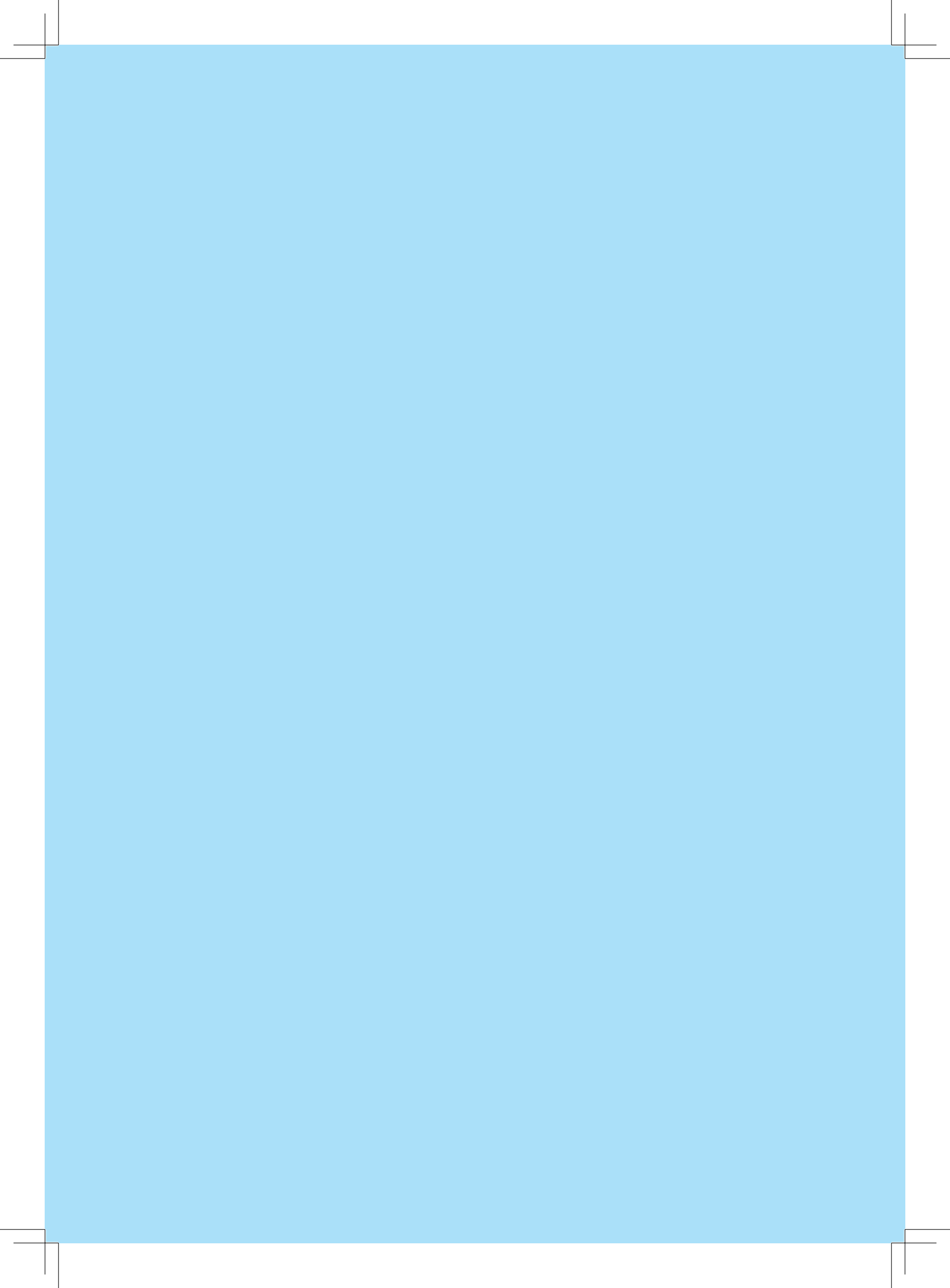


第一篇 数控车床基本操作





项目一

数控车床的操作基础

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

项目八

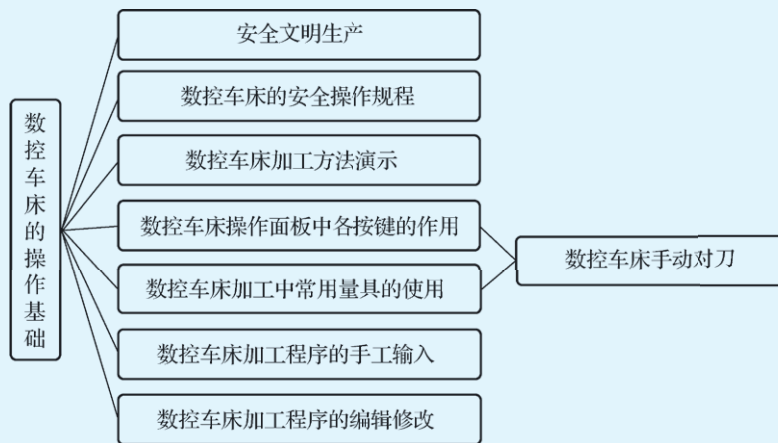
【知识目标】

1. 了解数控车床的操作规程及安全文明生产的相关规定。
2. 了解数控车床的结构及工作过程。
3. 掌握数控车床对刀的工作原理及如何建立坐标系。
4. 掌握常用量具的测量原理。

【能力目标】

1. 熟悉数控车床的操作面板。
2. 能够完成数控车床的手动对刀操作。
3. 能够完成数控车床加工程序的手动输入、编辑及修改。
4. 熟悉在数控车床加工中常用量具的使用及测量方法。

【思维导图】



任务一 安全文明生产和数控车床的安全操作规程

一、学习目标

了解安全文明生产和数控车床安全操作规程的基本内容。

二、相关知识

1. 基本注意事项

- (1) 操作数控车床时禁止戴手套进行操作，工作服、安全鞋穿戴要符合标准。
- (2) 数控车床的电器柜、NC 单元禁止使用气枪进行清洁。
- (3) 数控车床上的警告标牌，不准私自移动或损坏。

2. 准备工作

- (1) 数控车床在工作前要进行预热，预热过程中检查润滑系统是否正常工作，对于长时间不工作的车床需先手动进行润滑。
- (2) 数控车床使用的刀具要符合机床要求，刀具损坏或破损要进行更换。
- (3) 数控车床进行调整和安装刀具或者零件时，所有工具用完后一定不要遗忘在数控车床内。
- (4) 细长轴类零件在车削时需要采用一夹一顶方式，中心孔的大小要合适，过小易发生危险。
- (5) 数控车床刀具安装完成后要进行试切。
- (6) 数控车床卡盘在夹紧零件后需要检查夹紧是否可靠。
- (7) 数控车床在加工时必须关闭防护门。

3. 工作中注意事项

- (1) 数控车床在加工过程中产生的铁屑，要及时用铁钩子或毛刷进行清理，禁止用手直接清理。
- (2) 数控车床在自动加工过程中，不允许用手或其他方式接触运动部件。
- (3) 数控车床在加工过程中禁止测量、擦拭、清扫机床。
- (4) 数控车床运转时操作者要坚守岗位，出现问题立即按下急停按钮，停车检查。
- (5) 数控车床要定期进行维护保养，发现问题及时找相关人员进行维修。
- (6) 数控车床在自动加工过程中禁止打开防护门。
- (7) 数控车床在使用过程中尽量做到专人专用。
- (8) 数控车床工件毛坯在安装时如果超出车床 100 mm，必须要设置防护。

4. 工作后注意事项

- (1) 数控车床在使用后需要保持清洁，及时清除切屑。

- (2) 数控车床导轨上的油擦板一旦发生磨损或损坏要及时进行更换。
- (3) 数控车床润滑油和冷却液不能满足加工需求时,要及时进行添加或更换。
- (4) 要注意数控车床开机和关机电源键的顺序。

三、课程案例

案例一 数控班学生王某某微伤事故

1. 事故经过

2018年1月16日,学生王某某在数控车床上切断尼龙棒料时,零件装夹露出部分过长,旋转速度过高,在离心力作用下,夹持的尼龙棒甩断,将站在尾座处观看的高某头部划伤。

2. 原因分析

此次事故的主要原因是操作时工件伸出过长,机床转速过高,旁观者观看位置不正确。此例属于违章操作。

案例二 数车班学生秦某微伤事故

1. 事故经过

2019年5月20日,学生秦某在低速加工螺纹时,用手触摸低速旋转的工件,袖口被工件表面毛刺刮住,手臂被工件卷住脱臼。身后操作的同学发现问题后按下急停按钮,及时停车,否则后果严重。

2. 原因分析

发生此次事故的主要原因是操作者用手接触旋转的工件,违反操作规程,属于违章操作。

四、配套练习

2018年5月,李某某在操作CAK6140车床加工工件时,带手套清除铁屑,被车床卷入旋转三周,导致左臂与左腿截肢。试分析事故原因,并总结经验教训。

任务二 认识数控车床

一、学习目标

- (1) 实际了解数控车床的作用。
- (2) 实际了解数控车床加工的全过程及相关知识。

二、相关知识

1. 数控车床的结构

数控车床由机床本体、CNC 单元、执行机构、伺服单元、PLC、输入输出设备、电气控制装置、辅助装置及反馈装置组成。图 1-2-1 所示为数控车床结构框图。

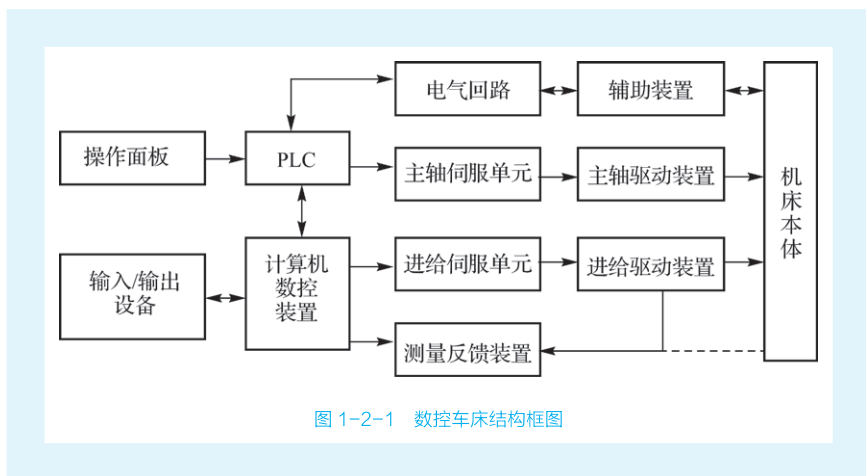


图 1-2-1 数控车床结构框图

2. 数控车床的工作过程

根据零件加工图纸要求制定加工工艺，根据加工工艺过程完成零件加工程序编制，将加工程序输入到数控系统中，数控系统控制机床本体完成零件加工。图 1-2-2 所示为数控车床的工作过程图。

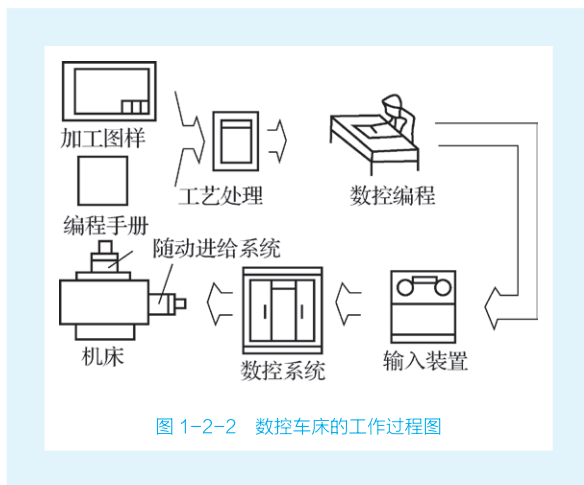


图 1-2-2 数控车床的工作过程图

3. 数控车床的特点

与普通车床相比，数控车床具有以下几个特点：

(1) 适应性强。由于数控车床能实现多个坐标的联动，因而其能加工形状复杂的零件，特别是和计算机技术结合后，能够利用计算机生成复杂形状零件的加工程序，从而实现复杂零件的顺利加

工。更换加工零件时，数控车床只需更换零件加工 NC 程序。

(2) 加工质量稳定。数控车床在加工同一批零件，调整完成后，不随意更改加工参数的情况下，零件加工的一致性非常好，质量稳定。

(3) 效率高。数控车床的主轴转速及进给范围比普通车床大。数控车床的生产能力约为普通车床的 3 倍，甚至更高。数控车床的时间利用率高达 90%，而普通车床仅为 30% ~ 50%。

(4) 精度高。数控车床的加工精度可以达到 0.005 mm ~ 0.1 mm，加工精度与零件的复杂程度无关，数控车床采用滚珠丝杠，转向间隙及螺距误差都极小，并且这些都可以通过数控装置进行自动补偿，定位精度极高。

(5) 降低劳动强度。数控车床可以根据加工程序进行连续自动加工，不用人工干预，大大降低了工人的劳动强度，简化了操作步骤。

此外，数控车床还有能实现复杂的运动、产生良好的经济效益、利于生产管理现代化等特点。

三、课程案例

演示用数控车床加工图 1-2-3 所示的综合类零件。

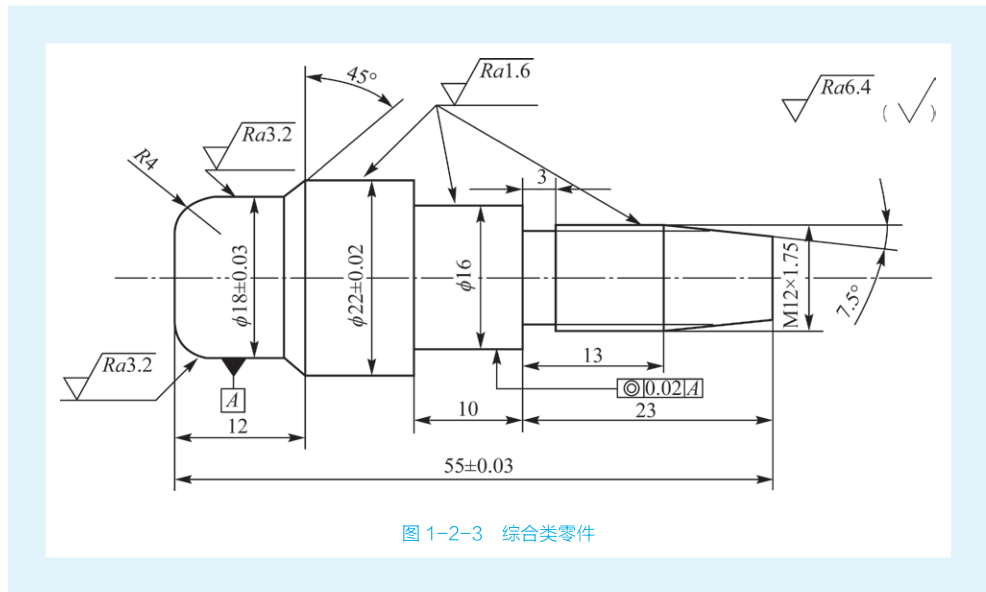


图 1-2-3 综合类零件

四、配套练习

- (1) 数控车床主要加工回转类零件，列举 4 种以上日常生活中适合数控车床加工的零件。
- (2) 实训报告内容：撰写观看数控加工演示的想法和感受。

任务三 认识数控车床的操作面板

一、学习目标

- (1) 熟悉数控车床手动操作面板。
- (2) 能够完成手动对刀操作。

二、相关知识

(一) FANUC0i 数控车床基本操作

FANUC0i 数控车床操作面板如图 1-3-1 所示, 操作面板按键功能见表 1-3-1。通过操作各功能键实现数控车床的操作。

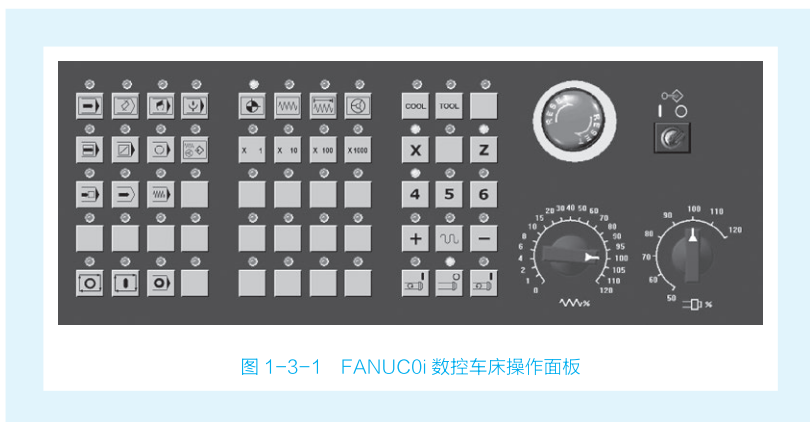
















图 1-3-1 FANUC0i 数控车床操作面板











表 1-3-1 操作面板按键功能

图 标	名称及功能
	AUTO (MEM) 键 (自动模式键): 进入自动加工模式
	EDIT 键 (编辑键): 进入程序编辑界面, 编辑或修改程序
	MDI 键 (手动数据输入键): 用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	DNC 键: 通过 RS232 接口把数控系统与计算机相连并传输文件
	REF 键 (回参考点键): 通过手动回机床参考点

续表

图 标	名称及功能
	JOG 键（手动模式键）：通过手动连续移动各轴
	INC 键（增量进给键）：手动脉冲方式进给
	手轮进给键：按此键切换成手摇轮移动各坐标轴
	冷却液开关键：按下此键，冷却液开
	刀具选择键：按下此键在刀库中选刀
	单段执行键：自动模式和 MDI 模式中，每按一次循环启动键，程序执行一行
	程序段跳键：在自动模式下按此键跳过程序段开头带有“/”的程序
	选择停按键：在自动模式下遇有 M00 指令程序停止
	程序重启键：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
	程序锁开关键：按下此键，机床各轴被锁住
	空运行键：按下此键，机床各轴的移动速度以固定速度移动，可以进行程序验证
	机床主轴手动控制开关：在手动模式下按此键，主轴正转
	机床主轴手动控制开关：在手动模式下按此键，主轴停
	机床主轴手动控制开关：在手动模式下按此键，主轴反转
	进给保持键：在数控程序运行中按下此键，数控车床的所有进给停止，主轴继续旋转
	循环（数控）启动键：在 AUTO 或 MDI 工作模式下按此键启动加工程序，其余时间按下无效
	X 轴方向手动进给键
	Z 轴方向手动进给键
	正方向进给键

续表

图 标	名称及功能
	快速进给键：同时按下快速进给键和手动进给键，数控车床会以参数设定的速度沿相应的坐标轴进行快速移动
	负方向进给键
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。 $\times 1$ 为 0.001 mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。 $\times 10$ 为 0.01 mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。 $\times 100$ 为 0.1 mm
	选择手动移动（步进增量方式）时每一步的距离。 $\times 1000$ 为 1 mm
	程序编辑开关：当程序编辑开关打到通的位置时，数控车床的所有程序以及输入可以正常进行，当打到断开位置时，数控车床不能输入任何字符
	进给速度调节旋钮：调节进给速度，调节范围为 0% ~ 120%
	主轴转速调节旋钮：调节主轴转速，调节范围为 50% ~ 120%
	紧急停止按钮：当此按钮被按下时，数控车床机械部分断电，旋转可释放

1. 电源的接通与关闭

(1) 电源接通。关闭数控车床的前门后，再检查电柜的门是否关闭、锁紧。没有问题后旋转机床电源总开关到“ON”位置。按下按键“POWER ON”数秒钟，数控车床数控系统启动。

(2) 电源关闭。确认数控车床不在自动加工状态，主轴及刀架已经停止运动，断开车床外部输入/输出设备，按下按键“POWER OFF”数秒钟，数控车床断电。

2. 归零操作

按下车床操作面板上的参考点返回开关，选择相应的进给轴，按下移动按键，刀架快速移动到减速点，然后以参数设定的速度移动到参考点，完成返回参考点动作后，相应轴的返回参考点指示灯亮。以此类推，完成其他轴的参考点返回。

3. 主轴的操作

(1) 主轴启动与停止。按下 JOG 按键，按下主轴正转按键，数控车床主轴开始逆时针旋转。按下主轴停止按键，车床主轴停止转动。按下主轴反转按键，数控车床主轴开始顺时针旋转。

(2) 主轴转速调整。数控车床主轴转动起来转速平稳后，按动主轴倍率“+”，数控车床主轴转速提升，每按动一次提升当前转速的 10%；按动主轴倍率“-”，数控车床主轴降速，每按动一次

降低当前转速的 10%。

4. 刀架手动转位操作

按下 JOG 按键，按动换刀按键，数控车床刀架实现手动换刀，每按一次刀架转过一个刀位。

5. 手轮进给操作及进给倍率调整

按下手轮按键，利用手轮轴选择开关，选择将被移动的轴，旋转手轮使刀架在选择的方向进行移动。通过手轮进给倍率按键，来选择移动倍率。

6. 手动进给操作及进给倍率调整

按下 JOG 按键，按下想要移动的轴和方向按键，按住开关期间刀架持续沿选择轴的方向运动，松开按键时刀架停止运动。手动进给速度可以用 JOG 进给倍率进行调整。

7. 快速进给操作

在手动进给操作时，同时按下快速移动按键，数控车床刀架实现手动快速移动。快速移动的速度可以通过快速移动倍率开关控制。

8. 急停操作

按下急停按钮，数控车床机械部分断电，不再产生动作。

(二) 数控车床的坐标轴与运动方向

数控车床上坐标系是右手直角笛卡儿坐标系，如图 1-3-2 所示。 X 、 Y 、 Z 直线进给坐标轴按右手定则判定，而围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴 A 、 B 、 C 则按右手螺旋定则判定。

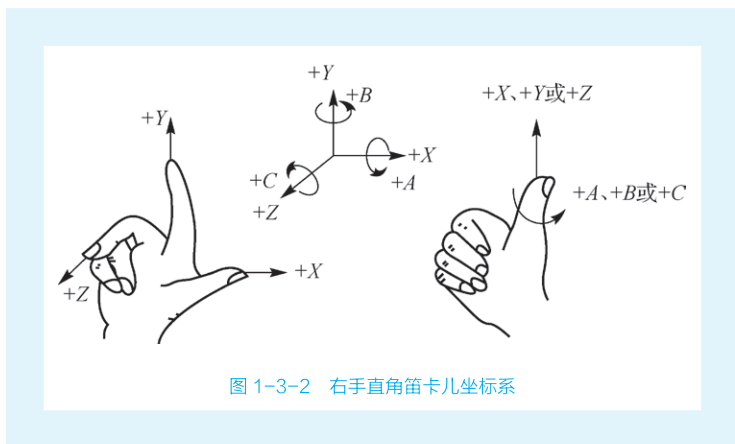


图 1-3-2 右手直角笛卡儿坐标系

车床各坐标轴及其正方向的确定原则如下：

(1) 确定 Z 轴。平行于数控车床主轴轴向的运动坐标轴为 Z 轴， Z 轴正方向是使刀具远离工件的方向。

(2) 确定 X 轴。 X 轴方向平行于横向导轨垂直于 Z 轴并平行于工件的装夹面。 X 轴的运动方向是径向的，与横向导轨平行。刀具离开工件旋转中心的方向是正方向。

数控车床工件坐标系如图 1-3-3 所示。

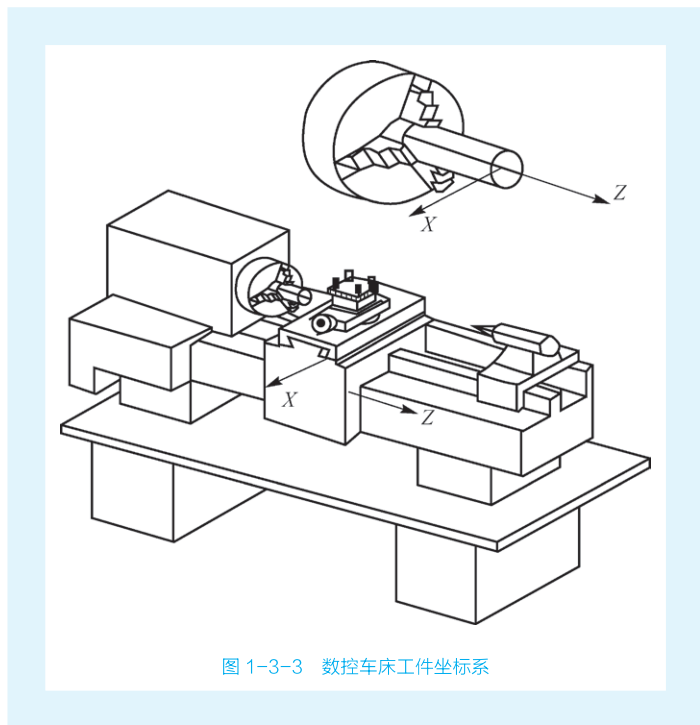


图 1-3-3 数控车床工件坐标系

（三）参考点、车床原点和工件原点

1. 参考点

参考点是用于对车床工作台（或滑板）与刀具相对运动的测量系统进行定标与控制的点，该位置是在每个轴上用挡块和限位开关或者软限位精确地预先调整好的，它相对于数控车床中工件坐标系原点是一个固定值。

2. 车床原点

车床原点就是车床坐标系的原点。它是车床上一个固定的点，由制造厂家确定。车床坐标系是通过回参考点操作来确立的，参考点是确立车床坐标系的参照点。

3. 工件原点

在对零件加工进行编程时，为方便加工程序中坐标的计算，需建立工件坐标系，其坐标原点即为工件原点。

（四）数控车床手动对刀操作



视频
数控车床对刀
操作 1

1. 对刀操作的目的

数控加工过程便是刀尖与工件在坐标系里相对运动的过程，对刀的目的就是确定车刀刀尖与工件之间的相对位置。

2. 对刀操作的步骤

（1）将工件装夹在数控车床夹具上，使工件随主轴进行低速旋转。

(2) 使用手轮模式, 让对刀的刀具接近工件并进行切削。

(3) 试切工件端面, X 向退出, 保持 Z 轴不动。打开“刀补”页面, 打开软键“形状”, 找到使用的刀补号, 输入“Z0.0”, 按“测量”键。

(4) 试切工件直径, Z 向退出, 保持 X 轴不变, 在形状页面中相应的刀具刀补号上输入相应的直径值, 完成 X 轴对刀。

(5) 把刀具移至安全位置(以刀具不与数控车床及工件任何位置发生干涉为宜)。

(6) 继续下一把刀具的对刀操作。完成对刀后, 以最慢的进给速度进行试加工。



视频
数控车床对刀
操作 2



视频
数控车床对刀
操作 3

三、课程案例

教师演示:

(1) 接通电源, 启动数控系统, 利用数控车床的面板功能进行手动回零、手动进给、主轴启停、手轮进给、手动换刀等操作。

要求学生掌握数控车床面板的基本操作方法。

(2) 手动对刀练习: 将车床工件坐标系 X 轴和 Z 轴的坐标原点设置到零件右端面中心。

四、配套练习

学生练习: 参考教师操作, 完成下列操作。

(1) 用手轮操作方式将屏幕坐标 X 和 Z 移动到某一坐标值(坐标值根据现场情况定)。

(2) 用手动操作方式将屏幕坐标 X 和 Z 移动到某一坐标值(坐标值根据现场情况定)。

(3) 完成车床对刀操作, 将车床工件坐标系 X 轴坐标原点设置到零件右端面中心, Z 轴坐标原点设置到距离零件右端面中心外侧 100 mm 的位置。

任务四 数控车床的程序输入与编辑

一、学习目标

- (1) 掌握所有 MDI 按键的作用。
- (2) 能够手动输入加工程序。
- (3) 能够对出现问题的程序进行修改和重新编辑。

二、相关知识

1. 数控系统面板布局形式及 MDI 按键布局形式

FANUC 系统的数控车床, 其数控系统面板布局形式如图 1-4-1 所示, MDI 按键布局形式如图 1-4-2 所示。



视频
数控车床加工
程序的输入、
删除、修改 1



视频
数控车床加工
程序的输入、
删除、修改 2

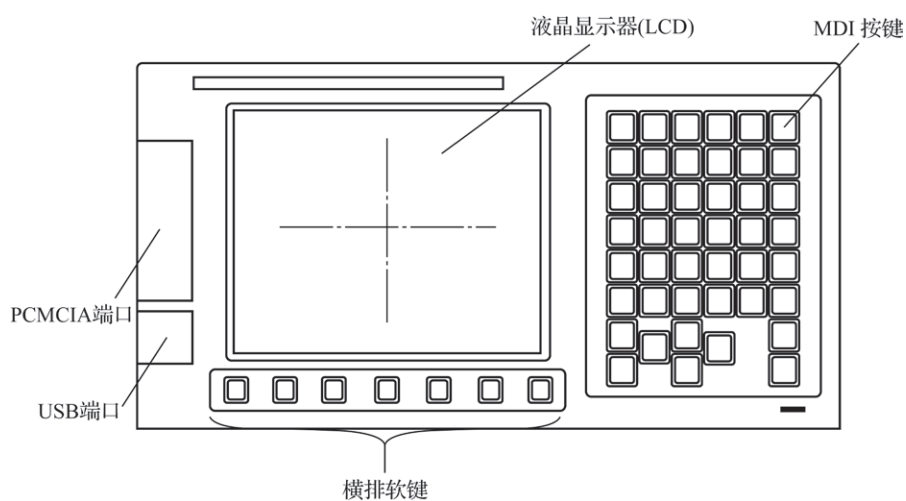


图 1-4-1 数控系统面板布局形式

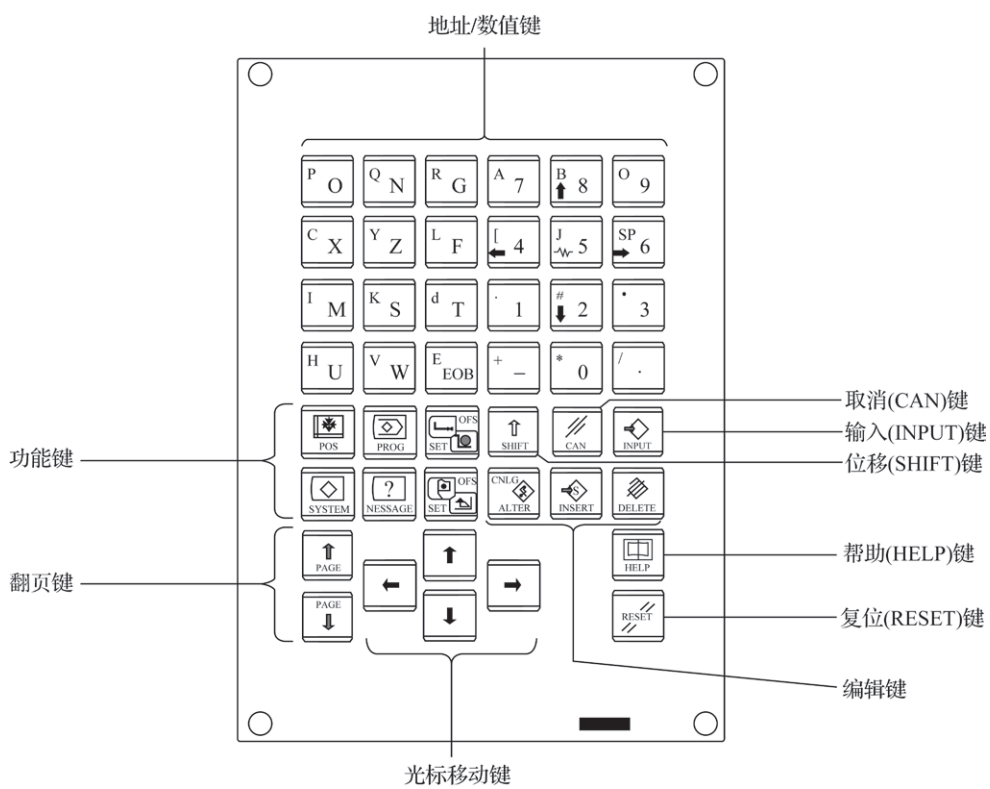




图 1-4-2 MDI 按键布局形式

数控系统面板按键功能见表 1-4-1。其中 MDI 功能键的作用见表 1-4-2。

表 1-4-1 数控系统面板按键功能

报警号	名称	描述
1	复位 (RESET) 键 	解除报警或复位
2	帮助键 	帮助显示按键的操作内容及报警详细内容
3	软键	根据用途, 软键有各种功能。按下时赋予软键的功能将显示在显示器上
4	地址 / 数值键	输入数字或字母
5	位移 (SHIFT) 键 	有些键的键顶上印有两个字符, 按位移键可切换并输入字符。当可以输入右下角指示的字符时, 画面上显示出 “^”
6	输入 (INPUT) 键 	将 MBA 键盘输入的数据输入到缓冲器。还可用于程序预览画面上的文件夹移动操作
7	取消 (CAN) 键 	删除一位缓冲器中的字符。例如, 缓冲器显示为 G00X50Z, 按一下该按键, Z 被取消
8	编辑键	<p>在程序的编写过程中, 此类按键可以对程序内容进行相应的修改、编辑和删除:</p> <p> : 修改</p> <p> : 插入</p> <p> : 删除</p>
9	功能键	用来切换每个功能的显示画面。功能键的细节参阅功能键项

续表

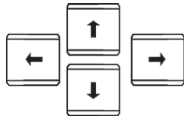







报警号	名称	描述
10	光标移动键 	有 4 类光标移动键：  ：按一下本按键，使光标向右或向前移动一位  ：按一下本按键，使光标向左或向后移动一位  ：按一下本按键，使光标向下或向前移动一行  ：按一下本按键，使光标向上或向后移动一行
11	翻页键 	有 2 类翻页键：  ：该键用来使画面上的显示页向前翻动  ：该键用来使画面上的显示页向后翻动

表 1-4-2 MDI 功能键的作用

编号	功能键	描述
1		按此键显示位置画面
2		按此键显示程序画面
3		按此键显示偏置 / 设定画面
4		按此键显示系统画面
5		按此键显示信息画面
6		按此键显示图形画面
7		按此键显示自定义画面
8		按此键显示自定义画面

2. 加工程序手动创建、输入与运行

加工程序手动创建、输入与运行的具体操作步骤如下：

- (1) 按下 EDIT 按键。
- (2) 按下 PROG 按键。
- (3) 按下地址键 O，输入 4 位数字程序号。
- (4) 按下 INSERT 键。
- (5) 利用键盘输入要编写的程序，在程序的每一行结束时，都按下 EOB 和 INSERT 按键。




3. MDI 输入与运行

MDI 输入与运行的具体操作步骤如下：

- (1) 按下 MDI 按键。
- (2) 按下 PROG 按键，选择程序画面，此时程序号 O0000 被自动插入。
- (3) 利用键盘输入要编写的程序，在程序的每行结束时都按下 EOB 和 INSERT 按键。
- (4) 将光标移动到程序的开头，按下循环启动按键，开始执行编写的程序。

4. 编辑程序

编辑程序包括程序搜索、删除一个程序，以及插入、修改及删除字。

- (1) 程序搜索。
 - ① 按下 EDIT 按键。
 - ② 按下 PROG 按键。
 - ③ 输入程序号。
 - ④ 按下“O 检索”软键。
 - ⑤ 搜索完成后，若找到相应的程序，则自动跳转到相应的程序，若未能找到程序，则会有报警。
- (2) 删除一个程序。
 - ① 按下 EDIT 按键。
 - ② 按下 PROG 按键。显示程序画面。
 - ③ 输入想要删除的程序号。
 - ④ 按下 DELETE 键，删除输入的程序号指代的程序。
- (3) 插入、修改及删除字。
 - ① 按下 EDIT 按键。
 - ② 按下 PROG 按键。显示程序画面。
 - ③ 输入要编辑的程序号，进入该程序。
 - ④ 通过光标移动键，将光标移动到希望编辑的位置。
 - ⑤ 输入想要插入、修改的数据，或者选择想要删除的数据，通过    这 3 个功

能键完成字的插入、修改和删除。

三、课程案例

教师演示：

(1) 手动创建 O1111 号程序，输入以下程序。

```
T0202 ;  
S500 M03. ;  
G00 X35. Z2. ;  
G90 X32. Z-60. F100 ;  
X30. ;  
X28. ;  
G00 X100. Z50. ;  
M30 ;
```

(2) MDI 方式输入程序并运行。

```
T0101 ;  
S800 M03 ;
```

(3) 通过插入、替换、删除，将(1)中的程序改成下列程序。

```
T0202 ;  
M03 S500 M03 ;  
G00 X40. Z2. ;  
G90 X32. Z-50. F150 ;  
G90 X32. Z-30. ;  
X30.5. ;  
G00 X100. Z100. ;  
M30 ;
```

四、配套练习

学生练习：

在数控车床中建立 O1111 号程序，将下列程序内容输入到该程序中。

```
T0101 ;  
M03 S800 M08 ;  
G00 X40. Z2. ;  
G90 X37. Z-55. F150 ;
```

```
G90 X34. ;  
G90 X32. ;  
G90 X30.5. ;  
G00 X100. ;  
    Z100. ;  
T0202 ;  
G00 X42. Z-58. ;  
M03 S300 ;  
G01 X0. F30 ;  
G00 X100. ;  
    Z100. ;  
M30 ;
```

任务五 数控车床的装夹、校正及量具使用

一、学习目标

- (1) 熟悉和掌握数控车床零件的装夹方法。
- (2) 熟悉和掌握常用量具的使用方法。

二、相关知识

(一) 数控车床的夹具与装夹方式

数控车床常用夹具包括卡盘、顶尖、心轴等，可单独使用，也可配合使用。

1. 在三爪自定心卡盘上装夹

三爪自定心卡盘（图 1-5-1）的三个卡爪是同步运动的，能自动定心，一般无须找正。三爪自定心卡盘分为正爪或反爪两种形式，正爪用于装夹直径较小的工件，反爪用于装夹直径较大的工件。三爪自定心卡盘装夹工件方便省时，自动定心好，但夹紧力小，装夹时为避免夹伤精加工过的表面，一般在零件表面外包一层铜皮。

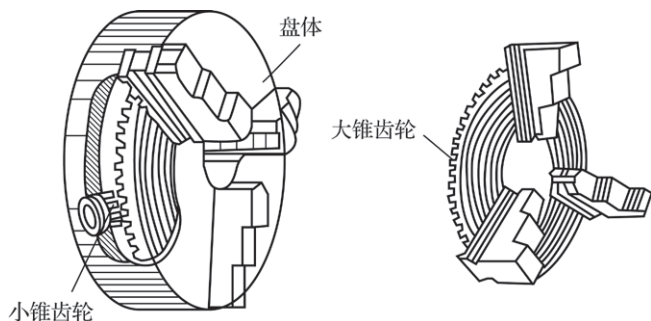


图 1-5-1 三爪自定心卡盘

2. 在两顶尖之间装夹

两顶尖装夹工件方便，无须找正，装夹精度高，对于长度尺寸较大或加工工序较多的轴类工件，可在工件两端面钻出中心孔，用两顶尖进行装夹，保证每次装夹的装夹精度，如图 1-5-2 所示。该装夹方式适用于多工序加工或精加工。

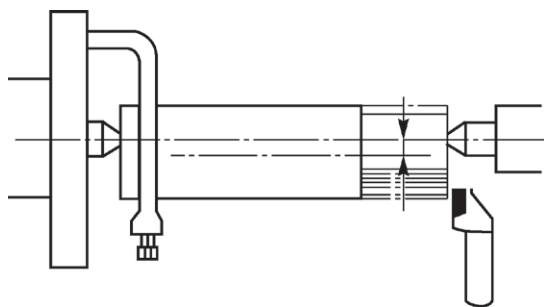


图 1-5-2 两顶尖装夹

3. 用卡盘和顶尖装夹

对于质量较大或细长的工件，要一端用卡盘夹住另一端用顶尖支撑，以提高系统刚性，如图 1-5-3 所示，能够防止工件在切削力的作用下而产生轴向或径向位移。这种方法比较安全，能承受较大的轴向切力，轴向定位准确。

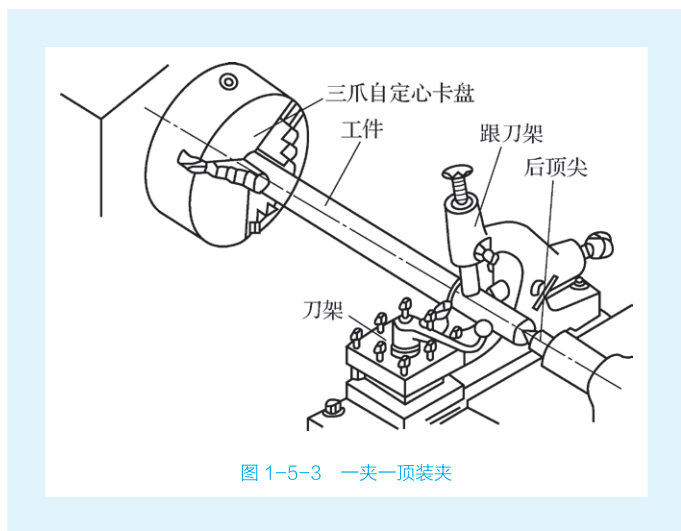


图 1-5-3 一夹一顶装夹

4. 四爪单动卡盘装夹

四爪单动卡盘（图 1-5-4）也分为正爪和反爪两种形式。每一个卡爪均可独立运动，可以调整工件夹持部位与主轴的相对位置，装夹后工件的回转中心与主轴的回转中心可以重合，也可以不重合。要确定工件与主轴的相对位置，必须通过打表转正。四爪单动卡盘卡紧力较大，适用于大型或形状不规则的零件。

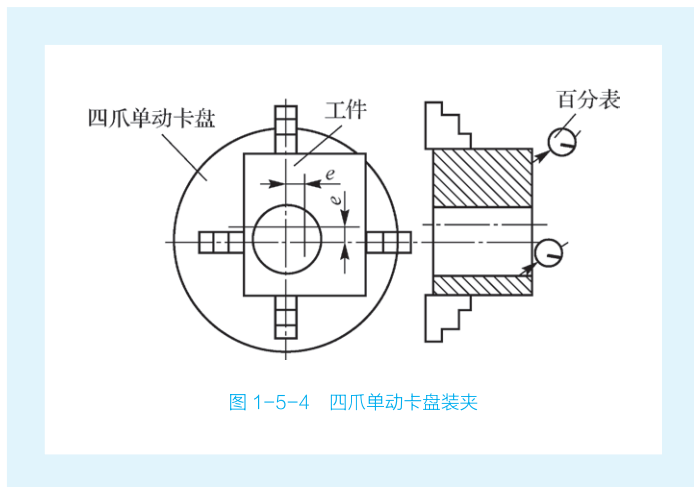


图 1-5-4 四爪单动卡盘装夹

5. 用心轴或弹簧心轴装夹

用加工过的孔作为定位基准时，可采用心轴装夹。心轴装夹可以保证工件内外表面的同轴度，适用于批量生产，如图 1-5-5 所示。

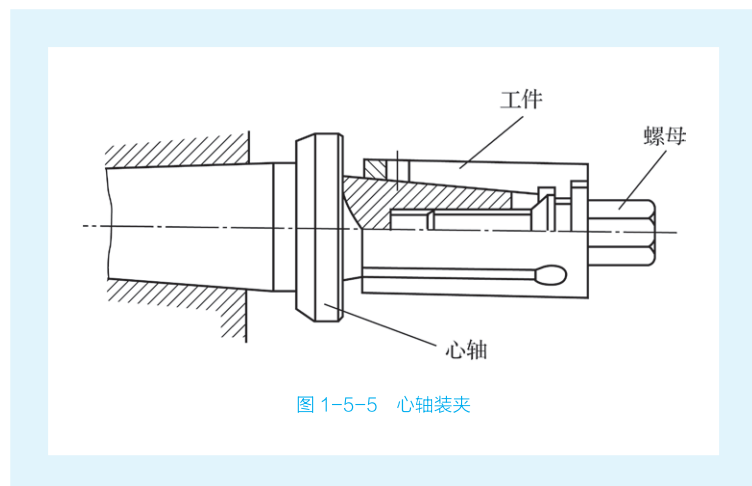


图 1-5-5 心轴装夹

6. 花盘装夹

对于形状复杂、表面不规则但是回转表面的轴线与基准面互相垂直的工件，可用花盘进行装夹。花盘装夹偏心零件，必须要安装配重，如图 1-5-6 所示。

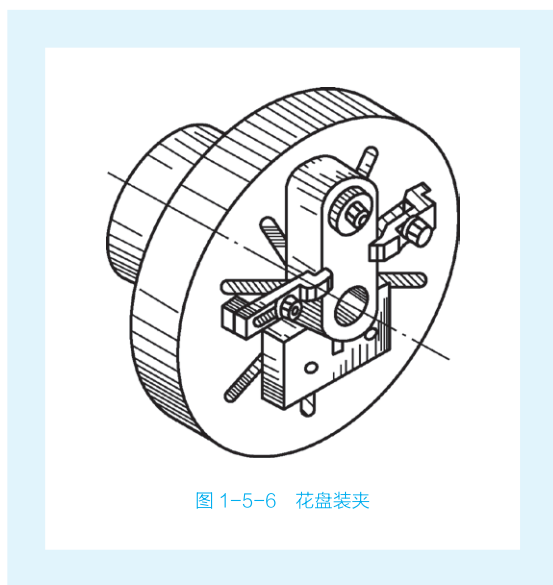


图 1-5-6 花盘装夹

(二) 数控车床找正

装夹找正就是使工件的回转轴线与车床主轴回转中心重合的过程。一般用百分表或千分表找正，调整卡爪，使工件坐标系 Z 轴与车床主轴的回转中心重合。一般三爪自定心卡盘在装夹找正时，找正工件离卡盘夹持部分较远处的旋转中心。三爪自定心卡盘使用时间长，精度降低后，工件需要找正。四爪单动卡盘装夹工件时，为确保工件回转中心与主轴回转中心重合，必须找正。

(三) 常用量具的使用方法

1. 钢直尺

钢直尺是最常见的长度量具。钢直尺分为 150 mm、300 mm、500 mm、1 000 mm 4 种规格，其中 150 mm 和 300 mm 最为常用。如图 1-5-7 所示为常用的 150 mm 钢直尺。



图 1-5-7 常用的 150 mm 钢直尺

钢直尺用于测量零件的长度尺寸（图 1-5-8），它的最小刻度线间距为 1 mm，只能读出毫米数，比 1 mm 小的数值只能估算出来。而钢直尺的刻度线本身还有宽度，因此钢直尺的测量误差较大。

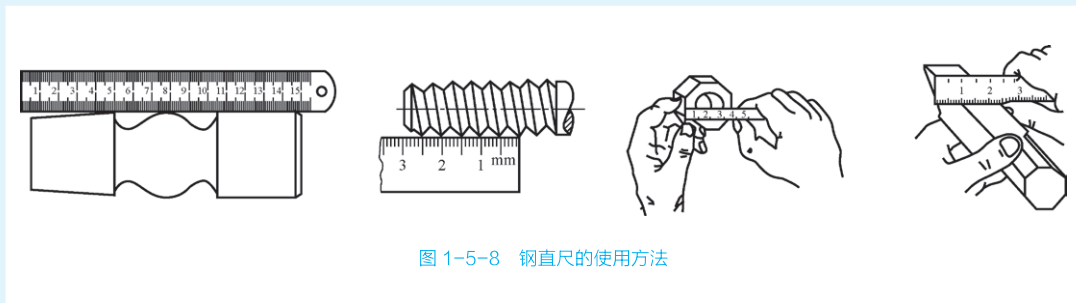


图 1-5-8 钢直尺的使用方法

钢直尺本身的读数误差较大，还无法正好放在零件直径的正确位置，因此要用钢直尺直接去测量零件的直径尺寸（轴径或孔径）测量精度更差。如果要测量直径尺寸，且手边只有钢直尺，那么可以利用钢直尺和内外卡钳配合起来进行。

2. 塞尺

塞尺又称厚薄规或间隙片，主要用来检测其他量具不易伸进去的狭小空间的相应尺寸。塞尺是由许多厚薄不一的薄钢片组成的（图 1-5-9），塞尺的每一个薄钢片都有固定的厚度尺寸，两个测量平面平行度要求极高，测量时可以单片测量或多片组合测量。例如，0.09 塞尺的测量平面能够插入测量间隙，而 0.1 塞尺的测量平面不能够插入测量间隙，则说明间隙的尺寸在 0.09 mm ~ 0.1 mm 之间，因此塞尺也是一种界限量规。

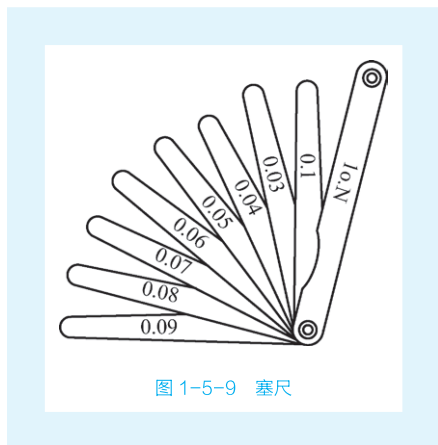


图 1-5-9 塞尺

3. 游标卡尺

游标卡尺是最常见的一种量具，应用范围很广，可以用来测量长度、直径、厚度、高度、深度等，使用非常方便，测量精度也比较高。

如图 1-5-10 (a) 所示，上方为主尺，下方为游标，主尺每个小格 1 mm。游标共由 50 个小格组成，而这 50 个小格在主尺上对应 49 mm，游标每格间距为 0.98 mm，那么主尺和游标每个小格相差 0.02 mm，此游标卡尺能读出的最小刻度为 0.02 mm。在图 1-5-10 (b) 中游标的零刻度线在 123 与 124 之间，那么整数部分读“123.”，游标的第 11 条刻度线与主尺的刻度线对齐，那么小数部分为 11×0.02 ，此尺寸为 123.22。为方便读数，游标上也标记出 0 到 9，那么游标上标记的每个整数是相应数值的 10 分数。

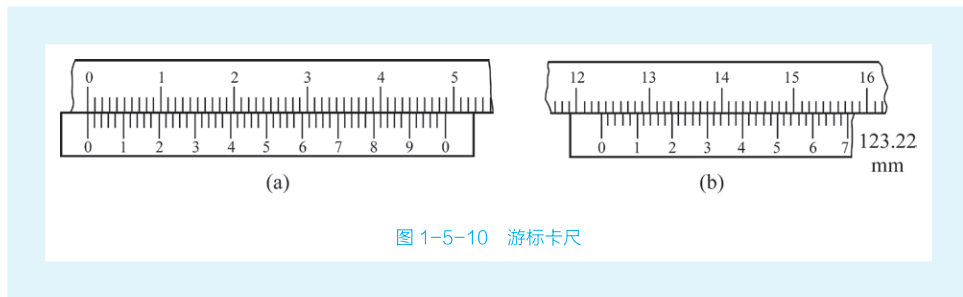
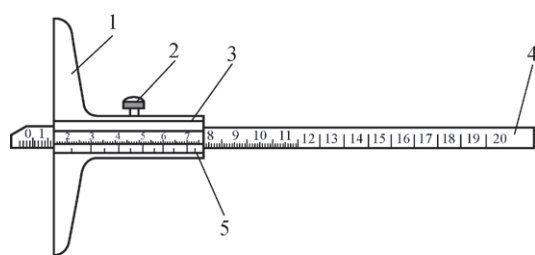


图 1-5-10 游标卡尺

4. 深度游标卡尺

深度游标卡尺如图 1-5-11 所示，用于测量零件的深度尺寸或台阶高低和槽的深度。它的结构特点是尺框的两个量爪连在一起成为一个带游标的测量基座，基座的端面和尺身的端面就是它的两个测量面。当测量深度时，基座的端面贴紧上端面，尺身伸出，尺身测量端面与下端面贴紧，测量时注意尺身与测量位置的垂直度。深度游标卡尺的读数方法与游标卡尺的读数方法一致。



1—测量基座；2—紧固螺钉；3—尺框；4—尺身；5—游标

图 1-5-11 深度游标卡尺

5. 外径百分尺

(1) 外径百分尺的结构。各种百分尺的结构大同小异，外径百分尺常用于测量或检验零件的外径、凸肩厚度，以及板厚或壁厚等，一般由尺架、测微头、测力装置和制动器等组成。图 1-5-12 所示为测量范围为 0 ~ 25 mm 的外径百分尺。测量时，固定测砧与被测零件接触，另一端测微螺杆与被测零件接触。固定测砧和测微螺杆之间的距离即为被测工件的尺寸。为提高测量面的使用寿命，固定测砧和测微螺杆的测量面上都镶有硬质合金。为防止人体的热量影响百分尺的测量精度，尺架的两侧面覆盖有绝热板。

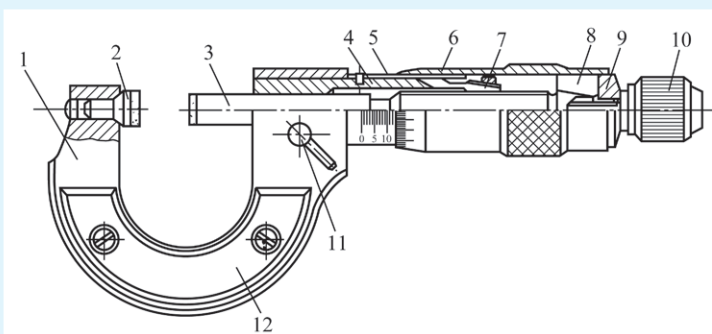


图 1-5-12 测量范围为 0 ~ 25 mm 的外径百分尺

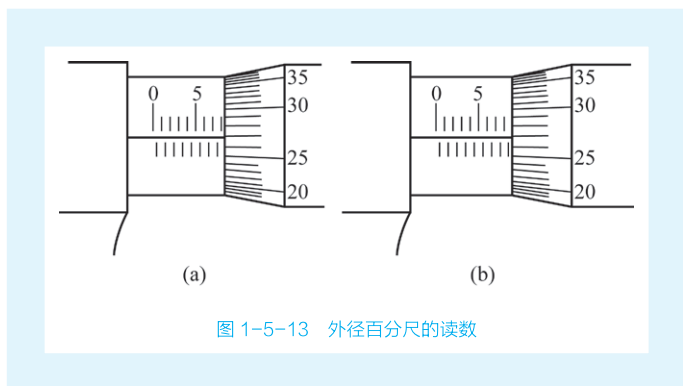
1—尺架；2—固定测砧；3—测微螺杆；4—螺纹轴套；5—固定套筒；6—微分筒；
7—调节螺母；8—接头；9—垫片；10—测力装置；11—锁紧螺钉；12—绝热板

(2) 外径百分尺的读数方法。百分尺固定套筒上的轴向中线作为微分筒读数参考基准。固定套筒中线的上下两侧刻有间距均为 1 mm 的两排刻线，两排刻线相互错开 0.5 mm，方便计算测微螺杆旋转的圈数。

外径百分尺的具体读数方法可分为以下三步：

- ① 读出固定套筒露出的尺寸刻线，上边刻线 1 个格为 1 mm，下边刻线一个格为 0.5 mm。
- ② 读出微分筒上的尺寸，要看清微分筒圆周上哪一格与固定套筒的中线基准对齐，将格数乘 0.01 mm 即得微分筒上的尺寸。
- ③ 将上面两个数相加，即为百分尺测得的尺寸。

如图 1-5-13 (a) 所示，千分尺固定套筒上边露出 8 格，下边第 9 格未露出，整数部分为 8 mm，微分筒上第 27 格与中线对齐，小数部分为 $27 \times 0.01 = 0.27$ mm，两数相加即为此尺寸，即 8.27 mm。如图 1-5-13 (b) 所示，本尺寸与图 1-5-13 (a) 中尺寸的区别就是：固定套筒上方露出 8 个格，下方露出 9 个格，那么固定套筒读出的尺寸为 8.5 mm，加上微分筒读出的 0.27 mm，此被测尺寸为 8.77 mm。



6. 百分表和千分表

百分表和千分表都是用来校正零件或夹具的安装位置、检验零件的形状精度或位置精度的。百分表或者千分表读不出具体尺寸，只能看出相对尺寸。这两种表的结构原理基本相同，千分表表针动一小格，尺寸相差 0.001 mm，百分表表针动一小格，尺寸相差 0.01 mm。

百分表的外形如图 1-5-14 所示，表盘上刻有 100 个等分格，其刻度值（读数值）为 0.01 mm。当指针转一圈时，小指针沿转数指示盘转动 1 格（1 格为 1 mm），用手转动表圈时表盘也跟着转动，可使指针对准任一刻线。测量杆是沿着套筒上下移动的，套筒可用于安装百分表。

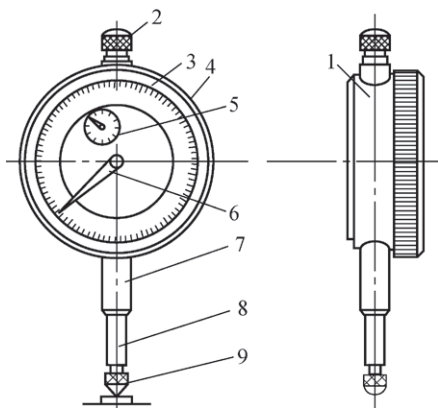


图 1-5-14 百分表的外形

1—表壳；2—手提测量杆用的圆头；3—表盘；4—表圈；5—转数指示盘；6—指针；7—套筒；8—测量杆；9—测量头

利用百分表或千分表进行测量时，不能人为用手持，必须要安装在固定的支架上，目前常用的是磁性表座。如图 1-5-15 所示，夹持架安放平稳，测量杆必须垂直于被测量表面，然后开始测量或校正零件的工作。

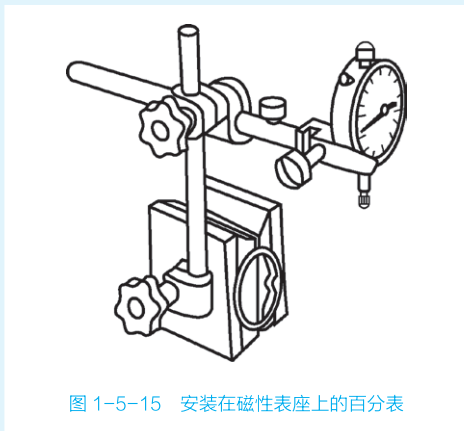


图 1-5-15 安装在磁性表座上的百分表

三、课程案例

教师演示：

对于图 1-2-3 所示零件：

- (1) 将零件正确装夹在数控车床上。
- (2) 利用百分表或千分表，将零件的回转中心校正到数控车床主轴的回转中心。
- (3) 利用游标卡尺和外径百分尺对零件进行测绘，并绘制草图。

四、配套练习

学生练习：

- (1) 根据实际情况，将精加工过的 $\phi 30 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 轴合理装夹在数控车床上。
- (2) 对轴进行校正。
- (3) 利用游标卡尺和外径百分尺对零件进行测绘，并绘制草图。

思考与练习

1. 数控车床有哪些组成部分？各有什么作用？
2. 将数控加工程序输入数控车床的方法主要有哪些？
3. 数控车削的加工顺序是什么？
4. 简述 MDI 键盘的组成。
5. 数控车床的主运动是什么？进给运动是什么？
6. 参考点、车床原点和工件原点的区别是什么？
7. 简述数控车床回参考点的操作。
8. 简述数控车床对刀的操作。
9. 数控车床加工的特点有哪些？它适合于何种类型零件的加工？

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

项目八