

项目二

铣削简单型面

任务一 铣削六角螺栓头

六边形加工是典型的数控轮廓加工。按照加工工艺要求,根据所用数控机床规定的指令代码及程序格式,将刀具的运动轨迹、位移量、切削用量以及相关辅助动作(包括换刀、主轴正/反转、切削液开/关等)编写成加工程序,输入数控装置中,通过模拟检测,最后进行试切加工零件。

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,说出所加工零件的用途、功能和分类;
- 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;
- 根据零件的加工要求选择合适的刀具;
- 会用游标卡尺、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;
- 会使用 G00/G01 指令编制程序。

任务描述

图 2-2-1 所示为六角螺栓头工件,毛坯为 $\phi 25\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ 的 45 钢,试编写其数控铣床加工程序并进行加工。操作要求参见图 2-2-2。

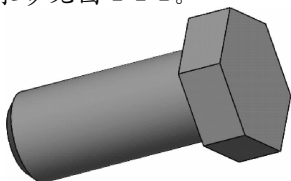


图 2-2-1 六角螺栓头工件

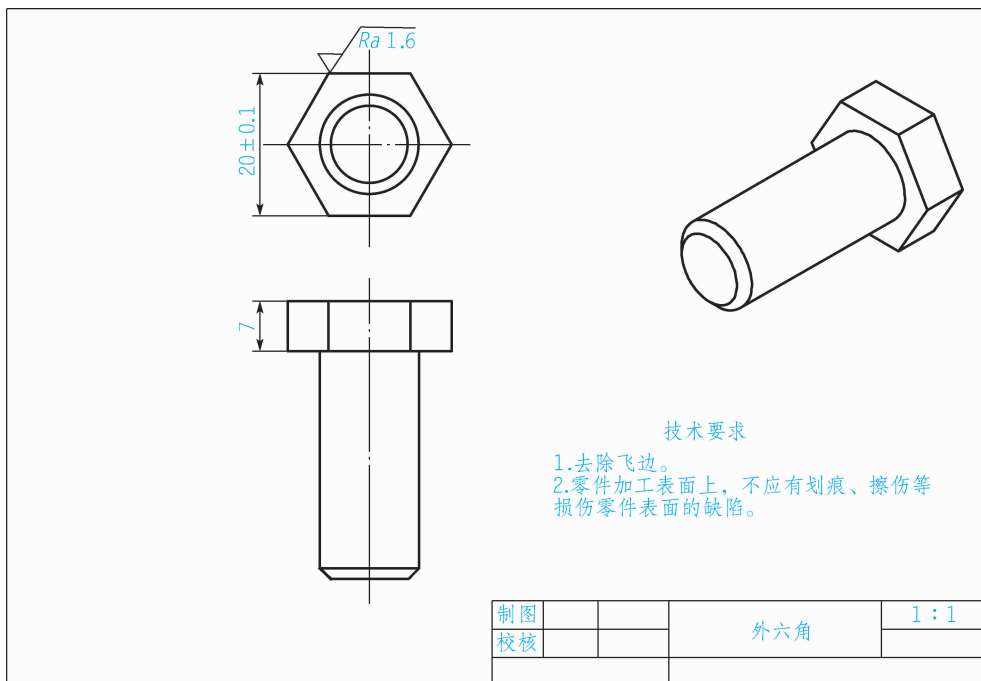


图 2-2-2 操作要求

知识链接

编程指令

1. 快速定位指令 (G00)

格式如下：

G00 X_ Y_ Z_ ;

说明：X、Y、Z 为定位终点坐标，G90 时为终点在工件坐标系中的坐标，G91 时为终点相对于起点的位移量，不运动的轴可以不写。

G00 一般用于加工前快速定位或者加工后快速退刀。移动速度可通过面板上的修调旋钮来调整。在加工中操作者必须小心，以免发生撞刀。常规做法如下：进刀时，先移动 X 轴和 Y 轴，然后 Z 轴下降到加工深度；退刀时，先将 Z 轴向上移动到安全高度，然后再移动 X 轴和 Y 轴。

在执行 G00 指令时，由于各轴以各自速度移动，不能保证各轴同时达到终点，因此联动直线轴的合成不一定是直线。

2. 直线插补指令 (G01)

格式如下：

G01 X_ Y_ Z_ F_ ;

说明：

1)X、Y、Z：直线插补终点坐标，G90 时为终点在工件坐标系中的坐标，G91 时为终点相对于起点的位移量。

2)F：进给量。

G01 指令刀具以联动的方式，按 F 指定的合成进给速度，从当前的位置线性移动到程序指定的终点。

量具的使用

所用量为游标卡尺、外径千分尺，如图 2-2-3 所示。



图 2-2-3 量具

查阅书籍，填写表 2-2-1。

表 2-2-1 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：

外径千分尺与游标卡尺在结构和识读方面有什么区别？



提示：

- 1)游标卡尺采用推拉式测量，外径千分尺采用螺纹旋转测量。
- 2)游标卡尺的测量精度略低于外径千分尺的测量精度，识读尺寸均是主刻度尺寸加副刻度尺寸。

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 2-2-2 所示。

表 2-2-2 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	千分尺	0~25 mm、25~50 mm(0.01 mm)	各 1	
3	杠杆百分表	0~10 mm(0.01 mm)	1	
4	磁性表座		1	
5	寻边器	CE-420	1	
6	弹性夹簧	ER32, $\phi 12$ mm	1	
7	刀柄	BT40	若干	
8	铣刀	$\phi 12$ mm	2	
9	塞尺	0.01~1 mm	1 副	
10	锁刀座		1 套	
11	材料	25 mm×40 mm	1	
12	其他	铜棒、铜皮、毛刷等常用工具		选用
13		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 2-2-3 所示。

表 2-2-3 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 (40%)	外形 轮廓	1	3×20 mm±0.1 mm	12	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		2	7 mm±0.05 mm	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		3	Ra1.6 μm	8	每错一处扣 0.5 分		
		4	工件按时完成	6	未按时完成全扣		
		5	工件无缺陷	6	缺陷一处扣 3 分		
程序与工艺(30%)		6	程序正确合理	15	每错一处扣 2 分		
		7	加工工序卡	15	不合理每处扣 2 分		
机床操作(30%)		8	机床操作规范	15	出错一次扣 2 分		
		9	工件、刀具装夹	15	出错一次扣 2 分		
安全文明生产(倒扣分)		10	安全操作	倒扣	安全事故、停止		
		11	机床整理	倒扣	操作酌扣 5~30 分		

填写工艺卡

填写六角螺栓头工艺卡，如表 2-2-4 所示。

表 2-2-4 六角螺栓头工艺卡

单位名称		产品名称		六角螺栓头		图号	第一页	
		零件名称		六角螺栓头	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 2-2-5。

表 2-2-5 刀具的选用

序号	刀具名称	规格	数量	需领用

编写加工程序

以外圆圆柱中心原点为编程原点，选择的刀具如下：T1 是 $\phi 12\text{ mm}$ 立铣刀，T2 是 $\phi 12\text{ mm}$ 的精加工铣刀。

其参考程序如表 2-2-6 和表 2-2-7 所示。

表 2-2-6 参考程序(粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X-25 Y-25;	快速定位到(X-25, Y-25)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
Z2; `	快速定位到 Z2
G01 Z-7 F50;	直线插补到 Z-7, 进给量 50 mm/min
G41 D01 X-5.774 Y-10 F150;	建立左补偿(X-5.774, Y-10), 进给量 150 mm/min
X-11.547 Y0;	进给(X-11.547, Y0)
X-5.774 Y10;	进给(X-5.774, Y10)
X5.774;	进给 X5.774
X11.547 Y0;	进给(X11.547, Y0)
X5.774 Y-10;	进给(X5.774, Y-10)
X-5.774;	进给 X-5.774
G40 G01 X-25 Y-25;	取消刀具补偿(X-25, Y-25)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 2-2-7 参考程序(精加工)

程序	说明
O0002;	程序名
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T02 M06;	换 2 号刀
M03 S900;	主轴正转, 转速 900 r/min
G90 G00 X-25 Y-25;	快速定位到(X-25, Y-25)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
Z2; `	快速定位到 Z2
G01 Z-7 F50;	直线插补到 Z-7, 进给量 50 mm/min
G41 D02 X-5.774 Y-10 F150;	建立左补偿(X-5.774, Y-10), 进给量 150 mm/min
X-11.547 Y0;	进给(X-11.547, Y0)
X-5.774 Y10;	进给(X-5.774, Y10)

续表

程序	说明
X5. 774;	进给 X5. 774
X11. 547 Y0;	进给(X11. 547, Y0)
X5. 774 Y-10;	进给(X5. 774, Y-10)
X-5. 774;	进给 X-5. 774
G40 G01 X-25 Y-25;	取消刀具补偿(X-25, Y-25)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

加工过程

按照下面操作步骤，在数控铣床上加工六角螺栓头。

- 1) 安装刀具。
- 2) 在台虎钳上安装 V 形块装夹圆柱。
- 3) 对刀。
- 4) 调用程序 O0001~O0002。
- 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 2-2-8 所示的“数控铣床六边形加工操作评价表”。

表 2-2-8 数控铣床六边形加工操作评价表

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	
会正确的编写数控加工程序	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				
着装是否符合安全规程要求	5				

续表

评价指标	配分	自评	互评	教师评
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 2-2-4 所示零件的加工，编写加工程序。

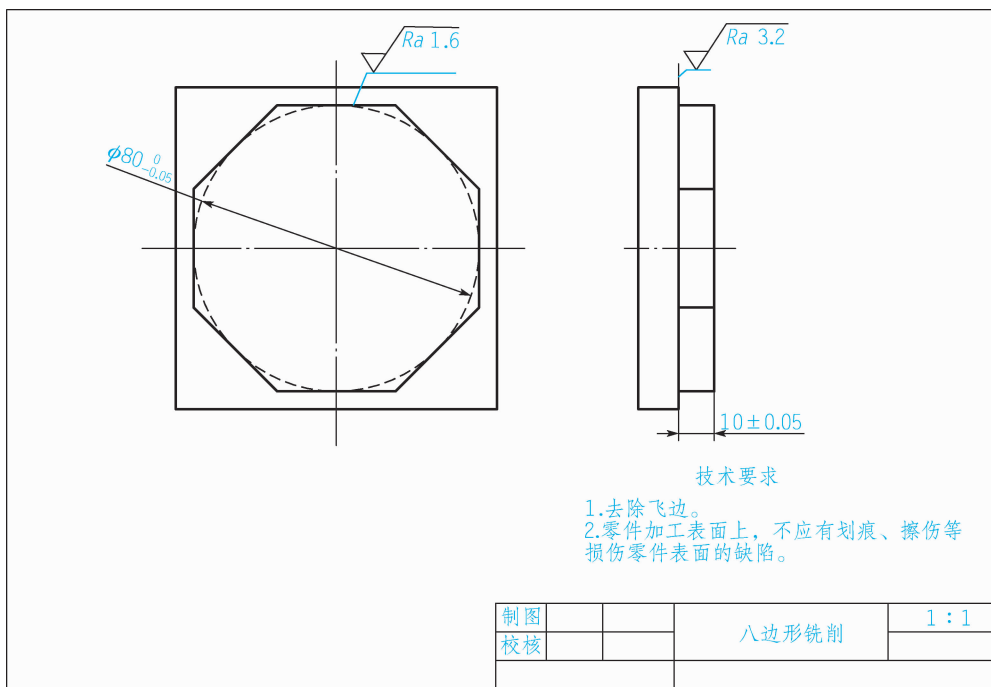


图 2-2-4 实训练习

任务拓展

根据所学知识，在完成一般练习任务的基础上，进行六角凸台的拓展练习，如图 2-2-5 所示。

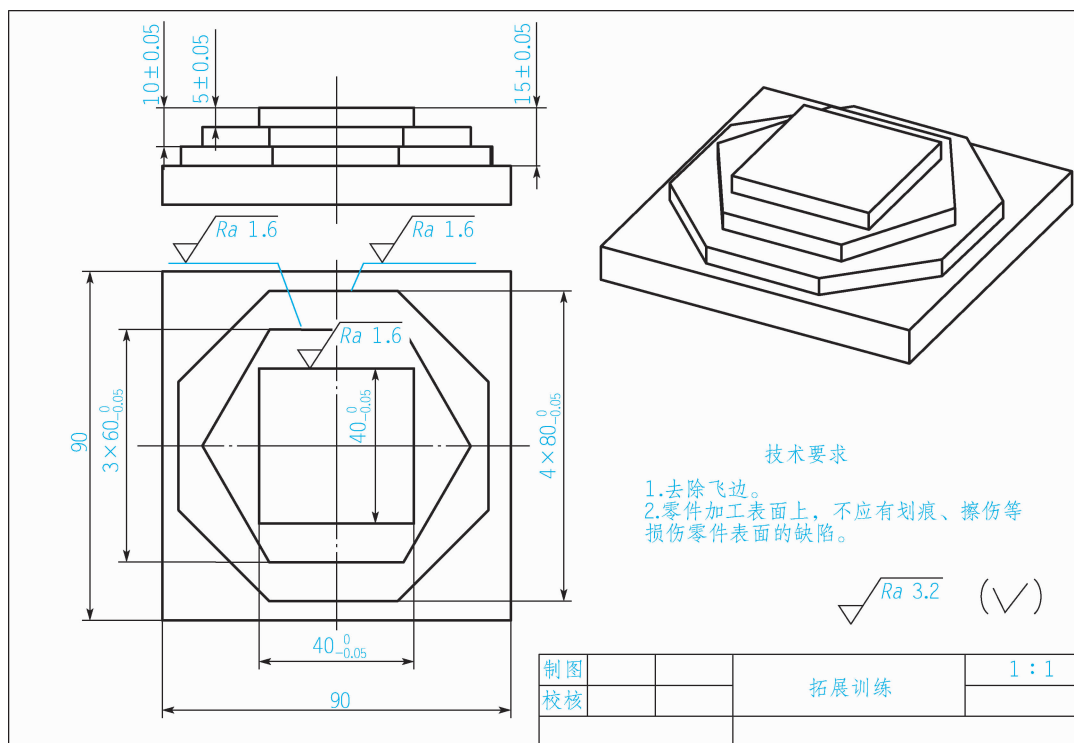


图 2-2-5 拓展训练

任务二 铣削圆弧凸台

数控圆弧铣削是普通铣床较难完成的部分, 针对一些规律的圆弧, 可以通过 G02/G03 圆弧指令的使用, 了解其应用场合和格式。

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, 说出所加工零件的用途、功能和分类;
- 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;
- 根据零件的加工要求选择合适的刀具;
- 会用游标卡尺、千分尺、深度尺等量具;
- 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;
- 会使用 G02/G03 指令编制程序。

任务描述

图 2-2-6 所示工件为圆弧凸台，毛坯为 $90\text{ mm} \times 90\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 的 45 钢，零件要求参见图 2-2-7，试编写其数控铣床加工程序并进行加工。

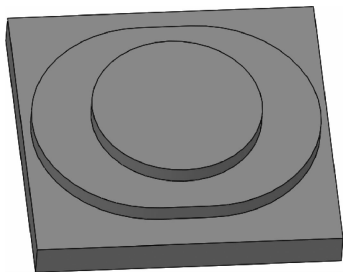


图 2-2-6 圆弧凸台

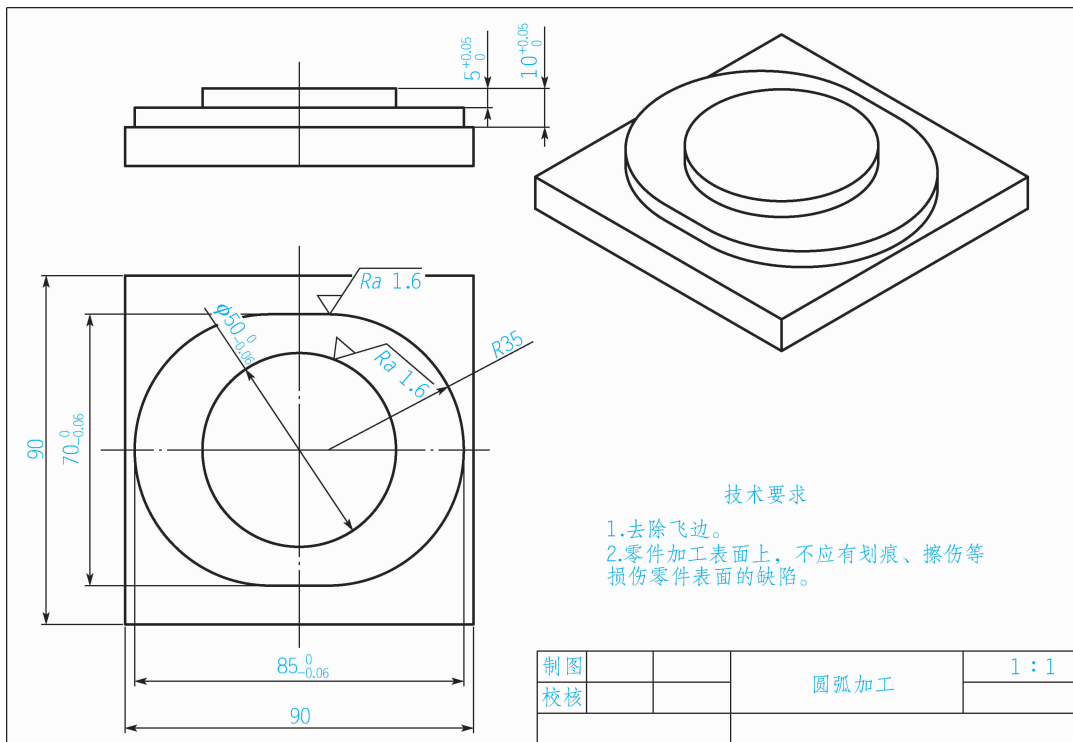


图 2-2-7 圆弧凸台零件图

知识链接

编程指令

圆弧插补指令(G02/G03)的格式如下：

G02/G03 X_ Y_ R_ F_ ;

或

G02/G03 X_ Y_ I_ J_ F_ ;

说明：

- 1)G02 用于顺时针圆弧插补，G03 用于逆时针圆弧插补。
- 2)X，Y：圆弧终点。
- 3)I、J、K：圆心相对于圆弧起点的增量值(圆心坐标减去圆弧起点的坐标)。
- 4)R：圆弧半径，当圆弧圆心角度不大于 180°时，R 为正值，否则 R 为负值。
- 5)F：进给速度。

注意：

- 1)圆弧顺逆的判别方法是：沿圆弧所在平面内(如 XY 平面)的第三个轴负方向(—Z)观察，顺时针方向为 G02，逆时针方向是 G03。
- 2)整个圆弧编程时不可以使用 R，只能用 I、J、K。
- 3)同时编写 R 和 I、J、K 时，R 有效。

量具的使用

所用量具为游标卡尺寸、外径千分尺和深度千分尺(图 2-2-8)。



图 2-2-8 深度千分尺

查阅书籍，填写表 2-2-9。

表 2-2-9 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：

数控铣床的 G02/G03 的方向(顺时针、逆时针)怎么判别？

提示:

沿圆弧所在平面内(如 XY 平面)的第三个轴负方向(—Z)观察,顺时针方向为 G02,逆时针方向是 G03。如果更换加工空间到 G18、G19,则需要先判别第三个轴的方向,再判别圆弧的方向(顺时针、逆时针)。

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 Oi MC 系统的数控铣床,加工中使用的工具、刀具、量具、夹具如表 2-2-10 所示。

表 2-2-10 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	千分尺	25~50 mm、50~75 mm、75~100 mm(0.01 mm)	各 1	
3	深度千分尺	0~25 mm(0.01 mm)	1	
4	杠杆百分表	0~10 mm(0.01 mm)	1	
5	磁性表座		1	
6	寻边器	CE-420	1	
7	弹性夹簧	ER32, $\phi 12$ mm	1	
8	刀柄	BT40	若干	
9	铣刀	$\phi 12$ mm	2	
10	塞尺	0.01~1 mm	1 副	
11	锁刀座		1 套	
12	材料	90 mm×90 mm×30 mm	1	
13	其他	铜棒、铜皮、毛刷等常用工具		选用
14		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 2-2-11 所示。

表 2-2-11 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 (64%)	外形 轮廓	1	$\phi 50_{-0.06}^0$ mm	10	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		2	$85_{-0.06}^0$ mm	10	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		3	$70_{-0.06}^0$ mm	10	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		4	$Ra1.6\ \mu\text{m}$	6	每错一处扣 0.5 分		
		5	圆弧 $R35$ mm	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		6	$10_{+0}^{+0.05}$ mm	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		7	$5_{+0}^{+0.05}$ mm	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		8	工件按时完成	3	未按时完成全扣		
		9	工件无缺陷	3	缺陷一处扣 3 分		
程序与工艺(20%)		11	程序正确合理	10	每错一处扣 2 分		
		12	加工工序卡	10	不合理每处扣 2 分		
机床操作(16%)		13	机床操作规范	8	出错一次扣 2 分		
		14	工件、刀具装夹	8	出错一次扣 2 分		
安全文明生产(倒扣分)		15	安全操作	倒扣	安全事故、停止 操作酌扣 5~30 分		
		16	机床整理	倒扣			



填写工艺卡

填写圆弧铣削工艺卡，如表 2-2-12 所示。

表 2-2-12 圆弧铣削工艺卡

单位名称		产品名称		圆弧铣削		图号	第一页	
		零件名称		圆弧凸台	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 2-2-13。

表 2-2-13 刀具的选用

序号	刀具名称	规格	数量	需领用

编写加工程序

以毛坯的中心原点为编程原点，采用四面分中的方法，选择的刀具如下：T1 是 $\phi 12$ mm 粗铣刀，T2 是 $\phi 12$ mm 的精铣刀。

其参考程序如表 2-2-14 和表 2-2-15 所示。

表 2-2-14 参考程序 (大圆弧粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名(大圆弧粗加工)
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转，转速 600 r/min
G90 G00 X0 Y-55;	快速定位到(X0, Y-55)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
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F50;	直线插补到 Z-5.02，进给量 50 mm/min
G41 D01 X0 Y-35 F150;	建立左补偿(X0, Y-35)，进给量 150 mm/min
X-7.5;	直线进给 X-7.5
G02 X-7.5 Y35 R35;	圆弧进给(X-7.5, Y35)位置，圆弧半径 35 mm
G01X7.5;	直线进给 X7.5
G02 X7.5 Y-35 R35;	圆弧进给(X7.5, Y-35)位置，圆弧半径 35 mm
G01X0;	直线进给 X0
G40 G01 X0 Y-55;	取消刀具补偿退刀(X0, Y-55)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 2-2-15 参考程序(整圆粗加工)

程序	说明
O0002;	程序名(整圆加工)
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X55 Y0;	快速定位到(X55, Y0)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
Z2;`	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F50;	直线插补到 Z-5.02, 进给量 50 mm/min
G41 D01 X25 Y0 F150;	建立左补偿(X25, Y0), 进给量 150 mm/min
G02 I-25 J0 ;	圆弧加工整圆圆心坐标减去起点坐标
G40 G01 X55 Y0;	取消刀具补偿退刀(X55, Y0)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

注意: 精加工和粗加工程序一样, 只需要改变切削参数即可。提高主轴转速 $S=900$ r/min, 进给量降低 $F=80$ mm/min。

加工过程

按照下面操作步骤, 在数控铣床上加工圆弧。

- 1) 安装刀具。
- 2) 在台虎钳上安装方料。
- 3) 对刀。
- 4) 调用程序 O0001~O0002。
- 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 2-2-16 所示的“数控铣床圆弧加工操作评价表”。

表 2-2-16 数控铣床圆弧加工操作评价表

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 2-2-9 所示零件的加工，编写加工程序。

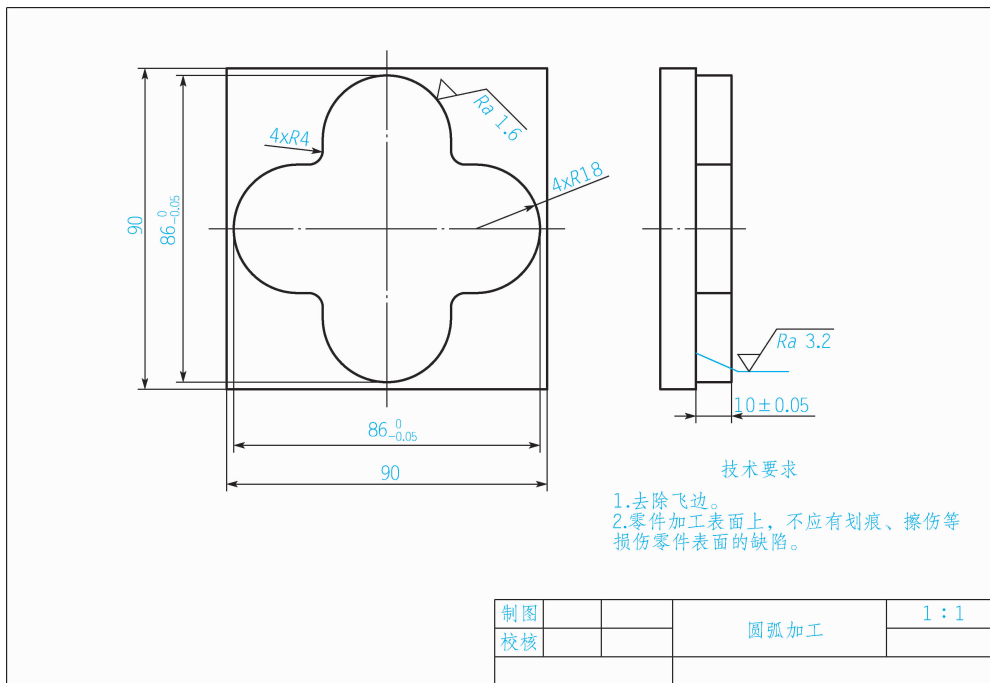


图 2-2-9 实训练习

任务拓展

请根据所学知识，在完成一般练习任务的基础上，进行圆柱凸台、槽的拓展练习，如图 2-2-10 所示。

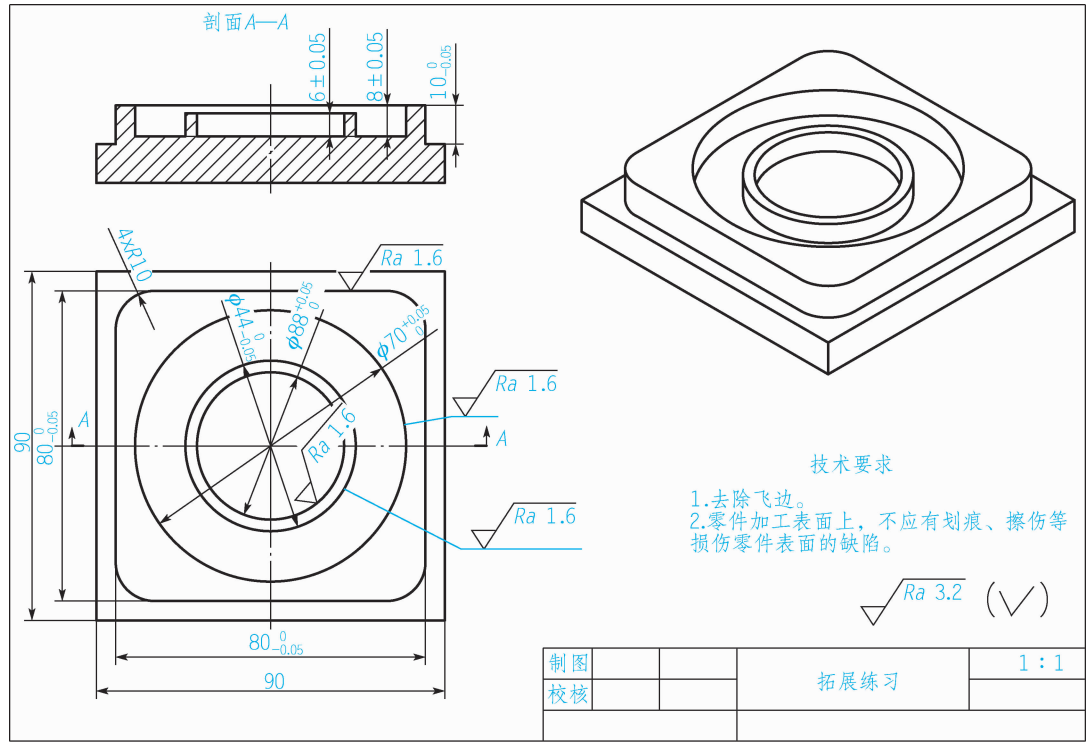


图 2-2-10 拓展练习

任务三 铣削十字键槽

应用自动过渡倒角功能，在实际编程中可以大大减少编程的工作量。旋转功能常用于有规律的图形，灵活掌握，在编程技巧上有很大的作用。

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，说出所加工零件的用途、功能和分类；
- 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；
- 根据零件的加工要求选择合适的刀具；

- 会用游标卡尺、外径千分尺、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；
- 会使用 G68/G69、G01 指令编制程序。

任务描述

图 2-2-11 所示工件为十字键槽，毛坯为 90 mm×90 mm×40 mm 的 45 钢，试编写其数控铣床加工程序并进行加工。操作要求参见图 2-1-12。

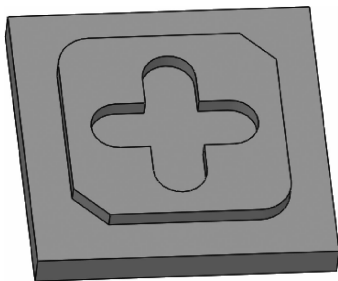


图 2-2-11 十字键槽

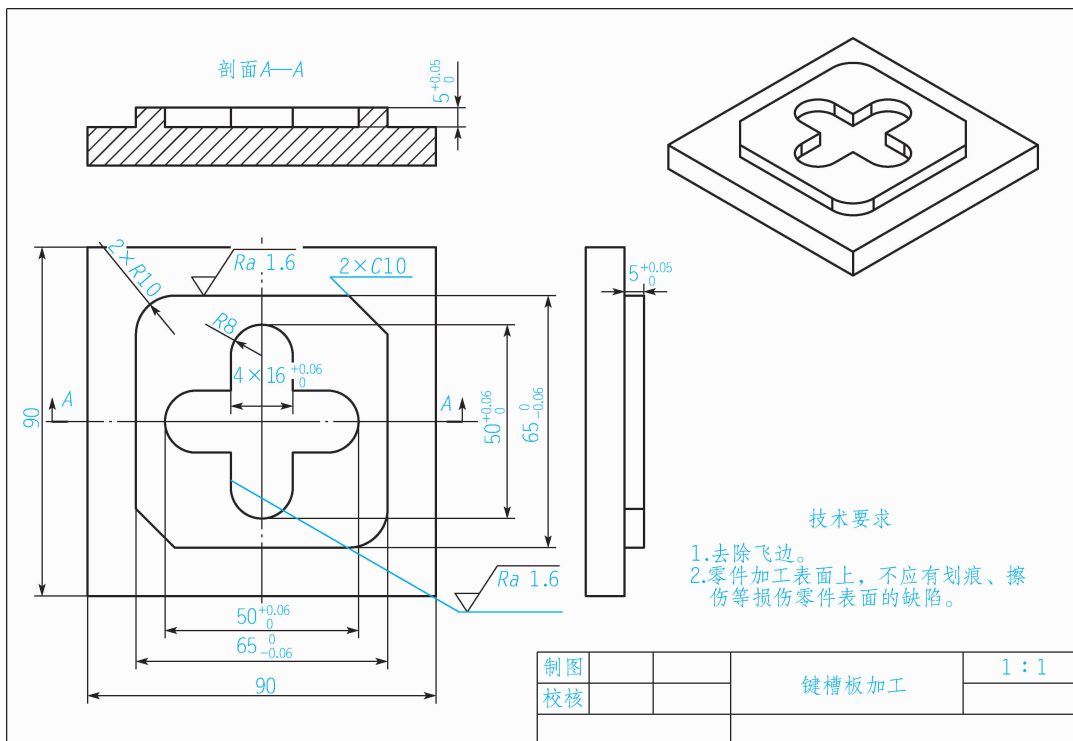


图 2-2-12 操作要求

知识链接

编程指令

1. 圆角自动过渡指令

格式如下：

G01 X_ Y_ , R_ F_ ;

说明：

- 1) X、Y：圆弧过渡的两条边的反向交点坐标。
- 2) R：圆弧半径。

2. 直角自动过渡指令

格式如下：

G01 X_ Y_ , C_ F_ ;

说明：

- 1) X、Y：圆弧过渡的两条边的反向交点坐标。
- 2) C：倒角长度。

3. 旋转功能指令

格式如下：

G68_ X_ Y_ R_ ;

说明：

- 1) G69 用于取消坐标系旋转，G68 用于建立旋转功能。
- 2) X、Y：旋转中心的坐标值。
- 3) R：旋转角度，单位是度($^{\circ}$)， $0^{\circ} \leq R \leq 360^{\circ}$ 。

G68 以给定点为旋转中心，将图形旋转 R 角度，如果省略了 R，则以程序原点为中心旋转。

在刀具有补偿的情况下，先旋转后刀补，有缩放的功能情况下，先缩放后旋转。格式中 R 有“+”、“-”之分，规定顺时针旋转为“-”，逆时针旋转为“+”，坐标轴系取代指令为 G69，其也可以指定在其他指令的程序中。

量具的使用

所用量具为游标卡尺、外径千分尺、深度千分尺、内测千分尺(图 2-2-13)。



图 2-2-13 内测千分尺

查阅书籍，填写表 2-2-17。

表 2-2-17 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：

内测千分尺和深度千分尺分别如何应用？



提示：

内测千分尺可以用来测量部分轮廓的内部尺寸，如键槽、圆等，其使用方法和外径千分尺一样，但是识读数据方法有所区别。

深度千分尺用来测量轮廓的深度尺寸，测量精度较高。



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 Oi MC 系统的数控铣床，加工中使用的工具、刀具、量具、夹具如表 2-2-18 所示。

表 2-2-18 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	千分尺	50~75 mm(0.01 mm)	各 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	杠杆百分表	0~10 mm(0.01 mm)	1	
6	磁性表座		1	
7	寻边器	CE-420	1	
8	弹性夹簧	ER32, $\phi 12$ mm	1	



续表

序号	名 称	规 格	数 量	备 注
9	刀柄	BT40	若干	
10	键槽铣刀	$\phi 12\text{ mm}$	2	
11	塞尺	$0.01\sim 1\text{ mm}$	1 副	
12	锁刀座		1 套	
13	材料	$90\text{ mm}\times 90\text{ mm}\times 30\text{ mm}$	1	
14	其他	铜棒、铜皮、毛刷等常用工具		选用
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 2-2-19 所示。

表 2-2-19 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 (64%)	外形 轮廓	1	$2\times 65_{-0.06}^0\text{ mm}$	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		2	$2\times 50_{+0}^{+0.06}\text{ mm}$	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		3	$4\times 16_{+0}^{+0.06}\text{ mm}$	8	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		4	$Ra1.6\text{ }\mu\text{m}$	5	每错一处扣 0.5 分		
		5	圆弧 $R10\text{ mm}$	6	每错一处扣 3 分		
		6	圆弧 $R8\text{ mm}$	5	每错一处扣 1 分		
		7	倒角 $C10$	6	每错一处扣 3 分		
		8	$5_{+0}^{+0.05}\text{ mm}$	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		9	$5_{+0}^{+0.05}\text{ mm}$	6	超差 0.01 mm 扣 2 分		
		10	工件按时完成	3	未按时完成全扣		
		11	工件无缺陷	3	缺陷一处扣 3 分		
程序与工艺(20%)		12	程序正确合理	10	每错一处扣 2 分		
		13	加工工序卡	10	不合理每处扣 2 分		
机床操作(16%)		14	机床操作规范	8	出错一次扣 2 分		
		15	工件、刀具装夹	8	出错一次扣 2 分		
安全文明生产(倒扣分)		16	安全操作	倒扣	安全事故、停止 操作酌扣 5~30 分		
		17	机床整理	倒扣			

填写工艺卡

填写键槽工艺卡如表 2-2-20 所示。

表 2-2-20 键槽工艺卡

单位名称		产品名称		键槽		图号	第一页	
		零件名称		键槽	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 2-2-21。

表 2-2-21 刀具的选用

序号	刀具名称	规格	数量	需领用

编写加工程序

以方料的中心位置为编程原点，采用四面分中对刀方法，选择的刀具如下：T1 是 $\phi 12$ mm 粗加工键槽铣刀，T2 是 $\phi 12$ mm 的精加工铣刀。

其参考程序如表 2-2-22～表 2-2-24。

表 2-2-22 参考程序(外轮廓粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名(外轮廓)
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转，转速 600 r/min
G90 G00 X0 Y-55;	快速定位到(X0, Y-55)位置

续表

程序	说明
M08;	打开切削液
G43 H01 Z20;	采用 1 号长度正补偿快速定位到 Z20
Z2; `	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F50;	直线插补到 Z-5.02, 进给量 50 mm/min
G41 D01 Y-32.5 F150;	建立左补偿(X0, Y-32.5), 进给量 150 mm/min
X-32.5, C10;	进给自动过渡到 X-32.5, 倒角 C10
Y32.5, R10;	进给自动过渡到 Y32.5, 倒角 R10 mm
X32.5, C10;	进给自动过渡到 X32.5, 倒角 C10
Y-32.5, R10;	进给自动过渡到 Y-32.5, 倒角 R10 mm
X0;	进给(X0, Y-32.5)
G40 G01 X0 Y-55;	取消刀具补偿(X0, Y-55)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 2-2-23 参考程序(竖型槽粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名(内轮廓粗加工)
G90 G94 G40 G21 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G90 G00 X0 Y0;	快速定位到(X0, Y0)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
Z2; `	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F50;	直线插补到 Z-5.02, 进给量 50 mm/min
G41 D01 X8 Y0 F150;	建立左补偿(X8, Y0), 进给量 150 mm/min
Y17;	切削进给 Y17
G03 X-8 R8;	圆弧进给(X-8, Y17), 圆弧 R8 mm
G01Y-17;	切削进给 Y-17
G03X8R8;	逆时针圆弧进给(X-8, Y-17), 圆弧 R8 mm
G01Y0;	切削进给 Y0
G40G01X0;	取消刀具补偿(X0, Y0)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

表 2-2-24 参考程序(横槽粗加工)

程序	说明
O0001;	程序名(内轮廓粗加工)
G90 G94 G40 G21 G69 G17 G54;	程序初始化
T01 M06;	换 1 号刀
M03 S600;	主轴正转, 转速 600 r/min
G68 X0 Y0 R180;	以圆心坐标(X0, Y0)旋转 180°
G90 G00 X0 Y0;	快速定位到(X0, Y0)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
Z2;	快速定位到 Z2
G01 Z-5.02 F50;	直线插补到 Z-5.02, 进给量 50 mm/min
G41 D01 X8 Y0 F150;	建立左补偿(X8, Y0), 进给量 150 mm/min
Y17;	切削进给 Y17
G03 X-8 R8;	逆时针圆弧进给(X-8, Y17), 圆弧 R8 mm
G01Y-17;	切削进给 Y-17
G03X8R8;	逆时针圆弧进给(X-8, Y-17), 圆弧 R8 mm
G01Y0;	切削进给 Y0
G40G01X0;	取消刀具补偿(X0, Y0)
G0 Z100;	快速退刀
M09;	关闭切削液
M05;	主轴停止
M30;	程序结束

注意：精加工和粗加工程序一样，只需要改变切削参数即可。提高主轴转速 $S=900$ r/min，进给量降低 $F=80$ mm/min。

加工过程

按照下面操作步骤，在数控铣床上加工键槽槽板。

- 1) 安装刀具。
- 2) 在台虎钳上安装方料。
- 3) 对刀。
- 4) 调用程序 O0001。
- 5) 调用程序 O0002。
- 6) 切削加工工件。
- 7) 测量工件，去飞边。
- 8) 清理机床。

任务评价

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

表 2-2-25 数控铣床键槽加工操作评价表

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 2-2-14 所示零件的加工，编写加工程序。

任务拓展

根据所学知识，在完成一般练习任务的基础上，进行圆柱凸台及十字腰槽等的拓展练习，如图 2-2-15 所示。

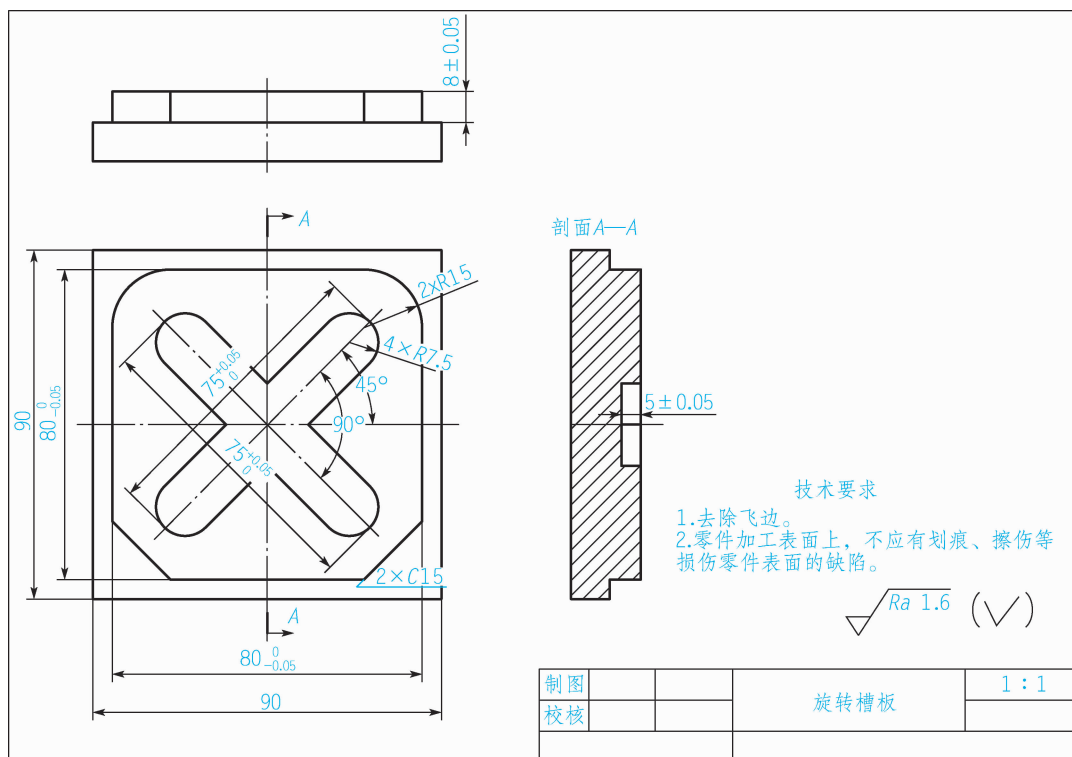


图 2-2-14 实训练习

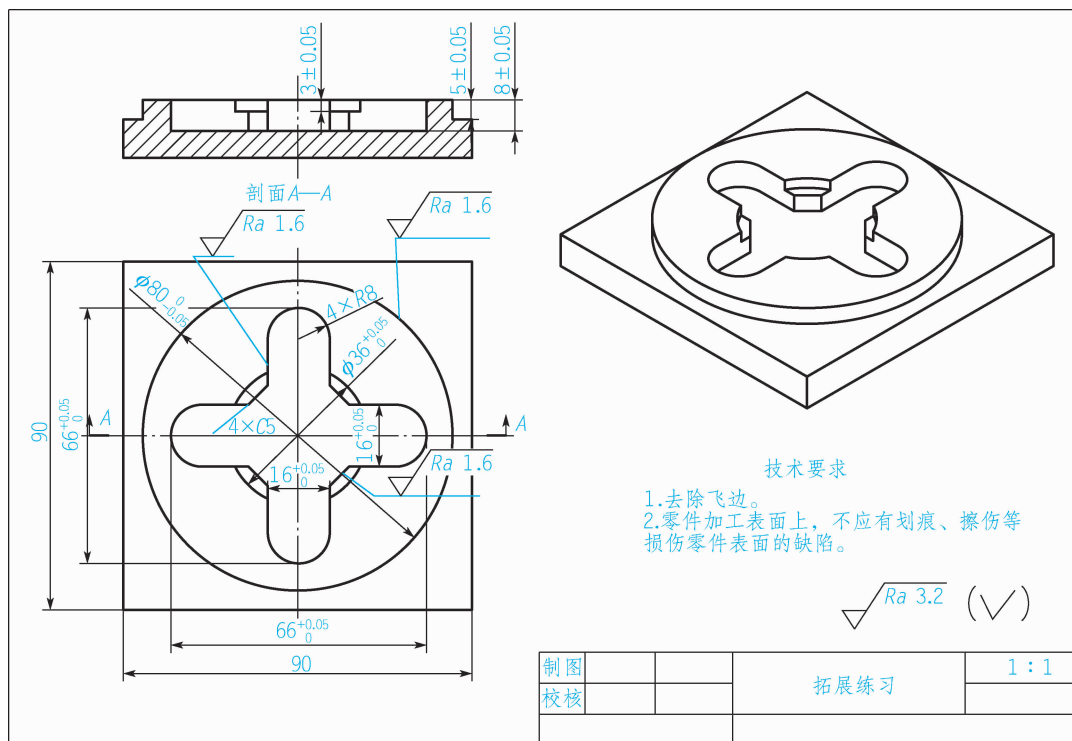


图 2-2-15 拓展练习