



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

数控车工

中等职业学校机电类技能实训教材

主编 董宏伟



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>



中华人民共和国教育部
教育部职业教育与成人教育司

数控车工

（中级工）



— 1 —



数控车工

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

数控车工

(中等职业学校机电类技能实训教材)

主 编 董宏伟

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控车工/董宏伟主编. —北京:北京邮电大学出版社,
2007(2009.6重印)

中等职业学校技能实训教材

ISBN 978 - 7 - 5635 - 1434 - 2

I. 数… II. 董… III. 数控机床;车床—车削—专业学
校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第028417号

书 名 数控车工

主 编 董宏伟

责任编辑 周 堃 张丹丹

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路10号 邮编 100876

经 销 各地新华书店。

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 960 mm 1/16

印 张 7.5

字 数 143千字

版 次 2007年6月第1版 2009年6月第3次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5635 - 1434 - 2

定 价 11.00元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

E-mail: publish@bupt.edu.cn

电话:(010)82551166 (010)62283578

Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

中等职业学校机电类技能实训教材

编委会名单

主任:金同实

副主任:王富平 丁 阳 王锦亚 陈 冰

委员:周如俊 潘家俭 蔡发奎 董自舜
许国仿 周延松 孟小雷 赵 莉
董宏伟 江莉军 董 强 李廷莲
徐圣龙 陈安鑫 吴 颖 魏引辉
孙桂权 张 军 徐学强 陈恒水

出版说明

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革,以及学校的实际情况,成立了机电专业教材编写委员会,以培养技能型人才为出发点将理论教学和实践训练有机结合,结合国家劳动和社会保障部制定的职业技能鉴定标准,采用项目教学,明确技能训练项目,紧贴技能鉴定要求,将理论教学贯穿于每个项目课题中。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,精简整合理论课题,注重实训教学,强化技能实用培训,本着“实际、实用、实效”原则,教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,教学形式生动活泼,符合中等职业学校学生认知规律,以培养适应科技进步、经济发展和市场就业的人才。

全书以项目的形式编排,以任务的方式进行驱动,体现了职业技能教育由浅入深、由易到难、循序渐进的特点。学生通过本书的学习,操作技能会得到逐步提高,为掌握数控专业中级技能的学习,打下良好的基础。本书所采用的设备为被我国广泛使用的 FANUC 系统,详细地介绍了数控机床的基础知识、编程方法、模拟系统的应用等数控专业的必需知识。在此基础上读者可以根据实际情况进一步扩展到西门子系统和广数系统。我们所选课题大部分来源于生产实际,具有一定的典型性、实用性和通用性。因此,这是一本比较规范和切合实际的机电类学生技能训练教材。

本书由连云港市职业技术教育中心董宏伟主编。项目一由魏引辉编写,项目三由吴颖编写,项目二、项目四、项目五由董宏伟编写,王锦亚负责本书的主审,周如俊、潘家俭、蔡发奎、董自舜、许国仿、周延松参加了审定。

由于编者水平有限,时间仓促,书中缺点和错误请读者批评指正。

编者

目 录

项目一 数控机床入门

任务一	数控机床的产生和发展过程	(1)
任务二	常用数控系统介绍	(2)
任务三	数控机床的组成、工作原理及特点	(4)
任务四	数控车床的分类	(7)
任务五	数控机床的安全操作及维护	(9)
任务六	数控车削刀具	(10)

项目二 数控编程基础知识

任务一	数控编程的基本概念和程序构成	(22)
任务二	数控机床的坐标系	(25)
任务三	M 指令及通用 G 指令	(29)

项目三 FANUC -0i 系统数控车床仿真软件应用

任务一	数控车床的基本操作	(36)
任务二	数控车床的操作实例	(52)

项目四 FANUC -0i 系统数控编程指令

任务一	等螺距螺纹切削指令(G32)	(59)
任务二	单一固定循环指令(G90/G92)	(63)
任务三	复合循环指令一(G70/G71)	(68)
任务四	复合循环指令二(G72/G73)	(70)
任务五	复合循环指令三(G76)	(74)
任务六	子程序(M98/M99)	(77)

项目五 数控加工实践练习

任务一 外圆与台阶加工	(80)
任务二 倒角与圆锥加工	(82)
任务三 圆弧加工	(85)
任务四 综合练习(一)	(87)
任务五 切槽加工	(90)
任务六 螺纹加工	(92)
任务七 循环车削加工	(95)
任务八 综合练习(二)	(97)
任务九 综合练习(三)	(100)
任务十 综合练习(四)	(102)
附:中级工理论考核模拟试题	(105)

项目一 数控机床入门

数控技术是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。数控的产生依赖于数据载体和二进制形式数控数据运算的出现。1908年,穿孔的金属薄片互换式数据载体问世;19世纪末,以纸为数据载体并具有辅助功能的控制系统被发明;1938年,香农在美国麻省理工学院进行了数据快速运算和传输,奠定了现代计算机,包括计算机数字控制系统的基础。数控技术是与机床控制密切结合发展起来的。1952年,第一台数控机床问世,成为世界机械工业史上一件划时代的事件,推动了自动化的发展。

任务一 数控机床的产生和发展过程

一、数控机床的产生

在机械制造业中,按年生产数量的多少,可分为单件小批生产、中批生产和大批生产,三种生产方式要相应采用不同的设备,以求获得良好的经济效益。

在机械制造中,约有75%~80%属于单件小批量生产,一般多采用普通机床加工。这对一般工人的技术水平要求较高,且手工操作机床,生产效率难以提高。特别是对一些精密复杂的零件,在普通机床加工时,困难较多,有的甚至难以实现。为了解决对复杂零件加工的自动化问题,过去人们采用带靠模的仿形机床进行加工,但模具的制造、安装、调整都要付出大量的手工劳动,而且加工零件的精度要直接受到模具自身精度的影响。

实际上,数控机床的产生与计算机的诞生密切相关。1946年,世界上第一台电子计算机产生了,人们开始设想能否用电子计算机来协助人类解决复杂零件的加工问题。1952年试制成功了世界上第一台由电子计算机控制的三坐标立式铣床。后来,经过改进并发展自动编程技术研究,于1955年进入实用阶段,投产了100台类似产品,这对于加工复杂曲线、曲面和美国飞机工业的发展起了重要的作用。

人们把电子计算机以数字指令方式控制机床动作的技术称为数字控制技术,简称数控NC(Numerical Control),采用数控技术的机床,称为数控机床。国际信息联盟第五技术委员会对数控机床做了如下定义:数控机床是一个装有程序控制系统的机床。该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。定义中的控制系统就是数控系统。

我国自1958年由清华大学和北京机床研究所联合研制国内第一台101数控机床(如图

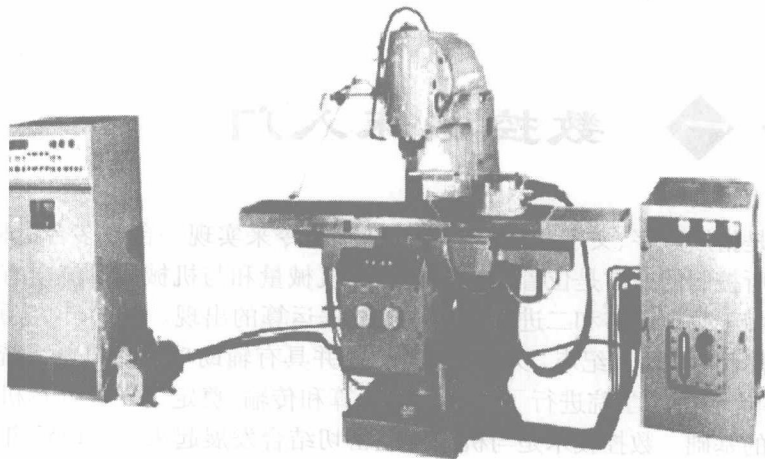


图 1-1 我国第一台数控车床

1-1 所示)以来,数控技术发展较快。特别是改革开放以来,由于引进国外的数控和伺服系统,使我国数控机床在品种、数量和质量方面都得到迅速发展。1986年,我国数控机床开始进入国际市场,从20世纪90年代起,数控机床已向高档方向发展。

二、数控机床的发展

数控机床自诞生到现在已有40多年了。随着电子元器件的更新换代,数控系统也不断发展,特别是超大规模集成电路技术和微处理器引入数控系统,以及直流伺服和交流伺服驱动技术的成熟,大大推动了数控机床的发展。今天的数控机床已发展成为一种高度机电一体化产品。

任务二 常用数控系统介绍

本节主要介绍我国常见的数控系统,包括数控系统生产厂商、数控系统型号以及典型数控系统的特点。目前,在我国使用的数控车床控制系统从来源地区主要可以分为国内产品、日本产品、欧盟产品等,本书中我们主要以日本FANUC系统作为教学样本。

一、国内代表产品

1. 南京华兴数控系统

其代表产品有WA-21DT、WA-21SN。主要用于经济型数控车床。其中,WA-21DT采用全数字式交流伺服单元或三相矢量细分步进电动机,分辨率达到0.001mm,具有较高的性价比。

2. 广州数控系统

广州数控应用于数控车床的控制系统主要有 GSK980I 车床数控系统、GSK980T 普及型车床数控系统等。其中 GSK980I 车床数控系统(CNC)为新一代的中高档数控系统,其功能强大,具有多种复合循环功能。

除上述产品外,国内还有以北京凯恩帝数控系统 KND100T、华中数控系统 HNC-21T、北京航空数控系统 CASNUC 2100 为代表的数控车床控制系统。

二、日本代表产品

1. 日本 FANUC 数控系统(如图 1-2 所示)

日本富士通公司的 FANUC 数控系统是在中国得到广泛应用的数控系统之一。

BEIJING-FANUC Oi-TB 是目前广泛使用的数控车床控制系统,它以高品质、高可靠性、高性价比在国内得到广泛应用。Oi-TB 可实现四轴二联动,目前多用于全功能数控系统。Oi 系列产品与 FANUC 的高端产品 18i、16i、21i 的界面、操作、参数基本相同。熟悉 Oi 系统后,可以很方便地掌握上述系统。OTG 系统是 FANUC OTD 系列的全功能产品。FANUC POWER MATE O 则是用于控制二轴的小型号车床,是取代步进电动机的经济型伺服系统。

2. 日本三菱数控系统

日本三菱数控系统(MITSUBISHI)在国内也有广泛的应用,它的主流产品主要有 MEL-DAS 50L 全功能型数控车床控制系统和 MELDSAS 520AL 高级型数控车床控制系统。

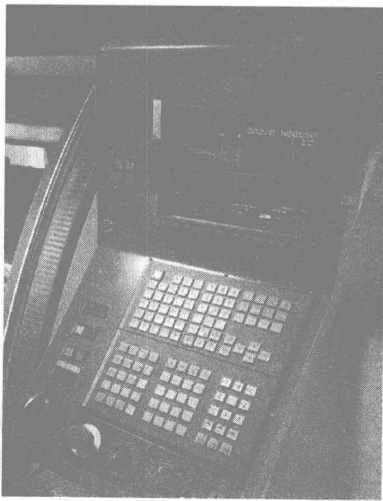


图 1-2 装备 FANUC 系统的机床

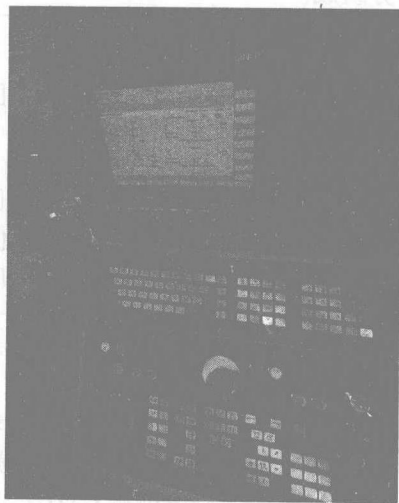


图 1-3 装备 SIEMENS 系统的机床

三、欧盟代表产品

1. 德国西门子数控系统(如图 1-3 所示)

西门子数控系统在中国的使用也非常广泛,它的主流产品主要有 SIUMERIK802S、

802C、802D 以及 810D、840D 等。其中 802D 是与德国同步推出的新产品,适用于全功能型数控车床,实现四轴驱动。840D 是采用全数字模块化数控设计的高端数控产品,用于复杂数控机床。810D 是控制轴数可达六轴的高度集成数控产品。802C/S 则是面向中国企业推出的经济型数控系统,具有较高的性价比和强大的功能。802C 是伺服驱动版本,802S 是步进驱动版本。

2. 欧盟其他产品

欧洲产品主要还有法国施耐德自动化的 NUM1020T、西班牙法格(FAGOR)自动化有限公司的 8025/8030 系列等产品。FAGOR 8025/8030 系列数控系统在我国拥有较多用户,它有 T、TG、TS 三个系列,其中 T 系列为车床数控系统,TG 为带有图形功能的车床数控系统,TS 为带有刀具自旋功能的车床数控系统。

任务三 数控机床的组成、工作原理及特点

一、数控机床的组成和工作过程

1. 数控机床的组成

如图 1-4 所示,数控机床主要由输入/输出设备、计算机数控系统、伺服系统和机床本体等四部分组成。

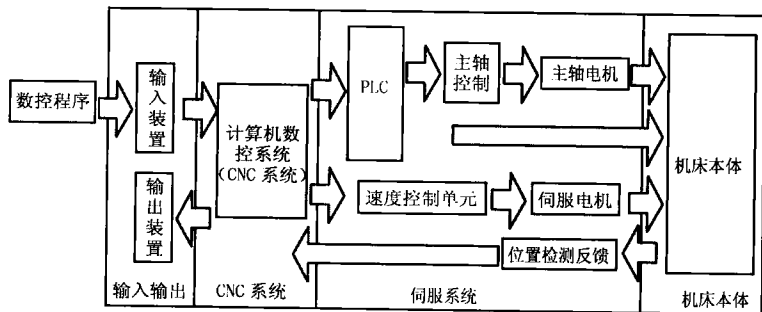


图 1-4 数控机床基本结构框图

1) 输入输出设备

输入输出设备主要实现编制程序、输入程序、输入数据以及显示、存储和打印等功能。常用的输入输出设备有:键盘、纸带阅读机、磁带或磁盘输入机、CRT 显示器等,高级的数控机床还配有一套自动编程机或 CAD/CAM 系统。

2) 数控系统

数控系统是数控机床的“大脑”和“核心”,通常由一台通用或专用计算机构成。它的功能是接受输入装置输入的加工信息,经过数控系统中的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,发出相应的各种信号和指令给伺服系统,通过伺服系统控制机床的各个运动

部件按规定要求动作。

3) 伺服系统

伺服系统接收来自数控系统的指令信息,严格按指令信息的要求驱动机床的运动部件动作,以加工出符合图纸要求的零件。伺服系统的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量和生产率的重要因素之一。

伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机(如图1-5所示)、机械传动机构和执行机构。伺服系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服系统中,还需配有位置检测装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量,并与指令位移量进行比较,按闭环原理,用其差值来控制执行部件的进给运动。

4) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,包括:床身、立柱等支承部件;主轴等运动部件;工作台、刀架以及进给运动执行部件、传动部件;此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置,对加工中心类数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。与传统机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统与刀具系统的部件结构以及操作机构等都发生了很大的变化,这种变化的目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点。

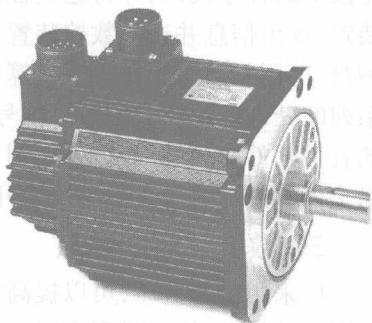


图 1-5 伺服电机

2. 数控机床的工作过程

在数控机床上加工零件的过程如图1-6所示。

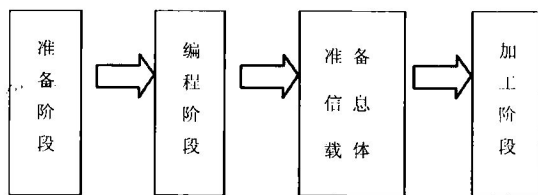


图 1-6 数控加工过程

1) 准备阶段

根据加工零件的图纸,确定有关加工数据(刀具轨迹坐标点、加工的切削用量、刀具尺寸信息等),根据工艺方案、夹具选用、刀具类型选择等确定有关其他辅助信息。

2) 编程阶段

根据加工工艺信息,用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序,程序就是对加工工艺过程的描述,并填写程序单。

3) 准备信息载体

根据已编好的程序单,将程序存放在信息载体(穿孔纸带、磁带、磁盘等)上,信息载体上

存储着加工零件所需要的全部信息。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机通过网络与机床数控系统通讯。

4) 加工阶段

当执行程序时,机床 NC 系统将程序译码、寄存和运算,向机床伺服机构发出运动指令,以驱动机床的各运动部件,自动完成对工件的加工。

二、数控机床的工作原理

数控机床工作原理是,首先根据被加工零件的形状、尺寸及技术要求等,采用手工或计算机进行零件的程序编制,把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数转变成数控装置所能接受的程序代码,并将这些程序代码存储在信息载体上或直接通过键盘输入,然后经输入装置,读出信息并送入数控装置。当信息载体为纸带时,用光电阅读机输入。若信息载体为磁盘,可用驱动器输入或用计算机和数控机床的接口直接通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算变成脉冲信号,有的脉冲信号送到机床的伺服系统,经传动机构驱动机床的有关部件;有的脉冲信号送到可编程控制器(PLC)中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件夹紧与放松、冷却液的开闭、刀具的自动更换等。

三、数控机床的特点

1. 采用数控机床,可以提高零件的加工精度,稳定产品质量。因为数控机床是按预定的程序自动加工,加工过程不需要人工干预,所以加工零件的一致性好,而且加工精度还可以利用软件来进行校正及补偿,因此可以获得比机床本身精度还要高的加工精度及重复精度。

2. 能够完成很多普通机床难以完成,或者根本不能加工的复杂曲面的零件加工。因此数控机床首先在航空航天领域获得应用,在复杂形面的模具加工中,在蜗轮叶片及螺旋桨的加工中也都得到了广泛的应用。

3. 采用数控机床比普通机床可以提高生产率 2~3 倍,尤其对某些复杂零件的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍。

4. 可以实现一机多用,一些数控机床将几种机床功能(如钻、镗、铣)合一,加上刀具自动交换系统构成加工中心或车削中心,如果能配置数控转台或分度转台,则可以实现一次安装,多面加工,这时一台数控机床可代替 5~7 台普通机床,并节省了厂房面积。

5. 不需采用工装夹具,而用普通的通用工、夹具,只需更换程序就可适应不同品种及尺寸规格零件的自动加工,从而加速了资金的周转,有利于提高企业经济效益,大大减轻了工人的劳动强度。

任务四 数控车床的分类

数控车床品种繁多,规格不一,通常可按如下方法进行分类。

一、按车床主轴位置分类

1. 立式数控车床

其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台,用来装夹工件。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件,如图 1-7a 所示。

2. 卧式数控车床

卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床,如图 1-7b、c、d 所示。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑。

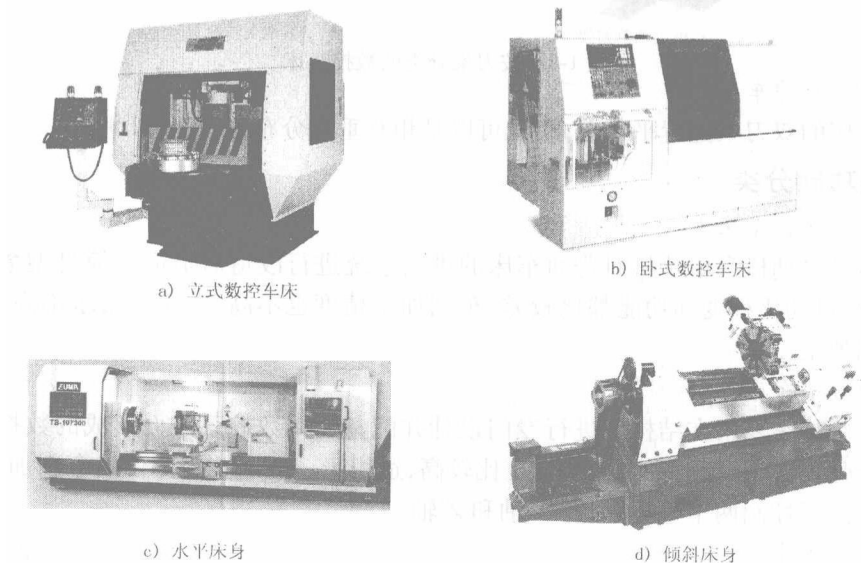


图 1-7 按主轴分类的数控车床

二、按加工零件的基本类型分类

1. 卡盘式数控车床

这类车床没有尾座,适合车削盘类(含短轴类)零件。夹紧方式多为电动或液动控制,卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火卡爪(即软卡爪)。

2. 顶尖式数控车床

这类车床配有普通尾座或数控尾座,适合车削较长的零件及直径不太大的盘类零件。

三、按刀架数量分类

1. 单刀架数控车床

数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如四工位卧式转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架,如图 1-8a 所示。

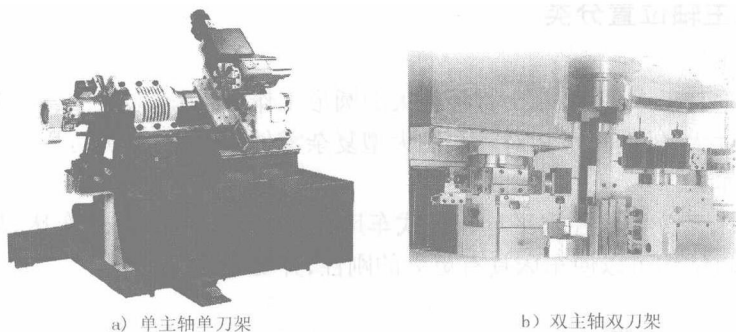


图 1-8 按刀架分类的数控车床

2. 双刀架数控车床

这类车床的双刀架配置平行分布,也可以是相互垂直分布,如图 1-8b 所示。

四、按功能分类

1. 经济型数控车床

采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床,成本较低,但自动化程度和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

2. 普通数控车床

根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床,数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高,适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴,即 X 轴和 Z 轴。

3. 车削加工中心

在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头,更高级的数控车床带有刀库,可控制 X 、 Z 和 C 三个坐标轴,联动控制轴可以是 (X,Z) 、 (X,C) 或 (Z,C) 。由于增加了 C 轴和铣削动力头,这种数控车床的加工功能大大增强,除可以进行一般车削外,还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

五、其他分类方法

按数控系统的不同控制方式等指标,数控车床可以分为很多种类,如直线控制数控车床,两主轴控制数控车床等;按特殊或专门工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。

任务五 数控机床的安全操作及维护

一、数控车床的安全操作规程

1. 操作人员必须熟悉机床使用说明书等有关资料。如主要技术参数、传动原理、主要结构、润滑部位及维护保养等基础知识。

2. 开机前应对机床进行全面细致的检查,确认无误后方可操作。

3. 机床通电后,检查各开关、按钮和按键是否正常、灵活,机床有无异常现象。

4. 检查电压、油压是否正常,有手动润滑的部位先要进行手动润滑。

5. 各坐标手动回零(机械原点)。

6. 程序输入后,应仔细核对。其中包括对代码、地址、数值、正负号、小数点及语法。

7. 正确测量和计算工件坐标系,并对所得结果进行检查。

8. 输入工件坐标系,并对坐标、坐标值、正负号及小数点进行认真核对。

9. 未装工件前,空运行一次程序,看程序能否顺利运行,刀具和夹具安装是否合理,有无超程现象。

10. 无论是首次加工的零件,还是重复加工的零件,首先都必须对照图纸、工艺规程、加工程序和刀具调整卡,进行试切。

11. 试切时快速进给,倍率开关必须打到较低档位。

12. 每把刀首次使用时,必须先验证它的实际长度与所给刀补值是否相符。

13. 试切进刀时,在刀具运行至工件表面 30 ~ 50mm 处,必须在进给保持下,验证 Z 轴和 X 轴坐标剩余值与加工程序是否一致。

14. 试切和加工,刃磨刀具和更换刀具后,都要重新测量刀具并修改刀补值和刀补号。

15. 程序修改后,对修改部分要仔细核对。

16. 手动进给连续操作时,必须检查各种开关所选择的位置是否正确,运动方向是否正确,然后再进行操作。

17. 必须在确认工件夹紧后才能启动机床,严禁工件转动时测量、触摸工件。

18. 操作中出现工件跳动、打斗、异常声音、夹具松动等异常情况时必须立即停车处理。

19. 加工完毕,清理机床。

二、机床电气维护

1. 机床故障检查。开机前应进行全面细致的检查,确认无误后方可操作。数控车床通电后,检查机床有无异常现象。

2. 机床的接地必须良好可靠,应接到机床前床腿左侧的专用接地装置上(螺栓)。

3. 机床附近不应接有电焊机之类的设备,防止干扰数控系统的正常工作。电箱两侧的