

高等职业技术一体化系列教材

GAODENG ZHIYE JISHU

YITIHUA

XILIE JIAOCAI

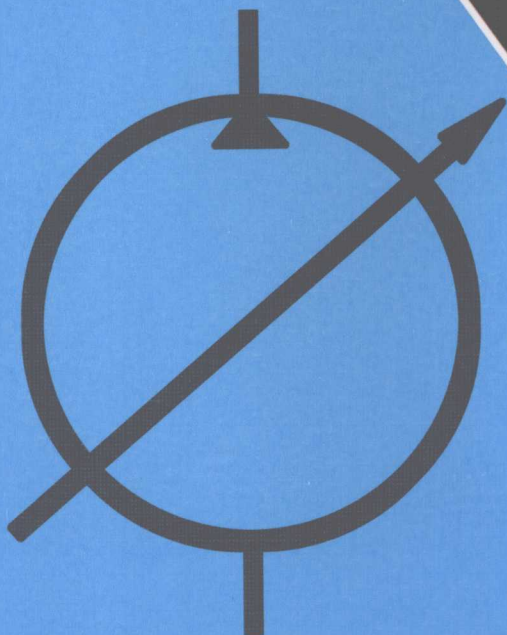
机电一体化

车床 数控改造

主编 杨小荣 孙 方

CHECHUANG
SHUKONG GAIZAO

上海科学技术出版社



高等职业技术一体化系列教材

车床数控改造

主 编 杨小荣 孙 方
参 编 张 军
审 阅 胡义刚

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

车床数控改造/杨小荣,孙方主编. —上海:上海科学技术出版社,2007.7

(高等职业技术一体化系列教材)

ISBN 978-7-5323-8959-9

I. 车... II. ①杨... ②孙... III. 数控机床:车床—技术改造—高等学校:技术学校—教材

IV. TG519.102.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 070959 号

主 编 杨小荣 孙方
副 编 孙方 杨小荣
审 稿 孙方 杨小荣

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.25

字数: 201 千字

2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—2 250

定价: 35.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书系“高等职业技术一体化系列教材”之一。内容涉及数控车床的结构原理、安装与调试,数控车床主轴与进给传动部件的结构与调整,主电器板制作,GSK980T 数控系统与步进伺服驱动器和步进电机间的接线、与 VFO 变频器的接线、与自动回转刀架的接线,数控系统的使用,机床的调试,机床定位精度的测量,数控车床几何精度与床身导轨精度的测量与调整,数控车床常见机械故障诊断与排除,普通车床的数控化改造等课题。

本书在内容上,力求做到理论与实际相结合,符合循序渐进的教学要求,从打好基础入手,突出机械类高职院校生产实习教学的特点,技能实训依据由浅入深、由易到难的教学原则,力求培养出基本功好、灵活运用能力强的学生,他们能得心应手地运用所学知识,为今后学习设备的装配、操作和修理等技能打下扎实而又牢靠的基础。

本书以职业能力为核心,以课题为学习单元,整合了所需掌握的基本知识和技能实践,实用性强。适合高职高专机电类相关专业作为教材使用,同时,适用于技术工人的继续教育和培训。

《高等职业技术一体化系列教材》编委会

主 任：陈力华

副主任：张方良

委 员(以姓氏笔画为序)：

叶聚丰 许 涛 李春明 张孝三

陈廷雨 顾卫东 徐维权

前 言

近年来,我国高等职业教育得到了蓬勃的发展,“以就业为导向”的教学改革不断深化,以职业能力为依据组织课程内容逐渐取代了以往的实验和认知课程。一套能适应以职业能力为导向的技能培训教材,已成为高等职业技术学院教学改革实践中的渴求。

作者在总结了多年培养生产第一线应用型技术人才经验的基础上,调研了不同经济形式和不同技术应用程度的企业对生产第一线技术人才的要求,咨询了行业高技能人才对岗位规范的要求,聆听了他们对工作任务的描述,研究了国家相关职业资格鉴定标准,借鉴了工作任务分析法和 CBE、MES 及双元制的职业教学模式,在整合上述各方面信息的基础上,编著了这套供高等职业院校使用的模块式一体化教材。教材中各课题(即模块)均遵循人的认知规律和技能养成规律来设计,并将理论知识与动手实践相融合(即一体化),各课题相对独立,一个课题即为一项职业能力。课题顺序由简到繁,由易到难安排,形成岗位或岗位群的以职业能力为核心的技能培训系统。

本套教材适用范围广,可作为高等职业院校机电类相关专业的系列教材,也可作为相应的国家职业培训教材;其中的各课题还可作为中等职业学校或企业职工单项职业能力培训或强化训练之教材。

愿本套教材能解工科类高等职业院校教学和技能培训的燃眉之急,更希望广大高等职业院校的师生为教材质量的进一步提高提出宝贵的意见

陈力华

2007 年 1 月 20 日

目 录

课题 1	数控车床的结构原理	1
课题 2	数控车床的安装与调试	13
课题 3	数控车床主轴与进给传动部件的结构与调整	23
课题 4	主电器板制作	51
课题 5	GSK980T 数控系统、步进伺服驱动器、步进电机间的接线 ...	59
课题 6	GSK980T 数控系统与 VFO 变频器的接线	72
课题 7	GSK980T 数控系统与自动回转刀架的接线	87
课题 8	数控系统的使用	94
课题 9	机床的调试	103
课题 10	机床定位精度的测量	114
课题 11	数控车床几何精度与床身导轨精度的测量与调整	120
课题 12	数控车床常见机械故障诊断与排除	137
课题 13	普通车床的数控化改造	150
附录 1	卧式数控车床精度标准	171
附录 2	参数一览表	180
附录 3	诊断表	193

课题1 数控车床的结构原理

【教学目的】

- (1) 全面系统地了解数控车床的结构原理。
- (2) 熟悉数控车床的分类形式和工作特点。

【任务分析】

熟悉数控车床的各个组成部分,能熟练操作普通数控车床。

§1.1 基本知识

一、数控车床的组成和工作原理

1. 数控车床的加工过程

数控车床加工零件的工作过程主要包括以下内容:

(1) 根据被加工零件的图样与工艺方案,用规定的代码和程序格式,将刀具的移动轨迹、加工工艺过程、工艺参数、切削用量等编写成数控系统能够识别的指令形式,即编写加工程序。

(2) 将所编写的加工程序输入数控装置。

(3) 数控装置对输入的程序(代码)进行译码和运算处理,并向各坐标轴的伺服驱动装置和辅助功能控制装置发出相应的控制信号,以控制车床各部件运动。

(4) 在运动过程中,数控系统需要随时检测车床的坐标轴位置、行程开关的状态等,并与程序的要求相比较,以决定下一个动作,直到加工出合格的零件。

(5) 操作者随时对车床的加工情况和工作状态等进行观察和检查,必要时,还需要对车床动作和加工程序进行调整,以保证车床安全、可靠地运行。

2. 数控车床的组成

数控车床由程序编制及程序载体、输入装置、数控装置(CNC)、伺服驱动及位置检测装置、辅助控制装置、车床本体等几部分组成,如图 1-1 所示。

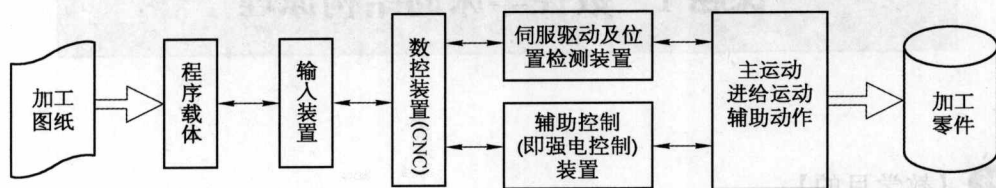


图 1-1 数控车床的基本结构

(1) 程序编制及程序载体:数控程序是数控车床自动加工零件的工作指令,在对加工零件进行工艺分析的基础上,确定零件坐标系在车床坐标系上的相对位置(即零件在车床上的安装位置),刀具与零件相对运动的尺寸参数,零件加工的工艺路线,切削加工的工艺参数,以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按照规定的方法和格式,编制零件加工的数控程序。编制程序的工作可由人工进行;对于形状复杂的零件,则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程(APT),或利用 CAD/CAM 系统产生程序。

编制好的数控程序,存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上,它可以是穿孔纸带、磁带、磁盘、闪存卡等。闪存卡由于存储容量大、数据交流迅速和记录可靠,在开放式数控系统的新型数控机床上开始普遍使用。

(2) 输入装置:输入装置的作用是将程序载体(信息载体)上的数控代码传递并存入数控系统内,根据存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控车床加工程序也可以通过键盘用手工方式直接输入数控系统,或由编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序的输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(当数控系统内部存储器较小时);另一种则是一次性将零件加工程序全部读入到数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段调出进行加工。

(3) 数控装置:数控装置是数控车床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制车床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。但输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求,因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

(4) 驱动装置及位置检测装置:驱动装置接受来自数控装置的指令信息,经功率放大后,严格按照指令信息的要求驱动车床移动部件,以加工出符合图样要求的零件。因此,它的伺服精度和动态响应性能是影响数控车床加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。驱动装置包括控制器(含功率放大器)和执行机构两大部分,目前大多采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

位置检测装置将数控车床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到车床的数控装置之后,数控装置将反馈回来的实际位移量与设定值进行比较,控制驱动装置按指令设定值运动。

(5) 辅助控制装置:辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判断和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动车床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启动和停止,工件和机床部件的松开、夹紧等辅助动作。

由于可编程逻辑控制器(PLC)具有响应快、性能可靠、使用方便、编程和调试程序容易等特点,并可直接驱动部分机床电器,因此,被广泛用作数控车床的辅助控制装置。目前,大多数数控系统都带有内部 PLC,用于处理数控机床的辅助指令,从而简化了机床的辅助控制装置。

(6) 车床本体:车床本体与传统车床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控车床特别是车削中心,在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都有了较大的变化。这种变化的目的是为了满足数控车床的要求,并充分发挥数控车床的特点。归纳起来包括以下几个方面的变化:

1) 采用高性能主传动及主轴部件:具有传递功率大、刚度高、抗振性好及热变形小等优点。

2) 进给传动采用高效传动件:具有传动链短、结构简单、传动精度高等特

点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

3) 具有完善的刀具自动交换和管理系统。

4) 车床本身具有很高的动、静刚度。

5) 采用全封闭罩壳:由于数控车床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对车床的加工部件进行全封闭。

3. 数控车床的工作原理

在传统的金属切削机床上,加工零件时,操作者根据图样的要求,通过不断改变刀具的运动轨迹、运动速度等参数,使刀具对工件进行切削加工,最终加工出合格的零件。

数控车床的加工,实质是应用了“微分”原理,其工作原理(见图 1-2)与过程可简述如下。

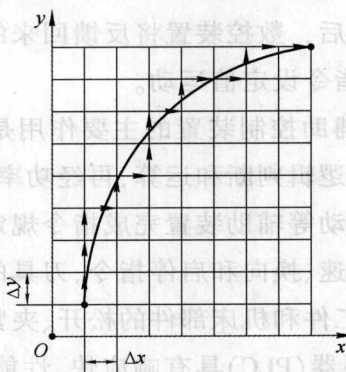


图 1-2 数控加工原理

(1) 数控装置根据加工程序要求的刀具轨迹,将轨迹按车床对应的坐标轴,以最小移动量(脉冲当量)进行微分(图 1-2 中的 Δx 、 Δy),并计算出各坐标轴需要移动的脉冲数。

(2) 通过数控装置的插补软件或插补运算器,把要求的轨迹用最小移动单位的等效折线进行拟合,并找出最接近理论轨迹的拟合折线。

(3) 数控装置根据拟合折线的轨迹,给相应的坐标轴连续不断地分配进给脉冲,并通过伺服驱动使车床坐标轴按分配的脉冲运动。

由此可见:

① 只要数控车床的最小移动量(脉冲当量)足够小,所用的拟合折线就完全可以等效代替理论曲线;

② 只要改变坐标轴的脉冲分配方式,即可改变拟合折线的形状,从而达



到改变加工轨迹的目的；

③ 只要改变分配脉冲的频率,即可改变坐标轴(刀具)的运动速度。这样,就实现了数控车床控制刀具移动轨迹的根本目的。

根据给定的数学函数,在理想轨迹(轮廓)的已知点之间,通过数据点的密化,确定一些中间点的方法,即称为插补。能同时参与插补的坐标轴数,称为联动轴数。显然,当数控机床的联动轴越多,机床加工轮廓的性能就越强。因此,联动轴数是衡量数控机床性能的重要技术指标之一。

二、数控车床的类型

目前数控车床品种齐全、规格繁多,可以从不同的角度进行分类。

1. 按控制方式分类

(1) 开环控制系统:开环控制系统是指不带反馈装置的控制系统。它根据控制介质上的数据指令,经过数控运算发出脉冲信号,输入到伺服驱动装置(如步进电动机),使其转动相应的角度,然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构,转换为移动部件的直线位移。开环控制系统的框图如图 1-3 所示。

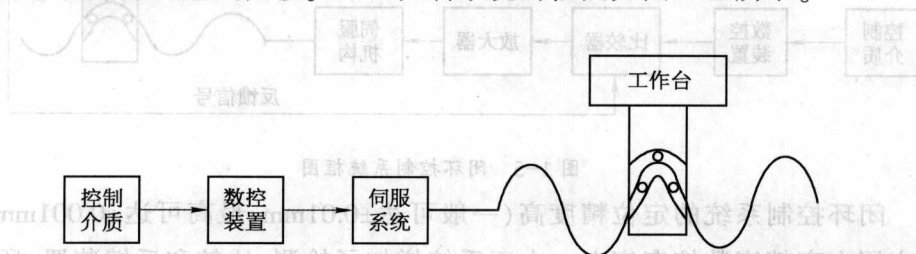


图 1-3 开环控制系统框图

由于开环控制系统不具有反馈装置,不能进行误差校正,因此,这类数控车床的精度较低($\pm 0.02\text{mm}$)。虽然开环控制系统具有结构简单、工作稳定、使用维修方便,以及成本低的优点,但它已不能满足数控车床日益提高的精度要求。

(2) 半闭环控制系统:半闭环控制系统是在开环控制系统的伺服机构中装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角,间接检测移动部件的位移,然后反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止的控制系统。由于半闭环控制系统中,移动部件的传动丝杠螺母机构不包括在闭环之内,所以传动丝杠螺母机构的误差仍然会影响移动部件的位移精度。半闭环控

制系统的框图如图 1-4 所示。

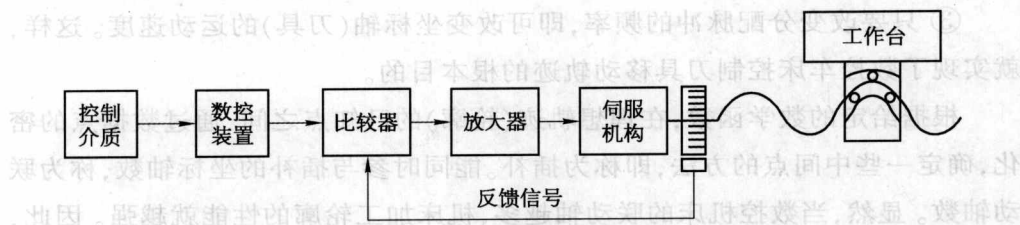


图 1-4 半闭环控制系统框图

半闭环控制系统调试方便,稳定性好,目前应用比较广泛。

(3) 闭环控制系统:闭环控制系统的框图如图 1-5 所示,闭环控制系统是在车床移动部件位置中直接装有直线位置检测装置,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件做补充位移,直到差值消除时才停止移动,达到精确定位的控制系统。

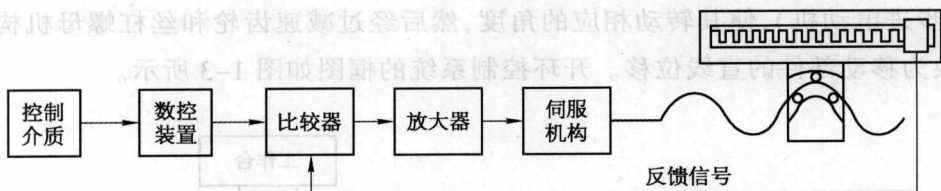


图 1-5 闭环控制系统框图

闭环控制系统的定位精度高(一般可达 $\pm 0.01\text{mm}$,最高可达 $\pm 0.001\text{mm}$),一般应用在高精度数控车床上。由于系统增加了检测、比较和反馈装置,所以结构比较复杂,调试维修比较困难。

2. 按数控系统的功能分类

按数控系统的功能水平不同,通常把数控系统分为低、中、高三类。低、中、高三类的界限是相对的,不同时期的划分标准也会不同。就目前的发展水平来看,可以根据功能及指标,将各种类型的数控系统分为低档、中档和高档三类。其中,中档一般称为全功能数控或标准型数控;经济型数控则属于低档数控,是指由单片机和步进电动机组成的数控系统,或其他功能简单、价格低的数控系统,经济型数控主要用于车床、线切割机床以及旧机床改造等。

3. 按加工方法分类

(1) 普通数控车床:数控车床是在普通车床的基础上,增加了数控系统和伺服驱动系统,从而形成能够按照预定程序自动完成预定加工过程的车床。普



通数控车床是指加工用途、加工工艺相对单一的数控车床,在机械制造业数量较多,通常称之为经济型数控车床,如图 1-6 所示。

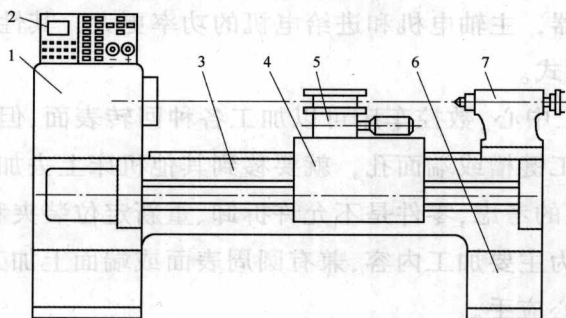


图 1-6 普通数控车床组成示意图

1-主轴箱;2-控制面板;3-床身;4-刀架滑板;5-转塔刀架;6-底座;7-尾座

普通数控车床采用较低的配置形式,具有较大的价格优势,与传统的同类车床相比,具有精度一致性好、生产率和自动化程度高等特点。但在机械结构上,没有改变普通车床 Z 向驱动力偏心引起的执行机构变形和导轨承载面不均匀磨损问题,普遍使用的滑动导轨也不能适应高负载系数的自动化生产过程,四方形刀架较少的装刀数量也限制了车床工艺能力的范围。

(2) 多功能数控车床:多功能数控车床采用倾斜床身或平床身/斜滑板,具有回轮式刀架,使用滚动导轨支承溜板。在回轮刀架上可以安装 10 组以上车削刀具或孔加工刀具,回轮刀架上刀具的转位可以由液压马达或伺服电机驱动,尾架可以根据需要由液压装置控制其运动,如图 1-7 所示。

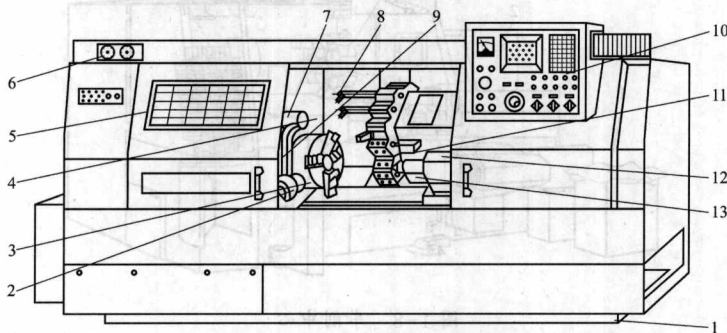


图 1-7 多功能数控车床的外观图

1-床身;2-对刀仪;3-主轴卡盘;4-主轴箱;5-防护门;6-压力表;7-对刀仪防护罩;

8-防护罩;9-对刀仪转臂;10-操作面板;11-回转刀架;12-尾座;13-滑板

采用倾斜床身的多功能数控车床,刚性好、排屑方便,高温切削对运动导轨的不均匀变形影响减小;倾斜床身的截面可以形成封闭的腔形结构,其型腔

内部可以填充泥芯或混凝土等阻尼材料,在加工中利用阻尼材料的相对摩擦来耗散振动能量,减少振动对表面加工质量的影响。在多功能数控车床上通常配置有自动排屑器,主轴电机和进给电机的功率更大,其性能配置更适合精密、大批量生产模式。

(3) 车削加工中心:数控车床可以加工各种回转表面,但是如果圆周表面或端面上需要加工键槽或端面孔,就要移到其他机床上去加工。在很多情况下,出于加工精度的考虑,零件是不允许拆卸、重新定位装夹和更换机床的。对于这种以回转面为主要加工内容,兼有圆周表面或端面上加工的零件,车削加工中心就比较得心应手。

车削加工中心床身均为倾斜结构,主轴使用交流伺服电机驱动或电主轴结构,主轴的最高转速可达 6000r/min 以上,以满足精加工的需要,如图 1-8 所示。为了扩展其工艺范围,在回轮式刀架上配备有多功能的动力刀头,不但可以装夹内外圆车刀,还可装夹自驱动的铣刀、钻头、丝锥等刀具,以完成圆周表面或端面上的各种加工;回轮刀架的转位使用交流伺服电机驱动,换刀时间短;机床的尾架使用 PLC 可编程控制器控制其工作位置,使用方便;对直径尺寸影响较大的 X 轴多采用光栅闭环控制,以提高加工精度;在机床上通常设置自动对刀仪,由控制指令操作使其完成对加工刀具的测量,并将测量结果自动补偿到加工过程中。

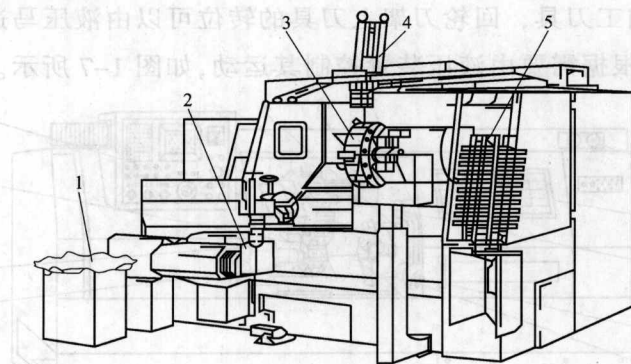


图 1-8 车削中心

1-零件库;2-上下料机械手;3-转塔刀架;4-换刀机械手;5-刀库

车削加工中心除了具有常规的 X 轴、Z 轴控制外,还具有 C 轴功能(主轴在加工过程中同时作为旋转坐标轴使用),与铣削动力头配合,可以在工件上完成特殊型面的加工,如圆柱面凸轮槽、端面凸轮槽等。在部分车削加工中心上,还具有 Y 轴功能和 B 轴功能,使得机床的工艺范围进一步扩大。

4. 按主轴的配置形式分类

(1) 卧式数控车床: 主轴轴线处于水平位置的数控车床。它能自动加工各种轴类、套类、盘类等复杂的内外回转表面的零件, 是其他类型车床所不能代替的。但该车床车削工件直径的大小受到床身导轨的限制, 工件越大, 主轴及其轴承承受的弯矩越大, 难以保证精度。

(2) 立式数控车床: 主轴轴线处于垂直位置的数控车床。该车床的工作台装在底座上, 工件装夹在工作台上, 并由工作台带动旋转。进给运动由垂直刀架和侧刀架实现。该车床将主轴立起来, 工件装卸、观察方便, 主轴轴承不承受工件、花盘等重力产生的弯矩, 工件及工作台的重量由导轨或推力轴承承受。

立式数控车床与卧式数控车床相比, 在加工大型盘类、套类、壳体类工件时具有较高的精度和生产率, 工件越大, 这种特点越突出。

三、数控车床的特点

1. 数控车床的优点

(1) 加工对象改型的适应性强: 由于在数控车床上改变加工零件时, 只需要重新编制程序就能实现对零件的加工, 它不同于传统的车床, 不需要制造或更换许多工具、夹具和检验具, 更不需要重新调整车床。因此, 数控车床可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件, 这就为单件、小批以及试制新产品提供了极大的便利。不仅缩短了生产准备周期, 而且节省了大量工艺装备费用。

(2) 加工精度高: 数控车床是以数字形式给出的指令进行加工的, 由于目前数控装置的脉冲当量 (即每输出一个脉冲后数控机床移动部件相应的移动量) 一般达到了 0.001mm , 而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿, 因此, 数控车床能达到比较高的加工精度和质量稳定性。这是由数控车床结构设计采用了必要的措施以及机电结合的特点决定的。首先是在结构上引入了滚珠丝杠螺母机构、各种消除间隙结构等, 使机械传动的误差尽可能小; 其次是采用了软件精度补偿技术, 使机械误差进一步减小; 再次是用程序控制加工, 减少了人为因素对加工精度的影响。这些措施不仅保证了较高的加工精度, 同时还保证了较高的质量稳定性。

(3) 生产效率高: 零件加工所需要的时间包括机动时间与辅助时间两部分。数控车床能够有效地减少这两部分时间, 因而加工生产效率比一般车床高得多。数控车床主轴转速和进给量的范围比普通车床的范围大, 每一道工序都能选用最有利的切削用量, 良好的结构刚性允许数控车床进行大切削用量的

强力切削,有效地节省了机动时间。数控车床移动部件时的快速移动和定位采用了加速与减速措施,因而选用了很高的空行程运动速度,花费在快进、快退和定位上的时间要比一般车床少很多。

数控车床的加工精度比较稳定,一般只需做首件检验或工序间关键尺寸的抽样检验,因而可以减少停机检验的时间。在使用带有刀库和自动换刀装置的数控车削中心机床时,在一台机床上就实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就更为明显。

(4) 自动化程度高:数控车床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了操作面板、装卸零件、关键工序的中间测量,以及观察机床的运行之外,其他的机床动作直至加工完毕都是自动连续完成,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均大为减小,劳动条件也得到相应的改善。

(5) 良好的经济效益:使用数控车床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用是比较昂贵的。但在单件、小批量生产情况下,可以节省工艺装备费用、辅助生产工时、生产管理费用及降低废品率等,因此能够获得良好的经济效益。

(6) 有利于生产管理的现代化:用数控车床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作。这些特点都有利于使生产管理现代化。

数控车床在应用中也有不利的一面,如增加了起始阶段的投资,对设备维护的要求较高,对操作人员的技术水平要求较高等。

2. 数控车床的适用范围

数控车床与卧式车床一样,也是用来加工轴类或盘类的回转体零件。但是由于数控车床是自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、端面、螺纹等工序的切削加工,所以数控车床特别适合加工形状复杂的轴类或盘类零件。

数控车床具有加工灵活、通用性强、能适应产品的品种和规格频繁变化等特点,能够满足新产品的开发和多品种、小批量、生产自动化的要求,因此被广泛应用于机械制造业。

数控车床通常最适合加工具有以下特点的零件。

(1) 多品种小批量生产的零件:通常,采用数控车床加工的合理生产批量在 10~200 件之间,目前有向中批量发展的趋势。

(2) 结构比较复杂的零件:数控车床一般适合于加工结构比较复杂且在非数控车床上加工时需要昂贵的工艺装备的零件。

(3) 需要频繁改型的零件:数控车床能节省大量的工艺装备费用,使综合