

# 数控车削加工

王生全 主编



四川大学出版社



特约编辑:傅 奕  
责任编辑:梁 平  
责任校对:陈 超  
封面设计:墨创文化  
责任印制:王 炜

### 图书在版编目(CIP)数据

数控车削加工 / 王生全主编. —成都: 四川大学出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-5614-8462-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 068347 号

### 书名 数控车削加工

---

主 编 王生全  
出 版 四川大学出版社  
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)  
发 行 四川大学出版社  
书 号 ISBN 978-7-5614-8462-3  
印 刷 四川五洲彩印有限责任公司  
成品尺寸 185 mm×260 mm  
印 张 7.75  
字 数 182 千字  
版 次 2015 年 7 月第 1 版  
印 次 2015 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 16.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。

电话:(028)85408408/(028)85401670/  
(028)85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请  
寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

---

版权所有◆侵权必究

# 前 言

制造自动化是先进制造技术的重要组成部分，其核心技术是数控技术。随着数控技术的发展，国内数控机床拥有量迅速增加，亟须培养一大批熟练掌握数控加工工艺，以及数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。为深化职业教育改革，培养与我国现代化建设相适应的、在制造领域中从事技术应用的人才，编者在总结了机械专业人才培养模式的基础上编写了本书。

本书是以华中世纪星数控车床及其操作系统为基础编写的，始终坚持以就业为导向，以职业能力培养为核心的原则，将数控车削加工工艺和程序编制方法等专业技术能力融合到教学项目中。

本书以理论联系实际，具有系统性强、针对性强、实用性强、通俗易懂等特点。本书在内容编排上力求表述简洁易懂，步骤清晰明了，以便于教学使用。书中精选了大量典型实例，重点讲述了华中世纪星操作系统的编程思路、特点。本书各节都有复习题，力争做到内容丰富，图文并茂，便于广大学生学习、参考。

由于编写时间仓促，书中难免有一些错误和疏漏之处，恳请各位读者提出宝贵的意见。

编 者

2015年1月

# 目 录

项目一 数控车床的概述 .....	( 1 )
任务一 数控车床的结构和工作原理 .....	( 1 )
任务二 华中世纪星 ( HNC-21T ) 数控车床的基本操作 .....	( 5 )
项目二 轴类零件的加工 .....	( 12 )
任务一 简单阶梯轴的加工 ( 一 ) .....	( 12 )
任务二 简单阶梯轴的加工 ( 二 ) .....	( 33 )
任务三 刀具半径补偿的应用 .....	( 40 )
任务四 槽的加工 .....	( 47 )
任务五 螺纹的加工 .....	( 54 )
任务六 子程序编程 .....	( 65 )
项目三 套类零件的加工 .....	( 70 )
任务一 内阶梯孔的加工 .....	( 70 )
任务二 综合孔的加工 .....	( 76 )
任务三 内螺纹的加工 .....	( 83 )
任务四 套类零件的综合加工 .....	( 86 )
项目四 配合件的加工 .....	( 90 )
任务一 配合件加工 .....	( 90 )
任务二 配合件加工练习 .....	( 95 )
项目五 宏程序及应用 .....	( 99 )
任务一 宏程序概述 .....	( 99 )
任务二 宏程序应用 .....	( 102 )
数控车工职业技能 ( 中级 ) 考核试卷 .....	( 107 )
参考文献 .....	( 115 )



## 项目一 数控车床的概述



### 学习目标

- (1) 了解数控车床各组成部分及其功能。
- (2) 知道数控车床的工作原理。
- (3) 掌握华中世纪星 (HNC-21T) 数控车床的基本操作。

## 任务一 数控车床的结构和工作原理



### 任务描述

认识数控车床的结构。



### 任务分析

数控车床又称 CNC (英文全称: Computer Numerical Control) 车床,即用计算机数字控制的车床。数控车床是目前国内外使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床,约占数控机床总数的 25%。

数控车床主要用于旋转体工件的加工,一般能自动完成内外圆柱面、内外圆锥面、复杂回转内外曲面、圆柱圆锥螺纹等轮廓的切削加工,并能进行车槽、钻孔、车孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等加工。



## 知识平台

### 一、数控车床与普通车床的区别

如图 1-1-1 所示分别为普通车床与数控车床的外观图。由图 1-1-1 可以看出，普通车床与数控车床在外观上存在几个明显的不同：

- (1) 数控车床有数控装置。
- (2) 数控车床有安全防护罩。
- (3) 普通车床有直接手动控制的手摇轮。
- (4) 数控车床更加美观。

(5) 若打开数控车床的防护门还可以发现数控车床的刀架为电动刀架，驱动丝杠为滚珠丝杠。生产型数控车床的卡盘为液压卡盘，数控车床的尾座为液压尾座。这些结构上的不同都是为了实现数控车床能够进行高效、高精度的加工而设计的。



(a) 普通车床



(b) 数控车床

图 1-1-1 车床

## 任务实施

了解数控车床的组成及其工作过程。

### 一、数控车床的组成

数控车床结构图如图 1-1-2 所示，一般由输入/输出设备、数控装置、主轴控制单元、电气控制装置、车床本体、位置测量反馈装置等组成。其中车床本体以外部分统称为计算机数控系统。

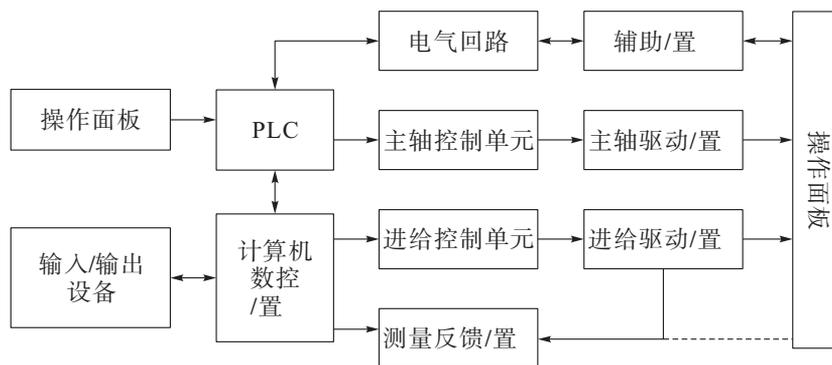


图 1-1-2 数控车床结构图

### (一) 车床本体

数控车床的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已发生了很大的变化。产生这种变化的目的是为了满足不同数控车床的工作要求和充分发挥数控车床的特点。

### (二) CNC 单元

CNC 单元是数控车床的核心。CNC 单元由信息的输入、处理和输出三个部分组成。CNC 单元接收数字化信息，经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行译码、插补、逻辑处理后，将各种指令信息输出给伺服系统，伺服系统驱动执行部件做进给运动。

### (三) 输入/输出设备

输入装置将各种加工信息传递于计算机的外部设备。在数控车床产生初期，输入装置为穿孔纸带，现已淘汰。后来，输入装置发展成盒式磁带，再发展成键盘、磁盘等便携式硬件，极大地方便了信息输入工作。现在通用的是 DNC 网络通信串行通信的方式输入。

输出指输出内部工作参数（含车床正常、理想工作状态下的原始参数，故障诊断参数等），一般在车床处于刚工作状态需输出这些参数作为记录保存，待工作一段时间后，再将输出与原始资料比较，可帮助判断车床工作是否正常。

### (四) 伺服单元

伺服单元由驱动器、驱动电机组成，并与车床上的执行部件和机械传动部件组成数控车床的进给系统。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成车床移动部件的运动。对于步进电机来说，每一个脉冲信号使电机转过一个角度，进而带动车床移动部件移动一个微小距离。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统，整个车床的性能主要取决于伺服系统。

### (五) 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动，通过简单的机械连接部件驱动车床，



使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动，最后加工出图纸所要求的零件。与伺服单元相对应，驱动装置有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机等。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统。它是车床工作的动力装置，CNC 装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施，所以，伺服驱动系统是数控车床的重要组成部分。

### (六) 可编程控制器

可编程控制器 (Programmable Controller, 简称 PC) 是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置，专为在工业环境下控制装置而设计的。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制，故称它为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, 简称 PLC)。当 PLC 用于控制车床动作顺序时，也可称之为编程机床控制器 (Programmable Machine Controller, 简称 PMC)。PLC 已成为数控车床不可缺少的控制装置。CNC 和 PLC 协调配合，共同完成对数控车床的控制。

### (七) 测量反馈装置

测量装置也称反馈元件，包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等，通常安装在车床的工作台或丝杠上。它把车床工作台的实际位移转变成电信号反馈给 CNC 装置。CNC 装置将反馈与指令值比较并产生误差信号，从而控制车床向消除该误差的方向移动。

## 二、数控车床的工作原理

数控车床加工零件时，首先必须将工件的几何数据和工艺数据等加工信息按规定的代码和格式编制成零件的数控加工程序，这是数控车床的工作指令。将加工程序用适当的方法输入到数控系统，数控系统对输入的加工程序进行数据处理，输出各种信息和指令，控制车床主运动的起停、变速、进给的方向、速度和位移量，以及其他如刀具选择、交换、工件的夹紧松开、冷却、润滑的开关等动作，使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作。数控车床的运行处于不断计算、输出、反馈等控制过程中，以保证刀具和工件之间相对位置的准确性，从而加工出符合要求的零件。数控车床加工工件的过程见图 1-1-3。

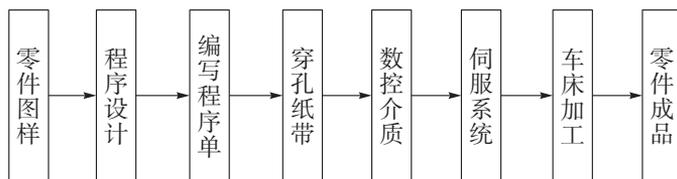


图 1-1-3 数控车床加工工件的过程

### 随堂练习

数控车床是由哪几部分组成的，各有什么作用？



## 知识扩展

### 数控机床的产生与发展

1947年,美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检查用样板的机床时,为提高精度和效率,提出了数控机床的初始设想。1949年,在美国空军的支持下,帕森斯公司和麻省理工学院开始研究。1952年,美国试制成功了第一台数控机床。

1958年,由清华大学和北京机床研究所研制了我国第一代电子管101数控机床。

从1952年第一台数控机床问世后,数控技术经过了几十年的发展。数控业界习惯将其发展分为两个阶段、6代。

第一阶段:硬件数控NC(英文全称:Numerical Control)。

第1代:1952年基于电子管的数控机床。

第2代:1959年基于晶体管分离元件的数控机床。

第3代:1965年基于小规模集成电路的数控机床。

第二阶段:软件数控CNC(英文全称:Computer Numerical Control)。

第4代:1970年基于小型计算机的数控机床。

第5代:1974年基于微处理器的数控机床。

第6代:1990年基于PC机的数控机床。

现在,数控机床朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、系统化、体系开放化、交互网络化、驱动并联化与高可靠性等方向发展。

## 任务二 华中世纪星(HNC-21T)数控车床的基本操作

### 任务描述

华中数控操作面板如图1-2-1所示。它由CRT/MDI操作面板和用户操作面板两大部分组成。要求掌握华中世纪星(HNC-21T)数控车床的基本操作。

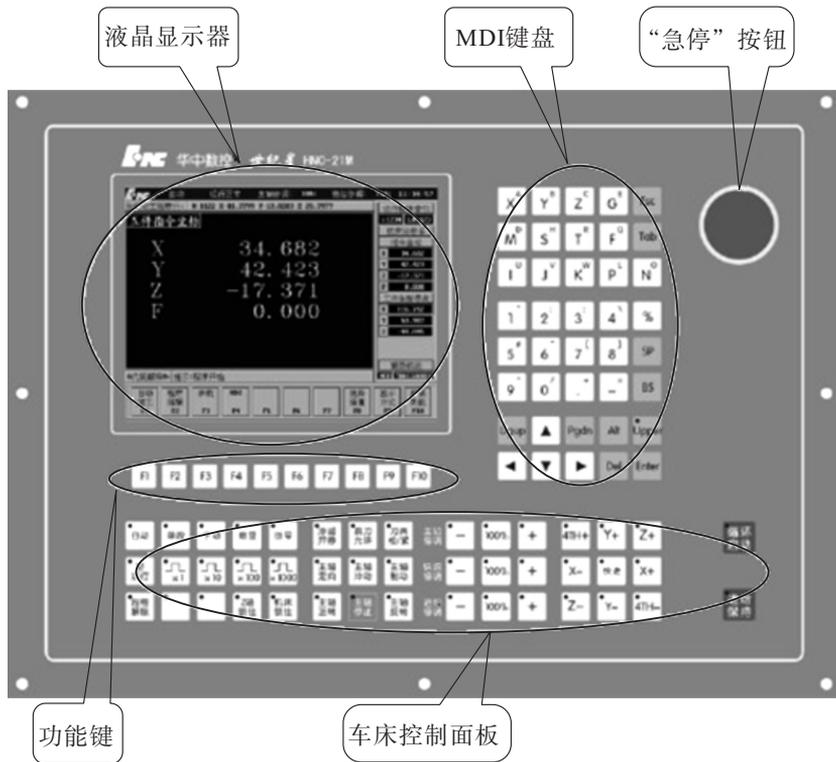


图 1-2-1 华中世纪星 (HNC-21T) 数控车床的操作面板

## 任务分析

CRT/MDI 操作面板由 CRT 显示部分和 MDI 键盘、车床操作按键和功能软件构成。华中系统的 CRT/MDI 操作面板基本相同。对于用户操作面板来说，由于生产厂家的不同，按键和旋钮的设置上有所不同，但功能应用大同小异，因此针对不同厂家的数控车床操作时要灵活掌握。

## 知识平台

### 一、华中数控 HNC-21T 的面板介绍

华中数控 HNC-21T 的面板介绍如图 1-2-2 所示，它由显示器、车床控制面板、数据输入键盘和功能软键组成。其中显示屏主要用来显示相关坐标位置、程序、图形、参数、诊断、报警等信息。而各功能按钮包括字母键、数值键以及功能键等，可以进行程序、参数、车床指令的输入及系统功能的选择。通过各种功能按钮可执行简单的操作，直接控制数控车床的动作及加工过程。



### (一) 显示屏

显示屏主要用来显示相关坐标位置、程序、图形、参数、诊断、报警等信息，如图 1-2-2 所示。同时能够了解车床的工作方式，进行相应的操作，从而控制车床动作。

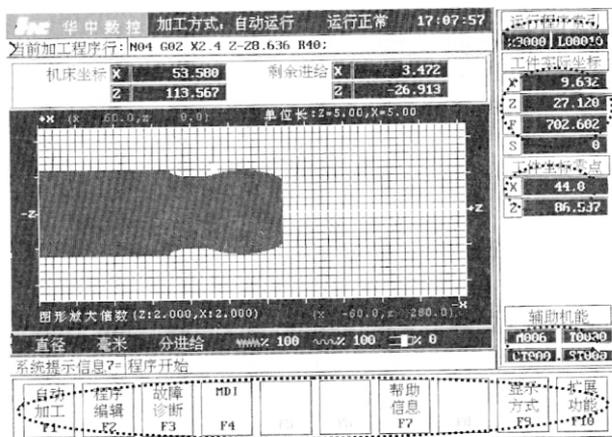


图 1-2-2 HNC-21T 的软件操作界面

主功能菜单按键的作用如下:

- 按 1 进入“编程序”主菜单，可键入或编辑加工程序。
- 按 2 进入“参数设定”主菜单，可输入车床及刀具参数。
- 按 3 进入“自动运行”主菜单，可执行程序。
- 按 4 进入“回零”主菜单，可执行车床各坐标轴回零点。
- 按 5 进入“手动”主菜单，可执行手动运行。
- 按 6 进入“手动数据输入”主菜单，可执行手动数据输入。
- 按 7 进入“通信”（RS232）主菜单，可实现系统与外部通信。
- 按 8 进入“示教”主菜单，可实现演示、教学功能。
- 按 9 进入“其他”主菜单，可实现其他补充功能。

### (二) 数据输入键盘

该功能键同计算机键盘按键的功能一样，包括字母键、数字键、编辑键等，如图 1-2-3。具体按键及其功能介绍如表 1-2-1 所示。



图 1-2-3 数据输入键盘



表 1-2-1 按键功能介绍

按键	功能
ESC	结束当前状态
DEL	删除程序段和字符
SP	空格键, 取消当前输入值, 等待重新输入
ENTER	回车键
← ↑ → ↓	对程序、程序段和选择项进行检查
G.....M	字母键
0.....9	数字键
-	负号
.	小数点

(三) 控制面板

控制面板外形如图 1-2-4 所示。

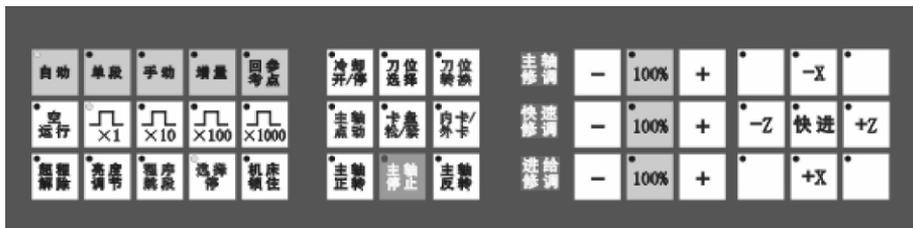


图 1-2-4 控制面板

下面详细介绍各按键的功能及使用。

(1) 手动键。按下“手动”按键（指示灯亮），系统处于手动运行方式，可点动移动车床坐标轴。

(2) 快进键。手动进给时，若同时按下“快进”按键，则产生相应轴的正向或负向快速运动。

(3) 方向键。以移动 X 轴为例，当按下“+X”或“-X”按键，X 轴将产生正向或负向连续移动；松开“+X”或“-X”按键，X 轴即减速停止。用同样的操作方法，可使 Z 轴产生正向或负向连续移动。在手动（快速）运行方式下，同时按下 X、Z 方向的轴手动按键，能同时手动控制 X、Z 坐标轴连续移动。

(4) 进给修调键。按下“进给修调”按键可以调整手动进给速度、快速进给速度、主轴旋转速度。按一下“+”或“-”按键，修调倍率是递增或递减 2%，按下“100%”按键（指示灯亮），修调倍率被置为 100%。机械齿轮换挡时，主轴速度



不能修调。

(5)  增量进给键。当按下控制面板上的“增量”按钮（指示灯亮），系统处于增量进给方式，可增量移动机床坐标轴。以增量进给 X 轴为例：按一下“+X”或“-X”按钮（指示灯亮），X 轴将向正向或负向移动一个增量值，再按一下按钮，X 轴将继续移动一个增量值。用同样的操作方法，可使 Z 轴向正向或负向移动一个增量值。同时按下 X、Z 方向的轴手动按钮，能同时增量进给 X、Z 坐标轴。

(6)  增量值选择键。增量进给的增量值由车床控制面板的“×1”“×10”“×100”“×1000”四个增量倍率按钮控制。增量倍率按钮和增量值的对应关系如表 1-2-2 所示。这几个按钮互锁，即按一下其中一个（指示灯亮），其余几个会失效（指示灯灭）。

表 1-2-2 按钮和增量值的关系

增量倍率按钮	×1	×10	×100	×1000
增量值 (mm)	0.001	0.01	0.1	1

(7)  主轴正转、主轴停转、主轴反转键。在手动方式下，按一下“主轴正转”或“主轴反转”按钮（指示灯亮），主轴电动机以车床参数设定的转速正转或反转，直到按下“主轴停止”按钮。

(8)  主轴正点动、卡盘松紧、主轴负点动键。在手动方式下可用“主轴正点动”“主轴负点动”按钮点动转动主轴。按下“主轴正点动”或“主轴负点动”按钮指示灯亮，主轴将产生正向或负向连续转动；松开“主轴正点动”或“主轴负点动”按钮指示灯灭。在手动方式下按下“卡盘松紧”按钮，松开工件（默认为夹紧）可以进行更换工件操作，再按一下为夹紧工件，可以进行工件加工操作。

(9)  空运行键。在“自动方式”下，按下“空运行”按钮，车床处于空运行状态，程序中编制的进给速率被忽略，坐标轴按照最大快移速度移动。

(10)  机床锁住键。在手动运行方式下或在自动加工前，按下“机床锁住”按钮（指示灯亮），此时再进行手动操作或按“循环启动”键让系统执行程序，显示屏上的坐标轴位置信息变化，但不输出伺服轴的移动指令。“机床锁住”按钮在自动加工过程中按下无效，每次执行此功能后要返回参考点操作。

(11)  刀位转换键。在手动方式下，按一下“刀位选择”按钮，系统会预先计数转塔刀架将转动一个刀位，按几次“刀位选择”键，系统就预先计数转塔刀架将转动几个刀位，接着按“刀位转换”键，转塔刀架才真正转动至指定的刀位。

(12)  冷却开停键。在手动方式下，按一下“冷却开停”按钮，冷却液开（默认值为冷却液关），再按一下为冷却液关，如此循环。

(13)  自动键。当工件已装夹好，对刀已完成，程序调试没有错误后按此键，系统进入自动运行状态。



(14)  循环启动键。自动加工模式中按下“循环启动”键后程序开始执行。

(15)  进给保持自动键。自动加工模式中按下“进给保持”键后车床各轴的进给运动停止，S、M、T 功能保持不变。若要继续加工，按下“循环启动”键。

(16)  自动加工模式中单步运行，即每执行一个程序段后程序暂停执行下一个程序段，当再按一次“循环启动”键后程序再执行一个程序段。该功能常用于初次调试程序，它可减少因编程错误而造成的事故。

(17)  超程解除键。

(18)  返回车床参考点。

## 任务实施

### 1. 上电

- (1) 检查车床状态是否正常。
- (2) 检查电源电压是否符合要求，接线是否正常。
- (3) 按下急停按钮。
- (4) 车床上电。
- (5) 数控系统上电。
- (6) 检查风扇电机运转是否正常。
- (7) 检查面板上的指示灯是否正常。

接通数控装置电源后，HNC-21T 自动运行系统软件工作方式为急停。

### 2. 复位

系统上电进入软件操作界面时，系统的工作方式为急停，为了控制系统运行，需左旋并拨起操作台上的急停按钮，使系统复位并接通伺服电源，系统默认进入回参考点方式，软件操作界面的工作方式变为回零。

## 随堂练习

通过现场观察、对照，熟悉各按键的功能，如编辑键、数字键。

## 知识拓展

## FANUC Oi 系统控制面板操作简介

下面就 FANUC Oi 系统控制面板进行简要的介绍。FANUC Oi 系统控制面板如图 1-2-5 所示。



程序编辑键 ( ADDRESS KEYS)。

更换键 ( ALTER)：移动光标至错误的字符，再输入正确值后按此键即可。

插入键 ( INSERT)：移动光标至需插入一新的字符之前，再输入新值后按此键即可。

去除键 ( DELETE)：移动光标至需去除的字符，再按此键即可。

EOB ( ;) 键：此键为开新程序或程序区段，须放在每一行程序的最后。

Shift ( ^ ) 键：若需特定右下角 A~Z 时，可按 “Shift” 键，再按 “A” ~ “Z” 键，就会表示其数字指示符号。

字符消除键 ( CAN)：此键是消除字符输入暂时区内的字符，直接按此键即可消除。

输入输出键 ( INPUT/OUTPUT)：此二键功能较多，配合其他功能操作。

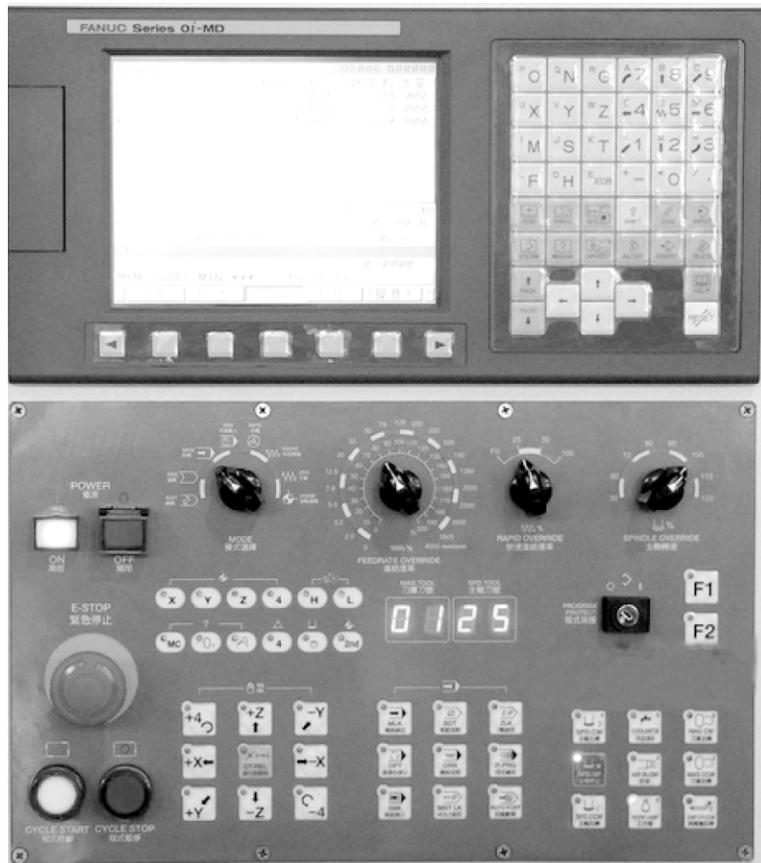


图 1-2-5 FANUC Oi 系统控制面板



## 项目二 轴类零件的加工



### 学习目标

- (1) 能掌握数控车床的编程与基本的操作。
- (2) 能够熟练掌握数控车削的基本程序编写。
- (3) 能进行轴类零件的编程及加工。

### 任务一 简单阶梯轴的加工（一）



#### 任务描述

如图 2-1-1 所示的工件，毛坯是直径为 $\varnothing 50$  mm 的 45 号圆钢材料，有足够的夹持长度，单件生产，采用数控车床加工。

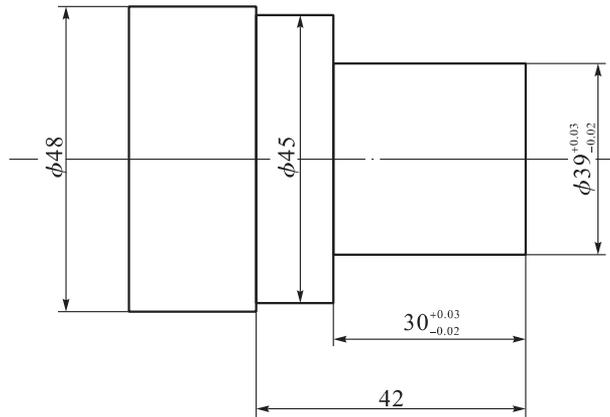


图 2-1-1 零件尺寸图



## 任务分析

由图 2-1-1 知,该零件外形较简单,需要加工端面、台阶外圆并切断。该零件为一简单轴类零件,表面由一个台阶组成,零件图尺寸标注完整,符合数控加工尺寸标注要求,轮廓描述清楚完整,零件材料为 45 号钢,加工切削性能较好,无热处理和硬度要求。

## 知识平台

### 一、刀具的分类

刀具的详细分类如表 2-1-1 所示,刀具的外形如图 2-1-2 所示。

表 2-1-1

名称	特点	适用场合
整体式	用整体高速钢制造,刃口可磨,较锋利	小型车床或加工非铁金属
焊接式	焊接硬质合金或高速刀片,结构紧凑,使用灵活	各类车刀特别是小刀具
机夹式	避免了焊接产生的应力、裂纹等缺陷,刀杆利用率高;刀片可集中刃磨获得所需参数,使用灵活方便	外圆、端面、镗孔、切断、螺纹车刀等



图 2-1-2 刀具的外形图