

项目一

操作数控车床

本项目包含三个任务：认识数控车床操作面板、编辑程序、安装车刀与对刀。通过本项目的学习，可以认识数控车床的操作面板功能，学会程序的输入和编辑，能正确安装车刀，并学会对刀。

任务一 认识数控车床操作面板

想要正确、熟练地操作数控车床，首先必须要了解数控车床的操作面板，并能熟练地操作其面板。

任务目标

- 简单了解数控车床的组成、工作原理、类型特点；
- 了解典型的数控系统；
- 熟悉数控车床的操作面板，掌握各功能键的功能；
- 能通过面板来操作车床。

任务描述

能认识图 1-1-1 所示的 FANUC Series 0i Mate-TC 操作面板，并会常用的操作。

知识链接

数控车床操作面板是数控车

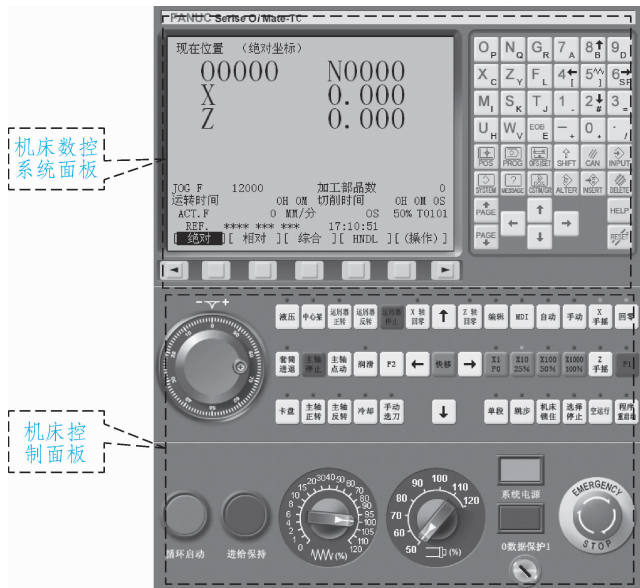


图 1-1-1 FANUC Series 0i Mate-TC 数控车床操作面板

床的重要组成部分。数控车床的类型和数控系统的种类很多，各生产厂家设计的操作面板也不尽相同，但操作面板中各种旋钮、按钮和键盘的基本功能与使用方法基本相同。本任务以 FANUC 系统为例，简单介绍了数控车床操作面板上各个按键的基本功能与使用方法。

认识数控面板

1. 数控系统面板

FANUC Series 0i Mate-TC 数控系统面板如图 1-1-2 所示。

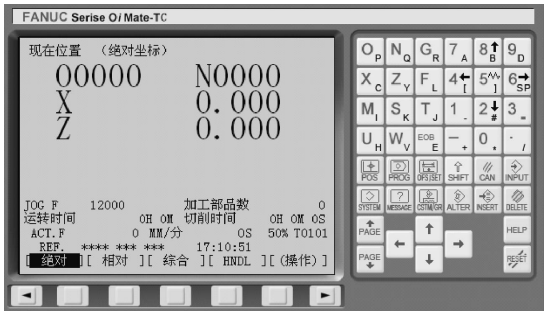


图 1-1-2 FANUC Series 0i Mate-TC 数控系统面板

(1)数字/字母键

数字/字母键(图 1-1-3)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。字母和数字通过上挡键切换输入，如 O—P、7—A。



图 1-1-3 数字/字母键(MDI 编辑器)

(2)编辑键

数控系统面板的编辑键如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 编辑键

序号	示意图	名 称	功 能
1		替换键	用输入的数据替换光标所在的数据
2		删除键	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

序号	示意图	名 称	功 能
3		插入键	把输入区之中的数据插入当前光标之后的位置
4		取消键	消除输入区内的数据
5		回车换行键	结束一行程序的输入并且换行
6		上挡键	用于数字和字母的切换

(3) 页面切换键

数控系统面板的页面切换键如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 页面切换键

序号	示意图	名 称	功 能
1		程序键	按下该键，进入程序显示与编辑页面
2		位置键	按下该键，进入位置显示页面。位置显示有三种方式，可用 PAGE 键选择
3		刀具偏置设定键	按下该键，进入参数输入页面。按第一次进入坐标系设置页面，按第二次进入刀具补偿参数页面。进入不同的页面以后，可用 PAGE 键进行切换
4		系统键	按下该键，进入系统参数设置页面
5		图形显示键	按下该键，进入图形参数设置页面
6		帮助键	按下该键，进入系统帮助页面
7		复位键	解除当前状态、设置加工程序、机床紧急停止时，可使用该键

(4) 翻页键

数控系统面板的翻页键如表 1-1-3 所示。

表 1-1-3 翻页键

序号	示意图	名 称	功 能
1		翻页键	向上翻页
2			向下翻页

(5)光标移动键
数控系统面板的光标移动键如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 光标移动键

序号	示意图	名 称	功 能
1		光标移动键	向下移动光标
2			向上移动光标
3			向左移动光标
4			向右移动光标

(6)输入键
输入键用于把输入区内的数据输入参数设置页面。

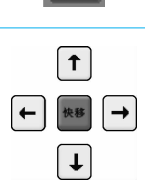
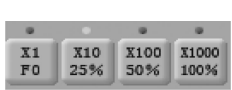
2. 车床控制面板

车床控制面板功能键如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 车床控制面板功能键

序号	示意图	名 称	功 能
1		自动方式	自动加工模式
2		编辑方式	可输入、输出程序，也可对程序进行修改或删除
3		MDI 模式	手动数据输入方式
4	 	手轮方式	手摇进给
5		手动方式	手动连续移动车床

续表

序号	示意图	名 称	功 能
6		回零	回参考点
7		程序运行 控制按钮	按下此键，程序运行开始（模式选择旋钮在“自动”和“MDI”位置时按下此键有效，其余时间按下无效）
8		进给保持	按下此键，程序停止运行
9		主轴正转	手动方式下，按下此键可以使机床正转
10		主轴反转	手动方式下，按下此键可以使机床反转
11		主轴停止	手动方式下，按下此键可以使机床停止转动
12		手动移动机床各轴按钮	手动移动车床各轴，按下“快移”键时，实现手动快速移动
13		增量进给 倍率选择	选择移动机床轴时，每一步的距离： $\times 1$ 为 0.001 mm， $\times 10$ 为 0.01 mm， $\times 100$ 为 0.1 mm， $\times 1000$ 为 1 mm。置光标于按钮上，单击选择
14		进给率 调节旋钮	调节程序运行中的进给速度，调节范围为 0~120%。置光标于旋钮上，单击即转动
15		主轴转速倍率 调节旋钮	调节主轴转速，调节范围为 0~120%
16		手轮	把光标置于手轮上，选择轴向，按下鼠标左键，移动鼠标，手轮顺时针转，相应轴往正方向移动；手轮逆时针转，相应轴往负方向移动
17		单步执行开关	每按一次此键，程序启动执行一条程序指令
18		程序段跳读	自动方式下按下此键，跳过程序段开头带有“/”的程序

续表

序号	示意图	名 称	功 能
19		机床锁住	按下此键，机床各轴被锁住，只能程序运行
20		选择停止	自动方式下，遇有 M01 程序停止
21		空运行	按下此键，各轴以固定的速度运动
22		程序重启动	由于刀具破损等原因自动停止后，程序可以从指定的程序段重新启动
23		切削液开关	按下此键，切削液开；再按一下，切削液关
24		紧急停止按钮	加工中发生意外事故，机床需要立即停止，或者机床加工终止，电源切断的时候，按下此键

安全操作规程

1. 安全操作基本注意事项



想一想：

在车间实习时，和其他工种一样应该注意哪些基本的安全操作规程？

2. 工作前的准备工作

- 1) 机床工作前要有预热，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，有严重破损的刀具要及时更换。
- 3) 调整刀具所用工具不要遗忘在机床内。
- 4) 大尺寸轴类零件的中心孔是否合适，如中心孔太小，工作中易发生危险。
- 5) 刀具安装好后应进行一、二次试切削。
- 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) 禁止在加工过程中测量、变速，更不能用棉丝擦拭工件，也不能清扫机床。
- 4) 机床运转中，操作者不得离开岗位，发现机床出现异常现象应立即停车。
- 5) 经常检查轴承温度，温度过高时应找有关人员进行检查。
- 6) 在加工过程中，不允许打开机床防护门。
- 7) 严格遵守岗位责任制，机床由专人使用，他人使用须经本人同意。
- 8) 工件伸出车床 100 mm 以外时，须在伸出位置设防护物。



想一想：

在数控车床加工过程中，除了上述的这些安全注意事项外，还有哪些需要特别注意，发生意外紧急事故，应该如何应对？

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) 注意检查或更换磨损坏了的机床导轨上的油擦板。
- 3) 检查润滑油、切削液的状态，及时添加或更换。
- 4) 依次关掉操作面板上的电源和总电源。



提示：

- 1) 关机时，要等主轴停转 3 min 后方可关机。
- 2) 未经许可，禁止打开电器箱。
- 3) 对于各手动润滑点，必须按说明书要求润滑。
- 4) 修改程序的钥匙，在程序调整完后，要立即拔出，以免无意改动程序。
- 5) 若机床数天不使用，则应每隔一天对 NC 及 CRT 部分通电 2~3 h。



任务实施

熟悉数控系统和车床面板的各个按钮的功能后，按照任务操作车床。



机床开启

开启步骤：打开机床电源开关→开启系统电源→旋起急停按钮→回机床参考点。



回参考点

控制机床运动的前提是建立机床坐标系，为此，系统接通电源、复位后首先应进行机床各轴回参考点操作，操作方法如下：

1) 如果系统显示的当前工作方式不是回零方式, 则按下控制面板上的“回零”按键, 确保系统处于回零方式。

2) 选择各轴, 按下对应回零键, 即回参考点。

3) 按数控系统面板 POS 键, CRT 显示屏显示“X 0.000”、“Z 0.0000”, 如图 1-1-4 所示。

所有轴回参考点后, 即建立了机床坐标系。



图 1-1-4 回零显示

开、关主轴

- 1) 置模式旋钮于“手动”位置(工作方式手动方式)。
- 2) 分别按“主轴正转”键和“主轴反转”键, 并且观察主轴的旋转情况。
- 3) 按“主轴停止”键, 主轴停止转动。



想一想:

要让主轴停止转动, 还有哪些方法?

刀架移动

- 1) 将工作方式设置为手动方式。
- 2) 分别按  键和  键, 观察刀架的移动方向。
- 3) 分别按  键和  键, 观察刀架的移动方向。

手轮进给

手轮方式用于微量调整, 如用在对基准操作中。

- 1) 置模式旋钮于“X 手摇”、“Z 手摇”位置(工作方式手轮方式)。
- 2) 分别按增量进给倍率选择键“×1 F0”、“×10 25%”、“×100 50%”、“×

1 000 100%”。

3)顺时针或逆时针转动手轮，观察坐标的变化。



关机

将刀架移到参考点位置→按下急停按钮→关闭系统电源→关闭机床电源开关。

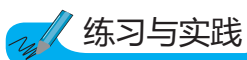


任务评价

完成上述任务后，认真填写表 1-1-6 所示的“认识数控车床评价表”。

表 1-1-6 认识数控车床评价表

组别				小组负责人	
成员姓名				班级	
课题名称				实施时间	
评价指标	配分	自评	互评	教师评	
会正确开机	10				
独立完成机床回零操作	15				
会操作手轮	15				
会操作刀架移动	10				
会关机	10				
课堂学习纪律、安全文明生产	20				
着装是否符合安全规程要求	20				
总 计	100				
教师总评 (成绩、不足及注意事项)					
综合评定等级(个人 30%，小组 30%，教师 40%)					



练习与实践

- 1)叙述数控车床回零操作过程。
- 2)开机和关机的顺序是什么？
- 3)机床在工作前需要做哪些准备？

任务拓展

阅读材料一——数控车床的组成

1. 数控车床系统的基本组成

数控车床的种类很多,但任何一种数控车床系统都由加工程序、数控系统、伺服系统、检测反馈系统及车床本体等装置组成,如图 1-1-5 所示。

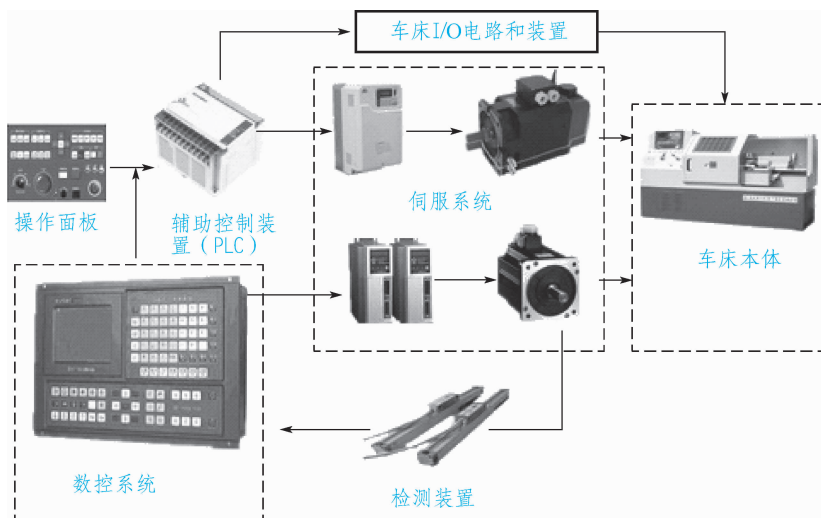


图 1-1-5 数控车床系统的组成

2. 数控车床本体的基本组成

以数控卧式车床为例,数控车床本体由床身及导轨部件、主轴箱部件、纵横向进给机构、刀架部件、尾座部件、液压系统、润滑系统、冷却系统等构成,如图 1-1-6 所示。

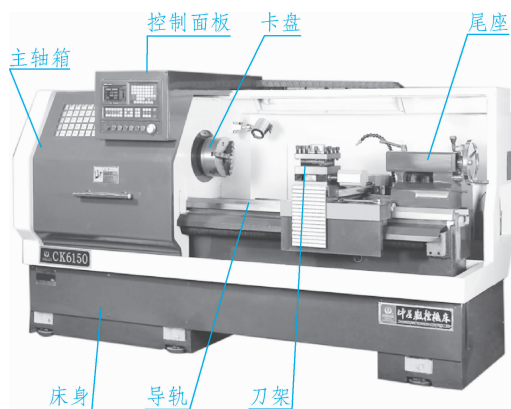


图 1-1-6 数控车床本体的结构

阅读材料二——常见的数控车床

常见的数控车床有双轴立式数控车床、普通卧式数控车床，如图 1-1-7 所示。



图 1-1-7 常见数控车床

(a) 双轴立式数控车床；(b) 普通卧式数控车床

任务二 编辑程序

数控编程是数控加工的重要步骤。用数控车床对零件进行加工时，要按照加工工艺要求，根据所用数控车床规定的指令代码及程序格式，将刀具的运动轨迹、位移量、切削用量以及相关辅助动作(包括换刀、主轴正/反转、切削液开/关等)编写成加工程序，输入数控装置中，从而指挥车床加工零件。

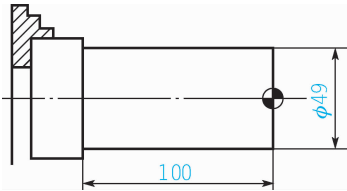
任务目标

- 在熟悉了车床的控制面板之后，要了解车床的坐标系；
- 学会程序输入、程序修改；
- 会调用已经输入的程序；
- 掌握数控加工程序的基本格式，并会模拟加工。

任务描述

要求学生通过学习数控车床的程序编辑功能后，读懂表 1-1-7 中的轴头零件图，并把表中的程序输入数控车床，能按照要求修改程序。

表 1-1-7 零件的加工程序

以经济型数控车床加工图示工件(毛坯直径为 $\phi 50\text{ mm}$)			
	段号	内容	说明
程序名	O0001;		程序头
程序内容	N10	M03 S800;	主轴旋转, 转速 800 r/min
	N20	T0101;	调用刀具
	N30	G00 X52 Z0;	快速移动到车端面起刀点
	N40	G01 X-1 F0.2;	按 F0.2 进给量切削端面
	N50	G00 X49 Z2;	快速移动到车外圆起刀点
	N60	G01 Z-100;	进给车外圆, 长 100 mm
	N70	X51;	退回 X51 位置
	N80	G00 X60 Z150;	快速移动到换刀点
程序结束	N90	M30;	程序结束

知识链接

在数控编程时, 为了描述车床的活动, 简化程序编制的方法及保证记录数据的互换性, 数控车床的坐标系和运动方向均已标准化。

数控车床的坐标系及运动方向

对于数控车床的坐标系及其运动方向, 我国机械工业部标准与国际标准(ISO)等效。

1. 确定坐标系

数控车床坐标系采用标准右手笛卡儿直角坐标系, 符合右手法则, 如图 1-1-8 所示。数控车床的坐标系以径向为 X 轴方向, 纵向为 Z 轴方向。

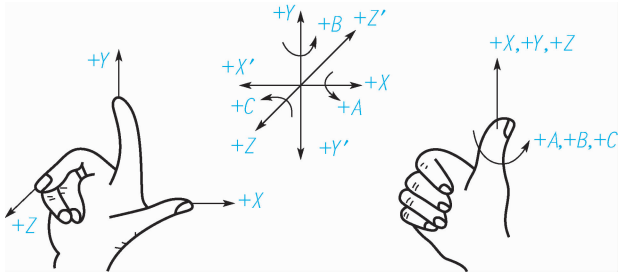


图 1-1-8 右手直角笛卡儿坐标系

经济型普通卧式前置刀架数控车床：

Z 坐标——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 坐标——X 轴的正方向指向操作者的方向，负方向为远离操作者的方向。

Y 坐标——Y 轴的正方向应该垂直指向地面(编程中不涉及 Y 坐标)。

图 1-1-9 所示为数控车床的坐标系。

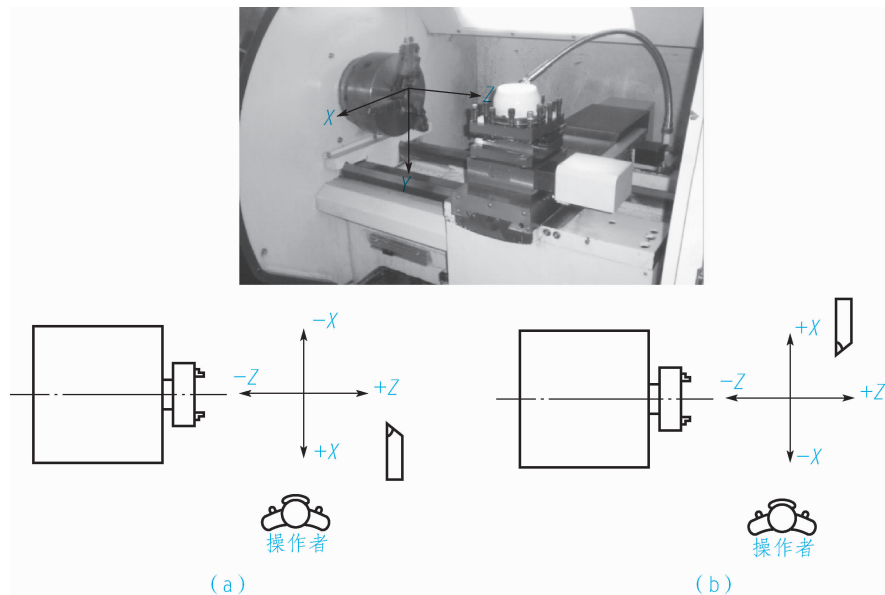


图 1-1-9 数控车床的坐标系

(a)前置刀架数控车床坐标系；(b)后置刀架数控车床坐标系

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两倍，并附上方向符号(正向可以省略)。

2. 原点

(1)机械原点(参考点)

机械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。每次在操作数控车床的时候，起动机床之后，必须首先进行机械原点回归操作，使刀架返回到机床的机械原点。

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

(2)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,如图 1-1-10 所示。

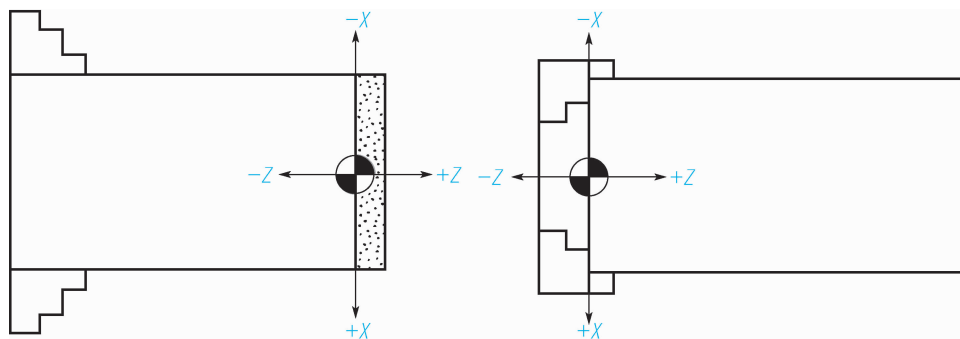


图 1-1-10 编程原点

以机械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,它的位置随着加工工件的改变而改变。

程序结构与格式

程序是控制机床的指令,必须先了解程序的结构,才能读懂程序。

1. 程序的结构

下面以表 1-1-7 中简单的数控车削程序为例,分析加工程序的结构。程序大致分成程序名(程序号)、程序内容和程序结束三个部分。

2. 程序段结构

程序段结构如下:

N_	G_	X_	Y_	Z_	F_	S_	T_	M_
程序号	准备功能	坐标值		进给速度	主轴速度	刀具	辅助功能	

例如:

N50 G01 X30.0 Z40.0 F100;

常用准备功能指令如表 1-1-8 所示。

表 1-1-8 常用准备功能指令

序号	代码	功能简介	序号	代码	功能简介
1	G00	快速点定位	17	G66	宏程序模态调用
2	G01	直线插补	18	G67	宏程序模态调用取消
3	G02	顺向圆弧插补	19	G71	粗车循环
4	G03	逆向圆弧插补	20	G72	平端面粗车循环
5	G04	暂停	21	G73	多重复合循环

续表

序号	代码	功能简介	序号	代码	功能简介
6	G20	英寸输入	22	G74	端面切槽循环
7	G21	毫米输入	23	G75	径向切槽循环
8	G27	返回参考点检测	24	G76	螺纹复合循环
9	G28	返回参考点	25	G90	内、外圆切削循环
10	G32	螺纹切削	26	G92	螺纹切削循环
11	G34	变距螺纹切削	27	G94	端面切削循环
12	G40	刀尖半径补偿取消	28	G96	恒线速度
13	G41	刀尖半径左补偿	29	G97	转速
14	G42	刀尖半径右补偿	30	G98	每分钟进给
15	G50	坐标系设定或最高限速	31	G99	每转进给
16	G65	宏程序非模态调用			

常用的 M 功能代码如表 1-1-9 所示。

表 1-1-9 M 功能代码一览表

代码	是否模态	功能说明	代码	是否模态	功能说明
M00	非模态	程序停止	M03	模态	主轴正转起动
M01	非模态	程序选择停止	M04	模态	主轴反转起动
M02	非模态	程序结束，光标止于程序末尾	M05	模态	主轴停止转动
M30	非模态	程序结束，光标返回程序起点	M07	模态	切削液打开
M98	非模态	调用子程序	M08	模态	切削液打开
M99	非模态	子程序结束	M09	模态	切削液停止



想一想：

模态和非模态有何不同？



提示：

程序段的中间部分是程序段的内容，主要包括准备功能字、尺寸功能字、进给功能字、主轴功能字、刀具功能字、辅助功能字等，但并不是所有程序段都必须包含这些功能字，有时一个程序段内可仅含有其中一个或几个功能字。

例如：

```
N10 G01 X100.0 F100;
N80 M05;
```

任务实施

在打开机床电源之后,按照下面的方法输入表 1-1-7 中的程序,如表 1-1-10 所示。

输入程序

阅读表 1-1-7 中的程序,按照表 1-1-10 中的操作步骤,在数控系统中输入该程序。

表 1-1-10 数控车削程序输入

序号	操作步骤	输入步骤
1	打开数控系统	按数控系统面板上的系统上“系统上电”键,打开数控系统,并按下急停按钮
2	准备输入程序	把工作方式设置为编辑方式,再按数控系统面板的 PROG 键,进入程序编辑页面,准备输入程序
3	输入程序头	在数控系统依次按下以下按键: O→0→0→0→1→EOB→INTER
4	输入第一行	N→1→0→M→0→3→S→8→0→0→EOB→INTER
5	输入第二行	N→2→0→T→0→1→0→1→EOB→INTER
6	输入第三行	N→3→0→G→0→0→X→5→2→Z→0→EOB→INTER
7	输入第四行	N→4→0→G→0→1→X→→1→F→0→.→2→EOB→INTER
8	输入第五行	N→5→0→G→0→0→X→4→9→Z→2→EOB→INTER
9	输入第六行	N→6→0→G→0→1→Z→→1→0→0→EOB→INTER
10	输入第七行	N→7→0→X→5→1→EOB→INTER
11	输入第八行	N→8→0→G→0→0→X→6→0→Z→1→5→0→EOB→INTER
12	输入第九行	N→9→0→M→3→0→EOB→INTER

修改程序

程序的修改操作主要用到 ALT、INSERT、DELETE 三个键。按照表 1-1-11,在数控系统内修改输入的程序。

表 1-1-11 程序的修改、删除编辑

序号	操作要求	操作步骤
1	将第一行的“S800”替换为“S900”	①使用光标移动键,把光标移至“S800”位置; ②输入 S→9→0→0; ③按 ALT 键,完成替换修改
2	在第六行的“Z-100”后插入“F0.1”	①使用光标移动键,把光标移至“Z-100”位置; ②输入 F→0→.→1; ③按 INSERT 键,完成插入修改
3	删除第八行的“Z150”后的“;”	①使用光标移动到键,把光标移动至“Z150”后的“;”处; ②按 DELETE 键,完成删除修改

删除程序

- 1) 进入编辑方式→按 PROG 键→输入要删除的程序名(如 O0001)→按 DELETE 键。
- 2) 输入 O—9999→按 DELETE, 则删除全部程序。

试运行程序

- 1) 试运行程序时, 机床和刀具不切削零件, 仅运行程序。
 - ① 将工作方式设置为自动方式。
 - ② 选择一个程序(如 O0001)后按  键调出程序。
 - ③ 按“循环启动”按钮启动程序。
- 2) 单段运行。
 - ① 按下单步执行开关。
 - ② 程序运行过程中, 每按一次“循环启动”按钮执行一条指令。

任务评价

完成上述任务后, 认真填写表 1-1-12 所示的“数控车床程序编辑操作评价表”。

表 1-1-12 数控车床程序编辑操作评价表

组别				小组负责人	
成员姓名				班级	
课题名称				实施时间	
评价指标	配分	自评	互评	教师评	
会正确输入给定的数控程序	20				
会对程序字段进行替换、插入、删除等修改	25				
熟悉程序段的组成	10				
会调用已有的程序	10				
课堂学习纪律、安全文明生产	15				
着装是否符合安全规程要求	15				
能实现前后知识的迁移, 与同伴团结协作	5				
总 计	100				
教师总评 (成绩、不足及注意事项)					
综合评定等级(个人 30%, 小组 30%, 教师 40%)					

练习与实践

一、选择题

- 1) 在 FANUC 系统中, () 用于程序全部结束, 切断机床所有动作。
A. M01 B. M00 C. M02 D. M30
- 2) 在使用数控车床时, 必须把主电源开关扳到() 位置。
A. IN B. ON C. OFF D. OUT
- 3) 数控车床回零时, 要()。
A. X 轴、Z 轴可同时回零 B. 先刀架回零
C. 先 Z 轴回零, 后 X 轴回零 D. 先 X 轴回零, 后 Z 轴回零

二、实训题

把下面的程序输入系统, 并按要求进行修改。

```
O1102;
N10 T0101;
N15 M03 S500;           (用“S650”替换“S500”)
N20 G00 X50 Z100;
N30 G00 X26 Z2;
N40 G01 X24.5 F0.2 ;
N50 G01 Z-110;          (删除“G01”)
N60 G00 X26;
M30;
```

任务拓展

阅读材料一 —— 程序结构

对于初学者来说, 程序中每个指令的意义可能还不理解, 但我们可以看出它大致分成程序名(程序号)、程序内容和程序结束三个部分。

1. 程序名(程序号)

程序号为程序开始部分。在数控装置中, 程序的记录是靠程序号来辨别的, 调用某个程序可通过程序号来调出, 编辑程序也要首先调出程序号。

FANUC 系统程序名是 O××××。××××是四位正整数, 可以为 0000~9999, 如 O2255。程序名一般要求单列一段且不需要段号。

2. 程序内容

程序内容是整个程序的核心, 由许多程序段组成, 每个程序段由一个或多个指令组成, 表示数控机床要完成的全部动作。每个程序段一般占一行, 用“;”作为每个程序段的结束代码。

3. 程序结束

以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号, 以结束整个程序。

阅读材料二——程序段结构

1. 顺序号字 N

顺序号又称程序段号或程序段序号。顺序号位于程序段之首，由顺序号字 N 和后续数字组成。

在大部分系统中，顺序号仅用于指示“跳转”或“程序检索”的目标位置。因此，它的大小及次序可以颠倒，也可以省略。程序段在存储器内以输入的先后顺序排列，而程序的执行是严格按信息在存储器内的先后顺序逐段执行的，也就是说，执行的先后次序与顺序号无关。但是，当顺序号省略时，该程序段将不能作为“跳转”或“程序检索”的目标程序段。

顺序号也可以由数控系统自动生成，程序段号的递增量可以通过机床参数进行设置，一般可设定增量值为 10，以便在修改程序时方便进行插入操作。

2. 准备功能字 G

准备功能字的地址符是 G，又称为 G 功能或 G 指令，是用于建立机床或控制系统工作方式的一种指令。

3. 尺寸字

尺寸字用于确定机床上刀具运动终点的坐标位置。

在尺寸字中，第一组 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R 用于确定终点的直线坐标尺寸；第二组 A、B、C、D、E 用于确定终点的角度坐标尺寸；第三组 I、J、K 用于确定圆弧轮廓的圆心坐标尺寸。在一些数控系统中，还可以用 P 指令确定暂停时间，用 R 指令确定圆弧的半径等。

4. 进给功能字 F

进给功能字的地址符是 F，又称为 F 功能或 F 指令，用于指定切削的进给速度。对于车床，F 可分为每分钟进给和主轴每转进给两种；对于其他数控机床，一般只用每分钟进给。F 指令在螺纹切削程序段中常用来指令螺纹的导程。

5. 主轴转速功能字 S

主轴转速功能字的地址符是 S，又称为 S 功能或 S 指令，用于指定主轴转速，单位为 r/min。对于具有恒线速度功能的数控车床，程序中的 S 指令用来指定车削加工的线速度值。

6. 刀具功能字 T

刀具功能字的地址符是 T，又称为 T 功能或 T 指令，用于指定加工时所用刀具的编号。对于数控车床，其后的数字还兼做指定刀具长度补偿和刀尖半径补偿用。

7. 辅助功能字 M

辅助功能字的地址符是 M，后续数字一般为两位整数，又称为 M 功能或 M 指令，主要用于控制零件程序的走向，以及数控机床辅助装置的开关动作。

M 功能有非模态 M 功能和模态 M 功能两种形式。

(1) 非模态 M 功能(当段有效代码)：只在书写了该代码的程序段中有效。

(2) 模态 M 功能(续效代码)：一组可相互注销的 M 功能，这些功能在被同一组的另一个功能注销前一直有效。

模态 M 功能组中包含一个默认功能，系统上电时将被初始化为该功能。

M 功能还可分为前作用 M 功能和后作用 M 功能两类。其中前作用 M 功能在程序段编制的轴运动之前执行；后作用 M 功能在程序段编制的轴运动之后执行。

M00、M02、M30、M98、M99 用于控制零件程序的走向，是 CNC 内定的辅助功能，不由机床制造商设计决定，即它与 PLC 程序无关。

其余 M 代码用于机床各种辅助功能的开关动作，其功能不由 CNC 内定，而是由 PLC 程序指定，所以有可能因机床制造厂不同而有差异，使用时须参考机床使用说明书。

任务三 安装车刀与对刀

数控车床刀具种类繁多，功能互不相同。根据不同的加工条件正确选择刀具并能对其进行正确安装及对刀是一个重要环节。数控车床车刀安装得正确与否，将直接影响切削能否顺利进行和工件的加工质量。

任务目标

- 能够认识各种用途的车刀；
- 能正确地安装选用出来的车刀，熟练完成对刀工作；
- 会根据车削的几何特征，选择合适的车刀；
- 了解选择切削刀具与切削用量的方法。

任务描述

正确安装 90° 外圆车刀(图 1-1-11)，并完成对刀操作。



图 1-1-11 外圆车刀

知识链接

车刀由刀头(刀片)和刀杆两部分组成，可以用来车外圆、内孔、端面等，也可以用来车槽和切断。车刀按用途分外圆车刀、内孔车刀、端面车刀、切断车刀、成形车刀和螺纹车刀等。

数控车床常用刀具

数控车床常用刀具如表 1-1-13 所示。

表 1-1-13 数控车床常用刀具

类型	示意图	主偏角	适用范围
外圆车刀		45°、55°、60°、75°、85°、90°、93°	外圆粗车、精车
端面车刀		45°、60°、75°、90°、93°、95°	端面粗车、精车
内圆车刀		60°、75°、85°、90°、93°	内孔粗车、精车
切断车刀			车外圆槽、工件切断
螺纹车刀			外螺纹车削
切内槽刀			内孔槽及内螺纹越程槽加工

数控车床可转位刀具

数控车床能兼做粗、精加工。为使粗加工能以较大切削深度、较大进给速度进行，要求粗车刀具强度高、耐用度好。精车首先要保证加工精度，所以要求刀具的精度高、耐用度好。为减少换刀时间和方便对刀，提高生产效率与加工质量，应可能多地采用可转位涂层刀片的机夹刀，如图 1-1-12 所示。可转位车刀是近年来国内外大力发展和广泛应用的先进刀具之一。当一个刀刃磨钝后，只需将刀片转过一个角度，即可继续车削，提高了刀杆的利用率。可转位刀具的应用范围很广，包括各种车刀、镗刀、铣刀、外表面拉刀、大直径深孔钻和套料钻等。



图 1-1-12 常用可转位刀具



想一想：

你能说出图 1-1-12 中的车刀类型吗？分别用于加工哪种几何特征表面？

1. 数控车床可转位刀具的特点

数控车床所采用的可转位车刀，其几何结构是通过刀片结构形状和刀体上刀片槽座的方位安装组合形成的，与通用车床相比一般无本质的区别，其基本结构、功能特点是相同的。但数控车床的加工工序是自动完成的，因此对可转位车刀的要求又有别于通用车床所使用的刀具，具体要求和特点如表 1-1-14 所示。

表 1-1-14 数控车床可转位车刀的具体要求和特点

要求	特点	优点
精度高	采用 M 级或更高精度等级的刀片； 多采用精密级的刀杆； 用带微调装置的刀杆在机外预调好	保证刀片重复定位精度，方便坐标设定，保证刀尖位置精度
可靠性高	采用断屑可靠性高的断屑槽型或有断屑台和断屑器的车刀； 采用结构可靠的车刀，采用复合式夹紧结构和夹紧可靠的其他结构	断屑稳定，无紊乱和带状切屑；能适应刀架快速移动和换位以及整个自动切削过程中夹紧不得有松动的要求
换刀迅速	采用车削工具系统； 采用快换小刀夹	迅速更换不同形式的切削部件，完成多种切削加工，提高生产效率
刀片材料	刀片较多采用涂层刀片	满足生产节拍要求，提高加工效率
刀杆截面	刀杆较多采用正方形刀杆，但因刀架系统结构差异大，有的需采用专用刀杆	刀杆与刀架系统匹配

2. 数控刀片常用的材料

在车削的过程中，车刀的切削部分是在较大的切削抗力、较高的切削温度和剧烈的摩擦条件下进行工作的。车刀的切削部分是否具备优良的切削性能，直接影响了车刀的寿命长短和切削效率的高低，也影响加工质量的好坏，因此车刀的切削部分材料应该满足以下要求：

- 1) 应该具有高硬度，刀具材料的硬度高于工件材料的硬度 1.3 倍。
- 2) 应该具有耐磨性。
- 3) 应该具有耐热性。
- 4) 应该具有足够的强度和韧性。
- 5) 应该具有良好的工艺性。

近代金属切削刀具材料从碳素工具钢、高速钢发展到今日的硬质合金、立方氮化硼等超硬刀具材料，切削速度从每分钟几米飙升到千米乃至上千米。数控机床和难加工材料的不断发展，对刀具材料提出更高要求。要实现高速切削、干切削、硬切削必须有好的刀具材料。在影响金属切削发展的诸多因素中，刀具材料起着决定性作用。刀具的主要材料如表 1-1-15 所示。

表 1-1-15 刀具的主要材料

材料	主要特征	用途
高速钢	高速钢又称锋钢，是以钨、铬、钒、钼为主要合金元素的高合金工具钢。高速钢淬火时的硬度为 63~67HRC，其红硬温度为 55℃~600℃，允许的切削速度为 25~30 m/min。有较高的抗弯强度和冲击韧性	高速钢可以进行铸造、锻造、焊接、热处理，有良好的磨削性能，刃磨质量较高，多用来制造形状复杂的刀具，如钻头、铰刀、铣刀等，也常用作低速精加工车刀和成形车刀。 常用的高速钢牌号为 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2 两种
硬质合金	硬质合金是用高耐磨性和高耐热性的 WC(碳化钨)、TiC(碳化钛)和 Co(钴)的粉末经高压成形后再进行高温烧结而制成的，其中 Co 起粘结作用。硬质合金具有较高的硬度(70~175HRC)，良好的耐磨、耐热和耐高温(850℃~1 000℃)的性能，因此其切削速度比高速钢刀提高 23 倍，主要用于高速切削，切削速度可达 100~300 m/min	硬质合金可转位刀具几乎覆盖了所有的刀具品种，具有较高的耐磨性，而且韧性较高(和超硬材料相比)，但较脆，不耐冲击，工艺性不如高速钢，因此，通常将硬质合金制成各种形状的刀片，焊接或夹固在刀体上使用。 常用的硬质合金有钨钴类(YG 类)、钨钛钴类(TY 类)和钨钛钽(铌)类(YW 类)硬质合金三类
涂层刀具材料	这种材料是在韧性比较好的硬质合金或高速钢基体上，涂覆一层硬质和耐磨性极高的难熔金属化合物而得到的刀具材料	通过涂层，刀具既具有基体材料的强度和韧性，又具有很高的耐磨性。常用的涂层材料有 TiC、TiN、Al ₂ O ₃ 等
陶瓷	陶瓷车刀是由氧化铝粉末，掺加少量元素，再经由高温烧结而成的，刀片硬度可达 78HRC 以上，能耐 1 200℃~1 450℃ 高温，故能承受较高的切削速度	陶瓷车刀的抗弯强度低，怕冲击，易崩刃。陶瓷车刀主要用于钢、铸铁、高硬度材料及高精度零件的精加工，只适合高速车削
金刚石	金刚石分为人造金刚石和天然金刚石两种。做切削刀具材料的大多是人造金刚石，其硬度极高，可达 10000HV(硬质合金仅为 1300~1800HV)，其耐磨性是硬质合金的 80~120 倍。但人造金刚石的韧性差，与铁族元素亲和力大	金刚石车刀可得到更为光滑的表面，主要用于铜合金或轻合金的精密车削，在车削时必须使用高速度，最低速为 60 m/min，通常为 200~300 m/min
立方氮化硼(CNB)	立方氮化硼是近年来推广的材料，是人工合成的一种高硬度材料，其硬度可达 7300~9000HV，可耐 1 300℃~1 500℃ 高温，与铁族元素亲和力小	立方氮化硼强度低，焊接性差。目前，立方氮化硼车刀主要用于加工冷硬铸铁、高温合金等一些难加工材料

车刀的安装要求

车刀安装是否正确，直接影响切削能否顺利进行及工件的加工质量。所以，安装车刀时，必须要注意以下几点。

1. 车刀的安装要求

车刀的安装要求如下：

1) 刃磨角度不变。刀尖严格对准工件中心才能保证前角和后角不变；刀杆应该与进给方向垂直，以保证主偏角和副偏角不变，否则车削工件端面中心将会留下凸头并可能损坏

刀具,如图 1-1-13 所示。

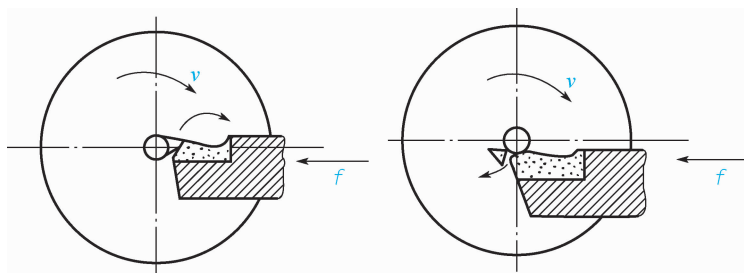


图 1-1-13 车刀刀尖不对准工件中心的后果

2)车刀伸出刀架的长度要适当,保证有较高的刚度。车刀安装在刀架上,一般伸出刀架的长度为刀杆厚度的 1~1.5 倍,不宜过长,也不能太短。



想一想:

为什么车刀安装时伸出刀架的长度不能太长,也不能太短?

3)至少要用两个螺钉压紧车刀,并轮流拧紧。旋紧时不得用力过大,以防损坏螺钉。

2. 垫片的使用方法

一般使用垫片使刀尖对准工件中心。垫片一般用长度为 150~200 mm 的垫片。车工应该自备一套各种厚度的垫片。垫片要垫实,片数要尽量少(一般为 1~2 片),并与刀架边缘对齐。

3. 车刀刀尖对准工件回转中心的方法

车刀刀尖对准工件回转中心的方法主要有以下几种:

1)根据车床主轴中心高,用钢直尺测量装刀,如图 1-1-14 所示,这种方法比较简便。



图 1-1-14 用钢直尺测量对中心

2)利用车床尾座后顶尖对刀。

3)把车刀靠近工件端面,目测估计车刀高低,然后紧固车刀,试车端面,再根据端面中心来调整车刀。

4)车刀位置正确后,用专用扳手将前后两个螺钉逐个拧紧,刀架扳手不允许加套管,以防损坏螺钉。

任务实施

以 90°外圆车刀为例，先安装然后对刀。

工艺卡片识读

阅读表 1-1-16 所示的工艺卡片。

表 1-1-16 安装车刀工艺卡片

安装车刀和对刀 训练工序卡片	零件图号	零件尺寸	材料	使用设备
		$\phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$	45 钢	CKA6140
工序号	工序内容			
1	在刀架 1 号位置安装 90°外圆车刀			
2	90°外圆车刀的对刀			
备注	工时	120 min		

安装 90°外圆车刀

车刀安装是否合适直接影加工的质量。安装车刀时，首先擦净车刀，然后将刀具放在刀架中的正确位置，保证刀杆中心线与进给方向垂直，并保证刀尖与工件回转中心一样高，最后轮流拧紧螺钉。

安装 90°外圆车刀的实施过程如表 1-1-17 所示。

表 1-1-17 安装 90°外圆车刀的实施过程

序号	安装步骤	要求
1	擦净刀架安装面、车刀和垫片	保证干净，不带铁屑和污物
2	将垫片和刀具放在刀架中	①垫片要平整，并与刀架边缘对齐，不超出或者缩进刀架边缘，尽量不超过两片； ②以车刀伸出长度不超过刀杆厚度的 1.5 倍为宜
3	刀杆中心线与进给方向垂直	刀杆中心线若与进给方向不垂直，则将改变车刀的主偏角和副偏角，车台阶时台阶将与工件轴线不垂直
4	轻微夹紧刀具	用两个以上螺钉将车刀压紧在刀架上
5	目测对刀	①身体半蹲，视线与刀尖平行，并与工件中心进行比较； ②因为没有压紧刀具，刀尖应略高于工件中心
6	夹紧刀具	轮流拧紧两个螺钉，且不可将某一螺钉拧得很紧再拧另一个

对刀

对刀是数控加工中的重要技能之一，对刀的准确性决定了零件的加工精度。数控车床常用试切法、机械式对刀仪、光学对刀仪进行对刀。其中，试切法对刀使用最广泛。

取一段 $\phi 50\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的棒料，安装在自定心卡盘上，棒料伸出长度为 60 mm 。安装好 90° 外圆车刀，并对其进行对刀操作。

1. 直接用刀具试切对刀

(1) Z 向对刀

1) 进入手动方式→启动主轴→以 0.5 mm 左右的切削量切工件端面。

2) Z 向保持不动→X 向退出→停止主轴旋转。

3) 按 OFFSET 键进入刀补设置页面→按“补偿”键→按“形状”键→光标移 1 号刀补位置“G001”→输入“Z0”→按“测量”键，刀具 Z 向补偿值即自动输入几何形状中→T01 刀 Z 向对刀完成。

FANUC Series 0i 刀补设置如图 1-1-15 所示。

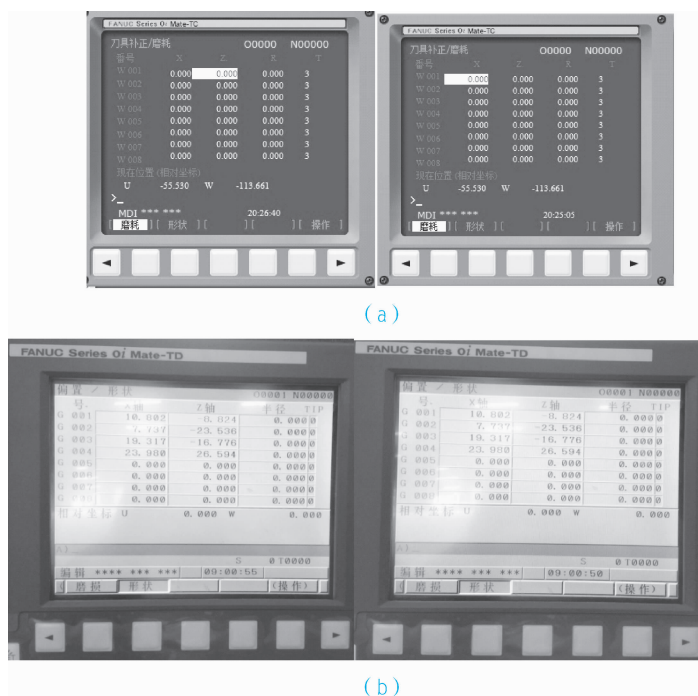


图 1-1-15 FANUC Series 0i 刀补设置

(a)FANUC Series 0i Mate-TC 刀补设置；(b)FANUC Series 0i Mate-TD 刀补设置

(2) X 向对刀

1) 启动主轴→以 0.5 mm 左右的切削量切工件外圆一段。

2) X 向保持不动→Z 向退出→停止主轴旋转。

3) 用千分尺测量试切部分的外圆半径，读取测量值，假设为 $\phi 48.482\text{ mm}$ 。

4)按 OFFSET 键进入刀补设置页面→按“补正”键→按“形状”键→光标移 1 号刀补位置“G001”→输入“X48.482”→按“测量”键,刀具 X 向补偿值即自动输入几何形状中→T01 刀 X 向对刀完成。



提示:

多把刀对刀操作时,每把刀按照上述方法对刀。但是,刀补值要设置在每把刀对应的刀补位置上。



常见刀具的安装



1. 外圆车刀的安装

1)车刀伸出刀架部分的长度(一般为刀杆厚度的 1~1.5 倍)应尽量短,以增强其刚性。车刀垫片一般不要超过两片,并与刀架边缘对齐,且至少用两个螺钉压紧。

2)车刀刀尖与工件中心等高。刀尖高于工件的轴线,刀具实际前角增大,切削力降低。



2. 切断刀的安装

1)切断刀一定要垂直于工件的轴线,刀体不能倾斜,以免刀具副后面与工件摩擦,影响加工质量。

2)刀体不宜伸出过长,同时主切削刃要与工件回转体中心等高,否则当切削无孔工件时,不能切削到中心,且容易折断车刀。

3)刀体底面如果不平,会引起副后角变化。



3. 螺纹车刀的安装

车螺纹时,为了保证齿形正确,对安装螺纹刀提出了严格的要求。

(1)刀尖高

装夹螺纹刀时,刀尖位置一般应与车床主轴轴线等高,特别是内螺纹车刀的刀尖高必须严格保证,以免出现扎刀、阻刀、让刀及螺纹面不光等现象。

高速切削时,为了避免出现振动和扎刀现象,其硬质合金车刀的刀尖应略高于车床主轴轴线 0.3 mm。

(2)刀头伸出的长度

刀头一般不要伸出过长,为刀杆厚度的 1~1.5 倍。内螺纹车刀的刀头加上刀杆后的径向长度应该比螺纹孔直径小 3~5 倍,以免退刀时碰伤牙顶。



任务评价

完成上述任务后,认真填写表 1-1-18 所示的“数控车床安装刀具与对刀评价表”。

表 1-1-18 数控车床安装刀具与对刀评价表

组别				小组负责人			
成员姓名				班级			
课题名称				实施时间			
评价指标				配分	自评	互评	教师评
学习准备	课前准备	资料收集、整理、自主学习		5			
学习过程	信息收集	能收集有效的信息		5			
	安装车刀 和对刀	能识别常用的车刀，并判断是什么刀		10			
		安装刀具前，能擦净刀架、刀具和垫片		10			
		能正确安装刀具		20			
		能独立完成一把刀的对刀操作		20			
	问题探究	能在工作发现问题，并用理论知识解释问题		5			
	文明生产	服从管理，遵守校规、校纪和安全操作规程		5			
	应变能力	能举一反三，提出改进建议或方案		5			
	创新程度	有创新建议提出		5			
	合作意识	能与同伴团结协作		5			
严谨细致	认真仔细，不出差错		5				
总 计				100			
教师总评 (成绩、不足及注意事项)							
综合评定等级(个人 30%，小组 30%，教师 40%)							

练习与实践

1)试判断图 1-1-16 所示操作属于哪些加工。

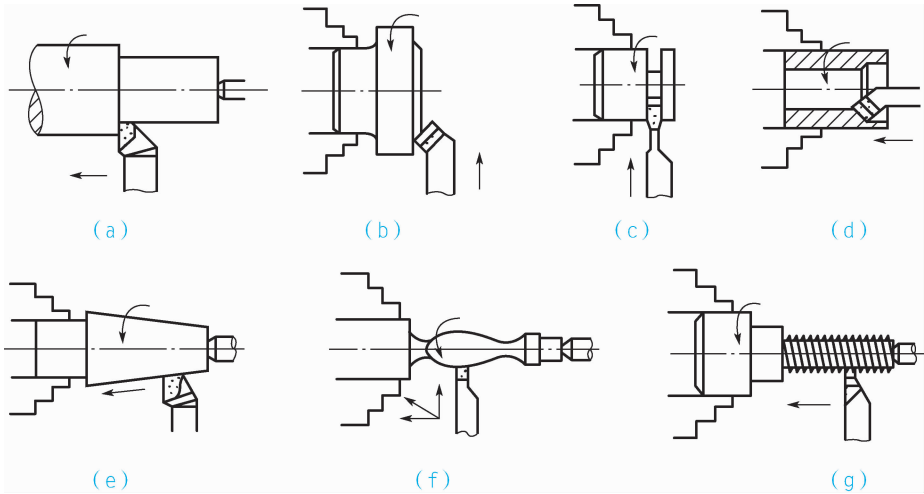


图 1-1-16 数控加工

- 2) 数控车刀有哪些类型？各应用于什么场合？
- 3) 试述车刀对准工件回转中心的方法有哪几种。
- 4) 安装车刀的步骤有哪些？
- 5) 安装各类车刀的注意事项是什么？
- 6) 对刀有哪些步骤？
- 7) 做一做：安装切断刀、螺纹车刀，并对刀。

任务拓展

阅读材料一——切削用量及其确定方法

数控车削的切削用量主要包括主轴转速 n 、背吃刀量 a_p 与进给速度 f 三个参数。加工方法不同，切削用量的选用也不同。切削用量的选用原则是，在保证零件的加工精度和表面粗糙度的前提下，尽量发挥刀具的切削性能，合理选用刀具，结合机床的性能，最大限度地提高生产效率，降低成本。

1. 背吃刀量 a_p 的确定

在粗加工时，背吃刀量应充分考虑机床、工件和刀具的刚度性能。在刚度许可范围内，应尽量选用大背吃刀量，减少进给次数，提高加工效率。对于精度要求高的零件，应该预留 0.2~0.5mm 的精加工余量。

2. 主轴转速 n 的确定

根据切削速度 v_c 、工件直径 d ，通过公式 $v_c = \pi dn/1000$ 计算得到主轴 n 的速度，单位为 m/min。表 1-1-19 所示为常用硬质合金外圆车刀的切削速度的参考值。

表 1-1-19 硬质合金外圆车刀切削速度 v_c 的参考值

工件材料	热处理状态	$a_p = 0.3 \sim 2 \text{ mm}$	$a_p = 2 \sim 6 \text{ mm}$	$a_p = 6 \sim 10 \text{ mm}$
		$f = 0.08 \sim 0.3 \text{ mm/r}$	$f = 0.3 \sim 0.6 \text{ mm/r}$	$f = 0.6 \sim 1 \text{ mm/r}$
低碳钢、易切钢	热轧	140~180	100~120	70~90
中碳钢	热轧	130~160	90~110	60~80
	调质	100~130	70~90	50~70
合金结构钢	热轧	100~130	70~90	50~70
	调质	80~110	50~70	40~60
工具钢	退火	90~120	60~80	50~70
灰铸铁	HBS<190	90~120	60~80	50~70
	HBS=190~250	80~110	50~70	40~60
高锰钢			10~20	
铜及铜合金		200~250	120~180	90~120
铝及铝合金		300~600	200~400	150~200
铸铝合金		100~180	80~150	60~100

注意：车螺纹时，主轴转速需要考虑螺距值、伺服驱动系统升降频率、数控装置插补运算速度、主轴脉冲器等因素的影响，因此，用公式 $n \leq 1200/p - K$ (p 为螺距或导程； K 为保险系数，常取 80) 计算主轴速度。

3. 进给速度 f 的确定

进给速度是数控车床切削用量的重要参数，它的选取主要取决于零件的加工精度、表面粗糙度、刀具与工件材料等因素。选用原则是，当零件质量能得到保证时， f 取 100~200 mm/min；当切断、车深孔或使用高速钢车刀时， f 取 20~50 mm/min；当表面粗糙度与精度要求比较高时， f 取 20~50 mm/min；空行程时，取机床最高进给量，提高生产效率。

切削用量总的选用原则是，粗加工时，尽量取较大的背吃刀量、较大的进给量与合适的切削速度；精加工时，尽可能提高切削速度，取比较小的背吃刀量与进给量，保证进给精度和表面粗糙度。

阅读材料二——常用对刀方法

车刀安装在刀架上，一般伸出刀架的长度为刀杆厚度的 1~1.5 倍，不宜过长，伸出过长会使刀杆刚性变差，切削时易产生振动，影响工件的表面粗糙度和刀具寿命，伸出过短，会影响排屑和观察者观察切削情况。

安装车刀后，常用对刀方法有以下几种。

1. 机外对刀

刀具预调仪是一种可预先调整和测量刀尖长度、直径的测量仪器，该仪器若和数控车床组成 DNC 网络后，还可以将刀具长度、直径数据远程输入加工中心 NC 中作为刀具参数。该方法的优点是预先将刀具在机床外校对好，装上机床即可以使用，大大节省辅助时间；主要缺点是测量结果为静态值，实际加工过程中不能实时地对刀具磨损或破损状态进行更新，并且不能实时对由机床热变形引起的刀具伸缩进行测量。

2. 试切法对刀

试切法对刀就是在工件正式加工前，先由操作者以手动方式操作机床，对工件进行微小的切削，操作者以眼观、耳听为判断依据，确定当前刀尖的位置，然后进行正式加工。该方法的优点是不需要额外投资添置工具设备，经济实惠；主要缺点是效率低，对操作者技术水平要求高，并且容易产生人为误差。在实际生产中，试切法还有许多衍生方法，如量块法、涂色法等。

3. 机内对刀

机内对刀方式利用设置在机床工作台面上的测量装置(对刀仪)，对刀库中的刀具按事先设定的程序进行测量，然后与参考位置或者标准刀具进行比较得到刀具的长度或直径，并自动更新到相应的 NC 刀具参数表中，如海克斯康集团的 m&h 对刀仪。同时，通过对刀具的检测也能实现对刀具磨损、破损或安装型号正确与否的识别。