

项目一

操作数控铣床

本项目包括三个任务：认识数控铣床操作面板、编辑数控加工程序、安装刀具与对刀。通过本项目的学习，可以认识数控铣床的操作面板功能，学会数控加工程序的输入和编辑，能准备安装刀具，并学会对刀。

任务一 认识数控铣床操作面板

数控铣床的操作面板是人机交互的重要窗口，操作面板部分包括液晶显示器、数控系统操作面板和数控机床相关作业操作面板。它是实现数控铣床操作的突破口，所以我们要认真学习操作面板各按键功能及工作方式转换的方法要领等。

任务目标

- 熟悉数控铣床操作面板的功能与使用方法；
- 了解数控铣床操作说明书；
- 能按照操作规程启动和关闭机床；
- 正确使用操作面板上的常用功能键；
- 掌握数控铣机床操作安全常识。

任务描述

数控铣床的生产厂家众多，其外形结构大致相同，在外观布局上一般分敞开式数控铣床(图 2-1-1)和全封闭式数控铣床(图 2-1-2)。

数控铣床的操作面板由系统操作面板(LED/MDI 操作面板)和机械操作面板(也称为用户操作面板)组成。

面板上的功能开关和按键都有特定的含义。由于数控铣床配备的数控系统不同，其机床操作面板的形式也不相同，但其各种开关、按键的功能及操作方法大同小异。



图 2-1-1 敞开式数控铣床



图 2-1-2 全封闭式数控铣床

要掌握数控铣床的操作，机床操作面板的操作是关键，熟悉数控铣床的控制面板是操作机床的基础，掌握操作面板上的常用功能键的使用以及机床的加工控制，是执行后续任务的基础。

结合实际情况，下面以数控铣床/加工中心上的 FANUC 0i MC 系统为例介绍数控铣床的操作。

知识链接

FANUC 0i MC 数控系统简介

FANUC 0i MC 数控系统面板由系统操作面板和机床控制面板、LED 显示器三部分组成。

1. 系统操作面板

系统操作面板包括 LED 显示区、MDI 编辑面板，如图 2-1-3 所示。

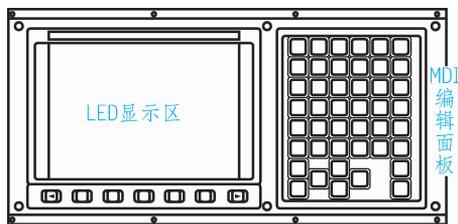


图 2-1-3 FANUC 0i MC 数控系统的系统面板

1)LED 显示区：位于整个机床面板的左上方，包括显示区和屏幕相对应的功能软键，如图 2-1-4 所示。

2)MDI 编辑面板：一般位于 LED 显示区的右侧。MDI 编辑面板上各按键的位置如图 2-1-5 所示，各按键及其功能分别见表 2-1-1 和表 2-1-2。



图 2-1-4 FANUC 0i MC 数控系统 LED 显示区



图 2-1-5 MDI 面板

表 2-1-1 FANUC 0i MC 系统 MDI 编辑面板上主功能键与功能说明

序号	按键	名称	功能说明
1		位置显示键	显示刀具的坐标位置
2		程序显示键	在 EDIT 模式下显示存储器内的程序；在 MDI 模式下，输入和显示 MDI 数据；在 AUTO 模式下，显示当前待加工或者正在加工的程序
3		参数设定 / 显示键	设定并显示刀具补偿值、工件坐标系以及宏程序变量

续表

序号	按键	名称	功能说明
4		系统 显示键	显示自诊断功能数据等
5		报警信息 显示键	显示 NC 报警信息
6		图形 显示键	显示刀具轨迹等图形

表 2-1-2 FANUC 0i MC 系统 MDI 面板上其他按键与功能说明

序号	按键	名称	功能说明
1		复位键	用于所有操作停止或解除报警，CNC 复位
2		帮助键	提供与系统相关的帮助信息
3		删除键	在 EDIT 模式下，删除已输入的字及 CNC 中存在的程序
4		输入键	输入加工参数等数值
5		取消键	清除输入缓冲器中的文字或者符号
6		插入键	在 EDIT 模式下，在光标后输入字符
7		替换键	在 EDIT 模式下，替换光标所在位置的字符
8		上挡键	用于输入处在上挡位置的字符
9		翻页键	向上或者向下翻页

续表

序号	按键	名称	功能说明
10		地址/数据键	用于输入 NC 程序
11		光标移动键	用于改变光标在程序中的位置

2. 机床控制面板

FANUC 0i MC 数控系统的机床控制面板通常在 LED 显示区的下方，如图 2-1-6 所示，各按键(旋钮)及功能如表 2-1-3 所示。

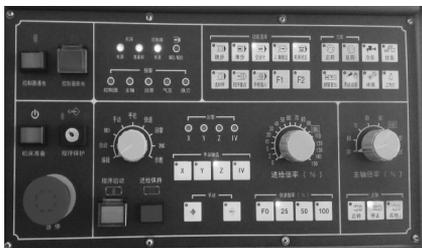
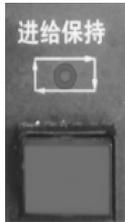
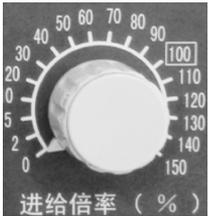
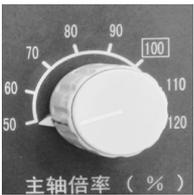
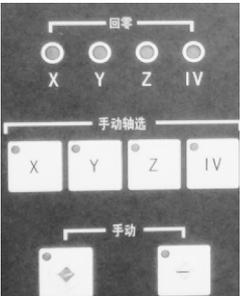


图 2-1-6 FANUC 0i MC 数控系统的机床控制面板

表 2-1-3 FANUC 0i MC 数控系统的机床控制面板各按键与功能说明

序号	按键(旋钮)	按键(旋钮)	功能说明
1		系统电源开关	按下左边绿色键，机床系统电源开；按下右边红色键，机床系统电源关
2		急停按钮	紧急情况下按下此按钮，机床停止一切运动
3		循环启动键	在 MDI 或者 MEM 模式下，按下此键，机床自动执行当前程序

续表

序号	按键(旋钮)	按键(旋钮)	功能说明
4		循环启动 停止键	在 MDI 或者 MEM 模式下，按下此键，机床暂停程序自动运行，直接再一次按下循环启动键后，继续自动运行程序
5		进给倍率 旋钮	以给定的 F 指令进给时，可在 0~150% 范围内修改进给率。在 JOG 模式下，亦可用其改变 JOG 速率
6		机床工作 方式选择	<ol style="list-style-type: none"> 1) 示数方式 2) DNC 方式 3) 回零 4) 快速手动 5) 手轮方式 6) 手动方式 7) MDI 方式 8) 自动加工方式 9) 编辑方式
7		快速倍率 按钮	用于调整手动或者自动模式下快速进给速度：在 JOG 方式下，调整快速进给及返回参考点时的进给速度；在 MEM 模式下，调整 G00、G28、G30 指令进给速度
8		主轴倍率 旋钮	在自动或者手动模式下，转动此旋钮可以调整主轴的转速
9		轴进给 方向键	在 JOG 或者 RAPID 方式下，按下某一运动轴按键，被选择的轴会以进给倍率的速度移动，松开按键则对应轴停止移动

续表

序号	按键(旋钮)	按键(旋钮)	功能说明
10		主轴控制键	按下此键, 主轴进入对应的状态
11		机床锁定键	在 MEM 方式下, 此键为 ON 状态时(指示灯亮), 系统连续执行程序, 但机床所有的轴被锁定, 无法移动
		跳步键	在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 程序中“/”的程序段被跳过执行; 此键 OFF 状态(指示灯灭)时, 执行程序中的所有程序段
		Z轴锁定键	在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 机床 Z 轴被锁定
		选择停止开关键	在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 程序中的 M01 有效, 此键处于 OFF 状态(指示灯灭)时, 程序中的 M01 无效
		空运行键	由用户接通, F ₁ 或 F ₂ 作为此功能键在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 程序以快速方式运行; 此键处于 OFF 状态(指示灯灭)时, 程序以 F 指令的进给速度运行
12		单步键	在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 每按一次循环启动键, 机床执行一段程序后暂停; 此键处于 OFF 状态(指示灯灭)时, 每按一次循环启动键, 机床连续执行程序段
		辅助功能键	在 MEM 方式下, 此键处于 ON 状态(指示灯亮)时, 机床辅助功能指令无效



想一想:

系统操作面板与机床控制面板有何不同?

提示:

1) 系统操作面板包括 LED 显示区、MDI 编辑面板。该面板由数控系统的生产厂家提供。

2) 机床控制面板通常在 LED 显示区的下方, 生产厂商不同, 在面板布局上也不相同, 希望大家注意。

任务实施数控铣床工安全操作规程

1) 数控铣床的操作人员必须经过专门的技术培训持证上岗, 未经许可不得随意动用数控设备。

2) 上岗前必须穿戴好本岗位要求的劳动防护服和其他用品, 当发生可能危及人身或者设备安全的故障时, 应该立即按下急停按钮。

3) 在上班前和上班期间不许饮酒, 工作中不准聊天、离岗或做与生产无关的事。

4) 操作机床时严禁戴手套, 操作时必须戴防护眼镜, 程序正常运行中要关上机床防护罩的门。

5) 开机前检查机械电气, 各操作手柄、防护装置等是否安全可靠, 设备电源防护接地是否牢靠。

6) 认真检查机床上的刀具、夹具、工件装夹是否牢固正确、安全可靠, 保证机床在加工过程中受到冲击时不致松动而发生事故。

7) 禁止将工具、刀具、物件放置于工作台、操作面板、主轴头、护板上, 机械安全防护罩、隔离挡板必须完好, 随时做好机床的清洁工作。

8) 遵守加工产品工艺要求, 严禁超负荷使用机床, 严禁用手试摸刀刃或检查加工表面是否光洁。

9) 手动对刀时要选择合适的进给速度, 防止刀具与工件或者毛坯发生碰撞, 特别是 Z 轴。对刀后要检验刀具对刀的正确性。

10) 系统在启动过程中, 严禁断电或按动任意键, 禁止敲打系统显示屏, 禁止随意改动系统参数, 认真做好交接班工作。

机床操作1. 开机

在操作机床之前必须检查机床是否正常, 并使机床通电, 开机顺序如下:

1) 开机床总电源。

2) 开机床稳压器电源。

- 3) 开机床电源。
- 4) 开数控系统电源(按控制面板上的 POWER ON 按钮)。
- 5) 把系统急停按钮旋起。

2. 机床手动返回参考点

CNC 机床上有一个确定机床位置的基准点, 这个点叫做参考点。通常机床开机以后, 首先要做的事情是使机床返回到参考点位置。如果没有执行返回参考点就操作机床, 机床的运动将不可预料。行程检查功能在执行返回参考点之前不能执行。机床的误动作有可能造成刀具、机床本身和工件的损坏, 甚至伤害到操作者。因此机床接通电源后必须正确地使机床返回参考点。机床返回参考点有手动返回参考点和自动返回参考点两种方式。一般情况下采用手动返回参考点方式。

手动返回参考点指用操作面板上的开关或者按钮使刀具移动到参考点位置, 具体操作如下:

- 1) 将机床工作模式设为回零方式。
- 2) 按机床控制面板上的 +Z 轴, 使 Z 轴回到参考点(指示灯亮)。
- 3) 再按 +X 轴和 +Y 轴, 两轴可以同时使返回参考点。

自动返回参考点指用程序指令使刀具移动到参考点。例如, 执行程序:

G91 G28 Z0; (Z 轴返回参考点)

X0 Y0; (X、Y 轴返回参考点)

注意: 为了安全起见, 一般情况下机床回参考点时, 必须先使 Z 轴回到机床参考点后才可以使 X、Y 轴返回参考点。X、Y、Z 三个坐标轴的参考点指示灯亮时(图 2-1-7), 说明三条轴分别返回了机床参考点。

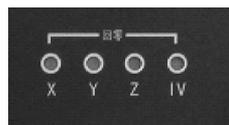


图 2-1-7 参考点指示灯

3. 关机

关闭机床步骤如下:

- 1) 按下数控系统控制面板的急停按钮。
- 2) 按下 POWER OFF 按钮关闭系统电源。
- 3) 关闭机床电源。
- 4) 关闭稳压器电源。
- 5) 关闭总电源。

注: 在关闭机床前, 尽量将 X、Y、Z 轴移动到机床的大致中间位置, 以保持机床的重心平衡。同时方便下次开机后返回参考点时, 防止机床移动速度过大而超程。

4. 手动方式操作

手动方式操作有手动连续进给(JOG)和手动快速进给(RAPID)两种。

在手动连续进给方式中, 按住操作面板上的进给轴(+X、+Y、+Z 或者 -X、-Y、-Z), 会使刀具沿着所选轴的所选方向连续移动。手动进给速度可以通过进给倍率旋钮进行调整。

在手动快速进给方式中, 按住操作面板上的进给轴及方向, 会使刀具以快速移动的速度移动。手动快速进给速度通过快速速率旋钮进行调整。

手动连续进给操作的步骤如下：

1) 将机床的工作方式设置为手动连续进给(JOG)方式。

2) 通过进给轴(+X、+Y、+Z 或者 -X、-Y、-Z)，选择将要使刀具沿其移动的轴和方向。按下相应的按键时，刀具以参数指定的速度移动。释放按键，移动停止。

手动快速进给(RAPID)方式的操作与 JOG 方式相同，只是移动的速度不一样，其移动的速度跟程序指令 G00 一样。

注意：手动连续进给和手动快速进给时，移动轴的数量可以是 X、Y、Z 中的任意一个轴，也可以是 X、Y、Z 三个轴中的任意两个轴一起联动，甚至是三个轴一起联动，可根据数控系统参数的设置而定。

5. 手轮方式操作

在 FANUC Oi Mate-MC 数控系统中，手轮是一个与数控系统以数据线相连的独立个体。它由控制轴旋钮、移动量旋钮和手摇脉冲发生器组成，如图 2-1-8 所示。

在手轮进给方式中，刀具可以通过旋转机床操作面板上的手摇脉冲发生器微量移动。手轮旋转一个刻度时，刀具移动一定的距离。手轮上设置三种不同的移动距离，分别为 0.001 mm、0.01 mm、0.1 mm。具体操作如下：

1) 将机床的工作方式设置为手轮进给方式(MPG)。

2) 选择要移动的进给轴，并选择移动一个刻度移动轴的移动量。

3) 旋转手轮，向对应的方向移动刀具，手轮转动一周时，刀具的移动量相当于 100 个刻度的对应值。

注意：手轮进给操作时，一次只能选择一个轴进行移动。手轮旋转操作时，按 5 r/s 以下的速度旋转手轮。如果手轮的转速超过了 5 r/s，刀具有可能在手轮停止旋转后还不能停止下来或者刀具移动的距离与手轮旋转的刻度不相符。



图 2-1-8 手轮

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 2-1-4 所示的“数控铣床面板操作评价表”。

表 2-1-4 数控铣床面板操作评价表

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
会正确认识数控铣床的功能		20			
正确识别面板上的功能按键		25			
掌握手摇脉冲发生器的使用		10			
能正确切换工作方式		10			

续表

评价指标	配分	自评	互评	教师评
课堂学习纪律、完全文明生产	15			
熟记安全操作规程要求	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

- 1) 熟知系统操作面板与机床控制面板上各按键的功能。
- 2) 认真学习机床操作安全规章制度。
- 3) 了解返回参考点的操作要领。
- 4) 掌握开机、关机的顺序。
- 5) 学会机床操作面板上主要操作按键的功能。

任务拓展

掌握并进行以下的操作：

- 1) 了解机床结构与操作面板。
- 2) 回参考点操作。
- 3) 手动位置调整操作。
- 4) MDI 操作。
- 5) 熟知各操作按键的功能。

※ 必须了解的注意事项：

- 1) 回参考点时应先回 Z 轴，待提升到一定高度后再回 X、Y 轴，以免碰撞刀、夹具。
- 2) 在操作过程中若出现超程报警，必须转换到手动方式，然后按“超程解除”键，待显示“急停”→“复位”→“正常”后，再按住反方向轴移动按钮，退出超程位置。

任务二 编辑数控加工程序

利用 FANUC 0i MC 的指令代码及程序格式, 针对铣削类刀具的运动轨迹、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)编写加工程序, 将编写完成的加工程序输入数控装置的存储器中, 对输入的数控程序进行插入、删除、替换、查找等编辑操作。

任务目标

- 学习 FANUC 0i MC 加工程序的格式;
- 了解各程序字的含义和作用;
- 掌握主要的 G 指令、M 指令;
- 学会循环指令的正确运用;
- 能在机床上输入、编辑、调用并执行相应的加工程序等。

任务描述

- 1) 熟记 FANUC 数控铣床指令表。
- 2) 熟悉机床面板, 能运用所学的知识读懂程序并且正确地编辑加工程序, 了解加工程序的结构与组成。
- 3) 学会建立新的加工程序, 了解后台编辑功能。
- 4) 能编辑、复制、修改加工程序。
- 5) 掌握加工程序的调用、单段运行、自动运行等方法。

知识链接

FANUC 数控铣床的 G 指令表

FANUC 数控铣床的 G 指令表如表 2-1-5 所示。

表 2-1-5 G 指令表

代码	分组	意义	格式
G00	01	快速进给、定位	G00 X_ Y_ Z_
G01		直线插补	G01 X_ Y_ Z_

续表

代码	分组	意义	格式
G02	01	圆弧插补 CW(顺时针)	XY 平面内的圆弧： G17 $\left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_Y_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ J_ \end{matrix} \right\}$
G03		圆弧插补 CCW(逆时针)	ZX 平面内的圆弧： G18 $\left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_Z_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ I_ K_ \end{matrix} \right\}$ YZ 平面内的圆弧： G19 $\left\{ \begin{matrix} G02 \\ G03 \end{matrix} \right\} X_Z_ \left\{ \begin{matrix} R_ \\ J_ K_ \end{matrix} \right\}$
G04	00	暂停	G04[P X] 单位为 s，增量状态单位为 ms，无参数状态表示停止
G15	17	取消极坐标	G15
G16		极坐标指令	Gxx Gyy G16：开始极坐标指令 G00 IP：极坐标指令 Gxx：极坐标指令的平面选择(G17、G18、G19) Gyy：G90 指定工件坐标系的零点为极坐标的原点，G91 指定当前位置作为极坐标的原点 IP：指定极坐标系选择平面的轴地址及其值 第 1 轴：极坐标半径 第 2 轴：极角
G17	02	选择 XY 平面	G17
G18		选择 ZX 平面	G18
G19		选择 YZ 平面	G19
G20	06	寸制输入	
G21		米制输入	
G28	00	回归参考点	G28 X_ Y_ Z_
G29		由参考点回归	G29 X_ Y_ Z_
G40	07	刀具半径补偿取消	G40
G41		左半径补偿	$\left\{ \begin{matrix} G41 \\ G42 \end{matrix} \right\} Dnn$
G42		右半径补偿	
G43	08	刀具长度补偿	$\left\{ \begin{matrix} G41 \\ G42 \end{matrix} \right\} Hnn$
G44		刀具长度补偿	
G49		刀具长度补偿取消	G49
G50	11	取消缩放	G50

续表

代码	分组	意义	格式
G51		比例缩放	G51 X_ Y_ Z_ P_ : 缩放开始 X_ Y_ Z_ : 比例缩放中心坐标的绝对值指令 P_ : 缩放比例 G51 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ : 缩放开始 X_ Y_ Z_ : 比例缩放中心坐标值的绝对值指令 I_ J_ K_ : X、Y、Z各轴对应的缩放比例
G52	00	设定局部坐标系	G52 IP_ : 设定局部坐标系 G52 IP0: 取消局部坐标系 IP: 局部坐标系原点
G53		机械坐标系选择	G53 X_ Y_ Z_
G54	14	选择工作坐标系 1	GXX
G55		选择工作坐标系 2	
G56		选择工作坐标系 3	
G57		选择工作坐标系 4	
G58		选择工作坐标系 5	
G59		选择工作坐标系 6	
G68	16	坐标系旋转	(G17/G18/G19)G68 a_ b_ R_ : 坐标系开始旋转 G17/G18/G19: 平面选择, 在其上包含旋转的形状 a_ b_ : 与指令坐标平面相应的 X、Y、Z 中的两个轴的绝对指令, 在 G68 后面指定旋转中心 R_ : 角度位移, 正值表示逆时针旋转。根据指令的 G 代码(G90 或 G91)确定绝对值或增量值 最小输入增量单位: 0.001deg 有效数据范围: -360.000~+360.000
G69		取消坐标轴旋转	G69
G73	09	深孔钻削固定循环	G73 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_
G74		左螺纹攻螺纹固定循环	G74 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_
G76		精镗固定循环	G76 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_
G90	03	绝对方式指定	GXX
G91		相对方式指定	
G92	00	工作坐标系的变更	G92X_ Y_ Z_
G98	10	返回固定循环初始点	GXX
G99		返回固定循环 R 点	

续表

代码	分组	意义	格式
G80	09	固定循环取消	
G81		钻削固定循环、 钻中心孔	G81 X_ Y_ Z_ R_ F_
G82		钻削固定循环、 铰孔	G82 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_
G83		深孔钻削固定 循环	G83 X_ Y_ Z_ R_ Q_ F_
G84		攻螺纹固定循环	G84 X_ Y_ Z_ R_ F_
G85		镗削固定循环	G85 X_ Y_ Z_ R_ F_
G86		退刀形镗削固定 循环	G86 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_
G88		镗削固定循环	G88 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_
G89		镗削固定循环	G89 X_ Y_ Z_ R_ P_ F_

FANUC 数控铣床 M 指令表

FANUC 数控铣床 M 指令表如表 2-1-6 所示。

表 2-1-6 M 指令表

代码	意义	格式
M00	停止程序运行	
M01	选择性停止	
M02	结束程序运行	
M03	主轴正向转动开始	
M04	主轴反向转动开始	
M05	主轴停止转动	
M06	换刀指令	M06 T_
M08	切削液开启	
M09	切削液关闭	
M30	结束程序运行且返回程序开头	
M98	子程序调用	M98 Pxxxxnn 调用程序号为 Onnnn 的程序 xx 次
M99	子程序结束	子程序格式： Onnnn ... M99

数控铣床的参考点和坐标系

1. 机床参考点

为了正确地在机床工作时建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的移动范围内设置一个固定的机床参考点(测量起点，系统不能确定其位置)。

2. 机床零点

通过已知参考点(已知点)、系统设置的参考点与机床零点的关系可确定一个固定的机床零点，也称为机床坐标系的原点(系统能确定其位置)。

3. 机床坐标系

以机床原点为原点，以机床坐标轴为轴，建立的坐标系即机床坐标系。该坐标系是机床位置控制的参照系。

4. 工件坐标系

通常编程人员开始编程时，并不知道被加工零件在机床上的位置，通常以工件上的某个点作为零件程序的坐标系原点来编写加工程序，当被加工零件被夹压在机床工作台上以后再将 NC 所使用的坐标系的原点偏移到与编程使用的原点重合的位置进行加工。因此坐标系原点偏移功能对于数控机床来说是非常重要的。

在数控铣床上可以使用下列三种坐标系：机床坐标系、工件坐标系、局部坐标系。

5. 平面选择

G17、G18、G19 这一组指令用于指定进行圆弧插补以及刀具半径补偿所在的平面。使用方法见表 2-1-5。

关于平面选择的相关指令可以参考圆弧插补及刀具补偿等指令的相关内容。

坐标值和尺寸单位

编程方法有两种，即绝对值编程(G90)和增量值编程(G91)，相应地，有两种指令刀具运动的方法，即绝对值指令和增量值指令。在绝对值指令模式下，我们指定的是运动终点在当前坐标系中的坐标值；而在增量值指令模式下，我们指定的是各轴运动的距离。G90 和 G91 这对指令用来选择使用绝对值模态或增量值模态，如图 2-1-9 所示。

通过图 2-1-9，我们可以更好地理解绝对值编程和增量值编程。

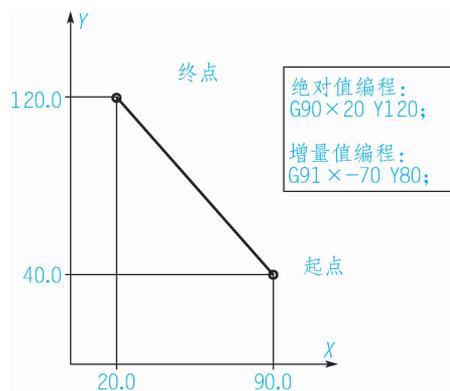


图 2-1-9 绝对值编程和增量值编程对比

刀具补偿功能

1. 刀具长度补偿 (G43、G44、G49)

使用 G43(G44) 指令可以将 Z 轴运动的终点向正向或负向偏移一段距离，这段距离等于 H 指令的补偿号中存储的补偿值。G43 或 G44 是模态指令，H 指定的补偿号也是模态地使用这条指令，编程人员在编写加工程序时不必考虑刀具的长度而只需考虑刀尖的位置即可。刀具磨损或损坏后更换新的刀具时也不需要更改加工程序，可以直接修改刀具补偿值。

G43 指令为刀具长度补偿“+”，即 Z 轴到达的实际位置为指令值与补偿值相加的位置；G44 指令为刀具长度补偿“-”，即 Z 轴到达的实际位置为指令值减去补偿值的位置。H 取值为 00~200，H00 意味着取消刀具长度补偿值，取消刀具长度补偿的另一种方法是使用指令 G49。NC 执行到 G49 指令或 H00 时，立即取消刀具长度补偿，并使 Z 轴运动到不加补偿值的指令位置。

补偿值的取值范围是 -999.999~+999.999 mm 或 -99.9999~+99.9999 in。

刀具长度补偿(G43)如图 2-1-10 所示。将编程时的刀具长度和实际使用的刀具长度之差设定于偏置存储器中。用该功能补偿这个差值而不用修改程序。沿 Z 轴补偿刀具长度的差值。

其格式如下：

G43 H_{xxx};

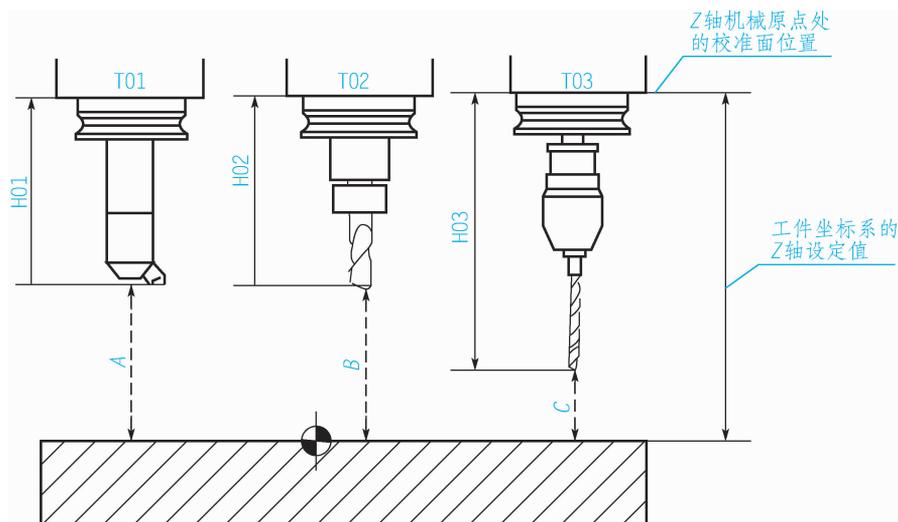


图 2-1-10 刀具长度补偿 (G43)

2. 刀具半径补偿 (G41、G42、G40)

当使用数控铣床/加工中心进行内、外轮廓的铣削时，我们希望能够以轮廓的形状作为编程轨迹，这时，刀具中心的轨迹应该是这样的：能够使刀具中心在编程轨迹的法线方

向上距离编程轨迹的距离始终等于刀具的半径。

当刀具移动时，刀具轨迹可以偏移一个刀具半径，如果在起刀之后指定直线插补或圆弧插补，在加工期间刀具轨迹可以用偏置的长度偏移，在加工结束时，为使刀具返回到开始位置，须取消刀具半径补偿方式。

刀具半径补偿指令有 G41、G42、G40。刀具半径补偿值以 D 代码表示，刀具半径补偿值为 $(0 \pm 999.999)\text{mm}$ 。

编程格式：

G00/G01 G41 D;

G42 D;

G40;

注意：对应于偏置号 0 即 D0 的刀具半径补偿值总是 0，D0 不能在程序中设定。

说明：

1)G41：左刀补(在刀具前进方向左侧补偿)，如图 2-1-11(a)所示。

2)G42：右刀补(在刀具前进方向右侧补偿)，如图 2-1-11(b)所示。

3)G40：取消刀具半径补偿。

4)G17：指定刀具半径补偿平面为 XY 平面。

5)G18：指定刀具半径补偿平面为 ZX 平面。

6)G19：指定刀具半径补偿平面为 YZ 平面。

7)X、Y、Z：G00/G01 的参数，即刀补建立或取消的终点(注意，投影到补偿平面上的刀具轨迹受到补偿)。

8)D：G41/G42 的参数，即刀补号码(取值 00~99)，它代表了刀补表中对应的半径补偿值。

G41、G42、G40 都是模态代码，可相互注销。

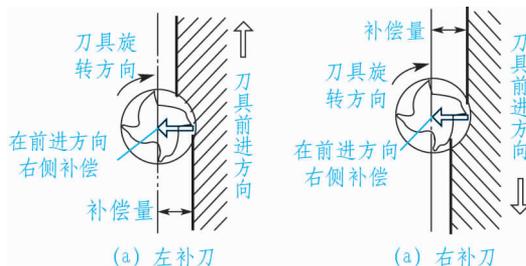


图 2-1-11 刀具半径补偿方向

(a)左刀补；(b)右刀补

FANUC 的程序结构

数控程序是若干个程序段的集合。每个程序段独占一行。每个程序段由若干个字组成，每个字由地址和跟随其后的数字组成。地址是一个英文字母。一个程序段中各个字的位置没有限制，长期以来大家都认可的方式如表 2-1-7 所示。

表 2-1-7 排列方式

N_	G_	X_ Y_ Z_	……	F_	S_	T_	M_	LF
行号	准备功能	位置代码		进给速度	主轴转速	刀具号	辅助功能	行结束

在一个程序段，中间如果有多个相同地址的字出现，或者同组的 G 功能，则最后一个有效。

1. 段号

数控程序的段号以 N 开头，可以不要，如有程序段号，在编辑时会方便用户快捷查找对应的程序段。段号可以不连续，手工编程一般以 5 或者 10 递增。

选择跳过符号“/”只能置于程序的起始位置，如果有这个符号，并且机床操作面板上“选择跳过”功能有效，本条程序不执行。这个符号多用在调试程序，如在开切削液的程序前加上这个符号，在调试程序时可以使这条程序无效，而正式加工时使其有效。

2. 准备功能

地址“G”和数字组成的字表示准备功能，也称为 G 功能。G 功能根据其功能分为若干个组，在同一条程序段中，如果出现多个同组的 G 功能，那么最后一个有效。

G 功能分为模态与非模态两类。一个模态 G 功能被指令后，直到同组的另一个 G 功能被指令才无效。而非模态的 G 功能仅在其被指令的程序段中有效。

例如：

```
.....
N10 G01 X250. Y300;
N11 G04 X100;
N12 G01 Z-120;
N13 X380. Y400;
.....
```

在这个例子中，N12 这条程序中出现了“G01”功能，由于这个功能是模态的，因此尽管在 N13 这条程序中没有“G01”，但是其作用还是存在的。

3. 辅助功能

地址“M”和两位数字组成的字表示辅助功能，也称为 M 功能。FANUC 0i MC 支持的 M 功能见表 2-1-6。

4. 主轴转速

地址“S”后跟四位数字表示主转转速，单位为 r/min。

格式如下：

```
Sxxxx
```

5. 进给功能

地址“F”后跟四位数字表示进给功能，单位为 mm/min。

格式如下：

```
Fxxxx
```

尺寸字地址为 X、Y、Z、I、J、K、R。数值范围为 +999999.999 mm ~ -999999.999 mm。



想一想：

编辑和后台编辑有何不同？

提示:

1) 数控加工程序由若干个程序段所构成, 程序段一般包括准备功能字、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, 为了便于修改和查找, 它们在次序上遵循一个书写的规范。

2) 简化编程指令部分主要进行的是孔的相关加工内容, 包括空的定位、钻孔、铰孔、镗孔、攻螺纹等操作, 可以根据加工要求, 正确运用对应的循环指令。

任务实施**手动数据方式(MDI 方式)**

将操作方式设置为 MDI 方式, 按编辑面板上的 PROG 键, 在 CRT 显示区选择【MDI】软键, 系统会自动加入程序号 O0000。用通常的程序编辑操作编制一个要执行的程序, 在程序段的结尾不能加 M30(在程序执行完毕后, 光标将停留在最后一个程序段)。如图 2-1-12(a)所示, 输入若干段程序, 将光标移到程序首句, 按循环启动键即可运行。

若只需在 MDI 方式下输入运行主轴转动等单段程序, 只需在程序号 O0000 后输入所需运行的单段程序, 光标位置停在末尾[图 2-1-12(b)], 按循环启动键即可运行。



图 2-1-12 FANUC 0i MC 数控系统 MDI 操作

要删除在 MDI 方式中编制的程序可输入地址 O0000, 然后按 MDI 面板上的删除键或直接按复位键即可。

程序编辑操作**1. 创建新程序**

将程序保护锁调到开启状态, 将操作方式设置为编辑方式, 按 PROG 键, 选择【LIB】软键, 进入列表页面, 如图 2-1-13(a)所示。按地址键 O, 输入一个系统中尚未建立的程

序号(如 O1), 再按 INSERT 键, 创建完成, 如图 2-1-13(b)所示。

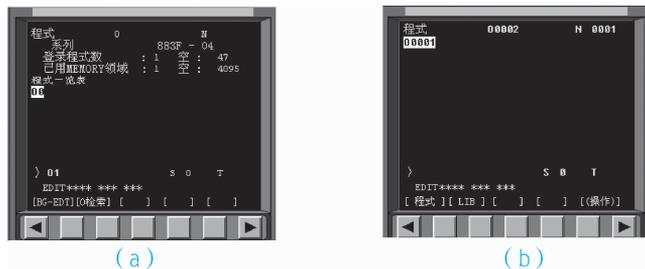


图 2-1-13 FANUC 0i MC 数控系统创建新程序操作

2. 打开程序

将程序保护锁调到开启状态, 将操作方式设置为编辑方式, 按 PROG 键, 选择【LIB】软键。则 CRT 显示区即将所有建立过的程序列出, 如图 2-1-14(a)所示。则按地址键 O, 输入程序号 2(必须是系统已经建立过的程序号), 按向下方向键, 即可打开程序, 如图 2-1-14(b)所示。



图 2-1-14 FANUC 0i MC 数控系统打开程序操作

3. 编辑程序

(1) 程序字的输入和修改

创建或进入一个新的程序, 应用 ALTER 键、DELETE 键、INSERT 键、CAN 键等完成对程序的输入和修改, 在每个程序段尾按分段键完成一段。

如图 2-1-15(a)所示, 在程序编辑方式下编辑程序 O0002, 将光标移至 G17 处, 输入 G18, 按 ALTER 键则程序编辑结果如图 2-1-15(b)所示, 此时光标在 G18 处; 按 DELETE 键则程序编辑结果如图 2-1-15(c)所示, 此时光标在 G40 处。

如图 2-1-15(d)所示, 输入 G17, 按 INSERT 键则程序编辑结果如图 2-1-15(e)所示。CAN 键的作用是取消前面输入的一个字符。

(2) 程序字检索

在编辑方式中打开某个程序, 输入要检索的字, 如“X37”, 向上检索按向上方向键, 向下检索按向下方向键, 光标即停在字符“X37”位置。

注意: 在检索程序的检索方向必须存在所检索的字符, 否则系统将报警。



图 2-1-15 FANUC Oi MC 数控系统程序的编辑操作

(3) 程序的复制

1) 复制一个完整的程序：将操作方式设置为编辑方式，按 PROG 键选择软键【操作】→【扩展】→【EX-EDT】→【COPY】→【ALL】输入新的程序名(只输数字部分)并按 INPUT 键，然后选择【EXEC】软键。

2) 复制程序的一部分：将操作方式设置为编辑方式，按 PROG 键，选择软键【操作】→【扩展】→【EX-EDT】→【COPY】，将光标移动到要复制范围的开头，选择【CRSR~】软键，将光标移动到要复制范围的末尾，选择【~CRSR】或【~BTM】软键(如选择【~BTM】软键，则不管光标的位置，直到程序结束的程都将被复制)，输入新的程序名(只输数字部分)并按 INPUT 键，然后选择【EXEC】软键。

(4) 程序的删除

1) 删除一个完整的程序：将操作方式设置为编辑方式，选择【LIB】软键，按 PROG 键——按地址键 O，输入要删除的程序号 O1，如图 2-1-16(a)所示，然后按 DELETE 键，删除完成。结果如图 2-1-16(b)所示。

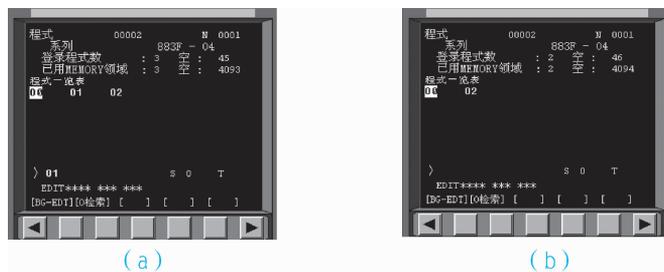


图 2-1-16 FANUC Oi MC 数控系统程序删除操作

2) 删除内存中的所有程序：将操作方式设置为编辑方式，选择【LIB】软键，按 PROG 键，然后按地址键 O，输入-9999，按 DELETE 键，删除完成。

3) 删除指定范围内的多个程序：将操作方式设置为编辑方式，选择【LIB】，按 PROG 键，输入 Oxxxx, Oyyyy(xxxx 代表将要删除程序的起始程序号，yyyy 代表将要删除程序的终止程序号)，按 DELETE 键即删除 No xxxx~No yyyy 之间的程序。

刀具补偿的设定操作

按刀偏设定键，选择【补正】软键，出现图 2-1-17 所示页面，按方向移动键，将光标移至需要设定刀补的相应位置，如图 2-1-17 所示，将光标停在 D01 位置；然后输入补偿量，如图 2-1-17(b)所示输入刀补值 6.1，按 INPUT 键。结果如图 2-1-17(b)所示。



图 2-1-17 FANUC 0i Mate—MC 数控系统刀补设定操作

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 2-1-8 所示的“数控铣床程序编辑操作评价表”。

表 2-1-8 数控铣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				
会调用程序、空运行、自动运行已有的程序	15				
熟记简化编程指令中的钻孔与铰孔指令	10				
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

- 1) 熟记指令表，掌握常用的编程指令。
- 2) 编写简单的数控加工程序。
- 3) 练习新程序的建立、输入、修改编辑等操作。
- 4) MDI 按键的操作。
- 5) 学会工作模式的转换、空运行、自动运行等操作。

任务拓展

阅读材料一——铣削轮廓表面

在铣削轮廓表面时一般采用立铣刀侧面刃口进行切削。对于二维轮廓加工，通常采用的加工路线如下：

- 1) 从起刀点下刀到下刀点。
- 2) 沿切向切入工件。
- 3) 轮廓切削。
- 4) 刀具向上抬刀，脱离工件。
- 5) 返回起刀点。

阅读材料二——加工立体曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为立体曲面类零件。这类零件的加工面不能展成平面，一般使用球头铣刀切削，加工面与铣刀始终为点接触，若采用其他刀具加工，易产生干涉而铣伤邻近表面。

加工立体曲面类零件一般采用以下两种加工方法：行切加工法、三坐标联动加工法。

任务三 安装刀具及对刀

对于数控铣床上所采用的刀具，要根据被加工零件的材料、几何形状、表面质量要求、热处理状态、切削性能及加工余量等，选择刚性好、耐用度高的刀具。不同的刀具在安装与对刀方面也有着不同的方法与要求。

任务目标

- 掌握数控铣床的刀具知识，能进行刀具的选择与拆装；
- 正确使用平口钳、压板或者专用夹具装夹毛坯；

- 学会通过各种途径输入加工程序；
- 进行对刀并确定相关参数坐标；
- 正确地设置刀具参数、偏置值、刀具半径等。

任务描述

- 1) 按照操作规程启动和停止机床。
- 2) 使用操作面板上的常用功能键(如回零、手动、手轮操作、MDI等)。
- 3) 使用控制面板输入和删除程序，并进行简单程序的自动运行。
- 4) 学习安装毛坯、刀具，掌握铣刀的安装原则与方法。
- 5) 学习对刀的基本方法，掌握对刀要点。

知识链接

工件的装夹

1. 装夹工件

在数控铣床上加工工件时，常用的装夹方法有用平口钳装夹工件、用压板装夹工件、用组合夹具装夹和专用夹具装夹。

(1) 用平口钳子装夹工件

采用平口钳装夹工件的方法一般适合工件尺寸较小、形状比较规则、生产批量较小的情况。使用平口钳子装夹工件时，应注意以下几个问题：

- 1) 使用前要使用千分表确认钳口与 X 轴或 Y 轴平行。
- 2) 工件底面不能悬空，否则工件在受到切削力时位置可能发生变化，甚至可能发生打刀事故。安装工件时可在工件底下垫上等高垫铁，等高垫铁的厚度根据工件的安装高度情况选择。装夹时，应边夹紧边用铜棒或胶锤将工件敲实。
- 3) 加工通孔时，要注意垫铁的位置，防止在加工时加工到垫铁。
- 4) 在铣外轮廓时，要保证工件露出钳口部分足够高，以防止加工时铣到钳口。
- 5) 批量生产时，应将固定钳口面确定为基准面，与固定钳口面垂直方向可在工作台上固定一挡铁作为基准。

(2) 用压板装夹工件

采用压板装夹工件的方法一般适合工件尺寸较大、工件底面较规则、生产批量较小的情况。使用压板装夹工件时，应注意以下几个问题：

- 1) 装夹工件时，要注意确定基准边的位置，并用千分表进行找正。
- 2) 加工通孔时，在工件底面要垫上等高垫铁，并要注意垫铁的位置，防止在加工时加工到垫铁。
- 3) 编程时，要考虑压板的位置，避免加工时碰到压板。当工件的整个上面或四周都需要加工时，可采用“倒压板”的方式进行加工，即先将压板附近的表面留下暂不加工，加工

其他表面。其他表面加工完成后，在保证原压板不松开的情况下，在已加工过的表面上再加一组压板并夹紧(为防止加工表面划伤，可在压板下面垫上铜皮)，然后卸掉原压板，加工剩余表面。

4)压板的位置要和垫铁的位置上下一一对应，以防止工件变形。

(3)用组合夹具和专用夹具装夹工件

采用组合夹具和专用夹具装夹工件的方法适合生产批量较大的情况。合理地设计、利用组合夹具和专用夹具，可大大地提高生产效率和提高加工精度。

刀具

数控铣床上所采用的刀具要根据被加工零件的材料、几何形状、表面质量要求、热处理状态、切削性能及加工余量等，选择刚性好、耐用度高的刀具。

1. 常见刀具

常用铣刀如图 2-1-18 所示，可转位刀片机夹式铣刀如图 2-1-19 所示。

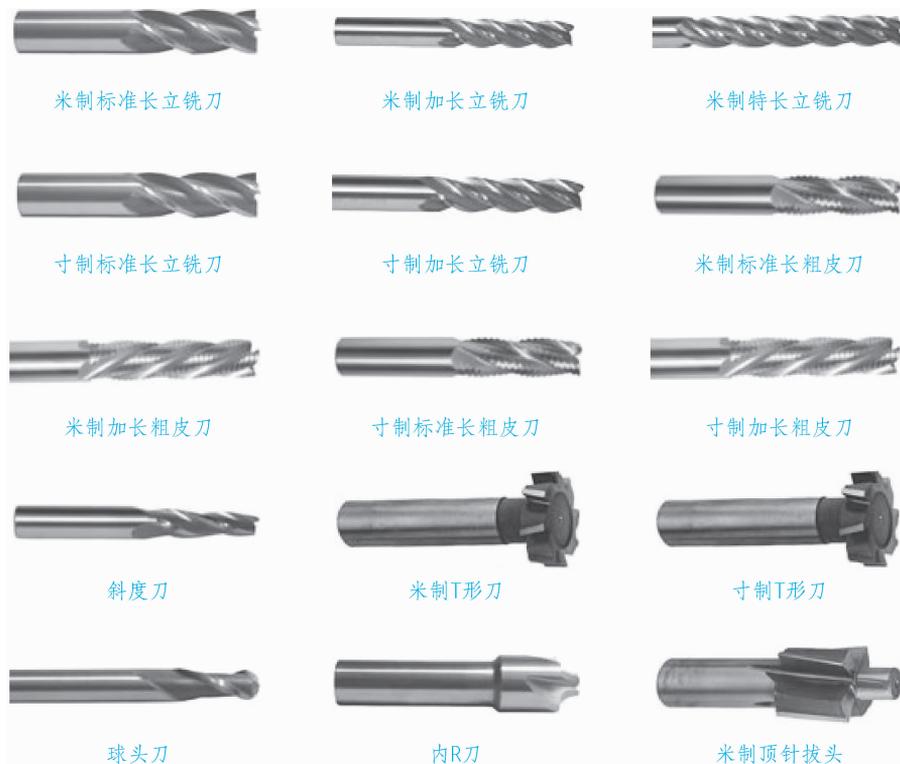


图 2-1-18 常用铣刀

不同形状铣刀的加工部位和加工范围也各不相同。图 2-1-20 所示为各铣刀的作业对象。

孔加工时，可采用钻头、镗刀等孔加工类刀具，如图 2-1-21 所示。



图 2-1-19 可转位刀片机夹式铣刀

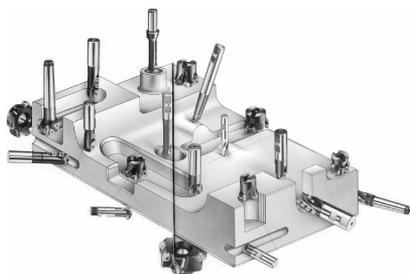


图 2-1-20 各铣刀的作业对象

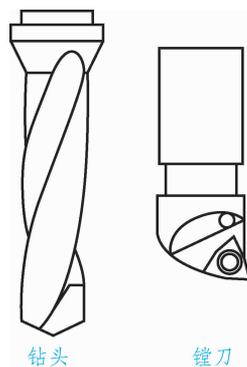


图 2-1-21 孔加工刀具

2. 铣刀的结构

铣刀一般由刀片、定位元件、夹紧元件和刀体组成。由于刀片在刀体上有多种定位与夹紧方式，刀片定位元件的结构又有不同类型，因此铣刀的结构形式有多种，分类方法也较多。选用时，主要根据刀片排列方式分为平装结构(刀片径向排列)和立装结构(刀片切向排列)两大类。

(1) 平装结构

平装结构铣刀(图 2-1-22)的刀体结构工艺性好，容易加工，并可采用无孔刀片(刀片价格较低，可重磨)。由于需要夹紧元件，刀片的一部分被覆盖，容屑空间较小，且在切削力方向上的硬质合金截面较小，故平装结构铣刀一般用于轻型和中量型的铣削加工。

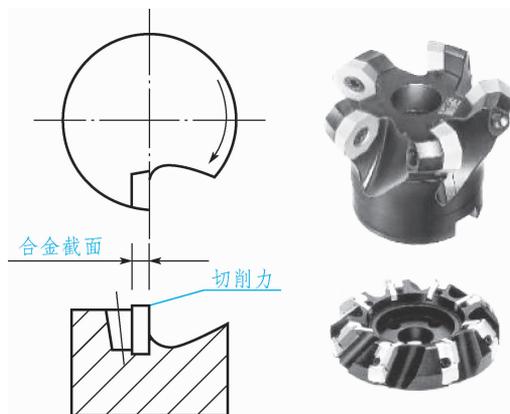


图 2-1-22 平装结构铣刀

(2) 立装结构

立装结构铣刀(图 2-1-23)的刀片只用一个螺钉固定在刀槽上，结构简单，转位方便。虽然刀具零件较少，但刀体的加工难度较大，一般需用五坐标加工中心进行加工。由于刀片采用切削力夹紧，夹紧力随切削力的增大而增大，因此可省去夹紧元件，增大了容屑空间。由于刀片切向安装，在切削力方向的硬质合金截面较大，因而可进行大切深、大走刀

量切削，这种铣刀适用于重型和中量型的铣削加工。

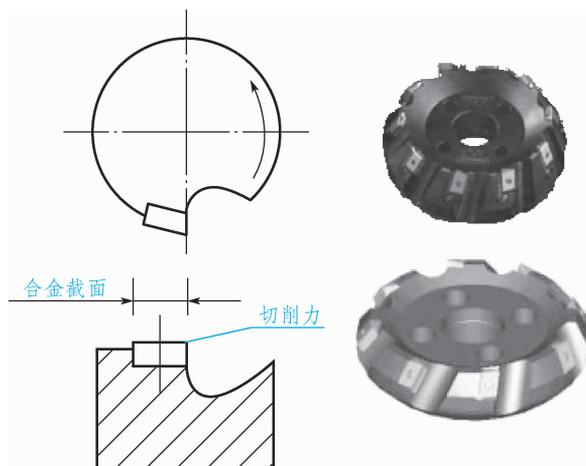


图 2-1-23 立装结构铣刀

3. 铣刀的齿数(齿距)

图 2-1-24 为不同齿数立铣刀示意图，铣刀齿数多，可提高生产效率，但受容屑空间、刀齿强度、机床功率及刚性等的限制，不同直径的铣刀的齿数均有相应规定。为满足不同用户的需要，同一直径的铣刀一般有粗齿、中齿、密齿三种类型。



图 2-1-24 不同齿数立铣刀

1)粗齿铣刀：适用于普通机床的大余量粗加工和软材料或切削宽度较大的铣削加工；当机床功率较小时，为使切削稳定，也常选用粗齿铣刀。

2)中齿铣刀：通用系列，使用范围广泛，具有较高的金属切除率和切削稳定性。

3)密齿铣刀：主要用于铸铁、铝合金和有色金属的大进给速度切削加工。在专业化生产(如流水线加工)中，为充分利用设备功率和满足生产节奏要求，也常选用密齿铣刀(此时多为专用非标铣刀)。

为防止工艺系统出现共振，使切削平稳，还有一种不等分齿距铣刀。例如，WALTER 公司的 NOVEX 系列铣刀均采用了不等分齿距技术。在铸钢、铸铁件的大余量粗加工中建议优先选用不等分齿距的铣刀。

4. 刀片的牌号

合理选择硬质合金刀片牌号的主要依据是被加工材料的性能和硬质合金的性能。一般选用铣刀时，可按刀具制造厂提供加工的材料及加工条件来配备相应牌号的硬质合金刀片。

由于各厂生产的同类用途硬质合金的成分及性能各不相同，硬质合金牌号的表示方法也不同，为方便用户，国际标准化组织规定，切削加工用硬质合金按其排屑类型和被加工材料分为三大类：P 类、M 类和 K 类。根据被加工材料及适用的加工条件，每一类又分为若干组，用两位阿拉伯数字表示，每类中数字越大，其耐磨性越低，韧性越高。

P 类合金(包括金属陶瓷)用于加工产生长切屑的金属材料，如钢、铸钢、可锻铸铁、不锈钢、耐热钢等。其中，组号越大，则可选用越大的进给量和切削深度，而切削速度则应越小。

M 类合金用于加工产生长切屑和短切屑的黑色金属或有色金属，如钢、铸钢、奥氏体不锈钢、耐热钢、可锻铸铁、合金铸铁等。其中，组号越大，则可选用越大的进给量和切削深度，而切削速度则应越小。

K 类合金用于加工产生短切屑的黑色金属、有色金属及非金属材料，如铸铁、铝合金、铜合金、塑料、硬胶木等。其中，组号越大，则可选用越大的进给量和切削深度，而切削速度则应越小。

上述三类合金切削用量的选择原则表 2-1-9 所示。

表 2-1-9 P、M、K 类合金切削用量的选择原则

合金类型	P01	P05	P10	P15	P20	P25	P30	P40	P50
	M10	M20	M30	M40					
	K01	K10	K20	K30	K40				
进给量	—————→ (坐标方向)								
背吃刀量	—————→ (坐标方向)								
切削速度	←———— (坐标方向)								

各厂生产的硬质合金虽然有各自编制的牌号，但都有对应国际标准的分类号，选用十分方便。

刀具的安装

数控铣床/加工中心上用的立铣刀和钻头大多采用弹簧夹套安装在刀柄上的，刀柄由主柄部、弹簧夹套、夹紧螺母组成，如图 2-1-25 所示。数控铣削用刀柄种类繁多，如图 2-1-26 所示。



图 2-1-25 刀柄的结构



图 2-1-26 各种刀柄及夹套等

铣刀的装夹顺序如下：

- 1) 把弹簧夹套装置在夹紧螺母中。
- 2) 将刀具放进弹簧夹套内。
- 3) 将刀具整体放到与主刀柄配合的位置，并用扳手将夹紧螺母拧紧使刀具夹紧。
- 4) 将刀柄安装到机床的主轴上。

由于铣刀使用时处于悬臂状态，在铣削加工过程中，有时可能出现立铣刀从刀夹中逐渐伸出，甚至完全掉落，致使工件报废的现象，其一般是因为刀夹内孔与立铣刀刀柄外径之间存在油膜，造成夹紧力不足所致。立铣刀出厂时通常都涂有防锈油，如果切削时使用非水溶性切削油，弹簧夹套内孔也会附着一层雾状油膜，当刀柄和弹簧夹套上都存在油膜时，弹簧夹套很难牢固夹紧刀柄，导致立铣刀在加工中容易松动掉落。所以在装夹立铣刀前，应先将立铣刀柄部和弹簧夹套内孔用清洗液清洗干净，擦干后再进行装夹。

当立铣刀的直径较大时，即使刀柄和刀夹都很清洁，还是可能发生掉刀事故，这时应选用带削平缺口的刀柄和相应的侧面锁紧方式。

立铣刀夹紧后可能出现的另一个问题是，加工中立铣刀在刀夹端口处折断，其原因一般是刀夹使用时间过长，刀夹端口部已磨损成锥形。



想一想：

夹具的种类和铣刀的种类分别有哪些？



提示：

被加工零件的几何形状是选择刀具类型的主要依据：

加工曲面类零件时，为了保证刀具切削刃与加工轮廓在切削点相切，而避免刀刃与工件轮廓发生干涉，一般采用球头刀，粗加工用两刃铣刀，半精加工和精加工用四刃铣刀；铣较大平面时，为了提高生产效率和提高加工表面粗糙度，一般采用刀片镶嵌式盘形铣刀；铣小平面或台阶面时一般采用通用铣刀；铣键槽时，为了保证槽的尺寸精度，一般用两刃键槽铣刀；孔加工时，可采用钻头、镗刀等孔加工类刀具。

任务实施

在加工程序执行前，调整每把刀的刀位点，使其尽量重合某一理想基准点，这一过程称为对刀。

对刀操作

对刀的目的是通过刀具或对刀工具确定工件坐标系与机床坐标系之间的空间位置关系，并将对刀数据输入相应的存储位置。对刀是数控加工中最重要的工作内容，其准确性直接影响零件的加工精度。对刀分为 X、Y 向对刀和 Z 向对刀。

1. 对刀方法

根据现有条件和加工精度要求选择对刀方法，可采用试切法、寻边器对刀、机内对刀仪对刀、自动对刀等。其中试切法的对刀精度较低，加工中常用寻边器和 Z 轴设定器对刀，效率高，能保证对刀精度。

2. 对刀工具

(1) 寻边器

寻边器主要用于确定工件坐标系原点在机床坐标系中的 X、Y 值，也可以测量工件的简单尺寸。

寻边器有偏心式和光电式等类型，如图 2-1-27 所示，其中以偏心式较为常用。偏心式寻边器的测头一般为 10 mm 和 4 mm 两种的圆柱体，用弹簧拉紧在偏心式寻边器的测杆上。光电式寻边器的测头一般为 10 mm 的钢球，用弹簧拉紧在光电式寻边器的测杆上，碰到工件时可以退让，并将电路导通，发出光信号。通过光电式寻边器的指示和机床坐标位置可得到被测表面的坐标位置。

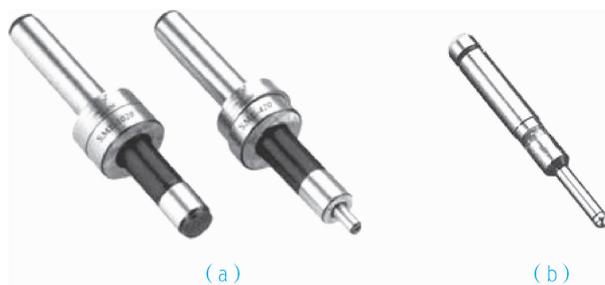


图 2-1-27 寻边器
(a) 偏心式；(b) 光电式

(2) Z 轴设定器

Z 轴设定器主要用于确定工件坐标系原点在机床坐标系的 Z 轴坐标，或者说是确定刀具在机床坐标系中的高度。

Z 轴设定器有光电式和指针式等类型，如图 2-1-28 所示。通过光电指示或指针判断刀

具与对刀器是否接触，对刀精度一般可达 0.005 mm 。Z 轴设定器带有磁性表座，可以牢固地附着在工件或夹具上，其高度一般为 50 mm 或 100 mm 。

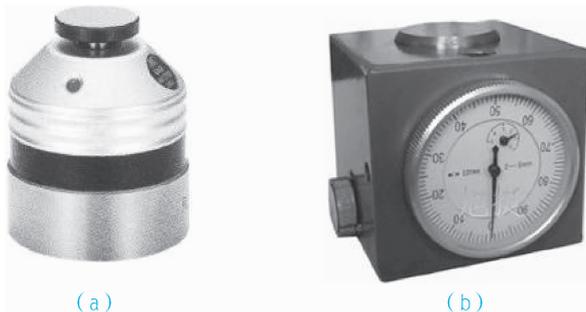


图 2-1-28 Z 轴设定器

(a)光电式；(b)指针式

对刀实例

已精加工过的零件毛坯如图 2-1-29 所示，采用寻边器对刀，其详细步骤如下：

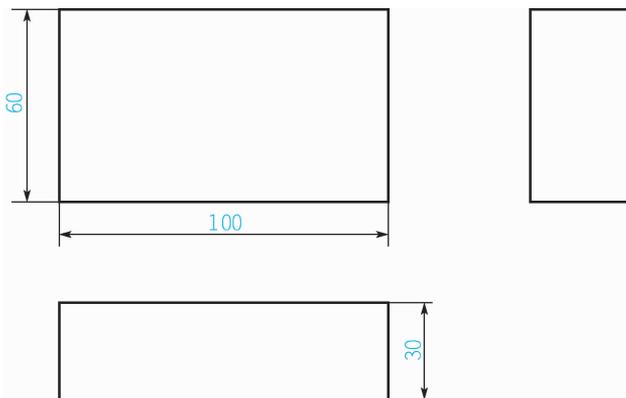


图 2-1-29 $100\text{ mm} \times 60\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的毛坯

1. X、Y 向对刀

1) 将工件通过夹具装在机床工作台上，装夹时，工件的四个侧面都应留出寻边器的测量位置。

2) 快速移动工作台和主轴，让寻边器测头靠近工件的左侧。

3) 改用手轮操作，让测头慢慢接触工件左侧，直到目测寻边器的下部侧头与上固定端重合，将机床坐标设置为相对坐标值显示，按 MDI 面板上的 X 键，然后按 INPUT 键，此时当前位置 X 坐标值为 0。

4) 抬起寻边器至工件上表面之上，快速移动工作台和主轴，让测头靠近工件右侧。

5) 改用手轮操作，让测头慢慢接触工件右侧，直到目测寻边器的下部侧头与上固定端重合，记下此时机械坐标系中的 X 坐标值，若测头直径为 10 mm ，则坐标显示为 110.000 。

6) 提起寻边器，然后将刀具移动到工件的 X 中心位置，中心位置的坐标值为

$110.000/2=55$ ，然后按 X 键，再按 INPUT 键，将坐标设置为 0，查看并记下此时机械坐标系中的 X 坐标值。此值为工件坐标系原点 W 在机械坐标系中的 X 坐标值。

7)同理可测得工件坐标系原点 W 在机械坐标系中的 Y 坐标值。

2. Z 向对刀

1)卸下寻边器，将加工所用刀具装上主轴。

2)准备一支直径为 10 mm 的刀柄(用以辅助对刀操作)。

3)快速移动主轴，让刀具端面靠近工件上表面以于 10 mm，即小于辅助刀柄直径。

4)改用手轮微调操作，在工件上表面与刀具之间的地方平推辅助刀柄，一边用手轮微调 Z 轴，直到辅助刀柄刚好可以通过工件上表面与刀具之间的空隙，此时的刀具断面到工件上表面的距离为一把辅助刀柄的距离，即 10 mm。

5)在相对坐标值显示的情况下，将 Z 轴坐标清零，将刀具移开工件正上方，然后将 Z 轴坐标向下移动 10 mm，记下此时机床坐标系中的 Z 值，此值为工件坐标系原点 W 在机械坐标系中的 Z 坐标值。

3. 输入数据

将测得的 X、Y、Z 值输入机床工件坐标系存储地址中(一般使用 G54~G59 代码存储对刀参数)。

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 2-1-10 所示的“数控铣床刀具安装与对刀操作评价表”。

表 2-1-10 数控铣床刀具安装与对刀操作评价表

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	
数控铣床的启动和停止	20				
数控铣床毛坯的装夹	25				
刀具的安装	10				
对刀方法	10				
刀具补偿值的输入和修改	15				
程序自动运行	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

1. 试切练习

在学生掌握一些基本操作后，有意识增加学生的试切练习，主要目的是使他们在加工过程中做好心理准备；加强对加工精度和加工尺寸的一些数值的理解，培养实际的眼观、手感，这对提高学生在加工过程中处理实际问题的能力也有一定的益处。

通过简单的试切，让学生对加工工艺参数在一定的范围进行调整，以对数控加工工艺有初步的了解。

试切练习的主要内容如下：

1) 利用手轮缓慢加工工件，逐步增加切削深度和加快手轮速度，并多次调整主轴转速(规定的范围内)，进行平面加工，观察、记录并对比不少于 10 个不同的工艺参数对工件表面的影响；加工 100 mm×100 mm 的正方形，以对刀具补偿有初步的认识。

2) 利用 MDI 方式编制简单程序进行加工，如加工直线、斜线、圆弧，配合倍率开关进行加工工艺参数的调整；使用不同的编程方式(绝对值与增量值编程)、不同的坐标系，以及不同的刀补，进行单个工序加工，在每个工序之间要求学生测量一下其结果。

2. 对刀练习

在掌握对刀的方法和建立坐标系的基础上，通过对刀的培训反复练习，养成在操作中的良好习惯，消除一些错误的动作，树立安全操作的观念，应做到心、眼、手的协调，动作做到快慢有序。

为反映实际对刀精度要求，学生在完成对刀并建立好坐标系后，重新换一把刀具或有意识重新装夹一次刀具，然后重复对刀过程，将第二次对刀确定的坐标系数值与第一次进行比较。

任务拓展

阅读材料一——手动操作要领

通过本任务，我们学习了数控铣床的刀具系统，掌握了刀具的选用、装卸与调试，还进行了手动铣削操作及对刀练习。

在刀具移动距离较大时，一般先用手动方式；在刀具移动距离较小时，可用增量点动方式。接近工件时则应该用手轮方式。

要求如下：

- 1) 明确正负方向，切勿弄错方向。
- 2) 能正确进行脉冲当量的切换。
- 3) 手轮的手感与刀具的移动速度必须匹配。
- 4) 手轮在接近工件时应以最小的移动量操作，主要用在对刀练习。

在广泛使用数控设备的今天，实现自动加工，对产品的质量保证大大提高，然而对于数控操作工来说，对刀过程和技巧是最基本的也是最重要的环节，也是更换刀具后保证产品表面质量的重要保证，是衡量一个操作工的操作水平的重要方面。

对刀的两个主要目的：建立工件坐标系和加工刀具与基准刀的刀补。

阅读材料二——顺铣与逆铣

在铣削加工中，根据铣刀的旋转方向和切削进给方向之间的关系，可以分为顺铣和逆铣两种。如果当铣刀的旋转方向和工件的进给方向相同，则称为顺铣；如果铣刀的旋转方向与工件的进给方向相反，则称为逆铣。

顺铣消耗的功率要比逆铣小，在同等切削条件下，顺铣的消耗功率要低 5%~15%，同时顺铣更加有利于排屑。一般应尽量采用顺铣法加工，以降低被加工零件的表面粗糙度，保证尺寸精度。当在切削面上有硬质层、积渣，以及工件表面凹凸不平较显著时，如加工锻造毛坯，应采用逆铣法。

顺铣时，切削由厚变薄，刀齿从未加工表面切入，对铣刀的使用有利。逆铣时，铣刀刀齿接触工件后不能马上切入金属层，而是在工件表面滑动一小段距离，在滑动过程中，由于强烈的摩擦，就会产生大量的热量，同时在待加工表面易形成硬化层，降低了刀具的耐用度，影响工件的表面粗糙度，给切削带来不利。另外，逆铣时，由于刀齿由下往上（或由内往外）切削，且从表面硬质层开始切入，刀齿受很大的冲击负荷，铣刀变钝较快，但刀齿切入过程中没有滑移现象，切削时工作台不会窜动。

对于逆铣和顺铣，因为切入工件时的切削厚度不同，刀齿和工件的接触长度不同，所以铣刀磨损程度不同。实践表明：顺铣时，铣刀耐用度比逆铣时提高 2~3 倍，表面粗糙度也可降低，但顺铣不宜用于铣削带硬皮的工件。