

中等职业学校数控技术应用专业项目教程



数控车加工 项目教程

■ 主 编 喻志刚
■ 副主编 陈翠萍

适用专业

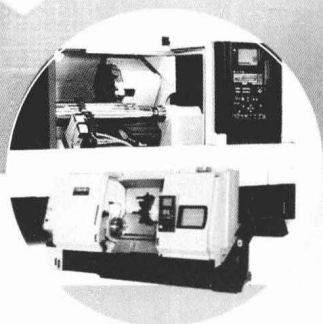
- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

中等职业学校数控技术应用专业项目教程



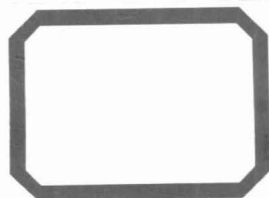
数控车加工 项目教程



■ 主 编 喻志刚
■ 副主编 陈翠萍

适用专业

- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业



TY PRESS
出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车加工项目教程/喻志刚主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.7
中等职业学校数控技术应用专业项目教程
ISBN 978-7-307-13514-7

I. 数… II. 喻…… III. 数控机床—车床—加工工艺—中等专业学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 120889 号

责任编辑:胡 艳 责任校对:汪欣怡 版式设计:韩闻锦

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:武汉中科兴业印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:363千字 插页:1

版次:2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷

ISBN 978-7-307-13514-7 定价:30.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

随着数控机床设备的日益增多,企业对掌握数控技术的技能型人才的需求逐年增加,因此培养数控技术应用领域的专业技能型人才十分迫切。在这种情况下,多位长期从事中职数控技术应用专业教学的专业骨干教师与行业企业的专家通力合作,针对中职生源的特点,以培养学生学习能力及操作技能为目的,编写了本教材。

本书具有以下特点:

1. 以就业为导向,以国家职业标准中级数控车工考核要求为依据。
2. 在结构上,从中职学生的基础能力出发,遵循专业理论的学习规律和技能的形成规律,根据数控车床加工特征分若干教学任务,按照由简到难的顺序,设计一系列的项目,使学生在项目和任务的引导下学习数控车床加工的知识,通过理实一体化模式完成教学任务。
3. 在内容上,全书分为5个项目,以零件的数控车削加工工作过程为主线,以具体的工作任务为驱动力,引导学生系统地掌握数控加工工艺方案的制定、刀具选择、程序编制、机床操作及零件检测等各项工作。本书介绍的指令以国产数控系统——华中数控世纪星 HNC-21T 为根据。
4. 在形式上,通过“任务要求”、“知识与能力目标”、“任务准备”、“任务实施”、“任务总结评价”、“知识和技能拓展”等形式,引导学生明确各任务的学习目标,学习与任务相关的知识与技能,并适当拓展相关知识。

本书由武汉机电工程学校喻志刚主编。参编人员有武汉机电工程学校陈翠萍(编号项目1和项目2中任务2-1、任务2-4)、石磊、韩喜峰、陈丽、李乐、侯玉芹,以及中国长江动力集团万智前工程师。感谢湖北工业大学胡松林教授对本书的指导。

由于编者水平和经验有限,书中难免有错漏和不当之处,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2014年4月

目 录

项目 1 数控车床基本操作	1
任务 1-1 数控车床基础知识	1
任务 1-2 数控车床面板功能	11
任务 1-3 数控车床手动操作与试切削	23
任务 1-4 数控车床程序输入与编辑	32
任务 1-5 数控车床 MDI 操作及对刀	37
项目 2 轴类零件加工	48
任务 2-1 阶梯轴零件加工	48
任务 2-2 切槽及切断零件加工	63
任务 2-3 锥度面零件加工	75
任务 2-4 圆弧面零件加工	86
任务 2-5 多阶梯轴零件加工	97
任务 2-6 螺纹零件加工	109
项目 3 套类零件加工	125
任务 3-1 内轮廓零件加工	125
任务 3-2 调头零件加工	139
项目 4 典型零件加工	154
任务 4-1 典型零件加工（一）	154
任务 4-2 典型零件加工（二）	176
项目 5 综合零件加工	209
任务 5-1 综合零件加工（一）	209
任务 5-2 综合零件加工（二）	225
主要参考文献	242

项目 1 数控车床基本操作

任务 1-1 数控车床基础知识

一、任务要求

- (1) 了解数控车床的种类；
- (2) 认识数控车床的结构组成；
- (3) 熟悉数控车削的加工特点及应用场合。

二、能力目标

- (1) 能指出数控车床的型号标记中各代码的含义；
- (2) 能区分数控车床的各组成部分及作用；
- (3) 具有区分立式数控车床、水平导轨式数控车床和倾斜导轨式数控车床的能力。

三、知识准备

(一) 数控车床概述

数控 (Numerical Control, NC)：采用数字化信息对数控机床的运动及其加工过程进行控制的方法。数控一般是采用通用或专用计算机实现数字程序控制，因此数控也称为计算机数控 (Computer Numerical Control, CNC)，现在一般都称为 CNC，很少再用 NC 这个概念了。

数控机床：应用数控技术对加工过程进行控制的机床。

数控车床又称为 CNC 车床，是用计算机数字化信号控制的机床。操作时，将编制好的加工程序输入到机床专用的计算机中，再由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机去控制车床各部件运动的先后顺序、速度和移动量，并与选定的主轴转速相配合，车削出形状不同的工件。数控车床上零件的加工过程如图 1-1-1 所示。

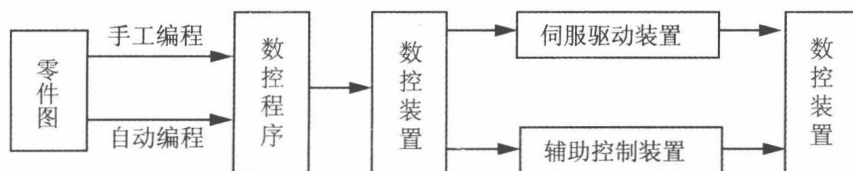
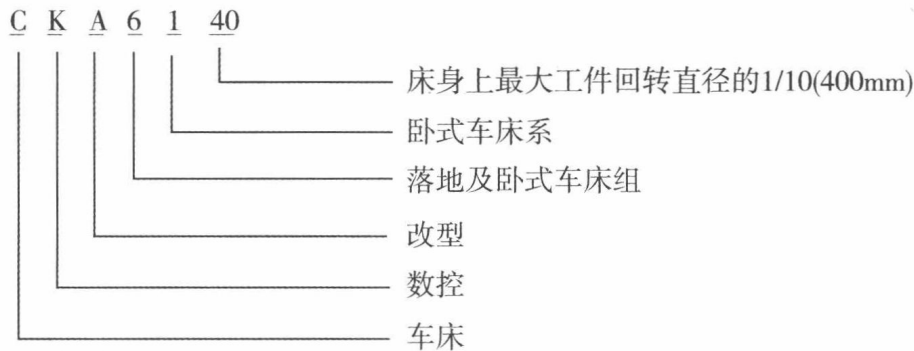


图 1-1-1 数控车床上零件的加工过程

(二) 数控车床的型号标记

数控车床采用与卧式车床相类似的型号表示方法，由字母及一组数字组成。例如，数控车床 CKA6140 各代号含义如下：



(三) 数控车床的种类

数控车床按不同方式分为不同的种类。下面按所配置的数控系统、数控车床功能、主轴配置形式、控制方式分别介绍。

1. 按数控系统分类

目前，工厂常用数控系统有 BEIJING-FANUC（北京发那科）数控系统、SIEMENS（西门子）数控系统、广州数控系统、三菱数控系统、华中数控系统等。每一种数控系统又有多种型号，例如 BEIJING-FANUC（北京发那科）系统有 Oi-MD、Oi-TD、Oi-Mate-MD、Oi-Mate-TD、30i-B、31i-B、32i-B 等；SIEMENS（西门子）系统有 SINUMERIK802S、802C、802D、810D、840D 等；华中数控有车床系统 HNC-21T、HNC-8AT、HNC-8BT、HNC-210BT、HNC-18XP-T，以及铣床系统 HNC-21M、HNC-210AM、HNC-210BM，等等。各种数控系统指令各不相同，即使同一系统不同型号，其数控指令也略有差别，使用时应以系统说明书指令为准。本书以华中数控系统 HNC-21T 为例。

2. 按数控车床的功能分类

(1) 经济型数控车床。经济型数控车床是在卧式车床基础上进行改进设计的，一般采用步进电动机驱动的开环伺服系统，其控制部分通常采用单板机或单片机。经济型数控车床成本较低，自动化程度和功能都较差，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，其数控系统功能强，自动化程度和加工精度也比较高，可同时控制两个坐标轴，即 X 轴和 Z 轴，应用较广，适用于一般回转类零件的车削加工。

(3) 车削加工中心。在普通数控车床的基础上，增加了 C 轴和铣削动力头，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，以及中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

3. 按车床主轴配置形式分类

(1) 立式数控车床。立式数控车床主轴处于垂直位置，有一个直径很大的圆形工作

台，供装夹工件，如图 1-1-2 所示。立式数控车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。

(2) 卧式数控车床。卧式数控车床主轴轴线处于水平位置，生产中使用较多，常用于加工径向尺寸较小的轴类、盘类、套类复杂零件。它的导轨有水平导轨式和倾斜导轨式两种。水平导轨结构用于普通数控车床、经济型数控车床。水平导轨式数控车床的外形如图 1-1-3 所示。

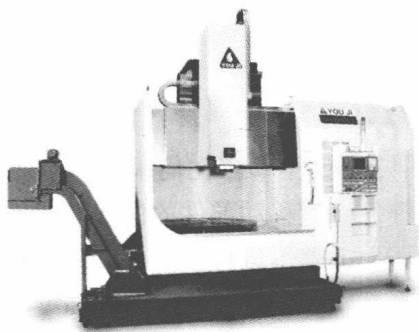


图 1-1-2 立式数控车床

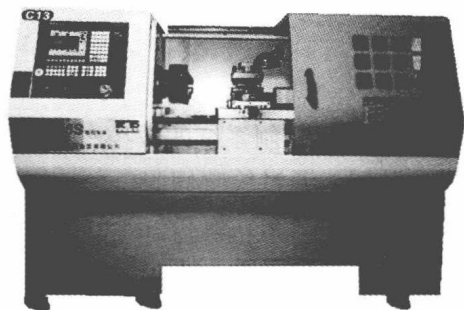


图 1-1-3 卧式数控车床

倾斜导轨结构可以使车床具有较大的刚性，且易于排除切屑，用于档次较高的数控车床及车削加工中心。倾斜导轨式数控车床的外形如图 1-1-4 所示。



图 1-1-4 倾斜导轨式数控车床

4. 按控制方式分类

按控制方式分，数控车床可分为开环控制、半闭环控制和闭环控制三大类。

(1) 开环控制系统的数控车床。开环控制系统的数控车床是指不带反馈装置的数控车床。进给伺服系统采用步进电动机，数控系统每发出一个指令脉冲，经驱动电路功率放大后，驱动步进电动机旋转一个角度，然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构，转换为刀架的直线移动。系统信息流是单向的，如图 1-1-5 所示。

开环控制系统的数控车床不具有反馈装置，对移动部件实际位移量的测量不能与原指

令值进行比较，也不能进行误差校正，因此系统精度低。但因其结构简单、成本低、技术容易掌握，故在中、小型控制系统的经济型数控车床中得到应用，尤其适用于旧机床改造的简易数控车床。

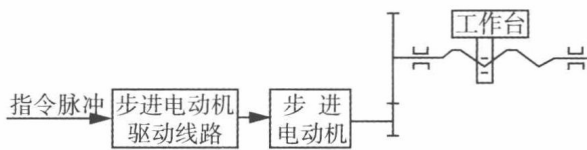


图 1-1-5 开环控制系统框图

(2) 半闭环控制系统的数控车床。半闭环控制系统的数控车床在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，间接测量移动部件的位移，然后反馈到数控装置中，与输入原指令位移值进行比较，用比较后的差值进行控制，以弥补移动部件位移，直至差值消除为止。由于丝杠螺母机构不包括在闭环之内，所以丝杠螺母机构的误差仍然会影响移动部件的位移精度，如图 1-1-6 所示。

半闭环控制系统的数控车床采用伺服电动机，结构简单、工作稳定、使用维修方便，目前应用比较广泛。

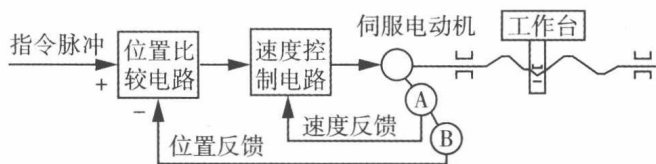


图 1-1-6 半闭环控制系统框图

(3) 闭环控制系统的数控车床。闭环控制系统的数控车床在车床移动部件位置上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作补充位移，直至差值消除为止，达到精度要求，如图 1-1-7 所示。

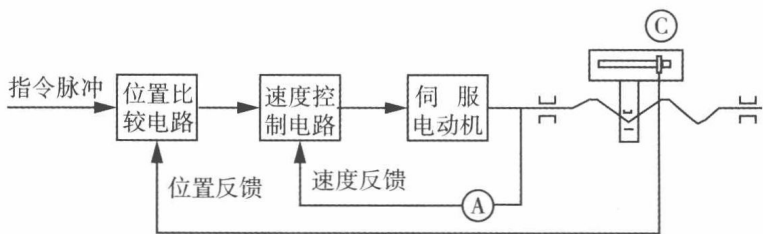


图 1-1-7 闭环控制系统框图

闭环控制系统数控车床的优点是精度高（一般可达 0.01mm，最高可达 0.001mm），

但结构复杂、维修困难、成本高，适用于加工精度要求很高的场合。

(四) 数控车床的组成

数控车床是应用最广泛的数控机床之一，图 1-1-8 所示为一台水平导轨式数控车床，其各部分的名称和功能见表 1-1-1。

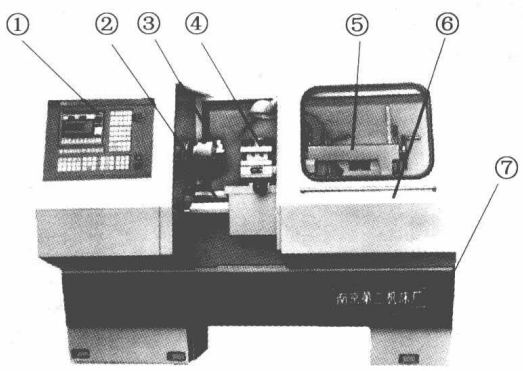


图 1-1-8 水平导轨式数控车床

表 1-1-1 数控车床各部分名称及功能

序号	名称	功 能
①	数控装置	主要功能是接收输入装置的信号，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输出信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作
②	导轨	起导向及支承作用，它的精度、刚度及结构形式等对机床的加工精度和承载能力有直接影响
③	卡盘	夹持工件
④	刀塔	安装刀具
⑤	尾座	用于安装顶尖、钻头 etc
⑥	防护门	安全防护作用
⑦	床身	支撑数控车床各部件

根据机床各组成部分的功能，可将数控机床分为输入输出设备、数控装置、伺服系统和机床本体等部分组成，其组成框图如图 1-1-9 所示。

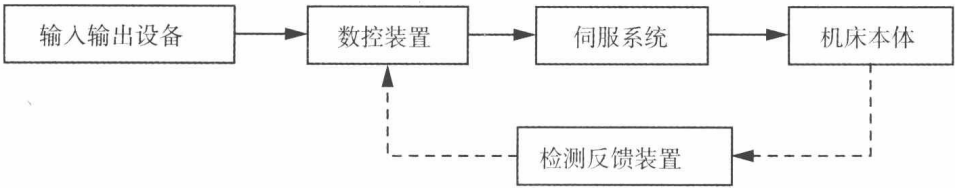


图 1-1-9 数控机床的组成

1. 输入输出设备

输入输出设备的作用是实现数控加工程序及相关数据的输入、显示、存储以及打印等。常用的输入设备有 USB 接口、RS232C 串行通信口以及 MDI 方式等，输出设备有显示器、打印机等，如图 1-1-10 所示。

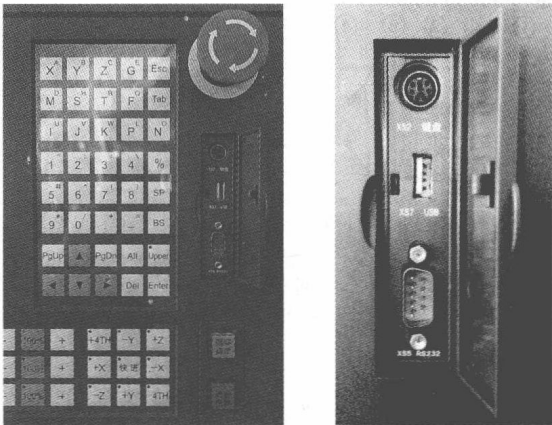


图 1-1-10 带键盘、USB、RS232C 的输入输出设备

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心，它接收来自输入设备的程序和数据，并按输入信息的要求完成数值计算、逻辑判断和输入输出控制等。数控装置通常由一台通用或专用微型计算机与输入输出接口板、可编程控制器等连接构成，如图 1-1-11 所示。

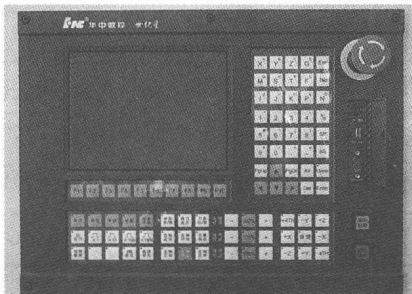


图 1-1-11 华中数控世纪星 HNC-21

3. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行部分，它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床的运动。每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量，常用的脉冲当量为 0.001mm/脉冲。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统，其性能是决定数控机床的加工精度、表面质量、生产率的主要因素之一。伺服系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置组成。如图 1-1-12 所示。

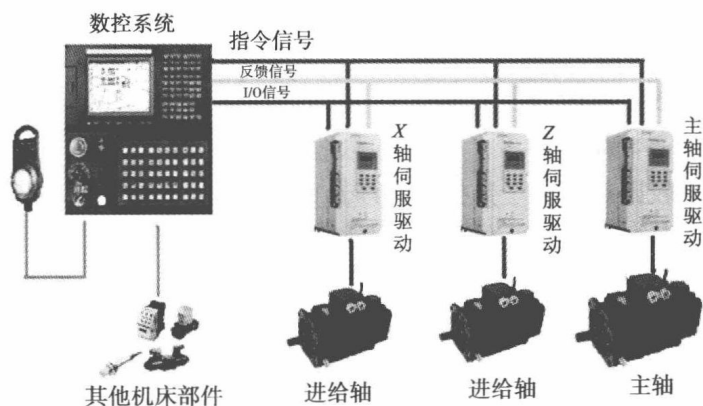


图 1-1-12 伺服驱动装置示意图

4. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。主要包括：主运动部件、进给运动部件（如工作台、刀架等）、支承部件（如床身、立柱等），还有冷却、润滑、转位部件以及夹紧、换刀机械手等辅助装置。

对于半闭环、闭环数控机床，还带有检测反馈装置，其作用是检测机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态，并把检测结果转化为电信号反馈给数控装置，再通过比较，计算出实际位置与指令位置之间的偏差，并发出纠正误差指令。常用位置检测元件有感应同步器、光栅、编码器、磁栅和激光测距仪等。

（五）数控车削的加工特点

与普通车削相比，数控车削的加工具有以下特点：

（1）对加工对象适应性强。在数控机床上要改变加工零件时，只需要重新编制程序，不需要变换更多的夹具和重新调整机床，就可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件，这给单件、小批量及新产品的试制提供了极大的便利。

（2）加工精度高，质量稳定。由于数控机床的制造特点，与普通机床相比，数控机床能够达到比较高的加工精度，对于一般的数控机床，定位精度能达到 $\pm 0.01 \text{ mm}$ ，重复定位精度可达到 $\pm 0.005 \text{ mm}$ ；而且，在加工过程中，操作人员不参与，这样就消除了人为误差。

（3）生产效率高。由于数控机床具有自动换刀、自动调速等功能，自动化程度高；另外，机床的刚性好，在加工过程中可以采用较高的转速和较大的切削用量，可有效地减少零件的加工时间和辅助时间，所以，数控机床的加工效率比普通机床要高几倍，尤其加工复杂的零件时，生产效率可以提高到十几倍甚至几十倍。

（4）劳动条件好。数控机床的自动化程度高，大大减轻了操作者的劳动强度。另外，数控机床一般采用封闭式加工，既清洁又安全，劳动条件得到了改善。

(5) 有利于生产管理。由于目前所有的数控系统在加工过程中都能准确地计算出零件的加工时间,从而有利于编制生产计划、简化检验工作。此外,还可以对刀具、夹具进行规范化管理。

(6) 价格昂贵。数控机床涉及机械、计算机、自动化控制、软件技术等诸多领域,总体价格昂贵,加工成本高。

(7) 调试、维修较困难。由于数控机床涉及的领域较多、结构较复杂,所以其调试、维修较困难,要求操作人员要经过专门的技术培训。

(六) 数控车床的应用场合

由于数控车床具有加工精度高,能作直线和圆弧插补,在加工过程中能自动变速等特点,因此其工艺范围较普通机床宽得多。凡是能在普通车床上装夹的回转体零件都能在数控车床上加工。针对数控车的特点,下列几类零件最适合数控车削加工:

1. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好,制造和对刀精度高,以及能方便、精确地进行人工补偿和自动补偿,所以能加工尺寸精度较高的零件,在有些场合可以以车代磨。此外,数控车削的刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的,再加上机床的刚性好和制造精度高,所以它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度等形状精度要求高的零件。对于圆弧以及其他曲线轮廓,加工出的形状与图纸上所要求的几何形状的接近程度比用仿形车床加工要高得多。数控车削对提高位置精度还特别有效。不少位置精度要求高的零件在用普通车床车削时,因机床制造精度低,工件装夹次数多而达不到要求,只能在车削后用磨削或其他方法弥补。

2. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速切削功能,能加工出表面粗糙度值小而均匀的零件。在材质、精车余量和刀具已定的情况下,表面粗糙度取决于进给量和切削速度。在普通车床上车削锥面和端面时,由于转速恒定不变,车削线速度不断变化致使车削后的表面粗糙度不一致。使用数控车床的恒线速切削功能,就可选用最佳线速度来切削锥面和端面,使车削后的表面粗糙度值既小又一致。数控车削还适合于车削各部位表面粗糙度要求不同的零件。粗糙度值要求大的部位选用大的进给量,粗糙度值要求小的部位选用小的进给量。

3. 表面形状复杂的回转体零件

由于数控车床具有直线和圆弧插补功能,因此可以车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件。

组成零件轮廓的曲线可以是数学方程式描述的曲线,也可以是列表曲线(样条线)。对于由直线和圆弧组成的轮廓,可直接利用机床的直线或圆弧插补功能;对于由非圆曲线组成的轮廓,应先用直线或圆弧去逼近,然后再用直线或圆弧插补功能进行插补切削。

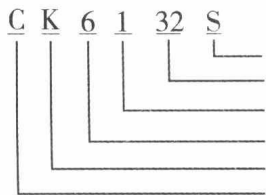
4. 带特殊螺纹的回转体零件

普通车床所能车削的螺纹相当有限,它只能车等导程的直线、锥面,以及公、英制螺纹,而且一台车床只能限定加工若干种导程。数控车床不但能车削任何等导程的直线、锥面和端面螺纹,而且能车增导程、减导程,以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺

纹。数控车床车削螺纹时，主轴转向不必像普通车床那样交替变换，它可以一刀一刀不停顿地循环，直到完成，所以数控车床车螺纹的效率很高。数控车床可以配备精密螺纹车削功能，再加上采用硬质合金成型刀片及较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。

四、任务实施

(1) 指出 CK6132S 数控车床各代码的含义。



(2) 认真观察数控车床（图 1-1-13），在表 1-1-2 中填写下图中数控车床各部分的名称及功能。

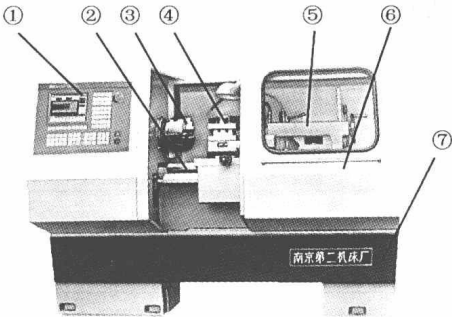
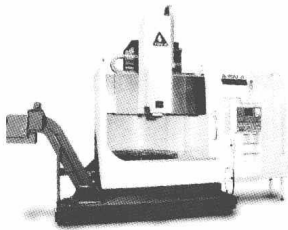
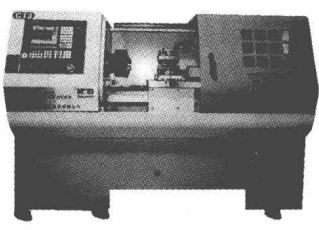
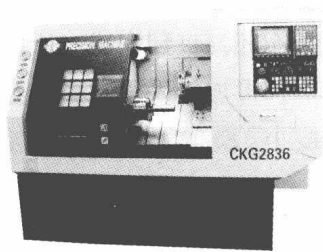


图 1-1-13 数控车床

表 1-1-2

序号	名称	功 能
①		
②		
③		
④		
⑤		
⑥		
⑦		

(3) 如图 1-1-14 ~ 图 1-1-16 所示，在对应车床下填写立式数控车床、水平导轨式数控车床和倾斜导轨式数控车床。

 图 1-1-14	 图 1-1-15	 图 1-1-16

五、任务总结评价

(一) 自我评估

针对能力目标，对自己在任务实施过程中的表现给出分数（满分 100 分）以及 A 优秀、B 良好、C 合格、D 不合格等级予以客观评价。

知识与能力	
问题与建议	
自我打分： 分	
评价等级： 级	

(二) 小组评价

小组同学对该同学在任务实施过程中的表现给出分数（单项 0 ~ 20 分）及等级予以客观、合理评价。

独立工作能力	学习创新能力	小组发挥作用	任务完成	其 他
分	分	分	分	分
五项总计得分： 分		评价等级： 级		

(三) 教师评价

指导教师根据学生在学习及任务实施过程中的工作态度、综合能力、任务完成情况予以评价

得分： 分，评价等级： 级

任务 1-2 数控车床面板功能

一、任务要求

- (1) 掌握 HNC-21T 系统数控车床面板功能；
- (2) 掌握数控车床安全操作规程；
- (3) 熟悉数控车床的日常维护及保养。

二、能力目标

- (1) 能区分数控系统操作面板中各区域的名称及功能；
- (2) 能指出机床控制面板中各区域的名称及功能，并掌握各按键的具体使用方法；
- (3) 熟练掌握 MDI 键盘中各按键的输入功能。

三、知识准备

(一) 数控车床面板功能介绍

1. HNC-21T 数控系统操作面板

HNC-21T 数控系统操作面板如图 1-2-1 所示，其各组成部分功能见表1-2-1。

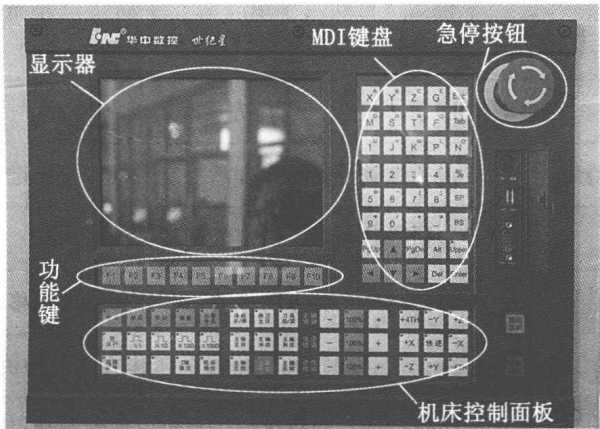


图 1-2-1 HNC-21T 数控系统操作面板

表 1-2-1 HNC-2IT 数控系统操作面板的组成及功能

序号	名称	功 能
①	机床控制面板	用于数控机床的手动控制
②	MDI 键盘	用于程序的手动输入及编辑
③	液晶显示器	用于显示数控系统软件操作界面
④	功能键	用于数控系统软件菜单操作
⑤	“急停” 按钮	用于机床紧急停止及复位

2. 机床控制面板

机床控制面板如图 1-2-2 所示，各区域功能见表 1-2-2，各按键功能见表 1-2-3。

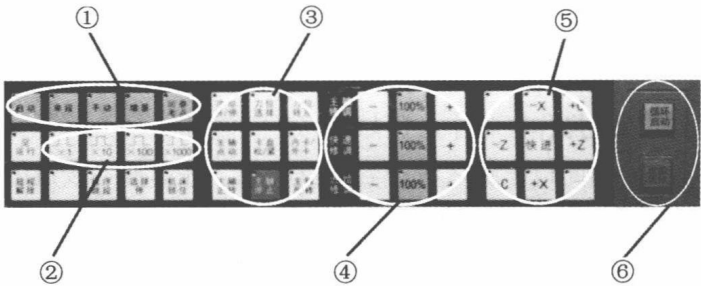


图 1-2-2 机床控制面板

表 1-2-2 机床控制面板各区域功能

序号	名 称	功 能
①	工作方式选择键	包括“自动”、“单段”、“手动”、“增量”、“回零”等工作方式选择键，用于选择机床的工作方式
②	增量倍率选择键	用于“增量”工作方式时的倍率选择
③	辅助动作手动控制键	包括主轴控制、冷却液控制及换刀控制键
④	倍率修调键	包括主轴修调、快速修调和进给修调键
⑤	坐标轴移动手动控制键	包括“X 正反方向移动”、“Z 正反方向移动”及“快速移动”键
⑥	自动控制键	用于“自动”和“单段”工作方式下的机床控制
	其他键	包括空运行和机床锁住及超程解除等辅助动作按键