

2025 年

教学成果奖申报附件

附件名称：7.8.2 教材开发与出版

成果名称：台枢纽·产教双驱·三教协同——技能大师
工作室引领的技能人才培养模式构建与实践

成果完成单位：江门市技师学院、云浮技师学院

成果完成人：杨志义、尹平、梁建坤、马琰谋、吴恩来
冯海强、夏冬、刘剑、周文康、刘锐杰

日期：2025 年 9 月 20 日

目 录

7.8.2 教材开发与出版	3
教材开发一览表（出版 10 本，校本 2 本）	3
已出版教材代表性样章	4
MasterCAM X5 数控编程案例教程	4
MasterCAM 数控编程案例教程（2021 版）	38
MasterCAM X3 数控编程案例教程	87
AutoCAD2022 机械制图项目教程	130
AutoCAD2012 机械制图	147
模具 CAD/CAM—UG NX 应用	164
MasterCAM X5 边学边练基础教程	179
Pro/ENGINEER Wildfire5.0 边学边练基础教程	216
Creo10.0 项目教程	252
石材平面拼图产品制作	277

7.8.2 教材开发与出版

教材开发一览表（出版 10 本，校本 2 本）

序号	教材名称	出版时间	主编	出版社	说明
1	MasterCAM X5 数控编程案例教程	2015.03	杨志义	机械工业出版社出版	教育部“十二五”职业教育国家规划教材
2	MasterCAM 数控编程案例教程（2021 版）	2021.09	杨志义	机械工业出版社出版	候选教育部“十四五”职业教育国家规划教材 尚未评出
3	MasterCAM X3 数控编程案例教程	2009.10	杨志义	机械工业出版社出版	获第九届广东省职业技能培训和技工教育教学成果 二等奖
4	AutoCAD2022 机械制图项目教程	2024.02	杨志义	高等教育出版社出版	
5	AutoCAD2012 机械制图	2014.04	杨志义	清华大学出版社	
6	模具 CAD/CAM—UG NX 应用	2014.10	杨志义	机械工业出版社出版	
7	MasterCAM X5 边学边练基础教程	2013.06	杨志义	机械工业出版社出版	
8	Pro/ENGINEER Wildfire5.0 边学边练基础教程	2011.08	杨志义	机械工业出版社出版	
9	Creo10.0 项目教程	2025.07	杨志义	机械工业出版社出版	
10	石材平面拼图产品制作	2021.12	陈立冠	知识产权出版社出版	杨志义、夏冬等参编
11	石材工艺品加工	2021.05	杨志义	/	校本教材
12	石材产品手工制作	2020.03	刘铁雄	/	校本教材



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

Mastercam X5 数控编程案例教程

MASTERCAM X5 SHUKONG BIANCHENG ANLI JIAOCHENG

◎ 杨志义 主编



配教学资源

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》，同时参考数控操作工职业资格标准编写而成。

本书是在《Mastercam X3 数控编程案例教程》一书的基础上修订而成的，以 Mastercam X5 版本展开介绍。本书主要介绍 Mastercam X5 数控编程技术，考虑到职业教育的特点，以及数控技术的应用性，本书以实践应用为主，所介绍的实例都在数控铣床上经过验证加工，并可取得理想的加工效果。本书编写过程中力求体现“以实际工作过程中岗位所需的职业技能和职业素养为导向”的工学结合教学改革思路。本书编写模式新颖，以任务驱动式模式进行介绍，内容详尽，通过适时增加“技术指导”和“实战经验”等，对技术参数进行深入浅出的说明与推断，极大地降低了学习难度，丰富了实践经验，能明显提高读者解决实际问题的能力。

本书在内容处理上主要有以下特点：

1) 在内容的编排设计上，本书力图体现“以就业为导向，以学生为本位”的教学理念，把能力的培养放在首位，将 Mastercam X5 常用的数控编程技术与实际应用相结合，注重实践技能的培养，反映了数控自动编程应掌握的最新技术；采用任务驱动式编写模式，案例选材上充分考虑了机械行业职业考核标准的相关要求；注重学生技能的培养，通过“任务”精心整合应学内容，合理安排知识点、技能点，注重实践应用，突出学生实际操作能力和解决问题能力的培养，强化岗前培训。

2) 在教学实施中，建议贯彻理论实践一体化的教学思想，通过将完成“任务”贯穿于教学的始终，培养学生观察、协作、思考和解决问题的能力。建议将本课程安排在实习教学环节或数控铣、加工中心操作工的考前培训，有条件的学校尽量在专业教室或实验室、实训室开设，将会收到更好的教学效果。

本书配有配套资源光盘，其中包含书中实例的源文件、实例完成的视频文件，及相应的练习文件，可方便读者学习。

本书由广东省云浮市高级技工学校的杨志义主编，参加编写的还有广东技术师范学院的刘大维，深圳旺深华塑胶模具有限公司的李晓东。

编写过程中，编者参阅了国内外出版的有关教材和资料，得到了广东技术师范学院李玉忠教授的有益指导；本书经全国职业教育教材审定委员会审定，教育部专家在评审过程中对本书提出了宝贵的意见，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 概述 1

1.1 Mastercam 简介 1

1.2 Mastercam 编程特点 1

1.3 刀具路径说明及注意事项 2

1.3.1 二维加工 2

1.3.2 三维曲面粗加工 2

1.3.3 三维曲面精加工 3

1.4 编程策略 4

1.4.1 分析加工对象和划分加工
区域 4

1.4.2 规划加工路线 4

1.5 CAM 软件数控编程的一般步骤 5

1.5.1 获得 CAD 模型 5

1.5.2 分析 CAD 模型和确定加工
工艺 5

1.5.3 自动编程 6

1.5.4 程序检验 6

1.5.5 后处理 6

1.6 小结 6

第二章 数控编程基础及编程 注意事项 7

2.1 数控程序的结构 7

2.2 常用数控指令介绍 7

2.2.1 单位设定 (G20、G21、
G22) 7

2.2.2 坐标系指令 7

2.2.3 与运动相关的指令 9

2.2.4 辅助功能 M 指令 13

2.2.5 主轴功能 S 指令 13

2.2.6 进给功能 F 指令 13

2.2.7 刀具功能 T 指令 13

2.3 数控手工编程实例 14

2.4 常用刀具的选择与参数设置 15

2.4.1 数控加工常用刀具 15

2.4.2 刀具材料的选用 15

2.4.3 切削用量的选择 15

2.5 刀路的选择 16

2.6 数控编程中常见问题及解决
方法 18

2.7 小结 19

第三章 过渡板编程实例 20

3.1 任务目标 20

3.2 任务导入 20

3.3 任务分析 20

3.3.1 图形分析 20

3.3.2 工艺分析 20

3.3.3 刀路规划 20

3.4 准备工作 21

3.4.1 确定编程坐标系 21

3.4.2 选择机床 23

3.4.3 模拟设置 23

3.4.4 刀具设置 24

3.4.5 新建刀具路径群组 24

3.5 编制刀路 26

3.5.1 钻中心孔 26

3.5.2 钻通孔 28

3.5.3 标准挖槽粗加工
(两凸台) 29

3.5.4 标准挖槽精加工
(两凸台) 31

3.5.5 开放式挖槽粗加工 (三角形
凹槽) 34



3.5.6 开放式挖槽精加工（三角形 凹槽）	36
3.5.7 外形铣削粗加工（左侧）	37
3.5.8 外形铣削精加工（左侧）	40
3.5.9 标准挖槽粗加工（半圆 凹槽）	41
3.5.10 标准挖槽精加工（半圆 凹槽）	44
3.5.11 外形铣削精加工（外形）	46
3.5.12 平面铣削精加工	48
3.5.13 实体模拟加工	49
3.6 小结	50
3.7 提高练习	50

第四章 盒子下盖凸模编程实例

4.1 任务目标	51
4.2 任务导入	51
4.3 任务分析	51
4.3.1 图形分析	51
4.3.2 工艺分析	51
4.3.3 刀路规划	52
4.4 准备工作	52
4.4.1 选择机床	52
4.4.2 模拟设置	52
4.4.3 刀具设置	52
4.4.4 新建刀具路径群组	52
4.5 刀路编制	52
4.5.1 平面铣削精加工	52
4.5.2 曲面挖槽粗加工	54
4.5.3 外形铣削粗加工	59
4.5.4 外形铣削精加工（最大 轮廓线）	62
4.5.5 曲面挖槽精加工（中间凹槽 椭圆处）	65
4.5.6 曲面挖槽精加工（中间 凹槽）	68
4.5.7 曲面等高外形精加工（ $\phi 8\text{mm}$ 立铣刀）	71
4.5.8 外形铣削精加工	75
4.5.9 曲面等高外形精加工	76
4.5.10 平行铣削精加工（零件凸圆柱	

上的圆弧曲面）	77
---------------	----

4.5.11 平行铣削精加工（零件右下角 曲面）	81
4.5.12 实体模拟加工	83
4.6 小结	83
4.7 提高练习	83

第五章 三角凸台编程实例

5.1 任务目标	84
5.2 任务导入	84
5.3 任务分析	84
5.3.1 图形分析	84
5.3.2 工艺分析	84
5.3.3 刀路规划	84
5.4 准备工作	85
5.4.1 选择机床	85
5.4.2 模拟设置	85
5.4.3 刀具设置	85
5.4.4 新建刀具路径群组	85
5.5 刀路编制	85
5.5.1 曲面挖槽粗加工	85
5.5.2 曲面挖槽精加工	88
5.5.3 浅平面半精加工	90
5.5.4 等高外形精加工	92
5.5.5 平行铣削精加工（凸圆弧 曲面）	95
5.5.6 平行铣削精加工（右侧 曲面）	97
5.5.7 镜像平行铣削精加工刀具 路径	100
5.5.8 平行铣削精加工（后侧 曲面）	102
5.5.9 外形铣削精加工	104
5.5.10 实体模拟加工	106
5.6 小结	106
5.7 提高练习	106

第六章 烟灰缸编程实例

6.1 任务目标	107
6.2 任务导入	107
6.3 任务分析	107

6.3.1 图形分析	107	7.5 刀路编制	13
6.3.2 工艺分析	107	7.5.1 外形铣削粗加工 ($\phi 100\text{mm}$ 凸圆柱)	13
6.3.3 刀路规划	107	7.5.2 外形铣削粗加工 (底座)	13
6.4 准备工作	108	7.5.3 外形铣削精加工 ($\phi 100\text{mm}$ 凸圆柱)	13
6.4.1 选择机床	108	7.5.4 外形铣削精加工 (底座)	13
6.4.2 模拟设置	108	7.5.5 外形铣削粗加工 ($\phi 20\text{mm}$ 凹 圆柱)	13
6.4.3 刀具设置	108	7.5.6 外形铣削精加工 ($\phi 20\text{mm}$ 凹 圆柱)	14
6.4.4 新建刀具路径群组	108	7.5.7 平行铣削粗加工 (倾斜 曲面)	14
6.5 刀路编制	108	7.5.8 外形铣削粗加工 ($\phi 50\text{mm}$ 和 $\phi 82\text{mm}$ 内侧)	14
6.5.1 曲面挖槽粗加工	108	7.5.9 外形铣削粗加工 ($\phi 34\text{mm}$ 和 $\phi 66\text{mm}$ 外侧)	14
6.5.2 标准挖槽精加工	112	7.5.10 外形铣削精加工 ($\phi 54\text{mm}$ 和 $\phi 82\text{mm}$ 内侧)	14
6.5.3 等高外形精加工 ($\phi 10\text{mm}$ 立铣刀)	113	7.5.11 外形铣削精加工 ($\phi 34\text{mm}$ 和 $\phi 66\text{mm}$ 外侧)	14
6.5.4 等高外形精加工 ($\phi 8\text{mm}$ 球刀)	119	7.5.12 平行铣削精加工 (倾斜 曲面)	14
6.5.5 等高外形精加工 (凹槽 $R2.5\text{mm}$ 圆角曲面)	121	7.5.13 实体模拟加工	14
6.5.6 平行铣削精加工 (上、下方 $R9\text{mm}$ 圆弧)	123	7.6 小结	14
6.5.7 平行铣削精加工 (左、右 $R9\text{mm}$ 圆弧)	125	7.7 提高练习	14
6.5.8 等高外形精加工 (凹槽 $R3.6\text{mm}$ 圆弧曲面)	126		
6.5.9 外形铣削精加工	129	第八章 装饰品编程实例	15
6.5.10 实体模拟加工	130	8.1 任务目标	15
6.6 小结	131	8.2 任务导入	15
6.7 提高练习	131	8.3 任务分析	15
第七章 简管零件编程实例	133	8.3.1 图形分析	15
7.1 任务目标	133	8.3.2 工艺分析	15
7.2 任务导入	133	8.3.3 刀路规划	15
7.3 任务分析	133	8.4 准备工作	15
7.3.1 图形分析	133	8.4.1 选择机床	15
7.3.2 工艺分析	133		
7.3.3 刀路规划	133		
7.4 准备工作	134		
7.4.1 选择机床	134		
7.4.2 模拟设置	134		
7.4.3 刀具设置	134		
7.4.4 新建刀具路径群组	134		



8.4.2	模拟设置	151
8.4.3	刀具设置	151
8.4.4	新建刀具路径群组	151
8.5	刀路编制	151
8.5.1	曲面挖槽粗加工	151
8.5.2	曲面挖槽精加工(六棱柱上表面)	154
8.5.3	曲面挖槽精加工(椭圆体表面)	156
8.5.4	外形铣削精加工(椭圆体侧边)	158
8.5.5	放射状精加工(半凸球曲面与R2mm圆角曲面)	160
8.5.6	等高外形精加工	162
8.5.7	平行铣削精加工	163
8.5.8	旋转复制刀具路径	169
8.5.9	放射状精加工	171
8.5.10	镜像放射状精加工刀具路径	172
8.5.11	外形铣削精加工($\phi 27.7\text{mm}$ 圆)	173
8.5.12	标准挖槽精加工	175
8.5.13	投影精加工	175
8.5.14	实体模拟加工	177
8.6	小结	178
8.7	提高练习	178

第九章 双心模型编程实例

9.1	任务目标	179
9.2	任务导入	179
9.3	任务分析	179
9.3.1	图形分析	179
9.3.2	工艺分析	179
9.3.3	刀路规划	179
9.4	准备工作	180
9.4.1	选择机床	180
9.4.2	模拟设置	180
9.4.3	刀具设置	180

9.4.4	新建刀具路径群组	180
9.5	刀路编制	180
9.5.1	曲面挖槽粗加工	180
9.5.2	标准挖槽半精加工	184
9.5.3	外形铣削半精加工	184
9.5.4	平行铣削半精加工(整体曲面)	187
9.5.5	外形铣削精加工	189
9.5.6	平行铣削精加工(整体曲面)	191
9.5.7	实体模拟加工	193
9.6	小结	193
9.7	提高练习	193

第十章 座机盖编程实例

10.1	任务目标	194
10.2	任务导入	194
10.3	任务分析	194
10.3.1	图形分析	194
10.3.2	工艺分析	194
10.3.3	刀路规划	195
10.4	准备工作	195
10.4.1	选择机床	195
10.4.2	模拟设置	195
10.4.3	刀具设置	195
10.4.4	新建刀具路径群组	195
10.5	刀路编制	195
10.5.1	外形铣削粗加工	195
10.5.2	外形铣削精加工	198
10.5.3	平行铣削粗加工	199
10.5.4	曲面挖槽粗加工(大凹槽)	201
10.5.5	曲面挖槽粗加工(跑道形槽)	205
10.5.6	环绕等距精加工(上表面)	207
10.5.7	环绕等距精加工(小凹槽)	210

10.5.8 等高外形精加工	212
10.5.9 半圆倒角精加工	215
10.5.10 圆角倒角精加工	217
10.5.11 实体模拟加工	221
10.6 小结	221
10.7 提高练习	221

第十一章 零件加工案例

11.1 任务目标	222
11.2 任务导入	222
11.3 任务分析	222
11.3.1 图形分析	222
11.3.2 工艺分析	222
11.3.3 刀路规划	223
11.4 准备工作	223
11.4.1 选择机床	223
11.4.2 模拟设置	223
11.4.3 刀具设置	224
11.4.4 新建刀具路径群组	224
11.5 刀路编制	224
11.5.1 面铣削精加工(底面)	226
11.5.2 外形轮廓粗加工(底面轮廓)	228
11.5.3 标准轮廓粗加工(底面最大凹槽)	230
11.5.4 标准轮廓粗加工(底面轮廓)	232
11.5.5 标准轮廓精加工(底面最大凹槽)	235
11.5.6 标准轮廓精加工(立铣刀加工底面轮廓凹槽)	237
11.5.7 外形轮廓粗加工(底面轮廓)	238
11.5.8 钻孔	239
11.5.9 二维高速精加工(顶面圆凸台)	241
11.5.10 二维高速精加工(顶面圆凸台)	245
11.5.11 面铣削精加工(中间圆	

面圆)

11.5.12 二维高速精加工(顶面圆凸台)	250
11.5.13 二维高速精加工(顶面圆凸台)	251
11.5.14 面铣削粗加工(中间圆轮廓)	255
11.5.15 二维轮廓粗加工	259
11.5.16 环状轮廓精加工	261
11.5.17 实体模拟加工	265
11.6 小结	265
11.7 提高练习	265

第十二章 零件加工案例

12.1 任务目标	269
12.2 任务导入	269
12.3 任务分析	269
12.3.1 图形分析	269
12.3.2 工艺分析	269
12.3.3 刀路规划	269
12.4 准备工作	269
12.4.1 选择机床	269
12.4.2 模拟设置	269
12.4.3 刀具设置	269
12.4.4 新建刀具路径群组	269
12.5 刀路编制	269
12.5.1 平面加工(凸模上表面)	269
12.5.2 外形轮廓粗加工(凸模最大轮廓)	269
12.5.3 外形轮廓精加工(凸模最大轮廓)	269
12.5.4 外形轮廓粗加工(凸模长方形轮廓)	270
12.5.5 外形轮廓精加工(凸模长方形轮廓)	271
12.5.6 钻深孔(凸模深孔)	272
12.5.7 平面加工(凹模上表面)	274
12.5.8 外形轮廓粗加工(凹模最大	



轮廓)	274
12.5.9 外形铣削精加工(凹模最大轮廓)	274
12.5.10 标准挖槽粗加工(凹模最大轮廓)	274
12.5.11 标准挖槽精加工(凹模最大轮廓)	277
12.5.12 钻通孔(凹模通孔)	279
12.5.13 实体模拟加工	279
12.6 小结	280

12.7 提高练习	280
-----------------	-----

第十三章 刀具路径后处理方法

13.1 后处理	281
13.2 后处理操作实例	281
13.3 小结	283
13.4 提高练习	284

参考文献	285
------------	-----

第六章 烟灰缸编程实例

6.1 任务目标

- 提高区域划分与刀具路径的控制能力，特别是干涉曲面的应用。
- 掌握如何根据零件形状特点创建辅助曲线与曲面，从而生成更加流畅、优美的刀路。

6.2 任务导入

打开随书光盘“源文件/cha06/烟灰缸.mcx-5”，图形如图 6-1 所示，打开第 1 图层。



图 6-1 烟灰缸

6.3 任务分析

6.3.1 图形分析

通过 Mastercam X5 系统所提供的分析功能得知，该零件外形尺寸为 $80\text{mm} \times 80\text{mm} \times 22\text{mm}$ ，零件曲面区域变化较大，曲面多，其中外形曲面拔模斜度为 12° ，四大凹圆弧半径为 $R9\text{mm}$ ，中间深 18mm 的平底凹槽部分尺寸为 $56\text{mm} \times 56\text{mm}$ ，最小凹圆角为 $R3.6\text{mm}$ ，图形最大特点就是有四处具有对称性。

6.3.2 工艺分析

该零件曲面造型变化大且不连续，对刀路的连续生成造成了一定的困难。如果根据零件图形具有对称性的特点，将其划分为四个区域进行镜像加工，生成的刀路将不连续，刀路也变得复杂，实践证明这种方法生成的 NC 程序很大，加工时间长，表面质量差。因此，这里将根据图形特点创建一些辅助曲线与曲面，从而更好地控制刀路的生成，以达到良好的加工效果。

6.3.3 刀路规划

步骤 1： $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀对零件整体采用曲面挖槽粗加工，加工余量为 0.25mm 。

步骤 2： $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀对零件中间平底凹槽采用标准挖槽精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 3: $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀对零件拔模曲面采用等高外形精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 4: $\phi 8\text{mm}$ 球头立铣刀对零件拔模曲面采用等高外形精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 5: $\phi 8\text{mm}$ 球头立铣刀对零件凹槽 $R2.5\text{mm}$ 圆角曲面采用等高外形精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 6: $\phi 8\text{mm}$ 球头立铣刀对零件上、下方 $R9\text{mm}$ 圆角曲面采用平行铣削精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 7: $\phi 8\text{mm}$ 球头立铣刀对零件左、右方 $R9\text{mm}$ 圆角曲面采用平行铣削精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 8: $\phi 6\text{mm}$ 球头立铣刀对零件凹槽 $R3.6\text{mm}$ 圆角曲面采用等高外形精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 9: $\phi 6\text{mm}$ 球头立铣刀对零件凹槽平底面采用外形铣削清角加工, 加工余量为 0.0mm 。

6.4 准备工作

6.4.1 选择机床

选择【机床类型】/【铣床】/【默认】命令。

6.4.2 模拟设置

调出【机器群组属性】对话框, 设置【素材原点视角坐标】 $X0\text{mm}$ 、 $Y0\text{mm}$ 、 $Z0\text{mm}$, 材料大小为 $X100\text{mm}$ 、 $Y100\text{mm}$ 、 $Z30\text{mm}$ 。

6.4.3 刀具设置

通过选择【刀具路径】/【刀具管理器】命令, 调出【刀具管理】对话框, 建立直径为 10mm 的立铣刀、直径为 8mm 的球头铣刀和直径为 6mm 的球头铣刀。

6.4.4 新建刀具路径群组

参照第三章介绍的方法, 分别建立名称为 $10R0$ 、 $8R4$ 和 $6R3$ 的刀具路径群组, 将►移到群组名为 $10R0$ 的目录下。

6.5 刀路编制

6.5.1 曲面挖槽粗加工

调出【层别管理】对话框, 打开第 3 图层 (REC 层), 调出曲面挖槽粗加工边界。

1) 选择【刀具路径】/【曲面粗加工】/【粗加工挖槽加工】命令, 系统弹出【输入新 NC 名称】对话框, 输入“烟灰缸”, 单击确定按钮 。

窗选所有曲面, 单击应用按钮 , 系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框, 如图 6-2 所示。

在【边界范围】选项卡处单击【选择】按钮 , 系统弹出【串连选项】对话框, 在绘图区选取图层第 3 层的“REC”矩形, 如图 6-3 所示。单击【串连选项】对话框中的确定按钮 , 系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框, 单击该对话框的确定按钮 。



图 6-2 【刀具路径的曲面选取】对话框

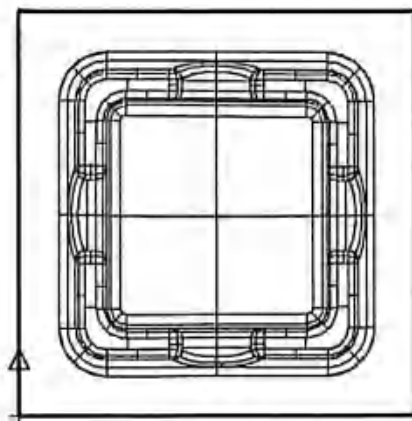


图 6-3 选择加工边界

2) 系统弹出【曲面粗加工挖槽】对话框，选择直径为 10mm 的立铣刀，设置【进给率】为 1000mm/min，【主轴转速】为 2000r/min，【进刀速率】为 100mm/min，【提刀速率】为 2500mm/min，勾选【快速提刀】复选项，其他选项都不勾选，如图 6-4 所示。

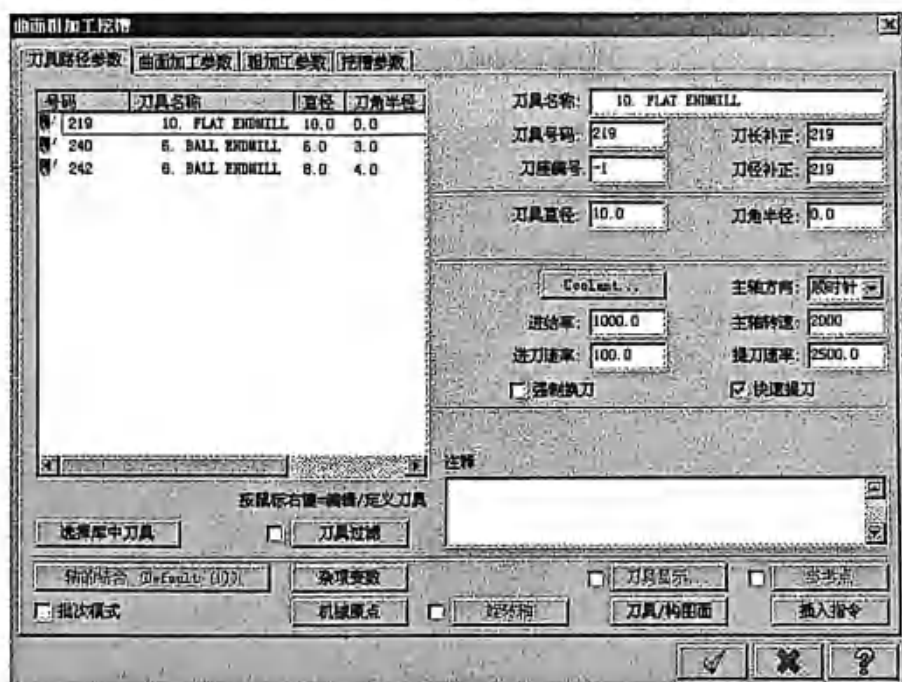


图 6-4 刀具选择与参数设置

3) 打开【曲面加工参数】选项卡，勾选【参考高度】复选项并设置为 10.0mm，【进给下刀位置】为 5.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项卡，设置【加工面预留量】为 0.25mm，如图 6-5 所示。

4) 打开【粗加工参数】选项卡，设置【整体误差】为 0.05mm，设置【Z 轴最大进给量】为 0.5mm，勾选【螺旋式下刀】和【由切削范围外下刀】复选项，如图 6-6 所示。

单击【螺旋式下刀】按钮，系统弹出【螺旋/斜插式下刀参数】对话框。设置【Z 方向开始螺旋】为 0.3mm，【XY 方向预留间隙】为 1.5mm。勾选【沿着边界渐降下刀】选项，

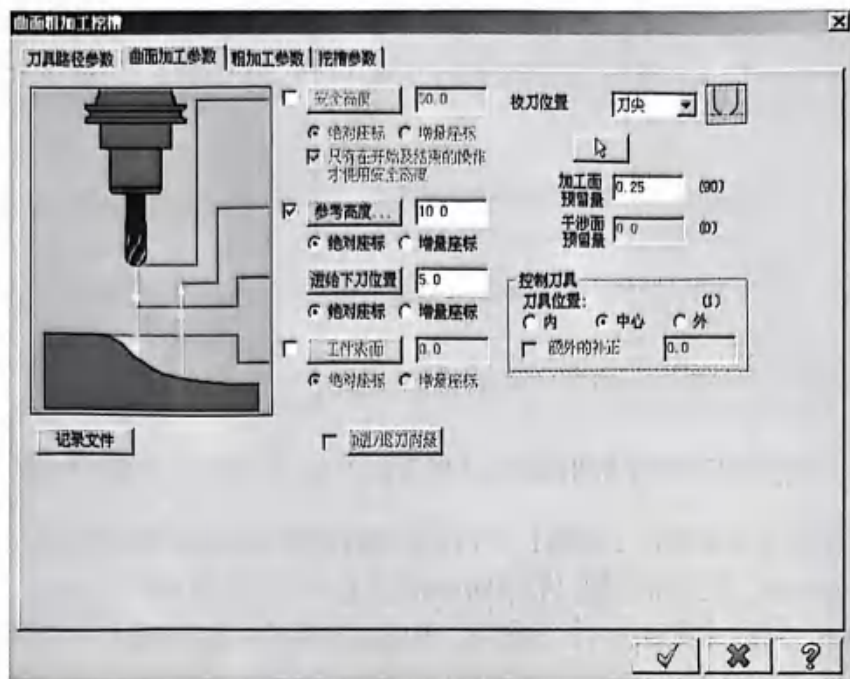


图 6-5 曲面加工参数设置

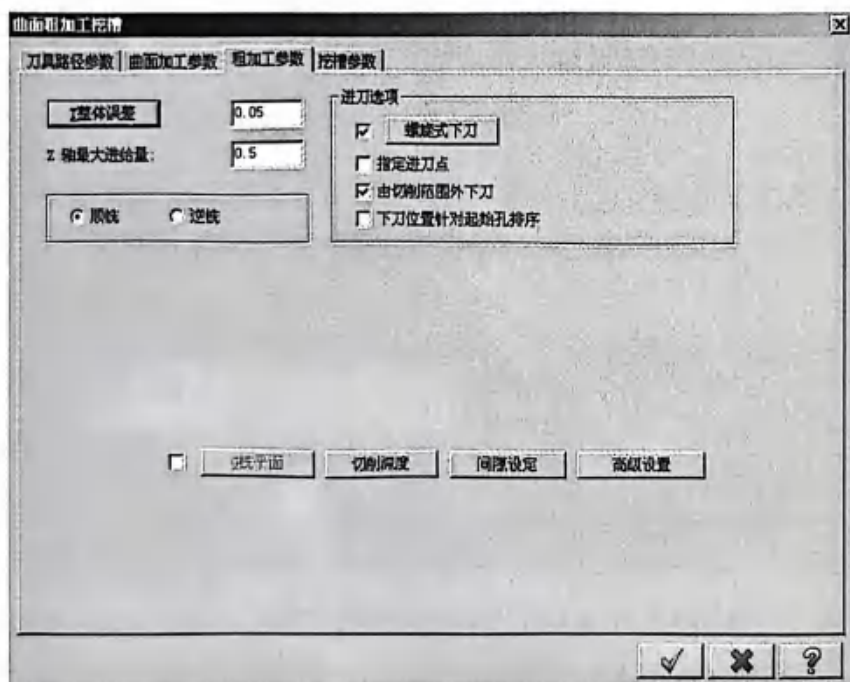
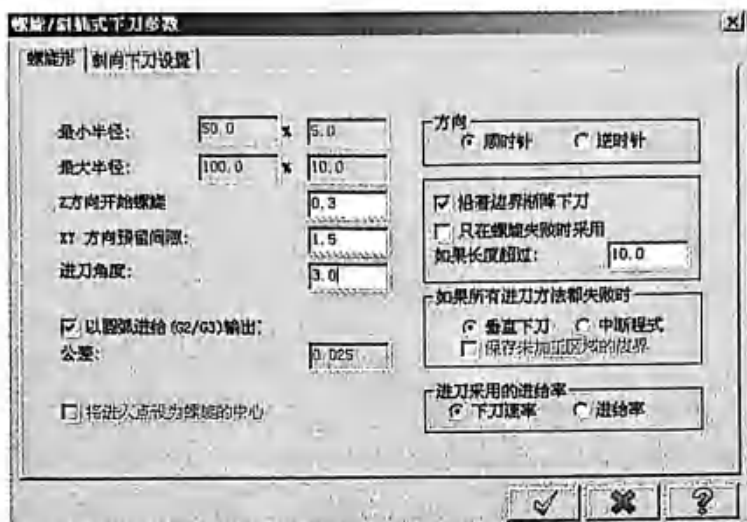


图 6-6 粗加工参数设置

设置【如果长度超过】为 10.0mm。在【如果所有进刀方法都失败时】选项卡中勾选【垂直下刀】选项，【进刀采用的进给率】为【下刀速率】，如图 6-7 所示，单击确定按钮[✓]。

单击【切削深度】按钮，系统弹出【切削深度的设定】对话框，勾选【绝对坐标】复选项，设置【最高的位置】为 -0.1mm，【最低的位置】为 -22.0mm，如图 6-8 所示，单击确定按钮[✓]。



实战经验：挖槽粗加工时，如果需控制刀具不在工件 Z0 的上表面加工，可以将这里的【最高的位置】设为比 Z0 点稍低一点的深度，如这里设为 -0.1mm。这样可以减少空走刀。但前提是必须保证刀具第一刀的切削量不能太大，否则容易发生弹刀现象，如加工时毛坯上表面已经过加工，可采用这种设置方法。

[illegible]

5) 打开【挖槽参数】选项卡, 选择切削方式为【等距环切】, 设置【切削间距(直径%)】为75%。勾选【精加工】选项卡, 设置【次数】为1, 【间距】为0.25mm, 其余参数默认, 如图6-10所示。

16

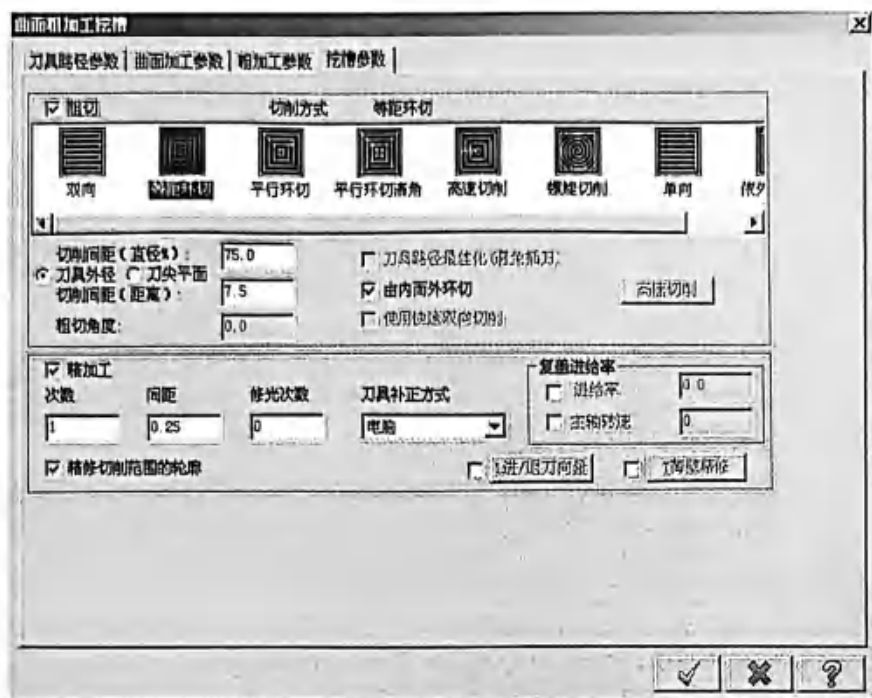


图 6-10 挖槽参数设置

单击【曲面粗加工挖槽】对话框中的确定按钮 , 生成刀具路径, 如图 6-11 所示。

6.5.2 标准挖槽精加工

设定辅助曲线。调出【层别管理】对话框, 新建第 7 图层 (名称: rec_cut2)。

选择【绘图】/【曲面曲线】/【所有曲线边界】命令, 如图 6-12 所示。

选择零件中间凹槽平底面, 单击应用按钮 , 再单击确定按钮 , 生成的曲线如图 6-13 所示。

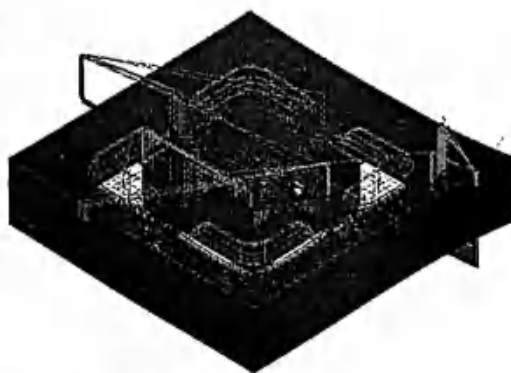


图 6-11 曲面挖槽粗加工刀路

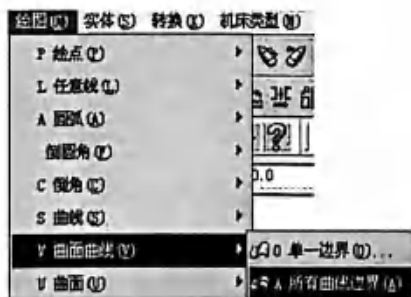


图 6-12 选择【所有曲线边界】命令

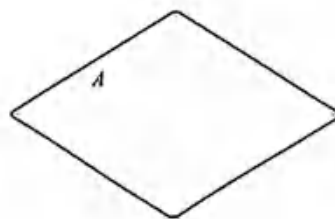


图 6-13 生成曲线

选择【编辑】/【修剪/打断】/【两点打断】命令, 如图 6-14 所示。

选择如图 6-13 所示 A 点处一直线。在【自动抓取】工具栏中选择【中点】 , 再次选



择该直线，系统将在其中点处将该直线打断成两段，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

技术指导：将其中一直线在中点处打断是为了后续进行轮廓清角加工时便于确定进刀点的位置。

1) 在菜单栏选择【刀具路径】/【标准挖槽】命令，在绘图区选取刚生成的矩形（图 6-13）作为加工范围边界线，并执行确定操作。

2) 系统弹出【挖槽（标准）】对话框，选择直径为 10mm 的立铣刀，设置【进给率】为 400mm/min，【主轴转速】为 2500r/min，【进刀速率】为 100mm/min，勾选【快速提刀】复选项，其他选项都不勾选。

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡，勾选【参考高度】复选框并设置为 10.0mm，【进给下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -18.0mm。只勾选所有【绝对坐标】复选项，设置【XY 方向预留量】和【Z 方向预留】为 0.0mm，如图 6-15 所示。

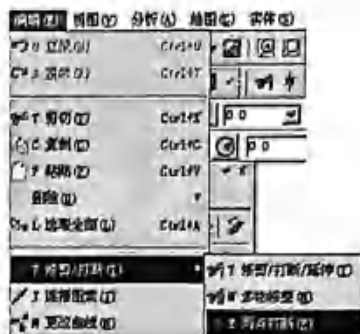


图 6-14 选择【两点打断】命令

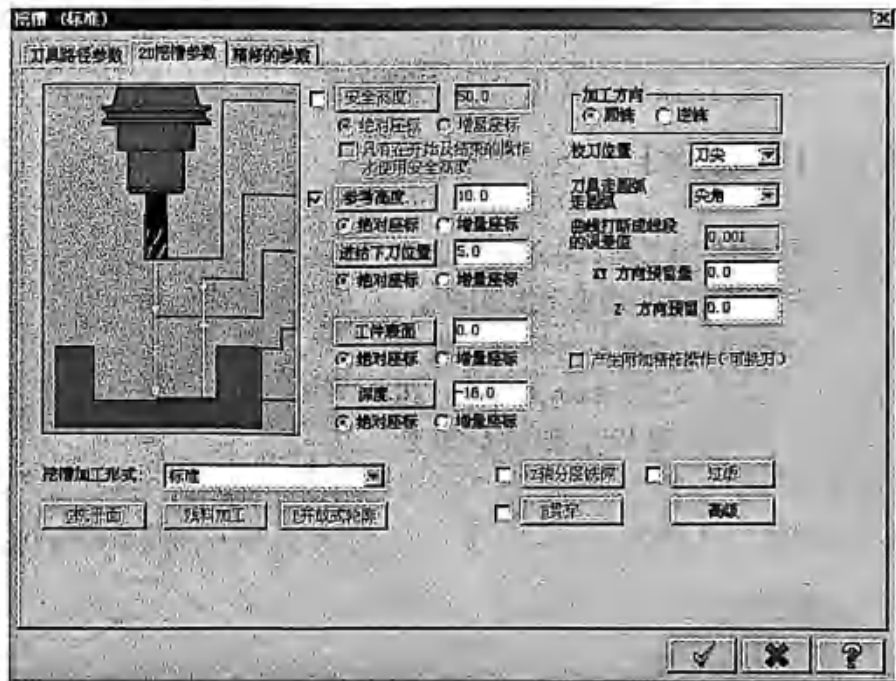


图 6-15 2D 挖槽参数设置

4) 打开【精修的参数】选项卡，选择切削方式为【等距环切】。设置【切削间距（直径%）】为 50，勾选【由内而外环切】复选项，如图 6-16 所示。

实战经验：由于是精加工，不宜将【切削间距（直径%）】设得太大，一般取刀具直径的 50%，粗加工时该值不超过刀具直径的 80%。

单击【挖槽（标准）】对话框中的确定按钮 $\checkmark$ ，生成刀具路径，如图 6-17 所示。

5.5.3 等高外形精加工（ $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀）

设置辅助曲面。通过【层别管理】对话框，新建第 8 图层（名称为 solid_cut），并将该图层设为主图层。只打开第 1 图层和第 8 图层，关闭其他图层。

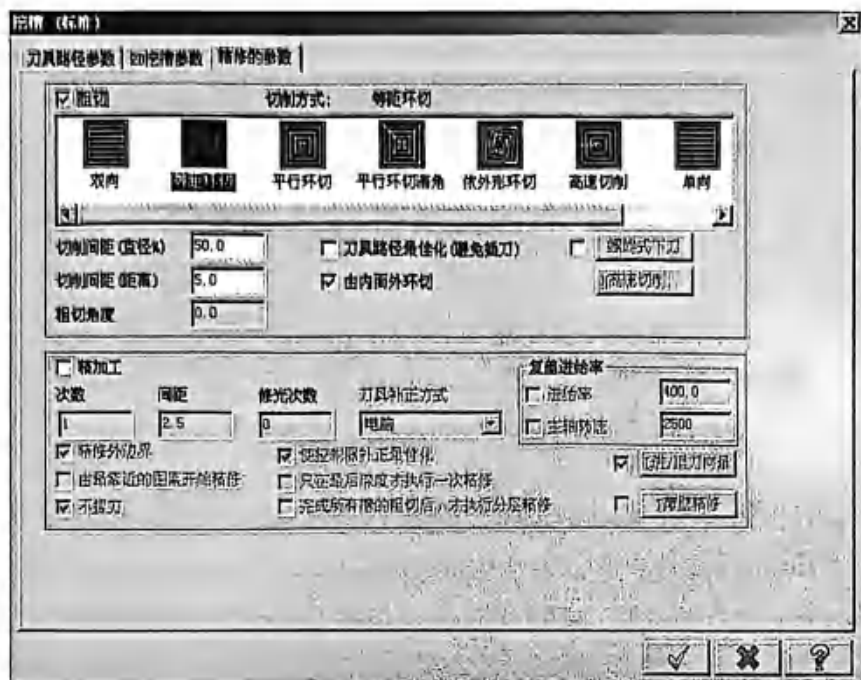


图 6-16 精修的参数设置

选择【实体】/【挤出实体】命令，如图 6-18 所示。

系统弹出【串连选项】对话框，在绘图区选取最大的矩形，如图 6-19 所示，单击确定按钮 。

系统弹出【实体挤出的设置】对话框，设置【按指定的距离延伸距离】为 22.0mm，勾选【拔模】复选项，输入【角度】为 12° ，如图 6-20 所示，单击确定按钮 。

生成实体特征如图 6-21 所示。

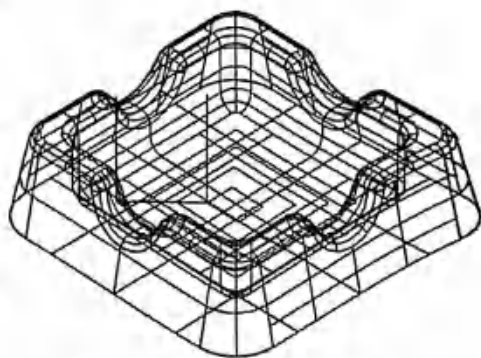


图 6-17 标准挖槽精加工刀路

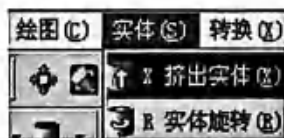


图 6-18 选择【挤出实体】命令

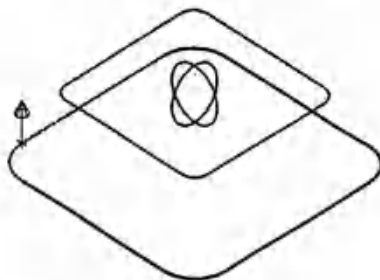


图 6-19 选择挤出边界

技术指导：采用挤出方式生成实体时，选择串连曲线后要注意箭头的方向。当发现方向不对时，可通过鼠标单击箭头使其指向正确方向，也可以直接通过勾选【更改方向】选项达到相同的效果。

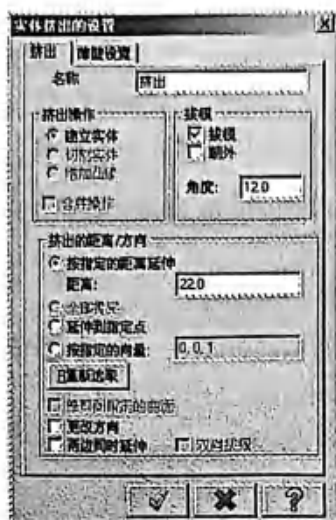


图 6-20 生成实体参数设置



图 6-21 生成实体

选择【实体】/【倒圆角】/【实体倒圆角】命令，如图 6-22 所示。

选择如图 6-23 所示 A 点所指实体边，单击应用按钮, 系统弹出【实体倒圆角参数】对话框，设置【半径】为 2.5mm，勾选【沿切线边界延伸】复选项，如图 6-24 所示，单击确定按钮.



图 6-22 选择【实体倒圆角】命令

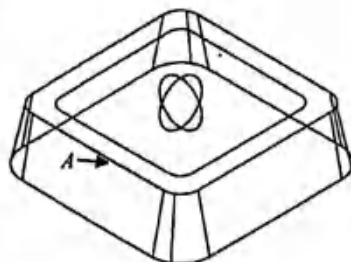


图 6-23 倒圆角边选择

实体倒圆角结果如图 6-25 所示。



图 6-24 实体倒圆角参数设置



图 6-25 实体倒圆角结果

选择【实体】/【挤出】命令，系统弹出【串连选项】对话框。选中【俯视图】单选按钮, 在绘图区选取第 1 图层中的最小矩形，如图 6-26 所示，单击确定按钮.

系统弹出【实体挤出的设置】对话框，勾选【切割实体】复选项，不勾选【拔模】复

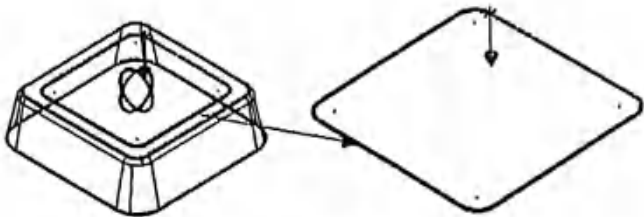


图 6-26 选择挤出边界

选项，设置【按指定的距离延伸距离】为 18.0mm，如图 6-27 所示，单击确定按钮 。

实体切割结果如图 6-28 所示。

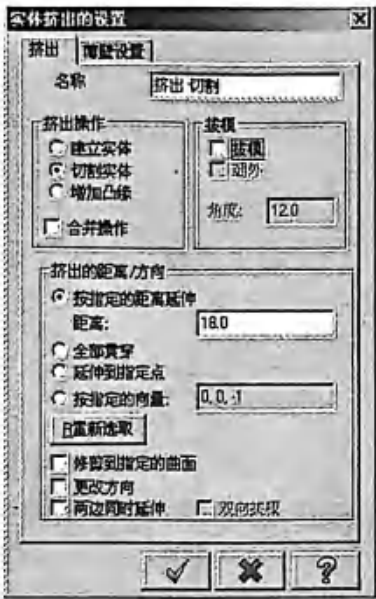


图 6-27 实体切割设置



图 6-28 实体切割结果

选择【实体】/【倒圆角】/【实体倒圆角】命令，选择一实体边，如图 6-29 所示 B 点所指实体边，单击应用按钮 ，系统弹出【实体倒圆角参数】对话框，设置【半径】为 2.5mm，勾选【沿切线边界延伸】复选项，如图 6-30 所示，单击确定按钮 .

倒圆角结果如图 6-31 所示。

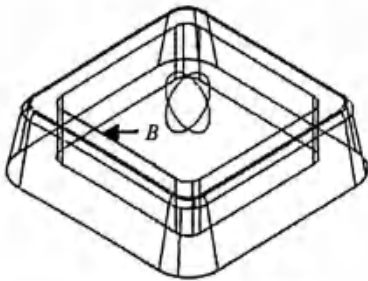


图 6-29 倒圆角边选择



图 6-30 实体倒圆角设置



图 6-31 倒圆角结果

技术指导：这里所有的生成实体参数与倒圆角参数都必须通过 Mastercam 自带的分析功



能先进行分析, 然后才能确定具体的数值。在设置参数的时候一定要注意不能出错, 必须保证创建的图形与原来的尺寸一致。

调出【层别管理】对话框, 新建第9图层(名称为 face_cut)。

选择【绘图】/【曲面】/【由实体产生曲面】命令, 如图6-32所示。



图 6-32 选择【由实体产生曲面】命令

在【普通选项】工具栏处单击选择主体按钮, 选取刚构建的实体特征, 单击确定按钮, 结果如图6-33所示。

调出【层别管理】对话框, 新建第10层(名称为 face hold), 并将第10层作为当前图层。隐藏第8层(solid_cut层), 只显示第9层和第10层。

选择【绘图】/【矩形】命令, 如图6-34所示。

在【普通选项】工具栏处单击生成曲面按钮, 分别在图形的左上角和右下角处单击如图6-35所示的A、B两点, 单击确定按钮, 结果如图6-36所示。



图 6-33 生成曲面



图 6-34 选择【矩形】命令

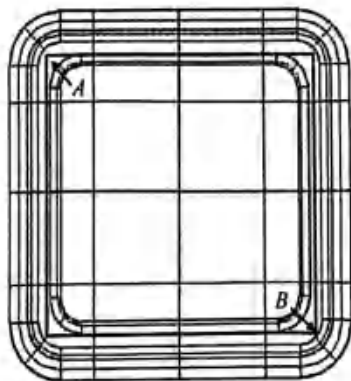


图 6-35 选择曲面边界



图 6-36 生成曲面

多学一招: 在生成平整的曲面时, 除了直接采用【矩形】命令中的【生成曲面】选项

外,还可以采用【绘图】/【曲面】/【平面修剪】命令进行创建,读者可自行创建。

1) 选择【刀具路径】/【曲面精加工】/【精加工等高外形】命令,窗选所有曲面(注意要将刚才利用矩形生成的曲面选上),单击应用按钮,系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框,单击确定按钮。

多学一招:对于与本零件类似,含有凹槽的图形,在生成刀路时,如需控制刀具不加工到凹槽部分,可在该凹槽的上表面作一个曲面,以达到封孔的效果,这样 Mastercam 在生成刀路时将不对被封的区域进行加工。这一技巧在控制刀路不进行某一区域的加工时经常使用,希望读者能认真领会。

2) 系统弹出【曲面精加工等高外形】对话框,选择直径为 10mm 的立铣刀,设置【进给率】为 800mm/min,【主轴转速】为 2500r/min,【进刀速率】为 400mm/min,【提刀速率】为 2500mm/min,勾选【快速提刀】复选项。

3) 打开【曲面加工参数】选项卡,勾选【参考高度】并设置为 10.0mm,【进给下刀位置】为 5.0mm。勾选所有【绝对坐标】选项卡,设置【加工面预留量】和【干涉面预留量】都为 0.0mm,如图 6-37 所示。

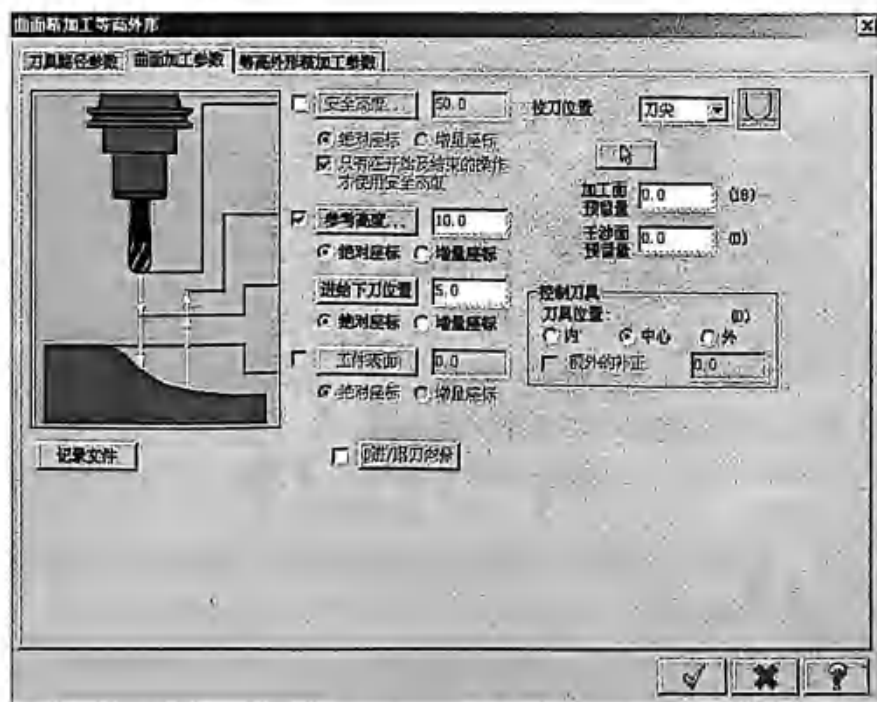


图 6-37 曲面加工参数设置

4) 打开【等高外形精加工参数】选项卡,设置【整体误差】为 0.01mm,【Z 轴最大进给量】为 0.1mm。勾选【进/退刀 切弧/切线】复选项,设置【圆弧半径】为 5.0mm,【扫描角度】为 90°,勾选【切削顺序最佳化】复选项,其他参数默认,如图 6-38 所示。

单击【切削深度】按钮,系统弹出【切削深度的设定】对话框。勾选【绝对坐标】复选项,设置【最高的位置】为 -17.8mm,【最低的位置】为 -22.0mm,单击确定按钮。

技术指导:最小加工深度 -17.8mm 的算法和前面第四章的等高外形精加工算法相同,读者可参考第四章相应部分。

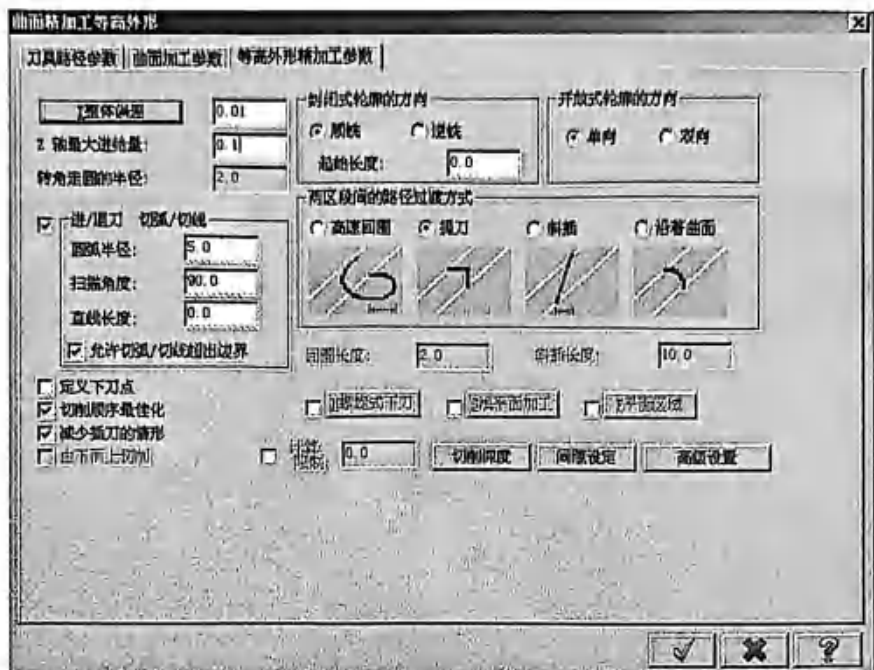


图 6-38 等高外形精加工参数设置

单击【高级设置】按钮，系统弹出【高级设置】对话框，在【刀具在曲面（实体面）的边缘走圆角】选项中勾选【在所有的边缘】选项，如图 6-39 所示，单击确定按钮 。

单击【曲面精加工等高外形】对话框中的确定按钮 , 生成刀具路径，如图 6-40 所示。

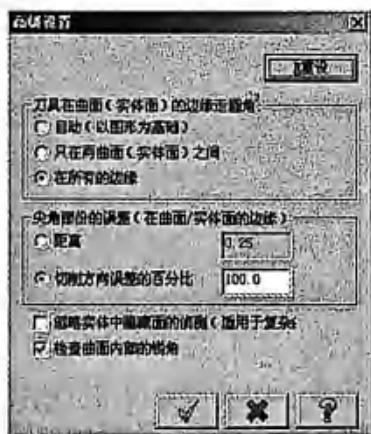


图 6-39 高级设置

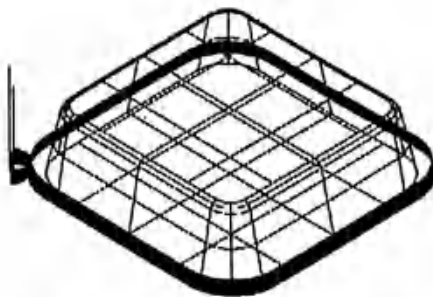


图 6-40 等高外形精加工刀路

单击插入箭头按钮 下移至加工群组名为 8R4 的目录下。

6.5.4 等高外形精加工 ($\phi 8\text{mm}$ 球刀)

1) 复制“第 3 步：曲面精加工等高外形”刀路，并在刚生成的“第 4 步：曲面精加工等高外形刀路”的目录下单击【参数】选项。

2) 系统弹出【曲面精加工等高外形】对话框，选择直径为 8mm 的球头立铣刀。设置【进给率】为 800mm/min，【主轴转速】为 3000r/min，【进刀速率】为 200mm/min，【提刀

速率】为 2500mm/min，勾选【快速提刀】复选项，其他选项都不勾选。

3) 打开【等高外形精加工参数】选项卡，设置【整体误差】为 0.01mm，【Z 轴最大进给量】为 0.15mm。勾选【切削顺序最佳化】和【浅平面加工】复选项，其他参数默认，如图 6-41 所示。

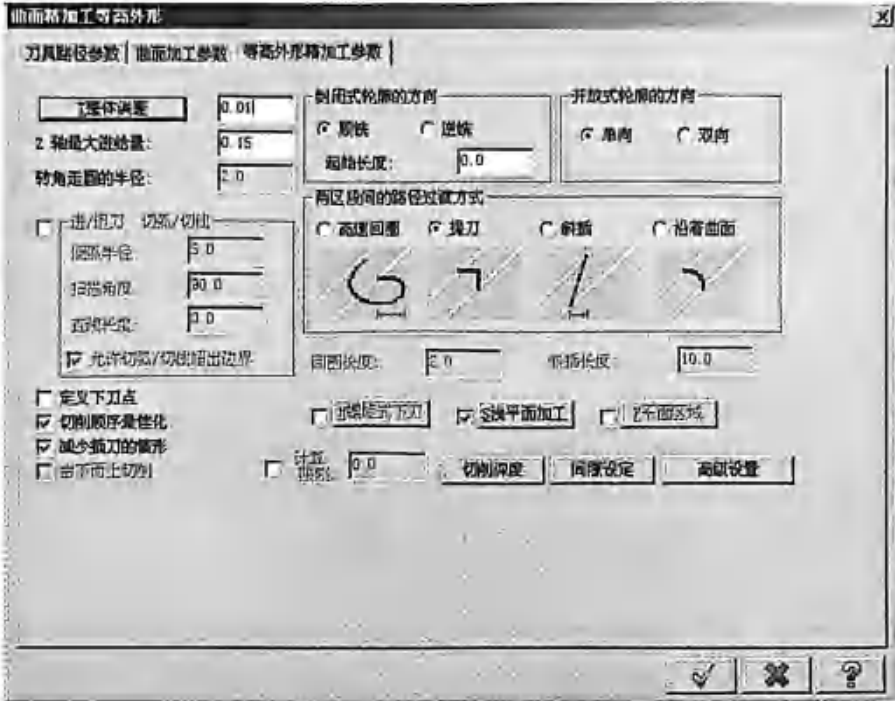


图 6-41 等高外形精加工参数设置

单击【浅平面加工】按钮，系统弹出【浅平面加工设置】对话框，勾选【增加浅平区域的刀具路径】选项，设置【分层铣深的最小切削深度】为 0.05mm，【加工角度的极限】为 60°，其他参数默认，如图 6-42 所示。



图 6-42 浅平面加工设置

技术指导：等高外形精加工的最大切削深度是 Z 方向的间距，在加工平缓曲面，Z 方向间距不变的情况下，刀路的水平步距会随着平缓度的增加而变大。如果被加工的曲面比较平缓，刀路就会变得疏一些。为避免这种现象的发生，可选用等高外形精加工刀路所提供的浅平面加工刀路，将【分层铣深的最小切削深度】设置得更小，对该平缓区域增加刀路，能有效地保证较平缓曲面部位的加工效果。这里 R2.5mm 曲面圆弧过渡属于较平缓的区域。

单击【切削深度】按钮，系统弹出【切削深度的设定】对话框，勾选【绝对坐标】选项，设置【最高的位置】为 0.0mm，【最低的位置】为 -22.0mm，如图 6-43 所示，单击确定按钮 ☒。

单击【高级设置】按钮，系统弹出【高级设置】对话框，在【刀具在曲面（实体面）的边缘走圆角】选项中勾选【在所有的边缘】选项，如图 6-44 所示，单击确定按钮 ☒。

单击【曲面精加工等高外形】对话框中的确定按钮 ☒，单击【重新计算刀路】按钮

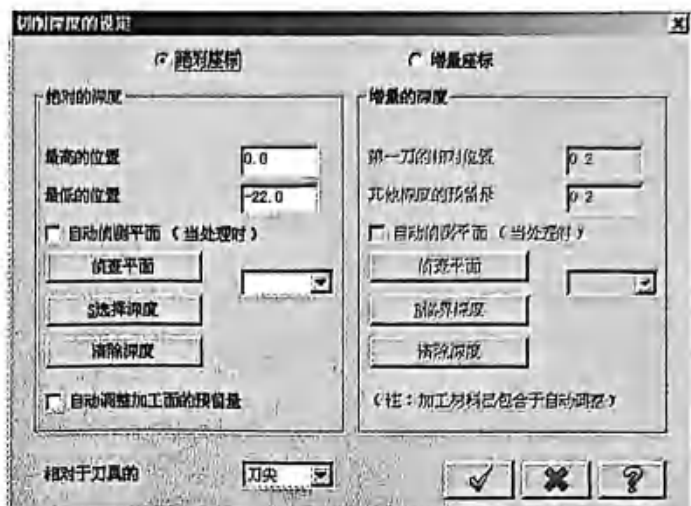


图 6-43 切削深度设置

✕], 系统重新生成刀具路径, 如图 6-45 所示。
调出【层别管理】对话框, 关闭第 10 图层。

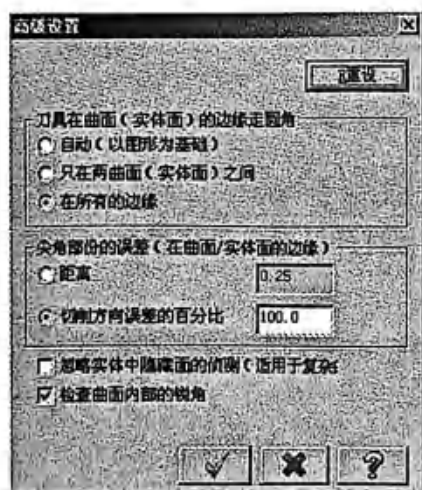


图 6-44 高级设置

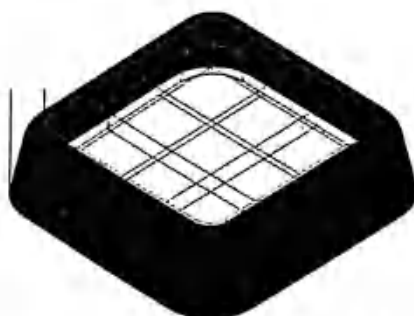


图 6-45 等高外形精加工刀路

6.5.5 等高外形精加工 (凹槽 R2.5mm 圆角曲面)

1) 复制“第 4 步: 曲面精加工等高外形”刀路, 在刚生成的“第 5 步: 曲面精加工等高外形刀路”的目录下单击【图形】选项, 如图 6-46 所示。

系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框, 在【加工曲面】选项处单击【取消选择】按钮, 取消上一步所选择的曲面, 单击【选择】按钮, 如图 6-47 所示。

选择凹槽内的所有 R2.5mm 圆弧曲面, 如图 6-48 所示, 单击应用按钮, 系统返回【刀具路径的曲面选取】对话框。

在【干涉面】选项处单击选择按钮, 选择与凹槽内的所有 R2.5mm 圆弧曲面相连的曲面, 如图 6-49 所示, 单击应用按钮, 系统返回【刀具路径的曲面选取】对话框, 单击确定按钮.

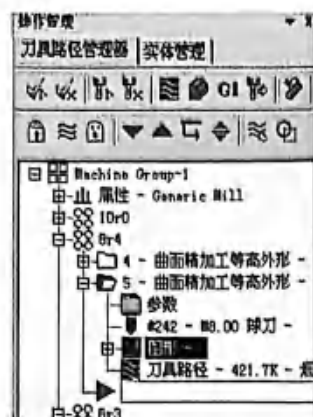


图 6-46 选择【图形】选项



图 6-47 【刀具路径的曲面选取】对话框



图 6-48 选择加工面

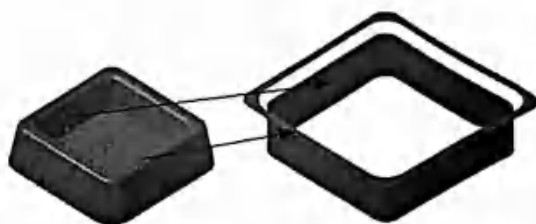


图 6-49 选择干涉面

在“第5步：曲面精加工等高外形刀路”的目录下单击【参数】选项。

2) 系统弹出【曲面精加工等高外形】对话框，直接打开【等高外形精加工参数】选项卡，所有设置和之前一样不用修改，如图 6-50 所示。

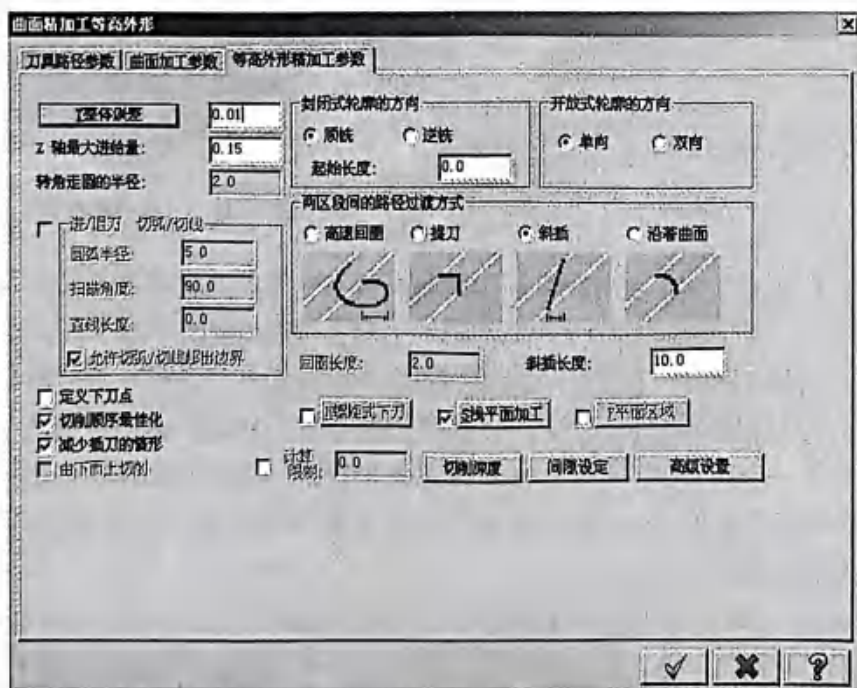


图 6-50 等高外形精加工参数设置



单击【切削深度】按钮，系统弹出【切削深度的设定】对话框，勾选【绝对坐标】复选项，设置【最高的位置】为0.0mm，【最低的位置】为-8.0mm，如图6-51所示，单击确定按钮.

技术指导：这里只是用直径为8mm的球头立铣刀加工R2.5mm圆弧曲面，但因为球刀头立铣刀体的几何原因，在计算深度时需加上刀具半径，以完成全面的加工。

单击【曲面精加工等高外形】对话框中的确定按钮, 单击重新计算刀路按钮, 生成刀具路径，如图6-52所示。

多学一招：当采用相同的加工刀路时，为提高编程效率，采用复制刀路的方法，然后对小部分参数进行修改，即可达到相同的效果。



图 6-51 切削深度设置

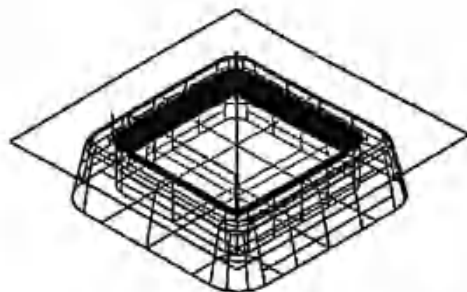


图 6-52 等高外形精加工刀路

6.5.6 平行铣削精加工（上、下方R9mm圆弧）

调出【层别管理】对话框，只打开第2图层（surface层），关闭其他图层。

1) 选择【刀具路径】/【曲面精加工】/【精加工平行铣削】命令，选择零件上、下方R9mm凹圆角曲面，如图6-53所示，单击应用按钮.

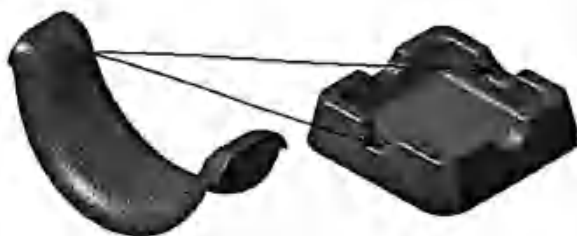


图 6-53 选择加工面

系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框，如图6-54所示。在【干涉面】选项卡中单击选择按钮, 选择与刚才所选加工面相连接的所有曲面，如图6-55所示，单击应用按钮, 系统返回【刀具路径的曲面选取】对话框，单击确定按钮.

2) 系统弹出【曲面精加工平行铣削】对话框，选择直径为8mm的球头立铣刀。设置【进给率】为800mm/min，【主轴转速】为3000r/min，【进刀速率】为200mm/min，【提刀速率】为2500mm/min，勾选【快速提刀】复选项。

3) 打开【曲面加工参数】选项卡，勾选【参考高度】并设置为10.0mm，【进给下刀位置】为5.0mm。勾选所有【绝对坐标】选项，【加工面预留量】为0.0mm，【干涉面预留量】为0.1mm，如图6-56所示。



图 6-54 【刀具路径的曲面选取】对话框

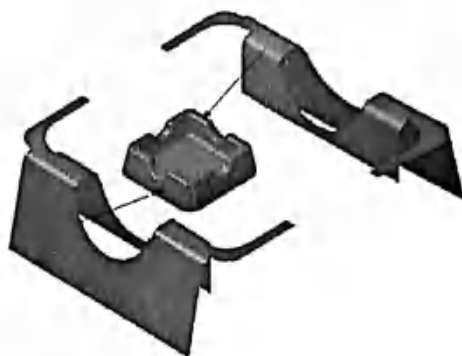


图 6-55 选择干涉面

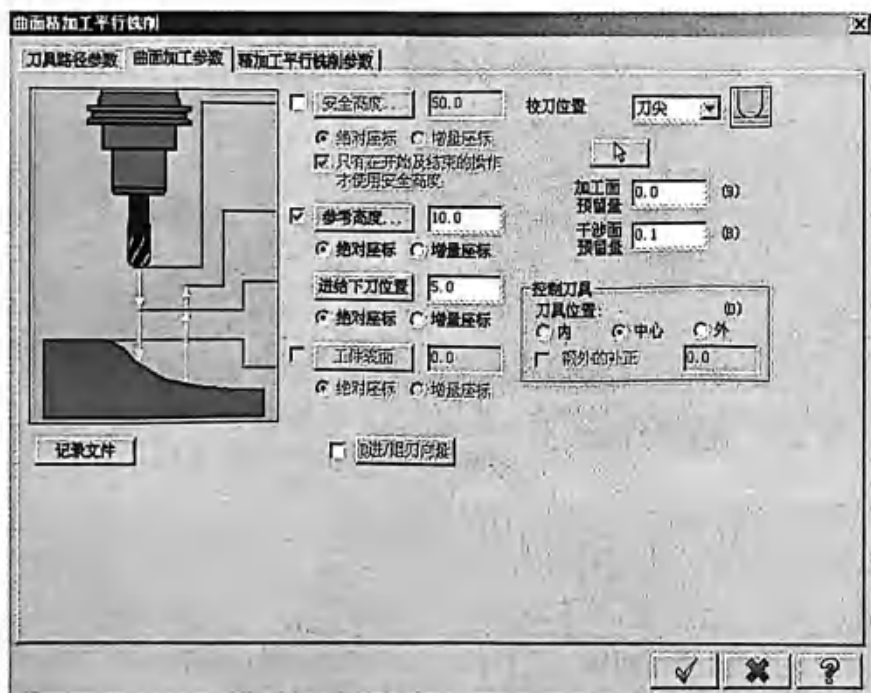


图 6-56 曲面加工参数设置

4) 打开【精加工平行铣削参数】选项卡, 设置【整体误差】为 0.01mm, 【最大切削间距】为 0.1mm, 【切削方式】为【双向】, 【加工角度】为 90°, 如图 6-57 所示。

单击【间隙设定】按钮, 系统弹出【刀具路径的间隙设置】对话框, 勾选【切削顺序最佳化】复选框, 其他参数默认, 单击确定按钮 ☒。

单击【高级设置】按钮, 系统弹出【高级设置】对话框, 在【刀具在曲面(实体面)的边缘走圆角】选项中勾选【在所有的边缘】选项, 单击确定按钮 ☒。

单击【曲面精加工平行铣】对话框中的确定按钮 ☒, 生成刀具路径, 如图 6-58 所示。

多学一招: 对于这两个曲面的加工, 还可以采用【刀具路径转换】命令进行镜像复制刀路实现相同的加工效果。

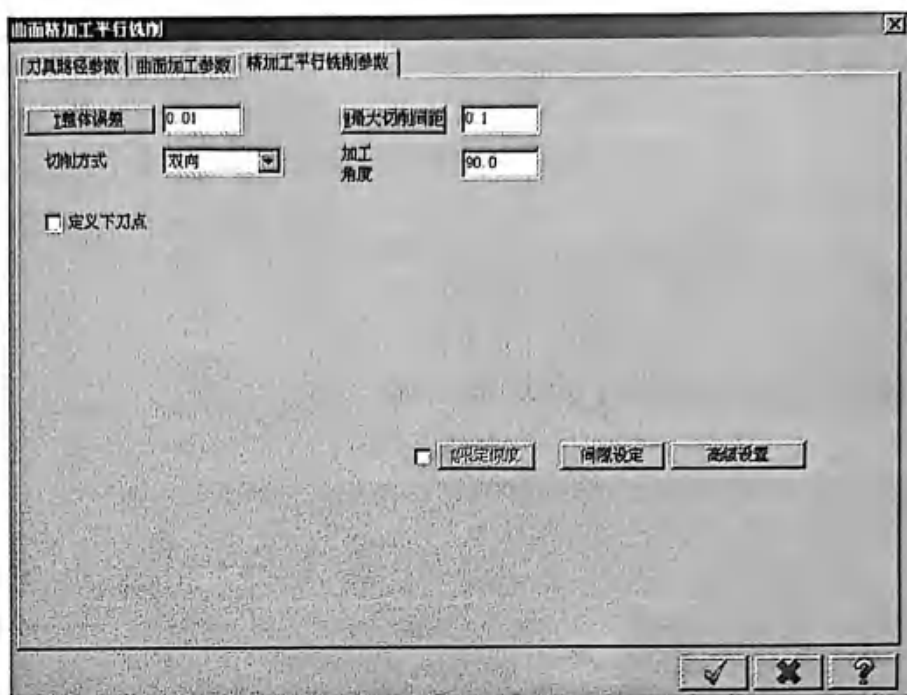


图 6-57 精加工平行铣削参数设置

6.5.7 平行铣削精加工（左、右 R9mm 圆弧）

1) 选择【刀具路径】/【曲面精加工】/【精加工平行铣削】命令，选择工件左、右两侧的 R9mm 凹圆角曲面，如图 6-59 所示，单击应用按钮.

系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框，如图 6-60 所示。

在【干涉面】选项卡中单击选择按钮，选择与刚才所选加工曲面相连接的所有曲面，如图 6-61 所示，单击应用按钮，系统返回【刀具路径的曲面选取】对话框，单击确定按钮.

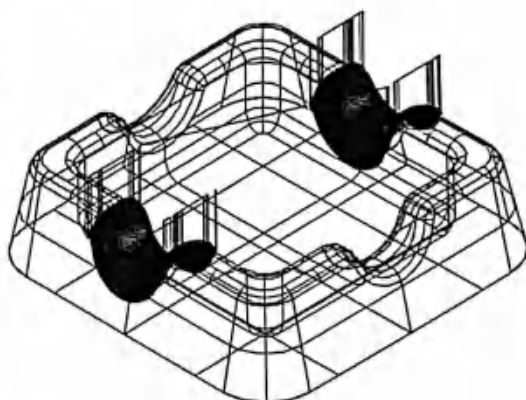


图 6-58 精加工平行铣刀路



图 6-59 选择加工面



图 6-60 【刀具路径的曲面选取】对话框

2) 系统弹出【曲面精加工平行铣削】对话框, 选择直径为 8mm 的球头立铣刀。设置【进给率】为 800mm/min, 【主轴转速】为 3000r/min, 【进刀速率】为 200mm/min, 【提刀速率】为 2500mm/min, 勾选【快速提刀】复选项。

3) 打开【曲面加工参数】选项卡, 勾选【参考高度】并设置为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm。勾选所有【绝对坐标】选项, 【加工面预留量】为 0.0mm, 【干涉面预留量】为 0.1mm, 如图 6-62 所示。

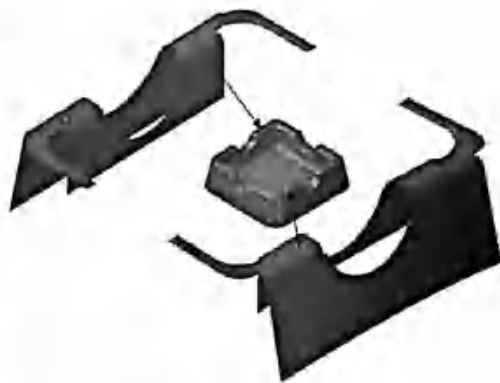


图 6-61 选择干涉面

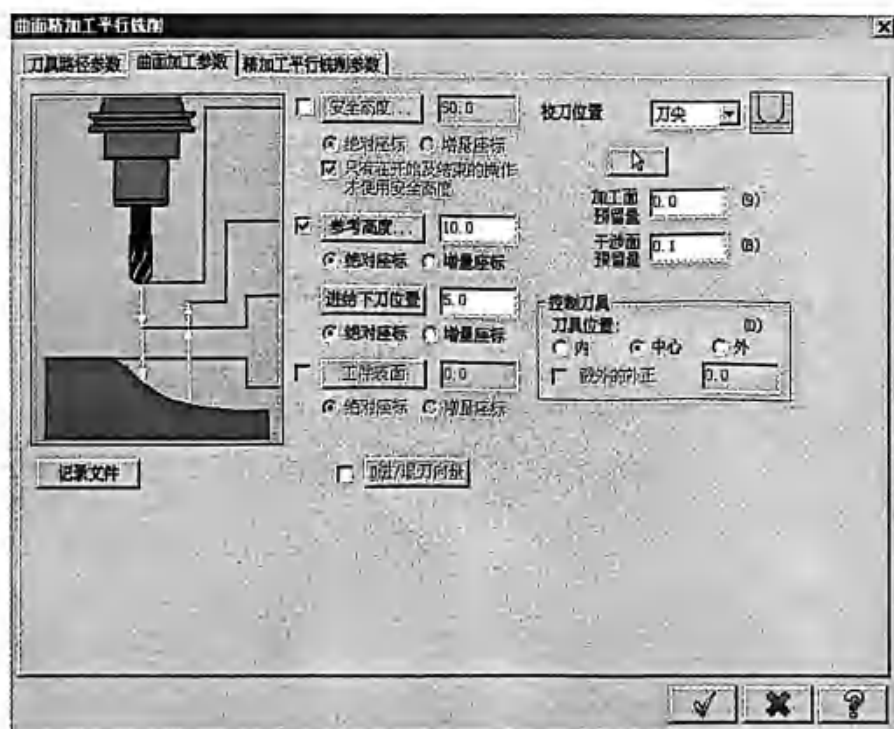


图 6-62 曲面加工参数设置

4) 打开【精加工平行铣削参数】选项卡, 设置【整体误差】为 0.01mm, 【最大切削间距】为 0.1mm, 【切削方式】为【双向】, 【加工角度】为 0°, 其他参数默认。

单击【高级设置】按钮, 系统弹出【高级设置】对话框, 在【刀具在曲面（实体面）的边缘走圆角】选项中勾选【在所有的边缘】选项, 如图 6-63 所示, 单击确定按钮 ☒。

单击【曲面精加工平行铣】对话框中的确定按钮 ☒, 生成刀具路径, 如图 6-64 所示。

单击插入箭头按钮 ▼ 下移至加工群组名为 6R3 的目录下。

6.5.8 等高外形精加工（凹槽 R3.6mm 圆弧曲面）

调出【层别管理】对话框, 打开第 1 图层。

1) 选择【刀具路径】/【曲面精加工】/【精加工等高外形】命令, 选择凹槽底 R3.6mm 的圆角曲面部分, 如图 6-65 所示, 单击应用按钮 。系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框, 如图 6-66 所示。

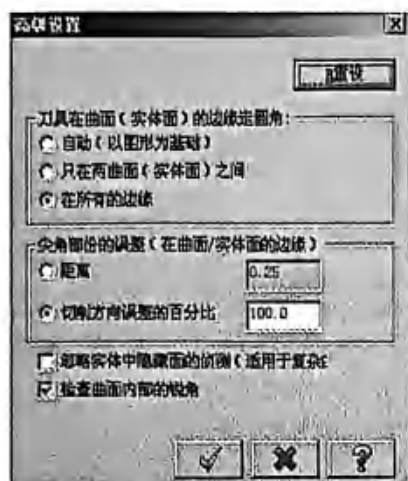


图 6-63 高级设置

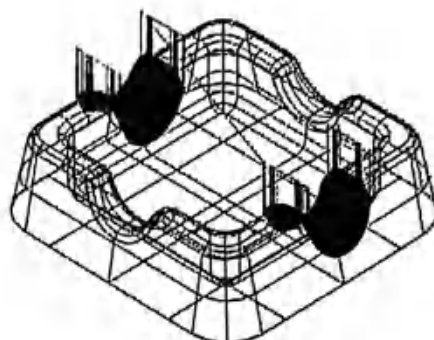


图 6-64 精加工平行铣刀路



图 6-65 选择加工面



图 6-66 【刀具路径的曲面选取】对话框

在【边界范围】选项卡处单击选择按钮 , 系统弹出【串连选项】对话框, 选中【俯视图】单选按钮, 在绘图区选取第1图层的最小矩形, 如图 6-67 所示。单击【串连选项】对话框中的确定按钮 , 系统弹出【刀具路径的曲面选取】对话框, 单击该对话框的确定按钮 .

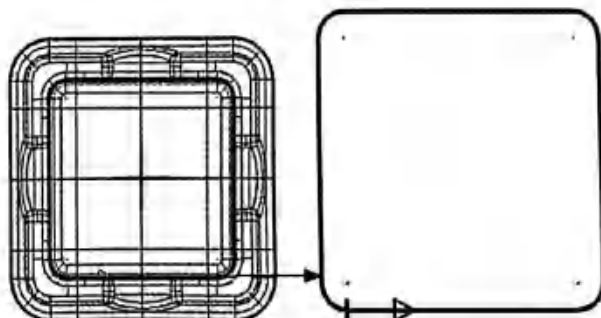


图 6-67 选择加工边界

2) 系统弹出【曲面精加工等高外形】对话框, 选择直径为 6mm 的球头立铣刀。设置【进给率】为 800mm/min, 【主轴转速】为 3500r/min, 【进刀速率】为 100mm/min, 【提刀速率】为 2500mm/min, 勾选【快速提刀】复选项。

3) 打开【曲面加工参数】选项卡, 勾选【参考高度】并设置为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm。勾选所有【绝对坐标】选项, 设置【加工面预留量】和【干涉面预留量】都为 0.0mm, 如图 6-68 所示。

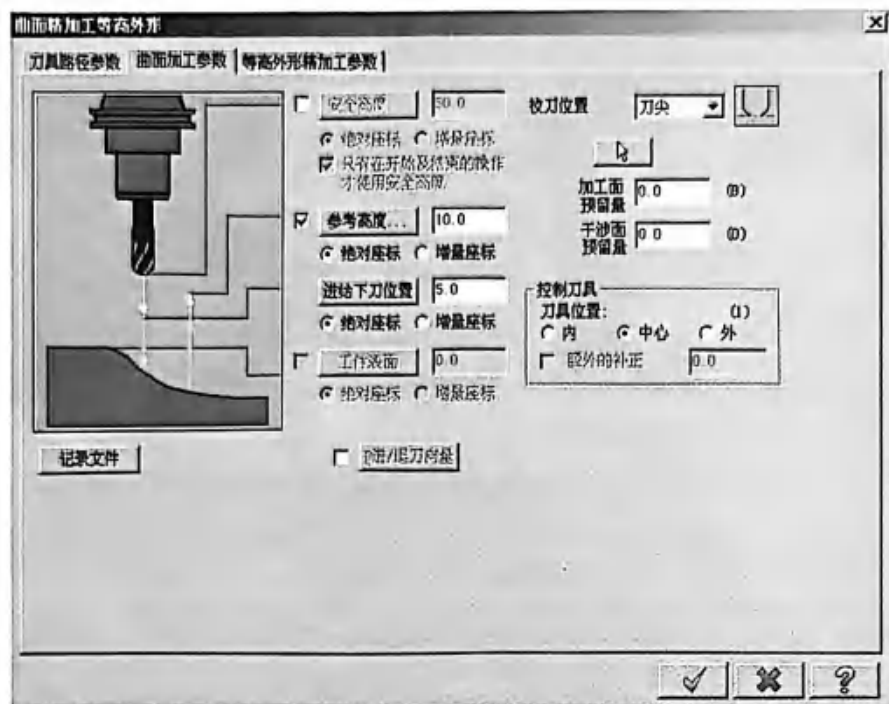


图 6-68 曲面加工参数设置

4) 打开【等高外形精加工参数】选项卡, 设置【整体误差】为 0.01mm, 【Z 轴最大进给量】为 0.05mm。勾选【进/退刀 切弧/切线】复选项, 设置【圆弧半径】为 3.0mm, 【扫描角度】为 90°, 勾选【切削顺序最佳化】复选项, 其他参数默认, 如图 6-69 所示。

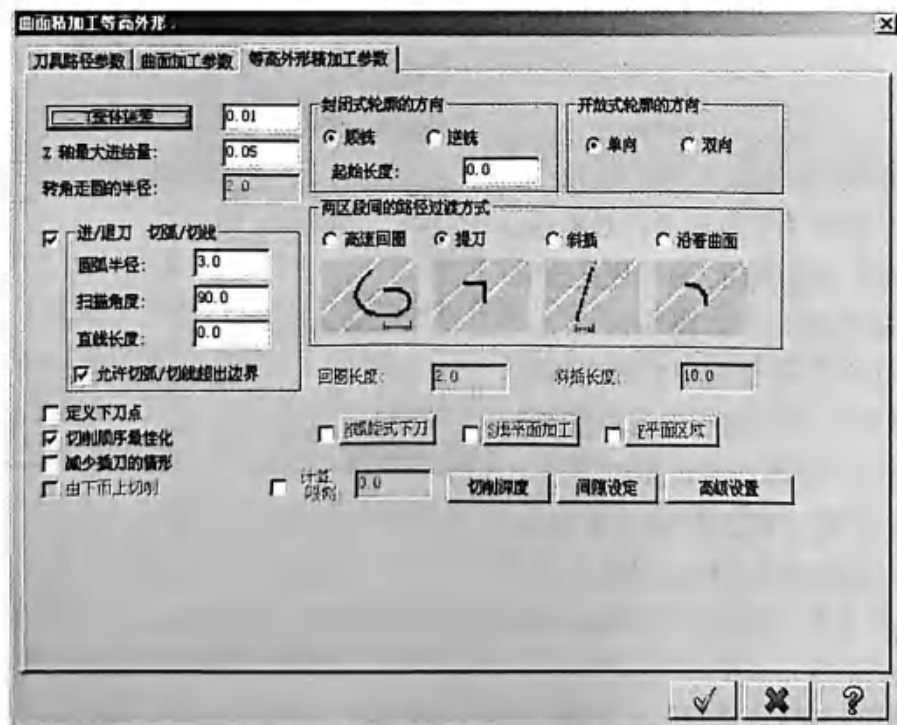


图 6-69 等高外形精加工参数设置



单击【切削深度】按钮，系统弹出【切削深度的设定】对话框。勾选【绝对坐标】复选项，设置【最高的位置】为-17.0mm，【最低的位置】为-18.0mm，如图6-70所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

技术指导：这里只加工R3.6mm的圆角曲面部分，由于之前已进行了粗加工，所以在设置加工深度时只加工1mm的高度。

单击【高级设置】按钮，系统弹出【高级设置】对话框，在【刀具在曲面（实体面）的边缘走圆角】选项中勾选【在所有的边缘】选项，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

单击【曲面精加工等高外形】对话框中的确定按钮 $\checkmark$ ，生成刀具路径，如图6-71所示。

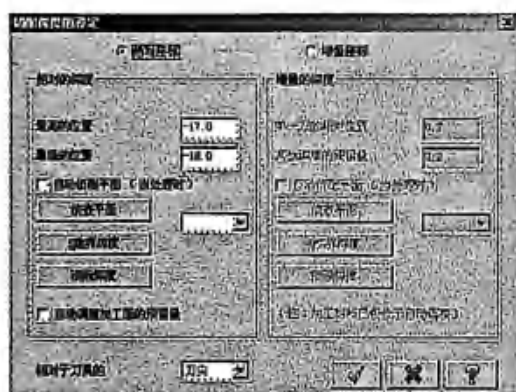


图 6-70 切削深度设置

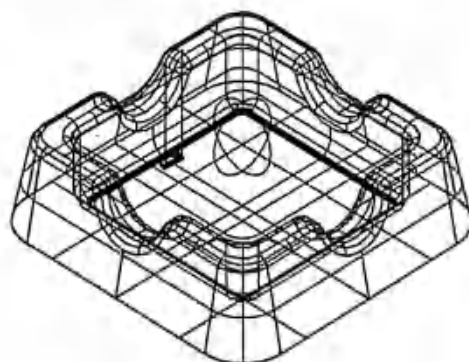


图 6-71 等高外形精加工刀路

6.5.9 外形铣削精加工

调出【图层管理】对话框，打开第7图层（REC_CUT2层），将前面生成的矩形显示出来。

1) 选择【刀具路径】/【外形铣削】命令，如图6-72所示。

系统弹出【串连选项】对话框，单击【俯视图】单选按钮 $\square$ ，在绘图区刚调出来的矩形左侧直线中点处单击，如图6-73所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

技术指导：如此选取直线是为了使下刀点定在该直线的中点处，而不至于定在其他的转角处。这样不但有利于保证转角处的尺寸，而且有利于保护刀具，防止进刀点落在转角处时因刀具切削量大而引起弹刀。

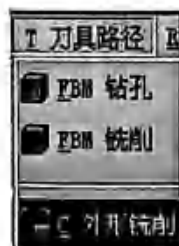


图 6-72 选择【外形铣削】命令

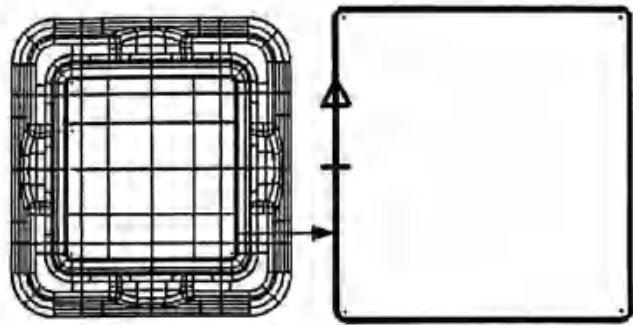


图 6-73 选择加工曲线

2) 系统弹出【2D 刀具路径 - 等高外形】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 6mm 的球头立铣刀, 设置【进给速率】为 600.0mm/min, 【进刀速率】为 100.0mm/min, 【主轴转速】为 3500.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正类型】为【关】, 【补正方向】为【右补偿】, 【外形铣类型】为【2D】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数默认, 如图 6-74 所示。

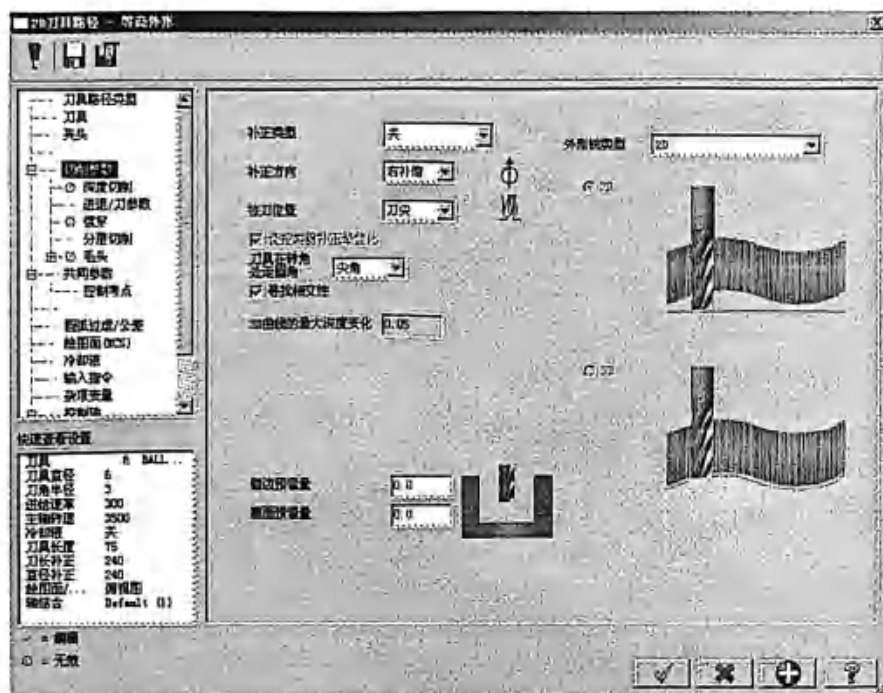


图 6-74 设置切削参数

技术指导: 由于这里是将所选曲线作为刀具轨迹的中心线, 因此需设置【补正类型】为【关】, 而将【补正方向】设置为【右补偿】是为了设置刀具沿着右侧进行圆弧进刀。

4) 打开【进退/刀参数】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】为 30%, 【圆弧】【半径】为 30%, 【扫描(角度)】为 90.0°, 单击按钮 , 即将进退刀参数设为一致。

5) 打开【分层切削】选项卡, 勾选【分层切削】选项, 设置【粗加工】/【次数】为 7, 【间距】为 0.2mm, 【精加工】/【次数】为 0, 勾选【不提刀】选项, 其他参数默认, 如图 6-75 所示。

6) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -18.0mm, 勾选所有【绝对坐标】选项。

单击确定按钮 , 生成刀具路径, 如图 6-76 所示。

6.5.10 实体模拟加工

模拟结果如图 6-77 所示。

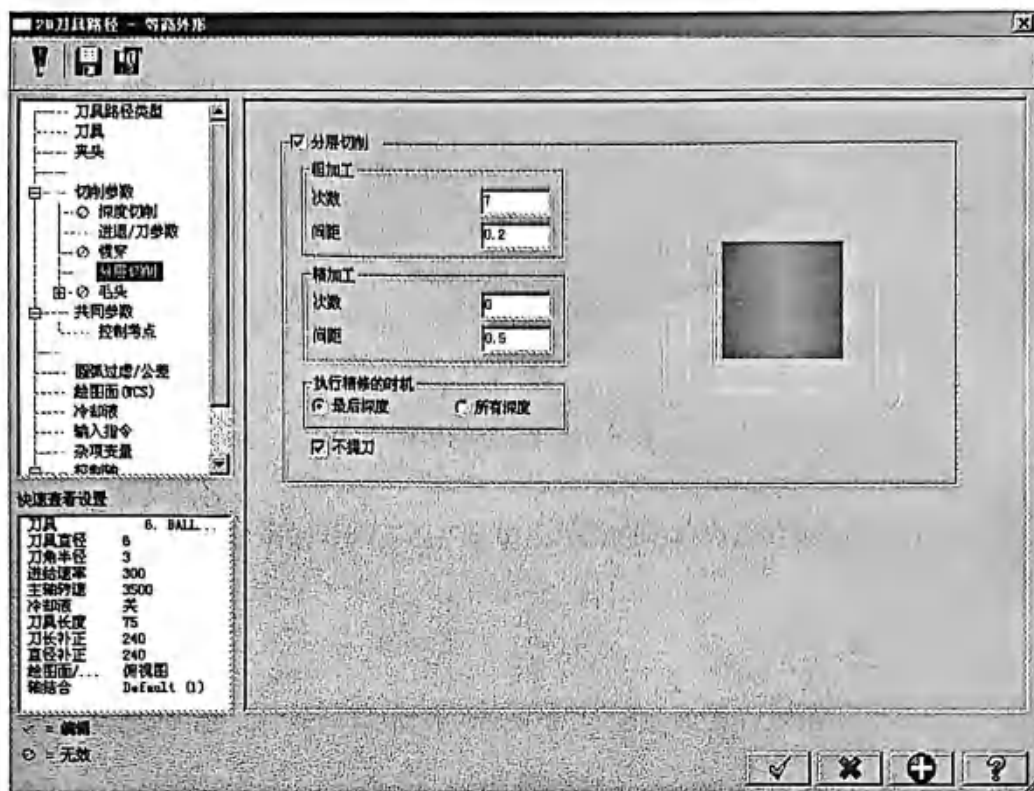


图 6-75 设置分层切削参数

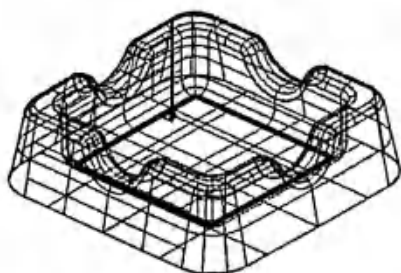


图 6-76 外形铣削刀路



图 6-77 模拟结果

6.6 小结

本章结合零件图形特点灵活地生成了较多的刀路辅助曲线与曲面，从而生成更加流畅、优美的刀路，这在编制刀路时具有较高的技巧性。相信读者通过本例学习后，在处理根据图形特点生成辅助曲线与曲面的问题时将有一个大的提高。

6.7 提高练习

打开随书光盘“练习文件/cha06/6-2. mcx - 5”，图形如图 6-78 所示。



图 6-78 提高练习零件





“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

修订版

Mastercam 数控编程案例教程（2021 版）

主 编 杨志义

参 编 刘大维 吕世国 徐灵敏 朱光腾

机械工业出版社版权所有



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书为《Mastercam X5数控编程案例教程》的升级版,原《Mastercam X5数控编程案例教程》为“十二五”职业教育国家规划教材,本次修订是对标“1+X证书制度试点”工作要求进行的,以Mastercam 2021版本展开介绍。

本书以突出实践为主,着重提高学生使用Mastercam的产品工艺数控编程实战能力。全书精选了过渡板、盒子下盖凸模、圆弧桥形零件、烟灰缸、拨片、装饰品、座机盖、凸凹模配合件、多工序复杂零件等案例。加工难度由一道加工工序逐步升级为六道加工工序,这些案例都在机床上进行了验证加工并取得了预期效果。在对案例进行编程加工时很好地结合了Mastercam数控编程中常用的刀路,学习过程注重提高读者的产品工艺数控编程的实战能力,以及应用Mastercam的熟练程度和数控加工技术的职业素养。对关键点以图文并茂和推理的形式进行“操作提示”“多学一招”与“实践经验”的分析讲解,加强学生对Mastercam数控编程相关关键参数设置作用的理解,降低了学习难度。在不同零件的编程加工中进行反复强化实践,特别是对同一个刀路的不同参数应用场景进行不断扩展并深入介绍。

本书采用“校企合作”模式,同时运用了“互联网+”形式,在重要知识点嵌入二维码,方便读者理解相关知识,进行更深入的学习。

本书配套有教学资源包,其中包含案例源文件、案例任务实施的视频文件,以及每个任务相应的提高练习视频文件,凡选用本书作为授课教材的教师可登录www.cmpedu.com注册后免费下载。

本书可作为高等职业院校数控技术相关专业的教材,也可作为数控加工等岗位的1+X职业技术职业资格培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam 数控编程案例教程: 2021 版 / 杨志义主编. —修订本.
—北京: 机械工业出版社, 2021.7
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-111-68725-2

I. ①M… II. ①杨… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件—高等教育—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2021)第 140901 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 黎 艳 责任编辑: 黎 艳

责任校对: 潘 蕊 封面设计: 张 静

责任印制: 张 博

涿州市京南印刷厂印刷

2021 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18 印张·501 千字

0 001—1 900 册

标准书号: ISBN 978-7-111-68725-2

定价: 55.00 元

电话服务

网络服务

客服电话: 010-88361066 机 工 官 网: www.cmpbook.com

010-88379833 机 工 官 博: weibo.com/cmp1952

010-68326294 金 书 网: www.golden-book.com

封底无防伪标均为盗版 机工教育服务网: www.cmpedu.com

前言

本书为《MasterCAM X5 数控编程案例教程》的升级版，原《MasterCAM X5 数控编程案例教程》为“十二五”职业教育国家规划教材，现根据《教育部等四部门印发〈关于在院校实施“学历证书+若干职业技能等级证书”制度试点方案〉的通知》（教职成〔2019〕6号）文件精神，以及对标正在开展“1+X 证书制度试点”工作的武汉华中数控股份有限公司制定的《数控多轴加工职业技术等级标准》要求进行修订，以 MasterCAM 2021 版本展开介绍。

本书案例内容集中了 Mastercam 软件数控编程常用的刀路，同时兼顾了加工工艺能力培养的需要，设计了由易到难的案例，包含一道加工工序零件、两道加工工序零件、需专门设计和加工夹具进行配合加工的零件、配合件加工零件和六道加工工序的复杂零件。在实践中详细分析各加工工艺设计的原因，包括避免接刀痕，利用零件的结构特点进行装夹或设计和加工相配套的夹具，调整刀具的进退刀从而避免发生干涉等，以及养成对加工群组、刀具群组、图层设计的管理意识，对于提升学生的职业能力能起到抛砖引玉的作用。

本书具有如下特点：

（1）注重提高实践操作 通过以编程加工零件任务为载体，采用任务驱动式编写模式，案例选材上充分考虑了机械行业职业考核标准的相关要求，注重学生技能的培养，通过任务实施精心整合应学内容，合理安排知识结构、技能要点；注重实践应用，突出学生实际操作能力和解决问题能力的培养，强化岗前培训。在编写过程中力求体现“以实际工作过程中岗位所需的职业技能和职业素养为导向”的工学结合教学改革思路。所选择的零件均为企业实际案例，具有很强的实践性，解决了教材因重理论轻实践而导致数控加工工艺职业能力培养不足的问题，如装夹方法、设计加工工艺等应考虑整个零件不同加工工序之间的关系，特别是多工序加工工艺设计问题，有助于提高数控编程实操能力和加工工艺设计能力。

（2）注重提高熟练程度 所精选的零件具有代表性，集合了 Mastercam 常用刀路的编程加工方法。通过图文结合和推理的形式对关键点进行了“操作提示”“多学一招”与“实践经验”的分析讲解，加强了对 Mastercam 数控编程关键参数设置作用的理解，降低了学习难度。在不同零件的编程加工中进行反复强化实践，特别是对同一个刀路的不同参数应用场景进行不断扩展并深入介绍。

（3）注重提高运用技巧 编程效率的提高离不开技巧的应用，在提高学生实践性和熟练程度的基础上，特别注重技巧性的提高，通过不同实践场景的应用增强了学生的实践体验，实现了从理论到实践的升华，提高了对技巧性的理解和运用的能力。

（4）注重提高职业素养 通过精选案例，在教学内容设计上注重体现对学生职业素养的培养，包括安全意识的建立，复杂加工工艺各工序间的相关问题的全局处理，以及编程加工环境要素的管理等，从而启发和培养学生对数控加工技术职业素养要求的思考，以及提升综合职业能力。

本书在教学实施中，建议贯彻理论实践一体化的教学思想，将完成各个任务贯穿于教学的始终，培养学生观察、协作、思考和解决问题的能力。同时运用了“互联网+”技术，在每个任务

实施模块附近设置了微课二维码，使用者可以用智能手机进行扫描，便可在手机屏幕上显示和教学资源相关的多媒体内容，方便学生理解相关知识，进行更深入的学习。建议将本课程安排在实习教学环节或用于铣工、数控车铣加工的考前培训，有条件的学校尽量在专业教室或实验室、实训室开设，将会收到更好的教学效果。

本书由云浮技师学院杨志义主编，参加编写的还有广东技术师范大学刘大维、中山市技师学院吕世国、中山市中等专业学校徐灵敏、宝威塑胶工程（惠州）有限公司朱光腾。

编写过程中，编者参阅了国内外出版的相关教材和资料，得到了广东技术师范大学李玉忠教授的有益指导，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

二维码索引

序号	名称	二维码	页码	序号	名称	二维码	页码
1	任务三 过渡板 编程加工		22	7	任务六 烟灰缸 编程加工		113
2	任务三 提高练 习零件编程加工		50	8	任务六 提高练 习零件编程加工		138
3	任务四 盒子下 盖凸模编程加工		54	9	任务七 拨片编 程加工——夹具设 计		141
4	任务四 提高练 习零件编程加工		81	10	任务七 拨片编 程加工——夹具加 工		146
5	任务五 圆弧桥 形零件编程加工		85	11	任务七 拨片编 程加工——外侧定 位孔加工		157
6	任务五 提高练 习零件编程加工		110	12	任务七 拨片编 程加工——拨片加 工		159

(续)

序号	名称	二维码	页码	序号	名称	二维码	页码
13	任务八 装饰品 编程加工		169	19	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——下面加工		253
14	任务九 座机盖 编程加工		193	20	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——后面加工		259
15	任务十 凸凹 模配合件编程加工 ——凸模加工		216	21	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——前面加工		266
16	任务十 凸凹 模配合件编程加工 ——凹模加工		226	22	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——上面加工		271
17	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——右面加工		242	23	任务十二 刀路 后处理		276
18	任务十一 多工 序复杂零件编程加 工——左面加工		248	24	任务十二 提高 练习		278

目 录

前 言

二维码索引

任务一	Mastercam 数控编程加工初识	1
任务二	数控编程基础及编程注意事项认知	7
任务三	过渡板编程加工	20
任务四	盒子下盖凸模编程加工	51
任务五	圆弧桥形零件编程加工	82
任务六	烟灰缸编程加工	111
任务七	拨片编程加工	139
任务八	装饰品编程加工	167
任务九	座机盖编程加工	191
任务十	凸凹模配合件编程加工	214
任务十一	多工序复杂零件编程加工	238
任务十二	刀路后处理	275
参考文献		279

任务十一

多工序复杂零件编程加工

任务目标

➤ 知识目标

- 1) 掌握复杂六面体的编程与装夹方法。
- 2) 掌握多个编程坐标系的设置方法。
- 3) 掌握对具有几何公差要求的特征的编程加工方法。
- 4) 掌握对具有对称特点的不同加工工序的快速编程方法。

➤ 能力目标

- 1) 能根据零件特点和加工难点正确安排加工工艺。
- 2) 能对几何尺寸具有高要求的孔加工进行正确编程加工。
- 3) 能运用不同坐标系对具有对称特征的零件进行快速编程加工。

➤ 素质目标

- 1) 能对复杂图形的编程在设置编程环境时培养全局思维，包括对图层的编号和名称的设计、机床群组名称的设计、加工工序和加工余量的设计等。
- 2) 能根据零件加工要求安排不同的加工工艺，具备多工序加工工艺设计的能力。
- 3) 能对多工序复杂加工零件在加工的过程中建立基准先行的工艺设计思维。

任务导入

打开配套资源包“源文件/cha11/多工序复杂零件.mcx-5”，零件图如图 11-1a 所示，打开第 1 图层，立体图如图 11-1b 所示，零件材料为铝合金，毛坯尺寸为 66mm × 60mm × 54mm。

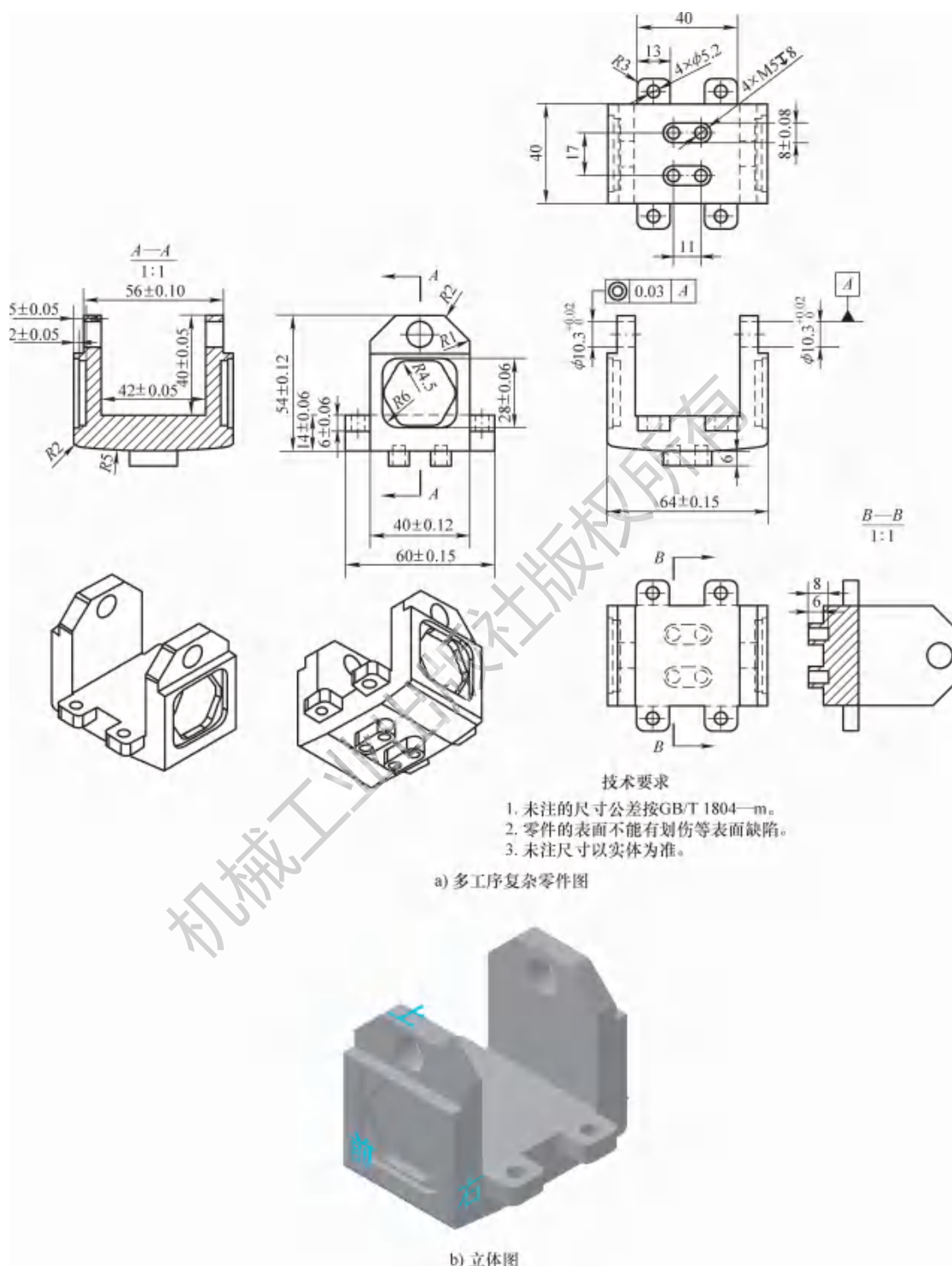


图 11-1 多工序复杂零件

任务分析

1. 图形分析

该多工序复杂零件整体外形呈 U 形, U 形底部有两个高为 6.0mm 的凸台, 凸台中各有两个孔深为 9.0mm 的 M5mm 螺纹孔, U 形底部为平整面, 两侧边对称有两个带 $\phi 5.2\text{mm}$ 通孔的耳朵凸块。U 形左右两侧为相同的封闭凹槽, 其上端有台阶, 台阶中有一个 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔, U 形左右两侧倒角。

2. 工艺分析

该多工序复杂零件根据图形分析可知, 6 个面都需要加工, 需综合考虑不同加工工序顺序对加工效果的影响, 而加工基准对保证尺寸加工精度具有重要的意义。U 形底部除了有两个凸台外, 由于还存在斜面 and 圆弧曲面, 为了获得好的表面质量, 可考虑利用刀具的侧刃进行加工, 以有效提高加工效率。两个耳朵凸块的加工需要考虑避免不同加工工序产生的接刀问题, 其倒圆角特征的加工同样采用刀具的侧刃进行加工。U 形左右两侧为相同的封闭凹槽, 采用挖槽加工的方法进行编程加工即可。对于两个 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔, 由于其尺寸公差小, 而且两个通孔的同轴度误差为 0.03mm, 是整个零件的加工难点。对于此类具有几何公差要求的特征需要尽可能一次性加工完成, 以保证加工要求。对于侧边的倒角斜面采用刀具的侧刃进行加工即可, 遵循曲面和斜面的加工使用平底刀加工, 尽量避免使用球头立铣刀加工的原则。

在考虑加工工序的顺序时可考虑根据零件的结构特点, 利用其中的空位进行装夹。整个零件的加工可分为 6 步, 具体如下:

第 1 步是先加工零件右面, 如图 11-1b 所示。先加工零件整体的 U 形外, 以及两个耳朵凸块。由于 U 形外形的厚度为 40.0mm, 需要注意保证刀具的刃长。对于 U 形内部的轮廓暂不加工, 要为装夹和两个 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔的加工创造条件。对于耳朵凸块的倒圆角部位也暂不加工, 待下一工序再加工。

第 2 步是加工零件的左面, 由于其加工特征与零件的右面相同, 因此可通过复制零件右面的加工刀路进行快速编程。

第 3 步是加工零件的下面, 将两个凸台和孔的部位进行加工。

第 4 步是加工零件的后面, 加工零件的封闭凹槽、台阶、端部倒角斜面和 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔。端部倒角斜面需要将对应的前面部分相同特征一次性加工到位, $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔的加工是难点, 需要一次性将两个通孔作为同一个孔进行加工, 加工顺序为先钻孔、扩孔再铰孔。

第 5 步是加工零件的前面, 由于加工特征与零件后面的加工工序相同, 因此可通过复制零件的封闭凹槽和台阶刀路进行快速编程。

第 6 步是加工零件的上面, 由于零件的上面为平整面, 采用 2D 标准挖槽的形式进行加工即可。

3. 刀路规划

右面加工:

步骤 1: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件最大外形采用斜插的外形铣削刀路进行粗加工, 加工余量为 0.35mm。

步骤 2: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件最大外形采用外形铣削刀路进行精加工, 加工余量为 0.0mm。

步骤 3: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件右面两个耳朵凸块采用 2D 高速刀路 (2D 区域) 进行粗加工, 加工余量为 0.35mm。

步骤 4: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件右面两个耳朵凸块采用 2D 高速刀路（2D 区域）进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

左面加工：

步骤 5: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件最大外形采用外形铣削刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 6: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件左面两个耳朵凸块采用 2D 高速刀路（2D 区域）进行粗加工，加工余量为 0.35mm 。

步骤 7: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件左面两个耳朵凸块采用 2D 高速刀路（2D 区域）进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

下面加工：

步骤 8: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件下面的两凸台平底面采用外形铣削刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 9: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件下面的两凸台侧面采用外形铣削刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 10: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件左右两侧的 4 个耳朵凸块的侧面采用外形铣削刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 11: 使用 $\phi 4.2\text{mm}$ 钻头对零件两凸台的 M5 螺纹采用钻孔刀路进行预钻孔。

步骤 12: 使用 $\phi 5\text{mm}$ 右牙刀对零件两凸台的 M5 螺纹采用钻孔刀路进行攻螺纹。

步骤 13: 使用 $\phi 4.2\text{mm}$ 钻头对零件左右两侧 4 个耳朵凸块的通孔采用钻孔刀路进行钻中心孔。

步骤 14: 使用 $\phi 5\text{mm}$ 平底刀对零件左右两侧 4 个耳朵凸块的通孔采用钻孔刀路扩孔。

步骤 15: 使用 $\phi 5.2\text{mm}$ 铰刀对零件左右两侧 4 个耳朵凸块的通孔采用钻孔刀路进行铰孔。

后面加工：

步骤 16: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的封闭正六边形凹槽采用标准挖槽刀路进行粗加工，加工余量为 0.35mm 。

步骤 17: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的封闭正六边形凹槽采用标准挖槽刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 18: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的矩形台阶采用外形铣削（斜插）刀路进行粗加工，加工余量为 0.35mm 。

步骤 19: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的矩形台阶采用外形铣削（2D）刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 20: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的台阶采用外形铣削（斜插）刀路进行粗加工，加工余量为 0.35mm 。

步骤 21: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的台阶采用外形铣削（2D）刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 22: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的倒角面采用外形铣削（斜插）刀路进行粗加工，加工余量为 0.35mm 。

步骤 23: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件后面的倒角面采用外形铣削（2D）刀路进行精加工，加工余量为 0.0mm 。

步骤 24: 使用 $\phi 9\text{mm}$ 钻头对零件 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔采用钻孔刀路进行预钻孔。

步骤 25: 使用 $\phi 10\text{mm}$ 平底刀对零件 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔采用钻孔刀路进行扩孔。

步骤 26: 使用 $\phi 10.3\text{mm}$ 铰刀对零件 $\phi 10.3\text{mm}$ 通孔采用钻孔刀路进行铰孔。

前面加工:

步骤 27: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的封闭正六边形凹槽采用标准挖槽刀路进行粗加工, 加工余量为 0.35mm 。

步骤 28: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的封闭正六边形凹槽采用标准挖槽刀路进行精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 29: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的矩形台阶采用外形铣削（斜插）刀路进行粗加工, 加工余量为 0.35mm 。

步骤 30: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的矩形台阶采用外形铣削（2D）刀路进行精加工, 加工余量为 0.0mm 。

步骤 31: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的台阶采用外形铣削（斜插）刀路进行粗加工, 加工余量为 0.35mm 。

步骤 32: 使用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀对零件前面的台阶采用外形铣削（2D）刀路进行精加工, 加工余量为 0.0mm 。

上面加工:

步骤 33: 使用 $\phi 10\text{mm}$ 平底刀对零件上面的平面采用标准挖槽刀路进行粗加工, 加工余量为 0.35mm 。

步骤 34: 使用 $\phi 10\text{mm}$ 平底刀对零件上面的平面采用标准挖槽刀路进行精加工, 加工余量为 0.0mm 。

任务实施

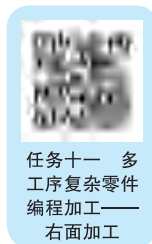
一、零件右面加工准备工作

1. 机床选择

选择【机床】/【机床】/【默认】命令, 并将“机床群组 1”名称修改为“右面加工”。

2. 模拟设置

调出【机器群组属性】对话框, 设置【毛坯设置】 $X0\text{mm}$ 、 $Y0\text{mm}$ 、 $Z0.2\text{mm}$, 材料大小为 $X60\text{mm}$ 、 $Y64\text{mm}$ 、 $Z61\text{mm}$ 。



二、刀路编制

1. 外形铣削粗加工（U 形轮廓最大外形）

新建第 10 层图（右面加工）。

操作提示: 由于零件加工工序多, 针对每一个加工工序需要用到的辅助图素可能会相应增多, 因此对每个加工工序留有一定数量的管理图层以方便后续的操作, 各个加工工序之间主图层间隔的层数应该比较大, 如此处每个工序的主图层的图层间隔为 10。同时图层的名称需要准确, 以方便编辑管理。

调整绘图平面为【俯视图】, 设置 Z 深度为 0.0mm , 选择【线框】/【边界轮廓】命令, 如图 11-2 所示。

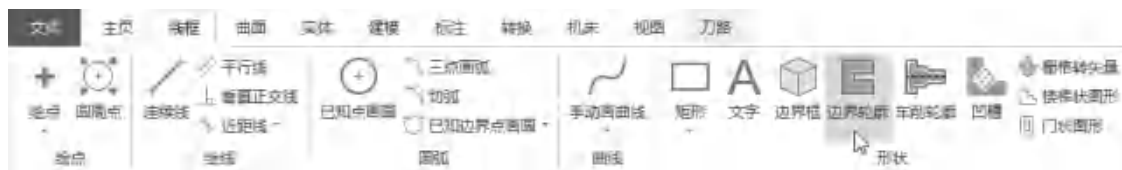


图 11-2 选择【边界轮廓】命令

选择实体零件，单击【结束选择】按钮 ，在系统弹出的【轮廓边界】对话框上单击按钮 ，如图 11-3a 所示。生成轮廓边界线如图 11-3b 所示。

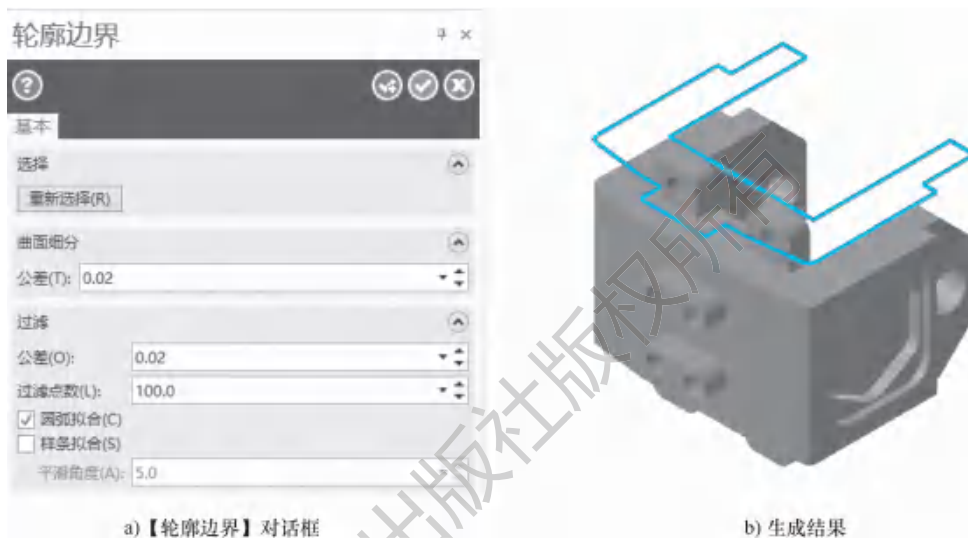


图 11-3 生成轮廓边界

操作提示：考虑到篇幅这里不介绍如何将零件进行平移和旋转定位，而是直接将零件以加工右面的形式进行放置。

将视图调整为俯视图，对如图 11-4a 所示多余的线段进行删除和修剪，结果如图 11-4b 所示。

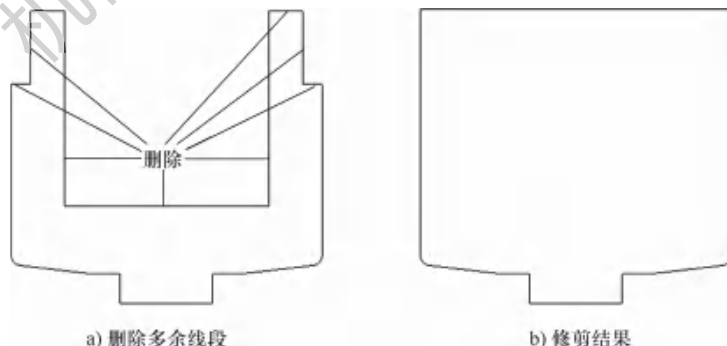


图 11-4 修剪轮廓边界

操作提示：此处提取的外形为零件的最大外形，将作为加工边界直接加工到位，以方便后续对刀基准的确定。对于如图 11-4a 所示的上端直线，读者还可以尝试将其再向上偏移 0.5mm，如图 11-5a 所示，以留出 0.5mm 的加工余量作为后续在加工零件后面倒角面的加工工序时再进行加

工，以获得更好的加工质量。必须注意的是，当此面预留了 0.5mm 时，在确定下一步加工工序的加工坐标系时需计算好加工坐标系的位置，如此时在“左面加工”工序采用分中对刀时，需要将刀具在 Y 轴的原点上偏移 0.25mm。

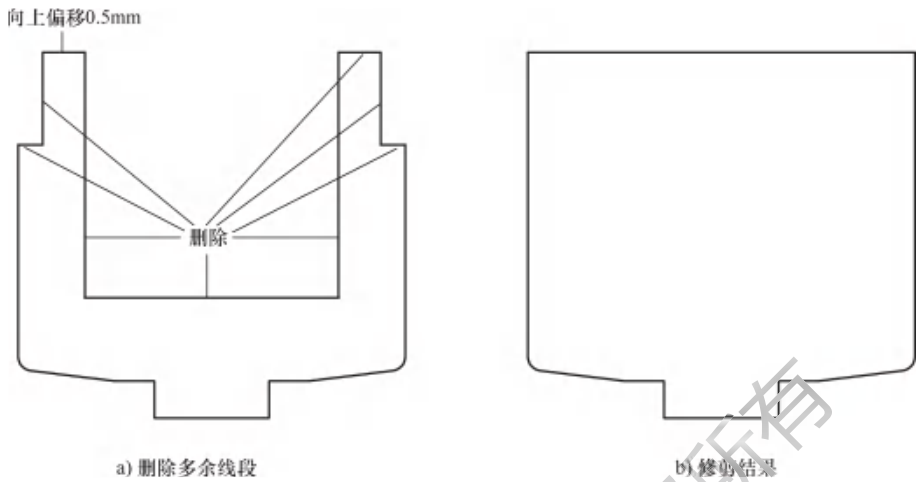


图 11-5 修剪轮廓边界

在菜单栏选择【线框】/【单一边界】命令，依次选择两个耳朵凸块的三边线，选择零件并确定，结果如图 11-6a 所示。通过修剪延伸命令将 U 形线的首尾向外延长 0.5mm，并利用直线进行首尾相接，结果如图 11-6b 所示。

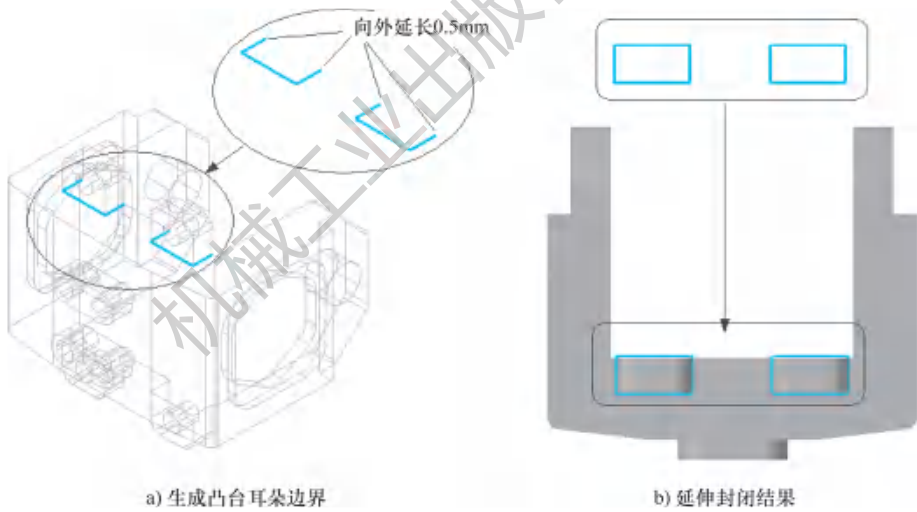


图 11-6 构建耳朵凸块边界

操作提示：此处在提取了耳朵凸块边界后延长 0.5mm 的目的与上一步相同，将延长出来的加工余量留到“零件上面加工”工序再加工，以获得好的加工质量。

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，按照如图 11-4b 所示的最大轮廓线，此时刀具补偿方向为左补偿，如图 11-7 所示，单击【确定】按钮 ☒。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 8mm 平底刀，设置【进给速率】为 800.0mm/min，【下刀速率】为 1000.0mm/min，【主轴转速】为 4000.0r/min，

勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【左】, 【外形铣削方式】为【斜插】, 选择【斜插方式】为【深度】, 设置【斜插深度】为 0.5mm, 勾选【在最终深度处补平】选项, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】和【圆弧】/【半径】为 50%, 【扫描(角度)】为 45°, 单击按钮 , 即将进、退刀参数设为一致。

打开【XY 分层切削】选项卡, 勾选【XY 分层切削】选项卡, 设置【粗切】/【次】为 2, 【间距】为 2.5mm, 勾选【不提刀】选项。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -53mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-8 所示。

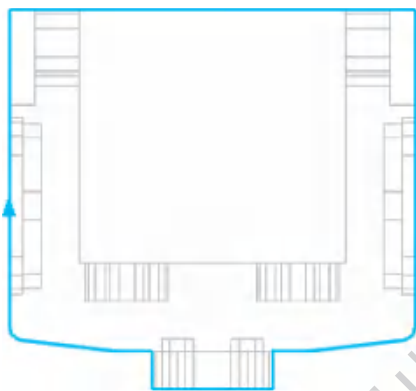


图 11-7 选择加工边界

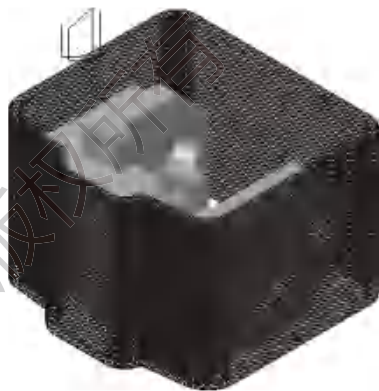


图 11-8 外形铣削粗加工刀路

操作提示：此处选用 $\phi 8\text{mm}$ 平底刀需要注意切削刃的长度, 在装夹时将利用零件上左右对称两耳朵凸块 6.0mm 的厚度进行装夹。

2. 外形铣削精加工 (U 形轮廓最大外形)

1) 复制“第 1 步: 外形铣削(斜插)”刀路, 在刚生成的第 2 步: 外形铣削(斜插)刀路的目录下单击【参数】选项。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 修改【进给速率】为 400mm/min, 【主轴转速】为 3500.0r/min, 【下刀速率】为 2000mm/min, 【提刀速率】为 3000mm/min, 勾选【快速提刀】复选框, 其他选项都不勾选, 其他参数按默认设置。

3) 打开【切削参数】选项卡, 修改【外形铣削方式】为【2D】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

打开【XY 分层切削】选项卡, 不勾选【XY 分层切削】。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-9 所示。

3. 2D 高速刀路粗加工 (两耳朵凸块)

1) 选择【刀路】/【动态铣削】命令, 系统弹出【串连选

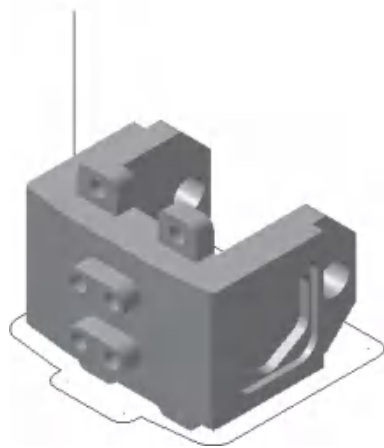


图 11-9 外形铣削精加工刀路

项】对话框，在【加工区域策略】选项中单击【开放】选项，如图 11-10a 所示。在【加工范围】选项卡单击选择加工串连按钮，选择如图 11-10b 所示的最大外形，并在【线框串连】对话框单击【确定】按钮。在【避让范围】选项卡单击加工串连按钮，选择如图 11-10c 所示两个小矩形，并在【线框串连】对话框单击【确定】按钮，在【串连选项】对话框再单击【确定】按钮。

2) 系统弹出【2D 高速刀路-区域】对话框，打开【刀具】选项卡，选择直径为 8mm 的平底刀，设置【进给速率】为 1200.0mm/min，【下刀速率】为 1000.0mm/min，【主轴转速】为 3500.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

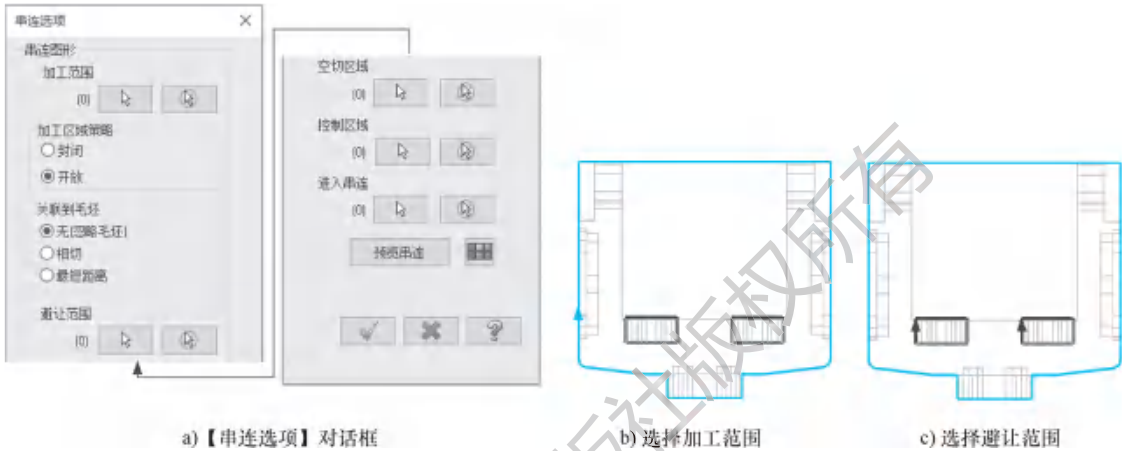


图 11-10 选择加工边界

3) 打开【切削参数】选项卡，设置切削参数如图 11-11 所示。



图 11-11 设置切削参数

打开【轴向分层切削】选项卡，设置【最大粗切步进量】为 0.5mm，勾选【不提刀】选项，其他参数按默认设置。

打开【进刀方式】选项卡，选择【螺旋进刀】选项，设置【半径】为4.0mm，其他参数如图11-12所示。

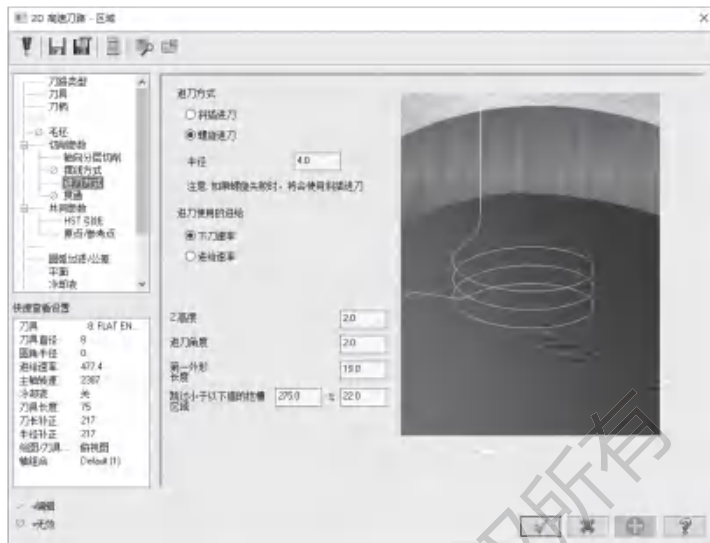


图 11-12 设置进刀方式

4) 打开【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为10.0mm，【下刀位置】为5.0mm，【工件表面】为0.0mm，【深度】为-11.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击 按钮，生成刀路，如图11-13所示。

4. 2D 高速刀路精加工（两耳朵凸块）

1) 复制“第3步：2D高速加工（2D区域）刀路”，在刚生成的第4步：2D高速加工（2D区域）刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D高速刀路-区域】对话框，打开【刀具】选项卡，修改【进给速率】为600.0mm/min，【下刀速率】为400.0mm/min，【主轴转速】为5000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【壁边预留量】和【底面预留量】都为0.0mm，其他参数按默认设置。

3) 单击【共同参数】选项，修改【工件表面】为-10.5mm，【深度】为-11.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图11-14所示。

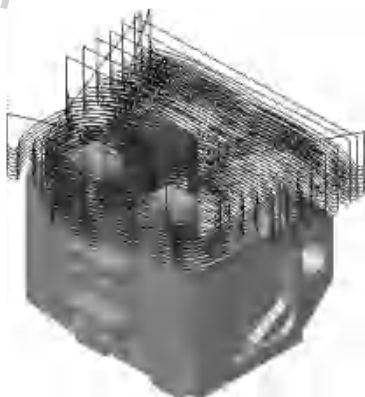


图 11-13 右面的 2D 高速区域粗加工刀路

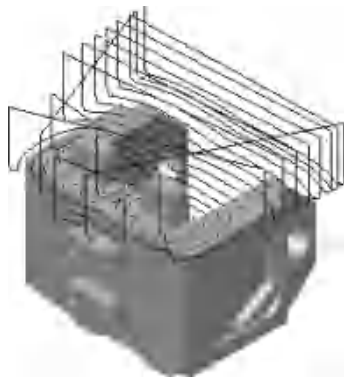


图 11-14 右面的 2D 高速区域精加工刀路

三、零件右面模拟加工

模拟结果如图 11-15 所示。

四、零件左面加工准备工作

选择机床：选择【机床】/【铣床】/【默认】命令，并将“机床群组 1”名称修改为“左面加工”。

五、编制刀路

1. 创建编程坐标系

打开第 2 图层（边界盒），关闭第 10 图层，新建第 20 层图（左面加工）。

在屏幕左下角单击【平面】选项，打开【平面】管理器，单击  按钮，选择【动态】选项，如图 11-16a 所示。将动态坐标系移至右面的正中心（即右面边界盒的两对角线交点）并单击确定，如图 11-16b 所示。

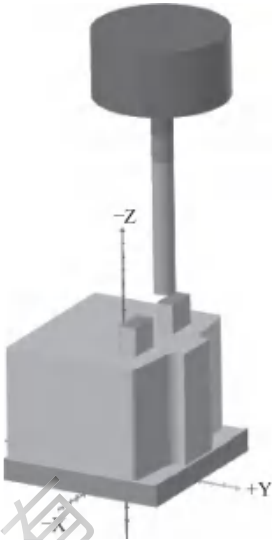
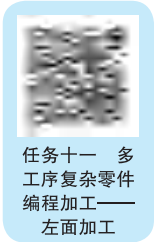


图 11-15 模拟结果

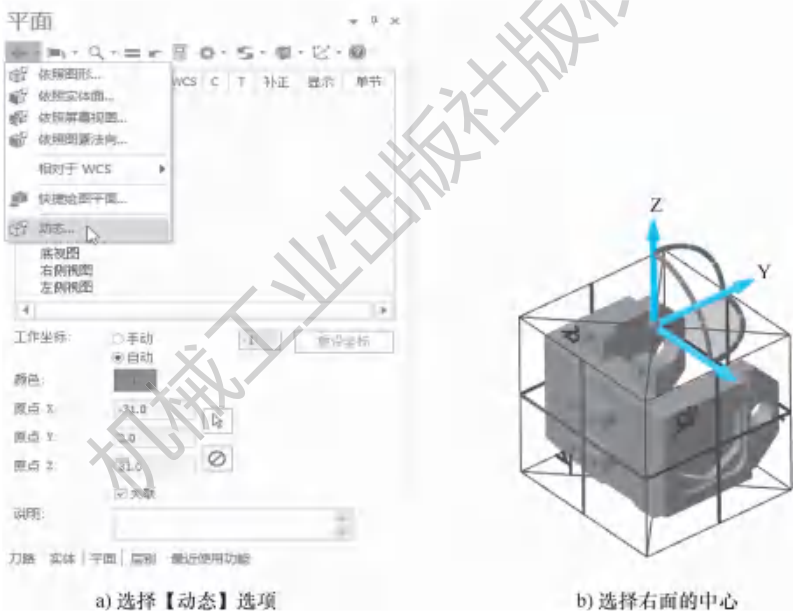


图 11-16 使用动态定面

在系统弹出的【新建平面】对话框中【Z:】选项空白处单击右键，在弹出的快捷菜单中选择【Z=点的 Z 坐标】选项，如图 11-17 所示。

选择右面的相对面，即左面边界盒的其中一条对角线的中点，如图 11-18a 所示。将光标指定到如图 11-18b 所示的位置出现刻度圆盘时单击，将光标绕着 X 轴逆时针方向旋转 180°，单击右键确定，结果如图 11-18c 所示。

在【新建平面】对话框中将【名称】修改为左面，分别勾选【设置当前 WCS】【刀具平面】和【绘图平面】，如图 11-19 所示，单击【确定】按钮.



图 11-17 选择【Z= 点的 Z 坐标】选项

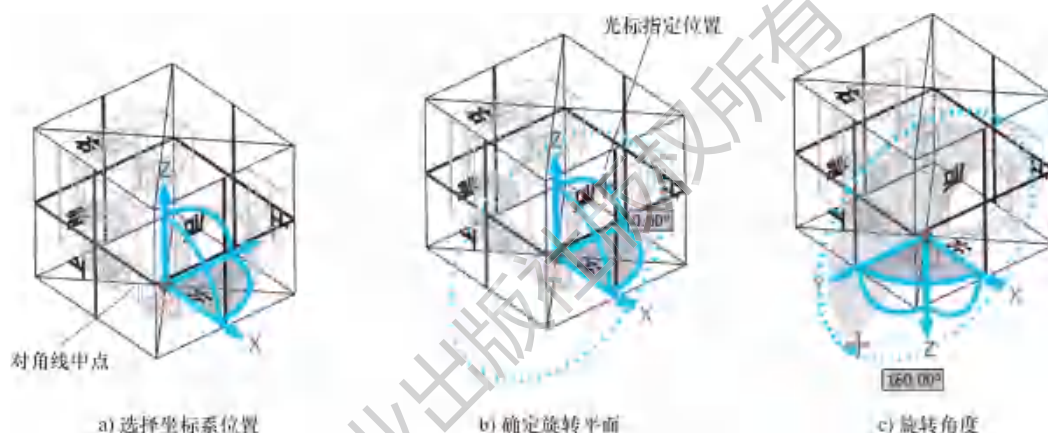


图 11-18 旋转坐标系



图 11-19 【新建平面】对话框

按下 <F9> 键, 关闭第 2 图层。新构建的左面编程坐标系如图 11-20a 所示, 需要特别注意的是, 图 11-20b 所示为该工序的装夹方向, 与“右面加工”工序不同。

操作提示: 对于新创建的坐标系若需要编辑修改时, 可在【平面】管理器中选择所需要编辑的坐标系名称后单击右键, 在弹出的快捷菜单中选择【编辑】选项即可。

将移至“左面加工”机床群组下的“刀具群组 2”目录下。

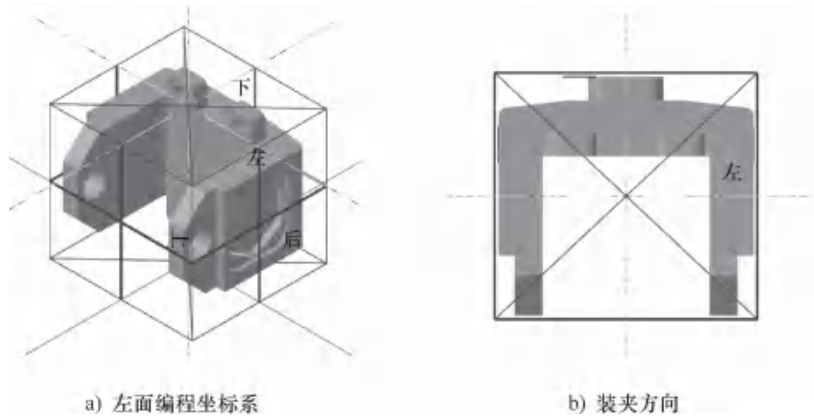


图 11-20 创建左面编程坐标系

同时选择“右面加工”机床群组下的“第 2 步：外形铣削（2D）”刀路、“第 3 步：2D 高速加工（2D 区域）”刀路和“第 4 步：2D 高速加工（2D 区域）”刀路，并单击右键，在弹出的快捷菜单中选择【复制】选项。在  处单击右键，在弹出的快捷菜单中选择【粘贴】选项，接受默认的 NC 名称，系统弹出【刀具管理】对话框，单击【否】按钮，如图 11-21 所示，以选择创建新的刀具。

2. 外形铣削精加工（U 形轮廓最大外形）

1) 在刚生成的第 5 步：外形铣削（2D）刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【补正方向】为【右】，其他参数按默认设置。

打开【XY 分层切削】选项卡，勾选【XY 分层切削】选项卡，设置【粗切】/【次】为 2，【间距】为 2.5mm，勾选【不提刀】选项。

3) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -11.0m，选择所有【绝对坐标】选项。

4) 打开【平面】选项卡，在【工作坐标系】中单击【选择 WCS 平面】按钮 ，系统弹出【视角选择】对话框，如图 11-22 所示，选择刚刚新建的【左面】并确定。

单击两次【复制】按钮 ，分别将【刀具平面】和【绘图层】的坐标系进行统一更改，勾选【显示相对于 WCS】选项，结果如图 11-23 所示。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图 11-24 所示。

操作提示：“左面加工”工序的加工特征与“右面加工”工序的加工特征相同，此处直接通过复制刀路后修改加工坐标系的方式进行编程，极大提高了编程的效率。

由于“右面加工”工序的加工坐标系 Y 轴与“左面加工”工序的加工坐标系 Y 轴刚好相反，因此刀具补正方向由原来的【左】更改为【右】，才能保证刀具补偿的正确性。读者可通过模拟路

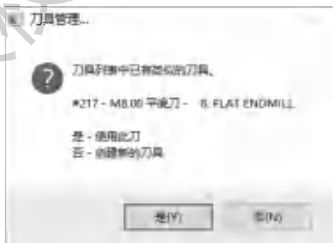


图 11-21 创建新的刀具



图 11-22 选择左面作为 WCS 平面

径的方式进行编程。



图 11-23 设置工作坐标系

3. 2D 高速刀路粗加工（两耳朵凸块）

在刚生成的第 6 步:2D 高速加工（2D 区域）刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D 高速刀路-2D 区域】对话框，打开【平面】选项卡，在【工作坐标系】中单击【选择 WCS 平面】按钮, 系统弹出【视角选择】对话框，如图 11-25 所示，选择刚刚新建的【左面】，并确定。

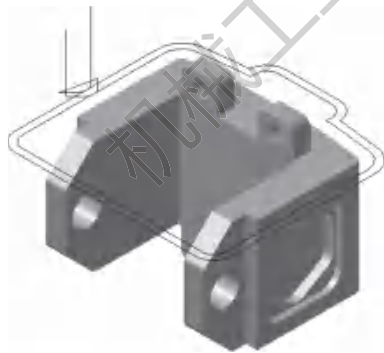


图 11-24 外形铣削精加工刀路

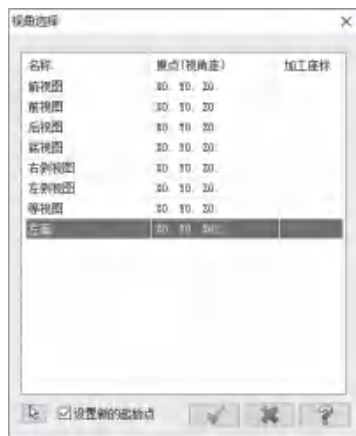


图 11-25 选择左面

分别单击【复制】按钮, 分别将【刀具平面】和【绘图层】的坐标系进行统一更改，勾选【显示相对于 WCS】选项，结果如图 11-26 所示。

单击【确定】按钮, 单击【重新生成所有无效操作】按钮, 生成刀路，如图 11-27 所示。

4. 2D 高速刀路精加工（两耳朵凸块）

参照上一步的操作方法将刚生成的第 7 步: 2D 高速加工（2D 区域）刀路的编程坐标系

同样修改为以【左面】为参照，单击【确定】按钮，单击【重新生成所有无效操作】按钮，生成刀路，如图 11-28 所示。



图 11-26 设置工作坐标系

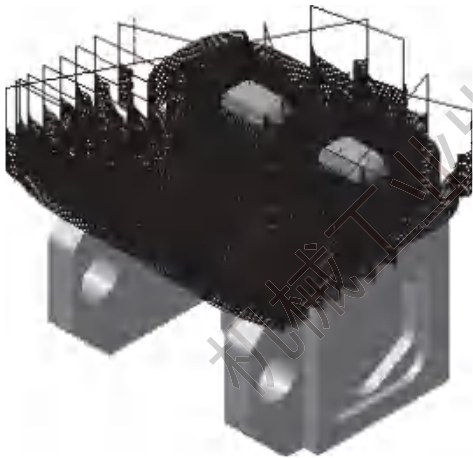


图 11-27 左面中心除料粗加工刀路



图 11-28 左面中心除料精加工刀路

六、零件左、右面实体模拟加工

在【刀路】管理器单击“右面加工”刀具群组，单击【插入】按钮，结果如图 11-29a 所示，模拟结果如图 11-29b 所示。

操作提示：当采用多个加工坐标系进行仿真加工时，为了统一毛坯参照，需激活第一个毛坯参数。

对于复杂的编程，特别是多工序编程加工的零件，在编程的过程中需要多运用模拟仿真来调试验证程序编制的正确与否，以提高编程的正确率。

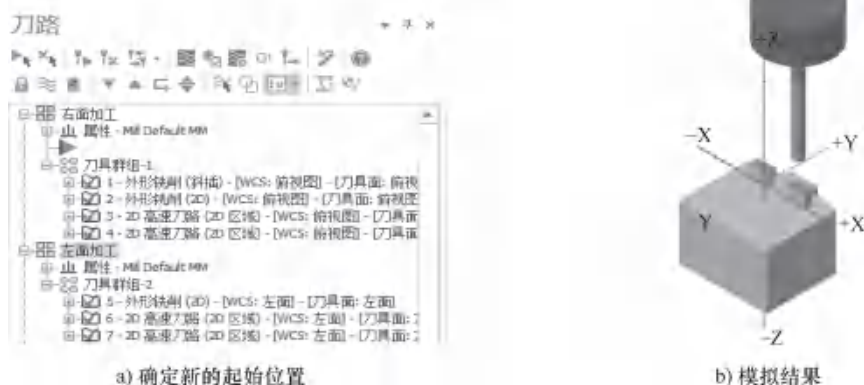


图 11-29 模拟仿真加工

七、零件下面加工准备工作

选择机床：选择【机床】/【铣床】/【默认】命令，并将“机床群组 1”名称修改为“下面加工”。

八、编制刀路

1. 创建编程坐标系

打开第 2 图层（边界盒）和第 3 图层（方位文字），关闭第 20 图层，新建第 30 层图（下面加工）。

在屏幕左下角单击【平面】选项，打开【平面】管理器，单击 按钮，选择【按图形定面】选项，将零件调整至下面朝上，分别选择中心的水平线和垂直线，系统弹出【选择平面】对话框，通过单击【下一视角】按钮 ，将坐标系调整至如图 11-30a 所示位置，单击【确定】按钮 。在【新建平面】对话框中将【名称】修改为【下面】，并勾选【设置为 WCS】选项，如图 11-30b 所示。单击【确定】按钮 .

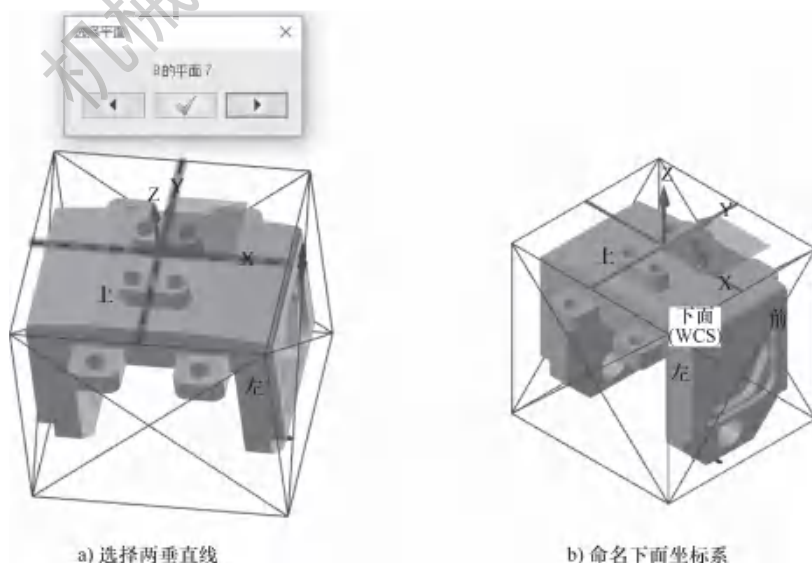


图 11-30 按图形创建零件下面的编程坐标系



任务十一 多
工序复杂零件
编程加工——
下面加工

按下 <F9> 键，关闭第 2 图层和第 3 图层。新构建的零件下面编程坐标系如图 11-31a 所示，图 11-31b 所示为该工序的装夹方向。

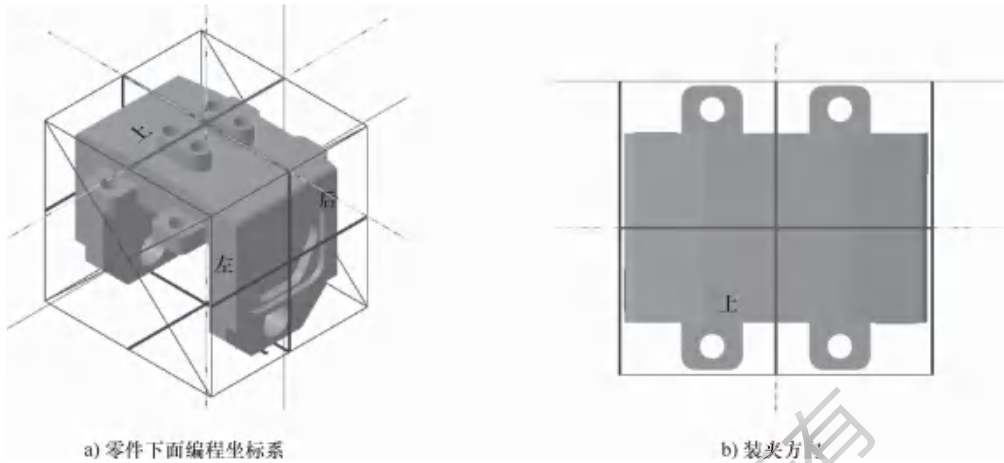


图 11-31 创建零件下面编程坐标系

在菜单栏选择【线框】/【单一边界】命令，依次选择两个高度为 6.0mm 的凸台所有边界线，并确定，结果如图 11-32 所示。

采用相同的方法继续提取生成凸台的平底面和两耳朵凸块的边界线，结果如图 11-33 所示。

将如图 11-33 所示 4 条竖直线以延长 -2.0mm 的形式进行缩短，结果如图 11-34a 所示。采用直线进行首尾相连和在绘制直线命令中指定水平线长度为 6.0mm 的形式绘制其他的直线，结果如图 11-34b 所示。

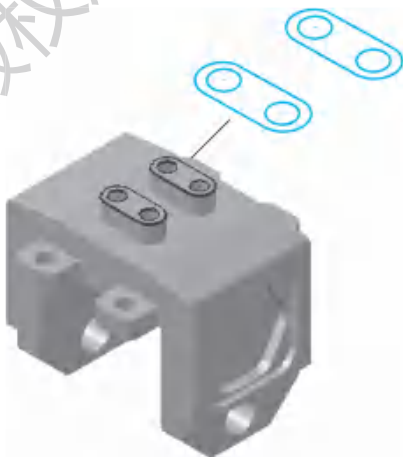


图 11-32 提取凸台的所有边界线

2. 外形铣削精加工（两凸台平底面）

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，选择如图 11-35 所示最大矩形，箭头起始位置即为选择的位置，此时刀具补偿方向为左补偿，单击【确定】按钮 ☒。

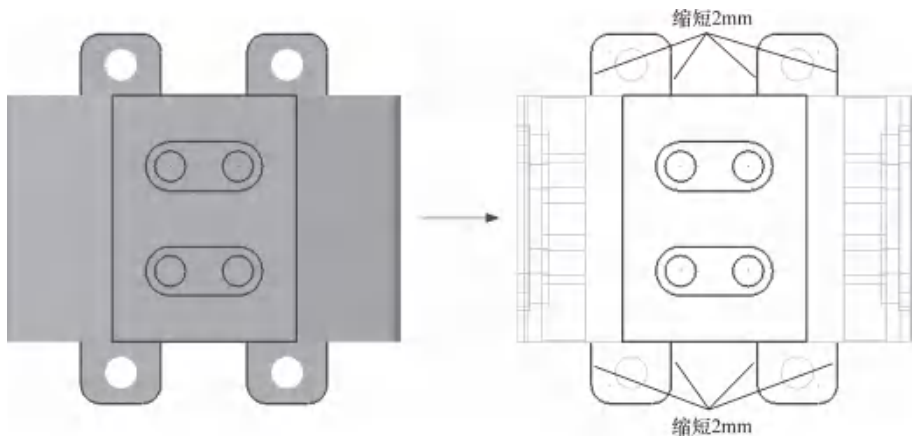


图 11-33 继续提取生成其他边界线

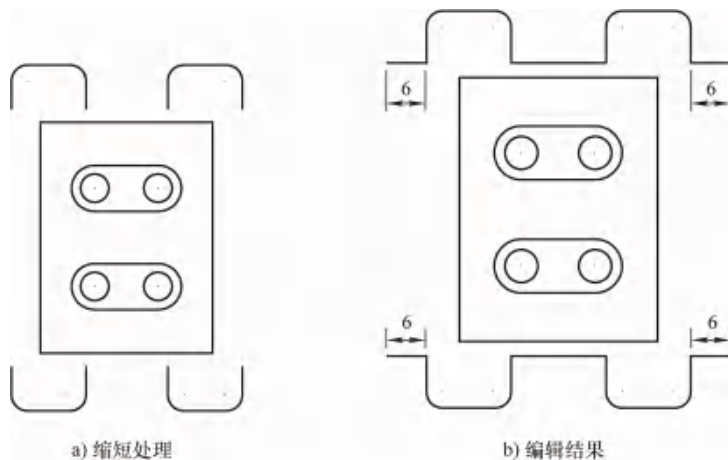


图 11-34 编辑两耳朵凸块的边界线

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 创建直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】400.0mm/min, 【下刀速率】为 200.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【关】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】和【圆弧】/【半径】为 4.0mm, 【扫描角度】为 90.0°, 单击按钮 , 即将进、退刀参数设为一致。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -7.0mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-36 所示。

3. 外形铣削精加工 (两凸台侧面)

1) 选择【刀路】/【外形】命令, 系统弹出【线框串连】对话框, 选择如图 11-37 所示凸台边界线, 箭头起始位置即为选择的位置, 此时刀具补偿方向为左补偿, 单击【确定】按钮 .

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】400.0mm/min, 【下刀速率】为 200.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【左】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

打开【XY 分层切削】选项卡, 勾选【XY 分层切削】选项, 设置【粗切】/【次】为 1,

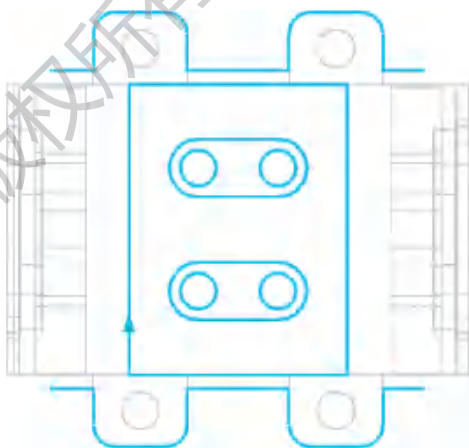


图 11-35 选择加工边界

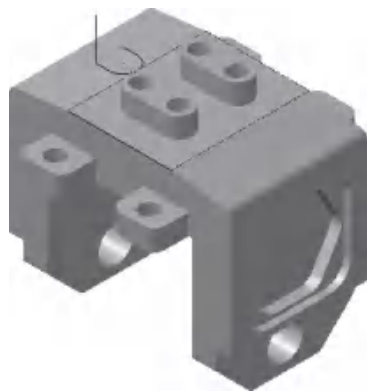


图 11-36 外形铣削精加工刀路

【间距】为 4.0mm，【精修】/【次】为 1，【间距】为 0.3mm。

打开【进/退刀设置】选项卡，设置【调整轮廓的起始位置】和【调整轮廓的终止位置】都为 15.0mm。

操作提示：由于两凸台的距离很近，因此需要特别注意进、退刀，避免过切。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -7.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-38 所示。

4. 外形铣削精加工（4 个耳朵凸块侧面）

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，选择如图 11-39 所示耳朵凸块轮廓线段，箭头起始位置即为选择的位置，此时刀具补偿方向为左补偿，单击【确定】按钮 。

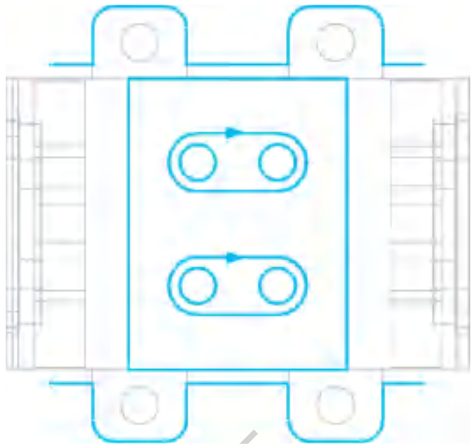


图 11-37 选择加工边界

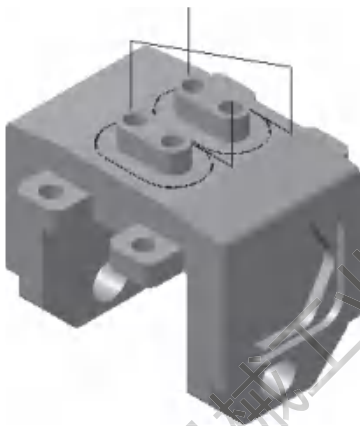


图 11-38 外形铣削精加工刀路

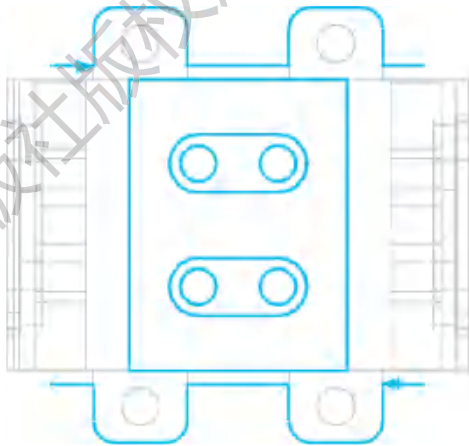


图 11-39 选择加工边界

操作提示：此处通过外形铣削刀路采用刀具的侧刃加工 4 个耳朵的圆角部位，有利于获得好的表面质量。通过提取轮廓线和构建辅助线有利于优化刀路。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框，打开【刀具】选项卡，选择直径为 8mm 的平底刀，设置【进给速率】400.0mm/min，【下刀速率】为 200.0mm/min，【主轴转速】为 3000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，设置【补正方向】为【左】，【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm，其他参数按默认设置。

打开【XY 分层切削】选项卡，勾选【XY 分层切削】选项，设置【粗切】/【次】为 1，【间距】为 4.0mm，【精修】/【次】为 1，【间距】为 0.3mm。

打开【进/退刀设置】选项卡，不勾选【进/退刀设置】选项。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -23.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-40 所示。

5. 钻孔（两凸台 4 个螺纹孔的底孔）

1) 选择【刀路】/【钻孔】命令，系统弹出【选取钻孔的点】对话框，选择如图 11-41 所示 4 个孔的圆心位置，单击【确定】按钮 .

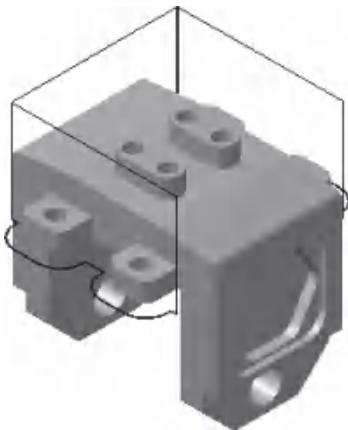


图 11-40 外形铣削精加工刀路

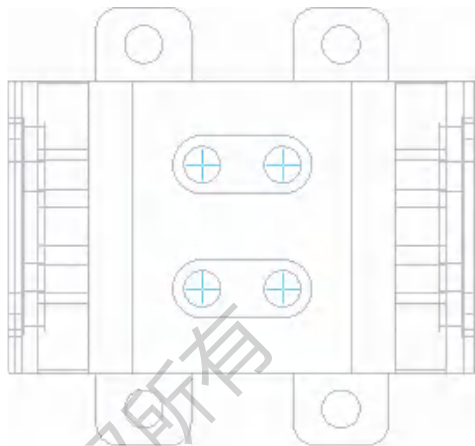


图 11-41 选择孔的圆心

2) 系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 4.2mm 的钻头，设置【进给速率】为 200.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 900.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，选择【循环方式】为【深孔啄钻（G83）】，设置【Peck】为 1.0mm。

4) 单击【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -11.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-42 所示。

6. 攻螺纹（两凸台 4 个螺纹孔）

1) 复制钻孔下的第 8 步刀路，在刚生成的第 9 步：深孔啄钻（G83）刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 5mm 的右牙刀，设置【进给速率】为 200.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 900.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

2) 打开【切削参数】选项卡，设置【循环方式】为【攻螺纹（G84）】。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图 11-43 所示。

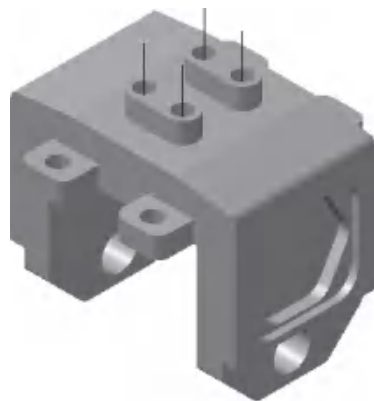


图 11-42 螺纹预钻孔

7. 钻孔（4 个耳朵凸块钻中心孔）

1) 选择【刀路】/【钻孔】命令，系统弹出【选取钻孔的点】对话框，选择如图 11-44 所示耳朵凸块的 4 个通孔圆心，单击【确定】按钮 .

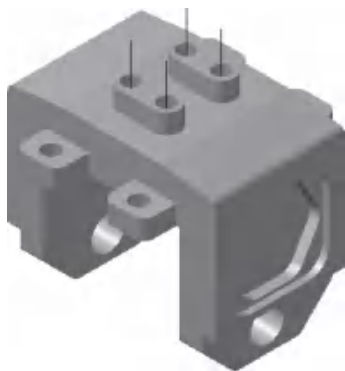


图 11-43 攻螺纹刀路

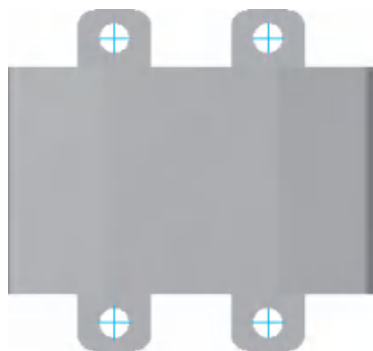


图 11-44 选择孔的圆心

2) 系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 4.2mm 的钻头，设置【进给速率】为 200.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 900.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，选择【循环方式】为【深孔啄钻 (G83)】，设置【Peck】为 1.0mm。

4) 单击【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 -15.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -23.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-45 所示。

8. 钻孔（4 个耳朵凸块钻孔、扩孔）

复制第 13 步刀路。在刚生成的第 14 步：深孔啄钻 (G83) 刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 5mm 的平底刀，设置【进给速率】为 300.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 900.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图 11-46 所示。

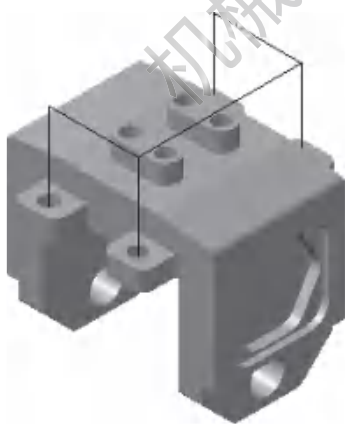


图 11-45 钻中心孔

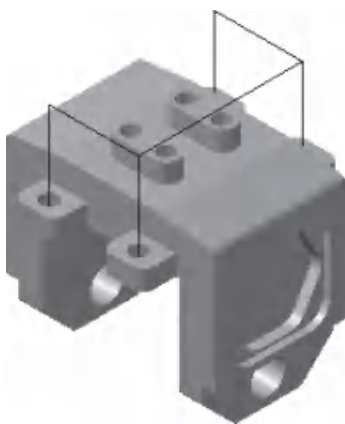


图 11-46 扩孔刀路

9. 钻孔（4 个耳朵凸块铰孔）

复制第 14 步刀路。在刚生成的第 14 步：深孔啄钻 (G83) 刀路的目录下单击【参数】选

项，系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 5.2mm 的铰刀，设置【进给速率】为 300.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 900.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

单击【确定】按钮，单击【重新生成所有无效操作】按钮，生成刀路，如图 11-47 所示。

九、零件左、右、下面实体模拟加工

在【刀路】管理器单击“右面加工”刀具群组，单击【插入】按钮，选择所有刀路进行模拟，结果如图 11-48 所示。

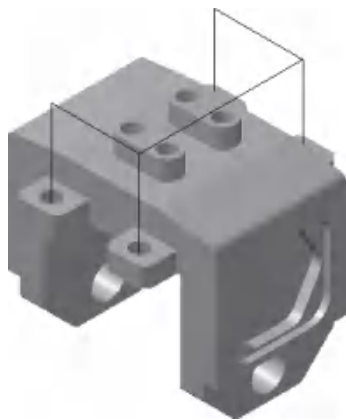


图 11-47 铰孔刀路

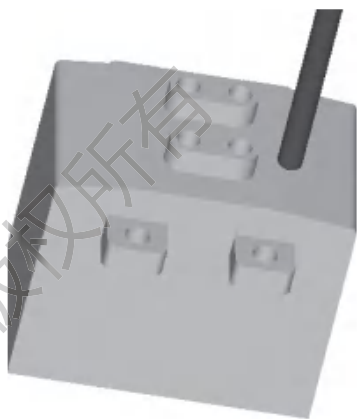


图 11-48 模拟仿真加工

十、零件后面加工准备工作

选择机床：

选择【机床】/【铣床】/【默认】命令，并将“机床群组 1”名称修改为“后面加工”。

十一、编制刀路

1. 创建编程坐标系

打开第 2 图层（边界盒）和第 3 图层（方位文字），关闭第 30 图层，新建第 40 层图（后面加工）。

在屏幕左下角单击【平面】选项，打开【平面】管理器，单击按钮，选择【按图形定面】选项，将图中零件调整至下面朝上，分别选择中心的水平线和垂直线，系统弹出【选择平面】对话框，通过单击【下一视角】按钮，将坐标系调整至如图 11-49a 所示，单击【确定】按钮。在【新建平面】对话框将【名称】修改为后面，分别勾选【设置当前 WCS】【刀具平面】和【绘图平面】，如图 11-49b 所示。单击【确定】按钮。

按下 <F9> 键，关闭第 2 图层和第 3 图层。新构建的后面编程坐标系如图 11-50a 所示，图 11-50b 所示为该工序的装夹方向。



任务十一 多
工序复杂零件
编程加工——
后面加工

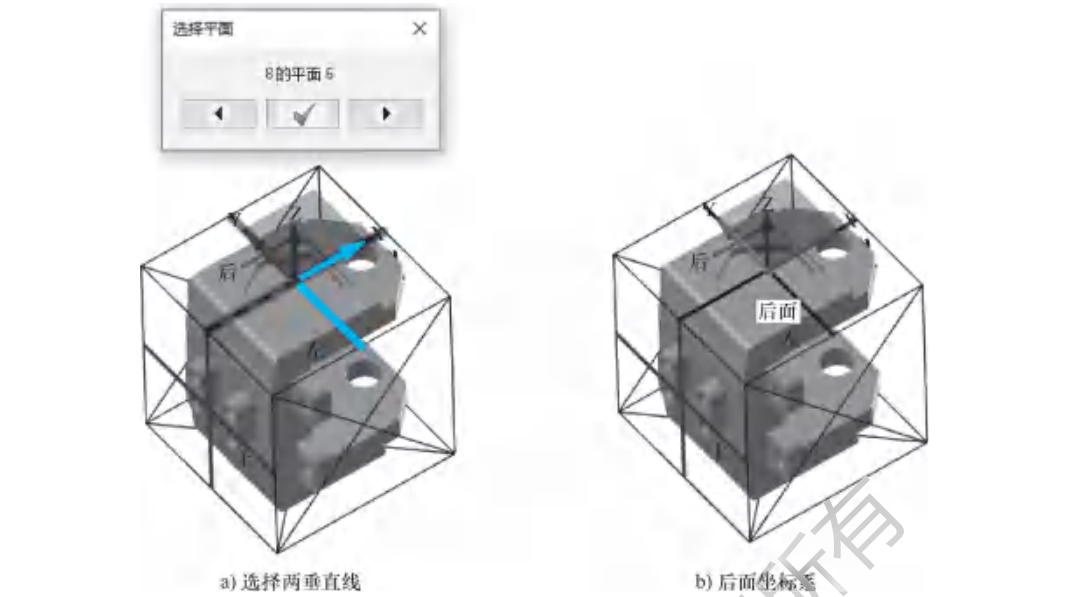


图 11-49 按图形创建零件后面的编程坐标系

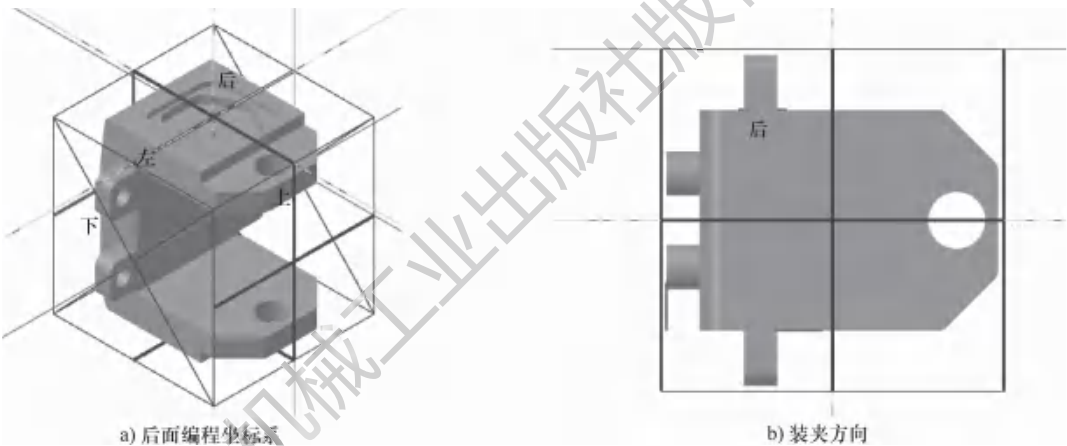


图 11-50 创建零件后面编程坐标系

2. 标准挖槽粗加工（正六边形凹槽）

1) 选择【刀路】/【标准挖槽】命令，系统弹出【线框串连】对话框，以【实体】的形式，选择如图 11-51 所示正六边形表面，单击【确定】按钮。

2) 系统弹出【2D 刀路-2D 挖槽】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 8mm 的平底刀，设置【进给速率】为 1000.0mm/min，【下刀速率】为 200.0mm/min，【主轴转速】为 3000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，设置【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm，其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡，选择【等距环切】选项，设置【切削间距（距离）】为 4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【进刀方式】选项卡，选择【螺旋】选项，设置【最小半径】为 2.0mm，【最大半径】为

4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡，设置【次】为1，【切削间距（距离）】为0.25mm，其他参数按默认设置。

打开【轴向分层切削】选项卡，设置【最大粗切步进量】为1.0mm，其他参数按默认设置。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为10.0mm，【下刀位置】为5.0mm，【工件表面】为0.0mm，【深度】为-6.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-52 所示。



图 11-51 选择正六边形表面作为加工边界

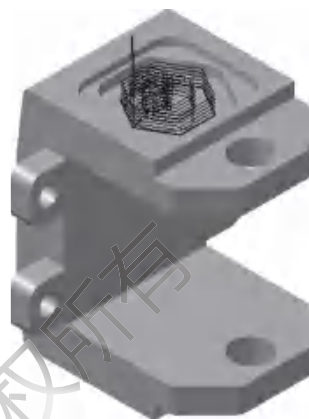


图 11-52 挖槽铣削粗加工刀路

3. 标准挖槽精加工（正六边形凹槽）

1) 复制第16步刀路。在刚生成的第17步：2D挖槽（标准）刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D刀路-钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，修改【进给速率】为400.0mm/min，【主轴转速】为4000.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【壁边预留量】和【底面预留量】为0.0mm，其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡，选择【等距环切】选项，设置【切削间距（距离）】为4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡，不勾选【精修】选项。

打开【轴向分层切削】选项卡，不勾选【深度切削】选项。

3) 单击【共同参数】选项，修改【工件表面】为-5.5mm。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图 11-53 所示。



图 11-53 挖槽铣削精加工刀路

4. 外形铣削粗加工（矩形台阶）

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，以【实体】的形式选择如图 11-54 所示外形轮廓线，注意箭头方向，此时刀具补偿方向为右补偿，单击【确定】按钮 。

2) 系统弹出【2D刀路-外形铣削】对话框，打开【刀具】选项卡，选择直径为8mm的平底刀，设置【进给速率】为800.0mm/min，【下刀速率】为200.0mm/min，【主轴转速】为

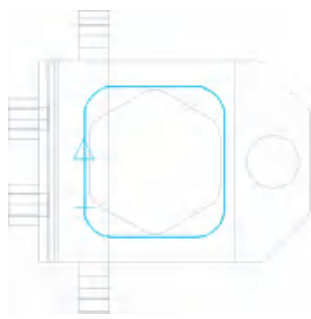


图 11-54 选择加工边界

3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【右】, 【外形铣削方式】为【斜插】, 选择【斜插方式】为【深度】, 设置【斜插深度】为 0.5mm, 勾选【在最终深度处补平】选项, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】和【圆弧】都为 50%, 单击按钮 , 即将进、退刀参数设为一致。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -6.5m, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-55 所示。

5. 外形铣削精加工 (矩形台阶)

1) 复制“第 17 步: 外形铣削 (斜插)”刀路, 在刚生成的第 18 步: 外形铣削 (斜插) 刀路的目录下单击【参数】选项。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 修改【进给速率】为 400mm/min, 【主轴转速】为 3500.0r/min, 【下刀速率】为 2000mm/min, 【提刀速率】为 3000mm/min, 勾选【快速提刀】复选框, 其他选项都不勾选, 其他参数按默认设置。

3) 打开【切削参数】选项卡, 修改【外形铣削方式】为【2D】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-56 所示。

6. 外形铣削粗加工 (台阶)

1) 选择【刀路】/【外形】命令, 系统弹出【线框串连】对话框, 以【实体】的形式选择如图 11-57 所示台阶的外形轮廓线, 注意箭头方向, 此时刀具补偿方向为右补偿, 单击【确定】按钮 。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】为 800.0mm/min, 【下刀速率】为 500.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【右】, 【外形铣削方式】为【斜插】, 选择【斜插方式】为【深度】, 设置【斜插深度】为 0.5mm, 勾选【在最终深度处补平】选项, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】为 6.0mm, 【圆弧】为

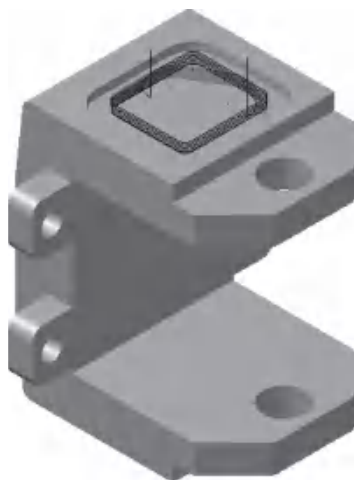


图 11-55 外形铣削粗加工刀路



图 11-56 外形铣削精加工刀路

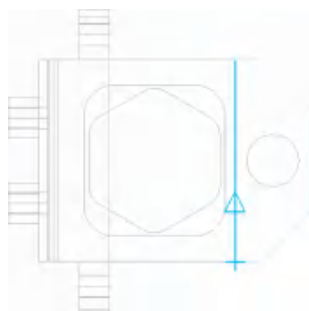


图 11-57 选择加工边界

0.0mm，单击按钮，即将进、退刀参数设为一致。

打开【XY 分层切削】选项卡，勾选【XY 分层切削】选项，设置【粗切】/【次】为 3，【间距】为 5.0mm，【精修】/【次】为 1，【间距】为 0.3mm。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -5.0m，选择所有【绝对坐标】选项。

单击按钮，生成刀路，如图 11-58 所示。

7. 外形铣削精加工（台阶）

1) 复制“第 20 步：外形铣削（斜插）”刀路，在刚生成的第 21 步：外形铣削（斜插）刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框，修改【进给速率】为 400.0mm/min，【主轴转速】为 5000.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【外形铣削方式】为【2D】，修改【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm，其他参数按默认设置。

单击【确定】按钮，单击【重新生成所有无效操作】按钮，生成刀路，如图 11-59 所示。

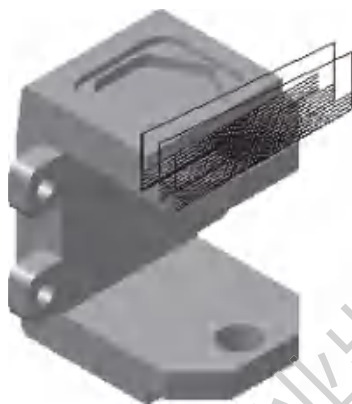


图 11-58 外形铣削精加工刀路

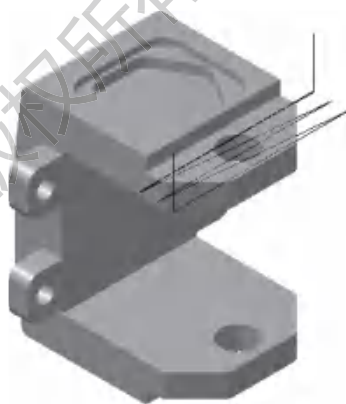


图 11-59 外形铣削精加工刀路

8. 外形铣削粗加工（倒角）

在菜单栏选择【绘图】/【曲面曲线】/【单一边界】命令，依次选择如图 11-60 所示台阶表面的边界，结果如图 11-60 所示。

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，如图 11-61 所示选取边界线的上方为起始边，注意箭头方向，此时刀具补偿方向为左补偿，单击【确定】按钮。

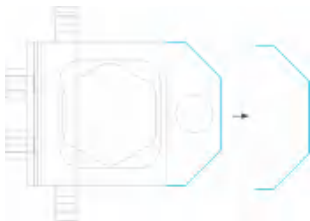


图 11-60 提取台阶边界线

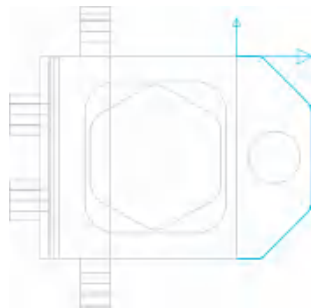


图 11-61 选择加工边界

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】为 800.0mm/min, 【下刀速率】为 500.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【左】, 【外形铣削方式】为【斜插】, 选择【斜插方式】为【深度】, 设置【斜插深度】为 0.5mm, 勾选【在最终深度处补平】选项, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】为 0.0mm, 【圆弧】为 2.0mm, 单击按钮 , 即将进、退刀参数设为一致。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 -5.0mm, 【深度】为 -62.0mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-62 所示。

9. 外形铣削精加工（倒角）

1) 复制“第 22 步：外形铣削（斜插）”刀路, 在刚生成的第 23 步：外形铣削（斜插）刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 修改【进给速率】为 400.0mm/min, 【主轴转速】为 5000.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡, 修改【外形铣削方式】为【2D】, 修改【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-63 所示。



图 11-62 外形铣削粗加工刀路

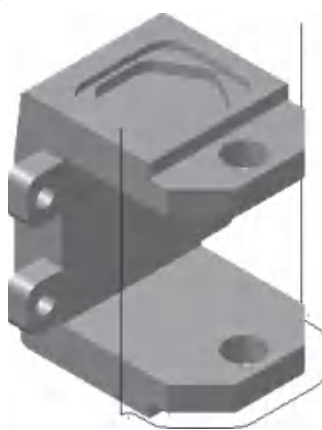


图 11-63 外形铣削精加工刀路

10. 钻孔（ $\phi 10.3\text{mm}$ 孔钻中心孔）

1) 选择【刀路】/【钻孔】命令, 系统弹出【选取钻孔的点】对话框, 选择如图 11-64 所示 $\phi 10.3\text{mm}$ 孔的圆心, 单击【确定】按钮 。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框, 打开【刀具】选项卡, 创建直径为 9mm 的钻头, 设置【进给速率】为 800.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 选择【循环方式】为【深孔啄钻 (G83)】, 设置【Peck】为 1.5mm。

4) 打开【共同参数】选项卡, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 -5.0mm, 【工

件表面】为 0.0mm,【深度】为 -63.0mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-65 所示。

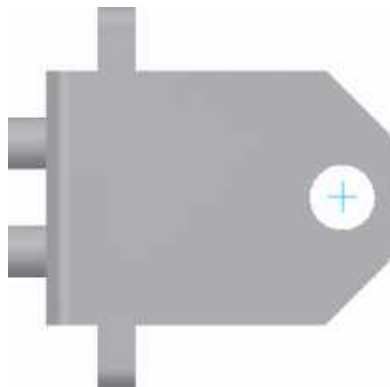


图 11-64 选择孔的圆心

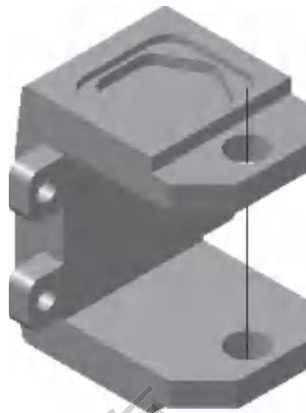


图 11-65 钻中心孔

11. 钻孔 ($\phi 10.3\text{mm}$ 孔扩孔)

1) 复制第 24 步刀路。在刚生成的第 25 步: 深孔啄钻 (G83) 刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框, 打开【刀具】选项卡, 创建直径为 10.0mm 的平底刀, 设置【进给速率】为 500.0mm/min,【下刀速率】为 100.0mm/min,【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

2) 打开【切削参数】选项卡, 修改【循环方式】为【Dill/Counterbore】。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-66 所示。

12. 钻孔 ($\phi 10.3\text{mm}$ 孔铰孔)

复制第 25 步刀路。在刚生成的第 26 步: 铰孔刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框, 打开【刀具】选项卡, 创建直径为 10.3mm 的铰刀, 设置【进给速率】为 300.0mm/min,【下刀速率】为 100.0mm/min,【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-67 所示。



图 11-66 扩孔刀路



图 11-67 铰孔刀路

十二、零件左、右、下、后面实体模拟加工

在【刀路】管理器单击“右面加工”刀具群组，单击【插入】按钮，选择所有刀路进行模拟，模拟结果如图 11-68 所示。

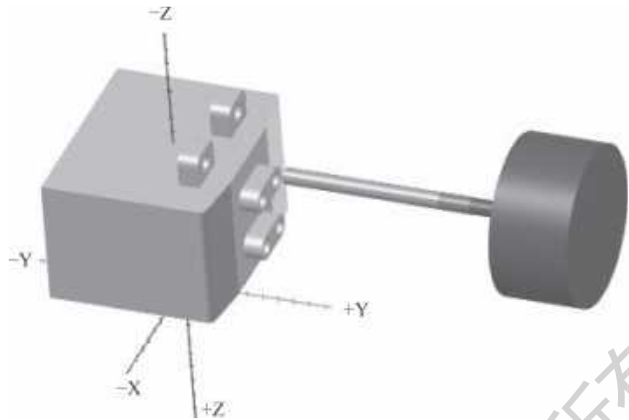


图 11-68 仿真结果

十三、零件前面加工准备工作

选择机床：选择【机床】/【铣床】/【默认】命令，并将“机床群组 1”名称修改为“前面加工”。

十四、编制刀路

1. 创建编程坐标系

打开第 2 图层（边界盒）和第 3 图层（方位文字），关闭第 30 图层，打开第 50 图层（前面加工）。

在屏幕左下角单击【平面】选项，打开【平面】管理器，单击按钮，选择【按图形定面】选项，将图中零件调整至下面朝上，分别选择中心的水平线和垂直线，系统弹出【选择平面】对话框，通过单击【下一视角】按钮，将坐标系调整至如图 11-69a 所示位置，单击【确定】按钮。在【新建平面】对话框将【名称】修改为【前面】，分别勾选【设置当前 WCS】【刀具平面】和【绘图平面】，如图 11-69b 所示。单击【确定】按钮.

按下 <F9> 键，关闭第 2 图层和第 3 图层。新构建的零件下面编程坐标系如图 11-70a 所示，图 11-70b 所示为该工序的装夹方向。

将移至“前面加工”机床群组下的“刀具群组 2”目录下。

打开并显示第 50 图层。

2. 标准挖槽粗加工（正六边形凹槽）

1) 选择【刀路】/【标准挖槽】命令，系统弹出【线框串连】对话框，以【实体】的形式选择如图 11-71 所示正六边形线框，单击【确定】按钮.

2) 系统弹出【2D 刀路-2D 挖槽】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 8mm 的平底刀，设置【进给速率】为 1000.0mm/min，【下刀速率】为 200.0mm/min，【主轴转速】为 3000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。



任务十一 多
工序复杂零件
编程加工——
前面加工

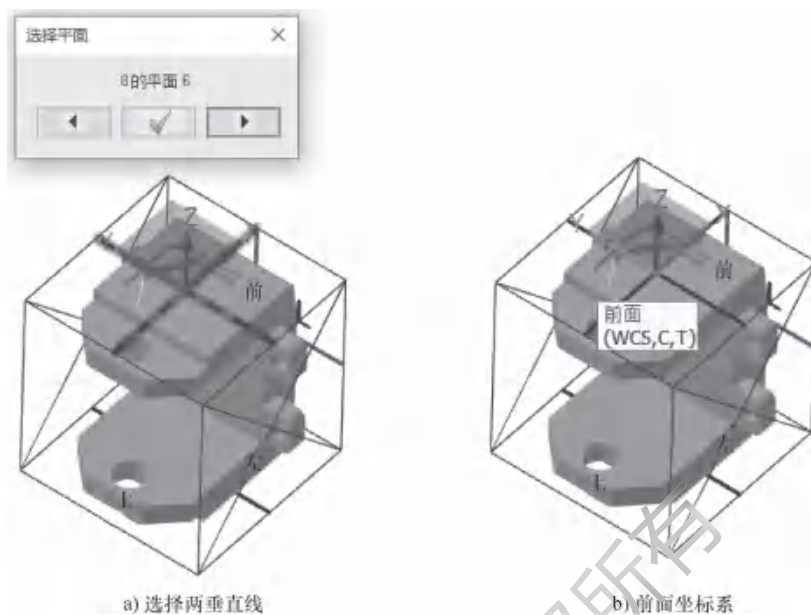


图 11-69 按图形创建零件前面的编程坐标系

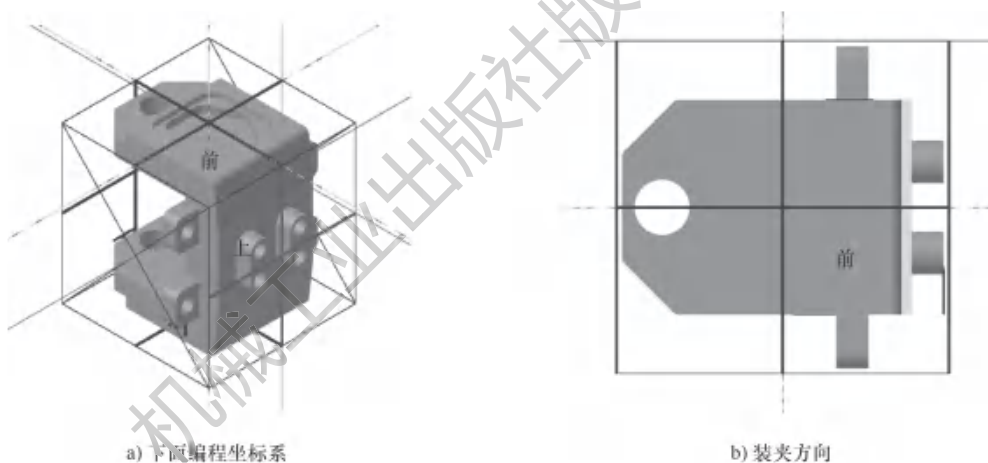


图 11-70 创建零件下面编程坐标系

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡, 选择【等距环切】选项, 设置【切削间距(距离)】为 4.0mm, 其他参数按默认设置。

打开【进刀方式】选项卡, 选择【螺旋】选项, 设置【最小半径】为 2.0mm, 【最大半径】为 4.0mm, 其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡, 设置【次】为 1, 【切削间距(距离)】为 0.25mm, 其他参数按默认设置。

打开【轴向分层切削】选项卡, 设置【最大粗切步进量】为 1.0mm, 其他参数按默认设置。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -6.0mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路如图 11-72 所示。



图 11-71 选择正六边形表面作为加工边界



图 11-72 挖槽铣削粗加工刀路

3. 标准挖槽精加工（正六边形凹槽）

1) 复制第 27 步刀路。在刚生成的第 28 步:2D 挖槽（标准）刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路 - 钻孔】对话框，打开【刀具】选项卡，修改【进给速率】为 400.0mm/min，【主轴转速】为 4000.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm，其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡，选择【等距环切】选项，设置【切削间距（距离）】为 4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡，不勾选【精修】选项。

打开【轴向分层切削】选项卡，不勾选【深度切削】选项。

单击【确定】按钮 ，单击【重新生成所有无效操作】按钮 ，生成刀路，如图 11-73 所示。

4. 外形铣削粗加工（矩形台阶）

1) 选择【刀路】/【外形】命令，系统弹出【线框串连】对话框，以【线框】的形式选择如图 11-74 所示外形轮廓线，注意箭头方向，此时刀具补偿方向为右补偿，单击【确定】按钮 。



图 11-73 挖槽铣削精加工刀路

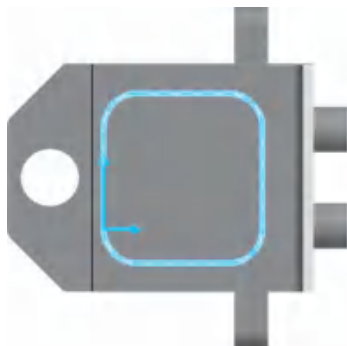


图 11-74 选择加工边界

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】为 800.0mm/min, 【下刀速率】为 200.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【右】, 【外形铣削方式】为【斜插】, 选择【斜插方式】为【深度】, 设置【斜插深度】为 0.5mm, 勾选【在最终深度处补平】选项, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm, 其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】和【圆弧】都为 50%, 单击按钮 , 即将进、退刀参数设为一致。

4) 单击【共同参数】选项, 设置【参考高度】为 10.0mm, 【下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -3.0mm, 选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮, 生成刀路, 如图 11-75 所示。

5. 外形铣削精加工 (矩形台阶)

1) 复制“第 29 步: 外形铣削 (斜插)”刀路, 在刚生成的第 30 步: 外形铣削 (斜插) 刀路的目录下单击【参数】选项。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 修改【进给速率】为 400mm/min, 【主轴转速】为 3500.0r/min, 【下刀速率】为 2000mm/min, 【提刀速率】为 3000mm/min, 勾选【快速提刀】复选框, 其他选项都不勾选, 其他参数按默认设置。

3) 打开【切削参数】选项卡, 修改【外形铣削方式】为【2D】, 【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm, 其他参数按默认设置。

单击【确定】按钮 , 单击【重新生成所有无效操作】按钮 , 生成刀路, 如图 11-76 所示。

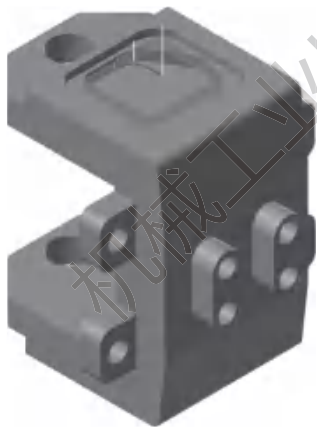


图 11-75 外形铣削粗加工刀路



图 11-76 外形铣削精加工刀路

6. 外形铣削粗加工 (台阶)

1) 选择【刀路】/【外形】命令, 系统弹出【线框串连】对话框, 以【线框】/【单体】的形式选择如图 11-77 所示台阶的外形轮廓线, 注意箭头方向, 此时刀具补偿方向为左补偿, 单击【确定】按钮 。

2) 系统弹出【2D 刀路 - 外形铣削】对话框, 打开【刀具】选项卡, 选择直径为 8mm 的平底刀, 设置【进给速率】为 800.0mm/min, 【下刀速率】为 500.0mm/min, 【主轴转速】为 3000.0r/min, 勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，设置【补正方向】为【左】，【外形铣削方式】为【斜插】，选择【斜插方式】为【深度】，设置【斜插深度】为 0.5mm，勾选【在最终深度处补平】选项，【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.35mm，其他参数按默认设置。

打开【进/退刀设置】选项卡，选择【相切】选项，设置【长度】为 6.0mm，【圆弧】为 0.0mm，单击按钮，即将进、退刀参数设为一致。

打开【XY 分层切削】选项卡，勾选【XY 分层切削】选项，设置【粗切】/【次】为 3，【间距】为 5.0mm，【精修】/【次】为 1，【间距】为 0.3mm。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -5.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击按钮，生成刀路，如图 11-78 所示。

7. 外形铣削精加工（台阶）

1) 复制“第 31 步：外形铣削（斜插）”刀路，在刚生成的第 32 步：外形铣削（斜插）刀路的目录下单击【参数】选项。系统弹出【2D 刀路-外形铣削】对话框，修改【进给速率】为 400.0mm/min，【主轴转速】为 3500.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【外形铣削方式】为【2D】，修改【壁边预留量】和【底面预留量】为 0.0mm，其他参数按默认设置。

单击【确定】按钮，单击【重新生成所有无效操作】按钮，生成刀路，如图 11-79 所示。

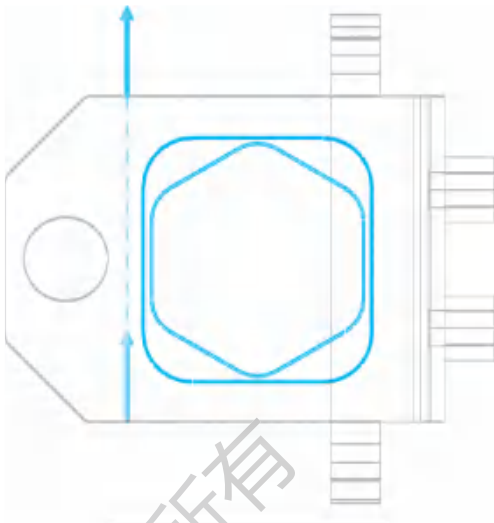


图 11-77 选择加工边界

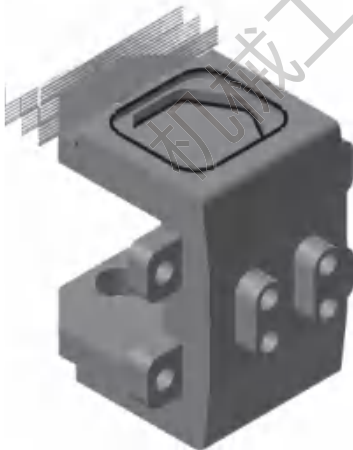


图 11-78 外形铣削精加工刀路

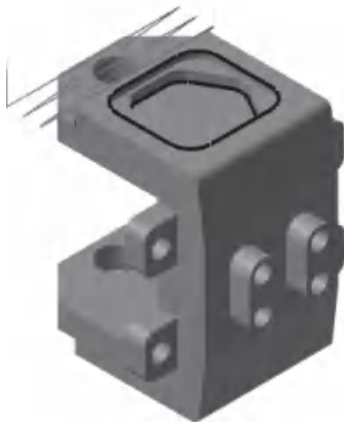


图 11-79 外形铣削精加工刀路

十五、零件左、右、下、前、后面实体模拟加工

在【刀路】管理器单击“右面加工”刀具群组，单击【插入】按钮，选择所有加工刀路进

行模拟，模拟结果如图 11-80 所示。

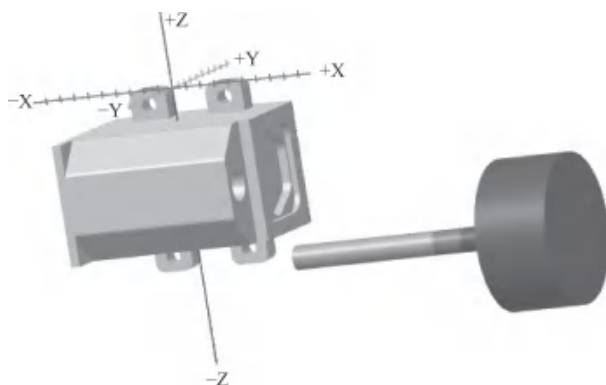


图 11-80 仿真结果

十六、零件上面加工准备工作

选择机床：选择【机床】/【铣床】/【默认】命令，并将“机床群组 1”名称修改为“上面加工”。

十七、编制刀路

1. 创建编程坐标系

打开第 2 图层（边界盒）和第 3 图层（方位文字），关闭第 30 图层，新建第 60 层图（上面加工）。在屏幕左下角单击【平面】选项，打开【平面】管理器，单击 按钮，选择【按图形定面】选项，将图中零件调整至下面朝上，分别选择中心的水平线和垂直线，系统弹出【选择平面】对话框，通过单击【下一视角】按钮 ，将坐标系调整至如图 11-81a 所示位置，单击【确定】按钮 。在【新建平面】对话框将【名称】修改为【上面】，分别勾选【设置当前 WCS】【刀具平面】和【绘图平面】，如图 11-81b 所示。单击【确定】按钮 。



任务十一 多
工序复杂零件
编程加工——
上面加工

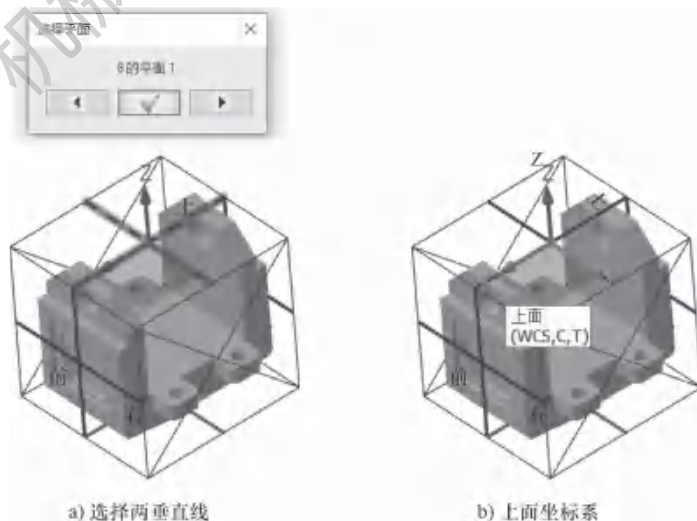


图 11-81 按图形创建零件前面的编程坐标系

按下 <F9> 键，关闭第 2 图层和第 3 图层。新构建的零件上面编程坐标系如图 11-82a 所示，图 11-82b 所示为该工序的装夹方向。

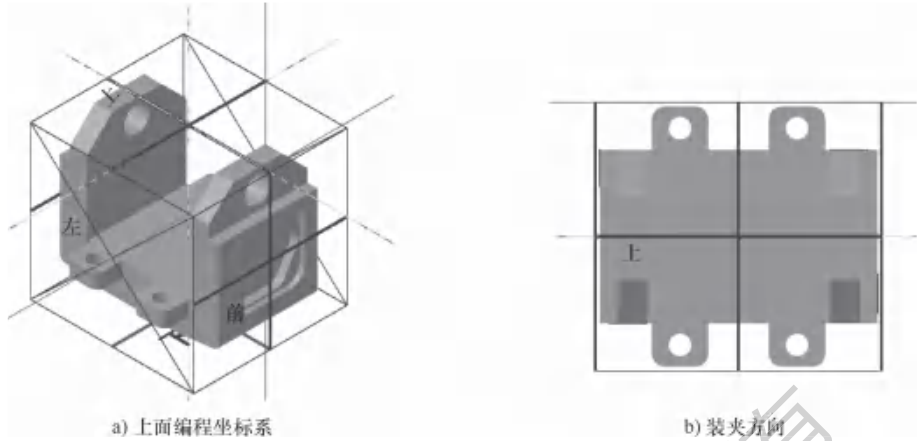


图 11-82 创建零件上面编程坐标系

将  移至“前面加工”机床群组下的“刀具群组 2”目录下。

2. 标准挖槽粗加工（平面）

1) 打开第 60 图层（上面加工）。选择【刀路】/【标准挖槽】命令，系统弹出【线框串连】对话框，以【实体】的形式选择如图 11-83 所示正六边形表面，单击【确定】按钮 。

2) 系统弹出【2D 刀路-2D 挖槽】对话框，打开【刀具】选项卡，创建直径为 10mm 的平底刀，设置【进给速率】为 1000.0mm/min，【下刀速率】为 800.0mm/min，【主轴转速】为 3000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

3) 打开【切削参数】选项卡，设置【壁边预留量】和【底面预留量】都为 0.35mm，其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡，选择【等距环切】选项，设置【切削间距（距离）】为 4.0mm，【粗切角度】为 90.0°，其他参数按默认设置。

打开【进刀方式】选项卡，选择【螺旋】选项，设置【最小半径】为 2.0mm，【最大半径】为 4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡，设置【次】为 1，【切削间距（距离）】为 0.25mm，其他参数按默认设置。

打开【轴向分层切削】选项卡，设置【最大粗切步进量】为 1.0mm，其他参数按默认设置。

4) 单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为 10.0mm，【下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -41.0mm，选择所有【绝对坐标】选项。

单击  按钮，生成刀路，如图 11-84 所示。

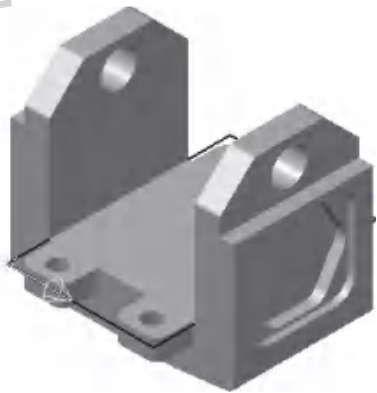


图 11-83 选择加工边界

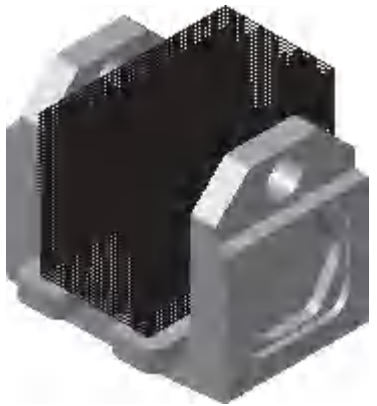


图 11-84 挖槽铣削粗加工刀路

3. 标准挖槽精加工（平面）

1) 复制第33步刀路。在刚生成的第34步:2D挖槽（标准）刀路的目录下单击【参数】选项，系统弹出【2D刀路-2D挖槽】对话框，打开【刀具】选项卡，修改【进给速率】为400.0mm/min，【主轴转速】为4000.0r/min。

2) 打开【切削参数】选项卡，修改【壁边预留量】和【底面预留量】为0.0mm，其他参数按默认设置。

打开【粗切】选项卡，选择【等距环切】选项，修改【切削间距（距离）】为4.0mm，其他参数按默认设置。

打开【精修】选项卡，不勾选【精修】选项。

打开【轴向分层切削】选项卡，不勾选【深度切削】选项。

3) 单击【共同参数】选项，修改【工件表面】为-40.5mm。

单击【确定】按钮，单击【重新生成所有无效操作】按钮，生成刀路，如图11-85所示。

十八、零件整体实体模拟加工

在【刀路】管理器单击“右面加工”刀具群组，单击【插入】按钮，选择所有刀路，模拟结果如图11-86所示。

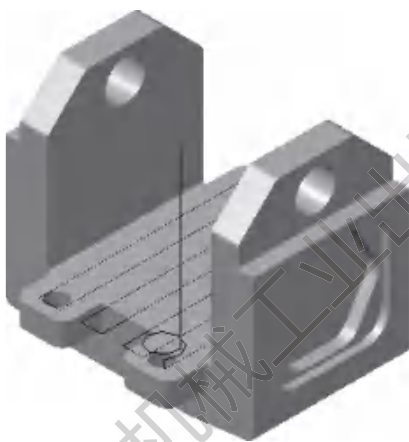


图 11-85 挖槽铣削精加工刀路



图 11-86 仿真结果

任务小结

本任务结合零件图形结构特点和加工要求，学习多工序复杂零件的编程加工方法，包括各加工工序编程坐标系的建立、各加工工序的装夹方法和加工余量的设置对加工效果的影响，特别是对于具有几何公差要求的编程加工方法，以及利用复制刀路、修改坐标系的方法快速加工具有对称特点的不同加工面的方法。对图层的编号和名称的设计、机床群组名称的设计、加工工序和加工余量的设计、加工基准的设计等有较深入的理解，有助于提高多工序复杂零件的编程加工方法，培养学生全局综合考虑的编程加工思维，从而具备较强的多工序复杂加工工艺的设计能力。

提高练习

打开配套资源包“练习文件 /cha11/11-2.mcam”，零件材料为铝合金，零件图如图 11-87 所示。

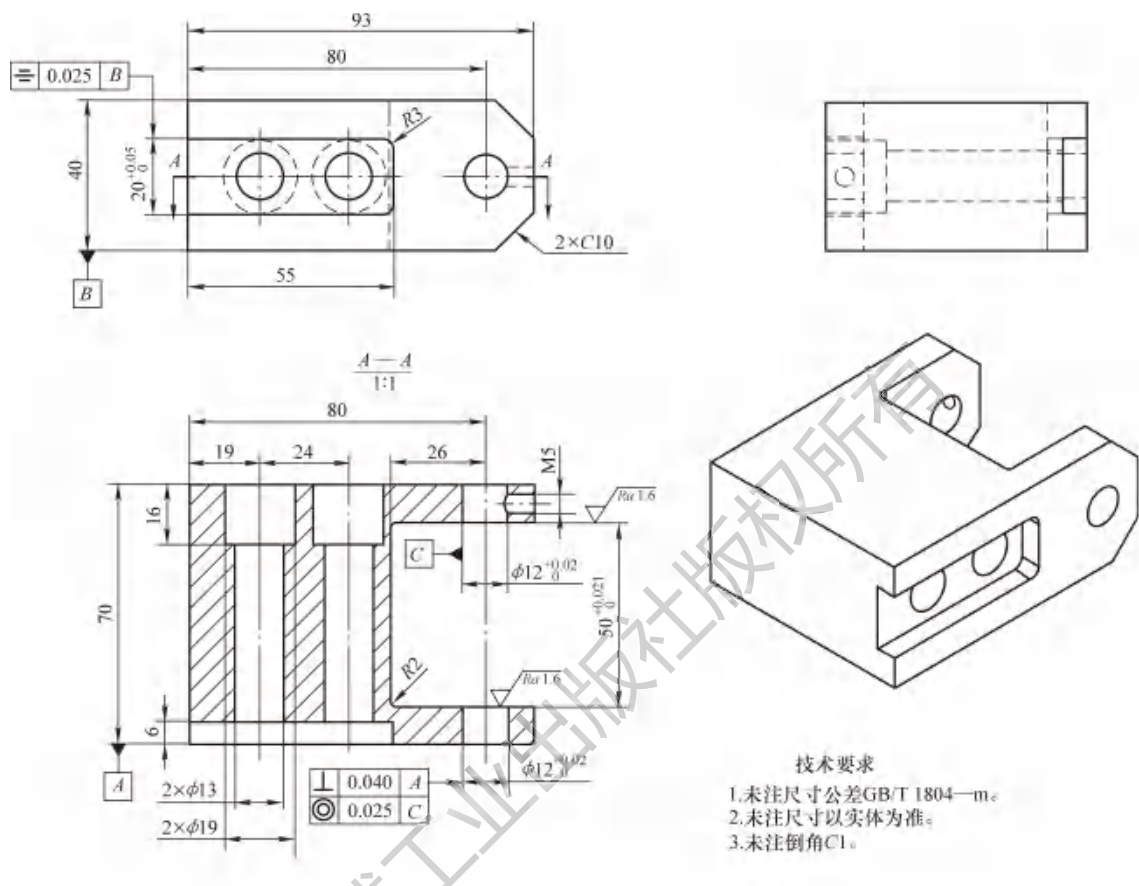


图 11-87 提高练习零件图

任务十二

刀路后处理

任务目标

➤ 知识目标

- 1) 掌握刀路的后处理操作和手工编辑修改数控加工程序的方法。
- 2) 掌握后处理文件的命名方法。

➤ 能力目标

- 1) 能正确选择加工刀具对应的刀路进行数控加工程序后处理操作。
- 2) 能根据数控机床的数控系统要求，正确编辑修改后处理加工程序。
- 3) 能对 G 指令和 M 指令的作用有更深入的理解。

➤ 素质目标

- 1) 能意识到选择后处理加工程序对加工效果的影响。
- 2) 能建立对文件名赋予一定意义的职业意识。

任务学习

后处理

完成刀路的生成，也只是经过刀具轨迹计算生成刀位文件而已，而不是生成了数控程序，因此还需要将刀位文件转换为机床能识别并执行的数控程序，这一过程称为后处理，可以理解这是一个“翻译”过程。

进行后处理操作时，系统是根据后处理器的配置来生成数控程序的，用户可根据数控加工机

床的控制器来选择后处理器，系统默认的后处理器是发那科数控系统的后置处理器 MPFAN.PST。用户可以根据数控机床和数控系统的具体情况，修改和编译 Mastercam 系统配置的通用后置处理中的数据库，从而定制出适应某一数控机床的专用后置处理程序。当要处理程序批量不大时，也可以采用手工修改的方法，实现后处理的操作。

关于 Mastercam 后处理配置的技术已很成熟，这里举一个采用手工修改适合于华中世纪星数控系统后处理程序的操作，供读者参考，对于后处理器配置的设置方法，读者可查阅相关资料。

任务导入

打开配套资源包“源文件 /cha10/ 凸凹模 OK.mcam”，查看相关的刀路情况，只选择“凸模正面加工”刀路群组名为“1-12R0”目录下的所有刀路，如图 12-1 所示。

操作提示：在选择刀路程序时，应特别注意有没有少选或多选其他不同的程序，以免造成工件报废。



任务十二
刀路后处理

任务实施

在【刀路】管理器中单击【后处理选择操作】按钮，系统弹出【后处理程序】对话框，勾选【NC 文件】和【编辑】复选框，如图 12-2 所示，单击【确定】按钮.



图 12-1 选择后处理刀路



图 12-2 后处理程序设置

系统弹出【输出部分 NCI 文件】对话框，询问【是否要全部执行后处理?】如图 12-3 所示，这里选择【否 (N)】。

操作提示：这里要注意，如果选择了【是 (Y)】选项，系统将输出所有的后处理程序。

系统弹出【另存为】对话框，输入文件名为 O1200，如图 12-4 所示，单击【保存】按钮。

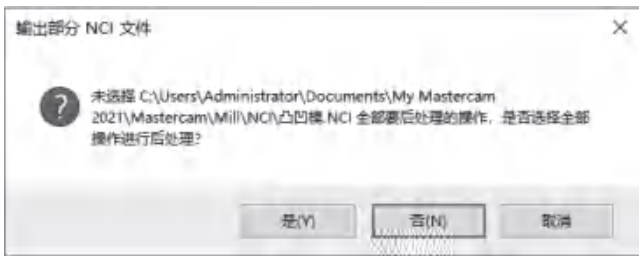


图 12-3 询问：是否要全部执行后处理

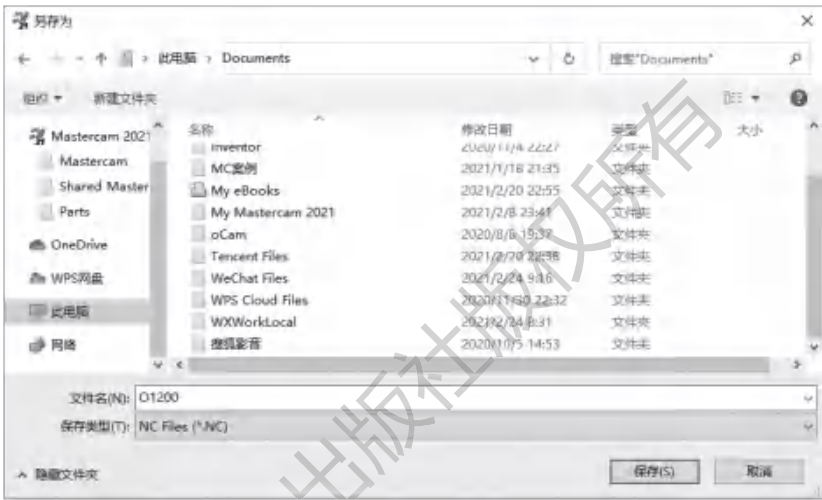


图 12-4 保存 NC 程序

实战经验：在对数控程序文件进行命名时，有些人的习惯是根据刀的形状与尺寸去命名，除字母“O”外，后面的4位阿拉伯数字，前两位为刀具直径的大小，后两位为刀具圆角半径的大小，例如：O1200 代表直径为 12mm、圆角半径为 0.0mm 的立铣刀。

系统弹出【编辑器】对话框，如图 12-5 所示，这个是没有经过修改的数控程序。现通过下列方法对其进行编辑修改：

- 1) 字母“O”后面添加四位数字的文件号，如本例为 O1200。
- 2) 删除所有带括号和“/”的程序段（包括括号）。
- 3) “G21”后面添加“G64”。
- 4) 删除有“M6”的程序段（数控铣床不能实现自动换刀）。
- 5) 删除“A0.”（数控铣床没有第四轴）。
- 6) 删除有“G43H_”的程序段（这里对刀时不采用刀具长度补偿指令）。
- 7) 找到程序的倒数第二、三行，删除有“G28”的程序段（取消加工完后返回零点指令）。
- 8) 保存文件。

结果如图 12-6 所示。

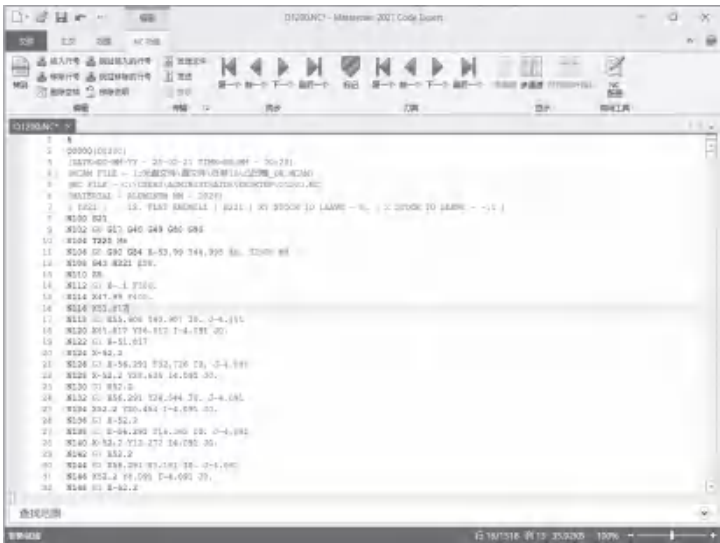


图 12-5 系统输出的 NC 程序



图 12-6 修改后的 NC 程序

任务小结

本任务简单介绍了有关 Mastercam 数控程序后处理的方法，举例说明了华中数控系统后处理的修改方法，通过本章的学习，读者对手工修改后处理数控程序有一定的认识。

提高练习

打开配套资源包“源文件/cha10/凸凹模 OK.mcam”，查看相关的刀路情况，只选择“凸模背面加工”刀路群组名为“2-12R0”目录下的所有刀路，采用手工修改适合于华中世纪星数控系统的后处理程序。



任务十二 提高练习



本书获得中国职协2010年度
优秀科研成果评审一等奖



AD/CAM技术系列案例教程
职业院校教学改革规划教材

Master CAM X³

数控编程案例教程

杨志义 编

赠视频教程



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



前 言

数控技术越来越普及，市场对数控技术人才的需求也在不断增加。数控技术是一门实践性很强的技术，采用 CAM 软件进行数控编程是其中的一部分。目前相关的图书很多，但真正结合实践加工进行编程讲解的书却不多。编者在多年的实践与教学工作经验基础上编写了本书。

考虑到数控技术的应用性，本书以突出实践应用为主。在 MasterCAM X³ 版本的基础上结合实例，主要介绍 MasterCAM 的 3 轴编程加工的应用。所精选的实例都在机床上进行过验证加工，而且在对实例编程时很好地结合了 MasterCAM 数控编程中最常用的刀具路径，在编程中重点突出数控加工的实用性和技巧性。

本书共分 12 章，各章主要内容如下：

第 1 章介绍 MasterCAM X³ 新增功能及其编程技术。

第 2 章介绍数控编程基础及编程注意事项。

第 3 章通过实例介绍 MasterCAM X³ 二维刀具路径的应用。

第 4 章通过实例介绍曲面挖槽刀具路径、平行铣削刀具路径以及等高外形刀具路径的应用。

第 5 章通过实例介绍 MasterCAM X³ 数控编程中干涉曲面的应用。

第 6 章通过实例介绍如何根据图形特点巧妙地建立辅助曲面以生成流畅的刀具路径。

第 7 章通过实例介绍如何运用外形铣削刀具路径实现在窄小区域的加工。

第 8 章通过实例介绍放射状刀具路径和投影刀具路径的应用，以提高读者工艺处理能力。

第 9 章通过实例介绍提高三维曲面常规编程能力。

第 10 章通过实例介绍环绕等距刀具路径与残料清角刀具路径的应用，以提高读者区域划分与刀具路径的控制能力。

第 11 章通过实例介绍三维高速加工刀具路径的应用，以及关于双面加工的编程方法。

第 12 章通过实例介绍如何通过手工修改适合华中数控系统的后处理程序。

本书编写的过程中得到了何时刚老师的支持与帮助，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免出现错漏，恳请广大读者批评指正。

编 者



目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 MasterCAM X ³ 新增功能简介	2
1.2 MasterCAM 编程特点	2
1.3 刀具路径说明及注意事项	3
1.3.1 二维加工	3
1.3.2 三维曲面粗加工	4
1.3.3 三维曲面精加工	4
1.4 编程策略	5
1.4.1 分析加工对象和划分加工区域	5
1.4.2 规划加工路线	6
1.5 CAM 软件数控编程一般步骤	7
1.5.1 获得 CAD 模型	7
1.5.2 分析 CAD 模型和确定加工工艺	7
1.5.3 自动编程	7
1.5.4 程序检验	7
1.5.5 后处理	8
1.6 小结	8
第2章 数控编程基础及编程注意 事项	9
2.1 数控程序的结构	10
2.2 常用数控指令介绍	10
2.2.1 单位设定指令: G20、G21、 G22	10
2.2.2 坐标系指令	10
2.2.3 与运动相关指令	12
2.2.4 辅助功能 M 指令	15
2.2.5 主轴功能 S 代码	16
2.2.6 进给功能 F 代码	16
2.2.7 刀具功能 T 代码	16
2.3 数控手工编程实例	17
2.4 常用刀具选择与参数设置	18
2.4.1 数控加工中常采用的刀具种类	18
2.4.2 刀具材料的选用	18
2.4.3 切削加工参数的选择	18
2.5 走刀路线的选择	19
2.6 数控编程中常见问题及解决方法	21

2.7 小结	22
第3章 过渡板编程实例	23
3.1 任务目标	24
3.2 任务导入	24
3.3 任务分析	24
3.3.1 图形分析	24
3.3.2 工艺分析	24
3.3.2 刀具路径规划	24
3.4 准备工作	25
3.4.1 确定编程坐标系	25
3.4.2 机床选择	27
3.4.3 模拟设置	27
3.4.4 刀具设置	28
3.4.5 新建刀具路径群组	29
3.5 刀具路径编制	30
3.5.1 钻中心孔	30
3.5.2 钻通孔	32
3.5.3 标准挖槽粗加工 (两凸台)	34
3.5.4 标准挖槽精加工 (两凸台)	37
3.5.5 开放式挖槽粗加工 (三角 形凹槽)	39
3.5.6 开放式挖槽精加工 (三角 形凹槽)	42
3.5.7 外形铣削粗加工 (左侧)	45
3.5.8 外形铣削精加工 (左侧)	48
3.5.9 标准挖槽粗加工 (半圆凹槽)	49
3.5.10 标准挖槽精加工 (半圆凹槽) ...	52
3.5.11 外形铣削精加工 (外形)	54
3.5.12 面铣削精加工	56
3.5.13 实体模拟加工	58
3.6 小结	58
3.7 提高练习	59
第4章 盒子下盖凸模编程实例	60
4.1 任务目标	61
4.2 任务导入	61
4.3 任务分析	61
4.3.1 图形分析	61



4.3.2 工艺分析	61	5.5.5 平行铣削精加工 ($R135.43\text{mm}$ 凸圆弧曲面)	108
4.3.3 刀具路径规划	62	5.5.6 平行铣削精加工 (右侧曲面) ...	111
4.4 准备工作	62	5.5.7 镜像平行铣削精加工刀具 路径	114
4.4.1 机床选择	62	5.5.8 平行铣削精加工 (后侧曲面) ...	116
4.4.2 模拟设置	62	5.5.9 外形铣削精加工	119
4.4.3 刀具设置	62	5.5.10 实体模拟加工	121
4.4.4 新建刀具路径群组	62	5.6 小结	121
4.5 刀具路径编制	63	5.7 提高练习	121
4.5.1 平面铣削精加工	63	第6章 烟灰缸编程实例	122
4.5.2 曲面挖槽粗加工	65	6.1 任务目标	123
4.5.3 外形铣削粗加工	70	6.2 任务导入	123
4.5.4 外形铣削精加工 (最大轮廓 线)	72	6.3 任务分析	123
4.5.5 曲面挖槽精加工 (中间凹槽 椭圆处)	74	6.3.1 图形分析	123
4.5.6 曲面挖槽精加工 (中间凹槽)	78	6.3.2 工艺分析	123
4.5.7 等高外形精加工	80	6.3.3 刀具路径规划	123
4.5.8 外形铣削精加工	85	6.4 准备工作	124
4.5.9 曲面等高外形精加工	87	6.4.1 机床选择	124
4.5.10 平行铣削精加工 (零件凸 圆柱上的圆弧曲面)	89	6.4.2 模拟设置	124
4.5.11 平行铣削精加工 (零件右 下角曲面)	91	6.4.3 刀具设置	124
4.5.12 实体模拟加工	93	6.4.4 新建刀具路径群组	124
4.6 小结	94	6.5 刀具路径编制	124
4.7 提高练习	94	6.5.1 曲面挖槽粗加工	124
第5章 三角凸台编程实例	95	6.5.2 标准挖槽精加工	129
5.1 任务目标	96	6.5.3 等高外形精加工 ($\phi 10\text{mm}$ 立铣刀)	131
5.2 任务导入	96	6.5.4 等高外形精加工 ($\phi 8\text{mm}$ 球刀)	138
5.3 任务分析	96	6.5.5 等高外形精加工 (凹槽 $R2.5\text{mm}$ 圆角曲面)	141
5.3.1 图形分析	96	6.5.6 平行铣削精加工 (上、下方 $R9\text{mm}$ 圆角曲面)	142
5.3.2 工艺分析	96	6.5.7 平行铣削精加工 (左、右方 $R9\text{mm}$ 圆角曲面)	146
5.3.3 刀具路径规划	96	6.5.8 等高外形精加工 (凹槽 $R3.6\text{mm}$ 圆角曲面)	148
5.4 准备工作	97	6.5.9 外形铣削精加工	152
5.4.1 机床选择	97	6.5.10 实体模拟加工	154
5.4.2 模拟设置	97	6.6 小结	155
5.4.3 刀具设置	97	6.7 提高练习	155
5.4.4 新建刀具路径群组	97	第7章 简管编程实例	156
5.5 刀具路径编制	97	7.1 任务目标	157
5.5.1 曲面挖槽粗加工	97	7.2 任务导入	157
5.5.2 曲面挖槽精加工	100		
5.5.3 浅平面半精加工	103		
5.5.4 等高外形精加工	106		



7.3 任务分析	157	8.4.3 刀具设置	183
7.3.1 图形分析	157	8.4.4 新建刀具路径群组	183
7.3.2 工艺分析	157	8.5 刀具路径编制	183
7.3.3 刀具路径规划	157	8.5.1 曲面挖槽粗加工	183
7.4 准备工作	158	8.5.2 曲面挖槽精加工（六方体 上表面）	186
7.4.1 机床选择	158	8.5.3 曲面挖槽精加工（椭圆体 表面）	189
7.4.2 模拟设置	158	8.5.4 外形铣削精加工（椭圆体 侧边）	192
7.4.3 刀具设置	158	8.5.5 放射状精加工（半凸球曲面与 R2mm 圆角曲面）	195
7.4.4 新建刀具路径群组	158	8.5.6 等高外形精加工	198
7.5 刀具路径编制	158	8.5.7 平行铣削精加工	199
7.5.1 外形铣削粗加工（ $\phi 100\text{mm}$ 凸圆柱）	158	8.5.8 旋转复制刀具路径	207
7.5.2 外形铣削粗加工（底座）	161	8.5.9 放射状精加工（左侧凹球曲面 与圆角曲面）	208
7.5.3 外形铣削精加工（ $\phi 100\text{mm}$ 凸圆柱）	163	8.5.10 镜像放射状精加工刀具路径	210
7.5.4 外形铣削精加工（底座）	164	8.5.11 外形铣削精加工（半凸球倒 R2mm 圆角曲面）	211
7.5.5 外形铣削粗加工（ $\phi 20\text{mm}$ 凹圆柱）	165	8.5.12 标准挖槽精加工	214
7.5.6 外形铣削精加工（ $\phi 20\text{mm}$ 凹圆柱）	167	8.5.13 投影精加工	216
7.5.7 平行铣削粗加工（倾斜曲面）	169	8.5.14 实体模拟加工	217
7.5.8 外形铣削粗加工（ $\phi 50\text{mm}$ 和 $\phi 82\text{mm}$ 的内侧）	171	8.6 小结	219
7.5.9 外形铣削粗加工（ $\phi 34\text{mm}$ 和 $\phi 66\text{mm}$ 的外侧）	173	8.7 提高练习	219
7.5.10 外形铣削精加工（ $\phi 50\text{mm}$ 和 $\phi 82\text{mm}$ 的内侧）	174	第9章 双心模型编程实例	220
7.5.11 外形铣削精加工（ $\phi 34\text{mm}$ 和 $\phi 66\text{mm}$ 的外侧）	176	9.1 任务目标	221
7.5.12 平行铣削精加工（倾斜曲面）	177	9.2 任务导入	221
7.5.13 实体模拟加工	179	9.3 任务分析	221
7.6 小结	180	9.3.1 图形分析	221
7.7 提高练习	180	9.3.2 工艺分析	221
第8章 装饰品编程实例	181	9.3.3 刀具路径规划	221
8.1 任务目标	182	9.4 准备工作	222
8.2 任务导入	182	9.4.1 机床选择	222
8.3 任务分析	182	9.4.2 模拟设置	222
8.3.1 图形分析	182	9.4.3 刀具设置	222
8.3.2 工艺分析	182	9.4.4 新建刀具路径群组	222
8.3.3 刀具路径规划	182	9.5 刀具路径编制	222
8.4 准备工作	183	9.5.1 曲面挖槽粗加工	222
8.4.1 机床选择	183	9.5.2 标准挖槽半精加工	226
8.4.2 模拟设置	183	9.5.3 外形铣削半精加工	228
		9.5.4 平行铣削半精加工	230
		9.5.5 外形铣削精加工	233

9.5.6 平行铣削半精加工	235	11.4.1 机床选择	277
9.5.7 实体模拟加工	237	11.4.2 模拟设置	277
9.6 小结	237	11.4.3 刀具设置	278
9.7 提高练习	237	11.4.4 新建刀具路径群组	278
第10章 座机盖编程实例	239	11.5 刀具路径编制	278
10.1 任务目标	240	11.5.1 面铣削精加工(底面)	280
10.2 任务导入	240	11.5.2 外形铣削粗加工(底面轮廓)	282
10.3 任务分析	240	11.5.3 标准挖槽粗加工(底面最 大凹槽)	285
10.3.1 图形分析	240	11.5.4 标准挖槽精加工(底面椭 圆凹槽)	287
10.3.2 工艺分析	240	11.5.5 标准挖槽精加工(底面最 大凹槽)	291
10.3.3 刀具路径规划	240	11.5.6 标准挖槽精加工(立铣刀 加工底面椭圆凹槽)	293
10.4 准备工作	241	11.5.7 外形铣削精加工(底面 轮廓)	294
10.4.1 机床选择	241	11.5.8 钻孔	296
10.4.2 模拟设置	241	11.5.9 二维高速粗加工(顶面 圆凸台)	298
10.4.3 刀具设置	241	11.5.10 二维高速粗加工(顶面 凸台)	303
10.4.4 新建刀具路径群组	241	11.5.11 面铣削精加工(中间圆 表面)	307
10.5 刀具路径编制	241	11.5.12 二维高速精加工(顶面 圆凸台)	309
10.5.1 外形铣削粗加工	241	11.5.13 二维高速精加工(顶面 凸台)	312
10.5.2 外形铣削精加工	244	11.5.14 曲面挖槽粗加工(中间 凹球)	314
10.5.3 平行铣削粗加工	246	11.5.15 二维轮廓粗加工	317
10.5.4 曲面挖槽粗加工(最大 凹槽)	249	11.5.16 环绕等距精加工	320
10.5.5 曲面挖槽粗加工(最小 凹槽)	253	11.5.17 实体模拟加工	322
10.5.6 环绕等距精加工(上表面)	257	11.6 小结	324
10.5.7 环绕等距精加工(最小 凹槽)	260	11.7 提高练习	324
10.5.8 等高外形精加工	264	第12章 刀具路径后处理方法	325
10.5.9 平行铣削精加工	267	12.1 后处理	326
10.5.10 残料清角精加工	270	12.2 后处理操作实例	326
10.5.11 实体模拟加工	274	12.3 小结	328
10.6 小结	274	12.4 提高练习	329
10.7 提高练习	274	参考文献	330
第11章 双面加工编程实例	275		
11.1 任务目标	276		
11.2 任务导入	276		
11.3 任务分析	276		
11.3.1 图形分析	276		
11.3.2 工艺分析	276		
11.3.3 刀具路径规划	277		
11.4 准备工作	277		

第 3 章

过渡板编程实例

3.1 任务目标

提高二维编程能力。
掌握二维编程的一些注意事项。

3.2 任务导入

打开随书光盘“源文件/cha03/过渡板.mcx”，如图 3-1 所示。



图 3-1 过渡板

3.3 任务分析

3.3.1 图形分析

该零件图形构成简单，大小为 120mm × 80mm × 20mm，中间是两个高为 5mm 的凸台，前端由一阶梯及不封闭的半圆剪切构成，后端由一个不封闭的三角形剪切构成，4 个 $\phi 10\text{mm}$ 通孔。

3.3.2 工艺分析

该零件简单，没有复杂曲面，各不同特征分布明显，针对各特征特点可直接进行单独加工。加工 4 个通孔时，垫块要注意避开通孔位置。

3.3.3 刀具路径规划

- 步骤 1： $\phi 5\text{mm}$ 中心钻钻中心孔，加工深度为 5.0mm。
- 步骤 2： $\phi 10\text{mm}$ 钻头进行通孔加工。
- 步骤 3： $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件两凸台采用标准挖槽粗加工，加工余量为 0.25mm。
- 步骤 4： $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件两凸台采用标准挖槽精加工，加工余量为 0.0mm。
- 步骤 5： $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对三角形凹槽采用开放式挖槽粗加工，加工余量为 0.25mm。
- 步骤 6： $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对三角形凹槽采用开放式挖槽精加工，加工余量为 0.0mm。
- 步骤 7： $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件左侧采用外形铣削粗加工，加工余量为 0.25mm。

- 步骤8: $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件左侧采用外形铣削精加工, 加工余量为 0.0mm 。
 步骤9: $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件半圆凹槽采用标准挖槽粗加工, 加工余量为 0.25mm 。
 步骤10: $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件半圆凹槽采用标准挖槽精加工, 加工余量为 0.0mm 。
 步骤11: $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件轮廓采用外形铣削粗精加工, 加工余量为 0.25mm 。
 步骤12: $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀对零件上表面采用面铣削精加工, 加工余量为 0.0mm 。

3.4 准备工作

3.4.1 确定编程坐标系

按“F9”打开系统坐标系, 如图 3-2 所示, 发现零件图形偏离了系统坐标系原点一定的距离, 为方便编程必须移动零件图形上表面中心点到系统坐标系的中心, 完成工件坐标系(编程坐标系)的设定。

同时按下“Alt + Z”, 系统弹出【层别管理】对话框, 新建第 4 图层, 输入【层别号码】为: 4, 并设置【名称】为 BOX, 设置第 4 图层为当前层, 只打开第 2 图层 (SOLID 层), 如图 3-3 所示, 单击确定按钮 。

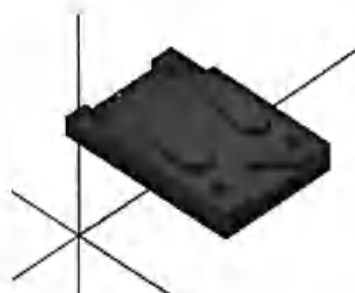


图 3-2 打开系统坐标系

图 3-3 【层别管理】对话框

技术指导: 将所有图层的图素都显示出来是为了在移动的时候能将所有的图素选上并一起移动。否则, 由于相关图素的位置发生了变化, 容易给将来对零件图形再编辑带来不必要的麻烦, 特别是当零件图形比较复杂时。因此, 移动图素时应通过【层别管理】对话框, 将所有图素都显示出来, 并一起移动到目的位置。

选择【绘图】/【画边界盒】命令, 如图 3-4 所示。

系统弹出【边界盒选项】对话框, 如图 3-5 所示。

系统自动选取实体, 单击应用按钮 。系统弹出【边界盒选项】对话框, 单击确定按钮 , 生成边界盒如图 3-6 所示。

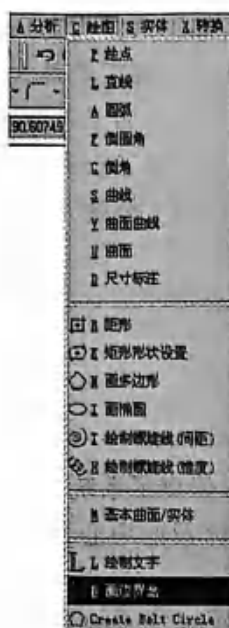


图 3-4 选择【画边界盒】命令



图 3-5 【边界盒选项】对话框

选择【绘图】/【直线】/【绘制任意线】命令，如图 3-7 所示。

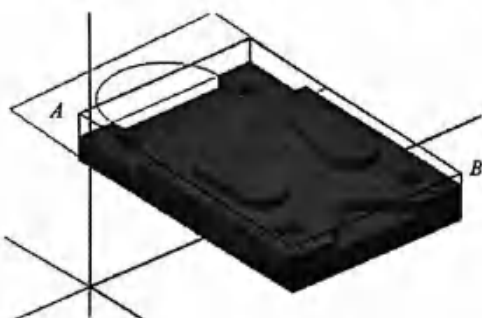


图 3-6 生成边界盒



图 3-7 选择【绘制任意线】命令

在边界盒的左上方角选取如图 3-6 所示的 A 点，接着在 A 点对角点选取如图 3-6 所示的 B 点，单击确定按钮 ☒，最后生成的直线如图 3-8 所示。

调出【层别管理】对话框，打开所有的图层。

技术指导：这里建立边界盒和生成一直线的目的是为了找出将要确定的工件坐标系原点，从而便于移动。读者还可以尝试其他的方法寻找出便于确定工件坐标系原点的点。

选择【转换】/【移动到原点】命令，如图 3-9 所示。

多学一招：除了采用【移动到原点】命令外，还可以采用【转换】/【平移】命令进行平移。

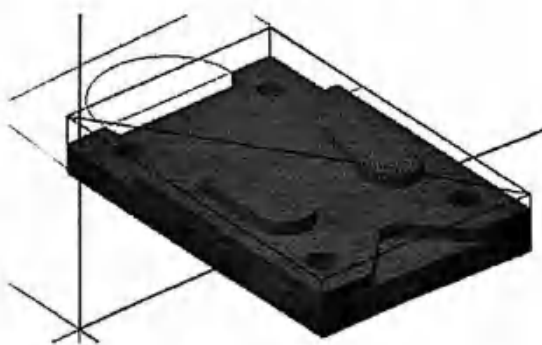


图 3-8 生成直线

在【自动抓取点】工具栏处选择【中点】。选取上一步刚生成的直线，系统自动将所有图案移至系统坐标系的原点 Z0 下方处，结果如图 3-10 所示。



图 3-9 选择【移动到原点】命令

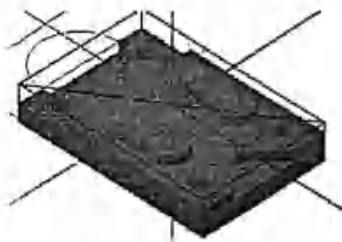


图 3-10 完成坐标系的设定

技术指导：采用数控自动编程时首先要确定工件坐标系（即编程坐标系），当发现 CAM 软件所调出来的零件图形的工件坐标系原点不在当前系统坐标系原点处时，应移动零件，使工件坐标系原点与系统坐标系原点相统一。如果不将工件坐标系原点和系统坐标原点相统一就直接进行数控编程，在加工时往往会因为两坐标系原点不统一而出现问题，轻则出现空走刀，重则撞机床。移动位置的选择和工件坐标系的建立有很大的联系，一般情况下是将零件图形上表面 XY 的中心处作为工件坐标系的 X0Y0 坐标点，而工件坐标系的 Z0 点一般是工件的上表面，也就是系统坐标轴 Z0 处，而不设在工件的下表面上，除非有特殊要求（如便于测量）。

同时按下“Alt + Z”，系统弹出【层别管理】对话框，关闭第 4 图层，打开其他图层，如图 3-11 所示，单击确定按钮[OK]。按“F9”关闭系统坐标轴的显示。



图 3-11 关闭第 4 图层

3.4.2 机床选择

选择【机床类型】/【铣床】/【默认】命令，如图 3-12 所示。



图 3-12 选择机床类型

3.4.3 模拟设置

在【Machine Group - 1】中单击【材料设置】选项卡，系统弹出【机器群组属性】对

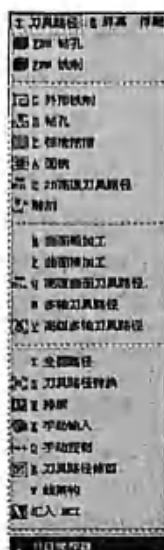


图 3-14 选择【刀具管理器】命令

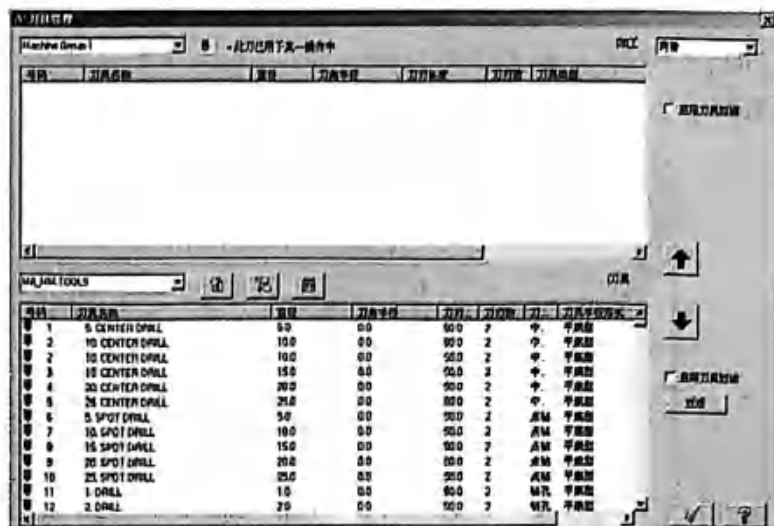


图 3-15 【刀具管理】对话框

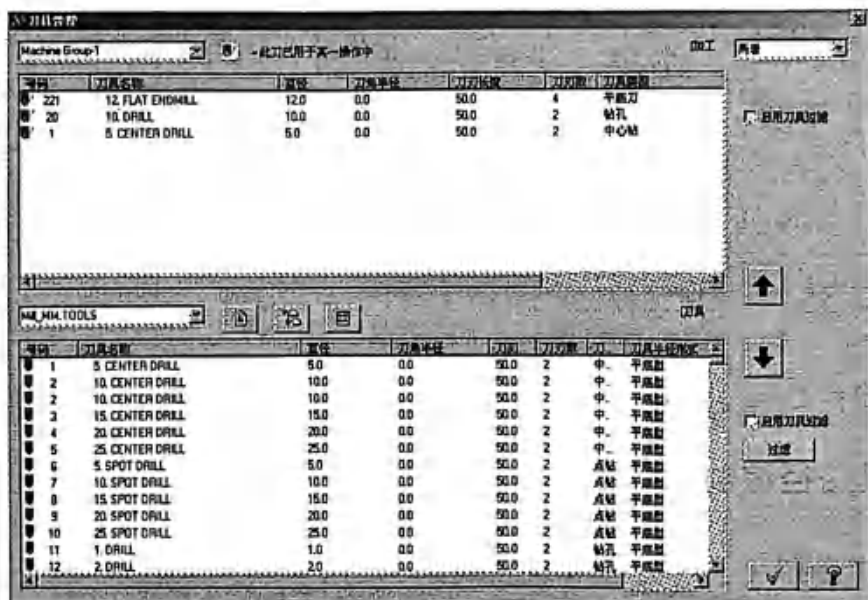


图 3-16 完成刀具设置

3.4.5 新建刀具路径群组

在【刀具路径管理器】选项卡下拉菜单的【Toolpath Group - 1】处单击右键，选择【群组】/【重新命名】命令，如图 3-17 所示，将“刀具路径群组 1”改为 DRILL5R2.5，如图 3-18 所示。

在【Machine Group - 1】处单击右键，选择【群组】/【新建刀具路径群组】命令，如图 3-19 所示，重命名为 DRILL10R5，采用相同方法建立刀具路径群组 12R0，结果如图 3-20 所示。将►移至刀具路径群组 DRILL5R2.5 目录下。

技术指导：养成编程前分组建立刀具路径群组的习惯，有利于刀具路径的管理与后处理操作，特别是后处理时不容易出错。刀具路径群组名称可由读者结合个人习惯设置。根据所



用刀具形式采用分类，R 前的数值代表刀具直径，R 后的数值代表刀具圆角半径。例如，12R1，12 代表刀具直径为 12mm，R1 代表刀具圆角半径为 1mm，对于钻头则在前面加 DRILL，以示区别。



图 3-17 选择【重新命名】命令



图 3-18 重命名结果



图 3-19 选择【新建刀具路径群组】命令



图 3-20 建立刀具路径群组

3.5 刀具路径编制

3.5.1 钻中心孔

1) 选择【刀具路径】/【钻孔】命令，如图 3-21 所示。

系统弹出【输入新 NC 名称】对话框，输入“过渡板”，如图 3-22 所示，单击确定按钮 ☒。

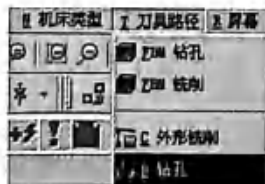


图 3-21 选择【钻孔】命令



图 3-22 输入“过渡板” NC 名

2) 系统弹出【选取钻孔的点】对话框，如图 3-23 所示。

选中【俯视图】单选按钮，选中四个通孔圆心（图 3-24），单击确定按钮 ☒。





图 3-23 【选取钻孔点】对话框

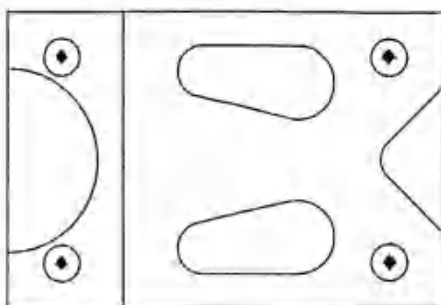


图 3-24 选中四个通孔圆心

3) 系统弹出【DRILL/Counterbore】对话框, 选取直径为 5mm 的中心钻, 设置【进给率】为 50mm/min, 【主轴转速】为 1000r/min, 如图 3-25 所示。

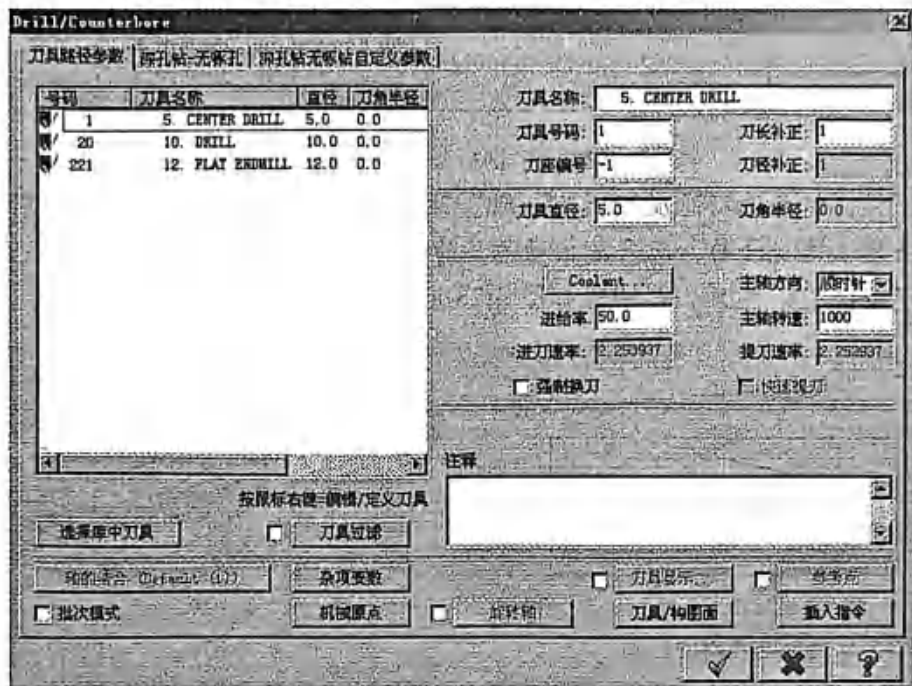


图 3-25 刀具选择与参数设置

实践经验：钻孔加工时主轴转速一般不宜太大，否则容易因为排屑问题而造成钻头弯曲或折断。

4) 打开【深孔钻-无啄孔】选项卡, 勾选【参考高度】选项并设置为 10.0mm, 【工件表面】为 5.0mm, 【深度】为 -5.0mm, 勾选【绝对坐标】复选项, 如图 3-26 所示。

技术指导：在设置安全高度、参考高度、工件表面和加工深度时一般宜采用绝对方式，不宜采用相对方式。采用相对方式时容易产生撞刀与过切现象。虽然采用绝对方式时刀具的退刀高度提高了，却不失为一种安全的做法。特别是初学者更加要注意这两种不同方式的设置效果，采用绝对方式时所有的坐标都是根据工件坐标系确定的，而采用相对方式时是相对于当前位置而言的。例如，当加工深度都为 -20mm 时，如图3-27所示，A点为采用绝对方式刀具的退刀高度（ 10mm ），B点为采用相对方式刀具的退刀高度（ 10mm ），很明显两者

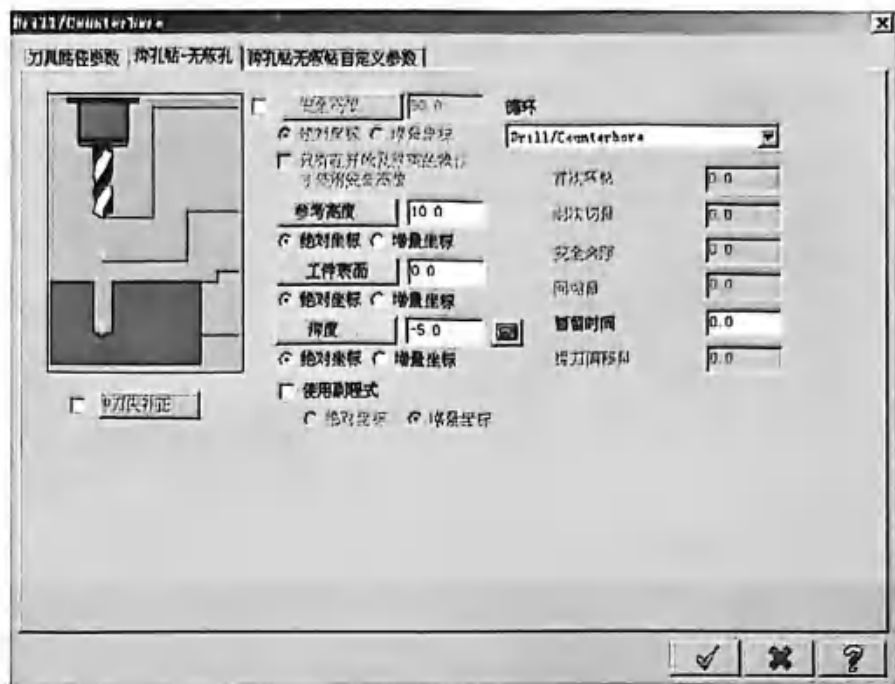


图 3-26 深孔钻-无啄孔参数设置

设置的数值一样，但是退刀高度却是不一致。此时，当刀具向 C 侧横越过去时，采用绝对方式的退刀高度 A 是安全的，而采用相对方式的退刀高度 B 是不安全的，发生了过切。

单击确定按钮 , 生成刀具路径如图 3-28 所示。

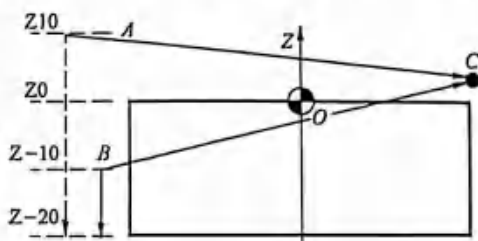


图 3-27 绝对与相对的区别

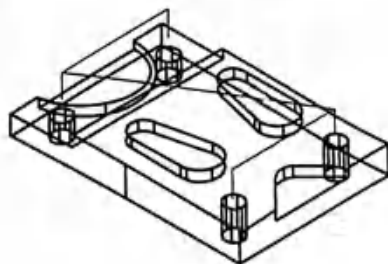


图 3-28 钻孔刀具路径

实践经验：这一步是钻中心钻，主要是为了后续孔加工的需要。钻孔时先钻中心钻，有助于引导钻头不偏心，从而取得较高的孔定位精度。

单击插入箭头按钮  将刀具路径下移至加工群组名为 DRILL10R5 的目录下，使接下来生成的刀具路径在该目录下，以方便管理和识别加工程序。

3.5.2 钻通孔

1) 采用上一步的【刀具路径】/【钻孔】命令，选中和上一步一样的四个通孔圆心，并执行确定。

2) 系统弹出【DRILL/Counterbore】对话框，选取直径为 10mm 的钻头，设置【进给率】为 80mm/min，【主轴转速】为 850r/min，如图 3-29 所示。

3) 打开【深孔啄钻-完整回缩】选项卡，勾选【参考高度】选项并设置为 10.0mm，

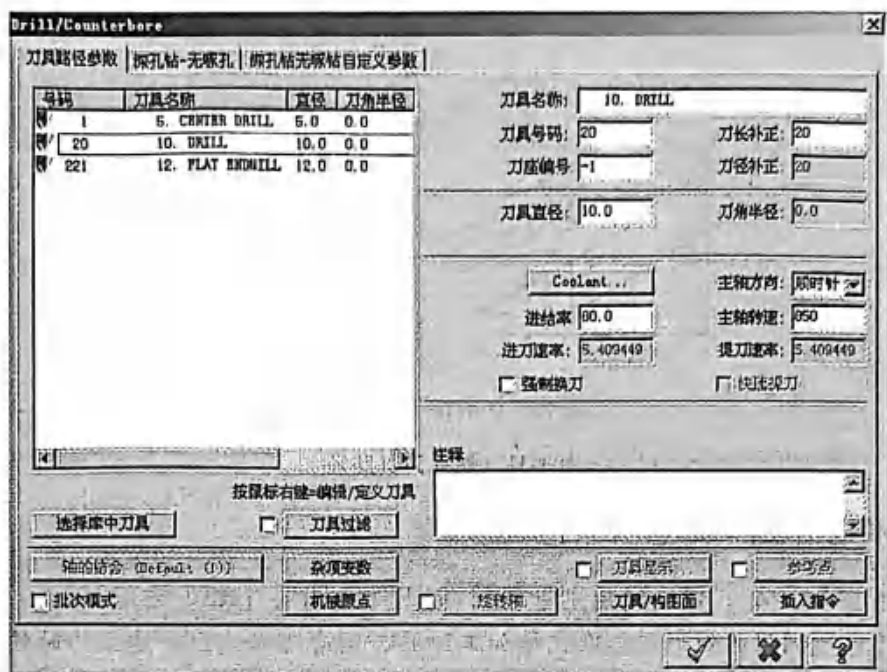


图 3-29 刀具选择与参数设置

【工件表面】为 5.0mm，【深度】为 -22.0mm，勾选【绝对坐标】复选项。在【循环】下拉选项中选择【深孔啄钻（G83）】，设置每次钻削深度【Peck】为 3.0mm，如图 3-30 所示。

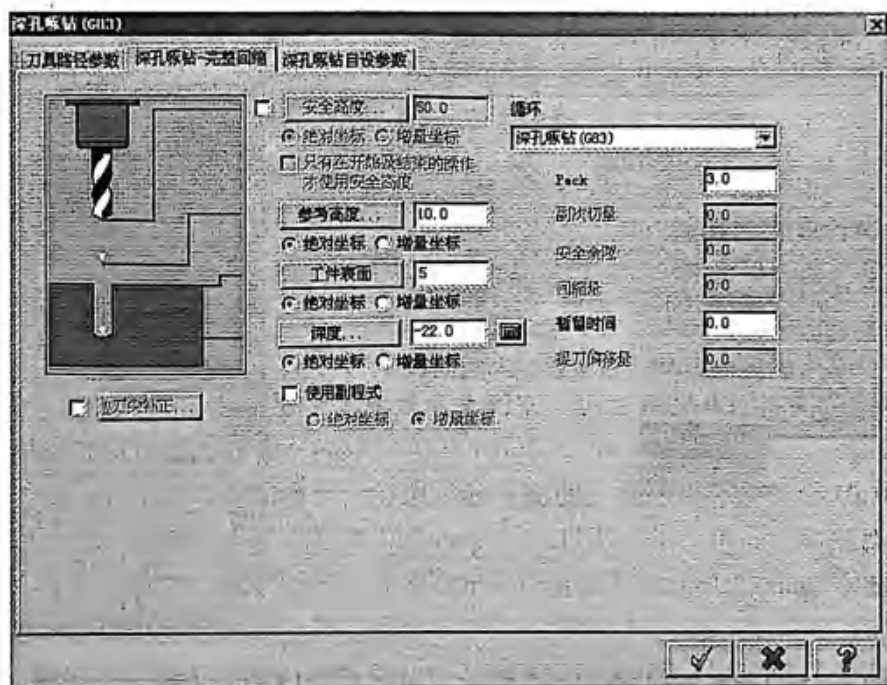


图 3-30 深孔啄钻-完整回缩参数设置

单击确定按钮 , 生成刀具路径如图 3-31 所示。

单击插入箭头按钮  将刀具路径下移至加工群组名为 12R0 的目录下。

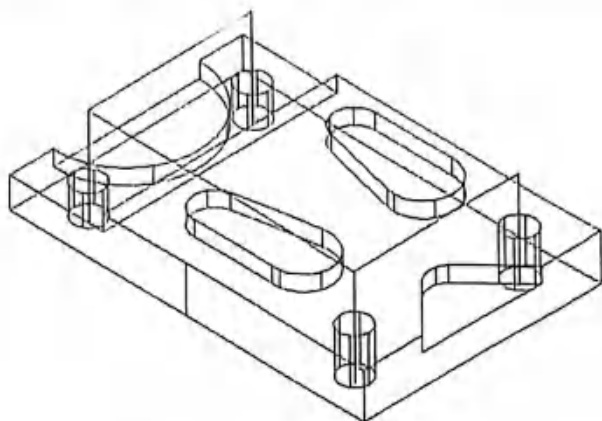


图 3-31 钻孔刀具路径

3.5.3 标准挖槽粗加工（两凸台）

同时按下“Alt+Z”，调出【层别管理】，打开第3图层（REC层）。

技术指导：所调用的矩形是标准挖槽加工边界，读者可以建立。建立的时候，需要注意其尺寸大小，须考虑加工时所用毛坯大小和所用刀具大小，加工界限一般不宜设得太大，太大影响加工效率，太小往往会在生成刀具路径时发生刀具过不去的现象，造成欠切。如果加工时所用毛坯的大小比零件稍大一些时（如2mm），可将此加工边界大小设置为在原来零件大小的基础上再加两倍刀具直径。总的设计原则是必须满足两个条件：①不小于毛坯尺寸；②加工时刀具不能发生因为空间问题过不去导致欠切。

1) 选择【刀具路径】/【标准挖槽】命令，如图 3-32 所示。系统弹出【串连选项】对话框，如图 3-33 所示。



图 3-32 选择【标准挖槽】命令



图 3-33 【串连选项】对话框

单击串连按钮 ，选中【俯视图】单选按钮，在绘图区选取刚调出来的矩形和两个小封闭轮廓，如图 3-34 所示，单击确定按钮 .

2) 系统弹出【挖槽（标准）】对话框，选择直径为 12mm 的立铣刀，设置【进给

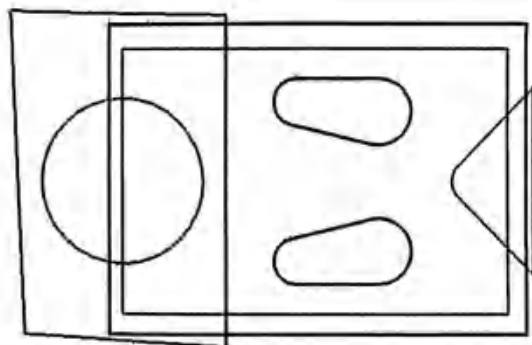


图 3-34 选择加工边界

率]^①为1000mm/min,【主轴转速】为1600r/min,【进刀速率】^②为100mm/min。勾选【快速提刀】复选项,如图3-35所示。

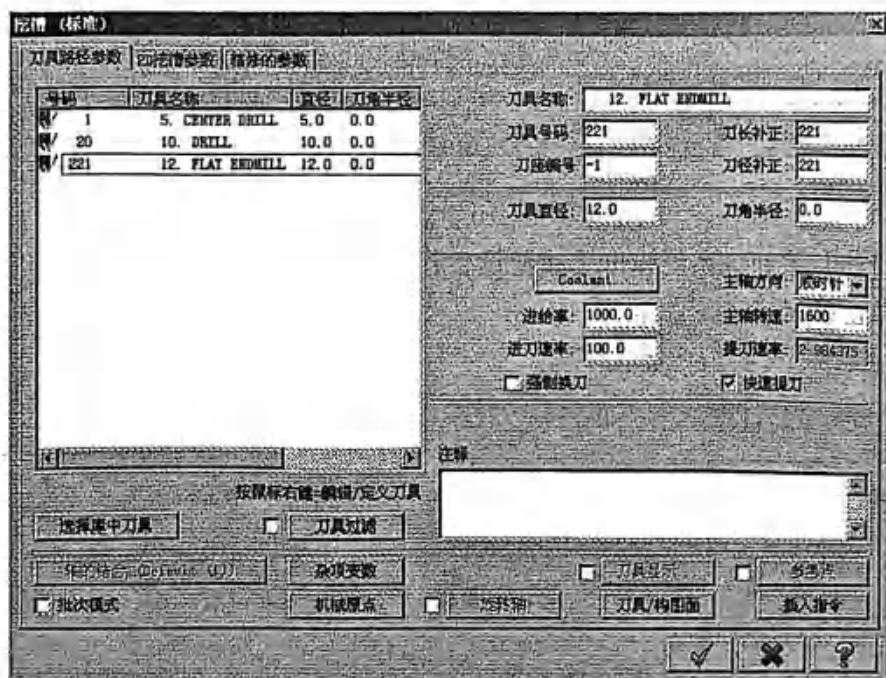


图 3-35 刀具选择与参数设置

技术指导: 在设置参数的过程中, 养成从上到下、从左到右的检查习惯, 能有效地提高编程效率。

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡, 勾选【参考高度】复选项并设置为10.0mm,【进给下刀位置】为5.0mm,【工件表面】为0.0mm,【深度】为-5.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项, 设置【XY方向预留量】和【Z方向预留量】都为0.25mm, 勾选【Z轴分层铣深】和【过滤】复选项, 如图3-36所示。

单击【Z轴分层铣深】按钮, 系统弹出【深度切削】对话框, 设置【最大粗切量】为0.5mm, 勾选【不提刀】复选项, 如图3-37所示, 单击确定按钮。

① 进给率是指X、Y方向的进给速度, 进刀速率是指Z方向的进给速度, 后同。这是使用MasterCAM软件约定俗成的说法。

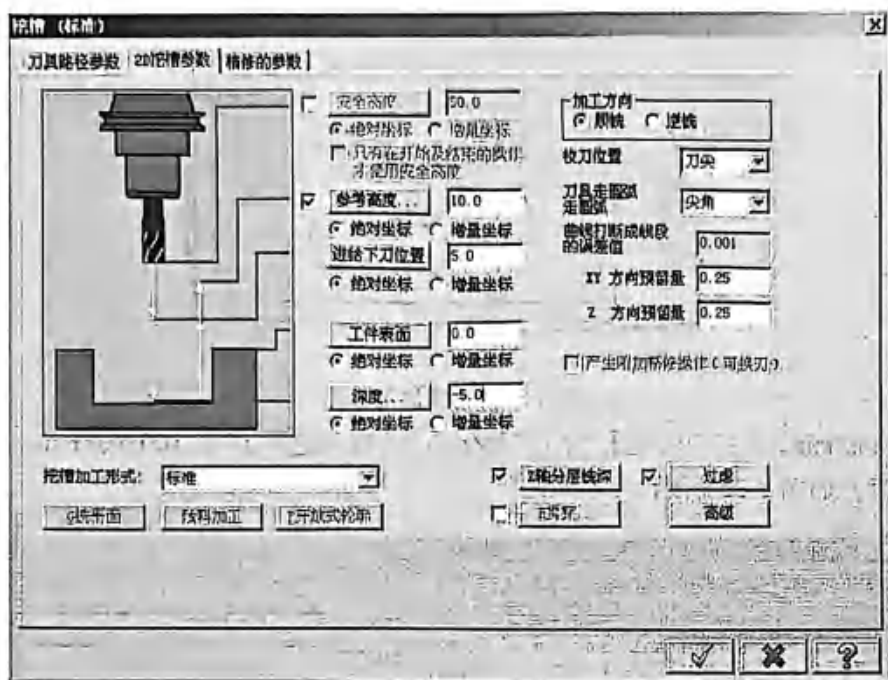


图 3-36 2D 挖槽参数设置

单击【过滤】按钮，系统弹出【过滤设置】对话框，设置【公差】为 0.025mm，如图 3-38 所示，单击确定按钮 .



图 3-37 深度切削设置

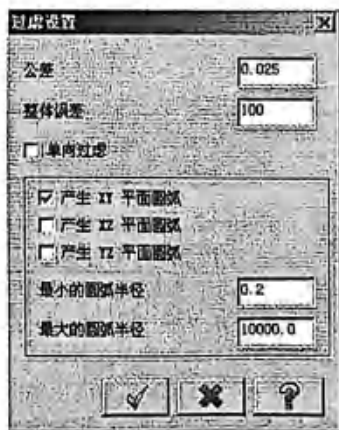


图 3-38 过滤设置

4) 打开【精修的参数】选项卡，选择走刀方式为【双向】。设置【切削间距（距离）】为 9.6mm，勾选【螺旋式下刀】复选项。在【精加工】选项中设置【次数】为 1，【间距】为 0.25mm。勾选【不提刀】和【完成所有槽的粗切后，才执行分层精修】复选项，如图 3-39 所示。

单击【螺旋式下刀】按钮，系统弹出【螺旋式/斜插式下刀参数】对话框，设置【最小半径】为 6.0mm，【最大半径】为 12.0mm，【Z 方向开始螺旋】和【XY 方向预留间隙】都为 1.0mm，【进刀角度】为 3°，如图 3-40 所示，单击确定按钮 .

单击【挖槽 (标准)】对话框中的确定按钮 ，生成刀具路径如图 3-41 所示。



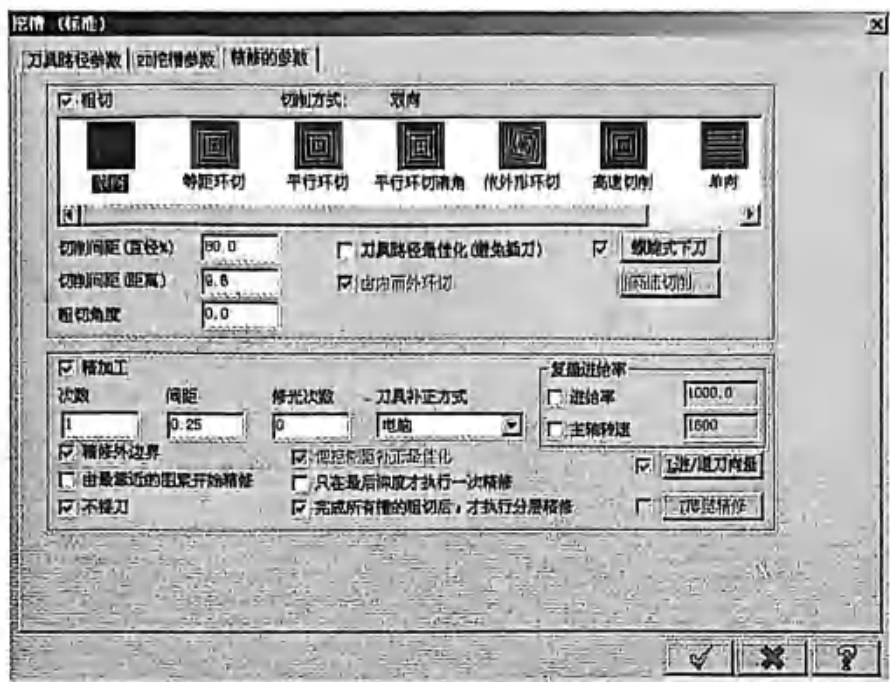


图 3-39 精修参数设置



图 3-40 螺旋下刀参数设置

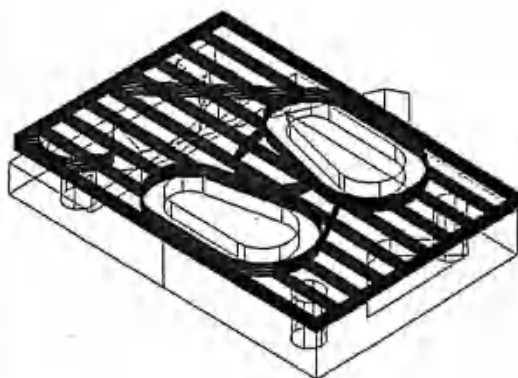


图 3-41 挖槽粗加工刀具路径

3.5.4 标准挖槽精加工 (两凸台)

1) 采用上一步的【刀具路径】/【标准挖槽】命令, 选取与上一步一样的矩形和两个小封闭轮廓, 并执行。

2) 系统弹出【挖槽 (标准)】对话框, 选择直径为 12mm 的立铣刀, 设置【进给率】为 300mm/min, 【主轴转速】为 3500r/min, 【进刀速率】为 100mm/min, 勾选【快速提刀】复选项, 如图 3-42 所示。

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡, 勾选【参考高度】复选项并设置为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -5.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项, 设置【XY 方向预留量】和【Z 方向预留量】都为 0.0mm, 勾选【过滤】复选项, 如图 3-43 所示。

4) 打开【精修的参数】选项卡, 选择走刀方式为【等距环切】。设置【切削间距(距离)】为 6.0mm。勾选【由内而外环切】复选项, 不勾选【精加工】复选项, 如图 3-44 所示。

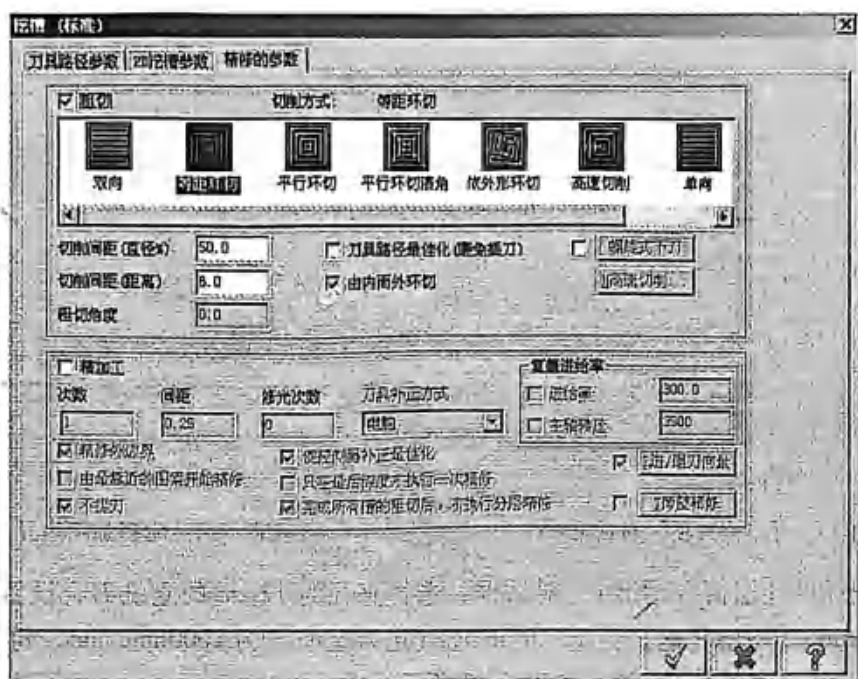


图 3-44 精修参数设置

技术指导: 因为这里是精加工, 为提高加工效率可不再设置刀具采用精修。可能有些读者会问: 能不能不采用粗切选项的设置而换成是只采用修精选项的设置? 这两种不同选项所生成的刀具路径是不一样的, 读者可自行尝试操作, 对比这两种不同选项的设置效果。

实践经验: 【双向】的走刀方式加工效率高, 粗加工时常采用。【等距环切】是沿着轮廓采用切削, 可干净清除所有毛坯余量, 这种走刀方式的加工纹路比较好, 精加工时较常用。采用【平行环切】或【平行环切并清角】的走刀方式时, 所生成的刀具路径可能会出现不能干净清除所有毛坯余量的现象。

单击【挖槽(标准)】对话框中的确定按钮 , 生成刀具路径如图 3-45 所示。

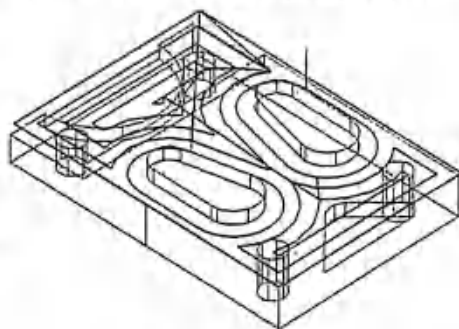


图 3-45 挖槽精加工刀具路径

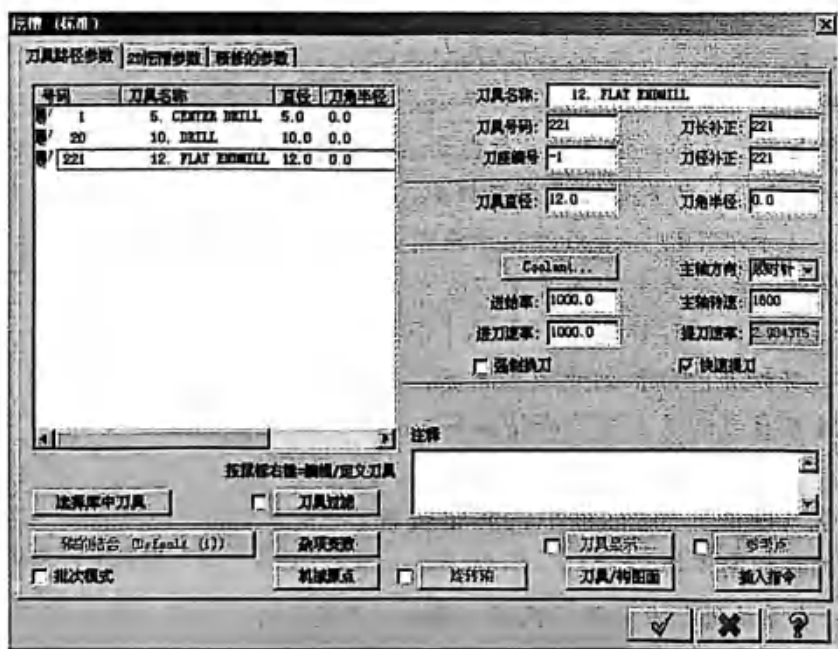
多学一招: 在系统进行刀具路径轨迹计算时, 将鼠标的光标移动至绘图区外, 可有效提高系统计算速度。

3.5.5 开放式挖槽粗加工(三角形凹槽)

1) 选择【刀具路径】/【标准挖槽】命令, 系统弹出【串连选项】对话框, 如图 3-46 所示。

单击部分串连按钮 , 在绘图区选取零件右边轮廓线其中一直线作为部分串连的第一

2) 系统弹出【挖槽(标准)】对话框,选择直径为12mm的立铣刀,设置【进给率】为1000mm/min,【主轴转速】为1600r/min,【进刀速率】为1000mm/min,勾选【快速提刀】复选项,其他选项都不勾选,如图3-48所示。



多学一招：当刀具下刀是踩空时，为提高加工效率，可以将【进刀速率】设得大一些，如这里设为1000mm/min。

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡, 勾选【参考高度】复选项并设置为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】为 -5.0mm。【深度】为 -10.0mm。勾选所有【绝对坐

标】复选项,设置【XY方向预留量】和【Z方向预留量】都为0.25mm。在【挖槽加工形式】下拉选项中选择【开放式轮廓】,勾选【Z轴分层铣深】和【过滤】复选项,如图3-49所示。

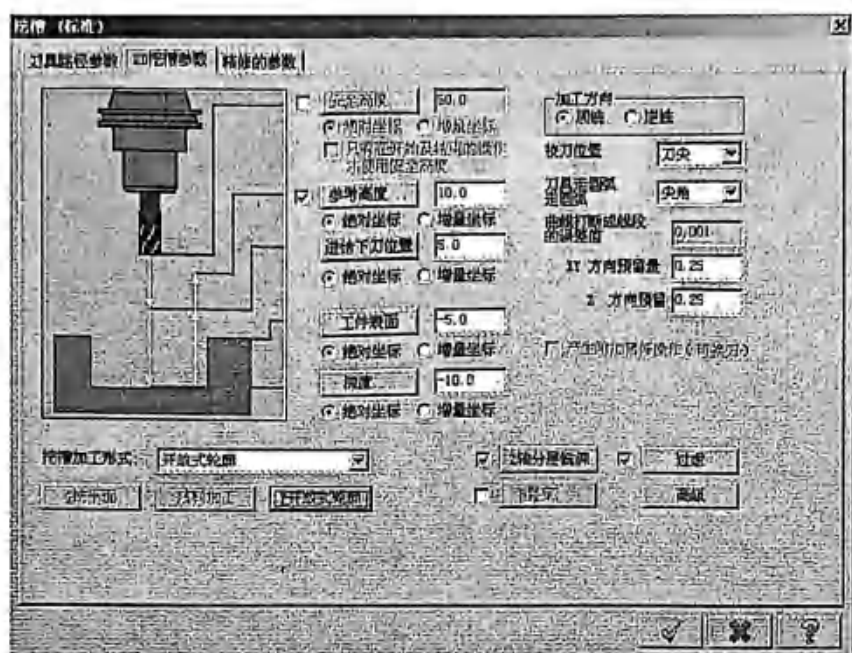


图 3-49 2D 挖槽参数设置

单击【开放式轮廓】按钮,系统弹出【开放式轮廓挖槽】对话框,设置【重叠距离】为12.0mm,如图3-50所示,单击确定按钮。

多学一招:如果想扩大加工范围,只要加大重叠距离即可。这里也可采用标准的挖槽方式。

单击【Z轴分层铣深】按钮,系统弹出【深度切削】对话框,设置【最大粗切量】为0.5mm。勾选【不提刀】复选项,如图3-51所示,单击确定按钮。



图 3-50 开放式轮廓挖槽设置



图 3-51 深度切削设置

技术指导:由于这里设置的过滤公差都为0.025mm和系统是默认的,因此只需勾选即可。常用的过滤公差为0.001~0.02mm,过滤半径 $R=0.1\sim0.5\text{mm}$ 。粗加工刀具路径取大值,光曲面刀具路径取小值,曲面半径较小取大值,曲面半径较大取小值。设置过滤可有效地减小程序容量,走刀更加畅顺,但过大则影响加工精度。

实践经验:当加工的部位较多时,特别是对不同的曲面型腔进行编程时要把过滤值里面的参数过滤半径关掉,MasterCAM有时会误把一个原本是1/4的圆弧过滤成3/4的圆弧,

这里需特别引起注意。

4) 打开【精修的参数】选项卡, 选择走刀方式为【等距环切】, 【切削间距 (距离)】为 6mm, 如图 3-52 所示。

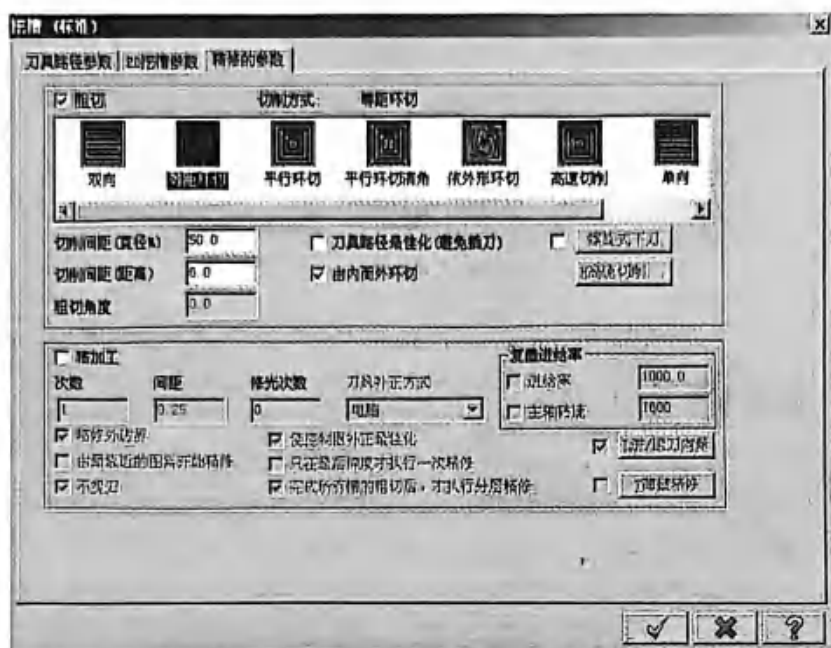


图 3-52 精修参数设置

单击【挖槽 (标准)】对话框中的确定按钮 , 生成刀具路径如图 3-53 所示。

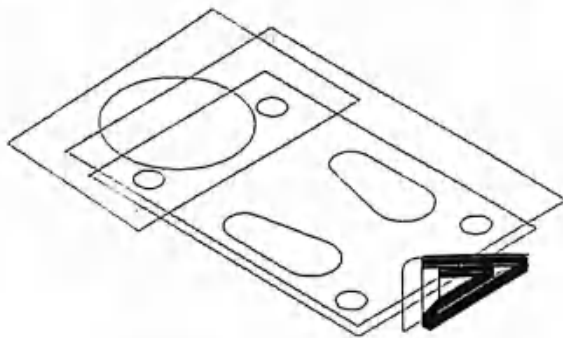


图 3-53 挖槽粗加工刀具路径

3.5.6 开放式挖槽精加工 (三角形凹槽)

1) 在【刀具路径管理器】中找到“第 5 步: 挖槽 (开放式轮廓挖槽)”刀具路径并单击右键, 选择【复制】命令, 如图 3-54 所示。

采用相同的方法进行粘贴, 在刚刚复制生成的“第 6 步: 挖槽 (开放式轮廓挖槽)”刀具路径的目录下单击【参数】选项, 如图 3-55 所示。

2) 系统弹出【挖槽 (开放式轮廓挖槽)】对话框, 打开【刀具路径参数】选项卡, 不用重新选刀, 设置【进给率】为 300mm/min, 【主轴转速】为 3500r/min, 【进刀速率】为 100mm/min, 如图 3-56 所示。



图 3-54 选择【复制】命令

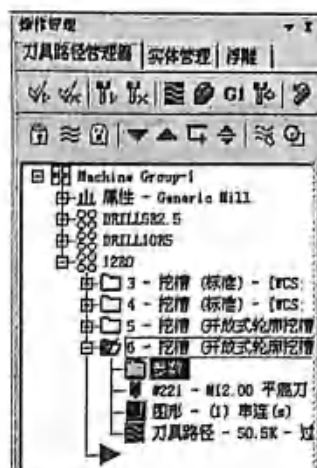


图 3-55 选择【参数】命令

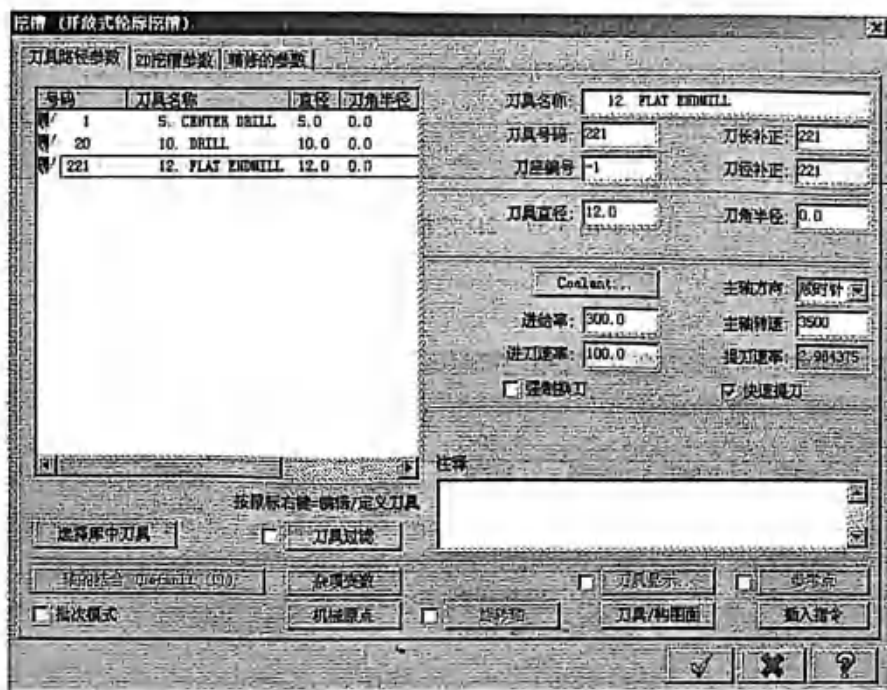


图 3-56 刀具选择与参数设置

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡，设置【XY 方向预留量】和【Z 方向预留量】都为 0.0mm，如图 3-57 所示。

4) 打开【精修的参数】选项卡，参数不作修改，如图 3-58 所示。

单击【挖槽 (开放式轮廓挖槽)】对话框中的确定按钮 , 单击重新计算按钮 , 生成刀具路径如图 3-59 所示。

多学一招：当将要生成的刀具路径和前面已生成的刀具路径一样时，可以对已存在的刀具路径进行复制，然后打开相关的参数（可供修改的参数有相关的加工参数，还有几何参数，如对加工边界、加工曲面和干涉曲面的修改）并采用修改即可，而且需重新设置的参数往往不多，这样能有效地提高编程效率。

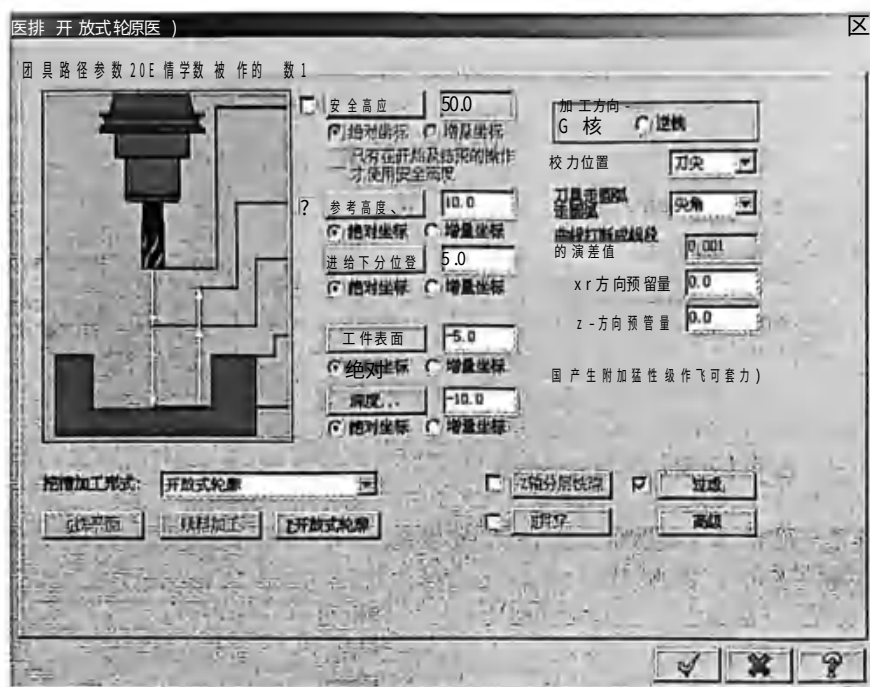


图3-57 2D 挖槽参数设置

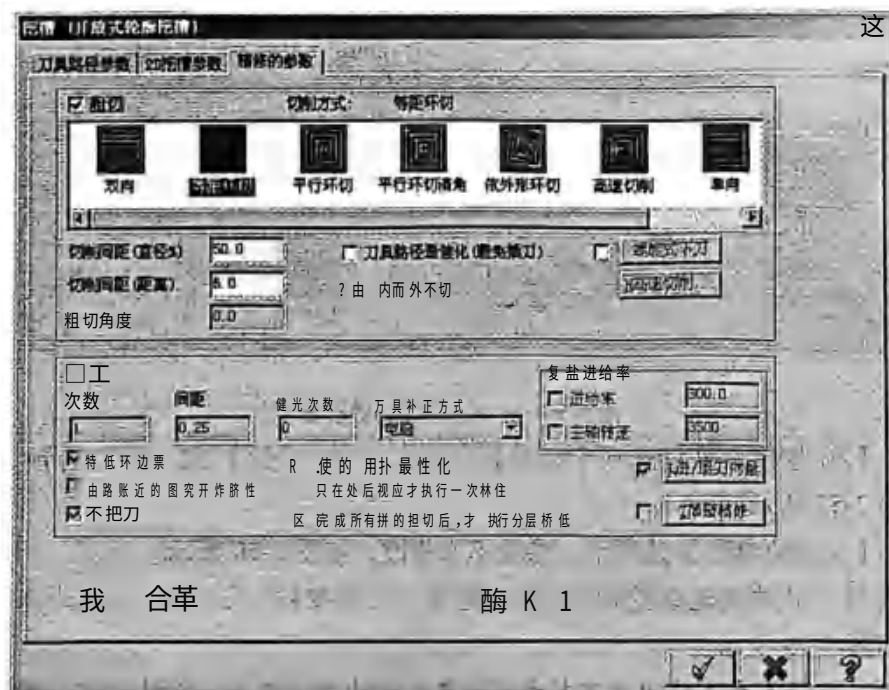


图3-58 精修参数设置

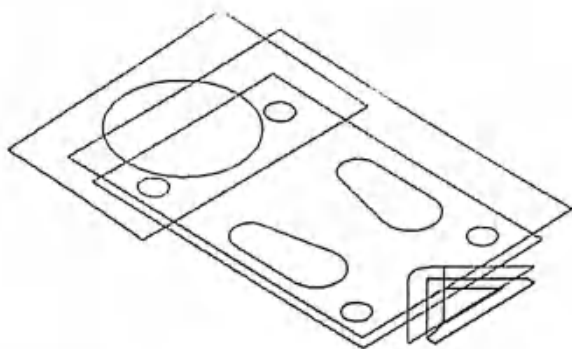


图 3-59 挖槽精加工刀具路径

3.5.7 外形铣削粗加工（左侧）

1) 选择【刀具路径】/【外形铣削】命令，如图 3-60 所示。

系统弹出【串连选项】对话框，如图 3-61 所示。

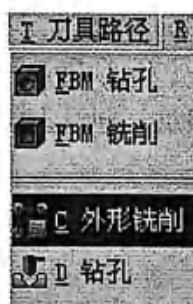


图 3-60 选择【外形铣削】命令

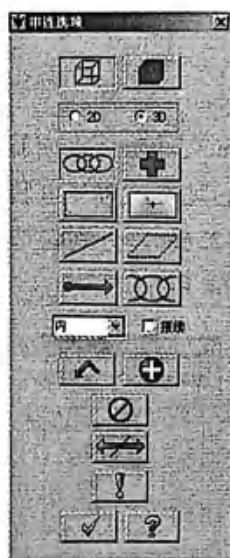


图 3-61 【串连选项】对话框

单击单一选取按钮，在绘图区选取一长直线，如图 3-62 所示。根据箭头指向判断此时刀具补偿为左补正，单击确定按钮.

技术指导：在采用外形铣削加工时，选择轮廓线要注意箭头的指向，因为它决定了刀具补偿方式。

2) 系统弹出【外形铣削 (2D)】对话框，选择直径为 12mm 的立铣刀，设置【进给率】为 1000mm/min，【主轴转速】为 1600r/min，【进刀速率】为 100mm/min。勾选【快速提刀】复选项，如图 3-63 所示。

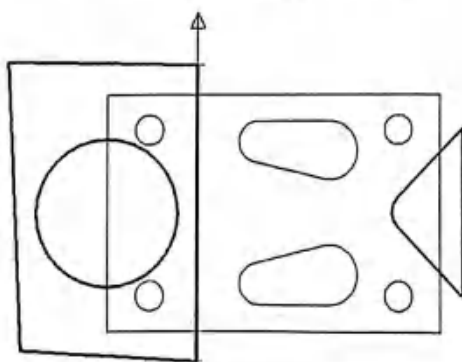


图 3-62 选择加工边界

3) 打开【外形加工参数】选项卡，勾选【参考高度】并设置为 10.0mm，【进给下刀

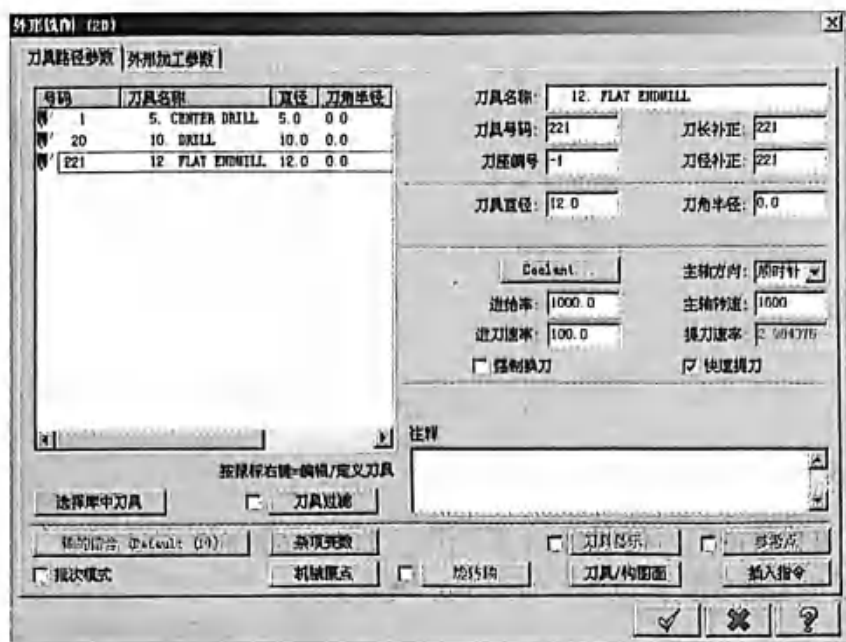


图 3-63 刀具选择与参数设置

位置】为 5.0mm，【工件表面】为 -5.0mm，【深度】为 -10.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项，【补正型式】为【电脑】，【补正方向】为【左补正】，【XY 预留量】和【Z 方向预留量】都为 0.25mm。分别勾选【X 轴分层切削】，【进/退刀向量】和【Z 轴分层铣深】复选项，如图 3-64 所示。

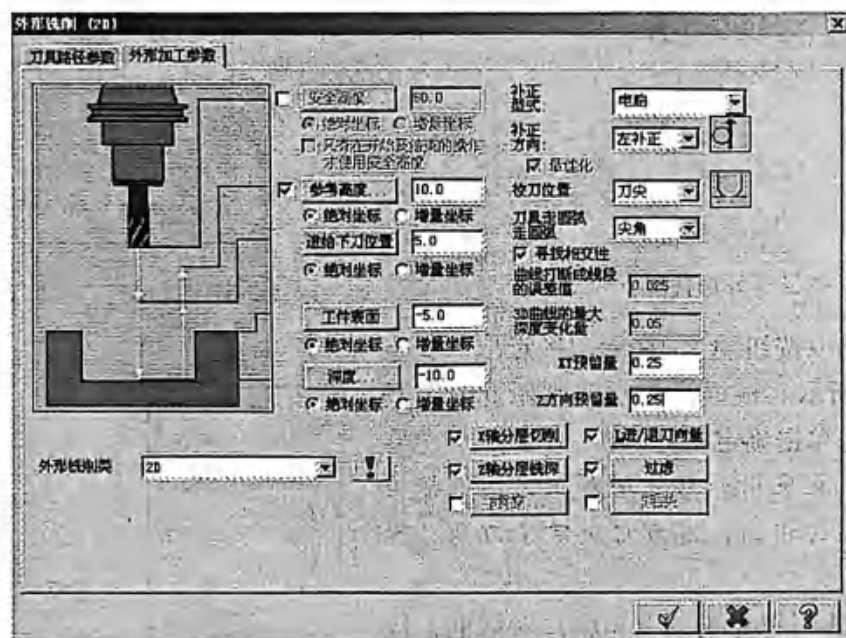


图 3-64 外形加工参数设置

单击【X 轴分层切削】按钮，系统弹出【X 轴分层切削】对话框，在【粗加工】选项中设置【次数】为 4，【间距】为 8.0mm，勾选【不提刀】复选项，如图 3-65 所示，单击确定按钮 ☒。

技术指导：X轴分层切削除了可以起到粗精加工外，还可扩大切削范围。例如，当材料加工余量比较大且刀具无法一步加工到定义尺寸时，可设置增加外形铣削的层数，达到清除余量的目的。

单击【进/退刀向量】按钮，系统弹出【进/退刀设置】对话框。进刀方式为【相切】，在【圆弧】选项中设置【半径】为刀具直径的30%，【扫描】为90°，单击 $\Rightarrow$ 按钮，将设置完的进刀方式参数对应到退刀参数选项中，其余参数采用默认方式，如图3-66所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。



图 3-65 X轴分层切削设置



图 3-66 进/退刀设置

实践经验：采用外形铣削时一般情况下都要设置【进/退刀向量】这个选项卡，否则加工时刀具直接接触工件，造成刀具崩刃或断刀，严重时撞机床。进/退刀的方式一般都设置为相切，这样可以取得较好的加工效果。设置长度、半径参数时不宜过大，只要有能安全下刀的空间即可，否则空刀会比较多。

多学一招：当所选的加工直线较短而又想增加加工长度时，可通过设置相切直线的长度而达到延长刀路路径的效果。

单击【Z轴分层铣削】按钮，系统弹出【深度切削】对话框，设置【最大粗切步进量】为0.5mm，勾选【不提刀】复选项，如图3-67所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

单击【外形铣削（2D）】对话框中的确定按钮 $\checkmark$ ，生成刀具路径如图3-68所示。



图 3-67 深度切削设置

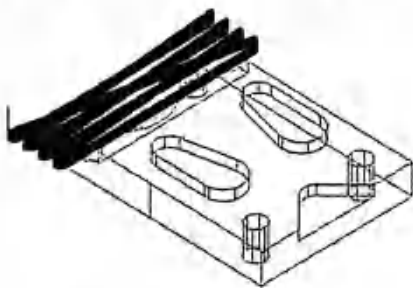


图 3-68 外形铣削粗加工刀具路径

3.5.8 外形铣削精加工（左侧）

1) 采用选择【刀具路径】/【外形铣削】命令，选取一上步所选的一长直线，注意箭头方向应和上一步一样，刀具补偿为左补偿，并执行确定。

2) 系统弹出【外形铣削 (2D)】对话框，选择直径为 12mm 的立铣刀，设置【进给率】为 300mm/min，【主轴转速】为 3500r/min，【进刀速率】为 100mm/min。勾选【快速提刀】复选项，如图 3-69 所示。

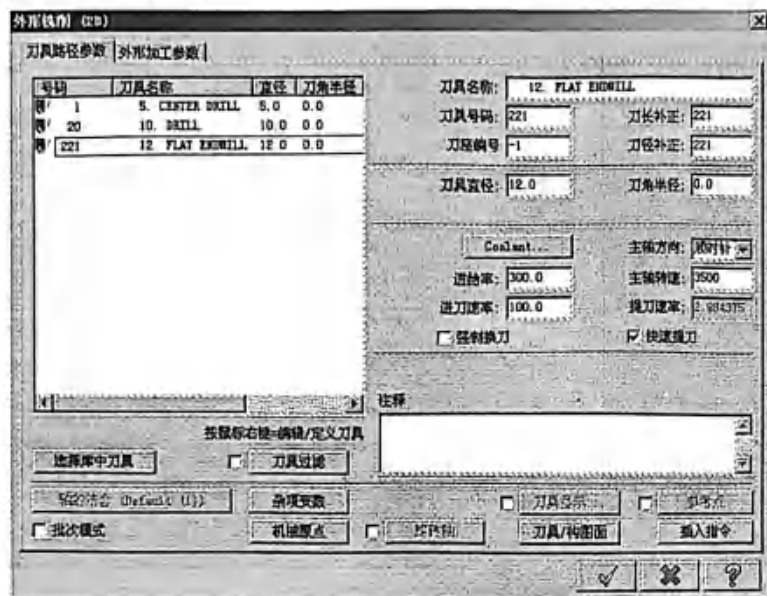


图 3-69 刀具选择与参数设置

3) 打开【外形加工参数】选项卡，设置【深度】为 -10.0mm。【XY 预留量】和【Z 方向余量】都为 0.0mm。勾选【X 轴分层切削】、【进/退刀向量】和【过滤】复选项，如图 3-70 所示。

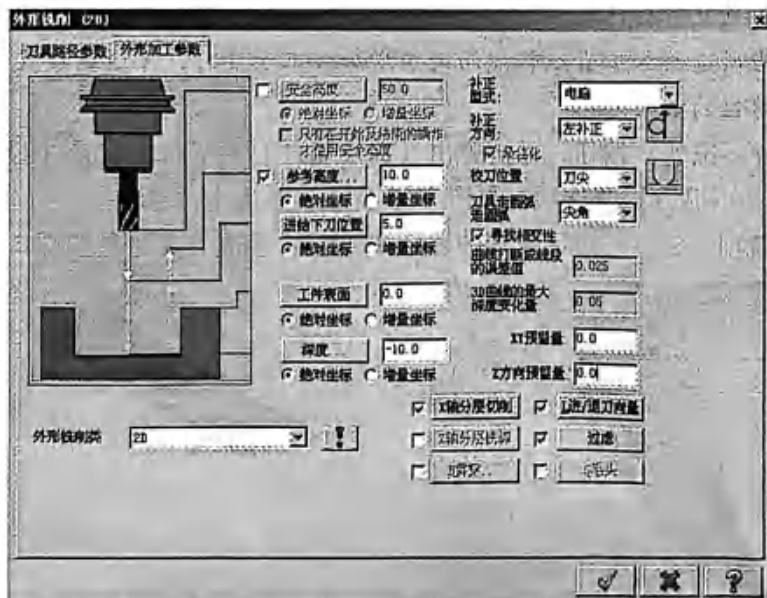


图 3-70 外形加工参数设置

单击【X轴分层切削】按钮，系统弹出【X轴分层切削】对话框，在【粗加工】选项中设置【次数】为4，【间距】为8.0mm，勾选【不提刀】复选项，如图3-71所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

单击【进/退刀向量】按钮，系统弹出【进/退刀设置】对话框。进刀方式为【相切】，在【圆弧】选项中设置【半径】为刀具直径的30%，【扫描】为90°，单击 $\rightarrow$ 按钮，将设置完的进刀方式参数对应到退刀参数选项中，如图3-72所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

单击【外形铣削(2D)】对话框中的确定按钮 $\checkmark$ ，生成刀具路径如图3-73所示。



图 3-71 X轴分层切削设置

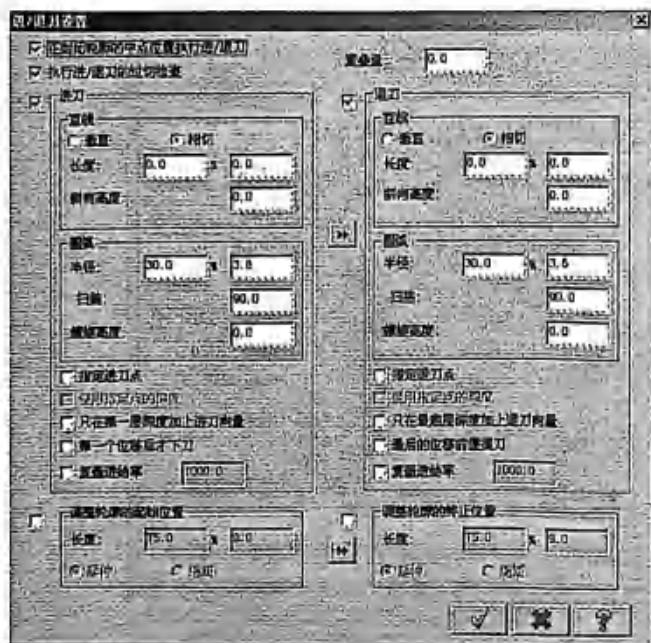


图 3-72 进/退刀向量设置

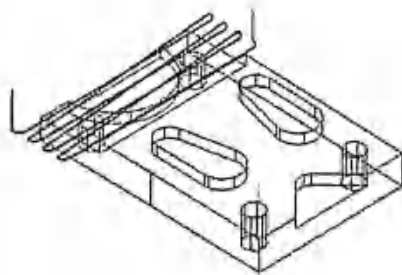


图 3-73 外形铣削精加工刀具路径

3.5.9 标准挖槽粗加工(半圆凹槽)

1) 选择【刀具路径】/【标准挖槽】命令，系统弹出【串连选项】对话框，如图3-74所示。

在绘图区选取零件左侧最大圆，如图3-75所示，单击确定按钮 $\checkmark$ 。

2) 系统弹出【挖槽(标准)】对话框，选择直径为12mm的立铣刀。设置【进给率】为1000mm/min，【主轴转速】为1600r/min，【进刀速率】为100mm/min。勾选【快速提刀】复选项，如图3-76所示。

3) 打开【2D挖槽参数】选项卡，勾选【参考高度】复选项并设置为10.0mm；【进给下刀位置】为5.0mm，【工件表面】为-10.0mm，【深度】为-15.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项，设置【XY方向预留量】和【Z方向预留量】都为0.25mm。勾选【Z轴分



图 3-74 【串连选项】对话框

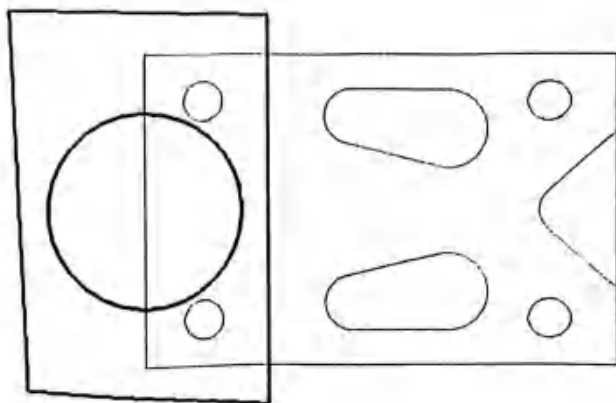


图 3-75 选择加工边界

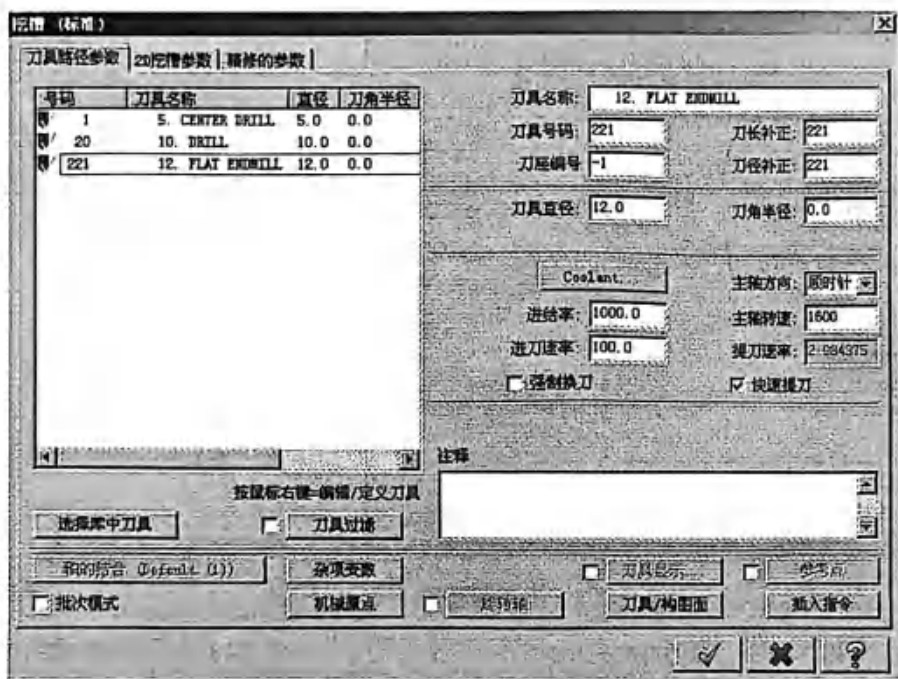


图 3-76 刀具选择与参数设置

层铣深】和【过滤】复选项，如图 3-77 所示。

单击【Z 轴分层铣深】按钮，系统弹出【深度切削】对话框。设置【最大粗切量】为 0.5mm，勾选【不提刀】复选项，如图 3-78 所示，单击确定按钮 ☒。

4) 打开【精修的参数】选项卡，选择走刀方式为【等距环切】。设置【切削间距（距离）】为 9.6mm。勾选【由内而外环切】和【螺旋式下刀】复选项，如图 3-79 所示。

单击【螺旋式下刀】按钮，系统弹出【螺旋/斜插式下刀参数】对话框。设置【最小半径】为 6.0mm，【最大半径】为 12.0mm，【Z 方向开始螺旋】为 1.0mm，【XY 方向预留间隙】为 1.0mm，【进刀角度】为 3°。勾选【如果所有进刀方法都失败时】复选项中的【垂直下刀】选项，如图 3-80 所示，单击确定按钮 ☒。



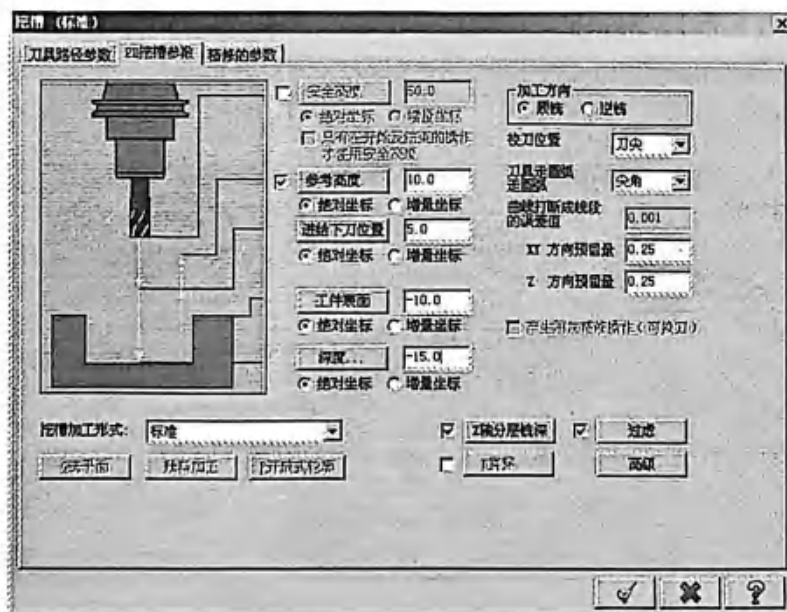


图 3-77 2D 挖槽参数设置

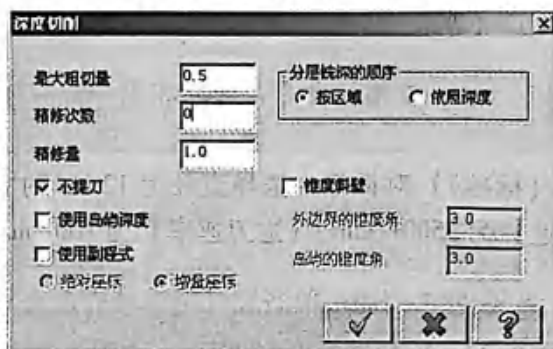


图 3-78 深度切削设置

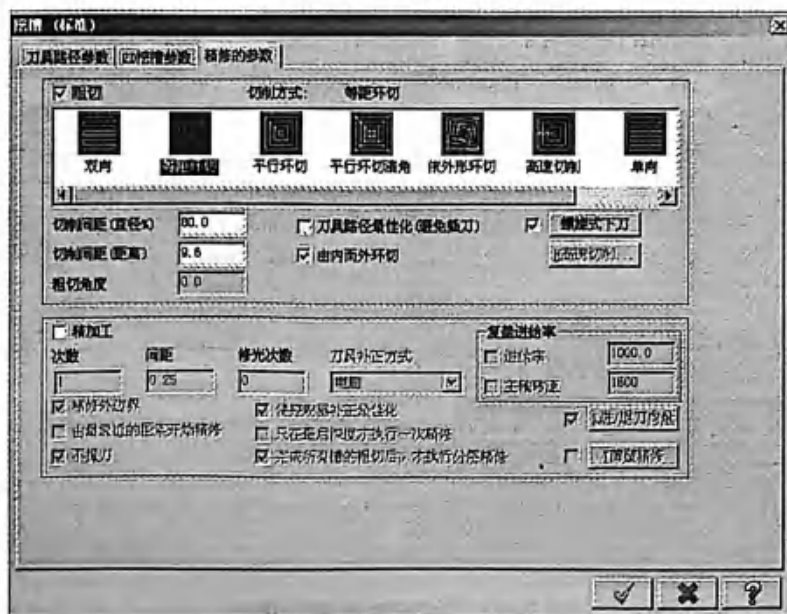


图 3-79 精修参数设置

单击【挖槽（标准）】对话框中的确定按钮，生成刀具路径如图 3-81 所示。

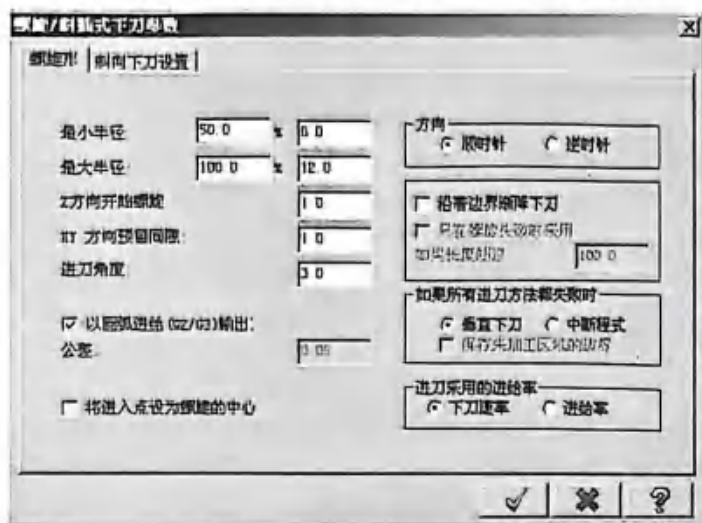


图 3-80 螺旋式下刀参数设置

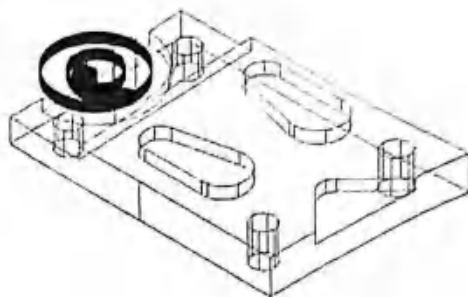


图 3-81 挖槽粗加工刀具路径

3.5.10 标准挖槽精加工（半圆凹槽）

1) 采用【刀具路径】/【标准挖槽】命令，选取和上一步一样的最大圆弧，并执行确定。

2) 系统弹出【挖槽（标准）】对话框，选择直径为 12mm 的立铣刀，设置【进给率】为 300mm/min，【主轴转速】为 3500r/min，【进刀速率】为 100mm/min，勾选【快速提刀】复选项，如图 3-82 所示。

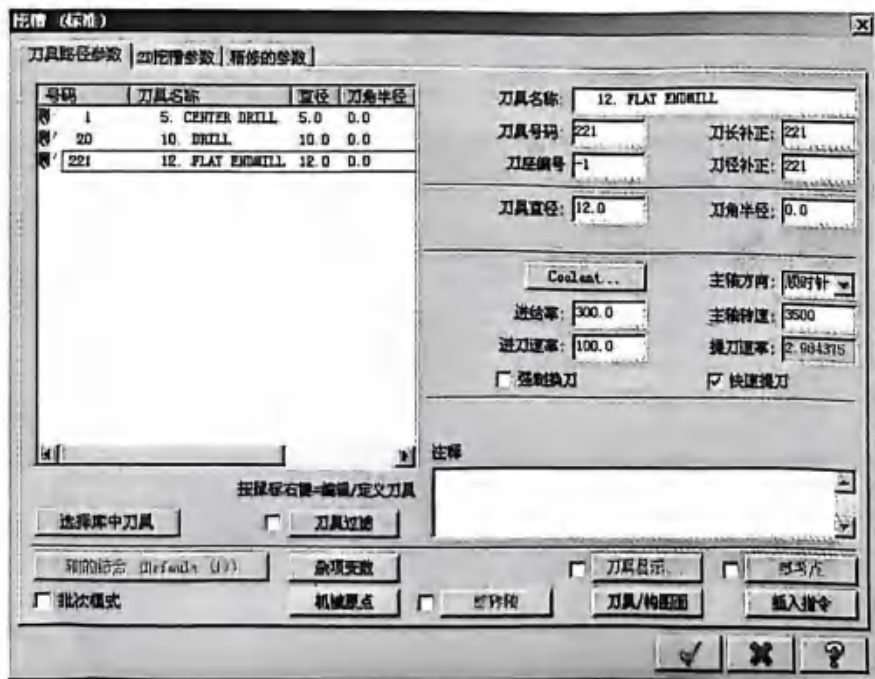


图 3-82 刀具选择与参数设置

3) 打开【2D 挖槽参数】选项卡，勾选【参考高度】复选项并设置为 10.0mm，【进给

下刀位置】为 5.0mm,【工件表面】为 0.2mm,【深度】为 -15.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项,设置【XY 方向预留量】和【Z 方向预留量】为 0mm,勾选【过波】复选项,如图 3-83 所示。

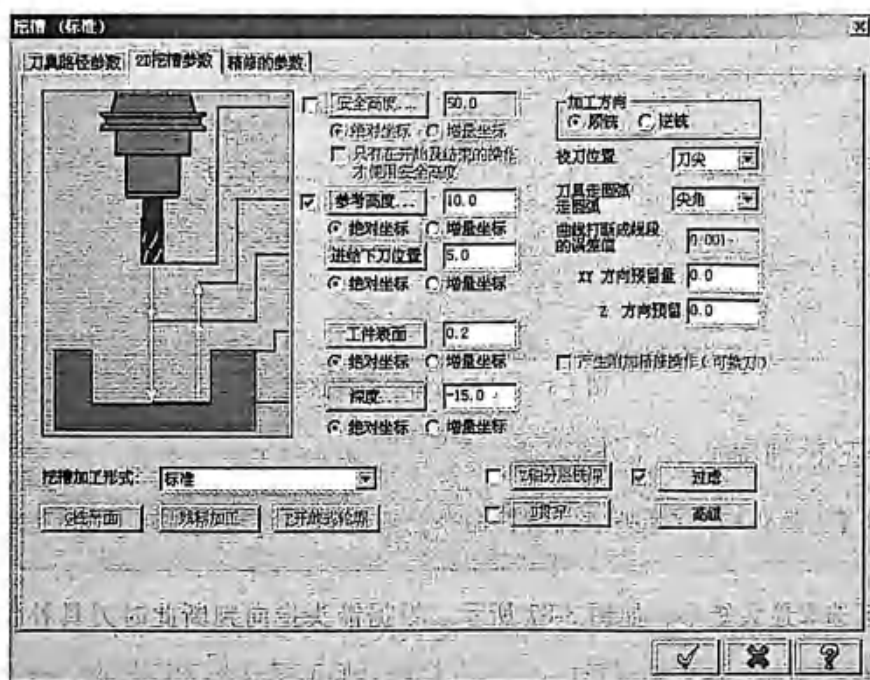


图 3-83 2D 挖槽参数设置

4) 打开【精修的参数】选项卡,选择走刀方式为【等距环切】,设置【切削间距(距离)】为 6.0mm。勾选【由内而外环切】复选项,如图 3-84 所示。

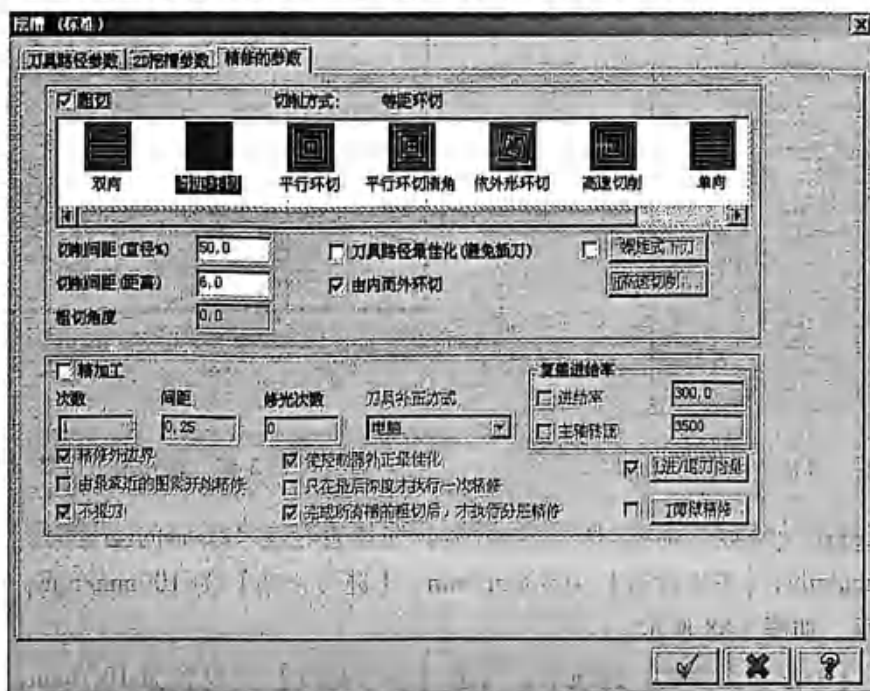


图 3-84 精修参数设置

单击【挖槽（标准）】对话框中的确定按钮 , 生成刀具路径如图 3-85 所示。

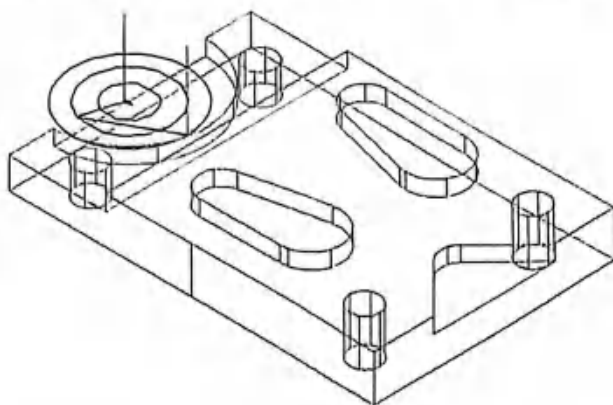


图 3-85 挖槽精加工刀具路径

3.5.11 外形铣削精加工（外形）

1) 选择【刀具路径】/【外形铣削】命令，系统弹出【串连选项】对话框，如图 3-86 所示。

在绘图区选取最大矩形，如图 3-87 所示。根据箭头指向判断此时刀具补偿为左补正，单击确定按钮 。



图 3-86 【串连选项】对话框

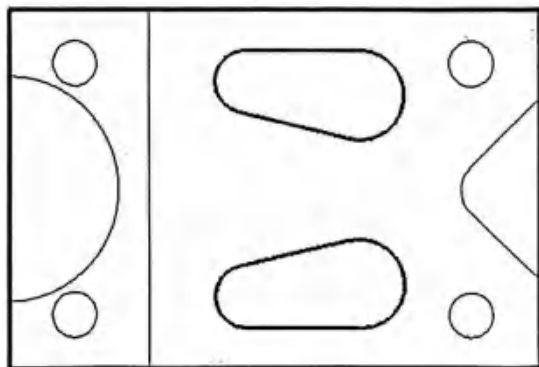


图 3-87 选择加工边界

2) 系统弹出【外形铣削（2D）】对话框，选择直径为 12mm 的立铣刀。设置【进给率】为 400mm/min，【主轴转速】为 3000r/min，【进刀速率】为 100mm/min，勾选【快速提刀】复选项，如图 3-88 所示。

3) 打开【外形加工参数】选项卡，勾选【参考高度】并设置为 10.0mm，【进给下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 -5.0mm，【深度】为 -20.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项。【补正型式】为【电脑】，【补正方向】为【左补正】，【XY 预留量】和【Z 方向余

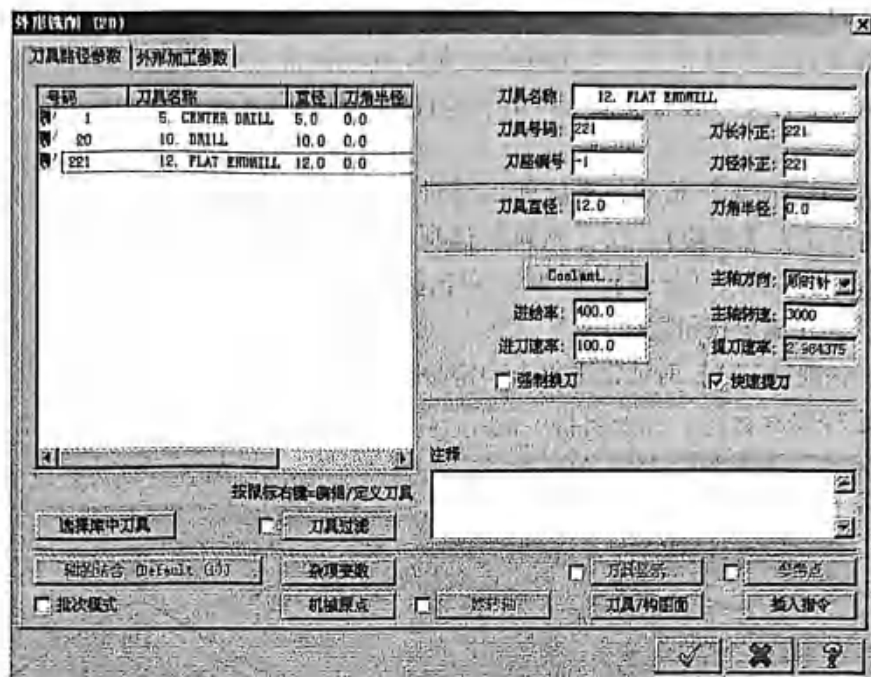


图 3-88 刀具选择与参数设置

量】都为 0.0mm，勾选【X 轴分层切削】和【进/退刀向量】复选项，如图 3-89 所示。

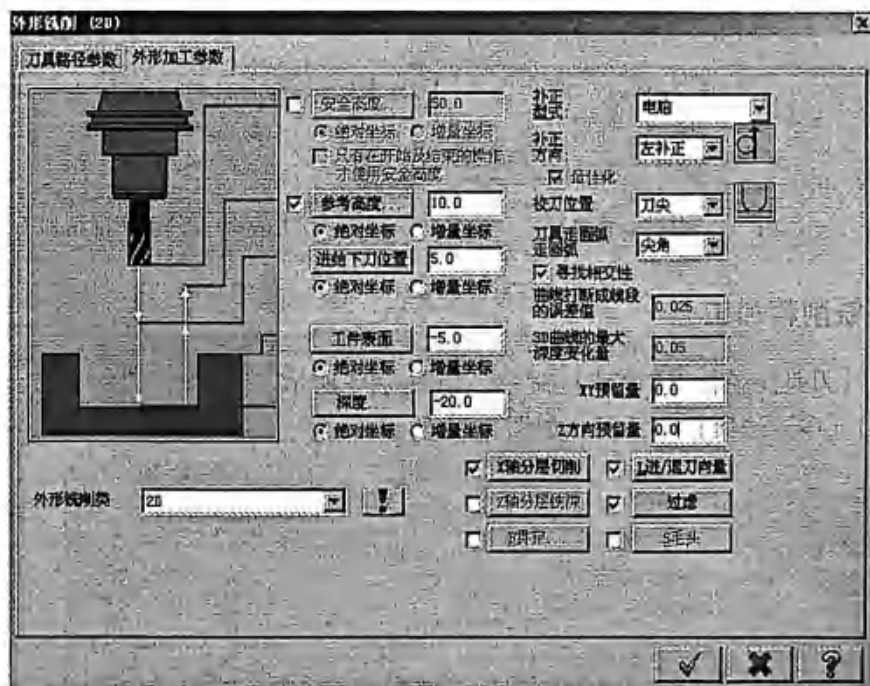


图 3-89 外形加工参数设置

单击【X 轴分层切削】按钮，系统弹出【X 轴分层切削】对话框，在【粗加工】选项中设置【次数】为 2，【间距】为 0.5mm。在【精加工次数】选项中设置【次数】为 1，【间距】为 0.25mm。勾选【不提刀】复选项，如图 3-90 所示，单击确定按钮 .

技术指导：这里没有采用分层铣深的方式，当毛坯余量不大时，可以直接加工到所指定

的深度,但是由于切削量大可能会出现弹刀现象,使用这种方法时需特别考虑余量的多少。由于前而没有留加工余量,为了在精加工时取得好的表面质量采用了一次精修,精修余量为 0.25mm。

单击【进/退刀向量】按钮,系统弹出【进/退刀设置】对话框。进刀方式为【相切】,在【圆弧】选项中设置【半径】为刀具直径的 30%,【扫描】为 90°,单击  按钮,如图 3-91 所示,单击确定按钮 .

在【外形铣削(2D)】对话框中单击确定按钮 ,生成刀具路径如图 3-92 所示。



图 3-90 X 轴分层切削设置



图 3-91 进/退刀向量设置

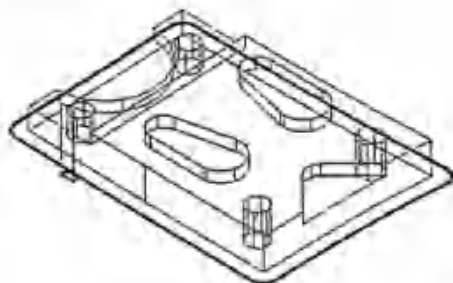


图 3-92 外形铣削精加工刀具路径

3.5.12 面铣削精加工

- 1) 选择【刀具路径】/【面铣】命令,如图 3-93 所示。系统弹出【串连选项】对话框,如图 3-94 所示,

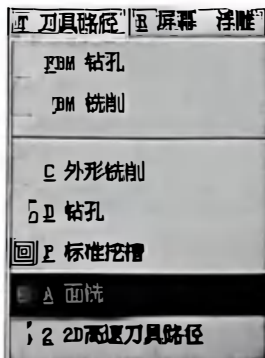


图 3-93 选择【面铣】命令



图 3-94 【串连选项】对话框

在绘图区选取两个对称的封闭轮廓，如图 3-95 所示，单击确定按钮 。

2) 系统弹出【平面加工】对话框, 选择直径为 12mm 的立铣刀, 设置【进给率】为 300mm/min, 【主轴转速】为 3500r/min, 【进刀速率】为 100mm/min。勾选【快速提刀】复选项, 其他选项都不勾选, 如图 3-96 所示。

3) 打开【平面铣削参数】选项卡, 勾选【参考高度】选项并设置为 10.0mm, 【进给下刀位置】为 5.0mm, 【工件表面】和【深度】都设为 0.0mm。勾选所有【绝对坐标】复选项, 设置【最大步进量】为刀具直径的 50%, 其余参数默认, 如图 3-97 所示。

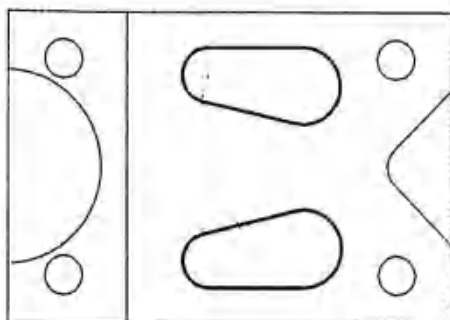


图 3-95 选择加工边界

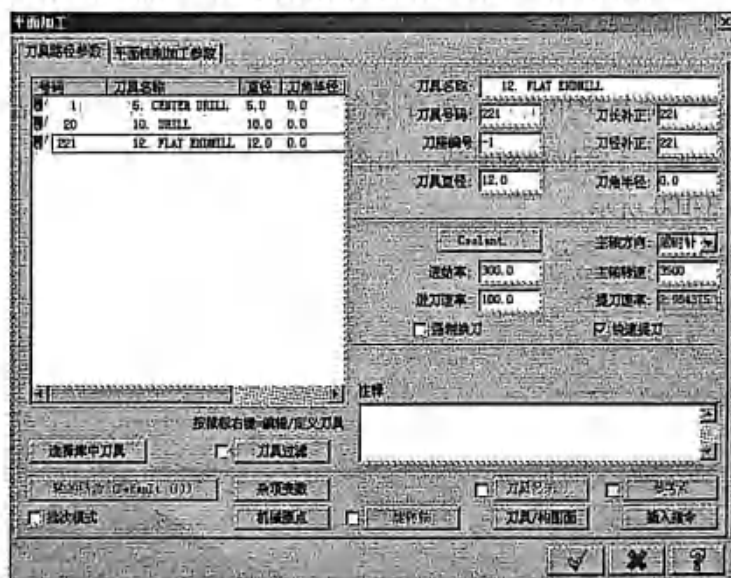


图 3-96 刀具选择与参数设置

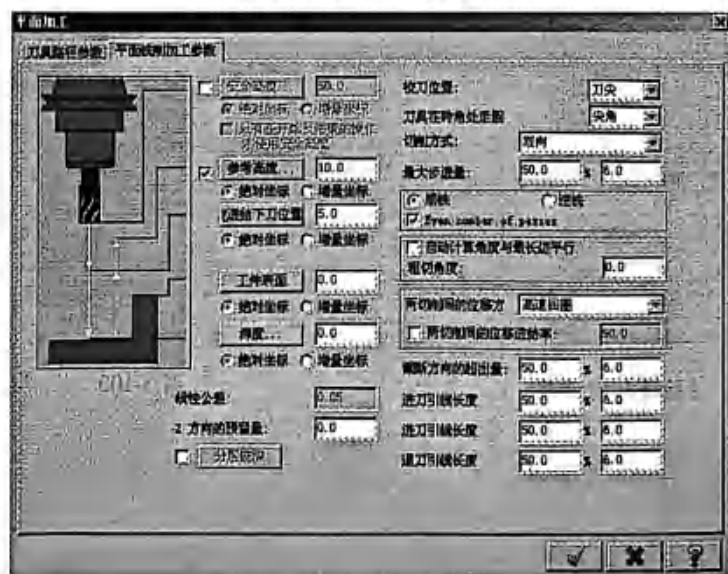


图 3-97 平面铣削加工参数设置

单击【平面加工】对话框中的确定按钮, 生成刀具路径如图 3-98 所示。

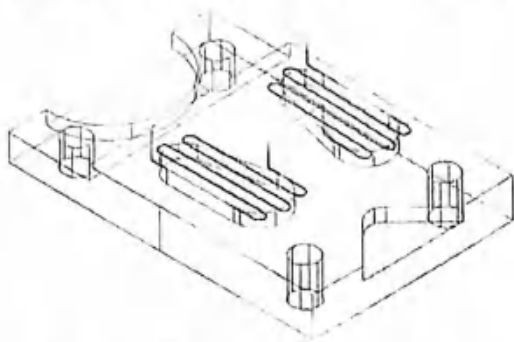


图 3-98 平面加工精加工刀具路径

技术指导：结合零件特点最后才进行零件上表面的加工，有利于提高加工效率。

3.5.13 实体模拟加工

在【刀具路径管理器】中单击选择所有操作按钮, 选择所有加工程序, 单击实体模拟加工按钮。系统弹出【验证】对话框, 如图 3-99 所示。单击播放按钮, 采用实体加工验证, 结果如图 3-100 所示。

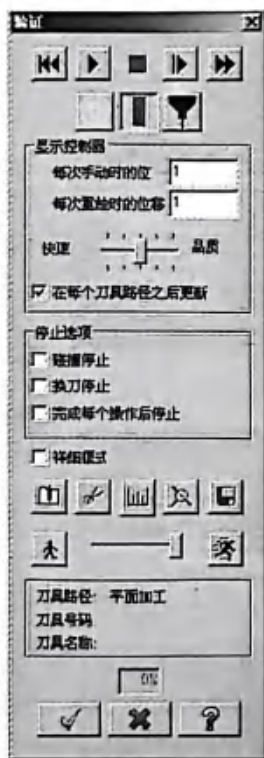


图 3-99 【验证】对话框



图 3-100 模拟结果

3.6 小结

本章结合图形特点, 运用 MasterCAM 提供的二维加工刀具路径生成方法编程, 除了一

些技巧外还指出了在二维加工中的一些注意事项，为读者深入掌握 MasterCAM 的二维刀具路径编制方法起到了抛砖引玉的作用。

3.7 提高练习

打开随书光盘“源文件/cha03/3-2. mcx”，图形如图 3-101 所示。完成其编程加工。

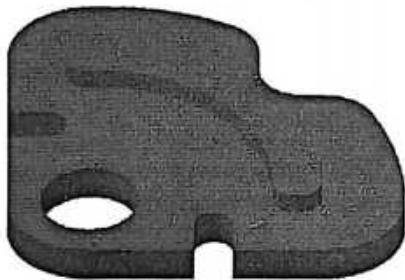


图 3-101 提高练习零件

职业教育机电类专业教学用书

AutoCAD 2022 机械制图项目教程

杨志义 主编

中国教育出版传媒集团
高等教育出版社

党的二十大报告指出,要推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。在实现新型工业化,实现制造强国、数字中国过程中,CAD/CAM 技术至关重要,也是现代装备制造类科技人才、卓越工程师、高技能人才必须掌握的技术。

AutoCAD 是专业的计算机辅助设计软件,具有强大的二维绘图和三维造型功能,广泛应用于机械设计、工业设计、建筑设计、服装设计等领域。AutoCAD 工作界面易于使用,命令操作方便,学习难度不高。

学习 AutoCAD 软件的关键是理解 AutoCAD 软件中各个命令的功能,并熟练使用这些命令,从而为后续的学习与工作打好基础。软件的本质是工具,同其他实际操作类课程一样,采用“任务驱动”的教学方法,有助于提高学生的学习兴趣,也利于教学的组织开展。

本书以 AutoCAD 2022 为载体展开介绍,通过“分模块设任务”的形式,将 AutoCAD 软件常用的功能,通过合理规划集中到若干任务中,针对完成任务需要用到的命令与操作方法,通过实操性的介绍来引导学生学习,使学生在操作的过程中理解命令的功能,从而更好地进行任务实施。同时,本书配套了大量的习题,以不断强化学生操作工具的能力,从而掌握软件的使用方法。

本书共分为 9 个模块,各模块内容简要介绍如下:

模块一 认识 AutoCAD 2022:认识 AutoCAD 2022 的工作界面并掌握其基本操作。

模块二 绘制二维图形:学习常见平面图形的绘制方法和编辑方法,包括直线、圆弧等图元的绘制与编辑等。

模块三 设置图元属性:学习图元属性的设置方法,特别是图层的创建和编辑。

模块四 尺寸标注与文字注释:学习尺寸标注与文字注释的创建方法。

模块五 参数化绘图:学习几何约束和尺寸约束的绘图方法。

模块六 绘制复杂二维图形:专项学习绘制相切圆弧、周期性阵列、零件装配图的方法。

模块七 三维造型:学习创建三维模型、用户坐标系和三维标注尺寸的方法。

模块八 创建工程图:学习三视图的创建方法、零件工程图的不同创建方法,以及剖视图的创建方法。

模块九 打印图样:学习模型空间和布局空间的打印方法,特别是在布局空间中打印多个零件图样的方法。

为方便教学开展及学生自学,本书配套资源包含了书中用到的 AutoCAD 图样源文件,按照本书最后一页“郑重声明”下方使用说明,登录网站(<https://abooks.hep.com.cn>),可获取相关资源。

本书由江门市技师学院杨志义担任主编,黄杰昌、尹平、欧钦庆担任副主编,参与编写的有王萍萍、黄立超、李国荣。本书是校企合作教材,广东省机械研究所有限公司、宝威塑胶工程(惠州)有限公司的技术人员为本书提供了技术支持。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。读者意见反馈信箱:zz_dzyj@pub.hep.cn。

编 者

2023 年 10 月

模块一	认识 AutoCAD 2022	1
	任务 体验 AutoCAD 2022	1
模块二	绘制二维图形	15
	任务 1 绘制楔块	15
	任务 2 绘制切片	24
	任务 3 绘制把手	35
	任务 4 绘制掰手器	51
	任务 5 编辑十字零件	63
模块三	设置图元属性	69
	任务 设置图层、颜色及线型	69
模块四	尺寸标注与文字注释	86
	任务 1 标注紧块	86
	任务 2 标注轴	105
	任务 3 标注旋转螺母	122
模块五	参数化绘图	138
	任务 1 绘制垫片	138
	任务 2 绘制切片	151
模块六	绘制复杂二维图形	164
	任务 1 绘制蝴蝶	164
	任务 2 绘制棘轮	173

任务 3 装配螺旋千斤顶	182
模块七 三维造型	191
任务 1 绘制带轮	191
任务 2 绘制弯管	207
模块八 创建工程图	220
任务 1 补画视图	220
任务 2 创建叉块工程图	226
模块九 打印图样	238
任务 打印防护板	238
附录 A AutoCAD 常用快捷键	271
附录 B 提高练习操作过程视频二维码	272
参考文献	276

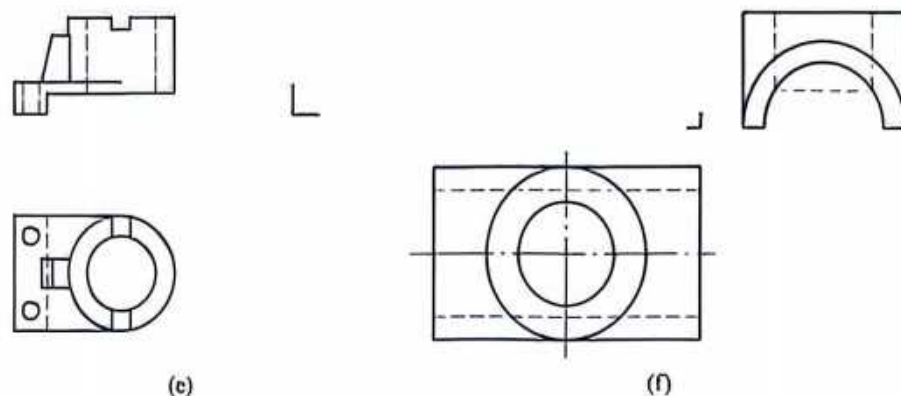


图 8-11 提高练习图

任务 2 创建叉块工程图 >>>

任务目标

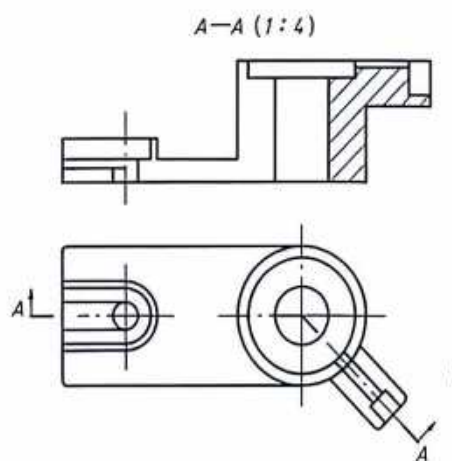
- 能使用不同的方法创建工程图。
- 能正确创建剖视图。

任务导入

根据本书配套资源包中的“素材/模块八 创建工程图/任务 2”文件中的“叉块.dwg”文件,如图 8-12a 所示,创建如图 8-12b 所示的工程图。



(a) 叉块.dwg



(b) 创建工程图

图 8-12 叉块工程图

■ 任务分析

由于叉块零件不规则,为了全面反映零件的内部结构,采用了旋转剖视图的方式来表达。本任务主要涉及由零件生成三视图的方法。

■ 知识准备

1. 实体零件生成三视图的方法

1.1 使用【3D 旋转】命令和【平面摄影】命令

1) 使用【3D 旋转】命令 (ROTATE3D) 可将选定对象按指定的旋转轴进行旋转,与【2D 旋转】命令 (ROTATE) 的不同在于【3D 旋转】命令可以在三维空间旋转。



图 8-13 双圆头块.dwg

打开本书配套资源包中的“素材/模块八 创建工程图/任务 2”文件夹中的“双圆头块.dwg”文件,如图 8-13 所示。

将其调整为俯视图,并沿水平和垂直方向各复制一次,相邻两零件的距离稍微大一些,复制结果如图 8-14 所示。

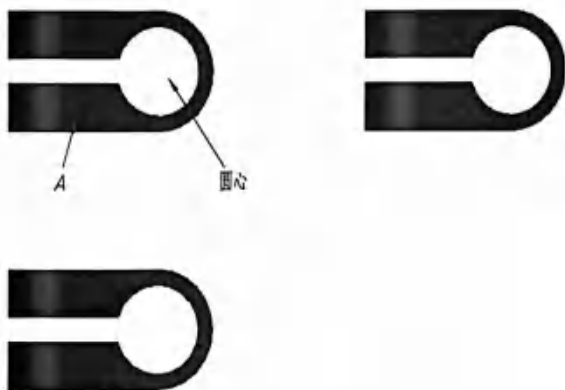


图 8-14 复制结果



在命令行输入“ROTATE3D”,按空格键,系统提示:

命令: ROTATE3D

当前正向角度: ANGDIR=逆时针 ANGBASE=0

选择对象: 指定对角点: 找到 1 个 //选择如图 8-14 所示的 A 对象,按空格键

选择对象:

指定轴上的第一个点或定义轴依据

[对象(O)/最近的(L)/视图(V)/X 轴(X)/Y 轴(Y)/Z 轴(Z)/两点(2)]: X //输入“X”,按空格键

指定 X 轴上的点 <0,0,0>: //选择如图 8-14 所示的圆心

指定旋转角度或 [参照(R)]: -90 //输入“-90”,按空格键

旋转零件如图 8-15 所示。

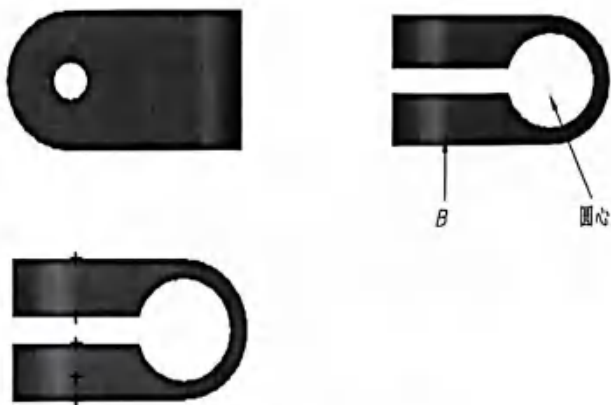


图 8-15 旋转零件

继续在命令行输入“ROTATE3D”,按空格键,选择如图 8-15 所示的 *B* 对象,按空格键,输入“Y”,以选择绕 *Y* 轴旋转,按空格键,输入“90”,按空格键,旋转形成三视图如图 8-16a 所示,最后将三个图形进行调整,使其对正,调整结果如图 8-16b 所示。

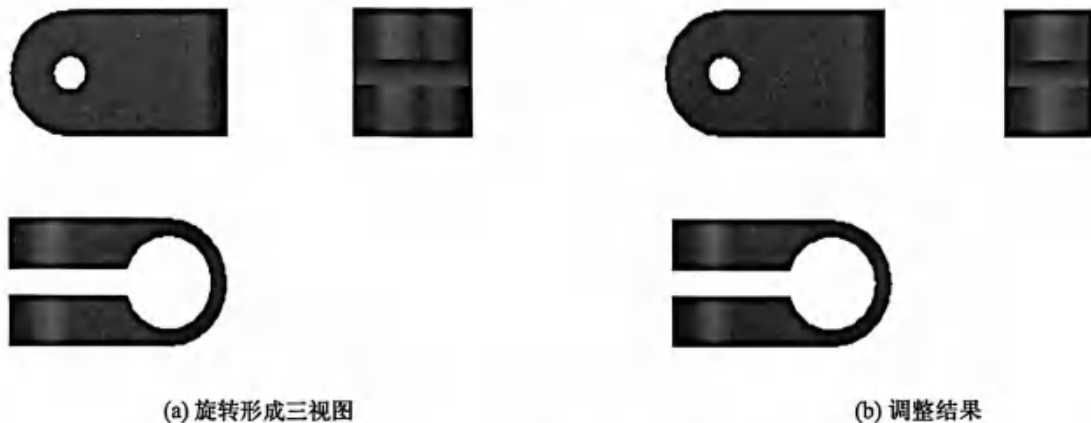


图 8-16 旋转实体形成三视图

技术指导

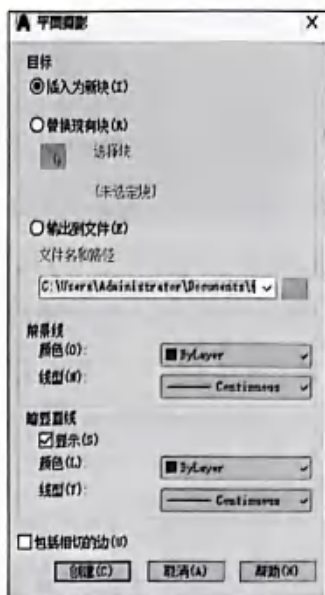
对于此处的旋转方向,可使用右手法则进行判定。伸出右手,大拇指与旋转轴的正方向一致,手握旋转轴,四指所指的方向就是正方向,即为角度正值的方向,反之则为负方向。

2) 使用【平面摄影】命令可将当前视图中所有三维实体、曲面和网格组成的三维对象投影到与当前视图平行的平面上,从而形成二维投影。这些投影出来的二维图形为块,如需要编辑,可先进行分解再编辑处理。

单击【常用】选项卡中的【截面平面】按钮,从下拉列表中选择【平面摄影】选项,如图 8-17a 所示,弹出【平面摄影】对话框,如图 8-17b 所示,参数如图。



(a) 选择【平面摄影】选项



(b) 【平面摄影】对话框

图 8-17 选择【平面摄影】选项

在【平面摄影】对话框单击【创建】按钮,系统显示三视图,系统提示,

命令: `_flatshot`

单位: 毫米 转换: 1.0000

指定插入点或 [基点(B)/比例(S)/X/Y/Z/旋转(R)/分解(E)/重复(RE)]: //移动光标到适当位置单击以确定放置的位置

输入 X 比例因子,指定对角点,或 [角点(C)/xyz(XYZ)] <1>: //按空格键,默认比例为 1

输入 Y 比例因子或 <使用 X 比例因子>: //按空格键,默认沿用 X 比例因子

指定旋转角度 <0>: //按空格键,默认旋转角度为 0°

创建三视图如图 8-18 所示。

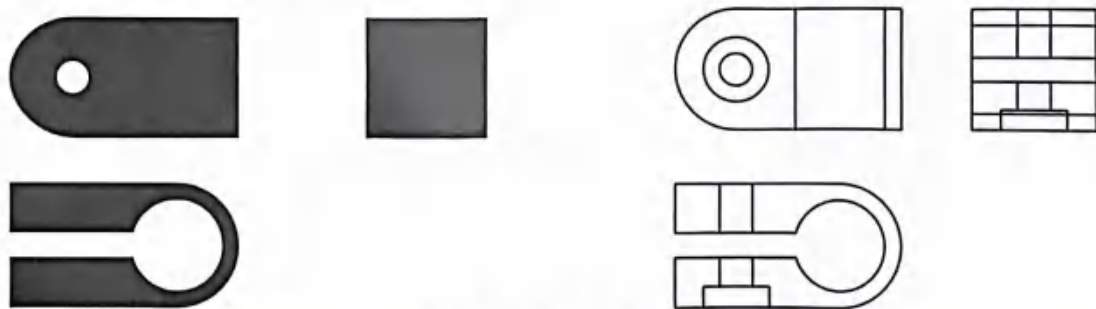


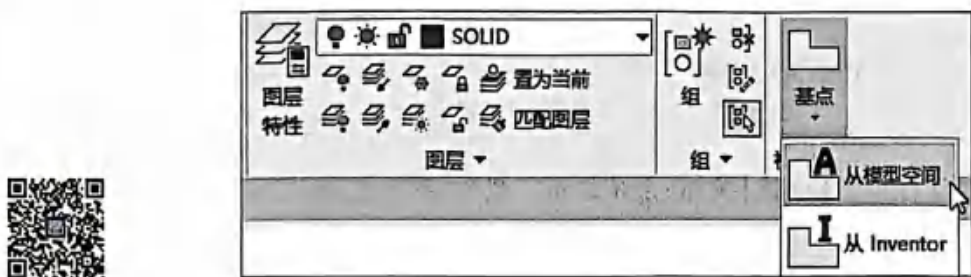
图 8-18 创建三视图

可先将所创建的三视图进行分解,再修改相关对象的图层特性,如颜色、线型,并创建中心线等,使三视图的内容更加完整。

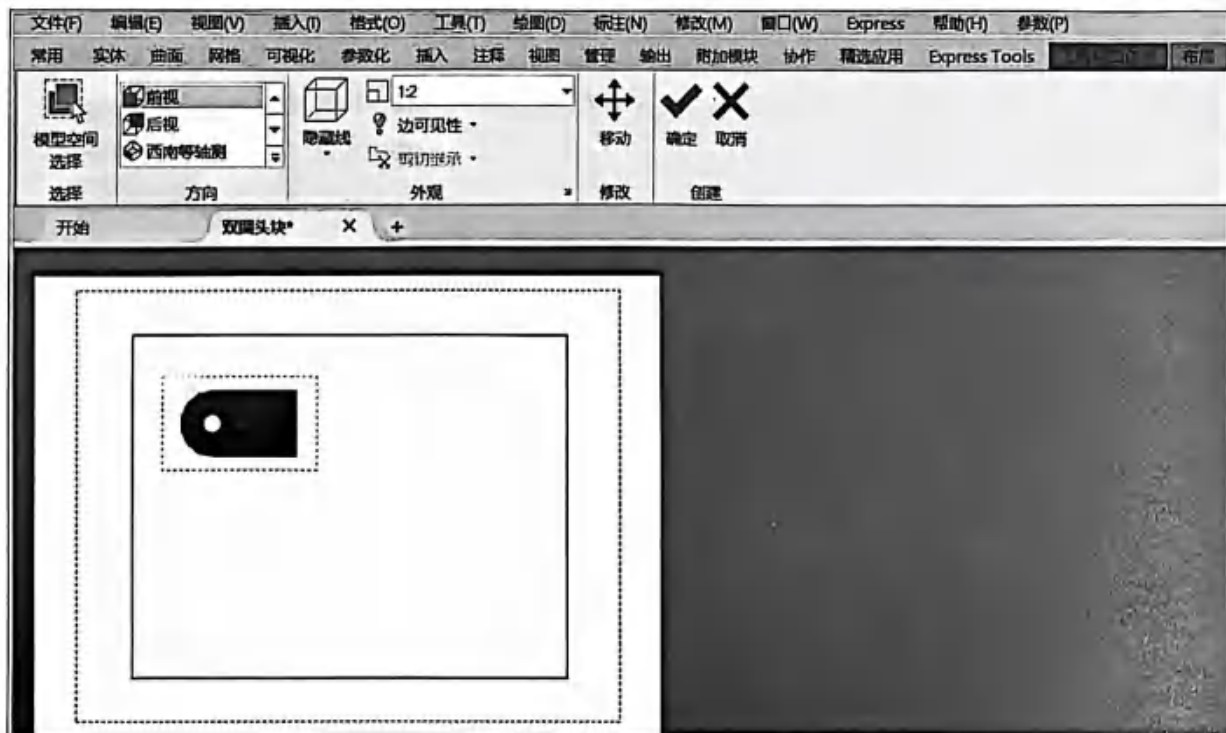
1.2 使用【基点视图】命令

使用【基点视图】命令可将模型空间中的三维对象投射到布局中,创建视图。

继续采用上一例的双圆头块展开介绍。打开本书配套资源包中的“素材/模块八 创建工程图/任务2”文件夹中的“双圆头块.dwg”文件,在【常用】选项卡的【视图】面板中单击【基点】按钮,选择【从模型空间】选项,如图8-19a所示。直接按回车键,默认选择整个模型。系统提示对新布局进行命名或使用现有的布局,直接按回车键选择默认选项,系统显示【工程视图创建】和【布局】上下文选项卡,并将比例自动调整为1:2,按回车键接受默认选项,在布局视口的左上角单击,选择视图方向为“前视图”,按回车键,单击【确定】按钮 ,创建主视图结果如图8-19b所示。



(a) 选择【从模型空间】选项



(b) 创建主视图结果

图8-19 创建主视图

技术指导

在创建第一个视图的时候需要考虑后续的视图,因为第一个视图为基础视图,后续的视图将以基础视图为投影参照。如这里先创建前视图的目的是为了方便后续分别创建俯视图、左视图和轴测图。

向下移动光标在适当位置单击,以创建俯视图,如图 8-20a 所示。向右移动光标在适当位置单击,以创建左视图,向右下角移动光标在适当位置单击,以创建轴测图,按回车键,创建工程图结果如图 8-20b 所示。

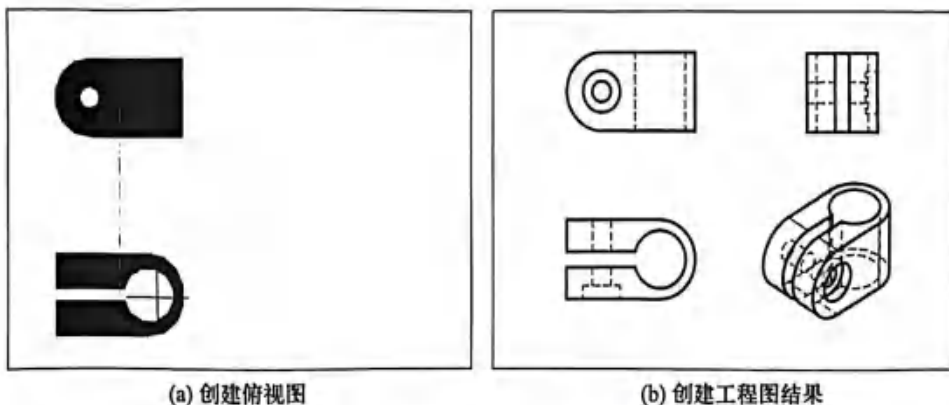


图 8-20 创建双圆头块工程图

双击刚创建的轴测图,系统弹出视图编辑选项,选择【带可见线着色】选项,如图 8-21a 所示,单击【确定】按钮 ,调整结果如图 8-21b 所示。

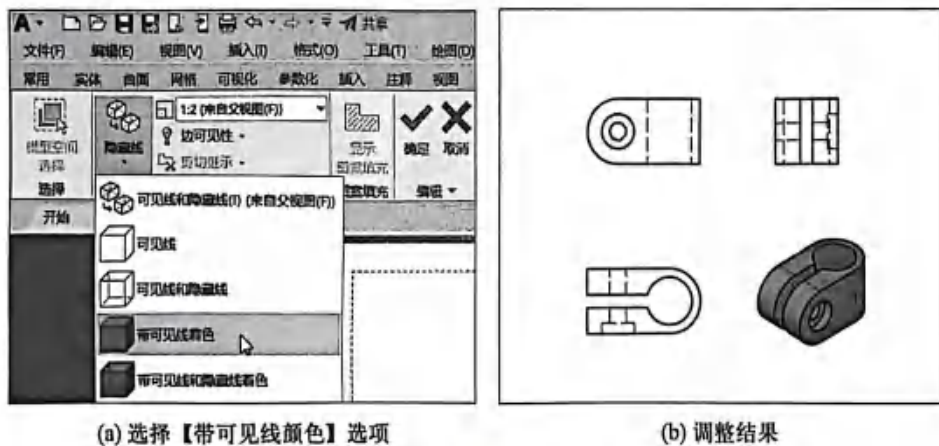
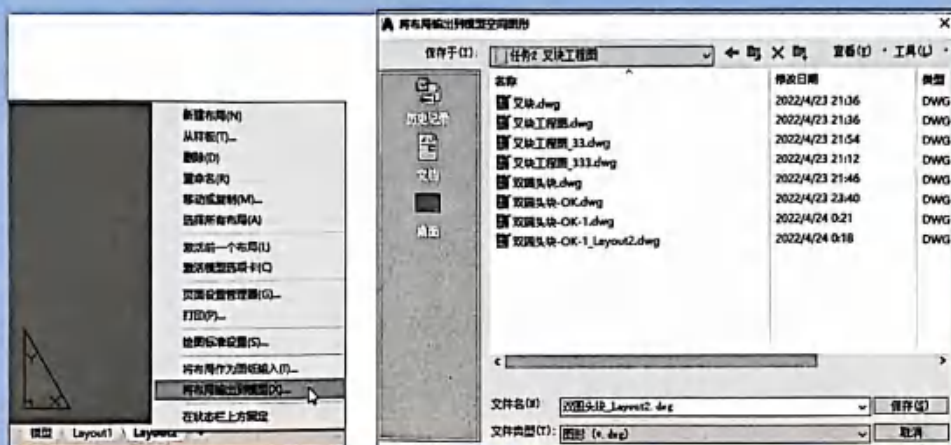


图 8-21 调整视图显示状态

技术指导

在布局视口中创建的视图可以进行尺寸标注、修改线型等操作。必须注意这里创建的视图与原模型空间的参照对象的尺寸具有相关性,如模型空间的尺寸发生变化,布局视口中生成的视图也将发生变化。

用户还可以将布局空间创建的视图输出到模型空间,只要在所在布局名称的位置单击右键,在弹出的快速菜单中选择【将布局输出到模型】选项,如图 8-22a 所示。此时系统弹出【将布局输出到模型空间图形】对话框,用户只要指定保存文件的位置和文件名称,如图 8-22b 所示,即可完成输出。



(a) 选择【将布局输出到模型】选项

(b) 指定保存位置和文件名称

图 8-22 调整视图显示状态将布局输出到模型空间

图 8-23 所示为打开视图的效果,用户若需要对细节部分进行编辑,可先分解再编辑处理。

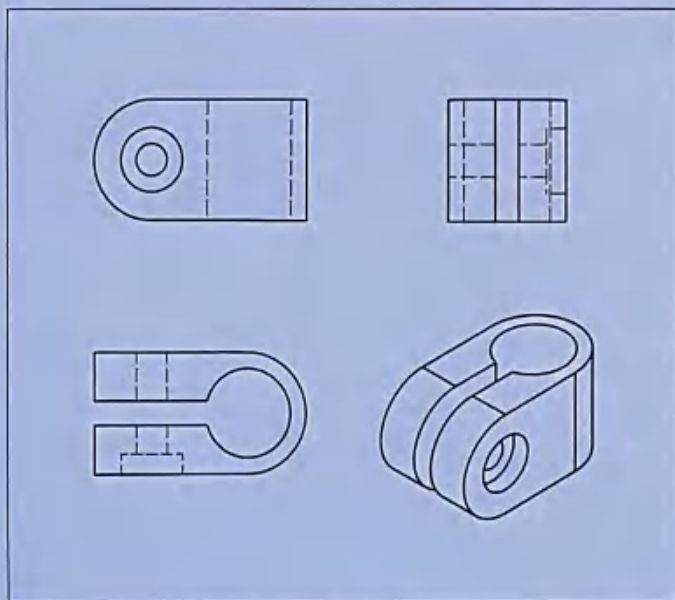


图 8-23 打开视图的效果

2. 创建剖视图

AutoCAD 软件分别提供了全剖、半剖、偏移剖(阶梯剖)、对齐剖(旋转剖)、从对象(任意

共5种创建剖视图的方法。这里重点介绍从对象(任意剖)创建剖视图的方法,因为其他剖视图的创建方法几乎相同。

打开本书配套资源包中的“素材/模块八 创建工程图/任务2”文件夹中的“从对象.dwg”文件,单击选择布局中的俯视图,系统自动显示【工程视图创建】和【布局】上下文选项卡,选择【截面】下拉列表中的【从对象】选项,如图8-24a所示。直接按回车键,系统默认选中俯视图,通过极轴追踪的方式,分别选择图8-24b所示的1、2、3、4、5点,按回车键,向上移动视图,使视图与俯视图为垂直关系并单击,如图8-24b所示。

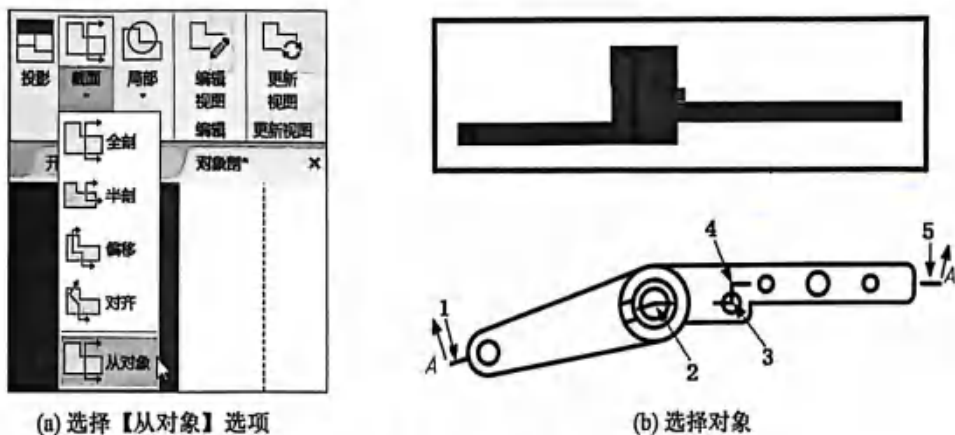


图 8-24 创建俯视图

在【方式】选项卡中选择【正交】选项,其他选项设置如图8-25a所示。单击【确定】按钮,创建结果如图8-25b所示。

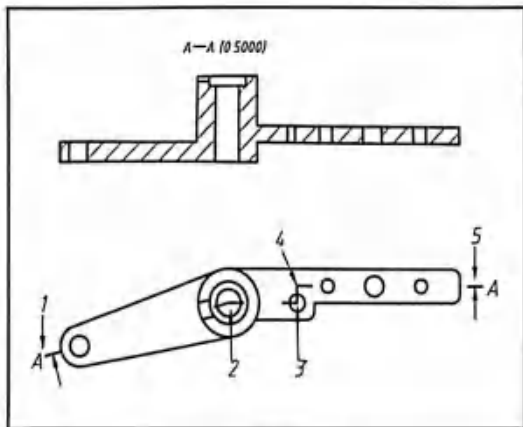
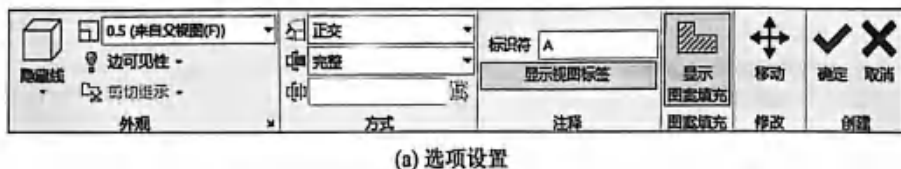
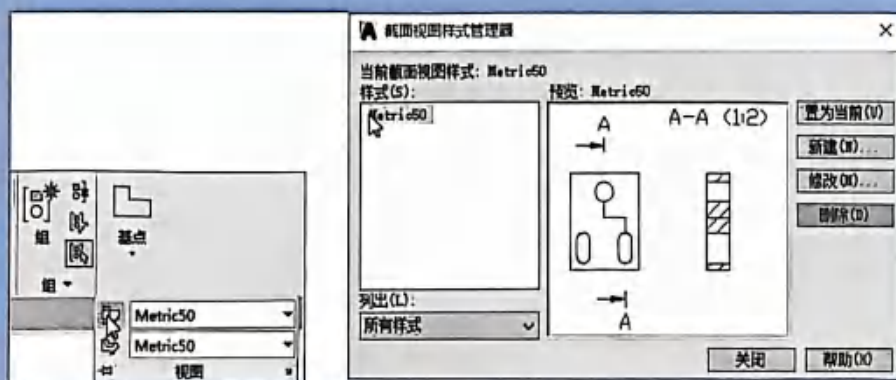


图 8-25 创建从对象剖视图



用户可在【常用】选项卡的【视图】面板中单击【基点】按钮,从下拉列表中选择【视图】选项,如图 8-26a 所示,然后选择【截面视图样式】选项。系统弹出【截面视图样式管理器】对话框,如图 8-26b 所示,选择【Metric50】样式,单击【修改】按钮。



(a) 选择【视图】选项

(b) 【截面视图样式】对话框

图 8-26 打开截面视图样式

系统弹出【修改截面视图样式】对话框,如图 8-27 所示,在这里可针对文字样式、剪切平面样式、剖面线样式进行修改。

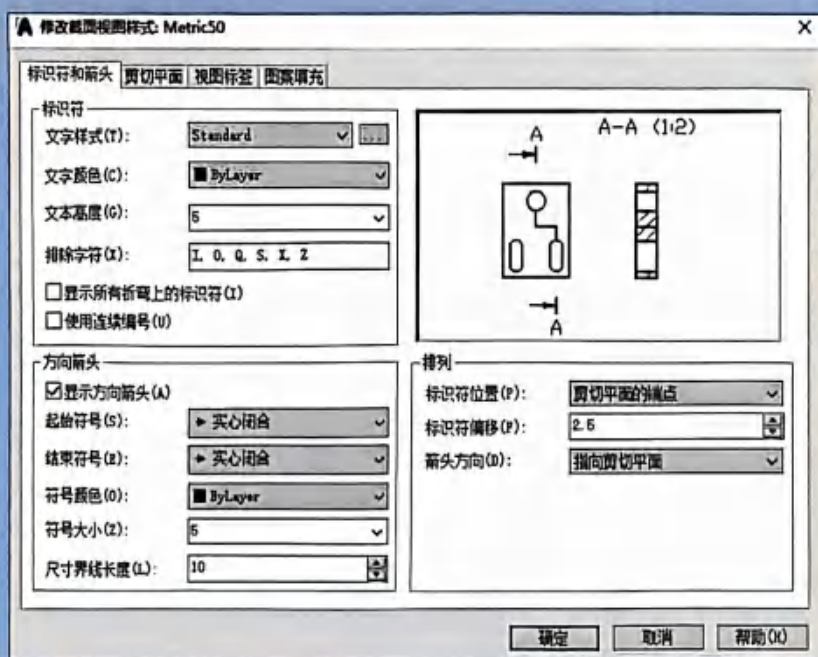


图 8-27 【修改截面视图样式】对话框

任务实施

打开本书配套资源包中的“素材/模块八 创建工程图/任务 2”文件夹中的“叉块.dwg”文

件,在【常用】选项卡的【视图】面板中单击【基点】按钮,选择【从模型空间】选项,直接按回车键,默认选择整个模型。系统提示对新布局进行命名或使用现有的布局,直接按回车键。系统显示【工程视图创建】和【布局】上下文选项卡,并将比例自动调整为1:2,按回车键以选择【基础和投影】选项,在布局视口的左下角单击,选择视图方向为“俯视图”,单击【确定】按钮 $\checkmark$,按回车键,创建俯视图如图8-28a所示。

连续按三次回车键,在刚创建视图的右侧单击,选择视图【方向】为“西北等轴测”,选择外观为“带可见线着色”选项,单击【确定】按钮 $\checkmark$,按回车键,创建轴测图如图8-28b所示。

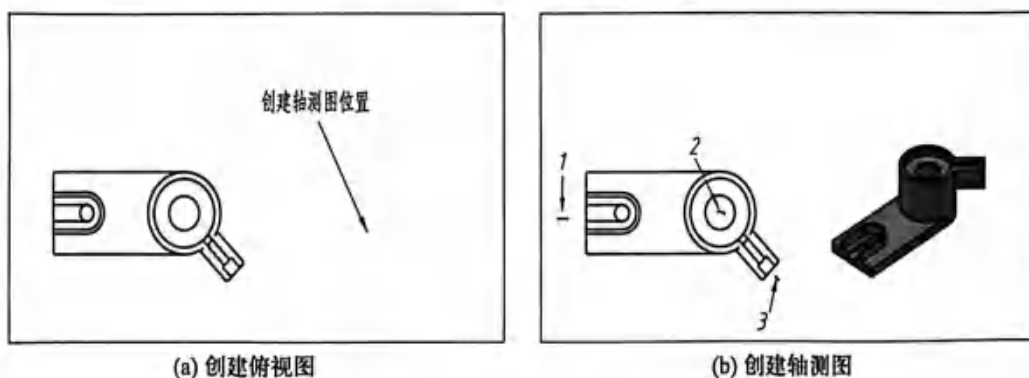


图8-28 创建视图

选择布局视口中的俯视图,系统自动显示【工程视图创建】和【布局】上下文选项卡,单击【截面】按钮,从下拉列表中选择【对齐】选项。通过极轴追踪的方式,分别选择如图8-28b所示的1、2、3点,按回车键,向上移动视图,使视图与俯视图为垂直关系并单击,其他参数采用默认值,单击【确定】按钮 $\checkmark$,按回车键,创建结果如图8-29所示。

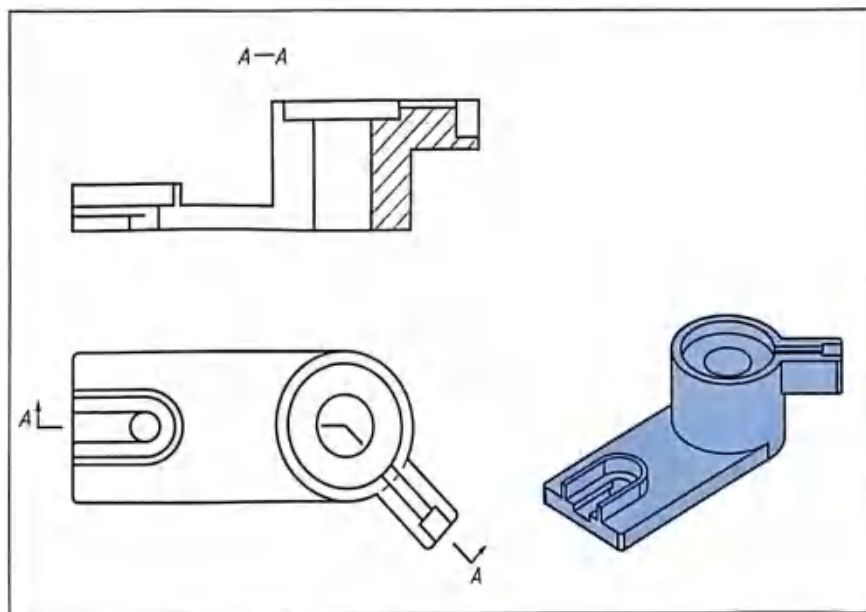


图8-29 创建结果

任务总结

本任务主要学习了将实体零件生成三视图的方法,实际应用中可使用基点命令将模型空间中的三维对象在布局中创建多种视图,而且非常快捷方便。对于一些样式的设置方法,读者可以自行增加练习以更好地掌握。

提高练习

在完成模块七中的提高练习后,分别创建如图 8-30 所示的零件工程图。

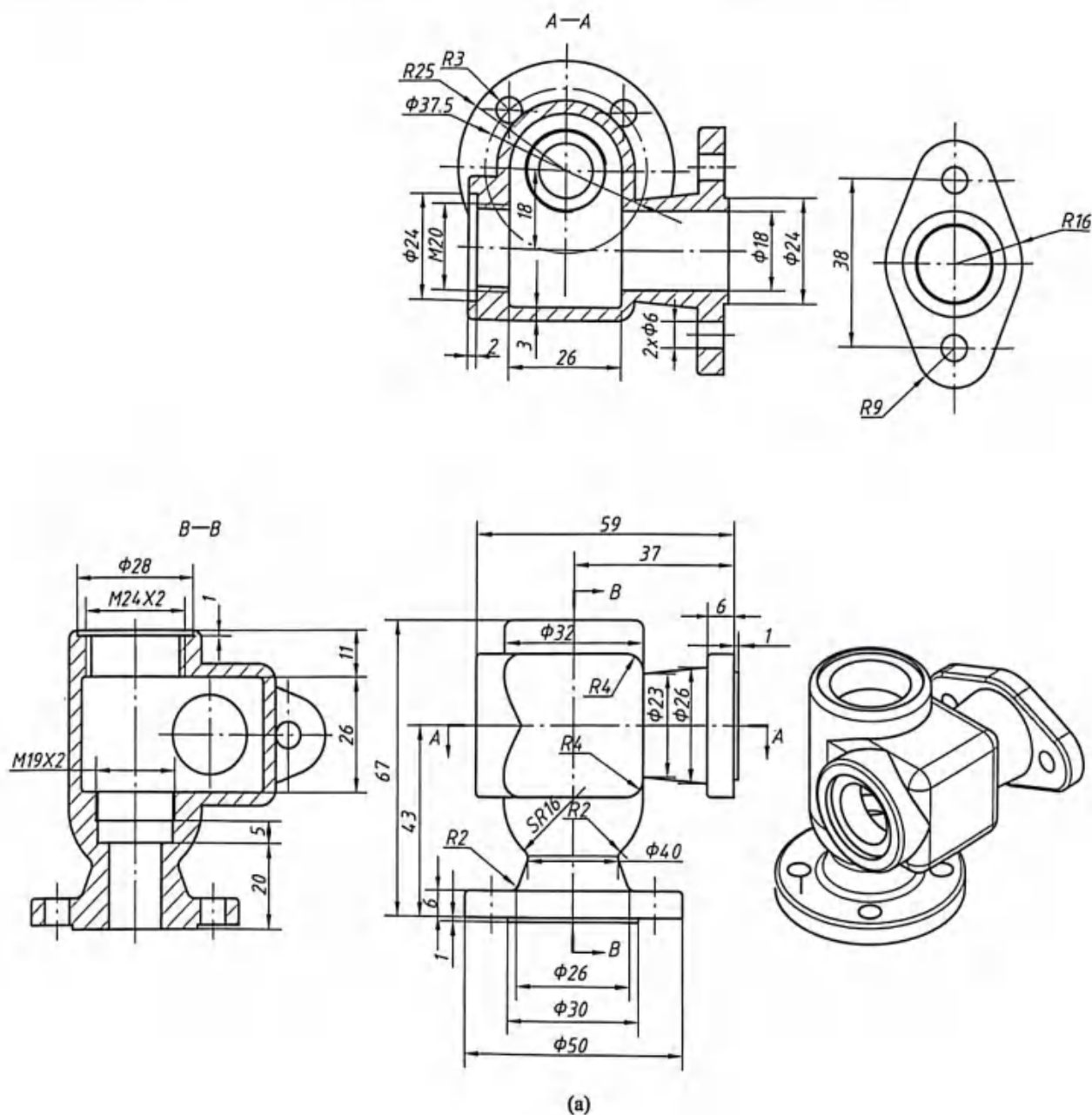




图 8-30 提高练习图

以 职 业 技 能 和 职 业 素 养 为 导 向

AutoCAD

2012 机械制图

杨志义 吕世国◎编著

采用任务驱动教学法编写
配套大量精心设计的习题
提供教学课件与案例文件
方便院校教学和自学提高



清华大学出版社

前言

FOREWORD

AutoCAD 由美国 Autodesk 公司研制开发,具有丰富的二维、三维绘图功能,工作界面易于接受,学习起来具有上手容易的特点,广泛应用于机械、电子、建筑和纺织等多个工程领域,受到了广大工程技术人员的一致好评。

本书根据计算机辅助设计绘图员考核的有关标准介绍知识点,结合中等职业学校的专业特点和学生的学习特点而编写。按照“以人为本,以能力为本”的改革方针,以“任务驱动”教学法的编写模式贯穿全书。通过完成一个个任务,使相关的知识点融合到实践中,从而提高实践能力,并掌握一定的绘图技巧。为增加实践机会,提高软件的运用能力,培养严谨的作图思维,本书配套大量经过精心设计的习题,能全面提升学生的专业素质。

全书共分为 7 个模块,各模块内容简要介绍如下。

模块一介绍 AutoCAD 2012 的一些基本知识,包括工作界面,以 PDF 格式输出图档和简单的工作过程认识等。

模块二介绍平面图的绘制和编辑,以及绘制技巧等。

模块三介绍图元属性的设置,包括图层的创建以及编辑等。

模块四介绍尺寸标注与文字注释的创建方法。

模块五以专题的形式介绍相切圆弧的绘制、补画视图和装配组合零件图的解决方法。

模块六介绍实体三维建模的创建方法,以及三维实体的尺寸标注方法。

模块七介绍如何在布局创建不同的视图及打印输出的方法。

本书由杨志义、吕世国编著,郭军平也参与了编写工作。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

目 录

CONTENTS

模块一 初识 AutoCAD 2012	1
任务 体验 AutoCAD 2012 的工作过程	1
模块二 绘制平面图	14
任务 1 绘制图样 1	14
任务 2 绘制图样 2	21
任务 3 绘制图样 3	30
任务 4 绘制图样 4	42
任务 5 绘制图样 5	53
模块三 设置图元属性	58
任务 设置图层、颜色及线型	58
模块四 尺寸标注与文字注释	71
任务 1 标注图样 1	71
任务 2 标注图样 2	87
任务 3 标注图样 3	98
模块五 综合提高	108
任务 1 绘制相切圆弧	108
任务 2 补画视图	116
任务 3 装配组合零件图	123
模块六 三维建模	129
任务 1 绘制泵盖	129
任务 2 三维标注	142

模块七 布局与打印	148
任务 1 在布局中创建视图	148
任务 2 打印图样	158
参考文献	171

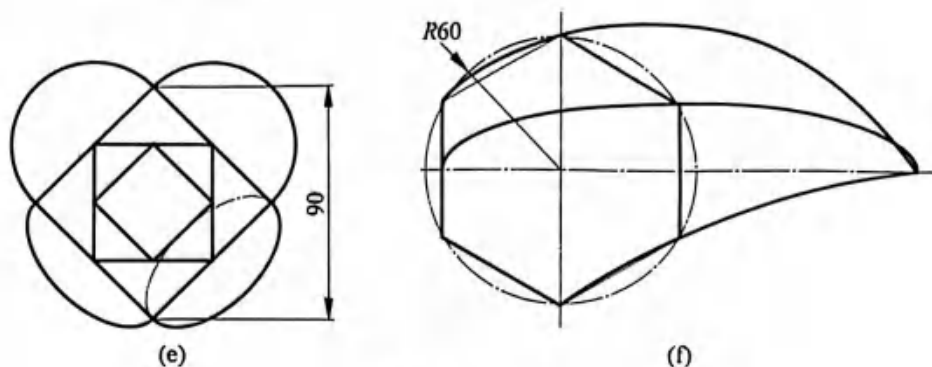


图 2-28(续)

任务3 绘制图样3

任务目标

- 掌握矩形和圆的绘制方法。
- 掌握倒角和倒圆角的操作方法。
- 掌握图形复制、修剪、延伸与拉长的操作方法。

任务导入

绘制如图 2-29 所示的图样 3。

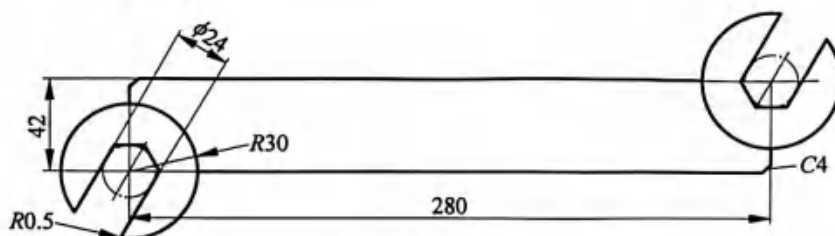


图 2-29 图样 3

任务分析

该图样为六角钳工具图,工作部分由正六边形与圆组成,分布在长方形对角点上。绘制时先绘制长方形,然后在左下角绘制圆和正六边形,并对其进行修剪和倒圆角处理。绘制完此部分后以复制、旋转的形式完成另一对角点工作部分的绘制。

知识准备

1. 绘制矩形

用户只需指定矩形的两个对角点即可绘制矩形,在绘制时可指定矩形边的宽度或在

对角点进行倒角或倒圆角的操作,具体可参照系统所提供的选项进行选择。

在菜单栏选择【绘图】|【矩形】选项或在【绘图】工具栏上单击【矩形】按钮 , 系统提示:

```
命令: _rectang
指定第一个角点或 [倒角(C)/标高(E)/圆角(F)/厚度(T)/宽度(W)]: f //选择【圆角(F)】选项
指定矩形的圆角半径 <0.0000>: 10 //输入圆角半径 10,按空格键
指定第一个角点或 [倒角(C)/标高(E)/圆角(F)/厚度(T)/宽度(W)]: //在绘图区单击一点
指定另一个角点或 [面积(A)/尺寸(D)/旋转(R)]: @100,50 //输入对角度距离: @100,50,
//按空格键
```

结果如图 2-30(a)所示,若没有指定圆角的大小时,则结果如图 2-30(b)所示。

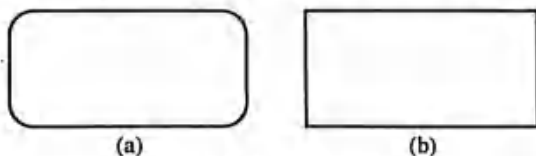


图 2-30 绘制矩形
(a) 指定圆角; (b) 不指定圆角

技术指导: 若要对采用此方式绘制的矩形的某一边进行编辑时,需先进行分解。

2. 绘制圆

AutoCAD 系统中提供了多种绘制圆的方法,默认方法是指定圆心与半径。各种方法如下。

(1) 指定圆心与半径或直径绘圆

直接指定圆心与半径或直径即可。

在菜单栏选择【绘图】|【圆】选项或在【绘图】工具栏上单击【圆】按钮 , 系统提示:

```
命令: _circle 指定圆的圆心或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: //单击一点为圆心
指定圆的半径或 [直径(D)]: 50 //输入圆半径 50,按空格键,若采用直径输入时可选【直径(D)】选项
```

结果如图 2-31 所示。

(2) 通过 3 点绘圆

通过指定圆上的 3 个点即可绘制圆,常用在只确定 3 个点的位置(如所绘圆与其他 3 个图形对象都相切的情况)而未知其半径或直径大小时使用。

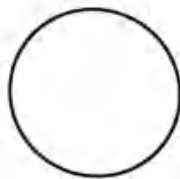


图 2-31 指定圆心与半径绘圆

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务 3”文件夹中的“3 点绘圆. dwg”文件,如图 2-32(a)所示。

在【绘图】工具栏上单击【圆】按钮 , 系统提示:

```
命令: _c
CIRCLE 指定圆的圆心或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: 3P //输入 3P,即选择
//【三点(3P)】选项
指定圆上的第一个点: TAN //输入 TAN,即选择捕捉切点,按空格键
到 //选择如图 2-32(a)所示的 A 点位置
指定圆上的第二个点: TAN //输入 TAN,按空格键
```


到
指定圆上的第三个点: TAN
到

//选择如图 2-32(a)所示的 B 点位置
//输入 TAN,按空格键
//选择如图 2-32(a)所示的 C 点位置

结果如图 2-32(b)所示,最后进行修剪,并将多余的圆弧删除,结果如图 2-32(c)所示。

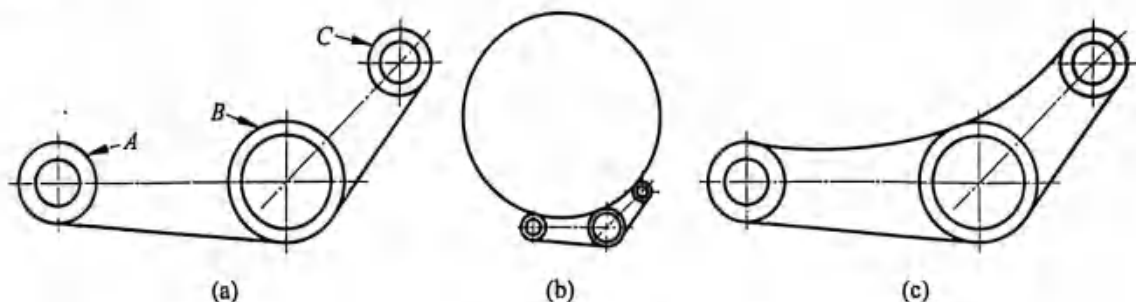


图 2-32 3点绘圆

(a) 选择3点相切位置; (b) 相切于3圆弧的圆; (c) 修剪效果

技术指导: 这里列举了通过捕捉3个相切点绘制圆的方法,即在指定捕捉选项时通过快捷方式,输入 TAN 的捕捉相切命令分别捕捉了圆弧的3个切点。用户也可在系统要求“指定圆上的第一(二、三)个点”时,按住 Shift 键的同时单击右键,在弹出的快捷菜单中选择【切点】选项,也可启用捕捉切点的功能。在绘制相切圆时,选择不同的切点位置将得到不同的绘制效果,如图 2-33 所示,图中圆弧 N 为通过选择切点 1、2、3 的效果,图中圆弧 M 为通过选择切点 5、2、4 的效果。

(3) 通过2点绘圆

与通过3点绘圆的方法相似,只是少选一个点。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务3”文件夹中的“2点绘圆.dwg”文件,如图 2-34(a)所示。

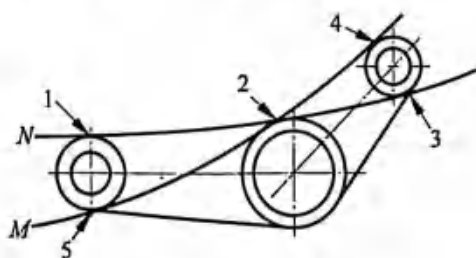


图 2-33 不同相切位置的效果

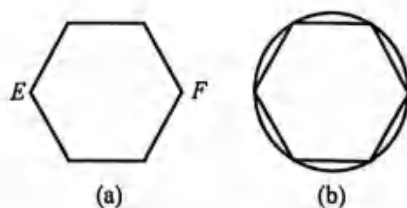


图 2-34 2点绘圆

(a) 指定位置; (b) 结果

在【绘图】工具栏上单击【圆】按钮 , 系统提示:

命令: _circle 指定圆的圆心或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: 2p //输入 2p,按空格键
指定圆直径的第一个端点: //捕捉选择如图 2-34(a)所示的 E 点
指定圆直径的第二个端点: //捕捉选择如图 2-34(a)所示的 F 点

结果如图 2-34(b)所示。

(4) 通过指定两个相切对象和半径绘圆

通过指定所绘圆与两个对象相切的位置及半径即可绘制圆。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务3”文件夹中的“TTR 绘圆.dwg”文件,如图 2-35(a)所示。

在【绘图】工具栏上单击【圆】按钮 ,系统提示:

命令: _c

CIRCLE 指定圆的圆心或 [三点(3P)/两点(2P)/切点、切点、半径(T)]: t //输入 t,按空格键

指定对象与圆的第一个切点: //在如图 2-35(a)箭头所指处选择圆

指定对象与圆的第二个切点: //在如图 2-35(a)箭头所指处选择另一圆

指定圆的半径 <10.0000>: 16 //输入圆的半径 16,按空格键

结果如图 2-35(b)所示。

3. 倒角

倒角是通过指定距离将两个对象通过一斜线进行连接。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务3”文件夹中的“倒角.dwg”文件,如图 2-36(a)所示。

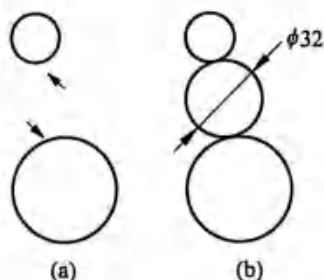


图 2-35 TTR 绘圆

(a) 指定相切位置; (b) 结果

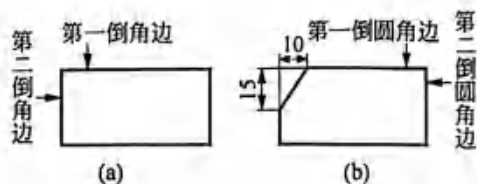


图 2-36 倒角

(a) 指定倒角边; (b) 结果

在菜单栏选择【修改】|【倒角】选项或在【修改】工具栏上单击【倒角】按钮 ,系统提示:

命令: _chamfer

(“修剪”模式) 当前倒角距离 1 = 0.0000, 距离 2 = 0.0000

选择第一条直线或 [放弃(U)/多段线(P)/距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方式(E)/多个(M)]: d

//输入: D, 选择【距离 (D)】选项

指定第一个倒角距离 <0.0000>: 10 //输入第一个倒角边的距离 10, 按空格键

指定第二个倒角距离 <10.0000>: 15 //输入第二个倒角边的距离 15, 按空格键

选择第一条直线或 [放弃(U)/多段线(P)/距离(D)/角度(A)/修剪(T)/方式(E)/多个(M)]:

//选择第一个倒角边, 如图 2-36(a)所示

选择第二条直线, 或按住 Shift 键选择直线以应用角点或 [距离(D)/角度(A)/方法(M)]:

//选择第二个倒角边, 如图 2-36(a)所示

结果如图 2-36(b)所示。

技术指导: 启用倒角命令后, 用户若接受当前的倒角模式时可直接选取需要进行倒角的对象即可, 注意所选择的直线位置为需倒角的位置。命令行第二行各选项含义如下。

(1) 放弃(U): 恢复在命令中执行的上一个操作。

(2) 多段线(P): 对整个二维多段线倒角。在相交多段线的每个顶点处进行倒角, 倒角形成的线段为多段线的新线段。如果多段线包含的线段过短以至于无法容纳倒角距离, 则不对这些线段进行倒角。

(3) 距离(D): 设定倒角至选定边端点的距离。如果将两个距离均设定为零, 倒角时将延伸或修剪两条直线, 以使它们终止于同一点, 应用这种方法可以将两直线段进行修剪,

(4) 角度(A): 用第一条线的倒角距离和第二条线的角度设定倒角距离, 效果如图 2-37(a)所示,

(5) 修剪(T): 是否将选定的边修剪到倒角直线的端点, 效果如图 2-37(b)所示。

(6) 方式(E): 控制倒角时是使用两个距离还是一个距离和一个角度来创建倒角。

(7) 多个(M): 在一次调用命令的情况下为多个对象的边进行倒角,

4. 倒圆角

倒圆角是通过指定距离将两个对象通过一段平滑的圆弧进行连接, 可以连接的对象为直线、圆弧、椭圆、射线和样条曲线等。

继续采用上一个矩形例子, 在菜单栏选择【修改】|【倒圆角】选项或在【修改】工具栏上单击【倒圆角】按钮 , 系统提示:

命令: _fillet

当前设置: 模式 = 修剪, 半径 = 5.0000

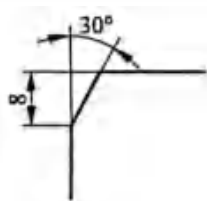
选择第一个对象或 [放弃(U)/多段线(P)/半径(R)/修剪(T)/多个(M)]: r //输入 r, 按空格键

指定圆角半径 <5.0000>: 10 //输入圆角半径, 按空格键

选择第一个对象或 [放弃(U)/多段线(P)/半径(R)/修剪(T)/多个(M)]: //选择第一个倒圆角边
//如图 2-36(b)所示

选择第二个对象, 或按住 Shift 键选择对象以应用角点或 [半径(R)]: //选择第二个倒圆角边
//如图 2-36(b)所示

结果如图 2-38 所示。



(a)



(b)

图 2-37 其他倒角选项效果

(a) 指定倒角距离与角度; (b) 修剪与不修剪

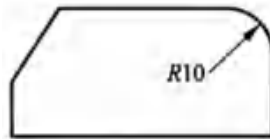


图 2-38 倒圆角

技术指导: 倒圆角的操作与倒角操作相似, 在实际应用中由于其具有修剪倒圆角对象两端点的功能, 因此经常设置倒圆角半径为 0 进行倒圆角, 起到修剪的作用。

5. 复制

通过复制命令可以将选择的对象(如图形、文字)一次或多次复制到指定的位置上, 主要用于绘制与原对象相同或相似的对象。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务 3”文件夹中的“复制. dwg”文件,如图 2-39(a)所示。

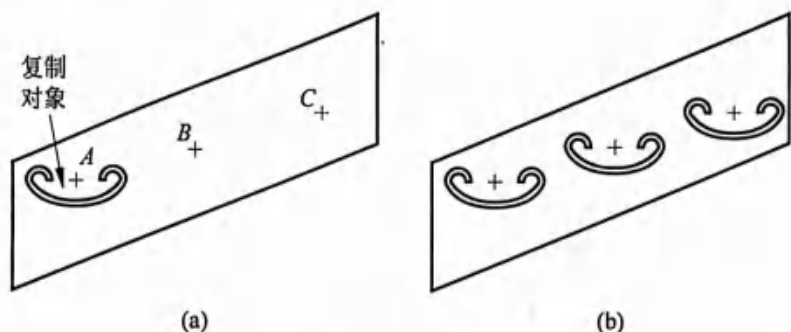


图 2-39 复制

(a) 指定复制对象及基点; (b) 复制结果

在菜单栏选择【修改】|【复制】选项或在【修改】工具栏上单击【复制】按钮 , 系统提示:

命令: _copy

选择对象: 找到 1 个

//选择如图 2-39(a)所示的复制对象,按空格键

选择对象:

当前设置: 复制模式 = 多个

指定基点或 [位移(D)/模式(O)] <位移>:

//选择如图 2-39(a)所示的 A 点为基点

指定第二个点或 [阵列(A)] <使用第一个点作为位移>: //选择如图 2-39(a)所示的 B 点为放置点

指定第二个点或 [阵列(A)/退出(E)/放弃(U)] <退出>: //选择如图 2-39(a)所示的 C 点为放置点

结果如图 2-39(b)所示。

技术指导: 当指定完基点后,用户可直接以相对坐标或绝对坐标的方式输入另一个点,以确定放置位置。

6. 修剪

通过修剪命令可以指定一个或多个边界作为剪切边修剪与边界相交的对象。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务 3”文件夹中的“修剪. dwg”文件,如图 2-40(a)所示。

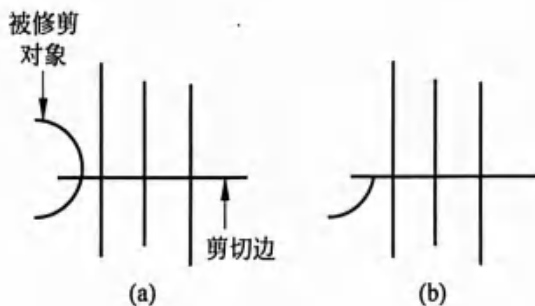


图 2-40 修剪

(a) 指定修剪边界; (b) 修剪结果

在菜单栏选择【修改】|【修剪】选项或在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 ，系统提示：

命令: `_trim`

当前设置: 投影 = UCS, 边 = 无

选择剪切边...

//选择如图 2-40(a)所示的剪切边,按空格键

选择对象或 <全部选择>: 找到 1 个

选择对象:

//按空格键

选择要修剪的对象,或按住 Shift 键选择要延伸的对象,或

[栏选(F)/窗交(C)/投影(P)/边(E)/删除(R)/放弃(U)]: //选择如图 2-40(a)所示的被修剪对象

结果如图 2-40(b)所示。

技术指导: 剪切边相当于剪刀,可以是单个或多个对象,同时剪切边也可以是被修剪的边,即可以作为多余的相交段被修剪。用户所选择的一端为需要修剪的线段,如图 2-40(a)所示的圆弧上侧即为将被删除段。

对于修剪命令系统提供了以下几个选项,各选项含义如下。

(1) 按住 Shift 键选择要延伸的对象: 通过该选项可使用【修剪】命令在执行的过程中与【延伸】命令相互切换。操作方法具体如下。

在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 , 选择如图 2-41(a)所示的剪切边直线作为剪切边,按空格键,按住 Shift 键的同时单击如图 2-41(a)所示的延伸对象直线,结果如图 2-41(b)所示。

(2) 栏选: 使用该选项可以同时选择与选择栏相交的所有对象,达到同时修剪多个对象的效果,这种方法经常使用,效率高。选择栏由一系列临时线段组成,它们由两个或多个栏选点指定。选择栏不构成闭合环。操作方法具体如下。

在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 , 选择如图 2-42(a)所示的剪切边,按空格键,输入: “F”,按空格键,在如图 2-42(a)所示的 A 点处单击,水平向右移动光标至 B 点处单击,以绘制以虚线显示的直线段,单击空格键,则所有与该虚线段相交的对象都被修剪,结果如图 2-42(b)所示。

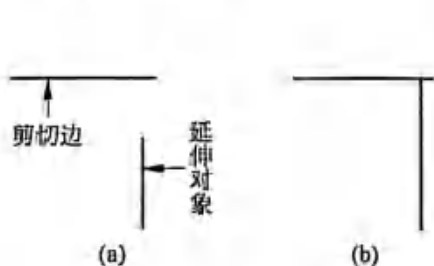


图 2-41 切换至延伸
(a) 指定修剪边; (b) 延伸结果

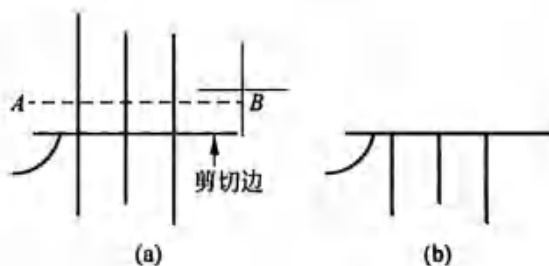


图 2-42 栏选修剪
(a) 指定修剪边; (b) 修剪结果

(3) 窗交: 通过该选项可同时删除多个对象,矩形区域窗口内部或与之相交的对象都将被作为修剪对象。注意,AutoCAD 采用不同的方式进行窗口选择时将产生不

同的效果,因此选择时需特别注意。习惯而言,一般是从左向右进行选择,系统在修剪时将沿着矩形窗口从第一个点以顺时针方向选择遇到的第一个对象。操作方法具体如下。

在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 , 选择如图 2-43(a) 所示的剪切边, 按空格键, 输入: C, 按空格键, 在如图 2-43(a) 所示的 A 点处单击, 水平向右上方移动光标至 B 点处单击, 以矩形窗口的形式选择, 单击空格键, 则所有与该窗口相交的对象都被修剪, 结果如图 2-43(b) 所示。

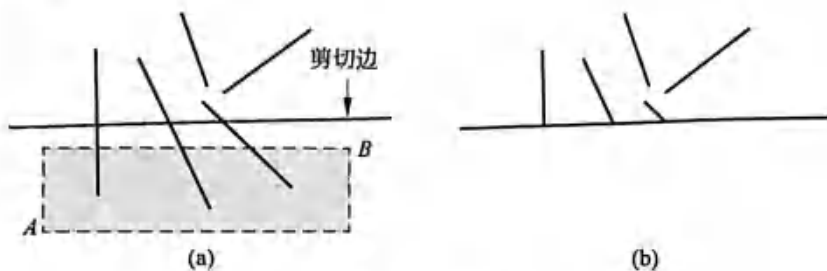


图 2-43 窗交修剪
(a) 指定修剪边; (b) 修剪结果

(4) 投影: 指定修剪对象时采用的投影方式。

(5) 边: 确定对象是在另一对象延长边的位置进行修剪, 还是仅在三维空间中与该对象相交的位置进行修剪。

(6) 删除: 删除选定的对象, 该选项提供了一种用于删除对象的简便方式, 无须退出修剪命令。

(7) 放弃: 撤销由修剪命令所做的最近一次更改。

7. 延伸

通过延伸命令可以将图形元素进行延伸, 使其延伸至指定对象的边界处。

打开本书配套资源包中的“素材\模块二 绘制平面图\任务 3”文件夹中的“延伸. dwg”文件, 如图 2-44(a) 所示。

在菜单栏选择【修改】|【延伸】选项或在【修改】工具栏上单击【延伸】按钮 , 系统提示:

命令: _extend

当前设置: 投影 = UCS, 边 = 无

选择边界的边...

选择对象或 <全部选择>: 找到 1 个 //选择如图 2-44(a) 所示的延伸边界 1, 按空格键

选择对象: 找到 1 个, 总计 2 个 //选择如图 2-44(a) 所示的延伸边界 2, 按空格键

选择对象:

选择要延伸的对象, 或按住 Shift 键选择要修剪的对象, 或

[栏选(F)/窗交(C)/投影(P)/边(E)/放弃(U)]: //选择如图 2-44(a) 箭头所指对象 3 所在端

选择要延伸的对象, 或按住 Shift 键选择要修剪的对象, 或

[栏选(F)/窗交(C)/投影(P)/边(E)/放弃(U)]: //选择如图 2-44(a) 箭头所指对象 4 所在端

选择要延伸的对象, 或按住 Shift 键选择要修剪的对象, 或

[栏选(F)/窗交(C)/投影(P)/边(E)/放弃(U)]: //选择如图 2-44(a)箭头所指对象 5 所在端
选择要延伸的对象,或按住 Shift 键选择要修剪的对象,或

[栏选(F)/窗交(C)/投影(P)/边(E)/放弃(U)]: //按空格键退出延伸命令

结果如图 2-44(b)所示。

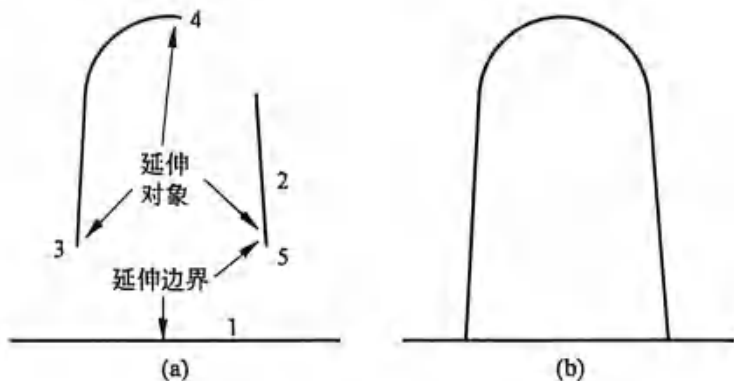


图 2-44 延伸

(a) 指定延伸边界与对象; (b) 延伸结果

技术指导: 对于不构成相交的图形不能用于延伸操作,其中,延伸边界为延伸对象所要延伸相交的临界边,另外,选择的位置决定于延伸的起始点。

8. 拉长

通过拉长命令用于拉长直线或圆弧,常用于按指定的距离或动态延伸进行拉长的情况。如需要对如图 2-45(a)所示的中心线拉长 10,则可通过如下的操作方法实现。

在菜单栏选择【修改】|【延伸】选项,系统提示:

命令: _lengthen

选择对象或 [增量(DE)/百分数(P)/全部(T)/动态(DY)]: DE //输入: DE,以选择【增量】选项

输入长度增量或 [角度(A)] <3.0000>: 10 //输入拉长长度 10,按空格键

选择要修改的对象或 [放弃(U)]: //选择如图 2-45(a)箭头所示的中心线端

选择要修改的对象或 [放弃(U)]: //按空格键,退出拉长命令

结果如图 2-45(b)所示。

技术指导: 对于修剪命令系统提供了以下几个选项,各选项含义如下。

(1) 增量: 按指定的长度拉伸对象,拉伸长度为从距离选择点最近的端点处开始算起。正值时为扩展对象,负值则为修剪对象。

(2) 百分数: 通过指定对象总长度的百分数设定对象拉长长度,当大于 100% 时为扩展对象,小于 100% 时为修剪对象。

(3) 全部: 通过指定从固定端点测量的总长度的绝对值来设定选定对象的长度,对于如图 2-46(a)所示长度为 50.62 的中心线,设置总长度为 25,则结果如图 2-46(b)所示。该选项也可以指定总角度设置选定圆弧的包含角。

(4) 动态: 通过拖动选定对象的端点之一来更改其长度。其他端点保持不变。

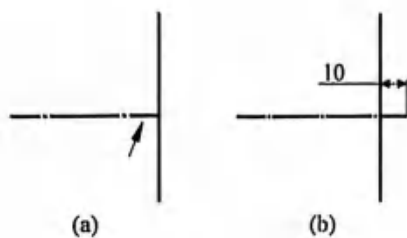


图 2-45 拉长
(a) 指定拉长线段; (b) 拉长结果

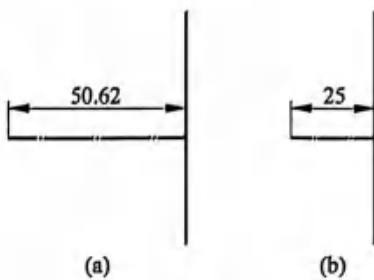


图 2-46 “全部”选项拉长效果
(a) 原始长度; (b) 拉长处理后

任务实施

新建文件后,按 F3 键与 F8 键,打开捕捉与正交模式。

在【绘图】工具栏上单击【矩形】按钮 ,在绘图区单击一点,输入:“@280,42”,按空格键。在【绘图】工具栏上单击【正多边形】按钮 ,输入:6,按空格键。选取矩形左下角顶点为中心点,按空格键,选为【内接于圆(I)】选项。采用内接于圆的方式绘制多边形,按空格键。输入半径为 12,按空格键,结果如图 2-47 所示。

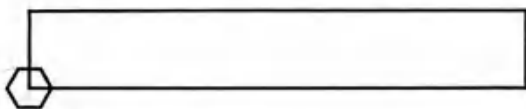


图 2-47 绘制矩形与正六边形

在【绘图】工具栏上单击【圆】按钮 ,选择正六边形的中心为圆心,输入半径为 30,按空格键。结果如图 2-48 所示。

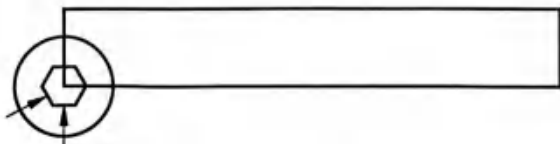


图 2-48 绘制圆

在【修改】工具栏上单击【分解】按钮 ,选择正六边形为分解对象,按空格键。在【修改】工具栏上单击【删除】按钮 ,接着选择如图 2-48 箭头所指需要删除的对象,按空格键,结果如图 2-49 所示。

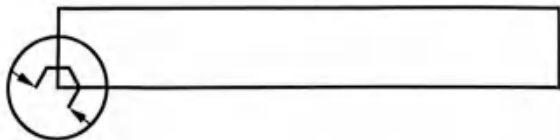


图 2-49 分解删除正六边形边

在【修改】工具栏上单击【延伸】按钮 , 选择 R30 圆, 按空格键。选择如图 2-49 箭头所指的两条直线段, 结果如图 2-50 所示。

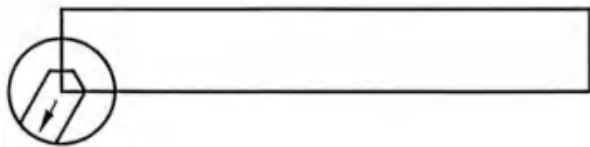


图 2-50 延伸直线段

在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 , 选择刚延伸的两条直线段作为剪切边界, 按空格键。选择两直线段与圆弧相交的圆弧段(图 2-50 箭头), 结果如图 2-51 所示。

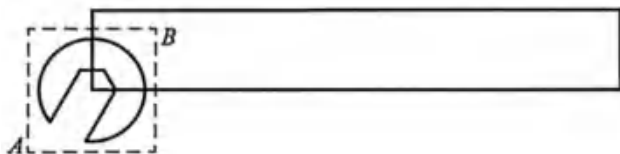


图 2-51 修剪圆弧

在【修改】工具栏上单击【复制】按钮 , 在如图 2-51 所示的 A 点单击, 向右上方移动光标至如图 2-51 所示的 B 点单击, 以窗口的形式选择圆弧与正六边形的边。单击空格键, 选择左下角矩形顶点为复制基点。移动光标至矩形右上角顶点并单击, 按空格键, 结果如图 2-52 所示。

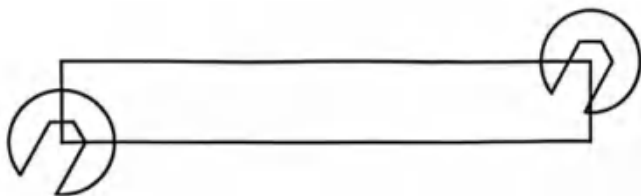


图 2-52 复制圆弧与正六边形

在【修改】工具栏上单击【旋转】按钮 , 以窗选的形式选择刚复制的圆弧与正六边形, 按空格键。选择矩形右上角顶点为旋转基点, 输入: 180, 按空格键, 结果如图 2-53 所示。

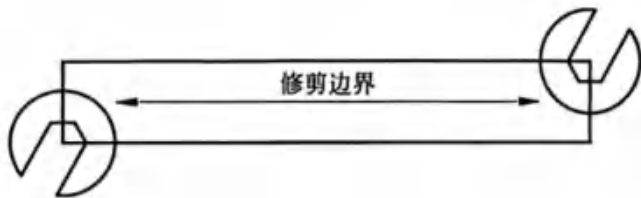


图 2-53 旋转复制对象

在【修改】工具栏上单击【修剪】按钮 , 选择如图 2-53 箭头所示的修剪边界, 按空格键。选择圆弧内侧的两条矩形边, 结果如图 2-54 所示。

在【修改】工具栏上单击【倒角】按钮 , 输入: D, 按空格键, 以设置倒角距离。输入:

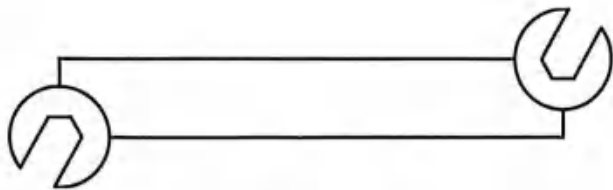


图 2-54 修剪矩形边

4,按空格键。继续输入:4,按空格键。选择矩形左上角的两条相交直线,接着再选择矩形右下角的两条相交直线,结果如图 2-55 所示。

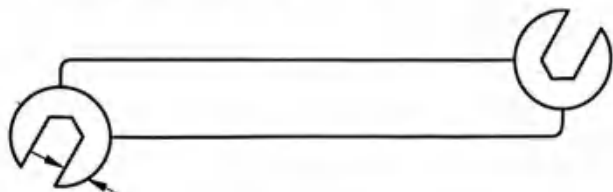


图 2-55 倒角

在【修改】工具栏上单击【倒圆角】按钮 , 输入: R, 按空格键, 以设置圆角半径。输入: 0.5, 按空格键, 选择如图 2-55 箭头所示的圆弧与直线段。继续按空格键, 重复调用倒圆角命令, 直接选择其他 3 处需要倒圆角的圆弧与直线段, 结果如图 2-56 所示。至此任务完成。

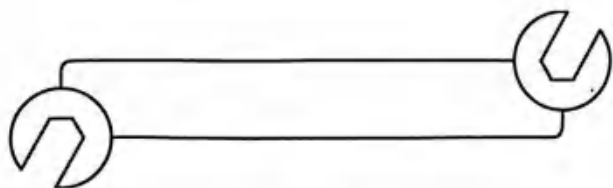


图 2-56 倒圆角

技术指导: 当需要在窄小的区域中选择对象时, 用户可通过鼠标进行局部缩放与平移, 从而方便察看操作。



本任务主要学习了矩形和圆的绘制方法, 以及如何对图形进行倒角、倒圆角、复制、修剪、延伸与拉长等的操作方法。对于同一图形可以采用不同的方法进行绘制, 如本任务中工作部分的绘制, 对于正六边形的修剪, 用户还可以尝试采用修剪的方式将夹口处两直线与圆弧相交的位置修剪, 然后采用倒圆角的方法自动延伸正六边形的两直线段。绘制图形的一般方法, 应是先绘制整体的外形, 如本任务中矩形的绘制, 接着绘制其他的局部特征, 如本任务工作部分的绘制, 最后进行倒圆角与倒角的细节处理。



根据图 2-57 所示尺寸标注以 1:1 的绘图比例进行描绘。

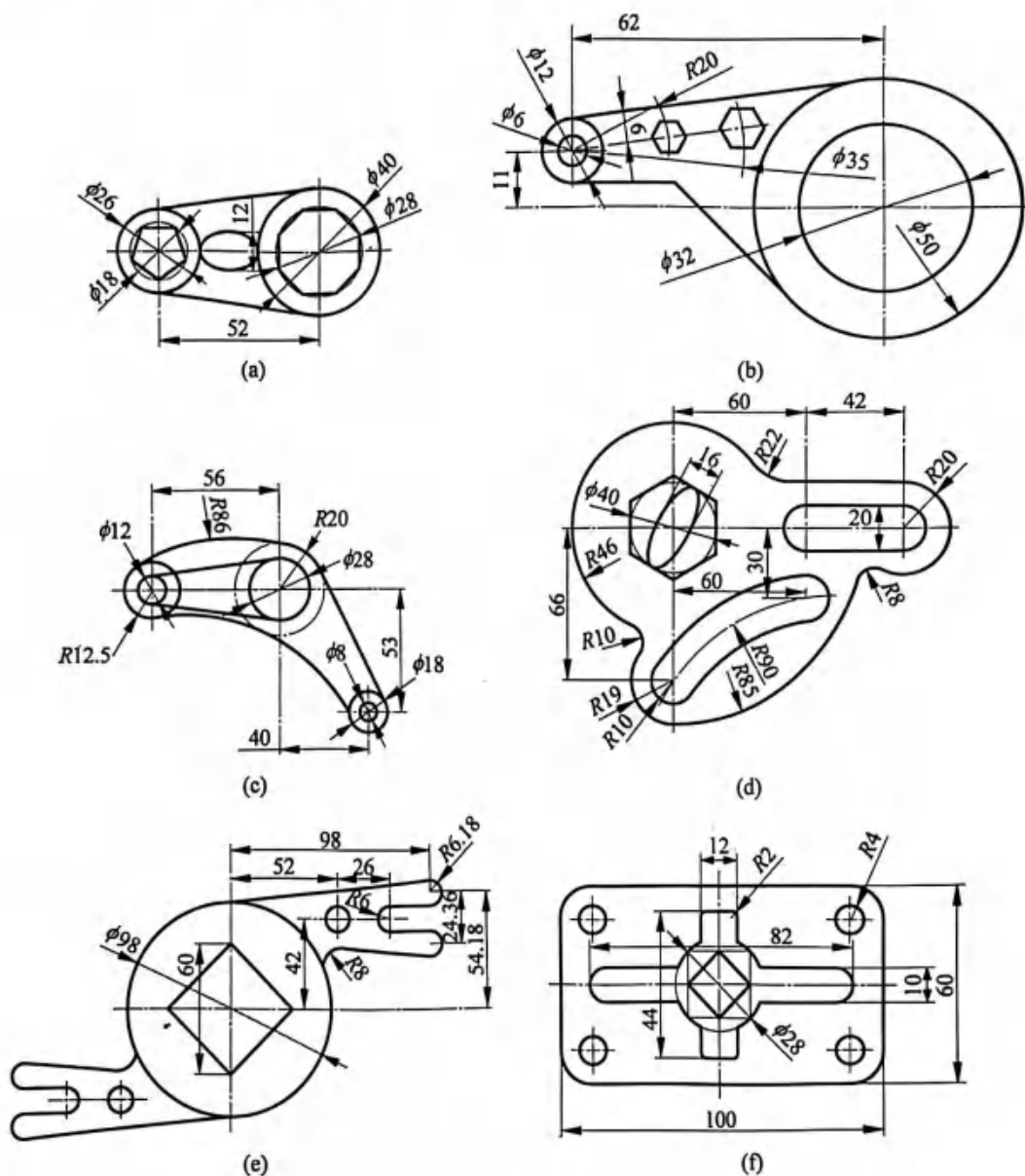


图 2-57 Tg2-3

任务 4 绘制图样 4



- 掌握镜像、偏移、阵列、缩放和平移的操作方法。
- 学会如何根据图样特点进行绘制以提高效率。



职业教育改革与创新规划教材
ZHIYE JIAOYU GAIGE YU CHUANGXIN GUIHUA JIAOCAI

模具CAD/CAM ——UG NX应用

杨志义 吕世国 主编

- ▶ 体现做学一体
- ▶ 对接职业标准
- ▶ 优化内容结构
- ▶ 创新呈现形式



配电子课件

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前 言

UG NX 是原美国 UGS (Unigraphics Solution) 公司 (现已被西门子工业软件有限公司收购) 开发的集 CAD/CAE/CAM 于一体的三维参数化软件, 它具有非常强大的功能, 在三维实体造型、曲面造型、模具设计和数控加工等方面具有独特的优势, 已广泛应用于机械设计制造、汽车、航空航天和家电产品等各个行业。

本书以 UG NX 8.0 软件为平台, 以体现“以实际工作过程中岗位所需的职业技能和职业素养为导向”的工学结合教学改革思路, 突出“做中学、做中教, 教学做合一, 理论实践一体化”的特点, 以“任务驱动”教学法的编写模式贯穿全书。将基础知识与实例相结合, 在学习基础知识的同时边学边练, 有效地提高操作能力, 具有很强的实践性, 做到学以致用, 适合自主学习和合作学习。本书配套了大量的提高练习图及视频教程, 非常有利于进一步提高软件的技能操作水平。

全书共分为 8 个项目, 各项目内容简要介绍如下。

项目一介绍 UG NX 8.0 的一些基本知识, 包括操作环境、文件操作和鼠标的使用等。

项目二介绍二维草图的绘制功能和操作技巧等。

项目三介绍实体的创建方法, 包括基本体素、布尔操作和扫描特征的操作等。

项目四介绍曲面造型的方法, 包括曲面的创建与编辑方法等。

项目五介绍工程图的创建方法, 包括工程图的创建和管理方法等。

项目六介绍装配建模的操作方法等。

项目七介绍注塑模具设计的方法, 包括模具设计的一般流程, 如分模设置、分型面设计等。

项目八介绍数控铣削加工的方法, 包括加工坐标系设置, 平面铣削和型腔铣的创建方法等。

本书由杨志义、吕世国主编, 张瑞湖、郭军平参编。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏之处, 恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
项目一 UG NX 8.0 基本操作	1
任务 创建空心管	1
项目二 绘制草图	9
任务一 创建垫片草图	9
任务二 创建 Y 形草图	15
项目三 实体建模	30
任务一 创建夹具	30
任务二 创建上盖	39
任务三 创建把手	51
项目四 曲面造型	64
任务一 创建鼠标	64
任务二 创建三通管	74
任务三 创建盘形曲面	86
项目五 创建工程图	101
任务一 创建垫板工程图	101
任务二 创建底座工程图	114
任务三 支座工程图标注	126
项目六 装配建模	136
任务一 装配平口钳	136
任务二 坦克车装配爆炸图	149
项目七 注塑模具设计	156
任务 电话模具设计	156
项目八 数控铣削加工	175
任务一 压板加工	175
任务二 凸模加工	199
参考文献	214

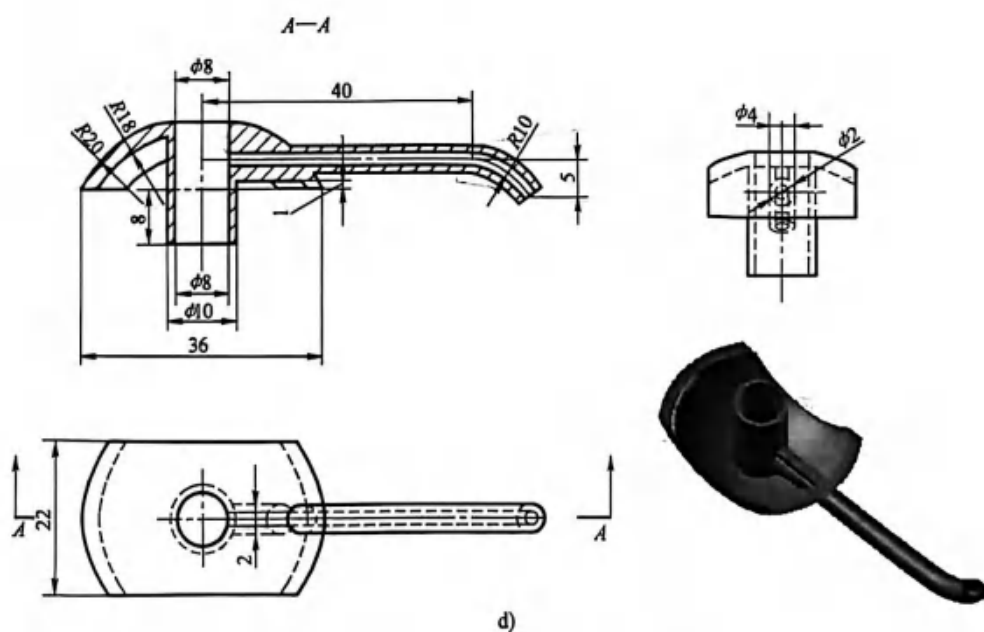
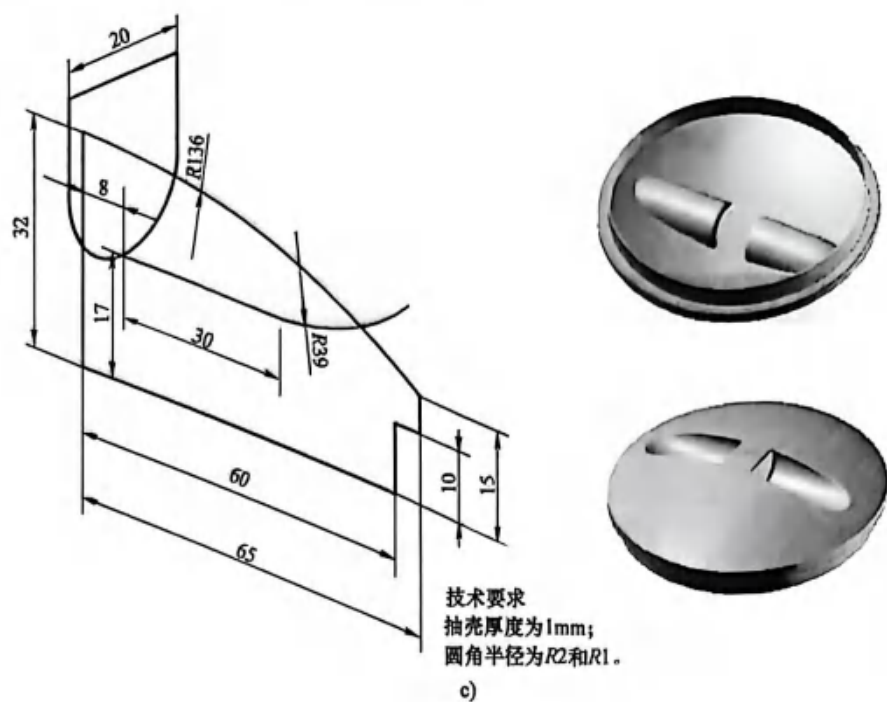


图 4-28c、d 提高练习图 (续)

任务二 创建三通管



【任务目标】

1. 掌握曲线桥接和曲线长度的操作方法。
2. 掌握网格曲面的创建方法。
3. 掌握曲面缝合与分割的操作方法。



4. 学会如何对曲面进行加厚。



【任务引入】

创建如图 4-29 所示的三通管。



图 4-29 三通管



【任务分析】

该零件由两条空心管呈垂直相交而成，其中管与管之间的相交过渡部分是整个造型的难点，需保证其光滑过渡。创建时可先创建部分三条管，对于过渡曲面部分，可通过网格曲面创建相同的分部，接着进行镜像，最后对曲面进行缝合和加厚即可。



【知识准备】

1. 桥接曲线

桥接曲线用于将两条分离的曲线通过一定的方式连接起来。

打开随书光盘：Work\CH04\02\qj.prt 模型文件，如图 4-30a 所示。在菜单栏选择【插入】→【来自曲线集的曲线】→【桥接】选项，或在【曲线】工具栏中单击【桥接】按钮 ，打开【桥接曲线】对话框，选择如图 4-30a 所示的曲线 1 为起始曲线，曲线 2 为终止曲线，在【形状控制】选项栏中设置【类型】为【相切幅值】，其他参数如图 4-30b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-30c 所示。

2. 曲线长度

通过曲线长度功能可指定弧长增量或总弧长的方式改变曲线的长度。

打开随书光盘：Work\CH04\02\cd.prt 模型文件，如图 4-31a 所示。在菜单栏选择【编辑】→【曲线】→【长度】选项，打开【曲线长度】对话框，选择如图 4-31a 所示曲线的左侧，参数设置如图 4-31b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-31c 所示。

技术指导：这里是以【增量】的形式设置曲线的延伸长度，其中正值为延伸曲线长度，负值为缩短曲线长度。选用【隐藏】选项，可将原有曲线隐藏。

3. 通过曲线网格

通过曲线网格是通过指定两组不同方向的曲线来创建曲面，不同组方向的线串为主曲线，另一组和主线串不在同一平面的线串为交叉线串。

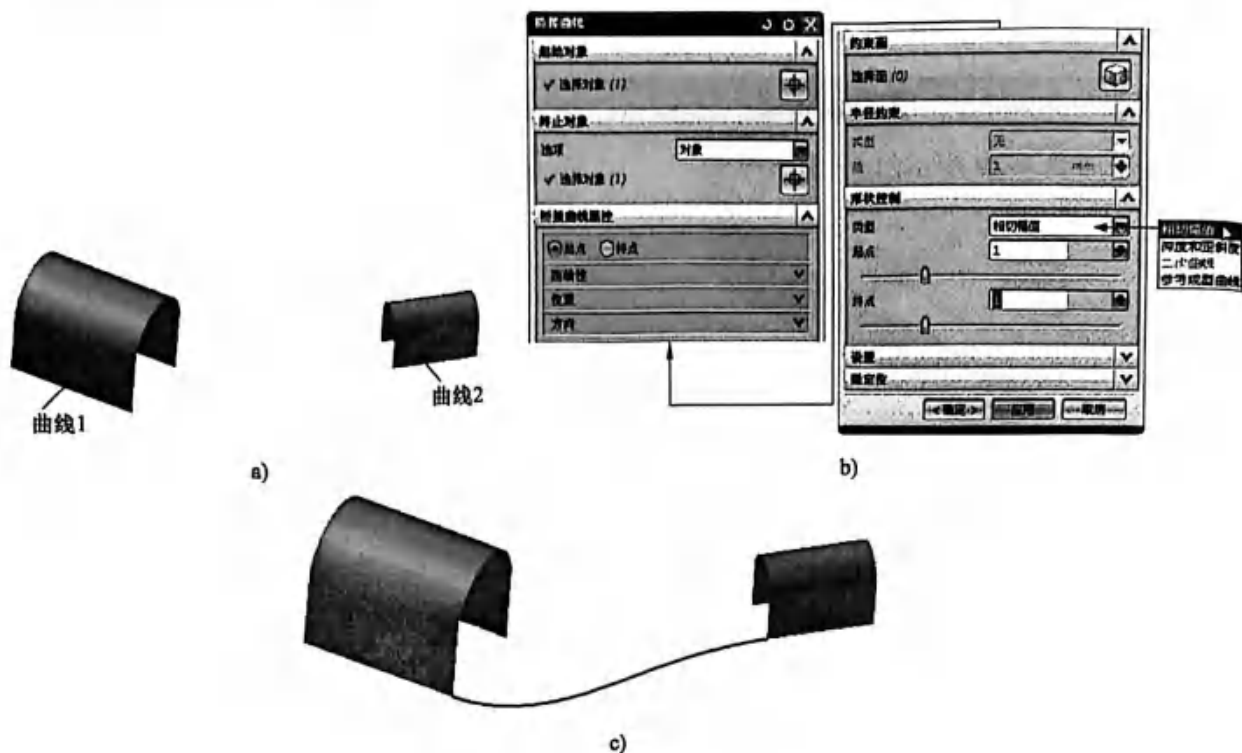


图 4-30 创建桥接曲线

a) 选择桥接的曲线 b) 【桥接曲线】对话框 c) 桥接效果

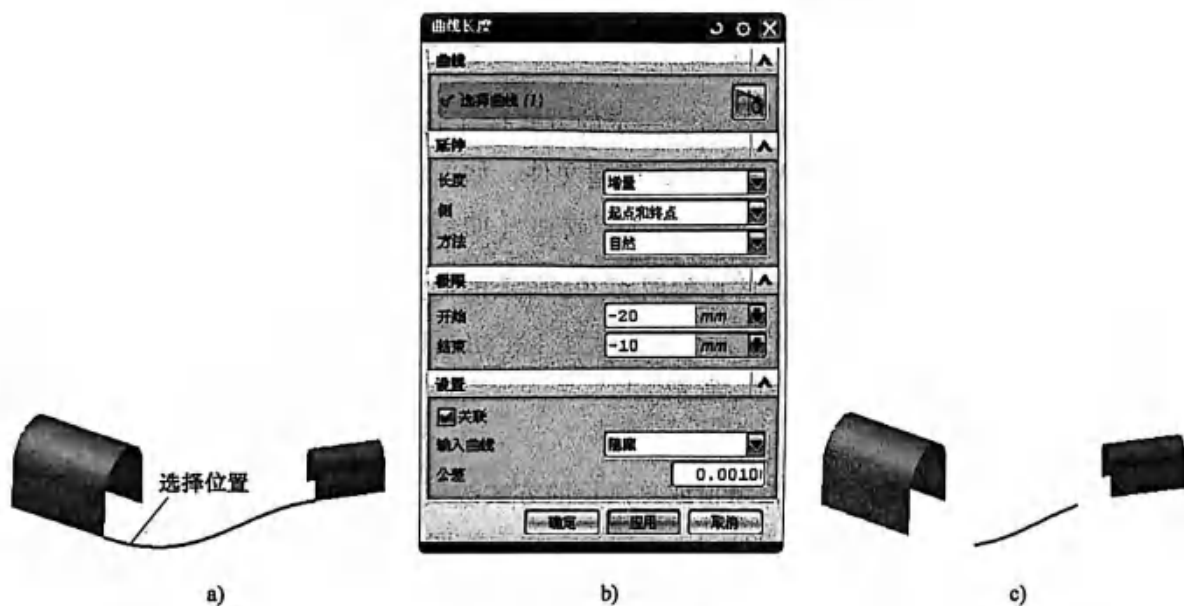


图 4-31 修改曲线长度

a) 选择对象 b) 【曲线长度】对话框 c) 曲线长度修改效果

打开随书光盘：Work\CH04\02\wg.prt 模型文件，如图 4-32a 所示。在菜单栏选择【插入】→【网格曲面】→【通过曲线网格】选项，或在【曲面】工具栏中单击【通过曲线网格】按钮，打开【通过曲线网格】对话框，选择如图 4-32a 所示的曲线 A，单击鼠标中键，



继续选择曲线 *B*，再单击鼠标中键，继续选择曲线 *C*。在【交叉曲线】选项栏中选择曲线 *D*，单击鼠标中键，继续选择曲线 *E*，其他参数设置如图 4-32b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-32c 所示。

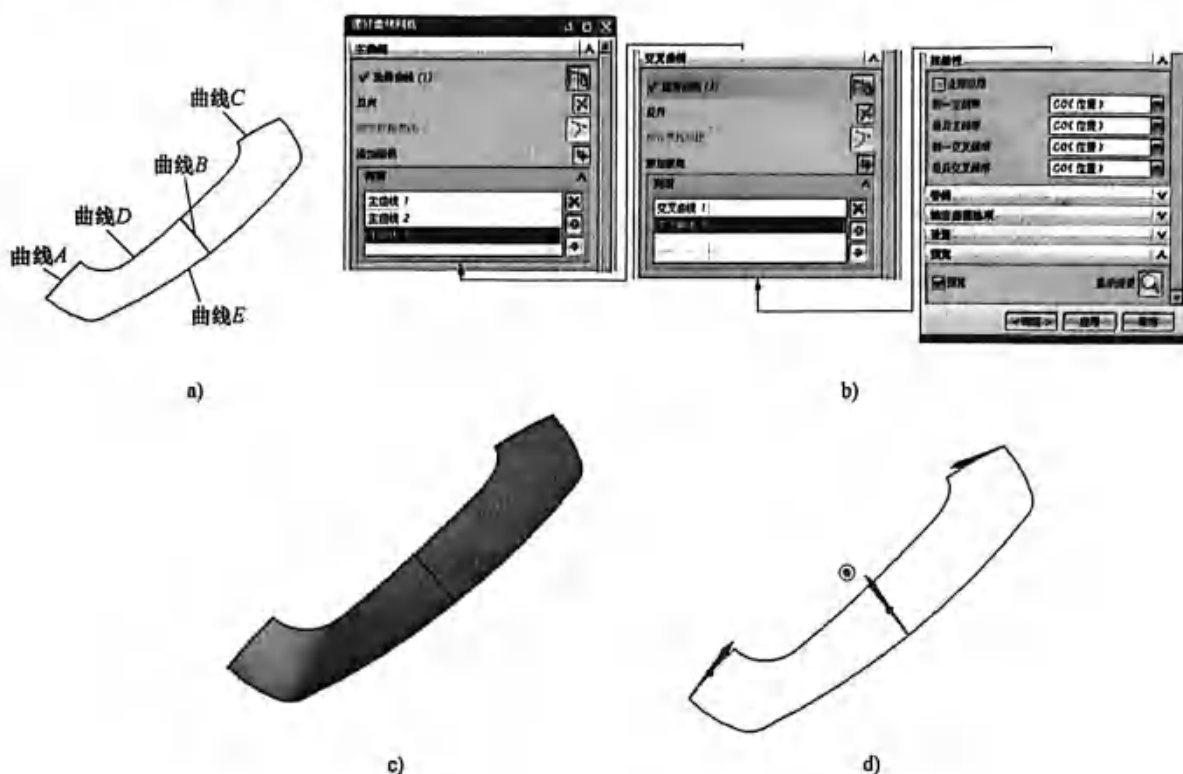


图 4-32 创建通过曲线网格

a) 选择曲线 b) 【通过曲线网格】对话框 c) 创建效果 d) 统一方向

技术指导：选择曲线时需采用【单条曲线】的形式，以防多选了其他的曲线。同时需注意曲线箭头的起始方向应一致，如图 4-32d 所示为选择主曲线时箭头的统一方向。若方向不一致时可通过【反向】按钮进行调整。

4. 缝合

缝合可将几个曲面合并成一个整体，开放的曲面缝合后将得到一个整体的片体，而封闭的曲面缝合后将得到一个实体，实体间的缝合则相当于布尔运算。

打开随书光盘：Work\CH04\02\fh.prt 模型文件，如图 4-33a 所示。在菜单栏选择【插入】→【组合】→【缝合】选项，或在【曲面】工具栏中单击【缝合】按钮，打开【缝合】对话框，选择如图 4-33a 所示的曲面 *N*。窗选其他两个曲面，其他参数如图 4-33b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-33c 所示。

5. 曲面加厚

曲面加厚可将开放的曲面进行偏置加厚生成实体，通过该功能还可以利用生成的实体与已有实体进行布尔运算。

打开随书光盘：Work\CH04\02\jh.prt 模型文件，如图 4-34a 所示。在菜单栏选择【插

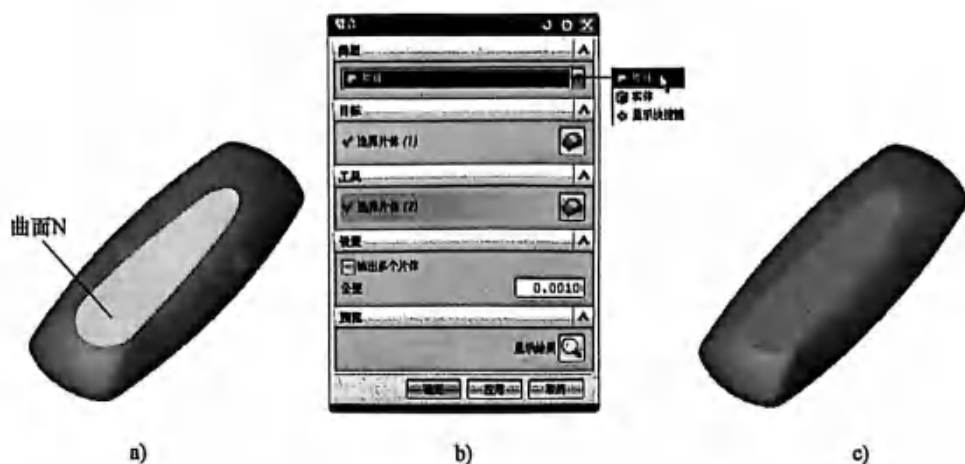


图 4-33 缝合曲面

a) 选择对象 b) 【缝合】对话框 c) 缝合结果

入】→【偏置/缩放】→【加厚】选项，或在【特征】工具栏中单击【加厚】按钮，打开【加厚】对话框，选择如图 4-34a 所示曲面。其他参数如图 4-34b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-34c 所示。

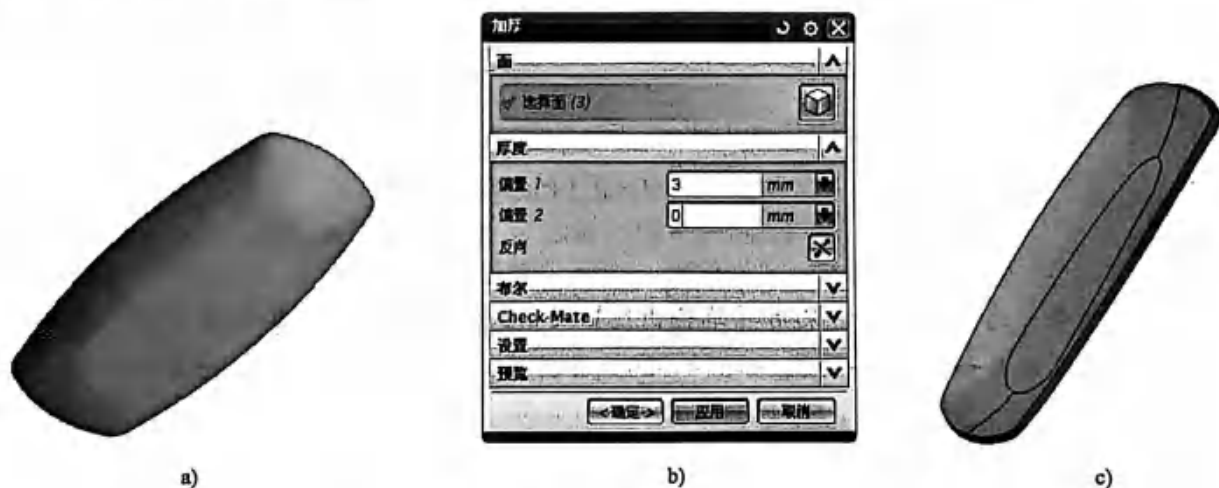


图 4-34 曲面加厚

a) 选择对象 b) 【加厚】对话框 c) 加厚效果

6. 分割曲面

分割曲面是用于分割对象，如曲线、面、基准平面或实体，是将现有曲面或实体进行分割，类似于修剪体的操作。

打开随书光盘：Work\CH04\02\fgqm.prt 模型文件，如图 4-35a 所示。在菜单栏选择【插入】→【修剪】→【分割面】选项，或在【特征】工具栏中单击【分割面】按钮，打开【分割面】对话框，选择如图 4-35a 所示的上表面。单击鼠标中键，继续选择曲线，其他参数如图 4-35b 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-35c 所示。

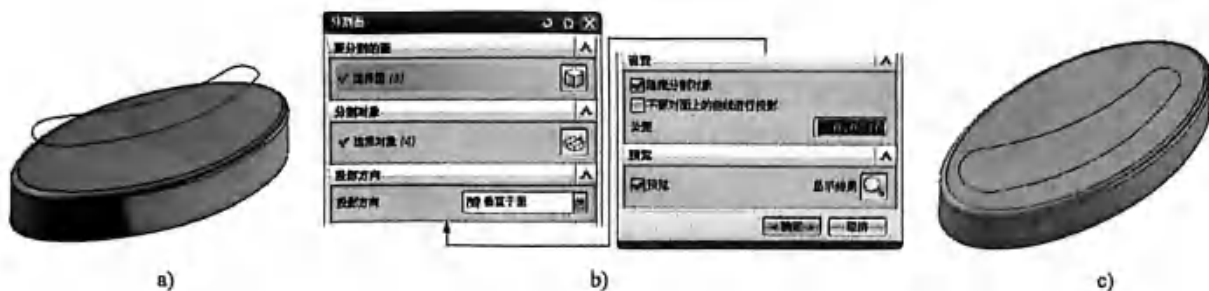


图 4-35 分割曲面

a) 选择对象 b) 【分割面】对话框 c) 分割结果



【任务实施】

启动 UG NX 8.0 程序后, 单击【新建】按钮, 打开【新建】对话框, 输入文件名为“santongguan”, 单击【确定】按钮, 以完成新建文件的操作。

在【部件导航器】的【基准坐标系】选项中单击鼠标右键, 在弹出的右键快捷菜单中选择【显示】选项, 以在绘图区显示系统坐标系。

以【按某一距离】的方式创建如图 4-36a 所示的基准平面 A 与基准平面 B (具体距离参照图 4-36a), 并在创建的基准平面上分别创建“ $\phi 60$ ”的圆, 圆心为坐标原点, 结果如图 4-36b 所示。

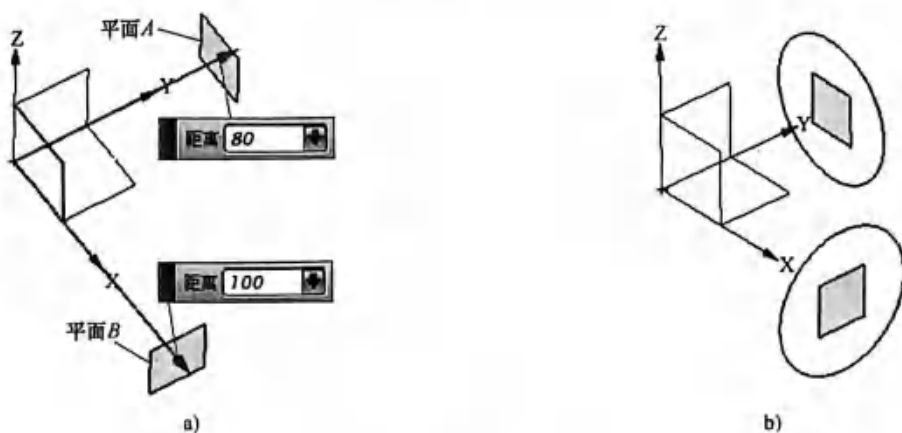


图 4-36 创建圆

a) 创建基准平面 b) 创建圆

隐藏创建的基准平面, 以所创建的圆为截面, 创建沿 X 轴与 Y 轴的正方向拉伸, 且长度为 100 的曲面, 结果如图 4-37a 所示。采用【镜像体】方式, 以平面 ZX 为镜像平面镜像 Y 轴上的拉伸曲面, 结果如图 4-37b 所示。

在菜单栏选择【插入】→【修剪】→【分割面】选项, 选择如图 4-37b 所示三个曲面。单击中键, 分别选择 XY、ZX、YZ 三个基准平面。在【分割面】对话框中的【设置】栏不勾选【隐藏分割对象】复选框, 其他参数采用系统默认值, 单击【确定】按钮, 结果如图 4-38 所示。



图 4-37 创建曲面

a) 创建拉伸曲面 b) 镜像曲面

在菜单栏选择【插入】→【来自曲线集的曲线】→【桥接】选项，分别选择如图 4-38 所示的曲线 1、2，在【形状控制】选项栏中设置【类型】为【相切幅值】，其他参数采用系统默认值，注意需要选择曲线的端点为桥接时的起始点。继续采用相同的方法对曲线 3、4 进行桥接。隐藏两个“ $\phi 60$ ”的圆，结果如图 4-39 所示。

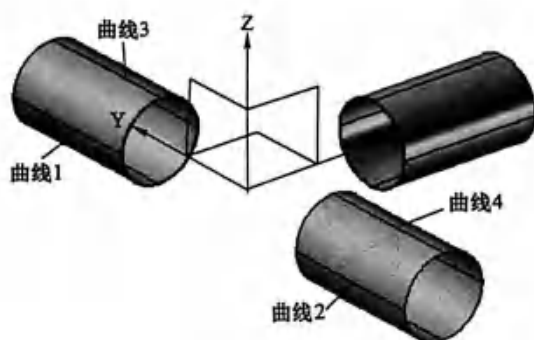


图 4-38 分割曲面

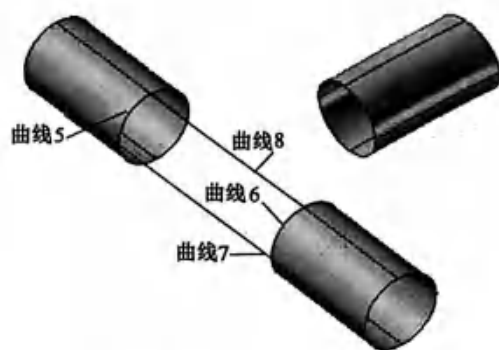


图 4-39 桥接直线

在菜单栏选择【插入】→【网格曲面】→【通过曲线网格】选项，选择如图 4-39 所示的曲线 5、6 为主曲线，曲线 7、8 为交叉曲线。注意箭头起始方向应保持一致，其他参数采用系统默认值，结果如图 4-40 所示。

使用平面 ZX 将刚创建的网格曲面进行分割，结果如图 4-41 所示。



图 4-40 创建通过曲线网格

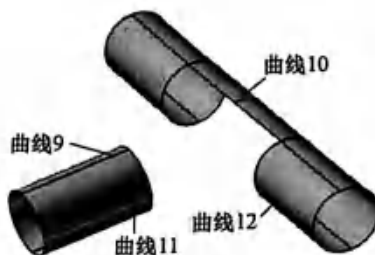


图 4-41 分割连接曲面



在菜单栏选择【插入】→【来自曲线集的曲线】→【桥接】选项，分别选择如图 4-41 所示的曲线 9、10，在【形状控制】选项栏中设置【类型】为【相切幅值】，其他参数采用系统默认值，注意需要选择曲线的端点。继续采用相同的方法设置曲线 11 为起始曲线，曲线 12 为终止曲线。设置曲线 11 起点的【相切幅值】为“1.8”，曲线 12 起点的【相切幅值】为“1”，其他参数采用系统默认值，结果如图 4-42 所示。

分别对如图 4-42 所示的两条桥接曲线创建曲面拉伸，长度为“5”（注意拉伸方向），结果如图 4-43 所示。



图 4-42 桥接曲线

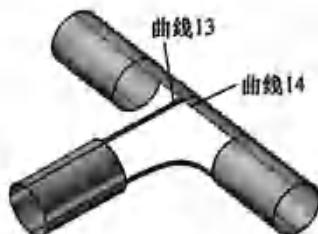


图 4-43 创建拉伸曲面

技术指导：这里创建拉伸曲面，目的是为了后续创建通过网格曲面时添加相切约束，从而创建光滑连接的曲面。

在菜单栏选择【编辑】→【曲线】→【长度】选项，打开【曲线长度】对话框，在如图 4-43 箭头所示位置选择曲线 13，以【增量】的形式设置【开始】位置为“-12”，【结束】位置为“0”，并将【输入曲线】选项设置为【隐藏】。采用相同的方法对如图 4-43 所示的曲线 14 进行长度编辑，增量长度为“-10”，结果如图 4-44 所示。

在菜单栏选择【插入】→【来自曲线集的曲线】→【桥接】选项，分别选择如图 4-44 所示的曲线 15、16，在【形状控制】选项栏中设置【类型】为【相切幅值】，【起点】与【终点】值都为 1，其他参数采用系统默认值，结果如图 4-45 所示。

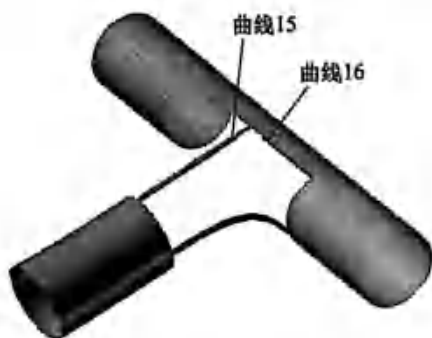


图 4-44 修改曲线长度

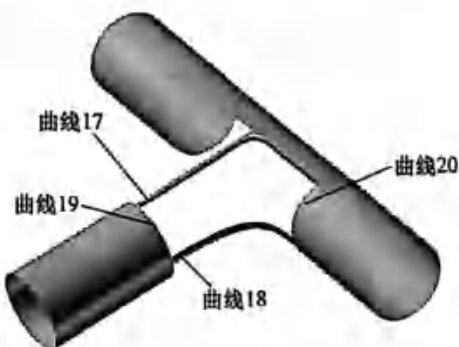


图 4-45 桥接两条经过修改长度的曲线

在菜单栏选择【插入】→【网格曲面】→【通过曲线网格】选项，选择如图 4-45 所示的曲线 17、18 为主曲线，曲线 19、20 为交叉曲线，注意箭头起始方向应保持一致。在【连续性】选项栏中设置所选择的曲线串都为【G1 相切】，同时根据各条曲线的选择顺序选择与其相切的曲面（其中曲线 17、18 的相切曲面都为拉伸曲面，曲线 19、20 的相切曲面为 1/4

圆弧面), 其他参数采用系统默认值, 结果如图 4-46 所示。

在 XY 平面的第一象限内创建边长为“20”的正方形, 其中正方形的开始位置为系统坐标系原点, 效果如图 4-47 所示。



图 4-46 创建通过曲线网格

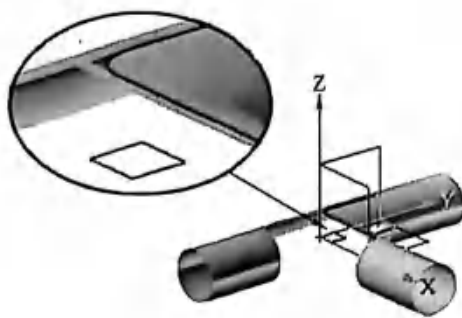


图 4-47 创建正方形

通过【修剪片体】方式对刚创建的通过网格曲面进行修剪, 选择边界对象为刚创建的正方形, 设置【投影方向】为【沿矢量】, 【指定矢量】为 ZC, 舍弃正方形投影区域内的曲面, 结果如图 4-48 所示。

在菜单栏选择【插入】→【网格曲面】→【通过曲线网格】选项, 选择如图 4-48 所示的曲线 21、22 为主曲线, 曲线 23、24 为交叉曲线, 注意箭头起始方向应保持一致。在【连续性】选项栏中设置曲线串 21 与曲线串 23 为【G1 相切】, 其他为不相切, 其他参数采用系统默认值, 结果如图 4-49 所示。

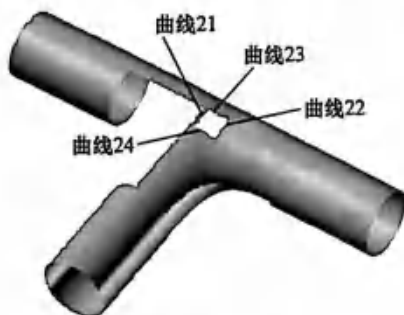
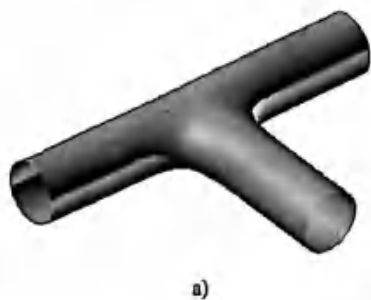


图 4-48 曲面修剪效果



图 4-49 修补曲面

将两个拉伸辅助曲面隐藏, 利用镜像曲面创建其他相同部分的曲面, 结果如图 4-50a 所示



a)



b)

图 4-50 创建效果

a) 镜像曲面 b) 曲面加厚



示。在菜单栏选择【插入】→【组合】→【缝合】选项，选择任意一曲面为目标片体，窗选所有曲面作为工具片体。对缝合后的曲面向外进行加厚，厚度为“2”。再将缝合曲面隐藏，结果如图 4-50b 所示。至此任务完成。

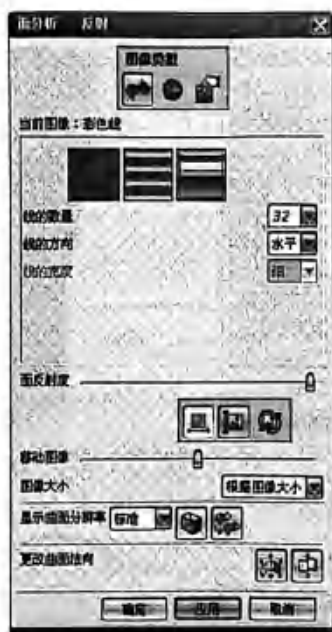


【知识加油站】

1. 如何对曲面形状进行分析

创建完曲面后有必要对曲面的一些特性进行分析，以检查是否达到要求。这里介绍常用的曲面反射分析功能，通过该功能可显示曲面上的反射光，以分析曲面形状并检测曲面缺陷，下面以刚创建的三通管表面进行分析。

在菜单栏选择【分析】→【形状】→【反射】选项，选择三通管的上半部分曲面。在【面分析-反射】对话框中单击【彩色】按钮，其他参数如图 4-51a 所示。单击【确定】按钮，结果如图 4-51b 所示。图中条纹的疏密程度显示了曲面曲率的变化情况，条纹越密则表明该处曲面的曲率变化越大。从图 4-51b 所示的彩色线分布情况分析：在两条管之间过渡的位置比较平顺，条纹间的疏密情况比较正常，无明显的转折痕迹。



a)



b)

图 4-51 反射分析

a) 【面分析-反射】对话框 b) 分析显示

技术指导：如需要更改显示状态时可单击鼠标右键，在弹出的右键快捷菜单中选择所需的显示方式，如选择着色状态，则可变为着色状态。

对于其他的半径与斜率分析操作方法，用户可自行尝试。

2. 如何通过曲线组创建曲面

曲线组创建曲面功能可利用同一方向上的一组曲线轮廓线创建曲面，曲线轮廓为截面线



串,可由单个对象或多个曲线或实体边等组成,在创建时要注意各曲线轮廓线的起点位置与方向。

打开随书光盘: Work\CH04\02\qxz.prt 模型文件,如图 4-52a 所示。在菜单栏选择【插入】→【网格曲面】→【通过曲线组】选项,或在【曲面】工具栏中单击【通过曲线组】按钮,打开【通过曲线组】对话框,以【相连曲线】的方式选择如图 4-52a 所示曲线 A 的位置处,再单击鼠标中键。继续以同样的方式分别选择曲线 B、C、D 这三条曲线,注意选择曲线的起始位置为图上所指处,其他参数如图 4-52b 所示。单击【确定】按钮,结果如图 4-52c 所示。

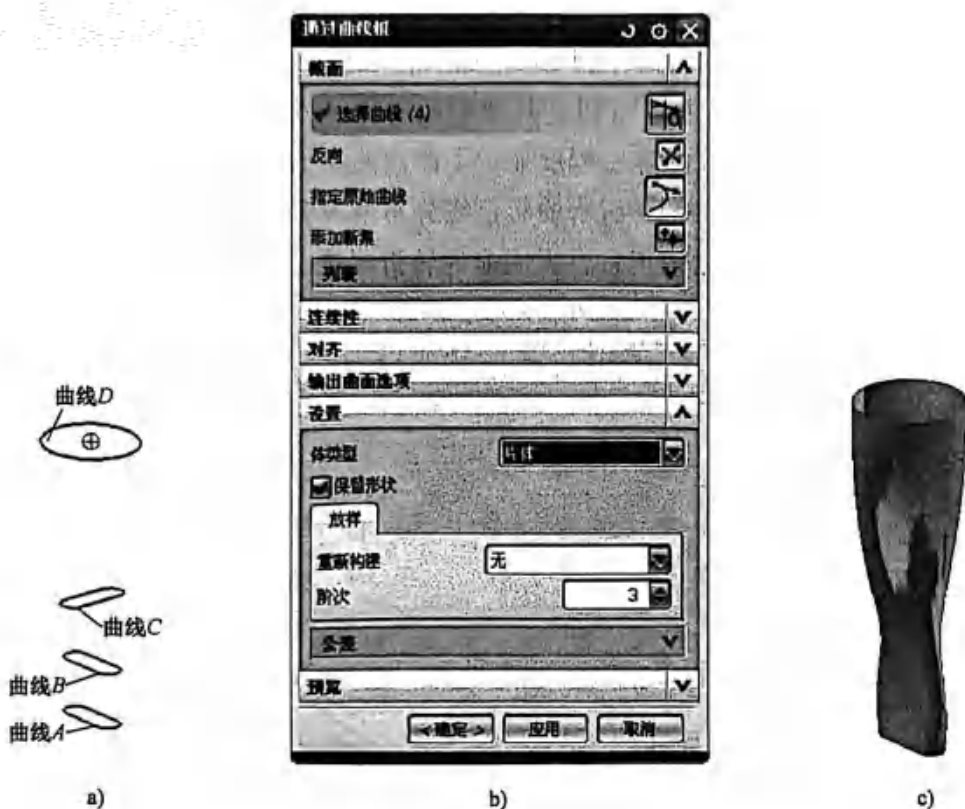


图 4-52 通过曲线组创建曲面

a) 选择曲线 b) 【通过曲线组】对话框 c) 创建结果



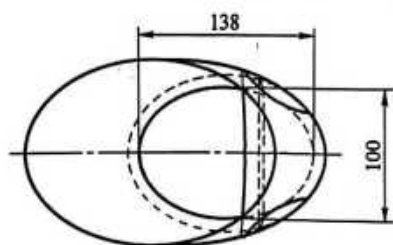
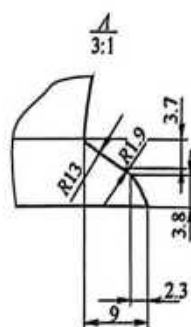
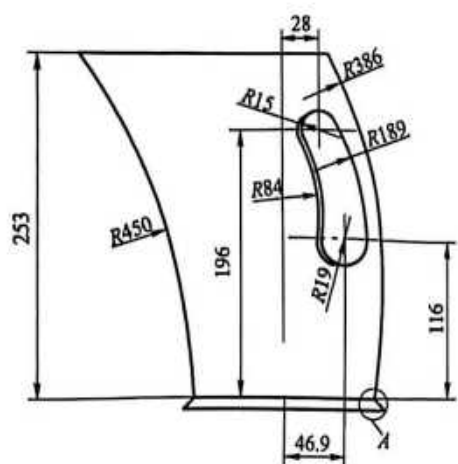
【任务总结】

本任务通过创建三通管,主要学习了曲线桥接和曲线网格的创建方法,对曲面进行缝合、分割、加厚和分析的操作方法。在创建曲面时要注意对产品造型的特点进行细分,如本任务中两管之间相交过渡部分的拆分处理方法,从而创建出更加合适的曲面。

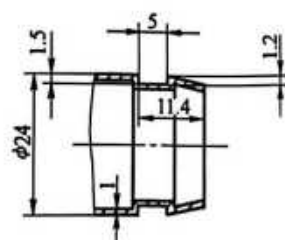
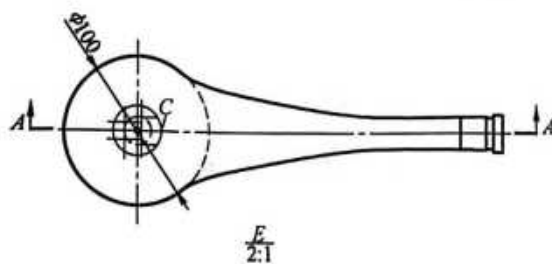
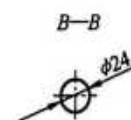
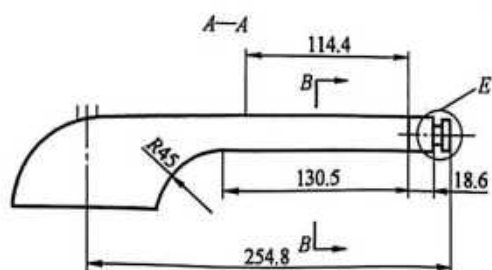


【提高练习】

以曲面方式创建如图 4-53 所示的产品图。



a)



b)

图 4-53a、b 提高练习图



AD/CAM技术系列案例教程

Mastercam X5 边学边练

基础教程

杨志义 编



随书附赠光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前 言

Mastercam 是美国 CNC Software NC 公司研制与开发的集 CAD/CAM 于一体的软件。自 1984 年推出第一代产品开始, Mastercam 就以其强大的加工功能闻名于世。多年来, 该软件在功能上不断更新与完善, 而且对硬件的要求不高, 操作灵活、界面友好、易学易用, 适用于大多数用户, 能使企业迅速使用并取得好的经济效益, 现已被广泛应用于机械、模具、汽车、造船、航空航天等领域。

为进一步深化课程教学改革, 结合编者多年来对该软件的学习体会与实践经验, 考虑到该软件与数控技术的关系, 本书采用了任务驱动式的编写模式, 主要介绍了常用的 CAD 造型功能及三轴数控铣床功能。作为一本实践型的书, 本书以突出技能操作为特色, 使读者在操作学习的过程中体会其功能的使用; 所有任务都经过精心设计, 巧妙地将所要学习的内容有机地结合成一体; 以任务为导线, 在任务中简明扼要地讲解相关命令的功能意义并适时地加入技术指导; 避免冗长的文字说明, 有效地提高读者学习的兴趣并降低难度。读者在学习操作的过程中理解相关命令的功能, 然后再进行任务实施, 使所学知识得到及时应用, 形成“练→学→练”的循环过程。无论是“大任务”还是“小任务”的实施所用到的相关素材都配备了教学视频文件, 大大降低了学习的难度, 提高了可操作性。对于书中所介绍的例子, 若没有特殊说明则为继续采用相同的素材进行下一步的学习操作。

本书共分为七个模块, 各模块的主要内容如下:

模块一介绍 Mastercam X5 的基本知识, 熟悉其工作环境, 对其工作过程进行初探。

模块二介绍如何绘制二维图形, 包括几何图素的创建和编辑, 以及阵列、旋转和尺寸标注等。

模块三介绍曲面的造型方法, 包括挤出、旋转、网状和曲面曲线等的创建方法, 以及图层管理和曲面编辑的方法, 包括倒圆角、填补内孔、恢复修剪曲面等。

模块四介绍实体的造型方法, 包括挤出、扫描、举升和实体阵列等创建方法, 以及对实体进行编程修改的方法。

模块五介绍如何对机床类型、刀具、材料与安全区域等进行设置, 以及二维刀具路径, 包括外形铣削、平面铣削、挖槽铣削、钻孔加工和全圆铣削刀路等。

模块六介绍曲面加工的刀具路径, 包括平行铣削粗加工、放射状粗加工、等高外形粗加工、平行铣削精加工、等高外形精加工、浅平面精加工和环绕等距精加工等刀路, 以及编程技巧。

模块七介绍刀具路径转换及后处理的一般方法。

限于作者的水平, 本书难免有不当之处, 恳请广大读者批评指正。

另请读者注意, 由于软件中将“坐标”写作“座标”, 故文中依软件所写, 只为方便阅读, 敬请谅解。

编 者



III

目 录

前言	
模块一 Mastercam X5 应用初探	1
任务 模拟加工	2
1. Mastercam 基本功能	2
2. Mastercam X5 工作界面简介	3
3. 系统规划	7
4. 显示/隐藏工具栏	11
5. 自定义右键菜单	12
6. 自定义快捷键	12
7. 选择图素	12
8. Mastercam 的快捷键	14
9. Mastercam 的 CAD/CAM 应用过程	14
模块二 绘制二维图形	21
任务 1 绘制箭头指示图	22
1. 绘制直线	22
2. 绘制矩形	26
3. 绘制变形矩形	28
4. 倒角	29
5. 修剪/打断	30
6. 连接图素	32
7. 删除与恢复	32
任务 2 绘制托盘零件图	35
1. 绘制圆与圆弧	36
2. 绘制椭圆	42
3. 倒圆角	42
4. 补正	44
5. 镜像	45
任务 3 绘制控制面板零件图	49
1. 绘制多边形	49
2. 旋转	50
3. 比例缩放	51
4. 阵列	52
任务 4 图形标注	56
1. 设置图素属性	56
2. 尺寸标注	59
3. 图形注释	64
4. 剖面线	65
模块三 曲面造型	69
任务 1 奖杯设计	70
1. 图层管理	70
2. 构图面和构图深度	72
3. 创建基本曲面	77
4. 创建直纹/举升曲面	78
5. 挤出曲面	78
任务 2 铸管零件设计	82
1. 创建旋转曲面	82
2. 创建扫描曲面	83
3. 曲面倒圆角	85
4. 曲面修剪	86
5. 分割曲面	89
6. 填补内孔	90
7. 恢复曲面边界	90
8. 恢复修剪曲面	90
任务 3 电器壳设计	94
1. 绘制曲线	94
2. 螺旋曲线	97
3. 曲面曲线	98
4. 投影	103
5. 曲面补正	103
6. 网状曲面	104
7. 围篱曲面	105
8. 平整修剪曲面	105
任务 4 耙子设计	112
1. 牵引曲面	112
2. 曲面延伸	112
3. 曲面熔接	113
4. 由曲面转为实体	116
模块四 实体造型	121
任务 1 化妆盒下盖设计	122
1. 挤出实体	122
2. 实体倒圆角	124
3. 抽壳	126
4. 移除实体表面	127
5. 薄片加厚	128



任务2 手机壳模具设计	132	2. 平移转换	232
1. 扫描实体	133	3. 移动至原点	232
2. 实体修剪	133	4. 平行铣削粗加工	233
3. 实体布尔运算	134	5. 等高外形粗加工	239
4. 非关联布尔运算	135	6. 平行铣削精加工	240
任务3 底座设计	142	7. 曲面等高外形精加工	241
1. 绘制文字	143	8. 曲面精加工残料清角	244
2. 旋转实体	143	任务2 充电器加工	254
3. 举升实体	144	1. 曲面挖槽粗加工	254
4. 实体倒角	144	2. 浅平面精加工	256
5. 牵引实体面	146	3. 环绕等距精加工	257
6. 实体阵列	147	4. 交线清角精加工	258
7. 实体操作管理器	148	5. 熔接精加工	259
模块五 二维加工	155	任务3 盘子凸模加工	269
任务1 仿真加工	156	1. 钻削式粗加工	269
1. CAM 公共设置	156	2. 放射状粗加工	270
2. 操作管理	164	3. 放射状精加工	272
任务2 顶块加工	170	任务4 电极加工	276
1. 外形铣削	171	1. 曲面投影粗加工	276
2. 钻孔加工	188	2. 平行式陡斜面精加工	277
3. 平面铣削	191	3. 曲面投影精加工	279
任务3 铝腔体加工	201	任务5 手柄凹模加工	284
1. 对象分析	201	1. 曲面流线粗加工	285
2. 挖槽加工	202	2. 曲面残料粗加工	287
3. 雕刻加工	211	3. 曲面流线精加工	288
4. 全圆铣削	214	模块七 刀具路径转换与后处理	295
模块六 曲面加工	229	任务 拨叉加工	296
任务1 表壳样板加工	230	刀具路径转换	296
1. 动态平移	231	参考文献	306



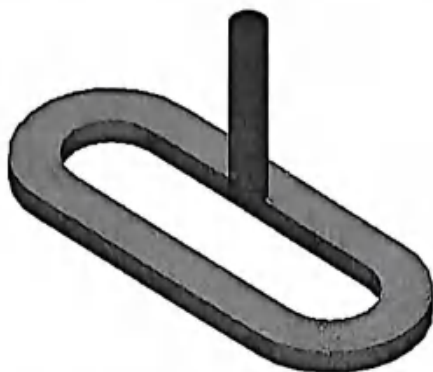


图 5-27 实体模拟仿真模拟效果



图 5-28 TG5-1

任务 2 顶块加工



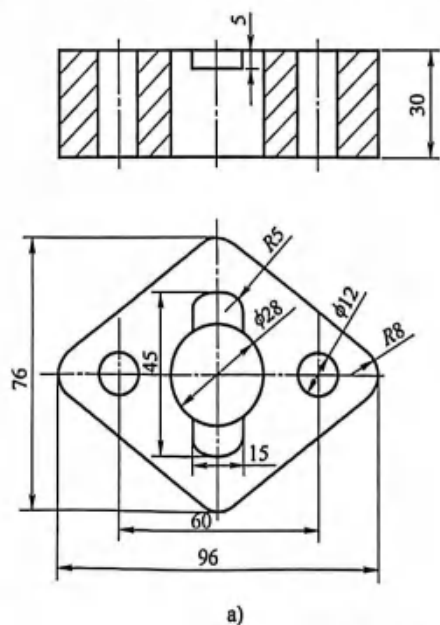
任务目标

- 掌握外形铣削、钻孔加工与平面铣削刀路的创建方法。
- 较好地理解相关参数的意义与注意事项，对数控加工工艺有一定的理解。



任务导入

根据随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务 2 中的“顶块.MCX-5”文件，对顶块零件进行编程加工，其中图形具体尺寸如图 5-29 所示。



a)



b)

图 5-29 顶块工程图

a) 二维图 b) 立体图



任务分析

该顶块外形为平行四边形，中心通孔直径为 28.0mm，上部凹槽深度为 5.0mm，两侧通孔直径为 12.0mm，顶块厚度为 30.0mm。结合零件特点加工时可先加工外形，接着进行钻孔与扩孔，最后进行凹槽加工。

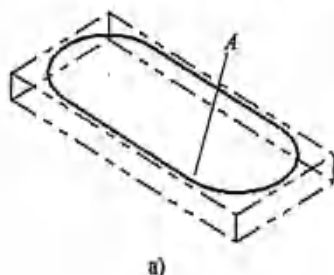


知识准备

1. 外形铣削

外形铣削是通过选择工件的外形轮廓线设定刀具路线，其切削深度固定不变，操作简单快捷。虽然简单，但是只要灵活应用，采用外形铣削刀路同样可以加工复杂的零件。外形轮廓线可以是封闭串连的曲线，也可以是一段或两段直线（圆弧、曲线等），在加工时可根据加工部位有所选择。

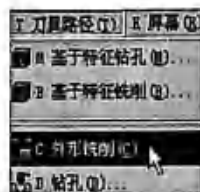
打开随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务2中的“外形铣削.MCX-5”文件，如图 5-30a 所示。在菜单栏选择【机床类型】/【铣床】/【默认】选项，如图 5-30b 所示。在菜单栏选择【刀具路径】/【外形铣削】选项，如图 5-30c 所示，单击 按钮。



a)



b)



c)

图 5-30 选择机床类型与刀路

a) 外形铣削.MCX-5 b) 选择机床类型 c) 选择外形铣削刀路

(1) 定义外形轮廓

系统弹出【输入新 NC 名称】对话框，接受默认的“外形铣削”名称，单击 按钮。系统弹出【串连选项】对话框，在如图 5-30a 所示 A 点处选择轮廓，系统显示箭头方向，如图 5-31 所示。



技术指导：

在创建外形铣削刀路时要特别注意箭头方向，因为箭头方向决定了刀具半径的补正方向。

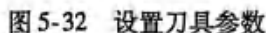
(2) 刀具参数

在【串连选项】对话框上单击 按钮，系统弹出【2D 刀具路径-等高外形】对话框，打开【刀具参数】选项卡，系统默认选择“10. FLAT ENDMILL”的平底刀。用户也可以在空白处单击右键，在弹出的快捷菜单中选择【新建刀具】选项创建刀具。设置【进给速率】为 1500.0mm/min，【下刀速率】为 800.0mm/min，【主轴转速】为 2000.0r/min，勾选【快速提刀】选项，如图 5-32 所示。



图 5-31 箭头方向



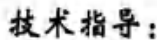


技术指导:

- ◆ 进给速率：指刀具在 X、Y 平面上的移动速率。
- ◆ 下刀速率：指刀具在 Z 方向的移动速率。
- ◆ 主轴方向：分为顺时针与逆时针方向。
- ◆ 主轴转速：指刀具的旋转速度。
- ◆ 提刀速率：指在切削加工完成后，刀具快速退刀。

对于此类对话框相关参数的设置建议养成从左到右，从上到下的习惯，以避免漏选其他参数。

打开【夹头】选项卡，如图 5-33 所示。夹头参数一般情况下不进行设置，设置时可在空白处单击右键，在弹出的快捷列表中选择【新建夹具】选项，然后设置相关参数。



(4) 切削参数

【切削参数】选项卡各参数介绍如下:

172

可为刀具半径或刀具半径与余量的总和等，可以根据需要灵活设置，达到粗、精加工的效果。

◆ 磨损：刀具路径补正量将根据设置的磨损补正进行补正。

◆ 反向磨损：刀具路径补正量由设置的磨损反向补正进行补正，即如果采用磨损左补正，则产生的 NC 程序中会输出反向补正控制码。

◆ 关：关闭补正方式，将直接根据轮廓外形产生刀具路径，此时刀具中心与外形轮廓线重合，如图 5-35a 所示。

2) 补正方向：补正方向分为左补与右补，分别指刀具朝外形轮廓的左侧或右侧偏移一个补偿量。补正方向的判断方法为：根据选择串连时箭头的指向，假设人沿着外形轮廓朝箭头指示方向行走，当刀具落在人的左侧时为左补，如图 5-35b 所示；若刀具落在人的右侧时则为右补，如图 5-35c 所示。

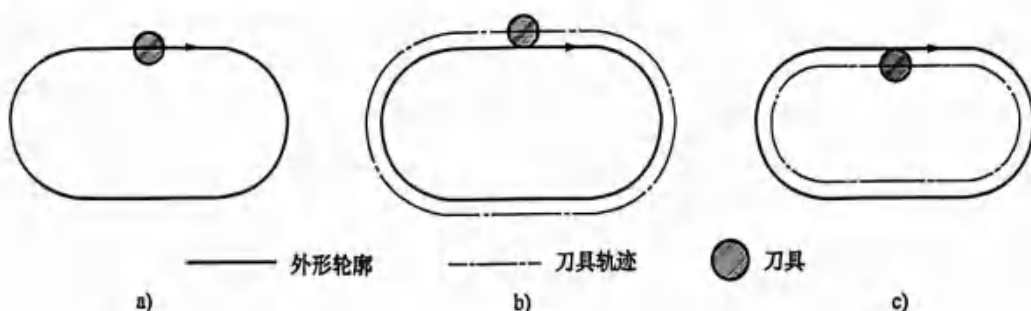


图 5-35 刀具补正效果

a) 关 (不补正) b) 左补正 c) 右补正

3) 校刀位置：用于设置刀具长度补偿的位置，分为中心与刀尖两种形式。系统在生成刀具路径时，将以所设置的补偿形式进行计算，例如，当将校刀位置设置为刀具中心时，系统将以刀具的中心为参考计算点。由于不同类型刀具的中心与刀尖不一样，因此产生的刀具路径也不一样，如图 5-36 所示。

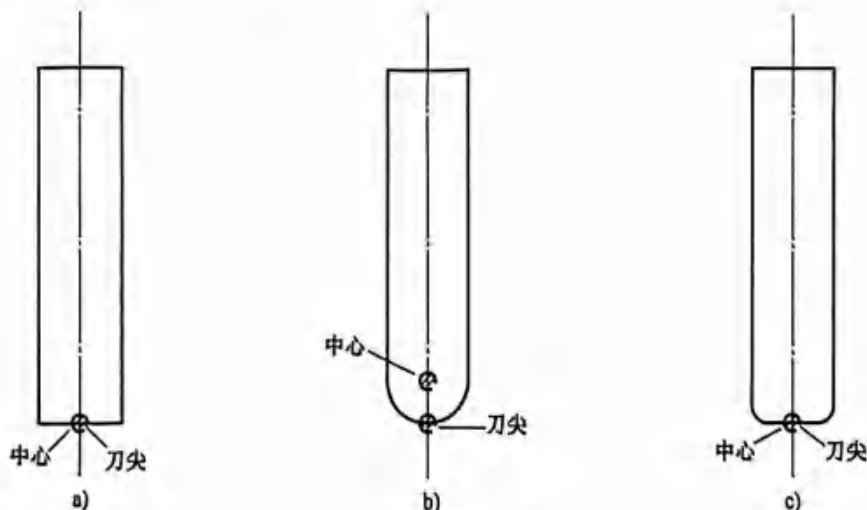


图 5-36 中心与刀尖位置

a) 平底刀 b) 球刀 c) 圆鼻刀



技术指导:

从图 5-36 所示可知, 校刀位置的设置对于平底刀与圆鼻刀没有影响, 而对圆角刀或球刀会有不同的效果。为避免发生过切现象, 建议采用刀尖补正方式。

4) 转角处理: 在转角位置处, 特别是对于较小的转角, 由于机床的运动方向突然改变, 切削力也会发生很大的变化, 对机床与刀具都不利, 此时可以在转角处进行圆角过渡处理。系统提供了 3 种过渡形式。

- ① 无: 所有尖角直接过渡, 不采用圆角处理, 如图 5-37a 所示。
- ② 尖角: 只在夹角小于 135° 的尖角处采用圆弧过渡, 如图 5-37b 所示。
- ③ 全部: 在所有的转角处采用圆弧过渡, 如图 5-37c 所示。

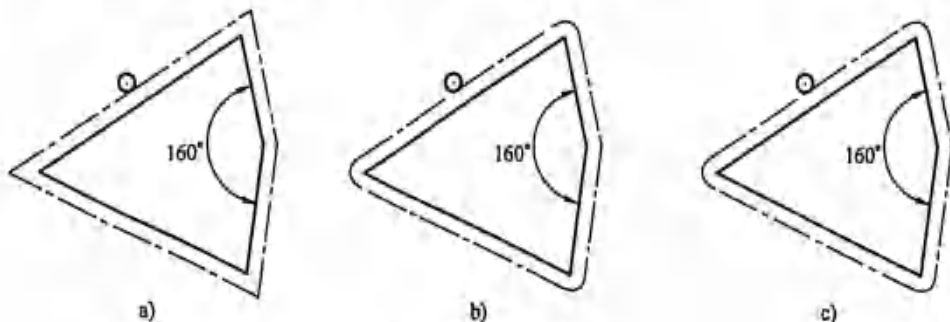


图 5-37 转角处理效果

a) 无 b) 尖角 c) 全部

5) 加工余量: 在实际加工中, 一般将加工为分粗加工、精加工, 以及半精加工, 以取得好的加工精度。在外形铣削刀路中, 加工余量为分 XY 方向与 Z 方向的余量。

① 壁边预留量: 为 XY 方向的预留量, 该值表示的是刀具移动切削时, 形成的轮廓与加工轮廓边界之间的距离。该值有正负之分, 当设置为正值时, 对于凸模零件, 加工后外形变大, 而对于凹模零件, 则加工后外形变小。若为负值时, 则反之。粗加工时, 一般需留一定的加工余量, 如 $0.25 \sim 0.5\text{mm}$ 。精加工时可设置为 0.0mm 。



技术指导:

采用外形铣削刀路加工配合件时, 常常根据配合公差的大小, 将凸凹模的加工余量统一设置成负值, 以在配合公差的范围内达到凸模变小, 凹模变大的效果。

- ② 底面预留量: 为 Z 方向的预留量。

6) 外形铣削类型: Mastercam 针对 2D 与 3D 的外形轮廓提供了不同的铣削类型。

① 2D: 2D 加工是最常用的类型, 在进行二维外形铣削加工时, 整个刀具路径的铣削深度相同。刀路效果如图 5-38 所示, 这里将外形轮廓分成两层进行加工, 刀具在同一加工深度将第一层加工完毕后才进行第二深度层的加工。

② 2D 倒角: 用于加工倒角等, 需结合成形刀具进行加工。倒角的角度由倒角刀决定, 宽度则可以通过如图 5-39 所示的对话框进行设置。

③ 斜降式下刀: 在执行此类型刀路时, 刀具在 XY 方向进给, 刀具 Z 方向的加工深度亦发生变化, 如可根据 Z 加工深度指定的角度或深度而变化。下刀方式有如下 3 种。

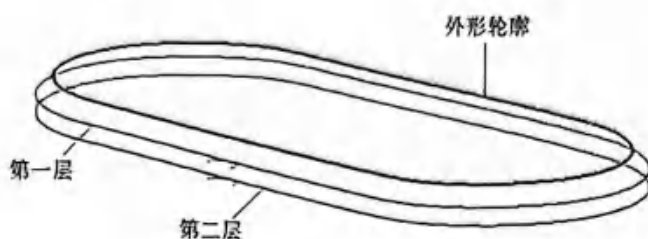


图 5-38 2D 刀路效果

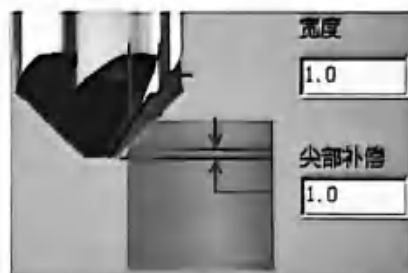
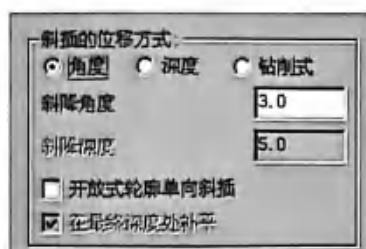


图 5-39 倒角宽度与尖部补偿设置

◆“角度”方式：指刀具沿设定的倾斜角度加工到最终深度，参数面板与刀路效果如图 5-40 所示。



a)

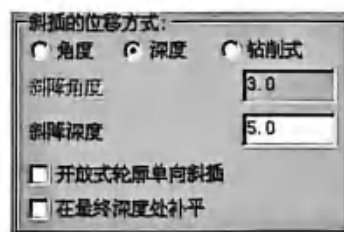


b)

图 5-40 角度方式

a) 参数面板 b) 刀路效果

◆“深度”方式：指刀具在 XY 方向移动的同时，进刀深度逐渐增加到设定的深度，若设定的深度值比最终深度值小，则当进刀加工到设定深度后将继续循环，直到最终深度，参数面板与刀路效果如图 5-41 所示。



a)



b)

图 5-41 深度方式

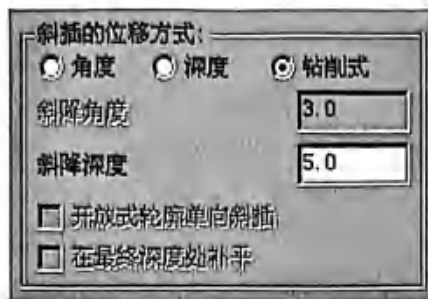
a) 参数面板 b) 刀路效果



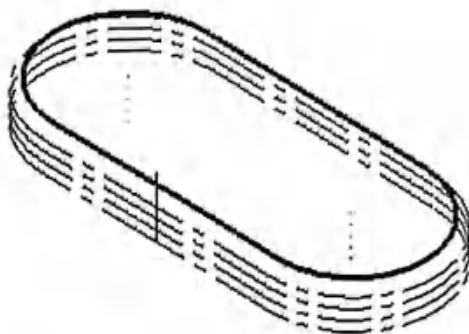
技术指导：

结合图 5-41b 所示可知，刀具路径在最终深度并没有进行平整加工，此时可勾选【在最终深度处补平】选项进行补平加工，如图 5-41a 所示。

◆“钻削式”方式：指刀具垂直下刀到指定深度，要求刀具具有较好的刚性，参数面板与刀路效果如图 5-42 所示。



a)



b)

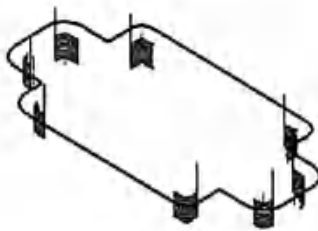
图 5-42 钻削方式

a) 参数面板 b) 刀路效果

④ 残料加工：为提高加工效率，当加工余量较大时，可采用大直径的刀具和大进给量进行加工，因此在一些小的转角处会留下不能被铣削的余量，此时可采用残料加工功能进行补加工，参数面板与刀路效果如图 5-43 所示。



a)



b)

图 5-43 残料加工

a) 参数面板 b) 刀路效果



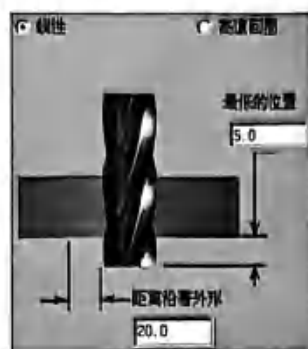
技术指导：

系统提供了 3 种剩余材料的计算方式：一是根据所有先前的操作，二是根据前一个操作，三是根据粗切刀具直径的大小。

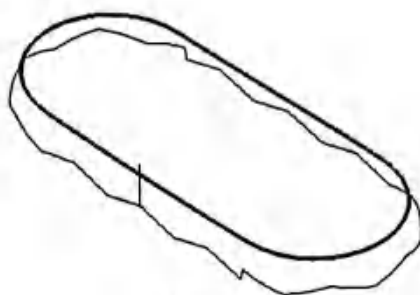
⑤ 轨迹线加工：按照指定的轨迹线以折线形或波浪形的形式进行加工。系统提供了两种方式，分别为线性（参数面板与刀路效果如图 5-44a、b 所示）与高速回圈（参数面板与刀路效果如图 5-44c、d 所示）。

⑥ 3D 外形：适用于三维空间曲线的外形轮廓加工。其设置参数与 2D 外形轮廓加工基本相似，加工的深度由 3D 外形曲线决定。当选择的外形轮廓为 3D 曲线类型时，系统会自动进行 3D 外形轮廓加工模式。3D 外形加工类型有如下 2 种。

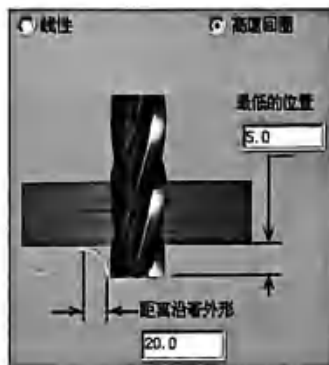
◆ 3D：指根据 3D 外形进行加工，刀路效果如图 5-45 所示。



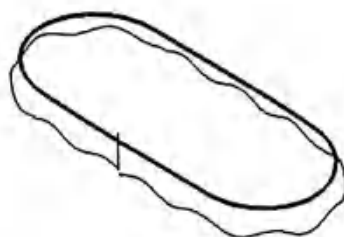
a)



b)



c)



d)

图 5-44 轨迹线加工

a) 线性参数面板 b) 线性刀路效果 c) 高速回圈参数面板 d) 高速回圈刀路效果

模块五

◆ 3D 倒角：该方式与 2D 倒角一样，这里不再详述。

7) 寻找相交性：用于检测所选取加工的外形是否存在相交，若存在相交，则系统自动调整刀具路径，在交点后的图形将不产生刀具路径，以防止表面损坏。

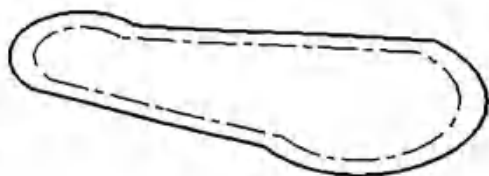


图 5-45 3D 刀具路径效果

(5) 深度切削参数

Z 方向分层铣削是指在 Z 轴方向刀具路径相邻两层之间的距离，根据切削深度的不同分为粗铣与精铣。一般用于铣削的厚度比较大，刀具无法一次加工至最后深度的情况。

打开【深度切削】选项卡，勾选【深度切削】选项，相关参数设置如图 5-46 所示。

1) 最大粗切步进量：指在 Z 方向最大的切削深度，即每次刀具加工的厚度（也称背吃刀量）。在设置深度时，要综合考虑切削时所用的刀具、材料、切削速率和机床刚性等，当该值大时，加工效率高。一般情况下，粗加工时切削速率大，则最大粗切步进量小，反之最大粗切步进量大。

2) 精修次数：在 Z 方向精加工的次数。

3) 精修量：在 Z 方向精加工时，刀具切削的厚度。一般该值较小，目的是为了取得均匀的余量，以备在后续精加工时获得好的加工质量。该参数与底面预留量不同，底面预留量指的是加工余量。结合本例参数设置生成刀路效果如图 5-47 所示。



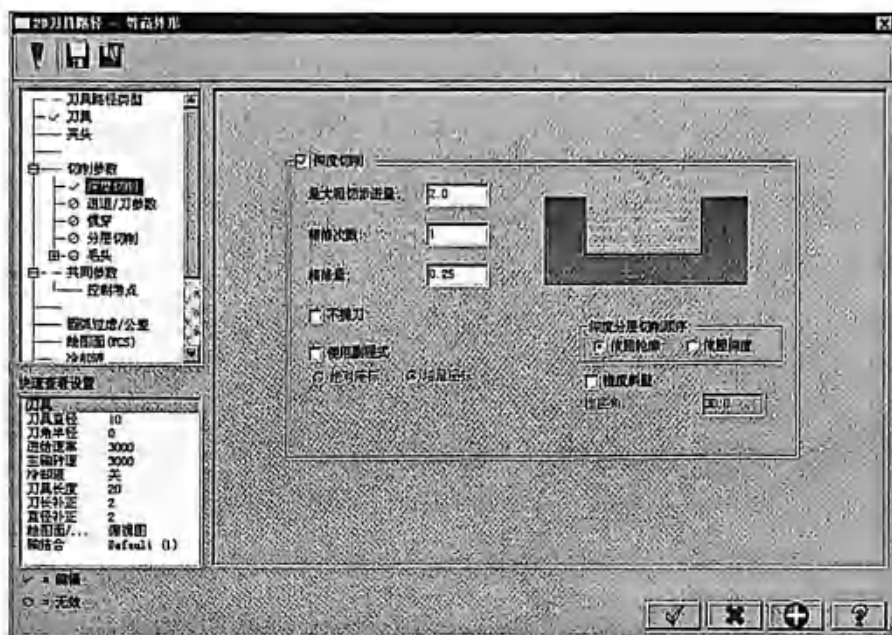


图 5-46 深度切削选项卡



技术指导:

在切削过程中,总切削量为:总切削量=总的切削深度-Z方向的预留量。总的切削次数为:总的切削次数=(总切削量-Z方向精修量×精修次数)/最大粗切步进量,商取整数。

如图 5-47 所示,在加工时设置总切削量为 20.00mm, Z 方向精修量为 0.5mm, 次数为 1, Z 方向余量为 0.25mm, 因此总的切削量为: $20.00\text{mm} - 0.25\text{mm} = 19.75\text{mm}$ 。

总的粗切削次数为: $(19.75 - 0.5 \times 1) / 10 = 1.925 \approx 2$, 即两次。

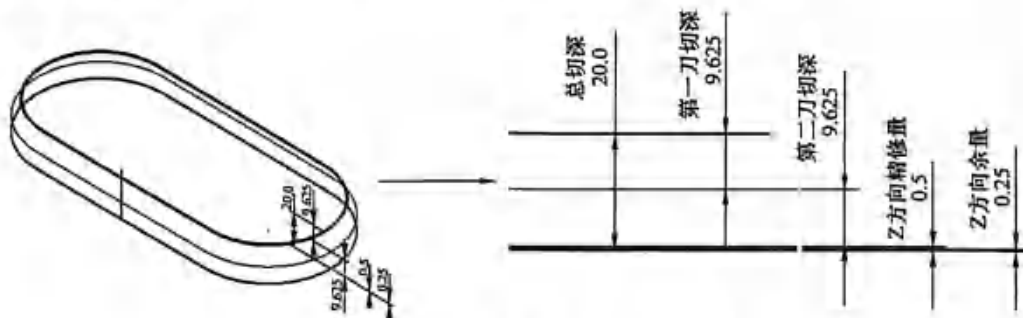


图 5-47 切削深度与次数效果示意

4) 不提刀:指在每一深度层切削完毕后,刀具是否回退到下刀点的位置,一般推荐勾选,以免去刀具回退的过程,提高效率。

5) 使用副程式:用于设置在进后处理操作时是否生成子程序,生成子程序的 G 代码可设置为绝对方式或相对方式。

6) 深度分层切削的顺序:适用于当加工的外形有两个或两个以上时,用于设置刀具深度切削的顺序。

① 当设置为【依照轮廓】时,则刀具先在一个外形边界铣削到设定的切削深度后才进



Mastercam X5 边学边练基础教程

行下一个外形边界的切削。由于这种方法抬刀比较少，比较常用。如图 5-48a 所示，刀具在加工整圆外形到指定的深度后，再抬刀至“跑道形”外形，加工到指定的深度。

② 当设置为【依照深度】时，则刀具先将所有的外形边界铣削到设定的深度后才进行下一个深度的铣削，因此抬刀比较多。如图 5-48b 所示，刀具在加工完整圆外形指定的一个深度值后，抬刀至“跑道形”外形，加工到相同的深度，然后再抬刀至整圆处继续循环加工，直至两个外形加工到指定的深度，所以整个加工过程抬刀轨迹多。这种情况有时也适用于薄壁件的加工。

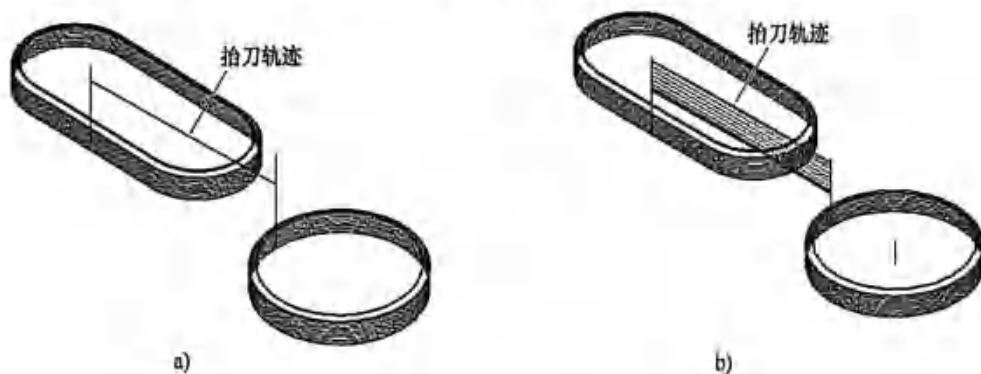


图 5-48 不同“深度分层切削的顺序”效果对比
a) “依照轮廓”选项效果 b) “依照深度”选项效果

7) 锥度斜壁：用于加工具有拔模斜度轮廓的零件，如图 5-49 所示。

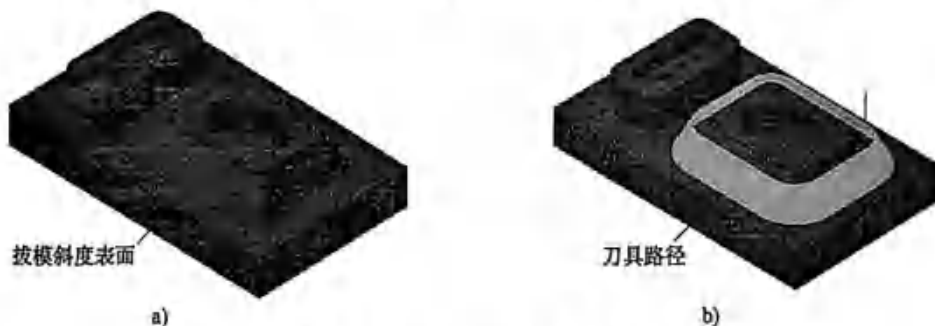


图 5-49 “锥度斜壁”加工示例
a) 零件外形 b) 效果

(6) 进/退刀向量设定

加工时，如果直接在工件的上表面进刀，往往容易发生撞刀或在工件进、退刀的位置因刀具受的切削力突然变大而导致产生刀痕，破坏零件的表面质量。因此一般要求加工时在刀具路径的起点与终点位置采用一段直线或圆弧平滑过渡的刀具路径轨迹。下面将介绍常用的进、退刀设置方法。

直线与圆弧组合进/退刀：实际应用中，常采用直线与圆弧相切连接过渡到外形轮廓的起点作为进刀过渡段和退刀过渡段。

打开【进退/刀参数】选项卡，相关选项如图 5-50 所示。选择【相切】选项，设置【长度】为 50%（该百分比表示刀具路径的百分比，如这里 50% 表示长度为 $10\text{mm} \times 50\% = 5.0\text{mm}$ ），【圆弧】/【半径】为 50%，【扫描（角度）】为 90.0° ，单击按钮 ，即将进退刀参数设为一致。



图 5-50 进退刀参数选项卡

生成的进退刀具路径效果如图 5-51 所示。

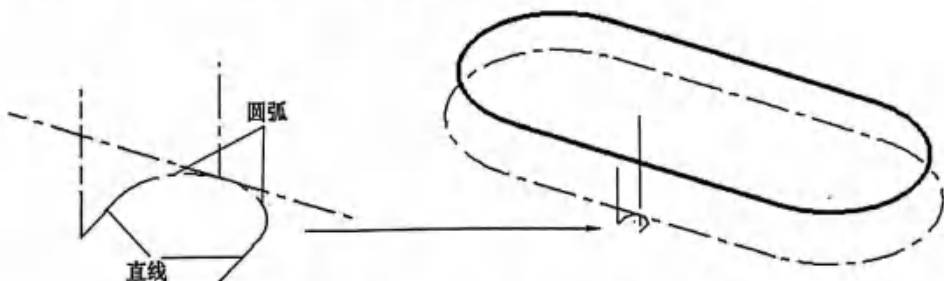


图 5-51 直线与圆弧组合进退刀效果



技术指导:

设置直线与圆弧过渡时,需考虑进刀位置的空间大小,如果进刀位置所处的空间比较窄,应将长度尽量减小或只采用圆弧过渡的方式。一般情况下不宜设置得太大,否则将增加走刀的时间,影响加工效率。

刀具在进退刀过渡段的速度为【进给速率】的速率,而不是快速走刀,有时也会利用这个特点起到扩大切削范围的效果。如图 5-52a 所示,需通过图中的直线加工一凹槽,显然这条直线的长度并没有与凹槽等长或超过凹槽的长度。这时可通过只增加直线相切过渡的方式设置进退刀,达到扩大加工范围的效果(相当于延长外形直线),刀路效果如图 5-52b 所示。

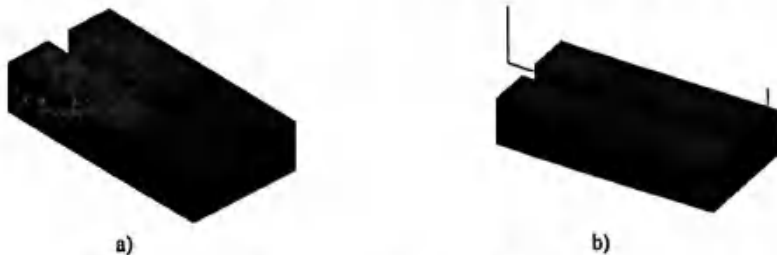


图 5-52 扩大加工范围
a) 加工凹槽 b) 刀路延长效果

(7) 贯穿设置

贯穿设置用于设置刀具完全穿透工件后的伸出量, 以达到清除余量或切断工件的效果。

打开【贯穿】选项卡, 参数面板如图 5-53 所示。选择【贯穿参数】选项, 通过设置【贯穿距离】即可设置伸出量。

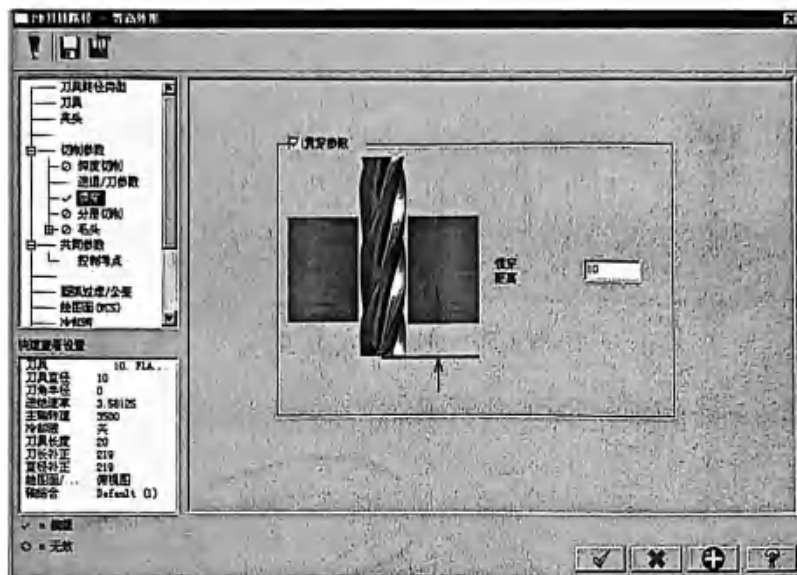


图 5-53 贯穿参数设置

(8) XY 方向分层切削

XY 方向分层切削是指在 XY 轴方向将刀具路径进行分层加工, 主要用于工件外形材料较多, 刀具无法一次将余量清除的情况。

本例不进行分层切削参数设置。



技术指导:

下面将结合新的例子介绍分层切削的具体用法。打开随书光盘: 素材\模块五 二维加工\任务2中的“XY 分层切削.MCX-5”文件, 如图 5-54a 所示。图 5-54b 所示为没有进行【分层切削】设置模拟加工的效果, 显然需增加切削才能将余量清除。

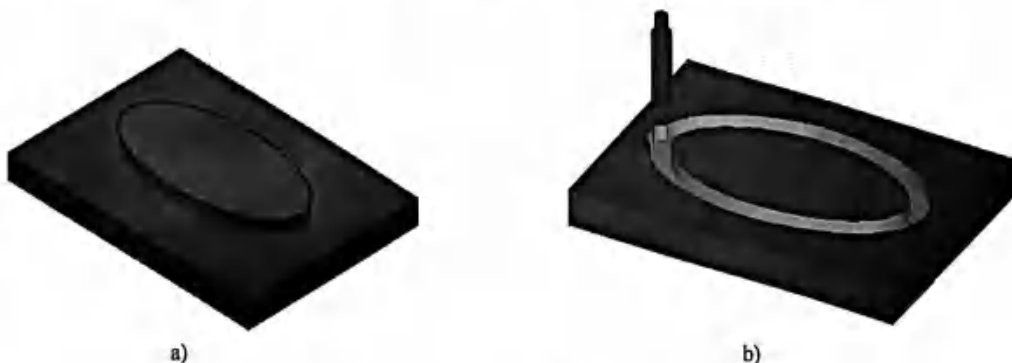


图 5-54 XY 方向分层切削

a) XY 分层切削.MCX-5 b) 没有分层设置效果

在【操作管理器】/【刀具路径】选项卡单击【参数】选项，在系统弹出的【2D 刀具路径-等高外形】对话框上单击【分层切削】选项，参数设置如图 5-55 所示。

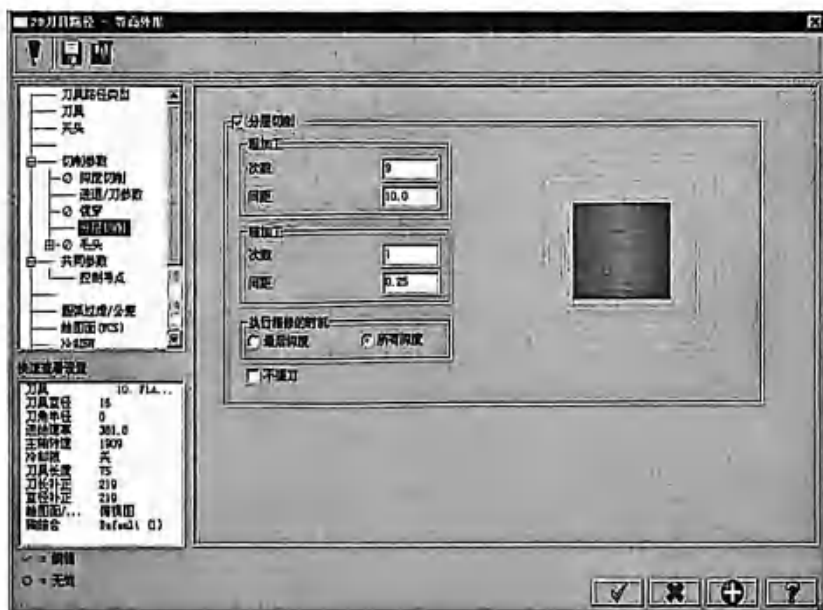


图 5-55 XY 方向分层切削选项卡

结合图 5-55，各选项介绍如下。

1) 【粗加工】选项：用于设置粗加工时外形轮廓加工的次数与间距。其中，【次数】选项用于设置沿外形轮廓加工的次数，相当于外形轮廓偏移的次数。【间距】选项用于设置偏移距离，由刀具直径决定，粗加工时为提高效率，该值一般为刀具直径的 60% ~ 80%。

2) 【精加工】选项：用于设置精加工时外形轮廓加工的次数与间距。其中，【次数】选项用于设置精加工时沿外形轮廓加工的次数。【间距】选项用于设置精加工外形轮廓偏移的距离。为了获得好的表面质量，该值一般较小，如为 0.2 ~ 0.5mm。

3) 【执行精修的时机】：用于设置在加工至【最后深度】才进行精修加工，还是在【所有深度】都进行精修加工（即每加工完一层深度后接着进行精加工）。

单击 ☒ 按钮，单击 重新计算刀路，生成刀具路径轨迹效果如图 5-56 所示。

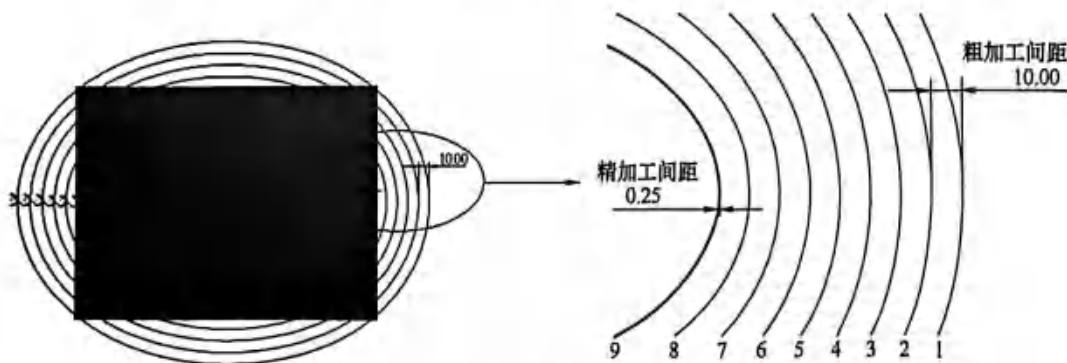


图 5-56 刀具路径轨迹与参数对应图

单击按钮进行实体验证模拟，结果如图 5-57 所示。

(9) 跳跃切削

跳跃切削指加工时可指定刀具跳过某凸台后再进行加工，从而避开某一部位的加工方式，主要用于具有特殊要求的凸台加工等。

打开【毛头】选项卡，勾选【毛头】选项，参数面板如图 5-58 所示，本例不设置。



图 5-57 XY 方向分层后的结果

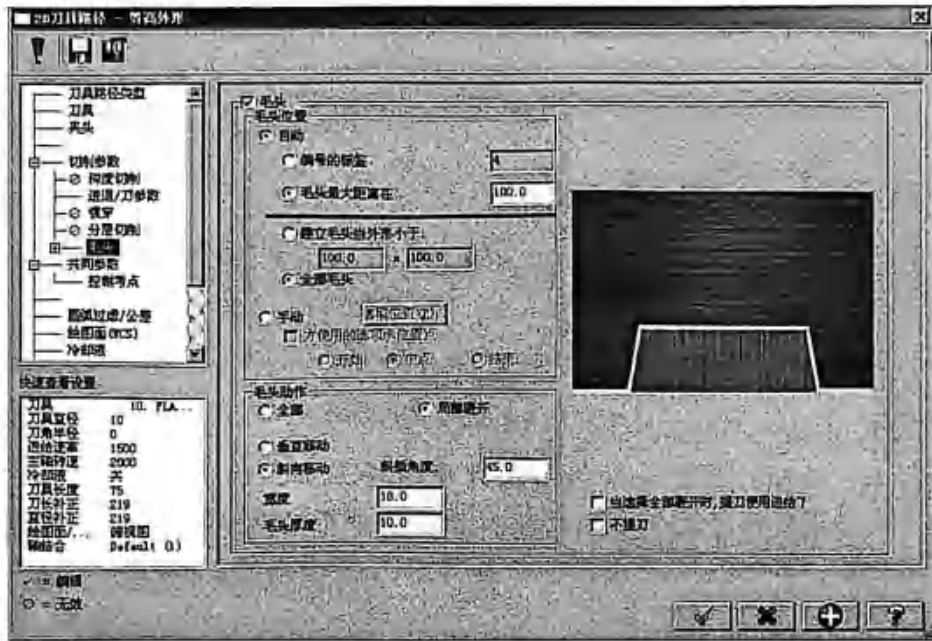


图 5-58 毛头选项卡

(10) 高度设置

在 Mastercam 中所有的铣削加工均需进行高度参数设置。高度参数包括安全高度、参考高度、进给下刀位置、工件表面和加工深度。这些参数的设置可采用绝对座标方式或相对座标方式进行。

打开【共同参数】选项卡，参数设置如图 5-59 所示。

1) 安全高度：刀具在此高度上可以任意移动而不会与工件或夹具发生碰撞。该高度一般不低于工件与夹具的最高点，在实际编程中不宜设得太大，因为刀具经常退回到所设置的高度才进行下一步的切削，比较浪费时间，可以通过勾选【只有在开始及结束的操作才使用安全高度】选项，以减少刀具的回退时间。

2) 参考高度：刀具在 Z 方向切削完后，进行下一深度加工前所回退的高度。该高度一般比安全高度小。

3) 进给下刀位置：刀具在安全高度或回退高度，由 G00 的速度变为【下刀速率】的平面高度。设置这个高度的目的是为了避免刀具直接快速切入工件，该值一般为 1.0 ~ 5.0mm。



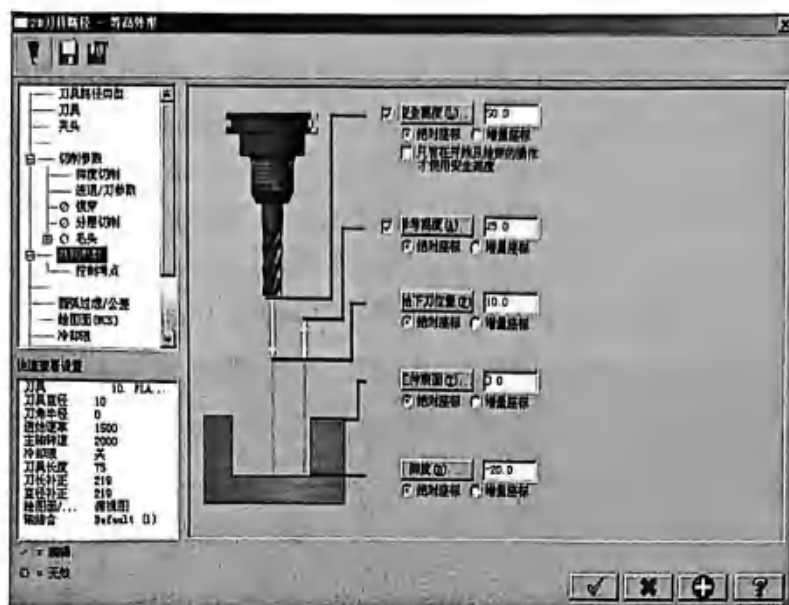


图 5-59 共同参数选项卡

4) 工件表面：加工毛坯顶面在 Z 轴方向的高度。一般情况下取决于所要加工毛坯上表面的高度，即这个高度可以是 Z0.0mm 点的位置，也可以不是 Z0.0mm 点的位置。

5) 深度：指刀具加工的最后深度。



技术指导：

结合图 5-59 所设置的共同参数生成刀具路径轨迹效果如图 5-60 所示。刀具在加工前先在 50.00mm 的安全高度定位，然后以 G00 的速度快速下降到 10.00mm 的进给下刀位置，接着以 800.00mm/min 的速度到第一层（-10.00mm）的加工深度（这里将总的 20.00mm 加工深度分为两层进行加工），以 1500.00mm/min 的速度加工完第一层后，刀具以 G00 的速度回退到 25.00mm 的参考高度，然后以 800.00mm/min 的速度移动到第二层（-20.00mm）的加工深度，接着以 1500.00mm/min 的速度加工完第二层后，刀具以 G00 的速度回退到 50.00mm 的安全高度。

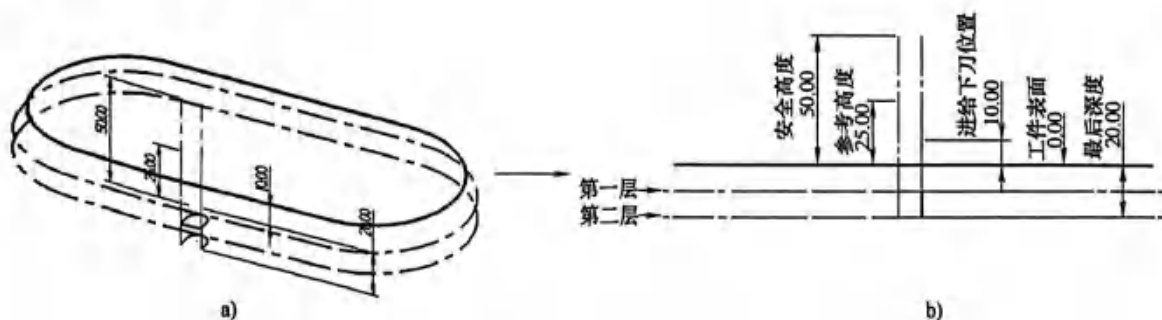


图 5-60 高度设置效果示意图

实际应用中，当需在某一深度上进行精加工时，可将【工件表面】与【深度】设为同一个数值，即相当于在同一个平面上加工，在 Z 方向上没有余量。

【绝对坐标】方式是以当前系统坐标系为参照，以绝对的方式计算。【增量坐标】方式是以当前点为参照，以增量的方式计算，在生成 G 代码时并不生成 G90/G91 指令，因为虽然采用相同数值设置高度，但是不同的计算方式会产生不同的效果。如图 5-61a 所示，最终加工深度为：-20.0mm，加工轮廓所在的深度为 Z-10.0mm。若采用【绝对坐标】方式则深度参数设置如图 5-61b 所示；若采用【增量坐标】方式，则应将【深度】设置为 -10.0mm，如图 5-61c 所示。若【增量坐标】的【深度】设为 -20.0mm，则最终的绝对加工深度为 -30.0mm，所以在设置计算方式时要特别注意其深度是以加工轮廓所在的深度为参考零点进行计算。

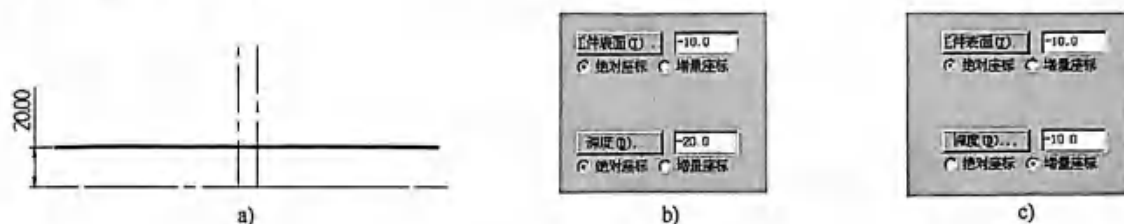


图 5-61 不同方式相同效果示意图

a) 绝对坐标方式 b) 效果 c) 相对坐标方式

(11) 过滤设置

过滤设置是指在进行刀具路径计算时，将共线的点和不必要的刀具路径进行优化，缩短 NCI 文件。

打开【圆弧过滤/公差】选项卡，参数面板如图 5-62 所示。

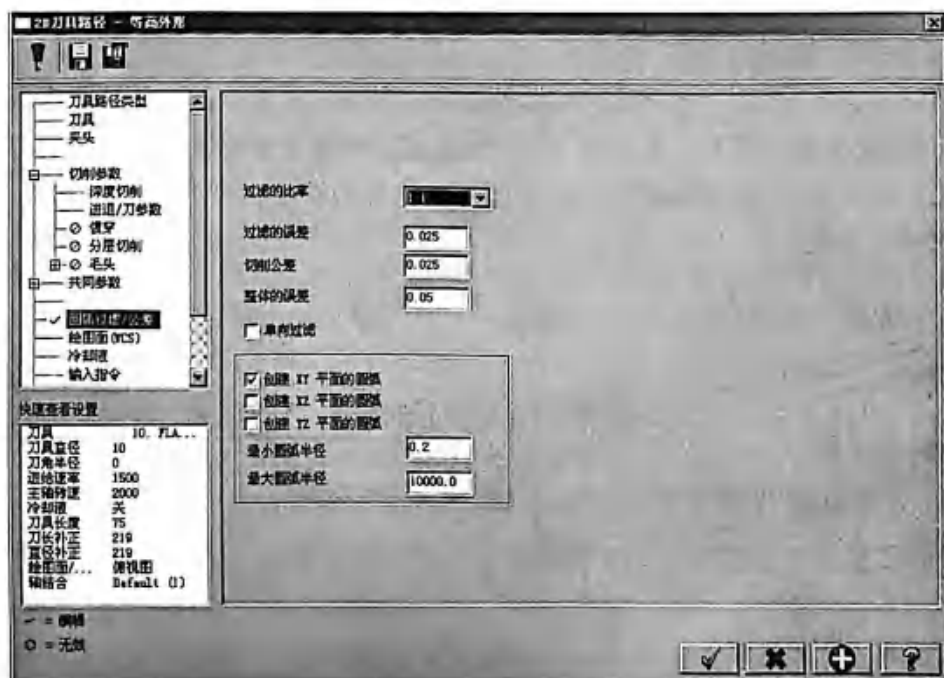


图 5-62 圆弧过滤/公差选项卡

切削公差：当刀具路径中的某点与直线或圆弧的距离小于该值时，系统将自动删除到该点的移动。其中，当刀具路径中的圆弧半径小于【最小圆弧半径】或大于【最大圆弧半径】时，系统将以直线代替圆弧进行移动。

(12) 刀具/构图面

刀具/构图面用于设置刀具加工时所在的平面，该平面与刀具的轴线方向垂直，以限制生成刀具路径所在的平面。

打开【绘图面】选项卡，设置平面如图 5-63 所示。

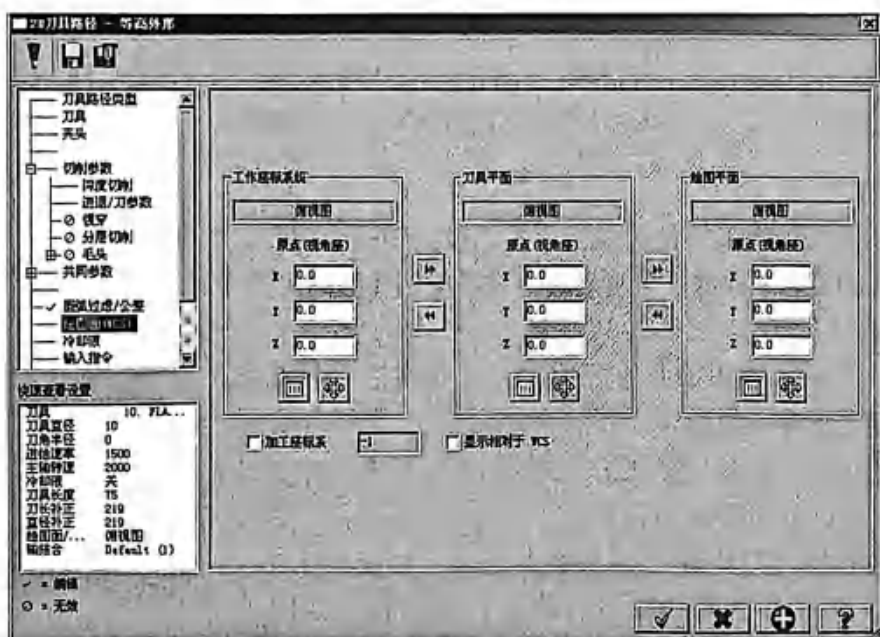
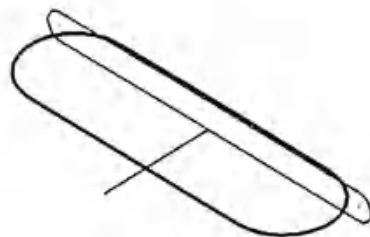


图 5-63 刀具/构图面选项卡

如果绘图平面与刀具平面不重合，如图 5-64a 所示，将不能生成正确的刀具路径，如图 5-64b 所示。



a)

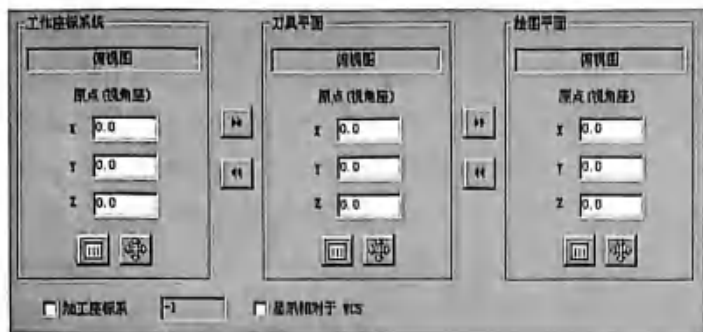


b)

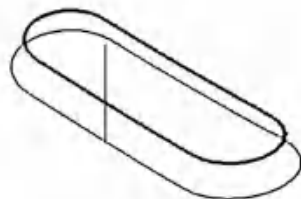
图 5-64 绘图平面与刀具平面不重合
a) 绘图平面与刀具平面不重合 b) 刀具效果

此时只要将绘图平面与刀具平面设置为重合即可，通过单击  按钮将全部视图设为统一或单击【视角选择】按钮  打开【视角选择】对话框进行选择，如图 5-65a 所示。更改后的刀路效果如图 5-65b 所示。





a)



b)

图 5-65 绘图平面与刀具平面重合

a) 绘图平面与刀具平面重合 b) 刀路效果

2. 钻孔加工

钻孔加工是机械加工常见的加工形式，包括钻孔、镗孔、绞孔和攻螺纹等。采用 Mastercam 进行孔加工方便快捷，可自动输出相对应钻孔的固定循环刀路指令。

(1) 选取钻孔点

钻孔时，孔的大小由刀具直径决定，因此在进行钻孔加工时，需先确定孔的中心位置。

打开随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务2中的“钻孔.MCX-5”文件，如图 5-66 所示。

在菜单栏选择【刀具路径】/【钻孔】选项，接受默认的“钻孔”新名称，系统弹出【选取钻孔的点】对话框，如图 5-67 所示。



图 5-66 钻孔.MCX-5

系统默认选取方式为手动方式，单击【顶视图】按钮，分别选择如图 5-68 所示的 6 个圆心点。

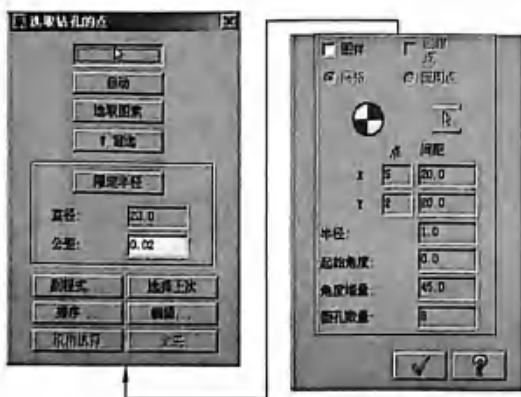


图 5-67 【选取钻孔的点】对话框

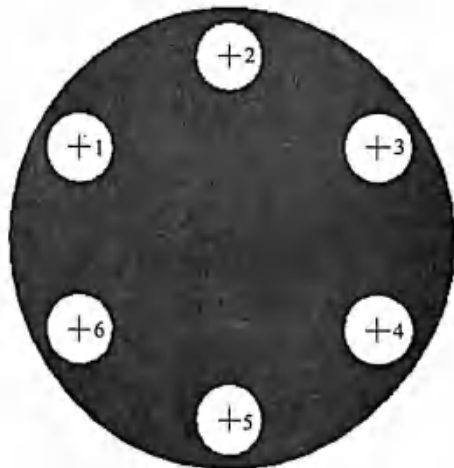


图 5-68 选取钻孔位置点



技术指导：

在采用手动方式选择点时，应特别注意避免选错或漏选位置点，一般情况下，在选取时将

视角调整为【顶视图】，便于观察。若出现误选，可单击【取消选择】按钮 。

除了可采用手动选取钻孔中心外，系统还支持以下几种方式：

自动选取点：操作方式与采用自动方式创建 SPLINE 曲线一样，先选取第一个点与第二个点，然后再选取最后一个点，系统自动选取已存在的一系列点。如图 5-69 所示，分别选择 P_1 、 P_2 、 P_n 三点即可。

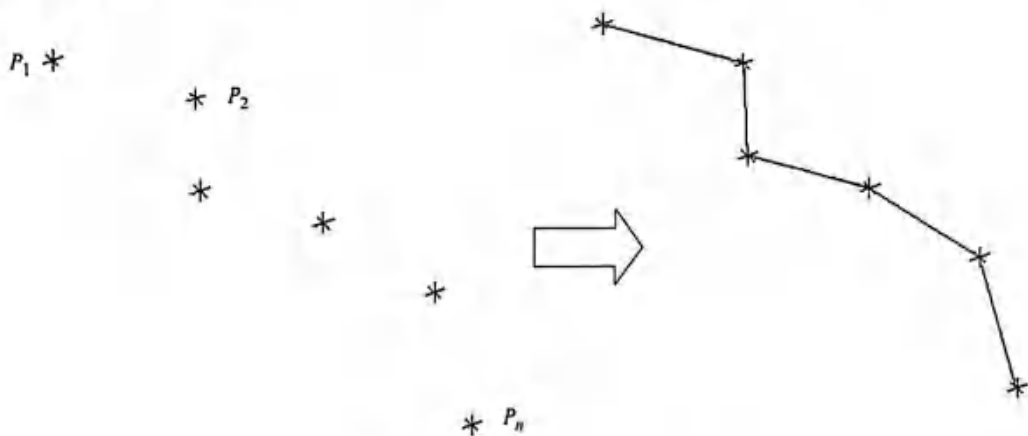


图 5-69 自动方式选取点

选取图素：以所选图素的端点作为钻孔中心。

窗选：通过创建两对角点形成矩形窗口，将窗口内的所有点作为孔中心点。

限定半径：当有大量相同直径的圆或圆弧圆心需要钻孔时，可采用这种选择方式。在绘图区中分别选取相同直径的圆弧后，回车确认即可。

确定了钻孔的位置后，用户还可以对其加工顺序进行排序。单击【排序】按钮 ，系统弹出【切削顺序】对话框，系统分别提供了【2D 排序】、【旋转排序】、【交叉断面排序】3 种方式，如图 5-70 所示。

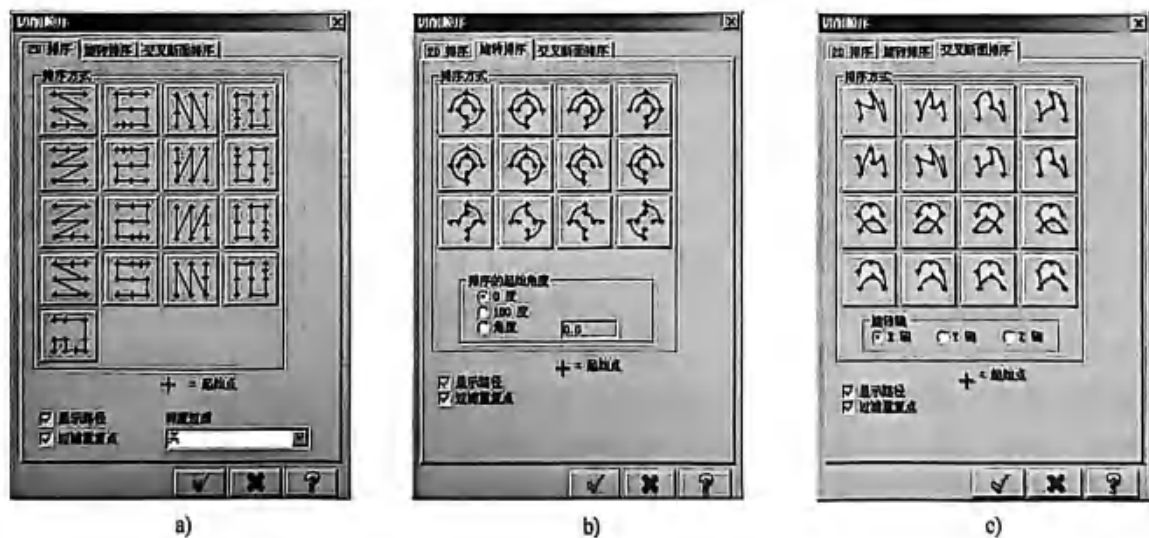


图 5-70 3 种不同排序

a) 2D 排序 b) 旋转排序 c) 交叉断面排序

(3) 钻孔加工方式

在【2D 刀具路径-钻孔/全圆铣削 深孔钻-无啄孔】对话框上单击【切削参数】选项，在【循环】选项的下拉列表中选择【深孔啄钻（G83）】选项，设置【Peck】为“2.0”，如图 5-71 所示。



图 5-71 切削参数选项卡



技术指导:

7种标准钻孔形式的应用意义如下。

1) Drill/Counterbore: 钻孔或镗孔, 常用于孔径比 (孔径比为钻孔深度与刀具直径的比值) 小于3 的钻孔加工。对应的 NC 指令为 G81/G82, 钻头快速从起始高度下降至参考高度, 接着以设定的进给率钻孔, 到孔底后返回, 用户可以设置钻头在孔底停留一定的时间, 以获得好的表面粗糙度。

2) 深孔啄钻: 即啄式钻孔, 常用于孔径比大于 3 的钻孔加工。对应的 NC 指令为 G83, 钻头快速从起始高度下降至参考高度, 以设定的进给率钻孔至第一个啄孔距离 (peck), 然后快速退刀至参考高度以起到排屑作用, 接着快速下刀至前一个啄孔距离, 以设定的进给率钻孔至下一个啄孔距离, 再快速退刀至参考高度, 如此反复不断增加钻孔深度, 直至最终深度。这种钻孔方式排屑能力较好, 刀具运动轨迹如图 5-72 所示。

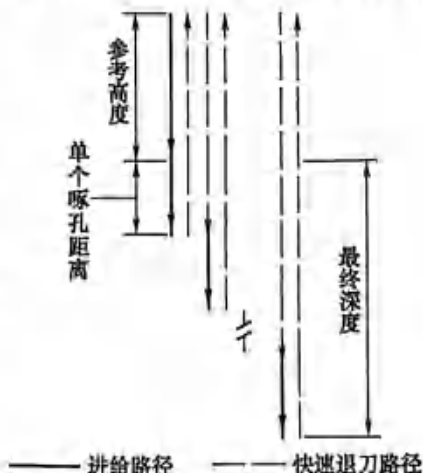


图 5-72 深孔啄钻路径示意图

3) 断屑式:与深孔啄钻方式类似,只是刀具并不回退至参考高度,而是回退一个啄孔距离,常用于孔径比大于3的钻孔加工,对应的NC指令为G73。

4) 攻牙:用于左旋或右旋螺纹加工,左旋与右旋主要取决于所使用的刀具与主轴旋转方向,对应的NC指令为G84。

5) Bore #1:镗孔,加工时以进给速率进给与退刀,可以得到表面较光滑的直孔,对应的NC指令为G85/G89。

6) Bore #2:镗孔,加工时以进给速率进给,当刀具至孔底时停止旋转,然后快速退刀,对应的NC指令为G86。

7) Fine bore (shift):精镗孔,刀具至孔底时主轴停止旋转,刀具旋转一个角度后让刀,然后快速退刀,对应的NC指令为G76。

设置了钻孔形式后还需设置如图5-71所示的参数,不同的钻孔方式将需设置不同的参数,各参数意义如下:

◆ Peck:第一次钻(镗)孔的深度,选用深孔啄钻与断屑式钻孔时有效,即G73、G83指令有效,对应于指令中的Q_值。

◆ 副次切量:以后每次钻(镗)孔深度步进增量。

◆ 安全间隙:每次钻(镗)循环中刀具快进的增量。

◆ 回缩量:每次钻(镗)循环中刀具快退的高度。

◆ 暂留时间:刀具停留在孔底部的时间,单位为ms(毫秒),对应于指令中的P_值。

◆ 提刀偏移量:设定精加工刀具在退刀前让开壁边的一个距离,以防刀具划伤孔壁。只用于镗孔循环,仅对Fine bore (shift)精镗孔方式有效,相对应于指令中的I_J_值。

(4) 设置钻孔参数

与其他刀具路径模组一样,钻孔时需设置相关的高度值,由于各参数意义与前面介绍的相似,这里重点介绍其中的一个高度参数。

参考高度为刀具在钻削点之间的退回高度,也是刀具作切削进给的起始位置,相当于循环指令NC代码中的R_值,在设置时需考虑刀具在移动时不能与工件发生干涉现象。

打开【共同参数】选项卡,设置【参考高度】为“3.0”,【工件表面】为“0.0”,【深度】为“-30.0”,勾选所有【绝对座标】选项,如图5-73所示。

(5) 设置刀尖补正

补正方式用于自动调整钻头在最终钻削深度至钻头斜角部位的长度,一般用于通孔加工,以确保钻头能钻穿工件。

打开【补正方式】选项卡,勾选【补正方式】选项,设置【贯穿距离】为“1.0”,其他参数默认,单击按钮,生成钻孔刀具路径如图5-74所示。

3. 平面铣削

平面铣削是将工件表面铣去一定的深度,以获得好的平面度、平行度与表面质量。常用于工件顶面与台阶面的加工。

(1) 选择加工范围

打开随书光盘:素材\模块五 二维加工\任务2中的“平面铣削.MCX-5”文件,如图5-75所示。



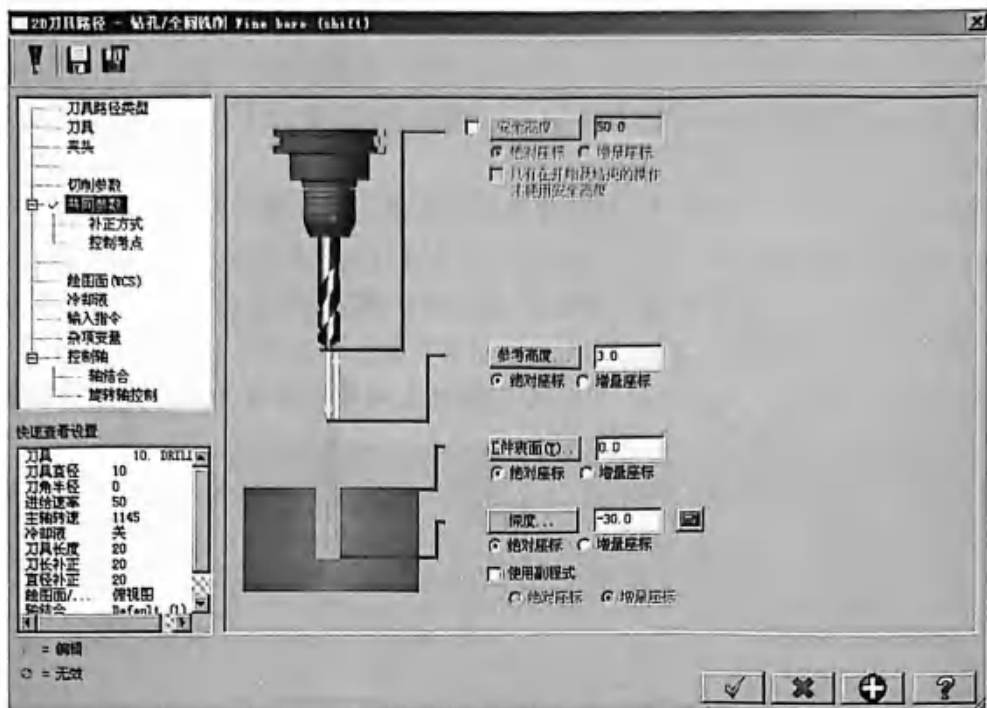


图 5-73 共同参数选项卡



图 5-74 钻孔刀路

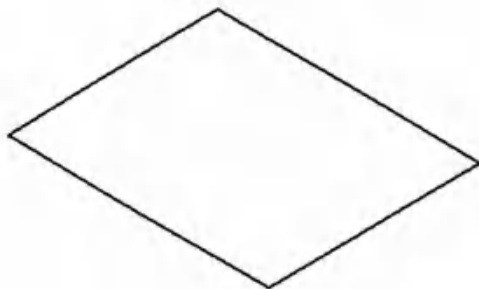


图 5-75 平面铣削 . MCX-5

在菜单栏选择【刀具路径】/【平面铣】选项，接受默认的“平面铣削”新 CN 名称，系统弹出【串连选项】对话框，选择如图 5-75 所示的矩形并确定。

(2) 设置刀具参数

系统弹出【2D 刀具路径-平面加工】对话框，打开【刀具】选项卡，接受默认的刀具参数，其中刀具直径为 16.00mm，其他参数默认。

(3) 设置切削参数

打开【切削参数】选项卡，在【类型】选项的下拉列表中选择【双向】选项，设置【底面预留量】为 0.0mm，【横向超出量】为 10.0mm，【纵向超出量】为 22.0mm，【进刀延伸长度】为 10.0mm，【退刀延伸长度】为 10.0mm，【最大步进量】为 15.0mm，铣削方式为【顺铣】，【粗切角度】为 0.0mm，在【切削之间位移】选项的下拉列表中选择【高速圆】选项，如图 5-76 所示。

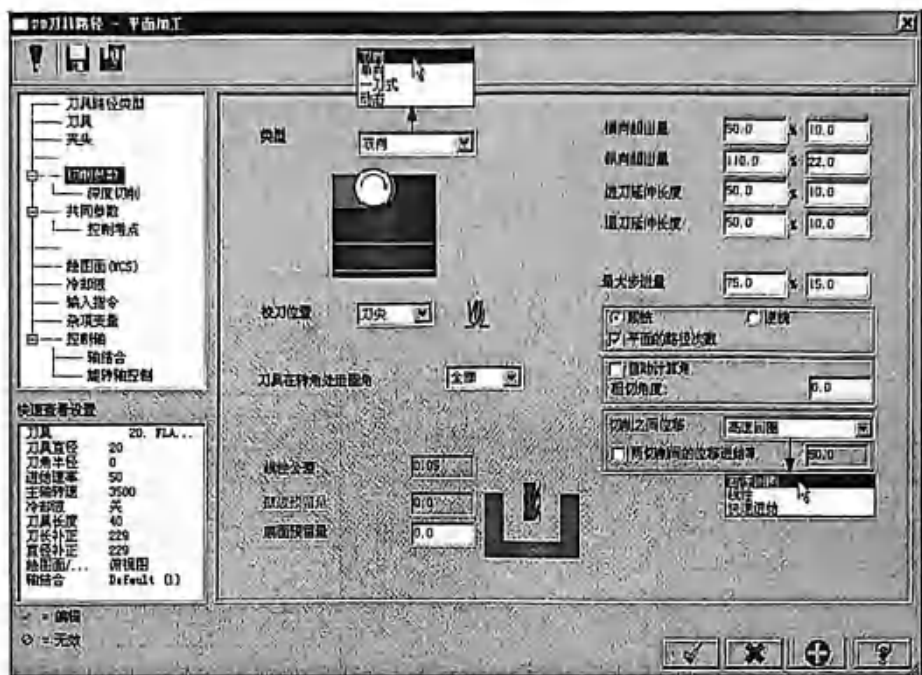


图 5-76 设置切削选项卡



技术指导:

下面将对如图 5-76 所示的各项参数进行详细介绍。

1) 切削类型: 用于设置刀具的进给方式。在【类型】选项的下拉列表中, 系统提供了 4 种方式:

◆ 双向: 刀具来回走刀, 往返切削, 具有较高的切削效率, 故一般都采用此种方式, 刀具的刀路轨迹如图 5-77a 所示。

◆ 单向: 刀具在单方向切削, 切削完一次后提刀, 然后沿着斜角方向至下一个起始位置之前, 接着继续切削。当选择铣削方式为【顺铣】时, 刀具旋转方向与刀具移动方向相反。反之, 若为【逆铣】则方向相同。由于切削方向单一, 可以较好地保证表面加工纹路的一致, 但是比较费时。刀具的刀路轨迹形式如图 5-77b 所示。

◆ 一刀式: 只进行一次加工, 当所使用的刀具直径 (如大直径的面铣刀) 大于工件的宽度时可以采用。

◆ 动态: 刀具将根据所定义的路径进行自由进给, 刀具的刀路轨迹如图 5-77c 所示。

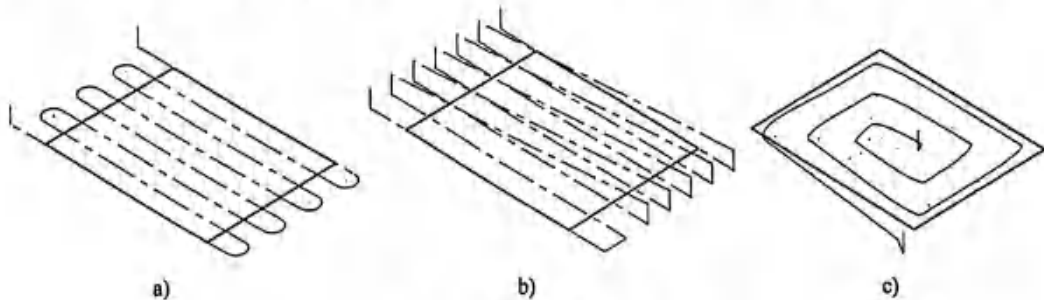


图 5-77 各种刀路轨迹

a) 双向铣削 b) 单一铣削 c) 动态铣削

2) 底面预留量：即平面铣削加工时Z方向的预留量。

3) 刀具超出量：刀具超出量主要用于控制铣削范围，以及设置刀具进退刀的位置。包括【横向超出量】、【纵向超出量】、【进刀延伸长度】和【退刀延伸长度】。结合图 5-78a 设置的参数，生成的刀具路径轨迹如图 5-78b 所示。从图 5-78b 所示可知，该超出量是以刀具的回转体积与边界线为参照进行计算得到的。

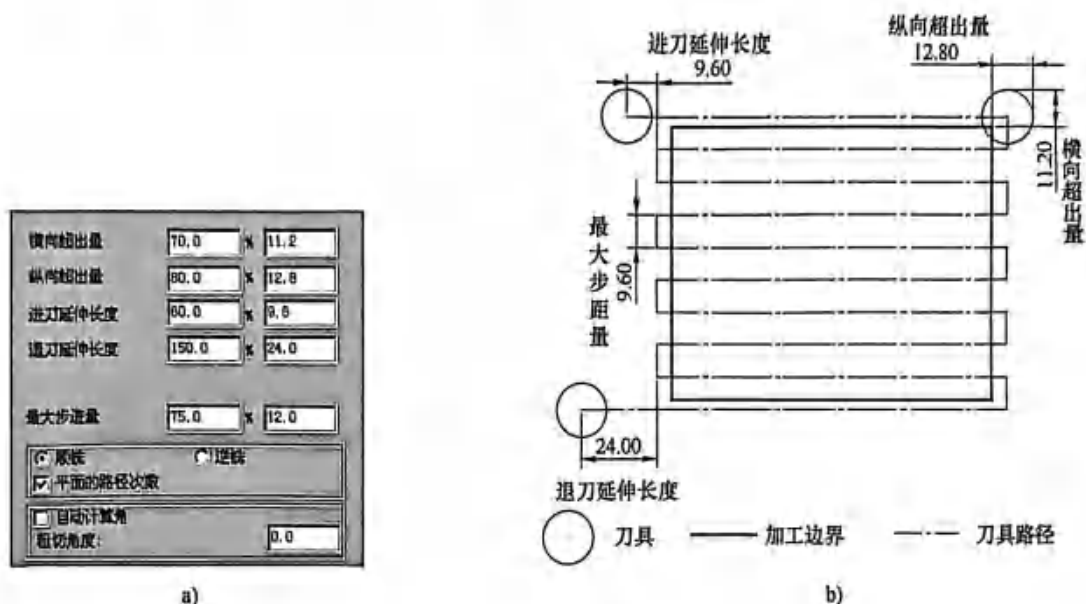


图 5-78 刀具超出量示意图

a) 超出量参数设置 b) 刀路效果示意图

4) 最大步距量：用于设置两相邻刀具轨迹的最大距离（图 5-78b），实际加工中，两条刀具轨迹间的距离一般比该值小。因为系统在计算刀具路径时首先计算铣削的次数，铣削次数为铣削宽度除以最大步进量的值后向上取整，实际刀具路径间距为总铣削宽度除以铣削次数。粗加工时，该值一般可取 65% ~ 80%，以大的步进量提高加工效率，但是精加工时不能太大，一般为 55% 左右。如果太大则容易出现“波浪形”震纹（图 5-79），影响加工质量，特别是对于大直径的面铣刀更应避免。



图 5-79 波浪形震纹

5) 粗切角度：指刀具切削时，前进的方向与 X 轴的夹角，使生成的刀具路径与加工边界平行或具有一定的倾斜角度，分为自动计算与手工输入计算两种方式。勾选【自动计算】选项时，则系统计算出来的角度与所选加工边界最长边平行，如图 5-80a 所示；若不勾选【自动计算】选项，则用户可根据需要在【粗切角度】文本框中输入所定义的角度，如图 5-80b 所示。

6) 切削之间位移：当选择走刀类型为【双向】时可选，用于设置两相邻刀具路径间的

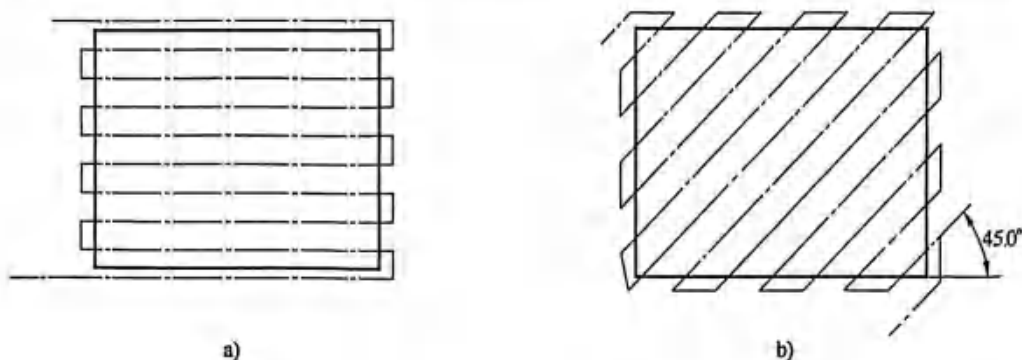


图 5-80 粗切角度示意图

a) 自动计算角度效果 b) 自定义45°效果

过渡方式。

- ◆ 高速回圆：在两相邻刀具路径间采用圆弧过渡，效果如图 5-81a 所示。
- ◆ 线性：在两相邻刀具路径间采用直线过渡，效果如图 5-81b 所示。
- ◆ 快速进给：在两相邻刀具路径间以 G00 的速度快速移动到下一个切削位置，效果如图 5-81c 所示。

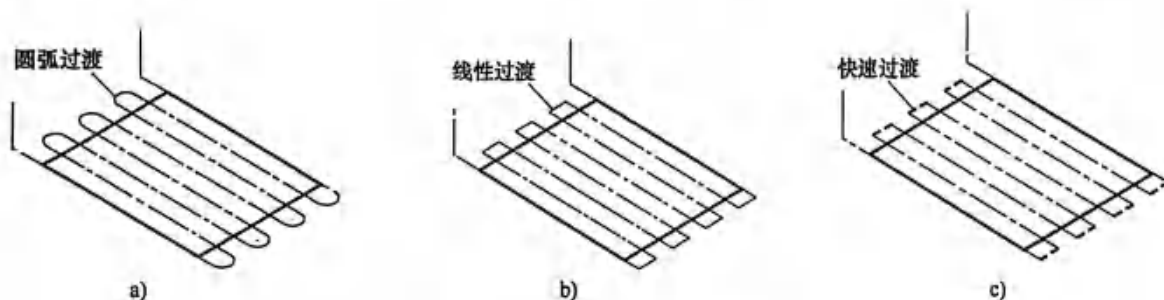


图 5-81 切削之间位移效果

a) 高速回圆 b) 线性 c) 快速进给

(4) 设置分层加工

对于表面不平整的毛坯，首次加工时往往余量比较大，而且一般情况下加工深度较小，如 0.2~0.6mm。分层铣削参数意义与外形轮廓铣削一样，不作介绍。

打开【深度切削】选项卡，勾选【深度切削】选项，设置【最大粗切步进量】为 0.5mm，【精修次数】为 1，【精修量】为 0.25mm，如图 5-82 所示。

(5) 设置高度参数

与其他刀具路径模组一样，平面铣削时需设置相关的高度值，由于各参数意义与前面介绍的相似，因此不作介绍。

打开【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为 10.0mm，【进给下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -2.0mm，勾选所有【绝对座标】选项。

单击 按钮，生成平面铣削刀具路径如图 5-83a 所示，仿真效果如图 5-83b 所示。

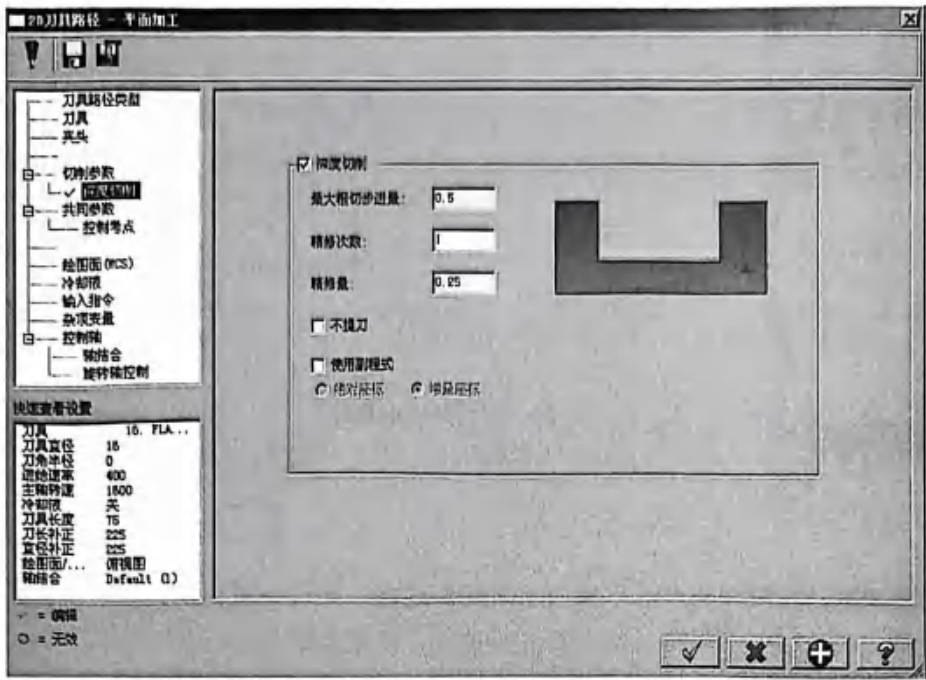


图 5-82 设置分层铣削参数

模块五

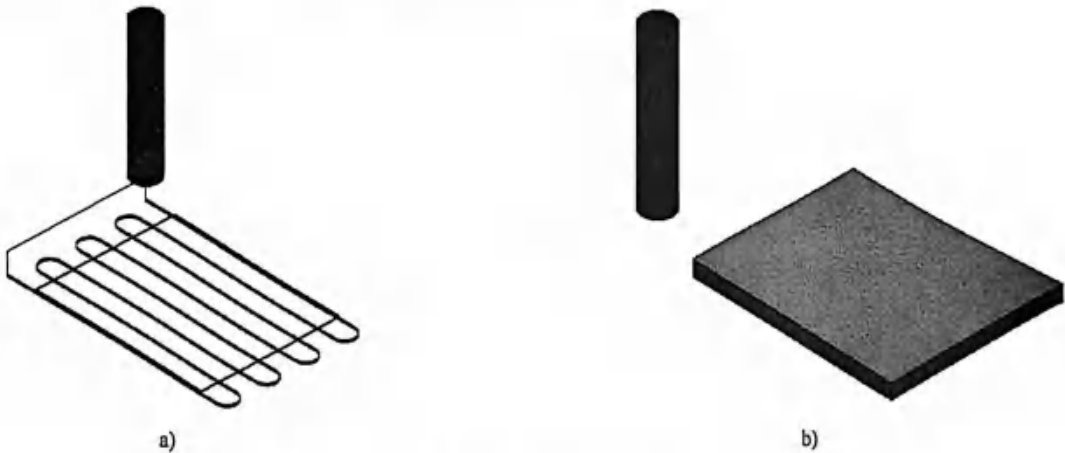


图 5-83 生刀具路径效果

a) 刀具路径效果 b) 仿真效果



任务实施

打开随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务 2 中的“顶块.MCX-5”文件。

以系统坐标系为矩形中心，在【俯视图】构图面绘制 100×80 的矩形，如图 5-84 所示。

在菜单栏选择【机床类型】/【铣床】/【默认】选项。接受系统默认 NC 名称。在菜单栏选择【刀具路径】/【平面铣】选项，系统弹出【串连选项】对话框，选择

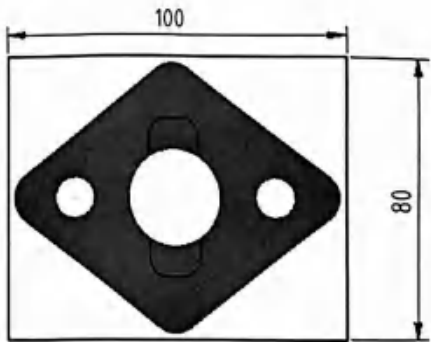


图 5-84 绘制矩形

刚创建的矩形并确定。

系统弹出【2D 刀具路径-平面加工】对话框，单击【刀具】选项，单击【选择库中的刀具】按钮。系统弹出【选择刀具】对话框，勾选【启用刀具过滤】选项，找到【直径】为 50.00mm 的【50 Face Mill】面铣刀，单击按钮，设置【进给速率】为 400.0mm/min，【主轴转速】为 4000.0r/min，【下刀速率】为 500.0mm/min，勾选【快速提刀】选项，其他参数默认。

打开【切削参数】选项卡，在【类型】选项的下拉列表中选择【双向】选项，设置【底面预留量】为 0.0mm，【横向超出量】为 25.0mm，【纵向超出量】为 30.0mm，【进刀延伸长度】与【退刀延伸长度】都为 25.0mm，【最大步进量】为 25.0mm，铣削方式为【顺铣】，【粗切角度】为 0.0mm，在【切削之间位移】选项的下拉列表中选择【高速圆圈】选项。

打开【共同参数】选项卡，设置【安全高度】为 100.0mm，【参考高度】为 10.0mm，【进给下刀位置】为 5.0mm，【工件表面】和【深度】都为 0.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项。

单击按钮，生成刀具路径如图 5-85 所示。

在菜单栏选择【刀具路径】/【钻孔】选项，系统弹出【选取钻孔的点】对话框，以选择【圆心点】的方式选择三个通孔圆心，单击按钮。

系统弹出【2D 刀具路径-钻孔/全圆铣削 深孔钻-无啄孔】对话框，单击【刀具】选项，选择【3. DRILL】钻头。设置【进给率】为 100.0mm/min 【主轴转速】为 900.0r/min。

打开【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为 10.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -3.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项。

单击按钮，生成刀具路径如图 5-86 所示。

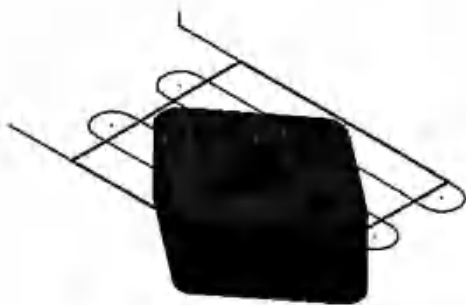


图 5-85 生成面铣削刀路



图 5-86 钻中心孔刀路



技术指导：

在钻孔前钻中心孔是为了方便后续钻孔时定位，以防钻头打滑偏移，导致不能准确定位。

在菜单栏选择【刀具路径】/【钻孔】选项，系统弹出【选取钻孔的点】对话框，以选择【圆心点】的方式选择三个通孔圆心，单击按钮。



系统弹出【2D 刀具路径-钻孔/全圆铣削 深孔钻-无啄孔】对话框，单击【刀具】选项，选择【12. DRILL】钻头。设置【进给率】为100.0mm/min，【主轴转速】为1000.0r/min。

单击【切削参数】选项，在【循环】选项的下拉列表中选择【深孔啄钻（G83）】选项，设置【Peck】为3.0mm。

单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为5.0mm，【工件表面】为0.0mm，【深度】为-33.0mm，勾选所有【绝对座标】选项。

单击按钮，生成刀具路径如图5-87所示。



图 5-87 钻孔刀路



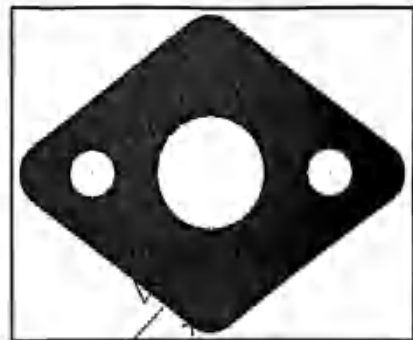
技术指导：

当孔的表面质量要求较高时，可以先采用直径为10.0mm的钻头进行通孔加工，然后采用轮廓铣削进行扩孔加工，可取得较好的加工效果。

在菜单栏选择【刀具路径】/【外形铣削】选项，选择工件最大外轮廓并确定，注意箭头方向，如图5-88所示。

系统弹出【2D 刀具路径-等高外形】对话框，打开【刀具】选项卡，选择“16. FLAT ENDMILL”的平底刀，设置【进给速率】为600.0mm/min，【下刀速率】为1000.0mm/min，【主轴转速】为1600.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

打开【切削参数】选项卡，设置【补正方向】为【左补偿】，【外形铣削类型】为【2D】，【壁边预留量】和【底面预留量】都为0.0mm，其他参数默认。



箭头方向

图 5-88 选择加工轮廓



技术指导：

基于篇幅关系这里不设置加工余量，直接进行精加工，用户可以根据需要对加工余量进行设置，以取得好的加工质量。

打开【深度切削】选项卡，勾选【深度切削】选项，勾选【深度切削】选项，设置【最大粗切步进量】为1.0mm，勾选【不提刀】选项，其他参数默认。

打开【进退/刀参数】选项卡，选择【相切】选项，设置【长度】为0%，【圆弧】/【半径】为50%，【扫描（角度）】为45.0°，单击按钮，即将进退刀参数设为一致。

打开【分层切削】选项卡，勾选【分层切削】选项，设置【粗加工】/【次数】为3，【间距】为8.0mm，【精加工】/【次数】为1，【间距】为0.25mm，勾选【不提刀】选项。

单击【共同参数】选项，设置【参考高度】为5.0mm，【进给下刀位置】为2.0mm，【工件表面】为0.0mm，【深度】为-31.0mm，勾选所有【绝对座标】选项。

单击按钮，生成刀具路径如图5-89所示。

在菜单栏选择【刀具路径】/【外形铣削】选项，选择最大中心圆并确定，注意箭头方向，如图5-90所示。



图 5-89 外形轮廓刀路

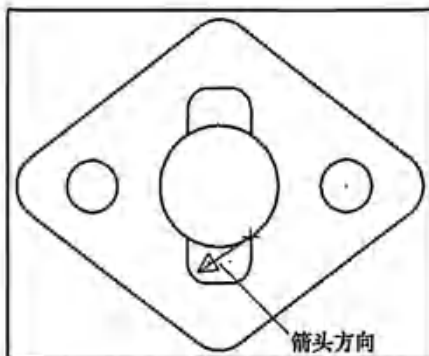


图 5-90 选择最大圆轮廓

系统弹出【2D 刀具路径-等高外形】对话框，打开【刀具】选项卡，选择“16. FLAT ENDMILL”的平底刀，设置【进给速率】为 500.0mm/min，【下刀速率】为 100.0mm/min，【主轴转速】为 2000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

打开【切削参数】选项卡，设置【补偿方向】为【右补偿】，【外形铣削类型】为【2D】，【壁边预留量】和【底面预留量】都为 0.0mm，其他参数默认。

打开【深度切削】选项卡，不勾选【深度切削】选项。

打开【进退/刀参数】选项卡，选择【相切】选项，设置【长度】为 0%，【圆弧】/【半径】为 2%，【扫描（角度）】为 30.0°，单击按钮，即将进退刀参数设为一致。

打开【分层切削】选项卡，勾选【分层切削】选项，设置【粗加工】/【次数】为 3，【间距】为 1.0mm，【精加工】/【次数】为 1，【间距】为 0.25mm，勾选【不提刀】选项。

打开【共同参数】选项卡，设置【参考高度】为 5.0mm，【进给下刀位置】为 2.0mm，【工件表面】为 0.0mm，【深度】为 -31.0mm，勾选所有【绝对坐标】选项。

单击按钮，生成刀具路径如图 5-91 所示。

按下 Alt + Z，显示第 4 图层。

在菜单栏选择【刀具路径】/【外形铣削】选项，选择凹槽轮廓并确定，注意箭头方向，如图 5-92 所示。

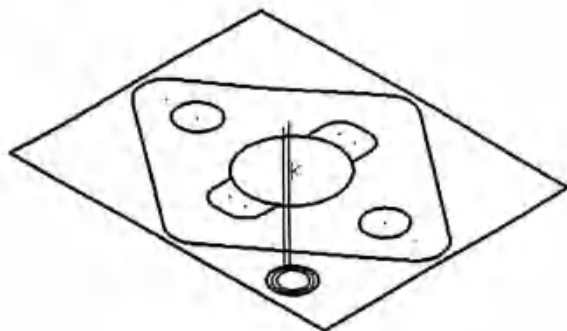


图 5-91 生成扩孔刀路

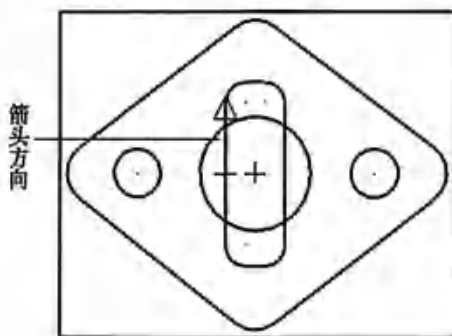


图 5-92 选择凹槽轮廓

系统弹出【2D 刀具路径-等高外形】对话框，打开【刀具】选项卡，选择“8. FLAT ENDMILL”的平底刀，设置【进给速率】为 1200.0mm/min，【下刀速率】为 600.0mm/min，【主轴转速】为 3000.0r/min，勾选【快速提刀】选项。

打开【切削参数】选项卡, 设置【补正方向】为【右补偿】, 加工余量为 0.0mm, 其余参数默认。

打开【进/退刀参数】选项卡, 选择【相切】选项, 设置【长度】为 0.0%, 【圆弧】/【半径】为 2.0mm, 【扫描(角度)】为 30.0°, 单击按钮 , 即将进退刀参数设为一致。

打开【分层切削】选项卡, 勾选【分层切削】选项, 设置【粗加工】/【次数】为 5, 【间距】为 0.5mm, 【精加工】/【次数】为 1, 【间距】为 0.25mm, 勾选【不提刀】选项。

打开【共同参数】选项卡, 设置【参考高度】为 5.0mm, 【工件表面】为 0.0mm, 【深度】为 -5.0mm, 勾选所有【绝对座标】选项。

单击  按钮, 生成刀具路径如图 5-93 所示。

单击【选择所有的操作】按钮 , 单击【验证已选择的操作】按钮 , 单击【播放】按钮 , 结果如图 5-94 所示。至此顶块刀具路径编制完成。

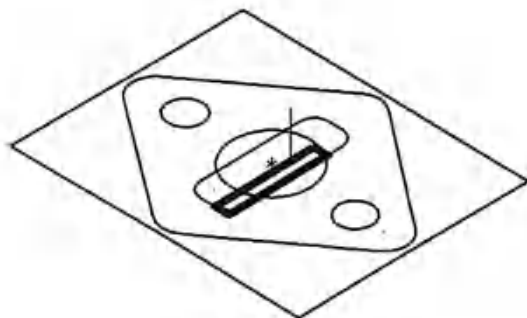


图 5-93 凹槽轮廓刀路



图 5-94 仿真效果



技术指导：

对于只具有二维特征的零件, 进行编程加工时可不绘制其立体图, 直接采用相关的线框进行编程加工即可。



任务总结

本任务的难点是对各个刀路参数具体意义的理解, 需特别注意斜降式下刀的使用方法。通过本任务的学习, 读者应掌握外形铣削、钻孔加工与平面铣削刀路的创建方法, 并对其中各个参数的意义有一定的理解。建议初学者对各个参数进行不同设置, 然后结合生成的刀路效果进行对比, 以更加深入理解参数意义, 为将来进一步深入编程打下基础。一般而言, 粗加工的目的是为了取得好的加工效率, 精加工的目的是为了取得好的加工质量。因此, 粗加工的目的是快速去除余量, 可采用大进给率, 大切削量或采用“轻刀快走”方式进行加工, 而精加工则往往是小进给, 高转速。



提高练习

根据随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务2中的“TG5-2.MCX-5”文件，如图5-95所示，对垫座零件进行编程加工。



图 5-95 TG5-2

任务3 铝腔体加工



任务目标

- 学会对图素的参数进行分析。
- 掌握挖槽加工与全圆铣削加工的创建方法。
- 学会根据刀具类型和规格建立刀具路径群组，以方便管理。



任务导入

根据随书光盘：素材\模块五 二维加工\任务3中的“铝腔体.MCX-5”文件，如图5-96所示，对铝腔体零件进行编程加工。



任务分析

该铝腔体外形为 $150.0\text{mm} \times 105.0\text{mm} \times 300.0\text{mm}$ 的长方体，中间部分由半封闭与全封闭的凹槽组成，中心有厚度为 5.0mm 的直壁，四角均布直径为 5.0mm 的通孔。结合零件特点，加工时可先加工外形和顶面，接着进行凹槽加工，最后进行文字雕刻与钻孔加工。



图 5-96 铝腔体



知识准备

1. 对象分析

Mastercam 系统提供了图素属性分析、两点距离分析、串连分析、角度分析、动态分析

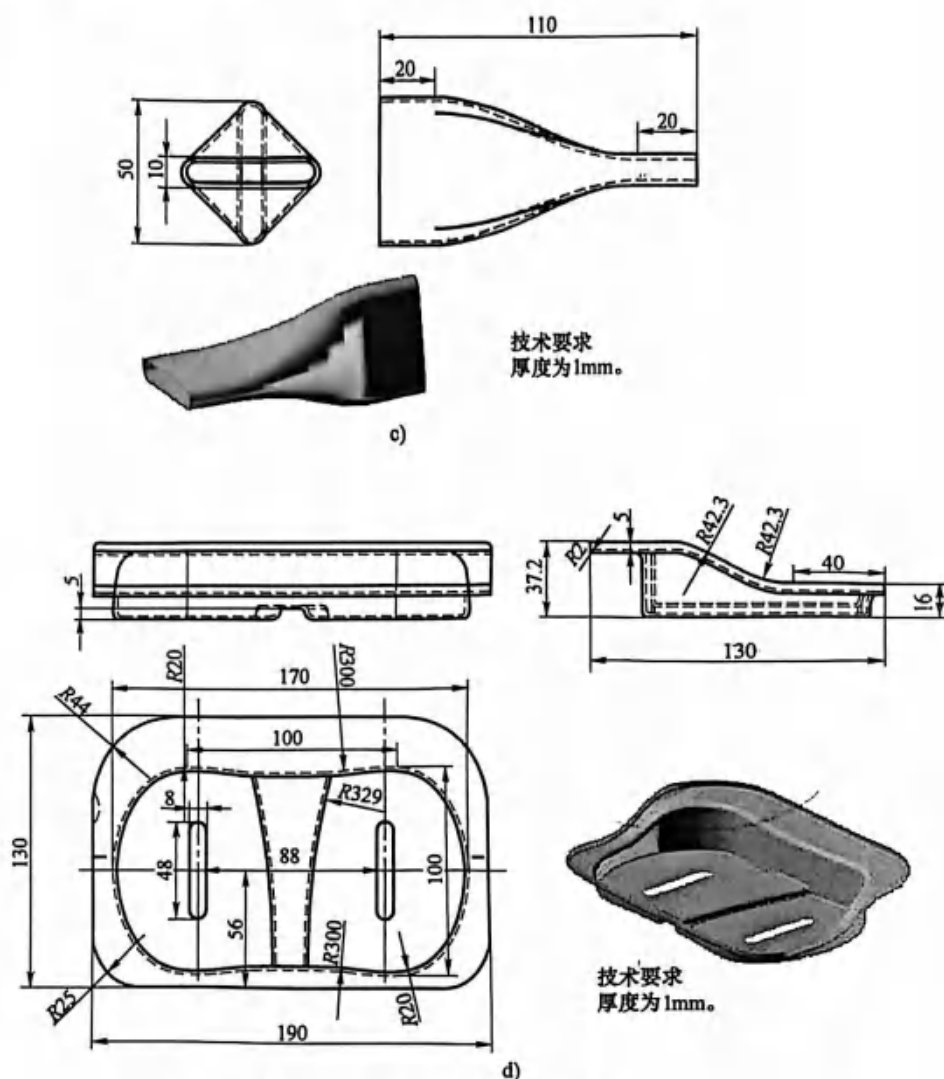


图 4-53c、d 提高练习图 (续)

任务三 创建盘形曲面



【任务目标】

1. 掌握相交曲线、投影曲线、组合投影和偏置曲线的创建方法。
2. 掌握直纹面、艺术曲面、N 边曲面和有界平面的创建方法。
3. 掌握曲面桥接和面倒圆的操作方法。



【任务引入】

创建如图 4-54 所示的盘形曲面。



【任务分析】

该产品外形如盘子，中心曲面为椭圆形并呈向上凸起的形状，边缘曲面为倒 V 形状，

赠视频教程

AD/CAM技术系列案例教程
职业教育教学改革规划教材

Pro/ENGINEER Wildfire5.0

边学边练基础教程

杨志义 陈丽华 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前 言

在现代化制造业中,计算机辅助设计与制造技术得到了广泛的应用,Pro/E 作为 CAD/CAM 系列软件的典型代表,广泛应用于制造业,如航空航天、机械、汽车、电子、模具设计及家用电器行业中。

目前关于 Pro/E 的书籍种类繁多,写法也各式各样,为进一步深化课程教学改革,现结合编者多年来对该软件的学习心得与教学经验,采用了任务驱动教学法的模式编写了本书,目的是为了提高读者的学习兴趣和降低学习的难度。本书中所设计的任务都经过精心设计,巧妙地将所要学习的内容有机地结合成一体,以任务为主线,同时在任务中简明扼要地讲解相关命令的功能意义并适时地加入技术指导,避免了冗长的文字说明,以突出技能操作为特色,将相关学习的内容进一步扩充。读者在学习操作的过程中间接地理解相关命令的功能,然后再进行任务实施,使所学知识得到及时应用,是一个“练—学—练”的循环过程,因此这是一本实践型的书,有利于让读者建立一种“软件只是一种工具”的思想,打破传统思想对软件的“神秘感”。本书中各个任务所用到的相关素材和整个学习操作过程都配有视频教程文件,从而大大降低了学习的难度,提高了可操作性。对于书中所介绍的例子,若没有特殊说明则继续采用与上一步相同的素材进行下一步的学习操作。

本书共分为七个模块,各模块的主要内容如下:

模块一介绍 Pro/E 的基本知识,熟悉其工作环境,掌握基本操作过程。

模块二介绍如何在草绘环境中进行草图绘制,包括几何图元的创建和编辑方法,以及尺寸标注和添加约束等。

模块三介绍基础特征的创建,包括拉伸、旋转和扫描三种常用特征的应用,以及工程特征的创建,包括倒圆角、倒角、拔模、抽壳、添加加强筋的创建,同时还介绍了对特征进行编辑的方法,包括复制、阵列等。

模块四介绍高级特征的创建,包括螺旋扫描、混合扫描、参数控制造型,以及边界混合曲面等。同时还介绍了进行质量分析的方法。

模块五介绍如何进行零件装配,以及对装配进行编辑的方法。

模块六介绍工程图的创建方法,包括各种视图、尺寸及公差标注、注释、表格和 BOM 表的创建方法等。

模块七介绍模具设计的方法,包括创建模型、设置收缩率、创建工作件、浇注与冷却系统和分型面的创建等。

限于编者的水平,本书难免有不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

模块一 初识 Pro/E	1
任务 创建垫片	2
任务目标	2
任务导入	2
任务分析	2
知识准备	2
1. Pro/E 软件简介	2
2. 工作界面构成	3
3. 工作环境设置	4
4. 插入外部数据	8
5. 保存图形	10
任务实施	12
任务总结	15
提高练习	16
模块二 草图绘制	17
任务 1 草绘平面图	18
任务目标	18
任务导入	18
任务分析	18
知识准备	18
1. 启用草绘模式	18
2. 草绘界面	19
3. 图元绘制	19
任务实施	23
任务总结	25
提高练习	26
任务 2 绘制支座平面图	26
任务目标	26
任务导入	26
任务分析	26
知识准备	26
1. 圆弧绘制	26
2. 尺寸标注	28
3. 尺寸编辑	32
任务实施	34
任务总结	37

提高练习	37
任务 3 绘制垫片平面图	37
任务目标	37
任务导入	38
任务分析	38
知识准备	38
1. 几何约束	38
2. 修剪图元	41
3. 其他编辑方法	42
任务实施	45
任务总结	49
提高练习	49
模块三 基础建模	51
任务 1 设计手柄	52
任务目标	52
任务导入	52
任务分析	52
知识准备	52
1. 拉伸特征	52
2. 旋转特征	55
3. 倒圆角	57
任务实施	62
1. 创建手柄主体	62
2. 添加材料	63
3. 去除材料	64
4. 倒圆角	65
任务总结	65
提高练习	65
任务 2 设计烟嘴	66
任务目标	66
任务导入	66
任务分析	66
知识准备	66
1. 样条曲线绘制	66
2. 扫描特征	67
3. 扫描混合特征	70
任务实施	73



1. 创建外形主体	73	任务总结	118
2. 创建小烟孔	75	提高练习	119
3. 创建烟孔	76	模块四 高级建模	121
任务总结	77	任务1 设计六角螺栓	122
提高练习	77	任务目标	122
任务3 设计盒子	78	任务导入	122
任务目标	78	任务分析	122
任务导入	78	知识准备	122
任务分析	79	1. 螺旋扫描特征	122
知识准备	79	2. 混合特征	125
1. 基准平面	79	3. 倒角	133
2. 壳特征	81	4. 使用边、偏移和加厚的绘制	137
3. 筋特征	83	任务实施	140
4. 拔模特征	85	1. 创建六棱柱	140
5. 孔特征	88	2. 旋转去除材料	141
6. 镜像	92	3. 平行混合特征	141
7. 复制特征	94	4. 创建螺纹	143
任务实施	97	5. 插入模式	144
1. 创建盒子主体	97	6. 倒角	145
2. 抽壳特征去材料	97	7. 螺纹收尾处理	146
3. 创建基准平面	97	任务总结	151
4. 创建柱子	98	提高练习	151
5. 创建加强筋特征	98	任务2 设计螺钉旋具	151
6. 创建标准孔特征	99	任务目标	151
任务总结	100	任务导入	151
提高练习	100	任务分析	151
任务4 设计架子	101	知识准备	152
任务目标	101	1. 轨迹线控制剖面	152
任务导入	101	2. 轨迹参数 (trajpar) 控制剖面	155
任务分析	101	3. 2D 图形 (datum graph) 控制剖面	156
知识准备	101	任务实施	159
1. 阵列特征	101	1. 创建轨迹线	159
2. 创建基准点	109	2. 创建手柄	160
3. 创建组	113	3. 创建工作部位	161
任务实施	114	4. 创建图层	162
1. 创建两薄板	114	任务总结	163
2. 创建基准曲线	114	提高练习	163
3. 创建基准点 PNT0	115	任务3 设计咖啡壶	163
4. 创建基准平面 DMT1	115	任务目标	163
5. 创建基准点 PNT1	115	任务导入	164
6. 创建基准曲线	117	任务分析	164
7. 扫描创建细杆	117	知识准备	164
8. 阵列细杆	117	1. 边界混合曲面特征	164



2. 曲面合并	168	任务实施	208
3. 曲面延伸	169	任务总结	210
4. 曲面偏移	170	提高练习	210
5. 曲面加厚	173	任务3 分解千斤顶装配体	210
6. 实体化	173	任务目标	210
7. 曲面修剪	174	任务导入	211
8. 基准曲线	175	任务分析	211
9. 相交线	181	知识准备	211
10. 草绘文本	181	1. 分解视图	211
任务实施	182	2. 视图管理	214
1. 创建颈部基准曲线	182	任务实施	215
2. 创建颈部曲面	183	任务总结	217
3. 创建瓶身曲面	183	提高练习	217
4. 创建手柄	183	模块六 创建工程图	219
5. 合并所有曲面	184	任务1 创建连接板工程图	220
6. 添加倒圆角	185	任务目标	220
7. 加厚曲面	185	任务导入	220
8. 创建文字	185	任务分析	220
任务总结	186	知识准备	221
提高练习	186	1. 创建工程图	221
模块五 零件装配	187	2. 创建视图	222
任务1 滚动轴承的装配	188	3. 移动视图	227
任务目标	188	4. 尺寸标注	228
任务导入	188	5. 文件输出	232
任务分析	188	任务实施	234
知识准备	188	1. 新建图纸	234
1. 装配基础 (启动组件模式)	188	2. 创建视图	234
2. 装配约束	190	3. 尺寸标注	237
3. 元件复制	196	4. 打印工程图	239
4. 创建元件	198	任务总结	240
5. 文件管理	200	提高练习	240
任务实施	201	任务2 创建主动轴工程图	241
1. 装配内圈	201	任务目标	241
2. 装配保持架	201	任务导入	241
3. 装配滚动体	203	任务分析	241
4. 创建外圈	204	知识准备	242
任务总结	207	1. 破断视图	242
提高练习	207	2. 详细视图	243
任务2 切割千斤顶装配体	208	3. 剖视图	243
任务目标	208	任务实施	249
任务导入	208	1. 创建破断视图	249
任务分析	208	2. 创建旋转视图	251
知识准备	208	3. 创建详细视图	251

4. 标注尺寸	252	4. 创建球标	283
任务总结	253	任务总结	285
提高练习	253	提高练习	285
任务3 创建调节螺钉工程图	254	模块七 模具设计	287
任务目标	254	任务 三角开关分模设计	288
任务导入	254	任务目标	288
任务分析	254	任务导入	288
知识准备	255	任务分析	288
1. 尺寸公差	255	知识准备	288
2. 几何公差	256	1. 模具装配	288
3. 表面粗糙度	259	2. 创建参照模型	289
4. 添加注释	260	3. 创建模具工件	291
任务实施	261	4. 设置收缩率	292
1. 创建局部剖视图	261	5. 模具组件特征	293
2. 标注尺寸	263	6. 创建分型面	297
3. 创建轴基准	264	7. 分割模具体积块	303
4. 标注几何公差	264	8. 抽取模具体积块	304
5. 标注表面粗糙度	265	9. 铸模	305
6. 添加参照模型	265	10. 开模仿真	305
任务总结	268	任务实施	306
提高练习	268	1. 设置工作目录	306
任务4 创建滑动轴承爆炸图	269	2. 调用参照模型	306
任务目标	269	3. 创建模具工件	308
任务导入	269	4. 设置收缩率	308
任务分析	269	5. 创建浇注系统	309
知识准备	269	6. 遮蔽工件	312
1. 爆炸视图	269	7. 创建分型面	314
2. 表格	270	8. 创建体积块	315
3. BOM 表	273	9. 铸模	316
4. 创建球标	278	10. 开模仿真	316
任务实施	279	任务总结	317
1. 创建模板	279	提高练习	318
2. 新建工程图	281	参考文献	319
3. 设置页面并生成 BOM 报表	282		

一些造型采用基础建模的方法往往无法实现,这时可以采用高级的方法创建,如螺旋扫描、混合扫描、参数控制造型,以及边界混合曲面等。为了提高产品造型的质量,还需进行一些辅助的基准曲线等创建。下面将结合所给任务分别进行介绍,并通过相应的练习题提高读者对各种高级建模命令的理解。

任务1 设计六角螺栓

任务目标

- 掌握螺旋扫描、混合命令的运用。
- 掌握一些编辑方法(如通过模型树重新定义特征参数与插入模式的运用)。
- 掌握另存截面所隐含的技巧。
- 掌握倒角命令的运用。
- 掌握使用作边命令创建草图的方法。
- 掌握螺纹尾部修整的方法。
- 掌握投影曲线的创建。

任务导入

设计如图4-1所示的六角螺栓零件。

任务分析

该六角螺栓主体由一六棱柱与圆柱构成,其中六棱柱上部的圆角曲面由旋转特征去除材料形成,六棱柱与圆柱的过渡是一长度为0.8mm的锥体,螺距为2mm的螺纹由螺纹剪切扫描特征而成。对于螺纹的收尾处要注意进行修整,可以采用混合特征或可变截面扫描特征进行去除材料修整,通过修改螺旋扫描轨迹线而达到相应的目的。



图4-1 六角螺栓

知识准备

1. 螺旋扫描特征

螺旋扫描特征是将一草绘剖面沿着螺旋轨迹线运动而创建的特征,可以创建的特征有实体、曲面与薄板,常用于各种螺纹、弹簧、线圈和冷却管等具有螺旋线特征模型的创建。对于螺旋线的螺距可以是恒定的也可以是变化的。

图4-2所示为可变螺距的压缩弹簧,下面将介绍螺旋扫描的创建过程。

1) 定义属性。在主菜单栏下选择【插入】/【螺旋扫描】/【伸出项】命令,如图4-3所示。

系统弹出【伸出项:螺旋扫描】对话框和【属

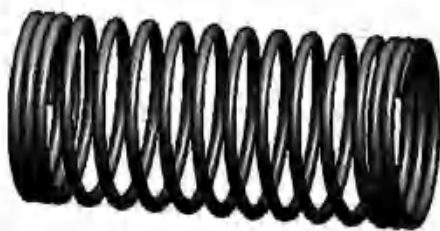


图4-2 压缩弹簧

性】菜单管理器，选择【可变的】/【穿过轴】/【右手定则】/【完成】选项，如图4-4所示。



图4-3 选择【螺旋扫描】命令

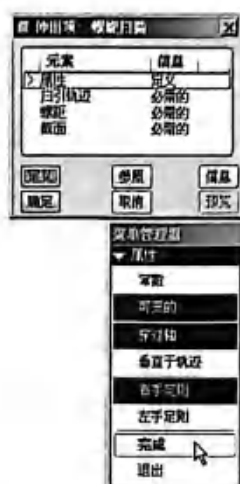


图4-4 螺旋扫描【属性】菜单



【属性】菜单选项说明：

- ◇ 常数：螺距为恒定不变的常数。
- ◇ 可变的：螺距为可变的，可以在螺旋扫描轨迹线上的端点和中间点进行设定。
- ◇ 穿过轴：草绘截面围绕着螺旋中心线扫描。
- ◇ 右手定则：采用右手定则定义轨迹的旋转方向。
- ◇ 左手定则：采用左手定则定义轨迹的旋转方向。

2) 定义轨迹线。选择 TOP 基准平面为定义轨迹平面，操作过程如图4-5所示，进入草绘模式。

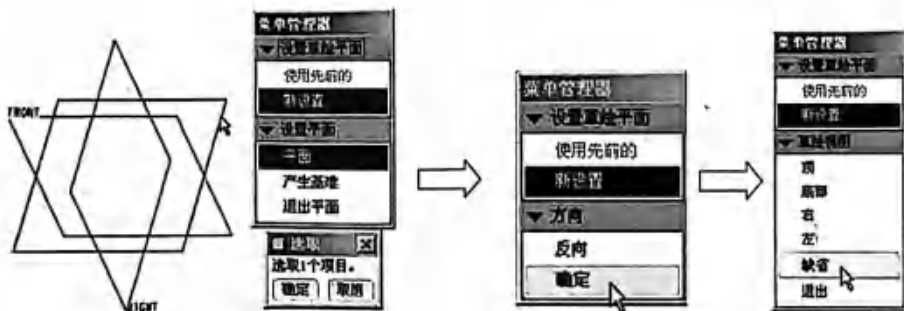


图4-5 选择 TOP 基准平面

在草绘模式中绘制如图4-6所示的几何中心线和螺旋扫描轨迹线，该轨迹由5条线段组成，单击 ✓ 退出草绘模式。



技术指导：

对于这5条线段可以先创建一条直线，然后通过【打断】命令，将直线分割成5段即可。创建分割点是为了方便后续定义不同螺距的点。

3) 定义节距。根据系统信息栏提示在轨迹起始处输入“节距”为“8”，轨迹终止点输入“节距”也为“8”。

系统弹出【图形】和【定义控制曲线】菜单管理器，选取【添加点】选项，如图 4-7 所示。

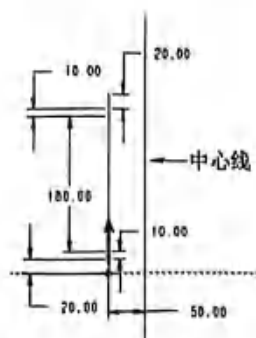


图 4-6 螺旋轨迹线

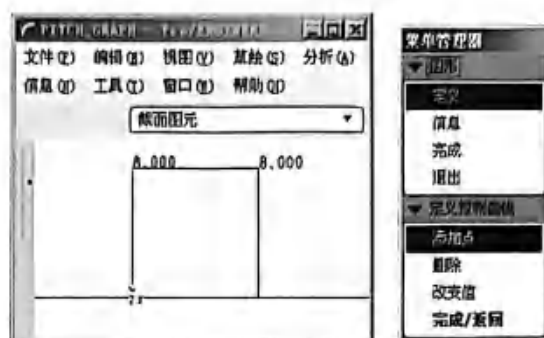


图 4-7 定义可变螺距点

在如图 4-8 所示的点上单击轨迹线上的 B 点，输入“节距”为“8”，采用相同的方法设置 C 点“节距”为“20”，D 点“节距”为“20”，E 点“节距”为“8”，此时【PITCH-GRAPH】对话框中的螺距控制曲线形状已发生变化，如图 4-9 所示。单击【完成/返回】选项，再单击【图形】管理器中的【完成】选项。

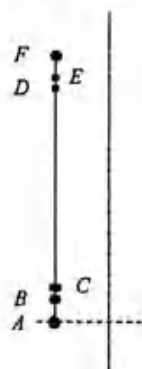


图 4-8 添加变螺距点

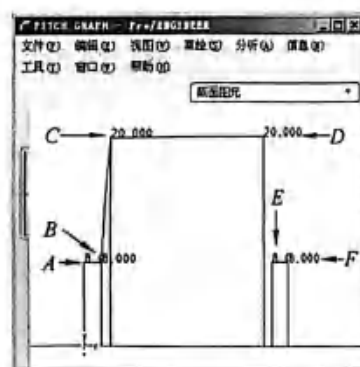


图 4-9 螺距控制曲线



技术指导：

结合前面所定义的节距值，对比图 4-8 与图 4-9 可以知道 A、B、C、D、E、F 五点所对应的节距值，分别为：8 (A)、8 (B)、20 (C)、20 (D)、8 (E)、8 (F)。其中 A、F 两点的节距值由前面的起始点与终止点所定义。若要定义变节距点的位置与节距值不对应时可以退回到轨迹草绘模式再进行定义。

若要修改节距值可选择【定义控制曲线】菜单管理器中【改变值】选项，然后点选取要进行节距变更的点并修改数值即可。

4) 定义截面。在草绘模式中绘制直径为 8mm 的圆，如图 4-10 所示，单击 ✓ 退出草绘模式。

单击【伸出项：螺旋扫描】对话框中的【确定】按钮 ，完成弹簧模型的创建。效果如图 4-11 所示。



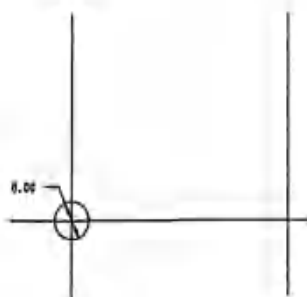


图 4-10 定义截面



图 4-11 螺旋扫描特征

最后采用【拉伸】命令采用如图 4-12 所示的矩形截面将弹簧两个支撑面的部分材料进行剪切，以保证两支撑面与弹簧轴线垂直。去除材料效果如图 4-13 所示。

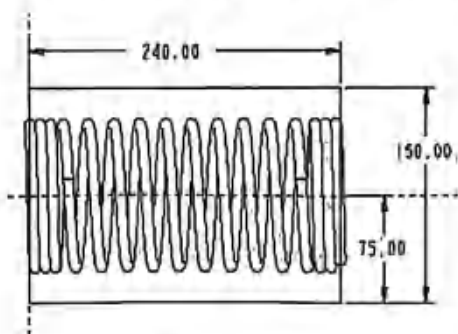


图 4-12 修剪截面



图 4-13 修剪效果

2. 混合特征

混合特征是将至少两个不同位置的截面连接起来而形成的特征，可以创建的特征有实体、曲面与薄板。对于各截面的图元要求要有相同的段数，同时各截面起点的位置不同时所构成的特征形状也会不一样，其中各截面间的连接过渡方式有三种：平行、旋转与一般，下面将分别进行介绍。

(1) 平行混合特征

平行混合特征是将相互平行的截面连接起来形成的特征。创建如图 4-14 所示的平行曲面混合特征。

在主菜单栏下选择【插入】/【混合】/【曲面】命令，如图 4-15 所示。

系统弹出【混合选项】菜单管理器，选择【平行】/【规则截面】/【草绘截面】选项。系统弹出【伸出项：混合、平行、规则截面】对话框和【属性】菜单管理器，选择【直】/【开放端】/【完成】选项，如图 4-16 所示。



部分【混合选项】子菜单说明：

◇ 规则截面：采用草绘平面创建特征。

◇ 投影截面：将截面投影到所选的参照曲面上，截面的位置由投影参照确定，仅用于平行混合。

◇ 选取截面：不能用于平行混合，选取已有的封闭曲线或实体特征边作为混合截面。当用于旋转混合的曲线选取时，要求曲线都必须位于同一个平面内，且各个曲线所在的平面必须有共同的轴线（相当于旋转混合截面中草绘坐标系的 Y 轴）；当用于一般混合的曲线选

取时亦要求各个曲线都必须位于同一平面内，但不要求各曲线所在平面具有共同的轴线。



图 4-14 平行混合特征（直）

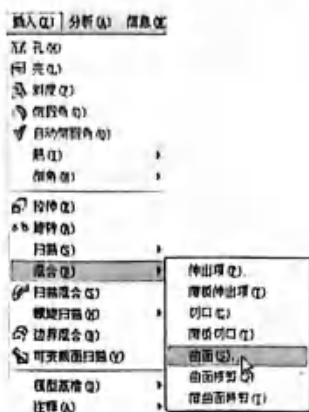


图 4-15 选择【螺旋扫描】命令



【属性】选项说明：

- ◇ 直：各混合截面间采用直线连接，效果如图 4-14 所示。
 - ◇ 光滑：各混合截面间采用曲线光滑连接，效果如图 4-24c 所示。
- 选取 TOP 基准平面为草绘平面，操作过程如图 4-17 所示，进入草绘模式。

模块四



图 4-16 定义属性

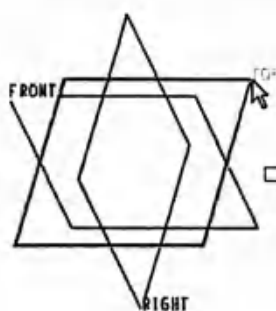


图 4-17 选择 TOP 基准平面



以 A 点为起始点，B 点为终止点绘制一边长为 80mm 的正方形，并在其对角处再绘制两条中心线，作为第一个截面，如图 4-18 所示。

在主菜单栏下选择【草绘】/【特征工具】/【切换截面】命令或单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【切换截面】选项，如图 4-19 所示。

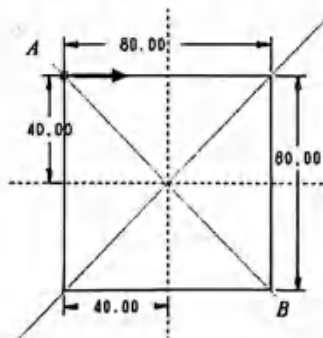


图 4-18 绘制截面 1

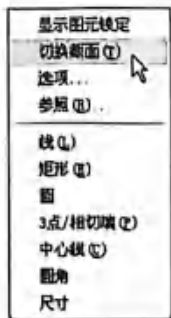


图 4-19 切换截面



参照第一个截面起点与终点的设置, 绘制一边长为 70mm 的正方形, 如图 4-20 所示。

再次切换截面, 绘制直径为 40mm 的圆, 单击【打断】按钮 ϵ , 将圆与中心线的相交点按照如图 4-21 所示 A、B、C、D 的顺序进行分割, 作为第三个截面, 单击 $\checkmark$ 退出草绘模式。

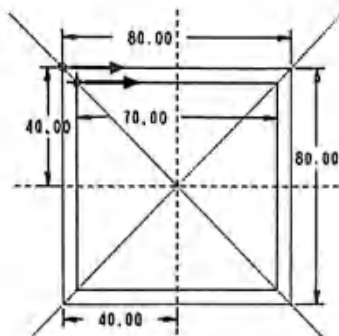


图 4-20 绘制截面 2

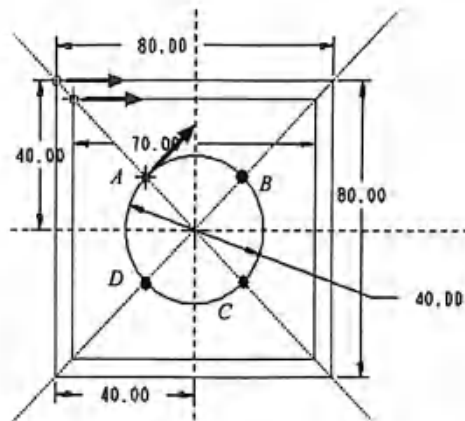


图 4-21 绘制截面 3



技术指导:

在进行截面绘制时要注意需使第二个截面与第一个截面的起点相同, 而且箭头指向也要保持一致 (同为顺时针或逆时针)。若要指定起点, 可先选取要作为起点的点, 然后单击鼠标右键, 从弹出的快捷菜单中选择【起始点】选项或选取点后选择主菜单栏中【草绘】/【特征工具】/【起始点】选项进行修改即可。若要修改箭头的方向也可通过此方法进行换向。

系统弹出【深度】菜单管理器, 选择【盲孔】/【完成】选项, 如图 4-22 所示。结合系统提示输入截面 2 与截面 1 的深度值为“20”, 截面 3 与截面 2 的深度值为“30”。单击【伸出项: 混合、平行、规则截面】对话框中的【确定】按钮 $\square$, 完成平行混合曲面特征的创建, 效果如图 4-23 所示。

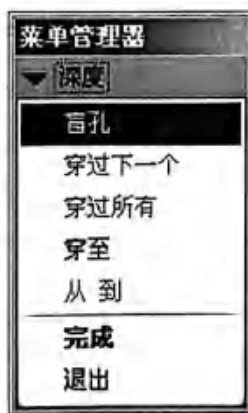


图 4-22 【深度】菜单管理器



图 4-23 平行混合曲面特征



技术指导:

若要将已创建好的特征进行编辑修改,如要将这里的【属性】由【直】改为【光滑】,可在模型树中单击鼠标右键,在弹出的快捷菜单中选择【编辑定义】选项,如图4-24a所示。系统弹出【伸出项:混合、平行、规则截面】对话框,单击【定义】按钮(定义...),在弹出的【属性】菜单管理器中选择【光滑】/【完成】选项,如图4-24b所示。结果如图4-24c所示。

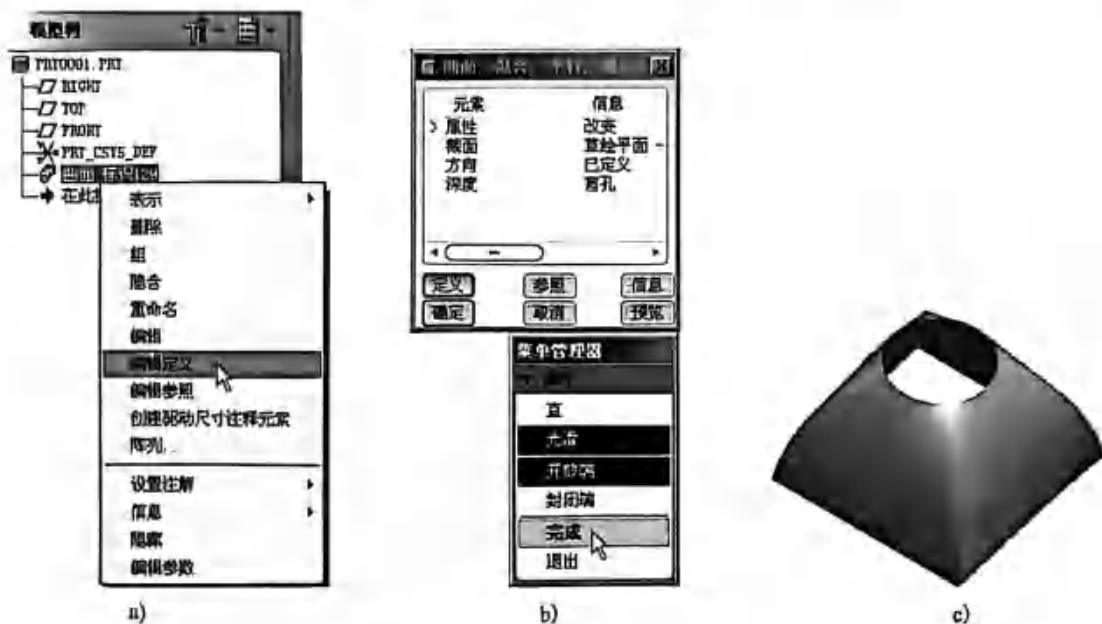


图4-24 修改属性

a) 编辑定义 b) 修改属性 c) 平行混合特征(光滑)

通过该快捷菜单可以进行【删除】、【编辑】(对截面的尺寸进行修改,修改后单击工具栏中的【再生】按钮或在主菜单栏下选择【编辑】/【再生】命令,使模型按照新给的尺寸重新定义)、【编辑定义】、【隐藏】等操作,用户可自行尝试。

(2) 旋转混合特征

旋转混合特征是将绕着Y轴旋转一定角度的截面连接起来形成的特征,每个截面在不同的窗口绘制,而且每个截面都必须定义一个坐标系,坐标系的位置将影响截面与截面之间的连接,其中最大的旋转角度可达120°。

创建如图4-25所示某吹风机的导风件。

在主菜单栏下选择【插入】/【混合】/【薄板伸出项】命令,系统弹出【混合选项】菜单管理器,选择【旋转的】/【规则截面】选项。系统弹出【伸出项:混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框和【属性】菜单管理器,选择【光滑】/【开放】/【完成】选项,操作过程如图4-26所示。

选取TOP基准平面为草绘平面,进入草绘模式。单击【坐标系】按钮,在两条垂直中心线的交点上绘制一坐标系,同时在坐标系左边距离为150mm处绘制以A为起点,B为终点绘制一边长为100mm的正方形。单击✓退出草绘模式。系统弹出【薄板选项】菜单



管理器，提示选取特征生成方向，选择【反向】/【确定】选项，使特征生成方向朝内，输入旋转角度为 90° ，如图 4-27 所示，单击【确定】按钮 。



图 4-25 导风件



图 4-26 定义属性

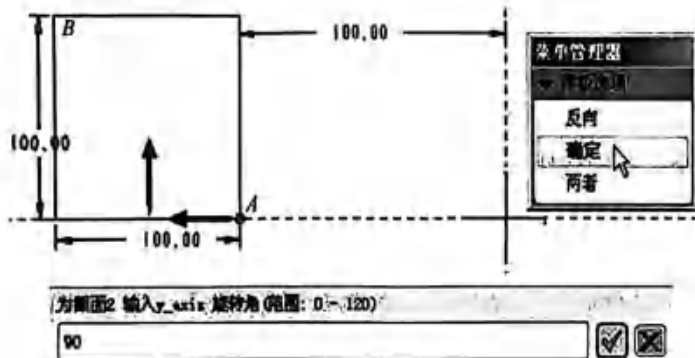


图 4-27 绘制截面 1 和设置旋转角度

系统再次进入草绘模式，绘制直径为 60mm 的圆，然后绘制四条中心线，各中心线间的夹角都为 45° 。单击【打断】按钮 ，将圆以 A、B、C、D 的顺序进行分割。单击【坐标系】按钮 ，在圆的右下角绘制一坐标系，并修改坐标值 X 方向为“150”，Y 方向为“50”。单击  退出草绘模式，系统弹出【薄板选项】菜单管理器，提示选取特征生成方向，选择【确定】选项，使特征生成方向朝内，输入旋转角度为“90”，如图 4-28 所示。

系统弹出【确认】对话框，单击【否】按钮，不进行下一截面的绘制，如图 4-29 所示。

输入薄壁厚度为“5”，并确定。



技术指导：

对比图 4-27 所示矩形与图 4-28 所示圆的中心位置，可知其相对于坐标系而言刚好一致，即相对于添加的坐标系 X 方向距离为 -150，Y 方向距离为 +50。这样做是为了使创建后特征的矩形的中心与圆的中心刚好落在同一平面上（这里刚好落在了半径为 150mm 的 $1/4$ 圆弧上），不会发生扭曲。用户可尝试令它们相对于坐标系处于不同位置时的效果，以便更好地理解其相对于不同坐标值的位置对特征形状的影响。

相对于平行混合而言最大的区别是旋转混合需绘制坐标系，并通过坐标系与截面间的位置来定义截面与截面之间的关系。

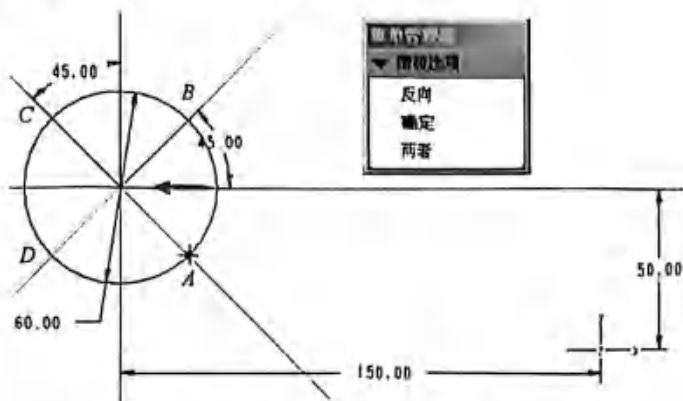


图 4-28 绘制截面 2

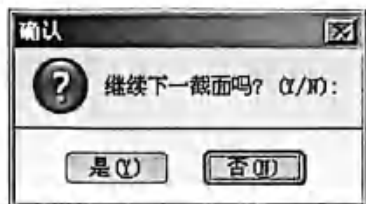


图 4-29 结束下一截面绘制

单击【伸出项：混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框中的【确定】按钮 , 完成平行混合曲面特征的创建，结果如图 4-25 所示。

(3) 一般混合特征

一般混合特征其实是平行混合与旋转混合的综合。截面可以绕着 X 轴、Y 轴和 Z 轴旋转，也可偏移这三个轴一定的距离。每个截面都在不同的窗口绘制，而且每个截面都必须定义一个坐标系。

创建如图 4-30 所示的铣刀。在主菜单栏下选择【插入】/【混合】/【伸出项】命令，系统弹出【混合选项】菜单管理器，选择【一般】/【规则截面】/【草绘截面】选项。系统弹出【伸出项：混合、一般、草绘截面】对话框和【属性】菜单管理器，选择【光滑】/【完成】选项，如图 4-31 所示。



图 4-30 铣刀

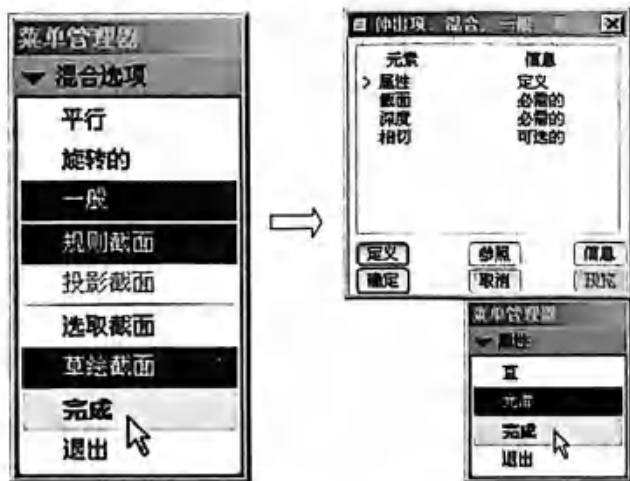


图 4-31 定义属性

选取 TOP 基准平面为草绘平面，进入草绘模式。绘制如图 4-32 所示截面（注意在圆的中心绘制坐标系）。

在主菜单栏下选择【文件】/【保存副本】命令，如图 4-33 所示。

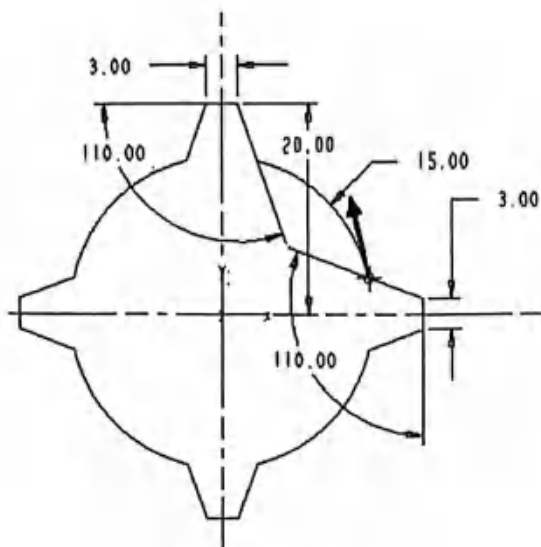


图 4-32 绘制截面

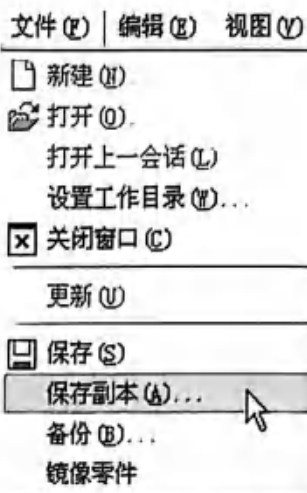


图 4-33 选择【保存副本】命令

系统弹出【保存副本】对话框，找到：素材\模块四 高级建模\任务1中文件，在【新名称】输入框输入 xiandao_sec，如图 4-34 所示，单击【确定】按钮。在草绘工具上单击 ✓ 按钮，退出草绘模式。在窗口信息栏的文本框中输入绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴的旋转角度分别为 (0, 0, 45)。



技术指导：

由于接下来绘制的截面和第一个截面一样，因此可以将截面单独保存起来，在需要时再调入，并进行一定的编辑即可。

接着绘制第二个截面，在主菜单栏下选择【草绘】/【数据来自文件】/【文件系统】命令，如图 4-35 所示。



图 4-34 保存截面

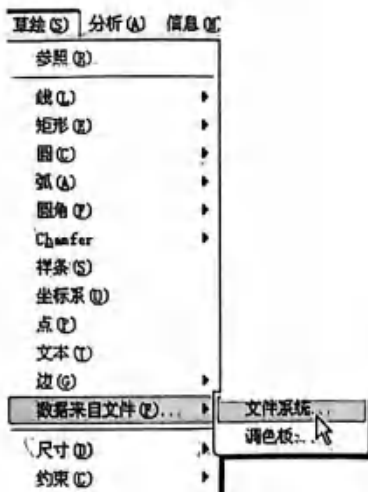


图 4-35 调用截面文件

系统弹出【打开】对话框，素材\模块四 高级建模\任务1 文件夹，找到 xiandao_sec.sec 草绘文件，单击【打开】按钮 ，如图 4-36 所示。

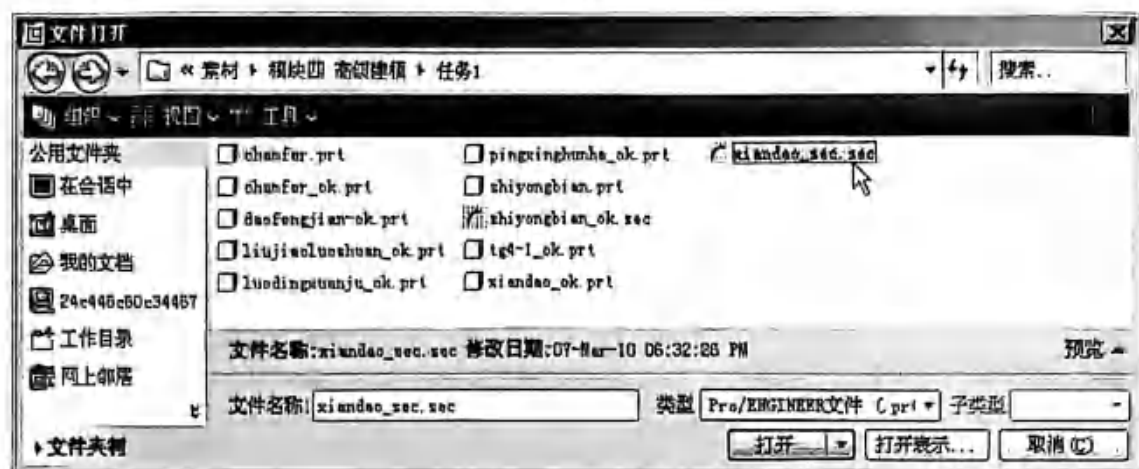


图 4-36 打开截面文件

在绘图区单击，系统弹出【移动和调整大小】对话框，输入【旋转】（角度）为“45”，【缩放】（比例）为“1”，如图 4-37 所示，单击【确定】按钮 。在草绘工具上单击  按钮，退出草绘模式。

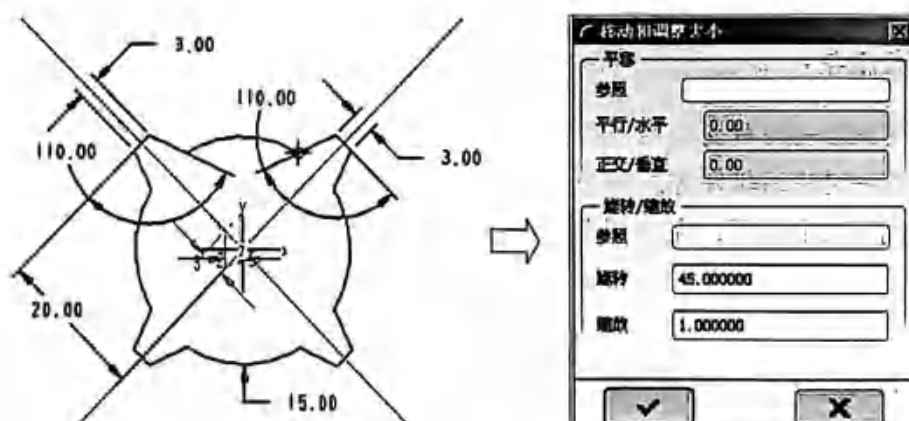


图 4-37 绘制第二个截面

系统询问：是否继续下一截面的绘制。选择【是】选项。在窗口信息栏的文本框中输入绕 X 轴、Y 轴和 Z 轴的旋转角度分别为 (0, 0, 45)。接着绘制第三个截面。

参照第二个截面的方法调用 xiandao_sec.sec 草绘文件，在【移动和调整大小】对话框中输入【旋转】（角度）为“90”，【缩放】（比例）为“1”，单击【确定】按钮 。在草绘工具上单击  按钮，退出草绘模式。系统询问：是否继续下一截面的绘制。选择【否】选项。

结合系统提示，输入截面 2 与截面 1 的深度值为“50”，截面 3 与截面 2 的深度值为“50”。单击【伸出项：混合、一般、草绘截面】对话框中的【确定】按钮 。生成一般混合实体特征如图 4-38 所示。

在特征工具栏上单击【拉伸】按钮 ，在【放置】选项定义草绘截面平面，系统弹出

【草绘】对话框，单击【使用先前的】按钮 ，如图 4-39 所示。



技术指导：

当接下来要确定的草绘平面与上一次创建特征所用的草绘平面一样时，可以采用这种方法进行草绘平面的选取，这里也可以选取 TOP 基准平面为绘制平面。

绘制一直径为 20mm 的圆，如图 4-40 所示。单击 按钮，退出草绘模式。



图 4-38 一般混合特征

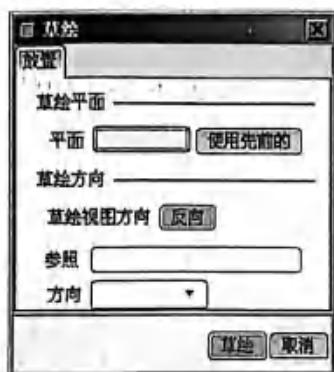


图 4-39 使用先前参照

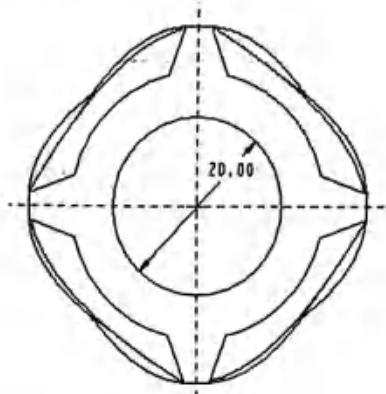


图 4-40 绘制圆

在【拉伸特征】操控面板上单击【选项】，设置侧 1 深度为“150”，侧 2 深度为“50”，如图 4-41 所示。可预览到创建的拉伸特征结果如图 4-42 所示。单击【确定】按钮 ☒，完成创建。

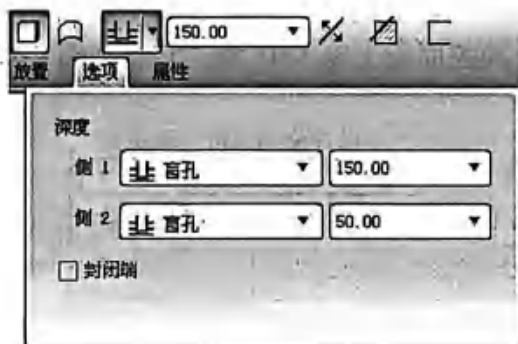


图 4-41 设置拉伸深度

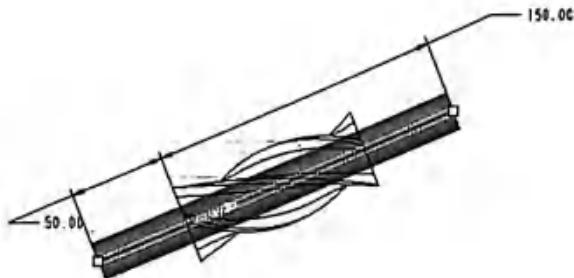


图 4-42 预览效果

3. 倒角

工艺上除了采用倒圆角方式来处理产品周边棱角外，还常采用倒角的方式进行处理，Pro/E 的倒角功能与倒圆角功能类似，也由【集】和【过渡】两个选项组成，主要分成两大类：边倒角与拐角倒角。

(1) 边倒角

边倒角是最常见的一种，主要类型见表 4-1。

表 4-1 边倒角的类型

类 型	含 义
D × D	在两平面间的相交边以距离为 D 的位置创建距离相等的倒角，为系统默认的类型
D1 × D2	与 D × D 不同的是两倒角的距离可分别进行设置
角度 × D	通过设置一个角度与距离来创建倒角特征
45 × D	系统定义了倒角角度为 45°，只需定义倒角距离 D
0 × 0	以直角边的标注形式创建两边距离相等的倒角
01 × 02	以直角边的标注形式创建倒角，两直角边的距离可分别定义

打开随书光盘：素材\模块四 高级建模\任务 1 中的“chamfer.prt”文件，如图 4-43 所示，现对该零件进行倒角。



图 4-43 chamfer.prt

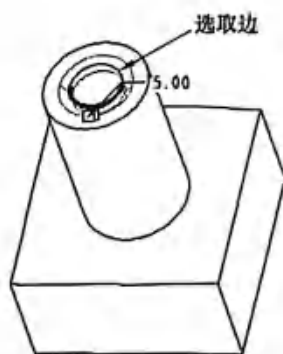


图 4-44 选取倒角边

在特征工具栏上单击【边倒角】按钮, 系统弹出【倒角】操控面板，选取如图 4-44 所示的边，默认倒角类型为：D × D，在【倒角】操控面板上输入 D 为“5”，如图 4-45 所示。

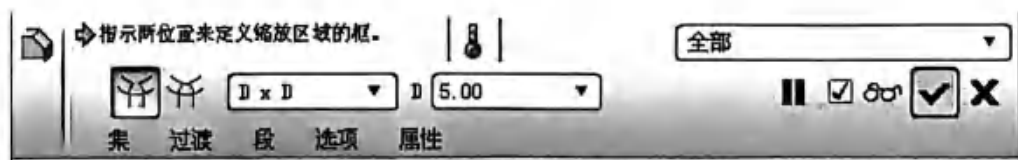


图 4-45 设置倒角参数

单击【集】选项，打开下滑面板，单击【新建集】按钮, 按住【Ctrl】键，分别选取如图 4-46 所示的 8 条加粗边。

将【集 2】的倒角类型更改为 D1 × D2，分别设置 D1 为“5”，D2 为“10”，如图 4-47 所示。



技术指导：

当对多条边进行相同操作的倒角时，可采用按住 Ctrl 键进行多选，这样可以将这些多选边作为一个【集】集中进行编辑与修改，方便操作。

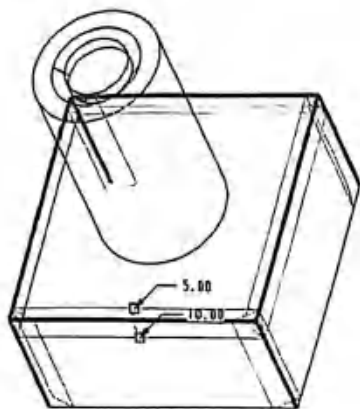


图 4-46 选取边

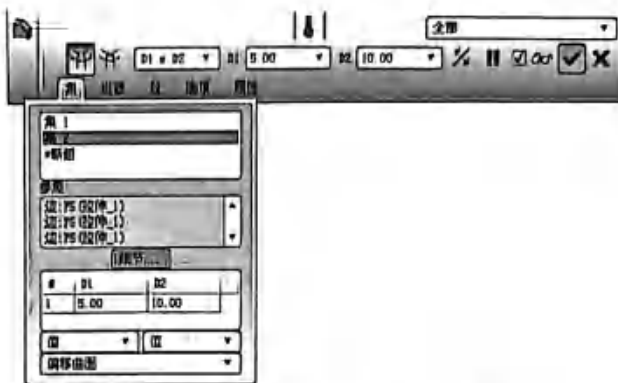


图 4-47 设置集 2 倒角参数

若要预览倒角效果，可单击【预览】按钮进行查看。

对于 D1 与 D2 数值的起始位置可通过单击【换向】按钮进行更改。

单击【切换过渡模式】按钮与【过渡】选项，打开下滑面板，选取如图 4-48 所示相交曲面。

此时系统默认的倒角过渡方式为【相交】选项，将倒角过渡方式选为【曲面片】选项，如图 4-49 所示。采用相同的方法将其他的三条边相交曲面设置相同的倒角过渡方式。



图 4-48 选取相交曲面

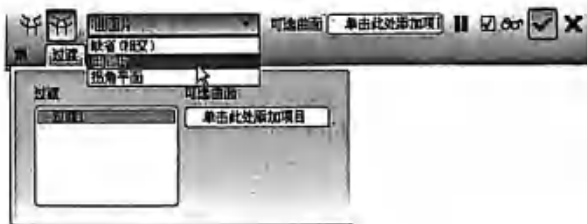


图 4-49 设置过渡类型



【过渡】类型选项说明：

◇【缺省 (相交)】选项：该选项为系统默认选项，使用系统自动给定的过渡类型，效果如图 4-50a 所示。

◇【曲面片】选项：在 3 个或 4 个收敛集的相交点之间创建一个曲面片进行过渡，效果如图 4-50b 所示。

◇【拐角平面】选项：使用平面对由 3 个相交倒角集所形成的拐角进行倒角，效果如图 4-50c 所示。

分别单击【切换模式按钮】和【集】选项，打开下滑面板，选取如图 4-51 所示边，并将倒角类型改为【角度 × D】的形式。设置【角度】为“45”，【D】为“5”。

按住 Shift 键将零件反转，选取如图 4-52 所示边，并将倒角类型改为【45 × D】的形式。设置【D】为“5”。

单击【确定】按钮, 结果如图 4-53 所示。

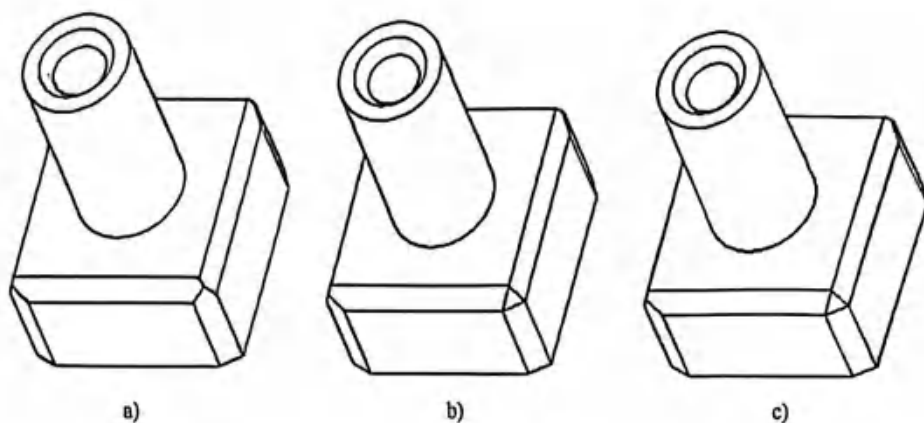


图 4-50 不同过渡类型

a) 相交过渡 b) 曲面片过渡 c) 拐角平面过渡

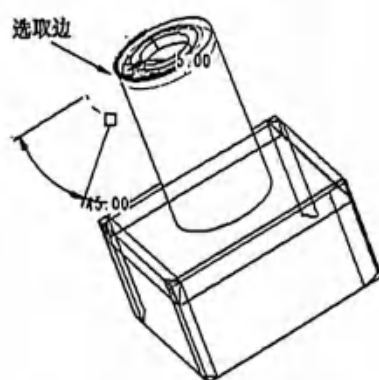


图 4-51 角度 $\times D$ 倒角

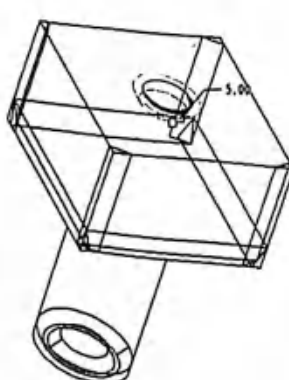


图 4-52 $45 \times D$ 倒角

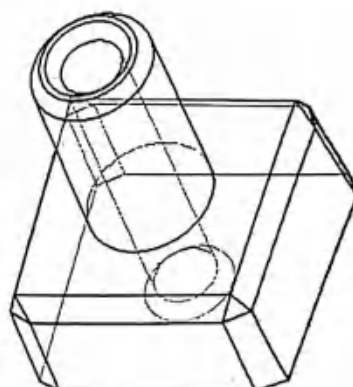


图 4-53 结果



技术指导:

0×0 与 01×02 这两种形式的倒角效果如图 4-54 所示, 用户可自行尝试创建。

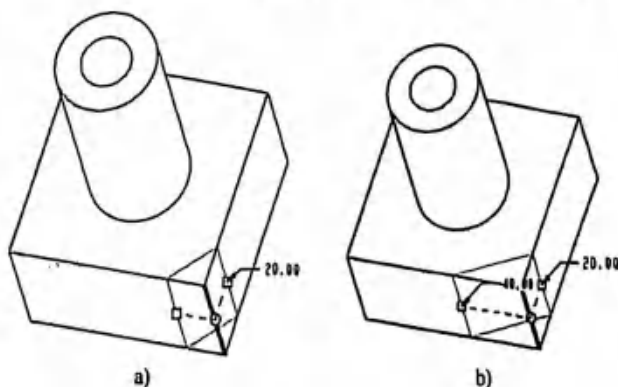


图 4-54 直角标注类型倒角

a) 0×0 倒角形式 b) 01×02 倒角形式

(2) 拐角倒角

拐角倒角是一种特殊的倒角方法, 在三条边交汇顶点处进行倒角。



打开随书光盘：素材\模块四 高级建模\任务1中的“chamfer.prt”文件，如图4-43所示，现对该零件进行拐角倒角。

在主菜单选择【插入】/【倒角】/【拐角倒角】命令，如图4-55所示。

系统弹出【倒角（拐角）：拐角】对话框，如图4-56所示。



图 4-55 选择【拐角倒角】命令

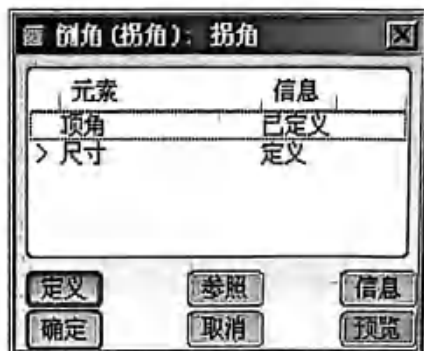


图 4-56 【倒角（拐角）：拐角】对话框

选取如图4-57a所示的边，系统弹出【选出/输入】菜单管理器，单击【输入】选项，如图4-57b所示。在输入框中输入该边的长度为“10”，并确定。接着选取其他两边（图4-57a），同样设置长度为“10”。单击【倒角（拐角）：拐角】对话框中的【确定】按钮，结果如图4-57c所示。

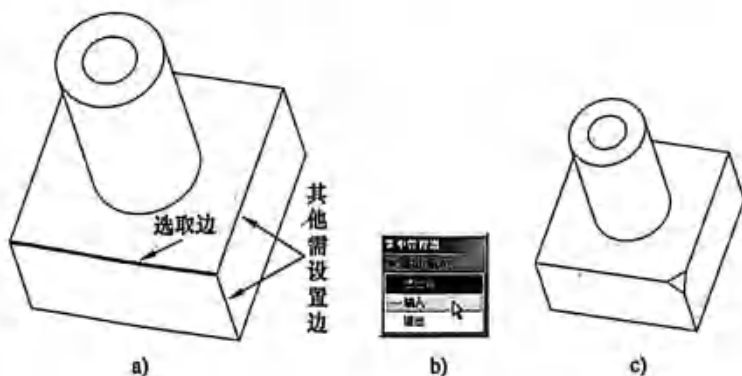


图 4-57 倒拐角

a) 选取边 b) 【选出/输入】菜单管理器 c) 拐角倒角效果

4. 使用边、偏移和加厚的绘制

【使用边】、【偏移】和【加厚】命令是通过提取已有特征的边进行草绘图元的绘制，该命令需在已存在特征的状态下时才可用，否则不可用，如在草绘模式下就不能被启用。

打开随书光盘：素材\模块四 高级建模\任务1中的“shiyongbian.prt”文件，如图4-58所示，现通过提取该零件上的边进行草绘截面的绘制，以创建拉伸特征模式并选取如图4-58所示A点所指平面为草绘平面，进入草绘模式。

(1) 使用边

使用边是提取已有特征边创建草绘几何图元，在主菜单栏上选择【草绘】/【边】/【使用】命令或在草绘工具栏上单击【使用】按钮，系统弹出【类型】和【选取】对话框，

如图 4-59 所示, 系统提供了三种选择使用边的类型。

1) 使用单边。使用单边是只提取所选取的边生成草绘图元。选择【单一】类型选项后, 选取如图 4-60 所示的边, 则可生成一边, 同时会出现边的标记。

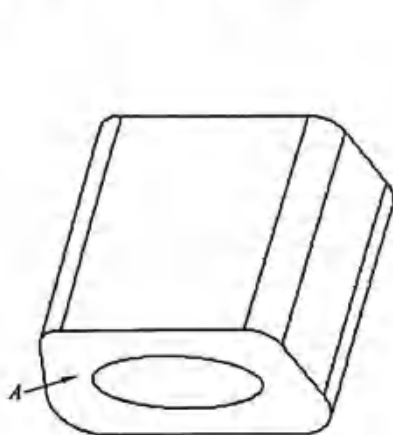


图 4-58 shiyongbian. prt

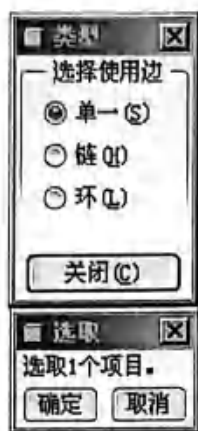


图 4-59 【类型】和【选取】对话框

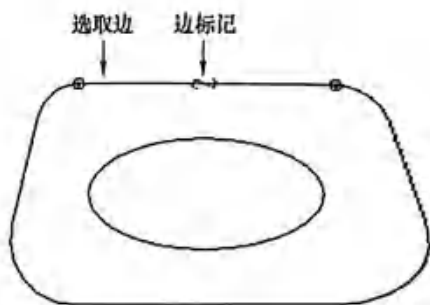


图 4-60 绘制使用边

2) 使用链。使用链是通过选取两条边, 系统自动搜索与所选取边相连的边, 注意选取的顺序会影响到系统的搜索顺序, 如顺时针还是逆时针方向生成边。

选择【链】类型选项后, 按照如图 4-61 所示的顺序选取 1、2 两条边, 在系统弹出【选取】菜单管理器上单击【下一个】选项, 来切换要绘制的边线链, 单击【接受】选项, 操作过程如图 4-61 所示。

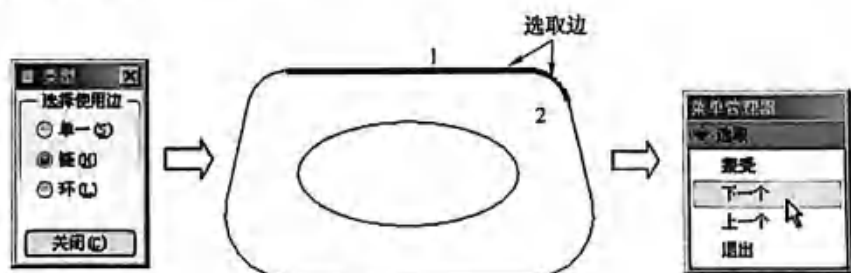


图 4-61 提取要生成的特征边

系统弹出【将链转换为环】对话框, 询问: 此链的端点重合, 是否要将其转换为环? 单击【是】选项, 此时系统将该特征的所有边提取成草绘图元, 操作过程如图 4-62 所示。

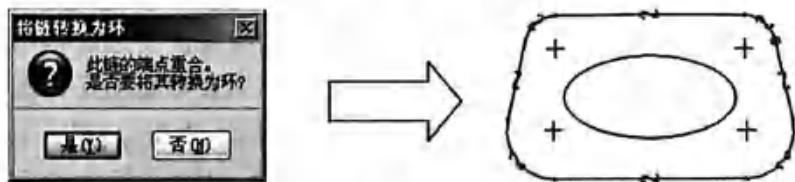


图 4-62 使用链效果

3) 使用环。使用环是通过选取一个面, 系统自动搜索轮廓中的封闭轮廓, 对于具有多个封闭轮廓的面, 系统会要求用户选取所要生成的封闭轮廓线。

选择【环】类型选项后,选取如图4-63所示的面,系统弹出【选取链】菜单管理器,单击【下一个】/【接受】选项,则将椭圆特征的边提取成草绘图元,效果如图4-63所示。



图4-63 使用环的创建

(2) 偏移

偏移是通过提取已有的特征边线创建草绘几何图元。在主菜单栏上选择【草绘】/【边】/【偏移】命令或在草绘工具栏上单击【偏移】按钮,和【使用】命令一样,系统提供了三种选择使用边的类型。这里只以一种类型为例,对于其他类型的使用,用户可参照使用边的方法。

选择【单一】类型选项后,选取如图4-64a所示的边进行偏移作为草绘图元,此时系统用箭头指示偏移方向,信息栏中会要求输入偏移的距离,输入数值“10”,并确定。偏移效果如图4-64b所示。

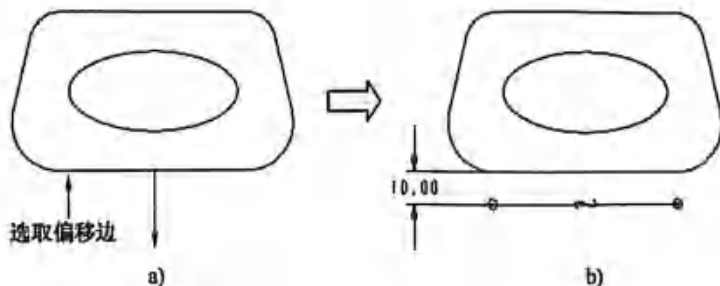


图4-64 偏移

a) 选取偏移边 b) 偏移效果



技术指导:

该偏移数值可以为负,当为负时则生成的边偏移方向与箭头方向相反。

(3) 加厚

加厚是提取已有的特征边线创建具有一定厚度的“带状”草绘几何图元。相比【偏移】命令,【加厚】命令同时创建了两条与特征边线一样的线,而且对于所生成的两条线,用户可设置是否要将其采用直线或圆弧连接在一起。

在主菜单栏上选择【草绘】/【边】/【加厚】命令或在草绘工具栏上单击【加厚】按钮,系统弹出【类型】和【选取】对话框,如图4-65所示。

在【类型】对话框上选择【单一】和【开放】选项,选取如图4-66a所示的边,在信息栏中输入【厚度】为“10”并确定。此时,刚才所选取的边出现加厚方向指示箭头,在信息栏中输入偏移距离为“30”并确定,生成加厚边效果如图4-66b所示。



图4-65 【类型】和【选取】对话框

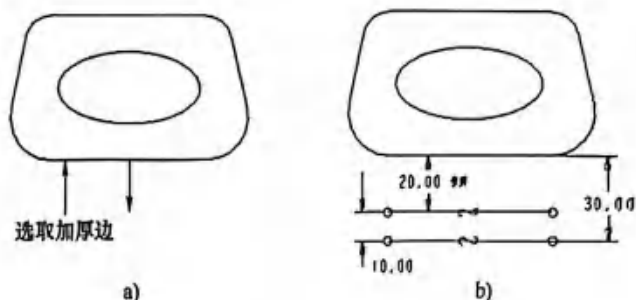


图4-66 加厚

a) 选取加厚边 b) 加厚效果



【选取端封闭】选项说明:

- ◇ 开放: 生成的加厚偏移边不连接, 如图4-67所示。
- ◇ 平整: 生成的加厚偏移边采用直线连接, 如图4-67所示。
- ◇ 圆形: 生成的加厚偏移边采用圆弧连接, 如图4-67所示。

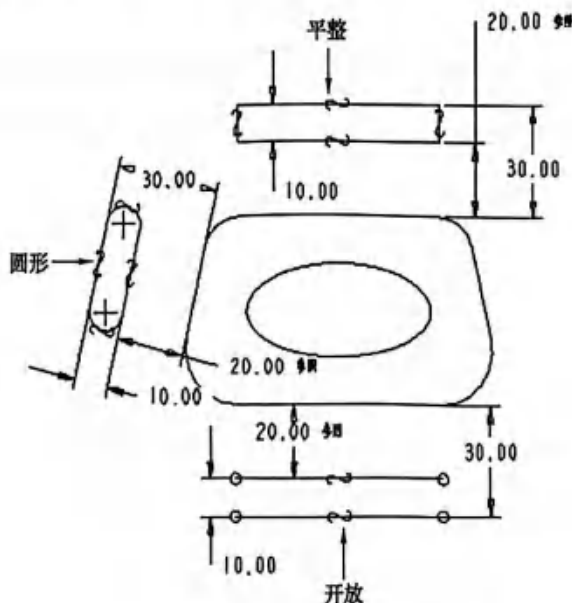


图4-67 不同类型【端封闭】的效果



任务实施

1. 创建六棱柱

单击菜单栏中的【新建】按钮，打开【新建】对话框。接受系统默认的“零件”【类型】和“实体”【子类型】，输入文件名 liujiaoluoshuan，然后单击【确定】按钮。在弹出的【新文件选项】对话框中选择“mmns_part_solid”模板，单击【确定】按钮，完成文件命名与模板设置。



在特征工具栏上单击【拉伸】按钮，选取 TOP 基准平面为草绘平面，以系统两中心线的交点为中心绘制如图 4-68a 所示的正六边形，单击退出草绘模式，并设置拉伸深度为“10”，结果如图 4-68b 所示。

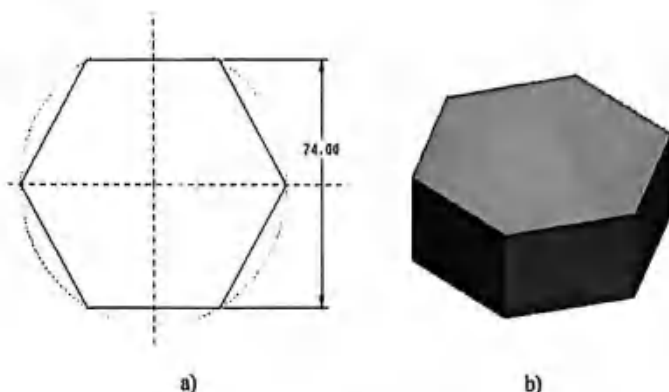


图 4-68 创建六棱柱
a) 正六边形 b) 拉伸实体

2. 旋转去除材料

在特征工具栏上单击【旋转】按钮，选取 FRONT 基准平面为草绘平面，以系统默认方式进入草绘模式，添加正六棱柱上表面的边为参照，并绘制如图 4-69 所示的截面（注意需绘制几何中心线），以 360° 旋转去除材料，结果如图 4-70 所示。

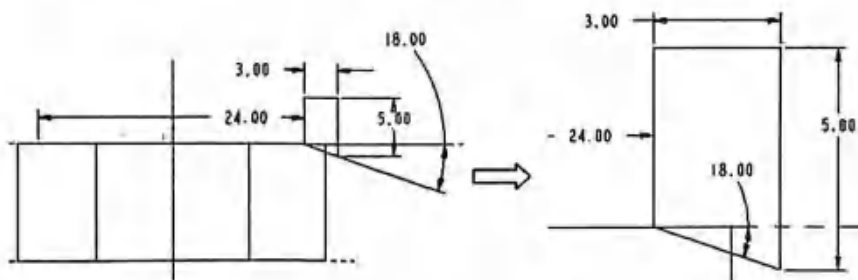


图 4-69 旋转截面与局部放大

3. 平行混合特征

在主菜单栏下选择【插入】/【混合】/【伸出项】命令，系统弹出【混合选项】菜单管理器，选择【平行】/【规则截面】/【草绘截面】/【完成】选项。系统弹出【伸出项：混合、平行、规则截面】对话框和【属性】菜单管理器，选择【直】/【完成】选项，如图 4-71 所示。

选取如图 4-70 所示点 A 所指面为草绘平面，接受系统默认的方向，绘制直径为 22.6mm 的圆为第一个截面，如图 4-72 所示。

在绘图区单击右键，在弹出的快捷菜单中选择【切换截面】选项，如图 4-73 所示。

绘制直径为 22mm 的圆为第二个截面，如图 4-74 所示，单击退出草绘模式。

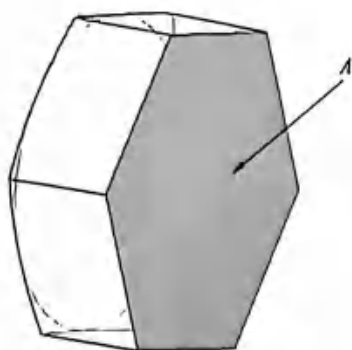


图 4-70 旋转去除材料结果



图 4-71 定义属性

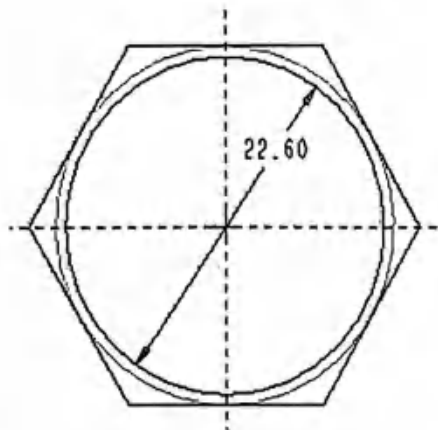


图 4-72 第一个截面

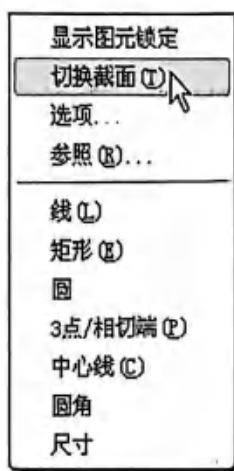


图 4-73 切换截面

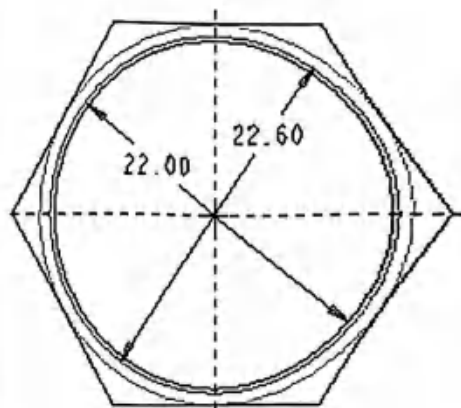


图 4-74 第二个截面

模块四

系统弹出【深度】菜单管理器，选择【盲孔】/【完成】选项，如图 4-75 所示。结合系统提示输入截面 2 与截面 1 的深度值为“0.8”，单击【伸出项：混合、平行、规则截面】对话框中的【确定】按钮 , 完成平行混合曲面特征的创建，效果如图 4-76 所示。

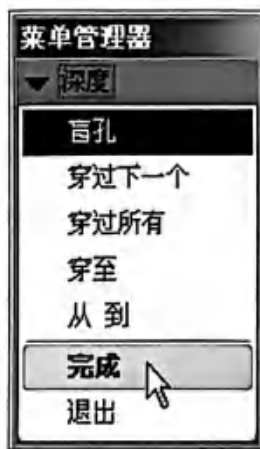


图 4-75 【深度】菜单管理器

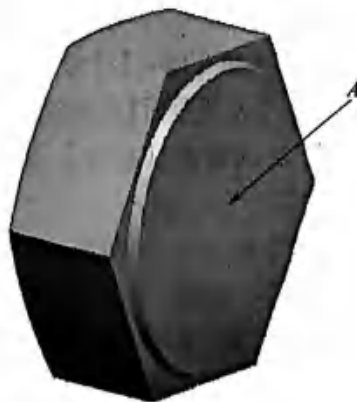


图 4-76 混合特征

在特征工具栏上单击【拉伸】按钮，选取如图 4-76 所示 A 点所指平面为草绘平面，绘制直径为 16mm 的圆，如图 4-77 所示。

单击退出草绘模式，并设置拉伸深度为“100”，结果如图 4-78 所示。

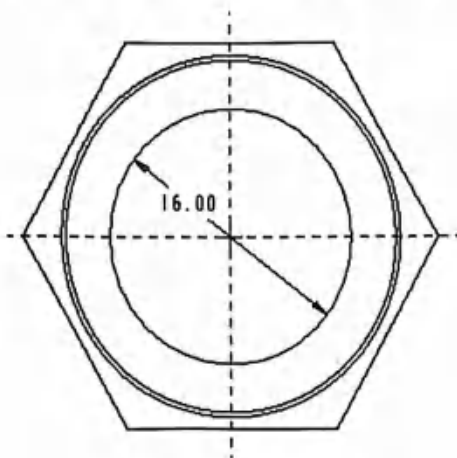
图 4-77 $\phi 16\text{mm}$ 圆

图 4-78 拉伸结果

4. 创建螺纹

在主菜单栏下选择【插入】/【螺旋扫描】/【切口】命令，系统弹出【切剪：螺旋扫描】对话框和【属性】菜单管理器，选择【常数】/【穿过轴】/【右手定则】/【完成】选项，如图 4-79 所示。

选取 FRONT 基准平面为草绘平面，以系统默认方向进入草绘模式。通过【草绘】/【参照】命令，选取如图 4-80 所示圆柱边为参照线，绘制如图 4-80 所示截面（注意绘制中心线）。单击退出草绘模式，输入“节距”为“2”。



图 4-79 定义属性



图 4-80 螺纹扫描轨迹

系统进入草绘模式，绘制如图 4-81 所示的等边三角形截面，单击  退出草绘模式。

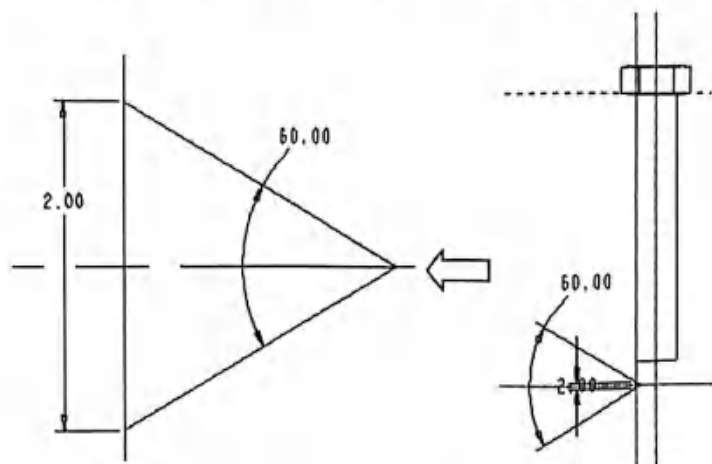


图 4-81 等边三角形

接受系统默认去除材料方向，在【切剪：螺旋扫描】对话框上单击【确定】按钮。生成螺旋扫描特征如图 4-82 所示。



技术指导：

通过旋转察看可以看到螺纹收尾处是以所绘制的等边三角形截面结束去除材料的，如图 4-82 所示，并不符合实际的加工工艺，需进行螺纹收尾处理，且螺纹开始处为尖角，需进行倒角处理。

5. 插入模式

打开【模型树】窗口，拖曳红色【在此插入】标识符号  至【拉伸 2】标识下，如图 4-83 所示。此时可以发现模型特征发生了如图 4-84 所示的变化。



图 4-82 螺旋扫描特征

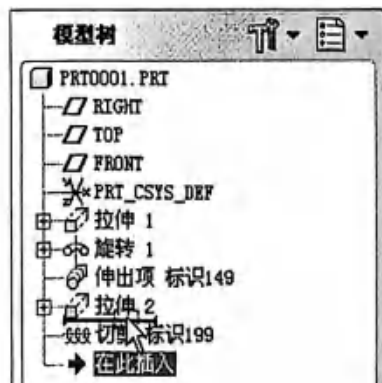


图 4-83 启用【插入模式】



技术指导：

红色【在此插入】标识符号用于决定新特征再生的顺序位置。如这里将该标识符号拖

曳到【拉伸2】目录下是为了在这个特征位置后面创建【倒角】特征。除了采用这种方法外，还可以在主菜单下选择【编辑】/【特征操作】命令，系统弹出【特征】菜单管理器，选择【插入模式】选项，如图4-85所示。



图 4-84 特征变化



图 4-85 选择【插入模式】

系统弹出【插入模式】子菜单，选择【激活】选项，在【模型树】窗口中选取【拉伸2】标识。在【特征】菜单管理器上单击【完成】选项，可以看到红色【在此插入】标识符号已在【拉伸2】标识下，操作过程如图4-86所示。

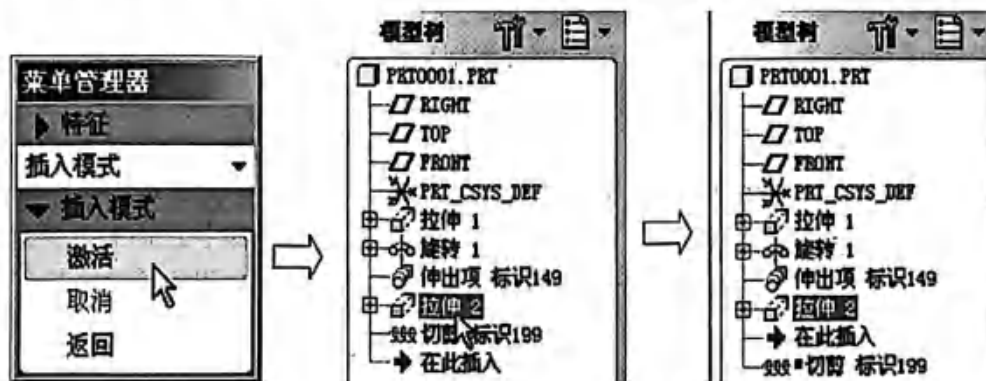


图 4-86 启用【插入模式】

6. 倒角

在【特征工具栏】上单击【边倒角】按钮，系统弹出【倒角】操控面板，默认倒角类型为： $D \times D$ ，在【倒角】操控面板上输入D为“1”，如图4-87所示。选取如图4-84所示的边进行倒角，单击【确定】按钮，退出倒角模式，效果如图4-88所示。

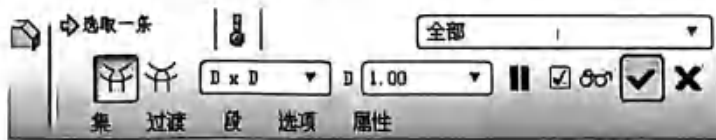


图 4-87 设置倒角参数

打开【模型树】窗口，拖曳红色【在此插入】标识符号至【切剪】标识下，如图4-89所示。此时可以发现模型特征发生了如图4-90所示的变化，螺纹起始边进行了倒角。



图 4-88 倒角特征

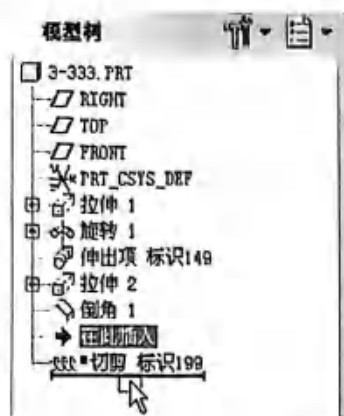


图 4-89 退回【插入模式】



图 4-90 模型恢复效果

7. 螺纹收尾处理

在主菜单栏下选择【插入】/【混合】/【切口】命令，在【混合选项】菜单管理器上选择【旋转的】/【规则截面】/【草绘截面】选项。系统弹出【伸出项：混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框和【属性】菜单管理器，选择【光滑】/【开放】/【完成】选项。

选取 FRONT 基准平面为草绘平面，接受系统默认的参照方向，进入草绘模式。单击草绘工具栏上的【使用边】按钮，系统弹出【类型】对话框，选取【环】选项，如图 4-91 所示。

选取螺纹收尾处的等边三角形面，系统自动提取该三角形的所有边线为截面，如图 4-92 所示。单击草绘工具栏上的【坐标系】按钮，在垂直中心线上绘制一坐标系并修改距离为“65”，如图 4-92 所示。单击退出草绘模式。



图 4-91 使用边类型

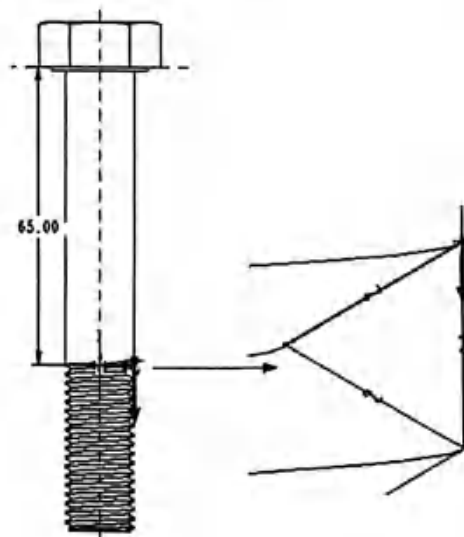


图 4-92 旋转截面 1

输入旋转角度为“45”，系统再次进入草绘模式，利用【坐标系】与【点】命令绘制如图 4-93 所示截面，单击退出草绘模式。

系统弹出【端点类型】菜单管理器，选择【尖点】选项，如图 4-94 所示。

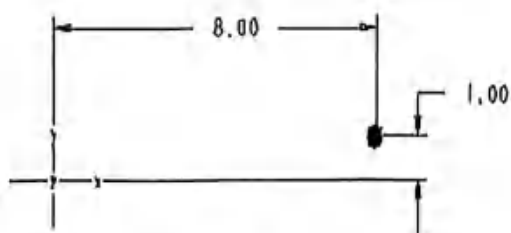


图 4-93 旋转截面 2



图 4-94 设置端点类型为尖点

在【伸出项：混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框单击【预览】按钮，查看螺纹收尾处可以发现截面过渡并不相切，具有明显的折痕，如图 4-95 所示，此处需进行修改。

在【伸出项：混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框中单击【相切】选项，然后单击【定义】按钮，系统弹出【确认】对话框，单击【是】选项，如图 4-96 所示。



图 4-95 收尾过渡不相切

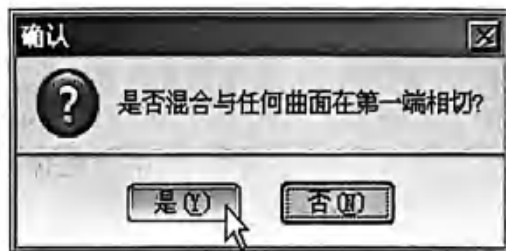


图 4-96 设置相切过渡

系统将圆柱面上等边三角形的一边用红色显示，并提示选取加亮图元的一曲面或选【完成】，选取如图 4-97 所示的曲面。接着采用相同的方法根据系统提示分别选取与红色显示边相切的曲面，一共有三边条需进行相切设置。设置完后，系统再次弹出【确认】对话框，单击【否】选项。

在【伸出项：混合、薄板、旋转的、草绘截面】对话框上单击【确定】按钮，可以发现螺纹收尾处过渡变得光滑自然，如图 4-98 所示。至此六角螺栓的创作已完成。

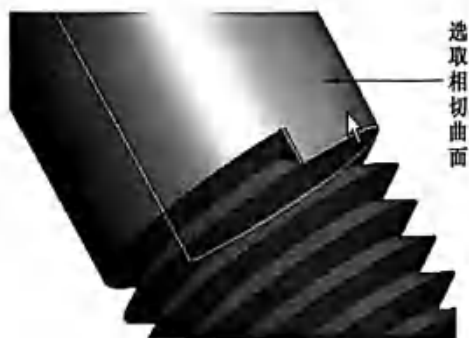


图 4-97 选取相切曲面



图 4-98 收尾光滑过渡



技术指导：

对于螺旋收尾的过渡处理还可通过扫描轨迹线进行控制或采用混合扫描进行创建，采用



混合扫描时为了使其能相切过渡，需创建投影曲线。以下将分别进行介绍：

方法一：

在创建螺旋扫描轨迹线时，绘制如图 4-99a 所示的轨迹线（两直线由圆弧连接），注意轨迹线的末端是朝外的（因为要向外扫描去除材料），即可使螺纹收尾的过渡具有相切效果，如图 4-99b 所示。该轨迹线的形状将直接影响收尾效果，读者可自行尝试更改轨迹线形状以对比不同效果。

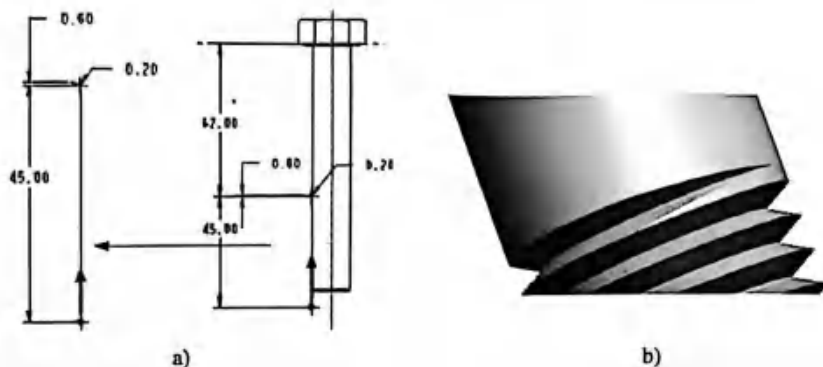


图 4-99 收尾处理

a) 螺旋扫描轨迹线 b) 收尾效果

方法二：

在创建螺纹后，接步骤 6 “倒角”，在主菜单栏上选择【编辑】/【投影】命令，如图 4-100 所示。

在系统弹出的【投影】操控面板上单击【参照】选项，打开下滑面板，在投影线类型中选择【投影草绘】选项，如图 4-101 所示。

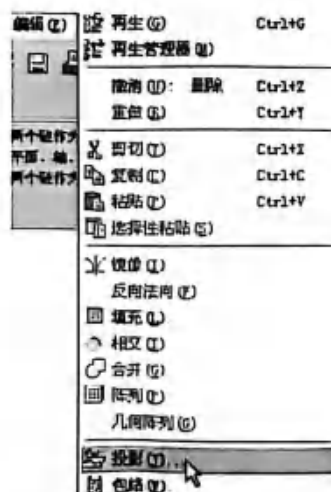


图 4-100 选择【投影】命令



图 4-101 【投影】操控面板



【投影】操控面板选项说明：

◇ 曲面：指定需创建投影曲线的曲面。

◇ 方向：指定创建投影曲线的方向。

◇ 投影链：选取已有曲线进行投影。

◇ 投影草绘：通过创建草绘曲线进行投影。

在【草绘】选项上单击【定义】按钮 $\square$ ，选取 RIGHT 基准平面为草绘平面，在【草绘】对话框上选取 TOP 基准平面为参照视图方向，并将【方向】设置为【顶】，单击【草绘】按钮 $\square$ 进入草绘模式。

在草绘工具栏上单击【使用边】按钮 $\square$ ，选取如图 4-102a 所示的边作为提取线。以刚生成的曲线作为端点绘制如图 4-102b 所示的圆弧，然后将提取生成的曲线删除，单击 $\square$ 退出草绘模式。

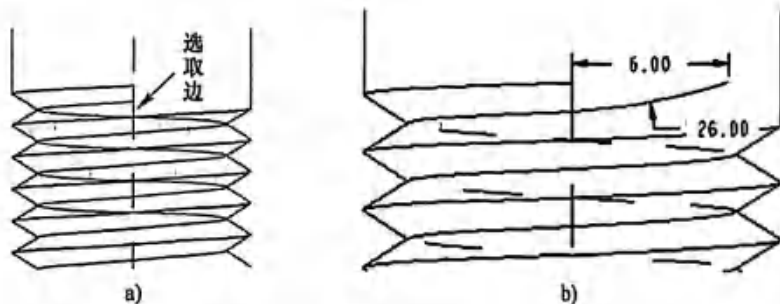


图 4-102 草绘投影线
a) 生成提取线 b) 绘制圆弧

在【投影】操控面板上单击【曲面】选项，选取如图 4-103a 所示的曲面。单击【单击此处添加项目】选项，选取 RIGHT 基准平面为方向参照，单击【确定】按钮 $\square$ 。

生成投影曲线如图 4-103b 所示。

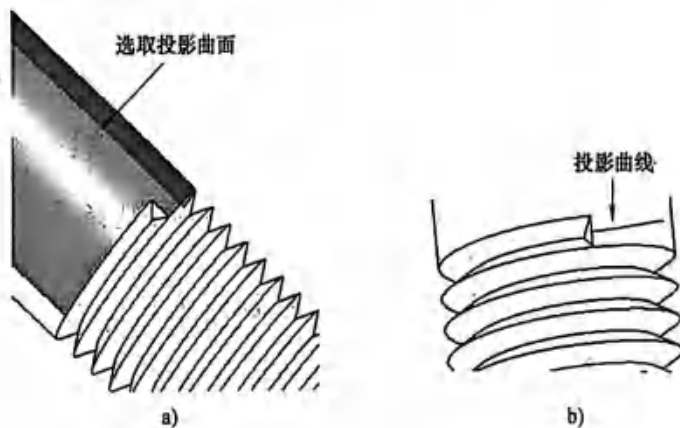


图 4-103 创建投影曲线
a) 选取投影曲面 b) 生成投影曲线

选取刚生成的投影曲线，在主菜单栏上选择【插入】/【扫描混合】命令，在系统弹出的【扫描混合】操控面板上分别单击【实体】 $\square$ 按钮与【去除材料】按钮 $\square$ 。

打开【截面】下滑面板，选取如图 4-104a 所示的点为第一个截面绘制位置点，单击【草绘】按钮 $\square$ ，在坐标系处绘制一点，如图 4-104b 所示，单击 $\square$ 退出草绘模式。

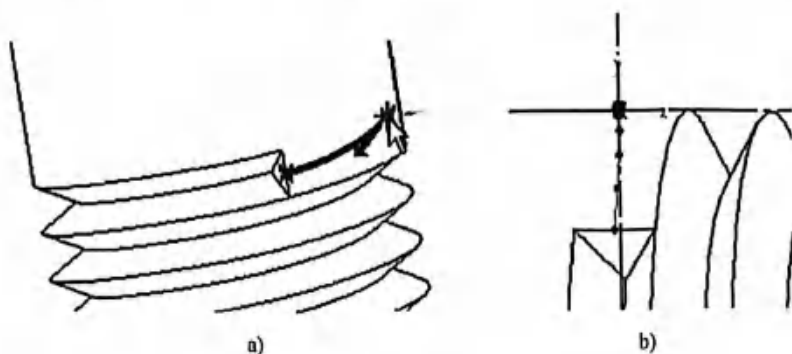


图 4-104 绘制第一截面
a) 选取截面绘制位置 b) 绘制点

单击【插入】按钮，选取如图 4-105a 所示的点为第二个截面绘制位置点，单击【草绘】按钮 ，通过【使用边】命令提取等边三角形所有边，如图 4-105b 所示，单击  退出草绘模式。

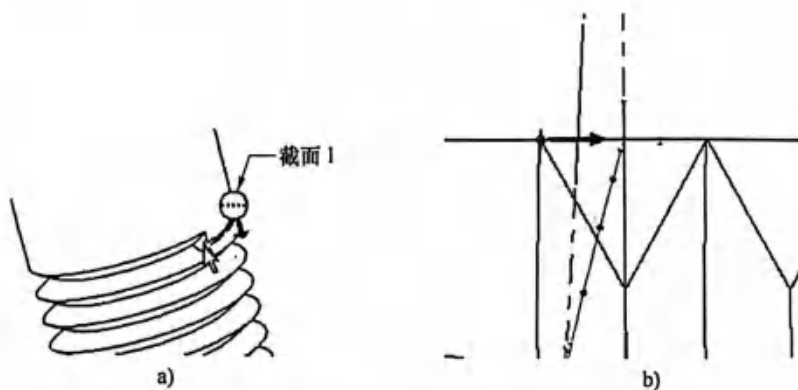


图 4-105 绘制第二截面
a) 选取截面绘制位置 b) 绘制等边三角形

打开【参照】选项下滑面板，在【剖面控制】下拉选项中选择【恒定法向】选项，如图 4-106 所示。选取 FRONT 基准平面为参照平面。

打开【相切】选项，将【边界】选项中【终止截面】选项对应的【条件】（约束）改为【相切】，如图 4-107 所示。

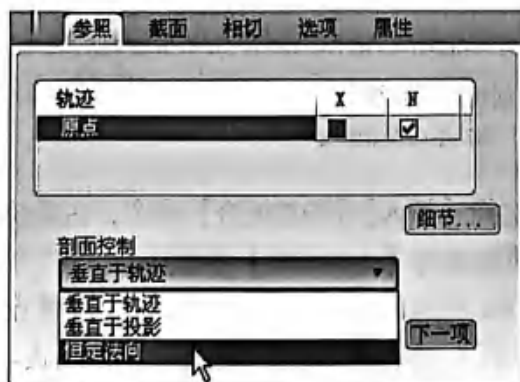


图 4-106 剖面控制



图 4-107 相切约束

参照本任务中步骤7“旋转混合”中，曲面相切选取的方法，选取与各边相切的曲面。单击【确定】按钮，效果如图4-108所示。



任务总结

本任务主要介绍螺旋扫描、混合、倒角命令的运用及有关特征编辑的方法，如通过模型树进行参数修改，利用插入模式创建特征等。介绍了如何提取现有几何特征的边线作为草绘截面和投影曲线的创建，能有效地提高绘图效果。在对螺旋纹收尾过渡处理时还介绍了另外两种方法，从而说明相同特征的创建方法是具有多样性的。



图4-108 混合扫描收尾效果



提高练习

根据如图4-109所示工程图，创建其实体模型。

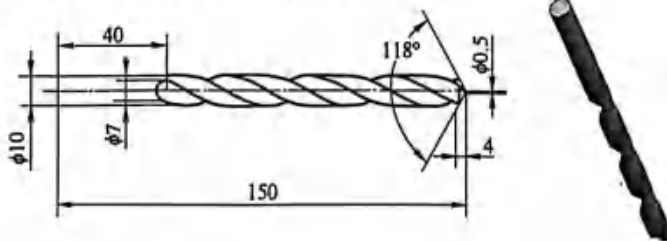


图4-109 提高练习图 (TG4-1)

任务2 设计螺钉旋具



任务目标

- 掌握可变截面扫描特征的运用。
- 掌握图层的创建与运用。



任务导入

设计如图4-110所示的螺钉旋具零件图。



图4-110 螺钉旋具



任务分析

该零件总体外形是一回转体，手柄部位为一花状曲面，工作部位是规则的波浪形曲面。这两个部位都不是规则曲面，但外形都是绕着一轨迹线作扫描旋转运动而形成的。由于外形变化是规律性的，因此对于手柄部位可以采用可变剖面扫描特征进行创建，对于工作部位可以结合轨迹参数 *trajpar* 进行周期性变化扫描而得到。

富媒体+微课版

Creo项目教程

10.0版

杨志义 主编

职业教育机械类专业“互联网+”新形态教材

3D Creo项目教程

10.0版

杨志义 主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前 言

随着科技的飞速发展，计算机辅助设计与制造技术已成为现代制造业的基石。在这个背景下，Creo 软件以其卓越的性能和广泛的应用领域，成为了行业内的佼佼者。无论是在自动化、航空航天，还是在机械汽车、电子模型及家用电器等领域，Creo 都发挥着不可替代的作用。

本书作者在深入研究并积累了多年的 Creo 学习心得与教学经验的基础上，采用项目驱动教学法进行编写。这种方法旨在通过实际操作和项目实践，激发用户的学习兴趣，降低学习难度，确保学习效果。

本书中的每一个任务都经过精心策划，旨在将理论知识与实践操作紧密结合，让用户在完成任务的过程中，逐步掌握相关技能。在任务执行过程中，作者将简洁明了地解释相关命令的功能，并提供“技术指导”，避免冗长的文字叙述，突出实践操作的重要性。通过这样的学习方式，用户能够在实际操作过程中深入理解相关命令的功能，并将所学知识及时应用于实际操作中，形成从“理论认知”到“实践操作”再到“深入领悟”的完整学习回路。

值得一提的是，本书在“项目探索”等环节中融入了课程思政的相关内容。这样的设计旨在将专业学习与思政学习相结合，使用户在学习专业知识的同时，也能够接受思政教育的熏陶，形成正确的世界观、人生观和价值观。通过这样的方式，本书实现了专业知识与思政教育的有机结合，为用户的全面发展提供了有力的支持。

此外，本书不仅是一本实践指南，更是一本能够引导用户树立“软件即工具”正确观念的书籍。通过阅读本书，用户将能够更好地发挥 Creo 软件在实际工作中的应用价值，提高工作效率和质量。

为了方便用户学习，本书为各模块提供的素材和操作流程均配备了视频教程。这些视频教程将帮助用户更加直观地了解操作步骤和方法，降低学习难度。除非特别说明，本书中所用示例均基于相同的素材进行连贯操作，以确保用户在学习过程中能够形成完整的知识体系。

本书内容分为七大模块，各模块概述如下：

模块一：介绍 Creo 软件的基础知识，包括软件界面的熟悉和基本操作方法的掌握。通过这个模块的学习，用户将能够快速上手 Creo 软件，为后续的学习打下坚实的基础。

模块二：详细阐述在草绘环境中进行草图绘制的技巧，涵盖几何图元的创建与编辑、尺寸标注及约束应用等方面。这个模块将帮助用户掌握草图绘制的基本技能和方法，为后续的特征创建和装配打下坚实的基础。

模块三：深入探讨基础特征的创建方法，包括拉伸、旋转、扫描等常用特征的应用，以及工程特征的创建，如倒圆角、倒角、拔模等。同时，还将介绍对特征进行编辑的方法，如复制、阵列等。这个模块将帮助用户掌握 Creo 软件中的基本特征创建和编辑技能，提高设计效率和质量。

模块四：研究高级特征的创建技巧，包括螺旋扫描、混合扫描、参数控制造型以及边界混合曲面等。此外，还将介绍如何进行质量分析的方法。这个模块将带领用户进入 Creo 软件的高级应用领域，提升设计水平和创新能力。

模块五：详细阐述元件装配的方法及一些对装配进行编辑的技巧。这个模块将帮助用户掌握 Creo 软件中的装配设计技能和方法，提高产品的整体性能和稳定性。

模块六：详细介绍工程图的创建流程，包括各种视图、尺寸标注、公差控制、注释、表格及 BOM 表的制作方法。这个模块将帮助用户掌握 Creo 软件中的工程图设计技能和方法，提高工程图的质量和可读性。

模块七：通过综合设计实例的展示，使用户体验“自上而下”的设计流程，包括在装配环境下创建复杂模型、进行全局干涉分析等。这个模块将带领用户综合运用所学知识进行实际项目设计，提升解决实际问题的能力。

最后，作者衷心感谢广大用户的支持和关注。鉴于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大用户不吝赐教，提出宝贵意见。编者将认真听取并改进不足之处，为用户提供更加优质的学习资源和服务。

目录

模块一 初识 Creo	7
项目 创建垫片	7
项目目标	7
项目导入	7
项目分析	7
实战准备	7
1 Creo Parametric 软件简介	7
2 工作界面构成	8
3 工作环境设置	9
4 插入外部数据	13
5 保存图形	15
项目实施	17
项目提升	21
项目探索	21
项目评价	22
项目总结	23
模块二 草图绘制	23
项目 1 绘制垫片图样	23
项目目标	23
项目导入	23
项目分析	23
实战准备	23
1. 启用草绘模式	23
2. 草绘界面	24
3. 图元绘制	24
项目实施	28
项目提升	30
项目探索	31
项目评价	31
项目总结	32
项目 2 绘制支座图样	32
项目目标	32
项目导入	33
项目分析	33
实战准备	33
1. 圆弧绘制	33
2. 尺寸标注	35
3. 尺寸编辑	38
项目实施	40
项目提升	42
项目评价	43
项目总结	44
项目 3 绘制垫片图样	44
项目目标	44
项目导入	44
项目分析	45
实战准备	45
1. 几何约束	45
2. 修剪图元	48
3. 其他编辑方法	49
项目实施	52
项目提升	55
项目评价	57
项目总结	58
模块三 基础建模	58
项目 1 设计手柄	58
项目目标	58

项目导入	58
项目分析	58
实战准备	58
1 拉伸特征	59
2 旋转特征	61
3 倒圆角	62
项目实施	66
1 创建手柄主体	67
2 添加材料	67
3 去除材料	68
4 倒圆角	69
项目提升	69
项目探索	71
项目评价	71
项目总结	72
项目 2 设计烟嘴	72
项目目标	72
项目导入	73
项目分析	73
实战准备	73
1 样条曲线绘制	73
2 扫描特征	73
3 扫描混合特征	76
项目实施	79
1 创建外型主体	79
2 创建小烟孔	81
3 创建烟孔	81
项目提升	82
项目评价	85
项目总结	86
项目 3 设计盒子	86
项目目标	86
项目导入	86
项目分析	86
实战准备	86
1 基准平面	86
2 壳特征	88
3 筋特征	89
4 拔模特征	91
5 孔特征	94
6 镜像	97
7 复制特征	98
项目实施	100
1 创建盒子主体	100
2 抽壳特征去材料	100
3 创建基准平面	100
4 创建柱子	100
5 创建加强筋特征	101
6 创建标准孔特征	102
项目提升	102
项目评价	104
项目总结	105
项目 4 设计架子	105
项目目标	105
项目导入	105
项目分析	105
实战准备	106
1 阵列特征	106

2 创建基准点	114
3 创建组	116
项目实施	117
1 创建两薄板	117
2 创建基准曲线	118
3 创建基准点 PNT0	118
4 创建基准平面 DMT1	119
5 创建基准点 PNT1	119
6 创建基准曲线	120
7 扫描创建细杆	120
8 阵列细杆	121
项目提升	122
项目评价	124
项目总结	125
项目 1 设计六角螺钉	125
项目目标	125
项目导入	125
项目分析	125
实战准备	126
1 螺旋扫描特征	126
2 混合特征	128
3 倒角	134
4 使用边、偏移和加厚的绘制	137
项目实施	141
1 创建六棱柱	141
2 旋转去除材料	141
3 平行混合特征	142
4 创建螺纹	143
5 插入模式	144
6 倒角	145
7 螺纹收尾处理	145
项目提升	150
项目探索	151
项目评价	151
项目总结	152
项目 2 螺设计钉旋具	152
项目目标	152
项目导入	152
项目分析	153
实战准备	153
1 可变截面扫描特征	153
项目实施	159
1 创建轨迹线	159
2 创建手柄	160
3 创建工作部位	161
4 创建图层	162
项目提升	164
项目评价	166
项目总结	166
项目 3 设计咖啡壶	166
项目目标	166
项目导入	167
项目分析	167
实战准备	167
1 边界混合曲面特征	167
1.2 曲面合并	171
1.3 曲面延伸	172
1.4 曲面偏移	173

1.5 曲面加厚	176
1.6 实体化	177
4.21.7 修剪	178
4.21.8 基准曲线	179
4.21.9 相交线	183
4.21.9 草绘文本	184
项目实施	185
1 创建颈部基准曲线	185
2 创建颈部曲面	186
3 创建瓶身曲面	186
4 创建手柄	186
5 合并所有曲面	187
6 添加倒圆角	187
7 加厚曲面	187
8 创建文字	187
项目提升	188
项目评价	191
项目总结	191
模块五 零件装配	191
项目1 装配滚动轴承	191
项目目标	191
项目导入	192
项目分析	192
实战准备	192
1 装配基础	192
2 装配约束	194
3 元件复制	199
4 创建元件	201
5 文件管理	202
项目实施	204
1 装配内环	204
2 装配保持架	205
3 装配滚动体	206
4 创建外圈	207
项目提升	209
项目探索	210
项目评价	211
项目总结	211
项目2 切割千斤顶装配体	212
项目目标	212
项目导入	212
项目分析	212
实战准备	212
1 切割装配体	212
项目实施	212
项目提升	214
项目评价	215
项目总结	215
项目3 分解千斤顶装配体	215
项目目标	215
项目导入	215
项目分析	216
实战准备	216
1 分解视图	216
2 视图管理	218
项目实施	220
项目提升	221
项目评价	222

项目总结	222
模块六 创建工程图	222
项目 1 创建连接板工程图	223
项目目标	223
项目导入	223
项目了分析	223
实战准备	223
1 创建工程图	223
2 创建视图	225
3 移动视图	231
4 尺寸标注	232
5 文件输出	236
项目实施	237
1 新建图纸	237
2 创建视图	238
3 尺寸标注	240
4 打印工程图	242
项目提升	243
项目探索	245
项目评价	245
项目总结	245
项目 2 创建主动轴工程图	245
项目目标	246
项目导入	246
项目分析	246
实战准备	246
1 破断视图	246
2 局部放大图	248
3 剖视图	248
项目实施	254
1 创建破断视图	254
2 创建旋转视图	255
3 创建详细视图	256
4 标注尺寸	256
项目提升	257
项目评价	259
项目总结	260
项目 3 创建调节螺钉工程图	260
项目目标	260
项目导入	260
项目分析	261
实战准备	261
1 尺寸公差	261
2 几何公差	264
3 表面光洁度	265
4 添加注释	267
项目实施	267
1 创建局部剖视图	267
2 标注尺寸	269
3 创建轴基准	270
4 标注几何公差	270
5 标注表面光洁度	271
6 添加参照模型	272
项目提升	273
项目评价	274
项目总结	274
项目 4 创建滑动轴承爆炸图	275
项目目标	275

项目导入	275
项目分析	275
实战准备	275
1 爆炸视图	275
2 表格	277
3 BOM 表	279
4 创建球标	284
项目实施	284
1 创建模板	284
2 新建工程图	287
3 设置页面并生成 BOM 报表	288
4 创建球标	288
项目提升	290
项目评价	291
项目总结	291
模块七 综合设计	292
项目 1 设计滑轮	292
项目目标	292
项目导入	292
项目分析	292
项目实施	292
1 设计 A 板	293
2 设计 B 板	293
3 设计螺钉 1	295
4 设计螺钉 2	298
5 设计垫片	299
6 设计螺母	300
7 设计滑轮	300
8 设计吊轮	301
9 设计吊环	304
项目提升	305
项目探索	306
项目评价	306
项目总结	307
项目 2 设计杯子	307
项目目标	307
项目导入	307
项目分析	308
项目实施	308
1 设计主体	308
2 设计杯盖	312
3 设计杯帽	317
4 设计连轴	320
项目提升	321
项目评价	322
项目总结	323

表 7-1 能力提升清单

评价项目	评价等级
能独立根据教材或在教师的引导下完成滑轮的设计	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能熟练在装配环境下选择合适的几何参照，实现高效绘图。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能在装配环境下通过新建特征的方式不断完成滑轮的设计。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能意识到整体机构设计工程思维的重要性	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能意识到严谨细致工作的重要性	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能在实战操作过程中遇到困难时主动向教师或同学求助	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能独立或与同伴共同完成“项目提升”的任务要求	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
结果	非常赞同（ ）项 赞同（ ）项 基本赞同（ ）项 不赞同（ ）项 非常不赞同（ ）项

项目总结

通过本项目的实践学习，用户体验了 Creo 在装配环境下设计机构的便捷方法。以及对机构设计的一般过程方法有较深入的掌握。在实际的设计过程中需要不断根据设计的需要进行调整，该过程是一个严谨的设计过程，此处由于篇幅问题没有具体展开。用户可通过其他的设计案例进行实践探索，以进一步提高应用方法和技巧，并结合实践项目和案例分析来积累经验进一步提升在装配环境下高效完成机构设计的能力。这将有助于用户在实际工作中更好地发挥 Creo 的优势，提高设计效率和质量。

项目 2 设计杯子

项目目标

- 能根据设计需求设计杯子。
- 能在装配环境下设计杯子，并建立起整体机构设计工程思维与严谨细致的工作思维。
- 能对杯子的容积进行分析。
- 能采用全局干涉分析功能对完成设计的零件进行分析，并能对存在干涉现象的零件通过相关参数进行调整从而避免干涉现象的产生。

项目导入

请设计一日常用圆柱型饮用杯子，直径约为 85 左右，高为 200 左右。杯身应设计一定的纹路，以增加美观和方便拿取，同时要有盖子，在完成设计后需分析出杯子的容积。

项目分析

圆柱型饮用杯子是最常见的杯子形状，根据设计要求杯子的外形尺寸已基本确定，为了美观与方便拿取要求在杯身上设计纹路。设计时可先按照给定的尺寸要求设计杯子的主体部分，纹路设计可参考人的握手状态采用圆形纹路。考虑到用水和防漏水的需要，接着分别设计杯盖、杯帽，为了达到精确的设计效果，可考虑在装配环境下进行分别设计，以提高设计的针对性，同时方便对相关的参数进行高效调整。

项目实施

1 设计主体

设置工作目录为：素材\模块七 综合设计\项目 2\beizhi。

以“zhuti”为文件名，启用旋转功能，以 FRONT 基准平面为放置平面，根据如图 7-28a 所示绘制旋转截面图，旋转完成主体的设计结果如图 7-28b 所示。

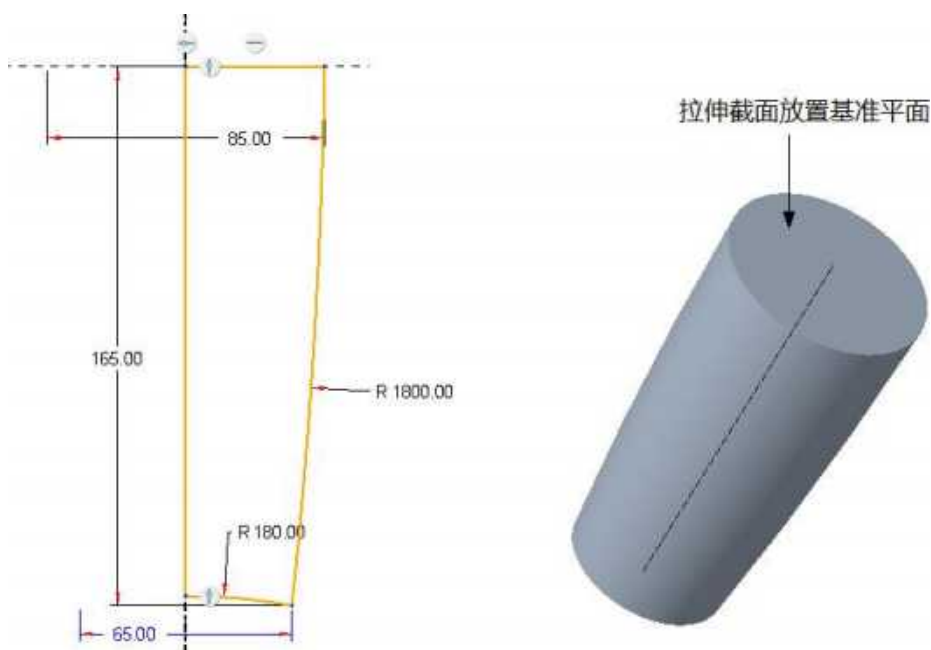


图 7-28 设计杯子主体

a) 旋转截面

b) 主体创建结果

启用拉伸功能，以图 7-28b 所示的拉伸截面放置基准平面创建如图 7-29a 所示直径为 76 圆为拉伸截面，向上拉伸高度为 25，结果如图 7-29b 所示。

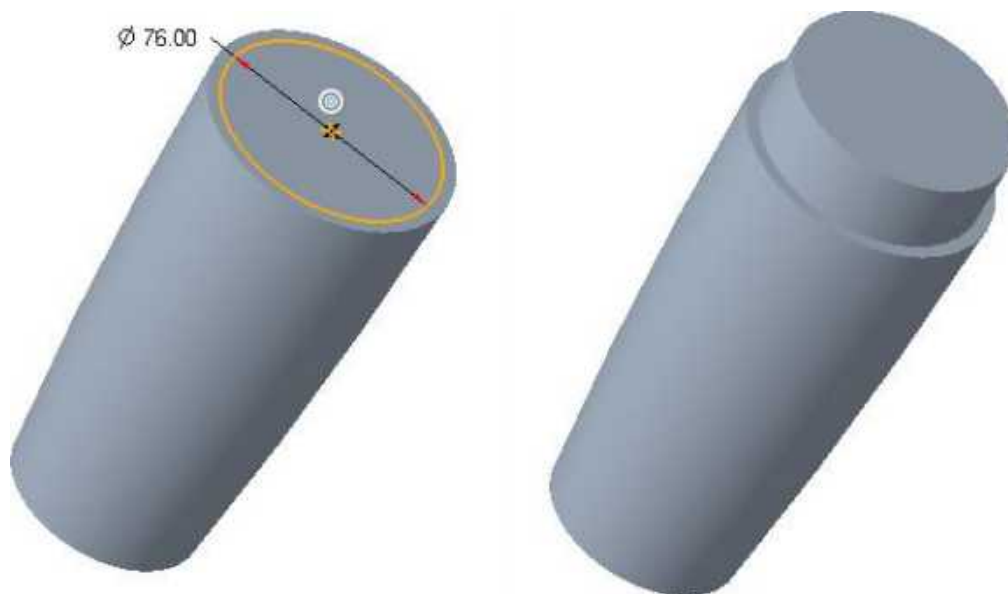


图 7-29 设计杯子主体上半部分

a) 拉伸截面

b) 创建结果

继续启用拉伸功能，以 FRONT 基准平面为放置平面，根据如图 7-30a 所示绘制拉伸截面图，以双向拉伸去除材料的方式拉伸修剪杯子主体，以完成纹路的设计，结果如图 7-30b 所示。

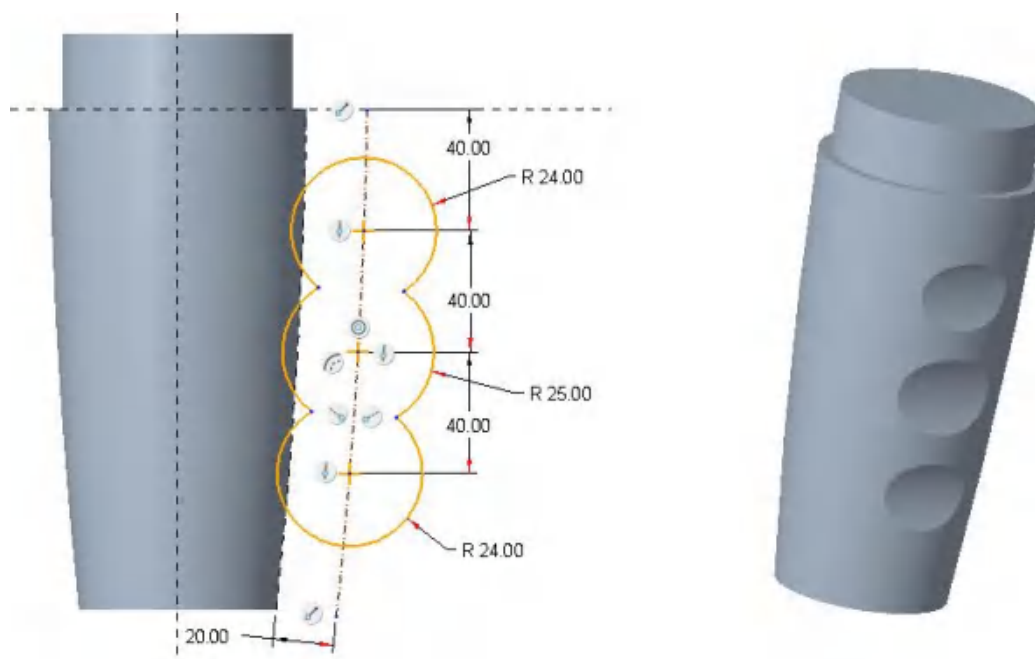


图 7-30 纹路设计

a) 拉伸截面

b) 创建结果

选择刚创建的纹路特征，选择【阵列】按钮，以轴阵列的方式阵列 4 个，每个阵列成员间的角度为 90，如预览效果如图 7-31a 所示。结果如图 7-31b 所示。

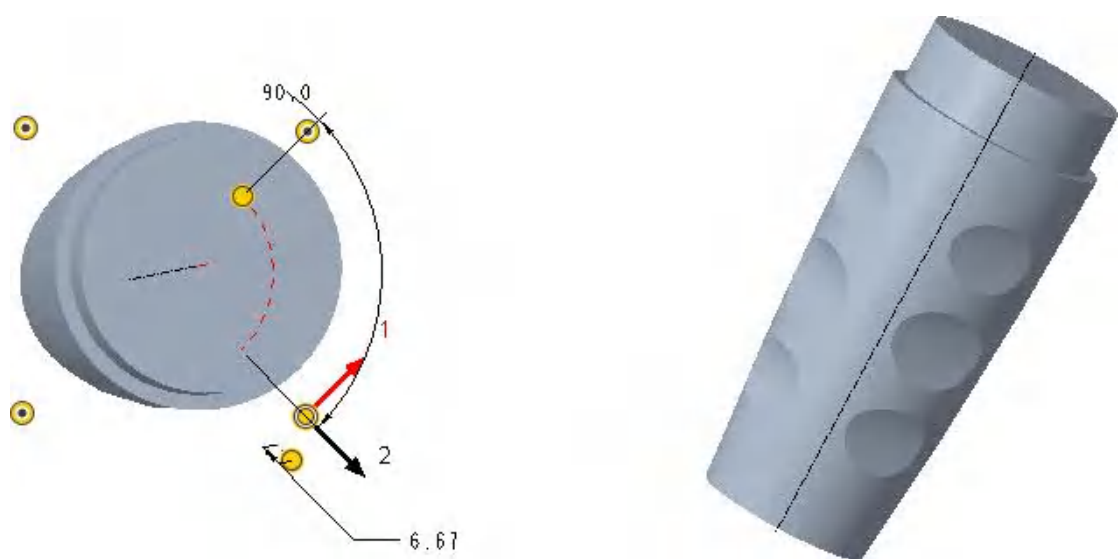


图 7-31 阵列纹路

a) 纹路阵列预览

b) 阵列结果

接着对杯子的主体进行倒圆角处理，参数如图 7-32a 所示，接着以杯子主体的上表面进行抽壳处理，壁厚为 2，结果如图 7-32b 所示。

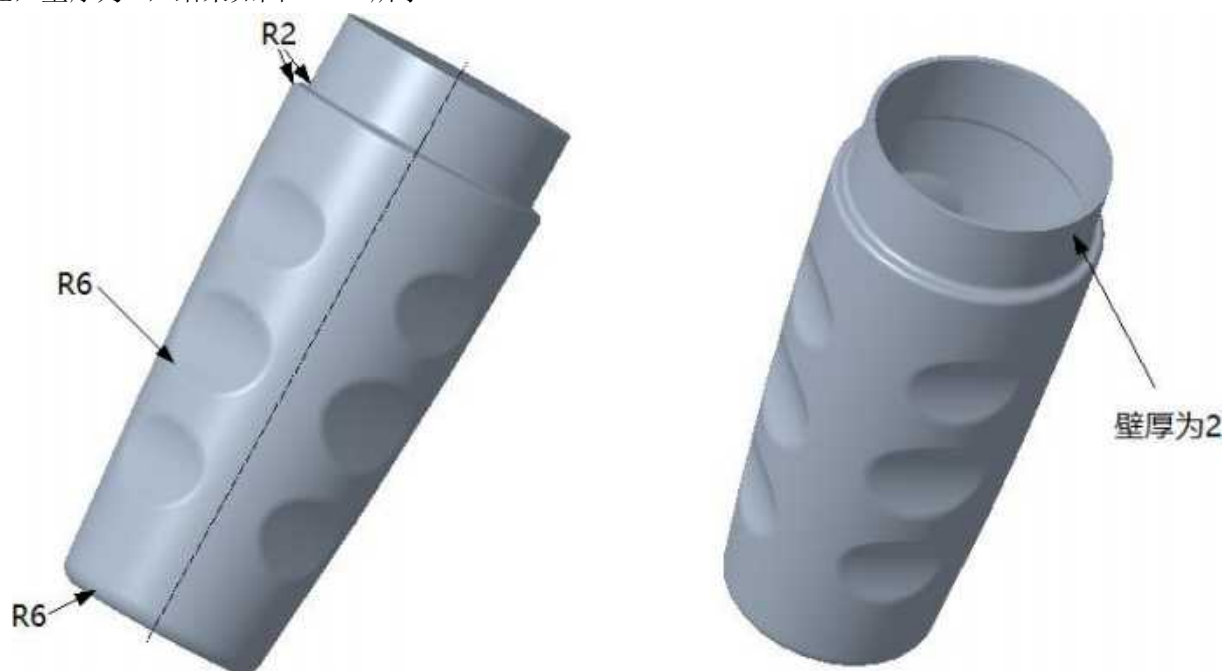


图 7-32 抽壳处理

a) 倒圆角

b) 抽壳结果

接着对“zhuti”文件进行保存。

选择如图 7-33a 所示的杯身内侧面，按住 Shift 键的同时，选择如图 7-33a 所示的沿边平面，完成整个杯身侧面所有曲面的选择，选择结果如图 7-33b 所示。

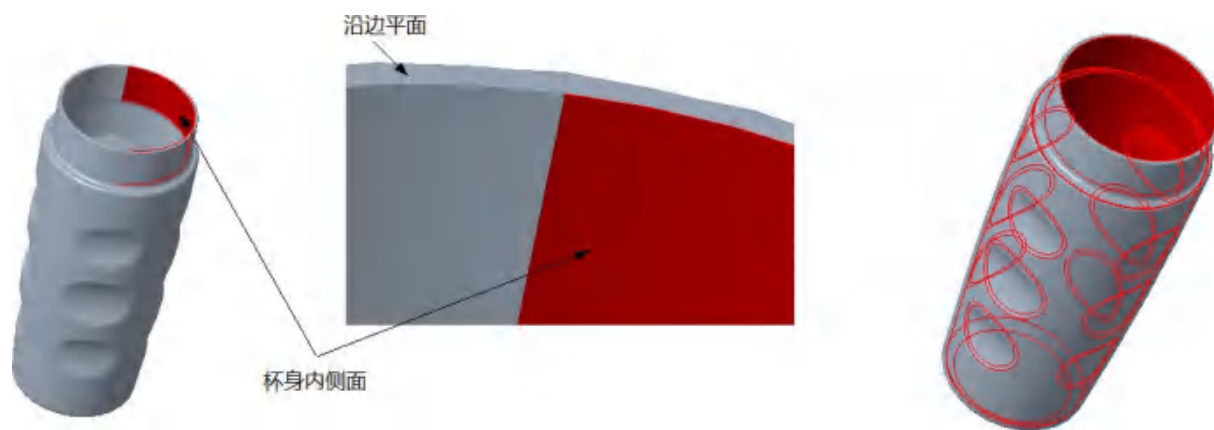


图 7-33 选择杯身内侧面

a) 选择对象

b) 选择结果

分别先后按住 Ctrl+C 和按住 Ctrl+V，以完成曲面的复制，如图 7-34a 所示。在杯子主体开口以填充的方式创建一平整曲面，该平整曲面截面与杯子主体开口大小一致，结果如图 7-34b。

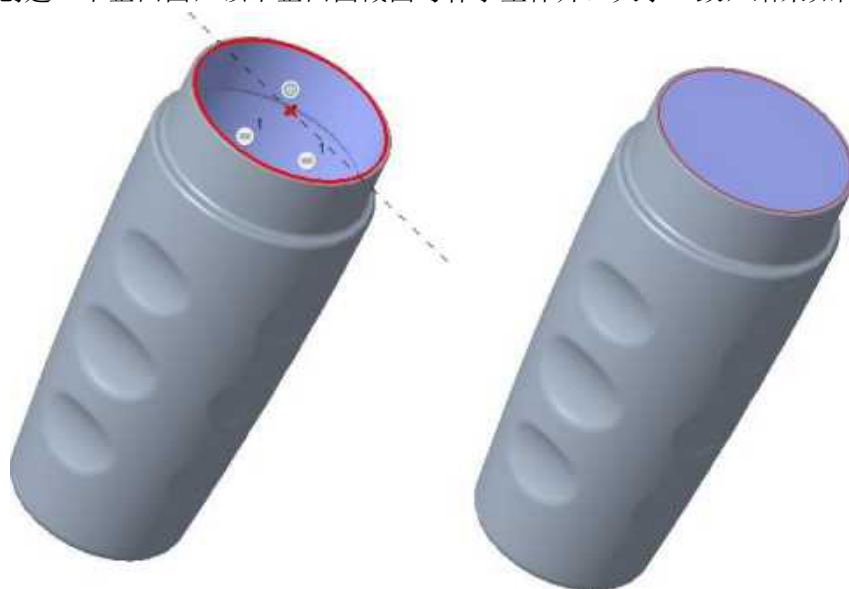


图 7-34 以填充方式创建平整曲面

a) 平整曲面截面

b) 创建结果

同时选择刚创建的平整曲面和刚复制得到的曲面，采用合并功能对两曲面进行合并，结果如图 7-35a 所示。继续选对刚合并的曲面，在【分析】功能区的【测量】面板上单击【体积】按钮  体积，测量结果如图 7-35b 所示。杯子的容积为 96416.7mm^3 ，即杯子的容量为 0.0964167 升。

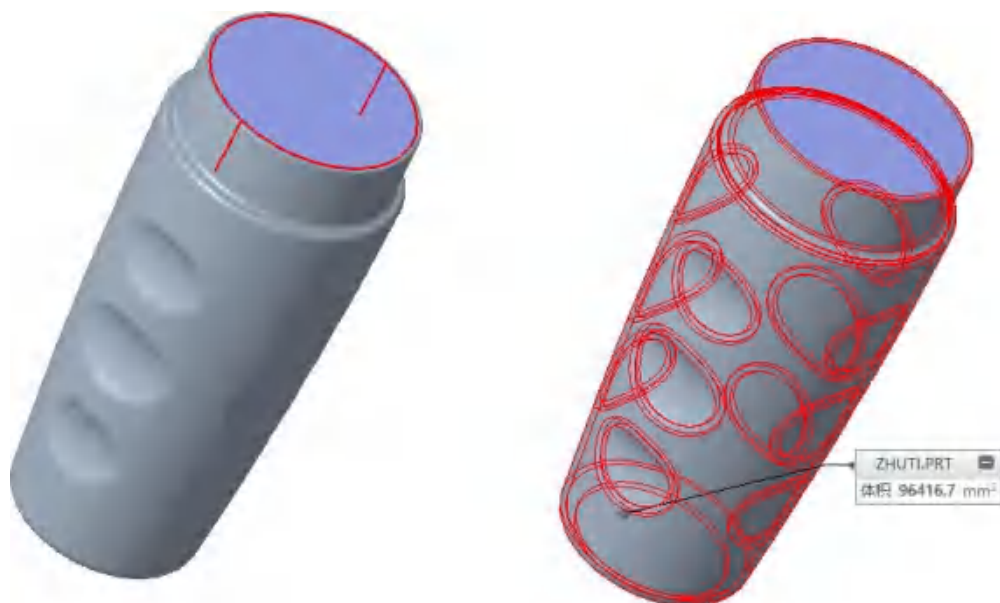


图 7-35 合并和测量

a) 合并曲面

b) 测量结果

将合并后的曲面隐藏，对杯子主体文件进行保存。至此完成了杯子主体的设计。

2 设计杯盖

在【主页】功能区选择【新建】命令 ，打开【新建】对话框并选择【组件】选项和【子类型】选项中的【设计】选项，输入组件文件的【名称】为：beizhi，不选用系统的缺省模板而是选用 mmks_asm_design_abs(公制)模板，单击【确定】按钮  进入装配模式。

在【元件】面板上单击【装配元件】按钮 ，系统弹出【打开】对话框，选择“zhuti.prt”文件，以默认的方式进行装配。

在【元件】面板上单击【创建】按钮 ，系统弹出【元件创建】对话框，在【类型】选项组中选择【零件】选项，在【子类型】选项中选择【实体】选项，输入文件【名称】为：beigai，单击【确定】按钮 ，系统弹出【创建选项】对话框，在【创建方法】选项组中选择【创建特征】选项，单击【确定】按钮 。

系统进入零件模式，在特征工具栏上单击【旋转】按钮 ，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，以基准平面 ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 为草绘参照，绘制如图 7-36a 所示截面，旋转创建杯盖主体。对侧边进行倒圆角 R2 处理，结果如图 7-36b 所示。

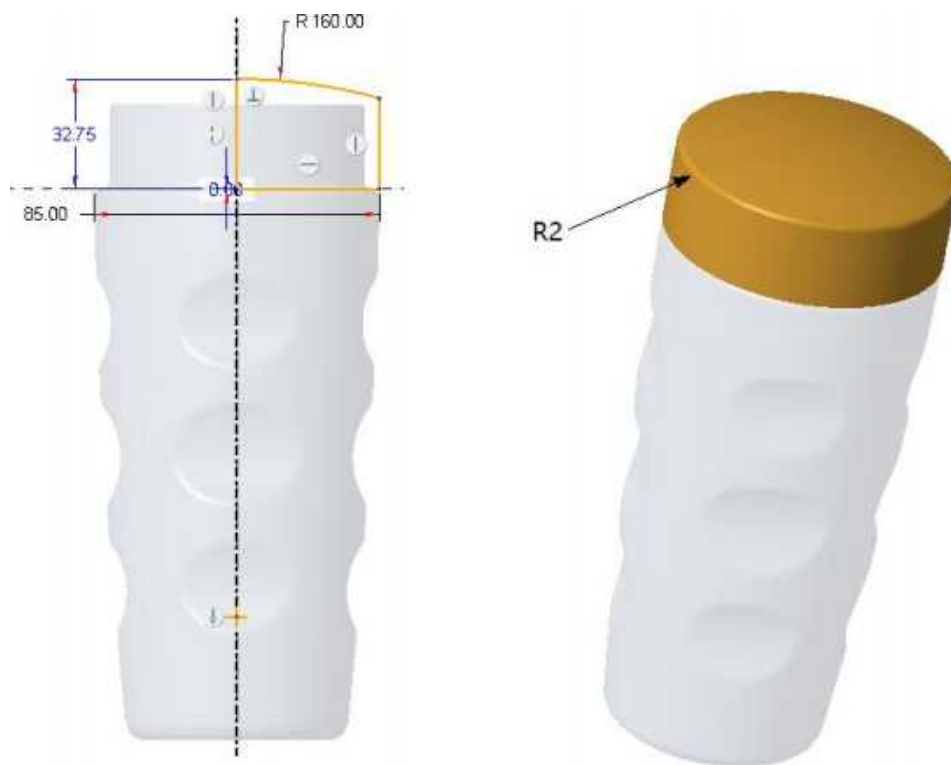


图 7-36 创建杯盖主体

a) 旋转截面

b) 创建结果

对杯盖的底部进行抽壳处理，壁厚为 2，结果如图 7-37 所示。

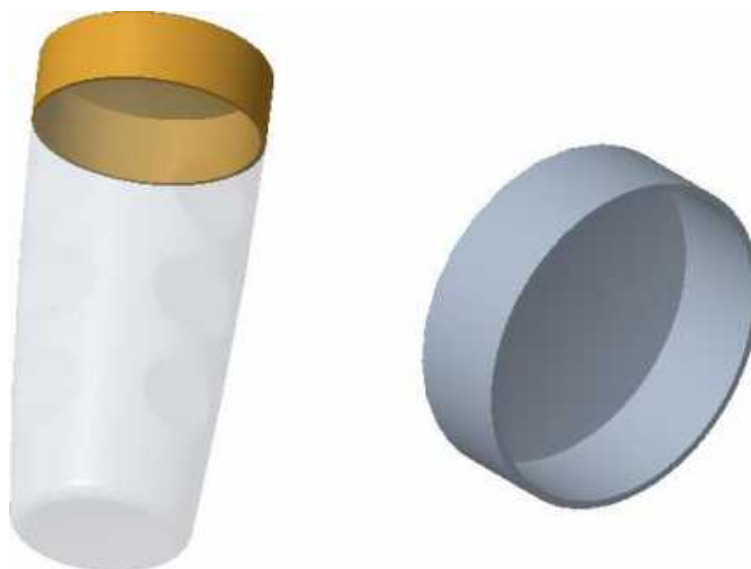


图 7-37 抽壳处理

使用草绘功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，绘制一段直线，具体尺寸如图 7-38a 所示，结果如图 7-38b 所示。

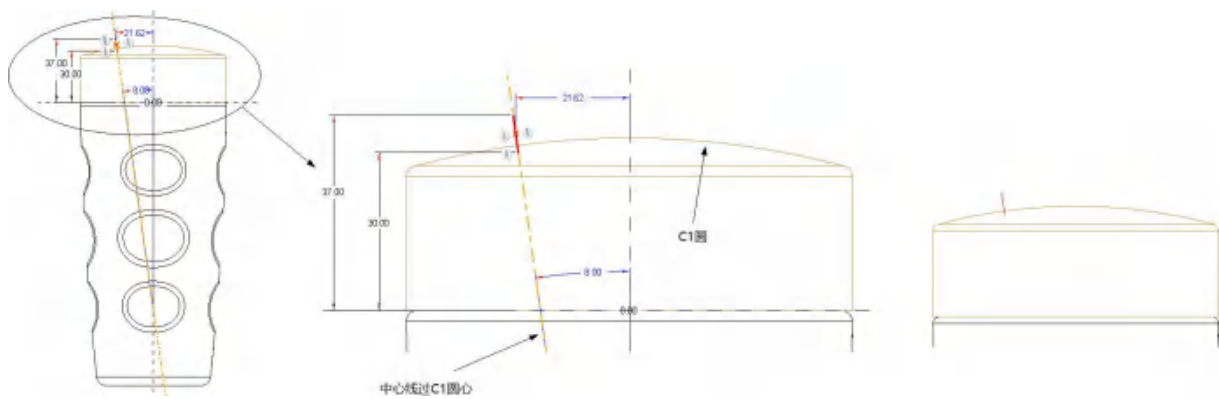


图 7-38 绘制直线段

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

选择扫描功能，以刚创建的直线段为扫描轨迹，以垂直于轨迹的方式绘制如图 7-39a 所示的截面，扫描结果如图 7-39b 所示。

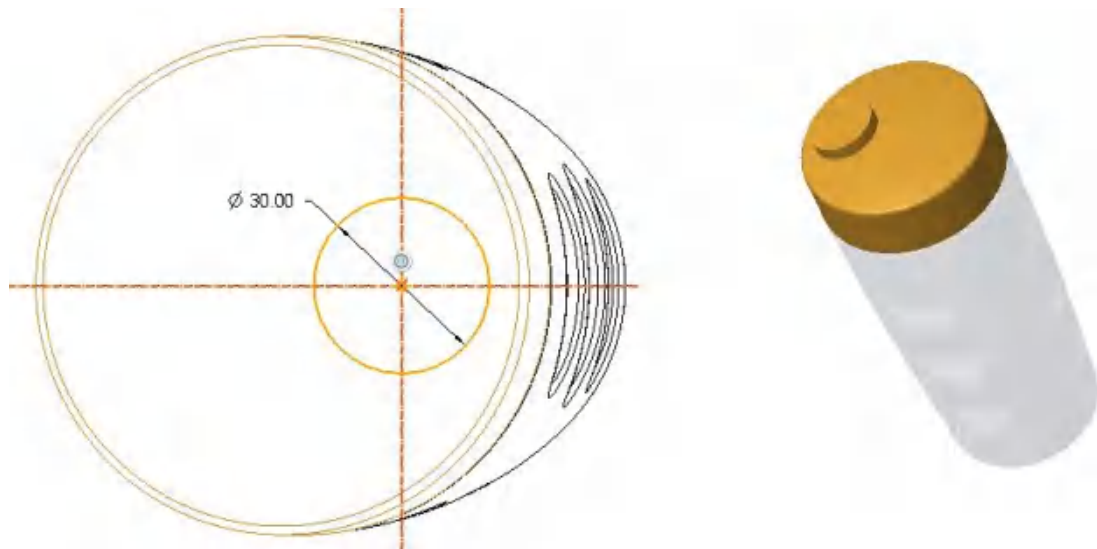


图 7-39 创建出水口

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

技术指导：在装配环境下进行零件的设计时，建议应在每完成一个零件后进行全局干涉分析，如此处将用于扫描生成的出水口处如图 7-38a 所示扫描轨迹加长再扫描得到的特征将会与杯帽产生干涉。此时，需要及时调整相关干涉的特征参数，以避免产生干涉现象。

全局干涉分析方法：在【分析】功能区的【检查几何】面板上选择【全局干涉】按钮  全局干涉，系统弹出【全局干涉】对话框，如图 7-40 所示。单击【预览】按钮，分析结果如图 7-40 所示。系统将存在干涉的部位采用红色高亮显示，同时在【全局干涉】对话框显示相关零件的干涉情况，如此处杯盖与杯帽存在交叉。



图 7-40 全局干涉分析

选择拉伸功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，以基准平面 ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 为草绘参照，绘制如图 7-41 所示截面。

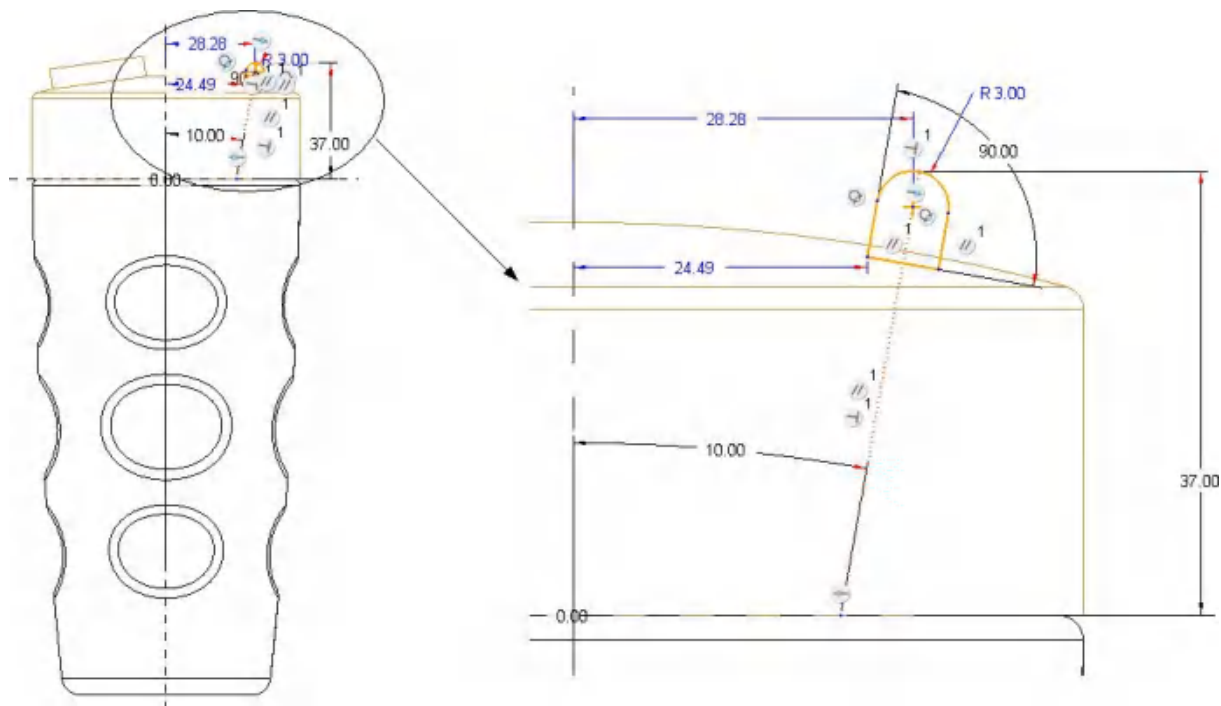


图 7-41 绘制拉伸截面

使用该截面两侧同时拉伸为 10，结果如图 7-42 所示。

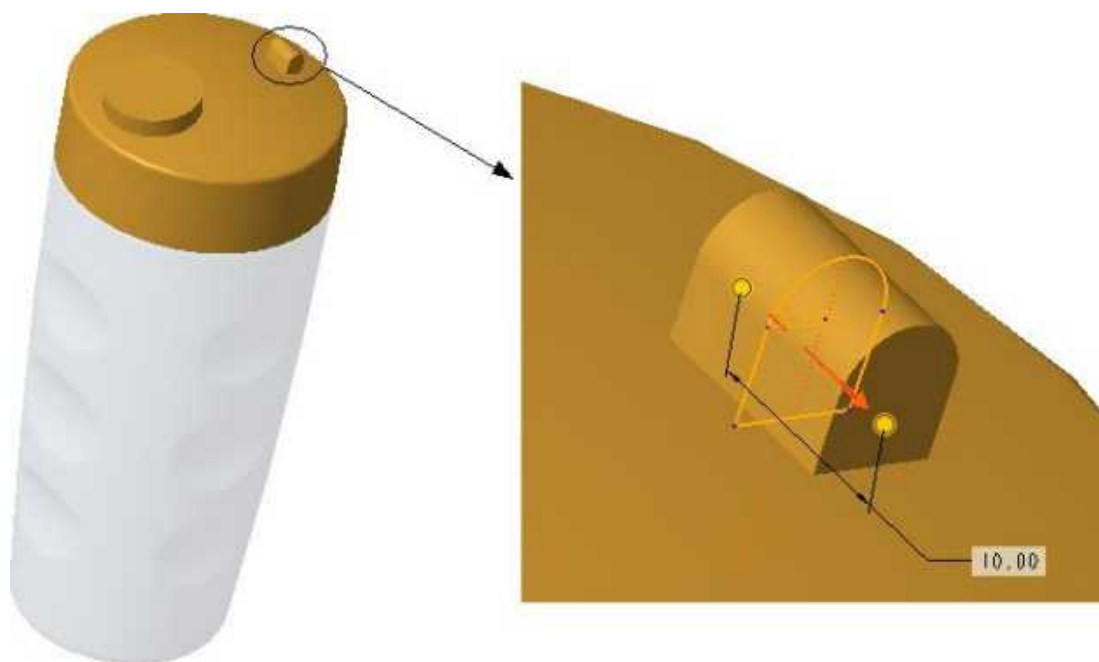


图 7-42 创建定位特征

启用拉伸功能，在刚创建的定位特征上创建通孔。孔的截面直径为 3，如图 7-43a 所示。孔创建效果如图 7-43b 所示。

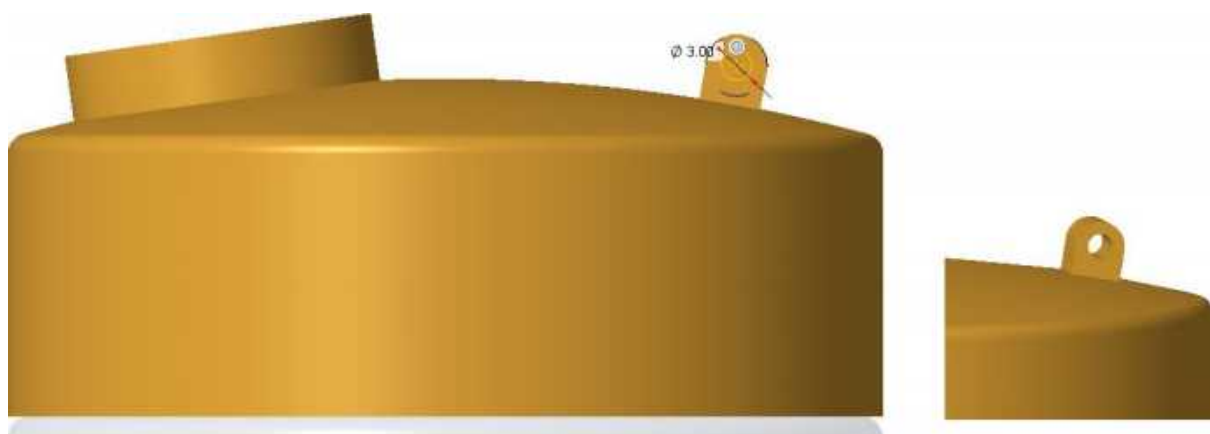


图 7-43 创建定位孔

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

启用草绘功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，绘制一段直线，具体尺寸如图 7-44a 所示，结果如图 7-44b 所示。

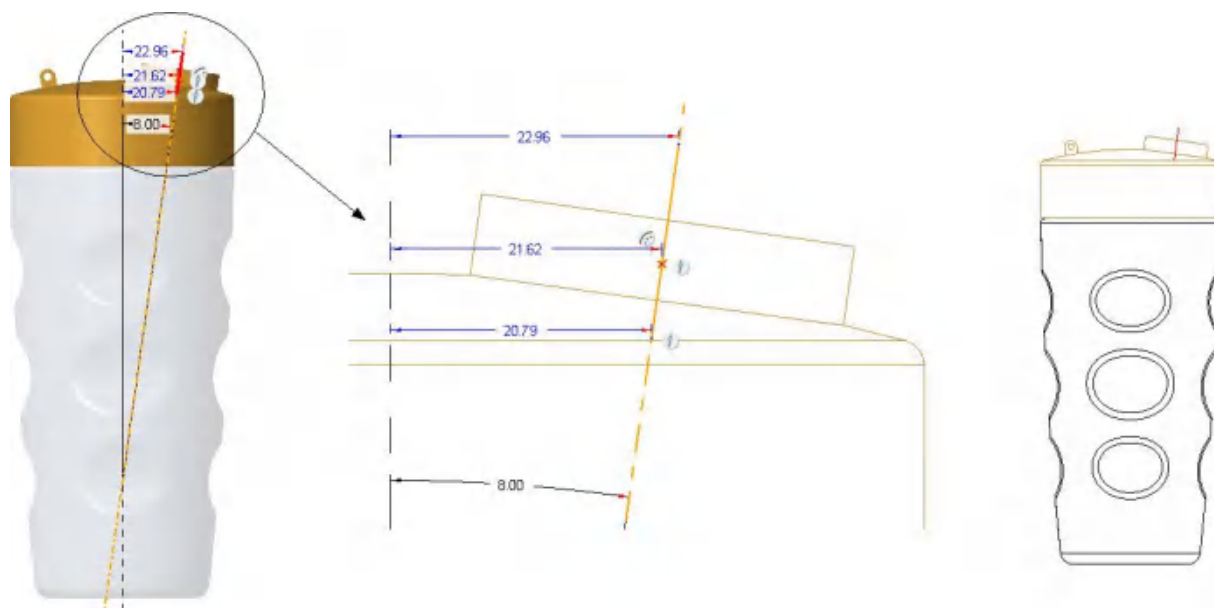


图 7-44 绘制直线段

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

选择扫描功能，采用移除材料的方式，以刚创建的直线段为扫描轨迹，以垂直于轨迹的方式绘制如图 7-45a 所示的截面，扫描结果如图 7-45b 所示。

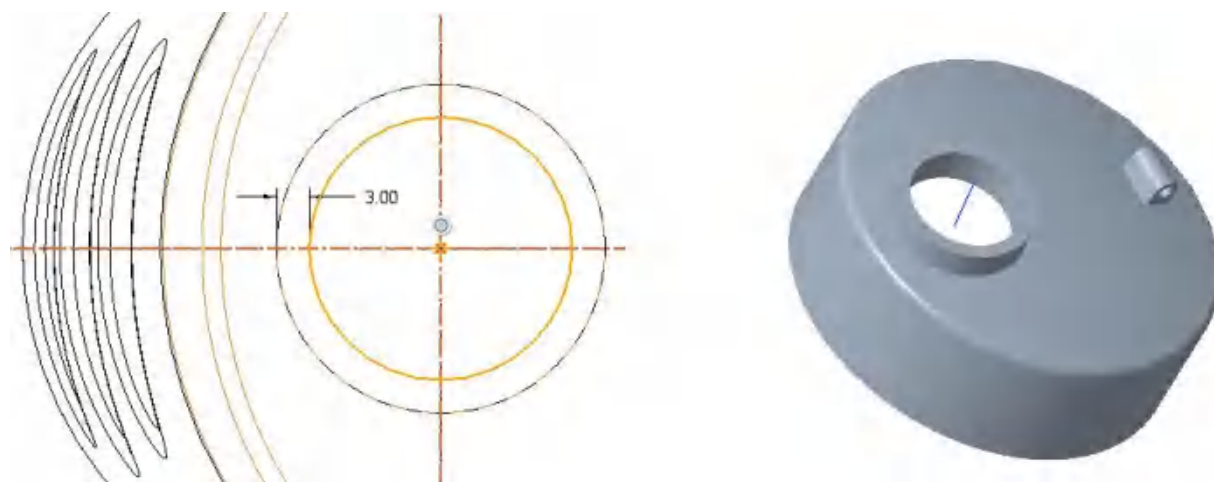


图 7-45 创建出水口

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

对文件进行保存。至此完成了杯盖的设计。

3 设计杯帽

在【元件】面板上单击【创建】按钮，以文件【名称】为“beimao”创建新特征。

系统进入零件模式，选择拉伸功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，以基准平面 ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 为草绘参照，绘制如图 7-46 所示截面。

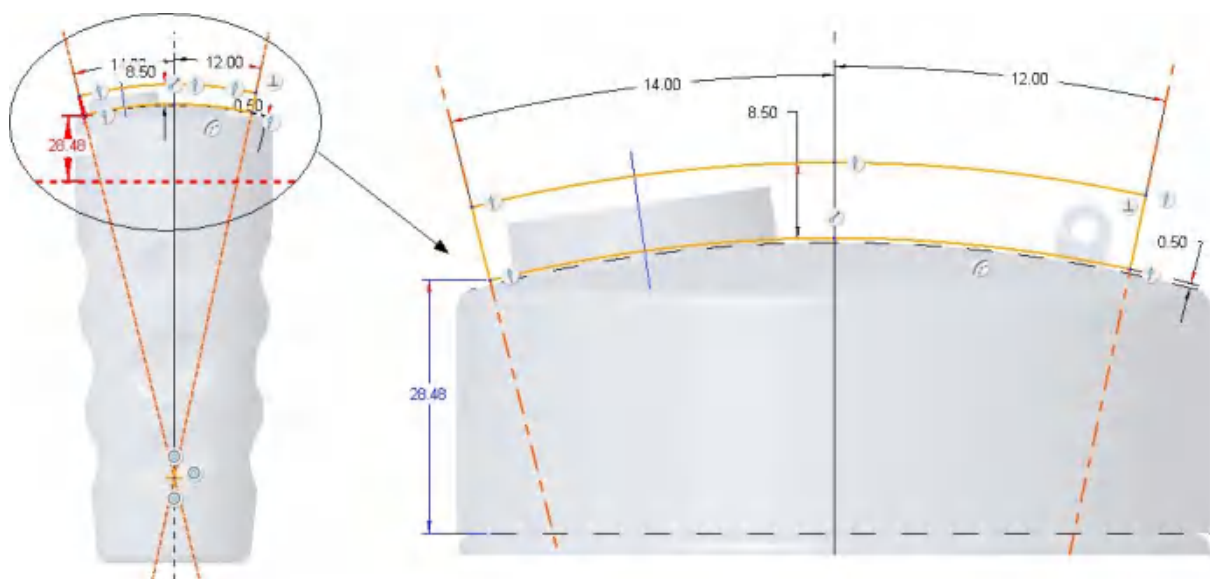


图 7-46 绘制杯帽截面

使用该截面两侧同时拉伸为 36，结果如图 7-47 所示。

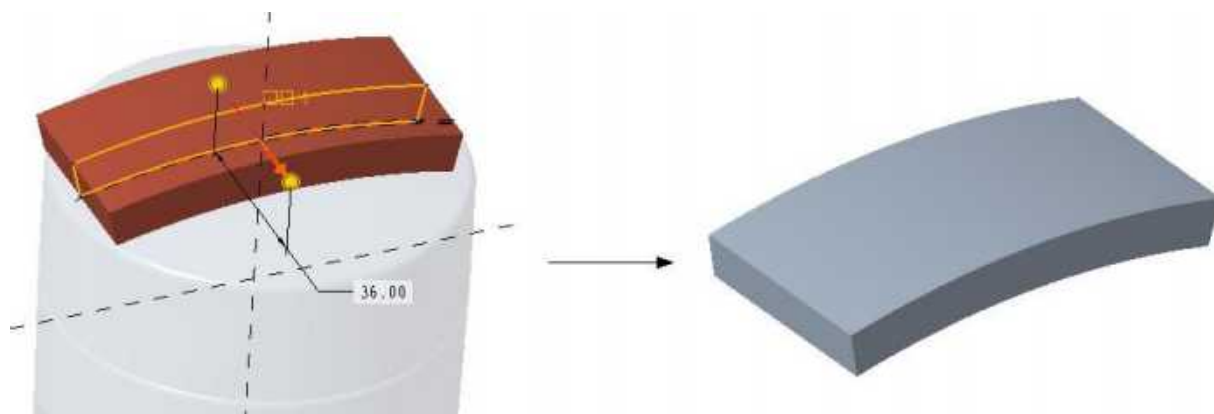


图 7-47 创建杯帽主体

对杯帽主体进行倒圆角，圆角大小如图 7-48 所示。

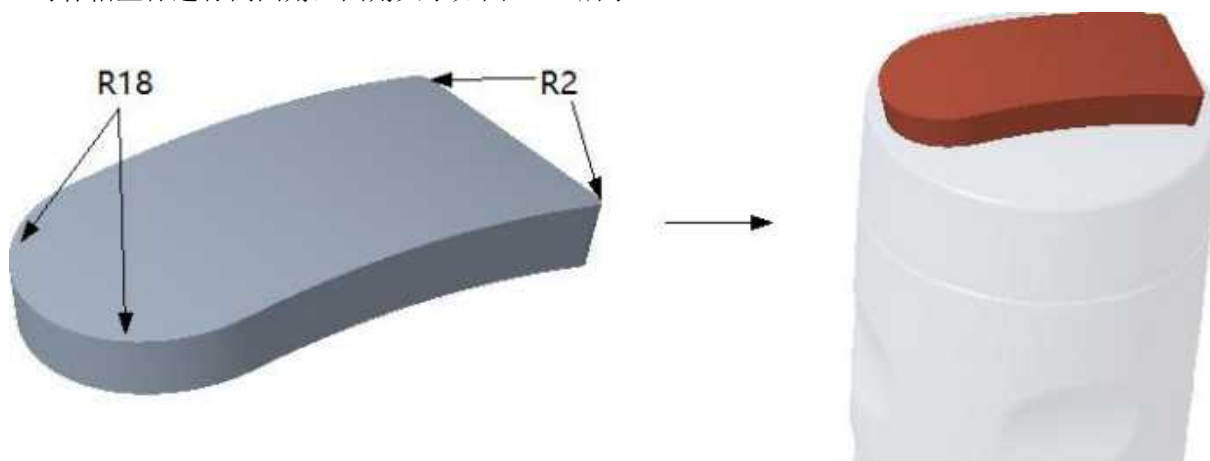


图 7-48 倒圆角处理

使用草绘功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，绘制一段直线，具体尺寸如图 7-49a 所示，结果如图 7-49b 所示。注意该直线段所在的中心线同时穿过定位孔和 C1 圆的圆心。

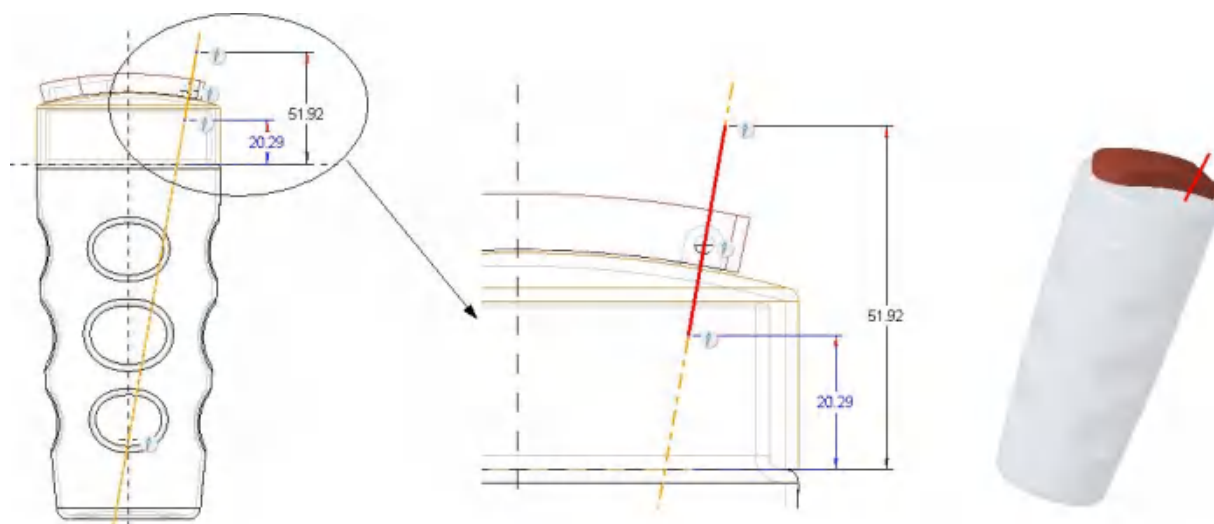


图 7-49 绘制直线段

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

选择扫描功能，以移除材料的方式，选择刚创建的直线段为扫描轨迹，以垂直于轨迹的方式绘制如图 7-50a 所示的截面，扫描结果如图 7-50b 所示。

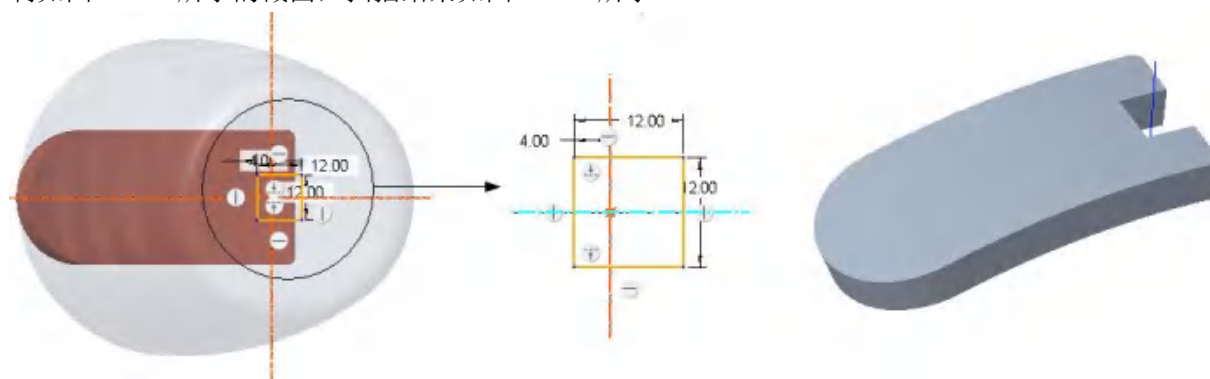


图 7-50 绘制直线段

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

对杯帽的侧边进行倒圆角 R2 处理，结果如图 7-51a 所示。对杯帽的底部进行抽壳处理，壁厚为 2，结果如图 7-51b 所示。

此面周边倒R2处理



a) 倒圆角

壁厚为2



b) 抽壳

图 7-51 倒圆角与抽壳处理

以拉伸的方式，在刚创建的定位特征上创建通孔。孔的截面直径为 3，如图 7-52a 所示。孔创建效果如图 7-52b 所示。

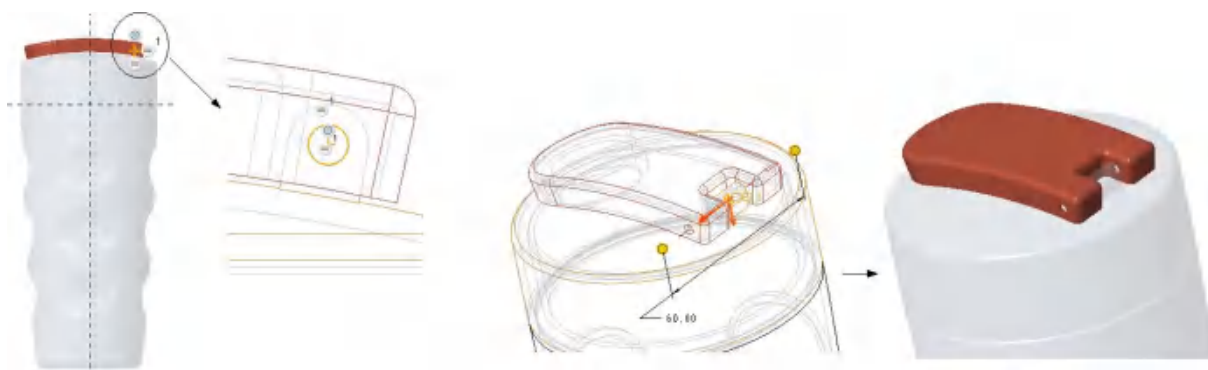


图 7-52 创建定位孔

a) 孔截面

b) 创建结果

使用草绘功能，选择 FRONT 基准平面为草绘平面，绘制一段直线，具体尺寸如图 7-53a 所示，结果如图 7-53b 所示。注意该直线段所在的中心线同时穿过定位孔和 C1 圆的圆心。

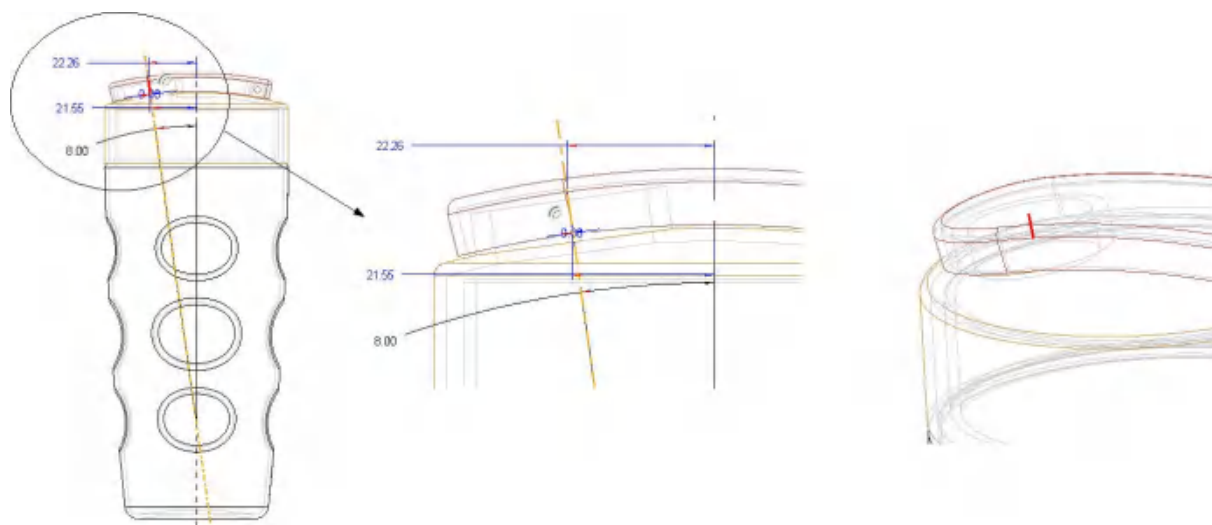


图 7-53 绘制直线段

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

选择扫描功能，以增加材料的方式，选择刚创建的直线段为扫描轨迹，以垂直于轨迹的方式绘制如图 7-54a 所示的截面（该截面为两个同心圆，两圆直径分别为 20 和 24），扫描结果如图 7-54b 所示。

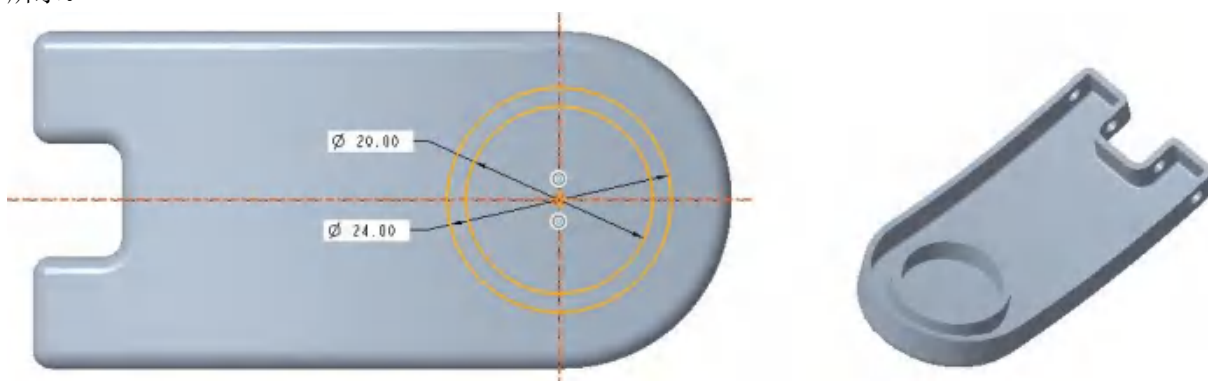


图 7-54 创建出水口卡位

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

对文件进行保存。至此完成了杯盖的设计。

4 设计连轴

在【元件】面板上单击【创建】按钮, 以文件【名称】为“zhou”创建新特征。

系统进入零件模式, 选择拉伸功能, 选择 FRONT 基准平面为草绘平面, 以基准平面 ASM_RIGHT 和 ASM_TOP 为草绘参照, 通过投影方式直接提取孔的截面圆绘制如图 7-55a 所示截面。双侧拉伸 36, 结果如图 7-55b 所示。



图 7-55 创建连轴

a) 具体尺寸参数

b) 创建结果

通过对杯子进行分解, 如图 7-56 所示。



图 7-56 分解杯子装配体

至此, 完成了杯子的设计。杯子的容量为 0.0964167 升。

项目提升

请设计一万向联轴器，联轴器的最大直径为 50。
参考设计结果如图 7-57 所示。

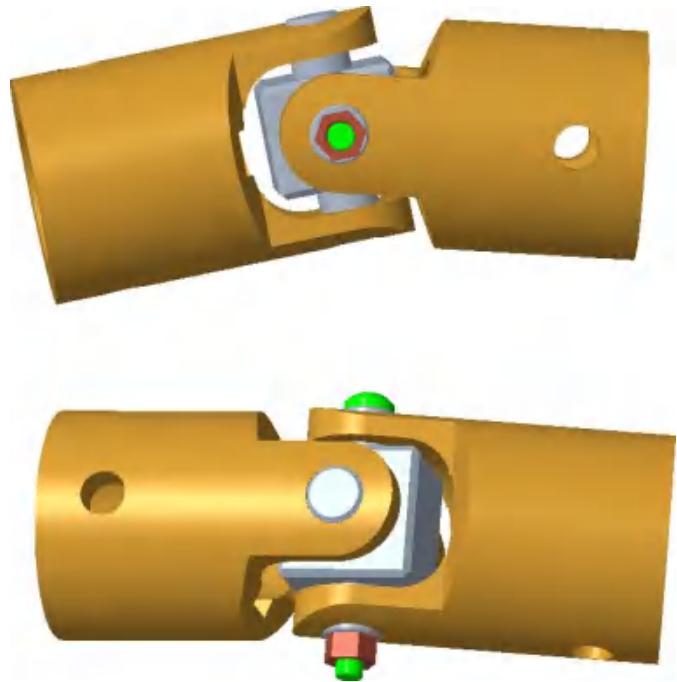


图 7-57 万向联轴器

项目评价

请用户根据任务的完成情况，完成表 7-2 能力提升清单的自我评价。

表 7-2 能力提升清单

评价项目	评价等级
能独立根据教材或在教师的引导下完成杯子的设计	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能熟练在装配环境下选择合适的几何参照，实现高效绘图。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能在装配环境下通过新建特征的方式不断完成其他零件的设计。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能独立完成杯子容积的测量分析。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能采用全局干涉分析功能对完成设计的零件进行分析，并能对存在干涉现象的零件通过调整相关参数避免干涉现象的产生。	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
能在实战操作过程中遇到困难时主动向教师或同学求助	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同

	同
能独立或与同伴共同完成“项目提升”的任务要求	☐ 非常赞同 ☐ 赞同 ☐ 基本赞同 ☐ 不赞同 ☐ 非常不赞同
结果	非常赞同（ ）项 赞同（ ）项 基本赞同（ ）项 不赞同（ ）项 非常不赞同（ ）项

项目总结

通过本项目的实践学习，用户经过杯子的实践设计，体验了更加完整的产品设计要素过程。完整产品的设计由于涉及到装配以及各零件之间的装配和运动关系，需要考虑的细节将更加多，可通过【全局干涉】等分析功能进行分析，并能针对存在干涉现象的零件进行参数调整。借助装配环境进行设计将更加高效且不容易出错。同时利用 Creo 的参数化设计功能，使模型参数的调整与模型的再生形成了及时的动态互动过程，使得设计更加便捷高效。

石材平面拼图产品制作

主 编：陈立冠 刘群英 孙春石
参 编：夏 冬 刘铁雄 蒋沛洋
潘欣欣 黄荧嫦



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

—北京—



石材工艺专业教学开发编委会

主 任:

覃敬文

副主任:

杨晓明 梁新林

成 员:

朱永亮 杨志义 梁建坤 覃 军 赵小灵

参 编:

夏 冬 刘铁雄 蒋沛洋 潘欣欣 黄荧嫦



前言 Contents

云浮市素有“中国石都”美誉，经过多年发展，云浮市已发展为全国三大石材基地之一，是我国国内外名优石材主要的加工和创新基地及石材贸易集散地。近年来云浮市委、市政府大力支持石材产业的升级改造、品牌创新和技术创新，将石材产业重点打造为全市支柱产业。在此背景下，云浮地区石材行业必将提出新的技术技能人才需求。

云浮技师学院根据云浮市地方支柱产业开设具有产业特色的石材工艺专业，该专业是以培养具备石材造型设计、石材工艺设计、石材产品制作等职业能力的高技能人才为培养目标，解决全市乃至全国石材工艺产业人才短缺的问题，为传承省非物质文化遗产“云浮石艺”作贡献的品牌特色专业。

该专业以人社部颁发的《一体化课程开发规范》为指导思想，遵循一体化课程改革模式，以职业岗位工作流程为导向，以行业产品类型学习单元模块，坚持职业技能与职业素养并重的人才培养体系，构建了工学一体化课程体系。

本教材由学校石材工艺专业课程开发团队陈立冠、刘群英、杨志义、夏冬、梁建坤、刘铁雄、潘欣欣、孙春石、蒋沛洋、赵小灵、黄荧嫦等老师在石材工艺专业教学开发编委会的指导下，通过行业企业调研，岗位需求分析、工作任务提取、教学任务转化、教学设计等环节编写而成。教材按照经济社会发展需要和技能人才培养规律，根据国家职业标准，以综合职业能力为培养目标，以具体工作任务为学习载体，按照工作过程和学习者自主学习要求设计和安排教学活动。

本教材按照行业石材平面拼图产品类型，设置了地面拼花产品制作、平面动物马赛克拼图制作、平面风景马赛克拼图制作三个代表性学习任务，并按照 PDCA 工作流程为每个学习任务设置若干学习单元。

本教材以职业岗位工作流程为导向，以综合职业能力为培养目标，以行业产品类型为学习单元模块，以具体工作任务为学习载体，按照工作过程和学习者自主学习要

求设计和安排教学活动。本书可作为石材建筑类专业的教学用书，也可用于石材行业企业技能培训用书。

在编写过程中参阅了国内出版的大量有关教材和资料，并利用了部分网络资源，部分图片由云浮市新高雅有限公司提供，在此对相关的作者表示感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请批评指正，并提出宝贵意见。

目录 Contents

学习任务一 地面拼花产品制作 / 1

学习单元一 读设计图 / 2

学习活动一 整体认知 / 2

学习活动二 读设计图 / 9

学习单元二 制定生产单 / 28

学习活动一 拆分图纸 / 28

学习活动二 生产单审核 / 48

学习单元三 制作拼花 / 50

学习活动一 工作准备 / 50

学习活动二 水刀（超高压水射流切割机）切割板材 / 72

学习活动三 打磨切料 / 77

学习活动四 拼接切料 / 82

学习活动五 水磨正面 / 93

学习活动六 桥切机切边 / 103

学习活动七 修补打蜡 / 108

学习单元四 质量检验 / 112

学习活动一 质量检验 / 112

学习单元五 产品包箱 / 118

学习活动一 产品装箱 / 118

学习任务二 平面动物马赛克拼图制作 / 125

学习单元一 接受任务 / 126

学习活动一	平面马赛克拼接石材产品认知 / 126
学习活动二	动物马赛克拼接任务分析 / 130
学习单元二	制作工作图 / 134
学习活动一	制定任务工作计划 / 134
学习活动二	参照图样绘制 1 : 1 工作图 / 136
学习单元三	拼接马赛克 / 140
学习活动一	工作准备 / 140
学习活动二	制作模板 / 145
学习活动三	选 料 / 149
学习活动四	粘 拼 / 150
学习活动五	上 胶 / 152
学习活动六	修 边 / 157
学习单元四	质量检验 / 158
学习活动一	质量检验 / 158
学习单元五	产品装箱 / 161
学习活动一	产品装箱 / 161

学习任务三 平面风景马赛克拼图制作 / 165

学习单元一	接受任务 / 166
学习活动一	平面马赛克拼接石材产品认知 / 166
学习活动二	风景马赛克拼接任务分析 / 169
学习单元二	制作工作图 / 177
学习活动一	制订任务工作计划 / 177
学习活动二	参照图样绘制 1 : 1 工作图 / 183
学习单元三	拼接马赛克 / 201
学习活动一	工作准备 / 201
学习活动二	制作模板 / 209
学习活动三	选 料 / 215
学习活动四	粘 拼 / 220

学习活动五 贴网上胶 / 221

学习活动六 修 补 / 226

学习单元四 质量检验 / 228

学习活动一 质量检查 / 228

学习单元五 装箱交付 / 229

学习活动一 产品包装、装箱 / 229

参考文献 / 235

学习任务一

地面拼花产品制作

任务情境描述



为将某校某课室讲台改成具有石材专业特色，由石材工艺班学生利用一个月时间，由老师提供若干图案，全班同学分组选定并设计方案，以投票形式选定最优方案，学校提供材料，合作企业提供场地及设备，完成地面拼花，并将尺寸正确、整体平整、粘贴牢固的产品用于铺在本班课室讲台地面上。上墙作品成绩评定为良或以上，合格未上墙作品评定为中等或合格，不合格产品评定为不合格。最终作品邀请全校师生参观，以激励学生的学习积极性。

学习活动一 整体认知

信息页 1.1.1

石材拼接产品整体概述

一、石材拼接产品分类

石材拼接产品分为水刀拼花和石材马赛克拼花两种。



水刀拼花



石材马赛克

二、水刀拼花原理

水刀拼花是利用超高压技术把普通的自来水加压到 250 ~ 400MPa 压力，再通过内孔直径为 0.15 ~ 0.35mm 的宝石喷嘴喷射形成速度为 800 ~ 1000m/s 的高速射流，加入适量的磨料来切割石材，金属等各类原材料，做成各种不同的图案造型。



水刀切割机

1. 水刀拼花切割特点

水刀切割可以对任何材料进行任意曲线的一次性切割加工（除水切割外其它切割方法都会受到材料品种的限制）；切割时不产生热量和有害物质，材料无热效应（冷态切割）。

切割后不需要或易于二次加工，安全、环保，成本低、速度快、效率高，可实现任意曲线的切割加工，方便灵活、用途广泛。水切割是目前适用性最强的切割工艺方法。

拼接产品的常见种类

名称	介绍	用途	图样
石材水刀拼花	石材水刀拼花是目前市场上最常见的水刀拼花，是利用水刀将各种颜色的石材切割成需要的造型，再用胶水拼接而成。大理石，花岗岩，玉石和人造石都是很好的材料选择	主要应用在星级酒店，大型商场，别墅，家装的客厅，餐厅和玄关	
金属水刀拼花	用于水刀拼花的金属主要有不锈钢和铜两种，另外就是和石材相搭配来组合一些拼花图案	由于金属水刀拼花其价格较高，色彩也比较单一，现阶段主要是被用于制作一些公司或酒店招牌	
模具马赛克	模具马赛克也可以讲是带缝的马赛克。其整体结构是由种类不同造型的标准化小单元块，块与块之间按照一定的缝隙标准、位置标准和图案分布要求进行顺序排列而成的不连续马赛克产品	拼块部分和拼花部分适用于代替其它材料的地面装修，主要适用于大面积使用的平面类装修；波打则适用于包括墙面、地面和其它需要界面区分的平面类的效果隔断或者收边部分，且有灵活的调整和重组优势	
小颗粒马赛克	小颗粒马赛克指基本上使用15mm的小颗粒为主，以无缝密排方式进行各类连续性图案拼接的、整体效果过渡较为自然的马赛克产品	适用于地面、墙面及各类平面类的装修；波打则适用于包括墙面、地面和其它需要界面区分的平面类的效果隔断或者收边部分，且有灵活的调整和重组优势。不过用于墙面的整体拼图装修效果更为适用	

续表

名称	介绍	用途	图样
3D 马赛克	3D 马赛克，即正面效果不是平面型的简单布局，而是为立体效果的模具马赛克产品	一般地，3D 马赛克拼图产品主要适用于室内外的墙面，尤其以做特殊墙面最为突出，其成本会低于单色的板材工艺造型	
断裂面马赛克	断裂面马赛克指由用冲床加工后正表面呈自然断裂状的效果的单元块小块，经过手工按照设计要求而无缝拼接而成的、表面呈凹凸不平的不规则马赛克	拼块部分主要适用于承重较小的需要防滑的地面、室内外墙裙、踢脚类。波打部分与断裂面拼块组合效果较为协调	
马赛克地毯	马赛克地毯是针对于其整体地面或者某一墙面部分在象征性意义，或者某部分特色集中表现的需要而专门设计的、图案较有代表性的	主要用于地面和其它需要界面区分的平面类的效果隔断	
古堡砖	大众化意义可以总结为小规格的震动面薄板。实际上就是经过高频震动后的小薄板	适用于一般的各个平面装修的需要	

工作页 1.1.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请记录 PPT 中的关键词，并把关键词写在下列相应问题的横线上。

1. 什么是石材拼接产品？

.....

.....

2. 石材拼接产品按加工工艺来分类常见的有哪几类？

.....

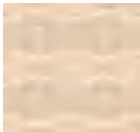
.....

3. 石材拼接产品主要用于哪里？

.....

.....

4. 请从下面的图片中选出石材拼接的产品并写出其用途。

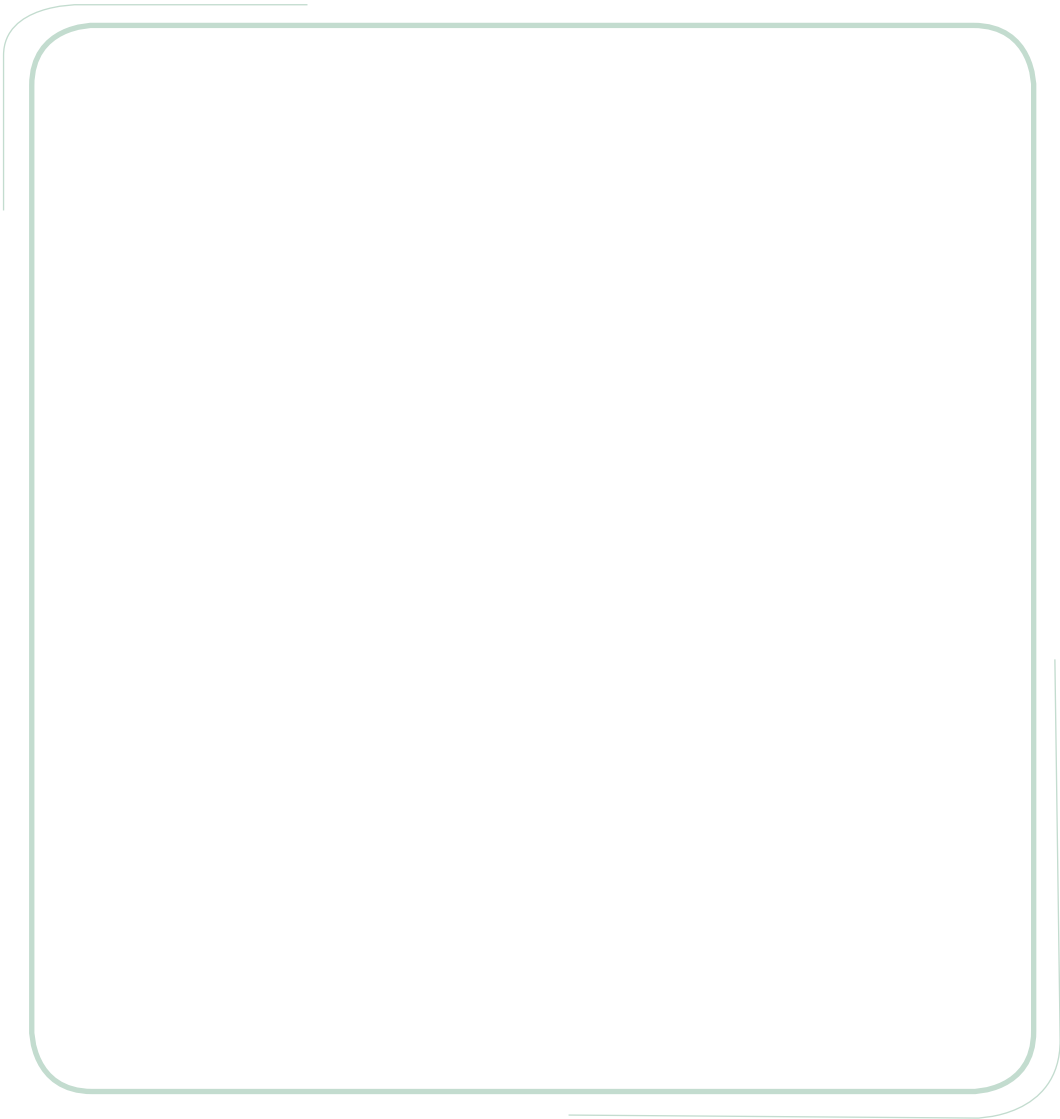
			
☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否
用途：	用途：	用途：	用途：
			
☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否	☐ 是 ☐ 否
用途：	用途：	用途：	用途：

工作页 1.1.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据下面要求手工制作一份“石材拼接产品概要介绍”海报，将成果抄画在空白页上。

- (1) 标题：根据内容自定义。
- (2) 内容：包含石材拼接产品概念、种类、用途及装饰案例。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	快速阅读能力（5 分）		5	能快速准确明确任务要求并清晰表达，得 5 分； 能主动沟通，在教师指导后达标，得 3 分； 其余不得分			

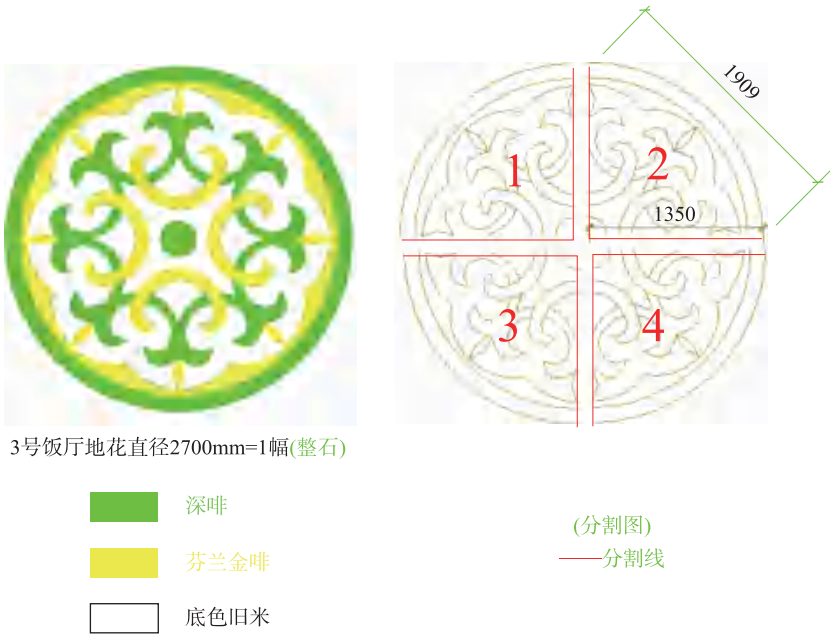
续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	制作石材 拼接产品 概要介绍 海报	信息内容	15	信息内容全面得 15 分； 信息内容不够全面得 1 ~ 14 分； 与内容不符的不得分			
		小组分工	10	小组分工明确并落实，得 10 分； 小组分工明确但未落实，得 1 ~ 9 分			
		整洁、无错别字	10	版面整洁、无错别字，得 10 分； 版面整洁、有错别字，1 ~ 3 分； 其他情况不得分			
		制作时间	5	在规定时间内完成，得 10 分			
3. 工作 页完成 情况 (20 分)	按时完成 工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

学习活动二 读设计图

信息页 1.2.1

一、水刀拼花相关的图纸（案例一）



3号饭厅地花直径2700mm=1幅(整石)

加工说明

产品名称：3 号饭厅地花

规格：直径 2700mm

数量：1 幅

工序	人员	工时	要 求
读设计图、拆分图纸	绘图员	1h	尺寸正确、选料明确（深啡、芬兰金啡、底色旧米）、尺寸标注、排版标号
图纸审核	图纸审核员	0.5h	图纸规范、工艺可行性、加工的经济性
水刀切割板材	水刀工	2h	尺寸正确、避掉缺陷，保证板面干净，注意加工造型精度
打磨切料	打磨工	2h	控制配合面间隙不大于 1mm

续表

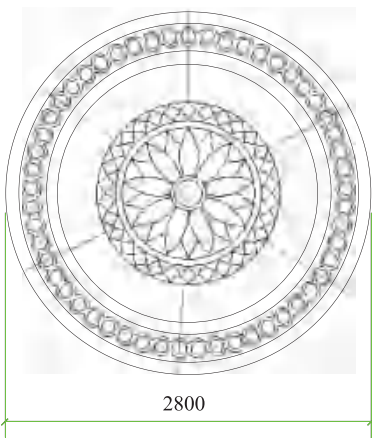
工序	人员	工时	要 求
拼接	打磨工	1h	调色合适、上胶合理
水磨正面	水磨工	2h	保证正面的平整度、光泽度
桥切机切边	桥切工	0.5h	尺寸正确，保证板面干净
修补打蜡	修补工	0.5h	调色合适、上胶合理，保证板面的光泽度
质量检验	质检员	0.5h	达到质量检验标准要求
产品装箱	装箱工	0.5h	达到产品装箱要求

二、水刀拼花相关的图纸（案例二）



3号客厅地花直径2800mm=1幅(整石)

- 深啡
- 芬兰金啡
- 旧米



(分割图)
—分割线

加工说明

产品名称：3 号客厅地花
规格：直径 2800mm
数量：1 幅

工序	人员	工时	要 求
读设计图、拆分图纸	绘图员	1h	尺寸正确、选料明确（深啡、芬兰金啡、底色旧米）、尺寸标注、排版标号
图纸审核	图纸审核员	0.5h	图纸规范、工艺可行性、加工的经济性

续表

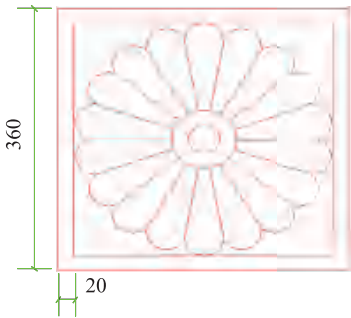
工序	人员	工时	要 求
水刀切割板材	水刀工	2h	尺寸正确、避掉缺陷，保证板面干净，注意加工造型精度
打磨切料	打磨工	2h	控制配合面间隙不大于 1mm
拼接	打磨工	1h	调色合适、上胶合理
水磨正面	水磨工	2h	保证正面的平整度、光泽度
桥切机切边	桥切工	0.5h	尺寸正确，保证板面干净
修补打蜡	修补工	0.5h	调色合适、上胶合理，保证板面的光泽度
质量检验	质检员	0.5h	达到质量检验标准要求
产品装箱	装箱工	0.5h	达到产品装箱要求

三、水刀拼花相关的图纸（案例三）



3号地花：360mm×360mm=8幅（整石）

- 深啡
- 芬兰金啡
- 旧米



加工说明

产品名称：3 号地花

规格：360mm × 360mm

数量：8 幅

工序	人员	工时	要 求
读设计图、拆分图纸	绘图员	1h	尺寸正确、选料明确（深啡、芬兰金啡、底色旧米）、尺寸标注、排版标号
图纸审核	图纸审核员	0.5h	图纸规范、工艺可行性、加工的经济性
水刀切割板材	水刀工	2h	尺寸正确、避掉缺陷，保证板面干净，注意加工造型精度

续表

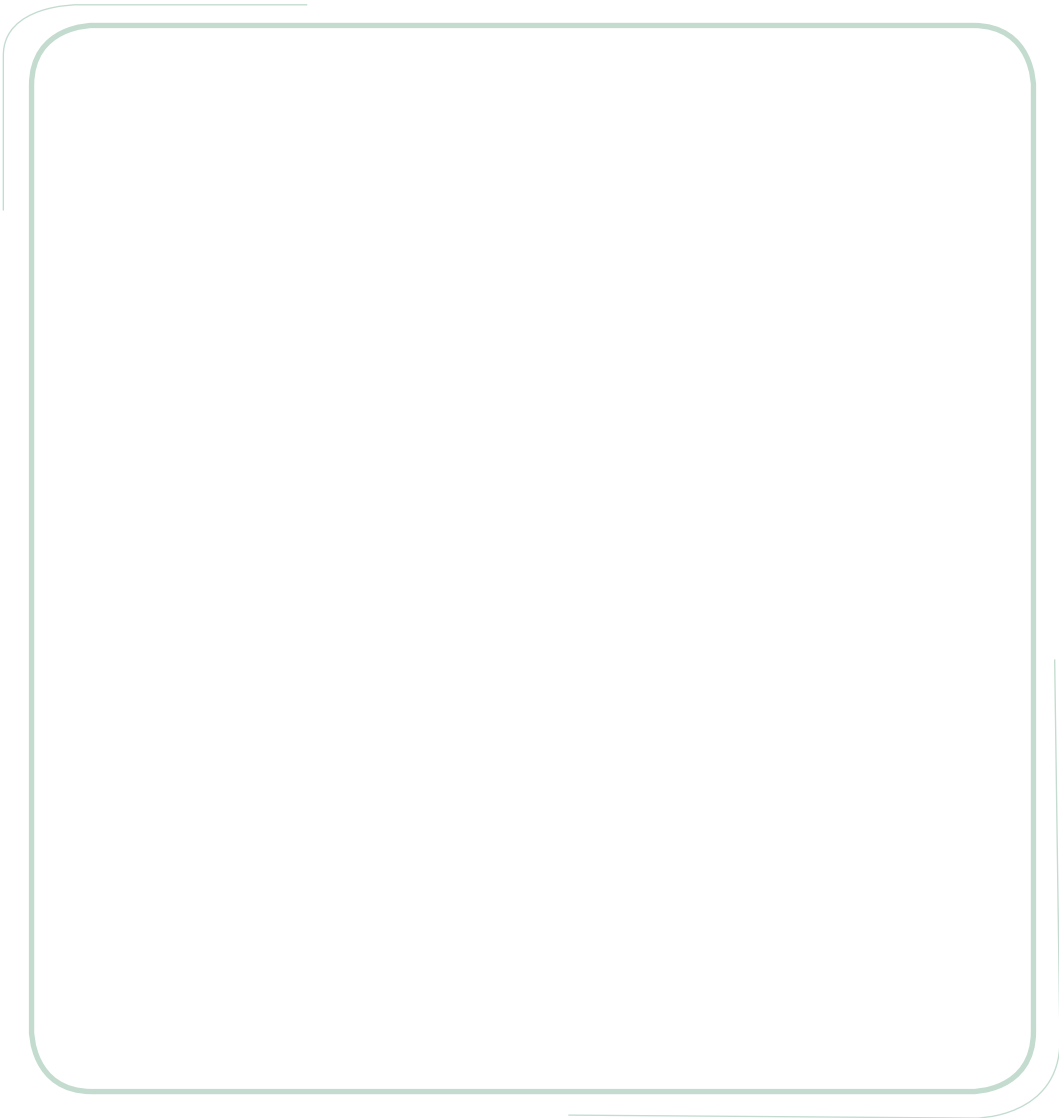
工序	人员	工时	要 求
打磨切料	打磨工	2h	控制配合面间隙不大于 1mm
拼接	打磨工	1h	调色合适、上胶合理
水磨正面	水磨工	2h	保证正面的平整度、光泽度
桥切机切边	桥切工	0. 5h	尺寸正确，保证板面干净
修补打蜡	修补工	0. 5h	调色合适、上胶合理，保证板面的光泽度
质量检验	质检员	0. 5h	达到质量检验标准要求
产品装箱	装箱工	0. 5h	达到产品装箱要求

工作页 1.2.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请独立制作图形符号汇总表格，表格中包含序号、名称、符号说明、备注等内容。

- (1) 使用 A4 白纸制作表格。
- (2) 包含标题与字段名。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	快速阅读能力（5 分）		5	能快速准确明确任务要求并清晰表达，得 5 分； 能主动沟通，在教师指导后达标，得 3 分； 其余不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	制作表格	符号信息内容	15	符号信息内容全面，文字表达清晰，得 15 分； 符号信息内容不够全面，得 1 ~ 14 分； 与内容不符的不得分			
		小组分工	5	小组分工明确并落实，得 5 分； 小组分工明确但未落实，得 1 ~ 4 分			
		整洁、无错别字	15	版面整洁、无错别字，得 15 分； 版面整洁、有错别字，得 1 ~ 14 分； 其他情况不得分			
		制作时间	5	在规定时间内完成，得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

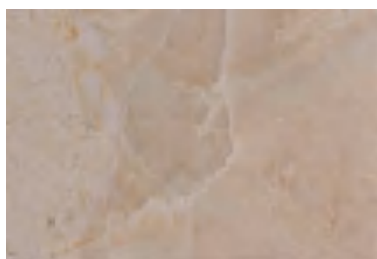
信息页 1.2.2

石 材

石材（Stone）作为一种高档建筑装饰材料广泛应用于室内外装饰设计、幕墙装饰和公共设施建设。目前市场上常见的石材分为天然石和人造石两大类。

天然石材按物理化学特性品质又分为板岩和花岗岩两种。人造石按工序分为水磨石和合成石。水磨石是以水泥、混凝土等原料锻压而成；合成石是以天然石的碎石为原料，加上粘合剂等经加压、抛光而成。后两者为人工制成，所以强度没有天然石材价值高。

石材是建筑装饰材料的高档产品，天然石材大体分为花岗岩、板岩、砂岩、石灰岩、火山岩等，随着科技的不断发展和进步，人造石的产品也不断日新月异，质量和美观已经不逊色天然石材。随着建筑设计的发展，石材早已经成为建筑、装饰、道路、桥梁建设的重要原料之一。



大理石



花岗岩



砂岩



石灰岩



火山岩

天然石材是指从天然岩体中开采出来的，并经加工成块状或板状材料的总称。用于建筑装饰行业的两个最基本的石材的种类是天然石材和人造石材。天然石材如大理石、花岗岩、石灰石等。

建筑装饰用的天然石材主要有花岗石和大理石两大种。天然石材是最古老的土木工程材料之一。天然石材具有很高的抗压强度，良好的耐磨性和耐久性，经加工后表面美观富于装饰性，资源分布广，蕴藏量丰富，便于就地取材，生产成本低等优点，是古今土木工程中修筑城垣、桥梁、房屋、道路及水利工程主要材料。是现代土木工程的主要装饰材料之一。

一、花岗岩

花岗岩是一种非常坚硬的火成岩岩石，它的密度很高，耐划痕和耐腐蚀。它非常适合用于地板和厨房台面。花岗岩有几百个品种。



1. 形成

花岗石是由地下岩浆喷出和侵入冷却结晶，以及花岗质的变质岩等形成。

2. 成分

花岗石主要成分是二氧化硅，其含量为 65% ~ 85%。

3. 化学性质

花岗石的化学性质呈弱酸性。

4. 结构

花岗石的结构通常为点状结构，颗粒较为粗大（指二氧化硅），表面花纹分布较规则，硬度高。

5. 特性

1) 具有良好的装饰性能，可适用公共场所及室外的装饰。

2) 具有优良的加工性能：锯、切、磨光、钻孔、雕刻等。其加工精度可达 $0.5\mu\text{m}$ 以下，光度达 100 度以上。

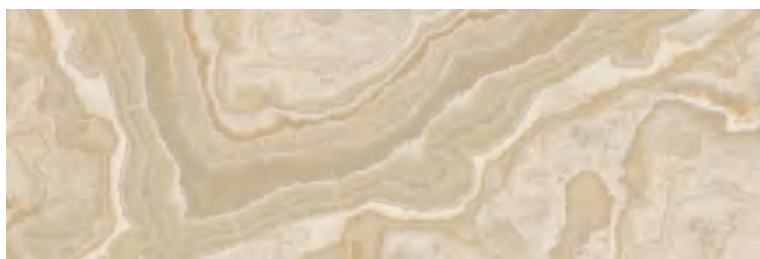
3) 耐磨性能好，比铸铁高 5 ~ 10 倍。

- 4) 热膨胀系数小, 不易变形, 与钢钢相仿, 受温度影响极微。
- 5) 弹性模量大, 高于铸铁。
- 6) 刚性好, 内阻尼系数大, 比钢铁大 15 倍, 能防振、减振。
- 7) 花岗石具有脆性, 受损后只是局部脱落, 不影响整体的平直性。
- 8) 花岗石的化学性质稳定, 不易风化, 能耐酸、碱及腐蚀气体的侵蚀, 其化学性与二氧化硅的含量成正比, 使用寿命可达 200 年左右。
- 9) 花岗石具有不导电、不导磁、场位稳定等诸多的优良性能。

二、大理石

大理石是指沉积的或变质的碳酸盐岩类的岩石, 有大理岩、白云岩、灰岩、砂岩、页岩和板岩等, 是石灰石的衍生物, 大理石是一种变质岩可以抛光打磨。大理石具有软性容易划伤或被酸性物质腐蚀。

大理石材是地壳中原有的岩石经过地壳内高温高压作用形成的变质岩。地壳的内力作用促使原来的各类岩石发生质的变化, 即原来岩石的结构、构造和矿物成分发生改变。经过质变形成的新的岩石称为变质岩。



大理石材主要由方解石、石灰石、蛇纹石和白云石组成。其主要成分以碳酸钙为主, 约占 50% 以上。由于大理石一般都含有杂质, 而且碳酸钙在大气中受二氧化碳、碳化物、水气的作用, 也容易风化和溶蚀, 而使表面很快失去光泽。大理石一般性质比较软, 这是相对于花岗石而言的。

大理石材整体研磨、抛光、晶化处理加工工艺, 大理石国际统称云石, 以其自然古朴的纹理, 色泽鲜艳亮丽, 被广泛用于建筑内饰墙面, 由于大理石材比较疏松, 质地较软吸水率相对比较高。节理线比较多, 故在加工, 运输安装和使用过程中容易出现各种污染和翘曲变形, 易失光等现象的发生, 影响了装饰效果, 所以对大理石的护理也是护理行业的必修课。

所谓大理石是指沉积的或变质的碳酸盐岩类的岩石, 有大理岩、白云岩、灰岩、砂岩、页岩和板岩等。如我国著名的汉白玉就是北京房山产的白云岩, 云南大理石则是产于大理县的大理岩, 著名的丹东绿则为蛇纹石化硅卡岩。同样, 作为石材开采的各类岩浆岩, 如安山岩、辉绿岩、绿长岩、片麻岩等称之为花岗石。如北京白虎涧的白色花岗石是花岗岩, 济南青是辉长岩, 而青岛的黑色花岗石则是辉绿岩。



汉白玉



云南大理石



丹东绿



济南青

大理石的成分极其结构特点使其具有如下性能：

- 1) 优良的装饰性能，大理石不含有辐射且色泽艳丽、色彩丰富，被广泛用于室内墙、地面的装饰。
- 2) 具有优良的加工性能：锯、切、磨光、钻孔、雕刻等。
- 3) 大理石的耐磨性能良好，不易老化，其使用寿命一般为 50 ~ 80 年。
- 4) 在工业上，大理石被广泛得到应用。如：用于原料、净化剂、冶金溶剂等。
- 5) 大理石具有不导电、不导磁、场位稳定等特性。

三、石灰石

石灰石是沉积岩的一种，是由方解石和沉积物组成的，形成各种颜色。

四、砂岩

砂岩也是沉积石的一种，这主要是由松散的石英砂颗粒组成，质地粗糙，砂岩也有许多品种可供选择。



石灰石



砂岩

五、板岩

板岩是一种变质岩，原岩为泥质、粉质或中性凝灰岩，沿板理方向可以剥成薄片。板岩的颜色随其所含有的杂质不同而变化，含铁的为红色或黄色；含碳质的为黑色或灰色；含钙的遇盐酸会起泡，因此一般以其颜色命名分类，如会绿色板岩、黑色板岩、钙质板岩等。

六、文化石

文化石是开采于自然界的石材矿订，其中的板岩、砂岩、石英石，经过加工，成为一种装饰建材。文化石材质坚硬、色泽鲜明、纹理丰富、风格各异，具有抗压、耐磨、耐火、耐寒、耐腐蚀、吸水率低等特点。



文化石



人造石材

七、人造石材

人造石是用非天然的混合物制成的，如树脂、水泥、玻璃珠、铝石粉等等加碎石黏合剂。人造石（又称“人造大理石”）。人造石 30 年前在美国问世，我国最早应用人造石制品作为装饰材料的是 90 年代中期一些沿海发达城市，几年后广泛流行。

人造石材是一种人工合成的装饰材料。按照所用粘结剂不同，可分为有机类人造石材和无机类人造石材两类。按其生产工艺过程的不同，又可分为聚酯型人造大理石、复合型人造大理石、硅酸 盐型人造大理石、烧结型人造大理石四种类型。

国产石材花岗岩表

五莲花	海沧白	山西黑	蒙古黑	珍珠白	七彩石	石岛红	皇室珍珠
紫晶钻	皇室棕	皇室红棕	粉红玫瑰	菊花黄	虎贝	福鼎黑	江西绿
枫叶红	承德绿	天山红	安溪红	丁香紫	九龙壁	珍珠花	樱花红
芝麻白	山东白麻	罗源红	玉石	金彩麻	巴厝白	内厝白	康美黑
三堡红	东石白	芝麻黑	大白花	洪塘白	桂林红	霞红	永定红
粉红花	平度白	崂山灰	岑溪红	同安白	桃花红	光泽红	豹皮花
牡丹红	文登白	翡翠绿	珍珠红	齐鲁红	海浪花	森林绿	黑白花
吉林白	济南青	雪花青	将军红	紫罗兰	泉州白	漳浦红	漳浦青

续表

惠东红	崂山红	蝴蝶绿	西丽红	中国绿	中国黑	寿宁红	鲁灰
漳浦黑	浪花白	五莲红	冰花兰	丰镇黑	中国红	冰花蓝	天山蓝宝
粉红麻	河北黑	万年青	蝴蝶兰	紫罗红	黄金麻	蝴蝶蓝	虎皮白
夜玫瑰	虎皮红	墨玉	虾红	中国棕	芝麻灰	蓝钻	丹东绿
三宝红	翡翠绿	霸王花	映山红	山东锈石	黄锈石	燕山绿	金钻
孔雀绿	揭阳红	水晶绿	水晶石	蓝宝	菊花绿	古典灰麻	高粱红
新疆红	冰花	黄石	中磊红	芭拉花	黑珍珠	粉石英	绿石英
粉砂岩	海洋绿	石榴红	晶白玉	天宝红	木纹绿	幻彩麻	冰花绿
天青石	卡麦金麻	蒙山花	绿钻	雪里梅	封开花	台山红	黑白点



山西黑



珍珠白



万年青

花岗岩样图

石材进口花岗岩名称表

皇室啡	黑金沙	印度红	蓝珍珠	绿星	幻彩红	树挂冰花	美国白麻
啡钻	美国灰麻	豹皮花	金彩麻	墨绿麻	白玫瑰	小翠红	克什米尔金
英国棕	红钻	金钻麻	黄金钻	金沙黑	宝金石	兰珍珠	幻彩绿
绿蝴蝶	南非红						



皇室啡



印度红

国产石材大理石名称表

雪花白	丹东绿	水晶白	汉白玉	啡网	九龙壁	黑白根	虎皮黄
玛瑙红	广西白	白海棠	松香玉	木纹黄	杭灰	松香黄	米黄玉
金镶玉	金香玉	贵州米黄	国产啡网	玛瑙	蝴蝶花	杜鹃红	绿宝



雪花白



黑白根



木纹黄

石材进口大理石名称表

白洞石	黑金花	西班牙米黄	大花绿	大花白	金线米黄	浅啡网
爵士白	深啡网	金碧辉煌	雪花白	埃及米黄	金花米黄	白沙米黄
旧米黄	雅士白	珊瑚红	卡拉拉白	世纪米黄	啡网	米白洞石
细花白	啡网纹	阿曼米黄	黄洞石	米黄洞石	莎安娜	银线米黄
中花白	西米	龙舌兰	中东米黄	白宫米黄	金年华	黄金海岸
金世纪	奥特曼	白玉兰	卡布奇诺	米黄洞石	白沙米黄	黑木纹
热带雨林	意大利木纹		莎安娜米黄			



黑金花



西班牙米黄

- 1. 原板：毛板（大板）一般 3 * 1.3 米左右的，标板 1.8 * 0.6 米，这个尺寸与石材质地及开采场设备和运输限制有关。
- 2. 成品板：这个尺寸在原板尺寸内加工，受板材质地及铺贴工艺影响一般长宽不超过 1 米，狭长型宽度不小于 0.05 米；通常做地面铺贴的大理石采用 80 * 80CM，墙面使用尺寸受重量影响一般不超过 1 平方；

3. 做台面（洗面台、茶几、吧台等）使用的，宽度在 60CM 内，长度一般不超过 1.5 米，并需要做加固。

花岗岩平石常用规格尺寸

花岗岩平石宽度和厚度是比较灵活的，厚度一般不低于 5cm，宽度有 20cm、30cm 等，长度一般以 50cm、60cm 为主，常用平石规格尺寸（单位：mm）汇总如下：

序号	尺寸	序号	尺寸	序号	尺寸	序号	尺寸
1	50 * 20 * 600	5	60 * 300 * 600	9	80 * 300 * 600	13	100 * 300 * 600
2	50 * 300 * 500	6	60 * 20 * 600	10	80 * 20 * 600	14	100 * 20 * 600
3	50 * 300 * 600	7	60 * 300 * 500	11	80 * 300 * 500	15	100 * 300 * 500
4	50 * 20 * 500	8	60 * 20 * 500	12	80 * 20 * 500	16	100 * 20 * 500

工作页 1.2.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据教师提供的石材名称，通过网络搜索对应的图片、产地及价格，并填写到下列常用石材信息表中。

序号	名称	产地	价格	图片
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	快速阅读能力（5 分）		5	能快速准确明确任务要求并清晰表达，得 5 分； 能主动沟通，在教师指导后达标，得 3 分； 其余不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	常用石材名称信息表填写	信息内容	15	信息内容全面得 15 分； 信息内容不够全面得 1 ~ 14 分； 内容填写错误的不得分			
		小组分工	10	小组分工明确并落实，得 10 分； 小组分工明确但未落实，得1 ~ 9 分			
		整洁、无错别字	10	版面整洁、无错别字，得 10 分； 版面整洁、有错别字，得 1 ~ 9 分； 其他情况不得分			
		制作时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

工作页 1.2.3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请记录 PPT 中的关键词，并把关键词写在下列相应问题的横线上。

1. 常用天然石材板材规格（原板材）有几种？

2. 列举 3 种以上不同石材的用途和各自的加工特性。

学习活动一 拆分图纸

信息页 2.1.1

观看水刀拼花绘图视频教程，如何用 CAD 软件描出水刀拼花图，注意如何从一张石材地面拼花效果图绘制成一个轮廓图，同时记住 CAD 软件绘图工具、修改工具的使用。

工作页 2. 1. 1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

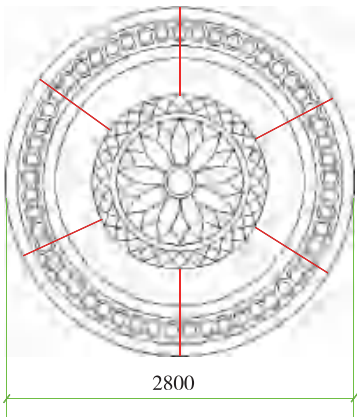
请任选一张效果图，并在纸上抠出轮廓，同时应用软件独立绘制出轮廓图。

1. 效果图一



3号客厅地花直径2800mm=1幅（整石）

- 深啡
- 芬兰金啡
- 旧米



（分割图）

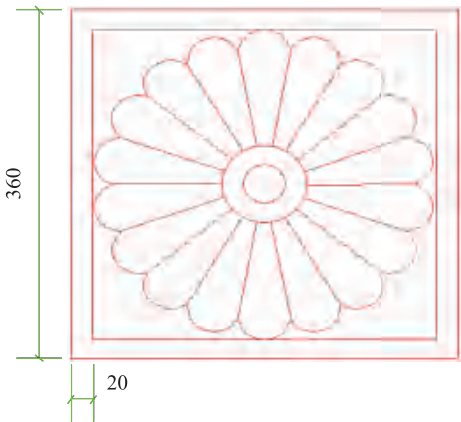
— 分割图

2. 效果图二

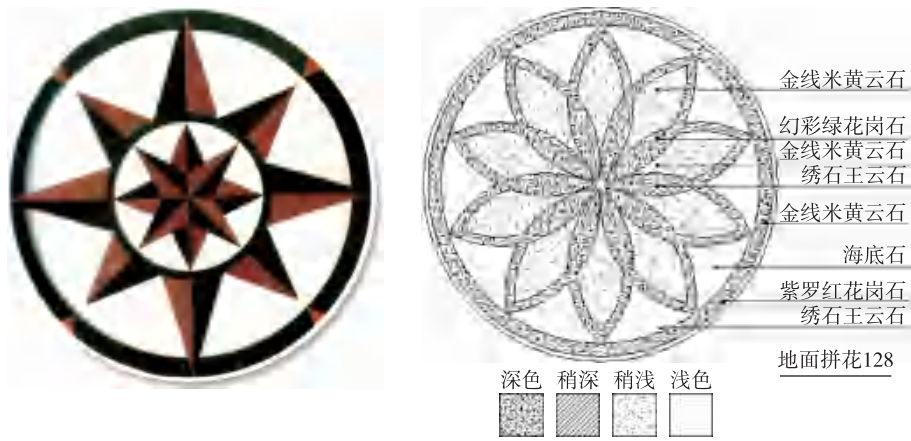


3号地花:360×360MM=8幅(整石)

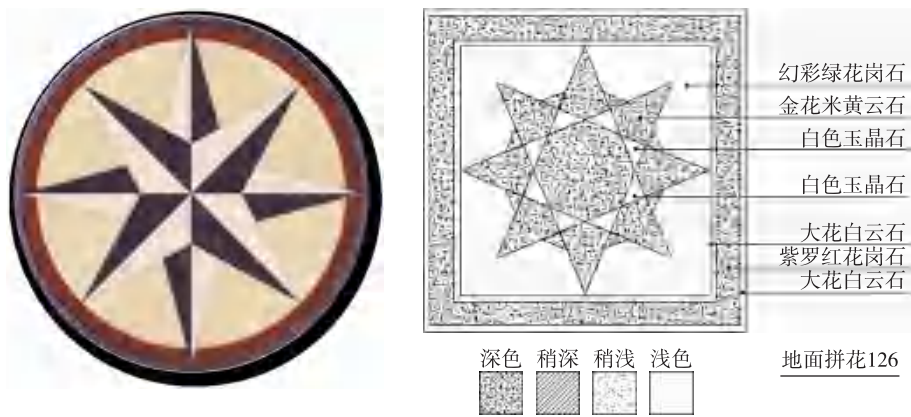
- 深啡
- 芬兰金啡
- 旧米



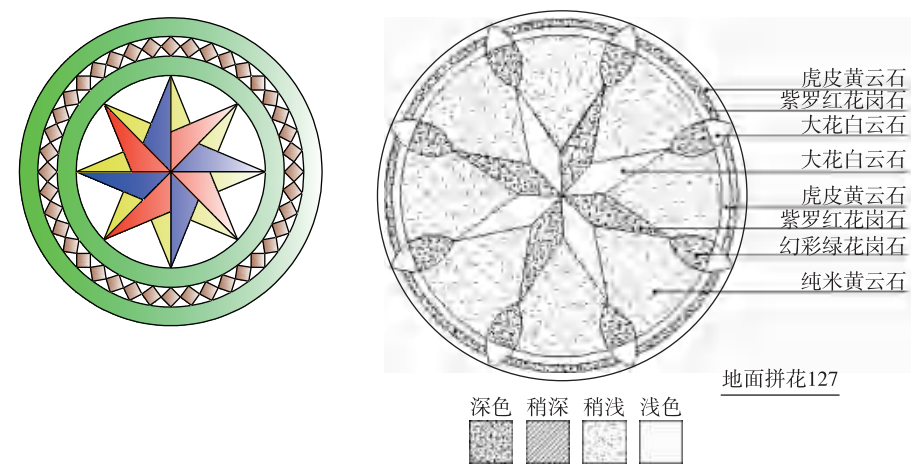
3. 效果图三



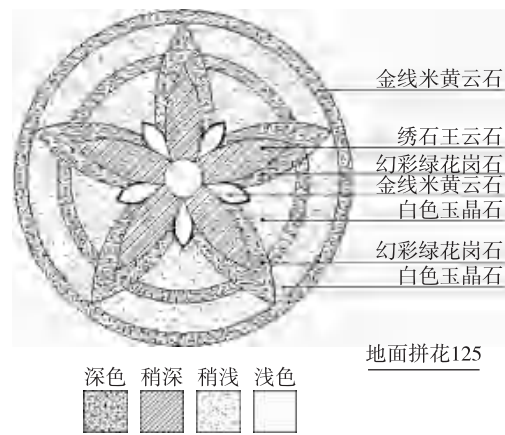
4. 效果图四



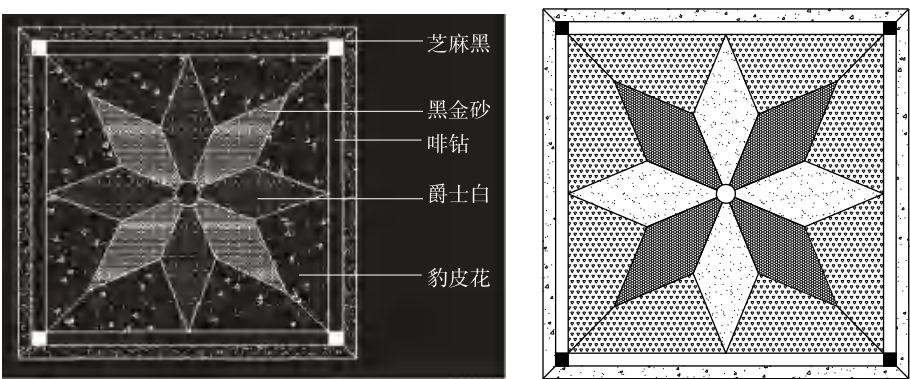
5. 效果图五



6. 效果图六



7. 效果图七

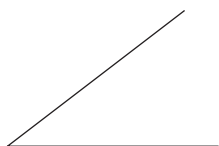


工作页 2.1.2

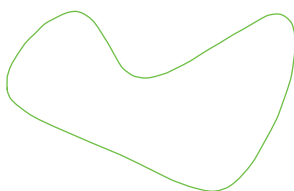
班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 单项练习题

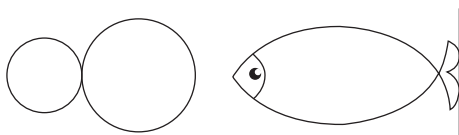
(1) 直线的画法。



(2) 曲线的画法。



(3) 圆的画法。



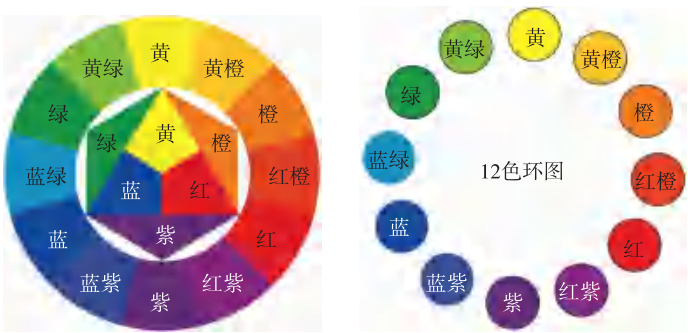
2. 请将所使用过的快捷键填写到“快捷键汇总表”中。

快捷键汇总表

序号	图标	命令	快捷键	命令说明
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

一、12 色环图

12 色相环是由原色（primary hues），二次色（secondary hues）和三次色（tertiary hues）组合而成。色相环中的三原色是红、绿、蓝色，彼此势均力敌，在环中形成一个等边三角形；二次色是橙、紫、绿色，处在三原色之间，形成另一个等边三角形。红橙、黄橙、黄绿、蓝绿、蓝紫和红紫六色为三次色。三次色是由原色和二次色混合而成。



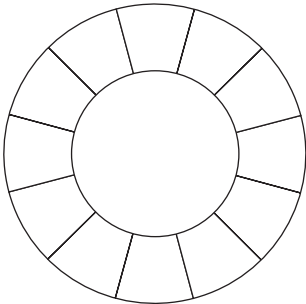
二、12 色环图颜色搭配原则

- 色彩搭配一般有以下五个原则：
- (1) 等边三角形配色：12 色环中画等边三角形。
 - (2) 同色系配色：深浅不一的同一种颜色配色。
 - (3) 相邻色配色：12 色环上相邻的颜色进行配色。
 - (4) 对比色配色：12 色环上能连成一条直线的颜色进行配色。
 - (5) 分裂补色配色：以 12 色环上能连成一条直线的一种颜色为主，与另一种颜色左右相邻的颜色进行配色。

工作页 2. 1. 3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请填写色环卡。



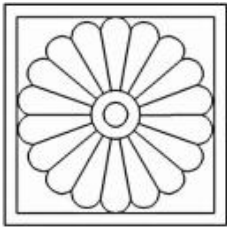
2. 根据人们的心理和视觉判断，色彩有冷暖之分，可分为几个类别？各类分别包括哪些？

.....

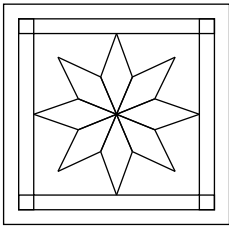
.....

.....

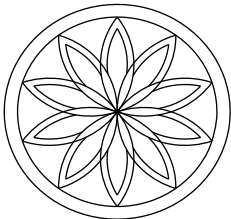
3. 请从下列的轮廓图中任选一幅图案，进行色彩搭配。



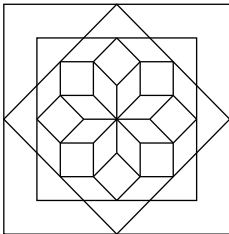
轮廓图1



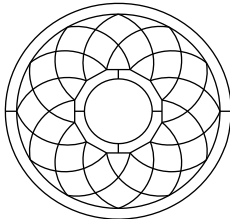
轮廓图2



轮廓图3



轮廓图4



轮廓图5

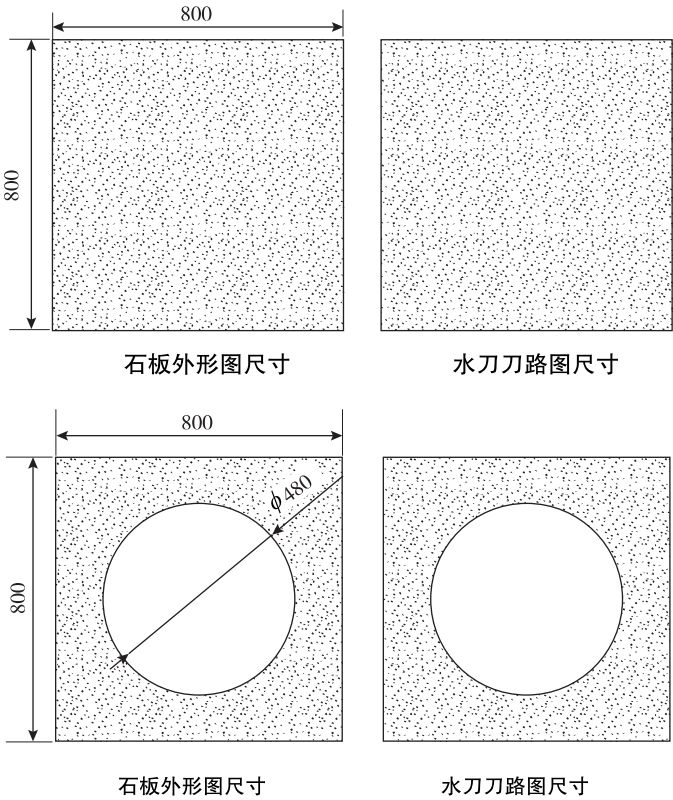
工作页 2.1.4

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

引导知识一

水刀砂管的结构十分简单，基本上由两段构成，即锥状入口和柱状出口，因不同用途其尺寸略有差别。其规格常用内径和外径这两个指标来确定，而内径和外径的比例一般是1：3。通常来说，水刀砂管常见的内径型号有0.76mm、0.8mm、1.0mm和1.2mm。而使用最多的也是前三种。若你使用的水刀机砂管内径为1.0mm，理论上应该在CAD制作时将图形向外或向内偏移0.5mm。

1. 下列图形左图为石材拼花图形，请根据上述引导知识一，在其右图水刀刀路图上填上合适的尺寸数值。



引导知识二

画进刀线时，出刀那根线，必须由工件向外画，然后选择出刀的线，按快捷键 PE 命令，空格，J 命令，空格，添加其他想连接的线，空格。这样连成的多段线就会从你想要的地方进刀，从你想出刀的地方出刀了。如果想查看目前的多段线是顺时针还是逆时针的，可以按快捷键 PE，空格，E（端点），空格，就会出现一个点，然后不断的按空格，就能看见点向顺时针还是逆时针方向走了。

2. 请根据老师提供的拼花图案及上述引导知识二，用 CAD 软件绘制进刀线和出刀线，并打印粘贴在下面粘贴处。



引导知识三

每切一个拼花的时候最好是先试刀，别一下就全部切出来，你可切两个方块，一个往里面偏，一个往外面偏，然后拿大的那个方块放到偏小的那个孔里面，你看看相差多少，这是最简单的试刀。水刀切割出来的石材拼花零件肯定是有斜度的，切割速度越慢就越垂直。

3. 请观看师傅是如何在切拼花之前试切的，试切的目的是什么？
-
-
4. 请记录师傅切割石材拼花零件时的较适合的切割速度大致在什么范围。
-
-

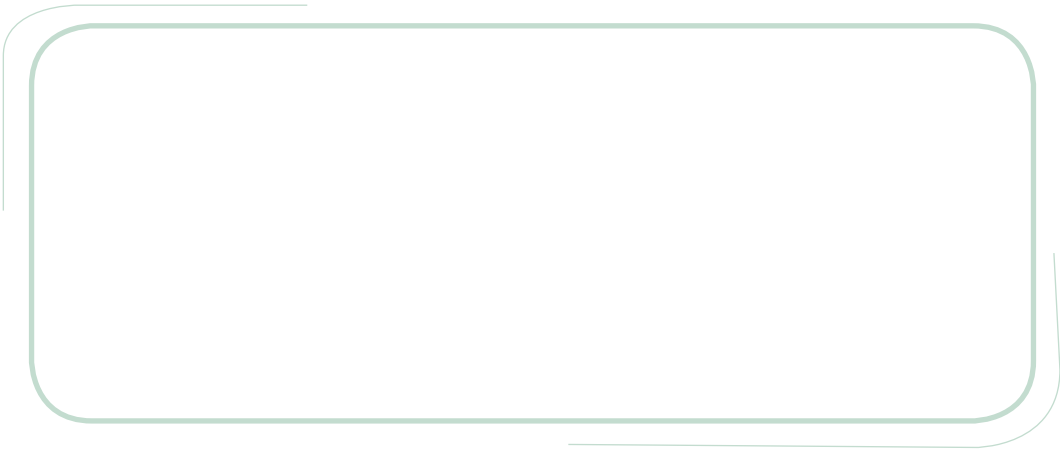
信息页 2.1.3

请观看教师提供的水刀拼花绘图与编程，水刀拼花描图，椭圆万字型画法，水刀教程视频。

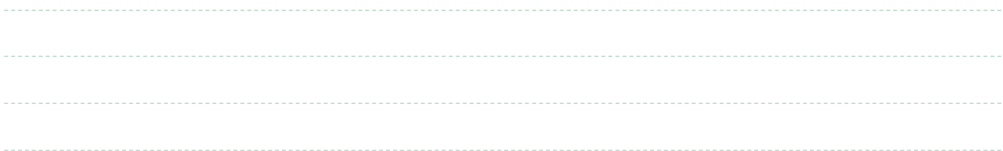
工作页 2.1.5

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

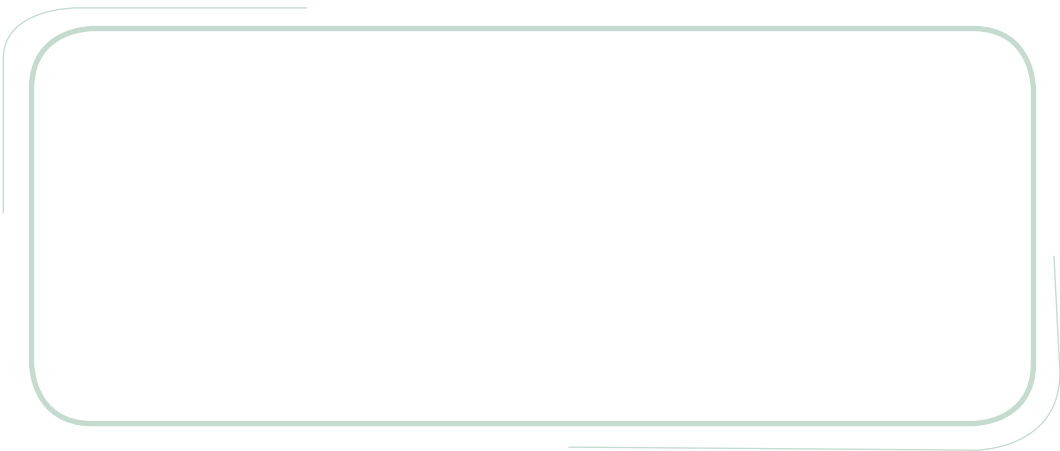
1. 请根据石材拼图产品效果图的轮廓图线手工绘制刀路图。



2. 请回答刀路偏移修改原则。



3. 请根据前面排板的图，做刀路绘制练习。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	刀路设置原则	学生独立工作情况	10	能独立根据原则对排版好的图画刀路的，得 10 分；其他情况酌情得 1～9 分			
		两两评判，以小组为单位讨论最佳刀路方案的形成	15	能两两评判，以小组为单位讨论，确定一个最佳刀路方案的小组，得 15 分；其他情况酌情得 1～14 分			
		小组互评情况	10	评价最全面的小组，得 10 分；其他酌情得 1～9 分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1～5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1～5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1～5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

生产规程和生产单样式

一、石材地面拼花产品制作生产规程

1. 工序管理（法）

（1）工序流程布局科学合理，能保证产品质量满足要求，此处可结合精益生产相关成果。

（2）能区分关键工序、特殊工序和一般工序，有效确立工序质量控制点，对工序和控制点能标识清楚。

（3）有正规有效的生产管理办法、质量控制办法和工艺操作文件。

（4）主要工序都有工艺规程或作业指导书，工艺文件对人员、工装、设备、操作方法、生产环境、过程参数等提出具体的技术要求。

（5）特殊工序的工艺规程除明确工艺参数外，还应对工艺参数的控制方法、试样的制取、工作介质、设备和环境条件等作出具体的规定。

（6）工艺文件重要的过程参数和特性值经过工艺评定或工艺验证；特殊工序主要工艺参数的变更，必须经过充分试验验证或专家论证合格后，方可更改文件。

（7）对每个质量控制点规定检查要点、检查方法和接收准则，并规定相关处理办法。

（8）规定并执行工艺文件的编制、评定和审批程序，以保证生产现场所使用文件的正确、完整、统一性，工艺文件处于受控状态，现场能取得现行有效版本的工艺文件。

（9）各项文件能严格执行，记录资料能及时按要求填报。

（10）大多数重要的生产过程采用了控制图或其它的控制方法。

2. 生产人员（人）

（1）生产人员符合岗位技能要求，经过相关培训考核。

（2）对特殊工序应明确规定特殊工序操作、检验人员应具备的专业知识和操作技能，考核合格者持证上岗。

（3）对有特殊要求的关键岗位，必须选派经专业考核合格、有现场质量控制知识、经验丰富的人员担任。

（4）操作人员能严格遵守公司制度和严格按工艺文件操作，对工作和质量认真负责。

（5）检验人员能严格按工艺规程和检验指导书进行检验，做好检验原始记录，并按规定报送。

3. 设备维护和保养（机）

（1）有完整的设备管理办法，包括设备的购置、流转、维护、保养、检定等均有明确规定。

（2）设备管理办法各项规定均有效实施，有设备台账、设备技能档案、维修检定计划、有相关记录，记录内容完整准确。

（3）生产设备、检验设备、工装工具、计量器具等均符合工艺规程要求，能满足工序能力要求，加工条件若随时间变化能及时采取调整和补偿，保证质量要求。

（4）生产设备、检验设备、工装工具、计量器具等处于完好状态和受控状态。

4. 生产物料（料）

（1）有明确可行的物料采购、仓储、运输、质检等方面的管理制度，并严格执行。

（2）建立进料验证、入库、保管、标识、发放制度，并认真执行，严格控制质量。

（3）转入本工序的原料或半成品，必须符合技术文件的规定。

（4）所加工出的半成品、成品符合质量要求，有批次或序列号标识。

（5）对不合格品有控制办法，职责分明，能对不合格品有效隔离、标识、记录和处理。

（6）生产物料信息管理有效，质量问题可追溯。

5. 生产环境（环）

（1）有生产现场环境卫生方面的管理制度。

（2）环境因素如温度、湿度、光线等符合生产技术文件要求。

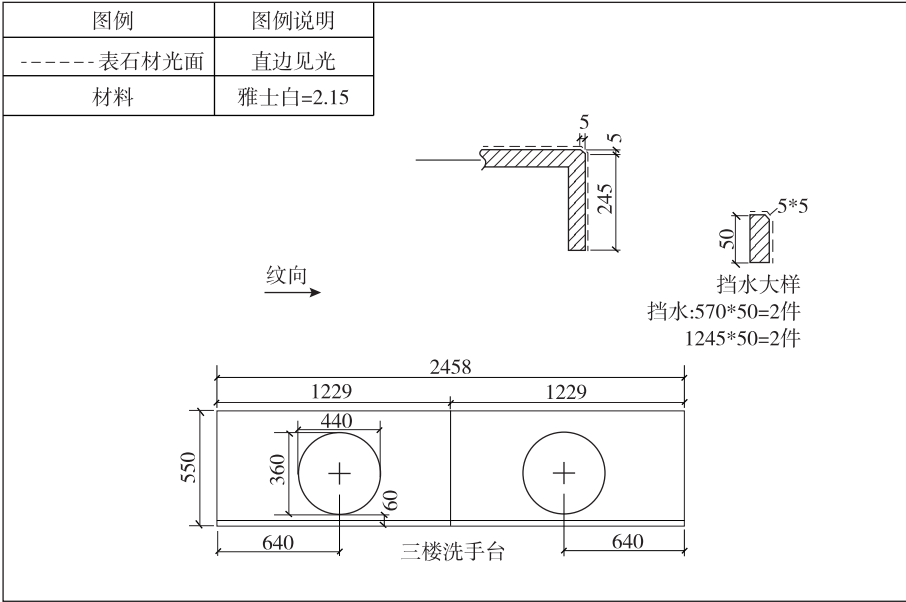
（3）生产环境中有相关安全环保设备和措施，职工健康安全符合法律法规要求。

（4）生产环境保持清洁、整齐、有序，无与生产无关的杂物。可借鉴 5S 相关要求。

（5）材料、工装、夹具等均定置整齐存放。

（6）相关环境记录能有效填报或取得。

二、生产单样式



工作页 2.1.6

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请各小组将修改好的最佳生产单打印出来并粘贴在下面。

粘
贴
处

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	生产单制定	独立完成生产单	15	能根据生产规程和生产单样式独立完成生产单，得 15 分； 其他情况，得 1 ~ 14 分			
		两两评判，以小组为单位讨论	10	能两两评判，以小组为单位讨论，形成一个最佳生产单的，得 10 分； 其他情况酌情得 1 ~ 9 分			
		小组互评情况	5	评价最全面的小组，得 5 分； 其他酌情得 1 ~ 4 分			
		生产单打印效果	5	能正确安装打印驱动程序并打印出清晰的生产单，得 5 分； 打印图像模糊不得分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

学习活动二 生产单审核

信息页 2.1.5

生产单规范要求

一、图纸规范要求

1. 构图

思考怎么把要画的地面的整个加工要求、拼接关系及部分造型用最简单且易懂的方式表现出来，这也是所有石材加工图的宗旨。

2. 绘制

实际绘制过程中根据实际情况采用的各种排版方法。

(1) 均分法：均分法就是把整个地面的有效尺寸均分成若干等份的排版方法，均分排版的优点是可以较大的提高板材的出材率，减轻加工难度，方便成品的包装、运输、及现场安装。

(2) 根据甲方的要求采用正方形规格板的排版的方法。通过这种方式排版的地面，一般都不能达到用正常板面收口，地面周边有小于正常板面的余量，这时就产生了两种收口方式，一种是使整个地面的两头平分余量，这时我们要注意平分后的余量不能小于正常板面的一半。另一种收口方式就是用正常板面从整个地面感观比较重要的一头起排，但最后的余量我们要控制在不能小于正常板面的 $1/3$ ，如果最后的余量小于正常板面的 $1/3$ ，就把最后余量和最后一块的正常板合并。

(3) 错缝过渡法：在地面排版的过程中，我们经常会遇到从一个区域过渡到另外一个区域，这时很难做到对缝安装，这时我们可以用波打整板过渡。

(4) 大批量标准间统一排版法。在同一项目中，因建筑误差，同一户型不同楼层的尺寸也会不一样。如果每一套我们单独出图的话，就大大加大了图纸的绘制时间，车间加工和包装时也很容易造成混乱。这时我们可以对比一下同一户型不同楼层的尺寸，假如各个楼层的尺寸差距在 10 公分以内，就可以用最大尺寸的那一套作为整个户型的下单图纸。如果尺寸差距大于 10 公分，考虑到消耗过大，我们可以把每一套的标准板部分强行规定尺寸，全部按统一规格制图加工。比如地面正中拼花部分、规格板斜拼部分我们都可以强行规定统一尺寸。

3. 注意事项

地面加工图纸的绘制过程中特别要注意不能把楼梯踏步及门槛石中分。一是民间忌讳这种做法，二是这种做法不美观。

4. 图纸的美观

(1) 调整好图框的大小，在不影响图纸美观的情况下，合理利用图框内的空间，做到不空框不溢框。

(2) 准确填写好图框栏内容。很多时候我们都是从一个项目的图纸里调用图框到另一个项目的图纸里，这时更要记得更改图框栏里的内容。

(3) 图纸的大小要和标注的大小要协调合理，尽量把标注标识在图形的周边，不模糊图纸的版面。大样图的标注，要和版面的标注大小一致，在同一张图纸内不能有两种大小的标注。

(4) 因为我们是石材加工图纸，所以在下到车间里的图纸里，尽量排除掉与石材无关的内容，减少加工工人对图纸的误解。

二、生产工艺规范要求

(1) 所有的材料必须符合国家有关材料要求和选用标准，并提供给商品合格证。

(2) 颜色必须符合要求，不得有裂纹或缺棱掉角的缺陷或其他质量问题。

(3) 表面规整、颜色一致、接缝均匀、图案拼花自然。

(4) 拼花和粘接宜采用人工操作方式，并应在自然光线充足的场地实施，粘接后的拼花制品应采用自然干燥固化方式处理。

(5) 磨光后的大理石及花岗石板材不宜露天存放，包装后的成品应放置在设有防雨顶棚的储存场地内，宜存放在防风沙、防雨、防晒的仓库内。

(6) 应按石材制品的品种、等级和规格设置独立的存储区。

学习活动一 工作准备

信息页 3.1.1

石材加工生产安全规程

一、《石材加工生产安全》

石材生产单位及生产人员必须遵守 2013 年 12 月 31 日由中华人民共和国工业和信息化部发布的《石材加工生产安全》（标准号：JC/T 2203 - 2013）。

二、《切割机（锯工）安全操作规程》

石材生产人员必须遵守《切割机（锯工）安全操作规程》。

（1）使用前，应检查并确认电动机、电缆线均正常，保护接地良好，防护装置安全有效，锯片选用符合要求，安装正确。

（2）启动后，应空载运转，检查并确认锯片运转方向正确，升降机构灵活，运转中无异常、异响，一切正常后，方可作业。

（3）操作人员应双手按紧工件，均匀送料，在推进切割机时，不得用力过猛。操作时不准带手套。

（4）切割厚度应按机械出厂铭牌规定进行，不得超厚切割。

（5）加工件送到与锯片相距 300mm 处或切割小块料时，应使用专用工具送料，不得直接用手推料。

（6）作业中，当工件发生冲击、跳动及异常音响时，应立即停机检查，排除故障后，方可继续作业。

（7）严禁在运转中检查、维修各部件。锯台上和构件锯缝中的碎屑应采用专用工具及时清除，不得用手拣拾或抹试。

（8）作业后，应清洗机身，擦干锯片，排放水箱余水，收回电缆线，并存放在干燥、通风处。

三、《红外线切割机安全操作规程》

石材生产人员必须遵守《红外线切割机安全操作规程》。

1. 开机前的检查

（1）检查刀片是否安装紧固到位，刀片是否锋利、形变。

- (2) 水电是否正常。
- (3) 调整机器刀片行走上、下 前、后限位。

2. 开机操作步骤

- (1) 打开电源旋钮。
- (2) 翻平工作台板。
- (3) 清洗工作台面上的杂物。
- (4) 把拟切割的石材与台面平行摆放。
- (5) 按激光对刀按钮，激光光束对准石材拟切的线路，前、后，左，右进行对照无误。
- (6) 设定机器的运行参数。
- (7) 按自动按钮启动机器。
- (8) 按前进或后退切割运行按钮。
- (9) 单片切割完成后，按关闭按钮（回车按钮）。
- (10) 关机
 - ① 每批生产结束后，关闭电源开关。
 - ② 在生产中暂停 5 分钟以上的，必须关闭电源开关。

3. 注意调整的事项

- (1) 机器的运行的参数。
- (2) 激光光束对准石材拟切的线路，前、后，左，右进行对齐无误。
- (3) 石料是否摆放平稳，确保石板与工作台面的搁放缝无碎石、杂物。

四、《磨边机安全操作规程》

石材生产人员必须遵守《磨边机安全操作规程》。

1. 开机前检查

- (1) 启动气源气泵，气泵的气压要求达到 0.6MPa - 0.8MPa，打开接通气源三联体气路，使气压保持在 0.6MPa 以上。
- (2) 检查各个磨盘是否升到上限，用手转动各个磨盘是否转动灵活，磨块座是否完好，如果发现不升的磨盘应对该磨盘进行检修。
- (3) 检查皮带、输送带是否有破裂和杂物、碎石的残留。
- (4) 关闭各种门盖。

2. 开机操作步骤

- (1) 打开，开启主电源开关和各个控制电源开关。
- (2) 选择设定主传动控制面板的自动、手动模式，将旋钮拧开到手动、自动位置。
- (3) 注意控制磨头气压，正常磨头压力为正压 0.2 ~ 0.25MPa，负压为 0.1 ~ 0.15MPa 在此之间才能磨光。

(4) 经常检查各个磨头部位的螺钉紧固

3. 注意调整的事项

(1) 注意调整磨头的压力，防止压力过大产品压碎、破裂。

(2) 磨好产品的光度和表面痕迹。

(3) 注意产品在输送带行走时的磕碰，破角。

五、《切边机安全操作规程》

石材生产人员必须遵守《切边机安全操作规程》。

1. 目的

制定本规程，确保切边机的安全运行处于受控状态，保证产品的稳定性和可靠性。

2. 范围

本规程适用于切边机的安全运行和操作以及新员工培训之用。

3. 切边机安全操作规程

(1) 设备开动前将手打机油泵按规定加油。

(2) 观察飞边装置的括板是否贴合床面，不贴合时通知机修工检修。

(3) 打齿轮时应注意顶料拉杆的调节高度是否合适，如不合适，可能造成事故。

(4) 如发现锻坯过大，端头飞边太长与床身相碰时，应不进行切边。

4. 各部件的介绍

(1) 切刀的安装和更换。

1) 先把气缸顶部的螺母调到最底下，关掉气源，用 5 号内六角逆时针把锁切刀的螺丝逐一拆下，操作时注意避开切刀以防伤到手，取下切刀后注意保护好切刀刃口。

2) 安装时把切刀和安装座清理干净再按照上面的步骤装上切刀。

(2) 切刀间隙的调节。

先把上切刀压下，轻轻松开调刀座螺丝一点点，如间隙过大则把后顶丝松开前顶丝拧进，间隙过小则把前顶丝松开后顶丝拧进，调到合适的间隙后把调刀座螺丝拧紧，注意每次调的量不宜过大以防撞坏切刀刃口。

(3) 气缸速度的调节方法。

气缸的上调速阀顺时针拧切刀下压速度为慢，逆时针拧为快，气缸的下调速阀顺时针拧切刀抬起速度为慢，逆时针拧为快，调好后记得把调速阀的小螺母拧紧。

5. 操作步骤及注意事项

(1) 开机前接入气源，并调好气压和上切刀切下行程（行程小则有的切不断，行程大则刀易损）。

(2) 根据电芯的要求设置好裁边宽度（下刀前面的定位条，松开两端螺丝，调好定位条与下刀后刃的距离后再锁紧两端螺丝即可）。

(3) 调整气缸上的节流阀，选择适当的剪切速度。

(4) 把要裁边的电芯放置好,然后踩动脚踏开关,进行裁剪。

(5) 裁边完成后,刀片复位,取出电芯。

(6) 机器不用时请注意断掉气源。

(7) 注意事项。

1) 当机器运行异常或出现意外时,马上停机断气修理。

2) 除此机器规定用途外,不得他用。

3) 此机器一人操作,使用时注意安全。

4) 非操作人员不能离机器太近,更不得将身体伸进机器内。

5) 非技术人员严禁调机,以免造成事故。

6. 机器的安装及调试事项

(1) 机器安置在硬实的工作台上,并尽量使机台水平。

(2) 调节刀位时,须小心对齐上下刃口,最好减少气压调刀。

(3) 直线轴承是本机的精密部件,不能敲打;

(4) 调整好适当的剪切速度。

7. 故障分析及处理方法

(1) 切不断铝塑膜,检查切刀切下的行程够不够,切刀是否已磨损,切刀间隙是否过大,气压是否过小。

(2) 操作时机器无反应,确认气源是否已接通,再检查气控阀和气动脚踏开关是否被异物堵塞。

8. 机器的维护与保养

(1) 常保持机器的清洁。

(2) 每半月至少检查一次各螺丝是否松动。

(3) 建议每周检查一次切刀间隙及切刀有没有磨损。

(4) 每周加少许润滑油脂于导柱导套上;

(5) 严防其他异物进入上下切刀之间进行裁切。

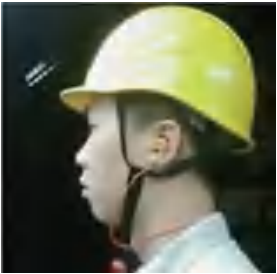
工作页 3. 1. 1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 建筑装饰石材产品安全使用等级分为哪三类？标准如何区分？
- _____
- _____
- _____
- 2、安全劳保穿戴正误识别图，在项目框里正确的打“√”，错误的打“×”。

项目		
安全帽使用		
安全后果	容易滑落造成头部伤害，起不到应有的保护作用	

项目		
安全帽使用		
安全后果	女工进入车间时把头发卷入安全帽内，这样头发就不会被机器卷入排除安全隐患	

项目		
耳塞使用		
安全后果	不戴耳塞，引起听力下降	

项目		
工作服穿戴： 要求三紧即： 领口、袖口、 下摆都必须 将扣子系好	 	 
安全后果	工作服衣领与袖口未扣好，容易割伤，起不到应有的保护作用	

项目		
手套使用	  禁止手套卷起及在作业区域 摘下或更换劳保用品	  内层戴好防割手套， 外层再戴好帆布手套
安全后果	容易引起割伤，起不到应有的保护作用	

项目		
劳保鞋使用 劳保鞋破裂须及时更换，以免被零件或废料割划伤。		
安全后果	容易引起割伤，起不到应有的保护作用	

项目		
打磨作业 (必须戴防护眼镜、口罩)		
安全后果	粉尘易吸入，打磨粉尘易飞到眼睛里	

3. 请先阅读引导知识“粉尘对人体的危害”，然后归纳粉尘对人体肺部的危害。

引导知识

在各种环境污染中最难防范的就是粉尘的污染，粉尘污染无时无刻都在对人体乃至动物造成极大的伤害，因为粉尘污染伴随空气而存在。粉尘对人体的危害，根据其理化性质、进入人体的量的不同，可引起不同的病变。可吸入颗粒物被人吸入后，会累积在呼吸系统中，引发许多疾病。对粗颗粒物的暴露可侵害呼吸系统，诱发哮喘病。细颗粒物可能引发心脏病、肺病、呼吸道疾病，降低肺功能等。粉尘引起的肺部疾患可分为三种情况。第一种是尘肺。这是主要的职业病之一，我国已列为法定职业病范畴，这种病是由于较长时间吸入较高浓度的生产性粉尘所致，引起以肺组织纤维化为主要特征的全身性疾病。由于粉尘种类繁多，尘肺的种类也很多，主要有矽肺、石棉肺、滑石肺、云母肺、煤肺、煤矽肺、炭素尘肺等。第二种是肺部粉尘沉着症，它是由于吸入某些金属性粉尘或其它粉尘而引起粉尘沉着于肺组织，从而呈现异物反应，

其危害比尘肺小。第三种是粉尘引起的肺部病变反应和过敏性疾病。这类疾病主要是由有机粉尘引起的，如棉尘、麻尘、皮毛粉尘、木尘等。这种情况建议平时戴口罩，注意尽量不要吸烟，定期体检身体，发现问题及时治疗。

工作页 3.1.2

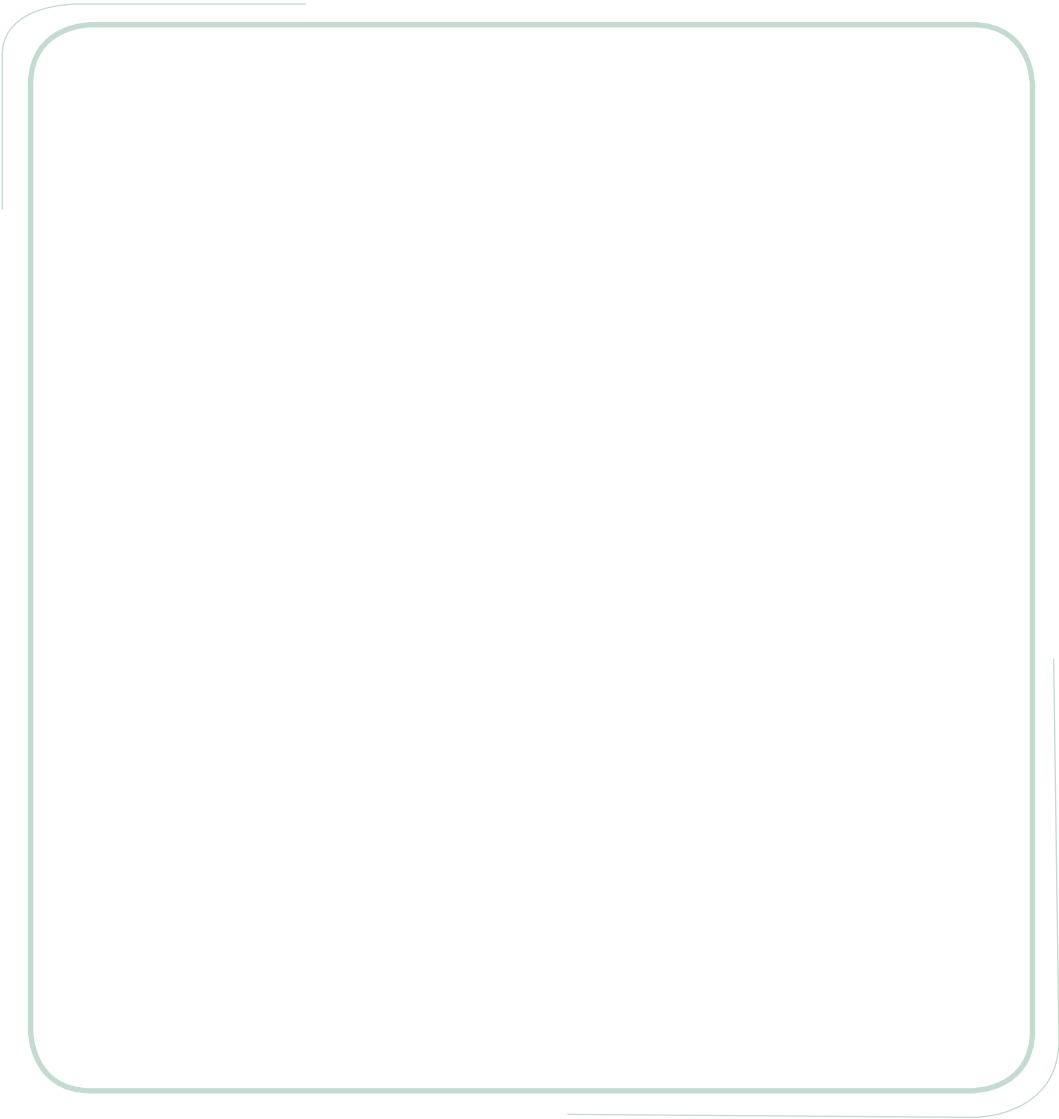
班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请在下面空白处记录老师点评后的企业水刀工作现场安全注意事项。

工作页 3.1.3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请以小组为单位，在下面空白处手工绘制工作区布局图，要求包含机位、安全通道、作业位、工具摆放区、成品区、废品区等。



一、起重机安全操作规程

1. 范围

本标准规定了门式起重机施工的要求、施工和吊装过程控制、检验及交付。

本标准使用于起重量不大于 50t 的拼装式门式起重机（以下简称起重机）。

2. 引用标准

QJ/HLJ1.7-2004 门式起重机安装检验规程

3. 要求

(1) 施工人员的配备。

1) 起重量不大于 20t 的起重机：应配备安装人员 2~3 人，辅助工 5~6 人。

2) 起重量为 20~50t 的起重机：应配备安装人员 3~4 人，辅助工 5~8 人。

3) 指派一名施工负责人，负责现场施工、统筹技术和安全生产。

(2) 安装人员的工种。

安装人员应包括电焊工、电工、安装维保和检验人员，可以兼职。但必须持电焊工、电工和起重机安装维保的相应特种作业操作证书。检验人员持有本公司的上岗证。

(3) 履行告知手续。

应协同拥护向当地的市级质量技术监督局进行备案，履行告知手续，方可施工。

(4) 进行技术和安全交底。

1) 应有必要的技术文件资料，包括产品总图和必要的部件图等。

2) 施工前，应有技术部售后服务部负责人，对施工人员进行技术和安全交底。

3) 现场施工人员应戴安全帽，高空作业应系保险带。

(5) 施工现场的准备。

1) 应确保通路、通电和通水。

2) 应有施工机械的作业空间及安装设备的充裕的平整场地。

4. 施工过程控制

(1) 起吊设备、司机和起重工。

起吊设备为外包项目，应对设备的技术参数和状态、人员的资质予以验证。

(2) 土建工程和轨道的铺设。

土建工程和轨道的铺设为外包项目，应对其进行验收。验收按 QJ/HLJ1.7 的规定。

(3) 检验测量的装置。

应配备所需的万用表、绝缘电阻测量仪、经纬仪、水准仪、钢卷尺、钢直尺塞尺和游标卡尺等检验测量的装置，应经计量检定合格，并在检定有效期内。

(4) 质量控制点。

1) 施工前, 应按配置清单核对零部件。

2) 支脚与主梁的拼装: ①根据门脚的高度和地基的实际情况, 进行预埋或预制地锚装, 以便固定支脚缆绳; ②缆绳夹角应在 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的范围内, 支脚高度在 $10 \sim 10\text{m}$ 时, 单边缆绳应为 $2 \sim 3$ 根, 钢丝绳为 $\Phi 13$; ③并准备 $4 \sim 8$ 台 1t 手拉葫芦, 用于缆绳下部, 作为调节支脚垂直度之用。

3) 行走大车和平衡梁的安装: ①将行走大车的平衡梁吊装在轨道上, 用水准议在平衡梁一平面上找平; ②再用钢卷尺测量平衡梁支座的对角线, 并调整对角线, 使两对角线之差不大于 5mm , 然后用方木将大车垫实。

4) 支脚的拼装应: ①按编号进行拼装; ②有调节活动的支脚, 应把 8 孔支承架安装到位; ③根据门脚的实际高度, 将缆绳固定。

5) 主梁的拼装应:

①按编号进行拼装; ②将支承架、天车行直钢轨进行安装; ③配有副钩的, 再将工字钢、电动葫芦和滑导钢丝绳电缆线进行安装和调整。

5. 吊装过程控制

(1) 门脚的吊装应。

1) 起吊高度不大于 13m 的门脚, 采用 $8 \sim 16\text{t}$ 的汽车起重机; 大于 14m 时, 采用 $25 \sim 50\text{t}$ 的汽车起重机。

2) 起吊时, 在门脚中心最高点装钩并捆绑牢靠, 由现场负责人指挥安装就位。

3) 用经纬仪或铅垂线法, 检查并调整其与水平面的垂直度, 要求小于 $0.5/1000$ 。

4) 然后, 用螺栓联接固定, 并用缆绳拉紧稳定后, 方可松钩。

(2) 主梁的吊装应。

1) 起吊跨距 $18 \sim 36\text{m}$ 、高度 $6 \sim 14\text{m}$ 的主梁, 采用 $16 \sim 25\text{t}$ 汽车起重机 2 台; 跨距 $30 \sim 42\text{m}$ 、高度 $15 \sim 20\text{m}$ 的, 采用 50t 汽车起重机 2 台。

2) 由有经验的持证的起重工指挥起吊。

3) 起吊时, 吊点选在距主梁两端的 $2 \sim 2.5\text{m}$ 处, 并在起吊的钢绳线处垫以软物。

4) 按主梁的重量选配起吊钢丝绳, 并检查钢丝绳有否断丝和打笼现象。

5) 起吊时, 先吊高 $0.5 \sim 1\text{m}$ 处, 上下试吊 $3 \sim 5$ 次。确认无误后, 方可慢速升高就位。

6) 然后, 用高强度螺栓进行紧固联接, 再用 4 孔支承架进行两端封门联接。

(3) 天车的吊装。

1) 调整天车行走轨道, 使轨距误差在 $\pm 3\text{mm}$ 的范围内将天车吊装就位。

2) 按顺序将爬梯、操作室、电控柜接线、绕线器等进行安装。

3) 对减速器和各润滑点加润滑油。

4) 通电后, 试运转天车的卷场机。

5) 将钢丝绳的扭力排除, 进行吊穿动滑轮组, 并用绳卡将钢丝绳终端锁紧绳卡的数量按表 1 的规定。

为了确保起重机械安全运行, 并能充分发挥出最大工作效能和延长其使用寿命及实现安全、文明生产, 还应遵守各项规定、规程、法规。

二、驾驶员岗位责任制

(1) 起重机驾驶员应经过一定时间的训练, 了解所驾驶的起重机的结构、性能、经应知应会考试合格后, 才能独立操作。

(2) 必须严格执行各项规章制度。

(3) 严守工作岗位, 不得无故擅自离开起重机。

(4) 密切注意起重机的运行情况, 如发现设备、机件有异常现象或故障应设法及时排除后继续使用, 严禁带病运作。

(5) 起重机进行机修或大修时, 驾驶员除了完成本职工作外, 还应配合修理工一起工作。并参加验收工作。

(6) 做好起重机保养工作。

三、交接班制度

交接班制度非常重要, 根据实事求是的原则填写当日工作情况, 设备运行情况以及设备检查情况, 确保接班驾驶员的安全生产。

1. 交班驾驶员

(1) 将空钩起升到接近上限位置, 停在指定地点, 小车停在操纵室一边, 各控制器复到零位, 关掉开关和闸刀。

(2) 交班前应有 15 ~ 20min 的清扫和检查时间, 检查设备的机械和电器部分是否完好, 同时做好打扫清洁工作。

(3) 详细记述当班日报 (工作情况、设备运行情况及设备存在的问题或需要立即排除的故障等)。

2. 接班驾驶员

(1) 认真听取上一班司机中成述的工作情况和查阅交班记录。

(2) 检查起重机操纵系统是否灵活可靠和制动器的制动性能是否良好。

(3) 固定钢丝绳是否牢靠, 卷筒钢丝绳排列是否正确。

(4) 使用前进行空载运行检查, 特别是限位开关、紧急开关、行程开关等是否安全、开关可靠。如有问题必须修复后方可操作使用。

(5) 上述检查中, 双方认为正常无误后, 交接班人员同在工作日报上签字, 交班人员才能离开岗位。

四、起重机安全技术规程

- (1) 每台设备，必须经有关部门确认的持有司机操作证的专职司机操作。
- (2) 起重机的明显部位，必须挂有从地面看得清楚的起重量的标牌。
- (3) 起重机禁止超负荷使用。
- (4) 必须处在垂直位置时起升重物，禁止斜拉斜吊。
- (5) 禁止吊具与人力同在车箱，或料仓内装卸物料。
- (6) 起重机工作时，禁止任何人停留在起重机上，小车上和起重机轨道上。
- (7) 吊运的重物应在安全通道上运行。在没有障碍的路线上运行时，吊具或重物的底面必须起升到离开工作面两米以上。
- (8) 在运行线路上需要越过障碍物时，吊具或重物的底面应起升到比障碍物高半米以上。
- (9) 禁止吊运重物从人头上越过，禁止任何人到重物下面工作。
- (10) 禁止利用起重机吊举运送或起升人员。
- (11) 禁止在起重机上存放易燃（如煤油、汽油等）易爆物品。
- (12) 吊具处在下极限位置起升重物时，卷筒上除固定用的钢丝绳外，还应有两圈以上的安全圈。
- (13) 起升液态金属，有害液体或重要物品时，不论重量多少，均必须先起升 200 ~ 300mm，验证制动器工作可靠时在正式起升。
- (14) 起重机上制动器如果失灵或没有调好，则禁止工作。
- (15) 在正常情况下，不应依靠各限位开关作为停车之用。
- (16) 禁止从起重机上往地面扔任何物品。
- (17) 工具及备品等必须存放在专用箱中，禁止散放在大车或小车上。
- (18) 露天工作的门式起重机桥架高在 20m 以下时，其工作风力应不大于六级。
- (19) 露天工作的起重机，不工作时必须采用夹轨器或其他固定方法将起重机可靠的固定住，以防风灾。
- (20) 到起重机检查或修理时，起重机必须断电。在电源开关处挂上“不准送电”的牌子。多机供应同一电源时，应挂在该起重机的保护配电箱的电源开关上，并在被修理的起重机两侧设上阻挡器，标志牌和信号灯，必要时设专人守卫和指挥，以防邻机碰撞。
- (21) 必须带电修理时，应戴上绝缘手套和穿上绝缘鞋。
- (22) 修理用的照明灯电压应控制在 36V 以下。
- (23) 有可能产生导电的电器设备的金属外壳必须接地。
- (24) 起重机的操纵室中和走台上应备有灭火器。应设有安全绳，以备特殊情况时上、下车。

(25) 每年至少有一次对起重机进行全面的安全技术检查。

五、起重机的操作规程

(1) 应严格遵守起重机安全技术规程。

(2) 应了解所用起重机的构造和性能，熟悉其工作原理和操纵系统。掌握安全装置的功用和正确的操作方法，做到精心保养和及时维修。

(3) 如有人违反起重机安全技术规程，盲目指挥时，司机应有权拒绝吊运。

(4) 司机应熟记指挥工的指挥信号（手势、哨音、旗语等）并应与指挥工密切合作。

(5) 在下列情况下，司机应发出警告信号：

1) 起重机启动送电时。

2) 在同一层或另一层靠近其他起重机时。

3) 在起升或下降荷载时，或大车小车行走时。

4) 荷载在吊运过程中接近地面人员时。

5) 吊运安全通道上有人工作或友人走动时。

(6) 龙门架或起重吊机进行悬臂拼装时，应遵守下列规定：

1) 吊机的定位、锚固应按设计进行，并进行静载试验。

2) 拼装使用的机具设备均应经过检查，如有隐患及不符合安全规定时不得使用。

3) 构件起吊前，应对构件进行全面检查，如吊环部位有无损伤、结合面有无突出外露物，构件上有无浮置物件等。

4) 构件应垂直起吊，并保持平衡稳定。在接近安装部位时，不得碰撞已安完的构件和其他作业设施。

5) 运送构件的车辆，构件起升后（或船只）应迅速撤出。

(7) 遇有下列情况时，现场指挥人员，必须在构件妥善处理后再，暂时停止吊装作业：

1) 天气突然变化，影响作业安全。

2) 卷扬机、电机过热，或其他机械设备出现故障等。

(8) 拆除硫磺砂浆临时支座，除按“高处作业”的安全要求施工外，还应符合下列规定：

1) 融化硫磺砂浆垫块采用电热法时，电热丝不得与其他金属物接触。

2) 作业时人员应站在上风处操作，并应配戴安全防护用品。

3) 悬挂支点必须牢固，使用三角架悬挂时，基础应坚实，三支架腿受力要均匀，防止滑动和倾覆。

4) 严禁斜拉重物。

5) 重物吊起后发生卡链时，应在重物下方支垫后进行检查修理，不得硬拉。

(9) 千斤顶

1) 顶升重物必须在重心位置；如需用千斤顶纠正偏斜物体时，放置千斤顶的台座必须坚固可靠。

2) 顶升重物过程中，千斤顶出现故障时，应在重物支垫稳固后，再取出修理。

3) 用多台千斤顶（升）起同一重物时，动作应同步、均衡。

(10) 高处作业

1) 高处作业的含义和级别划分应符合现行的国家标准《高处作业分级》（GB 3608—83）的规定。

2) 悬空高处作业必须设有可靠的安全防护措施。

悬空高处作业包括：在开放型结构上施工，如高处搭设脚手架等；在无防护的边缘上作业；在受限制的高处或不稳定的高处作业；在没有立足点或没有牢靠立足点的地方作业等。

3) 从事高处作业人员要定期或随时体检，发现有不适宜登高的病症，不得从事高处作业。严禁酒后登高作业。

4) 高处作业人员不得穿拖鞋或硬底鞋。所需的材料要事先准备齐全，工具应放在工具袋内。

5) 高处作业所用的梯子不得缺档和垫高，同一架梯子不得二人同时上下，在通道处（或平台）使用梯子应设置围栏。

6) 高处作业与地面联系，应有专人负责，或配有通讯设备。

7) 运送人员和物件的各种升降电梯、吊笼，应有可靠的安全装置，严禁乘坐运送物件的吊栏人员。

高温季节施工，应按劳动保护规定做好防暑降温措施。适当调整作息时间，尽量避开高温时间。有条件的宜搭设凉棚，供应冷饮，准备防暑药品等。

工作页 3.1.4

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请记录小组讨论汇总后的起重机操作安全注意事项。

2. 请记录回校后小组讨论汇总后的水刀操作安全注意事项。

信息页 3.1.3

一、水刀的操作规程

1. 班前注意事项

- (1) 开机前检查设备的水、电、气是否供应正常，有无泄漏等现象。
- (2) 检查水刀行程范围中是否有遮挡物。
- (3) 操作人员需具备相关常识，无关人员禁止开机操作。
- (4) 水刀加砂时，应检查水刀砂是否干燥无杂质。
- (5) 操作人员需规范着装，佩戴劳保手套和护目镜。

2. 班中注意事项

- (1) 在切割工件的过程中，操作人员以及无关人员应和设备保持一定的距离。
- (2) 切割较小、较轻的工件，应采取固定措施，防止在过程中切割走位。
- (3) 要保证被切割工件已经摆放平整，避免切割砂管损坏，造成安全事故的发生。
- (4) 如发现在切割的过程中，工件被冲击走位，禁止利用其它物件去校正。
- (5) 在进行取料、换喷嘴的过程中一定要先将高压水开关、或高压关闭，等残留的高压水卸。

3. 除后再行操作

- (1) 在使用水刀切割时，应根据不同材料选择不同的压力进行操作。
- (2) 在使用水刀的过程中，要注意水刀的增压器 and 高压管工作密封情况。
- (3) 在紧急停电时，高压水会残留在高压系统里，一旦来电，残留的高压水会喷出，因此，这时候也不要靠近切割头。重新接通电源后，需将残留的高压水卸除。
- (4) 操作人员需经常观察设备的运行状态指示灯的显示情况。
- (5) 水刀加工好的工件边缘都十分锋利，因此应高度注意被划伤割伤。

4. 班后注意事项

- (1) 及时清理切割后余留的边角料，并摆放好加工完毕的工件。
- (2) 切断电源，关闭高压系统开关。

二、水切割加工操作规程

为保证公司水切割外接加工按时按质完成，杜绝不合格品的产生，特制定本规程。

(1) 画图人员对所有来料加工的材料对照图纸进行检查，并严格按照客户的图纸要求进行编程、切割，如对图纸有疑问，应及时当面与客户进行沟通，要在客户确认图样无任何问题后方可切割，如无法当面沟通，可通过电话形式与客户联系，并在图纸上做好标识。否则所产生损失由个人承担。

(2) 水切割操作工在切割时应首先进行模拟,并对照图纸进行检查,无差错再进行切割,切割好后进行首检,待首检合格后,再进行批量切割,并在加工过程中进行抽检。对贵重的材料应首先用木板试切割,符合加工要求后再正式切割,否则产生损失由操作者承担。

(3) 做好交接班工作。交班时,交班者应将切割的图纸、已切割数、抽检情况、设备运行情况向接班者交代清楚,接班者应首先按照图纸对交班者所切割的产品进行检验,然后再进行切割。如不检验所产生损失交接班者共同承担。

(4) 操作者对切割好的成品应清洗干净,同时对因断砂而造成有毛刺现象应打磨,清点加工数量和加工长度,然后移交库房保管员。

(5) 操作者对需更换的配件应开具领料单向仓库领取,并上交已报废配件,仓库收取后单独存放,定期填写报废单申请报废,如因个人原因导致报废,由当事人说明情况,填写报废申请单,生产副总审核确认报废,同时责任人承担相应的责任。

(6) 操作者切割任务完成后,应立即清扫设备周围现场,做到地面干净、无积水,加工件摆放整齐,加工图纸单独存放,不得丢失。

(7) 做好设备的维护保养。

(8) 如人为原因造成报废,相关责任人承担材料费和加工费。

(9) 如有客户来切割样品,应提前做好准备,保证设备处于完好状态。

三、水刀加工工艺

1. 上班开机之前的准备工作

(1) 开高压进水、冷却水、气泵、电源、检查供砂状态。

(2) 冬天启动油泵 3 ~ 5min 然后开高压检查增压器是否正常。

(3) 模拟马上要切割的图形检查图形是否正确,如有不对马上给画图人员进行修改,模拟时把速度修改到 1500mm/min 机床倍率 1.5。

如有问题马上提出及时解决,以上工作准备好方可开机切割工件。

2. 客户来料及加工图纸的审核

(1) 客户送来材料应该对材料的表面进行观察检验是否有损伤,加工图纸与材料核对是否能达到客户要求产品的数量,如有疑问及时向客户询问清楚。

(2) 材料送来应放在指定的区域摆放整齐避免划伤损坏。

(3) 想客户所想,做好套材。

3. 切割工件应注意事项

(1) 切割使注意刀头到工件的距离一般为 (4 ~ 8mm)。

(2) 开机床注意左右前后方向是否能撞到物品。

(3) 切割工件应及时测量工件尺寸是否达到图纸要求。工件切割好以后及时清理表面的泥沙,清理好以后把图纸与工件放在指定位置,并且向下一道工序人员交涉清楚。

信息页 3.1.4

请查阅 “NC studio V9 软件基本功能的操作步骤” 文件。

工作页 3.1.5

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请把导入生产单步骤汇总后，记录在下面空白处。

2. 请记录回校后小组讨论汇总的结果，把 NC studio V9 软件基本功能的操作注意事项记录在下面空白处。

学习活动二 水刀（超高压水射流切割机）切割板材

信息页 3.2.1

一、卸下地面拼花切件操作要领

（1）卸件的先后顺序：先取出边缘废料，放置在废料斗车上，再取出细小件，然后取出其他切件。

（2）尖角位要完整。

（3）核对生产单正确编号和卸件：卸件要与生产单编号相对应。

（4）分类摆放：切件要按编号大小分类摆放。

（5）清理边角料：要把边角料放置在指定的地点。

二、卸下地面拼花切件注意事项

（1）卸件时应从四周边缘开始，逐步向中间卸下切件，不得从中间向四周边缘卸切件。

（2）必须特别注意尖角位是否完整，如缺失，必须及时找出并与相应的切件放在一起。

（3）必须仔细核对生产单正确编号和卸件。

（4）应根据地面拼花图案将切件按编号大小分类摆放，以免切件混乱，影响拼接。

（5）清理后的边角料应该放在专用的边角料斗车上，以便运走处理。

工作页 3.2.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据所学的水刀找正及对刀步骤，完成下面表格内容。

水刀找正	水刀找正步骤	注 意 事 项
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
	6.	
	7.	
	8.	
	9.	

水刀对刀	水刀对刀步骤	注 意 事 项
	1.	
	2.	
	3.	
	4.	
	5.	
	6.	
	7.	
	8	
	9	
	10.	

工作页 3.2.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

在完成操作水刀机切割石材的学习后，请完成下面表格内容。

水刀机 切割石材	水刀切割石材		注 意 事 项
	1. 正常水压值	mPa	
	2. 正常气压值	mPa	
	3. 疏通砂管		
	4. 整刀头高度	mm	
	5. 调整切削速度		
	6. 调整挡板位置		

工作页 3.2.3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请简要回答卸下地面拼花切件的注意事项。

1. 按先后顺序卸件时，注意事项有哪些？

.....

.....

.....

.....

.....

2. 卸下尖角位时，注意事项有哪些？

.....

.....

.....

3. 核对生产单正确编号和卸件，注意事项有哪些？

.....

.....

.....

4. 分类摆放时，注意事项有哪些？

.....

.....

.....

5. 清理后的边角料，注意事项有哪些？

.....

.....

.....

工作页 3.2.4

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请完成水刀机维护检查表。

水刀机维护检查表

序号	维护检查项目	是否正常	不正常原因	不正常项目解决措施
1	水压表			
2	气压表			
3	通砂管			
4	高压水泵声音			
5	增压器温度			
6	蓄压器	蓄压器处漏水	增压器密封损伤	更换密封
7	高压水管路			
8	油压管路			
9	工作油温			
10	喷嘴	喷嘴前端漏水	启闭阀动作不良	

学习活动三 打磨切料

信息页 3.3.1

《手提角磨机安全操作规程》

- (1) 使用打磨机前请仔细检查保护罩、辅助手柄，必须完好无松动。
- (2) 插头插上之前，务必检查机器开关是否处在关闭的位置。
- (3) 装好砂轮片前注意是否出现有受潮现象和缺角等现象，并且安装必须牢靠无松动，严禁不用专用工具而用其他外力工具敲打砂轮夹紧螺母。
- (4) 使用的电源插座必须装有漏电开关装置，并检查电源线有无破损现象。
- (5) 打磨机在使用前必须要开机试转，看打磨片运行是否平稳正常，检查对碳刷的磨损程度由专业人员适时更换，确认无误后方可正常使用。
- (6) 打磨机在操作时的磨切方向严禁对着周围的工作人员及一切易燃易爆危险物品，以免造成不必要的伤害。保持工作场地干净、整洁。正确使用，确保人身及财产安全。
- (7) 事前夹紧工件，磨片与工件的倾斜角度为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 为宜。切割时勿重压、勿倾斜、勿摇晃，根据材料的材质适度控制切割力度。保持切割片与板料切口的平行，不可侧压方式歪斜下切。
- (8) 使用打磨机时要切记不可用力过猛，要徐徐均匀用力，以免发生打磨片撞碎的现象，如出现打磨片卡阻现象，应立即将打磨机提起，以免烧坏打磨机或因打磨片破碎，造成不安全隐患。
- (9) 严禁使用无安全防护罩的打磨机，对防护罩出现松动而无法紧固的打磨机严禁使用并由专人及时修理，严禁当事人擅自拆卸打磨机。
- (10) 打磨机工作时间较长而机体温度大于 50°C 以上并有烫手的感觉时，请立即停机待自然冷却后再行使用。
- (11) 操作打磨机前必须配带防护眼镜及防尘口罩，防护设施不到位不准作业。
- (12) 更换砂轮片时必须关闭电源或拉掉电源线，确认无误后方可进行砂轮片的更换，务必使用专用工具拆装，严禁乱敲乱打。
- (13) 定期检查传动部分的轴承、齿轮及冷却风叶是否灵活完好，适时对转动部位加注润滑油，以延长打磨机的使用寿命。
- (14) 操作人员必须带保护眼罩。
- (15) 打开开关之后，要等待砂轮转动稳定后才能工作。

石材平面拼图产品制作

- (16) 长头发职工一定要先把头发扎起。
- (17) 切割方向不能向着人。
- (18) 连续工作 30min 后要停 15min。
- (19) 不能用手捉住小零件对角磨机进行加工。

工作页 3.3.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 学习手提角磨机安全操作规程后，请完成下列填空。

(1) 手提角磨机要有_____，经常检查，以保证正常运转。

(2) 更换新砂轮时，应_____，同时安装前应检查_____是否有裂纹，若肉眼不易辨别，可用坚固的线把砂轮吊起，再用一根木头轻轻敲击、静听其声。

(3) 角磨机必须有牢固合适的_____，托架距砂轮不得超过 5mm，否则不得使用。

(4) 安装砂轮时，螺母上的不得过松、过紧，在使用前应检查_____是否松动。

(5) 砂轮安装好后，一定要_____试验 2~3 分钟，看其运转是否平衡，保护装置是否妥善可靠，在测试运转时，应安排两名工作人员，其中一人站在砂轮侧面开动砂轮，如有异常，由另一人在配电柜处立即切断电源。以防发生事故。

(6) 凡使用者要戴_____，不得正对砂轮，而应站在侧面。使用角磨机时，不准戴_____，严禁使用棉纱等物包裹刀具进行磨削。

(7) 使用前应检查_____是否完好（不应有裂痕、裂纹或伤残），砂轮轴是否安装牢固、可靠。角磨机与防护罩之间有无杂物，是否符合安全要求，确认无问题时，再开动角磨机。

2. 下图为角磨机结构图，请在图片周围标注各部位名称。



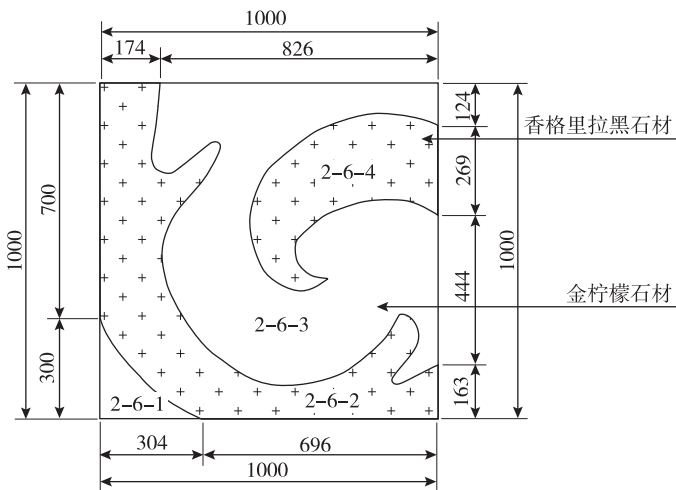
信息页 3.3.2

一、使用角磨机过程中的注意事项

- (1) 开动砂轮的必须先运行 40 ~ 60s，待转速稳定后方可磨削，磨削刀具时应站在砂轮的侧面，不可正对砂轮，以防砂轮片破碎飞出伤人。
- (2) 在同一块砂轮上，禁止两人同时使用，更不准在砂轮的侧面磨削，磨削时，操作者应站在角磨机的侧面，不要站在砂轮机的正面，以防砂轮崩裂，发生事故，同时不允许戴手套操作，严禁围堆操作和在磨削时嬉笑与打闹。
- (3) 磨削时的站立位置应与角磨机成一夹角，且接触压力要均匀，严禁撞击砂轮，以免碎裂，砂轮只限于磨刀具、不得磨笨重的物料或薄铁板以及软质材料（铝、铜等）和木质品。
- (4) 磨刃时，操作者应站在砂轮的侧面或斜侧位置，不要站在砂轮的正面，同时刀具应略高于砂轮中心位置。不得用力过猛，以防滑脱伤手。
- (5) 砂轮不准沾水，要经常保持干燥，以防湿水后失去平衡，发生事故。
- (6) 不允许在角磨机上磨削较大较长的物体，防止震碎砂轮飞出伤人。
- (7) 不得单手持工件进行磨削，防止脱落在防护罩内卡破砂轮。

二、水刀拼接要求

切割完毕到拼花工序，拼花是一个完全手工制作的一道大工序。拼花前还需将切割出来的部件的底边缘打磨圆滑，使拼花时容易摆放，拼花一定按电脑图纸按正确的编号进行试拼，就是拼图排版，石材拼花试拼完成后是用树脂定型的，等树脂干后放到定厚机上定厚，补色，再抛光、切边。如下图所示。



工作页 3.3.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请根据角磨机使用过程注意事项，完成下列填空。

(1) 开动砂轮时必须 40 ~ 60 秒钟转速稳定后方可磨削，磨削刀具时应站在砂轮的_____，不可正对砂轮，以防砂轮片破碎飞出伤人。

(2) 在同一块砂轮上，禁止两人同时使用，更不准在砂轮的侧面磨削，磨削时，操作者应站在角磨机的侧面，不要站在砂轮机_____，以防砂轮崩裂，发生事故，同时不允许戴_____操作，严禁围堆操作和在磨削时嬉笑与打闹。

(3) 磨削时的站立位置应与角磨机成一_____，且接触压力要均匀，严禁撞击砂轮，以免碎裂，砂轮只限于磨刀具、不得磨笨重的物料或薄铁板以及软质材料（铝、铜等）和木质品。

(4) 磨刃时，操作者应站在砂轮的_____或_____位置，不要站在砂轮的正面，同时刀具应略高于砂轮中心位置。不得用力过猛，以防滑脱伤手。

(5) 砂轮不准_____，要经常保持干燥，以防湿水后失去平衡，发生事故。

(6) 不_____在角磨机上磨削较大较长的物体，防止震碎砂轮飞出伤人。

(7) 不得_____持工件进行磨削，防止脱落在防护罩内卡破砂轮片。

2. 根据水刀拼接要求，完成下列填空。

(1) 拼花前需将切割出来的部件的底边缘打磨_____，目的是使拼花时容易_____。

(2) 拼花一定按_____进行试拼，也就是拼花排版。

(3) 拼花前，拼花场地要求平整无杂物，无水分，拼花排板前要在场地上铺上干净的_____，同时必须准备好石材档条。

(4) 为防止拼花粘接时出现尺寸加工错误、加工误差大以及色差等原因而导致石材拼花无法粘接或拼花粘接完成后无法修补导致石材浪费，所以我们在拼花粘接前 ([进行_____。

学习活动四 拼接切料

信息页 3.4.1

一、配色表

颜料三原色基本配色：

(红) + (黄) = (橙) (蓝) + (红) = (紫)
(蓝) + (黄) = (绿) (红) + (黄) + (蓝) = (黑色)

常用配色表

颜色	配色	颜色	配色
蓝绿色	草绿色 + 天蓝色	粉玫瑰红	纯白色 + 玫瑰红
朱红色	柠檬黄 + 玫瑰红	暗红色	玫瑰红 + 纯黑色
紫红色	纯紫色 + 玫瑰红	灰蓝色	天蓝色 + 纯黑色
褚石红	玫瑰红 + 柠檬黄 + 纯黑色	浅灰蓝	天蓝色 + 纯黑色 + 纯紫色
粉蓝色	纯白色 + 天蓝色	粉紫色	纯白色 + 纯紫色
粉绿色	纯白色 + 草绿色	啡色	玫瑰红 + 纯黑色
黄绿色	柠檬黄 + 草绿	粉柠檬黄	柠檬黄 + 纯白色
墨绿色	草绿色 + 纯黑色色	藤黄色	柠檬黄 + 玫瑰红
桔黄色	柠檬黄 + 玫瑰红	土黄色	柠檬黄 + 纯黑色 + 玫瑰红
桔黄	大红 + 柠檬黄	紫罗兰	大红 + 湖蓝
草绿	柠檬黄 + 湖蓝 (湖蓝加多是粉绿)	中黄	大红 + 桔黄 (大红加多变玫瑰红)
熟褐	大红 + 草绿	玫瑰红	大红 + 紫罗兰
浅绿	柠檬黄 + 草绿	青莲	湖蓝 + 紫罗兰

在诸多颜色当中你可以大胆地调色，分量的多少，调出的效果不同。但是，记住一个要点：紫色不能加黄色、绿色不能加红色、蓝色不能加橙色。因为这样的互补色调出来是很深的灰色或者是黑色的。

二、云石胶的选择

云石胶主要成分是“树脂 + 粉体”，好的云石胶应具备如下特点。

1. 良好的粘接性能

若云石胶所含树脂质量好、含量足，粉体结构细腻均匀，则粘结性好。

判断云石胶好坏，有一个简单的方法：找两块板材，用云石胶粘接起来，放置 24h

以上。然后从1m左右高度摔下，若板材沿粘接处断裂，则证明云石胶粘接性能差。若不沿粘接处断裂，则证明粘接性能优良。

2. 良好的可抛光性能

云石胶的可抛光性，是指补胶、研磨、结晶抛光后，云石胶颜色与石材颜色基本一致。云石胶所含粉粒越细腻，可抛光性越好。

3. 良好的可调色性

云石胶的可调色性，是指调制时，颜色很容易达到均匀一致。云石胶所含粉粒越细腻，可调色性也越好。

三、调色材料的选择

1. 一般选择：云石胶 + 调色膏

依据颜料三原色原理，先用“云石胶 + 调色膏”，调出与石材接近的基本色。再添加相应的调色膏，进一步找到准确色。这是最常见的调胶方法，优点是操作简单。但我们恰恰不推荐这种调色方法，原因如下：调色膏，是一种人工色素，颜色非常纯正。但问题在于：石材是天然材料，它的颜色恰恰不是那么的纯正。因此调色膏太纯正了，调好的云石胶，反而跟石材本身的色泽产生了新的差异。



2. 最佳选择：云石胶 + 天然色粉

我们推荐使用天然色粉作为调色的材料。天然色粉是从矿物中提取的天然材料，更能接近石材的自然色泽。如调制黄色云石胶时，可加入适量氧化铁黄。依据颜料三原色原理，先用“云石胶 + 天然色粉”，调出与石材接近的基本色。再添加相应的天然色粉，找到最完美的色彩，这是调胶最为关键的一个诀窍。



四、调制关键点

有了好的材料，调制时，应把握几个关键点。

1. 环境要求

(1) 光线要求。

调胶时，最好是在晴天，光照充足而且非常自然的条件下进行。光线过于强烈、阴影处、昏暗的灯光下，都会造成石材色彩的失真，导致调胶颜色出现大的差异。

(2) 石材要干净干燥。

石材吸水或受污染后，也会导致颜色的变化，掩盖了本色。因此，调胶时，一定要确保石材干净干燥，呈现的是真正的本色。

2. 充分对比

调胶工作，不是一蹴而就的。调制时，应先在面积上做试验。要不断与石材色泽进行对比，一点一点测试，直至调成需要的颜色。最终颜色的确定，一定要在云石胶干燥后，与石材颜色最接近的效果为准。而不是云石胶未干，就着急确定颜色。

3. 一次调成

由于调胶是一点一点测试成功的，因此，中间存在很多不确定因素。即使同一个工人，分两次调也会造成不可预测的偏差。因此，相同区域要用的胶，应该让同一个工人负责，一次性调制完成。

4. 调胶工人的选择

无论什么工作，说到底起决定作用的还是人。选择的调胶工人，应具备如下素质：

①非色盲人士；②对色彩要有敏感性；③有足够的耐心 and 责任感；④丰富的经验。

五、工具

工欲善其事，必先利其器。调胶时，工人手边，至少应准备几个工具。

(1) 调胶器，即打胶器 + 手电钻。



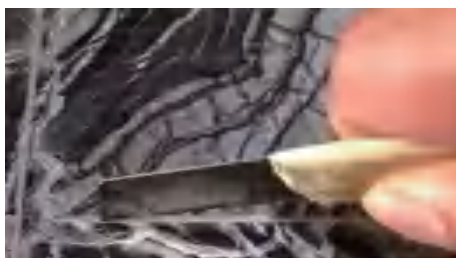
(2) 批刀的选择。

调胶补胶时，应该选择两种铲刀：一种宽 3cm，用来调胶；一种宽 2cm，用来补缝。不建议选用更宽的铲刀，因为人手部的力量恒定。铲刀越宽，力量就越分散。影响调胶的均匀程度，和补胶的效果。



(3) 刀片。

工人手边，应该还有一个刀片。可以把其他工具上多余的胶刮掉；遇到缝隙处有污染物，可快速清理掉；补胶失败，也可快速清除。



(4) 砂轮片。

准备一个 120#或 220#的砂轮片，配合角磨机，能快速清除干固到工具上的云石胶。



工作页 3.4.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请完成颜料三原色基本配色表。

- (红) + (黄) = ()
- (蓝) + (红) = ()
- (蓝) + (黄) = ()
- () + (黄) + () = (黑色)

2. 请完成常用配色表。

- 熟褐色 = 柠檬黄 + 纯黑色 (湖蓝) + ()
- 粉玫瑰红 = () + 玫瑰红
- 朱红色 = 柠檬黄 + ()
- 暗红色 = 玫瑰红 + ()
- 紫红色 = () + 玫瑰红
- 赭石红 = () + 柠檬黄 + 纯黑色
- 粉蓝色 = () + 天蓝色
- 蓝绿色 = 草绿色 + ()
- 灰蓝色 = () + 纯黑色
- 浅灰蓝 = 天蓝色 + () + ()
- 粉绿色 = () + 草绿色
- 黄绿色 = 柠檬黄 + ()
- 墨绿色 = () + 纯黑色
- 粉紫色 = 纯白色 + ()
- 啡色 = () + 纯黑色
- 粉柠檬黄 = () + 纯白色
- 藤黄色 = 柠檬黄 + ()
- 桔黄色 = () + 玫瑰红
- 土黄色 = 柠檬黄 + 纯黑色 + ()

信息页 3.4

现场管理 5S

5S 是指整理 (SEIRI)、整顿 (SEITON)、清扫 (SEISO)、清洁 (SEIKETSU)、素养 (SHITSUKE) 五个项目, 因日语的拼音均以 “S” 开头, 简称 5S。5S 起源于日本, 通过规范现场、现物, 营造一目了然的工作环境, 培养员工良好的工作习惯, 其最终目的是提升人的品质。

(1) 革除马虎之心, 养成凡事认真的习惯 (认认真真地对待工作中的每一件 “小事”)。

(2) 遵守规定的习惯。

(3) 自觉维护工作环境整洁明了的良好习惯。

(4) 文明礼貌的习惯。

1. 整理

1) 将工作场所任何东西区分为有必要的与不必要的。

2) 把必要的东西与不必要的东西明确地、严格地区分开来。

3) 不必要的东西要尽快处理掉。

(1) 目的。

1) 腾出空间, 空间活用。

2) 防止误用、误送。

3) 塑造清爽的工作场所。

生产过程中经常有一些残余物料、待修品、待返品、报废品等滞留在现场, 既占据了地方又阻碍生产, 包括一些已无法使用的工夹具、量具、机器设备, 如果不及时清除, 会使现场变得凌乱。

生产现场摆放不要的物品是一种浪费, 即使宽敞的工作场所, 将愈变窄小; 棚架、橱柜等被杂物占据而减少使用价值; 增加了寻找工具、零件等物品的困难, 浪费时间; 物品杂乱无章的摆放, 增加盘点的困难, 成本核算失准。

(2) 注意点。

要有决心, 不必要的物品应断然地加以处置。

(3) 实施要领。

1) 自己的工作场所 (范围) 全面检查, 包括看得到和看不到的。

2) 定 “要” 和 “不要” 的判别基准。

3) 不要物品清除出工作场所。

4) 需要的物品调查使用频度, 决定日常用量及放置位置。

5) 订废弃物处理方法。

6) 每日自我检查。

2. 整顿

1) 对整理之后留在现场的必要的物品分门别类放置，排列整齐。

2) 明确数量，并进行有效的标识。

(1) 目的。

1) 工作场所一目了然。

2) 整整齐齐的工作环境。

3) 消除找寻物品的时间。

4) 消除过多的积压物品。

(2) 注意点。

这是提高效率的基础。

(3) 实施要领。

1) 一步骤整理的工作要落实。

2) 全程布置，确定放置场所。

3) 确定放置方法、明确数量。

4) 定线定位。

5) 物品标识。

(4) 整顿的“三要素”：场所、方法、标识。

1) 放置场所。①物品的放置场所原则上要 100% 设定；②物品的保管要定点、定容、定量；③生产线附近只能放真正需要的物品。

2) 放置方法。①易取；②不超出所规定的范围；③在放置方法上多下功夫。

3) 标识方法。①放置场所和物品原则上一对一表示；②现物的表示和放置场所的表示；③某些表示方法全公司要统一；④在表示方法上多下功夫。

(5) 整顿的“三定”原则：定点、定容、定量。

定点：放在哪里合适。

定容：用什么容器、颜色。

定量：规定合适的数量。

3. 清扫

1) 将工作场所清扫干净。

2) 保持工作场所干净、亮丽环境。

(1) 目的。

1) 消除脏污，保持职场内干干净净、明明白白。

2) 稳定品质。

3) 减少工业伤害。

(2) 注意点。责任化、制度化。

(3) 实施要领。

1) 建立清扫责任区（室内、外）。

2) 执行例行扫除，清理脏污。

3) 调查污染源，予以杜绝或隔离。

4) 建立清扫基准，作为规范。

4. 清洁

将上面的 3S 实施的做法制度化、规范化，并贯彻执行及维持结果。

(1) 目的。维持上面 3S 的成果

(2) 注意点。制度化，定期检查。

(3) 实施要领。

1) 落实前面 3S 工作。

2) 制定考评办法。

3) 制定奖惩制度，加强执行。

4) 高阶主管经常带头巡查，以示重视。

5. 素养

通过晨会等手段，提高全员文明礼貌水准。培养每位成员养成良好的习惯，并遵守规则做事。开展 5S 容易，但长时间的维持必须靠素养的提升。

(1) 目的。

1) 培养具有好习惯、遵守规则的员工。

2) 提高员工文明礼貌水准。

3) 营造团体精神。

(2) 注意点。长期坚持，才能养成良好的习惯。

(3) 实施要领。

1) 制定服装、仪容、识别证标准。

2) 制定共同遵守的有关规则、规定。

3) 制定礼仪守则

4) 教育训练（新进人员强化 5S 教育、实践）。

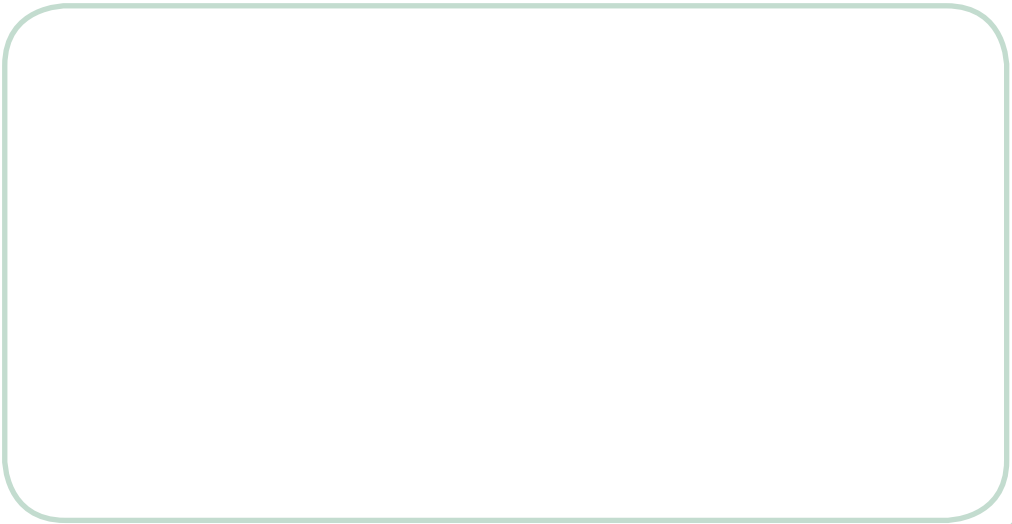
5) 推动各种精神提升活动（晨会、礼貌运动等）。

可自行阅读 5S 推行手册和 5S 推行步骤、实施与管理。

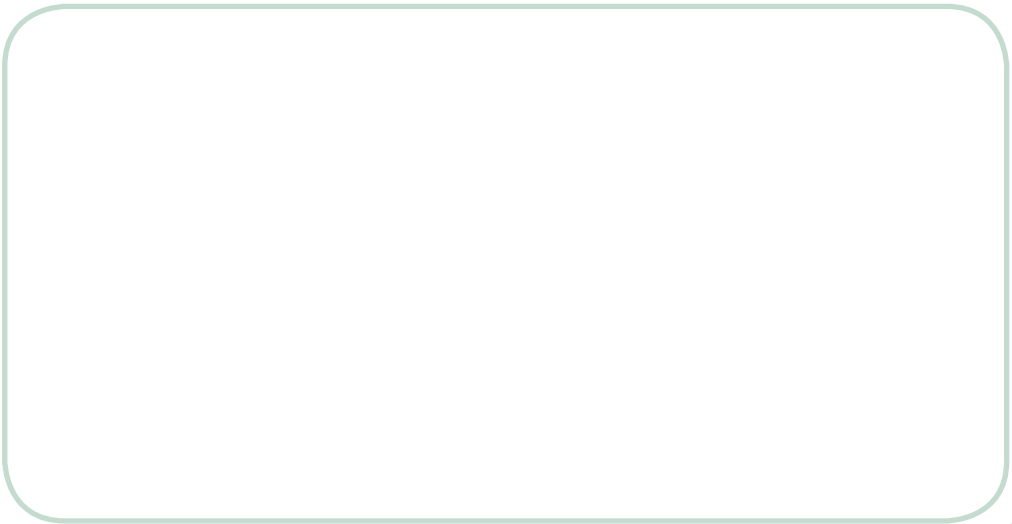
工作页 3.4.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请制作一张“现场管理 5S”小海报。



2. 小组互评后，请选出最完善的一张“现场管理 5S”小海报。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	制作 “现场管理 5S” 海报	独立学习	15	独立学习现场管理 5S，并按现场管理 5S 清理场地，得 15 分 其他情况得 1 ~ 14 分			
		虚心接受场地检查和师傅点评	12	虚心接受检查和师傅点评，得 12 分； 其他情况得 1 ~ 11 分			
		小组互评情况	8	评价最全面的小组，得 8 分； 其他酌情得 1 ~ 7 分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

学习活动五 水磨正面

信息页 3.5.1

手扶磨机操作规程

一、持证上岗

- (1) 手扶磨机手必须先经培训，取得相应资格后方可上岗，严禁无证上岗。
- (2) 手扶磨机手必须熟悉机床的主要性能及操作方法，各项功能指标及常见故障排除，并做好机床的日常维护保养工作。

二、开机前的检查

- (1) 检查电源和冷却系统是否处于正常工作状态。
- (2) 检查磨头前后左右移动是否灵活、准确到位。
- (3) 检查工作台旋转定位是否准确。
- (4) 检查各润滑点是否缺油。

三、手扶磨机开机作业

- (1) 将被加工石板放在工作台上，选取相应的磨头，要求磨头装夹必须牢固可靠。
- (2) 打开水开关，然后启动磨头，打磨石板要求用力均匀，按一定顺序移动磨头。
- (3) 操作员应依据不同的石板，选取相应的磨料号。
- (4) 操作员在打磨时要集中精力，注意观察，务必使整个石板光滑平整。

四、手扶磨机的维护保养

- (1) 设备的磨头主轴内每周加油一次，立柱每天加 30#机械油一次，丝杆每周加 3#锂基脂。
- (2) 每天必须对设备现场进行清理，保持清洁卫生，各活动部位要保持有油润滑，不用期间要注意防尘防锈。

五、安全注意事项

- (1) 操作工必须戴安全帽。
- (2) 检查油压泵里面是否有油。
- (3) 检查磨头锁紧螺丝是否锁紧。
- (4) 检查磨头万向节的销是否断裂。
- (5) 检查横梁升降是否正常。



工作页 3.5.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请各小组将修改好的手扶磨机检查表打印并粘贴在下面空白处。

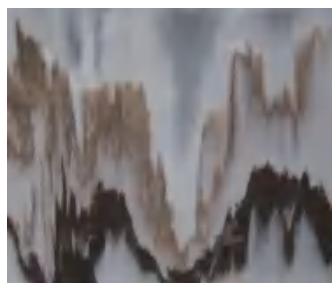
粘
贴
处

信息页 3.5.2

一、天然石材大理石彩色图片



北京房山“汉白玉”



云南大理的“云彩”



河北曲阳“墨玉”



云南大理石



挪威“挪威红”



汉白玉



丹东绿



济南青

二、我国主要大理石品种及其花色介绍

1. 房山汉白玉

房山汉白玉产自北京房山，呈玉白色，略带有灰色的杂点和纹脉。

2. 国产雪花白

国产雪花白产自山东掖县，颜色为雪白色带有淡灰色细纹，颗粒为均匀中晶颗粒，不过板面有较多黄色杂点。

3. 国产水晶白

国产水晶白产地四川、湖北、云南，呈水晶状白色，有时颜色略暗，偏浅灰色系，颗粒为均匀大结晶颗粒，不过不同产地矿山的水晶白颗粒差异较大，有的直径在2~3mm，有的可达5~6mm。

4. 云灰大理石

云灰大理石产自云南大理，颗粒为细小的均匀颗粒，颜色主要是白色底色，有些会偏浅灰底，带有烟状或云状黑灰纹带。

5. 艾叶青

艾叶青产自北京房山，主要是青灰底色也有些是灰白底的，带叶状斑纹，间有片状纹缕。

6. 莱阳黑

莱阳黑也叫莱阳墨，产自山东莱阳，细小均匀颗粒，花色为黑灰底色，间有黑色斑纹和灰白色的斑点。

7. 莱阳绿

莱阳绿产自山东莱阳，主要是灰白底色或是浅绿白底色，带绿色或是深草绿色斑纹和斑点。

8. 墨玉

墨玉是纯黑色的大理石，细小均匀颗粒，产地较广，贵州、广西、湖北、河北都有出产，不过由于荒料限制，一般是加工成60cm×60cm的规格板。

9. 晚霞红

晚霞红产自河南省，颜色主要橘红色或是晚霞红色，带有黑色的叠脉或是斑纹。

10. 米黄玉

米黄玉产自河南南阳，黄色浅黄底色，木纹状纹理，玉石质地，高光泽度，结晶颗粒，呈齿牙状交错组成。

11. 广黄大理石

广黄产自江苏省，细密均匀颗粒，黄色或黄白底色，有土黄或黄色斑纹，板面遍布红色或裂线，少部分是黑线，不可避免。

12. 广红大理石

广红大理石同样产自江苏省，细密均匀颗粒，红色或红白底色，有红色斑纹，板面遍布裂线，主要是红色裂线，少部分是黑灰色水晶线。

13. 咖啡大理石

咖啡产地是江苏宜兴，细密均匀颗粒，花色为棕褐底色，有流纹状纹理，部分带有白筋。

14. 红奶油

红奶油产自江苏宜兴，细密均匀颗粒，花色为暗乳白底色，有红色斑纹，板面遍布暗灰色裂纹和裂线。

15. 青奶油

青奶油产自江苏宜兴，细密均匀颗粒，板面为暗乳白底色，有青灰色斑纹，遍布青蓝或灰蓝色的裂纹或裂线。

16. 青红奶油

青红奶油同样产自江苏宜兴，细密均匀颗粒，为暗乳白底色，间有青灰色或浅红色斑纹，遍布青蓝或灰蓝色的裂纹或裂线，也有少量红筋。

17. 杭灰大理石

杭灰产自浙江省，细密均匀颗粒，板面为深褐灰\黑灰底色，带有黑灰色斑点，密布白色细纹，同时带有红色或是白色粗筋。

18. 金镶玉

金镶玉产自江苏省，为细密均匀颗粒，棕褐底色，遍布细筋，主要是白色，也有土黄色，同时带有白色或是红色的粗筋。

19. 荷花绿

荷花绿产自湖北通州，为白色偏泛黄底色，带有鱼网状绿色密纹。

20. 宝兴白

宝兴白也叫四川汉白玉，产自四川宝兴，为纯白色或象牙色，中小颗粒，石英含量较高。

21. 东方白

东方白产自四川宝兴，中小颗粒，石英含量较高，为纯白底色，有灰黑色细纹路，不过板面遍布裂纹（结晶线），特别是在纹理处。

22. 青花白

青花白也产自四川宝兴县，细小均匀颗粒，石英含量较高，为白色底色，带有灰黑色纹理，根据花纹可分为中花白，细花白。

23. 宝兴青花灰

宝兴青花灰产自四川宝兴，细小均匀颗粒，石英含量较高，白色底色，相对于青

花白板面有更多切颜色更深的灰黑色斑纹。

24. 广西白

广西白产自广西贺州，细小颗粒，板面为乳白底色，带有灰色或黑色斑纹。

25. 黑白根

黑白根是黑色致密结构大理石，带有白色筋络，非常容易重筋络处断裂，产地为广西和湖北，其中广西黑白根白筋较少，湖北黑白根白筋繁多。

26. 玛瑙红

玛瑙红产自广西，细小均匀颗粒致密结构，灰白底色带有青色斑纹，板面密布红色细筋。

27. 国产啡网

中国网致密的细小颗粒，棕褐底色带黄色网状细筋，部分有白色粗筋，国产啡网主要产自广西、湖北和江西，同样有分浅啡网和深啡网。

28. 木纹黄

木纹黄产自贵州和湖北，黄色或黄褐底色，有木纹状纹理，中小颗粒，颗粒部分结晶，呈齿牙状交错结构。

29. 铜黄大理石

铜黄大理石也叫帝王金、黄金天龙，产自安徽，中小颗粒，板面为黄色或土黄底色，有黄色或是深黄色纹理（直纹或乱纹）。

30. 丹东绿

丹东绿产自辽宁丹东，颗粒为细小颗粒，结构致密，底色为嫩绿色，带有绿色或深绿色纹理，部分少量的白色斑纹。

31. 灰木纹

灰木纹产地是贵州省，为灰白底色，带有深灰色直木纹状纹理，其中的颜色偏白的灰木纹也叫做白木纹。

32. 皇家金檀

皇家金檀也叫黑木纹或黑檀木纹，产自湖南，细小均匀颗粒，致密结构，为黑色底色，顺切的话板面呈黑灰色直木纹状纹理，纵切则呈密云状乱纹。

33. 白海棠

白海棠产自云南省，为石灰石质大理石，颗粒细小致密，底色为米白色，板面密布灰色月牙状花纹。

34. 雨山红

雨山红也叫通山红，产自湖北通山，细小均匀颗粒，质地细密，为暗红底色，带有深红或白色的裂纹或裂线，同时有粗一点的白筋。

35. 贵州米黄

贵州米黄产自贵州，石灰石质大理石，细小均匀颗粒，质地细密，为米黄底色，

带灰褐色花纹，部分有红筋。

36. 江西米黄

江西米黄产自江西省，石灰石质大理石，细小均匀颗粒，质地细密，板面为黄褐色或是浅褐乱纹，颜色较贵州米黄深，带有灰白色或红色的裂纹。

三、天然花岗岩彩色图片



河南的：菊花青



山东的：济南青



四川的：石棉红



江西的：豆绿色

花岗石就其矿物组成而言，以石英、长石、云母、角闪石等铝硅酸盐类矿物为主，磁铁矿、石榴子石、磷灰石等为辅。一般而言，长石的含量会较石英多，纹路及色彩因集中于长石的部分而变得极为丰富，硬度大且较抗风化，长久以来即被作为主要建材。

工作页 3.5.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请根据教师提供的石材颜色，通过网络搜索对应颜色的树脂调色方法。

2. 请通过网络搜索对应颜色的树脂调色方法，在下方空白处绘制并填写树脂颜色调配信息表。

工作页 3.5.3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请将各小组修改好的“磨头的选取及装夹要点表”粘贴在下面空白处。

粘
贴
处

2. 请将各小组修改好的“磨料的选取表”粘贴在下面空白处。

粘
贴
处

工作页 3.5.4

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

观看师傅清理手扶磨机现场、维护手扶磨机后，根据自己在现场的拍照记录完成下面的简答题。

1. 请简要叙述如何清理手扶磨机现场。

2. 请详细讲述维护手扶磨机的过程。

学习活动六 桥切机切边

信息页 3.6.1

桥切机操作规程

一、开机前的检查

- (1) 检查刀片是否安装紧固到位，刀片是否锋利、形变。
- (2) 水电是否正常。
- (3) 调整机器刀片行走上、下 前、后限位。

二、开机操作步骤

- (1) 打开电源旋钮。
- (2) 翻平工作台板。
- (3) 清洗工作台面上的杂物。
- (4) 把拟切割的石材与台面平行摆放。
- (5) 按激光对刀按钮，激光光束对准石材拟切的线路，前、后，左，右进行对照无误。
- (6) 设定机器的运行参数。
- (7) 按自动按钮启动机器。
- (8) 按前进或后退切割运行按钮。
- (9) 单片切割完成后，按关闭按钮（回车按钮）。
- (10) 关机。
- 1) 每批生产结束后，关闭电源开关。
- 2) 在生产中暂停 5min 以上的，必须关闭电源开关。

三、注意调整的事项

- (1) 机器的运行的参数。
- (2) 激光光束对准石材拟切的线路，前、后，左，右进行对齐无误。
- (3) 石料是否摆放平稳，确保石板与工作台面的搁放缝无碎石、杂物。

工作页 3.6.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请按小组将修改好的桥红外线切机检查表打印出来并粘贴在下面空白处。

粘
贴
处

工作页 3.6.2

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请将使用红外线桥切机时，调整切割水平线的步骤和注意事项填入下表。

序号	调整切割水平线的步骤	注意事项
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

工作页 3.6.3

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 请完成下列填空题。

(1) 桥切机切边时第二刀走完后，必须_____，尺寸误差值不得超过_____ mm；对角线偏差不得超过_____ mm；遇有断裂、缺角等情况，应将_____、_____等捡好，并按规定要求放在指定地点_____。

(2) 开机前清理确认三相电源电压正常，即相电压为 _____ ~ _____ V 之间，如超过或低于此范畴，应提供一个稳压电源，以免控制部分工作不正常或烧毁。

2. 请判断下列图中显示的操作是否正确。如有错误，请指出错误并改正。



.....

.....

.....

.....

工作页 3.6.4

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

观看师傅演示并讲解桥切机的维护方法后，利用拍摄的桥切机维护方法相片资源，逐条详细描述桥切机的维护方法，并记录在下列横线上。

- 1. _____
- 2. _____
- 3. _____
- 4. _____
- 5. _____

学习活动七 修补打蜡

信息页 3.7.1

一、石材水刀拼花修补要求

(1) 同一拼花图案中同一石种颜色纹理要一致，无明显色差，色斑，色线的缺陷，不能有阴阳色。

(2) 板面无裂痕，无破损，无缺口。

(3) 粘接缝隙的色料或补石用的粘料颜色要与石料颜色相同。

二、打蜡操作标准要求（上蜡、打蜡要求）

(1) 蜡剂在 5 度 ~40 度之间使用效果最好。

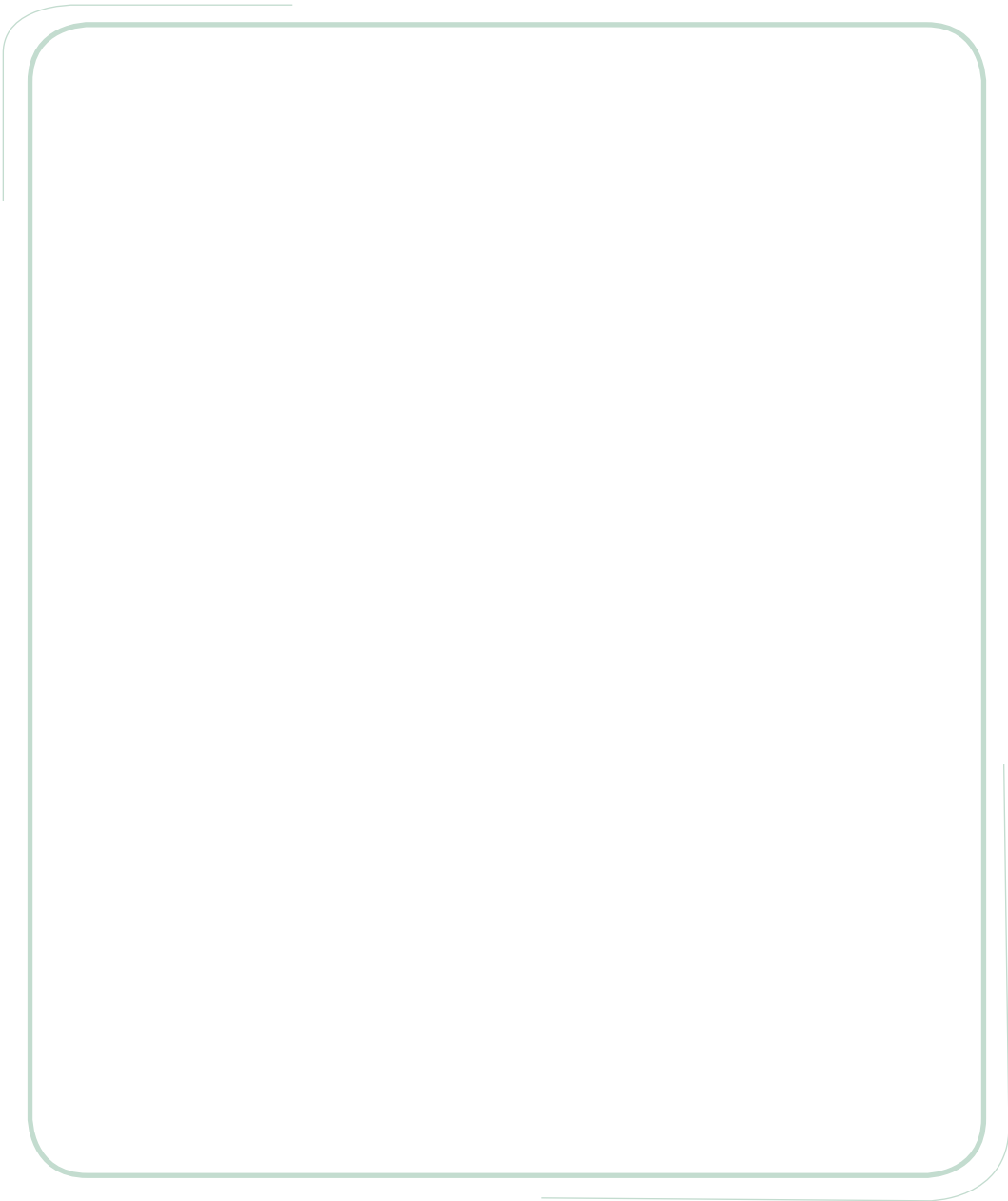
(2) 石材修补打蜡质量标准要求：干净透亮、无污迹、无印痕。

(3) 纵横交错，十字交叉，越薄越好，越均匀越好。

工作页 3.7.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据石材水刀拼花修补、打蜡的操作步骤，以小组为单位制作一份海报。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	石材拼接产品修补与打蜡操作步骤的海报制作	石材水刀拼花修补操作步骤及注意事项学习	15	在观看师傅示范并讲解石材水刀拼花修补操作步骤及注意事项时，能记录并拍照，得 15 分； 其他情况得 1 ~ 14 分			
		石材水刀拼花打蜡操作要求学习	12	在师傅示范并讲解石材水刀拼花打蜡操作要求时，能记录并拍照，得 12 分； 其他情况得 1 ~ 11 分			
		小组讨论	8	能进行讨论的小组，得 8 分； 不进行讨论的小组，得 0 分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作页完成情况 (20 分)	按时完成工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

学习活动一 质量检验

信息页 4. 1. 1

石材质量检查标准

一、《拼花类产品检验标准》

1. 适用范围

本标准适用于大理石、花岗石板材拼成的所有图案。

2. 产品分类

(1) 按加工方式分类。

1) 用手工加工的小拼花 ($S \leq 1\text{m}^2$)。

2) 用手工加工的大拼花 ($S > 1\text{m}^2$)。

3) 用电脑加工的高难度拼花。

(2) 按图形分类

1) 直线型，拼花所有拼缝为直线。

2) 复杂型，拼花拼缝含有曲线。

3. 检验标准

(1) 拼花同种材料颜色、纹路要一致、协调，不允许有色斑、色线、崩边、崩角等外观缺点，花岗石不允许有裂纹、大理石允许有裂纹但必须有可补性。

(2) 尺寸要求（单位：mm）。

1) 外围尺寸。①手工小拼花（0，-2）；

②手工大拼花（3，-3）；③电脑拼花（0，-1）。

2) 拼缝要求。①直线缝：手工拼缝在 1.0 以内，电脑拼缝在 1 以内。②曲线缝：手工拼缝在 1.5 以内，电脑拼缝在 0.5 以内。

(3) 平整度要求。

1) 手工小拼花在 0.5 以内。

2) 手工大拼花在 1 以内。

3) 电脑拼花在 0.5 以内。

4. 检验方法

- (1) 先单位检验规格尺寸，再外观质量等。
- (2) 拼接检验拼缝、外围尺寸、图案错位、平整度等。

5. 终检入库

拼接检验后，单件贴上同安装图一致的标签。入库前检验装箱单、拼接图等是否齐全、无误。

二、《石材拼花的质量检验标准》

1. 颜色

整个拼花的选材要能充分体现高贵、典雅。拼花的颜色搭配要体现出层次分明、色彩协调。同一石种颜色要一致或基本一致，没有明显色差、色斑、色线的缺陷。

2. 纹路

整个拼花的纹路要协调一致、有规律性、韵律感，不允许杂乱无章。

3. 平整度

沿拼花任意方向检查，用塞尺检查平整度（偏差小于1mm），板面没有翘曲。

4. 表面质量

拼花不允许有明显的砂眼、孔洞、裂纹、胶补的痕迹、色斑、色根、色差、霉斑等缺陷存在。

5. 光度

光度不能低于85°，或不能小于协议中板光度的90%，且光度均匀。检查处光度差不能相差10°。

6. 拼缝

拼花相邻组件的拼缝不能大于1mm。

7. 拼装质量

拼花组件之间需要对线的偏差不允许在1mm/m以上，拼花组件组装后拼缝不能大于1mm，有缝拼花例外。小型拼花外围尺寸偏差要小于0.5~1mm；尺寸长宽或直径大于5000mm以上的大型拼花，外围尺寸偏差可以适当放大到5mm以上。由拼件加工成的长方形、正方形、平行四边形的拼花，其对角线要直；曲线拼花曲线流畅；三角形拼件尖角不能崩掉、断裂。

三、《石材拼花的验收标准》

- (1) 同一石种颜色一致，无明显色差、色斑、色线的缺陷，不能有阴阳色。
- (2) 石材拼花的纹路基本相同，板面无裂痕。
- (3) 外围尺寸、缝隙、图案拼接位误差小于1mm。
- (4) 石材拼花的平面度误差小于1mm，没有缝隙与砂路。

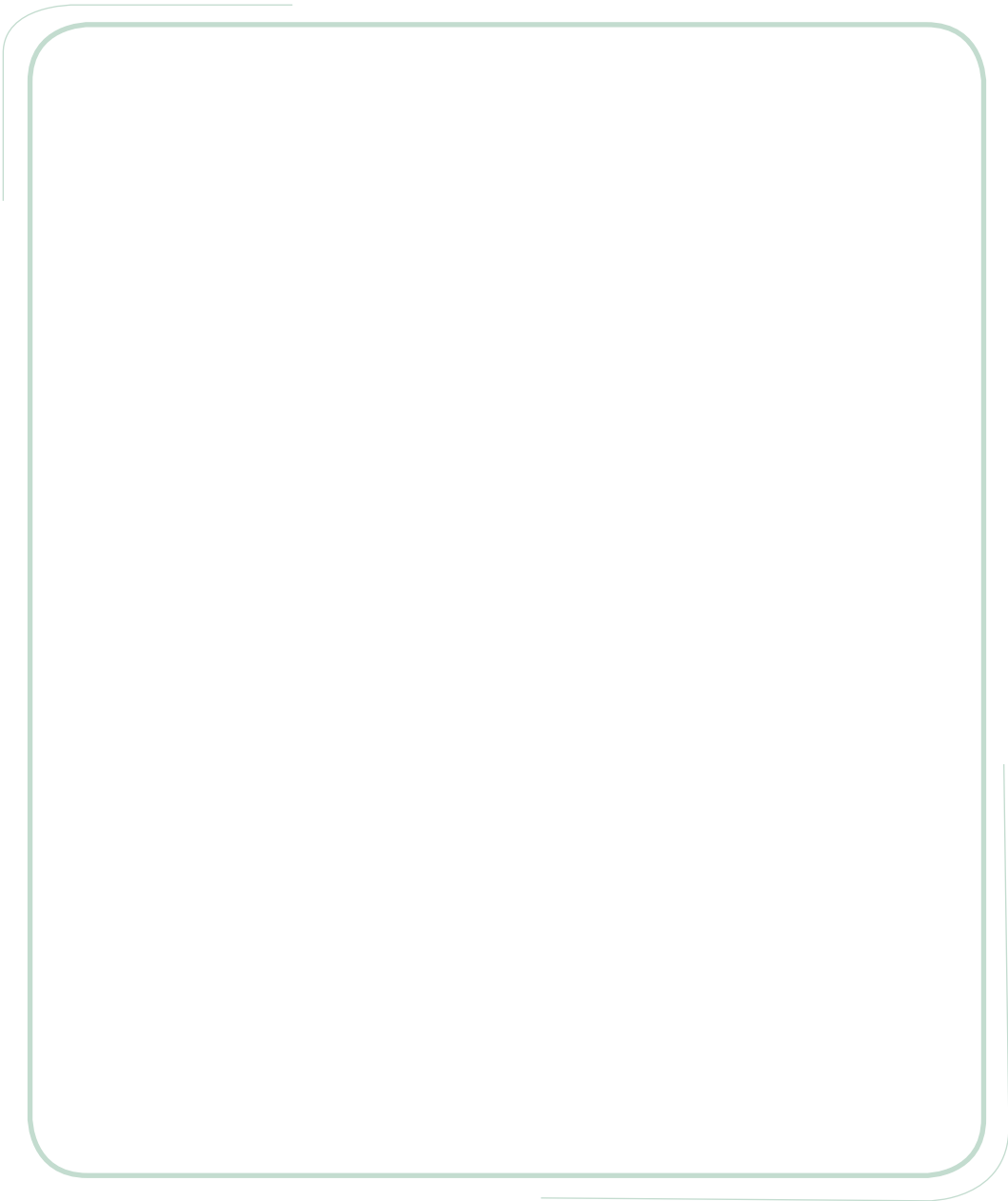
石材平面拼图产品制作

- (5) 石材拼花的表面光泽度不低于 80 度。
- (6) 粘接缝隙之色料或补石用的粘料颜色要与石料颜色相同。
- (7) 对角线、平行线要直，要平行，弧度弯角不能走位，尖角不能钝。
- (8) 石材拼花产品包装时光面对光面，防止划伤，并且垂直站立使其纵向受力，同时标明安装走向指示编号，贴上合格标签。

工作页 4.1.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据石材质量检验操作步骤及注意事项，并以小组为单位制作一份海报。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	石材质量 检验操作 步骤及 注意事项 的海报 制作	信息内容	15	信息内容全面，得 15 分； 其他情况得 1 ~ 14 分			
		小组分工	12	小组分工明确并落实，得 12 分； 小组分工明确但未落实，得 5 分； 其他情况不得分			
		整洁、无错别字	8	整洁、无错别字，得 8 分； 整洁、有错别字，得 3 ~ 7 分； 不整洁、错别字多，得 1 ~ 2 分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得分 5 分			
3. 工作 页完成 情况 (20 分)	按时完成 工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							

学习活动一 产品装箱

信息页 5.1.1

石材装箱基本要求

一、石材的包装

石材板材包装应根据数量及运输条件等因素具体决定。包装形式不外乎下列两种：

1. 木箱包装

对于长距离运输，一般多采用此法。将板材光面相对，顺序立放于内衬防潮纸的箱内，或2~4块用草绳扎立于箱内，箱内空隙必须用富有弹性的柔软材料塞紧。木箱不得用等外材，木板材厚度不得小于20mm。每箱应在两端加设铁腰箍，横档上加设铁包角。

2. 草绳包装

草绳包装有两种情况：一种是将光面相对的板材用直径不小于10mm的草绳沿长、宽方向顺序缠绕。不使产品外露，并捆扎牢固。另一种包装是将光面相对的板材用直径不小于10mm的草绳按“井”字形捆扎，每捆扎点不应少于3道。条状产品沿宽厚方向捆扎，根据产品长度捆扎2—4点，每点草绳不少于5道。板材包装后，应有板材的编号或名称、规格和数量等标志。配套工程用料应在每块板材上按图纸编号。包装箱及包装绳外，必须有“向上”、“防潮”、“小心轻放”的指示标志，其符号及使用方法应符合GB191-73《包装储运指示标志》的规定。

二、不同种类的装箱

1. 平板类

规则：别墅类按立面及户型分开做装箱单（窗侧板等例外），商业类按排版图号分开做装箱单（箱号要连续），每箱必须把件数、面积数量汇总。

（1）托盘装箱标准，装箱正常大小是长1200，宽600，30厚高1100以下：

A：30mm厚装35~38层/箱，每箱面积在17~26m²左右；

注：部分超大规格板，如长1300以上或宽750以上装30片左右，面积不超过

28m²。B: 25mm 厚装 38~40 层/箱 (不超过 42 层), 每箱面积在 18~28m² 以内;

注: 部分超大规格板, 如长 1300 以上或宽 750 以上装 32 片左右, 面积不超过 30m²。

(2) 按编号顺序装箱, 如装箱不合装。石材规格相近的跨编号可装一起。

(3) 如遇有最小边大于 700 以上的挑出来单独装箱, 如数量不够可加入其他, 长度差不多规格石材。遇有长度大于 1300 以上也挑出来装箱。

(4) 小规格可多排层叠装箱, 规格 700 以下 * 600 可做 2 排并排装 (装箱: 1400 * 600)。

2. 商铺类异形

规则: 商业类按形状 (数量多可再按立面分) 分开做装箱单, (每箱必须把件数、面积、体积数量汇总), 石材装箱宽度为 600~800mm, 高度为 700~1000mm。

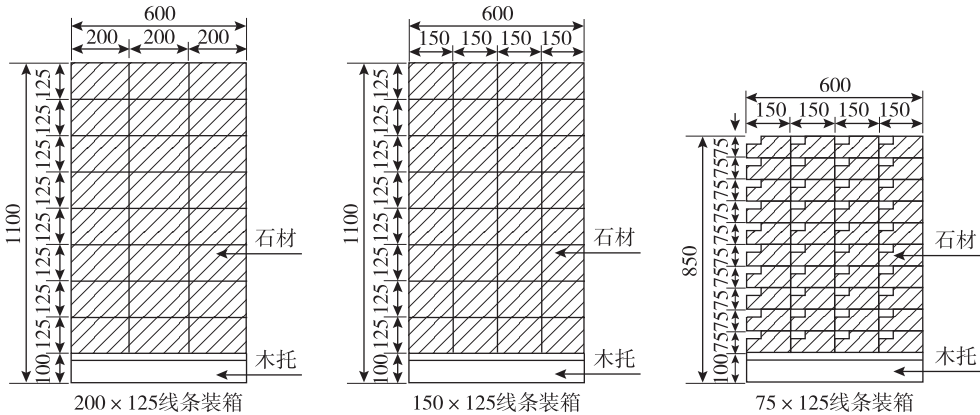
(1) 规格 200 * 125 的线条每箱装 24~28 条, 长度 ≤ 400 的不计算在内 (可以跟短的接在一起装)。

(2) 规格 150 * 125 的线条每箱装 32~40 条, 长度 ≤ 400 的不计算在内 (可以跟短的接在一起装)。

(3) 规格 150 * 75 (100) 的线条每箱装 40 条, 长度 400 的不计算有内 (可以跟短的接在一起装)。

(4) 其他量少线条, 按每箱 0.6 立方左右标准做。

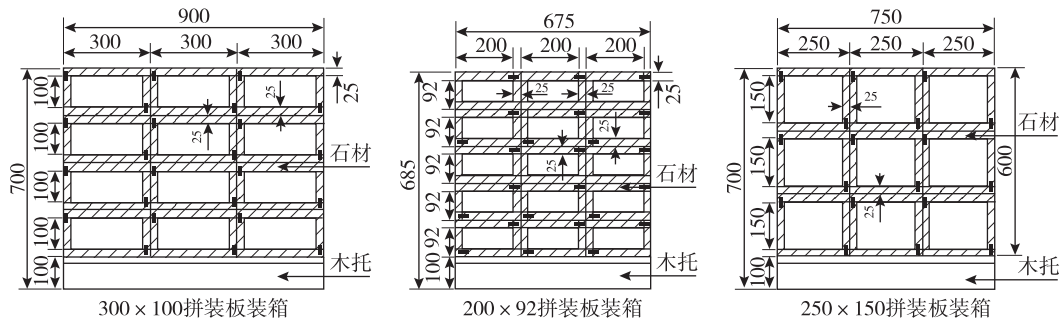
(5) 所有弧线条单独装箱, 标准按 0.6 立方左右每箱。



三种线条装箱示意图

(6) L 型拼接板, 300 * 100 的装 24 片一箱, 200 * 92 的装 30 片一箱, 250 * 150 的装 18 件一箱 (量少自行调整排箱)。如未粘结的按平板方式装箱。

(7) 造型板 (455mm 厚), 规格 1200 * 600 左右的, 一箱装 20 片左右。

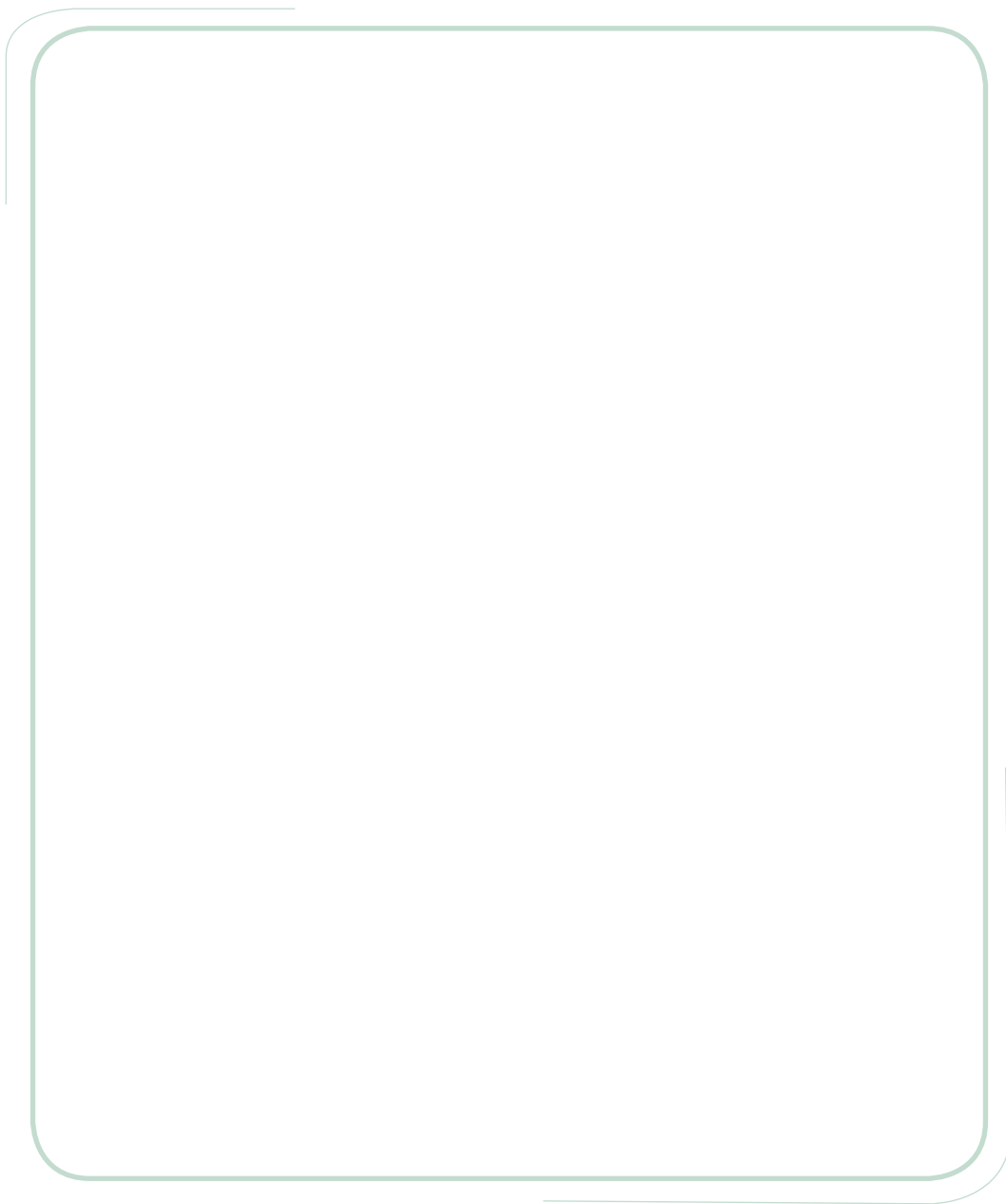


L 型拼接板装箱示意图

工作页 5.1.1

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

请根据石材装箱过程及注意事项，以小组为单位制作一份海报。



班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

评 价 表

年 月 日

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
1. 素养 (40 分)	纪律 情况 (15 分)	按时到岗，不早退	5	违反规定，每次扣 5 分			
		积极思考、回答问题	5	根据上课统计情况得 1 ~ 5 分			
		三有一无（有本、笔、书，无手机）	5	违反规定每项扣 3 分			
		执行教师命令	0	此为否定项，违规酌情扣 10 ~ 100 分，违反校规按校规处理			
	职业 道德 (10 分)	能与他人合作	3	不符合要求不得分			
		主动帮助同学	3	能主动帮助同学，得 3 分； 被动帮助同学，得 1 分			
		追求完美	4	对工作精益求精且效果明显，得 4 分； 对工作认真，得 3 分； 其余不得分			
	5S (10 分)	桌面、地面整洁	5	自己的工位桌面、地面整洁无杂物，得 5 分； 不合格不得分			
		物品定置管理	5	按定置要求放置，得 5 分； 其余不得分			
	信息获取能力（5 分）		5	全部正确且简洁，得 5 分； 部分正确，得 1 ~ 4 分； 与内容不符的不得分			

续表

项次	项目要求		配分	评分细则	自评	小组评价	教师评价
2. 职业能力 (40 分)	石材装箱 过程及 注意事项 的海报 制作	信息内容	15	信息内容全面，得 15 分； 其他情况得 1 ~ 14 分			
		小组分工	12	小组分工明确并落实，得 12 分； 小组分工明确但未落实，得 5 分； 其他情况不得分			
		整洁、无错别字	8	整洁、无错别字，得 8 分； 整洁、有错别字，得 3 ~ 7 分； 不整洁、错别字多，得 1 ~ 2 分			
		完成时间	5	在规定时间内完成得 5 分			
3. 工作 页完成 情况 (20 分)	按时完成 工作页	及时提交	5	按时提交得 5 分，迟交不得分			
		内容完成程度	5	按完成情况分别得 1 ~ 5 分			
		回答准确率	5	视准确率情况分别得 1 ~ 5 分			
		有独到的见解	5	视见解程度分别得 1 ~ 5 分			
总分							
加权平均（自评 20%，小组评价 30%，教师评价 50%）							
教师评价签字：				组长签字：			
请你根据以上打分情况，对本活动中的工作和学习状态进行总体评述（从素养的自我提升方面、职业能力的提升方面进行评述，分析自己的不足之处，描述对不足之处的改进措施）。							
教师指导意见：							