

# 项目三 铣削轮廓类零件

# 项目三 铣削轮廓类零件

## 任务四 轮廓铣削综合实例



### 学习目标

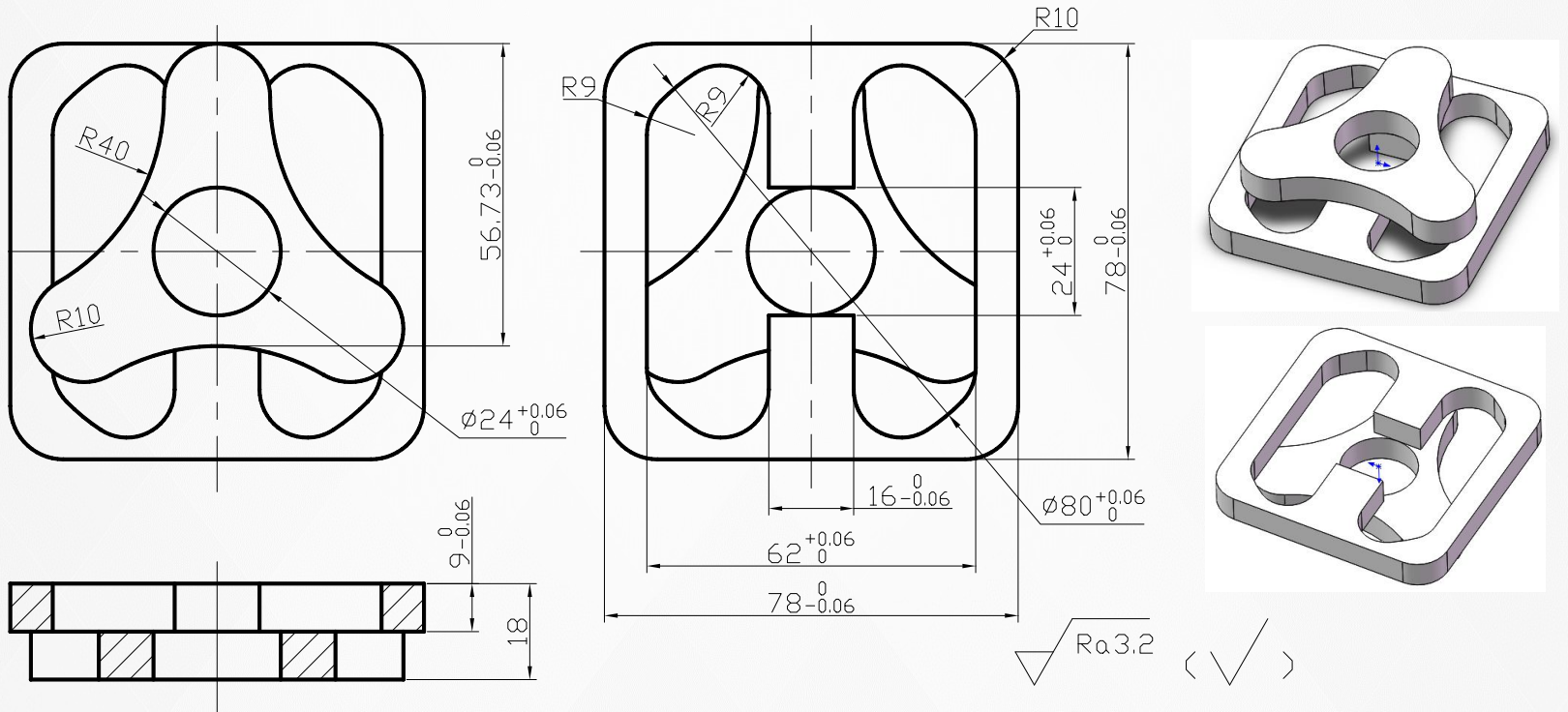
1. 掌握加工中心自动换刀指令；
2. 了解内、外轮廓的常用测量用量具；
3. 掌握零件加工精度和加工表面质量下降的原因；
4. 掌握综合轮廓的数控编程与加工方法；
5. 掌握自动换刀的编程与操作方法；



# 任务四 轮廓铣削综合实例



加工如下图所示工件，毛坯为80mm×80mm×18mm的硬铝，试编写其数控铣床加工程序并进行加工。



轮廓铣削综合实例



## 任务四 轮廓铣削综合实例



### 一、加工中心的自动换刀指令

换刀方式的选择：

- 单件生产或较少批量（通常指少于10件）生产，则采用手动换刀较为合适；
- 批量较大的生产，则采用加工中心自动换刀的方式较为合适。

- 链式刀库和圆盘式刀库——机械手换刀；
- 斗笠式圆盘刀库——不带机械手的换刀方式；

自动换刀的刀具编号计数原理有两种：

- 以刀库上的编号（即固定地址选刀）来确定刀具编号，不带机械手的换刀装置通常采取这种编号方式。
- 以刀柄编号来确定刀具编号，带机械手的换刀装置通常采取这种编号方式。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

换刀动作通常分为**刀具的选择**和**刀具的交换**两个基本动作。

### 1. 刀具的选择

——将刀库上某个刀位的刀具转到换刀的位置，为下次换刀作好准备。

**指令格式为：** T<sub>n</sub>；

如：T01； T13； 等。

刀具选择指令可在任意程序段内执行，有时，为了节省换刀时间，通常在加工过程中就同时执行T指令。

如： G01 X100.0 Y100.0 F100 T12；

执行该程序段时，主轴刀具在执行G01进给的同时，刀库中的刀具也转到换刀位置。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

---

### 2. 刀具换刀前的准备

#### 1) 主轴回到换刀点

立式加工中心的换刀点XY方向上是任意的，Z向换刀点位置通常位于靠近Z向机床原点的位置。

通常采用以下指令来实现：

G75 Z0;           （返回Z向参考点）

G53 G00 Z0;       （返回机床坐标系Z向原点）

#### 2) 主轴准停

- 以使主轴上的两个凸起对准刀柄的两个卡槽。
- SIEMENS系统主轴准停通常通过 SPOS指令来实现。

指令格式：SPOS=\_\_；

如：“SPOS=180；”表示将主轴准停在180°的位置。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

---

### 3) 切削液关闭

换刀前通常需用M09指令关闭却削液。

### 3. 刀具的交换

指刀库中正位于换刀位置的刀具与主轴上的刀具进行自动换刀的过程。

指令格式：

M06； （FANUC系统刀具交换指令）

LL6； （SIEMENS系统刀具交换指令）

M06和LL 6指令中不仅包括了刀具交换的过程，还包含了刀具换刀前的所有准备动作，即返回换刀点、切削液关、主轴准停。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 4. 加工中心常用换刀程序

换刀程序格式如下所示：

T×× L06；

T——选择刀具；

L06——通过机械手执行主轴中刀具与刀库中刀具的交换；



带机械手的换刀机构

例 .....

G40 G01 X20.0 Y30.0； （XY平面内取消刀补）

G53 G00 Z0； （刀具返回机床坐标系Z向原点）

T05 L06； （选择5号刀具，主轴准停，冷却液关，刀具交换）

M03 S600 G54； （开启主轴转速，选择工件坐标系）

.....





## 任务四 轮廓铣削综合实例

---

- 刀具先在XY平面内取消刀具补偿；
- 再执行返回Z向机床原点命令；
- 主轴准停并Z向移动至换刀点；
- 刀库转位寻刀，将5号刀转到换刀位置；
- 执行L06指令进行换刀。
- 换刀结束后，如需进行下一次加工，则需开启机床转速。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 二、轮廓加工表面质量与加工精度分析

轮廓铣削精度主要包括尺寸精度、形状和位置精度及表面粗糙度值。

#### 数控铣削尺寸精度降低的常见原因

影响因素	序号	产生原因
装夹与校正	1	工件装夹不牢固，加工过程中产生松动与振动
	2	工件校正不正确
刀具	3	刀具尺寸不正确或产生磨损
	4	对刀不正确，工件的位置尺寸产生误差
	5	刀具刚度差，刀具加工过程中产生振动



## 任务四 轮廓铣削综合实例

影响因素	序号	产生原因
加工	6	铣削深度过大，导致刀具发生弹性变形，加工面呈锥形
	7	刀具补偿参数设置不正确
	8	精加工余量选择过大或过小
	9	切削用量选择不当，导致切削力、切削热过大，从而产生热变形和内应力
工艺系统	10	机床原理误差
	11	机床几何误差
	12	工件定位不正确或夹具与定位元件制造误差



## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 数控铣削形状和位置精度降低的常见原因

影响因素	序号	产生原因
装夹与校正	1	工件装夹不牢固，加工过程中产生松动与振动
	2	夹紧力过大，产生弹性变形，切削完成后变形恢复
	3	工件校正不正确，造成加工面与基准面不平行或不垂直
刀具	4	刀具刚度差，刀具加工过程中产生振动
	5	对刀不正确，产生位置精度误差
加工	6	铣削深度过大，导致刀具发生弹性变形，加工面呈锥形
	7	切削用量选择不当，导致切削力过大，产生工件变形
工艺系统	8	夹具装夹、找正不正确
	9	机床几何误差
	10	工件定位不正确或夹具与定位元件存在制造误差



## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 表面粗糙度值升高的常见原因

影响因素	序号	产生原因
装夹与校正	1	工件装夹不牢固，加工过程中产生振动
刀具	2	刀具磨损后没有及时修磨
	3	刀具刚度差，加工过程中产生振动
	4	主偏角、副偏角及刀尖圆弧半径选择不当
加工	5	进给量选择过大，残留面积高度增高
	6	切削速度选择不合理，产生积屑瘤
	7	被吃刀量（精加工余量）选择过大或过小
	8	Z向分层切深后没有进行精加工，留有接刀痕迹
	9	切削液选择不当或使用不当
	10	加工过程中刀具停顿
加工工艺	11	工件材料热处理不当或热处理工艺安排不合理
	12	采用不适当的进给路线，精加工采用逆铣



## 任务四 轮廓铣削综合实例

---

**注：**轮廓加工过程中，工艺系统所产生的精度降低可通过对机床和夹具的调整来解决。

刀具、加工工艺及加工零件对加工精度的影响是由于操作者对刀具角度参数、切削用量、加工工艺等加工要素选择不当造成的。

对于操作者来说，提高数控机床的操作技能和零件工艺分析能力是提高加工质量的关键。



## 任务四 轮廓铣削综合实例



### 一、加工准备

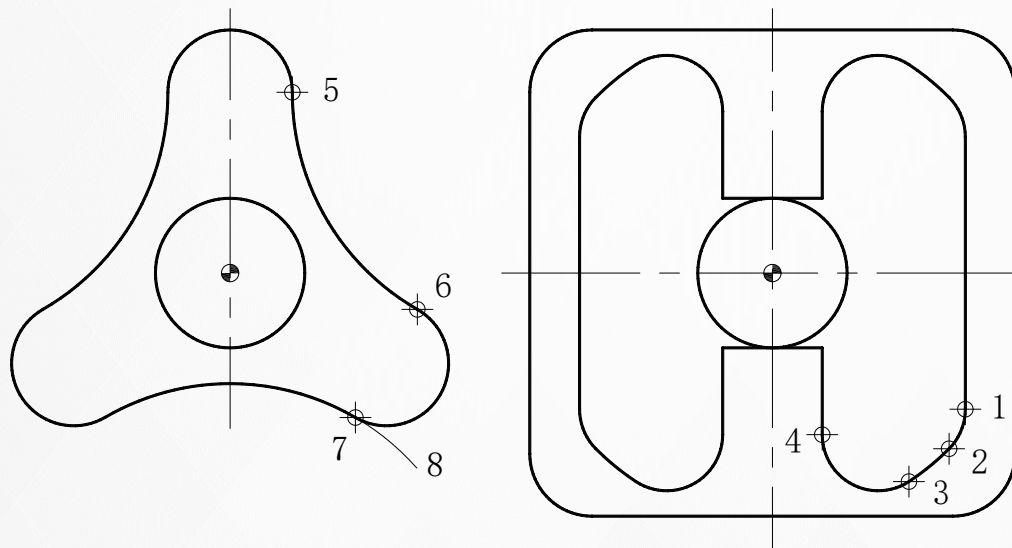
1. 选用TK7650型SIEMENS 802D系统数控铣床；
2. 选择 $\phi 16\text{mm}$ 高速钢立铣刀进行加工；
3. 切削用量：切削速度 $n=1500\text{r/min}$ ；  
进给速度 $v_f=300\text{mm/min}$ ；背吃刀量 $a_p=9\text{mm}$ 。



## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 二、设计加工路线

- 外形轮廓采用延长线上切入与切入与切出；
- 内轮廓Z向采用螺旋线方式进刀，在加工  $\phi 24\text{mm}$  内孔时，直接加工成通孔，以备内型腔加工过程中的垂直进刀；



局部基点坐标

1点	(31.0, -21.84)
2点	(28.39, -28.18)
3点	(21.94, -33.45)
4点	(8.0, -25.92)
5点	(10.0, -28.97)
6点	(30.09, -5.83)
7点	(20.09, -23.15)
8点	(30.0, -31.28)





## 任务四 轮廓铣削综合实例

### 三、编制加工程序

刀具	φ 16mm 立铣刀加工正面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA34.MPF;	程序号
N10	G90 G94 G71 G40 G17 G54;	程序初始化
N20	G74 Z0;	Z向回参考点
N30	T1D1 M03 S1500;	主轴正转
N40	G00 X0 Y0 Z20.0 M08;	刀具快速定位，切削液开
N50	G01 Z0 F300;	刀具移动到工件上表面
N60	G41 G01 X12.0 Y0;	建立刀具半径补偿
N70	G03 Z-8.0 I-12.0;	螺旋下刀，加工中间 φ 24mm 内孔
N80	G03 Z-16.1 I-12.0;	
N90	G03 I-12.0;	
N100	G40 G01 X0 Y0;	取消刀具半径补偿



## 任务四 轮廓铣削综合实例

刀具	φ 16mm 立铣刀加工正面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA34.MPF;	程序号
N110	G01 Z-8.0;	刀具重新定位
N130	G41 G01 X15.0 Y12.0;	圆弧延长线上建立刀补
N140	G01 X-8.0;	加工内型腔
N150	Y25.92;	
N160	G03 X-21.94 Y33.45 CR=9.0;	
N170	G03 X-28.39 Y28.18 CR=40.0;	
N180	G03 X-31.0 Y21.84 CR=9.0;	
N190	G01 Y-21.84;	
N200	G03 X-28.39 Y-28.18 CR=9.0;	



## 任务四 轮廓铣削综合实例

刀具	φ 16mm 立铣刀加工正面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA34.MPF;	程序号
N210	G03 X-21.94 Y-33.45 CR=40.0;	加工内型腔
N220	G03 X-8.0 Y-25.92 CR=9.0;	
N230	G01 Y-12.0;	
N240	X8.0;	
N250	Y-25.92;	
N260	G03 X21.94 Y-33.45 CR=9.0;	
N270	G03 X28.39 Y-28.18 CR=40.0;	
N280	G03 X31.0 Y-21.84 CR=9.0;	
N290	G01 Y21.84;	
N300	G03 X28.39 Y28.18 CR=9.0;	



## 任务四 轮廓铣削综合实例

刀具	φ 16mm 立铣刀加工正面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA34.MPF;	程序号
N310	G03 X21.94 Y33.45 CR=40.0;	加工内型腔
N320	G03 X8.0 Y25.92 CR=9.0;	
N330	G01 Y-12.0;	
N340	G40 G01 X20.0 Y0;	取消刀补
N350	G00 Z5.0;	刀具重新定位
N360	.....	加工78mm×78mm外形轮廓， 程序略
N370	G00 Z100.0 M09;	程序结束部分
N380	M05;	
N390	M02;	



## 任务四 轮廓铣削综合实例

刀具	Φ 16mm 立铣刀加工反面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA35.MPF;	程序号
N10	G90 G94 G71 G40 G17 G54;	程序初始化
N20	G74 Z0;	Z向回参考点
N30	T1D1 M03 S1500;	主轴正转
N40	G90 G00 X0 Y-50.0 Z20.0 M08;	刀具快速定位, 切削液开
N50	G01 Z-8.0 F300;	刀具移动到工件上表面
N60	G41 G01 X30.0 Y-31.28;	建立刀具半径补偿
N70	G03 X-20.09 Y-23.15 CR=40.0;	加工外轮廓
N80	G02 X-30.09 Y-5.83 CR=10.0;	
N90	G03 X-10.0 Y28.97 CR=40.0;	
N100	G02 X10.0 CR=10.0;	



## 任务四 轮廓铣削综合实例

刀具	φ 16mm 立铣刀加工反面轮廓	
程序 段号	加工程序	程序说明
	AA35.MPF;	程序号
N110	G03 X30.09 Y-5.83 CR=40.0;	加工外轮廓
N130	G02 X20.09 Y-23.15 CR=10.0;	
N140	G40 G01 X0 Y-50.0;	取消刀具半径补偿
N150	G00 Z100.0 M09;	程序结束部分
N160	M05;	
N170	M30;	