

## 数控车床基本操作 (FANUC 系统)

### 单元导读

如何培养实用型人才？那就是要一边学，一边进行实际操作训练。了解、掌握数控系统的操作和使用，是学习数控加工编程技术的基础知识之一。如果单元 8 的内容缺少实训条件，那么就必须掌握本单元的内容。

FANUC 数控系统是世界两大著名的数控系统之一。本单元学习数控车床（FANUC 数控系统）的基本操作，让你把学到的理论知识，通过实训在实际中试一试，看掌握了没有，掌握的程度如何。

本单元的内容是 FANUC 数控系统车床的组成、功能、技术参数的学习和基本操作训练。

### 学习目标

- 了解数控车床的组成、结构和数控车床的技术参数；
- 了解 FANUC 数控系统的技术规格；
- 了解、掌握数控系统操作面板、菜单功能及其各个按钮的功能的操作使用；
- 了解、掌握数控车床操作面板及其各个按钮的功能的操作使用；
- 掌握数控车床的面板功能，进行“手动”、“回零”、“点动”、“步进”、“单段自动”、“连续自动”的操作；
- 进行简单程序的校验和简单程序的仿真加工练习。

### 学习重点

- 数控系统操作面板及其各个按钮的操作使用；
- 数控车床操作面板、菜单功能及其各个按钮的操作使用；

## 一、SSCK20/500 数控车床介绍

以 SSCK20/500 型数控车床为例，介绍数控车床的基本操作。该机床配备日本 FANUC-OTE 数控系统。

### 1. SSCK20/500 数控车床的用途及布局

#### (1) SSCK20/500 数控车床的用途

SSCK20/500 数控车床主要用来加工轴类和盘类零件的内外圆柱面、圆锥面、螺纹表面、成形回转体表面。机床还可以进行钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和车端面、切槽、倒角等加工。

#### (2) SSCK20/500 数控车床布局

SSCK20/500 数控车床为两坐标联动控制的卧式车床。如图 9-1 所示。床身采用向后倾斜 $45^{\circ}$ ，使刀具的调整及操作变得更为方便安全。导轨采用直线滚动导轨或镶钢导轨。因摩擦系数小，从而增加了耐磨性和精度的保持性，提高了刀架的快移速度并延长机床的使用寿命。主轴采用普通电动机、变频调速，主轴驱动系统可实现无级调速和进行恒速切削，由于电动机经皮带轮驱动主轴，因传动平稳、噪声小。主轴卡盘和尾座在结构设计上均采用液压控制，压力的大小可用分别的减压阀进行调整。倾斜滑板上安装有回转刀架，有 6 个工位。滑板上

分别安装有 X 轴和 Z 轴的进给传动装置。根据用户的要求, 主轴箱前端面上可以安装对刀仪, 用于数控机床的对刀。

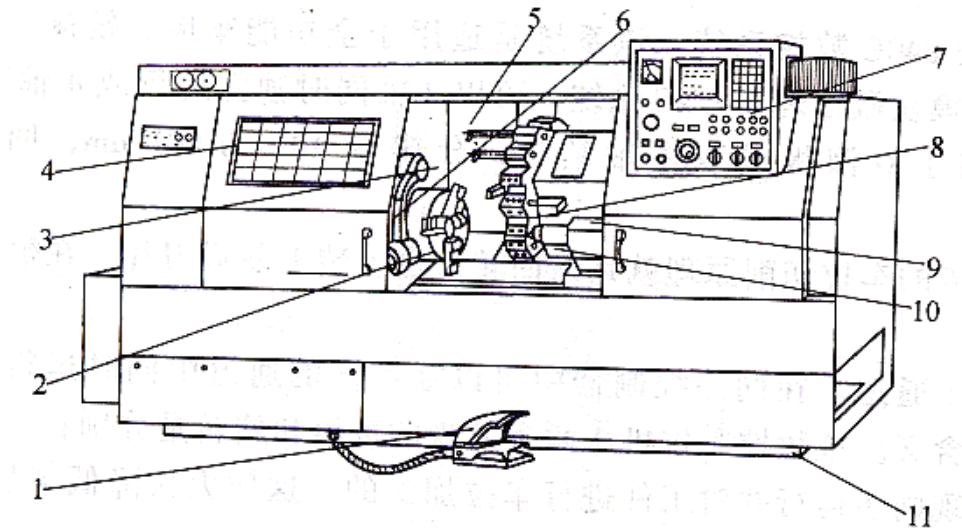


图 9-1 SSCK20/500 数控车床外观图

1-夹盘松夹脚踏开关 2-夹盘 3-主轴 4-防护门 5-导轨防护罩  
6-对刀仪 7-操作面板 8-刀架 9-尾座 10-滑板 11-床身

## 2. SSCK20/500 数控车床的主要技术参数

### (1) 机床的主要参数

床身上最大回转直径	400mm
夹盘直径	200mm
最大切削直径	200mm
最大切削长度	500mm
主轴转速范围	24~2400r.min (连续无级)
主轴直径	55mm
滑鞍最大纵向行程	550mm
滑板最大横向行程	200mm
快速移动速度	X 轴 6m/min; Z 轴 12m/min
刀架工位数	10 工位
刀具规格	车刀 20mm×20mm
工具孔直径	32mm
选刀方式	顺时针方向
最小输入当量	X 轴 (直径) 0.001mm; Z 轴 0.001mm
尾座套筒直径	70mm
尾座套筒最大行程	60mm
顶尖锥孔	莫氏 4 号
主电动机功率	AC (连续负载) 11Kw
进给伺服电动机功率	X 轴 AC 0.6 Kw; Z 轴 AC 0.6 Kw
液压站电动机功率	1.1Kw
切削液电动机功率	0.0125Kw
机床外形尺寸 (长×宽×高)	2 600mm×1 240mm×1 715mm
机床净质量	2 300kg

### (2) 数控系统的主要技术规格

机床配置的 FANUC-OTE 系统的主要技术规格如表 9-1 所示。

表 9-1 FANUC-OTE 系统主要技术规格

序号	名 称	规 格		
1	控制轴	X 轴和 Z 轴		
2	同时控制轴数	两轴（手动方式同时仅控制一轴）		
3	设定单位	最小设定单位	X、Y 轴 0.001mm	0.000 1 in *
		最小移动单位	X 轴 0.005mm	0.000 05 in
			Z 轴 0.001mm	0.000 1 in
		上述 X 轴为直径编程，也可选用半径编程。最小设定单位通过参数设定，可变为 0.01mm、0.000 1 mm 或 0.000 01 in		
4	最大指令值	±9 999.999mm 或±999.999 in		
5	输入格式	字地址可变程序段格式		
6	小数点编程	数据可用小数点形式输入		
7	快速进给率	快速进给速度可达 24 000mm/min 或 960in/min，每个轴的速度均可通过参数设定，快速进给倍率分为 F0、25、50 或 100%		
8	进给率（G98，G99）	进给分每转进给或每分钟进给，G98 指令每分进给量范围；G99 指令主轴每转进给量范围		
9	自动减加速	在快速进给中，不管自动还是手动，自动减速都是线性的，因而定位时间短		
10	绝对值/增量值编程	地址为 X、Z 时为绝对值编程，地址为 U、W 时为增量值编程，二者可在同一程序段内使用		
11	坐标系设定（G50）	用 G50 和 X、Z 坐标可以设定坐标系		
12	定位（G00）	执行 G00 指令时机床快速运动，并减速停止在终点		
13	直线插补（G01）	直线插补时，进给速度由 F 码指令		
14	圆弧插补（G02 G03）	任何 0 到 360 度的圆弧均可用 G02、G03 编程，G02 为顺圆，G03 为逆圆		
15	螺纹切削（G32）	直螺纹和锥螺纹均可用 F 码直接设导程		
16	暂停（G04）	使用 G04 时，可以推迟下一个程序段的执行时间，延迟的时间由地址 P、U 或 X 指定		
17	辅助功能（M2 位）	控制机床开关，由地址 M 和两位数字组成，每个程序段中只能指定一个 M 代码		
18	主轴速度功能（S4 位）	主轴转速由地址 S 和四位数字指令		
19	刀具功能（T4 位）	刀具功能由两位刀具编号和两位刀具补偿号组成		
20	空运转	空运转时为连续进给，G00 指令有效，快速移动倍率也有效，通过参数设定也可以进行快速空运转		
21	单步程序执行	使程序一段一段地执行		
22	跳过任选程序段	将机床上该功能开关置“ON”位置时，跳过程序中带“/ ”符号的程序段		
23	进给保持	在自动运行状态下暂停 X、Z 轴进给，按循环启动按钮恢复自动运行		
24	机床锁定	除机床不运动外，其它方面与机床运动时一样动作，在程序运行中途也有效		
25	超程	机床的进给超过了机床的软硬极限位置		
26	紧急停止	按下机床的紧急停止按钮，机床立即停止运动，所有指令停止		
27	顺序号检索	使用 MDI 和 CRT 查找程序中的顺序号		

28	程序号检索	使用 MDI 和 CRT 查找 0 后面 4 位数字的程序号
29	程序保护	存储器内的程序不能修改
30	工作程序的存储	80mm/264 ft
31	可寄存程序	63 个
32	环境条件	环境温度：运行时 0~45℃，运输保管时-20~60℃，相对湿度低于 75%
33	自诊断功能	CRT 上显示机床故障诊断内容

\*: 1in (英寸) = 25.4mm。

## 二、SSCK20/500 数控车床的操作

各种类型数控车床的操作方法基本上相同。对于不同型号的数控车床，由于机床的结构以及操作面板、数控系统的差别，操作方法也会有差别。下面以 SSCK20/500 数控车床为例介绍其基本操作方法。对于其它数控机床，应查看该机床的详细说明。

SSCK20/500 数控车床的操作面板位于机床的右上方，它由上下两部分组成，上半部分为数控系统操作面板，下半部分为机床操作面板。

### 1. 数控系统操作面板

数控系统操作面板如图 9-2 所示。它是 CRT 显示器和 MDI 键盘两部分组成。显示器左下侧为 NC 装置电源按钮，“ON”为电源通按钮，“OFF”为电源断按钮。

(1) CRT 显示器，它可以显示机床的各种参数和功能，如显示机床参考点坐标、刀具起始点坐标、输入数控系统的指令数据、刀具补偿值的数值、报警信号、自诊断内容、滑板快速移动速度以及间隙补偿值等等。

### (2) MDI 键盘

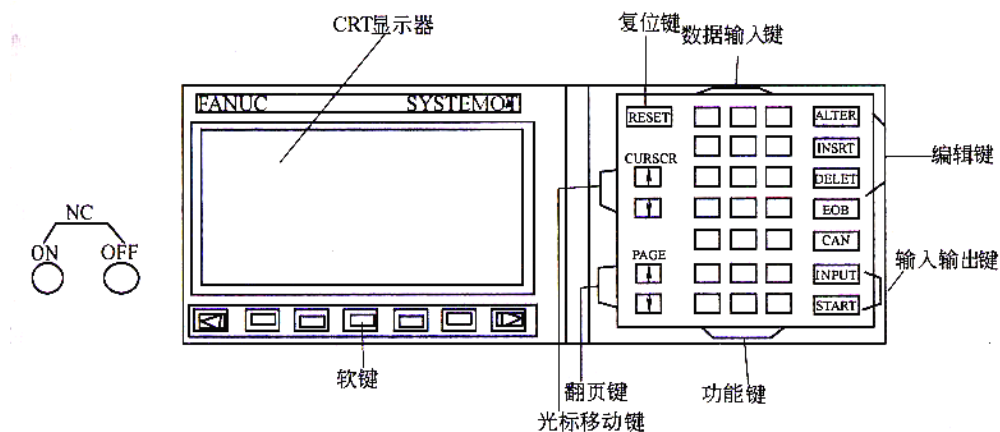


图 9-2 FANUC-OTC 数控系统操作面板

### 1) 功能键

“POS”键显示现在机床的位置

“PRGRM”键在 EDIT 方式下，编辑、显示存储器里的程序；在 MDI 方式下，输入显示 MDI 数据；在机床自动操作时，显示程序指令值。

“MENU/OFSSET”键用于设定、显示补偿值和宏程序变量。

“DGNOS/PARAM”键用于参数的设定、显示及自诊断数据的显示。

“OPR/ALARM”键用于显示报警号。

“AUX/GRAPH”键用于图形的显示（图形显示属选择功能）。

### 2) “RESET”复位键

复置 CNC，解除报警。

## 3) 数据输入键

由数字、字母和符号键组成。每次输入的数据都显示在 CRT 屏幕上。

## 4) 编辑键

“ALTER” 键用于指令更改。“INSRT” 键用于指令插入。“DELET” 键用于指令删除。

## 5) 输入键

按下“INPUT”键，可输入参数或补偿值等，也可以在 MDI 方式下输入命令数据；在“自动”和“MDI”状态下，按下“START”键，便启动机床运行。

## 6) 光标移动键 (CURSOR)

“↓”将光标向下移，“↑”将光标向上移，“→”将光标向右移，“←”将光标向左移。

## 7) 翻页键 (PAGE)

“↓”键向后翻页，“↑”键向前翻页。

## 8) “CAN” 删除键

用于删除已输入到缓冲器里的最后程序字。例如：当输入了 G00 后，又击下“CAN”键，则 G00 被删去。

## 9) “EOB” 程序段结束键。

## 10) 软键

软键的功能不确定，其含义显示于当前 CRT 屏幕下方与软键对应的位置，随功能键状态不同而有若干个不同的子功能。

## 2. 数控车床操作面板

数控车床操作面板上的各种功能键严格分组，可执行简单的操作，也可直接控制机床的位置和程序的编辑。SSCK20/500 数控车床操作面板的外观如图 9-3 所示，MJ-50 数控车床操作面板的外观如图 9-4 所示。

(1) NC 系统电源接通按钮 (POWER ON) ——按此按钮 1~2s 后，荧光屏显示出 READY (准备好) 字样，表示控制系统已准备好，此时液压泵电动机转动，液压系统启动。

NC 系统电源断开按钮 (POWER OFF) ——按此按钮，控制系统电源被切断，荧光屏显示消失，控制系统断电。

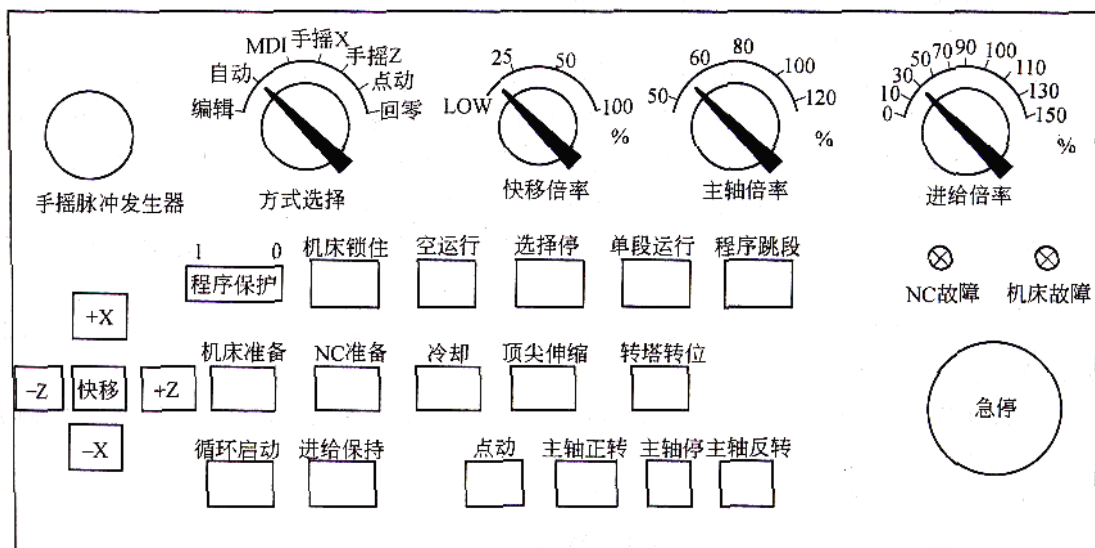


图 9-3 SSK20/500 数控车床操作面板

(2) 机床准备 (兼超程解除) 按钮 ——按此按钮，机床部分准备；该机床无单独的超程解除按钮，此按钮设计成也具备超程释放作用。当机床移动到工作区间的极限时，压住限位开关，控制系统将出现超程报警，此时，机床处于报警状态，机床不能工作。

其解除过程：将状态开关置于手动状态→按“机床准备”按钮→按与超程方向相反的点动按钮，或用手摇脉冲发生器向相反方向移动，使机床脱离极限而回到工作区间→按“RESET”按钮，使机床解除报警状态。这样机床就可以正常工作了。

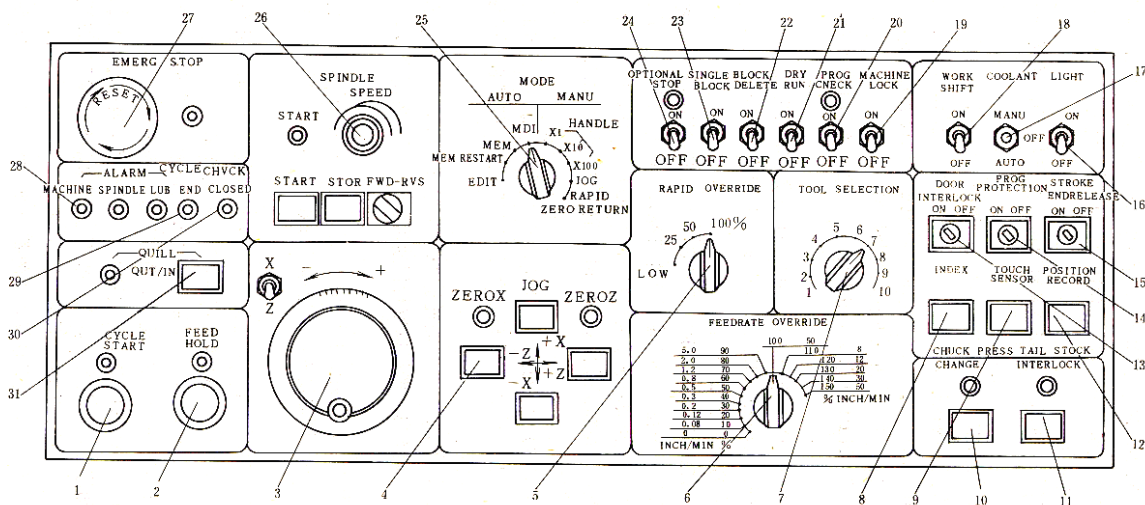


图 9-4 MJ-50 数控车床操作面板

(3) 急停按钮 (EMERGENCY) ——在紧急状态下按此按钮，机床各部将全部停止运动，NC 控制系统清零，有回零要求和软件超程保护的机床按急停按钮后，必须重新进行回零操作，否则，刀架的软件限位将不起作用。在机床重新开始工作时，需按照按钮上的箭头方向转动，按钮即可弹起。

(4) 方式选择开关 (MODE) ——用此开关可选择机床下列某一种工作方式，将开关旋至所要求的工作方式时，才能操作机床。

1) 编辑状态 (EDIT) ——在此状态，可以把工件程序读入 NC 控制系统，可以对编入的程序进行修改插入和删除。

2) 自动状态 (AUTO) ——在此状态下，机床可按照存储的程序进行加工，可按照存储程序的顺序号进行检索。

3) 手动数据输入状态 (MDI) ——在此状态下，可以通过 NC 控制面板上的键盘把数据送入数控系统中，所送的数据均能在荧光屏上显示出来。按“循环启动” (CYCLE START) 按钮执行所送入的程序。

4) 手摇脉冲发生器 X、Z (HANDLE) ——在此状态下，可转动手摇轮使机床滑板沿 X 向或 Z 向移动。由参数决定每摇一格使刀架移动 0.001mm 或 0.01mm。

5) 点动 (JOG) ——在此状态下，可用“+X”或“-X”、“+Z”或“-Z”按钮使滑板移动沿 X 轴或 Z 轴正负方向移动。按动一次，滑板移动 0.001mm 或 0.01mm，一直按动，滑板连续移动。

6) 回零 (ZERO RETURN) ——在此状态下，按“点动”按钮，刀架可回到机床的参考点位置，不同型号的机床回零方向不相同，一般机床回零方向设为正方向。具体请参阅机床说明书。

当机床刀架回到零点时，点动按钮内指示灯或回零指示灯亮，表示刀架已回到机床参考点位置，两坐标轴可同时进行回零操作。

(5) 进给倍率 (FEEDRATE OVERRIDE) ——用此开关可以改变程序中的刀架进给速度。例如：程序中进给速度 F 为 180mm/min，当进给倍率开关指在 50% 时，这时机床实际进给速度是 90mm/min。在点动方式下，也可调整进给速度。但是在车削螺纹时，不允许调整进给倍率。

(6) 主轴倍率 (SPINDLE SPEED OVERRIDE) ——用此开关可以改变主轴的转速。可以改变程序中给定的 S 代码速度, 使之按 50%至 120%之间的倍率变化, 此开关在任何工作状态下均起作用。

(7) 快移倍率 (RAPID OVERRIDE) ——此开关可以改变刀架快移速度, 当选择在 100%上, 快移速度为设定的速度。选择其他位置时, 快移速度按比例减慢, 此选择开关除了使用“快移按钮”移动刀架时起作用外, 尚在下列情况下起作用:

- 1) 在 NC 自动控制时, 用 G00 码的快移;
- 2) 在循环启动工作时, 用固定循环的快移;
- 3) 用 G27、G28 及 G29 代码的快移。

(8) 循环启动按钮 (CYCLE START) ——按此按钮, 自动执行数控系统内的某个程序。在执行程序时, 该按钮内的指示灯亮, 执行完毕后指示灯灭。

1) 循环启动按钮在下列情况下起作用:

① 当机床在自动循环工作中按了“进给保持”(FEED HOLD)按钮, 机床刀架运动暂停, 循环启动灯灭, 进给保持灯亮。用循环启动按钮可让刀架继续运行。

② 在选择停止按钮被按下状态下, 自动循环中遇到 M01(选择停)指令时, 机床就停止工作。按“循环启动”按钮可使机床继续程序的执行动作。

2) 循环启动按钮在下列情况下不起作用:

- ① 急停状态;
- ② 复位状态;
- ③ 程序顺序号检索时;
- ④ 报警状态时;
- ⑤ 在“状态选择”开关选在“手动数据输入”或“自动”状态以外的位置时。

(9) 进给保持按钮 (FEED HOLD) ——在自动循环操作时, 按此按钮刀架运动立即停止, 红色指示灯亮。要使机床继续工作, 须按“循环启动”按钮来消除“进给保持”。在“进给保持”状态, 可以对机床进行任何的手动操作。但 G32、G34、G 92 和 G96 螺纹切削时“进给保持”按钮无效。

(10) 冷却按钮 (COOLANT ON) ——冷却按钮按下时, 指示灯亮, 冷却液开; 再按之, 指示灯灭, 冷却液停。可在任何工作状态下随时控制冷却液的开停。

(11) 转塔转位 (CHANGE TOOL) ——在手动工作方式下, 可以换刀。

(12) 空运转按钮 (DRY RUN) ——此按钮有两个工作状态:

1) 当按一下此按钮时, 指示灯亮, 表示空运转功能有效, 此时, 运行程序中的全部 F 码无效, 机床的进给按“进给倍率”开关所选定进给量 (mm/min) 来执行。

2) 通常机床的进给是 mm/r (即 F 码), 置“空运转”后机床的进给变为 mm/min。再按一下此按钮, 指示灯灭, “空运转”功能取消。

要特别注意: “空运转”只能在不装工件的情况下快速检验运行程序, 不能用于实际的零件切削中。

(13) 机床锁住按钮 (MOTION INHIBIT) ——此按钮有两个工作状态:

1) 单按一下此按钮时, 指示灯亮, 表示“机床锁住”机能有效, 此时机床刀架不能移动。但其它的执行和显示都如常。

2) 再按此按钮, 本机能被取消。

(14) 单段运行按钮 (SINGLE BLOCK) ——此按钮有两个工作状态:

1) 当按一下此按钮, 指示灯亮, 表示“单段程序运行”机能有效。

2) 再按一下此按钮, 指示灯灭, 表示取消了“单段程序运行”机能。当“单段程序运行”有效时, 按一下“循环启动”按钮, 机床只执行一个程序段的指令。

(15) 程序跳段按钮 (BLOCK SKIP) ——此按钮有两个工作状态:

- 1) 当按一下此按钮, 指示灯亮, 表示“程序跳段按钮”机能有效。
- 2) 再按一下此按钮, 指示灯灭, 表示取消了“程序跳段按钮”机能。

在“程序跳段”机能有效时, 运行程序中带有“/”符的程序段不执行, 也不能进入缓冲寄存器, 程序执行转到跳过程序段的下一段, 即无“/”符的程序段。在“程序段跳段”机能无效时, “/”符也无效。因而, 程序中的程序段被依次执行。

(16) 选择停按钮 (OPTIONAL STOP) ——此按钮, 有两个工作状态:

- 1) 当按一下此按钮, 指示灯亮, 表示“选择停止”机能有效。
- 2) 再按一下此按钮, 指示灯灭, 表示“选择停止”机能取消。

当“选择停止”机能有效时, 程序中的 M01 指令有效, 当执行完含有 M01 的程序段后, 自动循环停止。要使机床继续按程序运行, 必须按“循环启动”按钮。当“选择停止”机能取消时, 程序中的 M01 指令不起作用。在自动运行中需要对工件的尺寸进行检验或是插入必要的手工操作时, 使用此按钮功能很方便。

(17) 点动按钮 (+X, -X, +Z, -Z) ——将“方式选择开关”(MODE) 选到“回零”(ZERORETURN) “点动”(JOG) 位置, 按点动按钮之一, 就可以实现刀架向某一正或负方向运动。

(18) 快移按钮 (RAPID) ——当此按钮与点动按钮同时被按下时, 刀架按 NC 参数设定的快移速度快速移动。

(19) 主轴正转按钮 (SPINDLE CW) ——按此按钮, 主轴顺时针旋转 (面对主轴端), 正转指示灯亮, 此按钮仅在手动状态 (包括点动, 手摇) 时起作用, 若主轴正在逆时针旋转, 则必须先按“主轴停止”(SPINDLE STOP) 按钮使主轴停止, 再按主轴正转按钮。主轴的转速有手动数据输入或程序中 S 码指令决定 (S 代码为主轴的转速代码)。

(20) 主轴反转按钮 (SPINDLE CCW) ——按此按钮, 主轴将逆时针旋转, 反转指示灯亮, 此按钮仅在手动状态 (包括点动、手摇) 时起作用, 若要主轴正转变反转, 则必须先按“主轴停”(SPINDLE STOP) 按钮使主轴停止。再按主轴反转按钮, 主轴的转速由手动数据输入或程序中的 S 码决定。

注意: ① 在手动状态启动主轴时必须先换挡, 用手动数据输入相应主轴转速的 S 指令。

② 液压卡盘必须处于卡紧位置, 才能启动主轴。

(21) 主轴停止按钮 (SPINDLE STOP) ——按下此按钮, 主轴立即停止转动, 此按钮在所有工作状态均起作用。当在自动工作状态时, 按此按钮主轴停止, 再重新启动主轴必须把状态开关选在手动位置, 按相应的正反转按钮。

(22) 程序保护开关 (PROGRAM PROTECT) ——是一钥匙开关, 用以防止破坏内存程序。

当在“1”(ON) 位置时, 内存程序将受到保护, 即不能进行程序编辑; “0”(OFF) 位置时, 内存程序不受到保护。

指示灯: 有些机床操作板设有“准备灯”“卡盘灯”“故障灯”。当机床处于正常工作时, “准备灯”亮; 当机床电气发生故障时, “故障灯”亮, “准备灯”灭, 同时荧光屏上显示故障内容, 排除故障后, 按 RESET 键后, “故障灯”灭, “准备灯”亮。

当卡盘松开时, “卡盘灯”亮, 反之灯灭。用于提醒操作者注意, 卡盘夹紧时, 即“卡盘灯”灭时, 主轴方可运转。

(23) 顶尖伸缩 ——按一下此按钮, 尾顶尖向前运动; 再按一下, 尾顶尖向后运动。

### 三、数控车床的操作步骤

工件的加工程序编制工作完成后, 就可以操作机床对工件进行加工。下面根据

SSCK20/500 数控车床的功能，介绍机床的各种操作。

### 1. 电源接通前后的检查。

电源接通前的检查。在机床主电源开关接通之前，操作者必须做好下面的检查工作：

- (1) 检查机床的防护门电箱门是否关闭。
- (2) 检查润滑装置上油标的液面位置。
- (3) 检查切削液的液面是否高于水泵吸入口。
- (4) 检查所选择的液压卡盘的夹持方向是否正确。卡盘正反卡开关设置在电箱内。
- (5) 检查是否遵守了《机床使用说明书》中规定的注意事项。

当以上各项均符合要求时，方可合上机床主电源开关，即刻机床工作灯亮，风扇启动，润滑泵、液压泵启动。

电源接通后的检查操作。

(1) 打开压缩空气开关和机床的主电源，压下 NC 装置电源启动键“ON”，在 CRT 显示器上应出现机床的初始位置坐标，确认 NOT READY 消失。

(2) 检查安装在机床上部的总压力表，若表头读数为“4MPa”，说明系统压力正常，可以进行下面的操作。

### 2. 回零操作

打开机床以后，首先要做回参考点操作。由于本机采用增量式位置检测器，故一旦机床断电后，其上的数控系统就失去了参考点坐标的记忆。当再次接通数控系统的电源后，操作者必须首先进行返回参考点的操作。另外，机床在操作过程中遇到急停或超程报警，等故障排除，恢复机床工作时，也必须进行返回机床参考点的操作。回参考点操作的步骤如下：

- (1) 将方式选择按钮选为回零方式；
- (2) 将快移倍率开关选为 25%或 50%或 100%；
- (3) 按下“+X”按钮，使滑板沿 X 轴正向移向参考点。在移动过程中，操作者应按住“+X”按钮，直到回零参考点指示灯亮，再松开按钮。在接近两轴参考点附近时，滑板会自动减速移动。
- (4) Z 轴回零操作同 X 轴。

### 3. 主轴的操作

主轴的操作主要包括主轴的启动与停止。

#### (1) 主轴的启动与停止

主轴的启动与停止是为调整刀具或试调机床，具体操作步骤如下：

- 1) 将“MODE”开关置于手动方式(MANU)中任意一个位置。
- 2) 用主轴功能按钮中的“FWD-RVS”开关确定主轴旋转方向：在“FWD”位置，主轴正转；开关指向“RVS”位置，主轴反转。
- 3) 旋转主轴“SPEED”至低转速区，防止主轴突然变速。
- 4) 按下“STRT”按钮，主轴旋转。在主轴转动过程中，可以通过“SPEED”旋转改变主轴的转速。主轴的实际转速显示在 CRT 显示器上。
- 5) 按下主轴 STOP 按钮，主轴停止转动。

#### (2) 主轴的点动

主轴点动的作用是使主轴转到便于卡爪装夹的位置或是检查工件的装夹情况。其操作方法是：

- 1) 将“MODE”开关置于自动方式(AUTO)的任意一个位置。
  - 2) 将主轴“FWD-RVS”开关指向所需的旋转方向。
  - 3) 压下“START”按钮，主轴转动。按钮抬起，主轴停止转动。
- ### 4. 刀架转位的操作

装卸刀具，测量切削刀具的位置以及对工件进行试切削时，都要靠手动操作实现刀架的转位。其操作步骤如下：

- (1) 首先将“MODE”开关置于“MANU”方式的任意一个位置。
- (2) 将“TOOL SELECTION”开关置于指定的刀具号位置。
- (3) 按下“INDEX”，则回转刀架上的刀盘顺时针转动到指定的刀位。

#### 5. 手摇轮进给操作

手动调整刀具时，要用手摇轮确定刀尖的正确位置，还可在试切削时，一面用手摇轮微调进给速度，一面检查切削情况，手摇轮的操作步骤如下：

(1) 将方式选择开关选为手摇轮方式的位置。可选择 3 个位置：将方式选择开关指向手摇轮 X1，手摇轮转 1 格滑板移动 0.001mm；指向 X10，手摇轮转 1 格滑板移动 0.01mm；指向 X100，手摇轮转 1 格滑板移动 0.1mm。

- (2) 将手摇轮左侧的 X、Y 轴选择开关扳向滑板要移动的坐标轴。
- (3) 转动手摇脉冲发生器，使刀架按指定的方向和速度移动。

#### 6. 手动尾座的操作

手动尾座的操作包括尾座体移动和尾座套筒的移动。

##### (1) 尾座体的移动

手动尾座体使其前进或后退，主要用于轴类零件加工时调整尾座的位置，或在加工短轴和盘类零件时将尾座退至某一合适的位置。其操作步骤如下：

- 1) 将“MODE”开关置于“MANU”方式中的任一位置。
- 2) 压下“TAIL STOCK INTERLOCK”按钮，松开尾座，其按钮上方指示灯亮。
- 3) 移动滑板带动尾座移动至预定位置。
- 4) 再次压下“TAIL STOCK INTERLOCK”按钮，尾座被锁紧，此时指示灯灭。

##### (2) 尾座套筒的移动

尾座套筒的伸出或退回用于加工轴类零件时顶尖顶紧或松开工件。操作方法如下：

- 1) 首先将“MODE”开关置于“MANU”方式中的任一位置。
- 2) 按下“QUILL”按钮，尾座套筒带着顶尖伸出，指示灯亮。
- 3) 再次按下“QUILL”按钮，尾座套筒带着顶尖退回，指示灯灭。

#### 7. 卡盘的夹紧与松开的操作

机床在手动操作或自动运转状态，卡盘的夹紧和松开是通过脚踏开关实现的，操作步骤如下：

- (1) 扳动电箱内卡盘正、反卡开关，选择卡盘正卡和反卡。
- (2) 若第一次踏下开关卡盘松开，则第二次踏下开关卡盘卡紧。

注意：在程序运行过程中禁止松开卡盘。

#### 8. 机床急停操作

机床无论是在手动还是自动状态下，遇有不正常情况，需要机床紧急停止时，可通过下面一种操作来实现。

##### (1) 按下紧急停止按钮

按下“EMERG STOP”按钮后，除润滑油泵外，机床的动作及各种功能均被立即停止。同时 CRT 屏幕上出现 CNC 数控未准备好 (NOT READY) 报警信号。待故障排除后，顺时针旋转按钮，被压下的按钮跳起，则急停状态解除。但此时要恢复机床的工作，必须进行返回机床参考点的操作。

##### (2) 按下复位键 (REET)

机床在自动运转过程中，按下此键则机床全部操作均停止，因此可以用此键完成急停

操作。

(3) 按下 NC 装置电源断开键

按下 NC 的“OFF”键，机床停止工作。

(4) 按下进给保持按钮 (FEED HOLD)

机床在自动运转状态下，按下“FEED HOLD”按钮，则滑板停止运动。但机床的其它功能仍有效。当需要恢复机床运转时，按下“CYCLE START”按钮，机床从当前位置开始继续执行下面的程序。

#### 四、程序的输入、检查与修改

##### 1. MDI (手动数据输入)

(1) 将方式选择按钮选为手动数据输入 (MDI) 方式；

(2) 按 (PRGRM) 键 (出现程序画面)；

(3) 画面左上角没有 MDI 标志时按 PAGE 键，直至出现 MDI 标志；

(4) 输入数据 (例：主轴正转 800r/min)；……依次键入 S800 (INPUT) M03 (INPUT)；在输入过程中有错时，可重新输入。按 RESET 键，之前的输入全部消失，从头开始输入；

(5) 按下循环启动按钮或 START 键，主轴开始回转；

(6) 要使主轴回转停止，输入 M05 (INPUT) 再按启动键或 START 键。

##### 2. 输入程序

将下列程序输入系统内存：

00001；

G50 X80. Z100；

G00 G97 S500 T0101 M03；

...

M30；

%

(1) 将方式选择按钮选为编辑 (EDIT)；

(2) 按 [PRGRM] 键 (出现 PROGRAM 画面)；

(3) 将程序保护开关置为无效 (OFF)；

(4) 在 NC 操作面板上依次输入下面内容：

00001 [EOB] G50 [INSRT] X80. [INSRT] Z100. [EOB] ...M30 [EOB]

……直至输入到上面程序结束。

(5) 将程序保护开关置为有效；

(6) 按 RESET 键 (光标返回程序的起始位置)。

注：ALARM P/S70 表示内存容量已满，请删除没有用的程序；

ALARM P/S73 表示当前的输入程序号内存中已存在，取消正输入的程序，或改变输入的程序编号。

##### 3. 寻找程序

当内存中有多个程序、现需要调用某个程序的操作如下：

(1) 将方式选择开关选为编辑 (EDIT)；

(2) 按 [PRGRM] 键 (出现 PROGRAM 画面)；

(3) 输入想调出的程序的程序名 (例：08888) 或按地址键；

(4) 按 [CURSOR] 键。

注：ALARM P/S71 表示找不到要寻找的程序号。



- 3) 置程序保护为[无效] (OFF);
- 4) RPV [DELET]键;
- 5) 置程序保护键回为[有效] (ON)。

注: 输入与 EOB 相当的字, 再按 [DELET] 时, 从光标的当前位置到输入的字之间的全部内容被删除。

#### (7) 插入字

例: G01 X12.247 Z15.39;

在上面语句中加入 F80, 改为下面形式:

G01 X12.247 Z15.39 F80;

- 1) 将光标移至要插入的前面字的位置 (Z15.39);
- 2) 键入要插入的字 (F80);
- 3) 置程序保护为[无效] (OFF);
- 4) 按 [INSRT], 出现 G01 X12.247 Z15.39 F80; 插入即告完成。
- 5) 置程序保护为[有效] (ON)。

注: EOB 也是一个字, 因此在插入一个程序段时, 请将光标移至上一个程序段的 EOB 位置。

#### (8) 删除程序

例: 删除 01122 号程序

- 1) 键入要删除的程序号 (例: 01122);
- 2) 按 [CURSOR] 键调出该程序, 确认这是不是要删除的程序;
- 3) 再输一遍要删除的程序号 (01122);
- 4) 置程序保护为[无效] (OFF);
- 5) 按 [DELET] 键, 被输入的程序号的即消失;
- 6) 置程序保护为 [有效] (ON)。

注: 只执行上面操作的③、④、⑤步骤来删去在 CRT 画面上没有调出来的程序也可以。输入没有登记的程序号时, 会出现 ALARM P/S71 报警号。

#### (9) 删除内存中的全部程序

- 1) 输入 0—9999;
- 2) 置程序保护为[无效] (OFF);
- 3) 按 [DELET] 键;
- 4) 置程序保护回为[有效] (ON)。

注: 执行此操作时, 内存中的所有程序都将被删除, 因此要特别注意。

#### (10) 显示程序内存使用量

- 1) 按命令符 [P];
  - 2) 按 [INPUT] 键;
- PROGRAM NO USED: 已输入的顺序个数 (子程序也是一个程序);
- FREE: 可以继续插入的程序个数;
- MEMORY AREA USED: 输入的程序所占内存容量 (用数字表示);
- FREE: 剩余内存容量 (用数字表示);
- 3) 按 [RESET] 键, 出现原来的程序画面。

### 5. 补偿（刀具的几何形状补偿和磨损补偿）

为保证加工精度，必须进行刀具补偿。每把刀具的补偿量需在执行或调试前输入，以便在程序的运行中自动补偿。

#### （1）刀具补偿值的输入

为编程和操作的方便，通常在 T 代码指令中取刀具编号和刀具补偿号相同。例如：T0101、T0404、T1010 等。

更换刀具时引起刀具位置变化，需要进行刀具的位置补偿。以下面的实例说明补偿值的输入过程。

如图 9-5 所示，更换刀具后，测得其位置尺寸变化为（双点划线所示为更换刀具位置）：  
X 向变化  $-0.1\text{mm}$ （直径变化为  $-0.2\text{mm}$ ） Z 向变化为  $+0.2\text{mm}$

对应补偿值为：

$X = +0.2\text{mm}$      $Z = -0.2\text{mm}$

设定该刀具号和补偿号均为 02，按下面的程序输入刀具补偿值：

- 1) 按下功能键“OFFSET”，CRT 屏幕上显示“OFFSET/WEAR”画面。
- 2) 将光标移到设定的补偿号为 02 的一行上，此时显示原刀补值，假定是 X1.324, Z0.613。
- 3) 方法一：按“U”键→键入“0.2”→按“INPUT”键；按“W”键→键入“0—2”→按“INPUT”键。此时显示新的刀补值，为 X1.524, Z0.413；
- 4) 方法二：键入：“X1.524”→按“INPUT”键；键入：“Z0.413”→按“INPUT”键。此时显示新的刀补值与方法一相同。

刀具补偿值输入到数控系统后，刀具的运动轨迹便会自动校正。如图 9-6 所示，双点划线为刀具补偿值为“0”的刀具轨迹，实线为刀具的补偿值  $X=+0.2\text{mm}$ 、 $Z=-0.2\text{mm}$  的刀具轨迹。

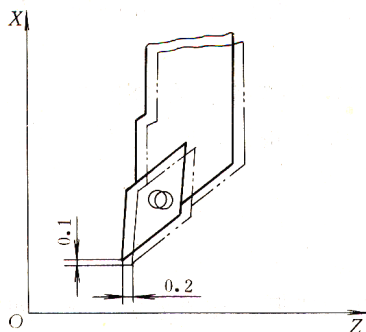


图 9-5 更换刀具引起的刀尖位置变化

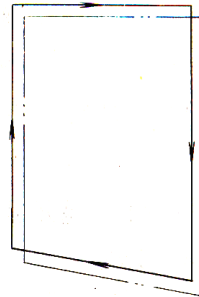


图 9-6 有刀补和无刀补刀尖运行轨迹

迹

#### （2）刀具补偿值的直接输入法

在实际编程时可以不使用 G50 指令设定工件坐标系，而将任一位置作为加工的起始点，当然该点的设置要保证刀具与卡盘或工件不发生干涉。用试切法确定每一把刀具起始点的坐标值并将此坐标值作为刀补值输入到相应的存储器内。其操作过程如下：

- 1) 手动返回机床参考点；
- 2) 任选一把加工中所使用的刀具；
- 3) 卡盘夹紧工件；
- 4) 按下“OFFSET”键，CRT 屏幕上显示“OFFSET/GEOMETRY”画面；
- 5) 将光标移动到该刀具补偿号的 Z 值处；
- 6) 以手摇轮方式移动滑板，轻轻车一刀工件端面，沿 X 向退刀，并停下主轴，按下“POSITION RECORD”按钮；

- 7) 测量工件端至工件原点的距离;
- 8) 按下“M”键和“Z”键,输入工件原点到工件端面的距离,按下“INPUT”键,如果端面需留有精加工余量,则该余量值加入刀补偿;
- 9) 将光标移到刀具补偿号的X值处;
- 10) 用手摇轮方式轻轻车一刀外圆,沿Z向退刀,主轴停转,按下“POSITION RECORD”按钮;
- 11) 测量切削后的工件直径;
- 12) 按下“M”键和“X”键,输入测量到的直径值,按下“INPUT”键;
- 13) 对其它刀具的刀补:返回第2步,重复执行以上的操作,直到所有的刀具的补偿值输入完毕。

例如:加工某工件需要若干把车刀,编程时不使用G50指令设定工件坐标系,采用以上方法输入每把刀具的刀补数据后,下面的程序能正确执行。

```

N100 G96 G40 S150 T0100 M03;      刀架转位换刀,不使用刀具补偿;
N110 G00 X100. Z0. T0101 N08;      快速接近工件,对1号刀具进行补偿;
N120 G01 X20. F0.3
.....
N240 G00 X200. Z150. T0100;        快速返回换刀点,并取消1号刀具的补偿;
N250 M01;
.....
N400 G97 S800 T0200 M03;          刀架转位换刀,不使用刀具补偿;
N410 G00 X0. Z3. T0200;           快速接近工件,对2号刀具进行补偿。

```

### (3) 刀具位置补偿值的修改

当使用带有刀具补偿值的车刀加工工件外径或端面时,如果测得加工后的工件尺寸比图样要求的尺寸大,说明刀具在加工过程中磨损了,这就需要修改存储在刀具补偿存储器里的该刀具补偿值,以便加工出合格的工件。

例如:加工图9-7中 $\phi 25\text{mm}$ 外圆,在加工过程中发现由于刀具磨损,使工件尺寸产生误差,测得工件直径 $\phi 25.1\text{mm}$ ,计算差值为 $(25.1-25.0)=0.1\text{mm}$ ,即切削出工件的实际尺寸比图样要求的尺寸大 $0.1\text{mm}$ ,因此需对原刀具补偿值进行修改,如X轴原刀具补偿值为 $0.2\text{mm}$ ,则 $(0.2-0.1)=0.1\text{mm}$ 为新的刀具补偿值。修改刀具补偿值的操作如下:

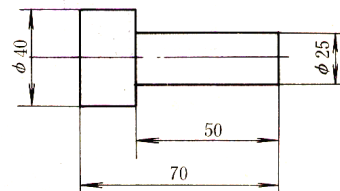


图 9-7 外圆车削

- 1) 按下“OFFSET”键,CRT 屏幕上显示“OFFSET/WEAR”画面;
  - 2) 将光标移到刀具的补偿号上;
  - 3) 键入 $X=0.1$ ;或键入 $U=-0.1$ ;
  - 4) 按下“INPUT”键,修改后的刀补值取代了原刀补值。
- ### 6. 检查程序

对于已输入到存储器中的程序必须进行检查,并对检查中发现的程序指令错误、坐标值错误、几何图形错误等进行修改,待加工程序检查完全正确后,才能进行空运行操作。程序检查的方法是对工件外形进行模拟加工。在模拟加工中,逐段地执行程序,以便进行程序加工精度的检查。其操作过程如下:

- 1) 首先进行手动返回机床参考点操作;
- 2) 夹紧工件以后,校验程序的方法;
- 3) 方式选择开关置为[自动](AUTO);

- 4) 机床操作面板置为[空运转]，单段运行置为[有效] (ON)；
- 5) 按[循环启动]键，输入被检查程序的程序号，CRT 显示存储器的程序；按程序顺序确认机床的运动，这时，可以用调整进给速度倍率旋钮的方式调节进给速度，当旋钮调节到 0% 时，进给停止。
- 6) 将光标移到程序号下面，按下“CYCLE START”启动按钮，机床开始自动运行，同时指示灯亮。CRT 屏幕上显示正在运行的程序。

## 五、数控车床的运转操作

### 1. 数控车床的运转

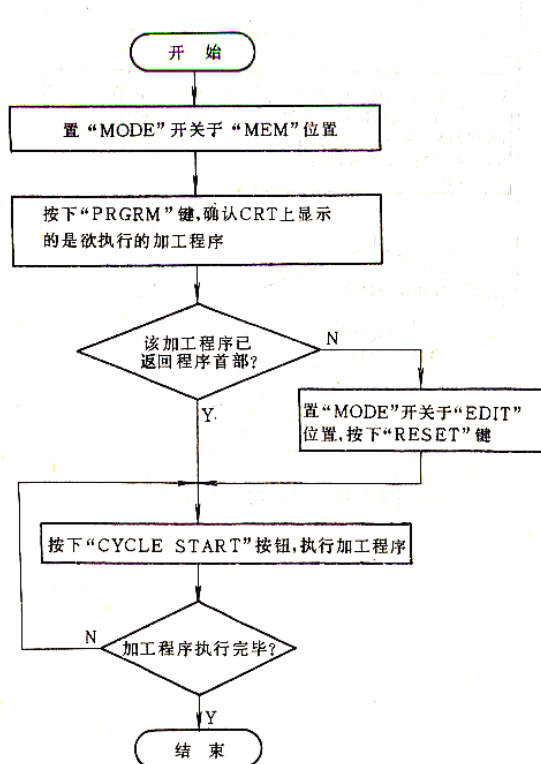
工件的加工程序输入到数控系统后，经检验无误，在刀具的位置补偿值和刀尖圆弧半径补偿值已输入的前提下，便可进行机床的实际切削。

#### (1) 机床的空运行

数控车床的空运行是指在不装工件的情况下，自动运行加工程序。在机床空运行之前，操作者必须完成下面的准备工作：

- 1) 各刀具装夹完毕；
- 2) 各刀具的补偿值已输入数控系统；
- 3) 将“FEEDRATE OVERRIDE”开关旋至适当位置，一般置于 100%；
- 4) 置“SINGLE BLOCK”开关→“ON”；
- 5) 置“OPTINAL TOP”开关→“ON”；
- 6) 置“MACHINE LOCK”开关→“ON”；
- 7) 置“DRY RUN”开关→“ON”；
- 8) 将尾座体退回原位，并使套筒退回；
- 9) 卡盘夹紧。

完成了上面的操作之后，便可执行加工程序，其操作过程如图 9-8 所示。



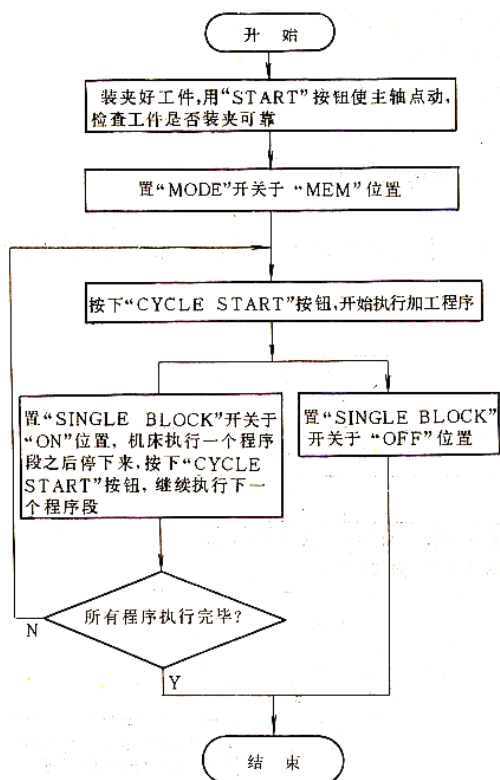


图 9-8 空运行流程图

图 9-9 实际切削流程图

## 2. 机床的实际切削

当机床的空运行完成, 且由加工程序控制的机床加工过程正确无误, 就可以进行机床的实际切削加工。其操作过程:

- (1) 刀具和工件装夹正确;
- (2) 各刀具的补偿值已输入数控系统;
- (3) 方式选择开关置为[自动] (AUTO);
- (4) 按[循环启动]键, 开始执行加工程序;
- (5) 程序执行完毕;
- (6) 加工结束。

其操作过程如图 9-9 所示。

经首件实际切削调试, 证明工件的加工程序正确, 且加工出了符合零件图样要求的工件, 便可连续执行程序进行工件的正式加工。

## 3. 数控机床的运转操作的注意事项

### (1) 数据车床避免碰撞的方法

数控车床的价格较高, 一旦发生碰撞, 经济损失严重。这就要求编程人员和机床操作者在工作中必须严谨、细致。下面是避免机床发生碰撞的几种方法。

#### 1) 避免程序中的坐标值超越卡爪尺寸

如图 9-10 所示, 设定工件的右端面中心为工件坐标系原点, 工件原点距卡爪端面的距离为 70mm。编程要注意到各程序段中 Z 方向负值的绝对值不得大于 70mm, 否则就会发生刀具与卡爪相碰的事故。例如: 加工程序中, 某一程序段的  $Z = -70.5\text{mm}$ , 则刀具与卡爪之间有 0.5mm 的干涉量, 势必导致碰撞。

#### 2) 当工件形状特殊时避免发生碰撞

如图 9-11 所示, 工件需要进行切槽加工, 工件原点在右端面, 换刀点为  $P_0$ 。当车槽加

工完成后，刀架需快速退回到换刀点，如果用 N200 G00 X80.0 Z50.0；程序段完成退刀，则刀尖轨迹为斜线（如图 a 所示），刀具在运动过程中要与工件的台阶台碰撞，工件和刀具都要损坏，严重的还要破坏机床的精度。

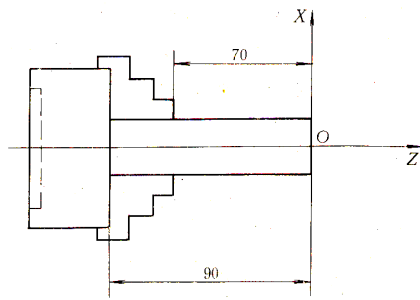


图 9-10 工件原点与卡爪端面尺寸

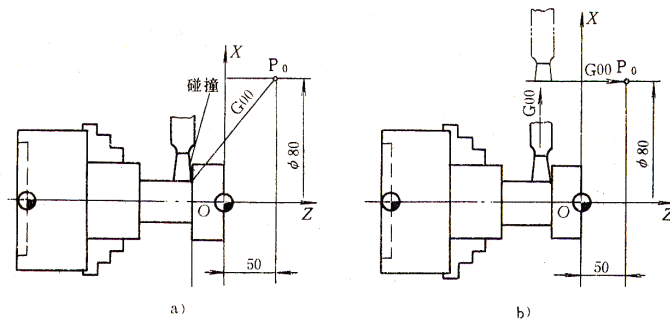


图 9-11 槽形工件产生碰撞

a) 产生碰撞 b) 避免碰撞的方法

正确的程序为

N200 G00 X80.0;

N210 Z50.0;

执行上面的程序退刀，刀具的运动轨迹如图 b 所示，避免了碰撞。

### 3) 防止程序中 G00 的负值引起的碰撞

当需要刀具快速移动接近工件时，要用 G00 指令快速定位。当机床执行该指令时，刀具将以较快的进给速度移向工件，如果编程时 Z 的负值计算有误，将导致刀具在快速移动中与工件碰撞，后果是极为严重的，因此，要求编程人员对 G00 的负值尺寸要反复核对，以控制车刀与工件或卡盘发生碰撞的可能性。

## 六、实训项目 13 Fanuc 系统数控车床的面板操作

### （一）实训的目的与要求

1. 了解数控车床的基本操作。
2. 学习数控系统的基本操作方法。

### （二）实训仪器与设备

配置 Fanuc 系统的数控车床一台。

### （三）相关知识概述

1. 数控车床的组成。
2. Fanuc 系统数控车床的操作。

（1）Fanuc 数控系统操作面板有以下 23 操作按钮：

（2）Fanuc 数控系统软件操作面板的界面由以下两部分键组成：

1) CRT 显示器。

2) MDI 键盘 ① 功能键 ② “RESET” 复位键 ③ 数据输入键 ④ 编辑键

⑤ 输入输出键 ⑥ 光标移动键 (CURSOR) ⑦ 翻页键 (PAGE) ⑧ “CAN” 删除键 ⑨ “EOB” 程序段结束键 ⑩ 软键：软键的功能不确定，其含义显示于当前 CRT 屏幕下方对应软键的位置，随功能键状态不同而具有若干个不同的子功能。

3. 数控机床的操作的 8 个步骤：

- （1）电源接通前后的检查。
- （2）回零操作
- （3）主轴的操作

- 1) 主轴的启动与停止
- 2) 主轴的点动
- (4) 刀架转位的操作
- (5) 手摇轮进给操作
- (6) 手动尾座的操作
- (7) 卡盘的夹紧与松开操作
- (8) 机床急停操作
4. 程序的输入、检查与修改 (MDI 手动数据输入等内容)
5. 坐标系的建立和操作 (见单元 7 实训项目)
  - (1) 机床坐标系
  - (2) 工件坐标系
6. 菜单命令

数控车床操作界面中最重要的是菜单命令。如图 9-12 所示。

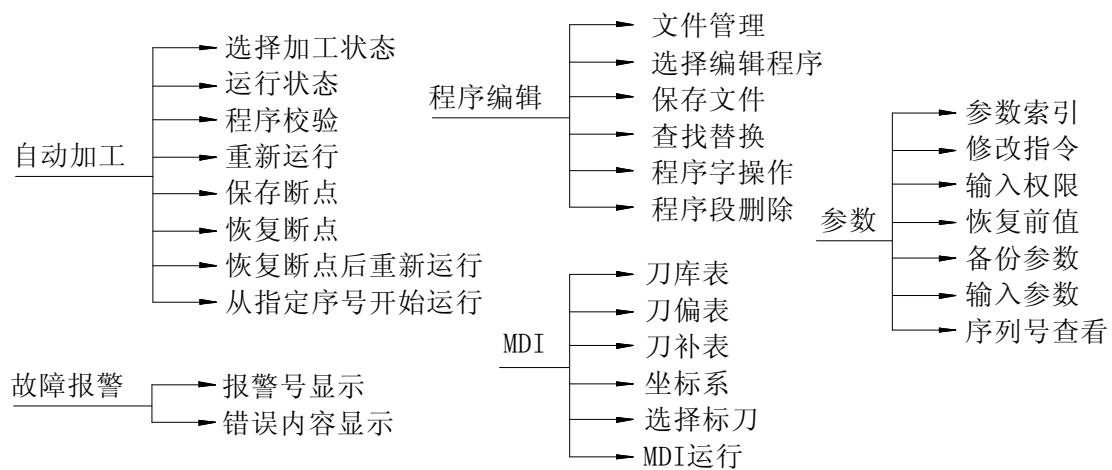


图9-12 数控系统软件功能菜单结构

#### (四) 实训内容

##### 1. 实训项目 13.1 数控车床操作系统的菜单结构与基本操作步骤的操作练习

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”、“点动”、“步进”、“单段自动”、“连续自动”的操作练习。

2. 实训项目 13.2 用 MDI 功能控制机床运行 (程序指令 G91 X56 Y-48 Z25)，观察程序轨迹与机床坐标的变化。

##### 3. 实训项目 13.3 程序的校验和程序的仿真加工练习

输入以下程序，进行程序的校验和程序的仿真加工。

```

O30;
N10 G50 X100.0 Z100.0;
N20 S630 M03 T11;
N30 G00 X52.0 Z0.0;
N40 G01 X0.0 F0.2;
N50 G00 Z1.0;
N60 X44.0;
  
```

```

N70 G01          Z-62.5;
N80          X50.0;
N90 G00          Z1.0;
N100         X40.5;
N110 G01         Z-60.0;
N120         X44.0;
N130 G00         Z1.0;
N140         X34.5;
N150 G01         Z-29.0;
N160         X40.5;
N170 G00         Z1.0;
N180         X28.5;
N190 G01         Z-14.0;
N200         X34.5;
N210 G00         Z1.0;
N220         X22.5;
N230 G01         Z-4.0;
N240         X28.5;
N250 G00         Z1.0;
N260         X16.5;
N270 G01         Z-2.0;
N280         X22.5;
N290 G00         Z0.25;
N300         X0.0;
N310 G03 X28.5 Z-14.0 R14.25;
N320 G01 X40.5 Z-44.0;
N330          W-15.0;
N340 G02 X50.0 W-4075 R4.75;
N350 G00         Z0.0;
N360         X0.0
N370 G03 X28.0 Z-14.0 R14.0;
N380 G01 X40.0 Z-44.0;
N390          W-15.0;
N400 G02 X50.0 W-5.0 R5.0;
N410 G00 X100.0 Z100.0          T10;
N420         M05;
N430         M30;

```

#### （五）实训报告

数控机床具有加工精度高、轨迹控制准确以及加工过程中能进行多轴联动等特点。数控车床是数控加工中最常用的数控机床。数控车床主要用于回转类零件的加工，在加工中能够完成圆柱体、圆锥体及零件表面母线为各种曲面的内形、外形的自动加工，也能完成螺纹的切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔等加工。

实训报告内容：

1. 数控车床由哪几部分组成？

2. 为什么本车床每次启动数控系统后都要先进行“回零”操作？
3. 写出“回零”操作的顺序步骤。
4. 写出“步进”的操作的步骤以及“步进”在数控加工中的作用？
5. 在执行程序段“G91 X56 Y-48 Z25 F108”的过程中，机床的进给速度是多少？
6. 绘制 030 程序的运行轨迹。

---

### 单元小结

在本单元内容中，数控车床的组成、结构和数控车床的技术参数、技术规格是基础；数控系统操作面板及其各个按钮的作用和操作是重点；数控车床操作界面中的菜单命令是难点。

FANUC 数控系统车床基本操作训练是本单元的重中之重。

通过本单元的学习和实训，要求掌握数控车床的组成、结构和数控车床的技术参数和 FANUC 数控系统的技术规格，了解、掌握和正确使用数控系统操作面板、数控车床操作面板及其各个按钮的操作使用；能够进行“手动”、“回零”、“点动”、“步进”、“单段自动”、“连续自动”的操作，以及进行简单程序的校验和简单程序的仿真加工练习。

掌握了本单元的内容后，才能对数控编程和数控加工奠定基础。

---