了条件,同时为了满足市场的需要,对数控加工技术也提出了更高的要求。当今的数控技术及数控机床的发展方向主要体现为以下几方面。

(1) 高速化

数控机床向高速化方向发展,主要表现在高的主轴转速上(主轴转速高于 10000r/min),也表现在工作台的快速移动和进给速度的提高,以及刀具交换、托盘交换时间的缩短上,并且具有较高的加速度(一般在 $1.5g$ 以上)。

高速切削的作用:主轴高转速减小了切削力,同时采用小的切削深度铣削,有利于克服机床振动,排屑率大大提高,切削热在没有传递到工件时就被切屑带走,故传入零件中的热量减低,热变形大大减小,提高了加工精度,也改善了加工表面粗糙度,提高了工作台的快速移动和进给速度的手段,采用直线电动机代替传统的旋转式电动机。

(2) 复合化

机床复合化加工则是通过增加机床的功能,减少工件加工过程中的多次装夹、重新定位、对刀等辅助工艺时间,来提高机床利用效率的,也就是在一台设备上完成车、铣、钻、镗、攻螺纹、铰孔、扩孔、铣花键、插齿等多种加工要求。因此机床复合化加工是现代化机床发展的另一重要方面。

复合加工有两重含义:一是工艺与工序的集中,即一台数控机床通过一次装夹可完成多工种、多工序的任务。例如,数控车床向车铣中心发展,加工中心则趋向更多功能发展,五轴联动向五面加工发展。图 0-1 为车铣加工中心加工零件实例;二是指工艺的成套,即企业向着复合型发展,定期为用户提供成套服务。

复合化加工进一步提高了工序集中度,提高了机床利用率,减少了夹具和所需的机床数量,降低了整个加工和机床的维护费用。



图 0-1 车铣加工中心加工零件实例

(3) 高精度化

高精度化一直是数控机床技术发展追求的目标。它包括机床制造的几何精度和机床使用的加工精度两方面。

提高数控机床的加工精度,一般是通过减小数控系统误差,提高数控机床基础大件结构特性和热稳定性,采用补偿技术和辅助措施来达到的。在减小 CNC 系统误差方面,通常采用提高数控系统分辨率,使 CNC 控制单元精细化,提高位置检测精度以及在位置伺

服系统中为改善伺服系统的响应特征,采用前馈和非线性控制等方法。在采用补偿技术方面,采用齿隙补偿、丝杠螺距误差补偿、刀具补偿、热变形误差补偿和空间误差综合补偿等。

在机械加工高精度的要求下,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$;精密级加工中心的加工精度则从 $\pm (3\sim 5)\mu\text{m}$,提高到 $\pm (1\sim 1.5)\mu\text{m}$,甚至更高;超精密加工精度进入纳米级($0.001\mu\text{m}$),主轴回转精度要求达到 $0.01\sim 0.05\mu\text{m}$,加工圆度为 $0.1\mu\text{m}$,加工表面粗糙度 $Ra0.003\mu\text{m}$ 等。采用矢量控制的变频驱动电主轴(电机与主轴一体化)数控机床,主轴径向跳动小于 $2\mu\text{m}$,轴向窜动小于 $1\mu\text{m}$ 。

(4) 高可靠性

数控机床的可靠性是数控机床产品质量的一项关键性指标。数控机床能否发挥其高性能、高精度、高效率并获得良好的效益,关键取决于可靠性。衡量可靠性的重要量化指标是平均无故障工作时间(Mean Time Between Failures, MTBF),现在数控机床整机的 MTBF 已达到 800h 以上,数控系统的 MTBF 已达到 125 个月以上。

提高数控系统可靠性通常可采用冗余技术、故障诊断技术、自动检错、纠错技术,系统恢复技术,软件可靠性技术等技术。

目前,很多企业正在对可靠性设计技术、可靠性试验技术、可靠性评价技术、可靠性增长技术以及可靠性管理与可靠性保证体系等进行深入研究和广泛应用,以期望使数控机床整机可靠性提高到一个新水平。

(5) 智能化

智能化是 21 世纪制造技术发展的一个大方向。智能加工是一种基于神经网络控制、模糊控制、数字化网络技术和理论的加工,它是要在加工过程中模拟人类专家的智能活动,以解决加工过程许多不确定性的、要由人工干预才能解决的问题。

智能化的内容包括在数控系统中的各个方面。

① 追求加工效率和加工质量的智能化,如自适应控制,工艺参数自动调整(通过检测加工过程中的刀具磨损、破坏、切削力、主轴功率等信息并反馈,利用传统的或现代的算法进行调节运算,实时修调加工参数或加工指令,使设备处于最佳运行状态,以提高加工精度和设备的安全性)。

② 简化编程、简化操作的智能化,如智能化的自动编程,智能化的人机界面等。

③ 可以实现智能诊断、智能监控,方便系统的诊断及维修等。

(6) 网络化

支持网络通信协议,既满足单机需要,又能满足 FMC、FMS、CIMS 对基层设备集成要求的数控系统,该系统是形成“全球制造”的基础单元。

① 网络资源共享。

② 数控机床的远程(网络)监视、控制。

③ 数控机床的远程(网络)培训与教学(网络数控)。

④ 数控装备的数字化服务(数控机床故障的远程(网络)诊断、远程维护、电子商务等)。

(二) 数控机床的概念及组成

1. 数控机床的概念

国家标准将数控(Numerical Control, NC)定义为: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。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所做的定义是:数控机床是一种装有程序控制系统的机床,机床的运动和动作按照这种程序控制系统发出的由特定代码和符号编码组成的指令进行。

2. 数控机床的组成

数控机床通常由数控装置、伺服系统和测量反馈系统、机床主体和辅助装置组成。

(1) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,其功能是接受输入的加工信息,经过数控装置的系统软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理,向伺服系统发出相应的脉冲,并通过伺服系统控制机床运动部件按加工程序指令运动。

现代数控装置采用多微处理器,以程序化的软件形式实现数控功能,因此又称软件数控。数控装置主要由输入、处理和输出装置三个基本部分构成。而所有这些工作都由计算机的系统程序进行合理地组织,使整个系统协调工作。

① 输入装置。将数控指令输入给数控装置。目前主要有键盘、磁盘、CAD/CAM 系统直接通信方式和连接上级计算机的 DNC(直接数控)输入等方式,早期的数控系统是以光电阅读机的纸带输入形式为主。

② 信息处理。输入装置将加工信息传给 CNC 单元,编译成计算机能识别的信息,由信息处理部分按照控制程序的规定,逐步存储并进行处理后,通过输出单元发出位置和速度指令给伺服系统和主运动控制部分。

③ 输出装置。输出装置与伺服机构相连。输出装置根据控制器的命令接受运算器的输出脉冲,并把它送到各坐标的伺服控制系统,经过功率放大,驱动伺服系统,从而控制机床装夹的工件或刀具按规定要求运动。

(2) 伺服系统和测量反馈系统

伺服系统是数控机床的重要组成部分,用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制。伺服系统的作用是把接受来自数控装置的指令信息,经功率放大、整形处理后,转换成机床执行部件的直线位移或角位移运动。由于伺服系统是数控机床的最后环节,其性能将直接影响数控机床的精度和速度等技术指标,因此,对数控机床的伺服驱动装置,要求具有良好的快速反应性能,准确而灵敏地跟踪数控装置发出的数字指令信号,并能忠实地执行来自数控装置的指令,提高系统的动态跟随特性和静态跟踪精度。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。驱动装置由主轴驱动单元、进给驱动单元和主轴伺服电动机、进给伺服电动机组成。步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机是常用的驱动装置。当然,现在先进数控机床也有采用直线电动机作为驱动装置的。

测量元件将数控机床各坐标轴的实际位移值检测出来并经反馈系统输入机床的数控装置中,数控装置对反馈回来的实际位移值与指令值进行比较,并向伺服系统输出达到设定值所需的位移量指令。

(3) 机床主体

机床是数控机床的主体。它包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置等机械部件。它是在数控机床上自动地完成各种切削加工的机械部分。与传统的机床相比,数控机床主体具有如下结构特点。

① 采用具有高刚度、高抗震性及较小热变形的机床新结构。通常用提高结构系统的静刚度、增加阻尼、调整结构件质量和固有频率等方法来提高机床主机的刚度和抗震性,使机床主体能适应数控机床连续自动地进行切削加工的需要。采取改善机床结构布局、减少发热、控制温升及采用热位移补偿等措施,可减小热变形对机床主机的影响。

② 采用高性能的主轴伺服驱动和进给伺服驱动装置,使数控机床的传动链缩短,简化了机床机械传动系统的结构。

③ 采用高传动效率、高精度、无间隙的传动装置和运动部件,如滚珠丝杠螺母副、塑料滑动导轨、直线滚动导轨、静压导轨等。

(4) 辅助装置

辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置,常用的辅助装置包括气动、液压装置,排屑装置,冷却、润滑装置,回转工作台和数控分度头,防护,照明等各种辅助装置。

(三) 数控机床的分类及特点

1. 数控机床的分类

数控机床的种类很多,通常有以下几种不同的分类方法。

(1) 按工艺用途分类

① 金属切削类数控机床。金属切削类数控机床包括数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。

数控车床 适合于精度较高的回转类零件的加工。一般具有两轴联动功能,Z轴是与主轴平行方向的运动轴,X轴是在水平面内与主轴垂直方向的运动轴。数控车床可分为卧式和立式两种,最常用的是卧式数控车床,如图0-2所示。如果在刀架上装有动力头,配合C轴功能,还可以进行铣削加工,就构成车铣加工中心。

数控铣床 适合于加工三维复杂曲面,在汽车、航空航天、模具等行业被广泛采用。随着时代的发展,数控铣床趋于加工中心化。但由于数控铣床具有较低的价格、方便灵活的操作、较短的准备工作时间等原因,仍被广泛采用,按主轴布置形式可分为立式数控铣床(见图0-3)和卧式数控铣床等。

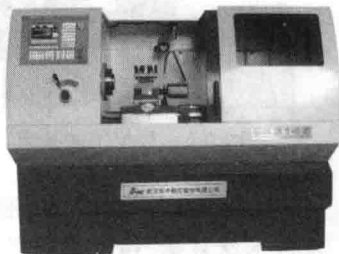


图 0-2 卧式数控车床

数控钻床 可分为立式数控钻床(见图 0-4)和卧式数控钻床。数控钻床主要完成钻孔、攻螺纹功能,同时也可以完成简单的铣削功能。

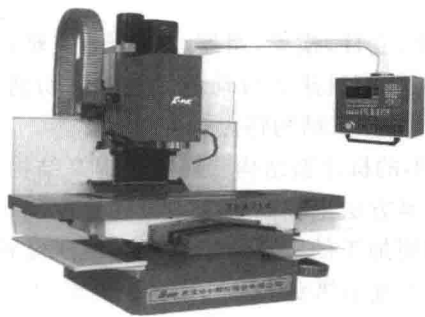


图 0-3 立式数控铣床

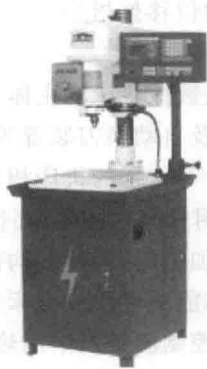


图 0-4 立式数控钻床

数控磨床 主要用于高硬度、高精度表面加工。可以分为数控平面磨床(见图 0-5)、数控内外圆磨床和数控轮廓磨床等。数控磨床除了具有普通磨床的功能外,还可完成锥面、圆弧面以及螺旋面的磨削。随着自动砂轮补偿技术、自动砂轮修整技术和磨削固定循环技术的发展,数控磨床的功能越来越强大。

加工中心 加工中心是带有自动换刀装置的数控机床,并能进行多道工序加工的数控机床。加工中心一般分为车铣类加工中心和镗铣类加工中心两种。通常我们所说的加工中心一般指镗铣类加工中心,在该机床上可以进行铣、镗、钻、扩、铰、攻螺纹等多工序的加工。镗铣类加工中心又分为立式加工中心(见图 0-6)和卧式加工中心两种。立式加工中心的主轴为垂直方向,卧式加工中心的主轴为水平方向。其中,卧式加工中心一般配有交换工作台,以提高加工效率。

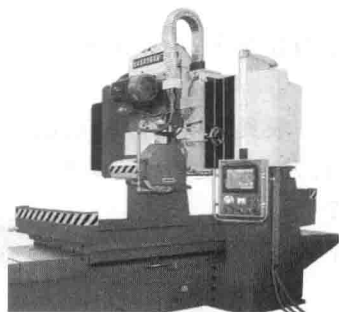


图 0-5 数控平面磨床

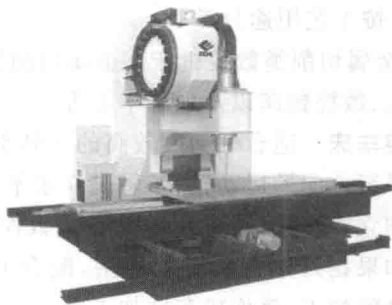


图 0-6 立式加工中心

由于加工中心能有效地避免因多次安装造成的定位误差,所以它适用于产品更换频繁、零件形状复杂、精度要求高、生产批量大的产品。

② **金属成形类数控机床**。金属成形类数控机床是用物理的方法使毛坯成为成品或半成品的机床,包括数控折弯机、数控组合冲床和数控回转头压力机等。这类机床起步晚,但发展很快。

③ 数控特种加工机床。数控特种加工机床如数控线(电极)切割机床、数控电火花加工机床、火焰切割机和数控激光切割机床等。

数控线切割机床 它的加工的基本原理是利用移动的细金属丝(铜丝或钼丝)作为工具电极(接高频脉冲电源的负极),在绝缘液体中对工件(接高频脉冲电源的正极)进行脉冲火花放电而切割成所需的工件形状与尺寸,绝缘液体一般采用去离子水。

数控电火花加工机床 其加工原理是基于工具和工件(正、负电极)之间脉冲性火花放电时的电腐蚀现象来蚀除多余的金属,以达到对零件的尺寸、形状及表面质量预订的加工要求。对于形状复杂、难加工的材料有特殊的加工优势。电极材料一般为石墨、紫铜等,加工一般浸在煤油中进行。只能用于加工金属等导电材料;加工速度较慢,效率较低。

数控激光切割机床 其工作原理是由激光器发出的激光,经光学系统聚焦后,照射到工件表面上,光能被吸收,转化为热能,使照射斑点处局部区域温度迅速升高,此处材料被熔化、气化而形成小坑。由于热扩散,使斑点周围材料熔化。小坑内材料蒸气迅速膨胀,产生微型爆炸,将熔融物高速喷出并产生一个方向性很强的反冲击波,于是在加工表面上打出一个上大下小的孔,如图 0-7 所示。激光加工的特点及应用如下:

- 加工材料范围广。可适合加工各种金属和非金属材料,特别适用于加工高熔点材料、耐热合金、陶瓷、宝石和金刚石等硬脆材料。
- 加工性能好。工件可离开加工机械进行加工,并可透过透明材料进行加工。激光加工为非接触加工。工件无受力变形,受热区域小,工件热变形小,加工精度高。
- 可进行微细加工。激光聚焦后焦点直径可小至 0.001mm ,可实现 $\phi 0.01\text{mm} \sim \phi 0.001\text{mm}$ 的小孔加工和窄缝切割,激光切割广泛用于切割复杂形状的零件、栅网等。在大规模集成电路的制作中,可用激光进行切片。
- 加工速度快,加工效率高。例如在宝石上打孔,加工时间仅为机械方法的 1% 左右。
- 激光加工不仅可以进行打孔和切割,也可进行焊接、热处理等工作。
- 激光加工可控性好,易于实现加工自动化,但加工设备昂贵。

④ 其他类型的数控机床,如三坐标测量仪,主要用于加工零件精度的检验以及对已有实物零件点位测量,再利用专业软件进行逆向造型,进而加工出所需要的零件,三坐标测量仪如图 0-8 所示。

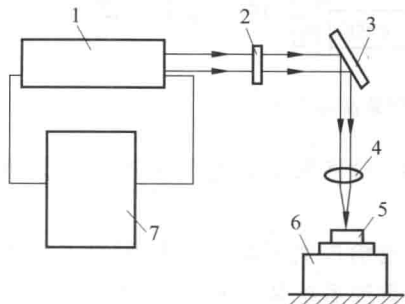


图 0-7 激光加工原理图

1—激光器；2—光阑；3—反射镜；4—聚焦镜；
5—工件；6—工作台；7—电源



图 0-8 数控三坐标测量仪

(2) 按运动方式分类

① 点位控制数控机床。点位控制是指数控系统只控制刀具或工作台从一点移至另一点的准确定位,然后进行定点加工,而点与点之间的路径不需控制。如图 0-9 所示,采用这类控制的有数控钻床、数控镗床和数控坐标镗床、数控点焊机和数控折弯机等。

② 直线控制数控机床。直线控制方式就是刀具与工件相对运动时,除控制从起点到终点的准确定位外,还要保证平行坐标轴的直线切削运动,主要包括有无插补运动的数控车床、数控磨床和数控镗铣床等,如图 0-10 所示。

③ 轮廓控制数控机床。轮廓控制就是刀具与工件相对运动时,能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行控制。属于这类机床的有数控车床、数控铣床、加工中心等,如图 0-11 所示。其相应的数控装置称为轮廓控制装置。轮廓数控装置比点位、直线控制装置功能齐全,但结构复杂。

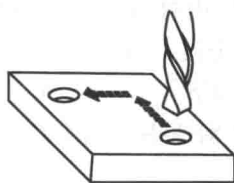


图 0-9 点位控制数控钻床

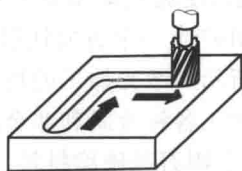


图 0-10 直线控制数控铣床



图 0-11 轮廓控制数控机床

(3) 按进给伺服系统有无检测装置分类

① 开环进给伺服控制系统数控机床。开环进给伺服系统是指不带反馈的控制系统,即系统没有位置反馈元件,伺服驱动元件一般为功率步进电动机或电液伺服电动机。输入的数据经过数控系统的运算,发出指令脉冲,通过环形分配器和驱动电路,使步进电动机或电液伺服电动机转过一个步距角。在经过减速齿轮带动丝杠旋转,最后转为工作台的直线移动。移动部件的移动速度和位移量由输入脉冲的频率和脉冲数决定。开环进给伺服系统示意图如图 0-12 所示。

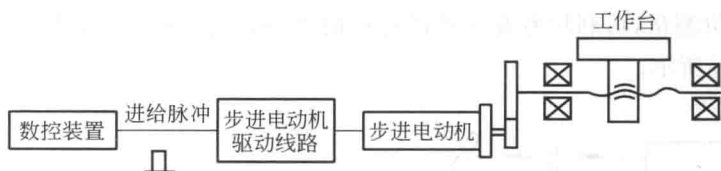


图 0-12 开环进给伺服系统示意图

这类系统具有结构简单、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 闭环进给伺服控制系统数控机床。闭环进给控制系统是在机床的移动部件上直接装有位置检测装置,将测量的结果直接反馈到数控系统装置中,与输入的指令位移进行比较,从而使移动部件按照实际的要求运动,最终实现精确定位。闭环进给伺服系统示意图如图 0-13 所示。

但是由于位置环内的许多机械传动环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,故很

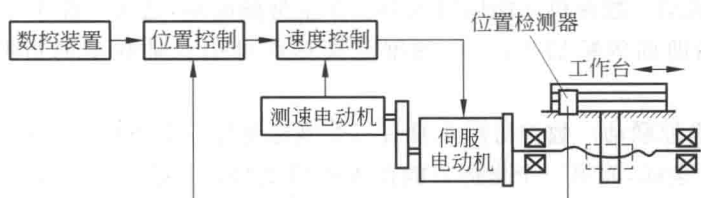


图 0-13 闭环进给伺服系统示意图

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。所以,该系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

③ 半闭环进给伺服控制系统数控机床。半闭环进给伺服系统是将位置检测元件安装在伺服电动机的轴上或滚珠丝杠的端部,不直接反馈机床的位移量,而是检测伺服机构的转角,将此信号反馈给数控装置进行指令值比较,利用其差值控制伺服电动机转动。由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内,因而成为半闭环控制系统。半闭环进给伺服系统示意图如图 0-14 所示。

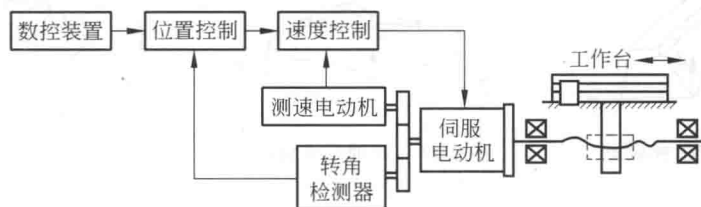


图 0-14 半闭环进给伺服系统示意图

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

(4) 按加工方式分类

① 普通数控机床。普通数控机床一般指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床,如数控铣床、数控车床、数控钻床、数控磨床与数控齿轮加工机床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成。

② 加工中心。加工中心是带有刀库和自动换刀装置的数控机床,它将数控铣床、数控镗床、数控钻床的功能组合在一起,零件在一次装夹后,可以将其大部分加工面进行铣、镗、钻、扩、铰及攻螺纹等多工序加工。由于加工中心能有效地避免由于多次安装造成的定位误差,所以它适用于产品更换频繁、零件形状复杂、精度要求高、生产批量不大而生产周期短的产品。

(5) 按可控制联动轴数分类

数控机床可控制联动的坐标轴,是指数控装置控制几个伺服电动机,同时驱动机床移动部件运动的坐标轴数目。

① 两坐标联动。数控机床能同时控制两个坐标轴联动,适于数控车床加工旋转曲面或数控铣床铣削平面轮廓,如图 0-15 所示。

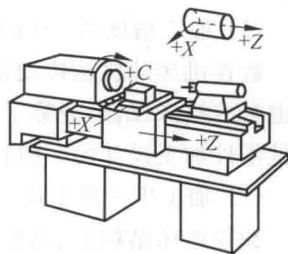


图 0-15 两坐标联动

② 三坐标联动。数控机床能同时控制三个坐标轴联动,适用于曲率半径变化较大和精度要求较高的曲面的精加工,一般的型腔模具均可用三轴联动的数控机床加工,如图 0-16 所示。

③ 两轴半坐标联动。数控机床本身有三个坐标能作三个方向的运动,但控制装置只能同时控制两个坐标,而第三个坐标只能作等距周期移动。适用于曲率半径变化不大和精度要求不高的曲面的粗加工。例如用两轴半坐标联动数控铣床加工如图 0-17 所示空间曲面的零件时,先是 Z 轴和 X 轴联动加工曲线,接下来 Y 轴作步进运动,然后 Z 轴和 X 轴联动再加工曲线,Y 轴再作步进运动,经过多次循环最终加工出整个曲面。

④ 多坐标联动。数控机床能同时控制 4 个以上坐标轴联动。加工曲面类零件最理想的是选用多坐标联动数控机床。但多坐标数控机床的结构复杂、精度要求高、程序编制复杂。通常三轴机床可以实现二轴、二轴半、三轴加工;五轴机床也可以只用到三轴联动加工,而其他两轴不动。多轴联动加工如图 0-18 所示。

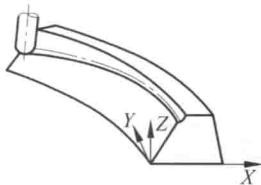


图 0-16 三坐标联动

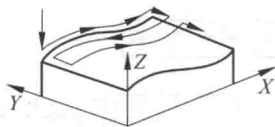


图 0-17 两轴半坐标联动

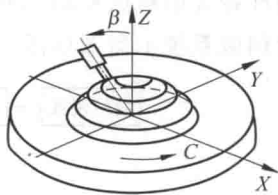


图 0-18 多坐标联动

2. 数控机床的应用范围

- (1) 批量生产的零件。
- (2) 几何形状复杂的零件,而且加工精度要求高,用通用机床无法加工或虽然能加工但很难保证产品质量的零件。
- (3) 必须在一次装夹中合并完成钻、铣、镗、铰、铰或攻螺纹等多工序的零件。
- (4) 用数学模型描述的复杂曲线或曲面轮廓零件。
- (5) 用通用机床加工时难以观察,测量和控制进给的内外凹槽。
- (6) 采用数控铣削后能成倍提高生产效率,大大减轻体力劳动强度的一般加工内容。

3. 数控机床加工特点

数控机床对零件的加工过程,严格按照加工程序所规定的参数及动作执行,是一种高效自动(或半自动)机床,具有普通机床所不具备的许多优点。

(1) 加工精度高、加工质量稳定可靠

数控机床的机械传动系统和结构都有很高的精度、刚度和热稳定性。零件的加工精度由数控机床保证,消除了人为误差。加工精度一般可控制在 $0.005 \sim 0.01\text{mm}$,而且同一批零件加工尺寸的一致性比较好,加工质量稳定、可靠。

(2) 加工生产效率高

数控机床结构好、功率大,能自动进行切削加工,所以可选择较大的切削用量,并自动连续完成整个零件的加工过程,大大缩短了辅助时间。数控机床的定位精度高,可省去加

工过程中对零件的中间检测,减少了停机检测时间。数控机床的加工效率高,一般为普通机床的3~5倍,对某些复杂零件的加工,生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

(3) 减轻劳动强度、改善劳动条件

数控机床加工,除了装卸工件、找正零件、检测、操作键盘、观察机床运行外,其他的机床动作都是按照加工程序要求自动连续地进行切削加工,操作者不需要进行繁重重复的手工操作。

(4) 对零件的加工适应性强、灵活性好

因数控机床能实现几个坐标轴的联动,加工程序可以按照加工零件的要求而变换,不需要制造、更换许多工具、夹具,不需要经常调整机床,同时节省了大量的工艺装备费用。所以它的适应性和灵活性都很强。

(5) 有利于生产管理

在数控机床上加工零件,可以准确地计算出零件的加工工时,并有效地简化刀、夹、量具和半成品的管理工作。加工程序是用数字信息的标准代码输入,有利于和计算机连接,构成由计算机控制和管理的生产系统。

(6) 经济效益显著

虽然数控机床的初始投资比较大,日常的保养和维修费用也较普通机床高很多,但是充分发挥数控机床的加工能力,将会带来显著的经济效益。

二、数控车床的安全操作规程



学习目标

通过学习,学生应了解数控车床的安全操作规程,养成文明生产的良好工作习惯和严谨的工作作风,具有良好的职业素质、责任心,做到安全文明生产。



相关知识

数控车床操作规程

数控车床是一种自动化程度高、结构复杂且又昂贵的先进加工设备,它与普通车床相比具有加工精度高、加工灵活、通用性强、生产效率高、质量稳定等优点,特别适合加工多品种、小批量形状复杂的零件,在企业生产中有着至关重要的地位。

数控车床操作者除了应掌握好数控车床的性能、精心操作外,还要管好、用好和维护好数控车床,养成文明生产的良好工作习惯和严谨的工作作风,具有良好的职业素质、责任心,做到安全文明生产,严格遵守以下数控车床安全操作规程。

(1) 数控系统的编程、操作和维修人员必须经过专门的技术培训,熟悉所用数控车床的使用环境、条件和工作参数等,严格按机床和系统的使用说明书要求正确、合理地操作机床。