
项目一 安全操作规程与日常维护

一、实训目的及要求

1. 掌握安全文明生产和安全操作技术。
2. 掌握数控铣床、加工中心操作规程。
3. 掌握设备的日常维护保养。
4. 掌握数控系统的日常维护。

二、 实训内容

1. 文明生产和安全操作技术

1.1 文明生产

操作时应做到以下几点：

- (1) 严格遵守数控机床的安全操作规程，熟悉数控机床的操作顺序。
- (2) 保持数控机床周围的环境整洁。
- (3) 操作人员应穿戴好工作服、工作鞋，不得穿、戴有危险性的服饰品。

1.2 安全操作技术

(1) 机床启动前的注意事项：

1) 数控机床启动前，要熟悉数控机床的性能、结构、传动原理、操作顺序及紧急停车方法。

2) 在机床停机时进行刀具调整，确认刀具在换刀过程中不要和其他部位发生碰撞。

3) 确认工件的夹具是否有足够的强度。

4) 程序调整好后，要再次检查，确认无误后，方可开始加工。

(2) 机床运转中的注意事项：

-
- 1) 机床启动后，在机床自动连续运转前，必须监视其运转状态。
 - 2) 确认冷却液输出通畅，流量充足。
 - 3) 机床运转时，应关闭防护罩，不得调整刀具和测量工件尺寸，手不得靠近旋转的刀具和工件。

- 4) 停机时除去工件或刀具上的切屑。

(4) 加工完毕时的注意事项：

- 1) 清扫机床。
- 2) 防锈油润滑机床。
- 3) 关闭系统，关闭电源。

2. 数控铣床、加工中心操作规程

为了正确合理的使用数控铣床、加工中心，保证机床正常运转，必须制定比较完整的数控铣床、加工中心操作规程，通常应当做到：

2.1 各坐标轴手动回零(机床参考点)，若某轴在回零前已在零位，必须先将该轴移动离零点有效距离后，再进行手动回零点。

2.2 在进行零件加工时，工作台上不能有工具或任何异物。

2.3 程序输入后，应认真核对，保证无误，其中包括对代码、指令、地址、数值、正负号、小数点及语法的查对。

2.4 正确测量和计算工件坐标系，并对所得结果进行验证和验算。

2.5 将工件坐标系输入到偏置页面，并对坐标、坐标值、正负号、小数点进行认真核对。

2.6 未装工件以前，空运行一次程序，看程序能否顺利执行，刀具长度选取和夹具安装是否合理，有无超程现象。

2.7 刀具补偿值(刀长，半径)输入偏置页面后，要对刀补号、补偿值、正负号、小数点

进行认真核对。

2.8 装夹工件，注意虎钳是否妨碍刀具运动，检查零件毛坯和尺寸超常现象。

2.9 检查每把刀柄在主轴孔中是否都能拉紧。

2.10 单段试切时，快速倍率开关必须打到最低挡。

2.11 在程序运行中，要重点观察数控系统上的几种显示：**a)**坐标显示，可了解目前刀具运动点在机床坐标及工件坐标系中的位置。了解程序段落的位移量，还剩余多少位移量等；**b)**工作寄存器和缓冲寄存器显示，可看出正在执行程序段各状态指令和下一个程序段的内容，**c)**主程序和子程序，可了解正在执行程序段的具体内容。

2.12 试切进刀时，在刀具运行至工件表面 30~50mm 处，必须在进给保持下，验证 Z 轴剩余坐标值和 X、Y 轴坐标值与图样是否一致。

2.13 程序修改后，对修改部分一定要仔细计算和认真核对。

2.14 手摇进给和手动连续进给操作时，必须检查各种开关所选择的位置是否正确，弄清正负方向，认准按键，然后再进行操作。

2.15 清扫机床。

2.16 将各坐标轴停在中间位置。

3. 设备日常维护保养

3.1 维护保养的有关知识

(1) 维护保养的意义 数控机床使用寿命的长短和故障的高低，不仅取决于机床的精度和性能，很大程度上也取决于它的正确使用和维护。正确的使用能防止设备非正常磨损，避免突发故障，精心的维护可使设备保持良好的技术状态，延缓劣化进程，及时发现和消除隐患于未然，从而保障安全运行，保证企业的经济效益，实现企业的经营目标。因此，机床的正确使用与精心维护是贯彻设备管理以防为主的重要环节。

(2) 维护保养必备的基本知识 数控机床具有机、电、液集于一体，技术密集和知识密集的特点。因此，数控机床的维护人员不仅要有机械加工工艺及液压、气动方面的知识，也要具备电子计算机、自动控制、驱动及测量技术等知识，这样才能全面了解、掌握数控机床以及做好机床的维护保养工作。维护人员在维修前应详细阅读数控机床有关说明书，对数控机床有一个详细的了解，包括机床结构特点、数控的工作原理及框图，以及它们的电缆连接。

3.2 设备的日常维护

对数控机床进行日常维护、保养的目的是延长元器件的使用寿命：延长机械部件的变换周期，防止发生意外的恶性事故，使机床始终保持良好的状态，并保持长时间的稳定工作。不同型号的数控机床的日常保养内容和要求不完全一样，机床说明书中已有明确的规定，但总的来说主要包括以下几个方面：

(1) 保持良好的润滑状态、定期检查、清洗自动润滑系统。

(2) 经常清扫卫生。如果机床周围环境太脏、粉尘太多，均可以影响机床的正常运行，所以必须定期进行卫生清扫。

项目二 数控机床的基本操作

一、 实训目的及要求

1. 熟悉数控机床的操作面板及应用。
2. 熟悉机床的各功能按键的作用。
3. 掌握数控机床的基本操作及步骤。

二、 实训内容

1. 操作面板

1.1 数控系统操作面板

FANUC 0i-MB 数控系统操作面板如图 2.1 所示，它由 CRT 显示器和 MDI 键盘两部分组成。现对各按键的功能进行简单说明。



图 2.1

- **RESET**（复位键）：按下这个键可以使 CNC 复位或者取消报警等。

-
- **HELP**（帮助键）：当对 **MDI** 操作不明白时，按下这个键可以获得帮助。
 - 软键：根据不同的画面，软键有不同的功能。软键的功能显示在屏幕的下面。
 - **N、9**（地址和数字键）：按下这些键可以输入字母，数字或其他字符。
 - **SHIFT**（切换键）：在该键盘上有些键具有两个功能。此键可以进行两个功能之间的转换。
 - **INPUT**（输入键）：当按下一个字母或数字进入缓冲区时，这时按下该键可将缓冲区的数据拷贝到偏置寄存器中，这个键和软键中的输入键（**INPUT**）是等效的。
 - **CAN**（取消键）：按下这个键删除最后一个进入缓冲区的字符或符号。
 - **ALTER、INSERT、DELETE**（程序编辑键）：功能分别是替换、插入、删除。
 - **← ↑ → ↓**（光标移动键）：这四个键控制光标在显示屏幕上的上下左右移动。
 - **PAGE ↑、PAGE ↓**（翻页键）：这两个键分别用于将显示屏幕的页面上下翻页。
 - **POS**(坐标键)：坐标系显示，连续按这个键可以进行相对坐标值、绝对坐标值、机械坐标值、综合坐标值的转换。
 - **PROG**(程序键)：用于显示程序内容屏幕，程序目录屏幕。
 - **OFFET SETTING**(位置偏移键)：主要用于进行刀具或坐标偏置设置。
 - **SYSTEM**(系统键)：显示系统屏幕，可进行系统参数设置。
 - **MESSAGE**(信息键)：用来显示警告信息屏幕，可进行警告信息的查阅。
 - **GRAPH**(功能键)：用来可显示图形显示屏幕，可以进行程序的静态和动态模拟，检查和跟踪程序的运行状况。
 - **CUSTOM**(功能键)：该功能键用来显示用户宏屏幕。如果带有 **PC** 功能的 **CNC** 系统，这个键相当于个人计算机上的“**Ctrl**”键。

1.2 机床操作面板

机床控制面板如图 2.2 所示，对各开关、按钮的功能和操作进行简单说明。

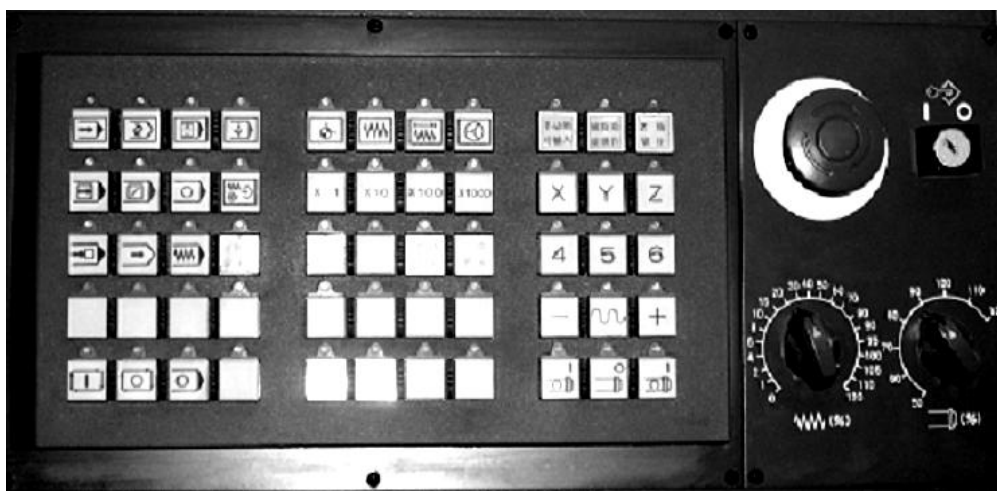


图 2.2

(1) “急停”按钮：在出现撞车或重大事故时，应及时按下此按钮。

(2) “模式选择”开关：共有下面 8 种模式。

- 自动运行模式：在此状态下，可进行零件的自动加工。
- 编辑模式：即在此状态下，可进行程序的编制并输入程序。
- **MDI** 模式：即在此状态下，可进行手工输入数据方式，并可进行小段程序的运行，CRT 上显示“**MDI**”字样。
- **DNC** 模式：即在此状态下，可进行自动编程输入用于数据传输，并进行自动加工。
- 回零模式：即在此状态下，可进行机床返回参考点操作。
- **JOG** 模式：即在此状态下，可进行手动连续移动运行。
- 增量模式：即在此状态下，可进行增量移动，即每次移动量分别为 0.001mm、0.01mm、0.1mm、1mm。
- 手轮模式：即在此状态下，可进行手轮移动坐标轴，对各轴控制每格的移动量分别为 0.001mm、0.01mm、0.1mm。

(3) “方式选择”按钮

- 手动绝对输入：当选择此按钮时，手动移动的坐标不加入到原有的坐标值中，一般不应选择此功能。

- 辅助功能锁住：按此按钮，**M**、**S**、**T**和**B** 代码不能输出，并不能执行。

- **Z**轴 闭锁：按此按钮，则指示灯点亮，此时机床的**Z**坐标轴进入锁住状态，不能运动，再按一次，则指示灯熄灭，该坐标轴被重新释放，可以移动。

- 单段执行：选择此按键，每按下一次启动键程序执行一段。

- 选跳程序段：选择此按键，在自动运行时，跳过程序中选择跳过的程序段。

- **M01**选择程序停止：在自动运行时，遇到程序中的**M01**时，则停止进给运动，即程序暂停。

- 手轮示教方式：可记忆刀具所在的坐标位置，进行程序编辑。

- 增量移动倍率。

- **X**，**Y**，**Z**轴选择。

- “进给保持”按钮：用此按钮来中止程序的执行，若要继续执行该程序，则将“进给保持”灯熄灭，再按一次“循环启动”按钮，程序又接着往下执行。

- 空运行：快速运行程序。

- 程序试运行：锁住机床进行程序演示运行。

- 手轮控制：手动控制各坐标轴移动。

- 主冷却液电机：按下此按钮时，冷却泵被启动，按钮内的指示灯点亮，

- 次冷却液电机。

- 手动润滑。

- 限位解除：当坐标轴移动过程中超出了机床行程时，系统会自锁，只有按下该按钮后，让系统复位后，使超程的坐标轴向反方向运行，再按“复位”键则系统重新可以运行。

- “排屑控制”按钮：按下此按钮时，机床将自动把盛屑盘中的铁屑排除，再按一次时则停止排屑。

- 手动进给方向及加速进给。

(4) 进给控制：利用旋钮来控制进给速度。

(5) 转速控制：利用旋钮来控制主轴的旋转速度。

(6) 数据保护：当插入钥匙后，可以将此开关扳到“无效”位置，此时，可以做修改参数、编辑程序的操作；而将此开关扳到“有效”位置时，则无法进行，此时数据被保护起来了，才可以把钥匙拔掉。

(7) “循环启动”按钮：按下此按键程序开始运行加工。

(8) 电子手轮操作：在“手轮模式”下，摘下手摇轮，将轴选择开关扳至 **x, y**，之中所需的一个，再将另一选择开关扳至“X1, X10, X100”中所需的一挡，摇动手摇轮，相应的轴即开始运动。

(9) 指示灯说明：“机床准备好”指示灯亮表示机床已经处于正常的工作状态，在机床启动完成后该指示灯亮；“回参考点”指示灯亮则表示 **x, y, z** 轴回参考点工作已经完成。

(10) 机床上方警示灯：当黄色指示灯亮时，表示机床处于正常状态，但没有起动运行；当绿色灯闪亮时，表示机床正处于某种状态运行；而当红色警示灯亮时，表示该机床处于某种故障，须排除故障后才能再运行。

(11) “主轴松开”按钮：在“**JOG**”模式下，用手抓住出柄，按下主轴箱上的此按钮，则主轴上的刀具被松开后可以取下，在重新装上新刀具时只要再按一下该按钮，刀具又被重新锁紧。

1.3 基本操作

铣床的开机、关机及检查，铣床的手动操作，系统程序的编辑，刀具参数的设定与修改等操作部分的介绍。

(1) 显示和设定工件原点偏移值

显示每一个工件坐标系的工件原点偏移值和外部工件原点偏移值，工件原点偏移值和外部工件原点偏移值可以在如图 2.3 所示屏幕上设定，**FANUC 0i-MB** 系统有 **G54-G59**，**G54.1P1-P48**，共有 54 个工件原点偏移值设置地址。

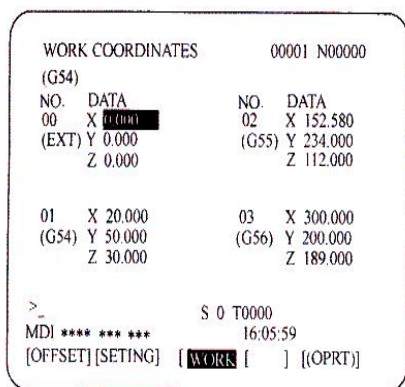


图 2.3 工件原点偏移值屏幕

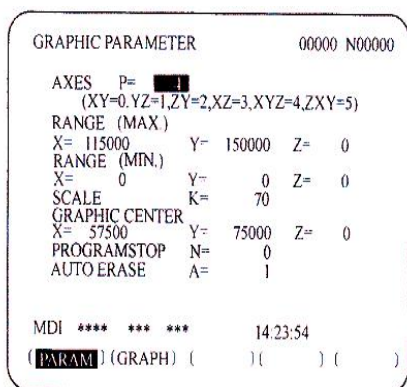


图 2.4 图形参数显示屏幕

步骤

① 按“偏置量”键(OFFSET SETTING): 再按屏幕下的软键“**WORK**”, 显示如图 2.4 所示的工件坐标系设定屏幕:

② 显示工件原点偏移值的屏幕包括两页或者更多的页，可以通过“光标移动”键或“翻页”键，将光标移到想要改变的工件原点偏移值上：

③ 使“数据保护”选择于“无效”位置，使得数据可以写入；

④ 通过数字键输入数值，然后按“输入”键，输入的数据就被指定为工件原点偏移值。

重复上述步骤，改变其他的偏移值；

⑤ 打开“数据保护”选择于“有效”位置，禁止写入数据。

(1) 图形功能

在屏幕上可以画出编程的刀具轨迹,通过观察屏幕上的轨迹,可以检查加工过程和程序的正确性。显示的图形可以放大或缩小,画图之前,必须设定图形参数。

步骤

①按“图形显示”键，图形参数屏幕如图 2.5 显示；

②移动光标到欲设定的参数处；输入新的数据，按“输入”键；

③重复上述步骤，直到所有的参数被设定；

④按屏幕下的软键“**GRAPH**”，依次按下素材、EXCE、操作、成品或动画，则动态模拟就会显示。如图 2.5 所示的屏幕上。

(3) 自动运行

选择一个加工工件的程序，通常一个程序用于一种工件，如果存储器中有几个程序，则可以通过程序号选择要用的程序。



图 2.5 图形显示屏幕

步 骤

① 选择编辑程序模式；

② 按“程序”键后出现程序窗口，输入要执行的程序号，再按光标向下键或检索软键调出所需要的程序；

③ 转换到自动运行模式；

④ 按“循环启动”按钮就会开始自动运行。按“进给保持”或“暂停”键，自动运行暂停或者停止。在程序中指定程序停止或者中止命令，自动运行自动停止。

2. 电源的接通与断开

2.1 电源的接通

(1) 在机床电源的接通之前，检查电源的柜内空气开关是否全部接通，将电源柜门关好后，方能打开机床主电源开关；

(2) 在操作面板上按“ON”按钮，接通数控系统的电源；

(3) 旋开急停旋钮；

(4) 当 CRT 屏幕上显示 X、Y、Z 的坐标位置时，按下复位键，即可开始工作。

2.2 电源的断开

(1) 机床自动运行结束以后，即所有运动部件停止运动；

(2) 按下急停旋钮；

(3) 按操作面板上的“OFF”按钮，断开数控系统的电源；

(4) 最后切断电源柜上的机床电源开关。

3. 工作方式选择

通过选择旋转开关或按键，可使机床处于某种工作状态，例如编辑、MDI、手轮、单步手动等工作状态。在操作机床时必须选择与之对应的工作方式，否则机床不能工作。

4. 机床的手动操作

4.1 手动返回机床参考点

返回参考点的操作步骤如下：

(1) 选择返回参考点(回零)方式；

(2) 用坐标轴选择开关选择所需移动的坐标轴；

(3) 用快速倍率开关设定返回参考点进给速度；

(4) 当坐标位置远离参考点位置时，按下坐标轴，正向运动按钮后放开，坐标运动自动保持到返回参考点，直到参考点指示灯亮时才停止。

在参考点附近有一个参考点减速开关，当运动部件压下减速开关时会自动减速移动。在上面的操作中，如果误操作，按下了坐标轴负向运动按钮，则坐标轴向负方向运动约 80mm 以外再停止，此时应该按正向运动按钮，方能使坐标轴返回机床参考点。

在进行手动返回参考点操作时，操作者要注意观察对应坐标轴的参考点指示灯；当手动返回参考点时，指示灯亮，当机床电源刚刚接通时，坐标位置恰好在参考点位置，但是指示灯并不亮，这时需按前面讲过的操作方法，手动返回机床参考点；当参考点指示灯亮时，如果坐标移动离开了参考点或按下复位按钮(RESET)，则指示灯灭。

4.2 手动连续进给及快速移动

用手动操作方式使 **X、Y、Z** 任一坐标轴连续进给或快速移动，操作步骤如下：

(1) 选择手动连续进给方式；

(2) 用坐标轴选择开关选择准备操作的坐标轴(**X、Y、Z** 三个坐标轴之一)；

(3) 根据坐标轴运动的方向，按下正方向或负方向按钮，运动部件便在相应的坐标方向上连续运动，当按钮放开时，坐标轴运动停止。

(4) 快速移动一般视为手动连续进给的一种，当一块按下方向按钮和加速按钮时，各坐标便可实现快速移动。

4.3 手摇轮进给

转动手摇轮，可以使 **X、Y、Z** 任一坐标轴运动，操作时可按下述步骤进行：

(1) 选择手轮方式；

(2) 选择进给单位：0.001mm、0.01mm、0.1mm 可选取其中一档；

(2) 用轴选择开关选择所需的坐标轴；

(4) 转动手摇轮，顺时针转为坐标轴正向，逆时针转为坐标轴负向。

4.4 增量进给

增量进给也叫单步进给，每按一次正向或负向按钮时，相应的坐标轴沿正方向或负方向移动一步。操作步骤如下：

(1) 选择单步进给方式(**STEP**)；

(2) 选择增量进给的移动量：0.001mm、0.01mm、0.1mm、1 mm。

(3) 按正向或负向按钮，每按一次坐标在相应的方向上按照所选定的移动量移动一步。

5. 自动运行的操作

机床的自动运行也称为机床的自动循环，也即是存储器程序的运行。自动运行前必须使各坐标轴返回参考点。

5.1 存储器内程序自动运行的启动

(1) 选择选编辑方式；

(2) 按程序键(**PROG**)；

(3) 按地址键 **O** 和准备运行的程序号数字；

(4) 按 **CURSOR ↓** 键，选定要运行的程序

(5) 选择选自动运行模式；

(6) 按下循环启动按钮(**CYCLE START**)，则自动运行开始，按钮上方的循环启动绿灯亮。

6. MDI 工作方式的操作

在 **MDI** 工作方式下，可以用键盘输入一个程序段，并运行这个程序段即又称为半自动运行。

操作步骤如下：

- (1) 选择 **MDI** 方式；
- (2) 按 **COMND** 键；
- (3) 键入程序段，每输入一个字必须按一次 **INPUT** 键；
- (3) 一个程序段输入完毕，按 **START** 键或按循环启动键，该段程序即被执行。

在键入字时或按 **INPUT** 键前发现错误，可按 **CAN** 键清除输入值，然后重新输入。

在键入字后或按 **INPUT** 键前后发现错误，可按 **DELETE** 键删除错误值或用一个新值按下 **ALTER** 键来取代错误值。

7. 机床的急停

机床在手动或自动运行中，一旦发现异常情况，必须立即停止机床的运动。使用急停或 **FEED HOLD** 按钮中的任意一个，均可使机床停止。如果机床在运行时按下急停按钮，排除故障后要恢复机床的工作，必须进行手动返回机床参考点的操作，如果在刀库转动中按了急停按钮，也必须进行手动返回刀库参考点的操作，如果在换刀动作中按了急停按钮，则必须用 **MDI** 工作方式把换刀机构调整好。如果机床在运行时按下 **FEED HOLD** 按钮后，机床处于保持状态。待急停解除之后，按下复位键，无需进行返回参考点的操作，按下循环启动按钮，即恢复运行状态。

项目三 数控机床加工零件前的准备工作

一、 实训目的及要求

- 1、掌握刀具的预调方法。
- 2、掌握工件的找正和安装方法。
- 3、掌握工件坐标的建立方法。

二、 实训内容

1. 刀具的预调

在切削加工之前，把刀具预先在机床外面校对好，使之装在机床上就可以使用，这一过程叫刀具的预调。

2. 工件的找正安装

2.1 安装与找正

加工工件时，必须保证被加工表面相对于其他表面的位置要求。因此，在加工之前必须将工件安放在机床夹具或工作台的合适位置，使工件在机床或夹具上具有正确位置称为定位。为了保证工件在切削过程中不改变正确位置，必须将其固定。将工件按已确定的正确位置固定的过程称为夹紧，定位和夹紧合称为安装。定位和夹紧是两个不同的概念，通常分开进行。但也有例外，例如用三爪卡盘和锥度心轴安装工件。

根据六点定位原理，为了保证零件的几何形状和相互位置正确，工件在空间有了确定位置之后，还必须使工件相对机床和刀具有一个正确的位置，因此必须找正。

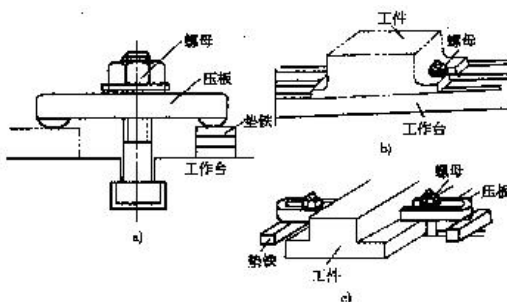


图 3.3 矩形工件安装在工作台上

2.2 在机床上安装工件的基本方式

在机床上安装工件一般有以下四种基本方式：

(1) 直接在工作台上找正安装 在单件或少量生产中，以及在不便使用夹具夹持的情况下，常采用这种方法，如图 3.3 所示，操作方法如下：

1) 将工件轻轻夹持在机床的工作台上。

2) 以工件上某个表面作为找正的基准面，移动工作台，用百分表等工具找正，以确定工件在机床上的正确位置，找正再夹紧工件。

(2) 用机用平口虎钳找正安装 在单件或小批生产中，适用于装夹尺寸不大的工件。操作方法如下：

1) 找正固定钳口位置 虎钳的固定钳是工件装夹时的定位支撑面。在立式机床上加工零件时，要求固定钳口平面不但要垂直于工作台台面，而且必须和水平坐标轴相平行。对于长的工件，钳口应与进给方向平行，对于短的工件，则最好与进给方向垂直，以便由刚性较好的固定钳口来承受水平切削分力。

固定钳口位置可用百分表来找正，如图 3.4 所示。

先将表座固定在机床主轴或床身上，并使百分表测头和钳口平面相接触，然后利用横向(或纵向)工作台的移动及升降工作台的上下运动，找出钳口平面在水平和垂直两个方向的误

差。水平方向的误差可用转动钳身的方法来纠正，而垂直方向的误差，可以松开钳口铁的紧固螺钉，在钳口铁内侧垫上适当厚度的铜片来纠正。

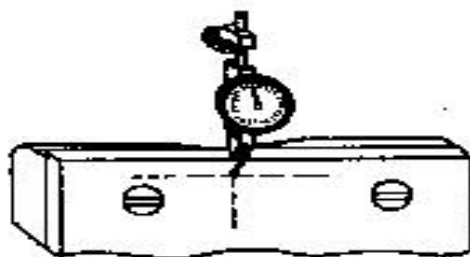


图 3.4 百分表找正

2) 工件安装

① 选择合适的垫铁以保证加工平面略高于钳口，图 3.4 用百分表校正固定钳口位置。

② 将工件放在钳口内的垫铁上，并使侧基准面紧靠固定钳口。

③ 转动虎钳口柄，加预紧力。若与活动钳口相接触的一面(工件)不平整，可在活动钳口与工件之间放一铜片。

④ 用锤子轻轻敲击工件，以手不能轻易推动垫铁为宜。

⑤ 转动手柄，紧固工件，以防松动而影响加工精度或损坏设备及伤人。

(3) 用专用夹具找正安装工件 在大批量生产中，为了提高生产效率，常常针对某一具体工件的加工，设计专用夹具。专用夹具除手动的外，还有气压、液压、气液压、电动、电磁等传动的。使用这类夹具安装工件，定位方便、准确，夹紧迅速、可靠。操作方法如下：

1) 找正夹具的位置 夹具体上一般有一个基准面，用来作为夹具的制造和夹具安装的基准。找正时可先将百分表固定在机床主轴或床身上，并将表的测头和基准面接触，然后移动工作台，调整夹具位置使夹具基准面与工作台移动方向平行。

2) 工件安装 清洁工件定位面及夹具定位元件，将工件放在定位元件上并紧贴定位元件，最后夹紧工件。

3. 工件坐标的建立

3.1 数控机床的坐标系统

在数控机床上加工零件时，刀具与工件的相对运动必须在确定的坐标系中才能按程序进行加工。在数控铣床、加工中心 **CRT** 坐标系页面上一般可显示相对坐标系、剩余坐标系、绝对坐标系(也就是工件坐标系)、机床坐标系。

机床通常在坐标系的负向区域工作，机床坐标系一般不作为编程使用，而常用它来确定工件坐标系，即用于作为建立工件坐标系的参考点。

编程时，一般是选择工件或夹具上某一点作为程序的原点，这一点就是编程零点，也称“程序原点”。以编程零点为原点且平行于机床各移动坐标轴 **X**、**Y**、**Z** 建立一个新的坐标系，就叫工件坐标系。

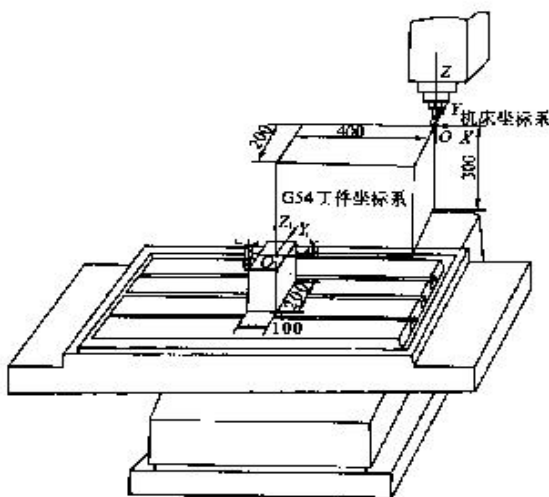


图 3.5 坐标系

3.2 对刀点

对刀点就是加工零件时，刀具相对于工件运动的起点。因为程序是从这一点开始执行的，所以对刀点也叫做程序起点或起刀点。工件坐标系、机床坐标系二者的关系如图 3.5 所示。

选择对刀点的原则是：

- (1) 应便于数学处理和简化程序编制；
- (2) 在机床上容易找正；
- (3) 加工过程中便于检查；
- (4) 引起的加工误差要小。

对刀点既可以设在被加工零件上，又可以设在夹具上，但必须与零件的定位基准有一定的坐标尺寸联系，这样才能确定机床坐标系与工件坐标系的相互关系。为了提高零件的加工精度，对刀点应尽量选择在设计基准或工艺基准上。如以孔定位的零件，就可选择定位孔的中心作为对刀点。

3.3 工件坐标系的测量

零件夹具找正装夹后，必须正确测出工件坐标系的坐标值。测定工件坐标系的坐标值，就是测定工件的编程零点(即工件坐标系的原点)在机床坐标系中的坐标值。

(1) 直接测量

1) X、Y 坐标值的测量

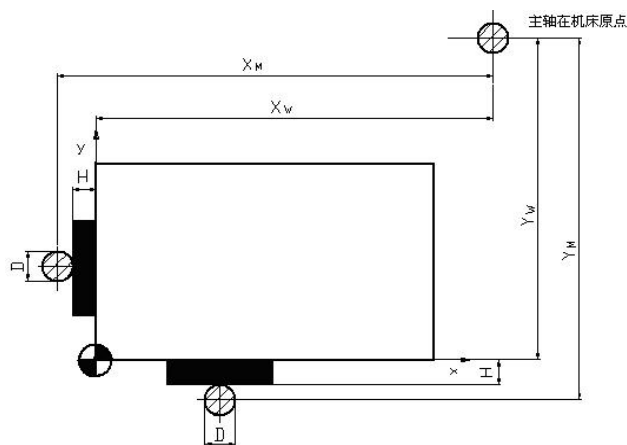


图 3.6 工件坐标系的测量

图 3.6 坐标系 **X**、**Y** 值的测量过程之一。拉表找正夹具后，在主轴中置一标准检验心轴，使机床 **X** 轴、**Y** 轴回零，然后分别移动 **X** 轴、**Y** 轴，使夹具定位面与心轴接近，再用块规准确测出心轴与定位支撑面之间的距离 **H**。

则工件坐标系原点坐标为：

$$X_w = - | X_M - H - D/2 |$$

$$Y_w = - | Y_M - H - D/2 |$$

式中 **H** 一块规尺寸；

D 心轴直径；

X_M 工作台 **X** 向移动距离；

Y_M 工作台 **Y** 向移动距离；

X_w、**Y_w** 工件坐标系在机床坐标系中的坐标值。

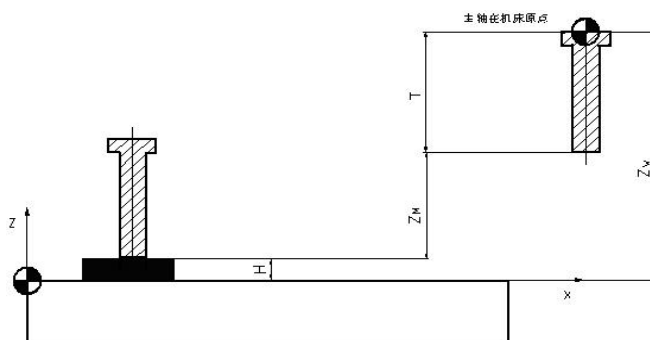


图 3.7 工件坐标系的测量

2) **Z** 坐标值测量

测量方法与 **X**、**Y** 坐标测量相同，如图 3.7 所示工件坐标系原点坐标为：

$$Z_w = - | Z_M + T + H |$$

式中 **H** 一块规尺寸；

T 心轴长度。

Z_M —主轴 Z 向移动距离;

Z_w —工件坐标系在机床坐标系中的坐标值。

3.4 工件坐标系的建立

工件坐标系在工件上的位置,实际上在对工件图样进行数学处理时就已经规定好了。但工件坐标系在机床上的位置是随着工件的装夹位置不同而变化。当工件装夹到工作台上某位置时,工件坐标系也就确定了。如图 3.8 所示工件坐标系可以建立在(1)位置上,也可以建立在(2)位置上。

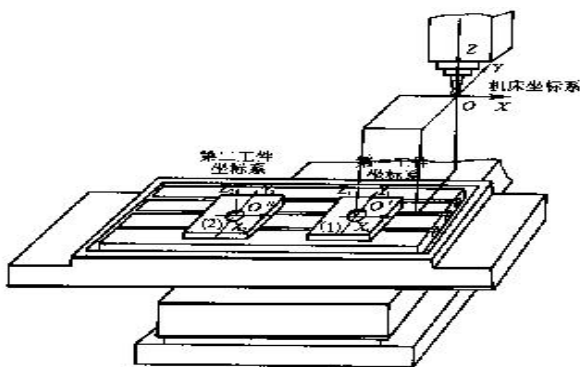


图 3.8 工件坐标系的建立

工件坐标系设定有两种方法:

(1) 使用 G92 建立工件坐标系

如图 3.5 所示假设的机床原点位置,用 G92 建立工件坐标系的指令为:

N1 G92 X400.0 Y200.0 Z300.0; (建立工件坐标系)

N2 G00 G90 X - 50.0 Y - 100.0; (快速移到建立工件坐标系位置)

N3 Z0; (下刀)

(2) 用 G54—G59 设定工件坐标系

如图 3.5 所示假设的机床原点位置。这种设定与 G92 不同, G92 是在程序中设定工件坐

标相对于机床坐标系的偏置值，G54—G59 是通过偏置画面由参数设定工件坐标系偏置值。

使用 G54 设定的程序为：

O 0000

N1 G54 G90（建立工件坐标系）

N2 G00 Z100.0；（沿 Z 轴运行刀具）

N3 X-50.0 Y-100.0 ；（确定下刀点）

.

WORK COORD INATES		O0001 N00000	
(G54)			
NO.	DATA	NO.	DATA
00	X 0.000	02	X 0.000
(EXT)	Y 0.000	(G55)	Y 0.000
	Z 0.000		Z 0.000
01	X - 400.000	03	X 0.000
(G54)	Y - 200.000	(G56)	Y 0.000
	Z - 300.000		Z 0.000
S 0 T0000			
12: 00: 00			
[OFFSET] [SETING] [WORK] [] [<OPRT>]			

图 3.9 工件位置画面

但在执行此程序前要用偏置画面建立 **G54** 工件坐标系。以 **FANUC 0i-MB** 系统的数控铣床为例，具体操作步骤如下：

- 1) 按两次 **OFFSET** 键，使屏幕显示出工件偏置画面。
- 2) 把光标移动到 **01** 处；
- 3) 按地址 **X**、数字 - 400.0 、**INPUT** 键；按地址 **Y**、数字 - 200.0、**INPUT** 键，按地址 **Z**、数字 - 300.0、**INPUT** 键，这时 **G54** 工件坐标系设定完成，屏幕上画面将变成图 3.9 所示。

同样 **G55—G59** 对应 02~06 五个坐标系，偏置值可用同样方法设定。

项目四 平面铣削

实训目的

1. 掌握切削用量的应用。
2. 掌握工件及刀具的装夹方法。
3. 了解平面铣削工艺。

实训内容

已知：毛坯 $100 \times 100 \times 30$ mm，材料 45#钢（四周已精加工）。

要求加工为 $100 \times 100 \times 28$ mm ± 0.1 。试进行工艺分析及零件的加工方法。

一、机床及工具准备

选取 FANUC0i-MB 系统数控铣床、平口虎钳宽 120 mm、等高垫块、面铣刀、百分表、角尺、深度尺、游标卡尺、锉刀。

二、工艺分析

已知该零件四周已加工，在此只需加工上表面和底面，并保证 28 mm ± 0.1 尺寸。选用直径为 100 的面铣刀进行铣削。

选用平口虎钳装夹，底面和钳口里面为定位面。装夹时，使工件侧面与虎钳的固定钳口面贴紧，使工件底面与支撑的等高垫块紧密结合。

三、夹具及工件安装

(1)先将平口虎钳用 T 型螺栓紧固于工作台上，同时松开刻度转盘上的紧固螺母，以方便调整。

(2)将百分表固定在机床主轴上，然后使用手轮移动工作台和主轴，使表的接触头靠上平口虎钳的固定钳口面。

(3)沿 X 轴方向往返移动，调整固定钳口面的平行度，使百分表的表针跳动范围在允许

的误差范围内。

(4)当 X 轴方向平行度调整好以后，将开刻度转盘上的紧固螺母上紧。

(5)最后使表的接触头靠上平口，左右移动工作台，观察虎钳底面平行度，一般不需要调整。

(6)将工件安装在虎钳上，使工件高出钳口面尽量少一些，但必须保证满足工件的加工要求。一般取工件的（1/3）毫米左右。

(7)主要以底面和固定钳口面为定位面，这样就可以即方便又准确的装夹工件

四、刀具及切削参数

2.2 确定切削用量

序号	刀具类型 及规格	加工内容	转速 r/min	进给量 mm/min	吃刀深度 mm
1	Φ 100 mm面铣刀	粗加工上表面	400~450	150~200	0.5~0.8
2	Φ 100 mm面铣刀	精加工上表面	600~700	80~100	0.2~0.5
3	Φ 100 mm面铣刀	粗加工底面	400~450	150~200	0.5~0.8
4	Φ 100 mm面铣刀	精加工底面	600~700	80~100	0.2~0.5

切削用量计算

已知：直径Φ100，齿数 6，每齿吃刀量 $f_z=0.08 \text{ mm/r}$ ， $f=6 \times 0.1=0.48 \text{ mm/r}$

切削速度 $V=130 \text{ m/min}$

主轴转速 $n = 1000V / \pi D$

$$= 1000 \times 130 / 3.14 \times 100$$

$$= 414 \text{ r / min}$$

进给量 $F = fS$

$$=0.48 \times 414$$

$$=199 \text{ mm/min}$$

五、试切加工

1. 工件准确定位夹紧，刀具装好夹紧。
2. 在手动连续方式装刀。
3. MDI 方式启动主轴（400r/min）。
4. 利用手轮进行试切对刀，沿 X 方向退刀。
5. 将相对坐标 Z 值清零，Z 向下刀 0.5~0.8 mm。
6. 手动铣削，控制进给量。
7. 铣完上表面后，反面装夹铣削底面。

注意事项

1. 工件、刀具要夹紧。
2. Z 向下刀时，要注意观察刀具与工件的位置关系和坐标值。
3. 注意切削用量，加工时将防护门关闭。
4. 在铣削出现问题应及时请教老师。

项目五 外轮廓加工

一、 实训目的及要求

1. 掌握工件的装夹与定位方法。
2. 掌握轮廓加工的工艺安排。
3. 掌握加工时的进、退刀点及外轮廓切入方法。
4. 掌握切削参数的选择及刀具的合理应用。
5. 掌握程序的编制技巧、检验程序并进行试切削加工。

二、 实训内容

铣削如图 5.1 所示零件外轮廓

（注：工件毛坯尺寸：100×100×30mm；材料：45#钢已退火）

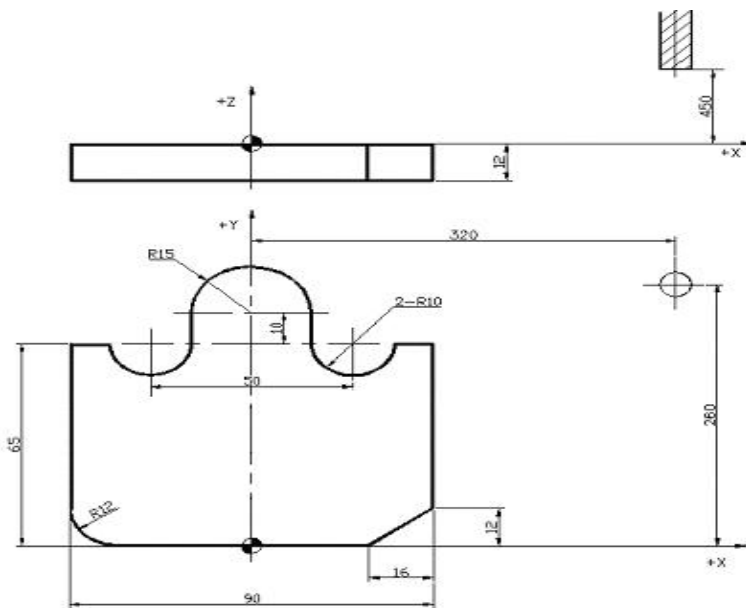


图 5.1

1. 工艺分析

从图 5.1 中可以看出：工件的加工轮廓由圆弧及直线构成，构成工件轮廓的各几何元素条件充分，易于数学处理；尺寸基准较统一，易于数控加工和编程。

1.1 确定工序及工步

由于零件形状尺寸和位置尺寸均为未标注公差尺寸，表面粗糙度也没具体要求，故加工顺序可作如下安排：

- (1) 划线；
- (2) 粗铣外轮廓，单边留 0.5~2mm 精加工余量；
- (3) 精铣外轮廓。

1.2 确定安装定位方案

这里主要讨论精加工安装定位方案。选择底面和工件一侧面为主定位面，工件采用虎钳装夹固定。首先用螺母和 T 形螺栓将虎钳固定于工作台上，然后把百分表固定在主轴上，用百分表找正虎钳位置并夹紧。安装工件时先找正工件互相垂直的两边为基准，使百分表的测头触到工件侧面，移动测头找正工件的基准面与工作台相互垂直或平行。最后将工件夹紧。这时利用主轴上的检验心轴来找正工件坐标系的原点，通过计算得出工件原点在机床坐标系中的坐标值。用这个数值可确定工件坐标系在机床上的位置。

1.3 确定所需工艺装备

粗、精铣外轮廓工序均可选用在 **FANUC 0i—MB** 数控铣床上进行加工。铣刀半径 R_o 应小于零件周轮廓的最小曲率半径及 R_{min} ，一般取 $R_o = (0.8—0.9)R_{min}$ ，这里选 $\Phi 18\text{mm}$ 立铣刀（硬质合金刀具）。量具可选用 0~150mm 游标卡尺，0~50mm 深度尺。

1.4 确定工艺参数

工艺参数即切削用量，包括切削深度(或宽度)、主轴转速、进给速度等。各种加工的切削用量都应编入程序单内。切削用量的具体数值应根据说明书、工艺手册并结合实践经验确

定。

(1) 切削深度 主要根据机床、夹具、工件和刀具的刚性决定。在允许的条件下，最好一次切净余量，以提高加工效率。这里粗加工分层铣削，精加工为保证精度应一次切净余量。

(2) 主轴转速 n ($r / \min$) 根据允许的切削速度 V ($m / \min$) 选取转速

$$n = 1000V / \pi D$$

式中 D 为刀具的直径 (mm)， V 由刀具耐用度决定。据工厂经验，由于受机床和刀具的限制，切削速度 V 常选为 $40 \sim 80 m / \min$ ，这里取 $V = 45 m / \min$ ，

$$\text{则主轴转速: } n = 1000 \times 45 / \pi \times 18 = 796 r / \min$$

这里取 $n = 800 r / \min$

(3) 进给量 ($mm / \min$) 通常是根据零件的加工精度和表面粗糙度要求，以及刀具和工件材料进行选择。当加工精度要求高时，进给量应选小一些，常在 $60 \sim 80 mm / \min$ 内选取。这里取 $70 mm / \min$ 。

2. 程序编制

2.1 编程零点的选择

编程零点的选择原则是：

- (1) 应使编程零点与工件的尺寸基准重合；
- (2) 应使编制数控程序时的运算最为简单，避免出现尺寸链计算误差；
- (3) 引起的加工误差最小；
- (4) 编程零点应选在容易找正，加工过程中便于测量的位置。

编程零点可以设定在加工零件上，也可以设定在夹具基准面上，还可以设定在机床加工范围的某一点上。为了提高零件的加工精度，编程零点应尽量设定在零件的设计基准或工艺基准上。

2.2 确定走刀路线

这里只作外轮廓加工，且工件厚度不大，故一次走刀即可完成零件加工。

2.3 程序编制

加工程序如下： 刀具补偿值：(H01、D01)

O 0001

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94; (恢复有效指令状态)

N20 G00 G43 Z100 H01 ; (提刀到安全位置，补偿刀具长度)

N30 X65 Y75 M03 S800; (确定下刀点)

N40 Z5 M08; (快速接近工件上表面,冷却液打开)

N50 G01 Z-12 F30; (Z 向进给下刀)

N60 G41 X45 D01 F40; (补偿刀具半径)

N70 Y12; (沿轮廓引线切入)

N80 X29 Y0;

N90 G01 X-33;

N100 G02 X-45 Y12 R12;

N110 G01 Y65;

N120 X-35;

N130 G03 X-15 R10;

N140 G01 Y75;

N150 G02 X15 R15;

N160 G01 Y65;

N170 G03 X35 R10;

N180 G01 X65;

N190 G40 Y75; (取消刀具半径补偿)

N200 G00 Z50; (快速提刀)

N210 M05 M09; (主轴停止, 关闭冷却液)

N220 G91 G28 Z0; (经当前点返回零点)

N230 M30; (程序结束)

注: 此程序只使用于精加工。

3. 程序校验

在填写程序单时往往会有错漏, 输入程序时也不能保证完全正确, 所以未经校验的程序, 通常不能直接加工零件。

3.1 程序单的校验

程序单的校验方法和步骤如下:

(1) 检查功能指令代码是否错漏 可以先检查辅助功能指令代码(**M** 代码), 因为 **M** 代码在程序中用得最少, 很快就能检查完。然后再检查准备功能指令代码(**G** 代码), 对照绘制的编程草图或零件图, 沿走刀路线检查 **G01**、**G02**、**G03** 插补指令是否用错或遗漏, 平面选择 **G17**、**G18**、**G19** 对不对, 刀具半径补偿指令 **G40**、**G41**、**G42** 使用是否正确, 刀具长度补偿 **G49**、**G43**、**G44** 的正确使用, **G90**、**G91** 混用时程序是否协调, **G15**、**G16**、**G80**、**G68**、**G69** 等常用模态指令选择是否正确。

(2) 检查刀具代码 检查刀具代码是否填写正确或有遗漏。防止加工时刀具半径补偿值有差错。

(3) 验算数据是否正确, 填写是否有误 对照编程草图或零件图, 检查每个节点的数据、符号、程序单上填写的数据有无差错(特别是防止正负号填反, 多零或少零)。对于用相对增

量方式编写的程序单，因为每一个坐标运动的正方向位移量应等于反方向位移量，刀具由对刀点开始运动，加工后又回到对刀点，其走刀路线是一封闭回路。因此，可以用坐标运动位移量的代数和是否为零来校验程序数据的正确性。

3.2 控制介质的校验

程序单检查无误后就可制作控制带，但在加工前也必须对控制带进行校验。常用方法如下：

(1) 人工检查法 对照手编程序单进行目视检查，或由一人读程序单，另一人看手编程序单，检查是否有差错，人工检查方法一般都很费时费力，对磁带、软盘的控制介质更是无能为力。

(2) 图形模拟显示 现代 **CNC** 机床大都采用 **CRT** 作为显示屏幕。它不仅能显示字符还能显示图像模拟走刀路线，检测程序的正确性。运行程序时必须锁住机床，防止产生碰撞。但屏幕绘图只能大致看出程序的正确性，而对程序中存在的微小性错误却无法反映出来。

(3) 在数控机床上画轨迹检查 对于平面零件，可用此法，在画线时既要画出不带刀补的(工件正式的轮廓)，也要划出带刀补的。这是为了查错方便，也是为了检查刀补指令是否有误。由于该方法比较直观、全面，使用比较广泛。

4. 试切削加工

当对刀工作完成后，便可对工件进行试切削。首先锁住机床空运行程序，检查程序的正确性；然后单段运行程序，逐段仔细观察。程序运行中重点观察数控系统的几个显示画面：

主程序和子程序显示——了解正在执行程序的内容；

工作寄存器显示——了解正在执行程序段内的各状态和指令；

缓冲寄存器显示——了解下一个程序段将要执行的各状态和指令；

坐标位置显示——了解下一个程序段的运动量和坐标位置是否符合要求。

首件试切结束后，应对试切件进行全面检测。合格以后，才能转入正式切削加工。必要时，应调整机床或工具以及修改加工程序，然后再次试切削，直到试切件合格。

项目六 型腔加工

一、 实训目的及要求

1. 掌握工件的装夹与定位方法。
2. 掌握型腔加工的工艺方法。
3. 掌握加工时的进、退刀点及切入方法。
4. 掌握切削参数的选择及刀具的合理应用。
5. 掌握程序的编制技巧、检验程序并进行试切削加工。

二、 实训内容

铣削如图 6.1 所示零件（45#钢）型腔(成品件 $80 \times 80 \times 10\text{mm}$)

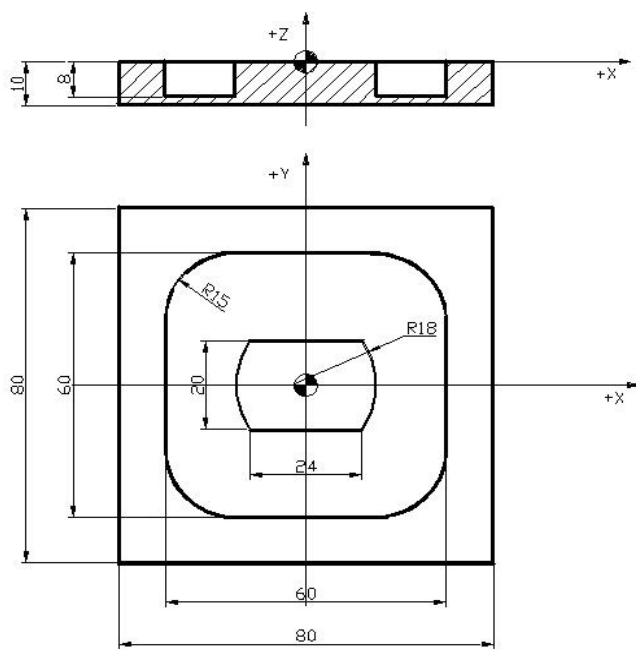


图 6.1

1. 工艺分析

从图 6.1 中可以看出：该工件的加工轮廓由圆弧及直线构成，构成工件轮廓的各几何元素条件充分，易于数学处理；尺寸基准较统一，易于数控加工和编程。

1.1 确定工序及工步

由于零件形状尺寸和位置尺寸均为未标注公差尺寸，表面粗糙度要求也不高，故加工顺序可作如下安排：

- (1) 划线；
- (2) 粗铣内轮廓，单边留 0.5~1mm 精加工余量；
- (4) 精铣内轮廓。

1.2 确定安装定位方案

这里主要讨论精加工安装定位方案。选择底面和工件侧面为主定位面，顶面和另一侧面为夹紧平面。工件用直压板、螺母、垫圈和 T 形螺栓夹紧。安装时先找正工件互相垂直的两边，然后把百分表找正工件的位置，最后将工件夹紧。利用主轴心轴来确定工件坐标系的中心，求得工件坐标原点在机械坐标系中的坐标值。用这个数值可确定工件坐标系在机床上的位置。

1.3 确定所需工艺装备

粗、铣内轮廓等工序均在 FANUC 0i—MB 数控铣床上进行加工。内轮廓铣削应选用键槽铣刀，刀具半径 R_o 应小于零件周轮廓的最小曲率半径及 R_{min} ，一般取 $R_o = (0.8 - 0.9)R_{min}$ ，这里选 $\varnothing 12\text{mm}$ 键槽铣刀。量具可选用 0~150mm 游标卡尺、0~50mm 深度尺。

1.4 确定工艺参数

工艺参数即切削用量，包括切削深度(或宽度)、主轴转速、进给速度等。各种加工的切削用量都应编入程序单内。切削用量的具体数值应根据说明书、工艺手册并结合实践经验确定。

(1) 切削深度 主要根据机床、夹具、工件和刀具的刚性决定。在允许的条件下，最好一次切净余量，以提高加工效率。这里粗精加工都选择一次性切净余量。

(2) 主轴转速 $n(r/min)$ 根据允许的切削速度 $V(m/min)$

选取转速 $= 1000V / \pi D$

式中 D 为刀具的直径(mm)， V 由刀具耐用度决定。据工厂经验，由于受机床和刀具的限制，切削速度 V 常选为 $30 \sim 60 m/min$ ，这里取 $V = 32 m/min$ 。

则主轴转速： $n = 1000 \times 32 / \pi \times 12 = 849 r/min$

这里取 $n = 850 r/min$ 。

(3) 进给量 (mm/min) 通常是根据零件的加工精度和表面粗糙度要求，以及刀具和工件材料进行选择。当加工精度要求高时，进给量应选小一些，常在 $40 \sim 70 mm/min$ 内选取。这里取 $60 mm/min$ 。

2. 程序编制

2.1 编程零点的选择

编程零点的选择原则是：

- (1) 应使编程零点与工件的尺寸基准重合，尽量保证基准统一的原则；
- (2) 应使编制数控程序时的运算最为简单，避免出现尺寸链计算误差；
- (3) 选定引起的加工误差最小的途径；
- (4) 编程零点应选在容易找正，加工过程中便于测量的位置。

2.2 确定走刀路线

这里只作外轮廓加工，且工件厚度不大，故一次走刀即可完成零件加工。

2.3 程序编制

加工程序如下： 补偿值：(H01、D01)

O 0001

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94; (恢复有效指令状态)

N20 G00 G43Z100 H01; (提刀到安全位置, 补偿刀具长度)

N30 X0 Y-20 M03 S850; (确定下刀点)

N40 Z5 M08; (快速接近工件上表面, 打开冷却液)

N50 G01 Z-8 F25; (Z 向进给下刀)

N60 G41 X-10 D01 F60; (刀具半径补偿)

N70 G03 X0 Y-30 R10; (圆弧切入轮廓)

N80 G01 X15;

N90 G03 X30 Y-15 R15;

N100 G01 Y15;

N110 G03 X15 Y30 R15;

N120 G01 X -15;

N130 G03 X-30 Y15 R15;

N140 G01 Y-15;

N150 G03 X15 Y-30 R15;

N160 G01 X0;

N170 G03 X10 Y-20 R10;

N180 G01 G40 X0; (取消刀具半径补偿)

N190 G41 X10 D01; (重新建立刀补)

N200 G03 X0 Y-10 R10; (圆弧切入轮廓)

N210 G01 X-24;

N220 G02 Y10 R18;

N230 G01 X12;

N240 G02 Y-10 R18;

N250 G01 X0;

N260 G03 X-10 Y-20 R10;

N270 G01 G40 X0; (取消刀具半径补偿)

N280 G00 Z50; (提刀)

N290 M05 M09; (主轴停止关闭冷却液)

N300 G91 G28 Z0; (经当前点返回零点)

N310 M30; (程序结束)

注：此程序只使用于精加工。

3. 程序校验

填写程序单和输入程序后，必须对程序的内容进行检查、校验，具体方法可参考课题四“程序校验”部分。

4. 试切削加工

当对刀工作完成后，便可对工件进行试切削加工，具体步骤可参考课题四“试切削加工”部分。

项目七 孔系加工

一、 实训目的及要求

- 1、掌握工件装夹及孔系的加工方法。
- 2、掌握钻孔时，转速以及进给速度的选择。
- 3、掌握程序的编制技巧，检验程序并进行试加工。

二、 实训内容

如图 7.1 所示孔类零件（45#钢）加工（成品件 $80 \times 60 \times 25\text{mm}$ ）

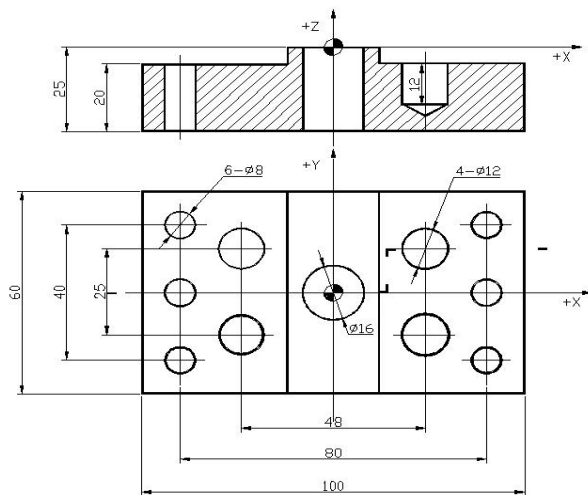


图 7.1

1. 工艺分析

该零件孔由通孔、盲孔组成，且有 $\varnothing 8$ 、 $\varnothing 12$ 、 $\varnothing 16$ 三种直径尺寸，各个表面已加工。

1.1 确定工序及工步

按照先小孔后大孔的加工原则，工艺路线可作如下安排：

- (1) 钻各个孔的中心孔（基准孔位置）

(2) 钻 6— $\varnothing 8$ 通孔;

(3) 钻 4— $\varnothing 12$ 盲孔;

(4) 钻 $\varnothing 16$ 通孔;

1.2 确定安装定位方案

选择底面和两侧面为定位平面,其中底面为主定位面。夹具定位元件可采用支撑块和短圆柱销,用压板、螺母、螺栓、垫圈元件进行工件夹紧。如果不用夹具进行安装定位,也可以用百分表找正工件两侧面来进行安装定位。

1.3 确定所需工艺装备

可选用 FANUC 0i—MB 数控铣床进行孔系加工;刀具方面选用 $\varnothing 5$ 的中心钻、 $\varnothing 8$ 、 $\varnothing 12$ 、 $\varnothing 16$ 高速钢麻花钻;量具可选用 0~125mm 游标卡、0~50mm 尺深度尺。

1.4 确定工艺参数

(1) 钻各个孔的中心孔

可查询参数表格

主轴转速取 $n=950\text{r} / \text{min}$

进给速度取 $F=30(\text{mm} / \text{min})$

(2) 钻 $\varnothing 8$ 孔

主轴转速 $n=1000V / \pi D$

这里取主轴转速取 $n=500\text{r} / \text{min}$

每转进给量取 $S=0.1\text{mm} / \text{r}$, 则

进给速度 $F=S \cdot n$

$$=0.1 \times 500$$

$$=50(\text{mm} / \text{min})$$

(3) 钻 $\varnothing 12$ 孔

由于 $\varnothing 12$ 与 $\varnothing 8$ 处于同一尺寸范围,故主轴转速和进给量均可与钻 $\varnothing 8$ 孔相同,也可参考加工手册选择参数。

(4) 钻 $\varnothing 16$ 孔

对于 $\varnothing 16$ 的孔来说,其孔的尺寸有所增大,故主轴转速和进给量的选择可参考手册或依照钻 $\varnothing 8$ 孔的计算方法,选择合理的参数。

2. 数学处理

在孔系加工中,为了简化程序,一般采用固定循环指令。各孔间的位置尺寸如图 6.1 所示。这时的数学处理主要是按固定循环指令格式的要求,确定孔位坐标、快进尺寸和攻进尺寸等值。固定循环中的开始平面为 $Z=10$, R 点平面定为零件孔口表面+ Z 方向 3mm 处。

3. 程序编制

编程零点在工件对称中心如图 6.1 所示,具体位置可通过工件坐标系的测量来确定。加工程序如下:

```
O 0001 (钻中心孔)

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94;

N20 G00 G49 Z100 H01 ;

N30 Z10 M03 S950;

N40 G81 G98 X0 Y0 Z-5 R3 F30;

N50 G81 G98 X-24 Y12.5 Z-10 R-2 F30;

N60 Y-12.5;

N70 X-40 Y-20;

N80 Y0;
```

N90 Y20;

N100 X24 Y12.5;

N110 Y-12.5;

N120 X40 Y-20;

N130 Y0;

N140 Y20;

N150 G80 G00 Z100;

N160 M05 ;

N170 M30;

O 0002 (钻尺寸孔Ø8)

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94;

N20 G00 G49 Z100 H02 ;

N30 Z10 M03 S500;

N40 M08;

N50 G83 G98 X-40 Y20 Z-30 Q4 R-2 F50;

N60 Y0;

N70 Y-20;

N80 X40;

N90 Y0;

N100 Y20;

N110 G80 G00 100;

N120 M05 M09;

N130 M30;

O 0003 (钻尺寸孔Ø12)

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94;

N20 G00 G49 Z100 H03 ;

N30 Z10 M03 S500;

N40 M08;

N50 G83 G98 X-24 Y12.5 Z-15.46 Q4 R-2 F50;

N60 Y-12.5;

N70 X24;

N80 Y12.5;

N90 G80 G00 Z100;

N100 M05 M09;

N110 M30;

O 0004 (钻尺寸孔Ø16)

N10 G54 G49 G69 G17 G40 G80 G90 G21 G94;

N20 G00 G49 Z100 H04 ;

N30 Z10 M03 S450;

N40 M08;

N50 G83 G98 X0 Y0 Z-30 Q4 R3 F40;

N60 G80 G00 Z200;

N70 M05 M09;

N80 G91 G28 Z0;

N90 M30;

4. 程序校验

填写程序单和输入程序后，必须对程序的内容进行检查、校验，具体方法可参考课题四“程序校验”部分。

5. 试运行加工

当对刀工作完成后，便可对工件进行试加工，先可钻浅一点，确定孔的深度与工件坐标走的数值相同后，可进行以下操作。具体步骤可参考课题四“试切削加工”部分。

项目八 综合件加工

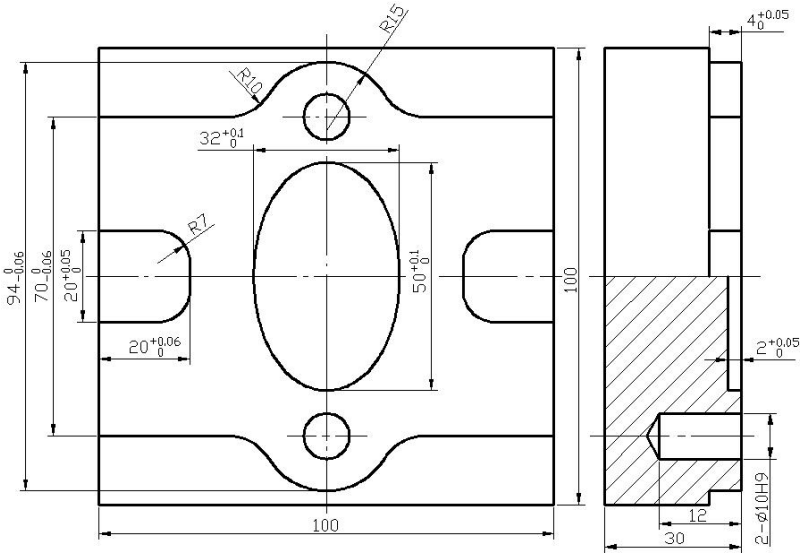
实训目的

- 1. 了解综合件铣削工艺知识。
- 2. 掌握基本变量程序的编制。
- 3. 能够保证正确的尺寸要求。

实训内容

试在数控铣床上完成如下图所示工件的编程与加工(已知材料为 A3 钢,毛坯尺寸为 100×100×30 mm)。

要求: 轮廓侧面粗糙度为 Ra3.2,底面粗糙度为 Ra3.6, 加工尺寸符合图纸要求。



8.1 零件图

一、机床及工具准备

根据 8.1 零件图纸的加工要求, 选取 FANUC 0i—MB 系统数控铣床、平口虎钳宽 120 mm、等高垫块、百分表、深度尺、游标卡尺、千分尺、锉刀、面铣刀、立铣刀、麻花钻、中心钻、铰刀等工具刀具。

二、工艺分析

该零件采用以等高垫块支撑用虎钳装夹, 使工件合理的定位安装, 注意安装工件时, 要

使工件高出深度满足加工要求，同时要求工件的基准面平行或垂直于定位面，要对工件的平行度和垂直度进行校正。首先进行外轮廓、开口槽及椭圆内轮廓的粗加工，再进行每个轮廓的精加工，同时保证尺寸要求，最后进行孔的加工，要求在粗铣轮廓时要留有合适的精加工余量。

坐标系应选择在图形的几何对称中心，或是有关的尺寸基准线上。在进行轮廓程序编制时，要合理的选用刀具直径的规格，以免使轮廓过切，在满足加工要求的情况下尽量选用直径较大的刀具，以提高加工效率。如果是对称的轮廓形状，可以采用坐标系旋转的方法来调用同一个程序，这样可以减少程序的编制，提高加工效率。在编制椭圆程序时，要准确计算变量参数，减小步距，以提高轮廓形状精度。

1. 工序安排

工序	刀具	加工内容	转速 r/min	进给量mm/min	切削深度mm
1	Φ16 立铣刀	粗铣 R10、R15	400~500	80~100	切深 4 mm
2	Φ16 立铣刀	粗铣 20 开口槽	400~500	80~100	切深 4 mm
3	Φ16 立铣刀	粗铣椭圆	400~500	80~100	切深 2 mm
4	Φ12 立铣刀	精铣 R10、R15	500~600	60~80	精铣余量 0.3
5	Φ12 立铣刀	精铣 20 开口槽	500~600	60~80	精铣余量 0.3
6	Φ12 立铣刀	精铣椭圆	500~600	60~70	精铣余量 0.3
7	A3 中心钻	2-Φ10 定位孔	1000~1200	15~30	
8	Φ9.8 麻花钻	2-Φ10 底孔	600~700	20~35	
9	Φ10 铰刀	2-Φ10 孔	150~200	30~50	精修余量 0.1

2. 基点坐标计算

根据图纸的有关尺寸，需要计算出 a、c 点的坐标值。选择工件的中心位置为坐标系的原点（如图 8.2 所示），利用几何三角形的关系计算基点的坐标。

计算过程如下：

首先构建三角关系，如右图所示。

b 点是 R10 圆弧的圆心,e 点是 R15 圆弧的圆心

$oe=od-ed=94/2-15=32, af=70/2-oe=35-32=3$

加工程序	程序说明	加工程序	程序说明
00001	铣 20 mm 槽及	00003	铣 R40 轮廓
	R15 轮廓		
G54G17G80G40G90G69G15		G54G17G80G40G90G69G15	
G0Z100. M3S500		G0Z100. M3S600	
M98P0002		G68X0Y0R90.	
G68X0Y0R180.		#1=19.	
M98P0002		#2=10.	
G69G0Z100.		#3=0	
M05		X-19. Y0.	
M30		Z1.	
00002	子程序	G1Z0F50	
G0X-60. Y0.		X19. Z-2.	
Z2.		N1G1X#1*COS[#3]Y#1*SIN[#3]	
G1Z-4. F100		#3=#3+1.	
G41Y-10. D1		IF[#3LE360.]GOTO1	
X-30. , R7.		G69	
Y10. , R7.		G0Z100.	
X-52.		M05	
Y35.		M30	
X-21. 5		00004	铰孔
G3X-12. 81Y39. 8R10.			
G2X12. 81R15.		G54G17G80G40G90G69G15	
G3X21. 5Y35. R10.		G0Z150. M3S200	
G1X60.		G99G85X0. Y35. Z-18. R5. F40	
G40Y45.		G98Y-35.	
G0Z5.		G80	
M99		M30	

注：以上程序为精加工程序。

四、试切加工

1. 检验程序，检查主要指令代码，观察刀具模拟轨迹的正确性。

2. 试切加工

1) 工件、刀具装夹。

2) 对刀并检验。

3) 模拟检验程序。

4) 设定好补偿值，把转速倍率调到合适位置，进给倍率调到最小，将冷却喷头对好刀具切削部位。

5) 把程序调出，选择自动模式，按下循环启动按键。

6) 在确定下刀无误以后，选择合适的进给量。

7) 机床在加工时要进行监控。

注意事项

1. 工件、刀具要夹紧。

2. 对刀检验刀具原点。

3. 仔细检验加工程序。

4. 在下刀时要注意观察刀具位置。

5. 加工过程中要进行监控，注意调整进给量

6. 注意刀具半径补偿的修改，要保证尺寸要求。

7. 加工过程中出现任何事故时，要停止进给运动，请教指导教师。

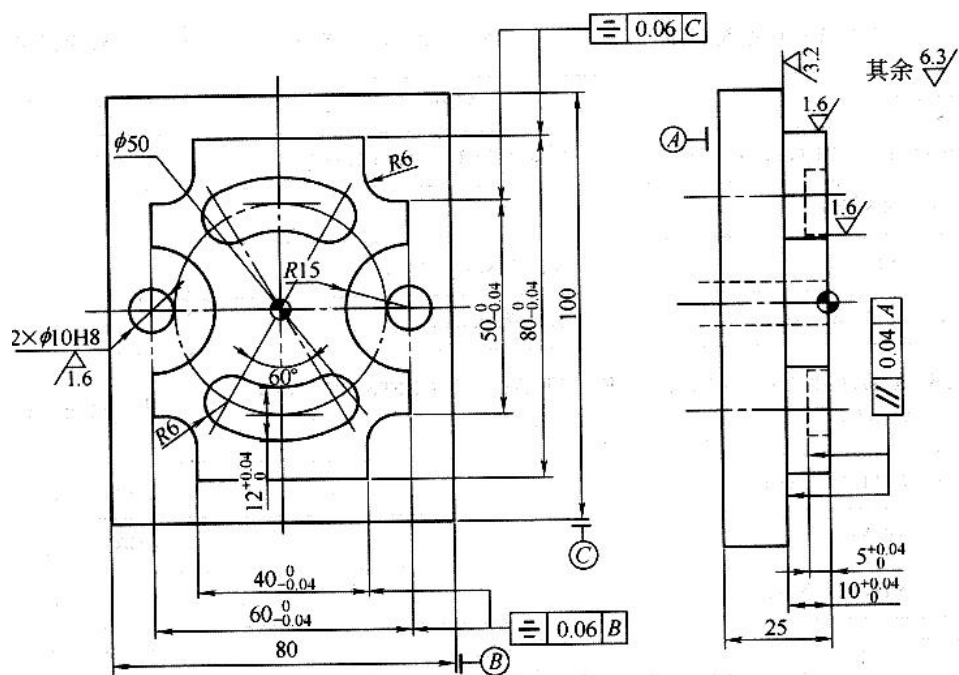
项目九 练习件

实训目的

1. 了解铣削工艺知识。
2. 掌握基本变量程序的编制。
3. 能够保证正确的尺寸要求。

实训内容

试在数控铣床上完成如下图所示工件的编程与加工(已知材料为 A3 钢, 毛坯尺寸为 $100 \times 100 \times 30$ mm)。



零件图

一、机床及工具准备

根据零件图纸的加工要求, 选取 **FANUC 0i—MB** 系统数控铣床、平口虎钳宽 120 mm、等高垫块、百分表、深度尺、游标卡尺、千分尺、锉刀、面铣刀、立铣刀、麻花钻、中心钻、铰刀等工具刀具。

二、工艺分析

该零件采用以等高垫块支撑用虎钳装夹，使工件合理的定位安装，注意安装工件时，要使工件高出深度满足加工要求，同时要求工件的基准面平行或垂直于定位面，要对工件的平行度和垂直度进行校正。首先进行外轮廓及内槽的粗加工，再进行每个轮廓的精加工，同时保证尺寸要求，最后进行孔的加工，要求在粗铣轮廓时要留有合适的精加工余量。

坐标系应选择在图形的几何对称中心，或是有关的尺寸基准线上。在进行轮廓程序编制时，要合理的选用刀具直径的规格，以免使轮廓过切，在满足加工要求的情况下尽量选用直径较大的刀具，以提高加工效率。如果是对称的轮廓形状，可以采用坐标系旋转的方法来调用同一个程序，这样可以减少程序的编制，提高加工效率。在编制椭圆程序时，要准确计算变量参数，减小步距，以提高轮廓形状精度。

1. 工序安排

工序	刀具	加工内容	转速 r/min	进给量mm/min	加工余量mm
1	Φ16 立铣刀	粗铣 80×60	400~500	80~100	0.5 mm
2	Φ10 立铣刀	粗铣外形	400~500	80~100	0.2-0.3 mm
3	Φ10 立铣刀	粗铣内槽	400~500	80~100	0.2-0.3 mm
4	Φ10 立铣刀	精铣外形	500~600	60~80	
5	Φ10 立铣刀	精铣内槽	500~600	60~80	
6	A3 中心钻	2-Φ8 定位孔	1000~1200	15~30	
7	Φ7.8 麻花钻	2-Φ8 底孔	600~700	20~35	
8	Φ8 铰刀	2-Φ8 孔	150~200	30~50	精修余量 0.1

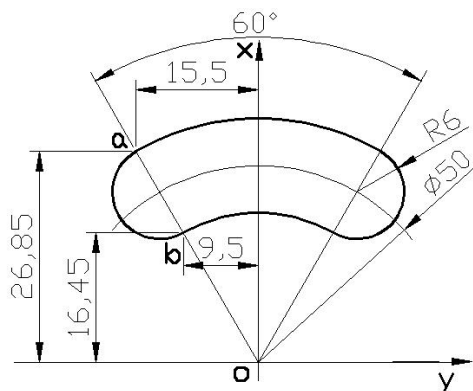
2. 基点坐标计算

根据图纸的有关尺寸几何尺寸，需要计算出 a、c 点的坐标值，才能知道其它点的坐标值。我们选择工件的中心位置为坐标系的原点（如右图示），利用三角函数的关系计算基点的坐标。

计算过程如下：

$$\text{a 点: } x=31 \times \sin 30^\circ =15.5, \quad y=31 \times \cos 30^\circ =26.85$$

$$\text{b 点: } x=19 \times \sin 30^\circ =9.5, \quad y=19 \times \cos 30^\circ =16.45$$



三、参考程序(略)

四、试切加工

1. 检验程序，检查主要指令代码，观察刀具模拟轨迹的正确性。
2. 试切加工
 - 1) 工件、刀具装夹。
 - 2) 对刀并检验。
 - 3) 模拟检验程序。
 - 4) 设定好补偿值，把转速倍率调到合适位置，进给倍率调到最小，将冷却喷头对好刀具切削部位。
 - 5) 把程序调出，选择自动模式，按下循环启动按键。
 - 6) 在确定下刀无误以后，选择合适的进给量。
 - 7) 机床在加工时要进行监控。

注意事项

1. 工件、刀具要夹紧。
2. 对刀检验刀具原点，仔细检验加工程序。
3. 在下刀时要注意观察刀具位置。
4. 加工过程中要进行监控，注意调整进给量
5. 注意刀具半径补偿的修改，要保证尺寸要求。
6. 加工过程中出现任何事故时，要停止进给运动，请教指导教师。

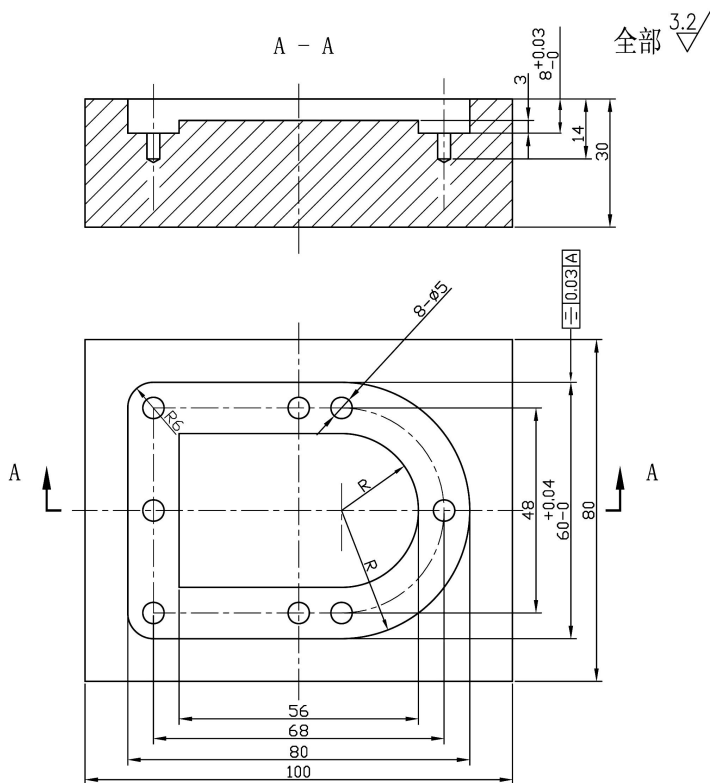
项目十 技能测试

实训目的

1. 掌握机床的操作规范。
2. 零件的工艺分析及程序编制。
3. 零件的加工质量。

实训内容

如图所示零件毛坯尺寸：100×80×30mm（45#钢）。在规定时间内，按工件图样完成加工操作。



一、准备工作

(1) 材料准备

名 称	规 格	数 量	要 求
45#钢或铝	100×80×30 二侧面一底面垂直，磨两平面	1 件/每位考生	

(2) 设备准备

名 称	规 格	数 量	要 求
数控铣床	根据考点情况选择		
平口钳	对应工件	1 副/每台机床	
平口钳扳手	相应平口钳	1 副/每台机床	
平口钳固定螺栓板手	相应平口钳	1 副/每台机床	
垫铁	对应工件	1 副	
刀柄系统	Φ5, 8, 10, 12, 16	1 副/每台机床	

(3) 考场准备

考核要求	准 备 内 容
工位要求	考场面积每位考生一般不少于 8 平方米
	每个操作工位不少于 4 平方米，过道宽度不少于 2 米
	每个工位应配有一个 0.5 平方米的台面，供考生摆放工量刀具
	每个工位应配有课桌、椅，供考生编写程序
	考场电源功率必须能满足所有设备正常启动工作
	考场应配有相应数量的清扫工具，油壶、棉丝
	考场需配有电刻笔，机床应有明显的工位编号
人员要求	监考人员数量与考生人数之比为 1 : 10
	每个考场至少配机修工、电器维修工、医护人员各 1 名
	监考人员、考试服务人员必须于考前 30 分钟到考场

(4) 考场安全

项目	准 备 内 容
场地安全	场地及通道必须符合国家对教学实训场所的规定
	场地及通道内必须配备符合国家法令的消防设施
	所有的电气设施必须符合国家标准
	必须保证考核使用设备的安全装置完好
人员安全	监考人员发现考生有违反安全生产规定的行为要立即制止，对于不服从指挥者，监考人员有权中止其考试，并认真做好记录。
	考生及监考人员必须穿戴好安全防护服装
	考场必须在开始考试前对考生进行必要的安全教育
	考场应准备一定的急救用品

(5) 刀具及附件

序号	名 称	型 号	数量	要 求
1	立铣刀	$\Phi 16$	1	
2	键槽铣刀	$\phi 10$	1	
3	立铣刀	$\phi 10$	1	
4	钻头	$\phi 5$	1	
5	常用工具和铜皮	自选	自定	
6	百分表	读数 0.01	1	
7	游标卡尺	0.02/0~200	1	
8	游标深度尺	0.02/0~200	1	
9	磁性表座		1	
10	计算器			
11	草稿纸			

二、评分标准

(1) 操作技能考核总成绩表

序号	项目名称	配分	得分	备注
1	现场操作规范	10		
2	工序制定及编程	40		
3	工件质量	50		
合 计		100		

(2) 现场操作规范评分表

序号	项目	考核内容	配分	考场表现	得分
1	现场操作规范	工具的正确使用	2		
2		量具的正确使用	2		
3		刀具的合理使用	2		
4		设备正确操作和维护保养	4		
合计			10		

(3) 工序制定及编程评分表

序号	项目	考核内容	配分	实际情况	得分
1	工序制定	工序制定合理, 选择刀具正确	10		
2	指令应用	指令应用合理、得当、正确	15		
3	程序格式	程序格式正确, 符合工艺要求	15		
合计			40		

(4) 工件质量评分表

序号	项目	考核内容		配分		检测 结果	得分
				IT	Ra		
1	深度	3	Ra3.2	4	4		
2		$8^{+0.03}$		6			
3	形状 轮廓	56		3			
4		80		3			
5		$60^{+0.04}$, R30		6			
6		36, R18		3			
7		2-R6		5			
8		对称度 0.03		4			
9	孔	深度 14 (8 处)		4			
10		位置 (8 处)		8			
合计				46	4		

评分人： 年 月 日

核分人： 年 月