

项目1 数控车床的基本操作与保养

数控（Numerical Control，简称NC）机床，是一类由数字程序控制的机床。是将事先编好的程序输入到机床的专用计算机中，由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电机控制机床各运动部件的先后动作、速度和位移量，并与选定的主轴转速相配合，从而加工出各种不同工件的设备。

数控车床是指能自动完成轴类及盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹以及各种回转曲面切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作的机床。它是目前国内使用量最大，覆盖面最广的一种数控机床。



任务1 认识数控车床



任务描述

认真观察图1-1-1所示的数控车床，指出各组成部分的名称、功能，了解数控车床的基本概念、工作原理、加工范围及特点，并清楚知道数控车削加工过程。



任务目标

1. 认识数控车床的组成。
2. 了解数控车床的工作原理、加工范围及特点。
3. 熟悉数控车削加工过程。



知识准备



1.1.1 认识数控车床

一、数控车床的基本概念

数字控制（Numerical Control）简称数控（NC），是一种借助数字、字符或其它符号对某一工作过程（如加工、测量、装配等）进行编程控制的自动化方法。

数控技术（Numerical Control Technology）是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术，它已经成为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础技术。

数控系统（Numerical Control System）是指采用数字控制技术的控制系统。

计算机数控系统（Computer Numerical Control）是以计算机为核心的数控系统，简称CNC。



数控车床又称为CNC车床，即采用计算机数字控制的车床。

二、数控车床的组成（如图1-1-1所示）

1. 机床主体

机床主体主要包括床身、主轴箱、床鞍、尾座、进给机构等机械部件。

2. 数控装置（CNC装置）

数控装置是数控车床的控制核心，一般采用专用计算机控制，主要由显示器、键盘、输入和输出装置、存储器以及系统软件等组成。

3. 伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控车床执行机构的驱动部件，将CNC装置输出的运动指令信息转换成机床移动部件的运动，主要包括主轴驱动、进给驱动及位置控制等。

4. 辅助装置

辅助装置是指数控车床的一些配套部件，包括换刀装置、液压装置、气动装置、冷却系统、润滑系统、自动清屑器等。不同用途、不同类型的数控车床可以选配不同的辅助装置。



图1-1-1 数控车床的组成

三、数控车床的工作原理

普通车床是靠手工操作机床来完成各种切削加工，数控车床是将编好的加工程序输入到数控系统中，由数控系统通过控制车床 X、Z 坐标轴的伺服电机来控制车床运动部件的动作顺序、移动量和进给速度，再配以主轴的转速和转向，加工出各种不同形状的轴类和盘类回转体零件。

四、数控车削加工应用范围

数控车床是当今国内外使用量较大、覆盖面较广的一种数控机床，主要用于旋转体工件的加工。数控车床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、圆柱圆锥螺纹等型面的切削加工，可进行车槽、钻孔、车孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等工作，此

外，还可以加工各种螺距和变螺距的螺纹。

五、数控车削加工过程

数控车削的加工过程与主要步骤如图1-1-2所示。

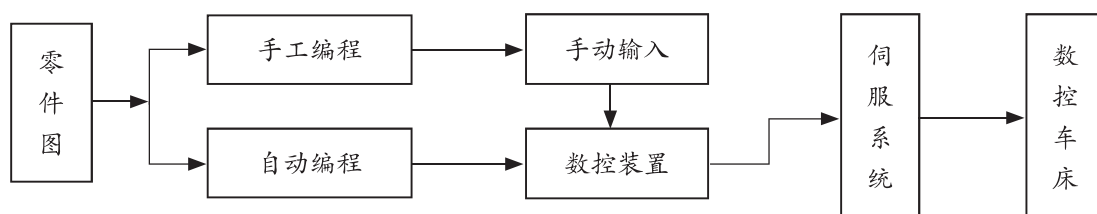


图1-1-2 数控车削加工过程

1. 根据被加工零件的零件图中所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等，制订零件加工的工艺过程，确定刀具相对零件的运动轨迹，选择合理的切削参数以及辅助动作顺序等。
2. 按规定的代码和程序格式，用手工编程或计算机自动编程的方法完成零件加工程序的编写。
3. 通过车床操作面板将加工程序输入数控装置，或通过通信接口（键盘、USB、网络 and 伺服卡等）传送。
4. 数控车床启动后，数控装置根据输入的信息进行一系列的运算和信息控制处理，将结果以脉冲形式送入车床的伺服机构。
5. 伺服机构驱动车床的运动部件，使车床按程序预定的轨迹运动，加工出合格的零件。

六、数控车床的特点

1. 加工精度高，产品质量稳定。
2. 适应性强，适合加工单件或小批量复杂工件。
3. 自动化程度高，劳动强度低。
4. 生产效率高。
5. 有利于生产管理的现代化。



任务2 熟悉操作面板



任务描述

认真观察发那科（FANUC Oi系统）数控车操作面板，如图1-2-1和1-2-2所示，请指出各区域的功能及各按键的作用。



任务目标

1. 熟悉FANUC系统操作面板和机床操作面板。
2. 了解操作面板各按钮的作用。
3. 根据操作规程正确使用各功能键。



知识准备



一、FANUC Oi数控车系统操作面板

FANUC Oi数控车系统操作面板由两部分组成，其左侧为显示屏，右侧是编程控制面板，如图1-2-1所示。

1.2.1 FANUC Oi数控车操作面板



图1-2-1 FANUC Oi数控车系统操作面板

1. 数字/字母键（表1-2-1）

表1-2-1 数字/字母键及其功能说明

数字/字母键	功能说明
	数字/字母键用于输入数据到输入区域，系统自动判别取字母还是取数字。字母和数字键通过“SHIFT”键切换输入，如O—P，7—A。

2. 编辑键（表1-2-2）

表1-2-2 编辑键及其功能说明

编辑键	功能说明
	用输入的数据替换光标所在的数据。
	删除光标所在的数据或者删除一个程序，或者删除全部程序。

续表

编辑键	功能说明
	把输入区之中的数据插入到当前光标之后的位置。
	消除输入区内的数据。
	结束一行程序的输入并且换行。
	按下此键再按“数字/字母键”时，输入的是“数字/字母键”右下角的字母或符号。

3. 功能键（表1-2-3）

表1-2-3 功能键及其说明

功能键	功能说明
	在EDIT方式下，编辑、显示存储器里的程序。
	位置显示页面，显示现在机床的位置。位置显示有三种方式，用PAGE按钮选择。
	参数输入页面。用于设定工件坐标系、显示补偿值和宏程序量。
	系统参数页面。
	信息页面，如“报警”。
	图形参数设置页面。
	系统帮助页面。
	当机床自动运行时，按下此键，则机床的所有操作都停止。此状态下若恢复自动运行，程序将从头开始执行。

4. 翻页按钮（表1-2-4）

表1-2-4 翻页按钮键及其功能说明

翻页按钮键	功能说明
	向上翻页。
	向下翻页。

5. 光标移动（表1-2-5）

表1-2-5 光标移动键及其功能说明

光标移动键	功能说明
	向上移动光标。
	向下移动光标。
	向左移动光标。
	向右移动光标。

6. 输入键（表1-2-6）

表1-2-6 输入键及其功能说明

输入键	功能说明
	输入键 把输入区内的数据输入参数页面。

二、FANUC Oi数控车机床操作面板

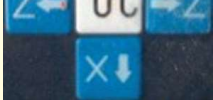
FANUC Oi数控车机床操作面板（如图1-2-2所示），主要用于控制机床运行状态，由操作模式开关、主轴转速倍率调整旋钮、进给速度调节旋钮，以及各种辅助功能选择开关、手轮、各种指示灯等组成。



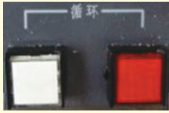
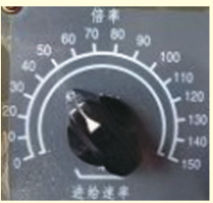
图1-2-2 FANUC Oi数控车机床操作面板

各按钮功能介绍见表1-2-7。

表1-2-7 FANUC 0i数控车机床操作面板各按钮功能说明

功能键	功能说明
	手动方式，通过X、Z轴方向移动按钮，实现两轴各自的连续移动。
	自动加工模式，按下此按钮，机床按加工程序自动运行。
	手动数据输入方式，从CRT/MID操作面板输入指令。
	编辑键，实现编辑、修改、删除或传输零件的加工程序。
	手轮/单步方式，按下此按钮，手摇脉冲发生器（手轮）起作用。
	返回参考点，通过按“+X”“+Z”按钮实现X轴和Z轴回零。
	仅对自动方式有效，当程序执行到前面带有跳选符号的程序段时就跳过。
	仅对自动方式有效，执行完一个程序段，机床停止运行，按循环启动按钮，再执行下一个程序段。
	仅对自动方式有效，用来在机床不装零件的情况下检查机床的运动。
	在不移动刀架的情况下监测刀具位置显示的变化，用于检查程序指令编制是否正确。
	程序有条件停止。
	在不移动刀架的情况下监测刀具位置显示的变化，用于检查程序指令编制是否正。
	手动冷却按钮。
	手动照明按钮。
	其他辅助按钮。
	手动移动机床各轴按钮。

续表

功能键	功能说明
	机床主轴手动控制开关。
	循环启动按钮和停止按钮。
	增量进给倍率选择按钮。
	速度调节旋钮，用于调节程序运行中的进给速度，调节范围从0 ~ 150%。
	进给手轮。



任务3 了解坐标系



任务描述

数控车床简图如图1-3-1所示，请指出相关坐标系，并到数控车间按步骤操作数控车床移动X轴和Z轴。



任务目标

1. 理解数控车床的机床坐标系与机床原点。
2. 理解数控车床的工件坐标系与编程原点。
3. 能按要求使刀架沿X和Z方向移动。



知识准备



1.3.1 机床坐标系与工件坐标系

数控车床的坐标系及其运动方向，在国际标准（ISO）中有统一规定，我国机械工业部标准与之等效。

一、机床坐标系

1. 机床坐标系

数控车床的坐标系是以径向为X轴方向，纵向为Z轴方向。经济型普通卧式前置刀架数控车床指向主轴箱的方向为Z轴负方向，而指向尾架的方向为Z轴的正方向。X轴的正方向是指向操作者的方向，负方向为远离操作者的方向。图1-3-1所示为数控车床的坐标系。

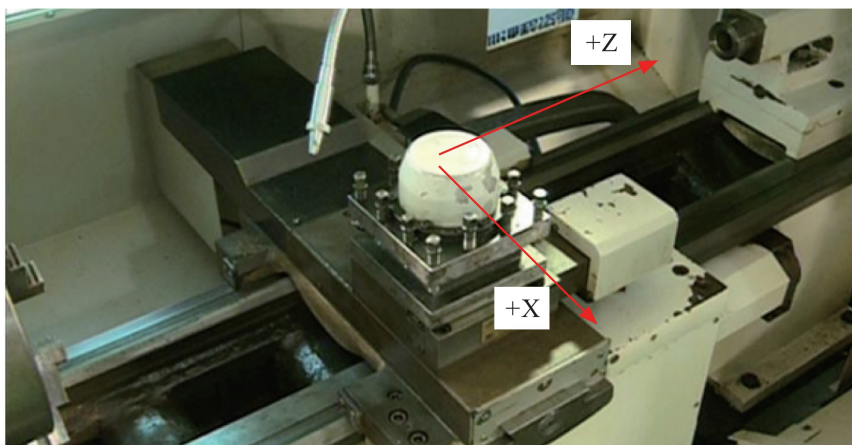


图1-3-1 普通卧式前置刀架数控车床的坐标系

在按绝对坐标编程时，使用代码X和Z；按增量坐标（相对坐标）编程时，使用代码U和W。也可以采用混合坐标指令编程，即同一程序中，既出现绝对坐标指令，又出现相对坐标指令。

U和X坐标值，在数控车床的编程中一般是以直径方式输入的，即按绝对坐标系编程时，X输入的是直径值；按增量坐标编程时，U输入的是径向实际位移值的二倍，并附上方向符号（正向可以省略）。

2. 机床原点（参考点）

机床原点是由生产厂家在生产数控车床时设定在机床上的，它是一个固定的坐标点。这个固定的点一般采用编码器进行定位。编码器分为增量编码器和绝对值编码器。

在定位控制应用中，增量编码器存在零点累计误差，抗干扰较差，接收设备的停机需断电记忆，开机应找零或参考位等问题。绝对值编码器减轻了电子接收设备的计算任务，从而省去了复杂和昂贵的输入装置，当机器合上电源后不需要回到位置参考点，就可利用当前的位置值。

采用绝对编码器的数控车床在启动后，必须首先进行机床原点回归操作，使刀架返回到机床原点。

一般地，根据机床规格不同，X轴机床原点比较靠近X轴正方向的超程点；Z轴机床原点比较靠近Z轴正方向超程点。



二、工作坐标系

1. 编程原点

编程原点是指程序中的坐标原点，即在数控加工时，刀具相对于工件运动的起点，所以也称为“对刀点”。

在编制数控车削程序时，首先要确定作为基准的编程原点。对于某一加工工件，编程原点的设定通常是将其主轴中心设为X轴方向的原点，将加工工件的精切后的右端面或精切后的夹紧定位面设定为Z轴方向的原点，分别如图1-3-2（a）（b）所示。

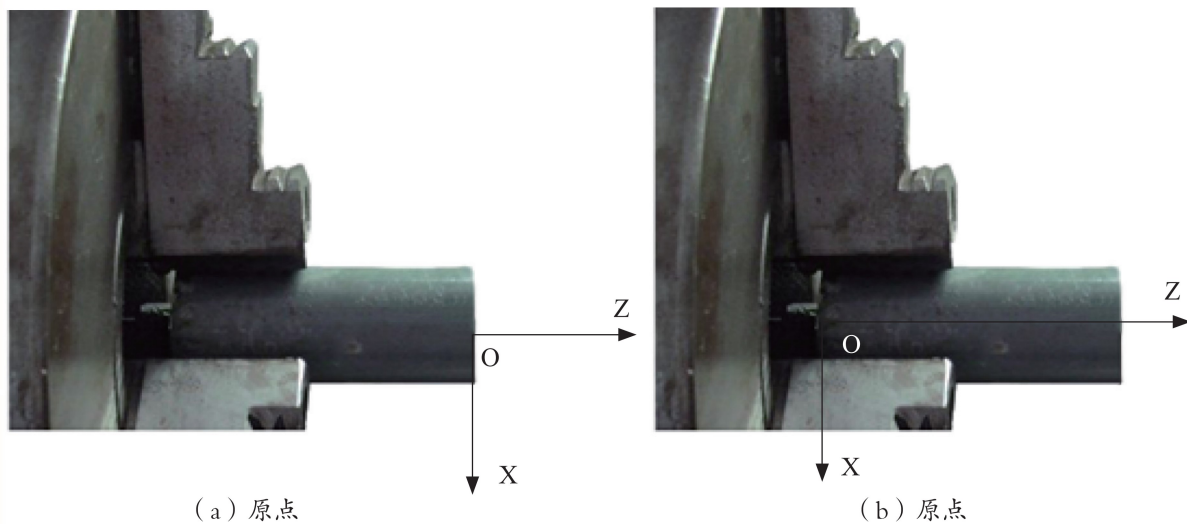


图1-3-2 编程原点

2. 工件坐标系（编程坐标系）

以机床原点为原点建立的坐标系一般称为机床坐标系，它是一台机床固定不变的坐标系；而以编程原点为原点建立的坐标系一般称为工件坐标系或编程坐标系，它随着加工工件的改变而改变位置。

工件坐标系是机床进行加工时使用的坐标系，它应该与编程坐标系一致。在加工过程中，数控机床是按照工件装夹好后所确定的加工原点位置和程序要求进行加工的。编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点，建立编程坐标系，并计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装夹的实际位置。对于加工人员来说，则应在装夹工件、调试程序时，将编程原点转换为加工原点，并确定加工原点的位置，在数控系统中给予设定（即给出原点设定值），设定工件坐标系后就可根据刀具当前位置，确定刀具起始点的坐标值。在加工时，工件各尺寸的坐标值都是相对于加工原点而言的，这样数控机床才能按照准确的工件坐标系位置开始加工。能否让编程坐标系与工件坐标系一致，是数控车床操作的关键。

FANUC系统一般是通过刀对刀将刀偏值写入参数从而获得工件坐标系。这种方法操作简单，可靠性好，通过刀偏与机械坐标系紧密联系在一起，只要不断电，不改变刀偏值，工件坐标系就会存在且不会变，即使断电，重启后回参考点，工件坐标系还在原来的位置。

数控机床的工件坐标系确定是影响加工精度的一个重要因素，对于不同型号的机床又有不同的要求，只有准确掌握、灵活运用这些知识，才能操作好数控机床。



任务4 掌握编程基础



任务描述

熟记表1-4-1、表1-4-2中G、M指令，掌握F、S、T指令，了解程序的一般结构。



任务目标

1. 认识程序格式与结构。
2. 了解G、M、F、S、T指令含义，理解它们的相关特性、功能组别。
3. 能看懂程序的结构。



知识准备

一、程序格式与结构

1. 程序段格式

程序段格式是指一个程序段中的字、字符和数据的书写规则。

常使用的是字地址可变程序段格式，它由程序段号字、数据字和程序段结束符组成。该格式的特点是对一个程序段中字的排列顺序要求不严格，数据的位数可多可少，与上一程序段相同的字可以不写。字地址可变程序段格式如下：

N _ G _ X _ Z _ F _ S _ T _ M _

其中，

N：程序段号字

G：准备功能G代码

X和Z：尺寸字

F：进给功能字

S：主轴转速功能字

T：刀具功能字

M：辅助功能字

2. 程序的构成

一个完整的程序由程序号、程序内容、和程序结束三个部分组成。

例如：



1.4.1 数控车FANUC 0i系统的程序结构与指令格式



```
O0001; -----FANUC系统指定程序号，每个程序号对应一个零件程序
N10 G40 G97 G99 M03 S300;
N20 T0101;
N30 G00 X0 Z2;
N40 G01 Z0 F0.1;
N50 X20;
N60 Z-40;
N70 X24;
N80 G00 Z2;
N90 M30; -----程序结束，返回起点
```

为程序内容，分号表示程序段结束

(1) 程序号

在数控装置存储器中通过程序号查找和调用程序。程序号在程序的最前端，由地址码和1~9999范围内的任意四位数字组成，在FANUC系统中一般地址码为字母O，其他系统用P或%等。

(2) 程序内容

程序内容主要用以控制数控机床自动完成零件的加工，是整个程序的主要部分，它由若干程序段组成。每个程序段由若干程序字组成，程序段段号由N和数字表示。每个程序字又由地址码和若干个数字组成。

(3) 程序结束

程序结束一般用辅助功能代码M02（程序结束）和M30（程序结束，返回起点）等来表示。

3. 程序格式

程序编制过程中，有些内容可以当作是固定的格式，因此，程序格式又可以作如下划分：

(1) 准备程序段

- ①程序号，如O0001。
- ②工件坐标系建立，如G54。
- ③刀具数据，如T0101。
- ④打开切削液，如M08。
- ⑤主轴旋转方向与转速，如M03 S500。
- ⑥快速定位，如G00 X50 Z2。

(2) 加工程序段

- ①根据零件具体形状及加工要求编写的一系列程序段。
- ②其他辅助编程，如子程序等。

(3) 结束程序段

- ①刀具快速回退，如G00 X100 Z100。
- ②主轴停转，M05。
- ③关闭切削液，M09。
- ④程序结束，M02或M30。

二、编程指令

1. 准备功能（G代码）

准备功能又称G代码，用来规定刀具和零件的相对运动轨迹（即插补功能）、机床坐标系、刀具补偿和固定循环等多种操作。

G代码分为模态代码和非模态代码。模态表示该G代码在一个程序段中的功能一直保持到被取消或被同组的另一个G代码所代替。非模态只在有该代码的程序段中有效，并按其功能进行了分组，同一功能组的代码可互相代替，但不允许写在同一程序段中。

数控车床常用的G功能见表1-4-1。

表1-4-1 准备功能G代码含义表

序号	G功能字	功能	模态	组别
1	G00	快速移动点定位	*	01
2	G01	直线插补	*	01
3	G02	顺时针圆弧插补	*	01
4	G03	逆时针圆弧插补	*	01
5	G04	进给暂停		00
6	G20	英制输入	*	06
7	G21	公制输入	*	06
8	G22	内部行程限位有效	*	04
9	G23	内部行程限位无效	*	04
10	G27	检查参考点返回		00
11	G28	自动返回原点		00
12	G29	从参考点返回		00
13	G30	返回第二参考点		00
14	G32	螺纹切削		01
15	G40	刀尖半径补偿方式取消	*	07
16	G41	调用刀尖半径左补偿	*	07
17	G42	调用刀尖半径右补偿	*	07
18	G50	设定零件坐标系		00
19	G70	精加工循环		00
20	G71	外径、内径粗车循环		00
21	G72	端面粗切循环		00
22	G73	固定形状车削循环		00

续表

序号	G功能字	功能	模态	组别
23	G74	Z向步进钻孔		00
24	G75	X向切槽		00
25	G76	复合螺纹切削循环		00
26	G80	取消固定循环		10
27	G83	钻孔循环	*	10
28	G84	攻螺纹循环	*	10
29	G85	正面镗孔循环	*	10
30	G87	侧面钻孔循环	*	10
31	G88	侧面攻螺纹循环	*	10
32	G89	侧面镗孔循环	*	10
33	G90	单一固定循环	*	01
34	G92	螺纹切削循环	*	01
35	G94	端面切削循环	*	01
36	G96	恒线速度控制	*	12
37	G97	取消恒线速度控制，改为恒转速控制	*	12
38	G98	每分钟进给（mm/min）	*	05
39	G99	每转进给（mm/r）	*	05

注：* 表示模态代码。

2. 辅助功能（M代码）

辅助功能又称M代码，由字母M及其后两位数字组成，这类指令加工时与机床操作的需要有关，如表示主轴的旋转方向、启动、停止、切削液的开关等功能。数控车床中常用的M功能见表1-4-2。

表1-4-2 辅助功能M代码含义表

序号	M代码	功能
1	M00	程序停止
2	M01	程序有条件停止
3	M02	程序结束
4	M03	主轴正转
5	M04	主轴反转
6	M05	主轴停止



续表

序号	M代码	功能
7	M06	更换刀具
8	M08	切削液开
9	M09	切削液关
10	M30	程序结束并返回起点
11	M41	低挡
12	M42	中挡
13	M43	高挡
14	M98	子程序调用
15	M99	子程序结束

数控车床中常用的M功能如下：

（1）M00程序停止

系统执行该指令时，主轴转动、进给、切削液都停止，可进行某一手动操作，如换刀、零件掉头、测量零件尺寸等。系统保持这种状态，直到重新启动机床，继续执行M00程序段后面的程序。

（2）M01程序有条件停止

其作用与M00相同。系统执行该指令时，只有从控制面板上按下“选择停止”键，M01才有效，否则跳过M01指令，继续执行后面的程序。该指令一般用于抽查关键尺寸时使用。

（3）M02程序结束

该指令表示执行完程序内所有指令后，主轴停止，冷却液关闭，机床处于复位状态。

（4）M30返回程序起点

使用M30时，除表示M02的内容外，刀具还要返回到程序的起始状态，准备下一个零件的加工。

3. 程序内其它常见各字主要功能说明

N（程序段号字）：表示程序段的编号，由地址码和后面的若干位数字表示（如N0010）。程序段的编号一般不连续排列，以5或10间隔，主要是便于插入语句。

X和Z（尺寸字）：由地址码、“+”“-”符号及绝对值或增量值构成，地址码还有U、W、R、I、K等，用于确定机床上刀具运动终点的坐标位置。

F（进给功能字）：表示刀具中心运动时的进给量，由地址码F和后面若干位数字构成，通常有两种形式，一种是刀具每分钟的进给量，单位是mm/min；另一种是主轴每转刀具的进给量，单位是mm/r。在编程中一个程序段只可使用一个F代码，不同程序段可根据需要改变进给量。上述程序中“F0.1”表示刀具进给量为0.1mm/r。本书实例均采用主轴每转刀具的进给量。

S（主轴转速功能字）：表示主轴转速，由地址码S和若干位数字组成，用于控制主轴的回转速度，单位为r/min。上述程序中“S300”表示设定主轴转速为300 r/min。一个程序



段只可以使用一个S代码，不同程序段可根据需要改变主轴转速。

T（刀具功能字）：表示刀具所处的位置，由地址码T和若干位数字组成，数字用来表示刀具号和刀具补偿号。FANUC系统中由T和四位数字组成，例如上述程序中的T0101，前两位“01”表示选1号刀具，后两位“01”表示刀具补偿号。每把刀结束加工要取消补偿，例如T0100，“00”表示取消1号刀具的补偿。



任务5 操作数控车床



任务描述

在数控车床上进行开机、关机、回参考点、对刀，以及不同工作模式下的操作。



任务目标

1. 理解回参考点的意义。
2. 理解对刀的含义。
3. 能正确进行开、关机及回参考点操作。
4. 能正确进行对刀操作。
5. 能正确进行程序的校验操作。
6. 能在手动和自动模式下正确操作机床。



知识准备

一、开机与关机操作

1. 开机操作步骤

- (1) 检查机床初始状态，以及控制柜门是否关好。
- (2) 合上机床后面的空气开关，手柄的指示标志到“ON”的位置，接通机床电源。
- (3) 确定机床电源接通后，按下机床操作面板上“系统启动”按钮，进入数控系统的界面，右旋松开“急停”按钮，系统复位。
- (4) 检查散热风机等是否正常运转。

2. 关机操作步骤

- (1) 确认机床的运动全部停止，关闭“急停”按钮。
- (2) 按下机床操作面板上“系统停止”按钮，CNC系统电源被切断。
- (3) 将主电源开关置于“OFF”位置，切断机床电源。

3. 注意事项

- (1) 在系统启动正常后，方可操作面板开关键，否则可能引起意想不到的运动并带来危险。



1.5.1 数控车床的基本操作

(2) 如果开机后机床报警, 检查急停按钮是否打开或超程。如果超程, 用手摇方式向超程相反的方向摇动刀架, 并离开参考点一定距离, 报警解除。

(3) 关机后重新启动系统, 要间隔一分钟以上, 不要连续短时频繁开关机。

(4) 时刻牢记“急停”按钮的位置并准备操作它。当遇到紧急情况时立刻关闭“急停”按钮。

二、回参考点操作

机床开机后, 必须首先进行回参考点操作。具有断电记忆功能绝对编码器的机床不用进行回参考点操作。

1. 操作步骤

(1) 按下工作方式中的“回零”按钮。

(2) 按下“+X”键, 刀架向X正方向移动, 坐标参数显示变化。待X回零指示灯亮了, 表明该轴已回到参考点。

(3) 待X回零指示灯亮后, 方可按下“+Z”键, 刀架向Z正方向移动, 坐标参数显示变化。待Z回零指示灯亮了, 表明该轴已回到参考点。

(4) 回参考点后, 方可进行其他操作。

2. 注意事项

(1) 不回参考点, 机床可能会产生意想不到的运动, 发生碰撞及伤害事故。机床重开机后必须立即进行回参考点操作。当进行机床锁住、图形演示、机床空运行以及急停按钮操作后, 必须重回参考点操作。

(2) 为保证安全, 回参考点时必须先回“+X”, 再回“+Z”; 如果先回“+Z”则可能导致刀架电动机与尾座发生碰撞事故。

(3) 回参考点前, 应使刀架位于减速开关和负限位开关之间。

三、手动操作

1. 点动操作

按“手动”按钮, 先设定进给修调倍率, 再按“+Z”或者“-Z”“+X”“-X”, 坐标轴连续移动; 在点动进给时, 同时按压“快进”按钮, 则产生相应轴的正向或负向快速运动。

2. 增量进给

按下面板上的“增量”按钮(指示灯亮), 按一下“+Z”或者“-Z”“+X”“-X”, 则沿选定的方向移动一个增量值。请注意与“点动”的区别, 此时按住“+Z”或者“-Z”“+X”“-X”不放开, 也只能移动一个增量值, 不能连续移动。

增量进给的增量值由“×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见表1-5-1。

表1-5-1 增量倍率对应值

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



3. 手摇进给

以X轴为例，说明手摇进给操作方法。将坐标轴选择开关置于“X”档，顺时针/逆时针旋转手摇脉冲发生器一格，可控制X轴向正向或负向移动一个增量值。连续发生脉冲，则连续移动机床坐标轴。

手摇进给的增量值由三个增量倍率“ $\times 1$ ”“ $\times 10$ ”“ $\times 100$ ”按钮控制。增量倍率按键和增量值的对应关系见表1-5-2。

表1-5-2 手摇增量倍率对应值

增量倍率按键	$\times 1$	$\times 10$	$\times 100$
增量值 (mm)	0.001	0.01	0.1

四、对刀操作

对刀就是在机床上设置刀具偏移或设定工件坐标系的过程。

1. 设置主轴旋转

- (1) 按下机床操作面板“MDI”按钮。
- (2) 按下“PROG”按钮，进入“MDI”输入窗口。
- (3) 先按“EOB”键，再按“INSERT”确定。
- (4) 在数据输入行输入“M03 S600”，按“EOB”键，再按“INSERT”键。
- (5) 按“循环启动”按钮，主轴正转。

2. 对刀操作步骤

假设工件原点在工件右端面中心上，采用试刀法对刀。

- (1) 主轴转动到合适转速。
- (2) 用外圆车刀先试切一外圆，测量外圆直径后，按“OFESTset”，屏幕下方对应功能键“刀偏”→“形状”，输入“外圆直径值”，按“测量”键，完成刀具X轴对刀。
- (3) 用外圆车刀再试切外圆端面，按“OFESTset”，屏幕下方对应功能键“刀偏”→“形状”，输入“Z0”，按“测量”键，完成刀具Z轴对刀。

3. 注意事项

- (1) 用手摇切削时动作要轻柔，通过转动手轮外圈控制运动速度。
- (2) 必须在对刀页面里按“刀偏”后，再按“形状”软键。
- (3) 对刀时一定要选择刀具的刀补号与补偿页面中的刀补号一致。
- (4) 加工中所需要的刀具要依次全部对好，防止遗忘造成撞刀。
- (5) 对完刀后，必须要校验刀具偏置参数，否则极易出现撞刀事故。

五、程序的校验操作

程序在每次加工前都要进行校验，原因在于手动输入程序存在弊端，容易出错。而自动输入的程序一般会用专门的程序校验软件进行校验。程序校验步骤如下：

1. 按“编辑”按钮，系统进入编辑状态，输入需要校验的程序名，按光标键“向下”。
2. 复位程序。按下“RESERT”按钮，使程序复位到程序的开头。

3. 按自动运行键“自动”，同时按机床锁住键和另一空运行键。
4. 按“CUSTM/GRAPH”键打开图形显示画面，按下“图形”软键。
5. 按下“循环启动”按钮，程序开始进行校验，观察图形画面的刀具路径。

六、自动加工

在零件装夹完毕，刀具安装并对刀完毕，程序校验准确无误后，在自动工作模式下对零件进行加工，操作步骤如下：

1. 调出加工程序。
2. 复位程序。
3. 把进给倍率调整到50%，主轴倍率调整到100%，快速倍率调整到25%。
4. 按“自动”按钮。
5. 按“循环启动”按钮。
6. 待工件正常切削后，把进给倍率调整到100%。



任务6 文明生产和保养数控车床



任务描述

熟读文明生产和安全操作规程，并对数控车床进行保养。



任务目标

1. 熟记文明生产和安全操作规程。
2. 了解数控车床维护和保养的内容。
3. 能正确对数控车床进行日保养。
4. 能正确在刀具车或工具箱中摆放工、量、刃具。



知识准备

一、文明生产和安全操作规程

1. 文明生产

文明生产是现代企业制度中一项十分重要的内容，而数控车加工是一种先进的加工方法，与普通车床加工比较，数控车床自动化程度高。操作者除了掌握好数控车床的性能、精心操作外，一方面要管好、用好和维护好数控车床；另一方面还必须养成文明生产的良好工作习惯和严谨的工作作风，应具有良好的职业素质、责任心和良好的合作精神。

实习中，工量具的摆放最能说明学生文明生产的行为习惯，具体摆放要求如图1-6-1所示，大部分工具箱的层数与刀具车一致，摆放要求类似。



1.6.1 文明生产和安全操作规程

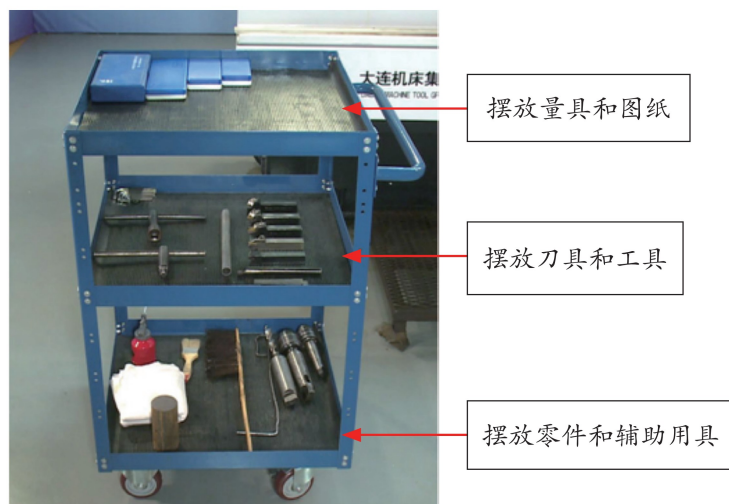


图1-6-1 刀具车摆放基本要求示意图

2. 安全操作规程

为了正确合理地使用数控机床，减少故障的发生率，操作人员必须按以下的机床操作规程进行操作：

（1）安全操作基本注意事项

- ① 工作时，应戴好防护镜，穿好工作服、安全鞋，女生需戴好工作帽，不允许戴手套操作机床。
- ② 不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。
- ③ 不要在机床周围放置障碍物，工作空间应足够大。
- ④ 某一项工作如需要两人或多人共同完成时，应注意相互间的协调一致。
- ⑤ 不允许采用压缩空气清洗机床、电气柜及NC单元。

（2）工作前的准备工作

- ① 机床开始工作前要预热，认真检查润滑系统工作是否正常，如机床长时间未开动，可先采用手动方式向各部分供给润滑油润滑。
- ② 使用的刀具应与机床允许的规格相符，有严重破损的刀具应及时更换。
- ③ 调整刀具时，所用工具不要遗忘在机床内。
- ④ 较大尺寸轴类零件的中心孔应大小合适，中心孔如太小，工作中易发生危险。
- ⑤ 刀具安装好后应进行一两次试切削。
- ⑥ 检查卡盘夹紧工作的状态。
- ⑦ 机床开动前，必须关好机床防护门。

（3）工作过程中的安全注意事项

- ① 禁止用手接触刀尖和铁屑，铁屑必须要用铁钩子或毛刷来清理。
- ② 禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位。
- ③ 禁止在加工过程中修改加工程序或变速，更不能用棉丝擦试工件，也不能清扫机床。
- ④ 车床运转中，操作者不得离开岗位，车床发生异常现象时应立即停下车床。
- ⑤ 在加工过程中，不允许打开机床防护门。

(4) 工作完成后的注意事项

- ① 清除切屑，擦拭机床，使机床与环境保持清洁状态。
- ② 经常检查润滑油、切削液的状态，及时添加或更换。
- ③ 依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

二、数控车床的维护与保养

数控机床在运行一定时间后，某些元器件难免出现一些损坏或者故障。为了尽可能地延长元器件的使用寿命，防止各种故障，特别是恶性事故的发生，就必须对数控系统进行日常的维护与保养，防患于未然。涉及到机械及电气元器件的维护及保养须由专业人员完成。具体内容如表1-6-1。



1.6.2 数控车床的维护与保养

表1-6-1 数控车维护与保养内容

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油标、油量，及时添加润滑油，润滑泵能定时起打油和停止。
2	每天	X、Z轴向导轨面	清除切屑和脏物，检查润滑油是否充分，导轨面有无划伤的损坏。
3	每天	电气柜散热通风装置	电气柜冷却风扇工作正常，过滤网无堵塞。
4	每天	CNC输入/输出单元	连接是否可靠，清除灰尘。
5	每天	机床防护装置	防护罩、导轨等无松动。
6	每月	检测装置	检查编码器、光栅尺等连接可靠，无油液或灰尘污染。
7	每月	机床电气元件	检查继电器、接触器、变压器等，应工作正常，触点接触完好。
8	每半年	滚珠丝杠	清洗丝杠，涂上新油脂，并调整轴向间隙。
9	每半年	X、Z轴进给轴的轴承	清洗轴承，更换润滑脂。
10	每年	润滑液压泵及滤油器	清洗润滑油箱及滤油器。
11	每年	刀架机构	清洗刀架，添加润滑油脂。
12	每年	存储用电池	定期检查和更换存储用电池。
13	不定期	检查各轴导轨上镶条，压紧螺丝的松紧状态	按机床说明书调整。
14	不定期	排屑器	经常清理切屑，检查有无切屑堆积、卡住等。
15	不定期	调整主轴驱动带松紧	按机床说明书调整。



任务7 操作数控车仿真软件



任务描述

认识数控车仿真软件的面板，能熟练操作数控车仿真软件的各项功能按钮。



任务目标

1. 了解数控车仿真软件的操作界面。
2. 了解操作界面上各按钮的作用。
3. 能熟练操作数控车仿真软件的各项功能按钮。



知识准备

一、数控仿真软件的简介

数控仿真软件是一个应用虚拟现实技术与数控加工操作技能培训的仿真软件。此类软件具备对数控机床操作全过程和加工运行全环境仿真的功能，同时还具备数控加工这类强调操作过程的考试功能，使原来需要在数控设备上才能完成的教育功能可以在这个虚拟制造环境中实现。该仿真软件不仅可以进行数控编程的教学，还可以对数控车床、数控铣床和数控加工中心加工零件全过程进行仿真，其中包括毛坯定义、夹具刀具定义与选用、零件基准测量和设置、数控程序输入、编辑和调试。此类仿真软件有FANUC数控系统、SIEMENS数控系统、华中数控系统、广州数控系统等多种数控系统，具有多系统、多机床、多零件的加工仿真模拟功能。

本书以斯沃数控仿真软件为例，介绍FANUC Oi系统数控车床仿真软件的操作。



1.7.1 数控车仿真软件操作界面及功能介绍

二、数控车仿真软件操作界面及功能介绍

1. 单机版启动界面（如图1-7-1所示）



图1-7-1 启动界面

- (1) 在左边文件框内选择单机版。
- (2) 在右边的条框内选择所要使用的系统名称。
- (3) 在“机器码加密”和“软件狗加密”中选择其一。
- (4) 单击“运行”进入系统，如图1-7-2所示。



图1-7-2 FANUC Oi系统界面

2. 工具条及菜单

全部命令可以通过屏幕左侧工具条上的按钮来执行。当光标指向各按钮时系统会立即提示其功能名称，同时在屏幕底部的状态栏里显示该功能的详细说明。FANUC Oi系统数控车按钮图标及其功能见表1-7-1。

表1-7-1 FANUC Oi系统数控车按钮图标及其功能

图标	功能	图标	功能
	建立新的NC文件		Y-X平面选择
	打开保存的文件		机床罩壳切换
	保存文件		工件测量
	另存文件		声控
	机床参数		坐标显示
	刀具库管理		冷却水显示

续表

图标	功能	图标	功能
	工件显示模式		毛坯显示
	选择毛坯大小、工件坐标等参数		零件显示
	开关机床门		透明显示
	铁屑显示		ACT显示
	屏幕安排：以固定的顺序来改变屏幕布置的功能		显示刀位号
	屏幕整体放大		刀具显示
	屏幕整体缩小		刀具轨迹
	屏幕放大、缩小		在线帮助
	屏幕平移		录制参数设置
	屏幕旋转		录制开始
	X-Z平面选择		录制结束
	Y-Z平面选择		示教功能开始和停止

三、数控车床仿真软件FANUC Oi系统的操作

1. FANUC Oi系统机床操作面板

机床操作面板位于窗口的右下侧，如图1-7-3所示，主要用于控制机床运行状态，由模式选择按钮、运行控制开关等多个部分组成。

数控系统面板如图1-7-4所示（FANUC Oi Mate-TC），它是由显示屏和MDI键盘两部分组成，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MDI键盘包括字母键、数值键以及功能按键等，可以进行程序、参数、机床指令的输入及系统功能的选择。



1.7.2 数控车床仿真软件FANUC Oi系统的操作



图1-7-3 机床操作面板



图1-7-4 数控系统面板

2. 数控机床仿真操作

(1) 激活机床

单击启动按钮 ，此时机床电源指示灯  变亮。

(2) 回零

单击  和  按钮进入回零模式，在回零模式下，先将X轴回原点，单击操作面板上的  按钮，使X轴方向回零；同样再单击Z轴方向移动按钮 ，使Z轴方向回零。此时回零指示灯   亮。

(3) 手动/连续方式

单击  按钮，机床进入手动模式。分别单击     按钮，控制X轴、Z轴方向移动，同时配合  按钮进行快速移动。

(4) 手动脉冲方式

这种方式用于微量调整。在实际生产中，使用手脉可以让操作者容易控制和观察机床移动。



单击  按钮，选择  运动轴，鼠标对准手轮  顺时针或逆时针旋转，控制 16.5

(5) 对刀

数控程序一般按工件坐标系编程，对刀的过程就是建立工件坐标系与机床坐标系之间关系的过程。

X向对刀：选择“手动”工作模式 ，启动主轴正转 ，单击控制面板上的  按键和  按键，使机床刀架在X轴负方向移动，同样使刀架在Z轴负方向移动。用所选外圆车刀试切工件外圆，切完后保持X坐标不变，沿Z轴正方向退刀，如图1-7-5所示。按主轴停止按钮  停止主轴转动。单击“工件测量”→“特征线”选项，弹出工件测量对话框，如图1-7-6所示。记下试切外圆的直径值“ α ”。单击  退出“工件测量”。按下参数输入功能键 ，选择“形状”栏 ，输入直径值“X α ”，按菜单软键“”，系统自动计算出坐标值并填入，完成X轴的对刀。

Z向对刀：单击操作面板上的主轴正转 ，将刀具移至工件端面处，通过按X轴负方向按钮 ，切削工件端面，然后按X轴正方向退出，Z轴方向保持不动。如图1-7-7

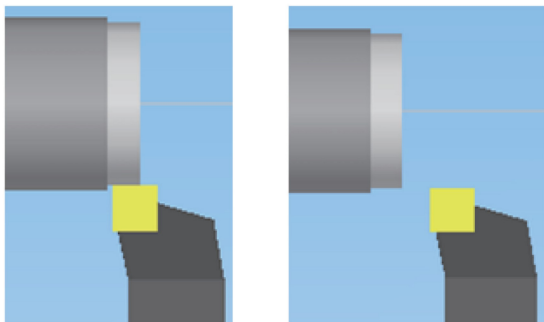


图1-7-5 外圆试切

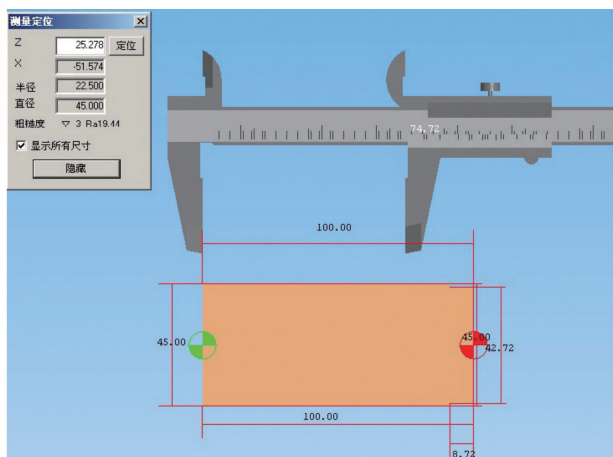


图1-7-6 工件测量

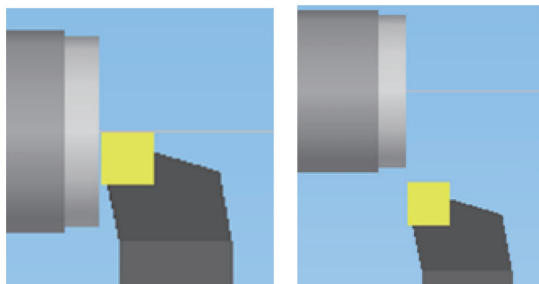


图1-7-7 切削端面

所示。按主轴停止按钮  停止主轴转动。按下参数输入功能键 ，选择“形状”栏 ，输入直径值“Z 0”，按菜单软键“”，系统自动计算出坐标值并填入，完成Z轴的对刀。

(6) 数控程序处理

选择程序：单击  按钮，按  键，输入字母“O”，按  键，输入数字“7”，即输入搜索的号码“07”，按  键开始搜索程序；找到后“07”显示在屏幕右上角程序号位置，“07” NC程序显示在屏幕上。

删除程序：单击  按钮，按  键，输入字母“O”，按  键，输入数字“7”，即输入要删除的程序号码为“07”，按  键，“07”程序被删除。

编辑程序：单击  按钮，按  键，输入字母“O”，按  键，输入数字“7”，按  即可编辑。

在编辑过程中通过“上下左右”按键来移动光标，用鼠标单击“数字/字母键”，数据被输入到输入域。按  和  来换行。按  键用于删除输入域内的数据，按  键把输入区的内容替换光标所在的代码，按  键把输入区的内容插入到光标所在代码后面，按  键删除光标所在的代码。

(7) MDI模式

按  按钮，进入MDI模式，再按  和  键，进入编辑页面。

通过“数字/字母键”输入相应的程序指令，用回车换行键  结束一行后换行，按  键，输入所编写的数据指令，输入完整数据指令后，按循环启动键  运行程序，用  清除输入的数据。

(8) 自动加工方式

在自动运行前，先查机床是否回零，若未回零，先将机床回零。关上机床门。

按  按钮，进入自动加工模式，再按  和  键，输入要加工的程序名如“07”，按  键调出程序，按循环启动键  运行程序。按循环停止键 ，程序停止执行，再单击循环启动键 ，程序继续从暂停位置开始执行；按  键，程序停止执行，并且程序重新回到开头。



1. 简述数控仿真软件建立程序的方法。
2. 简述数控仿真软件对刀的步骤。
3. 简述数控仿真软件操作步骤。

本项目主要是了解数控车床的一般机构和基本加工过程，熟悉数控车床（FANUC系统）的基本功能及操作方法，掌握数控车削中的编程坐标系（工件坐标系）与机床坐标系的关系，了解编程的基础知识，学会开机、关机、回参考点、对刀操作方法，学会保养数控车床，同时接受安全与文明生产教育，为后续项目的完成打好基础，培养学生良好的职业素质。



项目测评

思考以下问题：

1. 数控车床一般由哪几个部分组成？
2. 数控车床的工作原理是什么？
3. 数控车削的加工范围是什么？
4. 数控车削的加工过程有哪几步？
5. 什么是机床原点？
6. 什么是编程原点？
7. 一个完整的程序由哪几个部分组成？
8. G指令是什么指令？M指令是什么指令？T指令是什么指令？S指令是什么指令？F指令是什么指令？
9. M00与M01指令的区别是什么？
10. M02与M30指令的区别是什么？
11. 为什么回参考点操作时，必须先回X轴，再回Z轴？
12. 数控车床的维护和保养内容有哪些？

项目2 简单轴类零件车削

通过项目一的学习，我们对数控代码指令、数控车床基本操作有了一定的了解，而最终我们是想利用数控车床把工件完成。在本项目中，我们将学习端面、外圆柱、外圆锥和圆弧等外轮廓的编程与车削，掌握简单轴类零件车削的知识与技能。



任务1 装刀和对刀



任务描述

现在工厂来了一批零件，零件如图2-1-1所示，已知毛坯材料为钢45，毛坯尺寸为 $\phi 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 的棒料，要求在数控车床上加工，需要工人师傅选用合理的刀具，并进行安装刀、校准刀。

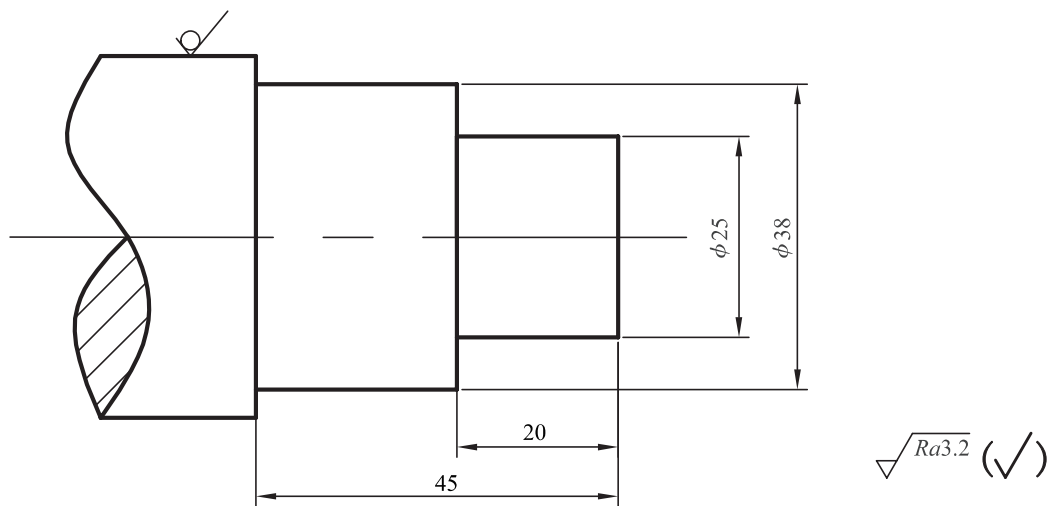


图2-1-1 零件图



任务目标

1. 了解常用机夹刀的种类和结构形式。
2. 能够根据场合合理选用刀具，并进行装夹。
3. 能够熟练完成刀具的对刀操作。



知识准备

一、机夹式车刀简介

1. 定义

机夹式车刀是为了避免焊接车刀因焊接使硬质合金刀片产生裂纹而降低刀具耐用度，使用时出现脱焊和刀杆只能使用一次等缺点，采用将刀片用机械夹持的方法固定在刀杆上，刀片用钝后可更换新刀片的一种车刀。常用机夹刀如图2-1-2所示。



2.1.1 常用机夹式车刀的介绍与安装方法

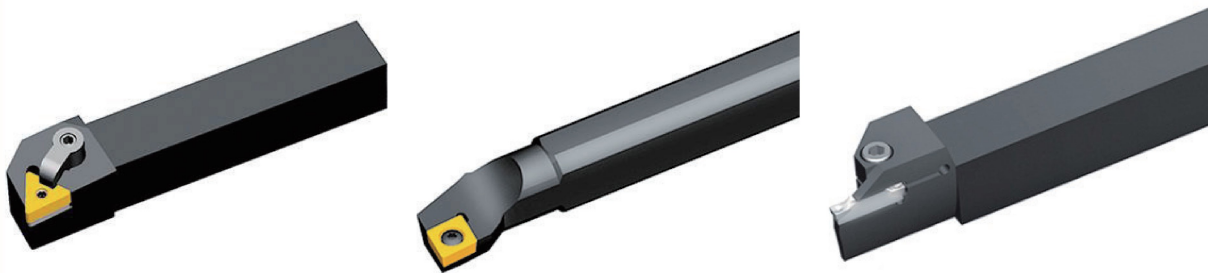


图2-1-2 机夹式车刀

2. 优点

刀片不经过高温焊接，可避免因高温焊接而引起的刀片硬度下降和产生裂纹等缺陷，故而可以提高刀具寿命，并且刀柄可多次重复使用。

3. 种类

常用的机夹式车刀有外圆车刀、镗孔车刀、切槽车刀、螺纹车刀等。

4. 结构形式

上压式采用螺钉和压板从上面压紧刀片，通过调整螺钉来调节刀片位置，其特点是结构简单，夹固牢靠，使用方便，刀片平装，用钝后重磨后刀面。上压式是加工中应用最多的一种。

侧压式这种形式一般多利用刀片本身的斜面，由楔块和螺钉从刀片侧面来夹紧刀片，其特点是刀片竖装，对刀槽制造精度的要求可适当降低，刀片用钝后重磨前刀面。

切削力夹固式这种形式通常是指切削力自锁车刀，它是利用车刀车削过程中的切削力，将刀片夹紧在1:30的斜槽中，其特点是结构简单，使用方便，但要求刀槽与刀片紧密配合，切削时无冲击振动。

二、车刀的正确安装方法

根据工件及加工工艺要求选择恰当的刀具和刀片，将选择好的刀具装夹在刀架上。车刀安装的正确性，直接影响车削过程和工件的加工质量，所以在装夹车刀时必须注意下列事项：

1. 安装前保证刀杆及刀片定位面的清洁，无损伤。
2. 将刀杆安装在刀架上时，应保证刀杆方向正确。
3. 车刀装夹在刀架上的伸出部分应尽量短，以增强其刚度，伸出长度为刀杆厚度的



1~1.5倍。车刀下面垫片的数量要尽量少，并与刀架边缘对齐，且至少用两个螺钉平整压紧，以防振动。

4. 安装刀具时需注意使刀尖等高于主轴的回转中心。车刀刀尖高于工件轴线，会使车刀的实际后角减小，车刀后面与工件之间的摩擦增大；车刀刀尖低于工件轴线，会使车刀的实际前角减小，切削阻力增大；刀尖不对准中心，在车至端面中心时会留有凸头，使用硬质合金车刀时，若忽视这一点，车到中心时会造成车刀刀尖碎裂。

1. 怎样检验刀具是否安装正确？举例说明。
2. 刀具装高了或装低了，对加工有什么影响？举例说明。
3. 假如装 90° 外圆偏刀时，把刀具主切削刃与工件之间的夹角装的小于 90° ，能够加工吗？对加工有什么影响？



任务实施

一、准备工作

1. 刀具（见表2-1-1）



2.1.2 常用机夹式车刀的对刀方法

表2-1-1 刀具

类别	刀具编号	刀具名称	刀片材料	备注
刀具	T0101	90° 外圆车刀	硬质合金	

2. 量具（见表2-1-2）

表2-1-2 量具

类别	序号	名称	规格或型号	精度（mm）	数量
量具	1	外径千分尺	25~50	0.01	1
	2	游标卡尺	0~150	0.02	1

3. 材料（见表2-1-3）

表2-1-3 材料

类别	材料	规格（mm）	数量
材料	45钢	$\phi 45 \times 100$	1



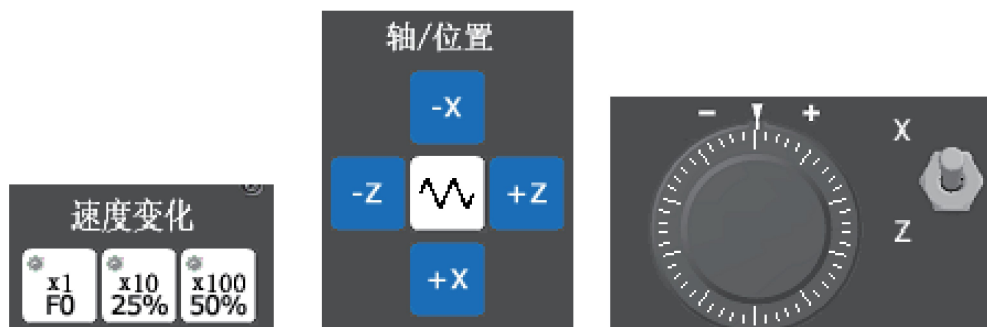
二、操作步骤

1. 系统控制面板上，选择“MDI”方式下输入主轴指令使机床主轴转动，如图2-1-3所示。



图2-1-3 系统控制面板工作模式的选择

2. 在手动方式或手轮方式下，正确选择合理的移动（较快）速度，手动控制坐标移动或手摇轮的方式下将刀具移动接近零件，如图2-1-4所示。



(a) 选择合理的移动速度

(b) 手动控制按键

(c) 手摇控制旋钮

图2-1-4 移动速度与方向控制按键

3. 手动控制坐标移动（闪烁提示）或手摇轮的方式下，移动刀具（较慢）使刀具少量接触零件端面，车削工件端面，Z轴方向不移动，X轴正方向退刀。

4. 在系统面板上按下参数设置键“OFS/SET”，打开刀具参数表，按下系统屏幕下方的功能键，依次选择刀具参数表中的“补正”→“形状”，显示刀具参数表，如图2-1-5所示。光标移动到相对应刀具号的那一行上，输入：Z0（闪烁提示），点击“测量”，刀具参数表中刀具补偿值已输入，此时刀具Z向对刀结束。



图2-1-5 刀具参数表

5. 在手动或手摇轮方式下使X轴沿负方向移动（进刀），目测使刀具相对工件有少量背吃刀量（无需太多，能够将毛工件车削出完整外圆面即可）。

6. 在手动或手摇轮方式下选择合理的进给量使刀具沿Z轴负方向进给车削，车削出外圆长度约5 mm（便于量具测量直径的长度即可）。

7. 此时刀具X轴向不动，刀具沿Z轴正方向退出，离开零件一定距离，停止主轴转动。

8. 使用千分尺或游标卡尺测量已车削过零件表面的直径，记下测量值，如：44.85。

9. 按下系统面板上参数设置键“OFS/SET”（闪烁提示），打开刀具参数页面，选择刀具参数表中的“补正”→“形状”，显示刀具参数表。光标移动到相对应刀具号的那一行上，输入X44.85，点击“测量”。此时刀具X轴向刀具补偿值已输入，刀具X和Z方向对刀结束。



操作小技巧

1. 手动控制刀具沿X轴和Z轴负方向快速接近工件，注意移动过程中不要发生碰撞。
2. 在进行车削工件的时候，要配合倍率开关 $\times 10$ 调整进给速度，防止出现崩刀。
3. X方向对刀时，在进行车外圆的时候，为了易于测量试切外圆的直径，一般长度车削5 mm左右，尤其在退出测量时，X轴不能动。



任务评价

表2-1-4 任务评价表

任务名称			任务日期		
学生班级		学生姓名		指导教师	
评价项目		评价结果			
任务实施前准备情况评价	目标与任务是否了解	已了解 ☐	大致了解 ☐	未了解 ☐	
	微课资源是否学习	已学习 ☐	未学完 ☐	未学习 ☐	
	工艺要点是否掌握	已掌握 ☐	基本掌握 ☐	未掌握 ☐	
	工作服是否穿戴整齐	穿戴整齐 ☐	穿戴不整齐 ☐	未穿戴 ☐	
	所需工、量、刀具是否准备齐全	准备齐全 ☐	基本齐全 ☐	缺失较多 ☐	
	所需材料是否准备妥当	准备妥当 ☐	基本妥当 ☐	未准备 ☐	
	检查所用设备是否正常	检查正常 ☐	检查不正常 ☐	未检查 ☐	
		设备问题：			