

目录

前 言.....	I
《机床操作与编程基础》培训标准与考核标准.....	I
《机床操作与编程基础》培训内容及工时安排.....	III
第一章 50 系统基础知识.....	1
1.1 50 系统基础操作.....	1
1.1.1 开机.....	1
1.1.2 基本按键的功能.....	1
1.1.3 MCP 面板.....	1
1.1.4 机床操作实例说明.....	5
1.2 50 系统基础应用常见报警处理.....	8
1.2.1 刀具编号.....	8
1.2.2 刀具编号冲突.....	8
1.2.3 刀库无法推出.....	9
1.2.4 程序无法启动.....	9
1.2.5 润滑泵报警.....	9
1.2.6 气源压力报警.....	9
1.2.7 主轴锁住和释放.....	10
1.3 常用 G 代码编程.....	10
1.3.1 基础程序.....	10
1.4 程序逻辑语言.....	17
1.4.1 宏程序简介.....	17
1.4.2 常用逻辑语句使用方式.....	17
第二章 刀具装夹介绍.....	21
2.1 弹簧夹头及刀柄型号.....	21
2.2 BT30 刀柄、HSK32 刀柄上下刀具的操作规范.....	22
2.2.1 上刀前检查内容.....	22
2.2.2 上刀具基本过程.....	22
2.2.3 下刀具基本过程.....	26

2.2.4 注意事项.....	27
2.3 ISO25、ISO20 刀柄上下刀具的操作规范.....	27
2.4 加工前注意事项.....	28
第三章 百分表/千分表的使用方法.....	29
3.1 百分表/千分表的介绍.....	29
3.2 杠杆千分表的结构及特点.....	30
3.2.1 杠杆千分表的结构.....	30
3.2.2 杠杆千分表的特点.....	31
3.3 杠杆千分表的使用方法.....	31
3.3.1 使用前的准备工作.....	31
3.3.2 杠杆千分表的装卡.....	32
3.3.3 测量.....	32
3.3.4 读数.....	35
3.4 杠杆千分表的使用注意事项.....	36
3.5 杠杆千分表的维护和保养.....	36
第四章 机床坐标系与工件坐标系.....	38
4.1 精雕机的坐标系统.....	38
4.1.1 参考点.....	38
4.1.2 机床零点.....	38
4.1.3 坐标系.....	38
4.2 工件原点.....	39
4.2.1 工件坐标系的“原点”.....	40
4.2.2 输出原点——定义工件坐标系的原点.....	41
4.2.3 为什么要定义刀具路径的原点.....	42
4.2.6 原点的确定.....	42
4.3 如何在加工中定义工件原点.....	43
4.3.1 常见工件 X、Y 轴原点的定义.....	43
4.3.2 常见工件 Z 轴原点的定义.....	43
第五章 刀库与刀具.....	45
5.1 定义.....	45

5.2 刀库的主要技术指标.....	45
5.2.1 换刀时间的定义.....	45
5.2.2 刀具最大直径.....	46
5.3 常用的几种刀库简介.....	46
5.3.1 直排式刀库.....	46
5.3.2 伞式刀库.....	46
5.3.3 伺服伞式刀库.....	47
5.3.4 圆盘式刀库.....	47
5.3.5 链式刀库.....	48
5.4 刀库使用中的注意事项.....	49
5.4.1 大盘刀的使用.....	49
5.4.2 测头的使用.....	49
5.4.3 机械手发生卡刀时，要严格按照流程处理.....	49
5.5 刀具.....	49
第六章 G 代码编程.....	53
实例 1 标准件 1-G 代码编程及加工、二维绘图指南.....	53
6.1 标准件 1 二维图.....	53
6.2 编程准备工作.....	56
6.3 手动编程.....	58
6.4 机床加工准备工作及程序调试.....	68
6.5 标准件 1-G 代码加工.....	68
6.6 验收与总结.....	73
第七章 Surfmill 编程及加工.....	75
实例 1 卡钳刀爪座-Surfmill 编程及加工指南.....	75
7.1 编程及加工的前提条件.....	75
7.2 卡钳刀爪座造型指南.....	75
7.3 加工及编程过程.....	83
7.4 参考编程方式.....	87
7.5 “卡钳刀爪座”验收与总结.....	88
第八章 常见错误汇总.....	91

一、Z 向未回到安全高度，导致主轴与工件/工装碰撞.....	91
二、寸动模式下控制主轴运动超过安全范围.....	91
三、台钳/工件安装位置太过边缘，导致机床损坏.....	92
四、毛坯定义过大导致工装或台钳被铣.....	92
五、未进行手轮试切导致工件报废.....	93
六、手轮操作不当.....	93
七、按键按错.....	94
八、刀具补偿错误.....	94
九、盘刀的使用.....	96
附录 1. 50 系统培训手册.....	98
附录 2. Surfmill6.0 在 50 系统中的应用.....	99
附录 3. Surfmill 快速入门.....	99
附录 4. 刀具和刀具库.....	99
附录 5. 正确使用刀具和鉴别刀具.....	100

前言

《机床操作与编程基础》培训标准与考核标准

工作类别	工作内容	相关知识	考核标准	考核方式
加工准备	读图与绘图	二维识图，并使用 SurfMi117.0 绘图（自己练习）。	掌握 SurfMi117.0 软件的应用。	按照绘图数量和准确性记成绩
	制定加工工艺	加工简单零件步骤，即一个完整产品的加工顺序的制定（讲解）。	了解工艺规划流程。	笔试+实操
	机床操作	50 系统精雕机操作讲解、分中、对刀仪使用、百分表/千分表的使用、分中棒的使用。	掌握 50 系统机床基础操作及相关工具应用技能，能够独立完成加工任务。	
	零件定位与装夹	（1）夹具的功能讲解。 （2）通用夹具、组合夹具和专用夹具的使用、调整方法讲解。 （3）专用夹具的设计方向讲解。	能够正确选择和使用通用夹具。	
刀具准备	（1）刀具种类及应用范围讲解。 （2）刀具的避空知识讲解。 （3）刀具材质及相关加工位置讲解。	（1）能够辨别常用刀具。 （2）能够根据加工材料及形状的特点，选择常用加工刀具（如球刀或平底刀）。 （3）熟悉刀具的避空方法。		
数控编程	软件编程	SurfMi117.0 2.5 轴加工组编程（讲解）。	能够掌握 2.5 轴加工软件编程方法，编制一款外形简单零件程序。	笔试+实操
	G 代码编程	（1）加工程序格式讲解。 （2）常用 G 代码功能讲解。 （3）固定循环和子程序的编程方法讲解。	（1）熟悉常用 G 代码指令手工编制简单形状零件加工程序。 （2）了解常用循环指令编制加工程序。 （3）掌握以子程序的形式编程。	
	加工模拟	（1）软件加工模拟方法讲解。 （2）2.5 轴加工工件避让作用讲解（具体使用方法在 2.5 轴加工中可以暂时不讲）。	掌握 SurfMi117.0 对程序进行加工模拟，检查程序正确性。	
零件加工	加工准备	（1）零件的装夹注意事项。 （2）基准的作用及重要性。	（1）熟悉调试夹具并正确装夹零件。	

《机床操作与编程基础》培训标准与考核标准

			(2) 有加工基准的意识。
	螺纹加工	(1) 丝锥的使用方法 G84 公式 F (进给速度) = P (螺距) * S (主轴转速)。 (2) 螺纹铣刀的使用方法及注意事项 (避空)。	(1) 掌握螺纹加工方法。 (2) 能够选择合适的刀具 (丝锥或螺纹铣刀)。
	孔加工	(1) 深孔钻、高速钻、中心钻的区别。 (2) 钻铰镗组合应用讲解。	熟悉针对不同的孔精度, 选择不同的钻孔方式 (钻铰镗组合)。
	零件精度检验	(1) 通用量具使用方法。 (2) 先进检测技术了解。 (3) 加工误差检查分析。	(1) 要有加工精度的意识。 (2) 熟练使用通用量具进行尺寸的测量。 (3) 能进行加工误差检查分析。
刀库使用及一般报警处理	刀库	直取式、机械手式刀库的不同及使用区别。	掌握直取式和机械手式刀库使用方法。
	报警故障处理	50 系统一般报警调试方法、如气压低、润滑泵、刀库卡刀、制冷机、电网电压报警等。	熟悉解决 50 系统常见报警的方法。

《机床操作与编程基础》培训内容及工时安排

任务序号	培训内容	用时	工时计算方法	备注
1	机床操作、打表分中--讲课	1 天	讲课工时=全工时	
	练习		练习工时=16*(考核成绩/100)	
2	刀库种类、刀库使用、一般报警处理方式、主轴及刀柄型号--讲课	1 天	讲课工时=全工时	工时算法参考《任务工时》、《工时管理规定》
	练习		练习工时=16*(考核成绩/100)	
3	Surfmill 绘图及建模	1 天	参考《任务工时》，按《工时管理规定》计算	《任务工时》和《工时管理规定》在任务公式计算方法中查阅
4	Surfmill 二维编程方法（讲课）	0.5 天	全工时，0.5 小时	
5	Surfmill 编程加工卡钳刀爪座	3 天	参考《任务工时》，按《工时管理规定》计算	
6	总结会	0.5 天	全工时，0.5 小时	针对卡钳刀爪座编程加工
7	G 代码编程、主程序、子程序应用（讲课）	0.5 天	全工时，0.5 小时	
8	例行讨论会及大扫除	1 天	全工时，8 小时	每周讨论会 2.5 小时+1.5 小时大扫除=4 小时。两周共计 8 小时。
9	G 代码编程加工槽轮	2 天	参考《任务工时》，按《工时管理规定》计算	
10	总结会	0.5 天	全工时，0.5 小时	针对槽轮编程加工
11	考核	1 天	不算工时	
总计		12 天		

第一章 50 系统基础知识

1.1 50 系统基础操作

1.1.1 开机

我们从开机开始学习，旋转凸轮旋钮指向上电位置，旋转主机电源钥匙开启电脑，点击 EN3D8 图标进入 50 系统控制界面。接下来必需要进行以下两步操作：

- (1) 回机床参考点，可以选择点击 ALL 所有轴回原点；
- (2) 主轴定向；
- (3) 刀库回零。此时机床指示灯黄灯亮起。

经过以上步骤之后设备才可以正常运行。

1.1.2 基本按键的功能

- (1) POS 位置坐标显示相对、绝对和机床坐标界面。
- (2) PROG 程序界面可以在“文本”内打开加工文件并进行编辑，“图形”选项可以预览“文本”所打开文件的加工区域；“检查”可以在加工过程中显示程序的行号、加工位置、转速和进给速度等信息；MDI：又称手动数据输入模块，此模块与下面的 MDI 按键同时使用。
- (3) SET 坐标系和刀长补偿设置界面。
- (4) HELP 帮助界面。
- (5) SYS 系统界面 用来设置设备的机械和运动参数。
- (6) MSG “信息”界面 显示设备的报警信息。
- (7) EXT 显示”扩展“界面。
- (8) 空白键为扩展功能。
- (9) RESET 复位键可以使程序重新开始或者取消错误报警等。

此面板的其他按键如 F1-F10，CF1-CF8，E0-E9 都是相应的快捷键，字母按键和普通电脑键盘使用方法相同。











1.1.3 MCP 面板

MCP 面板如图 1-1 所示。



图 1-1

1.1.3.1 第一组

- (1) 自动冷却: 此功能开启时，如果程序中出现 M07、M08 时，机床会自动执行相关的冷却命令。如果该按键没有被开启，则程序中 M07、M08 指令将被跳过不执行。
- (2) 油冷: 该功能键被按下，冷却开启，机床会有冷却液喷出。再按此键，冷却液停止。
- (3) 气冷: 该功能键被按下，气冷开启，机床会有气体吹出。再按此键，气冷停止。
- (4) 润滑: 对丝杠导轨进行润滑。
- (5) 拉刀/松刀: 在手动方式下，按下“拉刀/松刀”按键的同时，可对主轴刀具进行装卸。注意此时主轴转速必须为零,否则严禁用手去触碰刀柄。关于手动方式后续会说明。
- (6) 正压吹气: 正压吹气系统能够防止油雾和粉尘等进入主轴内部。进入加工系统，必须开启“正压吹气”按键，否则将无法进行加工。
- (7) 照明: 控制机床加工区域照明灯的开与关。
- (8) 安全门锁: 按键指示点亮时，证明机床门处于关闭状态，再按此键，机床门才可以打开。
- (9) 冲洗泵: 按下此按键可对机床内废屑进行冲洗；
- (10) 刀库推出: 按下此键将刀库推出，且自动定位到主轴当前刀号位置。
- (11) 刀库退回: 按下此键，刀库退回；

1.1.3.2 第二组

(1) 0%~M%为“快速定位倍率按键” 0%为系统默认速度；100%为最高速度倍率；M%的速度取决于进给倍率旋钮。


(2) 主轴定向：主轴旋转并定位到指定角度；


(3) 主轴启动：当主轴启动，指示灯亮起。


(4) 主轴停止：当主轴停止，指示灯亮起。

1.1.3.3 第三组

(1) 步长键:决定“点动”步长大小。刀具移动的最小距离为 1 μ (即 0.001mm)。步长按键分为 4 个等级，分别为 X1 (0.001mm)、X10 (0.01mm)、X100 (0.1mm)、X1000 (1mm)。

(2) 点动：在点动方式下，每按一次方向键，刀具会沿方向键指定的方向移动一定的步长。移动的步长大小由步长键决定。

(3) 寸动：在寸动方式下，持续按下方向键，刀具会沿方向键指定的方向连续移动，松开该方向键，则停止运动。


(4) 手轮：在手轮模式下，只有通过手轮才可以控制机床各轴的移动。

在手轮模式下，通过进给轴选择开关选择要移动的轴，旋转手轮，机床沿相应方向移动，顺时针旋转为正向移动，逆时针旋转为负向移动。

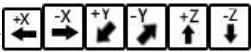
X1 档为手轮旋转一刻度，移动 0.001mm。


X10 档为手轮旋转一刻度，移动 0.01mm。


X100 档为手轮旋转一刻度，移动 0.1mm。

(5) 回参考点：设备各轴返回参考点位置。配合各轴方向键可执行单轴回参考点，配合 ALL 按键可执行所有轴回参考点，


(6) ALL：配合“回参考点”按键同时使用，将所有轴回参考点（即零点）默认回参考点的顺序为 Z-X-Y，为保证安全，Z 轴必须优先，XY 轴顺序可按实际情况排序。

(7) 方向键：控制各轴的的移动方向。


(8) 快速：快速按键与方向键同时开启，为快速移动，可通过快速倍率按键选择相应的移动速度。


(9) 程序启动：在自动工作方式下，按下此键，CNC 开始执行一个加工程序。


1.1.3.4 第四组


(1) 程序运行: 使系统进入自动运行状态, 只有此状态开启, 才可实现对文本程序的启动、暂停等操作。


(2) MDI: 又称手动数据输入, 按下此按键可在 PROG 程序界面_MDI 控制面板上输入程序段并执行该程序。


(3) 编辑: 按下“编辑”按键, 可编辑、检查、修改程序和系统参数。


(4) 程序单段: 按下此按键, 按键指示灯亮起, 系统处于单段运行状态。每按下一次【程序启动】按键, 系统执行一行程序段并暂停, 采用这种方式可对程序及设置进行检查。


(5) 选择停止: 按键指示灯亮起, 系统处于选择停止状态。系统在自动运行方式下, 程序到“M1”指令位置时停止执行, 若没有开启选择停止, 则当遇到 M1 指令时, 程序不会停止。

(6) 程序空运行: 按下此按键, 按键指示灯点亮, 系统处于空运行状态, 通常在编辑加工程序后, 试运行程序时使用; 此时, 机床以系统内部参数设定的恒定进给速度运行而不检查程序中所指定的进给速度。该功能主要用于机床不装夹情况下检查刀具的运行轨迹。通常在编辑加工程序后, 试运行程序时使用

(7) 机床锁住: 按下机床锁住按键, 按键指示灯亮, 系统处于机床锁住执行状态, 该功能常用于加工程序的指令和位移的检查。

(8) MST 锁住: 当按下此按键, M、S、T 代码的指令被锁住不执行。

(9) 手轮试切: 按下此按键, 开始程序加工, 加工运动是由手轮来控制的, 手轮顺时针旋转, 是按照程序指令正向执行; 手轮逆时针旋转, 程序逆向执行。

(10) 程序暂停: 在程序启动状态下, 按下此按键, 程序运行及刀具运行将处于暂停状态, 其他功能如主轴转速、冷却等保持不变, 再次按下【程序启动】按键, 机床重新进入运行状态。

(11) 主轴倍率: 控制主轴转速百分比。



(12) 进给倍率: 控制进给速度百分比。

(13) 急停: 紧急停止, 当加工出现异常或遇到紧急情况时, 应及时按下急停按键, 设备将立即停止所有运动呈报警状态。顺时针旋转急停按键可使急停按键复位, 之后才能进行后

续工作。

1.1.4 机床操作实例说明

1.1.4.1 操作步骤：

(1) 开启加电开关，开启计算机后，在桌面上打开 EN3D8 操作软件，点击操作面板中  按钮，选择  所有轴回参考点，开启正压密封。

(2) 主轴定向，按  键，实现主轴定向功能。


主轴定向的作用：

- ①对测头使用，可以消除测头各向异性，且测头每次使用都需要定向一次。
- ②减小刀具径向跳动，提高的刀具的稳定性。
- ③确保特殊刀具的安全使用，如勾刀的使用。
- ④伞试刀库使用定向避免出现刀库卡死现象。

(3) 刀库回零。

(4) 工件装卡：用治具将工件夹紧。

(5) 建立工件坐标系（分中）。

分中：控制面板 MDI→加载→圆形分中→程序启动→程序遇到 M0→点击手轮模式  →程序运行→已经切换成手轮模式→寻找圆形侧边任意一点位置→控制面板 MDI→程序启动记录第一位置点。重复 5-11 步三次记录三个不同的位置点自动计算出圆心（圆形）。矩形重复四次，记录四个位置点自动计算。

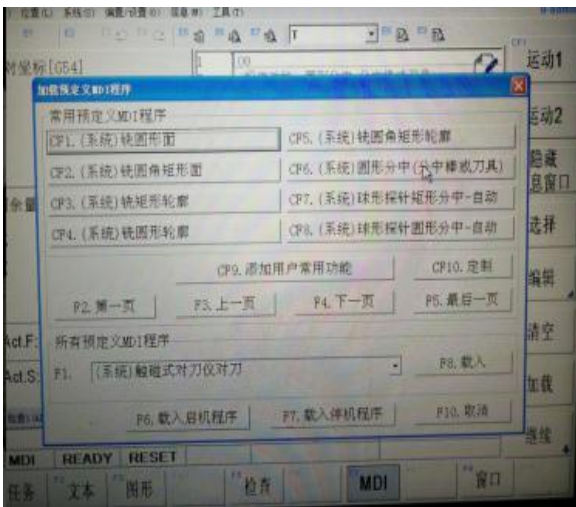


图 1-2

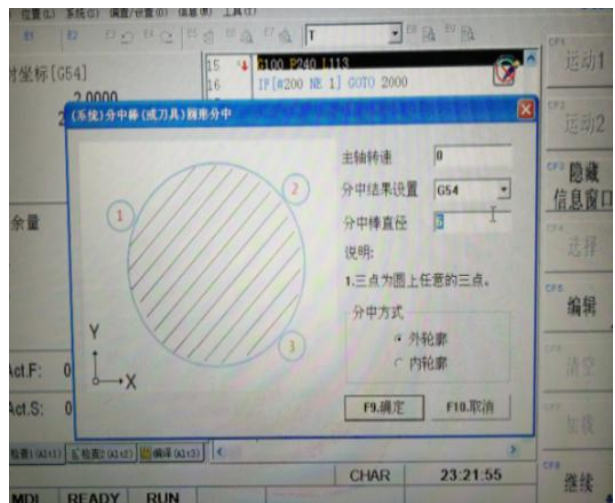


图 1-3

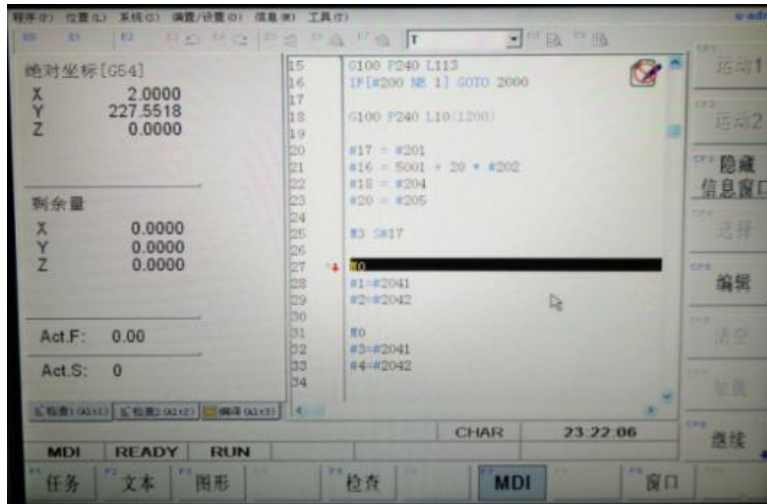







图 1-4

(6) 建立工件 H 补偿

控制面板选择 ，点击 F7 切换到【MDI】界面。在操作面板上选择 ，在 MDI 界面编辑 G90G54G0X0Y0，点击 。机床定位到工件 XY 原点。点击操作面板上的 ，选择 Z 档位刀具向下运动到工件表面对刀。记录当前机床坐标 Z 值为：如-149.380。使用  打开设置/偏置栏，选择【刀具】界面，按照相应的主轴刀号，在外形 (L) 位置填入-149.380，与同行磨损 (H) 处清零，如主轴刀号为 1，数值填写到外形编号 1 位置。

程序 (P)		位置 (L)		系统 (S)		偏置/设置 (Q)		信息 (M)		扩展 (E)	
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8			
		MZ			AZ			+AZ			
编号	外型 (L)	磨损 (H)	外型 (R)	磨损 (D)							
1	-149.3800	0.5000	0.0000	0.0000							
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000							

图 1-5

(7) 对刀

控制面板 MDI→加载→选择对刀程序→首把刀具选择标定（换刀之后无需重复标定）→单把刀对刀→F6 将首把刀具刀长外型 L 设为工件表面→F8 设置对刀位置→弹出对话框选择 F5/F6/F7 设置 XYZ 对刀仪对刀位置（必须以长刀为对刀仪慢下基准，防止扎毁对刀仪）→点

第一章 50 系统基础知识

击手轮→点击程控启动→此时切换到手轮模式→可以设置 XYZ 对刀位置→设置好 XYZ 位置后点击控制面板 MDI→程控启动（运行对刀程序直至结束）。

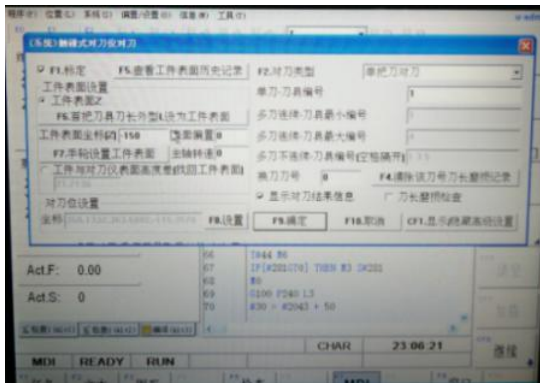


图 1-6

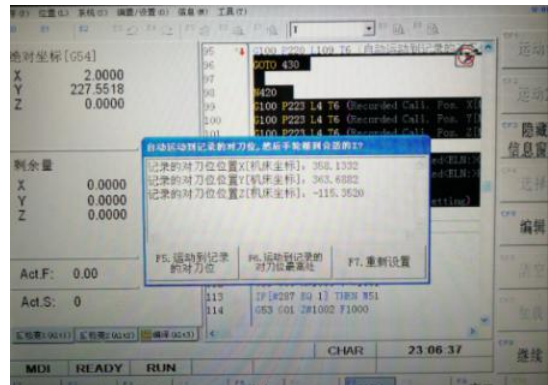


图 1-7

1.1.4.2 调取程序

(1) 程序调入



点击 ，选择  编辑按钮。在【任务】窗口打开已经编辑好的程序。



图 1-8

程序打开完成后，首先检查并修改刀具编号、刀长补偿编号和加工坐标系等参数，然后点击【CF7 编译】对程序进行编译。检查程序中是否存在错误。在视图中观察编辑程序的加工路径是否正确。

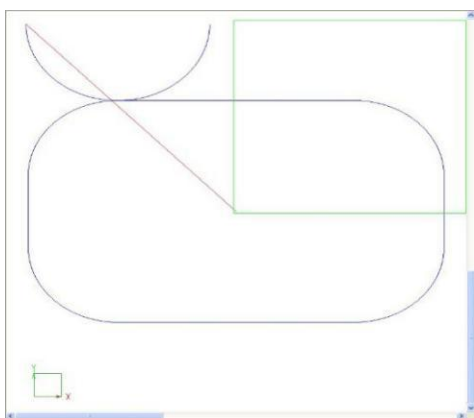













图 1-9

注：如程序出现编辑错误，进行【编译】时将会出现提示。通过不同的视图方式观察刀具路径，初步判断加工程序的编辑和坐标点的设置是正确的。

(2) 手轮试切

按  关闭自动冷却功能。选择  程序运行按键和  手轮试切按键，点击  程序启动。用手轮进行试切。当刀具与工件接触并开始加工，观察剩余量坐标值，等剩余量坐标值第一次为零，第一个路径加工完毕。判断加工程序正常、工件坐标系设置正常。再次点击手轮试切可以进行自动加工。

(3) 自动加工

按  暂停程序、按  选择  Z 轴回参考点或回到 Z 轴安全位置，按  复位键。点击  按钮关闭手轮试切。按  开启自动冷却功能。点击  程序启动，执行自动加工功能。

(4) 加工结束。

1.2 50 系统基础应用常见报警处理

1.2.1 刀具编号

在手动松拉刀之后，主轴刀号会变化，运行程序就会发生报警。解决方法：SYS 系统→PLC →变量→主轴刀号修改成正确是编号即可。


1.2.2 刀具编号冲突

盘式刀库和链式刀库能够实现机械臂快速换刀，刀位号和刀具编号是可以不相对应的，也就是说 1 号刀位放置的有可能是 10 号刀具。在使用过程中手动换刀后，主轴刀号会发生变

第一章 50 系统基础知识

化，如果随意的更改一个主轴刀号，会提示刀号冲突。解决办法：手动更改的主轴刀号不能与其他刀位主轴号重复，并且在有效刀位号范围内。如 VT600 机床，刀位号有 24 个，更改主轴刀具号只能是在 1-24 范围内，并且不能重复使用。

1.2.3 刀库无法推出

原因：（1）主轴距离刀库距离近，刀库没有推出空间（2）刀库未回零点位置（3）未手动模式下  （4）刀具编号错误（5）主轴上和刀库内均有刀或者无刀。

1.2.4 程序无法启动

原因：（1）设备各轴未回零点（2）主轴未定向（3）刀库未回零点（4）正压吹气未开启（5）未选择加工文件（6）主轴未锁住

1.2.5 润滑泵报警

原因：（1）润滑液位低（2）润滑泵堵塞（3）润滑设置时间短，润滑压力还未提升，润滑就结束，造成报警。PLC 取消润滑报警办法：SYS 系统→PLC→外部调试→润滑泵压力改为 0→RESET 复位。



图 1-10

1.2.6 气源压力报警

原因：机床上电后，检测到输入气源压力不足（0.52MPa 以内），就会报警提示。

PLC 取消气源压力报警办法：SYS 系统→PLC→外部调试→气源压力检测改为 0→RESET 复位。

第一章 50 系统基础知识

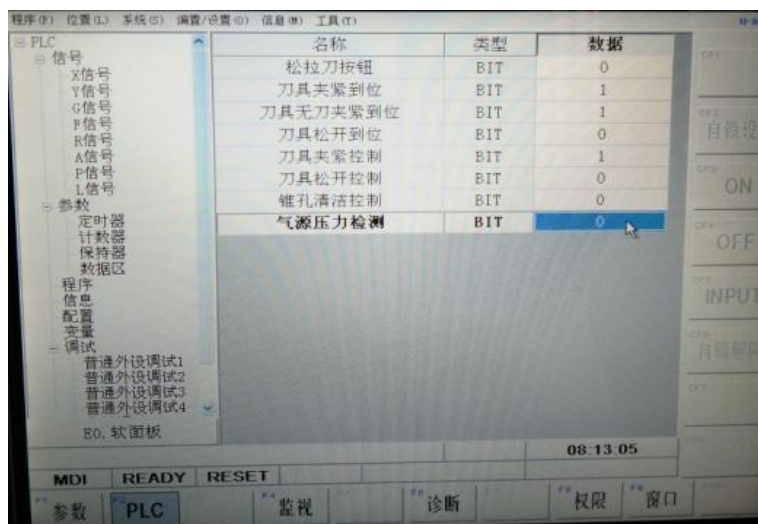


图 1-11

1.2.7 主轴锁住和释放

在手动分中过程中，经常会用刀棒分中，会用手去旋转主轴，粗略判断接近距离，但是精雕自产变频器，在取消主轴定向后，主轴仍然无法手动旋转。解决办法：MDI→输入 G80(取消主轴定向)→手动模式→SYS 系统→PLC→软面板→精雕变频器释放。用完之后再选择精雕变频器锁住即可。

1.3 常用 G 代码编程

50 系统中的运行程序基本都是使用 G 代码的方式控制的，单个 G 代码代表的指令是固定的，通过查表可以得知。简单程序的 G 代码程序是比较直白的，基本上都不会有承上启下的关系，每一行的代码组合在一起，都是只对本行起作用的命令。所以学习起来也是比较简单的，经常使用就能够记住了。

1.3.1 基础程序

例 1：加工一个 100*100 的矩形边框。

O0001 (0001 号主程序)

G91G28Z0 (返回到 Z 初始位置)

G90G40G49G98 (使用绝对坐标，取消刀长补偿，取消半径补偿，固定循环回到初始点)

G21G0G54G17 (选择 G54 坐标原点，XOY 平面，以毫米为单位)

(PATH NAME1 :轮廓切割-关闭)

第一章 50 系统基础知识

T3M6 (更换成 3 号刀具)
(TOOL NAME :[平底]JD-6.00)
(TOP DIAMETER :6)
G90G40G49G54G17 (使用 G54 绝对坐标, 取消刀长补偿, 取消半径补偿, XOY 平面)
S8000M3M8 (主轴正向旋转 8000 转/分, 同时切削液开启)
G0X-50.Y50. (快速运动到绝对坐标点-50,50 位置)
G43Z5.H3 (使用 3 号刀长补偿, Z 下降到安全距离, Z 原点平面以上 5MM 位置)
M98 P5001 (调用 5001 号子程序, 此时进入子程序, 使用子程序内程序控制)
G91G28Z0 (返回到 Z 初始位置)
M5M9 (主轴停转, 切削冷却停止)
M30 (程序结束)

O5001(1_轮廓切割-关闭) (5001 号子程序)
G90 (绝对坐标)
T3M6 (更换成 3 号刀具) (前面带有; 标识的表示程序不执行)
G90G40G49G54G17 (使用 G54 绝对坐标, 取消刀长补偿, 取消半径补偿, XOY 平面)
S8000M3 (主轴正向旋转 8000 转/分)
G0X-50. Y50. Z-0.5(快速运动到绝对坐标点-50, 50 位置, Z 下降到 Z 原点表面以下 0.5MM)
N100G1Z-1. F3000. (行号 N100 可有可无) (使用直线插补以 3000mm/分的速度下降 Z 到原点以下 1mm 位置)
Y-50. (使用直线插补以 3000mm/分的速度移动到-50, -50 位置)
X50. (使用直线插补以 3000mm/分的速度移动到 50, -50 位置)
Y50. (使用直线插补以 3000mm/分的速度移动到 50, 50 位置)
X-50. (使用直线插补以 3000mm/分的速度移动到-50, 50 位置)
G0Z5. (Z 轴快速定位到 Z 原点平面以上 5MM 位置)
M99 (子程序结束/返回主程序)

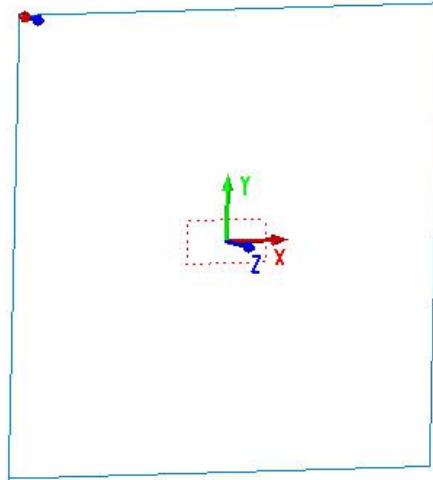


图 1-12

例 2: 加工一条直线, 首点坐标 $(0, 0, 0)$, 末点坐标 $(100, 200, 0)$ 。

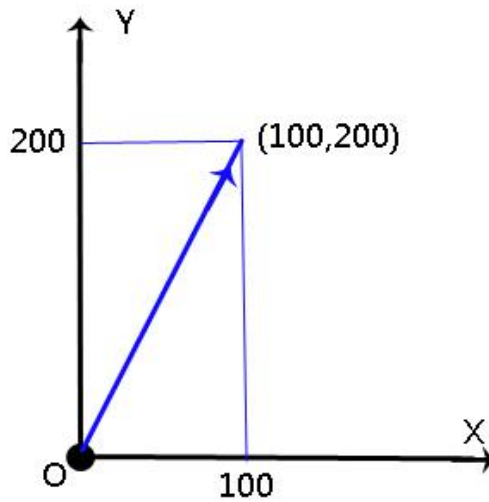


图 1-13

O2

G0 G17 G40 G49 G54 G80 G90 G98

G0X0Y0 (快速运动到 0, 0 点)

S1000M3 (主轴顺时针旋转 1000 转/分)

G1X100Y200F500 (直线插补运动到 100, 200 坐标, 速度是 500mm/分)

M5 (主轴停转)

M30 (程序停止)

例 3: G90 X__Y__Z__; G90 绝对值指令;

G91 X__Y__Z__; G91 增量值指令;

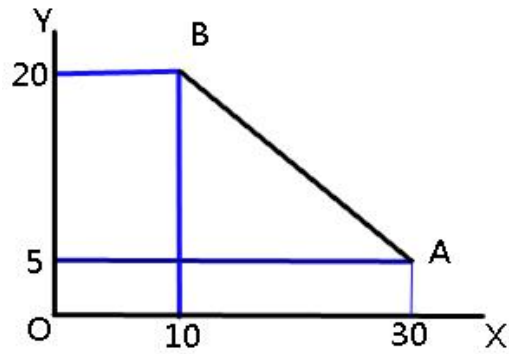


图 1-14

刀具处在 A 点位置时，从 A 点移动到 B 点，

则用绝对值方式编程：G90G01X10Y20（B 点的坐标）

用增量值方式编程：G91G01X-20Y15（相对于 A 点移动的 X 和 Y 移动量）

例 4：圆弧加工

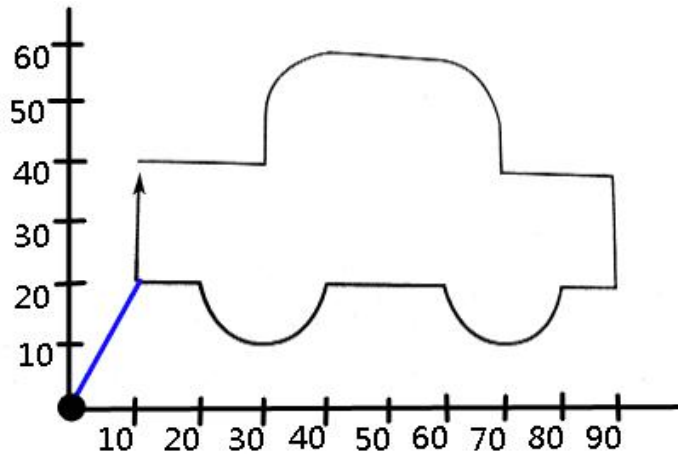


图 1-15

I___指圆弧的起点至圆弧的圆心在 X 轴上的投影（带方向符号）。当圆弧的起点在圆弧的圆心左侧时，I 值为正，反之 I 值为负。正负表示投影方向。

J___指圆弧的起点至圆弧的圆心在 Y 轴上的投影（带方向符号）。当圆弧的起点在圆弧的圆心下侧时。J 值为正，反之 J 值为负。正负表示投影方向。

```

O1
G0 G17 G40 G49 G54 G80 G90 G98
G0 X10 Y20 S500M3
G1 Y40 F100
X30
Y50
    
```

第一章 50 系统基础知识

G2 X40 Y60 I10
G1 X60
G2 X70 Y50 J-10
G1 Y40
X90
Y20
X80
G2 X60 I-10
G1 X40
G2 X20 I-10
G1 X10
G0 X0Y0
M5
M30

例 5：加工出直径 100 的圆。

00001	G2X-55. I-55.
G91G28Z0	X55. I55.
G90G40G49G98	G1G40X55.1 (关闭半径补偿)
G21G0G54G17	G0Z5.
(PATH NAME1 :轮廓切割-外偏)	G91G28Z0
T1M6	M5M9
(TOOL NAME:[平底]JD-10.00)	M30
(TOP DIAMETER:10)	00001
G90G40G49G54G17	G91G28Z0
S5000M3M8	G90G40G49G98
G0X55.1Y-0.	G21G0G54G17
G43Z5. H1	(PATH NAME1 :轮廓切割-内偏)
Z-0.5	T1M6
N100G1Z-1. F3000.	(TOOL NAME:[平底]JD-10.00)
G42D1X55. (开启半径补偿)	(TOP DIAMETER:10)

第一章 50 系统基础知识

G90G40G49G54G17	G3X-45. I-45.
S5000M3M8	X45. I45.
G0X44. 9Y0.	G1G40X44. 9
G43Z5. H1	G0Z5.
Z-0. 5	G91G28Z0
N100G1Z-1. F3000.	M5M9
G42D1X45.	M30

G40 取消刀具半径补偿功能，此功能用来取消 G41，G42 的半径补偿，也可以用 D0 来取消 G41 与 G42，D0 与 G40 具有同样的功效。

X___Y___为直角坐标系中终点坐标。

D___为半径补偿 D 代码。

刀具半径补偿只能跟随在 G0 和 G1 后面进行补偿，不可以直接跟随在 G2 和 G3 后面进行补偿。

第一章 50 系统基础知识

附 G 代码和 M 代码表:

代码	组别	功能	代码	组别	功能	
G00	01	定位	G54	14	选择工件坐标系1	
G01		直线插补	G54.1		选择附加工件坐标系	
G02		圆弧插补/螺旋线插补 CW	G55		选择工件坐标系2	
G03	圆弧插补/螺旋线插补 CCW	G56	选择工件坐标系3			
G04	00	停刀, 准确停止	G57		选择工件坐标系4	
G15	17	取消极坐标指令	G58		选择工件坐标系5	
G17	02	选择XPYP平面	G59	16	选择工件坐标系6	
G18		选择ZPKP平面	G65		00	宏程序调用
G19		选择YPZP平面	G68		16	坐标旋转
G21	毫米制输入	G69	坐标旋转取消			
G22	04	存储的冲程检查功能 ON	G73		09	排屑钻孔循环
G23		存储的冲程检查功能 OFF	G74			左旋攻丝
G27	00	参考位置返回检查	G76	精镗循环		
G28		自动返回至参考位置	G80	固定循环取消/外部操作功能取消		
G29		从参考位置自动返回	G81	钻孔循环		
G30		返回第二、第三、第四参考点	G82	镗镗循环		
G31		跳转功能	G83	排屑钻孔循环		
G37	00	刀具长度自动测定	G84	攻丝循环		
G40	07	刀具半径补偿取消/三维刀具补偿取消	G85	镗孔循环		
G41		左侧刀具半径补偿	G86	镗孔循环		
G42		右侧刀具半径补偿	G87	背镗循环		
G43	08	正向刀具长度补偿	G88	镗孔循环		
G44		负向刀具长度补偿	G89	镗孔循环		
G49	08	刀具长度补偿取消	G90	03		绝对值编程
G50	11	比例缩放取消	G91		增量值编程	
G51		比例缩放有效	G92	00	设定工件坐标系或最大主轴速度	
G50.1	22	可编程镜像取消	G92.1		工件坐标系预置	
G51.1		可编程镜像有效	G98	10	固定循环返回到初始点	
G52	00	局部坐标系设定	G99		固定循环返回到R点	
G53		选择机床坐标系	G100		调用外部功能	
			G104		测头中调用宏程序指令	

图 1-16 50 系统 G 代码表

第一章 50 系统基础知识

指令	功能	指令	功能
M00	程序暂停	M22	中心贯穿冷却剂开
M01	选择停止	M23	中心贯穿空气清洗开
M02	程序结束	M29	攻丝专用
M03	主轴正转	M30	程序结束
M04	主轴反转	M32	润滑开
M05	主轴停止	M33	润滑关
M06	换刀	M34	冷却3开
M07	气冷开	M35	冷却4开
M08	油冷开	M36	程控红灯亮
M09	关冷却	M37	程控黄灯亮
M12	暂停预读	M38	程控对灯、蜂鸣器控制取消
M13	测头开	M39	照明灯开
M14	测头关	M40	照明灯关
M17	对刀仪清洁开(或激光对刀仪开启)	M41	程控蜂鸣器开
M18	对刀仪清洁关(或激光对刀仪关闭)	M98	子程序调用
M19	主轴定向	M99	子程序调用取消
M20	自动门开		
M21	自动门关		

图 1-17 50 系统 M 代码表

1.4 程序逻辑语言

1.4.1 宏程序简介

常用 G 代码程序在理解上是比较简单的，能够知道代码的涵义就能够读懂，而且 Surfmill 软件输出的程序格式基本如此（程序头和程序为的格式是固定的），50 系统将光标放置在相应代码位置也会提示代码所代表的含义，经常使用就能够清楚了。另外还有一种使用变量进行算术运算、逻辑运算和函数混合运算的逻辑语言程序，即我们所讲的宏程序。

在宏程序语句中，使用控制指令的类型有条件转移、重复执行；下面介绍精雕 50 系统中常用的 Basic 语言表达方式。

1.4.2 常用逻辑语句使用方式

1.4.2.1 无条件转移 GOTOn

GOTOn (n 为顺序号, 1——99999)。

例: GOTO10 为转移到 N10 程序段。

1.4.2.2 条件转移: (IF 语句)

IF [条件表达式] GOTOn



图 1-18

1) 如果条件表达式的条件得以满足，那么执行程序行号为 n 的相应操作，程序行号 n 可以由变量或表达式替代。

2) 如果表达式中的条件未满足，则顺序执行下一段程序。

3) 如果程序做无条件转移，则条件部分可以被省略。

例 1: 计算数值 1 到 10 的整数总和。

O1000

#1=0 (存储和变量的初值)

#2=1 (被加数变量的初值)

N1 IF[#2 GT 10]GOTO 2 (如果被加数大于 10, 执行转到 N2)

#1=#1+#2 (计算和数)

#2=#2+1 (下一个被加数)

GOTO1 (转到 N1)

N2 M30 (程序结束)

1.4.2.3 条件循环

WHILE[条件] DOn

...

ENDn

1) 条件满足时，程序段 DOn 至 ENDn 重复执行。

2) 条件不满足时，程序转到 ENDn 后处执行。

3) 如果 WHILE[条件]部分被省略，则程序段 DOn 至 ENDn 之间的部分将一直重复执行。

例 2: 计算数值 1 到 10 的整数总和。(与上例相同)

O1000

#1=0 (存储和变量的初值)

#2=1 (被加数变量的初值)

第一章 50 系统基础知识

N1 WHILE [#2 LE 10]DO 1 (如果被加数小于等于 10, 重复执行程序段 N1)

#1=#1+#2 (计算和数)

#2=#2+#1 (下一个被加数)

END1 (转到 N1)

M30 (程序结束)

例 3:

#10 = 1

WHILE[#10 LE 6] DO1 (当#10 小于等于 6 时, 执行 DO1 和 END1 之间的程序。)

G100 P150 L32

#281 = #281 - #501

#282 = #282 - #502

G65 P500 X#281 Y#282 I0.0000 J0.0000 R-#506

#281 = #151

#282 = #152

G100 P150 L22 X#281 Y#282 Z#283

#10 = #10 + 1 (#10 不断的累加 1, #10 分别会等于 1、2、3、4、5、6, 当大于 6 时, 条件不成立, 即此程序要循环 6 次)

END1

M30

(4IF [条件表达式] THEN—ELSE—END IF 语句

例 4:

IF a>1 THEN (如果 a 大于 1 那么)

k=1 (k=1)

ELSE K=0 (否则 K=0)

END IF (结束判断)

第一章 50 系统基础知识

表 1-1 常用运算符

运算符	含义
EQ	等于
NE	不等于
GT	大于
GE	大于或等于
LT	小于
LE	小于或等于

表 1-2 常用函数

SIN(x)	正弦函数
COS(x)	余弦函数
TAN(x)	正切函数
COT(x)	余切函数
ABS(X)	绝对值函数
SQR(X)	平方根函数（要求 $x > 0$ ）

第二章 刀具装夹介绍

2.1 弹簧夹头及刀柄型号

目前培训部常用刀柄型号及对应弹簧夹头型号详见表 2-1，及图 2-1，图 2-2。

表 2-1

主轴直径	刀柄型号	夹头型号
$\phi 62\text{mm}$	/	ER11
$\phi 80\text{mm}$	ISO20-ER16	ER16
$\phi 100\text{mm}$	ISO25-ER20	ER20
$\phi 100\text{mm}$	HSK-E32-ER20	ER20
$\phi 120\text{mm}$	BT30-ER25	ER25
$\phi 140\text{mm}$	BT30-ER25	ER25



图 2-1 刀柄



图 2-2 弹簧夹头

根据刀具装刀，刀杆直径的大小不同，所配置的夹头也有所区分。例如：直径为 $\Phi 100$ 的主轴使用的刀具刀杆直径为 4mm 时，那么需要的夹头型号为 $\text{ER}20-\Phi 4-3$ ，其中 $\Phi 4-3$ 的意义是使用刀杆直径在 $3\text{mm}-4\text{mm}$ 之间。

装刀时，不同的刀柄使用的锁刀座也不相同，必须一一对应，各种型号的锁刀座如图 2-3 所示。

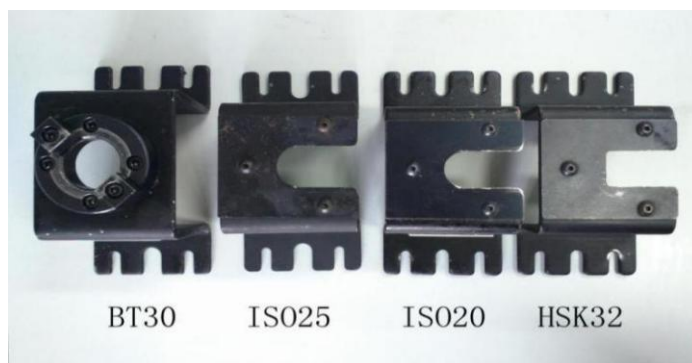


图 2-3 锁刀座

2.2 BT30 刀柄、HSK32 刀柄上下刀具的操作规范

以 BT30 刀柄为例。

2.2.1 上刀前检查内容

- (1) 检查刀杆的总长度，判断刀杆是否能够使用；
- (2) 检查刀具是否锋利，严禁使用已磨损的刀具加工；
- (3) 检查弹簧夹头、螺帽、上刀工具的状态，严禁使用已磨损的配件；
- (4) 检查弹簧夹头与所选刀具是否匹配，否则刀具无法夹紧；
- (5) 上刀前，须用无尘布，将刀柄锥孔、刀柄螺纹、弹簧夹头以及螺帽内清理干净，再装夹刀具。

2.2.2 上刀具基本过程

刀柄采用弹簧夹头夹持刀具，刀具装夹的精度直接影响机床加工精度。因此，在上刀时一定要按以下步骤进行刀具的装夹：

- (1) 清理、擦拭

上刀之前必须用汽油或 WD40 清洗剂将弹簧夹头、螺帽、刀柄锥孔、刀柄螺纹清洗干净。注意要将弹簧夹头缝隙内的残渣刷洗干净（可用气枪毛刷清理、无尘布擦拭），如图 2-4 所示。

第二章 刀具装夹介绍



图 2-4 清理螺帽、弹簧夹头

(2) 安装弹簧夹头

在螺帽底部有小圆点标记处将弹簧夹头的槽装入螺帽的偏心环位置。按照箭头指示方向将弹簧夹头推入直至听到咔嗒声，代表弹簧夹头已安装到位，如图 2-5 所示。



图 2-5 安装弹簧夹头

(3) 将装有弹簧夹头的螺帽安装到刀柄上

将螺帽对准刀柄螺纹，用手慢慢将螺帽拧上去。如果螺纹没有对正，用手拧时会发现不顺畅，此时应立即退出，重新对正再拧。

一定要保证拧的过程中顺畅，否则下一步用扳手锁紧时，螺纹会变形或卡死，最终的结果是刀柄或螺帽的螺纹被破坏。

弹簧夹头与刀柄的配合靠刀柄端锥孔接触，若接触不好，刀具不易装正，所以要保证锥面有良好的接触，如图 2-6 所示。

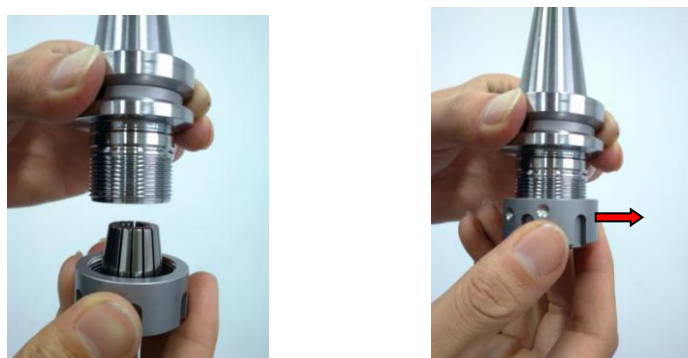


图 2-6 装入螺帽

(4) 将刀具插入弹簧夹头定位孔并拧紧

第二章 刀具装夹介绍

装刀前，使用无尘布将刀具柄部擦拭干净后装入弹簧夹头定位孔内，即要让刀具后端露出弹簧夹头定位孔不要夹持超过夹持范围的刀具，如表 2-2 所示。

将刀具尽可能地塞入弹簧夹头的夹持长度以达到最佳效果。刀具塞入长度不要少于弹簧夹头夹持长度的 $\frac{2}{3}$ ，不正确地塞入刀具可能会使弹簧夹头永久性地变形，并将导致较差的径向跳动误差。

操作时测量刀具外漏长度，保证加工中无干涉。用手轻轻拧紧螺帽，使弹簧夹头夹紧刀具，不让刀具掉下即可，如图 2-7，图 2-8 所示。

表 2-2 弹簧夹头型号与刀具插入深度最小值对照表

弹簧夹头型号	定位内孔(刀具)直径 d (mm)	刀具插入深度 L (mm)	图示标号
ER11	0.5-2.5	9	3
	3.0-7.0	18	4
ER16	0.5-4.5	18	3
	5.0-10	27.5	4
ER20	0.5-6.5	19	3
	7.0-13	31.5	4
ER25	0.5-7.5	19	3
	8.0-16	34	4

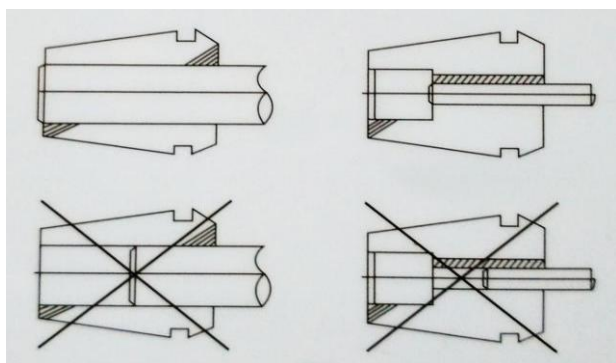


图 2-7 装刀长度



图 2-8 安装刀具

注：刀具伸出夹头的长度在满足加工深度的情况下要尽量短。

(5) 锁紧螺帽

将已装入刀具的刀柄放入 BT30 锁刀座内（放入锁刀座时，一定要找准型号，禁止乱放）。握住换刀扳手后端，前端对准方向慢慢卡住螺帽，顺时针旋转，用力锁紧螺帽。

第二章 刀具装夹介绍

需要注意的是锁紧力不是越大越好，因为太大的扭矩会使弹簧夹头头部产生扭曲变形，影响刀具的装夹精度。强行加力会使螺纹变形甚至卡死，最终结果就是刀柄与螺帽的螺纹被损坏。



图 2-9 锁紧刀具

根据螺帽的不同型号，也需要选择不同的力来锁紧。（详见表 2-3）

表 2-3 螺母锁紧扭矩推荐表

螺帽类型	弹簧夹头型号	规格 (Φ)	推荐扭矩 [Nm]
Hi-Q/ER	ER11	1.0-2.9	8
		3.0-7.0	24
	ER16	1.0	8
		1.5-3.5	20
		4.0-4.5	40
	ER20	5.0-10.0	56
		1.0	16
		1.5-6.5	32
	ER25	7.0-13.0	80
		1.0-3.5	24
4.0-4.5		56	
5.0-7.5		80	
ER MS	ER16	8.0-17.0	104
		1.0	12
	ER20	1.5-10.0	20
		1.0	12
		1.5-13.0	18.4

最大扭矩不要超过建议扭矩的 25% 以上，更高的锁紧扭矩可能导致刀柄变形。

2.2.3 下刀具基本过程

- (1) 将刀柄放入相对应的锁刀座上，拿起换刀扳手，对准卡住螺帽；
- (2) 均匀用力逆时针旋转换刀扳手，如图 2-10 所示；



图 2-10 松开螺帽

- (3) 当螺帽松开后刀具并没有松开，右手轻轻握住刀具侧面根部；
- (4) 继续转动螺帽，均匀用力就可以将弹簧夹头从刀柄锥孔中拉出，这时刀具松开，取下刀具，如图 2-11 所示；



图 2-11 取下刀具

- (5) 把螺帽从刀柄上旋下后，从弹簧夹头的正面往里推并同时对着底部小圆点标记处斜推弹簧夹头的底部，直至弹簧夹头和螺帽分解开。每次更换刀具时，必须要将螺帽弹簧夹头拧下，禁止使用直接插拔刀具的方法换刀，参见图 2-12，图 2-13；

第二章 刀具装夹介绍



图 2-12 取下螺帽弹簧夹头

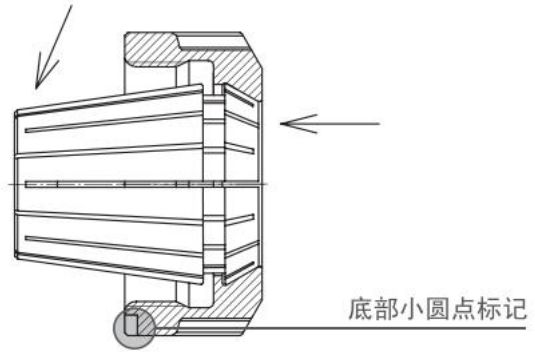


图 2-13 拆卸弹簧夹头

(6) 用干净的毛刷清理螺帽及刀柄螺纹上的废屑。这些废屑会影响刀具的装卡精度，加快螺帽及刀柄上螺纹的磨损，最终刀柄螺纹会被磨细，致使螺帽锁不住、拧不紧，无法使用。

2.2.4 注意事项

- (1) 在上下刀具的过程中，严禁用手直接触摸刀柄锥面，避免影响精密部位生锈。
- (2) 换刀时保证弹簧夹头、螺帽清洁。
- (3) 换刀时弹簧夹头和螺帽一起安装到刀柄上，不得先将弹簧夹头先放入锥孔中，再拧上螺帽。
- (4) 刀具前端伸出弹簧夹头的长度在满足加工深度的情况下要尽量短。
- (5) 弹簧夹头和螺帽长期不用时应涂防锈油保存。
- (6) 如果操作不当，使得弹簧夹头卡在刀柄里，严禁用敲打刀柄的方法取出弹簧夹头。
- (7) 刀具采用弹簧夹头装卡，为了保证刀具的装卡精度也为了避免螺帽、刀柄损坏，每次装卡和更换刀具时，必须要将螺帽弹簧夹头拧下，禁止使用直接插拔刀具的方法换刀。如果螺帽不能拧下，请专业人员解决，不能强行卸下。
- (8) 每次装卡刀具前，一定要用汽油或 WD40 清洗剂将弹簧夹头、螺帽缝隙内的残渣清理干净后，再上刀。
- (9) 要按正确的方法上下刀具，不得使用蛮力，防止刀柄和螺帽滑扣。
- (10) 严禁在弹簧夹头未装入刀具时锁紧螺帽，以防弹簧夹头变形和脆性碎裂。

2.3 ISO25、ISO20 刀柄上下刀具的操作规范

- 1、ISO25、ISO20 刀柄上刀具时，可以直接将弹簧夹头放入刀柄锥孔内，再将螺帽旋入

第二章 刀具装夹介绍

刀柄螺纹上，如图 2-14 所示。

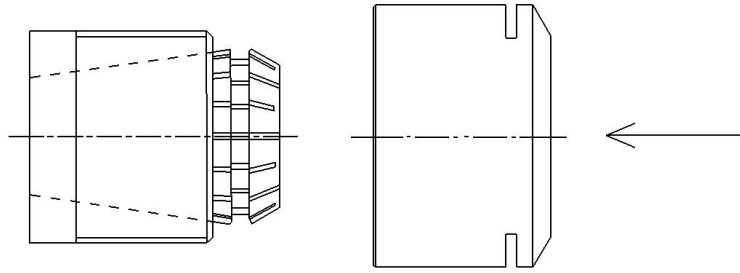


图 2-14 ISO 弹簧夹头安装

2、ISO25、ISO20 刀柄下刀具时，应将换刀扳手插到螺帽卡槽内，旋转换刀扳手，带动弹簧夹头一起旋转 2-3 圈，否则弹簧夹头会卡在刀柄锥孔中，不易取出，如图 2-15 所示。



图 2-15 拆卸弹簧夹头、螺帽、刀具

2.4 加工前注意事项

- (1) 主轴使用前需预热，拉刀主轴预热时必须装上刀柄。
- (2) 主轴运转前要检查制冷机工作正常，回流顺畅。
- (3) 使用千分表检测刀杆静态跳动，保证装刀精度在 $3\mu\text{m}$ 以内。

第三章 百分表/千分表的使用方法

3.1 百分表/千分表的介绍

百分表的分度值为 0.01mm，常用的一般分为 0~5、0~10mm 两种量程，测量时测杆的压缩量一般为 0.15~0.2mm，如图 3-1 所示，适用于较低精度要求的测量。百分表经过震动后测杆可以很容易的回到原始位置，在震动的情况下检测不易磨损，损坏率低。



图 3-1 百分表

千分表（指常用的指针式或压杆式千分表）的分度值为 0.001mm，如图 3-2 所示，因其比百分表的放大比更大，分度值更小，测量的精确度更高，适用于较高精度要求的测量。千分表受到震动后测量杆不容易恢复到原始位置，可能会影响到检测数据的真实性，因此在震动较小的情况下使用较好。



图 3-2 压杆式千分表



图 3-3 杠杆千分表

目前，我公司下发的千分表包括两种形式，一种为压杆式千分表，通常直接称其为千分表；另一种为杠杆式千分表。由于上述两种千分表的结构和工作原理差异，使得二者在使用方法上稍有差别。（压杆式千分表图片、介绍，百/千分表盘的图片，量程介绍）

杠杆千分表体积小，测杆可以按需转动，并能以正反两个方向测量工件，因此常用于间隙较小的槽、孔、浮动件（如测量丝杠远端跳动）等千分表难以测量的情况，其测杆压缩量一般为 0.03~0.06mm，如图 3-3 所示，灵敏度高。同样杠杆千分表适合在震动小的情况下使用。另外杠杆千分表不适合长期在压缩量较大的情况下工作，因为压缩量过大会造成测量数据失真，误差变大，而且会加快杠杆千分表各部件的磨损，使其老化，失去作用，因此在测量空间允许的情况下，一般优先选用千分表或百分表。

下面将介绍杠杆千分表的使用方法和注意事项。

3.2 杠杆千分表的结构及特点

3.2.1 杠杆千分表的结构



第三章 百分表/千分表的使用方法

图 3-4 杠杆千分表

杠杆千分表的结构如图 3-4 所示。其中，1——联接销；2——指针；3——表盘；4——表圈；5——测杆。联接销拧在千分表的表体上，用于千分表在表架上的装卡。

我公司配备的千分表盒中有直径为 6mm 和 8mm 的两个联接销，分别用于孔径为 6mm 和 8mm 的两种千分表架的联接。

3.2.2 杠杆千分表的特点

杠杆千分表体积小，测杆可以按需转动 180° ，如图 3-5 所示，并能以正反两个方向测量工件，因此常用于间隙较小的槽、孔、浮动件（如测量丝杠远端跳动）等普通千分表难以测量的情况。其测杆灵敏度高，适合在震动小的情况下使用。

但是，杠杆千分表不适合长期在压缩量较大的情况下工作，因为压缩量过大会造成测量数据失真，误差变大，而且会加快杠杆千分表各部件的磨损，使其老化、失去作用。我公司配备的杠杆千分表的分度值为 0.002mm ，量程为 $0\sim 0.2\text{mm}$ 。



图 3-5 杠杆千分表的测杆可以按需转动 180°

3.3 杠杆千分表的使用方法

该部分包括杠杆千分表使用前的准备工作、表的装卡、测量、读数四个部分的内容。

3.3.1 使用前的准备工作

杠杆千分表使用前必须做好以下准备工作，若有任何一条不能满足条件，都应该及时修正或更换测量工具。

(1) 检验杠杆千分表的准确程度，该步骤包括三个步骤：

①检查表的稳定性：左手托住表的后部，表盘向前用眼观看，反复用右手拇指轻推表的测杆，观察表针读数是否稳定；

②校对零位：旋转杠杆千分表的表圈，如图 3-4 所示，使表盘的“0”位对准指针；

第三章 百分表/千分表的使用方法

③检验表的准确程度：用手指反复轻推表的测杆，检查指针是否能回到“0”位，若不能回到“0”位，表明杠杆千分表有质量问题，应更换测量工具。

(2) 将联接销与表体联接牢固可靠。根据表架的规格选择合适的联接销，并将其牢固拧在表体上，否则，联接销松动会使表从表架上滑落，从而造成表的损坏，或造成更加严重的后果。

(3) 检查表架各部分的功能，该步骤包括两个内容：

①检查表架上的两个联接螺母是否能够拧紧；

②检查磁力表座上的锁紧开关工作是否正常、可靠。将锁紧开关打到“ON”档，检查表架位置是否固定；将锁紧开关打到“OFF”档，检查表架位置是否可以挪动。

3.3.2 杠杆千分表的装卡

(1) 装表：把杠杆千分表装在表架上，所夹持部位应尽量靠近联接销的根部（注意不可影响表圈的旋转，同时注意检查联接销与表体是否联接牢固、可靠）；

(2) 拧紧：拧紧表架上的联接螺母，但注意不可拧得过紧（后面的测量过程可能会继续调节表架杆的长度和角度）。

3.3.3 测量

(1) 测杆与被测要素接触：调整杠杆千分表测杆的角度、以及表架杆的长度和角度，使表的测杆轴线应尽可能垂直工件尺寸变动的方向，并在该方向与被测要素接触，接触处指针的压缩量为 0.03~0.06mm；

说明：杠杆千分表的测杆轴线应尽可能垂直工件尺寸变动的方向，并在该方向与被测要素接触，才能实现准确的测量，否则测量数据不准确。

当测量平面时，测杆轴线应尽可能与平面平行，如图 3-6 a) 所示；若出现图 3-6 b) 所示的做法，则会出现测量误差。因为该测量误差 $\Delta = A(1 - \cos a)$ ，其中 A 为表的读数，a 为测杆轴线与测量平面之间的夹角；若 a 角度较小时该误差也相对较小。所以，在要求不高的情况下，我们认为 $a \leq 15^\circ$ 时的测量结果是许可的。

第三章 百分表/千分表的使用方法

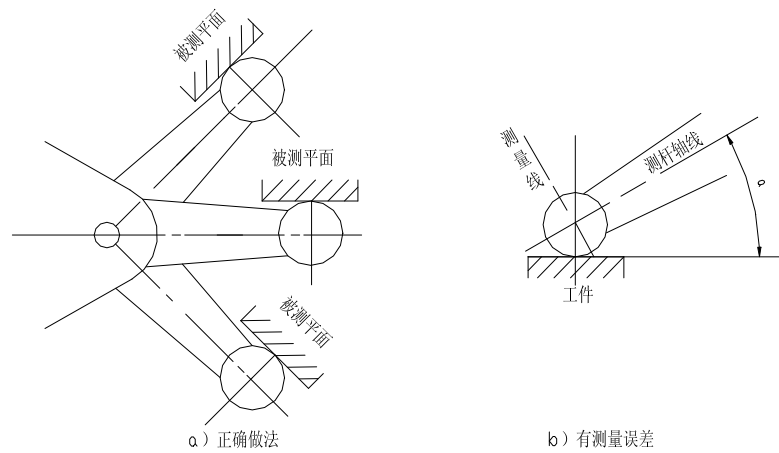


图 3-6 测杆轴线尽可能与被测平面平行

当测量圆柱面时，测杆轴线应尽可能与通过被测圆柱面的法线垂直，如图 3-7 所示；否则将会出现测量误差。同理，在要求不高的情况下，我们认为 $\alpha \leq 15^\circ$ （ α 为测杆轴线与被测圆柱面法线的夹角）时的测量结果是许可的。

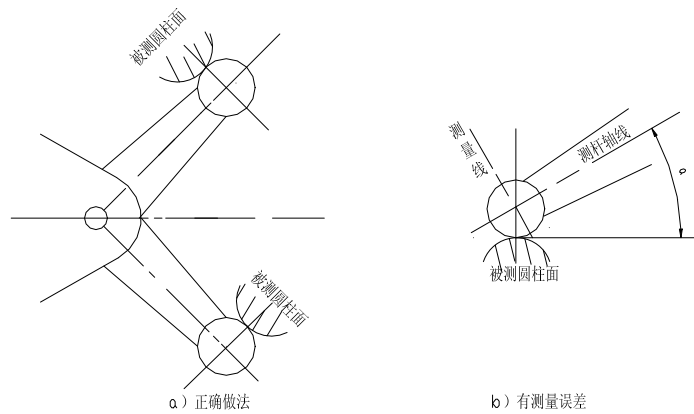


图 3-7 测杆轴线尽可能与被测圆柱面的法线垂直

(2) 确保测杆正确的运动方向：确保测杆沿着测杆轴线方向运动，否则会造成测杆折断。

①当测量平面时，确保测杆沿着测杆轴线方向运动，如图 3-8 中 S1 所示的方向；图 3-8 中 S2 所示的方向为不建议使用的方向；禁止测杆沿着 S3 所示方向运动，以免该方向的摩擦力造成测杆折断。

第三章 百分表/千分表的使用方法

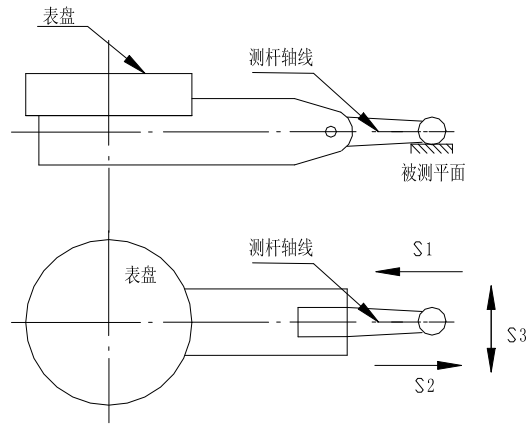


图 3-8 测量平面时，测杆的运动方向

例如：杠杆千分表测量平面时，如图 3-9 所示，该表的测杆只能沿着测杆轴线向下运动，而不能向上或左右运动，否则，可能会造成测杆折断。（但是，杠杆千分表通常不用于大平面测量）

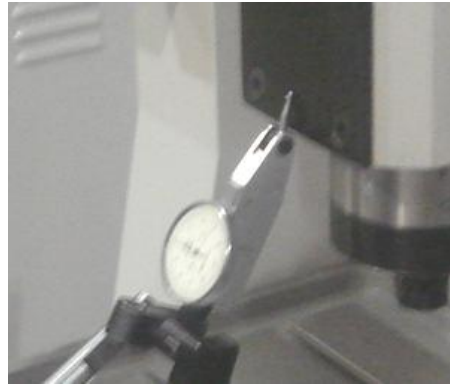


图 3-9 测量平面的实例

②当测量圆柱面时，确保测杆沿着测杆轴线方向运动，如图 3-10 中 S1 所示的方向；图 3-10 中 S2 所示的方向为不建议使用的方向；禁止测杆沿着 S3 所示方向运动，以免该方向的摩擦力造成测杆折断。

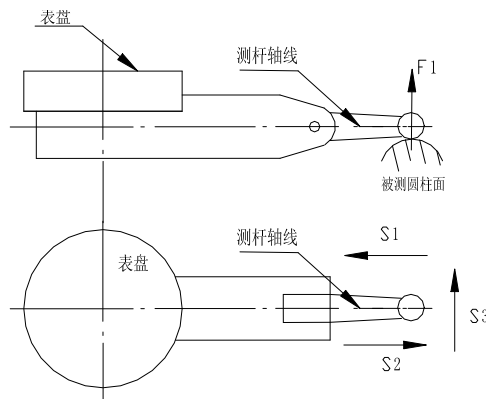


图 3-10 测量圆柱面时，测杆的运动方向

例如：杠杆千分表测量圆柱面时，如图 3-11 所示，该表的测杆只能沿着测杆轴线向右运

第三章 百分表/千分表的使用方法

动，而不能向左或上下运动。否则，可能会造成测杆折断。

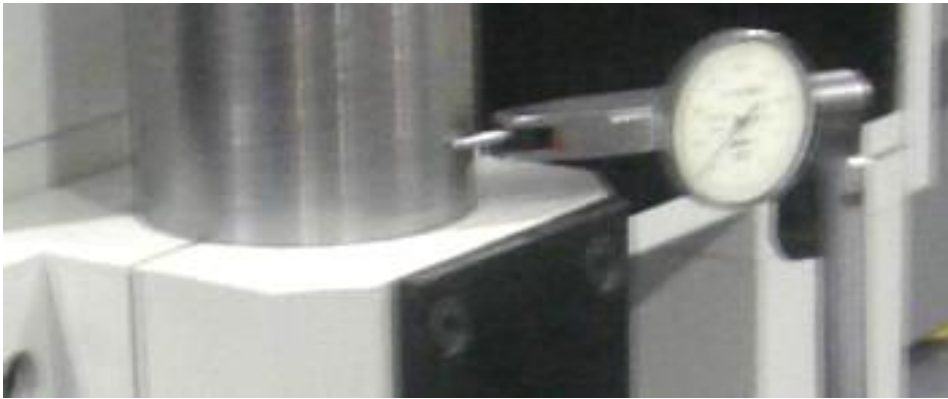


图 3-11 测量圆柱面的实例

例如：测量主轴内锥孔的径向跳动时，可如图 3-12 所示放置杠杆千分表。

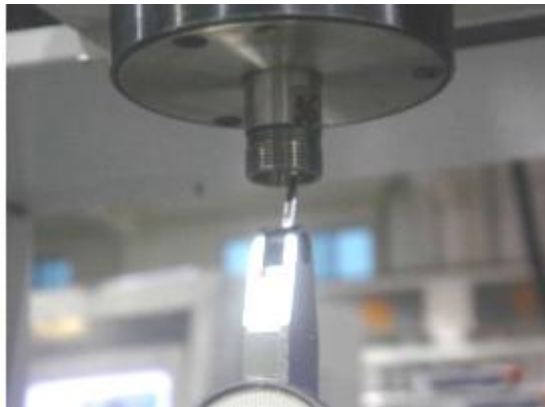


图 3-12 测量主轴内锥孔的径向跳动实例

- (3) 拧紧表架上的联接螺母：拧紧表架上的联接螺母，以防止测量过程中表架杆或千分表松动。
- (4) 校对零位：旋转千分表的表圈，使表盘的“0”位对准主指针。
- (5) 完成测量过程。

3.3.4 读数

杠杆千分表只有一个指针，其分度值为 0.002mm，测量范围为 0~0.2mm。

- (1) 指针的含义：杠杆千分表分度值为 0.002mm，其表示指针每转一格为 0.002mm；
- (2) 读数：视线垂直于表盘，从表盘正面读出测量过程中指针的始末位置，用末位置读数减去起始位置读数，即可得到测量值。读数时，如果针位停在刻线之间，可以估读。如：主指针可以估读到小数点后第四位。

3.4 杠杆千分表的使用注意事项

(1) 不能用表去测量表面粗糙的毛坯工件或凹凸变化量很大的工件，以防过早损坏表的零件。

(2) 测量前必须检查联接销与表体是否联接牢固、可靠。否则，联接销松动会使表从表架上滑落，从而造成表的损坏，或造成更加严重的后果。

(3) 测量时，测杆的移动不宜过大，更不允许超量程使用，以防表的零件损坏或影响精度。

(4) 测量过程中，应尽可能避免使表架杆悬伸过长，以防把表架杆的长度变形误差引入被测误差值中。

(5) 测量过程中应保证测杆沿着测杆轴线的方向运动，如图 3-13 中的“√”所示的方向。若运动方向如图 3-13 中的“×”所示的方向所示，会造成测杆折断。

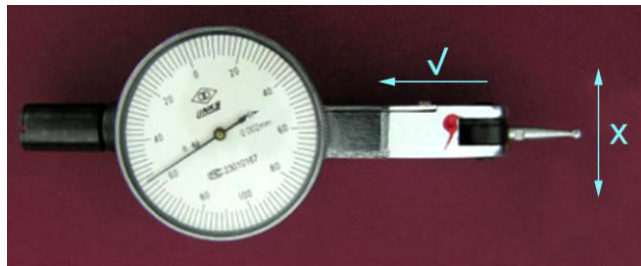


图 3-13 测杆允许的运动方向

(6) 测量平面时，应尽可能使测杆轴线与被测平面平行，至少保持 $a \leq 15^\circ$ (a 为测杆轴线与被测平面的夹角)；测量圆柱面时，应使测杆轴线与该圆柱面的法线垂直，至少保持 $a \leq 15^\circ$ (a 为测杆轴线与被测圆柱面法线的夹角)，以防读数不准确。

(7) 读数时坚持“垂直观察、正面读数”的原则，避免读数误差。

(8) 测量结束时，避免快速撤回杠杆千分表，以防指针快速返回的惯性太大造成指针弯曲。

(9) 禁止碰、敲、摔、磕杠杆千分表，以防表的零件损坏或指针弯曲。

3.5 杠杆千分表的维护和保养

(1) 使用及保管过程中应轻拿轻放，严禁磕碰；

(2) 不得使灰尘、油污或其它液体等进入杠杆千分表内，否则影响使用精度和寿命；

第三章 百分表/千分表的使用方法

- (3) 不许将杠杆千分表浸放在冷却液或其它液体中使用；
- (4) 不得随意拆卸杠杆千分表；
- (5) 杠杆千分表在使用后，要擦净装盒，不能任意涂擦油类，以防沾上灰尘影响灵活性；
- (6) 应对其精度进行定期检定。

第四章 机床坐标系与工件坐标系

4.1 精雕机的坐标系统

精雕机的坐标系统，包括坐标系、坐标原点和运动方向，对于操作者来说这些都是十分重要的概念。每一个操作者都必须对精雕机的坐标系统有一个完整且正确的理解，否则，操作时会发生危险。

4.1.1 参考点

一台数控机床都可以设定一个特定位置，通常在这个特定位置进行换刀和设定编程的绝对零点，在机床开机后，往往利用手动（或自动）回参考点的方法来建立坐标原点，这一点一般都选择在某一个工作台特殊位置的脉冲编码器零位上，也可以做少量的偏移。这个位置称为机床参考点位置。

系统设置中，可以设置 4-个参考点坐标，当返回参考点时执行以下命令：

G28IP_ 返回第一参考点；

G30P_IP_；P 表示为 2/3/4，一次表示返回 2/3/4 参考点位置。

注：IP_为中间点坐标。

4.1.2 机床零点

机床零点也称机床坐标系原点，通过回参考点方法而建立起来的坐标原点称为机床零点，机床零点和参考点可以设定为同一点，也可以不设定在同一点。当两者不在同一点时，可通过机床参数来设置机床零点位置，这一位置可以在相对于参考点的任意位置上设定。机床用户不可随意改变这一位置，否则会引起机床损坏。

4.1.3 坐标系

精雕机的坐标系采用 ISO 标准，为右手直角笛卡尔坐标系，如图 4-1 所示。

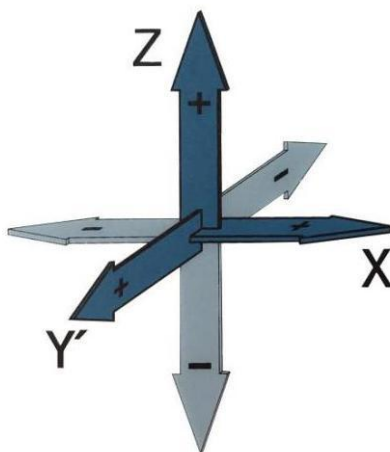


图 4-1 机床坐标系

在精雕机的结构中，Z 方向为刀具运动，X、Y 方向根据不同的机床型号，运动结构也有所不同，有的是横梁移动，有的是工作台面移动。无论是刀具运动还是工件运动，坐标运动指的都是刀具相对于静止的工件的运动。

坐标系分为机床坐标系和工件坐标系。

4.1.3.1 机床坐标系

机床坐标系也称机床原点，它是通过回参考点方法而建立起来的坐标系，是制造和调整机床的基础，也是建立工件坐标系的基础。

4.1.3.2 工件坐标系

工件坐标系也称零件图纸上的坐标系，该坐标系上的坐标值用作编程零点，由 CNC 设定。CNC 设定的坐标系在实际工作台上设定，为了使这两个坐标系（CNC 设定的坐标系和零件图纸上的坐标系）设定在同一位置，我们利用工件的基准面和基准点，使刀具中心与工件基准点重合，在这个位置上的坐标值，由 CNC 指定的坐标系（如 G54、G55 坐标系）设定。

4.2 工件原点

在刀具路径输出的过程中需要进行“输出设置”，如图 4-2。输出原点的坐标有四种方式设置：自定义坐标值、特征点、拾取二维点或三维点。在输出刀具路径过程中，最重要的概念就是“输出原点”。下面就输出原点的问题作一些详细说明。



图 4-2 输出加工程序对话框

4.2.1 工件坐标系的“原点”

生成刀具路径的最终目的是控制刀具进行铣削。而铣削又是在毛坯材料上进行的，那么，如何把刀具路径准确的定位到毛坯材料上呢？这就需要在路径、机床和毛坯材料之间建立一种关系。这种关系是通过一个共同的参照点来建立的。这个参照点被称为“工件坐标系的原点”。

(1) 实际加工的对象是工件，工件在设计和加工过程中都存在定位问题，软件是通过工件坐标系的原点来定位的。

(2) 工件坐标系就是以工件的装卡方向为坐标轴，以工件上的一点为原点建立的坐标系，如图 4-5 所示。

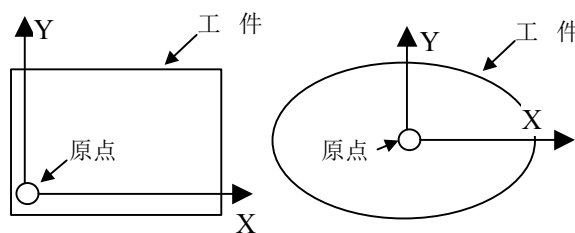


图 4-5 工件原点

(3) 工件原点在设计并生成刀具路径过程中总是存在的，只是没有显示出来，如图 2-3

所示。

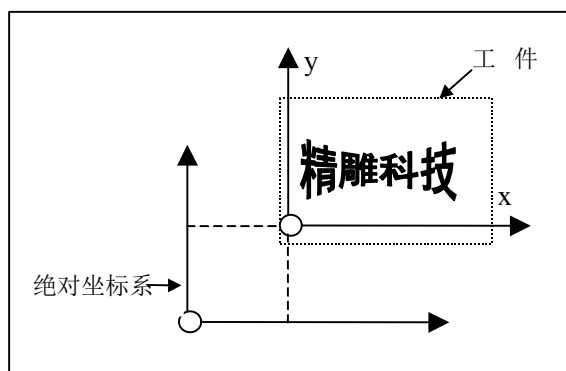


图 4-6 工件原点在绘图坐标系的位置就是输出原点

(4) 在输出路径时, 为了保证毛坯材料的正确装夹, 一定要指定工件坐标系原点的位置, 如图 4-6 所示。

(5) 在工件装卡之后, 工件坐标系原点在工作台面上的位置, 被称为工件原点。

4.2.2 输出原点——定义工件坐标系的原点

提起原点就应该想到坐标系, 原点亦即坐标系的 0 点。定义刀具路径的原点, 就是定义刀具路径的相对坐标系。一旦相对原点确定了, 那么这个刀具路径在这个相对坐标系中的位置就确定了, 如图 4-7 所示。

在路径输出时的对话框中有“加工范围”信息, 如图 4-4 左上角, 那么“加工范围”中的坐标值与输出原点有什么关系呢? 二者既有区别又有联系:

区别: 加工范围中显示的 X、Y、Z 三个方向的坐标值是刀具路径在绘图区的绝对坐标系中的坐标值, 输出原点是相对坐标系的原点在绝对坐标系中的坐标值。

联系: 通过定义刀具路径原点在绝对坐标系中的坐标来定义刀具路径原点的位置, 如图 4-8 所示。

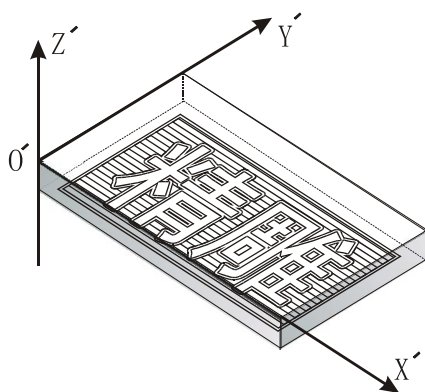


图 4-7 输出原点

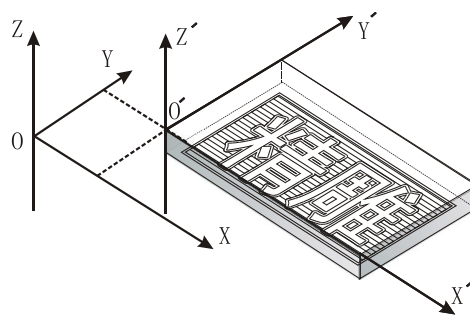


图 4-8 加工范围坐标与输出原点的关系

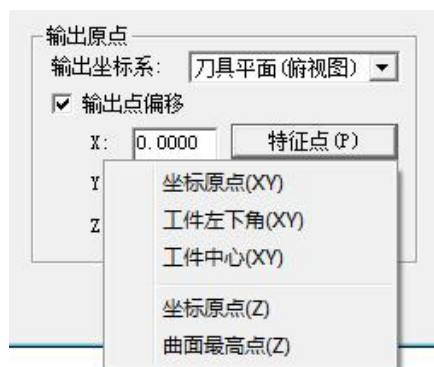


图 4-9 输出原点的“特征点”

例如：图 4-9 将输出原点的 X、Y 坐标定义为“路径左下角”，输出原点的 Z 坐标是“0”点。

定义完后，可以发现 X、Y 处显示的坐标就是刀具路径的左下角的绝对坐标。雕刻深度等于输出原点 Z 的绝对坐标值减去刀具路径在“雕刻范围”中 Z 方向的最小坐标值的差值。

4.2.3 为什么要定义刀具路径的原点

原点是刀具运动的一个参照点。假如把刀具路径的原点定义为 X、Y 的左下角、Z 方向定义为 0 点，如图 4-10 所示，那么刀具路径上的其他点就以这个点为参照点来确定相对位置。刀具在雕刻中就以这些点相对于原点的参数进行加工。这样刀具路径与工件毛坯的相对位置关系才能够得以保证。

4.2.6 原点的确定

原点的确定有四种方法：

第一种：选择“特征点”的方法。定义 X、Y 坐标的特征点可以选择坐标原点、路径左下角点或路径中心；定义 Z 坐标的特征点可以选择坐标原点、路径最高点或路径最低点。

第二种：自定义的方法。使用自定义的方法可以在 X、Y 或者 Z 所对应的方框中任意输入数值。使用自定义的方法确定输出原点时，必须对刀具路径的加工范围、加工深度与起刀点的坐标的关系有了较深刻的理解之后，才能使用这种方法。否则，很容易出现问题。特别是有多组路径同时输出时，更要注意这种关系。一般情况下，平面雕刻路径输出时，原点的 X、Y 选择“特征点”、Z 选择“自定义”0 点位置，这样比较容易理解和把握。

第三种：使用“拾取二维点”的方法。二维点是指 X、Y 两个方向的坐标点，点击一下“拾取二维点”按钮，用鼠标捕捉图形上的点或者某位置点击。

第四种：使用“拾取三维点”的方法。三维点指具备 X、Y 和 Z 三个方向坐标值的点。Z

坐标不一定是 0。三维点的拾取方式和二维点的拾取方法相同。

4.3 如何在加工中定义工件原点


4.3.1 常见工件 X、Y 轴原点的定义

4.3.1.1 精确找点（分中）

当工件输出原点为某些特征点或者在定义 XY 轴原点时需要精确找到一个点时，要进行精确找点，可以利用刀具或者分中棒。

下面介绍精确找点的方法。

(1) 控制面板选择“MDI”模式，选择“加载”→“圆形分中”，按下“程序运行”键，

程序运行到 M0，点击“手轮”模式 ，继续“程序运行”，此时已经切换成手轮模式。

(2) 手动控制刀具或者分中棒运动，寻找到工件侧边任意一点位置，选择“MDI”→“程序运行”记录第一位置点。

(3) 重复(2)步三次记录三个不同的位置点自动计算出圆心（圆形）。矩形重复四次，记录四个位置点自动计算出矩形中心。

(4) 自动弹出分中结果，记录工件原点。

4.3.2 常见工件 Z 轴原点的定义

4.3.2.1 定义工件表面为 Z 原点

将工件表面定义为 Z 轴原点，可以分为三种情况：

(1) 工件表面为毛坯面，可以铣平面，此时将刀具对刀在工件表面最低点，然后铣平面，将铣完平面后的 Z 轴坐标值作为工件 Z 轴原点。

(2) 工件表面可以留下轻微的对刀痕迹，这时通过手工控制刀具运动，将旋转的刀具逐步降到材料的表面，判断对刀合适的依据为

- ① 看，用眼睛可以在工件表面看到一条浅浅的痕迹。
- ② 听，用耳朵可以听到轻微的切削声。
- ③ 摸，用手触摸刀具划过的位置，感觉不到划痕的存在。

 **注意：**对刀过程中，距离材料 0.1mm 左右时，一定要使用最小手工步长向下移动主轴电机，直至刀尖接触到材料，以保证对刀误差最小！

第四章 机床坐标系与工件坐标系

(3) 工件表面不允许划伤, 此时需要借助其他辅助工具, 比如将一个标准厚度的标准块或标准刀杆放置在工件表面, 然后在标准块上对刀, 然后在 Z 轴坐标值上减去标准块或刀杆的尺寸, 即为工件的 Z 轴原点。如图 4-10 所示。

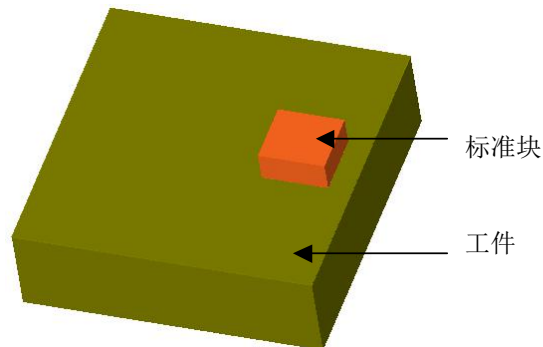


图 4-10 利用标准块对刀

4.3.2.2 工件表面无对刀基准时的定义方法

在半成品工件的加工或者工件的修补加工时通常会遇到工件表面无对刀基准的情况, 此时就需要采用间接的方法来定义 Z 轴原点。

(1) 间接对刀

寻找工件上的一个平台进行对刀, 将该坐标值加减一个高度差即可以得到 Z 轴原点, 这个高度差可以从几何模型中测量获得。

(2) 尝试法

将刀具起刀点定义在接近工件某一表面的位置, 然后逐步微量加大 Z 轴原点的数值, 进行试加工直到刚好将工件加工到位, 此时的 Z 轴起刀点数值即为 Z 轴工件原点。

第五章 刀库与刀具

5.1 定义

刀库是简称，其全称为自动换刀装置。自动换刀装置是指能够储存刀具，并且能够自动完成主轴上的刀具与储存的刀具相互交换的部件，主要组成部分是刀库、机械手和驱动部分。



5.2 刀库的主要技术指标

5.2.1 换刀时间的定义

刀对刀、切削对切削、切屑对切屑

5.2.1.1 刀对刀 (tool-to-tool)

指把刀具从主轴拔下，并将新的刀具完全插入主轴所需的时间。

5.2.1.2 切削对切削 (cut-to-cut)

指主轴从参考位置移向换刀位置，换完刀后再回到参考位置所需的时间。参考位置：对立式加工中心，指各个坐标的行程中点。

5.2.1.3 切屑对切屑 (chip-to-chip)

指主轴从参考位置移向换刀位置，换完刀后再回到参考位置，在此过程中主轴启动并达到最高转速所需要的时间。

5.2.2 刀具最大直径

刀具最大直径（不相邻）：相邻刀位空缺时，可以使用的最大刀具直径；刀具最大直径（相邻）：相邻刀位装刀时，可以使用的最大刀具直径。

5.3 常用的几种刀库简介

5.3.1 直排式刀库

（1）结构原理：如下图所示，刀位直线排布，气缸驱动刀库推出拉回，同时带动刀库门的开关，是一种经济型的刀库

（2）换刀方式：直取式；

（3）刀容量：6-9 把；

（4）换刀时间（刀对刀）：约 10s；

（5）优势：结构简单，成本比较低；

（6）劣势：刀库容量小，需要占用进料高度，换刀时间长，防护比较困难。

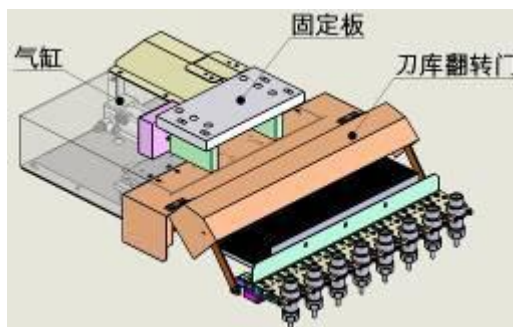


图 5-5 直排刀库

5.3.2 伞式刀库

（1）结构原理：刀库的推出、拉回由气缸完成，刀位的变换依靠减速电机驱动槽轮机构实现；

（2）换刀方式：直取或机械手；

（3）刀容量：12-16 把；

（4）换刀时间（刀对刀）：机械手 0.8-1.2s，直取约 10s；

（5）优势：无机械手时成本比较低，如果配机械手可以提高换刀速度；

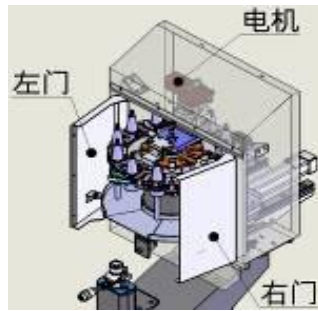


图 5-6 伞式刀库

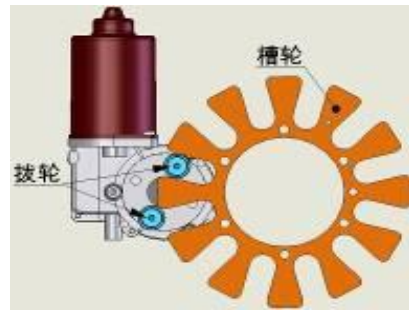


图 5-7 拨轮+槽轮

5.3.3 伺服伞式刀库

(1) 结构原理：刀盘呈半圆形，刀位的变换与刀库门的开关均由伺服电机通过减速器实现；

(2) 换刀方式：直取式；

(3) 刀容量：12-20 把；

(4) 换刀时间（刀对刀）：约 7s；

(5) 优势：结构紧凑，占用空间小；

(6) 劣势：刀容量较小，刀具重量受限制，换刀时间较长。

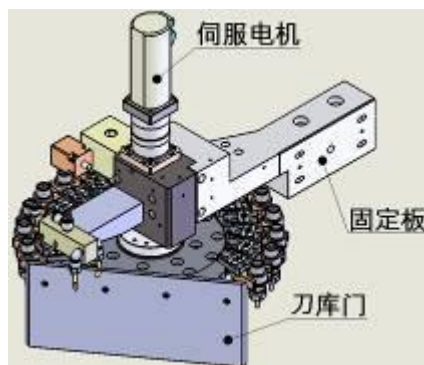


图 5-8 伺服（半盘）刀库

5.3.4 圆盘式刀库

(1) 结构原理：如下图所示，通常装于机头侧部，刀位圆周均匀布局。目前刀位的变换有两种方式，一种与伞式刀库类似，“电机+拨轮+槽轮”，另一种为“电机+凸轮+滚子分度盘”，通过凸轮推动分度转盘做间歇运动。前者结构简单，后者运行平稳，省空间；

(2) 换刀方式：机械手；

(3) 刀容量：24 把；

第五章 刀库与刀具

(4) 换刀时间（刀对刀）：0.8-1.2s；

(5) 优势：结构紧凑，换刀时间短。

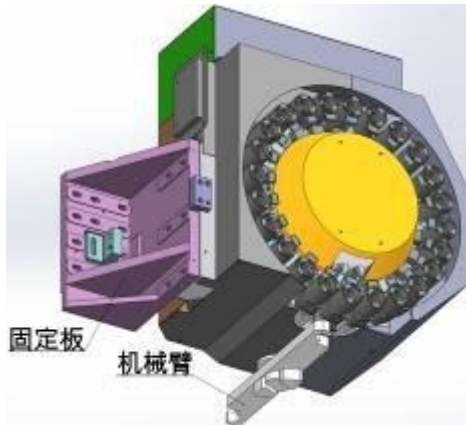


图 5-9 圆盘式刀库



图 5-10 凸轮+滚子分度盘

5.3.5 链式刀库

(1) 结构原理：刀位随链条绕形布局，伺服电机经减速器驱动链条旋转，从而实现刀位的变换；

(2) 换刀方式：机械手；

(3) 刀容量：32 把；

(4) 换刀时间（刀对刀）：0.8-1.2s；

(5) 优势：刀容量大，换刀速度快，刀库的容量扩展比较容易实现；

(6) 劣势：占用空间大。

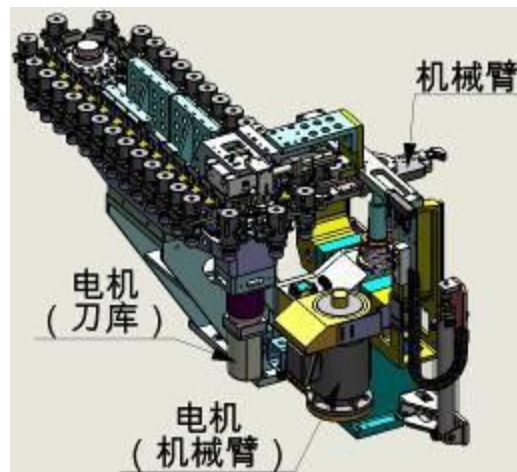


图 5-11 链式刀库

5.4 刀库使用中的注意事项

5.4.1 大盘刀的使用

- (1) 对使用机械手换刀的刀库，最好使用固定位换刀的模式；
- (2) 机械手要使用低速模式。

5.4.2 测头的使用

对比较细长的测杆，机械手要使用低速模式。

5.4.3 机械手发生卡刀时，要严格按照流程处理

5.5 刀具

(1) 刀柄



图 5-12 刀柄

(2) 螺帽



图 5-13 螺帽

(3) 夹头

第五章 刀库与刀具



图 5-14 夹头

(4) 牛鼻刀



图 5-15 牛鼻刀

(5) 平底刀



图 5-16 平底刀

(6) 球头刀

第五章 刀库与刀具



图 5-17 球头刀

(7) 丝锥



图 5-18 丝锥

(8) 锥度平底刀



图 5-19 锥度平底刀

第五章 刀库与刀具

(9) 钻头



图 5-20 钻头

(10) 螺纹铣刀



图 5-21 螺纹铣刀

型号	螺纹尺寸	螺距	刃径	有效长	头径	柄径	全长	刃数
钨钢螺纹铣刀650NM	M1.00	0.25	0.73	2.3	0.34	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M1.20	0.25	0.92	2.8	0.53	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M1.40	0.3	1.05	3.2	0.6	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M1.60	0.35	1.21	3.7	0.69	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M1.80	0.2	1.41	4.1	0.89	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M2.00	0.4	1.55	4.6	0.96	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M2.20	0.2	1.72	5.1	1.08	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M2.50	0.25	2	5.8	1.35	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M2.50	0.35	2	5.8	1.35	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M2.50	0.45	2	5.8	1.35	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M3.00	0.5	2.44	7	1.7	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M4.00	0.7	3.2	9.3	2.25	4	50	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M5.00	0.8	4	11.5	2.8	6	60	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M6.00	1	4.85	13.8	3.15	6	60	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M8.00	1.25	6	18.4	4.15	6	60	3
钨钢螺纹铣刀650NM	M10.00	1.5	7.9	23	5.6	8	75	3

图 5-22 螺纹铣刀规格表

第六章 G 代码编程

实例 1 标准件 1-G 代码编程及加工、二维绘图指南

6.1 标准件 1 二维图

“标准件 1-G 代码”二维绘图工作页

工序	内容
一	工作任务： “标准件 1-G 代码”二维绘图
	<p>“标准件 1-G 代码”尺寸如下：</p> <p>(1)标准件 1 外形尺寸：44mm×45mm×18mm</p> <p>(2) 中心孔尺寸：8mm×8mm×5mm</p> <p>(3) 燕尾槽宽度：3.5mm</p> <p>(4) 四个底孔直径：Ø6.5mm</p> <p>(5) 下平台高度：8mm</p>
二	<p>工作目标：</p> <p>能够正确使用 Surfmi11 软件进行“标准件 1-G 代码”的二维绘图。</p>
三	<p>工作要求：</p> <p>(1) 二维绘图：尺寸正确，图形正确</p> <p>(2) Surfmi11 默认精度</p> <p>(3) 裁减完整、封闭、无断点、无自交点</p> <p>(4) 无重线、无重点</p>
四	<p>工作地点：</p> <p>培训教室</p>
五	<p>工作过程：</p> <p>参考《“标准件 1-G 代码”二维绘图指南》和《标准件 1》</p>

6.1.1 新建图层


在三维造型模式  下，将左侧导航工具条的“图层”打开，在主绘图层中选项上点鼠标右键，在弹出的选项卡中选择“新建图层”，结果如图 6-1。点击“图层 1”选中图层 1，再次点击“图层 1”修改图层名字为“辅助线”，如图 6-2。



图 6-1

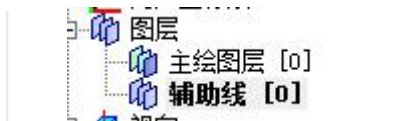


图 6-2



图 6-3

点击“辅助线”选中辅助线图层，右击鼠标，在弹出的选项卡中选择“设置图层属性”，更改线形为点划线、颜色为红色、线宽为 1 像素，如图 6-3。

同样方法新建“轮廓线”图层，更改图层属性颜色为橘色、线形为实线、线宽为 2 像素。

6.1.2 画辅助线


在 XOY 平面下，点击曲线绘制一直线—两点线，设置长度 30，角度 180，勾选双向选项，如图 6-4 所示。点击坐标原点，然后点击鼠标左键做出直线，再点鼠标右键确定（或者选择左下角的 ）。同样方法做出长度 30、角度 90 的直线。



图 6-4

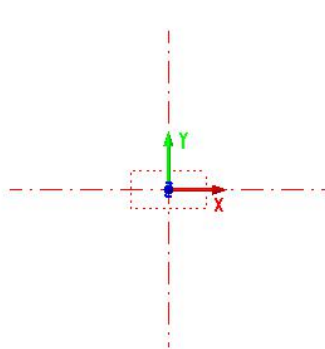


图 6-5

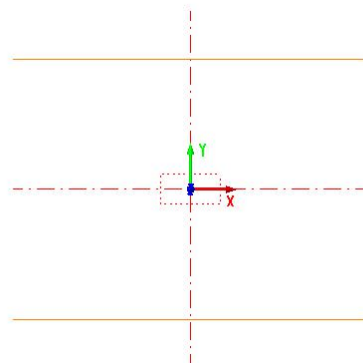


图 6-6

选中这两条直线，鼠标移动到“辅助线”图层上，右击鼠标，在弹出的选项卡中选择“移

动对象到图层”，移动后线条变化如图 6-5。

6.1.3 画轮廓线

将导航工具条上的微调距离改为 22.025，选择 X 方向的直线，按“Ctrl+↑”，再按“Ctrl+↓”，得到图 6-6。同样，微调距离改为 22.525，选择 Y 方向的直线，按“Ctrl+→”，再按“Ctrl+←”，得到四条轮廓线。

按住 Shift 键选中这四条轮廓线，将这四条轮廓线移动到“轮廓线”图层，得到图 6-7。

选择“曲线编辑”-“曲线倒角”-“两线倒斜角”，距离 1 和距离 2 均填 2，得到图 6-8。

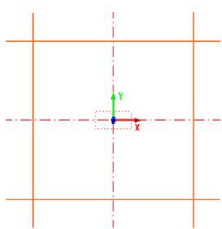


图 6-7

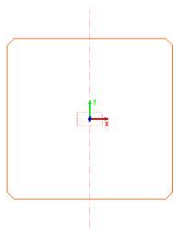


图 6-8

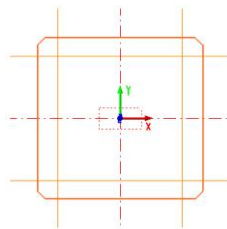


图 6-9

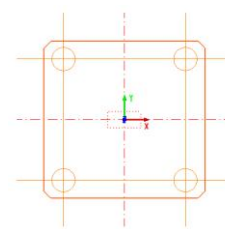


图 6-10

将这些直线全选，然后选择曲线编辑-曲线组合，轮廓线就组合成为一条曲线了。

6.1.4 画四个小孔

将导航工具条上的微调距离改为 17，选择 X 方向的辅助线，按“Ctrl+↑”，再按“Ctrl+↓”，选择 Y 方向的直线，按“Ctrl+→”，再按“Ctrl+←”，得到如图 6-9 的四条直线。

选择“曲线绘制”-“圆”-“圆心半径”，在半径的位置上输入 3.2625，选择四条直线的交点，得到如图 6-10 的四个圆。将这四个圆移动到“轮廓线”图层，四条辅助线移入“辅助线”图层。

6.1.5 画中心小方孔

选择“曲线绘制”-“矩形”-“圆角矩形”，输入第一点为 (-4,-4)，第二点为 (4,4)，圆角的半径为 1.5。得到圆角矩形，将圆角矩形移动到“轮廓线”图层。

6.1.6 画燕尾槽

选择 X=0 的辅助线，向右偏移 10。过(10, 0)点，做一条与 X 轴成 45° 的直线，如图 6-11。

第六章 G 代码编程

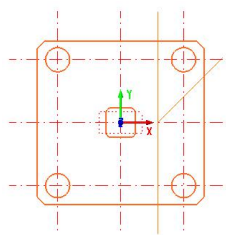


图 6-11

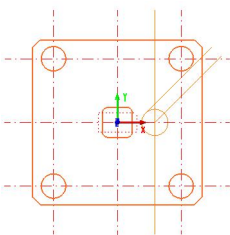


图 6-12

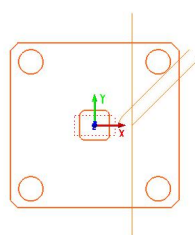


图 6-13

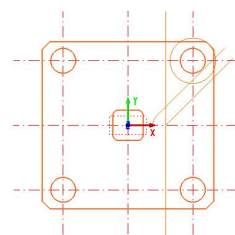



图 6-14

选择“曲线等距”-“单线等距”，等距距离 3.5，选择 45° 的直线，向左侧偏移，点击  完成。

选择“曲线绘制”-“圆”-“圆心半径”，在半径的位置上输入 3.5，选择 (10,0) 点，画出 R3.5 的圆，如图 6-12。选择快速裁剪，留 X 轴上方与 45° 的直线相切的线如图 6-13。

在点 (17,17) 画出 R6 的圆，在 45° 直线与圆的交点处水平画直线到外轮廓线，如图 6-14。裁剪后得到图 6-15。

将导航工具条上的微调距离改为 15，点击辅助线 $Y=0$ ，按“Ctrl+↑”，做出 $Y=15$ 的直线，进行裁剪，得到图 6-16。

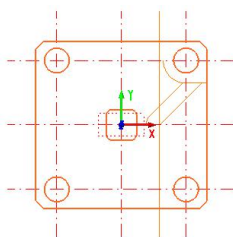


图 6-15

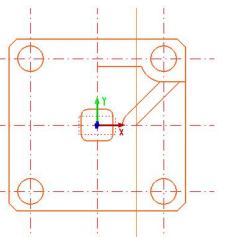


图 6-16

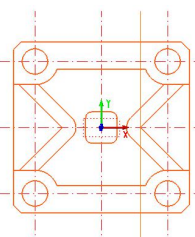


图 6-17

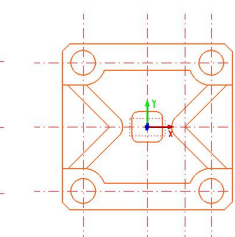


图 6-18

将图 6-16 中的除外轮廓线、圆和方孔的线全部选中，选择“变换”-“镜像”，选择“拷贝对象”，点击“竖直镜像”得到镜像图形。将镜像前和镜像后的图形全部选中，选择“变换”-“镜像”，选择“拷贝对象”，点击“水平镜像”，得到图 6-17。

将线条全选，选择“曲线编辑”-“曲线组合”，镜像得到的线条就会组合成为直线。将轮廓线全部移入“轮廓线”图层，辅助线全部移入“辅助线”图层，得到图 6-18。

至此，标准件 1 的二维绘图全部完成。

6.2 编程准备工作

此文件的 G 代码编程过程前提条件如下：

- (1) 程序是在 NC 格式下编写的；
- (2) 采用 50 系统机床加工。

第六章 G 代码编程

过程分为如下几个步骤：

- (1) 编程准备工作；
- (2) 手动编程：

标准件 1 的 G 代码编程要求对工件的上表面进行编程并加工，其中涉及到六个步骤的编程，包括铣平面、凸台加工、外轮廓加工、底座孔加工、燕尾槽加工和方孔加工。

- (3) 机床加工准备工作及程序调试；
- (4) 机床加工过程。

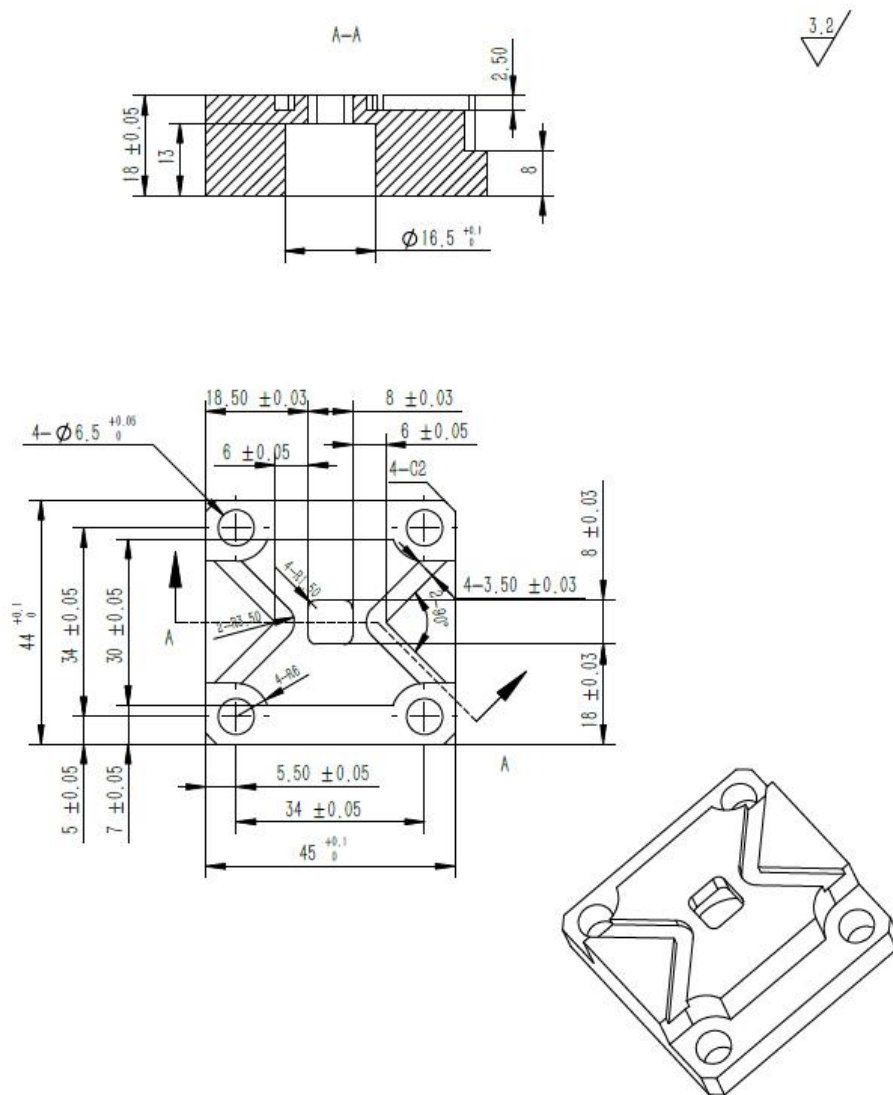


图 6-19 标准件 1 参考图

6.2.1 新建 NC 文件

因为 Surfmill 和数控中心不能识别 TXT 文件，所以打开一个已生成的 NC 格式的路径，将内容删除，将文件名重命名，成为 NC 格式的空文件，然后用记事本打开进行编写。

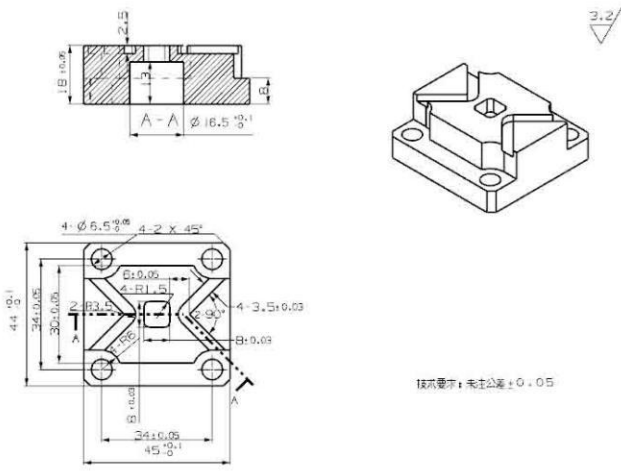
第六章 G 代码编程

6.2.2 确定加工工艺

根据“标准件 1”的图纸可以看到，所需要的加工工序为铣平面、凸台加工、外轮廓加工、底座孔加工、燕尾槽加工和方孔加工六个工序。且图纸中的最小曲率半径为 1.5mm，所以选用直径为 10mm、6mm 和 3mm 三支刀就可以完成加工。

6.3 手动编程

“标准件 1-G 代码”编程工作页

工序	内容
	工作任务：
一	<p>“标准件 1-G 代码” 尺寸如下：</p> <p>(1)标准件 1 外形尺寸：44mm×45mm×18mm (2) 中心孔尺寸：8mm×8mm×5mm (3) 燕尾槽宽度：3.5mm (4) 四个底孔直径：Ø6.5mm (5) 下平台高度：8mm</p> 
	工作目标：
二	<p>(1) 能够读懂大部分的 G 代码，并具备一定的编程能力。 (2) 能够编制出一套完整的 G 代码加工文件，并了解相关流程和注意事项。</p>
	工作要求：
三	<p>(1) 只需加工标准件 1 正面 (2) 每个加工位需包括粗、精加工 (3) 尺寸精度符合图纸标注公差要求</p>
	工作地点：
四	培训室
	工作过程：
五	<p>(一)、引导问题</p> <p>(1) 为什么要采用精加工？精加工的意义是什么？开粗和精修能否用一个程序实现？是否可以通过改变半径磨损值实现粗加工与精加工？ (2) 在遇到重复性走刀时，采用循环是否更为简单？循环如何实现？采用调用子程序循环加工的方法是否可行？ (3) G91G28Z0 的作用是什么？程序头是否应该设置这一指令？ (4) 刀具相对轮廓线左偏/右偏是如何确定的？对应的 G 代码是什么？ (5) 若采用半径补偿的方式进行编程，刀具的半径值在机床数控操作界面的哪里填写？</p>

第六章 G 代码编程

<p>(6) 打开半径补偿时，是否应该在路径之外再给一个进刀点？退刀点应该如何设置？</p> <p>(7) 倒角如何实现？是否可以利用打开半径补偿、调整 Z 值的方式实现？</p> <p>(8) 圆弧路径应该如何表示？是否用圆弧终点和半径比较简单？整圆的路径又该如何表示？整圆是否可以用圆心距离起点的相对坐标 (I, J, K) 表示？</p> <p>(9) 模态指令和非模态指令有什么区别？G1、G41、G17 是否需要重复输入？</p> <p>(10) 设置相对定位高度的意义是什么？如何设置路径段之间的相对定位高度？</p> <p>(二)、编程流程</p> <p>参考“标准件 1-G 代码”流程</p>
--

6.3.1、铣平面

新建一个 NC 格式的文件，将文件名重命名为“1 序铣平面”。

首先进行铣平面的编程练习，参考《50 系统代码、变量汇总》和《50 系统培训手册 2-21》，这里为了编程方便，采用直径为 10mm 的平底刀、路径间距为 5mm 进行编程。

表 6-1 标准件 1 铣平面 G 代码编程

%	程序开始符；
00001	程序名称（四位数）；
G91G28Z0	Z 向回参考点；
G90G40G49G80G98	绝对值编程，关闭刀具长度补偿和半径补偿，固定循环取消返回到初始点；
G21G0G54G17	米制输入，定位，选择 G54 为工件坐标系，选择 X _p Y _p 平面；
T1M6([平底]JD-10.00)	换 1 号刀（平 10）；
X-30Y-30	定位到点（-30，-30，5）；
G43Z5H1	打开 1 号刀的正向长度补偿，Z 向运动到 5mm 处；
S10000M3M8	打开主轴转速（10000r/min）和冷却液；
G0Z0	1 号刀定位到工件表面；
G1Z-0.1F3000	直线插补到 Z 为 0.1mm，进给为 3m/min；
X30	进给切削到点（30，-30，-0.1）；
Y-25	进给切削到点（30，-25，-0.1）；
X-30	进给切削到点（-30，-25，-0.1），下同，就不再赘述；
Y-20	
X30	
Y-15	
X-30	
Y-10	
X30	
Y-5	
X-30	
Y0	
X30	
Y5	

第六章 G 代码编程

X-30	
Y10	
X30	
Y15	
X-30	
Y20	
X30	
Y25	
X-30	
Y30	
X30	进给切削到点 (30, 30, -0.1)，铣面加工结束；
G0G49Z5	取消刀长补偿，返回 Z5 点；
G91G28Z0	Z 向返回参考点；
M5M9	主轴停止，关闭冷却液；
M30	程序结束；
%	程序结束符号。

为了减少加工辅助时间。可以将平 10 的刀改为平 6 的刀进行编程。

将工件表面铣平后，可以先进行外轮廓切割，也可以进行凸台的加工，这里先进行外轮廓的加工。

6.3.2 外轮廓加工

外轮廓加工选用平 6 的刀，可以采取原轮廓偏移刀具半径值后取点编程，也可以采取原轮廓取点、加半径补偿编程。这里采用第二种方式。

表 6-2 标准件 1 外轮廓加工 G 代码编程

主程序	
%	主程序开始符；
O0001	主程序代号；
G91G28Z0	Z 向回参考点；
G90G40G49G80G98	绝对值编程，关闭刀具长度补偿和半径补偿，固定循环取消返回到初始点；
G21G0G54G17	米制输入，定位，选择 G54 为工件坐标系，选择 XPYP 平面；
T3M6([平底]JD-6.00)	换 3 号刀 (平 6)；
S10000M3M8	打开主轴转速 (10000r/min) 和冷却液；
G0X-32.51Y22.025	定位到轮廓外的一点 (-32.51, 22.025) 处；
G43Z5H3	打开 3 号刀(平 6)正向长度补偿，并定位到(-32.51, 22.025, 5)；
G1Z0F500	直线插补到点 (-32.51, 22.025, 0) 处；
G41D3 ([平底]JD-6.00)	打开刀具左侧半径补偿；
M98P600002	调用 0002 号子程序，循环 60 次结束；
G40	取消刀具半径补偿；
G90X-32.51	X 向进给切削到-32.51 处；

第六章 G 代码编程

G91G28Z0	Z 向返回参考点；
G0G49	取消刀具长度补偿；
M5M9	主轴停止，关闭冷却液；
M30	主程序结束；
%	主程序结束符号。
0002 子程序	
%	子程序开始符；
O0002	子程序代号；
G91G1Z-0.3F1100	直线插补，每层吃刀量 0.3mm，进给为 1.1 m/min；
G90X20.51	进给切削到点 (20.51, 22.025, -0.3)；
X22.525Y20.01	进给切削到点 (22.525, 20.01, -0.3)；
Y-20.01	
X20.51Y-22.025	
X-20.51	
X-22.525Y-20.01	
Y20.01	
X-20.51Y22.025	
M99	子程序调用结束，返回主程序；
%	子程序结束符。

当选择了打开刀具补偿的时候，要特别注意在使用机床加工时将刀具半径“3”填入到“SET”中的“外形(R)”选项中，否则半径补偿默认为0，加工的路径就会出错。

外轮廓加工的编程需要注意的是刀具半径补偿的打开和取消位置，一定要在循环开始前定位到工件外某一点打开，循环结束后立刻关闭，否则容易出现残料或者过切。下面举例说明刀具半径补偿未取消导致出现残料：

在轮廓加工时，设置 A 点 (X-32.51, Y22.025) 为进刀点、起削点和退刀点。由于设置了左侧半径补偿，故进刀路径 A-B 如下图 6-19 所示。子程序循环过程没有问题，走刀路线如下图 6-21 绿色虚线所示。

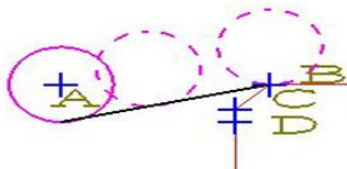


图 6-20 进刀路线

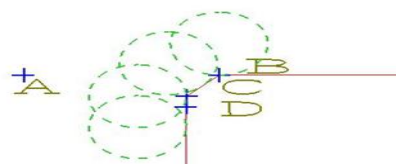


图 6-21 刀具子程序循环过程

但在退刀时，由于没有取消半径补偿，出现了单层残料剩余。如下图 6-22 所示，绿色区域在子程序最后一层循环中被自动忽略，刀具从 D 点直接带着左侧半径补偿运动到 A 点，然后退刀。而理论上我们认为，子程序在循环过程中，刀具每个点都应该走到，即从 C 点走到 B 点，然后结束子程序循环，再从 B 点带着左侧半径补偿运动到 A 点从而退刀。所以，刀具

第六章 G 代码编程

半径补偿的打开和取消位置很重要，需要特别注意，否则很容易出错。

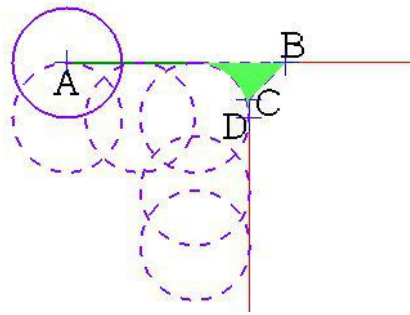


图 6-22 实际退刀路线图

6.3.3 凸台加工

凸台加工的一定要注意不要留有残料，解决的方法为将原有的轮廓线向左和向右偏移至少一个刀具半径，向上偏移 0.1 就可以，保证加工面全部铣到位，如图 6-23 所示。

凸台加工的编程方式有两种方式。第一种为将画好的轮廓线向内进行单线等距一个刀具半径的距离（如图 6-24 所示），然后在等距后的图形上取点进行编程。第二种为直接在原有轮廓线上取点，在编程时加入刀具半径补偿。这里重点讲第二种编程方式，采用平 6 的刀具，在图中取点，刀走一圈之后不会有残料留下。

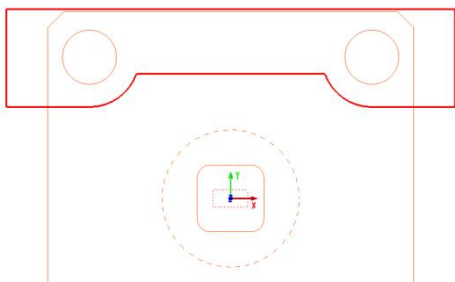


图 6-23

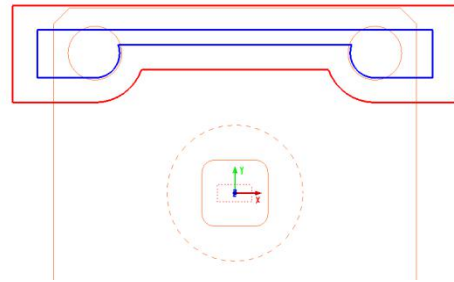


图 6-24

为了编程方便，可以采用调用子程序的方式进行循环编程。调用子程序时，循环指令编写格式为“M98P□□□（循环次数，最多三位）□□□□（子程序号，四位数）”，循环次数与子程序号之间无其他符号或者空格符。

刀具左/右侧半径补偿定义方法为：沿着刀具前进方向从后向前看，刀具位于轮廓线左侧为左偏，刀具位于轮廓线右侧为右偏。

表 6-3 标准件 1 凸台加工 G 代码编程

主程序	
%	主程序开始符；
O0001	主程序代号；
G91G28Z0	Z 向回参考点；
G90G40G49G80G98	绝对值编程，关闭刀具长度补偿和半径补偿，固定循环取消返

第六章 G 代码编程

	回到初始点；
G21G0G54G17	米制输入，定位，选择 G54 为工件坐标系，选择 X_pY_p 平面；
T3M6([平底]JD-6.0)	换 3 号刀（平 6）；
S10000M3M8	打开主轴转速（10000r/min）和冷却液；
X-36Y-11.066	定位到轮廓外的一点（-36，-11.066）处；
G43Z5H3	打开 3 号刀（平 6）正向长度补偿，并定位到点（-36，-11.066，5）；
G42D3([平底]JD-6.00)	打开刀具右侧半径补偿；
X-32	定位到点（-32，-11.066，5）；
G1Z0F500	直线插补到点（-32，-11.066，0）；
M98P200002	调用 0002 号子程序，循环 20 次结束；
G0Z5	Z 向抬高到安全高度 5；
G40	半径补偿关闭；
G0X-36Y11.066	定位到点（-36，11.066，5）；
G41D3([平底]JD-6.00)	打开刀具左侧半径补偿；
X-32	定位到点（-32，11.066，5）；
G1Z0F500	直线插补到点（-32，11.066，0）；
M98P200003	调用 0003 号子程序，循环 20 次结束；
G91G28Z0	Z 向返回参考点；
G0G40G49	取消刀具长度补偿和半径补偿；
M5M9	主轴停止，关闭冷却液；
M30	主程序结束；
%	主程序结束符号。
0002 子程序	
%	子程序开始符；
O0002	子程序代号；
G91G1Z-0.5F2000	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 2 m/min；
G90X-16.116	进给切削到点（-16.116，-11.066，-0.5）；
G2X-11.343Y-15R6	顺时针圆弧插补到圆弧终点（-11.343，-15，-0.5）；
G1X11.343	
G2X16.116Y-11.066R6	
G1X28.5	
Y-23	
X-28.5	
Y-11.066	
M99	子程序调用结束，返回主程序；
%	子程序结束符。
0003 子程序	
%	
O0003	
G91G1Z-0.5F2000	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 2 m/min；
G90X-16.116	
G3X-11.343Y15R6	逆时针圆弧插补到圆弧终点（-11.343，15，-0.5）；

第六章 G 代码编程

G1X11.343	
G3X16.116Y11.066R6	
G1X28.5	
Y23	
X-28.985	
Y11.066	
M99	
%	

6.3.4 底座孔加工

底座孔加工主要需要注意的是刀具定位高度和圆的表示方法。画圆要确定圆的起点和圆心位置，起点用 (X, Y, Z) 表示，圆心距离起点的相对坐标用 (I, J, K) 表示。

表 6-4 标准件 1 底座孔加工 G 代码编程

主程序	
%	
O0001	
G91G28Z0	
G90G40G49G80G98	程序初始化；
G21G0G54G17	
T3M6([平底]JD-6.00)	
S12000M3M8	打开主轴转速 (12000r/min) 和冷却液；
X-16.74Y17	
G43Z5H3	打开 3 号刀 (平 6) 正向长度补偿，并定位到 (16.74, 17, 5)；
G1Z-10F500	
M98P160002	调用 0002 号子程序，循环 16 次结束；
G0Z5	将刀具抬高到距离工件表面 5mm 的距离再进行 XY 方向平移。
X17.26Y17	
G1Z-10F500	
M98P160003	调用 0003 号子程序，循环 16 次结束；
G0Z5	
X17.26Y-17	
G1Z-10F500	
M98P160004	调用 0004 号子程序，循环 16 次结束；
G0Z5	
X-16.74Y-17	
G1Z-10F500	
M98P160005	调用 0005 号子程序，循环 16 次结束；
G91G28Z0	
G0G49	
M5M9	
M30	

第六章 G 代码编程

%	
0002 子程序	
00002	
G91G1Z-0.5F1500	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 1.5 m/min；
G90G02X-16.74Y17I-0.26	以 (-16.74, 17) 点为终点、(-17, 17) 为圆心画圆切削；
M99	
%	
0003 子程序	
00003	
G91G1Z-0.5F1500	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 1.5 m/min；
G90G02X17.26Y17 I-0.26	以 (17.26, 17) 点为终点、(17, 17) 为圆心画圆切削；
M99	
%	
0004 子程序	
00004	
G91G1Z-0.5F1500	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 1.5 m/min；
G90G02X17.26Y-17I-0.26	以 (17.26, -17) 点为终点、(17, -17) 为圆心画圆切削；
M99	
%	
0005 子程序	
00005	
G91G1Z-0.5F1500	直线插补，每层吃刀量 0.5mm，进给为 1.5 m/min；
G90G02X-16.74Y-17I-0.26	以 (-16.74, 17) 点为终点、(-17, -17) 为圆心画圆切削；
M99	
%	

将平底刀 6 的路径全部编程完之后，就可以进行平底刀 3 的编程了。平 3 的刀需要做的是方孔和燕尾槽，这里先做方孔。

6.3.5 方孔加工

方孔加工时，由于选用的是平 3 的刀，若沿轮廓切割的话，中间会有残料，所以要进行区域加工，方孔的最小曲率半径是 1.5mm，所以用平 3 的刀走的正好是正方形区域。

表 6-5 标准件 1 方孔加工 G 代码编程

主程序	
00001	主程序开始符；
G91G28Z0	Z 向回参考点；

第六章 G 代码编程

G90G40G49G80G98	绝对值编程，关闭刀具长度补偿和半径补偿，固定循环取消返回到初始点；
G21G0G54G17	米制输入，定位，选择 G54 为工件坐标系，选择 X_pY_p 平面；
T2M6([平底]JD-3.00)	换 2 号刀（平 3）；
S10000M3M8	打开主轴转速（10000r/min）和冷却液；
G90X-2.5Y-2.5	定位到轮廓外的一点（-2.5, -2.5）处；
G43Z5H2	打开 2 号刀（平 3）正向长度补偿；
G1Z0F500	降到工件表面；
M98P250002	调用 0002 号子程序，循环 25 次结束；
G91G28Z0	Z 向返回参考点；
G0G49	取消刀具长度补偿；
M5M9	主轴停止，关闭冷却液；
M30	主程序结束；
%	主程序结束符号。
0002 子程序	
%	子程序开始符；
O0002	子程序代号；
G91G1Z-0.2F500	直线插补，每层吃刀量 0.2mm。
G90X2.5F1500	
Y2.5	
X-2.5	
Y-2.5	
X-1.25Y-1.25	
X1.25	
Y1.25	
X-1.25	
Y-1.25	
X-2.5Y-2.5	
M99	
%	

6.3.6 燕尾槽加工

燕尾槽的两端需要向外至少偏移一个刀具半径，这里采用将原来的轮廓线向内偏移一个刀具半径，再向外延伸 3mm 的位置进行选点编程（如图 6-25 的蓝色线）。

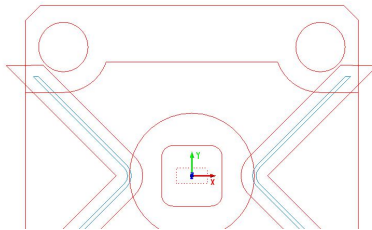


图 6-25

第六章 G 代码编程

表 6-6 标准件 1 燕尾槽加工 G 代码编程

0001 主程序	
%	
00001	
G91G28Z0	
G90G40G49G80G98	
G21G0G54G17	
T2M6([平底]JD-3.00)	换 2 号刀 (平 3) ;
S10000M3M8	转速 10000 r/min;
X-27.687Y-13.808	
G43Z5H2	
G0Z0.1F500	刀具 Z 向降到距离工件表面 0.1 的位置;
M98P130002	调用 0002 号子程序, 循环 13 次;
G0Z5	抬高到 Z 向距离工件表面 5 的位置;
X26.980Y-13.808	
G0Z0.1F500	
M98P130003	调用 0003 号子程序, 循环 13 次;
G91G28Z0	Z 向返回参考点;
G0G49	取消刀具长度补偿;
M5M9	主轴停止, 关闭冷却液;
M30	主程序结束;
%	主程序结束符号。
0002 子程序	
%	子程序开始符;
00002	子程序代号;
G91G1Z-0.2F500	直线插补, 每层吃刀量 0.2mm;
G90G01X-20.98F1500	
X-8.586Y-1.414	
G3X-8.586Y1.414R2	
G1X-20.98Y13.808	
X-21.687	
X-8.939Y1.061	
G2X-8.939Y-1.061R1.503	
G1X-21.687Y-13.808	
M99	子程序调用结束, 返回主程序;
%	子程序结束符。
0003 子程序	
%	
00003	
G91G1Z-0.2F500	直线插补, 每层吃刀量 0.2mm;
G90G01X21.687F1500	

第六章 G 代码编程

X8.939Y-1.061	
G2X8.939Y1.061R1.503	
G1X21.687Y13.808	
X20.980	
X8.586Y1.414	
G3X8.586Y-1.414R2	
G1X20.980Y-13.808	
M99	
%	

6.4 机床加工准备工作及程序调试

6.4.1 台钳安装

在台面上安装台钳时，先清理好接触面，静置 6 个小时，然后调整位置，固定。调整位置时要注意活动钳口面与固定钳口面在竖直平面的平面度。

用螺钉固定时，需要采用对角加力、逐点加力的手法。采用压板时，注意在压板下面增加铜皮，避免压伤台面。

6.4.2 毛坯安装

当毛坯厚度足够时，可以选择将毛坯直接夹紧在台钳上，当毛坯厚度较小时，需要将毛坯固定在工装上，用台钳将工装夹紧。夹紧前注意要用百分表（或千分表）将毛坯的上表面调水平。

6.5 标准件 1-G 代码加工

工序	内容
一	<p style="text-align: center;">工作任务：</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>“标准件 1-G 代码”尺寸如下：</p> <p>(1)标准件 1 外形尺寸：44mm×45mm×18mm</p> <p>(2) 中心孔尺寸：8mm×8mm×5mm</p> <p>(3) 燕尾槽宽度：3.5mm</p> <p>(4) 四个底孔直径：Ø6.5mm</p> <p>(5) 下平台高度：8mm</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> </div> </div>
二	工作目标：

第六章 G 代码编程

	能够正确操作 50 系统机床，完成工件的加工。
三	工作要求：
	(1) 工件尺寸精度(mm)：(-0.05) - (+0.05) (2) 工件表面粗糙度 (Ra)：3.2um (3) 完成任务的工时：16 个工时之内 (4) 遵守培训部现场管理制度。
四	工作地点：
	培训部实训车间，50 系统机床
五	工作过程：
	<p>(一)、引导问</p> <p>1、装夹毛坯</p> <p>(1) 如何确定毛坯装实、装正、装平？</p> <p>2、操作 50 系统机床加工</p> <p>(1) 工件的原点设在毛坯的什么位置？ (2) 定位高度该如何设置，才能在加工中不发生撞刀？原因是什么？</p> <p>(二)、实操过程</p> <p>1、装夹毛坯</p> <p>(1) 装夹毛坯。 (2) 确定毛坯装实、装正、装平。</p> <p>2、进入加工界面加工</p> <p>(1) 调入第一个加工文件。 (2) 装刀、分中、定义工件表面 Z 坐标。 (3) 对刀并定义对刀基准。 (4) 修改程序信息，确认刀号、刀补信息正确。 (5) 试切加工，直至确认加工没有问题。 (6) 程控加工，直至完成该文件的加工。 (7) 调入下一个加工文件。 (8) 换刀、对刀并修正刀具补偿。（若无需换刀，无需此步操作） (9) 循环执行步骤（4）-（8），直至所有加工文件完成。 (10) 检查加工完成的工件是否符合要求，如有问题，采取措施修补；若无问题，拆卸工件。</p> <p>(四) 按培训部现场管理规定，清理加工现场</p>

6.5.1 铣面

在编辑状态下打开铣面程序，加工完毕后效果如图 6-26。



图 6-26 铣面加工效果

注：程序中，铣面程序的表面高度设置为 0，加工深度设置为 0.1，而之后的程序设置的表面高度均为 0，所以在做完铣面程序之后，要以刀具长度补偿的形式加到每一支刀具上，即：在对刀后，SET 中刀具的磨损（H）值均手动添加为-0.1。

6.5.2 凸台加工

在编辑状态下打开凸台加工程序，加工完毕后效果如图 6-27。

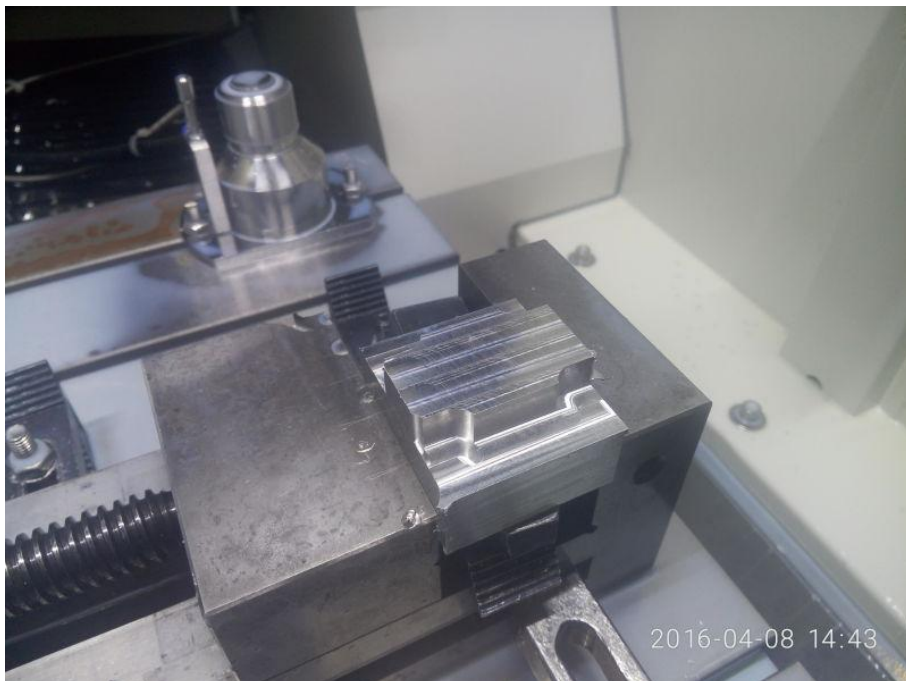


图 6-27 凸台加工效果

第六章 G 代码编程

6.5.3 外轮廓加工

在编辑状态下打开外轮廓加工程序，加工完毕后效果如图 6-28。

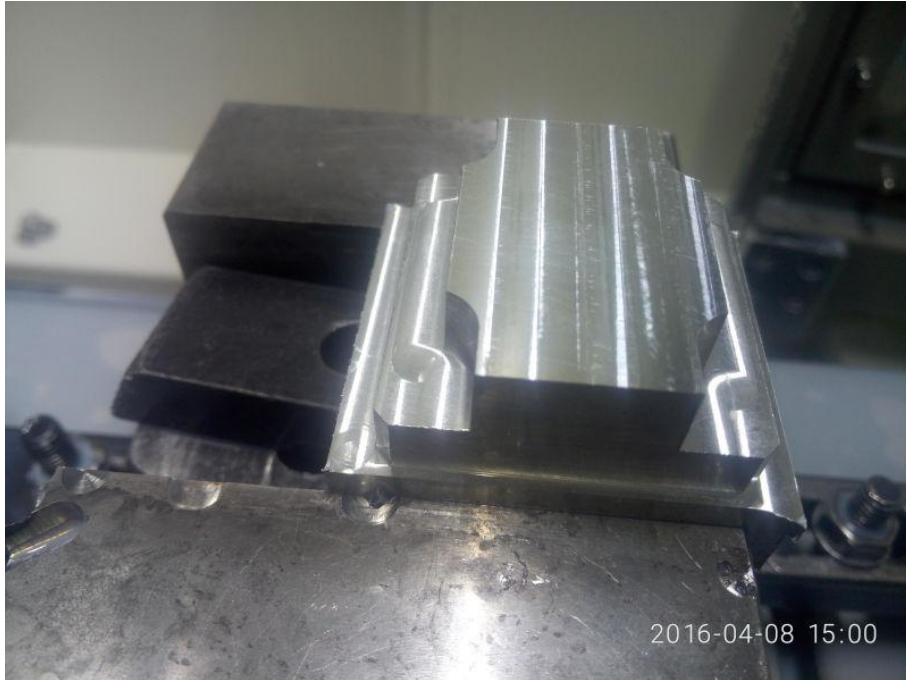


图 6-28 外轮廓加工效果

6.5.4 底座孔加工

在编辑状态下打开底座孔加工程序，加工完毕后效果如图 6-29 所示。

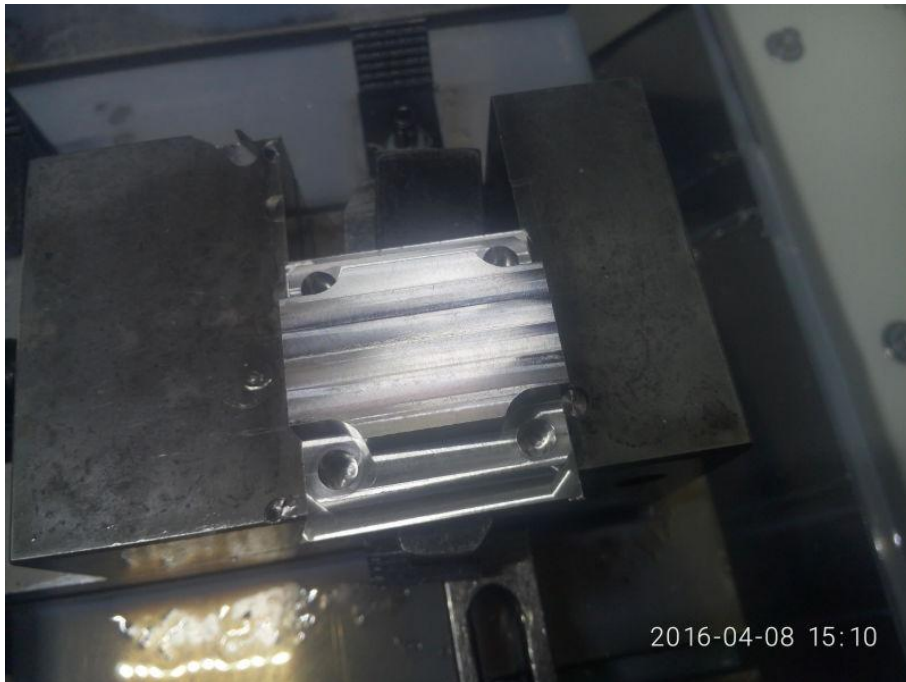


图 6-29 底座孔加工效果

6.5.5 方孔加工

在编辑状态下打开方孔加工程序，加工完毕后效果如图 6-30 所示。

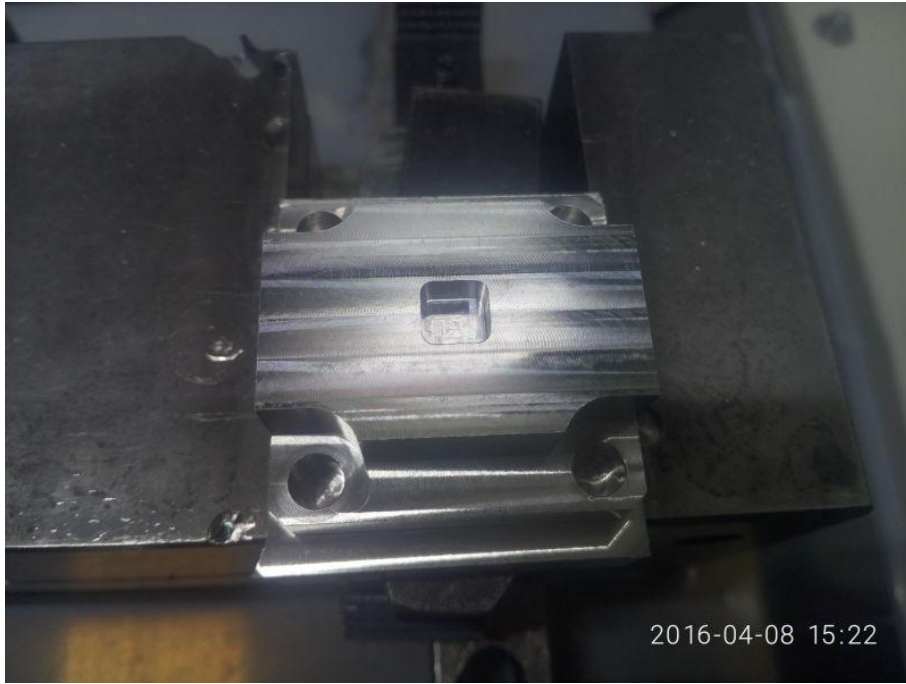


图 6-30 方孔加工效果

6.5.6 燕尾槽加工

在编辑状态下打开燕尾槽加工程序，加工完毕后效果如图 6-31 所示。



图 6-31 燕尾槽加工效果

6.6 验收与总结

6.6.1 验收与教师评价

6.6.1.1 曲面造型

检测项目	教师评价
曲面造型：尺寸正确	
Surfmill 默认精度	
裁减完整	
无重面	
无窄面、碎面 ($<0.005\text{mm}$)	

6.6.1.2 编程工艺

加工工艺卡

工序	刀具	主轴转速 (rpm)	进给速度 (m/min)	吃刀深度 (mm)	路径间距 (mm)	加工时间
时间总计						
教师评价：工艺是否合理						

6.6.1.3 加工

(1) 加工尺寸精度

检测项	原始尺寸	公差/mm	实测尺寸 / mm	偏差 / mm	教师评价：是否合格
总高	18mm	$(-0.05) - (+0.05)$			
总长	45mm	$(0) - (+0.1)$			
总宽	44mm	$(0) - (+0.1)$			
燕尾槽宽度	3.5mm	$(-0.03) - (+0.03)$			
燕尾槽深度	2.5mm	$(-0.05) - (+0.05)$			
方孔边长	8mm	$(-0.03) - (+0.03)$			
底部 4 小孔直径	$\Phi 6.5$	$(0) - (+0.05)$			
底座高度	8mm	$(-0.05) - (+0.05)$			

(2) 粗糙度

检测项	粗糙度要求 Ra (μm)	实测粗糙度 Ra (μm)	老师评价：是否合格
工件表面	3.2		

6.6.2 总结与教师评价

6.6.2.1 加工中出现了哪些问题，采取何种措施解决？

序号	出现的问题	解决措施	有无遗留问题	老师评价、解答
1				
2				
3				

6.6.2.2 问题回答

(1) 工艺规划遵循的原则是“能用大刀具，就不用小刀具”、“能用钻头，就不用铣刀”，为什么？

(2) 最小刀具的选用是否应该依据工件模型的最小曲率选择？为什么？

(3) 工件的加工为什么要区分开粗和精修？精修对于尺寸精度和表面效果有什么作用？

6.6.3 编程过程

(1) 看图片和视频，认识 50 系统 2.5 轴加工。

(2) 绝对值编程和相对值编程有何不同？

(3) 软件中的轴向分层在手动编程中该如何实现？

(4) 刀具长度补偿和半径补偿该如何打开？

(5) 开粗和精修是否可以通过一个程序实现？利用刀具半径补偿 (D) 的方式能否实现？是否需要先打开半径补偿 (R)？当半径补偿 (D) 给正值时，加工结果是留有余量还是过产生过切？

(6) 同理，倒角如何实现？是否可以利用打开半径补偿、调整 Z 值的方式实现？

(7) 设置相对定位高度的意义是什么？手动编程如何设置？

(8) 圆弧走刀怎样设置？整圆走刀怎样设置？

6.6.4 操作机床加工

(1)、工件的原点设在毛坯的什么位置？

(2)、机床原点和工件原点有何不同？

(3)、定位高度该如何设置，才能在加工中不发生撞刀？原因是什么？

第七章 Surfmill 编程及加工

实例 1 卡钳刀爪座-Surfmill 编程及加工指南

7.1 编程及加工的前提条件

- (1) 机床为 50 系统，冷却方式为切削液或者白油。
- (2) 必须用培训部指定的治具和毛坯。
- (3) 编程软件为 Surfmill17.0 或者 Artform3.0 软件。

7.2 卡钳刀爪座造型指南

“卡钳刀爪座”工作页

工序	内容	
一	工作任务：	
	曲面造型“卡钳刀爪座”。	
	1. “卡钳刀爪座”模型如右图： 2. 工程图纸参照 LY12-卡钳刀爪座图纸	
二	工作目标：	
	能够正确使用 Surfmill 软件进行“卡钳刀爪座模型”的曲面造型。	
三	工作要求：	
	1、曲面造型：尺寸正确 2、Surfmill 默认精度 3、裁减完整 4、无重面	
四	工作地点：	
	培训教室	
五	工作过程：	
	参考《卡钳刀爪座曲面造型指南》	

7.2.1 整体绘制思路

做图顺序为：线-面-体，先画二维线，由二维线拉伸出三维图，再运用面面裁剪和线面裁剪做出通孔和沉孔。

7.2.2 知识点：

- (1) 曲面拉伸 (2) 面面裁剪 (3) 新建坐标系 (4) 拾取发生器 (5) 颜色属性。

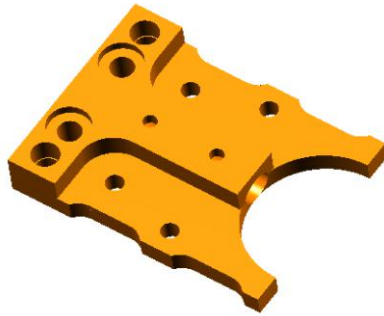


图 6-32

7.2.3 绘图步骤

- (1) 首先依据图纸画出二维线（俯视图）

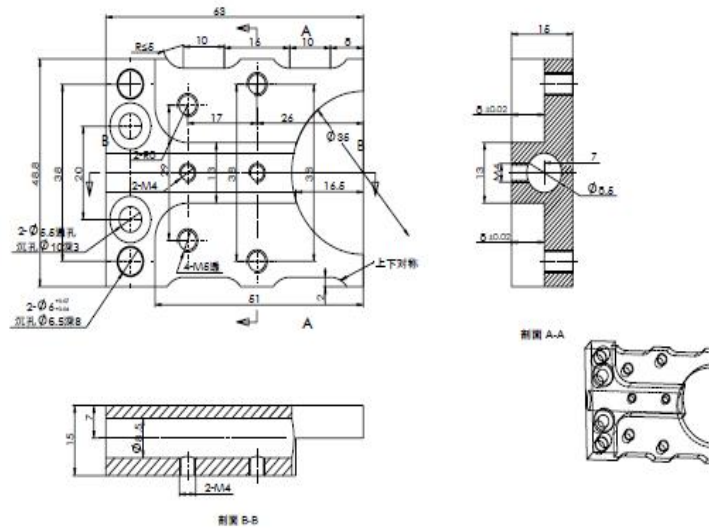


图 6-33

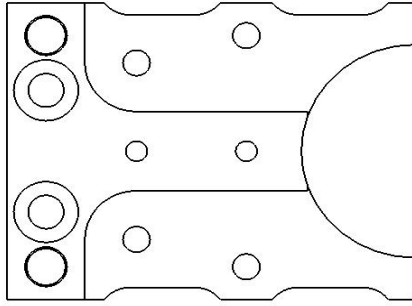


图 6-34

(2) 将粉色线的 Z 值属性设置为 15mm，蓝线设置为 7mm。

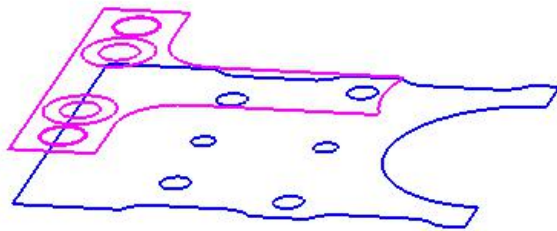


图 6-35

(3) 将蓝色线向下拉伸 7mm。勾选加上盖和加下盖。如图所示。

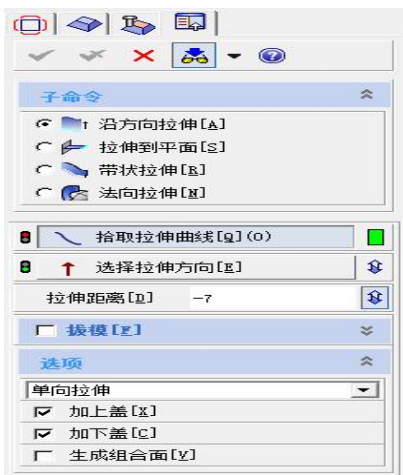


图 6-36

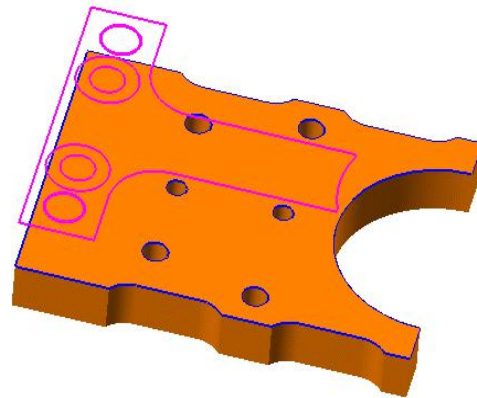


图 6-37

(4) 将粉色线向下拉伸 8mm，勾选加下盖。如图所示。



图 6-38

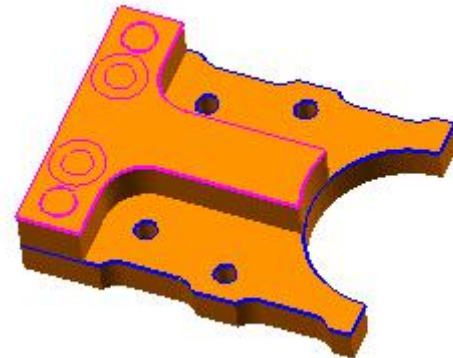


图 6-39

(5) 选取 D6.0 通孔的轮廓线，向下拉伸 20mm。

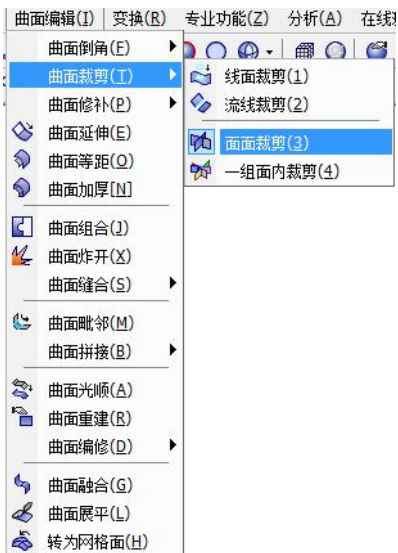


图 6-40

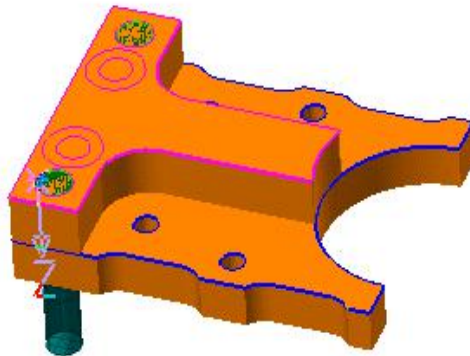


图 6-41

(6) 利用面面剪切功能，裁剪出通孔。选取绿色拉身面为曲面组 1，曲面组 2 框选整个模型。



图 6-42

第七章 Surfmill 编程及加工

(7) 向下拉伸 D6.5 的轮廓线，拉伸深度为 8mm。再利用面面裁剪功能，做出 D6.5 沉孔。

如图所示：

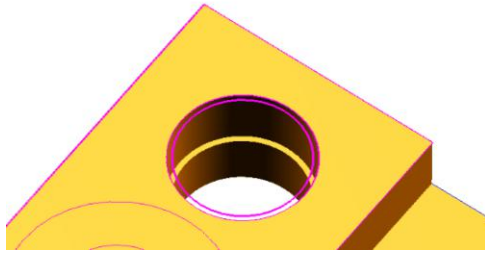


图 6-43

(8) 同理，应用拉伸和面面裁剪工作做出 D5.5 通孔和 D10 沉孔。

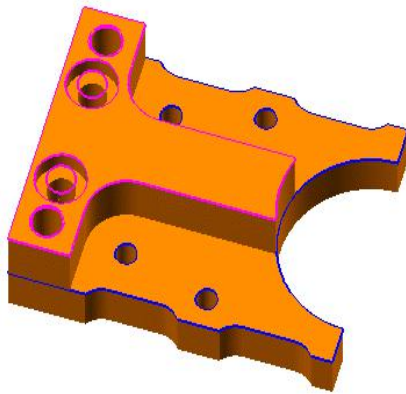


图 6-44

(9) 绘制侧面 D8.5 通孔。侧面通孔的绘制不在俯视图绘制范围内，所以可以通过新建坐标系，来绘制 D8.5 圆的轮廓。新建坐标系步骤如下：

①在 3D 造型环境中，右键选择新建坐标系。



图 6-45

图 6-46

②拾取坐标原点，这里选择模型的角点，在点击 X 轴方向（红线所示方向），点击 Y 轴方向（绿线所示方向）。坐标系名称设置为 UCS-1

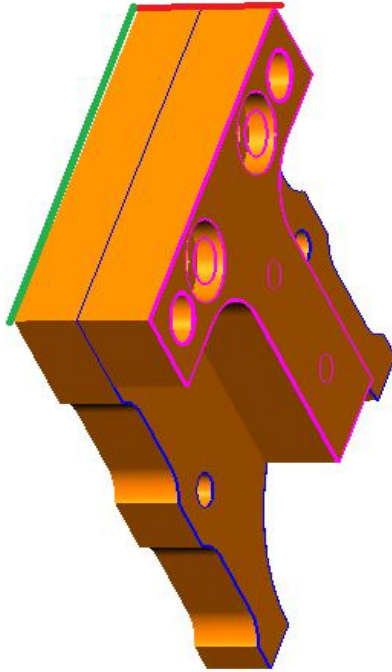


图 6-47

③右键新建完的坐标系 USC-1，点击当前坐标系设置到 XOY 面。USC-1 坐标系设置完毕。

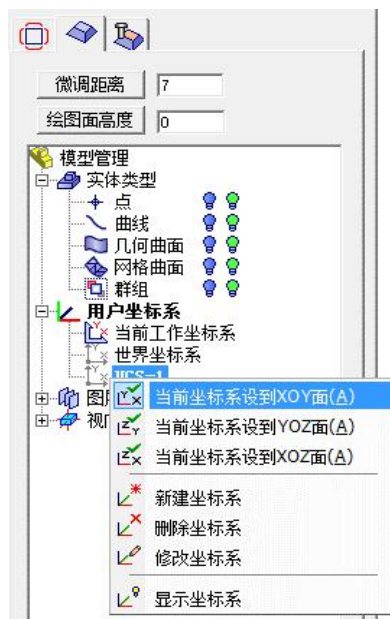


图 6-48

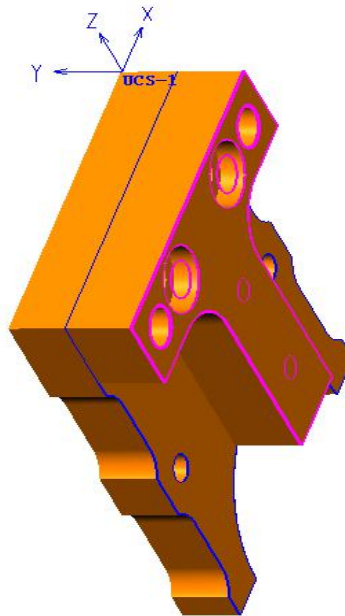


图 6-49

(10) 点击俯视图。在 USC-1 坐标系下绘制 D8.5 圆，如图所示。

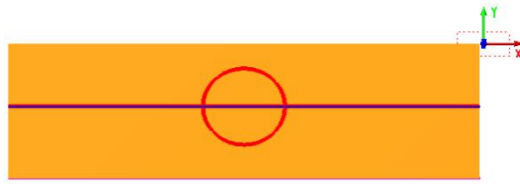


图 6-50

(11) 拉伸 D8.5 圆，拉伸长度为 70mm。如图所示。

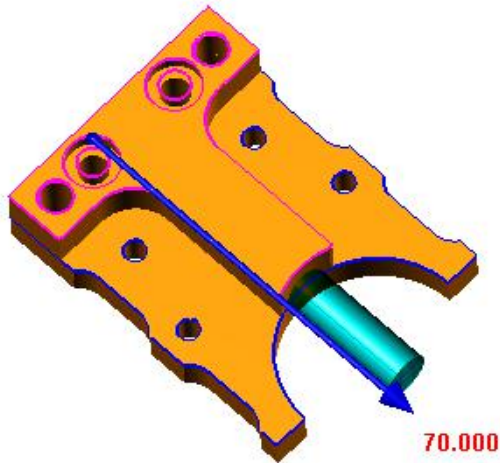


图 6-51

(12) 利用面面裁剪功能做出 D8.5 通孔。如图所示

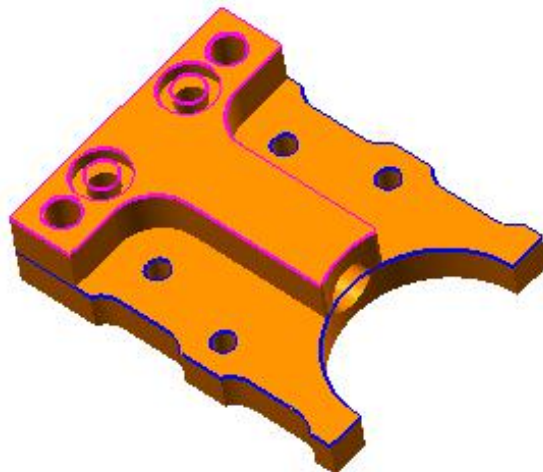


图 6-52

(13) 顶部 3.3 孔绘制方法为曲面拉伸和面面裁剪。

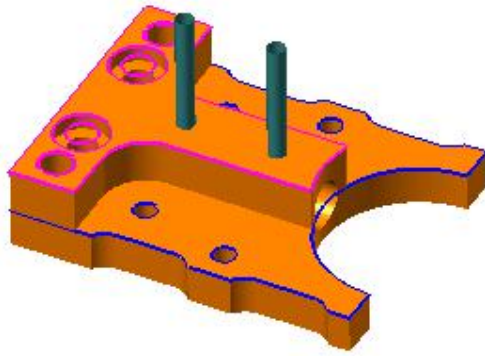


图 6-53

(14) 删掉曲线，点亮拾取发生器中的线拾取发生器,如图 6-54 所示，将点和面的拾取发生器关闭。框选整个模型，此时所有曲线高亮显示，Delete 删除曲线。



图 6-54

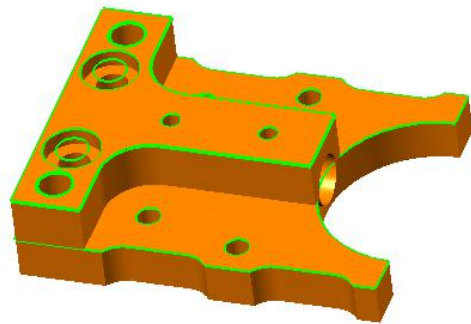


图 6-55

(15) 检验模型，框选整个模型，点击曲面编辑-曲面组合。此时如果点击模型任意一个面，模型都会被高亮显示。

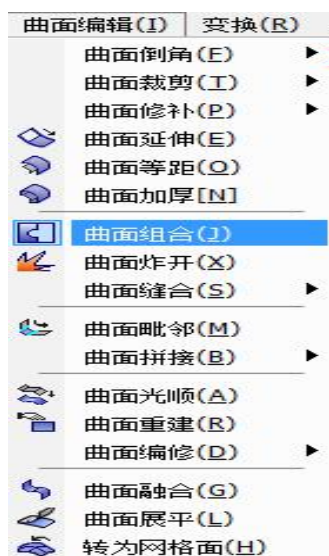


图 6-56

(16) 改变颜色属性，选中整个模型，点击最右侧颜色条里所需的颜色，此时模型就会

变成所需的颜色。

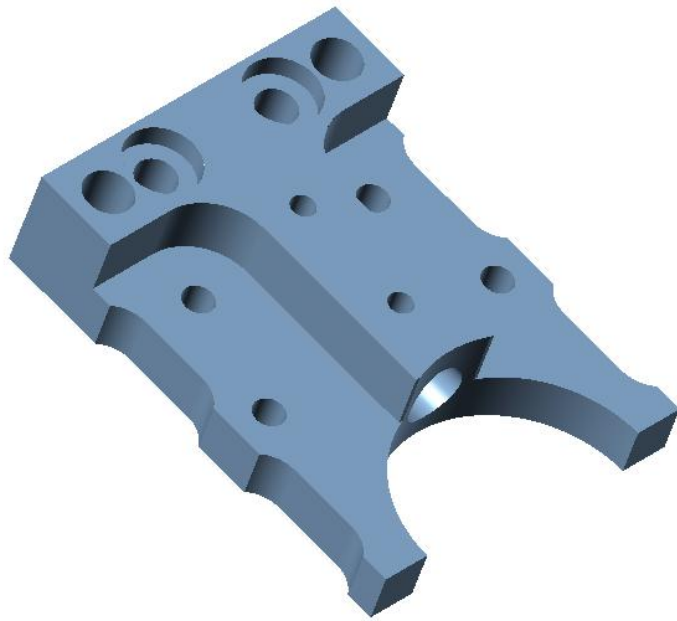
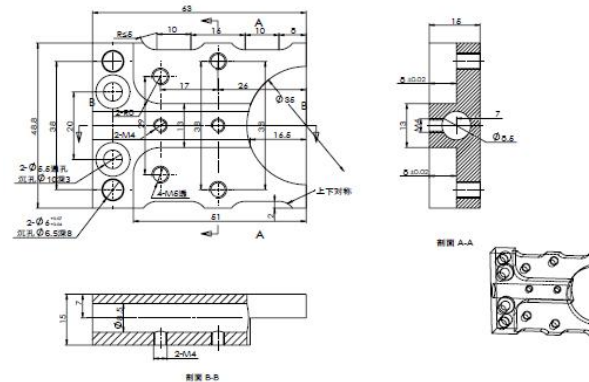


图 6-57

7.3 加工及编程过程

Surfmill 编程“卡钳刀爪座”工作页

工序	内容
一	<p style="text-align: center;">工作任务：</p> <p>Surfmill 编程“卡钳刀爪座” 关键尺寸如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 外形尺寸：$63\text{mm} \times 48.8\text{mm} \times 15\text{mm} \pm 0.02$ (2) 凸台深度：$8.00 \pm 0.02\text{mm}$ (3) 螺纹攻丝用 M4 和 M5 螺钉检验 
二	<p style="text-align: center;">工作目标：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 能够独立完成，全工序卡钳刀爪座 Surfmill 7.0 编程； (2) 学会利用 D 补偿，和 H 补偿调整关键尺寸； (3) 熟练应用钻孔、铣螺纹编程； (4) 学习工装治具的设计思路，及工作原理。
三	<p style="text-align: center;">工作要求：</p>

第七章 Surfmill 编程及加工

	<p>(1) 全工序 Surfmill 7.0 编程；</p> <p>(2) 每个加工位需包括粗、精加工；</p> <p>(3) 尺寸精度符合图纸标注公差要求；</p> <p>(4) 凸台、沉孔、D8.5 深孔的倒角宽度为 $0.5\text{mm} \pm 0.05$, 其余倒角宽度为 $0.2\text{mm} \pm 0.05$。</p>
四	工作地点:
	培训教室, 实习车间
五	工作过程:
	<p>(一)、引导问题</p> <p>(1) 如何编制出可以偏置的程序 (通过 D 补偿调整轮廓大小)。</p> <p>(2) 正向磨损的大小应该如何设置。</p> <p>(3) 一序落料前为什么要留 1mm 厚底盘。</p> <p>(4) 一序轮廓精加工, 把出刀点放在哪里比较合适。</p> <p>(5) 铣螺纹时都需要设置哪些参数, 是否需要分层。</p> <p>(6) 一序落料如何分层。切断前底盘厚度留多少合适。</p> <p>(7) 二序如何打表分中。</p> <p>(8) 二序加工台阶时, 如何防止铣到螺钉。</p> <p>(9) 如何编制二序, 7mm 厚台阶的倒角路径, 并保证倒角完成无漏倒。</p> <p>(二)、编程流程</p> <p>一序:</p> <p>(1) 粗铣面 (2) 钻引导孔 (3) 钻孔 (4) 铣螺纹 (5) 精铣面 (6) 轮廓粗 (7) 轮廓精 (8) 倒角 (9) 落料</p> <p>二序:</p> <p>(1) 粗铣面 (2) 半精铣面 (3) 钻引导孔 (4) 钻孔 (5) 铣螺纹 (6) 沉孔 (7) 台阶粗 (8) 顶面精 (9) 台阶面精 (10) 倒角</p> <p>三序:</p> <p>(1) 钻引导孔 (2) 钻孔 (3) 倒角</p> <p>四序:</p> <p>(1) 倒角</p>

Surfmill-卡钳刀爪座加工流程

工序	内容
一	工作任务:

	<p>卡钳刀爪座模型 工件重要尺寸如下： (1) 长宽高：63mm*48.8mm*15mm±0.02mm (2) 凸台深度 8mm±0.02mm</p>	
二	工作目标：	
	<p>(1) 通过运控 H、D 补偿控制尺寸在管控范围内。 (2) 能够合理利用治具提高加工效率。 (3) 能够通过改变切削三要素达到较好的表面效果。 (4) 能够熟练运用分中棒分中。</p>	
三	工作要求：	
	<p>(1) 工件尺寸精度参考验收与总结。 (2) 工件表面粗糙度 (Ra) : 1.6um (3) 完成任务的工时：36 个工时之内 (4) 遵守培训部现场管理制度。</p>	
四	工作地点：	
	<p>培训教室 实训车间</p>	
五	工作过程：	
	<p>(一)、引导问题</p> <p>(1) 如何对多把刀具对刀，如何设置对刀仪慢下位置？ (2) D 补偿的正负和偏置方向有什么关系？ (3) 在做一序加工时，为什么毛坯底部要做倒角处理？ (4) 在钻孔加工前为什么要点引导孔？ (5) 钻孔的深度和攻丝的深度存在什么关系？ (6) 攻丝加工过程中为什么首轮试切失效？ (7) 在分中过程中，如何在保证分中精度的前提下不碰伤侧壁？</p> <p>(二)、物料准备</p> <p>(1) 机床：三轴机床(50 系统) (2) 材料：方料 90mm*80mm*18mm 5 系或者 6 系铝 (3) 辅助工具：百分表、卡尺、分中棒</p>	

(4) 治具：一序治具、二序治具、台钳

(5) 刀具：非涂层刀具

(三)、实操过程

(1) 将 90*80*18mm 方料底部进行倒角处理。

(2) 将方料置于治具一中，锁紧四个螺钉。

(3) 开始一序加工，轮廓切割后底盘留 1mm 厚度。

(4) 落料处理，最终底盘留 0.1mm 厚度，用刀片割断底盘残料。

(5) 用螺丝将一序材料锁紧于二序治具上。简单方正后，将材料铣到 15.5 厚度。

(6) 对材料进行打表拉直、分钟、对刀（要精确）

(7) 开始二序加工

(8) 用台钳夹持开始三序加工。

(9) 用台钳夹持开始二序加工。

(四)、按培训部现场管理规定，清理加工现场

具体步骤：

(1) 编程准备工作（机床、治具、毛坯、刀具、M5、M4 螺钉、卡尺）；

(2) 加工工序；

卡钳刀爪座的编程需要 4 次地位装夹分别为：B 面、A 面、侧 1 面、侧 2 面

(3) 编程步骤：

B 面：铣面→引导孔→钻孔→铣螺纹→切割开粗→切割精修→轮廓倒角→切割落料

A 面：铣顶面→台阶开粗→M4 螺纹引→孔钻 M4 螺纹孔→M4 铣螺纹→D6 钻孔→D5.5 钻孔→D6.5 扩孔→D10 沉孔→台阶侧面精修→台阶面精→A 面倒角

C 面侧 1 面：D8.5 引孔→D8.5 钻孔→D8.5 孔倒角

D 面侧 2 面：D8.5 孔倒角

(4) 机床加工准备工作及程序调试

G54 原点：工件居中

准备刀具：D8 平底铣刀开粗、D6 90 度中心钻、D4.2 钻头、M5 螺纹铣刀、D8 平底刀精修、D6 90 度倒角刀、D4 平底刀、D3.3 钻头、M4 螺纹铣刀、D6 钻头、D5.5 钻头、D6 平底刀、D8.5 钻头。

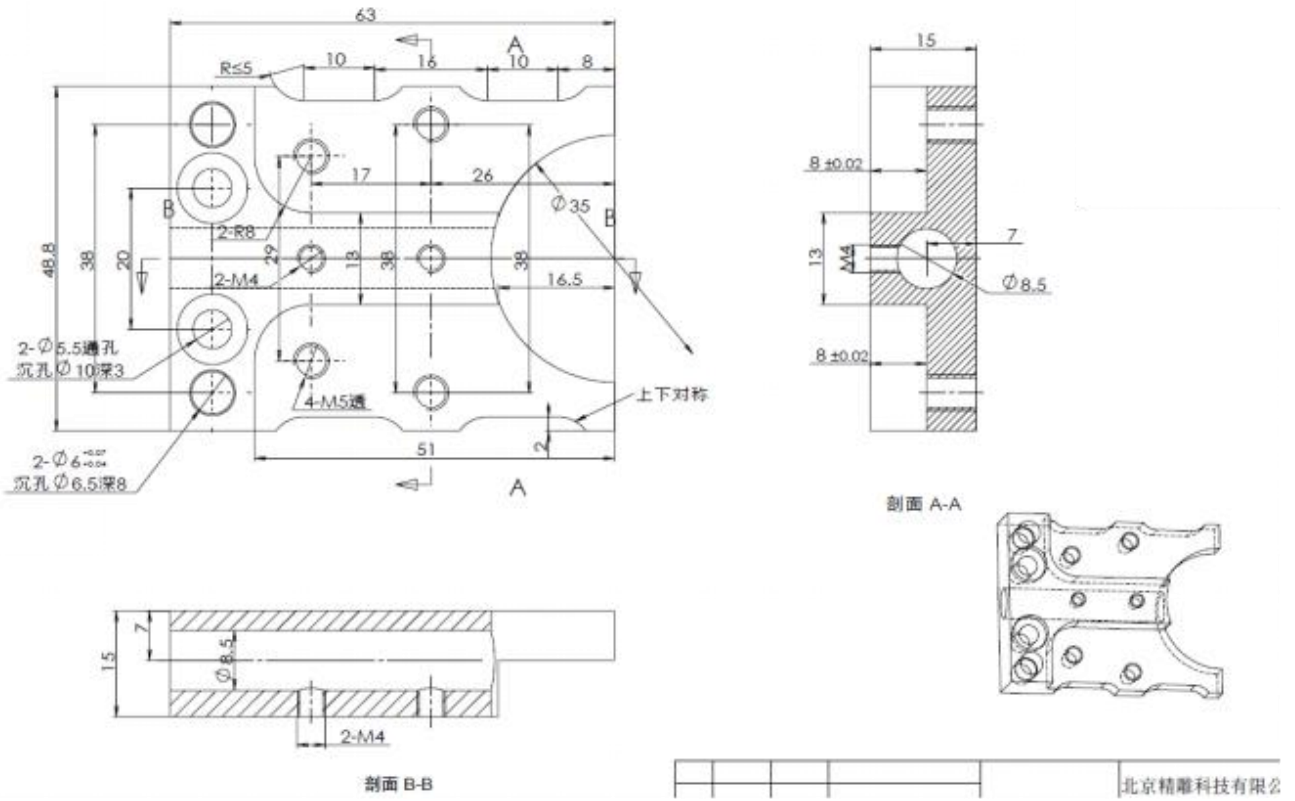


图 6-58 卡钳刀爪座参考图

7.4 参考编程方式

(1) 该工件采用曲线编程，曲线如图 59-62 所示。

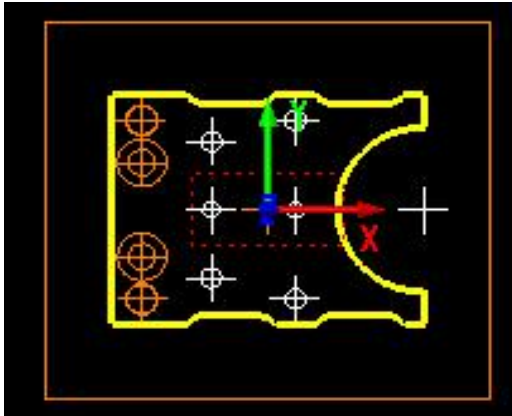


图 6-59 一序

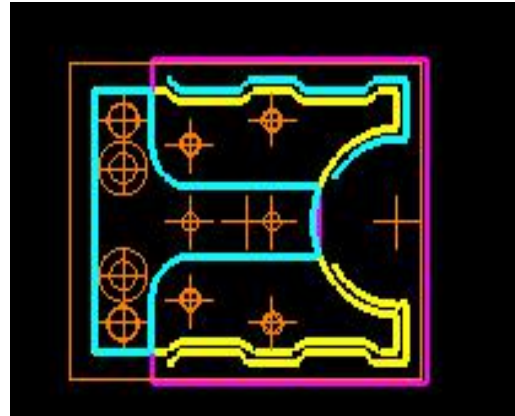


图 6-60 二序

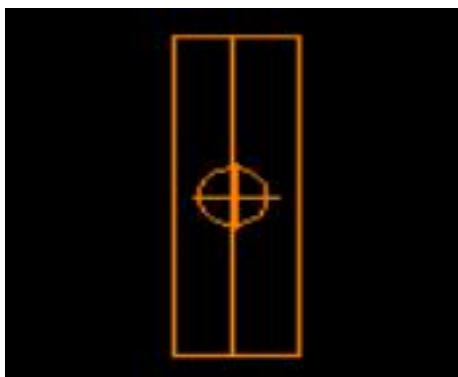


图 6-61 三序



图 6-62 四序

(2) 该工件的三序和四序采用虎钳夹持的方式定位。

(3) 四序 D8.5 孔的倒角最好做成空间倒角。

具体编程参考《卡钳刀爪座 Surfmill 编程.escam》

7.5 “卡钳刀爪座”验收与总结

7.5.1 验收与教师评价：

7.5.1.1 曲面造型

检测项目	教师评价
曲面造型：尺寸正确	
Surfmill 默认精度	
裁减完整	
无重面	
无窄面、碎面 (<0.005mm)	

7.5.1.2 编程工艺

工序	刀具	主轴转速 (rpm)	进给速度 (m/min)	吃刀深度 (mm)	路径间距 (mm)	加工时间
工序 1						
工序 2						
工序 3						
工序 4						
时间总计						
教师评价：工艺是否合理						

7.5.1.3 加工

(1) 加工尺寸精度

检测项	原始尺寸	公差 (mm)	实则尺寸 (mm)	偏差 (mm)	教师评价：是否合格
台阶深度	8mm	±0.02			

第七章 Surfmill 编程及加工

长	63mm	± 0.02			
宽	48.8mm	± 0.02			
总厚	15mm	± 0.02			
台阶宽度	13mm	± 0.03			
D6.5 沉孔	6.5mm	+0.05-0.03			
D8.5 沉孔	8.5mm	± 0.03			

(2) 精糙度

检测项	粗糙度要求 Ra(um)	实测粗糙度 Ra(um)	老师评价：是否合格
工件表面	1.6		

7.5.2 总结与教师评价

7.5.2.1 加工中出现了哪些问题，采取何种措施解决？

序号	出现的问题	解决措施	有无遗留问题	老师评价、解答
1				
2				
3				

7.5.2.2 问题回答

① 工艺分析

- a. 方料为什么要在放入一序治具前对底部进行倒角处理？
- b. 在做一序螺纹孔时，钻孔深度和攻丝深度都是多少？
- c. 在用一序治具时，如何确认四个螺钉全部锁紧？
- d. 一序落料，如何保证底盘的厚度为 0.1mm？
- e. 二序加工，如何保证在铣台阶时不会铣刀四个固定螺钉？
- f. 如何保证二序台阶深度为 $8\text{mm} \pm 0.02$ 的尺寸？
- g. 如何对二序工件进行大表分中？
- h. 三序和四序的加工是如何实践定位的？

② 编程过程

- a. 一序轮廓精加工，把出刀点放在哪里比较合适？
- b. 如何编制出可以偏置的程序（通过 D 补偿调整轮廓大小）？
- c. 正向磨损的大小应该如何设置？
- d. 铣螺纹时都需要设置哪些参数，是否需要分层？
- e. 一序落料如何分层。切断前底盘厚度留多少合适？
- f. 二序如何打表分中？

第七章 Surfmill 编程及加工

- g. 二序加工台阶时，如何防止铣到螺钉？
- h. 如何编制二序，7mm 厚台阶的倒角路径，并保证倒角完成无漏倒？

③ 操作事项（50 系统）

- a. 如何快速的修改 T、H、D 指令编号？
- b. 当程序需要暂停如何操作？
- c. 如何从程序中断处开始运行程序并继续加工？
- d. 如何检验分中后的工件原点是否正确？

第八章 常见错误汇总

一、Z 向未回到安全高度，导致主轴与工件/工装碰撞

案例简述	在 Z 轴没有抬起的情况下，使用寸动，使机床主轴与工装侧面碰撞。
案例详细介绍	2016 年 6 月 25 日，培训部员工叶廷在打扫机床时，在发现切削液出现泄漏时，未及时思考解决方法，在 Z 轴没有抬起的情况下，盲目的使用寸动进行机床移动，使机床主轴与工装侧面发生了碰撞。
造成的后果	不仅损坏了一把 2WNR0.5φ4*5-60 的双刃牛鼻刀，而且使主轴转子的锥孔跳动达到了 5-6μ，给公司带来重大的损失，因此，对责任人叶廷处以 300 元罚款并赔偿刀具损失 90 元。
正确解决方案	1.做事不盲目，仔细观察好再行动，2.自己不懂时，要及时求助他人，3.在保证不干涉的情况下优先抬起 Z 轴。但是加工键槽或螺纹的情况除外，键槽或螺纹加工过程中需要抬刀，必须先将刀具 XY 轴移离工件侧壁，再抬起 Z 轴。

二、寸动模式下控制主轴运动超过安全范围

案例简述	寸动模式下控制主轴运动过量，导致主轴切削液喷嘴固定架与刀库门发生了碰撞，使得机床刀库上盖板钣金件发生变形。
案例详细介绍	2016 年 5 月 14 日，培训部员工汪晟杰在使用完机床进行例行清扫时，贪图速度，在寸动模式下控制主轴运动，使用切削液冲洗机床内壁。由于当时关闭了机床防护门，且没有观察清楚主轴的位置，在向机床 X 轴负方向运动时，主轴切削液喷嘴固定架与刀库门发生了碰撞。看到固定架与刀库门的碰撞后，就下意识的按了机床回零按钮，试图通过回零操作使主轴回到限定行程范围内。未考虑各轴的回零顺序，Z 轴首先回零，在此过程中切削液喷嘴固定架边缘将刀库上钣金顶了起来，最终造成了刀库上钣金的变形。
造成的后果	导致主轴切削液喷嘴固定架与刀库门发生了碰撞，使得机床刀库上盖板钣金件发生变形，给机床带来了一定程度的损伤，因此决定对责任人汪晟杰处以 200 元罚款，希望以后引以为戒，在机床操作过程中多分析，勤动脑、慎动手！
正确解决方案	1.做事不盲目，仔细观察好再行动，2.自己不懂时，要及时求助他人，3.在保证不干涉的情况下优先抬起 Z 轴。但是加工键槽或螺纹的情况除外，键槽或螺纹加工过程中需要抬刀，必须先将刀具 XY 轴移离工件侧壁，再抬起 Z 轴。上述案例与键槽加工解决方法相似。

三、台钳/工件安装位置太过边缘，导致机床损坏

案例简述	台钳螺杆在回零中与机床侧面发生碰撞，使得螺杆碰弯。
案例详细介绍	2016年7月19日，培训部员工孔令一、梁森、刘义思、马勇、王海宇5人在进行分中练习时，由于无法成功调出分中程序，想对机床执行回零操作重新执行程序。机床在回零的过程中，未意识到台钳螺杆的最右端太过于边缘，导致台钳与机床右壁碰撞，损坏台钳。
造成的后果	导致台钳螺杆与机床侧面发生碰撞使得螺杆碰弯，造成了台钳损坏，这5人的行为严重违反工作要求，因此对责任人孔令一、梁森、刘义思、马勇、王海宇各处以100元罚款，以示惩戒，希望培训部新员工在以后的工作中树立严谨的工作态度，熟练加工技巧，避免此类事件发生。
正确解决方案	1.夹具尽量安装在机床工作台面范围内。2.即使必须要超出工作台面范围也要全方位检查并作出充足的试验，保证安全。3.夹具安装需要考虑的问题有机床运动干涉，刀库干涉，机床安全门干涉，对刀仪干涉，加工干涉等等。
案例简述	工件过长导致对刀时工件与机床门相撞。
案例详细介绍	2016年8月23日，新员工姜民在操作机床进行对刀时，未拿下之前放在工作台上面的底板，由于底板过长，对刀运动到对刀仪上方的过程中，导致底板与机床门相撞，致使机床门变形。
造成的后果	导致底板与机床门相撞，致使机床门变形，严重违反了公司的相关规定，对姜民工作中出现的错误给予警告并处以100元罚款。
正确解决方案	1.夹具尽量安装在机床工作台面范围内。2.即使必须要超出工作台面范围也要全方位检查并作出充足的试验，保证安全。3.夹具安装需要考虑的问题有机床运动干涉，刀库干涉，机床安全门干涉，对刀仪干涉，加工干涉等等。

四、毛坯定义过大导致工装或台钳被铣

案例简述	毛坯的定义量过大，导致台钳上表面被铣。
案例详细介绍	2016年8月10日，培训部员工杨晨在加工“Model A”第一道工序时，由于毛坯的定义量过大，导致台钳上表面被铣出了深度为4毫米左右的长槽，造成了台钳的损坏。
造成的后果	导致台钳上表面被铣出了深度为4毫米左右的长槽，造成了台钳的损坏，因此对责任人杨晨处以200元的罚款。
正确解决方案	1.做好的路径要经过谨慎的检查之后才能使用。2.要清楚加工深度，并能做到正确的装夹，预留出正确不干涉的加工位置。3.要有尺寸精准测量的概念，熟悉相关量具的使用。4.加工过程中，在不能保证准确度的情况下，要多加观察，发现不正常时马上暂停或者使用手轮试切功

	能。
--	----

五、未进行手轮试切导致工件报废

案例简述	未进行手轮试切导致工作台面被铣。
案例详细介绍	2016年6月4日，培训部员工卢宇轩在使用机床加工时，因修改加工基准面时，深度没有及时修改，导致加工零件时在工作台上铣出了长170mm，宽6mm，深3mm的轮廓，使工作台损坏。
造成的后果	因自己疏忽大意，修改路径后没有认真检查，加工前也没有进行手轮试切，导致加工时刀具铣到工作台面，造成台面损伤严重，因此对责任人卢宇轩处以罚款300元！
正确解决方案	加工工件前，一定要认真检查自己的加工路径是否正确，修改后更应该认真检查，实体模拟，严格按照规范操作，加工零件，自己的不准确路径及时找老师及他人帮助纠正。加工时，不太确定路径，可以空跑试运行，手轮试切更是必不可少。

六、手轮操作不当

案例简述	对刀时未观察刀具位置导致对刀仪压帽表面扎伤
案例详细介绍	2016年9月10日，培训部新员工徐钦在考核过程中，对刀时没有注意到刀具移动方向，导致在对刀仪压帽扎了一个小口，对刀仪外观受损。
造成的后果	造成刀具扎到对刀仪压帽表面扎伤，故对徐钦处以100元的罚款以示惩罚。希望新员工在操作机床时谨慎一些，以免造成不必要的损失。
正确解决方案	在摇手轮时眼睛不能离开刀具，时刻观察工作台及z轴动向；在不摇手轮时将旋钮至x或y向或者关闭手轮，防止下次摇时在z轴移动扎刀。
案例简述	手轮操作时未认真观察，错将Y向当成Z向
案例详细介绍	2016年7月19日下午，培训部员工刘腾飞在用JDVT700给零件分中的过程中，当分到第三个面，准备抬起主轴时，由于疏忽大意，在没有认真看手轮的情况下，错误的把Y当成了Z，在×100倍率的情况下摇了大半圈手轮，导致分中棒顶部白色分中部分被挤掉，分中棒内部弹簧被拉断。
造成的后果	由于疏忽大意，导致分中棒损坏。刘腾飞的此种行为严重违反工作要求，因此责令刘腾飞赔偿分中棒损失70元，以示惩戒，希望培训部新员工在以后的工作中树立严谨的工作态度，熟练加工技巧，避免此类事件发生。
正确解决方案	在摇手轮时一定要观察手轮旋向，眼睛也要时刻观察工作台及z轴动向；在不摇手轮时将旋

第八章 常见错误汇总

方案	钮至关闭手轮，防止下次摇时发生错误。
----	--------------------

七、按键按错

案例简述	“MDI”键错按成“程序运行”键
案例详细介绍	2016年7月5日，魏鹏浩在加工“套方”工装过程中，由于矩形分中的正确操作流程为MDI→F7→清空→加载→矩形分中→设置相关参数→MDI→程序启动，再进行相应的操作，而魏鹏浩在设置完最后的参数后错误的按了程序运行→程序启动，导致机床跑的是加工程序，致使分中棒转速过高，导致损坏分中棒。
造成的后果	致使分中棒转速过高，导致损坏分中棒。责令魏鹏浩赔偿分中棒损失70元，以示惩戒，希望培训部新员工在以后的工作中树立严谨的工作态度，遵守操作规程，避免此类事件发生。
正确解决方案	将MDI错按成程序运行是新员工常见的错误，请大家一定引以为鉴！在操作时要看清楚按键位置；在不太熟练机床操作的情况下，可以先将加工程序删除，这样在按键按错的情况下也不会产生误动作。

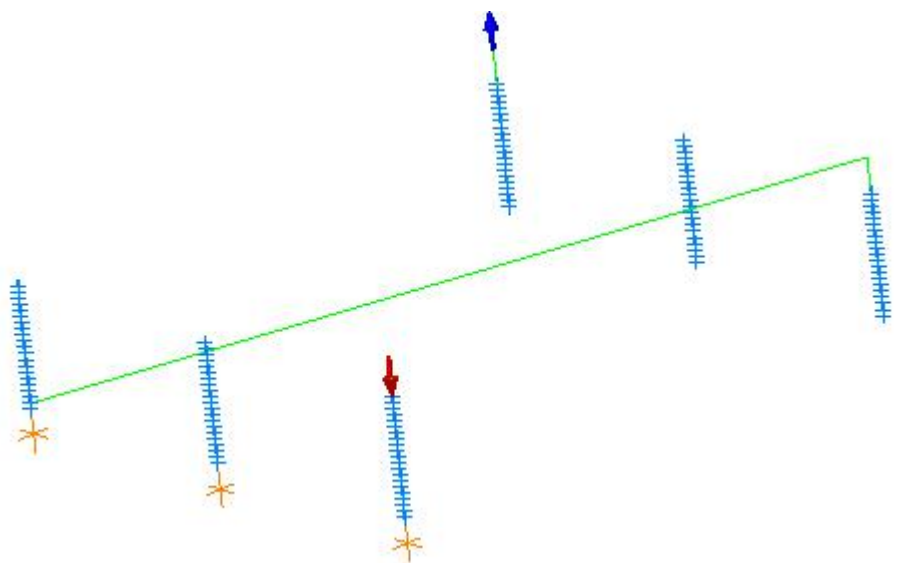
八、刀具补偿错误

案例简述	刀具补偿号填错
案例详细介绍	2016年10月24日，新员工李小双在生产车间使用31#机床加工910工件（F4S-V2刀盘）时，由于机床上的七号刀刀尖磨损很严重，需要换刀，但在换刀之后加工零件前对刀的时候，由于疏忽把一号刀当成了七号刀，刀补给大了，导致工件损坏。
造成的后果	由于其个人疏忽大意，在换刀后进行对刀时刀补给大，导致1件910工件报废，由于李小双的个人原因给公司带来了经济损失，公司决定对其通告批评并处以200元罚款。在生产时一定要谨慎细心，避免由于个人疏忽大意导致公司利益的损失。
正确解决方案	<p>1.尽量使刀具编号和刀长补偿号一致，能够减少错误的发生；2.操作人员小心谨慎才是解决问题的根源。3.应多使用防呆宏程序判断，如在G43H2下一行加入“IF[#2235EQ2]GOTO2 G100P220(警告 刀具补偿编号错误)”</p> <pre> G90 G0X-55.0559Y4.9547M8 M590 L1 G43H2 N1 M12 IF[#2235EQ2]GOTO2 G100P220(警告 刀长编号错误) #2000=1 N2 Z35.03 </pre>

第八章 常见错误汇总

案例简述	复位或机床换刀中卡刀后，因刀号混乱导致扎刀												
案例详细介绍	机床换刀过程中按下复位键和机床换刀过程中卡刀，容易出现主轴所用刀具和实际刀长不对应的现象（刀号混乱），操作员未确认好刀具号，导致刀长补偿错误，加工扎刀。主要还是操作员对我们机床刀库容量 N+1 把刀具的换刀模式还存在不清楚、不理解的情况，对于需要检查刀具号的意识不强。												
造成的后果	导致扎刀或加工不到位												
正确解决方案	<p>1、要有换刀检查刀号的意识。</p> <p>2、可以根据如下一个换刀程序，将自己看管的设备使用的刀具逐次调出，根据刀具单进行检查，确认无误后才可加工。</p> <pre> 00 #1=0 WH[#1LE10]D01 N1 T#1M6 #1=#1+1 END1 </pre>												
案例简述	编写路径时，刀具编号与刀具长度、半径补偿号不一致，更改不到位出现加工扎刀、过切、欠切的问题。												
案例详细介绍	<p>编写路径时，刀具编号与刀具长度、半径补偿号不一致，每次进行加工都要更改，更改不到位出现加工扎刀、过切、欠切的问题。如图 1：刀具编号为 3，但是补偿号为 1。</p> <div data-bbox="549 1317 1171 1572" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4a7ebb; color: white;"> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 2px;">几何形状</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">刀具名称 (N)</td> <td style="padding: 2px;">[平底]JD-10.00</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">输出编号</td> <td style="padding: 2px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">刀具直径 (D)</td> <td style="padding: 2px;">10 f</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">长度补偿号 (L)</td> <td style="padding: 2px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">刀柄碰撞 (C)</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div>	几何形状		刀具名称 (N)	[平底]JD-10.00	输出编号	3	刀具直径 (D)	10 f	长度补偿号 (L)	1	刀柄碰撞 (C)	<input type="checkbox"/>
几何形状													
刀具名称 (N)	[平底]JD-10.00												
输出编号	3												
刀具直径 (D)	10 f												
长度补偿号 (L)	1												
刀柄碰撞 (C)	<input type="checkbox"/>												
造成的后果	导致出现加工扎刀、过切、欠切的问题。												
正确解决方案	在软件的系统设置中将刀具路径一路径设置一刀具补偿设置中的半径补偿号和长度补偿号由路径设置更改为输出编号。												
案例简述	使用钻孔和攻丝功能时用到路径平移功能，且深度控制方式以底面为基准，则加工完最后一个孔后主轴不会抬到工件表面而是斜线到平移组第一个孔导致断刀。												
案例详细介绍	使用钻孔和攻丝功能时，如用到路径平移功能（保留原始路径），深度控制方式以底面为基												

第八章 常见错误汇总

<p>介绍</p>	<p>准（如表面高度 25，加工深度为 21），则加工完最后一个孔后主轴不会抬到工件表面而是斜线过去导致断刀，如下图所示。</p> 																						
<p>造成的后果</p>	<p>加工完最后一个孔后主轴不会抬到工件表面而是斜线到另外一组导致断刀。</p>																						
<p>正确解决方案</p>	<p>有两种：1. 取消“毛坯优先连接”选项。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> 走刀速度 操作设置 插入事件 3- 计算设置 <ul style="list-style-type: none"> 加工次序 测量补偿 本参数 <ul style="list-style-type: none"> 路径属性 3- 加工域 <ul style="list-style-type: none"> 加工图形 局部坐标系 3- 路径变换 <ul style="list-style-type: none"> <li style="background-color: #e0e0e0;">空间变换 </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4a7ebb; color: white;"> <th colspan="2">空间变换</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>变换类型(M)</td> <td>平移</td> </tr> <tr> <td>平移距离DX(X)</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>平移距离DY(Y)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>平移距离DZ(Z)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>保留原始路径(K)</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>个数(N)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>变换路径使用子程序...</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>毛坯优先连接(S)</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>2. 选择“变换路径使用子程序”。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> 局部坐标系 3- 路径变换 <ul style="list-style-type: none"> <li style="background-color: #e0e0e0;">空间变换 </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>个数(N)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0e0e0;">变换路径使用子程序...</td> <td style="background-color: #e0e0e0;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	空间变换		变换类型(M)	平移	平移距离DX(X)	30	平移距离DY(Y)	0	平移距离DZ(Z)	0	保留原始路径(K)	<input checked="" type="checkbox"/>	个数(N)	1	变换路径使用子程序...	<input type="checkbox"/>	毛坯优先连接(S)	<input type="checkbox"/>	个数(N)	1	变换路径使用子程序...	<input checked="" type="checkbox"/>
空间变换																							
变换类型(M)	平移																						
平移距离DX(X)	30																						
平移距离DY(Y)	0																						
平移距离DZ(Z)	0																						
保留原始路径(K)	<input checked="" type="checkbox"/>																						
个数(N)	1																						
变换路径使用子程序...	<input type="checkbox"/>																						
毛坯优先连接(S)	<input type="checkbox"/>																						
个数(N)	1																						
变换路径使用子程序...	<input checked="" type="checkbox"/>																						

九、盘刀的使用

<p>案例简述</p>	<p>在盘刀使用时，换刀过程中会出现与相邻刀具干涉的问题（机械臂换刀），导致换刀不成功和发生刀和刀撞击的问题。</p>
<p>造成的后果</p>	<p>导致换刀不成功和发生刀和刀撞击的问题。</p>

第八章 常见错误汇总

正确解决方案	<p>解决方法 1: 当前使用刀具数量不多的情况下，将刀具号设置成间隔状态，即奇数组（1. 3. 5. 7. 9...）或偶数组（2. 4. 6. 8. 10...），这就需要在编程的时候就考虑清楚；</p> <p>解决方法 2: 利用机床参数变量中固定刀位刀具数和特殊刀组 1 功能。</p> <p>固定刀位刀具数（必须优先考虑特殊刀具放置在 T1 号刀位上即特殊刀具的刀号优先向前排）：即将特殊刀具固定，每次换刀都放置在初始位置，如 T1 刀具为特殊刀，将固定刀位刀具数改成 1，那么每次换刀都会将 T1 刀放回 T1 刀位上才会去换其他刀具，除 T1 刀位的其他刀具刀位可以互换；如果 T1 和 T2 刀具为特殊刀，那么将固定刀位刀具数改成 2，每次换刀都会将 T1 刀放回 T1 刀位上，T2 刀放回 T2 刀位上才会去换其他刀具，除 T1 和 T2 刀位的其他刀具刀位可以互换，依次类推。</p> <p>特殊刀组 1: 特殊刀组 1 是在固定刀位刀具数的基础上累加的关系，如 T1 和 T2 刀具为特殊刀，T1 和 T2 可以互相更换，但是这两把刀具不能和其他刀具互换，那么固定刀位刀具数为 0，特殊刀组 1 为 2 即 $0+2=2$ 的关系；再如 T1、T2、T3、T4 刀具为特殊刀，但 T1 和 T2 不可以互相更换，T3 和 T4 可以互相更换，T1、T2、T3、T4 刀具不能与其他刀具互换，那么固定刀位刀具数为 2（为 T1 和 T2 两把刀），特殊刀组 1 为 2（即 $2+2=4$，指的是 T3 和 T4 两把刀），依次类推。</p> <p>注意：1、在每次排刀换刀时，主轴上的刀具为 T0 即主轴上不装刀，T0 起到中间转换的作用；2、在装刀过程中，特殊刀具所使用的刀套要和其他刀具所使用的刀套隔开，即区域分离。</p>
--------	---

附录 1. 50 系统培训手册

一、概述

基本概念：插补功能（G01、G02、G03）、进给功能 F、参考点、机床零点、坐标系、主轴功能、切削速度、辅助功能、程序构成、准备机能、绝对尺寸/增量尺寸、刀具长度与半径补偿功能、模态/非模态

二、编程

1、准备功能（G 指令）

2、加工中心基本编程

3、插补功能：G00 位置定位（快速进给）、G01 直线插补、G02/G03 顺时针/逆时针圆弧插补、螺旋插补、暂停和准确停止（G04）

4、进给功能：快速进给、切削进给速度

5、参考点：G28 返回参考点、G29 从参考点返回、G30 返回第二参考点、G27 返回参考点检测

6、坐标系：机械零点坐标系、工件坐标系、坐标系设定、局部坐标系设定和平面选择

7、坐标值与尺寸：G90/G91 位置指令、米制输入（G21）

8、常用辅助功能（M 功能）

9、简化程序编辑

标准固定循环：高速深孔钻循环、取消固定循环、钻孔循环、钻及铰孔循环、深孔循环。

返回面设定、孔加工固定循环注意事项及固定循环一览表。

10、刀具补偿功能：刀具半径补偿功能、刀具长度补偿、坐标旋转和轴镜像

11、子程序：子程序概要、调用子程序和编制子程序

三、操作：操作设备、系统界面、操作流程

四、实例说明

五、参考程序举例：平面加工、钻孔程序

详见《50 系统培训手册》

附录 2. Surfmill6.0 在 50 系统中的应用

- 一、Eng553、Eng600 格式的路径在 50 系统中的 Z 轴超行程报警
 - 二、50 系统多原点加工的安全问题
 - 三、50 系统使用不同的刀具补偿号
 - 四、输出不同程序号的 Eng 文件
 - 五、Eng600 路径在 50 系统中断刀快速恢复
 - 六、Eng650 格式介绍
 - 七、Surfmill 攻丝路径输出说明
- 详见《Surfmill 6.0 在 50 系统中的应用》

附录 3. Surfmill 快速入门

第一章 ES-Surfmill6.0 介绍

第二章 ES-Surfmill6.0 基础操作

2.1 ES-Surfmill6.0 的界面

2.2 3D 造型环境：曲线功能介绍、曲面功能介绍、输入/输出数据交换

2.3 NC 加工环境：编程前的准备工作、数控程序编制的步骤

第三章 三角开关凸模造型实例

第四章 3 轴加工实例

4.1 ES-Surfmill6.0 编程前的准备工作

4.1.1 曲面模型分析，制定加工工艺

4.1.2 加工项目设置：机床设置、刀具表设置、工件形状、毛坯形状、输出设置

4.2 ES-Surfmill 6.0 三轴加工实例

详见《Surfmill 快速入门》第 1~4 章

附录 4. 刀具和刀具库

第一章 刀具和刀具库

1.1 刀具库

附录

1.2 刀具参数：刀具的几何参数、刀具的加工参数、刀具的刀柄参数

1.3 修改刀具：编辑、添加、删除、复制刀具，常用刀具

1.4 修改刀具组：编辑、添加、删除刀具组

1.5 刀具列表

详见《刀具和刀具库》

附录 5. 正确使用刀具和鉴别刀具

一、刀具的基本知识：刀具材料、刀具的几何形状、刀具的几何参数

二、现有生产刀具规格及工艺参数

三、刀具的使用：刀具的加工方式、刀具的切削形式、刀具的安装、刀具角度的选取、切削要素与切削层参数

四、刀具磨损和刀具耐用度：刀具的磨损、刀具的耐用度、刀具的磨损形式、刀具的破损形式、如何减少刀具磨损

五、制定合理的切削用量

六、刀具的选用：材料的切削加工性、金属切削刀具的选用及其特点、有机材料刀具的选用、专用刀具的选用及其特点

七、如何引导客户使用成品刀具(为什么成品刀具贵)

八、刀具磨制过程中的常见错误

九、刀具使用过程中的常见错误

十、对刀具的鉴别(讨论)

十一、磨刀机的正确使用(车间实践)

十二、讨论：刀具部所生产刀具的优点与不足

详见《正确使用刀具和鉴别刀具》