

项目二

数铣综合加工

任务一 铣削飞机模型

任务目标

- 能独立阅读生产任务单，明确工时、加工数量等要求，能够说出所加工零件的用途、功能和分类；
- 识读图样并编写工艺卡，明确加工技术要求和加工工艺；
- 能根据工艺卡选用合适的工、量具；
- 能够根据的加工要求选择合适的刀具；
- 会用游标卡尺、公法线千分尺、内测千分尺、深度千分尺等量具；
- 能根据现场条件，查阅相关资料，确定符合加工技术要求的工、量、夹具；
- 能够灵活应用数控指令完成编写与加工。

任务描述

图 3-2-1 所示工件为老式飞机模型零件，毛坯尺寸为 $120\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的 45 钢，试编写其数控铣床加工程序并进行加工。加工要求如图 3-2-2 所示。

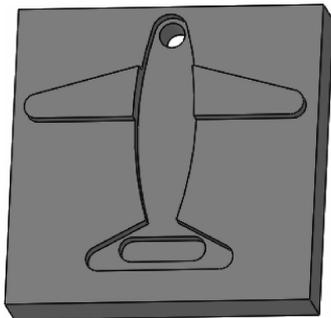


图 3-2-1 飞机模型零件

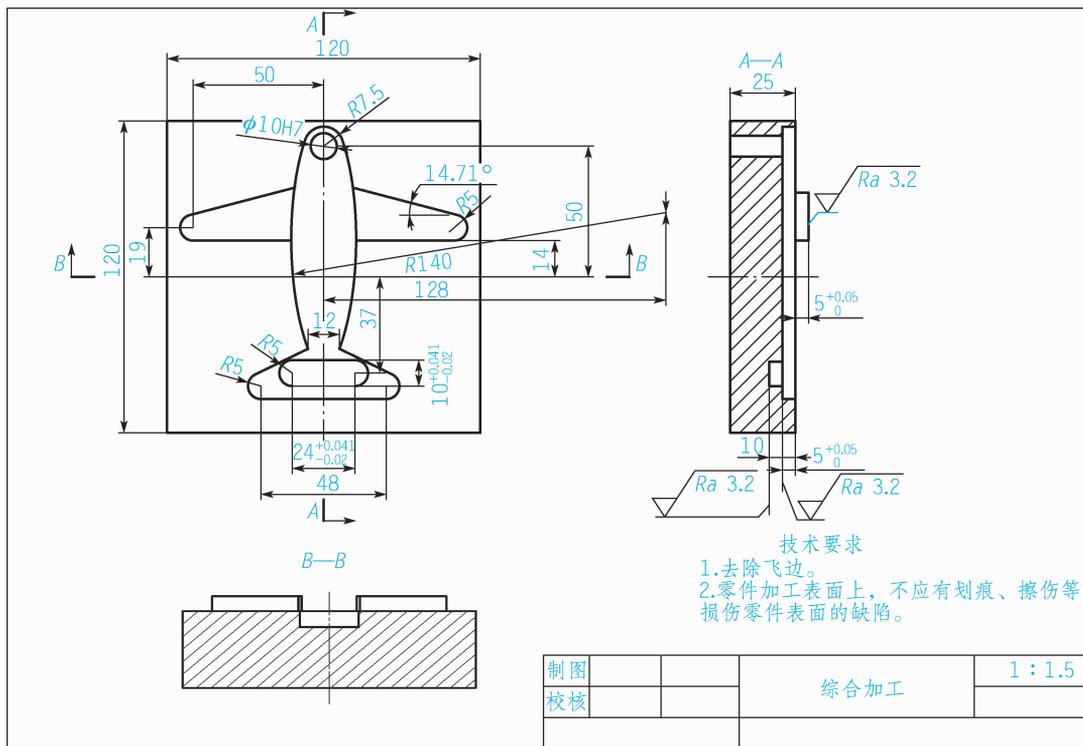


图 3-2-2 加工要求

知识链接

运用常用的 G、M 指令, 进行轮廓、孔加工和粗精加工工艺分析。

零件的轮廓由许多不同的几何要素所组成, 如直线、圆弧、二次曲线等, 各几何要素之间的连接点称为基点。基点可以人工确定。数控系统一般只作直线插补和圆弧插补运动。

如果工件轮廓是非圆曲线, 数控系统就无法直接实现插补, 而需要通过一定的数学处理。数学处理的方法是用直线段, 用直线段或圆弧段去逼近非圆曲线, 逼近线段与被加工曲线的交点称为节点。节点的计算一般比较复杂, 靠手工计算很难实现, 必须借助计算机辅助处理。

量具的使用

所用量具有游标卡尺、深度千分尺、内测千分尺、公法线千分尺[图 3-2-3(a)]和光滑塞规[图 3-2-3(b)]。

查阅书籍, 填写表 3-2-1。



(a) (b)

图 3-2-3 部分量具

(a)公法线千分尺; (b)光滑塞规

表 3-2-1 量具的使用注意事项

安全注意事项	
使用前注意事项	
使用时注意事项	
保管时注意事项	

**想一想：**

图样上的基点、节点坐标如何计算？

**提示：**

针对复杂图形的计算，需要大家有良好的数学基础，较为方便的方法是通过相应软件进行计算，例如：利用 AutoCAD、CAXA 等软件，可以方便地确定图中所要的坐标点。

任务实施
工艺准备和要求
1. 工艺准备

本任务选用的机床为 FANUC 0i MC 系统的数控铣床，加工中使用的工具、刀具、量具、夹具如表 3-2-2 所示。

表 3-2-2 工具、刀具、量具、夹具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1	游标卡尺	0~150 mm(0.02 mm)	1	
2	公法线千分尺	0~25 mm(0.01 mm)	1	
3	深度千分尺	0~25 mm(0.01 mm)	1	
4	内测千分尺	5~30 mm(0.01 mm)		
5	光滑塞规		1	
6	杠杆百分表	0~10 mm(0.01 mm)	1	
7	磁性表座		1	
8	寻边器	CE-420	1	
9	弹性夹簧	ER32, 10 mm、8 mm	1	
10	刀柄	BT40	若干	
11	键槽铣刀	10 mm、8 mm	1	

续表

序号	名称	规格	数量	备注
12	中心钻	A 型		
13	钻头	9.8 mm		
14	铰刀	10H7		
12	塞尺	0.01~1 mm	1 副	
13	锁刀座		1 套	
14	材料	120 mm×120 mm×30 mm	1	
15	其他	铜棒、铜皮、毛刷等常用工具		选用
16		计算机、计算器、编程用书等		

2. 工艺要求

本任务的工时定额(包括编程与程序手动输入)为 2 h, 其加工要求如表 3-2-3 所示。

表 3-2-3 加工要求

项目与配分		序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
工件加工评分 (60%)	外形 轮廓	1	$10_{-0.020}^{+0.041}$ mm	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		2	$24_{-0.020}^{+0.041}$ mm	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		3	$5_0^{+0.05}$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		4	$5_0^{+0.05}$ mm	4	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		5	10 mm	4	出错扣 2 分		
		6	Ra3.2 mm	4	出错扣 2 分		
		7	圆弧 6×R5 mm	3	每错一处扣 0.5 分		
		8	圆弧 R7.5 mm	2	出错扣 2 分		
		9	圆弧 R140	2	出错扣 2 分		
		10	φ10H7	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		11	角度 14.71°	3	每错一处扣 1.5 分		
		12	2×50 mm	2	超差 0.01 mm 扣 1 分		
		13	14 mm	2	出错扣 2 分		
		14	19 mm	2	出错扣 2 分		
		15	48 mm	2	出错扣 2 分		
		16	37 mm	2	出错扣 2 分		
		17	工件按时完成	3	未按时完成全扣		
		18	工件无缺陷	3	缺陷一处扣 3 分		
程序与工艺(30%)		19	程序正确合理	15	每错一处扣 2 分		
		20	加工工序卡	15	不合理每处扣 2 分		
机床操作(10%)		21	机床操作规范	5	出错一次扣 2 分		
		22	工件、刀具装夹	5	出错一次扣 2 分		
安全文明生产(倒扣分)		23	安全操作	倒扣	安全事故、停止 操作酌扣 5~30 分		
		24	机床整理	倒扣			

填写工艺卡

填写综合件加工工艺卡，如表 3-2-4 所示。

表 3-2-4 综合件加工工艺卡

单位名称		产品名称		综合件 1		图号	第一页	
		零件名称		综合件 1	数量	1		
材料种类		材料牌号		毛坯尺寸				
工序号	工序内容	车间	设备	工具			计划 工时	实际 工时
				夹具	量具	刀具		
更改号		拟定	校正		审核		批准	
更改者								
日期								

刀具的选择

分析零件图样，根据工艺卡选择刀具，完成表 3-2-5。

表 3-2-5 刀具的选用

序号	刀具名称	规格	数量	需领用

编写加工程序

以方料的中心为编程原点，采用四面分中对刀方法，选择的刀具如下：T1 是中心钻，T2 是 9.8 mm 麻花钻，T3 是 10H7 铰刀，T4 是 $\phi 10$ mm 键槽铣刀，T5 是 $\phi 8$ mm 键槽铣刀。

其参考程序如表 3-2-6~表 3-2-11。

表 3-2-6 参考程序(钻中心孔位)

程序	说明
O0001;	程序名(钻中心孔位)
G90 G94 G40 G80 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S1000;	主轴正转, 转速 1 000 r/min
G90 G00 X0 Y50;	定位到(X0, Y50)的位置
M08;	打开切削液
G43 H01 Z20;	采用 1 号长度正补偿快速定位到 Z20
G98 G81 Z-5 R5 F50;	钻孔深度 5 mm, 安全高度 5 mm, 进给量 50 mm/min
G80;	取消固定循环
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-7 参考程序(钻孔)

程序	说明
O0002;	程序名(钻孔)
G90 G94 G40 G80 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T02 M06;	换 2 号刀
M03 S650;	主轴正转, 转速 650 r/min
G90 G00 X0 Y50;	定位到(X0, Y50)的位置
M08;	打开切削液
G43 H02 Z20;	采用 2 号长度正补偿快速定位到 Z20
G98 G83 Z-35 R5 Q5 F100;	钻孔深度 35 mm, 安全高度 5 mm, 每次钻深 5 mm, 进给量 100 mm/min
G80;	取消固定循环
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-8 参考程序(铰孔)

程序	说明
O0003;	程序名(铰孔)
G90 G94 G40 G80 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T03 M06;	换 3 号刀
M03 S100;	主轴正转, 转速 100 r/min
G90 G00 X0 Y50;	定位到(X0, Y50)的位置
M08;	打开切削液
G43 H03 Z20;	采用 3 号长度正补偿快速定位到 Z20

续表

程序	说明
G98 G85 Z-35 R5 F50;	铰孔深度 35 mm, 安全高度 5 mm, 进给量 50 mm/min
G80;	取消固定循环
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-9 参考程序(飞机机翼加工)

程序	说明
O0004;	程序名(飞机机翼加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X0 Y0;	快速定位到(X0, Y0)
M08;	打开切削液
G43 H04 Z20;	采用 4 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F30;	直线插补到 Z-5.02, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X0 Y14 F150;	建立左补偿(X0, Y14), 进给量 150 mm/min
G01 X-50;	直线切削到 X-50
G02 X-51.27 Y23.84 R5 ;	顺时针切削到(X-51.27, Y23.84), 半径是 R5 mm
G01 X-10.99 Y34.41;	直线切削进给到(X-10.99, Y34.41)
X10.99;	直线切削进给到 X10.99
X51.27 Y23.84;	直线切削进给到(X51.27, Y23.84)
G02 X50 Y14 R5;	顺时针切削到(X50, Y14), 半径是 R5 mm
G01 X0;	直线切削进给到 X0
G40 X0 Y0;	取消刀具补偿(X0, Y0)
G0 Z100;	主轴抬刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-10 参考程序(飞机机身加工)

程序	说明
O0005;	程序名(飞机机身加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S700;	主轴正转, 转速 700 r/min
G90 G00 X0 Y50;	快速定位到(X0, Y50)位置

续表

程序	说明
M08;	打开切削液
G43 H04 Z20;	采用 4 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-10.02 F30;	直线插补到 Z-10.02, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X6.97 Y53.12 F150;	建立左补偿(X6.97, Y53.12), 进给量 150 mm/min
G03 X-6.97 R7.5;	逆时针圆弧进给 X-6.97, 圆弧 R7.5 mm
G03 X-6 Y-27.65 R140;	逆时针圆弧进给(X-6, Y-27.65), 圆弧 R140 mm
G01X-26.19 Y-37.51;	直线切削进给到(X-26.19, Y-37.51)
G03 X-24 Y-47 R5;	逆时针圆弧进给(X-24, Y-47), 圆弧 R5 mm
G01 X24;	直线切削进给到 X24
G03 X26.19 Y-37.51 R5;	逆时针圆弧进给(X26.19, Y-37.51), 圆弧 R5 mm
G01 X6 Y-27.65;	直线切削进给到(X6, Y-27.65)
G03 X6.97 Y53.12 R140;	逆时针圆弧进给(X6.97, Y53.12), 圆弧 R140 mm
G40 G01 X0 Y50;	取消刀具补偿(X0, Y50)
G0 Z100;	主轴抬刀 Z100
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-11 参考程序(机尾加工)

程序	说明
O0006;	程序名(机尾加工加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T05 M06;	换 5 号刀
M03 S1000;	主轴正转, 转速 1 000 r/min
G90 G00 X0 Y-37;	快速定位到位置
M08;	打开切削液
G43 H05 Z20;	采用 5 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-15 F30;	直线插补到 Z-15, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X0 Y-32 F150;	建立左补偿(X0, Y-32), 进给量 150 mm/min
G01 X-12;	直线切削进给到 X-12
G03 Y-42 R5;	逆时针圆弧进给 Y-42, 圆弧 R5 mm
G01 X12;	直线切削进给到 X12
G03 Y-32 R5;	逆时针圆弧进给 Y-32, 圆弧 R5 mm
G01X0;	直线切削进给到 X0
G40 G01 X0 Y-37;	取消刀具补偿(X0, Y-37)
G0 Z100;	快速退刀 Z100
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

注意：精加工和粗加工程序一样，只需改变切削参数即可。提高主轴转速，降低进给量。

加工过程

按照下面操作步骤，在数控铣床上加工综合件。

- 1) 安装刀具。
- 2) 在台虎钳上安装方料。
- 3) 对刀。
- 4) 调用程序 O0001~O0006。
- 5) 切削加工工件。
- 6) 测量工件，去飞边。
- 7) 清理机床。

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 3-2-12 所示的“数控铣床综合加工操作评价表”。

表 3-2-12 数控铣床综合加工操作评价表

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	
会正确编写数控加工程序	15				
能够独立完成工件的加工与尺寸公差的调试	20				
工件的尺寸与表面质量	20				
熟悉工艺卡片的填写	15				
工、量、刀具的规范使用	10				
课堂学习纪律、完全文明生产	10				
着装符合安全规程要求	5				
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

根据所学知识完成图 3-2-4 所示零件的加工，编写加工程序。

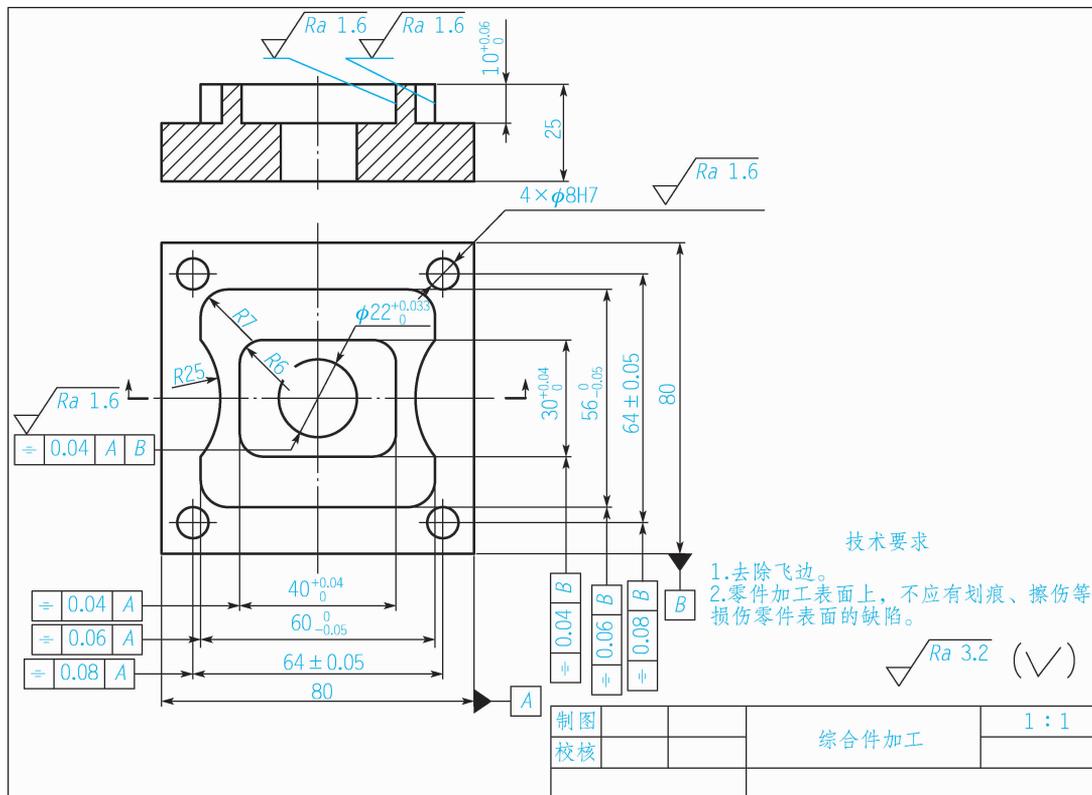


图 3-2-4 实训练习

任务拓展

请根据所学知识，在完成一般练习任务的基础上，进行凸台、十字槽及孔的综合加工的拓展练习，如图 3-2-5 所示。

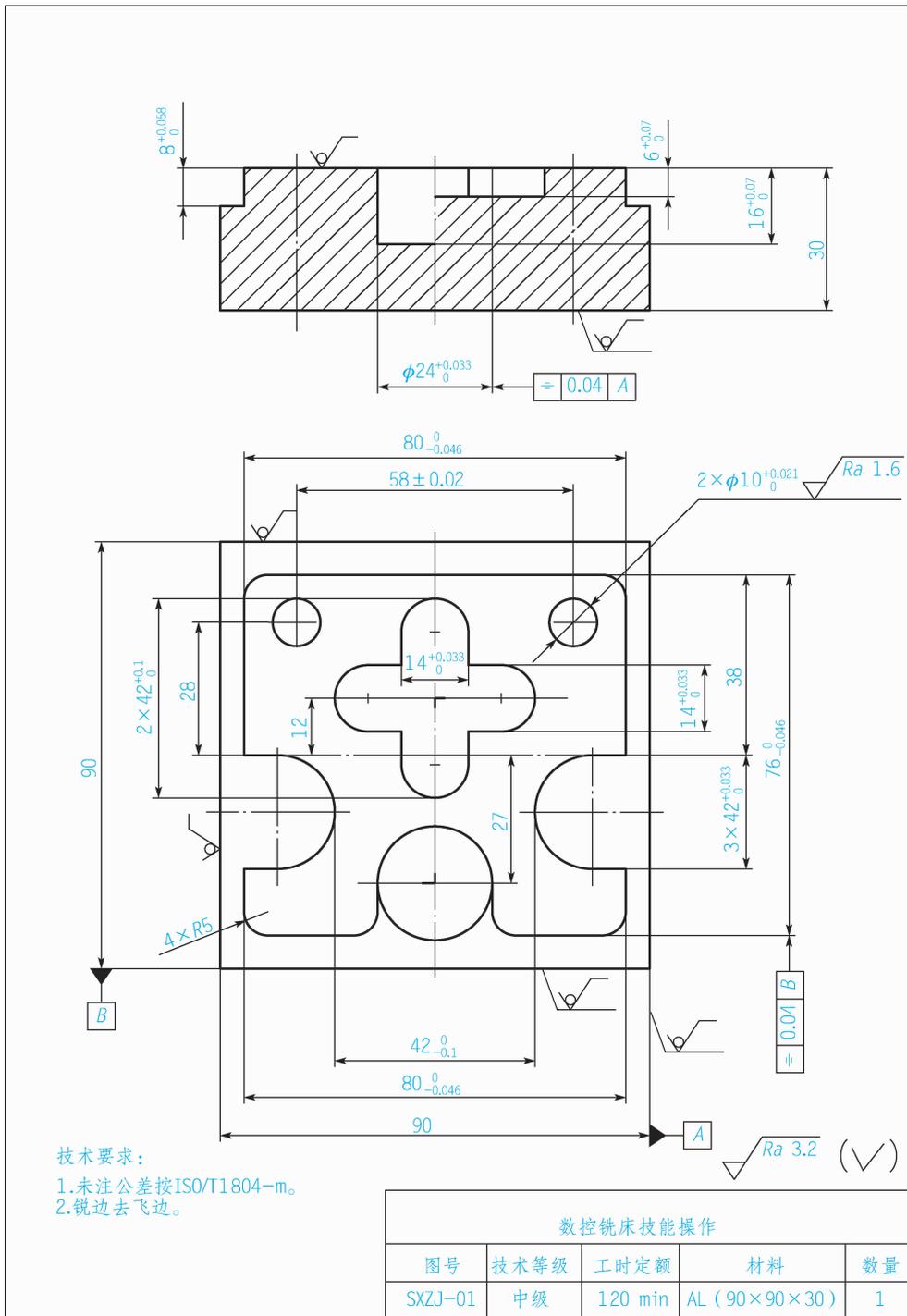


图 3-2-5 拓展训练

任务二 铣削向日葵模型

任务目标

- 能识读图样和工艺卡，明确加工技术要求和加工工艺；
- 能根据工艺卡选用合适的量器具；
- 会用游标卡尺、公法线千分尺、内测千分尺、深度千分尺等量具；
- 能根据现场条件，查阅相关资料，确定符合加工技术要求的工、量、夹具；
- 熟练综合采用数控指令完成程序的编制，独立完成机床的操作模拟与加工。

任务描述

图 3-2-6 所示工件是向日葵模型，毛坯为 100 mm × 100 mm × 20 mm 的 45 钢，编写其数控铣床加工程序并进行加工。加工要求如图 3-2-7 所示。

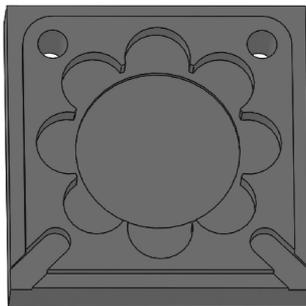


图 3-2-6 向日葵模型

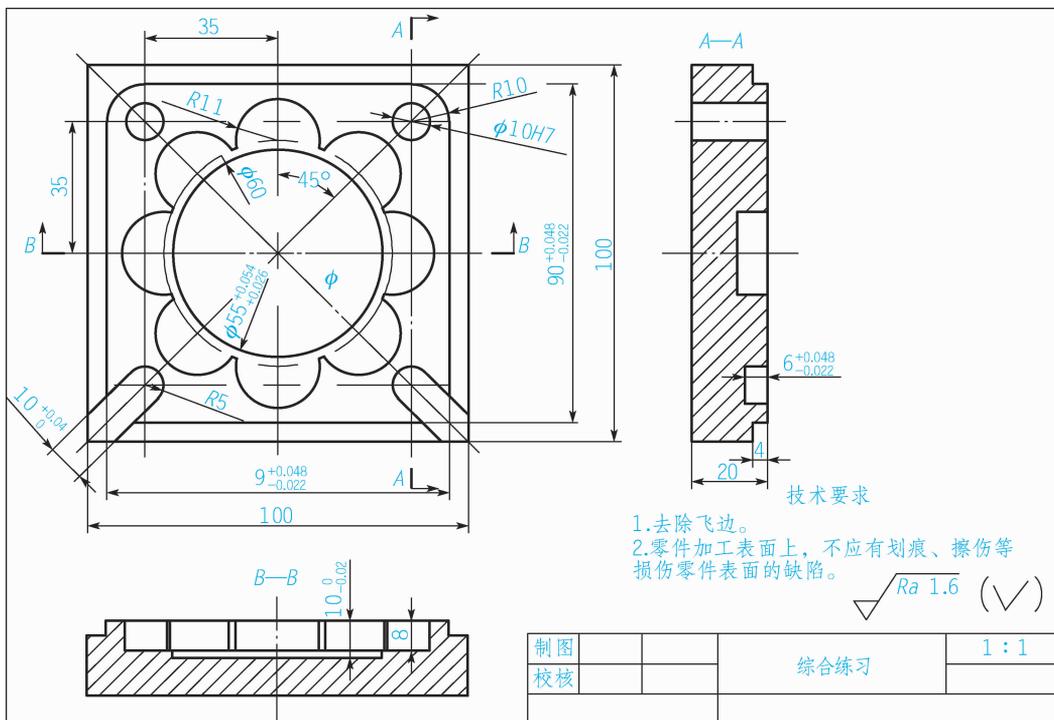


图 3-2-7 加工要求

知识链接

子程序及其应用

1. 子程序

在数控加工中，很多图形存在着一定的技巧性和规律性，诸如在一些图形中，部分局部图形一样，此时应该考虑到技巧的应用。M98/M99 指令的应用可以使程序简单，减轻编程量，更便于理解和应用。

2. 子程序的调用格式

调用格式如下：

M98 Pxxxx Lxxx;

或

M98Pxxxxxxxx;

在第一种格式中，P 后面是调用子程序的程序名，L 是调用子程序的次数；在第二种格式中，前三位表示调用子程序的次数，而后面是调用子程序的名称。

例如，在表 3-2-13 所示程序中，主程序 O2000 执行到 N0020 时执行 O2010；子程序执行结束后继续执行主程序段号 N0030，在主程序执行 N0070 时，又转去执行子程序 O2010 两次，返回时又继续执行主程序的 N0080 后面的程序。

表 3-2-13 子程序调用示例

主程序	子程序
O2000;	O2010;
...	...
N0020 M98 P2010;	...
N0030;	...
N0070 M98 P2010 L2;	...
N0080;	...
...	M99;

3. 使用子程序的注意事项

1) 主程序中的模态 G 代码可被子程序中同一组的其他 G 代码所代替，主程序中的 G90 被子程序中的 G91 更改，从子程序返回时也就变成了 G91 状态了。

2) 尽量不要在刀具补偿状态下的主程序中调用子程序，因为当子程序中连续出现两段以上非移动指令或者非刀补平面轴运动指令时，很容易出现过切等错误。

量具的使用

所用量具有游标卡尺、深度千分尺、内测千分尺、公法线千尺、光滑塞规等。

查阅书籍，填写表 3-2-14。

表 3-2-14 量具的使用注意事项

安全注意事项	
使用前注意事项	
使用时注意事项	
保管时注意事项	



想一想：

子程序和主程序有什么不同？



提示：

针对复杂的图形，找到相同的走刀路线，将这部分程序单独处理，编写成一个独立的程序，可以供不同的主程序来调用，从而可以简化编程。



任务实施



工艺准备和要求



1. 工艺准备

本任务选用的机床为 FANUC 0i MD 系统的数控铣床，加工中使用的工具、刀具、量具、夹具如表 3-2-15 所示。

表 3-2-15 工具、刀具、量具、夹具清单

序号	名称	规格	数量	备注
1	游标卡尺	0~150 mm(0.02 mm)	1	
2	公法线千分尺	75~100 mm(0.01 mm)	1	
3	深度千分尺	0~25 mm(0.01 mm)	1	
4	内测千分尺	5~30 mm(0.01 mm)	1	
5	光滑塞规	φ10H7	1	
6	杠杆百分表	0~10 mm(0.01 mm)	1	
7	磁性表座		1	
8	寻边器	CE-420	1	
9	弹性夹簧	ER32(φ 10 mm, φ8 mm)	1	
10	刀柄	BT40	若干	



续表

序号	名称	规格	数量	备注
11	键槽铣刀	$\phi 12 \text{ mm}, \phi 8 \text{ mm}$	1	
12	中心钻	A 型	1	
13	钻头	$\phi 9.8 \text{ mm}$		
14	铰刀	$\phi 10 \text{ H7}$		
15		计算机、计算器、编程用书等		

2. 工艺要求

本任务的工时定额(包括编程与程序手动输入)为 2 h, 其加工要求如表 3-2-16 所示。

表 3-2-16 加工要求

工件编写		总得分				
项目与配分	序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
工件加工评分 (70%)	外形 轮廓	1	$2 \times 90_{-0.022}^{+0.048}$	6	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		2	$\phi 55_{-0.026}^{+0.054}$	6	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		3	$2 \times 10_0^{+0.04}$	8	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		4	$\phi 60 \text{ mm}$	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		5	$Ra 1.6 \mu\text{m}$	4	每错一处扣 0.5 分	
		6	$8 \times R11 \text{ mm}$	6	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		7	孔位	2	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		8	$2 \times \phi 10 \text{ H7}$	8	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		9	旋转 $45^\circ, 135^\circ$	4	每错一出扣 2 分	
		10	$\phi 66 \text{ mm}$	2	出错扣 2 分	
		11	$2 \times R10 \text{ mm}$	2	每错一出扣 2 分	
		12	4	2		
		13	$6_{+0.022}^{+0.048}$	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		14	8	2		
		15	$10_{-0.02}^0$	4	超差 0.01 mm 扣 2 分	
		16	工件按时完成	3	未按时完成全扣	
		17	工件无缺陷	3	缺陷一处扣 3 分	
程序与工艺(20%)	18	程序正确合理	10	每错一处扣 2 分		
	19	加工工序卡	10	不合理每处扣 2 分		
机床操作(10%)	20	机床操作规范	5	出错一次扣 2 分		
	21	工件、刀具装夹	5	出错一次扣 2 分		
安全文明生产(倒扣分)	22	安全操作	倒扣	安全事故、停止 操作酌扣 5~30 分		
	23	机床整理	倒扣			

填写工艺卡

填写极坐标加工工艺卡，如表 3-2-17 所示。

表 3-2-17 极坐标加工工艺卡

单位名称	产品名称		综合加工		图号	第一页		
	零件名称		综合加工	数量	1			
材料种类		材料牌号		毛坯尺寸				
工序号	工序内容	车间	设备	工具			计划 工时	实际 工时
				夹具	量具	刀具		
更改号		拟定	校正	审核		批准		
更改者								
日期								

刀具的选择

分析零件图样，根据工艺卡选择刀具，完成表 3-2-18。

表 3-2-18 刀具的选用

序号	刀具名称	规格	数量	需领用

编写加工程序

以方料的中心为编程原点，采用四面分中对刀方法，选择的刀具如下：T1 是中心钻，T2 是 $\phi 9.8$ mm 麻花钻，T3 是 $\phi 10H7$ 铰刀，T4 是 $\phi 12$ mm 键槽铣刀，T5 是 $\phi 8$ mm 键槽铣刀。

其参考程序如表 3-2-19~表 3-2-24 所示。

表 3-2-19 参考程序(中心整圆粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名(中心圆孔粗加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X0 Y0;	快速定位(X0, Y0)位置
M08;	打开切削液
G43 H04 Z20;	采用 4 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-10 F30;	直线插补到 Z-10, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X27.5 Y0 F150;	建立左补偿(X27.5, Y0), 进给量 150 mm/min
G03 I-27.5;	逆时针整圆加工, 圆弧半径 R27.5 mm
G40 G01 X0 Y0;	取消刀具补偿, 退到(X0, Y0)位置
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-20 参考程序(方形外轮廓粗加工)

程序	说明
O0002;	程序名(方形外轮廓粗加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X-60 Y-60;	采用快速定位到(X-60, Y-60)的位置
M08;	打开切削液
G43 H04 Z20;	采用 4 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-4 F30;	直线插补到 Z-4, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X-45 F150;	建立左补偿 X-45, 进给量 150 mm/min
G01 Y45, R10;	直线插补到 Y45, 采用自动过渡 R10 mm
X45, R10 ;	直线插补到 X45, 采用自动过渡 R10 mm
Y-45;	直线插补到 Y-45 位置
X-45;	直线插补到 X-45 位置
G40 G01 X-60 Y-60;	取消刀具补偿移动到(X-60, Y-60)的位置
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-21 参考程序(φ60 mm 粗加工)

程序	说明
O0003;	程序名(φ60 圆整粗加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G00 X0 Y0;	快速定位到(X0, Y0)位置
M08;	打开切削液
G43 H04 Z20;	采用 4 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-8 F30;	直线插补到 Z-8, 进给量 30 mm/min
G41 D01 X30 Y0 F150;	建立左补偿 X30, 进给量 150 mm/min
G03 I-30;	逆时针加工整圆圆弧 R30 mm
G40 G01 X0 Y0;	取消刀具补偿(X0, Y0)
G0 Z100;	主轴快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 3-2-22 参考程序(六个圆弧粗加工)

程序	说明
O0004;	程序名(六个圆弧粗加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T04 M06;	换 4 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G16 G0 X30 Y0;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 0°位置
G43 H04 G0Z20;	采用 4 号长度正补偿移动到 Z20 位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y45;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 45°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y90;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 90°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y135;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 135°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y180;	采用极坐标定位到极长 30mm、角度 180°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y225;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 225°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y270;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 270°位置
M98 P0005;	调用子程序 O0005
G16 G0 X30 Y315;	采用极坐标定位到极长 30 mm、角度 315°位置

续表

程序	说明
M98 P0005;	调用子程序 O0005
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束
O0005;	子程序名(整圆子程序)
G0Z2;	快速定位到 Z2 位置
G01 Z-8 F30;	直线插补到 Z-8, 进给量 30 mm/min
G15 G41 D01 G91 G01 X11 F150;	建立左补偿增量正移动 11 mm, 进给量 150 mm/min
G03 I-11;	整圆加工圆弧半径 R11 mm
G40 G01 X-11;	取消刀具补偿负方向移动 11 mm
G90 G15;	取消极坐标, 采用绝对量编程
G0 Z20;	主轴退到 Z20
M99;	子程序结束

表 3-2-23 参考程序(旋转腰槽粗加工)

程序	说明
O0006;	程序名(旋转腰槽粗加工主程序)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T05 M06;	换 5 号刀
M03 S800;	主轴正转, 转速 800 r/min
G68 X0 Y0 R-45;	以中心坐标(X0, Y0)旋转-45°
G0 X60 Y0;	快速定位到(X60, Y0)位置
M08;	打开切削液
G43 H05 Z20;	采用 5 号长度正补偿快速定位到 Z20
M98 P0007;	调用子程序 O0007 一次
G68 X0 Y0 R-135;	以中心坐标(X0, Y0)旋转-135°
M98 P0007;	调用子程序 O0007 一次
G00 Z100;	主轴退到 Z100
G69;	取消极坐标功能
M05;	主轴停止
M30;	程序结束
O0007;	子程序名(旋转腰槽子程序)
G0 X60 Y0;	快速定位到(X60, Y0)位置
G0 Z2;	快速定位到 Z2 位置
G01 Z-6.03 F30;	直线插补到 Z-6.03 位置, 进给量 30 mm/min
G41 D01 G01 Y5 F100;	采用左刀补直线切削到 Y5 位置, 进给量 100 mm/min
G01 X49.497;	直线补偿到 X49.497

续表

程序	说明
G03 Y- 5 R5;	逆时针圆弧切削到 Y-5, 圆弧半径 R5 mm
G01 X60;	直线切削到 X60 位置
G40 Y0;	取消刀具补偿退到 Y0 位置
G0 Z20;	主轴退刀
M99;	子程序结束

表 3-2-24 参考程序($\phi 10H7$ 孔加工)

程序	说明
O0008;	程序名($\phi 10H7$ 中心孔加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S1000;	主轴正转, 转速 1 000 r/min
M08;	打开切削液
G0 X35 Y35;	快速定位到(X35, Y35)位置
G43 H01 G0 Z20;	采用 1 号长度正补偿快速定位到 Z20
G98 G81 Z-5 R5 F50;	一般钻孔深度 5 mm, 安全高度 5 mm, 进给量 50 mm/min
X- 35;	孔位(X- 35, Y35)
G80 G0 Z100;	取消固定循环主轴退刀 Z100
M09;	关闭切削液
M30;	程序结束
O0009;	程序名($\phi 10H7$ 孔加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T02 M06;	换 2 号刀
M03 S700;	主轴正转, 转速 700 r/min
M08;	打开切削液
G0 X35 Y35;	快速定位到(X35, Y35)位置
G43 H02 G0 Z20;	采用 2 号长度正补偿快速定位到 Z20
G98 G83 Z-25 R5 Q5 F100;	钻孔深度 25 mm, 安全高度 5 mm, 每次钻深 5 mm, 进给量 100 mm/min
X- 35;	孔位(X- 35, Y35)
G80 G0 Z100;	取消固定循环主轴退刀 Z100
M09;	关闭切削液
M30;	程序结束
O0010;	程序名($\phi 10H7$ 铰孔加工)
G90 G94 G40 G21 G15 G69 G17 G54;	程序初始化
T03 M06;	换 3 号刀
M03 S150;	主轴正转, 转速 150 r/min

续表

程序	说明
M08;	打开切削液
G0 X35 Y35;	快速定位到(X35, Y35)位置
G43 H03 G0 Z20;	采用 3 号长度正补偿快速定位到 Z20
G98 G85 Z-25 R5 F50;	铰孔深度 25 mm, 安全高度 5 mm, 进给量 100 mm/min
X-35;	孔位(X-35, Y35)
G80 G0 Z100;	取消固定循环主轴退刀 Z100
M09;	关闭切削液
M30;	程序结束

注意：精加工和粗加工程序一样，只需改变切削参数即可。提高主轴转速，进给降低。

加工过程

按照下面操作步骤，在数控铣床上加工综合件。

- 1) 安装刀具。
- 2) 在台虎钳上安装方料。
- 3) 对刀。
- 4) 调用程序 O0001~O0010。
- 5) 切削加工工件。
- 6) 测量工件，去飞边。
- 7) 清理机床。

任务评价

完成上述任务后，认真填写表 3-2-25 所示的“数控铣床镜像加工操作评价表”。

表 3-2-25 数控铣床镜像加工操作评价表

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	
会正确编写数控加工程序	15				
能够独立完成工件的加工与尺寸公差 的调试	20				
工件的尺寸与表面质量	20				
熟悉工艺卡片的填写	15				

续表

评价指标	配分	自评	互评	教师评
工、量、刀具的规范使用	10			
课堂学习纪律、完全文明生产	10			
着装是否符合安全规程要求	5			
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

根据所学知识完成图 3-2-8 所示零件的加工，编写加工程序。

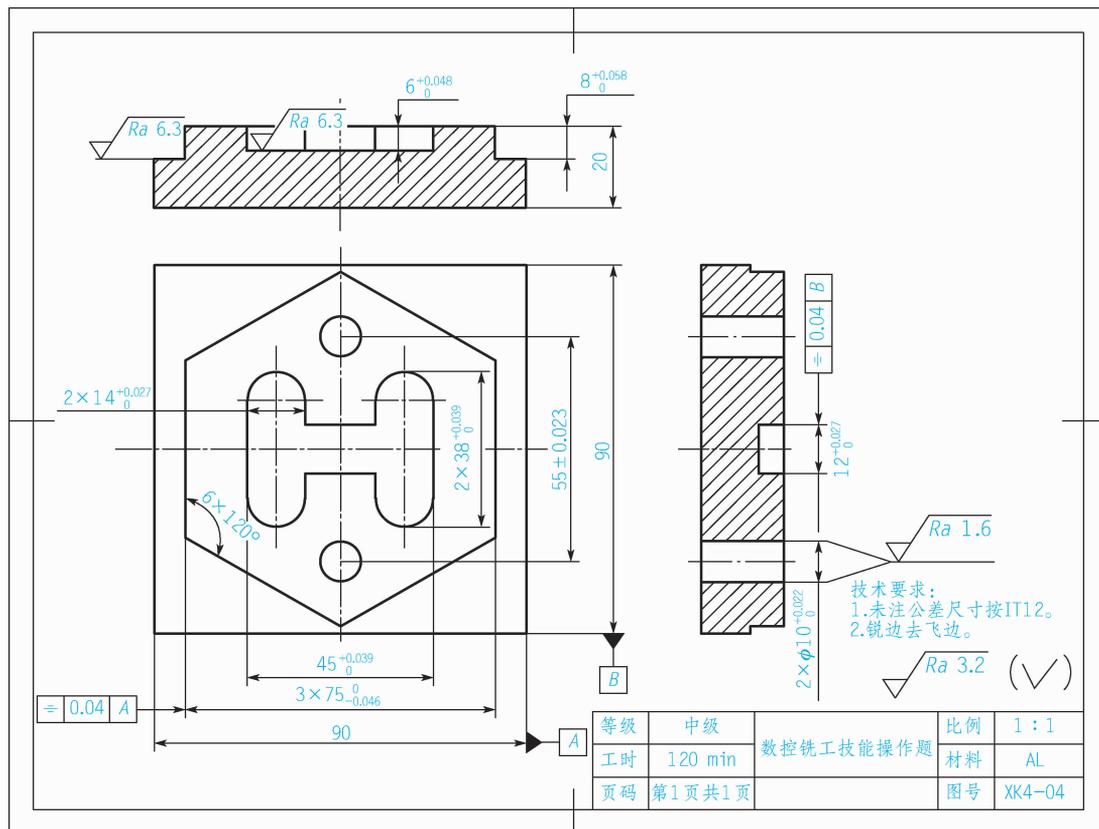


图 3-2-8 实训练习

任务拓展

请根据所学知识，在完成一般练习任务的基础上，进行凸台、T形槽及孔的综合加工的拓展练习，如图 3-2-9 所示。

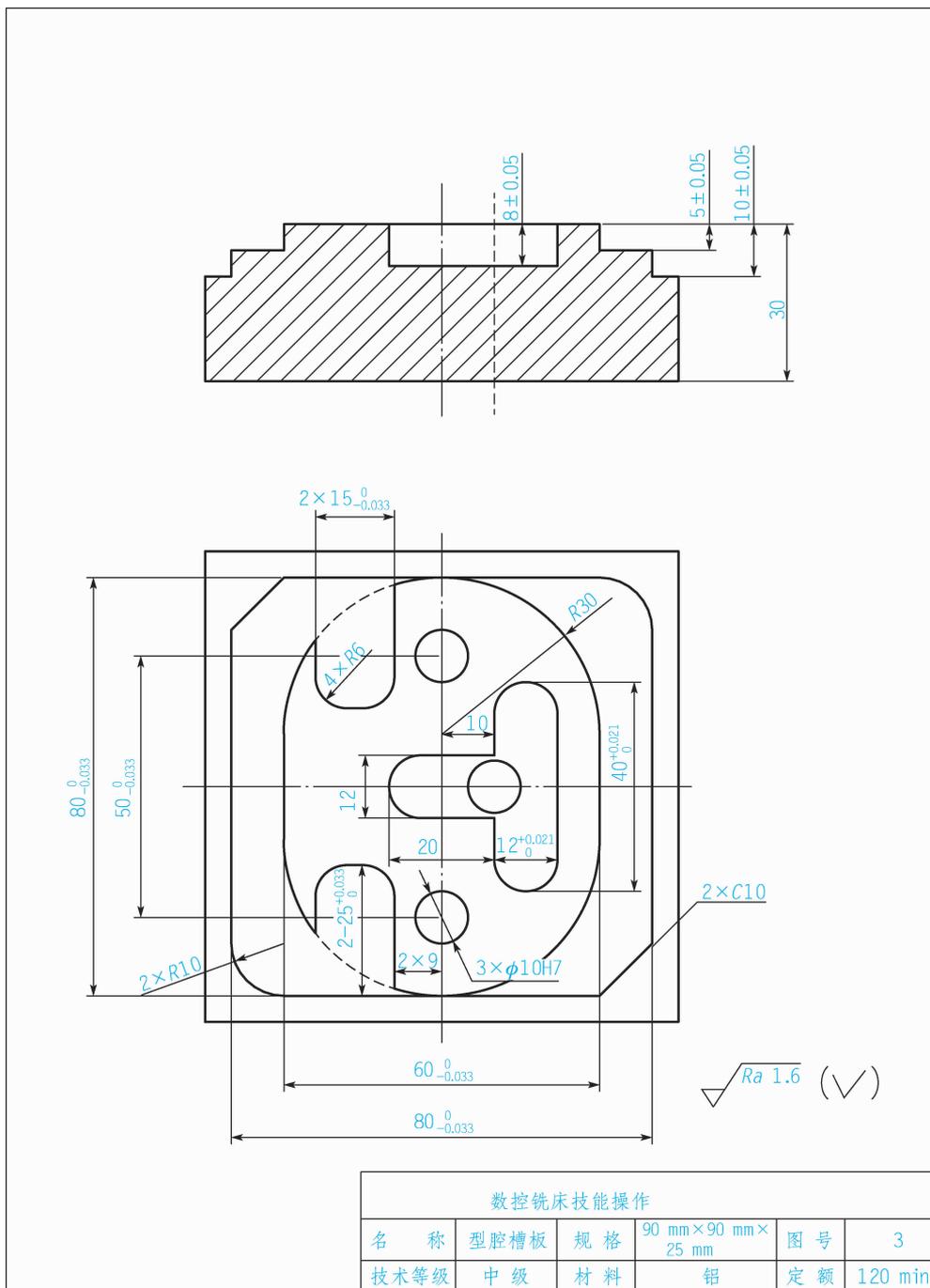


图 3-2-9 拓展练习