

前言

北京进取者软件技术有限公司成立于 2001 年，是专门从事工业软件研发的软件技术公司，先后成功推出了 ES-SurfMill、ES-ShoeMaker、ES-GlassesCut 等一系列软件，取得了良好的社会效益和经济效益。

从 2009 年开始，ES-SurfMill 软件作为一个独立的产品开始研发，经过多年努力，我公司推出了面向制造行业的 CAD/CAM 软件——ES-SurfMill v6.0，该软件凝聚了北京进取者软件有限公司多年来的加工实践经验和研发成果，完善了曲线曲面造型技术，攻克了多项加工技术难关，达到国内领先水平，步入国际一流的 CAD/CAM 软件行列。

本说明书作为 ES-SurfMill v6.0 软件的快速入门指导教程，结合实用性强、具有代表性的实例，重点讲解了 ES-SurfMill 软件中常用的造型、加工等基础知识；在讲解实例操作过程中配备了详细的图片说明，内容翔实、直观、具有很强的实践指导性，能够帮助初学者快速上手，提高设计加工水平。

本书总共分为 8 章，各章节主要内容如下：

第一章介绍了 ES-SurfMill v6.0 的基本架构，并描述 ES-SurfMill v6.0 软件和硬件加密狗的安裝及软件对应用环境的需求。

第二章介绍了 ES-SurfMill v6.0 软件中的基础操作，主要描述了 3D 曲面造型模块中常用的曲线、曲面的绘制、编辑功能；以及 NC 加工环境中编程前的准备工作和编程的常用步骤。

第三章结合【三角开关凸模】的实例造型，帮助用户熟悉 3D 曲面造型中常用的曲线、曲面的绘制、编辑功能。

第四章通过【三角开关凸模】的 3 轴曲面加工实例，讲解如何利用 ES-SurfMill 软件展开 3 轴加工，帮助用户熟悉三轴曲面加工的常用功能以及模具加工流程。

第五章通过【换能器基座】的多轴定位加工实例，讲解如何在 ES-SurfMill 软件 NC 加工环境中添加局部坐标系，及使用局部坐标系功能实现多轴定位加工。

第六章通过【龙口瓶盖模型】的多轴联动加工实例，学习 ES-SurfMill 软件中典型的多轴加工功能——曲面投影加工，及其导动面的绘制，同时对各种刀轴控制方式有一定了解。

第七章通过 3D 立体浮雕的多轴联动加工实例，学习 4 轴旋转加工功能，并熟练掌握常用的曲面投影加工功能。

附录介绍 ES-SurfMill v6.0 的特色功能，如：显卡硬件加速、多线程计算、后台计算等功能，帮助用户提高工作效率。

目 录

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 第一章 ES-SurfMill6.0 介绍 | 错误! 未定义书签。 |
| 1.1 系统简介..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.2 ES-SurfMill6.0 的系统特性..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.2.1 3D 造型: | 错误! 未定义书签。 |
| 1.2.2 NC 加工..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.3 ES-SurfMill6.0 安装的配置要求..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.4 ES-SurfMill6.0 软件安装..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.5 软件加密锁..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.6 软件运行..... | 错误! 未定义书签。 |
| 1.7 帮助文档..... | 错误! 未定义书签。 |
| 第二章 ES-SurfMill6.0 基础操作 | 错误! 未定义书签。 |
| 2.1 ES-SurfMill6.0 的界面..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2 3D 造型环境..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.1 曲线功能介绍..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.1.1 曲线绘制..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.1.2 曲线编辑..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.2 曲面功能介绍..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.2.1 曲面绘制..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.2.2 曲面编辑..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.2.3 输入/输出数据交换..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.3 NC 加工环境..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.3.1 编程前的准备工作..... | 错误! 未定义书签。 |
| 2.3.2 数控程序编制的步骤..... | 错误! 未定义书签。 |
| 第三章 三角开关凸模造型实例 | 错误! 未定义书签。 |
| 3.1 造型前需要了解的知识..... | 错误! 未定义书签。 |
| 3.2 三角开关凸模绘制思路..... | 错误! 未定义书签。 |
| 3.3 三角开关凸模详细绘制过程: | 错误! 未定义书签。 |
| 步骤 1: 新建绘图图层..... | 错误! 未定义书签。 |
| 步骤 2: 绘制主要曲线..... | 错误! 未定义书签。 |
| I. 在 XOY 平面绘制三角开关凸模轮廓曲线: | 错误! 未定义书签。 |
| II. 在 YOZ 平面绘制截面线圆弧段 A4: | 错误! 未定义书签。 |
| III. 在 XOZ 平面绘制截面线圆弧 A5: | 错误! 未定义书签。 |

| | |
|----------------------------------|------------------|
| IV. 显示所有绘制完成的曲线，为构造曲面做准备：..... | 错误！未定义书签。 |
| 步骤 3：构造圆形曲面组..... | 错误！未定义书签。 |
| 步骤 4：构造三角状曲面组..... | 错误！未定义书签。 |
| 步骤 5：创建曲面组 1 和 2 间的倒角面..... | 错误！未定义书签。 |
| 步骤 6：构造顶部凸台..... | 错误！未定义书签。 |
| 步骤 7：构造边界平面..... | 错误！未定义书签。 |
| 第四章 3 轴加工实例..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1 ES-SurfMill6.0 编程前的准备工作..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.1 曲面模型分析，制定加工工艺..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.1.1 曲面模型分析..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.1.2 模型加工工艺..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2 加工项目设置..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2.1 机床设置..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2.2 刀具表设置..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2.3 工件形状..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2.4 毛坯形状..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1.2.5 输出设置..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2 ES-SurfMill 6.0 三轴加工实例..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.1 模型粗加工..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.2 精加工底面..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.3 曲面残料补加工..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.4 半精加工..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.5 精加工..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.6 精加工曲面清根..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.7 加工过程分析..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2.8 输出加工路径..... | 错误！未定义书签。 |
| 第五章 多轴定位加工实例..... |2 |
| 5.1 多轴定位加工前的准备工作..... | 3 |
| 5.1.1 零件分析，制定加工工艺..... | 3 |
| 5.1.1.1 零件分析..... | 3 |
| 5.1.1.2 加工工艺安排..... | 3 |
| 5.1.2 编程前模型准备工作..... | 3 |
| 5.1.3 加工前的项目设置..... | 4 |
| 5.1.3.1 机床设置..... | 4 |
| 5.1.3.2 建立加工坐标系..... | 6 |
| 5.1.3.3 刀具表设置..... | 8 |
| 5.1.3.4 毛坯设置..... | 8 |
| 5.1.3.5 输出设置..... | 9 |
| 5.2 多轴定位加工流程..... | 10 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 5.2.1 毛坯粗加工..... | 10 |
| 5.2.2 中心平面精加工..... | 14 |
| 5.2.3 斜面精加工..... | 16 |
| 5.2.4 加工斜面孔位（最内侧孔）..... | 21 |
| 5.2.5 加工斜面孔位（最外侧孔）..... | 26 |
| 5.2.6 加工斜面孔位（中间孔）..... | 28 |
| 5.2.7 中心孔（大）..... | 29 |
| 5.2.8 中心孔（小）..... | 32 |
| 5.2.9 加工开口槽..... | 34 |
| 5.2.10 加工过程分析..... | 37 |
| 5.2.11 输出加工路径..... | 38 |
| 第六章 多轴联动加工实例..... | 38 |
| 6.1 多轴联动加工前的准备工作..... | 39 |
| 6.1.1 进行模型分析，制定加工工艺..... | 40 |
| 6.1.1.1 曲面模型尺寸信息..... | 40 |
| 6.1.1.2 工艺分析..... | 40 |
| 6.1.1.3 工艺安排..... | 41 |
| 6.1.2 编程前模型准备工作..... | 41 |
| 6.1.3 加工项目的设置..... | 43 |
| 6.2 多轴联动编程流程..... | 49 |
| 6.2.1 前视图粗加工..... | 50 |
| 6.2.2 后视图粗加工..... | 54 |
| 6.2.3 半精加工-曲面投影加工..... | 55 |
| 6.2.4 精加工-曲面投影加工..... | 59 |
| 6.2.5 加工过程分析..... | 63 |
| 6.2.6 输出加工路径..... | 63 |
| 第七章 多轴浮雕加工..... | 64 |
| 7.1 多轴浮雕加工前的准备工作..... | 64 |
| 7.1.1 模型进行分析，制定加工工艺..... | 64 |
| 7.1.2 编程前模型准备工作..... | 65 |
| 7.1.3 加工项目的设置..... | 68 |
| 7.1.3.1 机床设置..... | 68 |
| 7.1.3.2 建立四轴旋转加工使用的坐标系..... | 70 |
| 7.1.3.3 刀具表设置..... | 70 |
| 7.1.3.4 工件设置..... | 72 |
| 7.1.3.5 毛坯设置..... | 73 |
| 7.1.3.6 路径输出设置..... | 75 |
| 7.2 多轴浮雕加工实例流程..... | 75 |
| 7.2.1 四轴旋转粗加工，使用刀具 R3 球刀..... | 76 |

| | |
|-----------------------------|------------------|
| 7.2.2 四轴旋转半精加工，刀具 R1.5..... | 80 |
| 7.2.3 曲面投影精加工，刀具 R0.75..... | 83 |
| 7.2.4 路径分析..... | 87 |
| 7.2.5 输出加工路径..... | 45 |
| 附录..... | 错误！未定义书签。 |
| 1 支持显卡硬件加速..... | 错误！未定义书签。 |
| 2“3GB 寻址”计算模式..... | 错误！未定义书签。 |
| 2.1 “3GB 寻址”计算模式系统设置..... | 错误！未定义书签。 |
| 2.2 “3GB 寻址”计算模式注意事项：..... | 错误！未定义书签。 |
| 3 多线程计算..... | 错误！未定义书签。 |
| 4 后台计算..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.1 后台计算流程..... | 错误！未定义书签。 |
| 4.2 后台路径管理..... | 错误！未定义书签。 |

第一章 ES-SurfMill6.0 介绍

1.1 系统简介

ES-SurfMill6.0 是北京进取者软件技术有限公司多年来一直致力开发的、具有自主知识产权的、功能强大的专业雕刻 CAD/CAM 软件。它不仅用于鞋底、首饰等专业领域的造型设计，还广泛应用于模具加工、产品加工、眼镜加工、五轴叶轮加工等专业加工领域。

1.2 ES-SurfMill6.0 的系统特性

ES-SurfMill6.0 系统是集 CAD 与 CAM 功能为一体的套装软件，主要是由 3D 造型、NC 加工为主，2D 绘制、浮雕造型为辅的 4 大模块组成。

1.2.1 3D 造型：

ES-SurfMill6.0 提供了强大的曲线、曲面造型功能(图 1-1 所示)，适用于复杂的三维曲面模型的快速造型，实现从 2D 图纸到 3D 模型的快速抄图，如鞋底模的造型(图 1-1 和图 1-2 所示)。

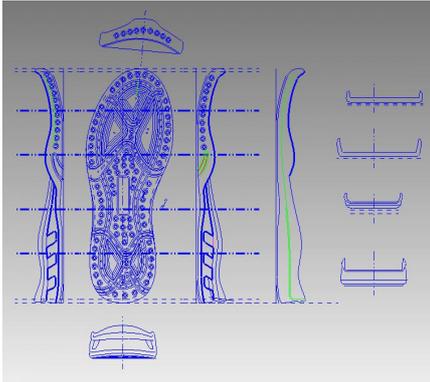


图 1-1 鞋底 2D 图纸曲线

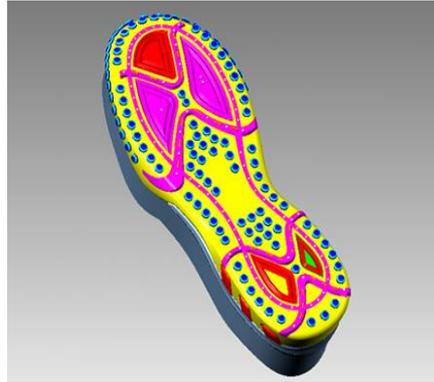


图 1-2 鞋底造型

系统还提供了曲面修补工具，可用于曲面加工模型的快速修复，如快速填充相邻曲面间的孔洞或大的间隙，删除重复的曲线/曲面等对象。

1.2.2 NC 加工

ES-SurfMill6.0 提供了从简单的 2.5 轴平面铣、孔加工到 3 轴曲面加工，再到多轴加工、5 轴叶轮专业特征加工等多种加工策略，能够为用户提供安全、稳定、高效的加工路径。

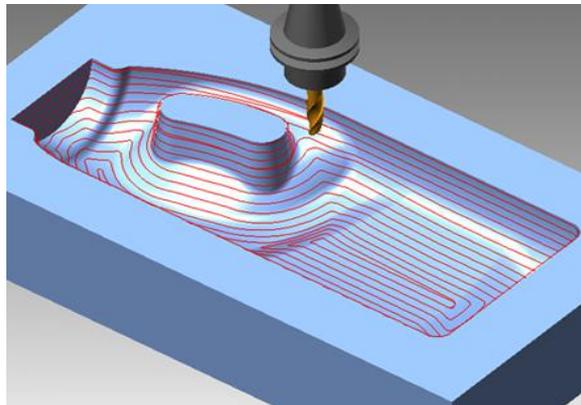


图 1-3 (a) 三轴刀具路径

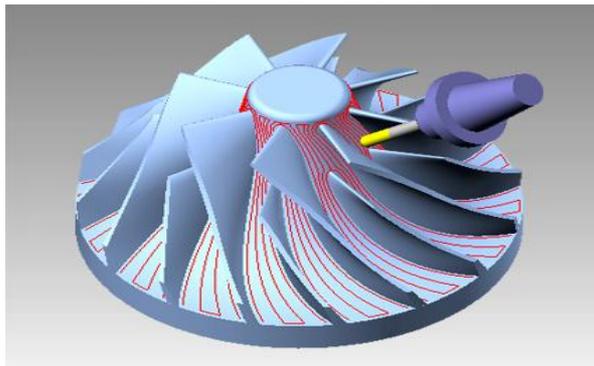


图 1-3 (b) 五轴刀具路径

1.3 ES-SurfMill6.0 安装的配置要求

ES-SurfMill6.0 软件所需的电脑推荐配置：

操作系统： Windows XP/ Windows 7 等操作系统，支持 64 位系统平台运行。

处理器 CPU： Intel Core2 E8400。

内存： 2GB 以上。

硬盘： 80GB 以上。

显卡： 显存 512MB 以上且支持 Open_GL 的 3D 图形加速功能的独立显卡。

加密狗安装： 1 个 USB 端口。

其他： Microsoft Word/Internet Explorer 方便进行工艺单的输出。

1.4 ES-SurfMill6.0 软件安装

ES-SurfMill6.0 的安装步骤如下：

① 运行安装程序，弹出选择安装语言对话框，选择语言，点击下一步。

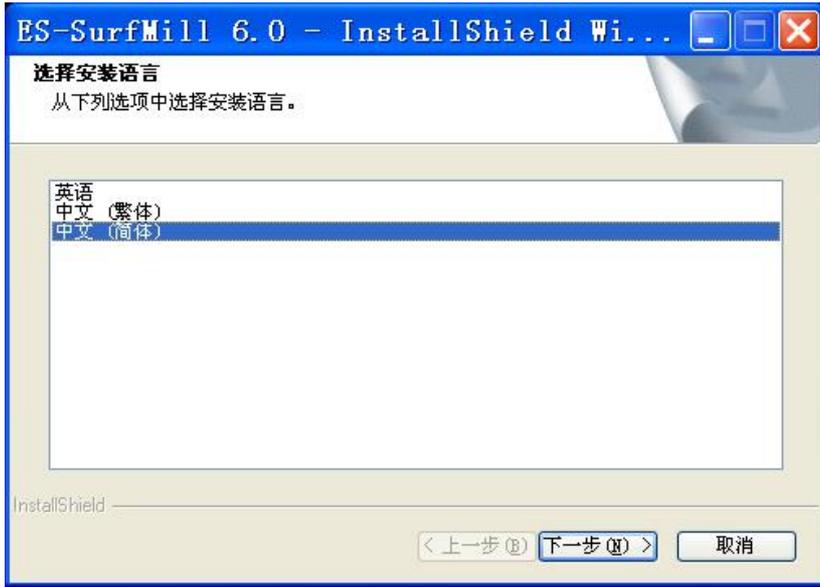


图 1-4 安装语言对话框

② 阅读 ES-SurfMill 6.0 软件用户使用许可协议，在使用许可协议选项里选择“我接受许可协议中的条款 (A)”，点击“下一步”。



图 1-5 许可证协议

③ 在客户信息对话框里输入客户信息与公司信息，点击“下一步”。



图 1-6 客户信息

④ 选择安装位置，系统默认安装位置为：C:\ES-SurfMill。单击“浏览”可以自定义安装目录。选择完毕，点击“下一步”。



图 1-7 选择目的地位置

⑤ 选择软件安装类型：

- a、选择“全部”，则安装所有程序功能。选择完毕，点击下一步。
- b、选择“定制”，用户可以自己实际的使用情况，选择要安装的功能。选择完毕，点击下一步。



图 1-8 选择安装类型

弹出“选择功能”对话框，选择需要使用的加工模块，选择完毕，点击下一步，进行安装。

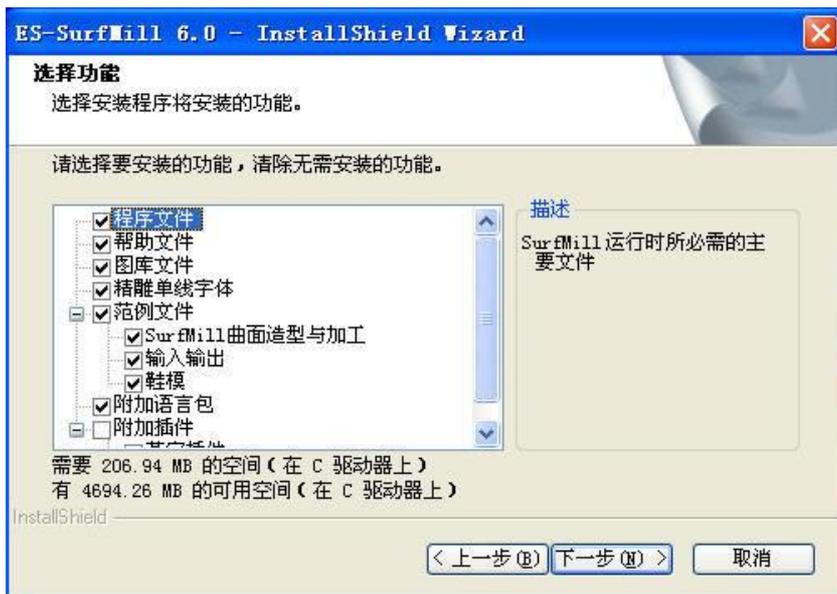


图 1-9 选择功能

⑥ 文件复制完成后点击“完成”，即完成了 ES-SurfMill6.0 的安装。



图 1-10 安装完成

1.5 软件加密锁

为了保护公司 ES-SurfMill 6.0 软件的知识产权，防止被人非法使用，ES-SurfMill 6.0 软件采用硬件加密锁的方式，对软件进行加密。

下面详细介绍硬件加密锁驱动程序的安装过程：

① 运行加密锁安装程序 (*HASPUserSetup.exe*)，弹出安装对话框，点击“Next”，如图 1-11。



图 1-11 加密狗安装向导

- ② 弹出“许可证协议”对话框，选择“I accept the license agreement”接受该协议，点击“Next”。



图 1-12 许可证协议

③ 点击“Next”,进入准备安装界面,点击“Next”开始安装。

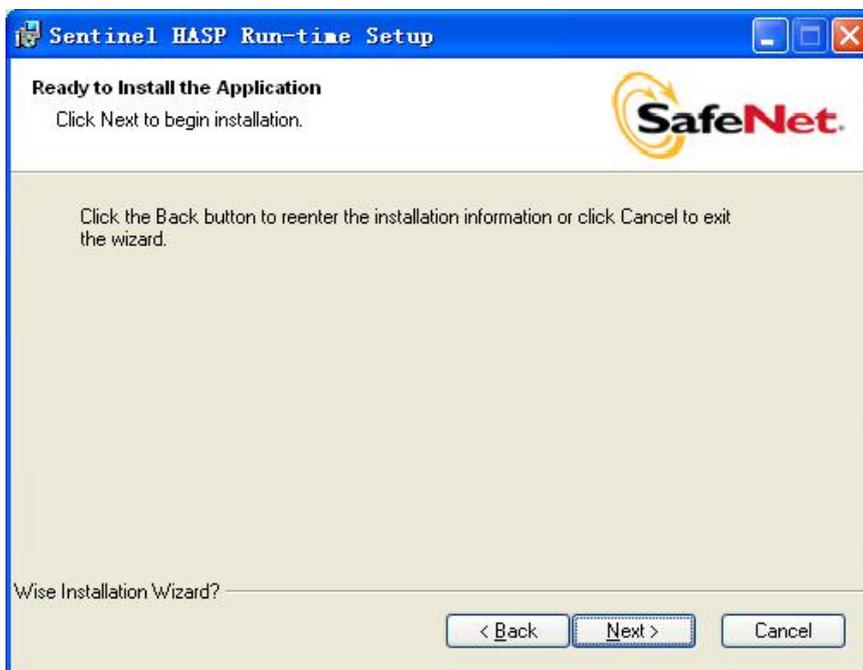


图 1-13 进入准备安装界面

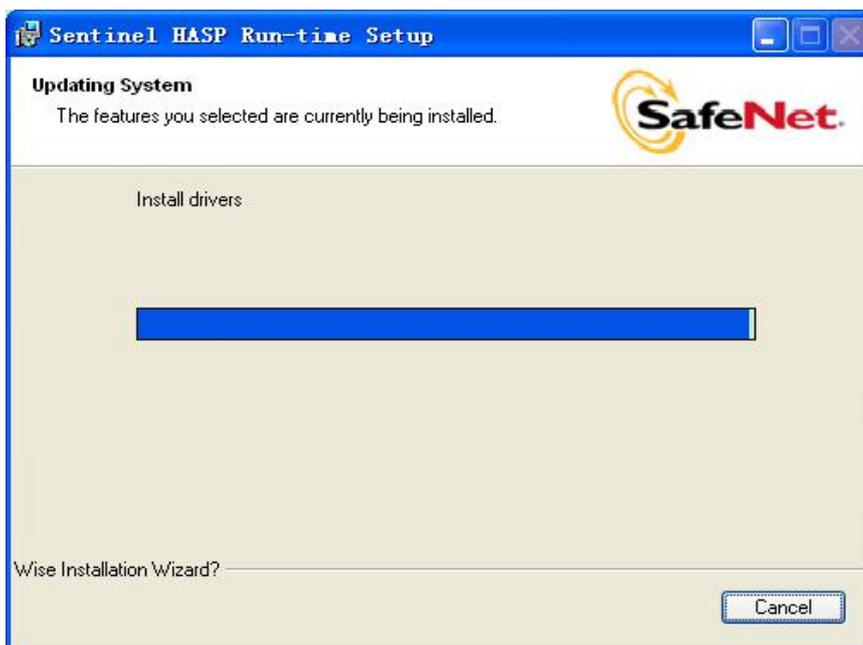


图 1-14 安装界面

④安装完毕后弹出“Finish”对话框，点击“Finish”，则完成加密狗的安装。

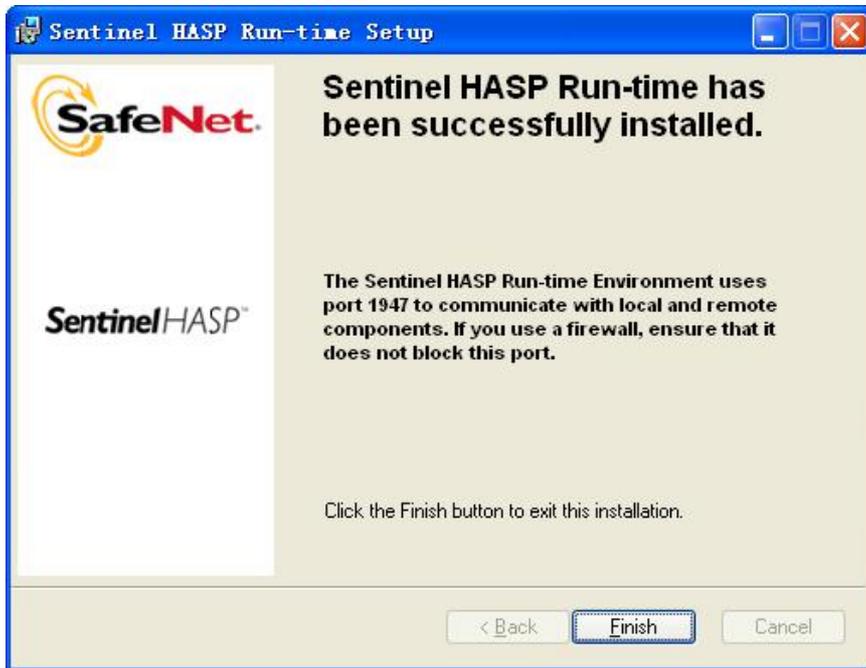


图 1-15 完成安装

1.6 软件运行

ES-SurfMill6.0 软件和加密锁驱动安装完成后，我们就可以启动 ES-SurfMill6.0 软件进行设计和加工编程，ES-SurfMill 6.0 的启动有两种方式：

- 双击桌面上的图标，启动 ES-SurfMill6.0。
- 从 Windows 开始菜单中，选择【程序】→【北京进取者软件】→【ES-SurfMill V6.0】启动软件。

1.7 帮助文档

ES-SurfMill6.0 软件给用户提供了完善的联机帮助文档，帮助解决使用过程中遇到的各种问题。用户可通过三种途径启动联机帮助文档：

- 在任何功能界面，按下 F1 快捷键，启动联机帮助。

- 在任何功能界面，点击导航工具栏右边的帮助按钮，启动联机帮助。
- 点击【帮助】菜单，点击【帮助主题】，启动联机帮助。

第二章 ES-SurfMill6.0 基础操作

ES-SurfMill6.0 主要是由 3D 造型、NC 加工为主，2D 绘制、浮雕造型为辅的四个模块组成。下面我们介绍一下软件的操作界面和软件的 3D 造型、NC 加工两大模块。

2.1 ES-SurfMill6.0 的界面

ES-SurfMill6.0 的界面由标题栏、菜单栏、工具栏、导航工具条、绘图区、对象属性栏、状态提示栏、坐标和命令输入区等 8 个部分组成。

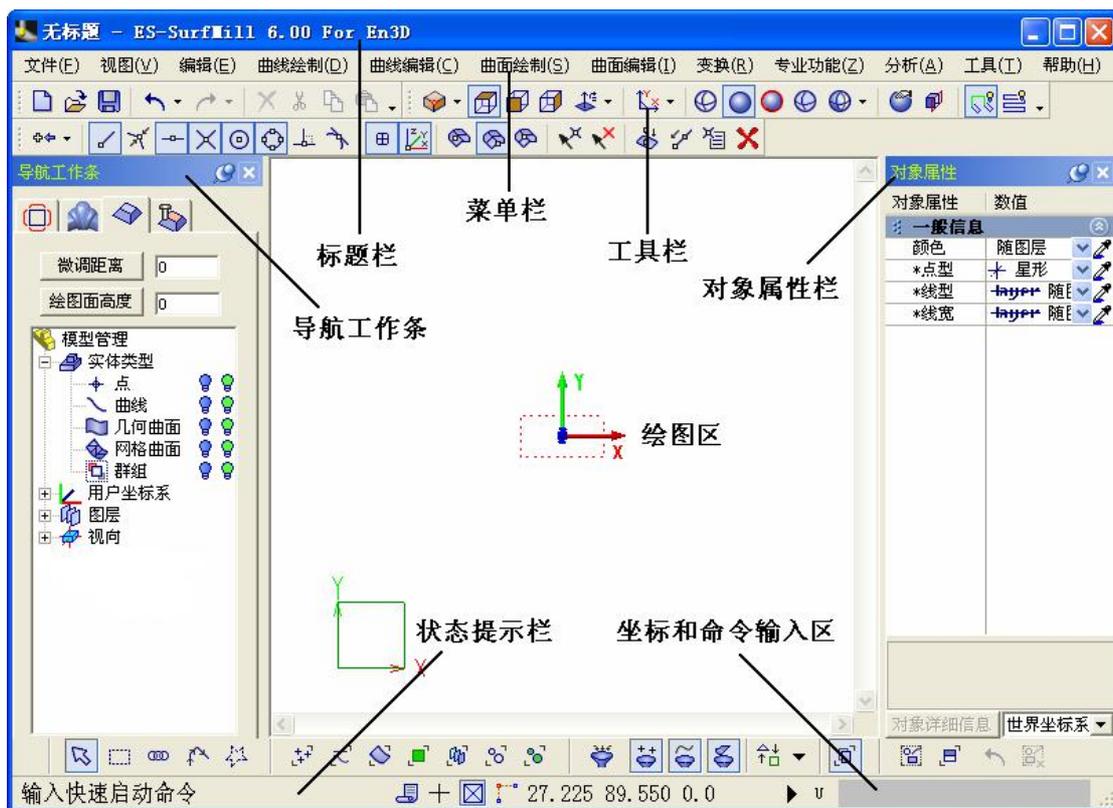


图 2-1 ES-SurfMill6.0 操作界面

表 2-1 界面说明

| 界面栏目 | 界面功能 |
|----------|--|
| 标题栏 | 显示当前运行的 ES-SurfMill 的版本号及其正在处理的文件名称。 |
| 菜单栏 | 菜单栏将软件的功能进行分类管理，分为主菜单项和各级子菜单项。 |
| 工具栏 | 工具条上的各个图标按钮分别对应其各自的操作命令，点击工具条上的图标按钮是启动命令的一种快捷的方式；各个工具条可以拖放停靠到屏幕中任意位置，也可以自定义工具条的显示隐藏和其中的图标按钮。 |
| 导航工作条 | 用于引导用户进行与当前状态或操作相关的工作。 |
| 绘图区 | 在工作界面中最大的区域，是显示路径设计和 3D 造型的场所；系统允许用户修改绘图区中的背景颜色。 |
| 对象属性栏 | 该对话框中分类显示出当前被选中对象的详细属性信息，包括基本属性、尺寸属性和几何属性等信息。 |
| 状态提示栏 | 是用户和计算机进行交互操作时的主要信息提示区，主要包括操作步骤的提示，操作结果各种警告信息，鼠标当前点坐标提示等。 |
| 坐标和命令输入区 | 主要用于输入点的坐标值和快速启动用户配置好的软件命令别名。 |

2.2 3D 造型环境

启动 ES-SurfMill6.0 软件，点击导航工具条中的  按钮，进入 3D 造型环境。该环境主要是利用曲线曲面功能进行 3D 造型，或利用输入/输出功能同第三方 CAD/CAM 软件进行数据交换。

2.2.1 曲线功能介绍

2.2.1.1 曲线绘制

曲线是构造曲面模型的基础，ES-SurfMill6.0 不仅提供了三维造型中的点、直线、圆弧、样条曲线等基本曲线的绘制功能，还提供了圆、椭圆、矩形、多边形、包围盒和二次曲线等一些特征图形曲线的绘制功能。



图 2-2 曲线绘制命令

表 2-2 曲线绘制命令说明

| 命令 | 说明 |
|----------|--|
| 【点】 | 绘制点对象。 |
| 【直线】 | 绘制直线。 |
| 【样条】 | 通过一系列点生成的连续并且光滑的样条曲线。 |
| 【圆弧】 | 绘制圆弧。 |
| 【圆】 | 绘制圆。 |
| 【椭圆】 | 绘制椭圆。 |
| 【矩形】 | 绘制矩形，包括圆角和直角矩形。 |
| 【多边形】 | 绘制多边形，最小边数为 3。 |
| 【星形】 | 绘制星形，最小边数为 3。 |
| 【箭头】 | 绘制箭头指通过定义箭头的特征点来绘制箭头。 |
| 【二次曲线】 | 绘制抛物线或者二次曲线。 |
| 【公式曲线】 | 绘制函数关系式生成的空间或平面曲线。 |
| 【螺旋线】 | 绘制螺旋线，包括等半径或变半径，也可以绘制平面螺旋线。 |
| 【包围盒】 | 提取包围模型的最小六面体。 |
| 【借助曲线生成】 | 由已知的曲线通过特定的功能计算得到新的曲线。 |
| 【借助曲面生成】 | 通过提取几何曲面的特征线来生成新的曲线，或将几何曲面外的曲线通过特定的方式映射到曲面上，得到贴合在曲面上的对应曲线。 |

2.2.1.2 曲线编辑

曲线编辑主要包括：曲线倒角、裁剪、打断、延伸、等距、组合、炸开、毗连、光顺和编修

等操作。



图 2-3 曲线编辑命令

表 2-3 曲线编辑命令说明

| 命令 | 说明 |
|--------|---|
| 【曲线倒角】 | 在曲线之间进行倒圆角、尖角等操作。 |
| 【曲线裁剪】 | 将曲线修剪至某一曲线或一点所定义的边界处。 |
| 【曲线打断】 | 将一条曲线通过点、其它曲线、面分割为两条曲线或多条曲线。 |
| 【曲线延伸】 | 将曲线延伸至某一曲线或一点所在的边界处。 |
| 【曲线等距】 | 曲线等距就是将原始曲线按照特定要求进行等距偏移，生成等距曲线。该功能分为单线等距、区域等距和法向等距等三个子命令。 |
| 【曲线组合】 | 将曲线链上的多条首尾相接的曲线组合成为一条曲线。 |
| 【曲线炸开】 | 炸开组合曲线，恢复为组合前的多条首尾相接的曲线。 |
| 【曲线闭合】 | 将不闭合的曲线改变为闭合曲线。 |
| 【曲线毗连】 | 在曲线的连接端点处进行端点连续性匹配。 |
| 【曲线桥接】 | 在两条曲线或一曲线与一点之间生成一条光滑的连接曲线。 |
| 【曲线光滑】 | 在给定的精度范围内自动调整曲线形状，使曲线曲率变化较大的位置变得相对平滑。 |
| 【曲线重建】 | 根据用户设定的重建点数对曲线进行重构，使得曲线的节点分布均匀。 |
| 【曲线编修】 | 曲线编修是一种快速调节曲线形状的命令，用户可以通过动态调节曲线的控制点或曲线上的节点来获得满意 |

| | |
|----------|--|
| | 的曲线形状。曲线修编分为编修控制点、编修线上点、柔性编辑和减少曲线节点等子命令。 |
| 【曲线展平】 | 将曲线按指定直径的辊筒进行展平变换或者滚绕变换。 |
| 【曲线转为圆弧】 | 将目标曲线转成由多段圆弧组合而成的曲线，与原曲线相逼近。 |

2.2.2 曲面功能介绍

2.2.2.1 曲面绘制

几何曲面主要包含两种曲面类型：标准曲面和自由曲面。ES-SurfMill6.0 中的自由曲面造型采用了 NURBS 作为几何描述的主要方法。

标准曲面是可以用简单的函数来表达的规则曲面，包括球面、柱面、锥面、环面等。标准曲面可以精确转化为 NURBS 曲面。构造标准曲面的操作过程比较简单，只要输入相应的参数，即可生成标准曲面。

构造自由曲面的操作过程相对复杂一些，一般来说需要通过拾取一些特征曲线并执行相应的曲面构造命令来构造出曲面。例如单向蒙皮面就需要一组空间曲线作为曲面的骨架，可以说曲线构造是曲面构造的基础。自由曲面主要包括拉伸面、直纹面、旋转面、蒙皮面、约束面、扫掠面、旋转扫掠面、管道面、皂形面、圆顶面、颗粒面等等。



图 2-4 曲面绘制菜单

表 2-4 曲面绘制功能说明

| 命令 | 说明 |
|--------|-----------------|
| 【标准曲面】 | 用简单的函数来表达的规则曲面。 |

| | |
|---------------|--|
| 【平面】 | 几何曲面中的 【平面】 是实际存在的几何面，是具有边界的，可以对它进行裁剪、倒角等曲面编辑操作。平面的绘制方法可以分为：两点平面、三点平面和边界平面三种。 |
| 【拉伸面】 | 将曲线沿指定方向拉伸指定的距离而构造出的曲面。 |
| 【直纹面】 | 由一条直线的两端点分别在两条曲线（截面线）上匀速运动而形成的轨迹曲面。 |
| 【旋转面】 | 轮廓曲线按给定的起始角度和终止角度绕一旋转轴线旋转而形成的轨迹曲面。 |
| 【单向蒙面】 | 以一组方向相同，形状相似的截面线为骨架，在其上蒙上一张光滑曲面。 |
| 【双向蒙面】 | 在两组纵横交错的截面线构成的骨架上蒙上一张光滑曲面。 |
| 【约束曲面】 | 通过目标点和曲线或曲面创建新曲面。 |
| 【单轨扫掠】 | 将截面线沿着一条轨迹曲线运动而扫出的曲面。 |
| 【双轨扫掠】 | 将截面线沿着两条轨迹曲线运动而扫出的曲面。 |
| 【管道面】 | 根据指定的中心线及半径值构造截面为圆形的管道面。 |
| 【皂形面】 | 给定一个闭合轮廓和两根以上的截面线，构造出一个通过闭合轮廓和截面线的光滑曲面。 |
| 【旋转扫掠】 | 旋转扫掠可以视为旋转与扫掠两种方式的结合。 |
| 【圆顶面】 | 圆顶面指通过定义曲线和点或曲线和偏移距离的方式创建曲面。 |
| 【颗粒面】 | 颗粒面指通过定义曲线和点或曲线和偏移距离的方式创建曲面，主要应用在鞋底颗粒、戒指镶钻等专业造型领域。 |

2.2.2.2 曲面编辑

曲面编辑包括曲面组合、曲面炸开、曲面延伸、曲面裁剪、曲面倒角、曲面拼接和曲面编修等功能。



图 2-5 曲面编辑菜单

表 2-5 曲面编辑功能说明

| 命令 | 说明 |
|--------|---|
| 【曲面倒角】 | 用截面为圆弧的过渡曲面将几张曲面光滑连接起来。同时根据需要用过渡曲面对原曲面进行裁剪，形成整体光滑的效果。倒角可以分为两面倒角、三面倒角、两组面倒角和曲线曲面倒角等四种。 |
| 【曲面裁剪】 | 曲面裁剪是对已生成的曲面进行修剪，保留需要的部分，去除不需要的部分。裁剪可以分为投影线裁剪、流线裁剪、面面裁剪、一组面内裁剪等四种。 |
| 【曲面修补】 | 在模具加工过程中，可能需要将裁剪面上的某些空洞（裁剪区域）用曲面填上以方便刀具轨迹的生成，但同时又不希望破坏原有裁剪面，这时可以使用曲面修补功能。 |
| 【曲面延伸】 | 通过指定的延伸边界线进行平滑延伸一定的距离。 |
| 【曲面等距】 | 曲面等距就是将原曲面按照特定要求进行等距偏移，生成等距曲面。 |
| 【曲面加厚】 | 曲面加厚指将目标曲面按指定的方向偏移一定的距离，且新生成的曲面与原曲面对应的边以直纹面方式形成新曲面。 |
| 【曲面组合】 | 将拾取的相邻曲面组合为一张组合曲面，方便拾取。 |
| 【曲面炸开】 | 将组合在一起的曲面炸开成组合前的一张张独立曲面。 |

| | |
|---------|--|
| 【曲面缝合】 | 曲面缝合功能的实现方法是基于空间剖分曲面，在计算刀具路径时，减少因为曲面缝隙、交错而造成的路径质量较差的现象。 |
| 【曲面毗邻】 | 调整曲面的非裁减边界，使其与相邻的曲面边界满足指定的连续条件。 |
| 【曲面拼接】 | 在曲面造型过程中，常常需要将一些已有曲面之间形成的间隙或空白补上，同时要求补上的曲面片与周边曲面光滑相接，这就需要用到【曲面拼接】功能。根据拼接的曲面边界的数目，可以分为：两面拼接和多面拼接。 |
| 【曲面光顺】 | 在给定的偏差范围内自动调整曲面形状，使曲面曲率变化较大的部分变得较平滑。 |
| 【曲面重建】 | 在误差允许的情况下，通过用户输入的 U/V 向重建点数，重新构建生成新曲面。 |
| 【曲面编修】 | 通过调整曲面的控制点，达到改善曲面外形的目的。 |
| 【曲面融合】 | 将两张具有共同边界且光滑相接的四边界曲面融合为单张曲面。 |
| 【曲面展平】 | 曲面展平指将曲面近似展平到当前坐标系的 XOY 平面上。 |
| 【转为网格面】 | 在给定的精度范围内，把几何曲面转为网格曲面。 |

2.2.3 输入/输出数据交换

输入/输出功能使 ES-SurfMill6.0 软件与其它 CAD/CAM 软件之间能够进行数据交换，使得 ES-SurfMill6.0 可以充分利用其它 CAD/CAM 软件所做的设计和加工数据，增强了 ES-SurfMill6.0 与其它 CAD/CAM 软件的数据共享能力。

文件的输入/输出命令由“文件(F)”菜单下的“输入(I)”/“输出(E)”菜单项完成。

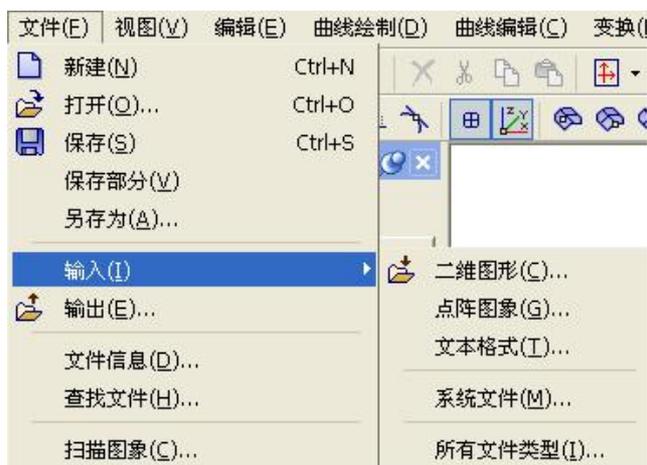


图 2-6 输入/输出功能

目前，ES-SurfMill6.0 支持的输入/输出的文件格式类型有：

表 2-6 ES-SurfMill6.0 支持的输入/输出的文件格式类型

| 类型 | 文件格式 | 输入 | 输出 |
|--------|--------------------------------|----|----|
| 【二维图形】 | DXF Files (*.dxf) | ✓ | ✓ |
| | EPS Files (*.eps) | ✓ | |
| | AI Files (*.ai) | ✓ | |
| | HP-GL Poltter Files (*.plt) | ✓ | ✓ |
| | GERBER Files (*.gbr) 印刷电路板文件 | ✓ | |
| 【点阵图像】 | Bitmap Files (*.bmp) | ✓ | ✓ |
| | JPEG Files(*.jpg) | ✓ | |
| | PNG Files (*.png) | ✓ | |
| | TIFF Files(*.tif) | ✓ | |
| | PCX Files(*.pcx) | ✓ | |
| 【文本格式】 | Text Files (*.txt) | ✓ | |
| 【三维图形】 | VRML Files (*.wrl) 虚拟现实造型语言文件 | ✓ | |
| | DXF3D Files (*.dxf) | ✓ | |
| | IGES Files (*.igs) | ✓ | ✓ |
| | STL Files (*.stl) | ✓ | |
| | Wavefront Files (*.obj) | ✓ | |
| | STEP Files (*.stp; *.step) | ✓ | |
| 【加工数据】 | Excellon Files(*.drl) 印刷电路板文件 | ✓ | |
| | En3d Files (*.eng) 精雕雕刻文件 | ✓ | ✓ |
| | WEDM Files(*.dat) 线切割数据文件 | ✓ | ✓ |
| | 3B Files(*.3B) 线切割加工文件 | ✓ | ✓ |
| 【系统文件】 | ES-SurfMill Files(*.escam) | ✓ | ✓ |
| | ShoeMaker Files (*.smk) 鞋模设计文件 | ✓ | |
| | JDPaint Files(*.jdp) 精雕设计文件 | ✓ | |
| | En3d Files (*.eng) 精雕雕刻文件 | ✓ | ✓ |



文件“输入”与文件“打开”不同：

文件“输入”不破坏当前的工作环境，新输入的数据与原设计并行存在，输入的数据独立成块不影响原设计数据；而“打开文件”同开始一个新设计一样，破坏当前的工作环境，然后将工作环境全部交给新打开的图形数据。

2.3 NC 加工环境

启动 ES-SurfMill6.0 软件，点击导航工具条中的  按钮，进入 NC 加工环境，如下图所示：

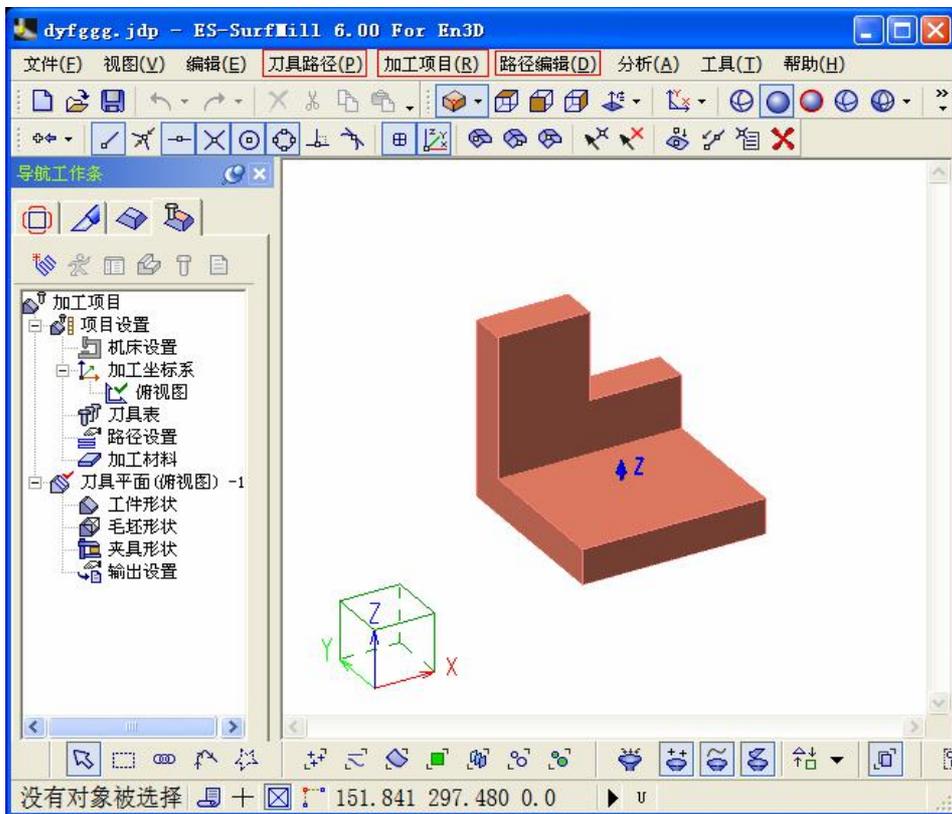


图 2-7 NC 加工操作界面

该环境主要是利用刀具路径、加工项目、路径编辑等常用功能对当前模型或图形进行 NC 编程，完成加工。

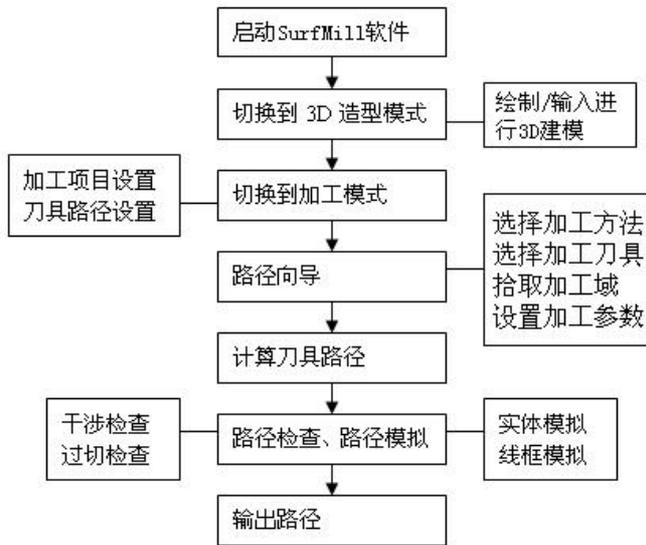


图 2-8 ES-SurfMill6.0 生成路径流程

下面我们介绍一下编程前的准备工作和编制加工路径的步骤。

2.3.1 编程前的准备工作

在从 3D 造型环境切换至 NC 加工环境进入正式编写加工路径之前，还需要对当前加工模型进行【项目设置】和【刀具平面设置】。

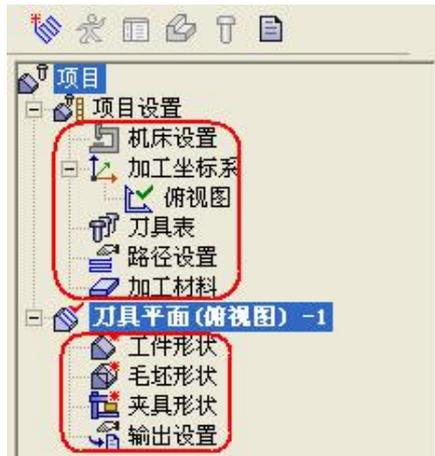


图 2-9 导航工作条

表 2-7 项目设置和刀具平面设置说明

| 项目设置 | 说明 |
|------|----|
|------|----|

| | |
|-------------|---|
| 【机床设置】 | 为当前工件选择加工机床，方便后续进行机床模拟、路径输出和估算加工时间。 |
| 【加工坐标系】 | 默认为俯视图，根据实际加工需要可创建新的坐标系。 |
| 【刀具表】 | 用于定义当前加工过程使用的刀具。 |
| 【路径设置】 | 用于设定分层深度，路径间距，圆弧半径等参数值。 |
| 【加工材料】 | 选择工件使用的材料，根据材料和加工刀具自动生成切削参数如主轴转速、走刀速度等参数。 |
| 刀具平面 | 说明 |
| 【工件形状】 | 选择最终加工的工件模型为依据，方便用户进行路径过切和碰撞检查。 |
| 【毛坯形状】 | 用来设置加工前的材料形状，设置该项是能够生成粗加工和残料补加工路径的先决条件。 |
| 【夹具设置】 | 用来检查加工路径与夹具之间是否碰撞，以保护刀具和主轴。 |
| 【输出设置】 | 定义输出原点，工件避让等信息。 |

2.3.2 数控程序编制的步骤

路径向导是 ES-SurfMill6.0 软件中最常用的刀具路径生成工具，它引导用户按照一定步骤逐项操作，直至生成刀具路径。

下面以生成简单的 2D 区域加工路径为例说明具体的操作步骤：

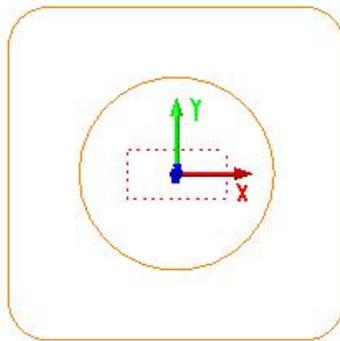


图 2-10 2D 区域加工路径

操作步骤：

- 1、启动 ES-SurfMill6.0;
- 2、点击  按钮，切换至 3D 造型环境，绘制如上图 2-10 所示的两条曲线；
- 3、点击  按钮，切换至加工环境，点击菜单栏【刀具路径(P)】选项，选择路径向导，如下图所示；



图 2-11 选择路径向导

4、系统弹出【选择加工方法】界面，切换至【2.5轴加工组】，在列表中选择【区域加工】

加工方法，并设置与加工方法相关的主要参数，如下图所示，设置完毕后点击  按钮，进入下一步；



图 2-12 选择加工方法及参数



技巧:

对于熟练地高级用户，可以在路径向导导航工具栏中点击  按钮，一步直达加工参数设置界面。

- 5、系统弹出【选择刀具】界面，在显示的刀具列表中选择“[平底]JD-2.00”，同时用户也可以点击【从刀具表选择】进入刀具表，添加、选择其它刀具，并设置与刀具相关的走刀参数，设置完毕后点击  按钮，进入下一步；



图 2-13 选择刀具及走刀参数

- 6、系统弹出【选择加工域】界面，从图形窗口中依次选择这两条曲线，点击  按钮进入

【刀具路径参数】界面操作；



图 2-14 选择加工域

- 7、在系统弹出的【刀具路径参数】界面，用户根据实际需求修改相关的路径参数，修改完成后，单击【计算】按钮生成路径；



图 2-15 刀具路径参数

- 8、点击【计算】按钮后，系统弹出计算路径进度条，完成后在图形窗口显示计算获得的刀

具路径。如果计算失败，系统将提示失败的原因，方便用户排错；

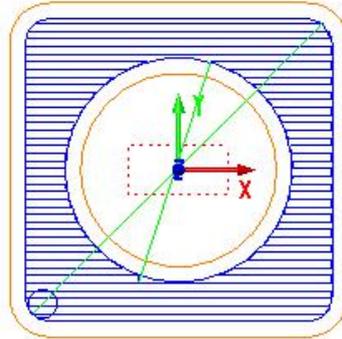


图 2-16 生成的刀具路径

- 9、路径计算无误后，将路径输出。点击菜单栏【刀具路径 (P)】中的【输出刀具路径 (E)】，如图 2-17 所示，然后在弹出的【输出刀具路径 (后置处理)】界面，如图 2-18 所示，选择需要输出的路径及各项参数，点击【确定】按钮，输出路径。



图 2-17 输出刀具路径菜单

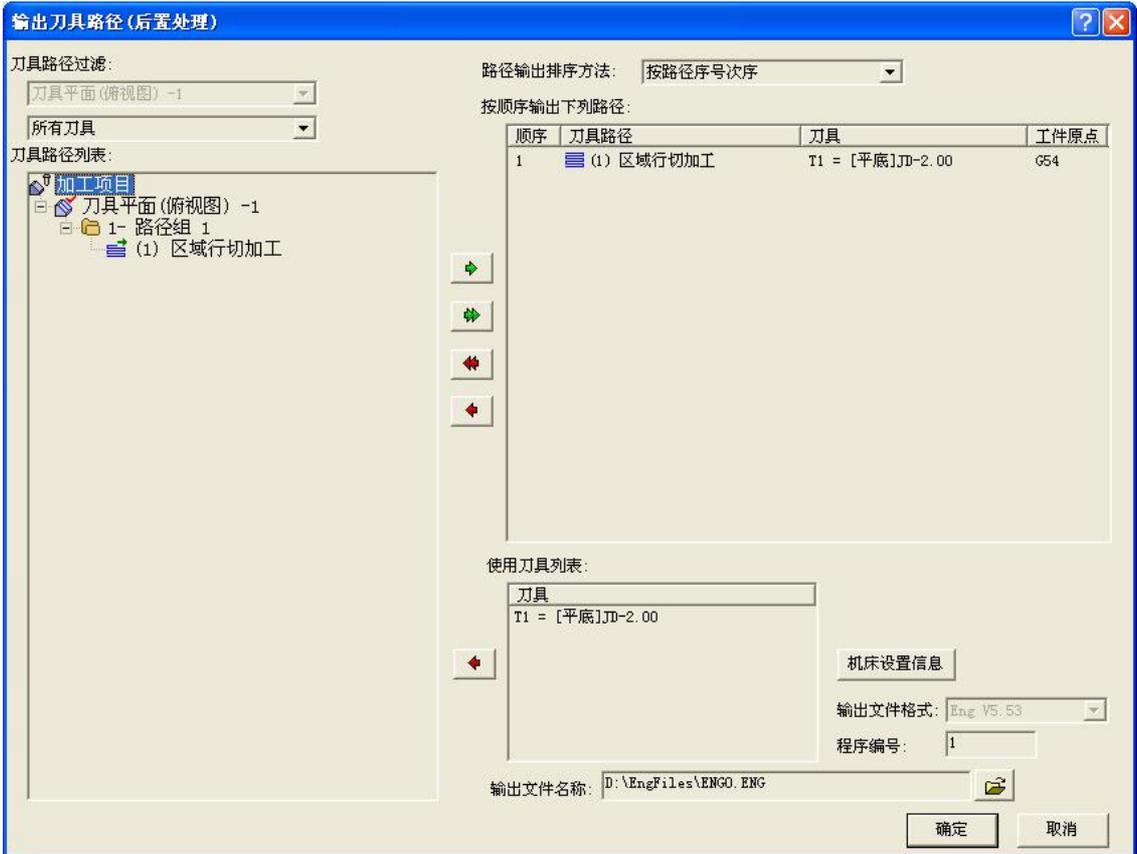


图 2-18 输出刀具路径参数界面

第三章 三角开关凸模造型实例

本章我们主要练习三角开关凸模的画法，绘制结果如下图所示：

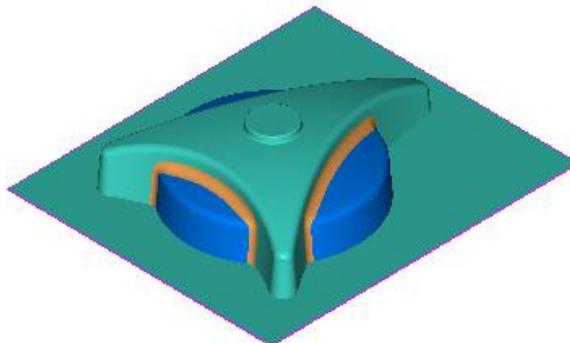


图 3-1 三角开关凸模

本章的内容主要分为以下三个部分：

- 造型前需要了解的知识。
- 三角开关凸模绘制思路。
- 三角开关凸模详细绘制过程。

3.1 造型前需要了解的知识

构造三角开关凸模前，我们需要了解本例中用到的 ES-SurfMill6.0 软件功能：

表 3-1 软件功能说明

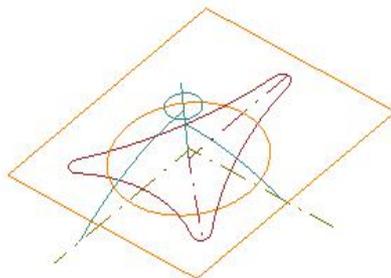
| 功能 | 图标 | 名称 | 说明 |
|------|---|-------------|---|
| 图层 |  | 【新建图层】 | 新创建一个图层，包括新图层的命名等。 |
| |  | 【移动对象到指定图层】 | 将已选择的图形对象移动到指定图层。 |
| 曲线绘制 |  | 【两点线】 | 通过两点线方式并定义长度、角度来绘制直线。 |
| |  | 【圆弧】 | 通过三点圆方式，绘制与两圆相切的圆弧。 |
| 曲线编辑 |  | 【单线等距】 | 指在原始曲线一侧的一定距离处创建等距曲线。 |
| |  | 【快速裁剪】 | 利用一条或多条曲线对给定曲线进行修剪，直接拾取不需要的部分进行删除。 |
| 曲面绘制 |  | 【拉伸面】 | 将拉伸曲线沿指定方向拉伸指定的距离而构造出的曲面。 |
| |  | 【旋转面】 | 轮廓曲线按指定的角度和终止角度绕一旋转轴而形成的轨迹曲面。 |
| |  | 【边界平面】 | 通过拾取位于同一平面内的一个或多个闭合轮廓来构造一个或多个具有边界的平面。 |
| 曲面编辑 |  | 【曲面快速裁剪】 | 拾取相交曲面，曲面被拾取的一侧将被删除。 |
| |  | 【曲面倒角】 | 用截面为圆弧的过渡曲面将两张曲面光滑连接起来。同时根据需要用过渡曲面对原曲面进行裁剪，形成整体光滑的效果。 |
| |  | 【曲面组合】 | 将多个相连的曲面组合成一张组合曲面。 |
| 变换 |  | 【镜像】 | 定义任意指定的直线为对称轴来对选择的图形进行镜像操作。 |
| 编辑 |  | 【隐藏】 | 隐藏已选择的图形对象。 |
| |  | 【显示】 | 显示隐藏的图形对象。 |

3.2 三角开关凸模绘制思路

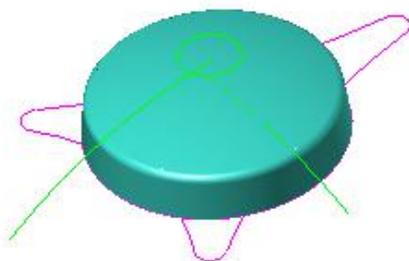
1. 新建绘图图层



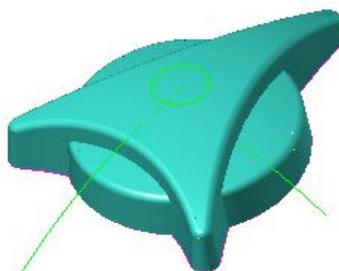
2. 绘制主要曲线



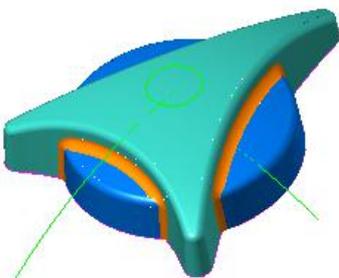
3. 构造底部圆形曲面组



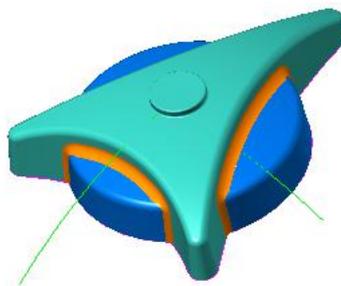
4. 构造三角状曲面组



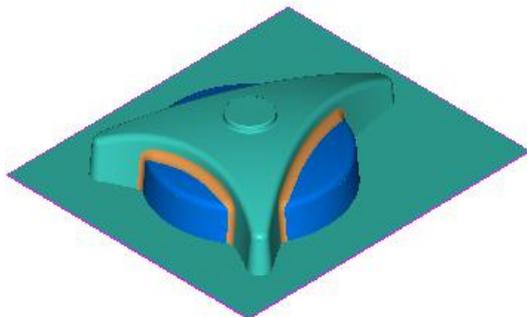
5. 两曲面组倒角



6. 构造顶部凸台



7. 构建边界平面



3.3 三角开关凸模详细绘制过程：

步骤 1：新建绘图图层

在导航工作条中点击  按钮进入 3D 造型环境；

点击“【编辑(E)】->【图层管理(L)】”选项弹出图层管理器，在图层管理器中点击  按钮，依次新建四个图层，分别命名为 Top、Front、Side 及 Surface 层(如图 3-2 所示)。



图 3-2 新建图层



注意：

图层的命名可在新建图层时命名,也可在创建完图层后双击该图层进行重命名。

步骤 2：绘制主要曲线

绘制如图 3-3 所示的曲线：

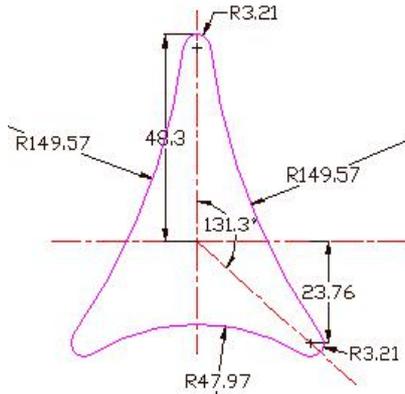


图 3-3 模型主要曲线

曲线绘制过程:

I. 在 XOY 平面绘制三角开关凸模轮廓曲线:

右键点击图层管理器中的 Top 层, 在弹出的右键菜单中选择 设为当前图层(C)选项将 Top 设定为当前绘图层, 点击视图工具条中的 图标按钮切换到俯视图状态, 绘制线架曲线:

- 1、绘制中心线 L1 和 L2: 在 Z=0 平面内, 点击【“曲线绘制(D)”->【直线(L)】”菜单项, 选择 两点线[A]子命令, 勾选上导航工具条中选项中的 双向[Y]选项并选中屏幕下方的 (开启/关闭正交捕捉)按钮, 通过捕捉坐标原点方式绘制如图 3-4 所示 X 向中心线 L1 和 Y 项中心线 L2;

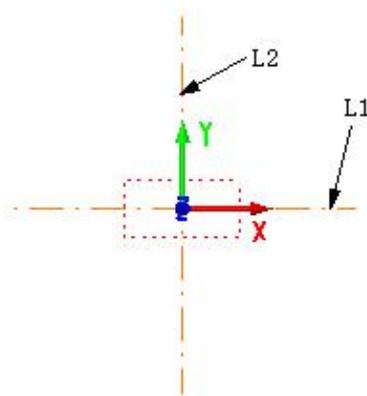


图 3-4 X、Y 向中心线



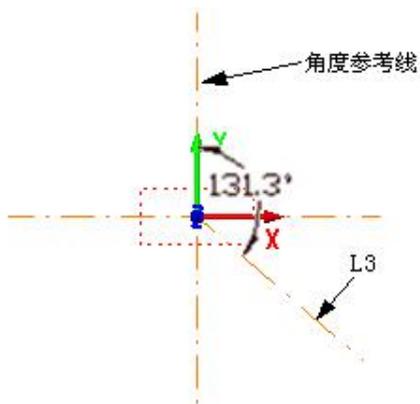
说明:

完成曲线绘制后可通过点击“对象属性”中  *线型  layer  选项将所绘直线定义为点划线。

- 2、绘制角度直线 L3：在 Z=0 平面内，点击“【曲线绘制(D)】->【直线(L)】”菜单项，选择  两点线[A]子命令，设置如图 3-5 所示参数，选择“指定角度参考线”并定义 Y 向中心线 L2 的两端点为参考线的起末点，绘制以坐标原点为起点与 Y 轴正向夹角为 131.3 度的直线 L3，绘制结果如图 3-6 所示；



图 3-5 参数设置图



3-6 角度直线 L3

注意：

参数设置完成后，点击  按钮至开启状态，锁定所输入的数据。

- 3、绘制圆 C1：在 Z=0 平面内，选择“【曲线绘制(D)】->【圆(C)】”菜单项，选择  圆心半径[A]子命令绘制圆，设置圆心坐标为(0,0)，半径为 26.67，绘制结果如图 3-7 所示；

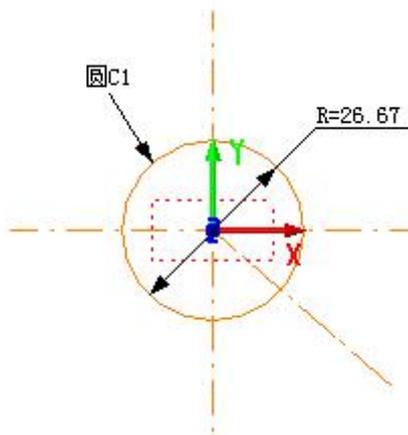


图 3-7 圆 C1

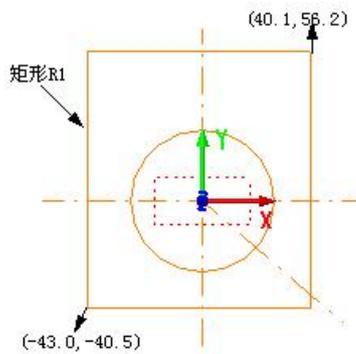


图 3-8 矩形 R1

- 4、绘制矩形 R1：在 $Z=0$ 平面内，点击“【曲线绘制(D)】->【矩形(R)】”菜单项，选择  直角矩形[A]子命令，绘制矩形 R1，定义两角点为(-43.0,-40.5)和(40.1,56.2)，结果如图 3-8 所示；
- 5、绘制圆 C2：在 $Z=0$ 平面内，点击“【曲线绘制(D)】->【圆(C)】”菜单项，选择  圆心半径[A]子命令，设置圆心坐标为 (0, 45.09) 半径为 3.21，绘制结果如图 3-9 所示；

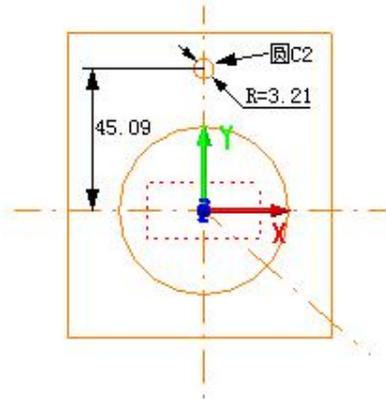


图 3-9 圆 C2



说明：

由于矩形框在接下来的操作中较少用到，可选择该矩形框后点击  按钮将其隐藏。使用时可通过点击  按钮选择该矩形框将其显示即可。

- 6、绘制圆 C3：点击“【曲线编辑(C)】->【曲线等距(O)】->【单线等距(A)】”菜单项，选择  单线等距[C]子命令选项，以 X 向中心线 L1 为目标曲线进行等距操作，设置等距距离为 23.76 并选择向下箭头(如图 3-10)绘制出等距直线 L4。以直线 L4 与角度直线 L3 的交点为圆心采用步骤 5 的方式绘制圆 C3，半径为 3.21，绘制结果如图 3-11 所示；

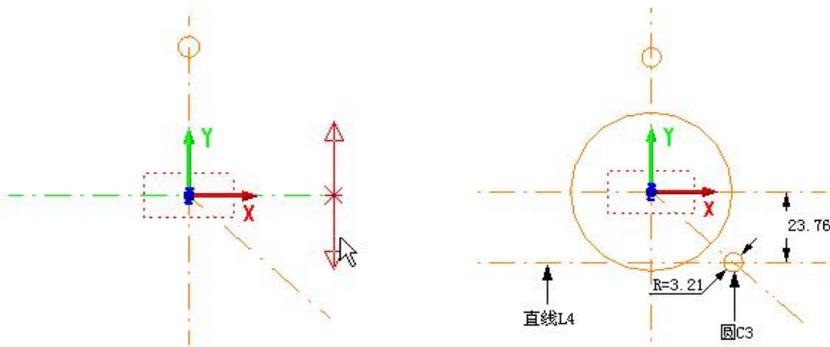
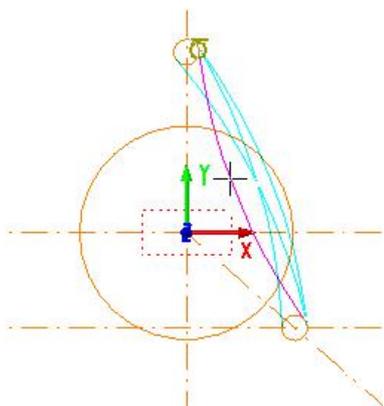


图 3-10 曲线等距

图 3-11 圆 C3

- 7、绘制圆弧 A1：点击“【曲线绘制(D)】->【圆弧(A)】”菜单项，选择  三点[A]子命令，选取  切点优先捕捉[Z]选项并输入半径 149.57，依次拾取圆 C2 和 C3，绘图区域出现 4 条可供选择的圆弧（如图 3-12 所示），选择位置合适的圆弧即可，绘制结果如图 3-13 所示；



3-12 圆弧选择状态

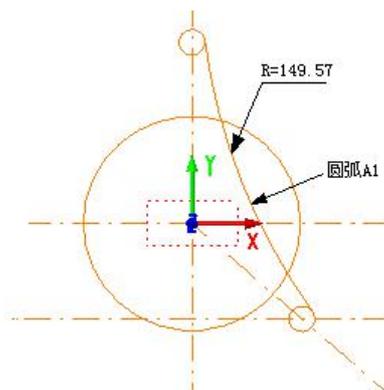


图 3-13 圆弧 A1

- 8、镜像操作绘制圆弧 A2 和圆 C4：拾取圆弧 A1 圆 C3，点击“【变换(R)】->【镜像(I)】”菜单项，拾取坐标原点为基点设定镜像角度为 90 度，并勾选上 拷贝对象[Z]选项，绘制结果如图 3-14 所示；

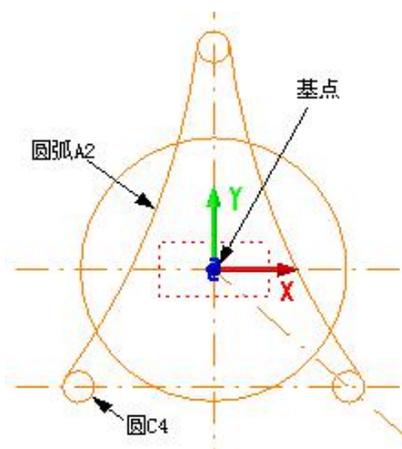


图 3-14 镜像线

- 9、绘制圆弧 A3：点击“【曲线绘制(D)】->【圆弧(A)】”菜单项，采用步骤 7 的方式绘制圆弧 A3，半径为 47.97。绘制结果如图 3-15 所示；

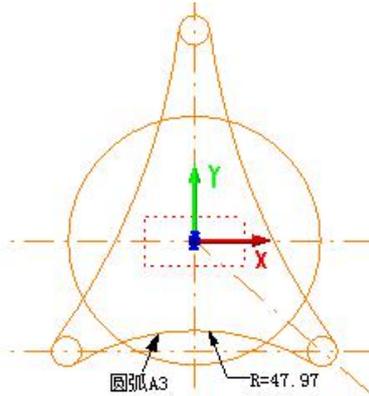


图 3-15 圆弧 A3

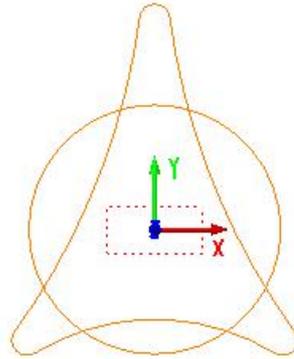


图 3-16 曲线裁剪

10、曲线裁剪：拾取直线 L1、L2、L3 和 L4，点击将其隐藏。点击“【曲线编辑(C)】->【曲线裁剪(T)】->【快速裁剪(A)】”菜单项，对圆 C1、C2 及 C3 进行裁剪(直接点击要删除的部分即可)，裁剪结果如图 3-16 所示；

11、曲线组合 M1：点击“【曲线编辑(C)】->【曲线组合(P)】”菜单项，依次图 3-17 绿色标示曲线(包括圆弧 A1、A2、A3 和圆裁剪后的部分)，生成 1 条组合曲线 M1，如图 3-18 所示；

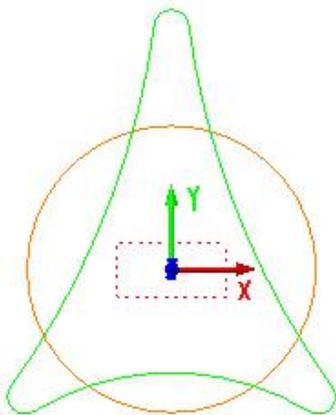


图 3-17 曲线组合

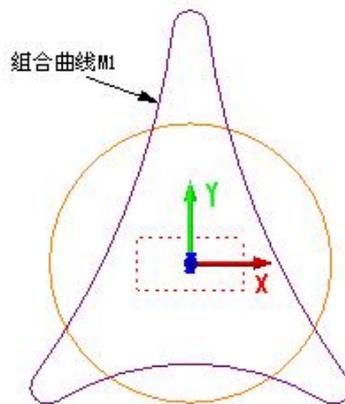


图 3-18 组合曲线 M1

12、绘制中心圆 C5：单击“【曲线绘制(D)】->【圆(C)】->【圆心半径 (A)】”菜单项，输入圆心坐标为 (0, 0, 19.7)，设定半径为 6.35，得到一个在 Z=19.7 绘图平面内的一个圆，如图 3-19 所示；

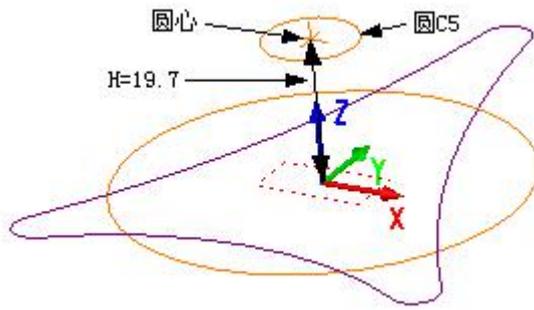


图 3-19 圆 C5

II. 在 YOZ 平面绘制截面线圆弧段 A4:

- 1、视图切换：右键点击图层管理器中的 Side 层，在弹出的右键菜单中选择 设为当前图层(C) 选项将 Side 设定为当前绘图层。在导航工具条【视向】的下拉菜单中选择 右视图，切换到右视图状态。
- 2、绘制辅助线：点击 按钮，拾取 Y 向中心线 L2 将其显示。采用直线 两点线[A] 绘制过坐标原点的 Z 向中心线 L5；采用曲线等距 单线等距[C] 方式绘制与 Y 向中心线距离为 3 的等距直线 L6。绘制结果如图 3-20 所示；

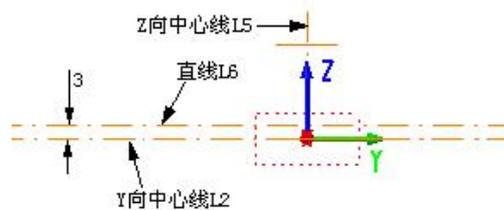


图 3-20 绘制辅助线

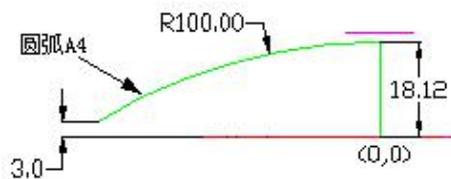


图 3-21 YOZ 平面内圆弧 A4

- 3、绘制圆弧段 A4：单击 “【曲线绘制(D)】->【圆(C)】” 菜单项，选择 圆心半径[A]子

命令，绘制圆心在(0, 0, -81.88)半径为 100 的圆，使用图 3-20 中所绘的直线 L5 和 L6 对所绘圆进行裁剪，得到圆弧 A4。裁剪结果如图 3-21 所示。

III. 在 XOZ 平面绘制截面线圆弧 A5:

- 1、视图切换：右键点击图层管理器中的 Front 层，在弹出的右键菜单中选择  设为当前图层(C)选项将 Front 设定为当前绘图层。在导航工具条【视向】的下拉菜单中选择  前视图，切换到前视图状态；
- 2、绘制圆弧段 A5：采用步骤 C 中的方式，绘制如图 3-22 所示圆心在(0, 0, -86.87)和 X 轴距离为 4.25 的圆弧 A5；

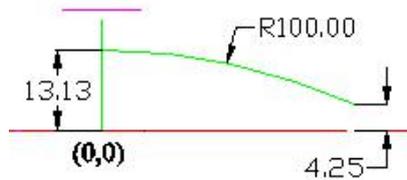


图 3-22 XOZ 平面内圆弧 A5

IV. 显示所有绘制完成的曲线，为构造曲面做准备：

点击  按钮，将隐藏的曲线显示后，在轴侧视图下观察所绘制好的线架曲线如图 3-23 所示；

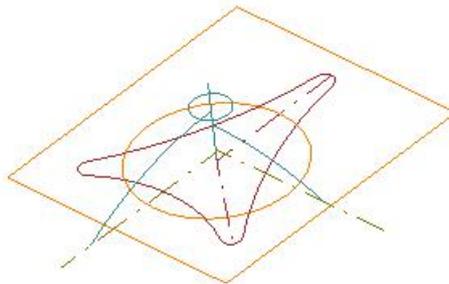


图 3-23 轴侧视图下的线架曲线

步骤 3：构造圆形曲面组

第一章 拉伸曲面 S1：设定 Surface 层为当前绘图层，点击  按钮将辅助曲线及矩形隐藏。点击“【曲面绘制(S)】→【拉伸面(E)】”菜单项，拾取俯视绘图 XOY 面内的圆 C1 为拉伸曲线，设置拉伸方向为 Z 轴正向进行拉伸操作，参数设置如图 3-24 所示。拉伸结果如图 3-25 所示；



图 3-24 拉伸参数设置

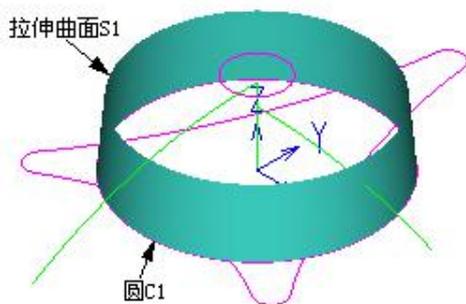


图 3-25 拉伸曲面 S1

第二章 旋转面 S2：点击“【曲面绘制(S)】→【旋转面(R)】”菜单项，拾取前视绘图 XOZ 面中的圆弧 A4 为轮廓线，定义坐标系 Z 轴为旋转轴线，旋转角设置如图 3-26 所示；生成的旋转面 S2 如图 3-27 所示；



图 3-26 旋转面参数

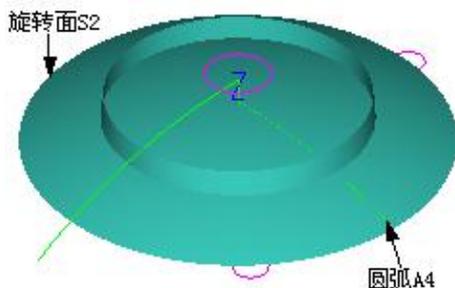


图 3-27 旋转曲面 S2

第三章 面面裁剪：选择“【曲面编辑(I)】→【曲面裁剪(T)】→【面面裁剪(3)】”菜单项，选择  快速裁剪 [A] 子命令，分别拾取拉伸曲面 S1 和旋转面 S2 为曲面组 1 和 2 进行相互裁剪(拾取曲面时点击要删除的部分)，裁剪结果如图 3-28 所示：

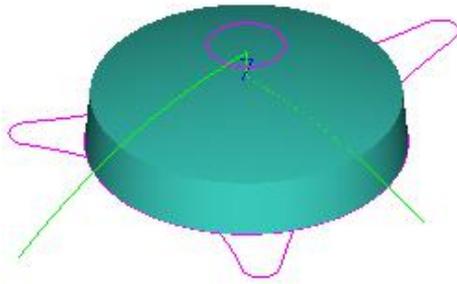


图 3-28 曲面裁减

第四章 两面倒角：点击“【曲面编辑(I)】->【曲面倒角(F)】->【两面倒角(1)】”菜单项，选择  等半径倒圆角[A]子命令，拾取裁剪后的拉伸面 S1 和旋转面 S2（表面上的箭头方向指向内部曲面，如图 3-29 所示）进行两面倒角，设置倒角半径 $R=1.875$ ，倒角结果如图 3-30 所示；

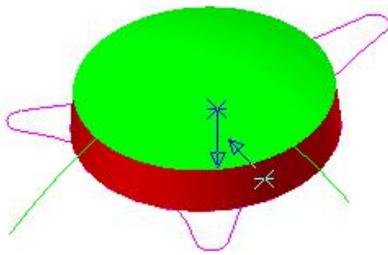


图 3-29 曲面倒角

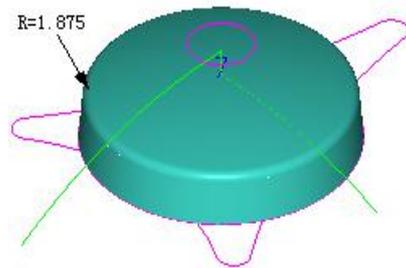


图 3-30 两面倒角结果

第五章 曲面组合：点击“【曲面编辑(I)】->【曲面组合(J)】”菜单项，拾取曲面 S1、S2 及步骤 d 中生成的圆角面将其组合，生成一张组合曲面，然后点击  按钮将该组合曲面进行隐藏。

 注意：

构造完的曲面，应适时地移动到 Surface 图层中。即选择 Surface 图层，拾目标曲面点击  按钮完成曲面的图层间移动。

步骤 4：构造三角状曲面组

第一章 拉伸曲面 S3：点击“【曲面绘制(S)】->【拉伸面(E)】”菜单项，拾取组合曲线 M1 为拉伸曲线，定义 Z 轴正向为拉伸方向，参数设置如图 3-31 所示，生成拉伸曲面 S3。结果如图 3-32 所示；



图 3-31 拉伸曲面参数设置

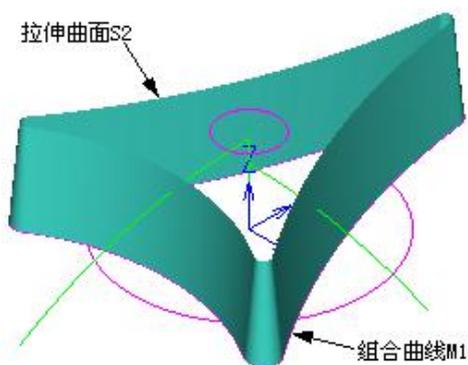


图 3-32 拉伸曲面 S3

第二章 旋转曲面 S4：点击“【曲面绘制(S)】→【旋转面(R)】”菜单项，拾取前视绘图 YOZ 面中的圆弧 A4 为轮廓线，定义坐标系 Z 轴为旋转轴线，旋转角设置如图 3-33 所示；生成的旋转面 S4 如图 3-34 所示；



图 3-33 旋转曲面参数设置



图 3-34 旋转曲面 S4

第三章 面面裁剪：选择“【曲面编辑(I)】→【曲面裁剪(T)】→【面面裁剪(3)】”菜单项，选择快速裁剪[A]子命令，分别拾取拉伸曲面 S3 和旋转面 S4 为曲面组 1 和 2 进行相互裁剪(拾取曲面时点击要删除的部分)，裁剪结果如图 3-35 所示：

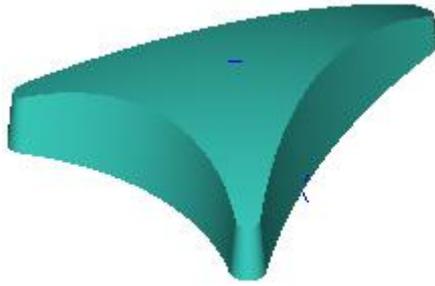


图 3-35 曲面裁剪

第四章 两面倒角：点击“【曲面编辑(I)】->【曲面倒角(F)】->【两面倒角(1)】”菜单项，选择  等半径倒圆角[A]子命令，拾取裁剪后的拉伸面 S3 和旋转面 S4（曲线上的箭头方向指向内部曲面，如图 3-36 所示）进行两面倒角，设置倒角半径 $R=1.875$ ，倒角结果如图 3-37 所示；

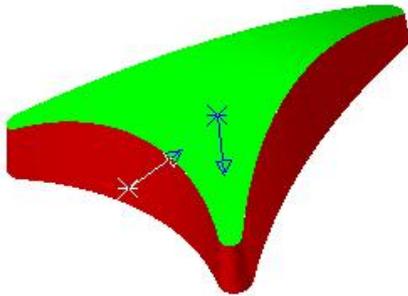


图 3-36 曲面倒角

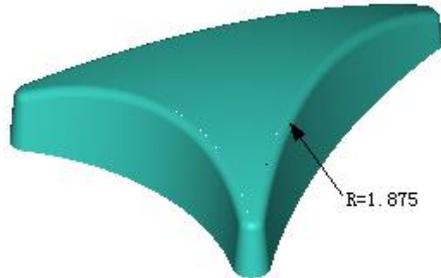


图 3-37 曲面倒角结果

步骤 5：创建曲面组 1 和 2 间的倒角面

两面倒角：点击  按钮拾取步骤 3 中生成的组合曲面将其显示出来。点击“【曲面编辑(I)】->【曲面倒角(F)】->【两面倒角(1)】”菜单项，选择  等半径倒圆角[A]子命令，对步骤 3 和步骤 4 生成的两组曲面进行倒角操作，倒角半径为 2.5（注意要使曲面上箭头方向指向外部曲面，如图 3-38 所示）；倒角结果如图 3-39 所示。

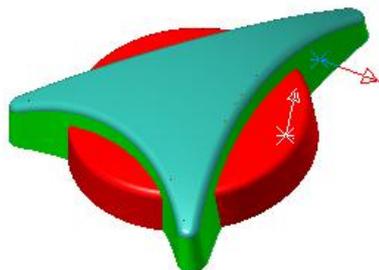


图 3-38 两曲面组倒角

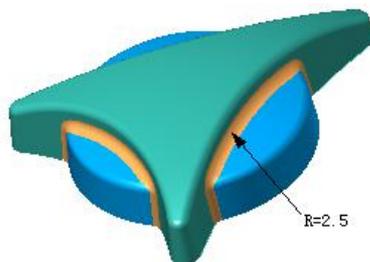


图 3-39 倒角结果

步骤 6: 构造顶部凸台

第一章 拉伸方式构造曲面 S5 和 S6: 点击“【曲面绘制(S)】->【拉伸面(E)】”菜单项,拾取绘图面 Z=19.7 深度处的圆 C5 为拉伸曲线,定义 Z 轴负向为拉伸方向。参数设置如图 3-40 所示;拉伸结果如图 3-41 所示:



图 3-40 拉伸曲面参数

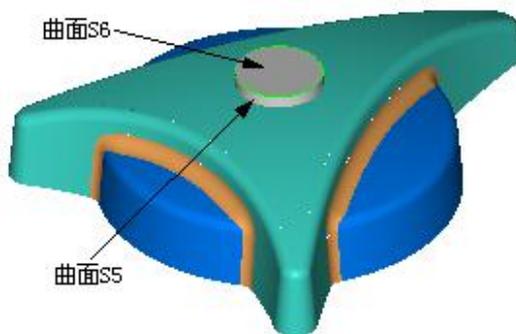


图 3-41 拉伸曲面结果

第二章 两面倒角：点击“【曲面编辑(I)】->【曲面倒角(F)】->【两面倒角(1)】”菜单项，选择  等半径倒圆角[A]子命令，拾取拉伸面 S5 和 S6（表面上的箭头方向指向内部曲面，如图 3-42 所示）进行两面倒角，设置倒角半径 0.375，倒角结果如图 3-43 所示；

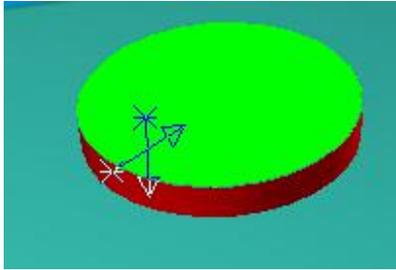


图 3-42 曲面倒角

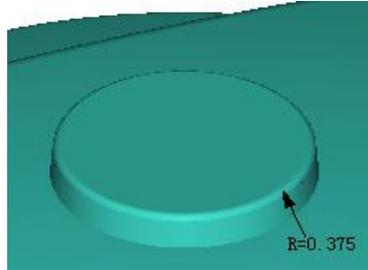


图 3-43 凸台倒角结果

第三章 两面倒角：采用两面倒角方式将凸台侧面与三角状曲面组进行倒角操作，（表面上的箭头方向指向外部曲面），设置 $R=0.375$ ，倒角结果如图 3-44 所示；

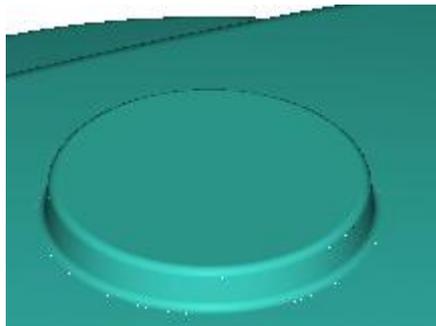


图 3-44 根部倒角

步骤 7：构造边界平面

第一章 边界平面：点击“【曲面绘制(S)】->【平面(P)】->【边界平面(D)】”菜单项，选择俯视绘图面 $Z=0$ 平面内的矩形 R1,生成一矩形平面，结果如图 3-45 所示；

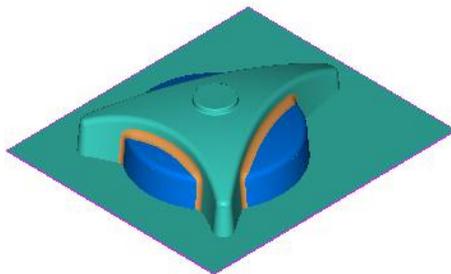


图 3-45 边界平面



说明:

构造此边界曲面也可以使用“【曲面绘制(S)】->【直纹面(U)】”命令，选择矩形的任意两对边即可

第二章 曲线隐藏：点击导航工具条中曲线旁的按钮( 曲线 ),一次性将所有曲线隐藏。

第三章 图层间移动曲面：选择 Surface 图层，拾取所有曲面点击按钮将所有曲面移动到 Surface 图层。

第四章 完成曲面构造，完成后的曲面模型可参考范例文件“三角开关凸模.escam”。

第四章 3 轴加工实例

ES-SurfMill6.0 软件的 3 轴加工组提供了多种曲面加工策略，例如：曲面分层区域粗加工、曲面残料补加工、曲面精加工、曲面清根加工等一系列的加工方法，用户可以根据需要，方便灵活的安排加工工艺。



图 4-1 曲面加工方法

本章以“开关凸模”工件为例，来讲解如何利用 ES-SurfMill6.0 软件快速生成三轴加工路径。

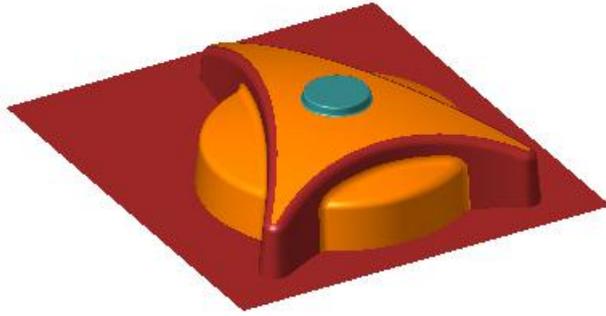


图 4-2 三角开关凸模

4.1 ES-SurfMill6.0 编程前的准备工作

在使用 ES-SurfMill6.0 编程之前，我们需要进行下面的准备工作：

- 曲面模型分析，制定加工工艺
- 加工前的项目设置

4.1.1 曲面模型分析，制定加工工艺

4.1.1.1 曲面模型分析

第五章 曲面模型坐标、尺寸信息

使用鼠标左键框选全部曲面模型，在软件窗口右侧的“对象属性”对话框（系统默认在软件窗口右侧显示）可以了解曲面模型的坐标范围、模型尺寸、模型中心点等信息。

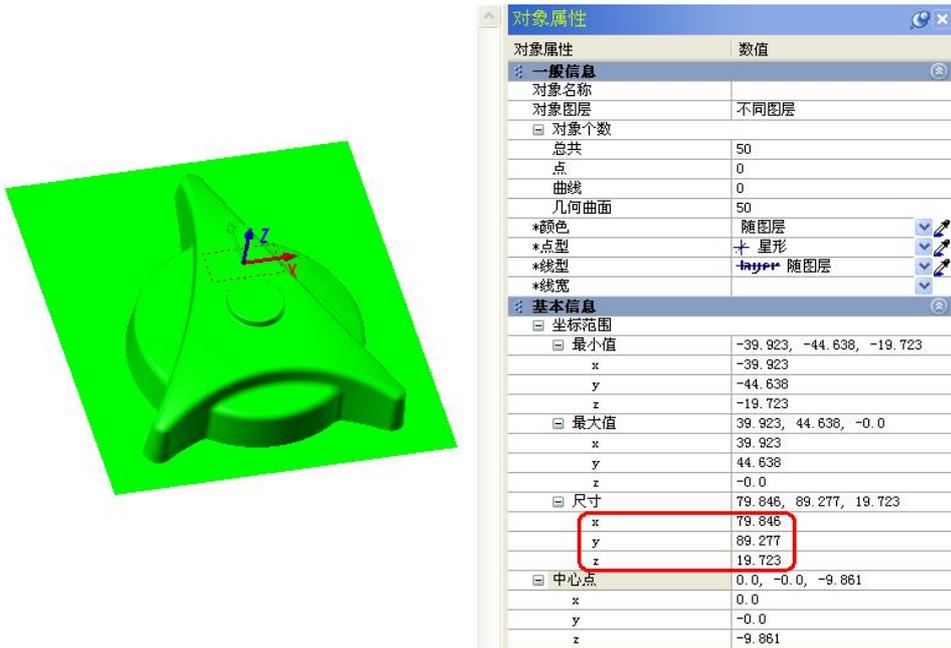


图 4-3 三角开关凸模

第六章 曲面曲率信息

点击菜单栏中的【分析】项，在下拉菜单中点击“曲面曲率图”，启动命令，选中全部曲面模型，如图 4-4 所示，经过曲面曲率图分析，“开关凸模”的大部分曲面曲率都在 1.5mm 以上，可以使用球头刀 D3.0R1.5 进行精加工，然后使用球头刀 D2.0R1.0 进行局部清根精加工即可加工到位。

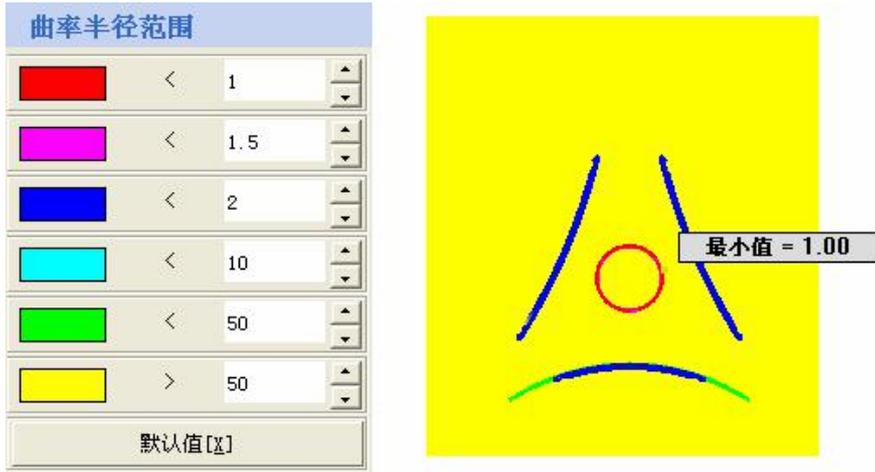


图 4-4 曲面曲率信息

4.1.1.2 模型加工工艺

经分析曲面模型后，结合模具的加工要求（底平面与型芯相交处位置只需加工到 R1.5mm 即可），该模具的加工思路如下（该工件的材料是 45 钢）：

表 4-1 开关凸模加工程序单

| 步骤 | 工序 | 加工方法 | 使用刀具 | 加工余量 (mm) | |
|----|-------|---------|----------------|-----------|------|
| | | | | 侧面余量 | 底面余量 |
| 1 | 开粗 | 分层区域粗加工 | 牛鼻刀 D10R1.0 | 0.15 | 0.15 |
| 2 | 精加工底面 | 成组平面加工 | 牛鼻刀 D10R1.0 | 0.15 | 0 |
| 3 | 残料补加工 | 曲面残料补加工 | 球头刀 D6R3.0 | 0.15 | 0.15 |
| 4 | 半精加工 | 角度分区 | 球头刀 D4R2.0 | 0.07 | 0.07 |
| 5 | 精加工 | 角度分区 | D3R1.5 | 0 | 0 |
| 6 | 清根加工 | 混合清根 | D2R1.0 | 0 | 0 |

4.1.2 加工项目设置

制定加工工艺后，在正式编程前，我们还需要进行机床、刀具、工件、毛坯和输出等设置。



图 4-5 导航工作条

4.1.2.1 机床设置

正确配置机床类型是路径进行机床模拟的关键，同时合理配置机床控制参数也是估算路径加工时间的前提。

点击“导航工具条”中的【机床设置】项，弹出机床设置界面，点选“机床类型”选项，进行机床形状和机床控制配置选择。

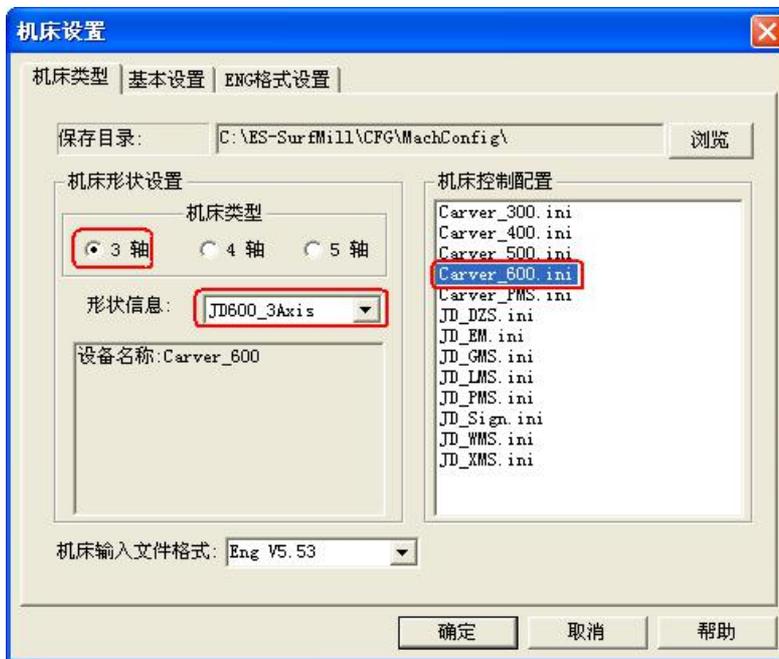


图 4-6 机床设置

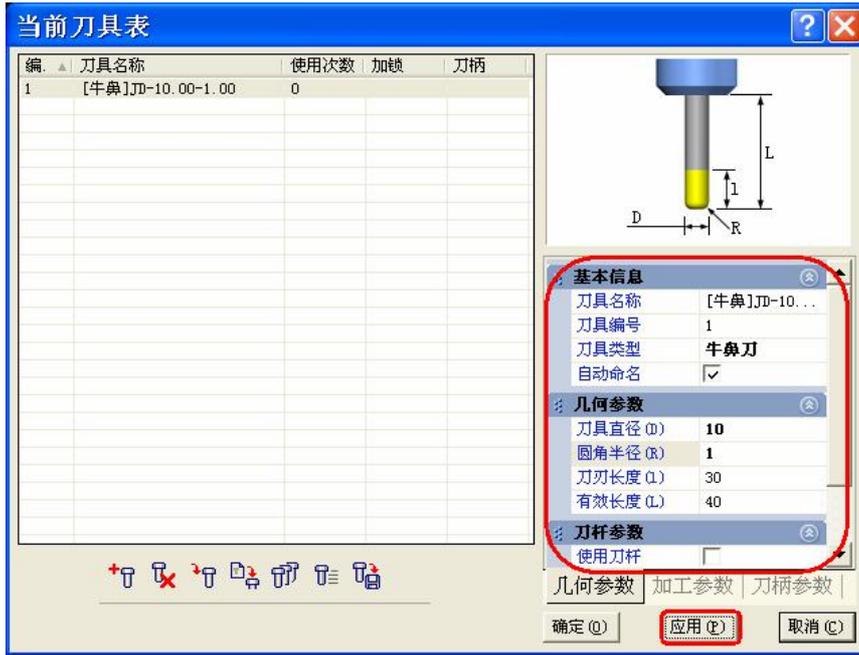


图 4-9 设置刀具参数

第九章 依次在“当前刀具表”中添加加工所用刀具，如下图所示：



图 4-10 添加刀具

4.1.2.3 工件形状

在 ES-SurfMill6.0 中进行工件形状设置，主要用于对加工路径进行分析检查，避免发生过切或碰撞。

NC 加工模块，点击“导航工具条”中的“工件形状”，在弹出的“工件设置”对话框中点击“全选”按钮，设置完毕后，单击“确定”按钮。



图 4-11 工件设置

4.1.2.4 毛坯形状

在 ES-SurfMill6.0 中，计算粗加工和残料补加工路径前必须正确设置毛坯形状。

NC 加工模块，点击“导航工具条”中的“毛坯形状”，在弹出的“毛坯设置”对话框，选择【包围盒】的类型创建毛坯，点击“全选”按钮，选择构成工件的所有曲面创建毛坯，完成设置；



图 4-12 毛坯设置

4.1.2.5 输出设置

NC 加工模块，点击“导航工具条”中的“输出设置”，在弹出“输出设置”对话框中，选中“指定坐标点”，X、Y、Z 的坐标均设定为 0。设置完毕后，单击“确定”按钮。



图 4-13 输出设置

4.2 ES-SurfMill 6.0 三轴加工实例

现在我们使用 ES-SurfMill6.0 进行三轴路径编程，在下面的加工流程中我们将逐步了解、学习 3 轴加工组中的相关加工方法：

- 曲面分层粗加工—环切加工
- 成组平面加工—环切加工
- 曲面残料补加工—依据当前残料模型
- 曲面精加工—角度分区
- 曲面清根加工组—混合清根
- 路径加工过程分析

4.2.1 模型粗加工

- 1、打开原始文件，切换到 NC 加工模块。



图 4-14 NC 加工模块导航工作条

第十章 在菜单栏中的“刀具路径”下拉菜单中选择“路径向导”。



图 4-15 选择“路径向导”

第十一章在弹出的“选择加工方法”对话框中选择“3 轴加工”中的“分层区域粗加工”，走刀方式为环切走刀，加工余量为 0.15mm，加工精度（即弦高误差）为 0.005。设置完毕后，单击进行下一步设置。



图 4-16 选择加工方法及参数

第十二章在弹出的“选择刀具”对话框的刀具表中选中“[牛鼻]JD-10.00-1.00”，并设置走刀参数。设置完毕后，单击，进入到“基本加工域”对话框。



图 4-17 选择刀具及设置走刀参数

第十三章在弹出的“基本加工域”对话框中，点击“加工面”下的“拾取所有”按钮，将曲面模型全选为加工域，然后点击确定按钮，进入“刀具路径参数”对话框。

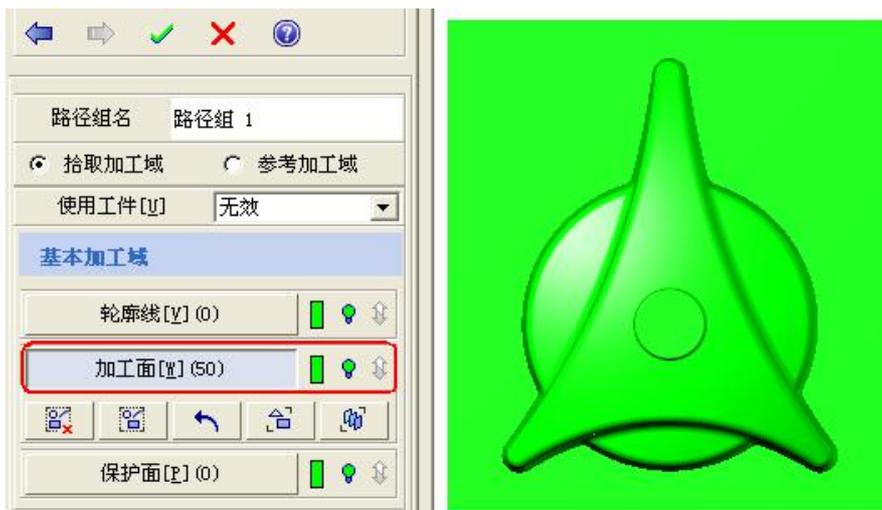


图 4-18 设置加工域

第十四章在弹出的“刀具路径参数”对话框中，设置分层区域粗加工中的环切走刀的基本参数。设置完毕，点击“计算”按钮，计算开粗路径。



图 4-19 设置路径参数

**注意:**

由于设置的路径间距为 6.5mm (见第 4 步)，大于刀具直径的 50%，所以在参数中我们

一定要选中“环切并清角”、“光滑路径”选项，以避免加工路径因路径间距过大而留下残料，并且光顺了路径，提高了加工的流畅性。

第十五章程序自动生成加工路径

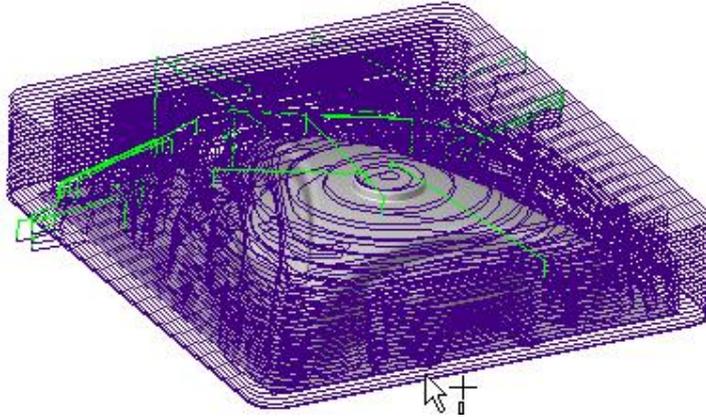


图 4-20 生成加工路径

4.2.2 精加工底面

- 1、启动“路径向导”命令，在“选择加工方法”界面选择“3 轴加工”中的“成组平面加工”。方法参数设置为：走刀方式为环切走刀。设置完毕后，单击  进入刀具设置。



图 4-21 选择加工方法及参数

第十六章在弹出的“选择刀具”对话框中，在刀具表中选中“[牛鼻]JD-10.00-1.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入“基本加工域”对话框。



图 4-22 设置走刀参数及走刀参数

第十七章在弹出的“基本加工域”对话框，点击“加工面”按钮，全选曲面，然后使用“Ctrl+鼠标左键”将模型顶部小平面去选。然后点击“保护面”按钮，使用鼠标左键将顶部小平面选中。操作完毕，单击确定键，进入“刀具路径参数”对话框。

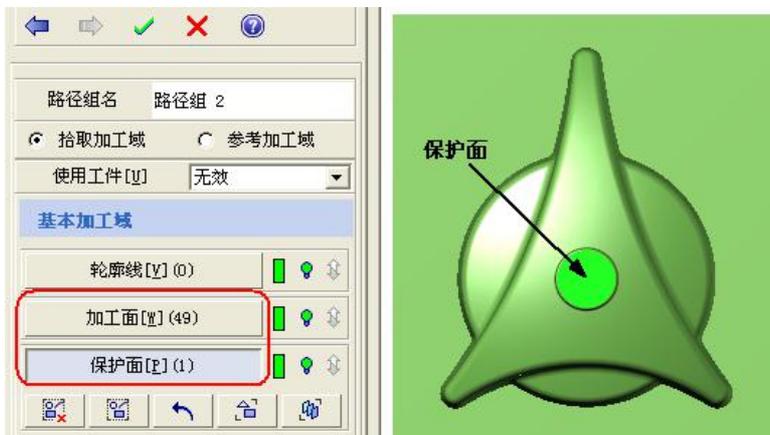


图 4-23 选择加工域

第十八章在弹出的“刀具路径参数”对话框右侧的参数设置界面中，使用默认参数值。



图 4-24 成组平面加工

第十九章在“刀具路径参数”对话框的左侧选中“加工余量”选项，修正“加工余量”参数值：加工面底部余量设置为 0，其它如下图所示。设置完毕后，点击“计算”按钮。

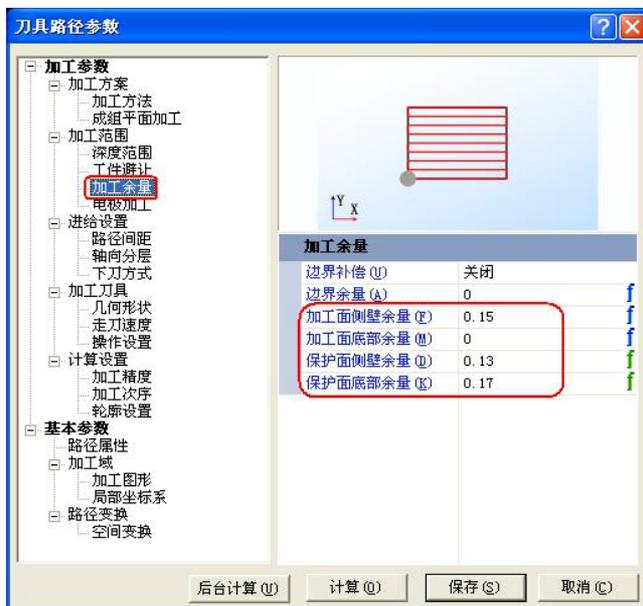


图 4-25 设置加工余量

第二十章程序自动生成加工路径。

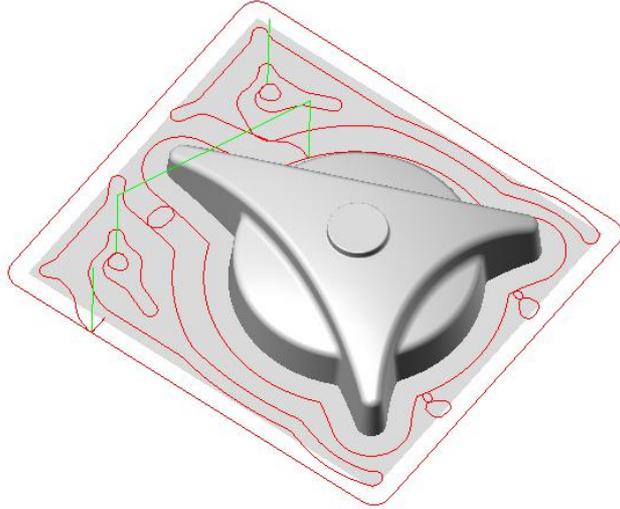


图 4-26 生成成组平面路径

4.2.3 曲面残料补加工

- 1、启动“路径向导”命令，在“选择加工方法”界面选择“3轴加工”中的“曲面残料补加工”。方法参数设置为：定义方式设置为当前残料模型，加工余量为0.15mm，加工精度为0.005。设置完毕后，单击进入下一步刀具设置。



图 4-27 选择加工方法及参数

第二十一章 在弹出的“选择刀具”对话框中，在刀具表中选中“[球头]JD-6.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入“基本加工域”对话框。



图 4-28 选择刀具及走刀参数

第二十二章 在弹出的“基本加工域”对话框中，点击“加工面”下的“拾取所有”按钮，将曲面模型全选为加工域，然后点击确定按钮，进入“刀具路径参数”对话框。

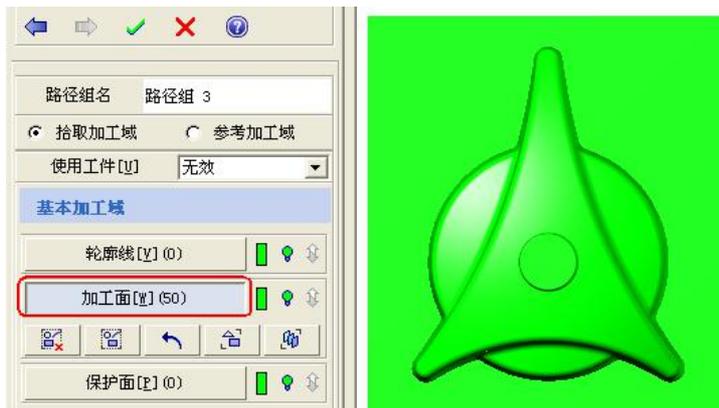


图 4-29 选择加工域

第二十三章 在弹出的“刀具路径参数”对话框的参数设置中，使用默认参数值，点击“计算”按钮。

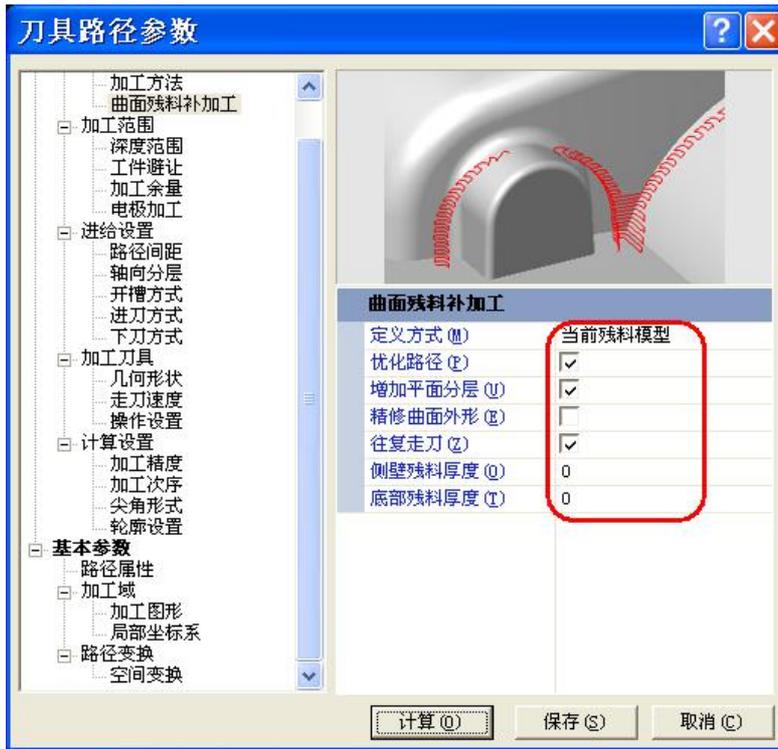


图 4-30 曲面残料补加工参数设置

第二十四章 程序自动生成加工路径。

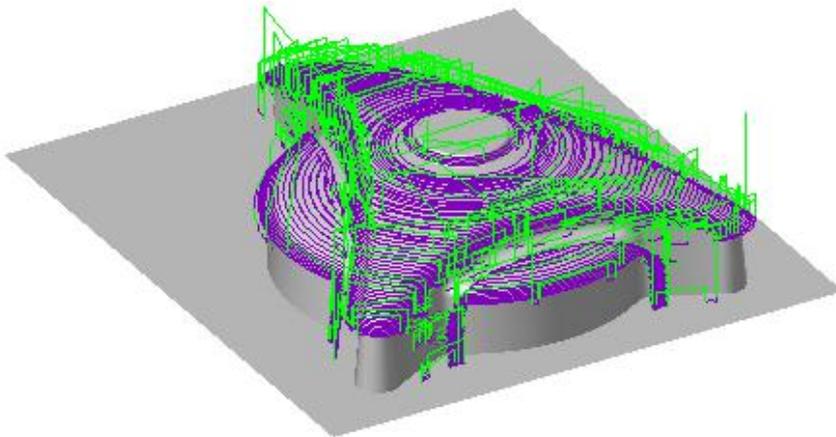


图 4-31 生成残补路径

4.2.4 半精加工

- 1、启动“路径向导”命令，在“选择加工方法”界面选择“3轴加工”中的“曲面精加工”选项。方法参数设置为：走刀方式为角度分区，路径角度为45，加工余量为0.07mm，加工精度为0.002。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 4-32 选择加工方法及参数

第二十五章 在弹出的“选择刀具”对话框中，在刀具表中选中“[球头]JD-4.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入“基本加工域”对话框。



图 4-33 选择刀具及走刀参数

第二十六章 在弹出的“基本加工域”对话框，点击“加工面”按钮，将型芯曲面选中为加工面，点击“保护面”按钮，将底平面选中为保护面。操作完毕，单击确定键，进入“刀具路径参数”对话框。

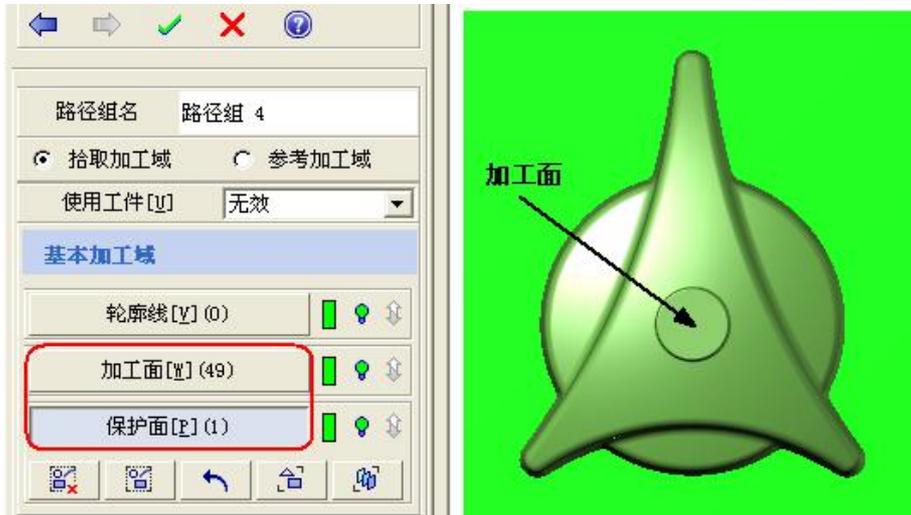


图 4-34 选择加工域

第二十七章 在弹出的“刀具路径参数”对话框的参数设置中，使用默认参数值，点击“计算”按钮。

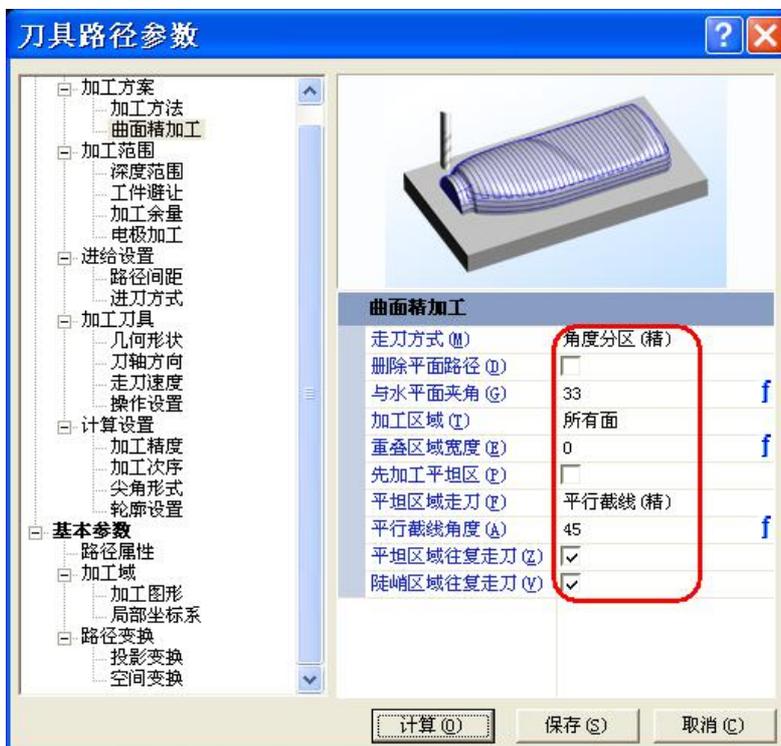


图 4-35 曲面半精加工参数设置

第二十八章 程序自动生成加工路径。

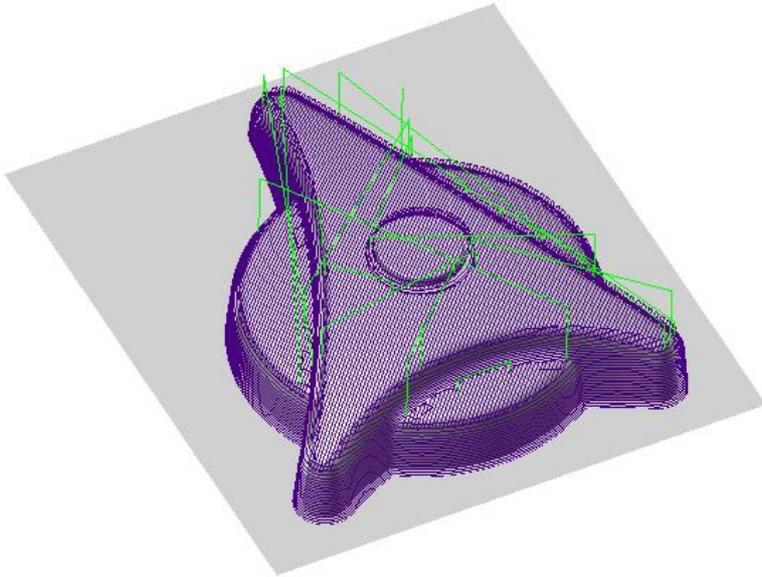


图 4-36 生成半精加工路径

4.2.5 精加工

- 1、启动“路径向导”命令，在“选择加工方法”界面选择“3轴加工”中的“曲面精加工”选项。方法参数设置为：走刀方式设置为角度分区，路径角度为45，加工余量为0，加工精度为0.002。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 4-37 选择加工方法及参数

第二十九章 在弹出的“选择刀具”对话框中，在刀具表中选中“[球头]JD-3.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入“基本加工域”对话框。



图 4-38 选择刀具及走刀参数

第三十章在弹出的“基本加工域”对话框，点击“加工面”按钮，将型芯曲面选中为加工面，点击“保护面”按钮，将底平面选中为保护面。操作完毕，单击确定键，进入“刀具路径参数”对话框。

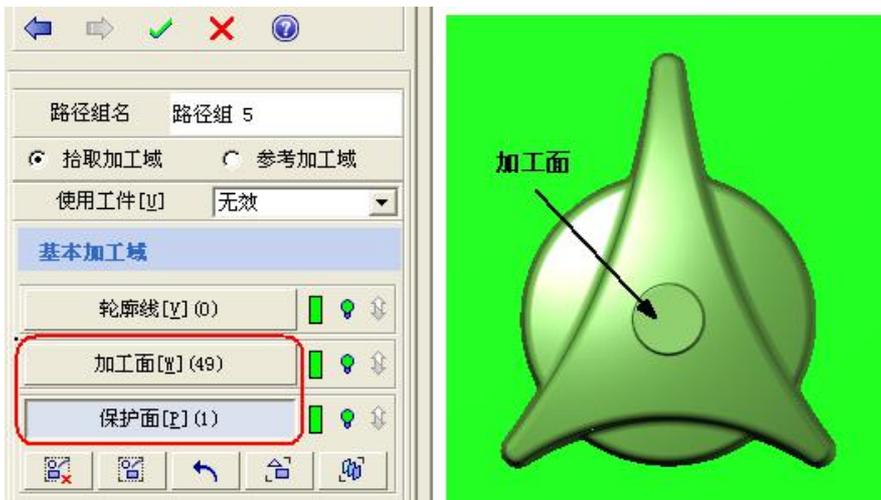


图 4-39 选择加工域

第三十一章 在弹出的“刀具路径参数”对话框的参数设置中，使用默认参数值，点击“计算”按钮。

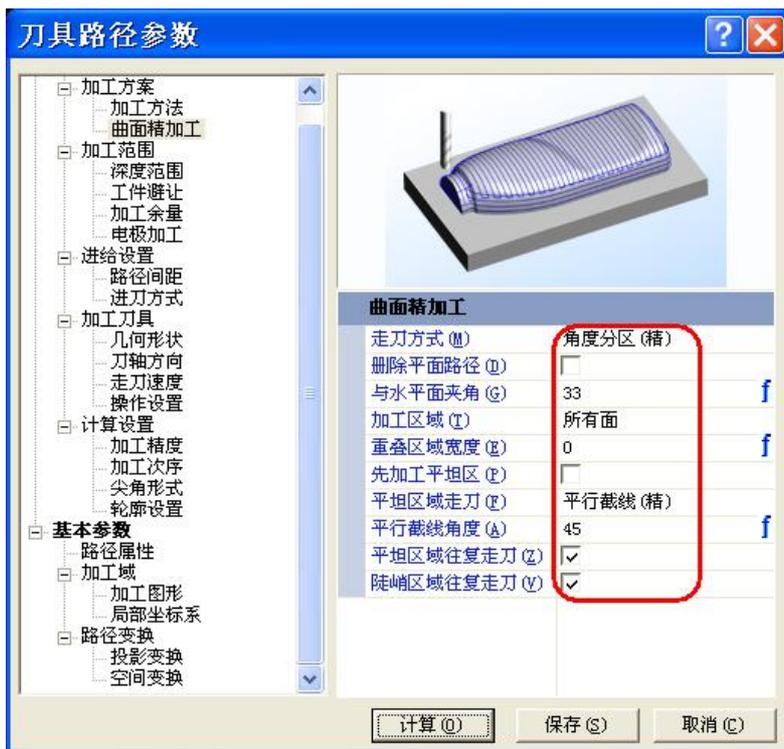


图 4-40 曲面精加工参数设置

第三十二章 程序自动生成加工路径。

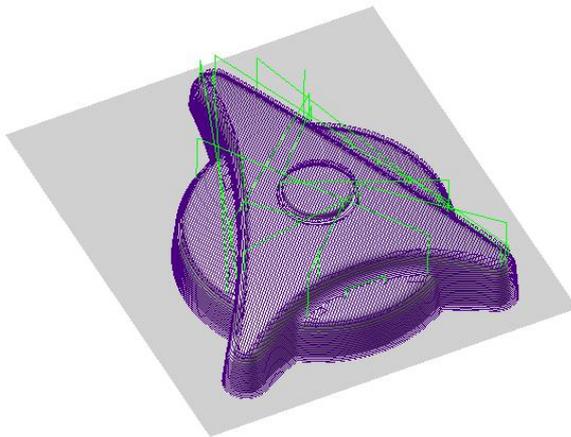


图 4-41 生成精加工路径

4.2.6 精加工曲面清根

- 1、启动“路径向导”命令，在“选择加工方法”界面选择“3轴加工”中的“曲面清根加工”选项。方法参数设置为：清根方式设置为混合清根，加工余量为0，加工精度为0.002。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 4-42 选择加工方法及参数

第三十三章 在弹出的“选择刀具”对话框中，在刀具表中选中“[球头]JD-2.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入“基本加工域”对话框



图 4-43 选择刀具及走刀参数

第三十四章 在弹出的“基本加工域”对话框，点击“加工面”按钮，将型芯曲面选中为加工面，点击“保护面”按钮，将底平面选中为保护面。操作完毕，单击确定键，进入“刀具路径参数”对话框。

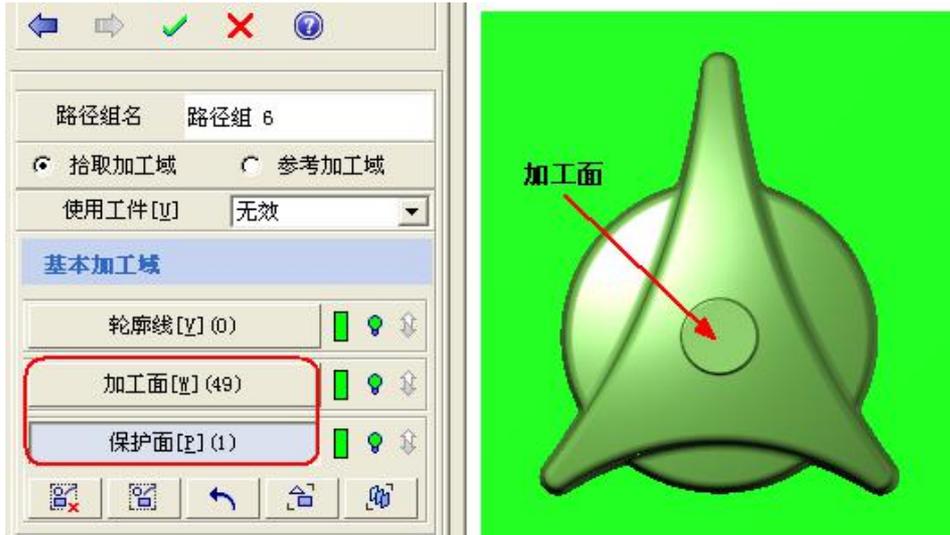


图 4-44 选择加工域

第三十五章 在弹出的“刀具路径参数”对话框的“清根加工”参数设置中，点击“上把刀具”按钮，进入“当前刀具表”对话框。



图 4-45 清根加工

第三十六章 在弹出的“当前刀具表”对话框中，选中“球头刀 JD-3.00”，然后点击“确定”按钮，返回“刀具路径参数”对话框。



图 4-46 当前刀具表

第三十七章 在“刀具路径参数”对话框，“上把刀具”参数值已被定义为球头刀 3.0，点击“计算”按钮。



图 4-47 上把刀具

第三十八章 程序自动生成加工路径。



图 4-48 生成路径

4.2.7 加工过程分析

为了检查路径参数的合理性以及确保加工安全，输出路径之前必须经过一系列加工过程检查，避免路径过切和刀具发生碰撞。下面以路径过切检查为例说明：

- 1、NC 加工模块，从菜单栏的“刀具路径”的下拉菜单中，选中“加工过程分析”的“过切检查”选项。

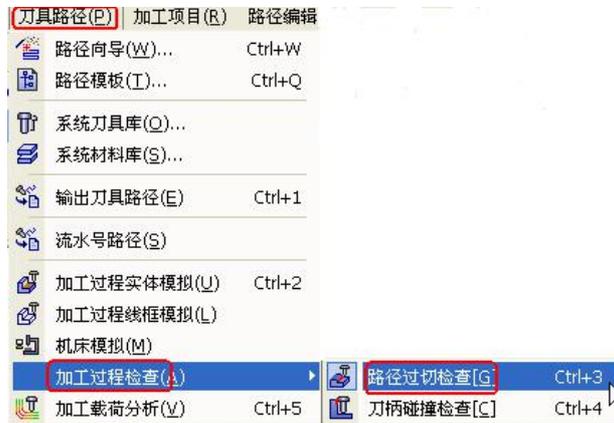


图 4-49 路径过切检查

第三十九章 在弹出的“过切检查”对话框中，选中“过切检查”选项，并点击“选择路径”按钮。



图 4-50 路径检查设置

第四十章在弹出的“选择路径”对话框，点击“选择所有路径”按钮，设置完毕后，点击“确定”按钮，返回“过切检查”对话框。

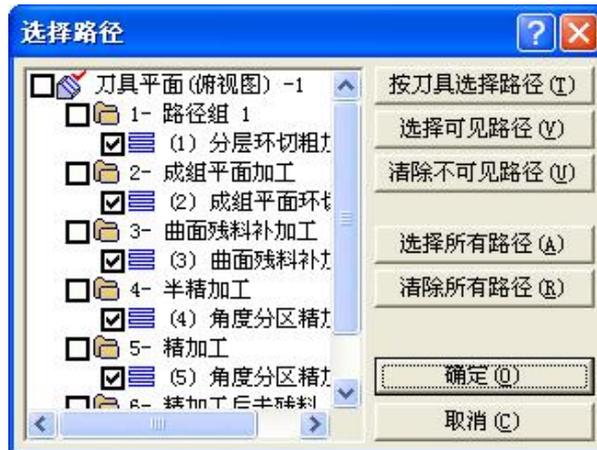


图 4-51 选择检查路径

第四十一章 在“过切检查”对话框点击“开始检查”按钮，检查完毕，弹出“检查结果”对话框。

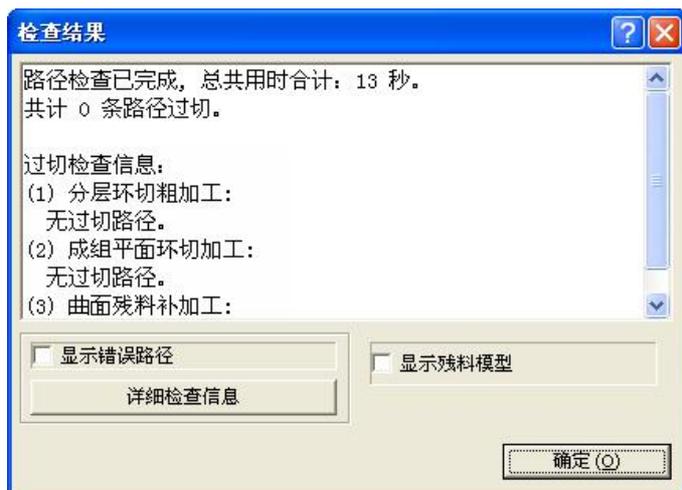


图 4-52 路径检查结果

4.2.8 输出加工路径

经过对上述路径的加工过程检查，没有发现任何问题，我们即可将生成的加工路径按照加工机床支持的路径格式输出，在机床上完成加工即可。

- 1、从菜单栏的“刀具路径”的下拉菜单中，选中“输出刀具路径”选项。



图 4-53 输出刀具路径

- 2、在弹出的“输出刀具路径”对话框中，点击“”按钮，将需要输出的加工路径全部选中放在右侧对话框中（如果需要排序，可以按“路径输出排序方法”中提供的方法进行排序），并设置输出文件名和文件存放目录（默认文件名为 ENGO. ENG，保存目录为 D:\EngFiles 文件夹中）。设置完毕后，点击“确定”按钮。

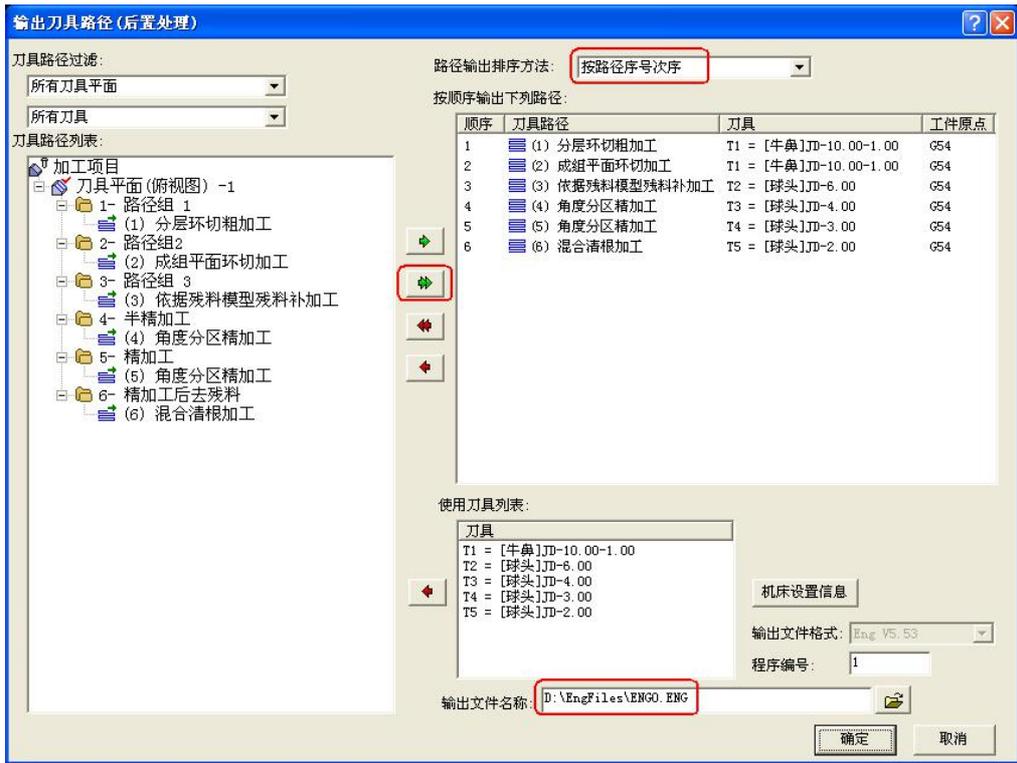


图 4-54 刀具路径输出

第四十二章 点击【确定】按钮，输出路径。

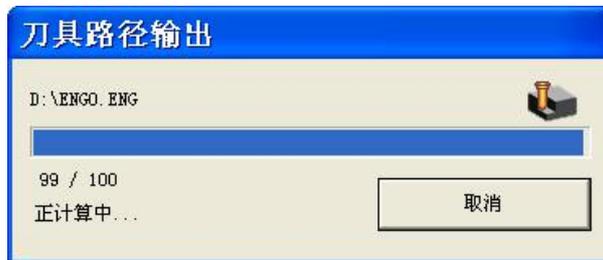


图 4-55 刀具路径输出进度

第四十三章 路径输出完毕。



图 4-56 输出结果

第五章 多轴定位加工实例

多轴定位加工是指在进行实际的工件切削前，机床的旋转轴先转到一固定的方位，然后开始切削，在切削过程中，机床的旋转轴不与机床的 X、Y 及 Z 轴一起运动。当切削过程完成后，刀具离开工件，机床旋转轴转到另一方位，再开始另一切削过程。

ES-SurfMill6.0 软件可以通过局部坐标系、设置多个刀具平面及多原点设置等方式来实现多轴定位加工。本章实例主要以局部坐标系为例，如图 5-1 所示，来介绍说明用户如何在一个刀具平面内实现多轴定位加工。



图 5-1 局部坐标系

下面以换能器基座为例进行多轴定位加工编程演示，如图 5-2 所示，加工材料为直径 100mm 的圆形铝材。

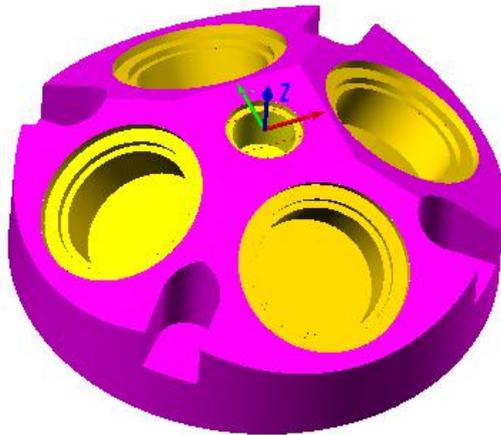


图 5-2 零件图

5.1 多轴定位加工前的准备工作

5.1.1 零件分析，制定加工工艺

5.1.1.1 零件分析

第四十四章 从零件图可看出，此加工零件以平面和孔为主，所以采用平面加工或者固定轴加工效率最高。

第四十五章 零件上大孔与 Z 轴成一角度，加工时需要采用多次装卡或者多轴加工方式才能加工到位。

第四十六章 零件上多处是对称分布，可以只对一面进行编程，其余面加工路径可以使用路径空间变换功能来完成，减少编程时间。

在经过以上分析后，确定采用五轴机床通过多轴定位方式来完成此零件的加工，其中毛坯开粗采用曲面分层环切粗加工、大孔和开口槽的加工采用轮廓加工、平面采用平底刀进行成组平面加工。

5.1.1.2 加工工艺安排

经分析曲面模型，结合零件的加工要求，该零件的加工思路如下（该工件的材料是铝）：

表 5-1 换能器基座加工程序单

| 步骤 | 工序 | 加工方法 | 使用刀具 | 加工余量(mm) |
|----|------------------|---------|-----------|----------|
| 1 | 开粗 | 分层区域粗加工 | 平底刀 D12.0 | 0.15 |
| 2 | 中心平面精加工 | 成组平面加工 | 平底刀 D12.0 | 0.0 |
| 3 | 斜面精加工 | 成组平面加工 | 平底刀 D12.0 | 0.0 |
| 4 | 加工斜面孔位 (最内侧孔) | 轮廓切割 | 平底刀 D12.0 | 0.0 |
| 5 | 加工斜面孔位 (最外侧孔) | 轮廓切割 | 平底刀 D12.0 | 0.0 |
| 6 | 加工斜面孔位 (中间孔) | 轮廓切割 | 平底刀 D12.0 | 0.0 |
| 7 | 中心孔(大) | 轮廓切割 | 平底刀 D8.0 | 0.0 |
| 8 | 中心孔(小) | 轮廓切割 | 平底刀 D8.0 | 0.0 |
| 9 | 加工开口槽 | 轮廓切割 | 平底刀 D8.0 | 0.0 |

5.1.2 编程前模型准备工作

- 1、使用曲面补洞、提取原始面和曲面裁剪等功能进行补面，结果见图 5-3。



图 5-3 曲面补洞

第四十七章 提取加工时使用的曲线。使用曲面（组）边界线、曲面组轮廓线等功能提取加工所需的曲线。图中蓝色曲线即为加工时要使用的轮廓线。

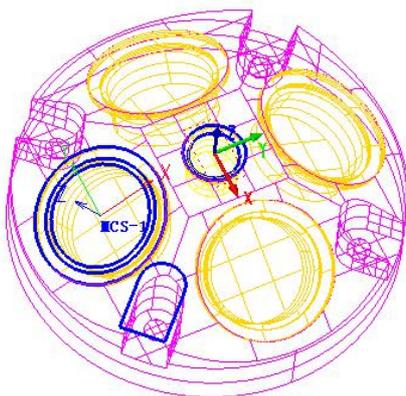


图 5-4 提取加工时使用的曲线

5.1.3 加工前的项目设置

5.1.3.1 机床设置

正确配置机床类型是进行机床模拟、准确计算路径加工时间和正确输出多轴路径的关键。进行机床设置的过程如下：

- 1、切换至 NC 加工模块 ，双击【项目设置】中的【机床设置】选项，弹出机床设置界面



图 5-5 导航工作条

第四十八章 在弹出的【机床设置】对话框中，选中【机床类型】选项，进行机床形状设置，

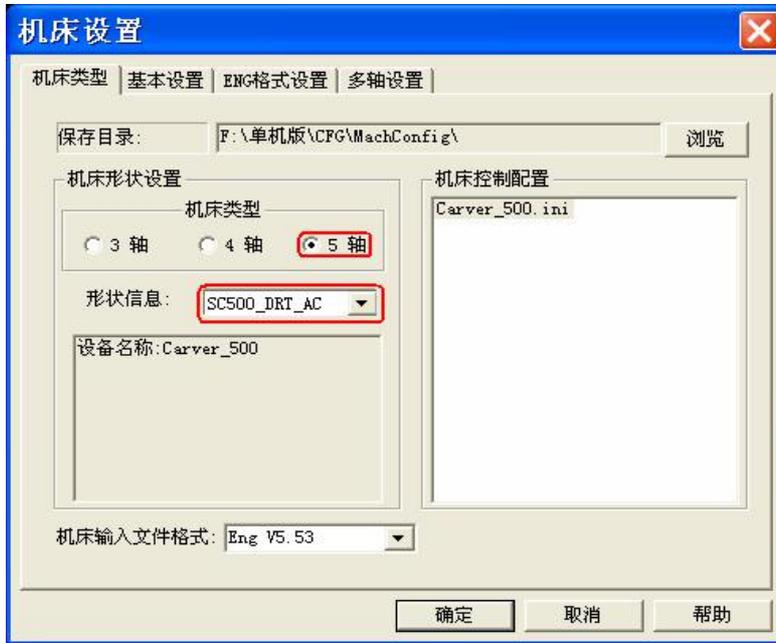


图 5-6 机床形状设置

第四十九章 在弹出的【机床设置】对话框中，选中【多轴设置】选项，进行回转台类型、主动轴、角度行程等设置，如图 5-7 所示



图 5-7 多轴设置

5.1.3.2 建立加工坐标系

在此例中，只要保证新建的加工坐标系的 Z 轴方向垂直加工平面，并且指向刀柄的方向，X、Y 轴方向可随意设置。ES-SurfMill6.0 软件提供了多种坐标系的创建方式，帮助用户快速创建所需要的坐标系。

在本例中我们使用【定义法平面】方法来创建加工坐标系，具体的步骤如下：

- 1、鼠标右键单击【加工项目】—>【加工坐标系】按钮，在弹出的右键菜单中点击【新建】菜单，如图 5-8 所示：

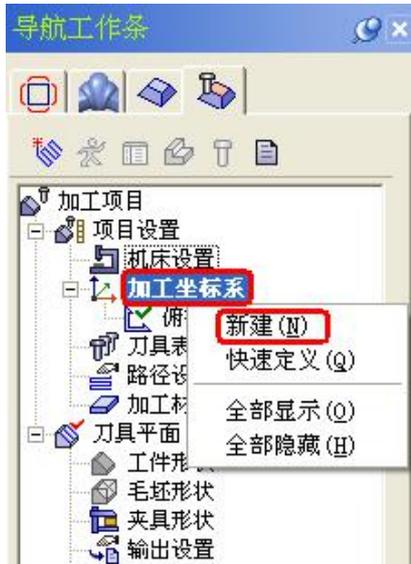


图 5-8 新建坐标系



图 5-9 定义法平面

第五十章此时导航工具栏出现建立坐标系的界面，点击【快速定义工具】→【定义法平面】按钮，如上图 5-9 所示，拾取要在上建立坐标系的平面，再选一点作原点，如果 Z 轴方向与我们想要的相反，可以通过点击【Z 轴方向】右边的按钮来调整方向，就完成了坐标系的建立。

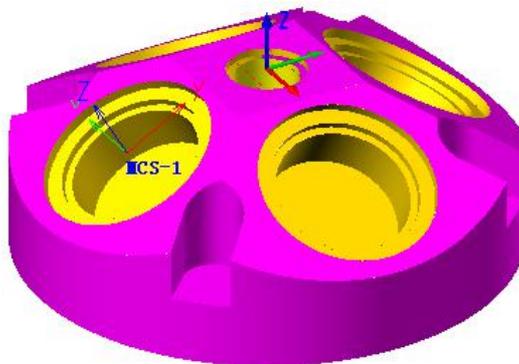


图 5-10 建立的局部坐标系

5.1.3.3 刀具表设置

在刀具表中预先添加加工中所使用的刀具，方便用户在后续生成路径的过程中直接选择相应刀具。刀具用户可以从刀具库中选择，也可以直接在刀具表中添加新的刀具。



图 5-11 添加刀具后的当前刀具表

5.1.3.4 毛坯设置

本例中我们使用的是直径为 100mm 的铝圆棒料，因此使用【柱体】来建立毛坯，毛坯参数设置和效果如图 5-12、5-13 所示：



图 5-12 设置生成毛坯参数

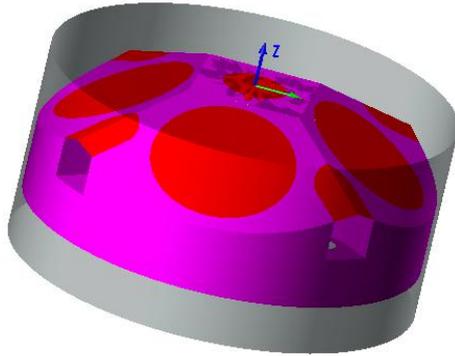


图 5-13 生成的毛坯效果图

5.1.3.5 输出设置

设置路径输出时的输出原点等参数。本例中采用默认值，即当前刀具平面所在的坐标系来输出加工路径。用户可以根据实际加工需要进行修改，方便实际加工。



图 5-14 导航工作条



图 5-15 输出设置

5.2 多轴定位加工流程

在本例的加工流程中我们将学习如下的加工功能：

- 成组平面加工
- 轮廓切割
- 多轴定位加工中局部坐标系的使用
- 路径的空间变换——旋转

5.2.1 毛坯粗加工

- 1、打开原始文件，切换到 NC 加工模块。

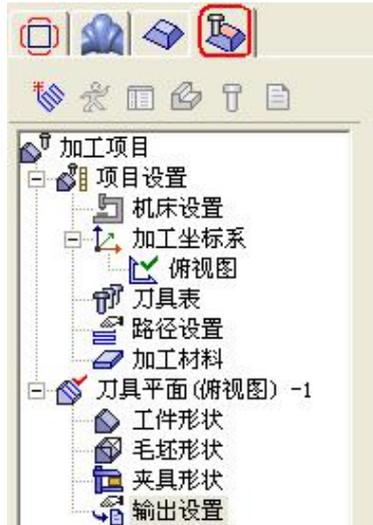


图 5-16 NC 加工模块导航工作条

2、在菜单栏中的【刀具路径】下拉菜单中选择【路径向导】。



图 5-17 选择“路径向导”

第五十一章 在弹出的【选择加工方法】对话框中选择【3 轴加工】中的【分层区域粗加工】，【走刀方式】为环切走刀，【加工余量】为 0.15mm，【加工精度】（即弦高误差）为 0.005。设置完毕后，单击进行刀具设置。



图 5-18 选择加工方法及参数

第五十二章 在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-12.00”，将【走刀参数】设置完毕后，单击按钮，进入【基本加工域】对话框。



图 5-19 选择刀具及走刀参数

第五十三章 在弹出的【基本加工域】对话框中，因暂不加工那些孔及开口槽区域，故而点击【加工面】下的【拾取所有】按钮，全选曲面（包括新补的曲面）。操作完毕，单击确定键，进入【刀具路径参数】对话框。



图 5-20 选择加工域

第五十四章 在弹出的【刀具路径参数】对话框右侧，设置参数值，设置完毕后，点击【计算】按钮。



图 5-21 分层区域粗加工

第五十五章 程序自动生成加工路径。

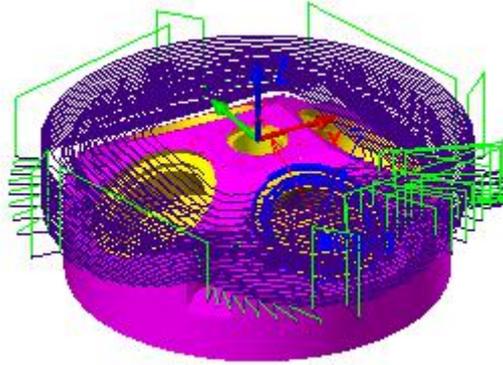


图 5-22 生成路径

5.2.2 中心平面精加工

- 1、启动【路径向导】命令，在【选择加工方法】界面选择【3轴加工】中的【成组平面加工】。方法参数设置为：【走刀方式】为环切走刀，【加工余量】为0，【加工精度】（即弦高误差）为0.002。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 5-23 选择加工方法及参数

第五十六章 在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-12.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入【基本加工域】对话框。（注：此路径只生成一层精加工路径，参数中的【吃刀深度】没有作用，故而不用专门设置这个参数值）



图 5-24 选择刀具及走到参数

第五十七章 在弹出的【基本加工域】对话框，点击【加工面】下的【拾取所有】按钮，全选曲面（包括新补的曲面）。操作完毕，单击确定键，进入【刀具路径参数】对话框。



图 5-25 选择加工域

第五十八章 在弹出的【刀具路径参数】对话框右侧，设置参数值，设置完毕后，点击【计算】按钮。



图 5-26 成组平面加工

第五十九章 程序自动生成加工路径。

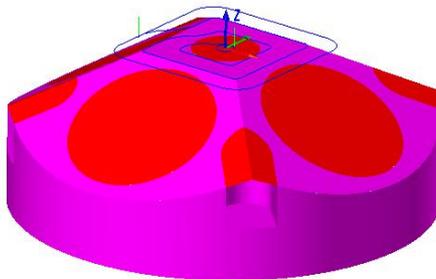


图 5-27 生成路径

5.2.3 斜面精加工

此工序要使用局部坐标系功能。

- 1、启动【路径向导】命令，在【选择加工方法】界面选择【3 轴加工】中的【成组平面加工】。方法参数设置为：【走刀方式】为环切走刀，【加工余量】为 0，【加工精度】（即弦高误差）为 0.002。设置完毕后，单击进入刀具设置。

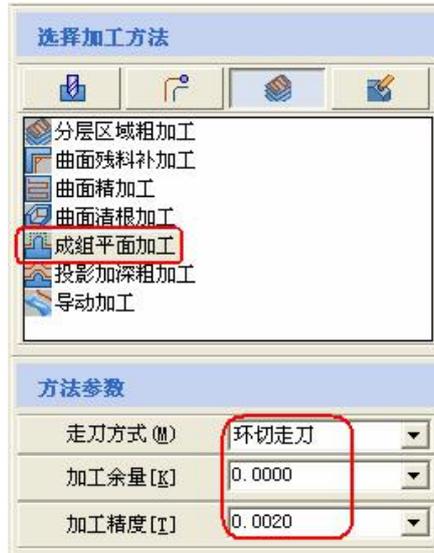


图 5-28 选择加工方法及参数

第六十章在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-12.00”，将【走刀参数】设置完毕后，单击按钮，进入【基本加工域】对话框。（注：此路径只生成一层精加工路径，参数中的【吃刀深度】没有作用，故而不用专门设置这个参数值）



图 5-29 选择刀具及走刀参数

第六十一章 在弹出的【基本加工域】对话框，点击【加工面】按钮，左键选取加工的曲面。操作完毕，单击确定键, 进入【刀具路径参数】对话框。

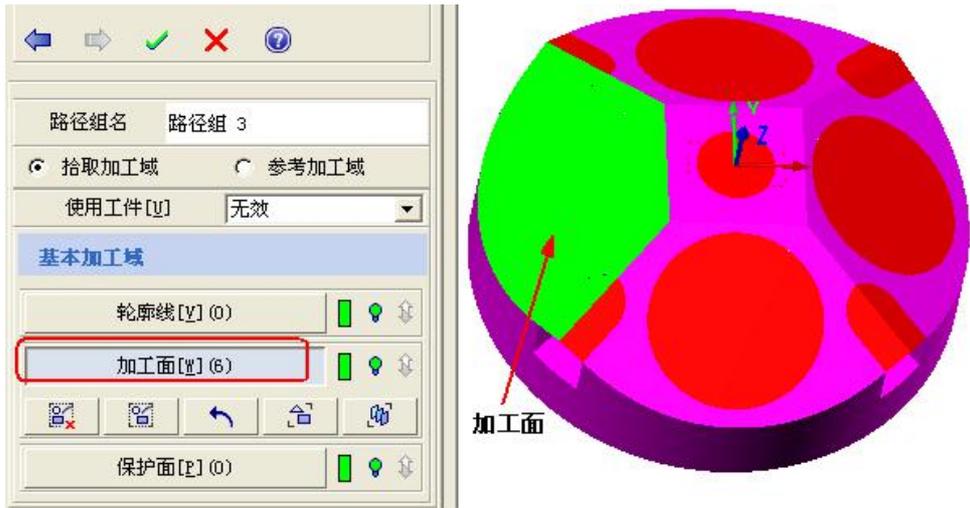


图 5-30 选择加工域

第六十二章 在弹出的【刀具路径参数】对话框右侧，设置参数值。



图 5-31 成组平面加工

第六十三章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【局部坐标系】选项，在对话框右侧的【定义方式】的下拉菜单中选中“MCS-1”。

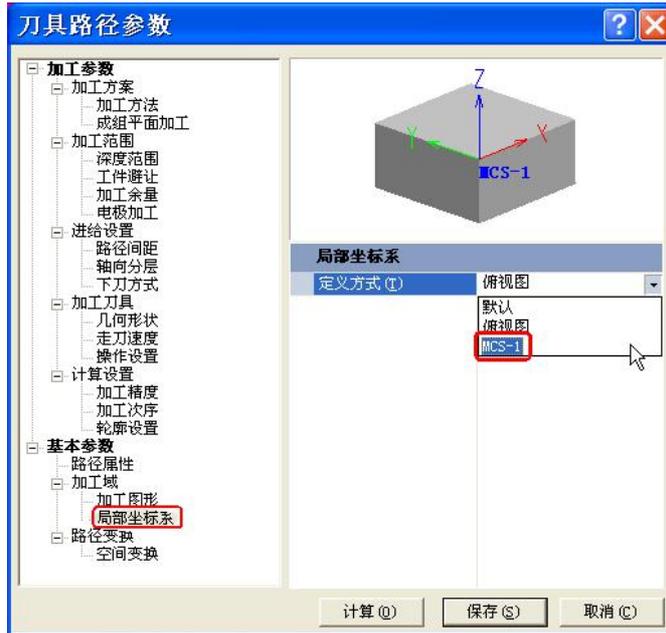


图 5-32 局部坐标系

第六十四章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【空间变换】选项，在对话框右侧的【变换类型】的下拉菜单中选中【旋转】选项。（注：本例中斜面、圆孔、开口槽等属于对称图形，只要计算其中一组路径，通过空间旋转功能就可以得到其它位置的加工路径。）



图 5-33 路径变换

第六十五章 设置【旋转】选项的参数值，【旋转角度】设置为 90，【拷贝路径】状态为选中，【个数】设置为 3。

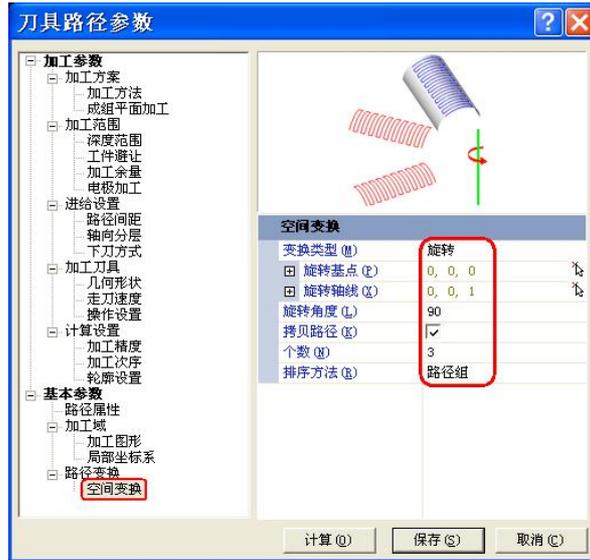


图 5-34 空间变换

第六十六章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【操作设置】选项，在对话框右侧将【安全高度】参数值设定为15mm。设置完毕后，点击【计算】按钮。（注：由于使用了局部坐标系和路径空间旋转功能，为了避免生成的路径之间的快速定位路径碰撞，一定要注意调整安全高度设置。）



图 5-35 操作高度

第六十七章 程序自动生成加工路径。

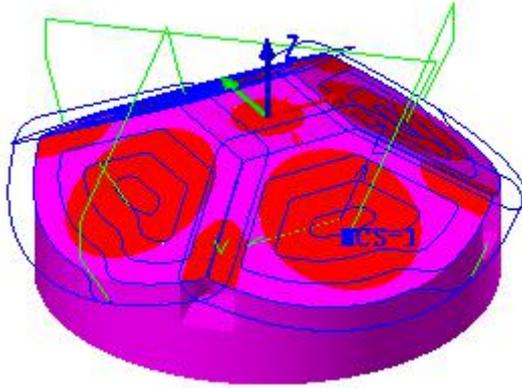


图 5-36 生成路径

5.2.4 加工斜面孔位（最内侧孔）

- 1、启动【路径向导】命令，在【选择加工方法】界面选择【2.5 轴加工组】中的【轮廓切割】。方法参数设置为：【半径补偿】为向内偏移，【加工深度】为 13.5，【加工余量】为 0，【加工精度】为 0.001。设置完毕后，单击  进入刀具设置。



图 5-37 选择加工方法及参数

第六十八章 在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-12.00”，将走刀参数设置完毕后，单击  按钮，进入【基本加工域】对话框。



图 5-38 选择刀具及走刀参数

第六十九章 在弹出的【基本加工域】对话框，点击【轮廓线】按钮，左键选取加工轮廓线。操作完毕，单击确定键, 进入【刀具路径参数】对话框。



图 5-39 选择加工域

第七十章在【刀具路径参数】对话框左侧选中【轴向分层】选项，将对话框右侧的【分层方式】设置为【关闭】。



图 5-40 轴向分层

第七十一章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【侧向分层】选项，在对话框右侧设置参数值。

(注：在加工最内侧孔时，为了减少刀具受力以及留残料，所以使用了侧向分层加工方式。)

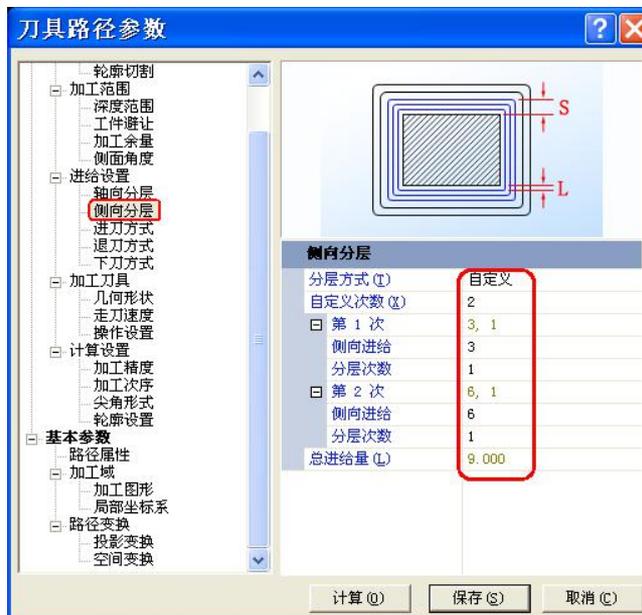


图 5-41 侧向分层设置

第七十二章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【下刀方式】选项，在对话框右侧设置参数值，【下刀方式】为沿轮廓下刀，其它参数值见图 5-42。



图 5-42 下刀设置

第七十三章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【局部坐标系】选项，在对话框右侧的【定义方式】的下拉菜单中选中“MCS-1”。

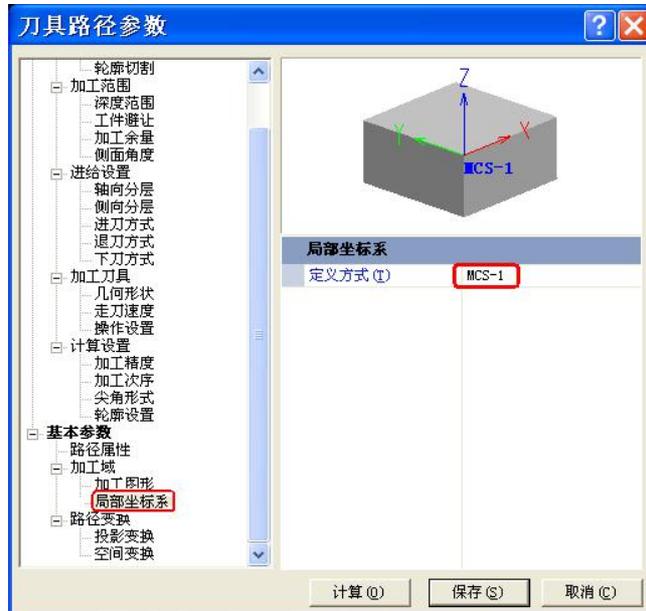


图 5-43 局部坐标系设置

第七十四章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【空间变换】选项，在对话框右侧的【变换类型】的下拉菜单中选中【旋转】选项。设置【旋转】选项的参数值，【旋转角度】设置为90，【拷贝路径】状态为选中，【个数】设置为3。

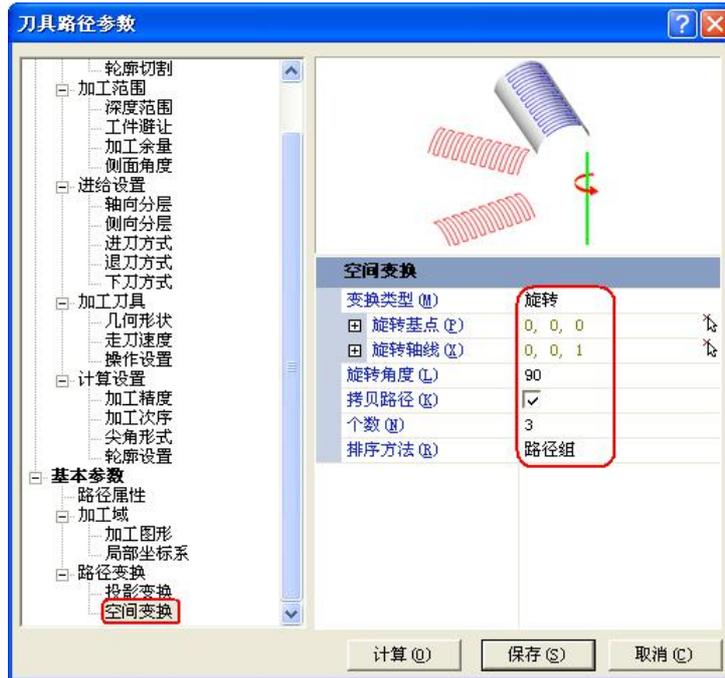


图 5-44 空间变换

第七十五章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【操作设置】选项，在对话框右侧将【安全高度】参数值设定为 15mm。设置完毕后，点击【计算】按钮。



图 5-45 操作设置

第七十六章 程序自动生成加工路径。

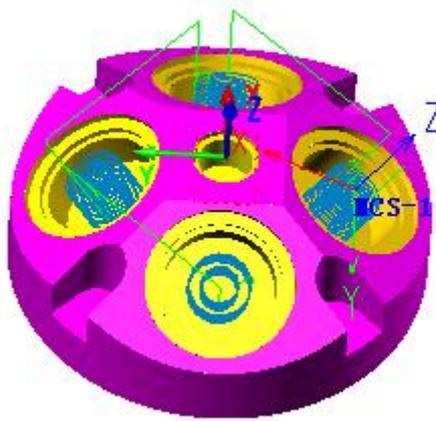


图 5-46 生成路径

5.2.5 加工斜面孔位（最外侧孔）

此工序生成路径步骤与 5.2.4 一样，唯一不同的地方是加工深度、加工域和侧向分层。故而这里只说明加工深度、加工域和侧向分层参数，参数设置流程请参考 5.2.4。

1、【加工深度】设置。



图 5-47 选择加工方法及参数

第七十七章 【加工域】选择。



图 5-48 选择加工域

第七十八章 【侧向分层】参数设置。在【刀具路径参数】对话框左侧选中【侧向分层】选项，在对话框右侧将【分层方式】关闭。

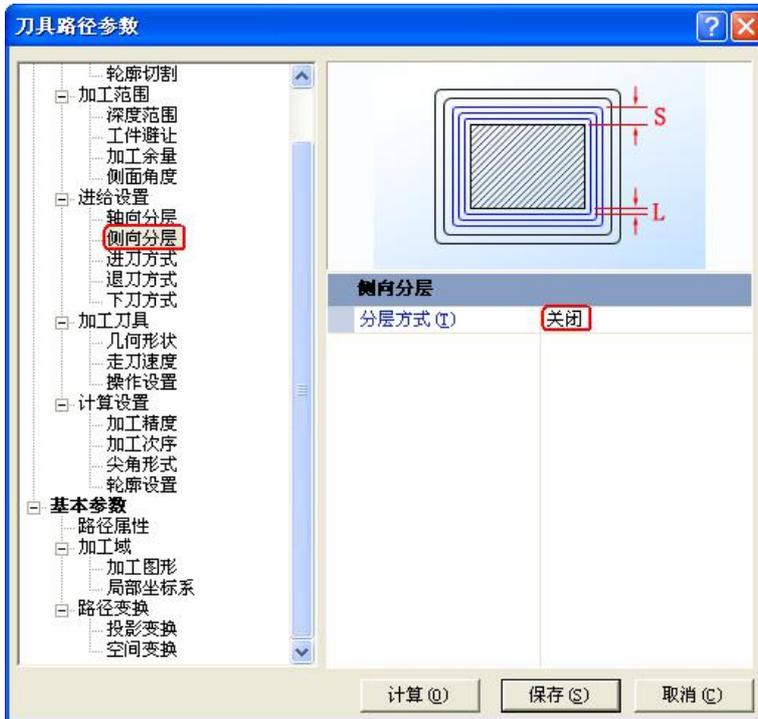


图 5-49 侧向分层设置

第七十九章 程序计算的加工路径。

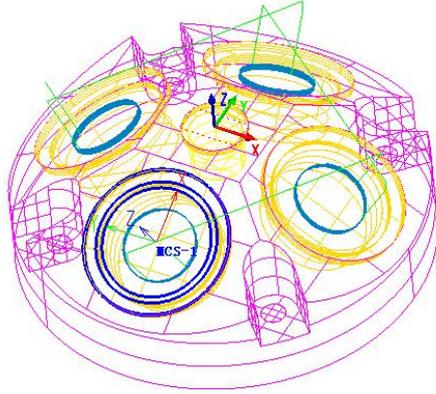


图 5-50 生成路径

5.2.6 加工斜面孔位（中间孔）

此工序生成路径步骤与 5.2.5 一样，唯一不同的地方是加工深度和加工域。故而这里只说明加工深度和加工域参数，参数设置流程请参考 5.2.5。

1、【加工深度】设置。



图 5-51 选择加工方法及参数

第八十章 【加工域】选择。



图 5-52 选择加工域

第八十一章 程序计算的加工路径。

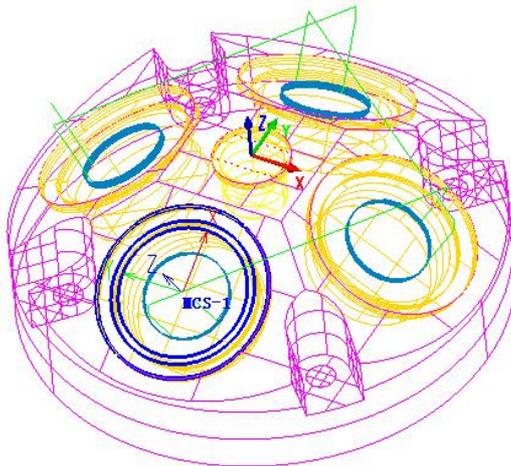


图 5-53 生成路径

5.2.7 中心孔（大）

- 1、启动【路径向导】命令，在【选择加工方法】界面选择【2.5 轴加工组】中的【轮廓切割】。方法参数设置为：【半径补偿】为向内偏移，【加工深度】为 1.5，【加工余量】为 0，【加工精度】为 0.001。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 5-54 选择加工方法及参数

第八十二章 在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-8.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入【基本加工域】对话框。



图 5-55 选择刀具及走刀参数

第八十三章 在弹出的【基本加工域】对话框，点击【轮廓线】按钮，左键选取加工轮廓线。操作完毕，单击确定键, 进入【刀具路径参数】对话框。

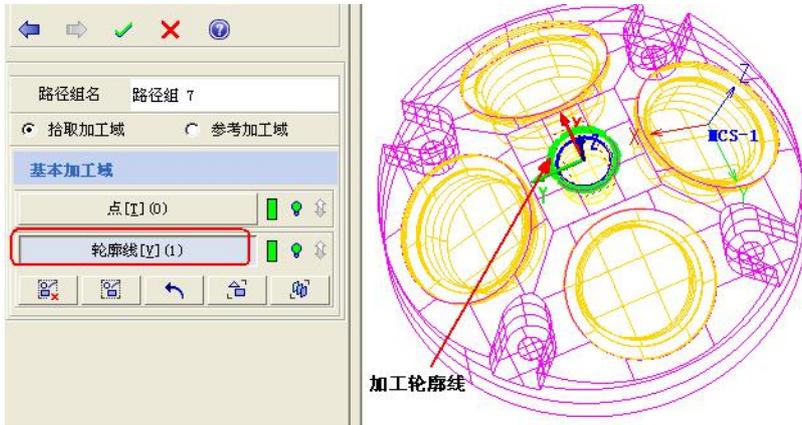


图 5-56 选择加工域

第八十四章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【轴向分层】选项，将对话框右侧的【分层方式】设置为【关闭】。（注：为了保证加工的连续性，本例中关闭了轴向分层，采用了沿轮廓下刀方式，生成螺旋加工路径。）

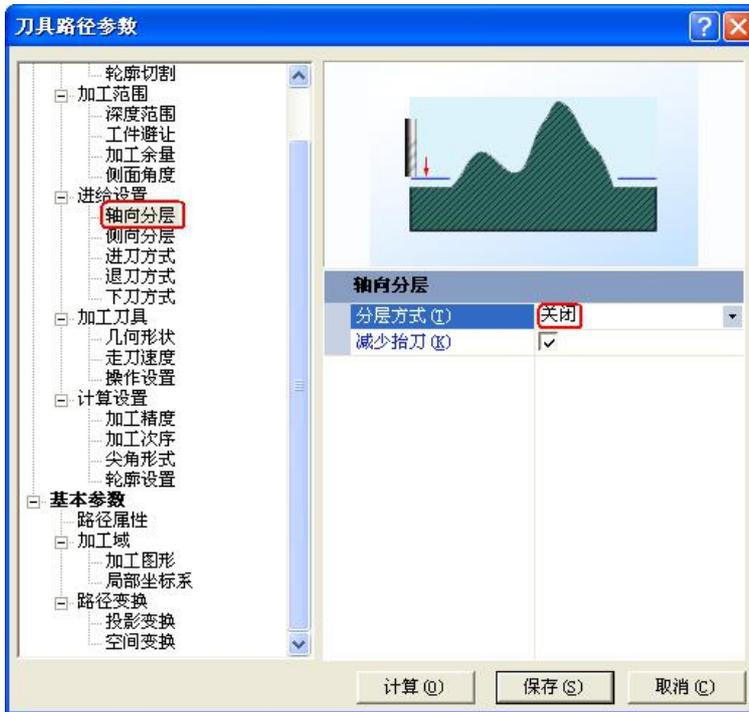


图 5-57 轴向分层

第八十五章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【下刀方式】选项，在对话框右侧设置参数值，【下刀方式】为沿轮廓下刀，其它参数值见图 5-58。设置完毕后，点击【计算】按钮。



图 5-58 下刀设置

6、程序自动生成加工路径。

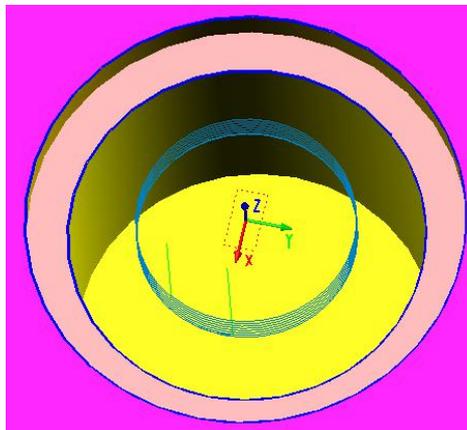


图 5-59 生成路径

5.2.8 中心孔（小）

此工序生成路径步骤与 5.2.7 一样，唯一不同的地方是加工深度和加工域。故而这里只说明加工深度和加工域参数，参数设置流程请参考 5.2.7。

1、【加工深度】设置。



图 5-60 选择加工方法及参数

第八十六章 【加工域】选择。

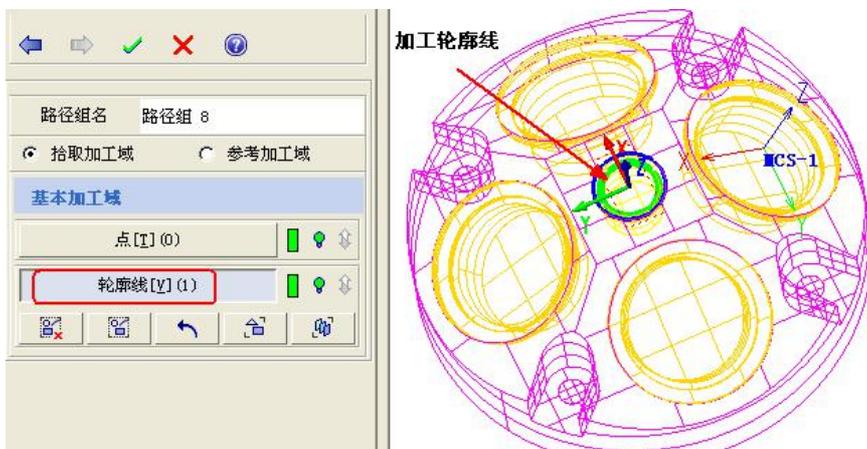


图 5-61 选择加工域

第八十七章 程序生成的路径。

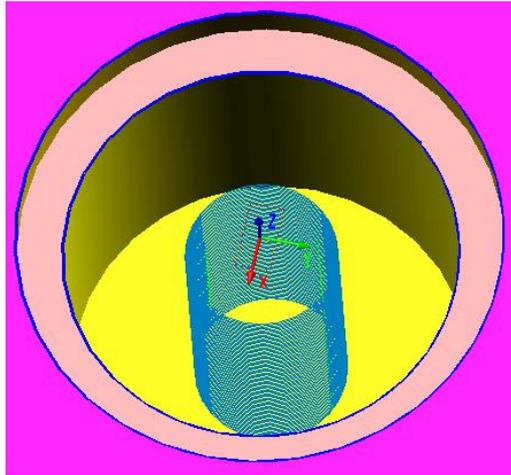


图 5-62 生成路径

5.2.9 加工开口槽

- 1、启动【路径向导】命令，在【选择加工方法】界面选择【2.5 轴加工组】中的【轮廓切割】。方法参数设置为：【半径补偿】为向内偏移，【表面高度】为-6，【加工深度】为 19，【加工余量】为 0，【加工精度】为 0.001。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 5-63 选择加工方法及参数

第八十八章 在弹出的【选择刀具】对话框中，鼠标左键点选“[平底]JD-8.00”，将走刀参数设置完毕后，单击按钮，进入【基本加工域】对话框。



图 5-64 选择刀具及走刀参数

第八十九章 在弹出的【基本加工域】对话框，点击【轮廓线】按钮，左键选取加工轮廓线。操作完毕，单击确定键, 进入【刀具路径参数】对话框。



图 5-65 选择加工域

第九十章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【下刀方式】选项，在对话框右侧设置参数值，【下刀方式】为沿轮廓下刀，其它参数值见图 5-66。



图 5-66 下刀设置

第九十一章 在【刀具路径参数】对话框左侧选中【空间变换】选项，在对话框右侧的【变换类型】的下拉菜单中选中【旋转】选项。设置【旋转】选项的参数值，【旋转角度】设置为90，【拷贝路径】状态为选中，【个数】设置为3。设置完毕后，点击【计算】按钮。

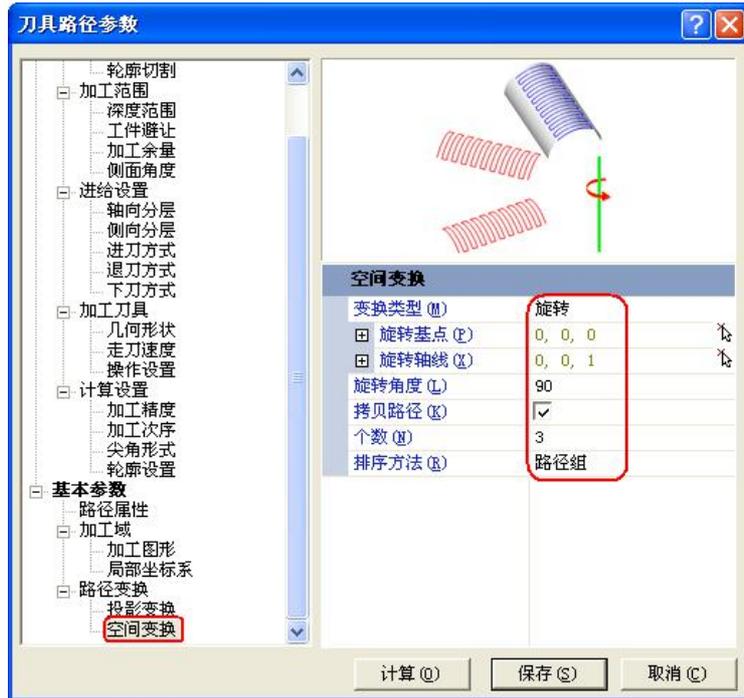


图 5-67 空间变换

第九十二章 程序自动生成加工路径。

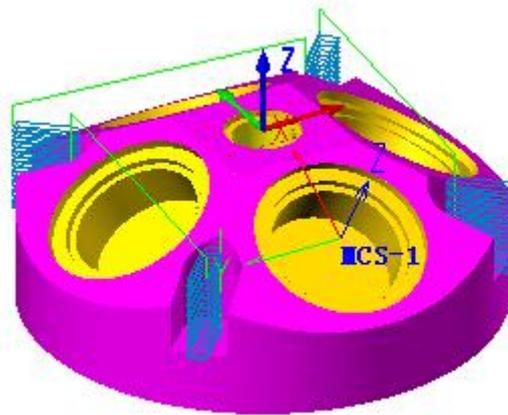


图 5-68 生成路径

5.2.10 加工过程分析

ES-SurfMill6.0 软件提供了丰富的路径分析功能：【加工过程实体模拟】、【加工过程线框模拟】、【机床模拟】、【过切检查】以及【碰撞检查】功能，方便用户及时发现路径中的问题。

本例中使用了多轴定位加工策略，输出路径之前必须经过加工过程检查，避免刀具及刀柄和工件发生碰撞产生干涉等问题。

相关功能详细操作说明请阅读 ES-SurfMill6.0 联机帮助文档，这里不做详细说明。

5.2.11 输出加工路径

经过对上述路径的加工过程检查，没有发现任何问题，我们即可将生成的加工路径按照加工机床支持的路径格式输出，在机床上完成加工即可。

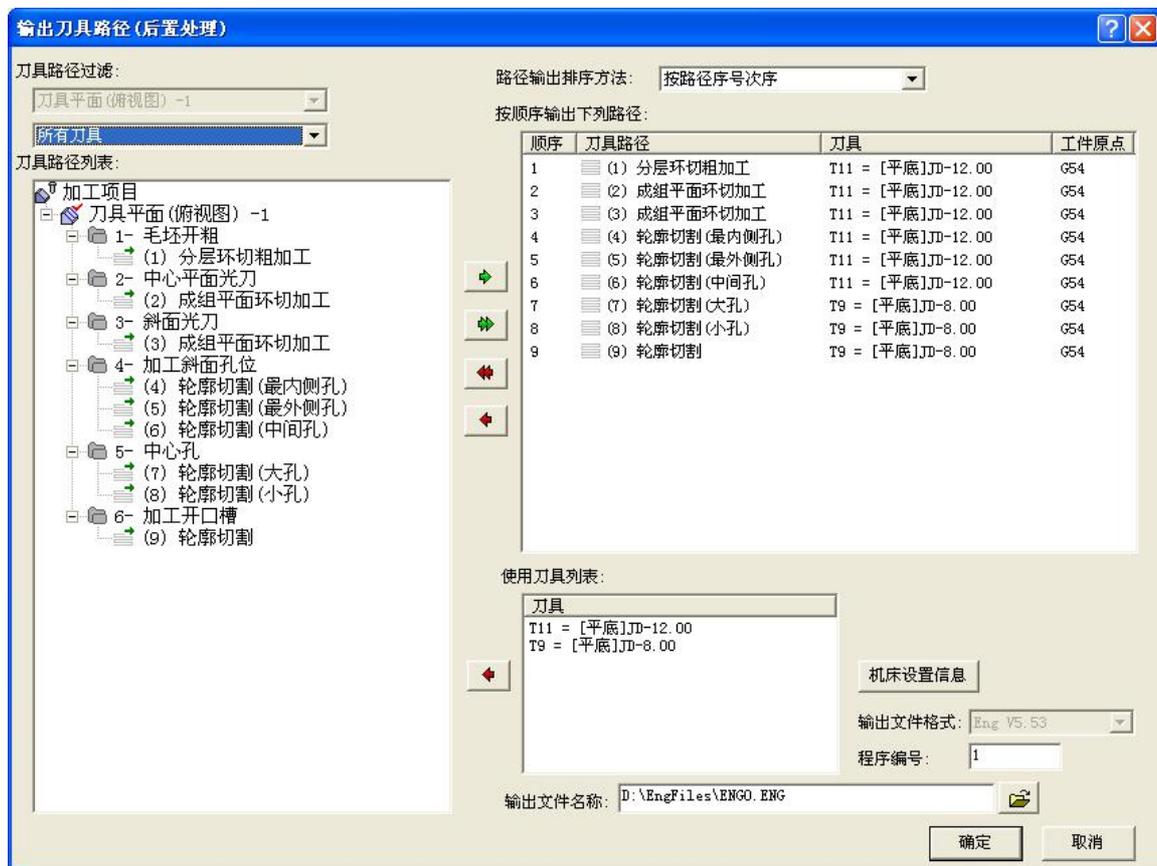


图 5-69 刀具路径输出后置处理

第六章 多轴联动加工实例

多轴联动加工指机床在进行工件的实际切削过程中，至少有一个旋转轴同时参与机床的 X、Y 及 Z 轴的运动。典型的例子如叶轮的加工，刀具在进行切削的过程中，刀具的轴向将随着刀具的移动而改变。

ES-SurfMill6.0 软件提供了多种多轴联动加工策略，如下图所示：

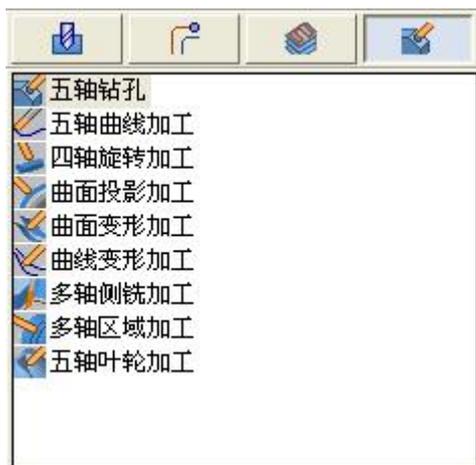


图 6-1 多轴联动加工策略

其中曲面投影加工最具有代表性，下面以龙口瓶盖模型为例，使用曲面投影加工功能进行五轴联动加工说明。

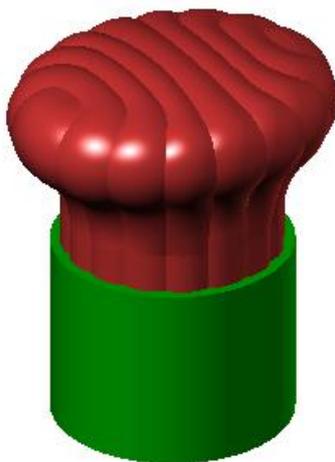


图 6-2 龙口瓶盖模型

6.1 多轴联动加工前的准备工作

加工前的准备工作主要分为：

- 进行模型分析，制定加工工艺
- 编程前的准备工作
- 加工项目设置

6.1.1 进行模型分析，制定加工工艺

6.1.1.1 曲面模型尺寸信息

使用鼠标左键框选全部曲面模型，在软件窗口右侧的“对象属性”对话框（系统默认在软件窗口右侧显示）可以了解曲面模型的坐标范围、模型尺寸、模型中心点等信息。

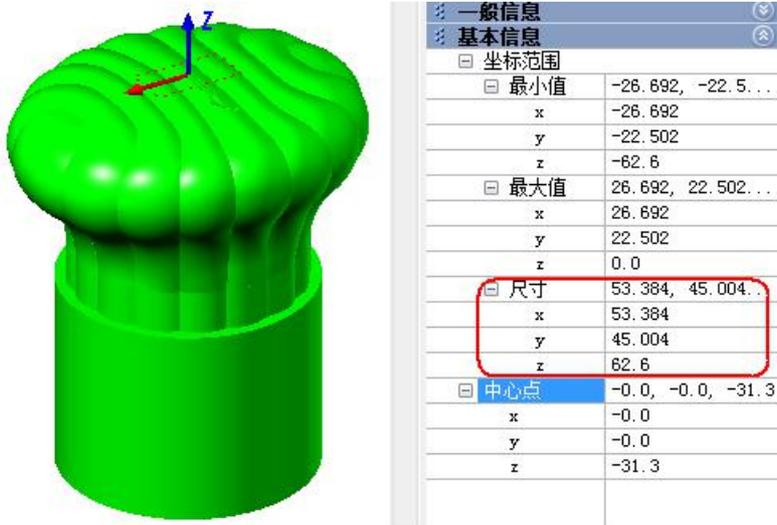


图 6-3 模型尺寸信息

6.1.1.2 工艺分析

查看曲面模型，发现图形在如图所示位置存在大角度负角，为了保证加工到位，必须采用五轴联动或 3+2 定位加工的方式进行。

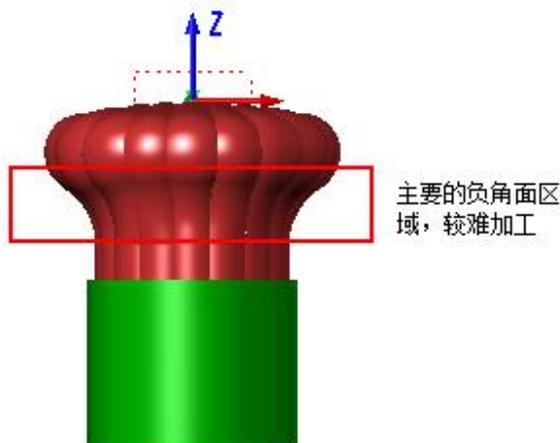


图 6-4 负角面区域

加工模型如图 6-2 所示，加工要求是表面光滑，无衔接痕迹。加工材料为直径 60mm 的铝合

金圆柱，加工机床采用 SMARTCNC500-DRT 型号。

加工工艺如下：

- 1、为了提高加工效率，在满足加工要求的前提下，能用三轴加工或 3+2 定位加工，那么一定要用三轴加工；能用四轴加工就不用五轴。因此决定采用 3+2 定位加工的方式进行毛坯开粗。
- 2、由于表面光洁度要求高，无刀纹衔接痕迹，因此在半精加工及精加工中采用五轴曲面投影精加工方式。

6.1.1.3 工艺安排

按照工艺分析，制定的龙口瓶盖加工流程如下：

表 6-1 龙口瓶盖加工程序单

| 步骤 | 工序 | 加工方法 | 使用刀具 | 加工余量 (mm) | |
|----|------|---------------|----------|-----------|------|
| | | | | 侧面余量 | 底面余量 |
| 1 | 开粗 | 分层区域粗加工（多轴定位） | 平底刀 D6 | 0.15 | 0.15 |
| 2 | 半精加工 | 曲面投影精加工（五轴） | 球头刀 D6R3 | 0.06 | 0.06 |
| 3 | 精加工 | 曲面投影精加工（五轴） | 球头刀 D4R2 | 0 | 0 |

6.1.2 编程前模型准备工作

- 1、将加工图形进行顶部聚中，(0, 0, 0) 点成为图形的最高点和中心点。

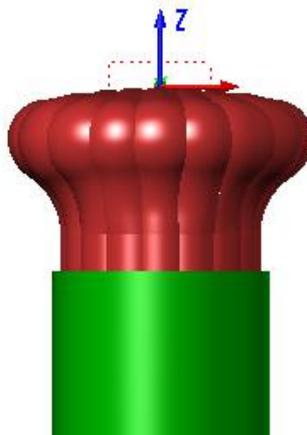


图 6-5 图形顶部聚中

- 2、绘制曲面投影加工使用的导动面。导动面做法比较灵活，下面以蒙皮面的做法生成了本例中的导动面，具体步骤如下：

- a) 首先在前视图下绘制截面线。使用样条线绘制一条形状与工件截面大致接近的样条线，并使用【曲线编修】调整控制点，使得曲线尽量光滑，与Z轴的交点最好与水平方向相切，如图6-6。由于工件是左右对称的，可以镜像得到另一条曲线。如图6-7。

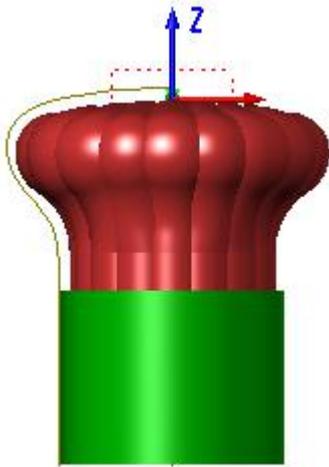


图 6-6 绘制截面线

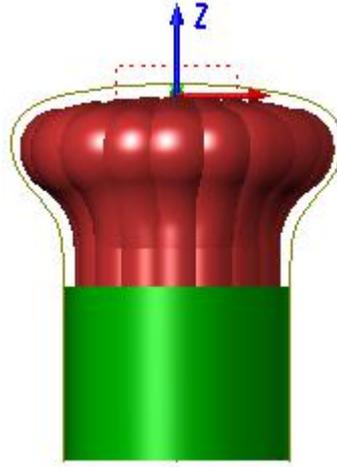


图 6-7 镜像截面线

- b) 使用相同方法绘制右视图下的两条截面线。如图6-8。

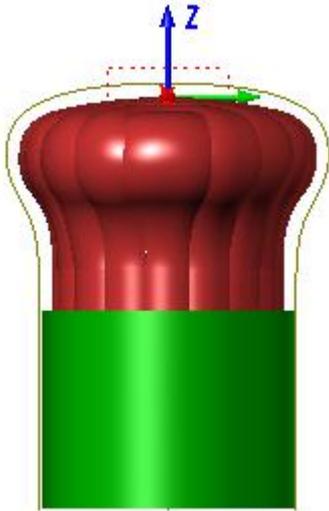


图 6-8 绘制截面线

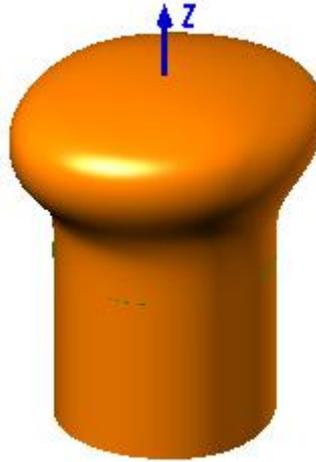


图 6-9 生成导动面

- c) 使用【单向蒙皮】（选中闭合曲面选项）生成导动面。如图6-9。
- d) 检查并调整导动面的法向和流线方向。生成导动面后要注意使用【变换】中的【方向和起点】查看并调整导动面的法向及流线方向。（导动面的法向必须指向待加工的一侧）如图6-10。

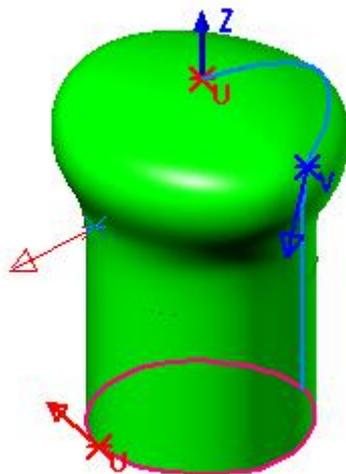


图 6-10 导动面的法向和流线方向调整

第九十三章 在工件底部增加保护面避免在加工过程中发生干涉或碰撞，如图 6-11 所示：

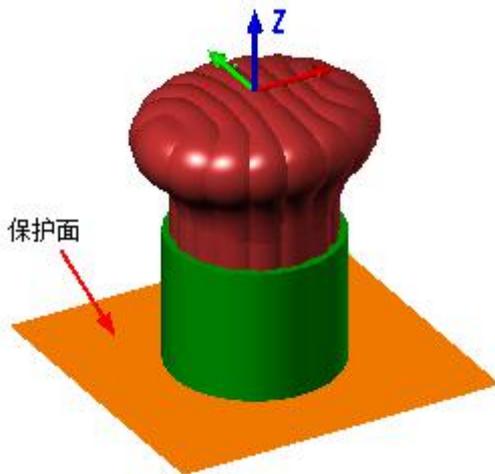


图 6-11 增加保护面

6.1.3 加工项目的设置

- 1、正确配置机床类型是进行机床模拟、准确计算路径加工时间和正确输出多轴路径的关键。进行机床设置的过程如下：
 - a) 双击【项目设置】→【机床设置】项，在弹出机床设置界面；
 - b) 在机床类型界面进行机床形状设置，如图 6-12 所示

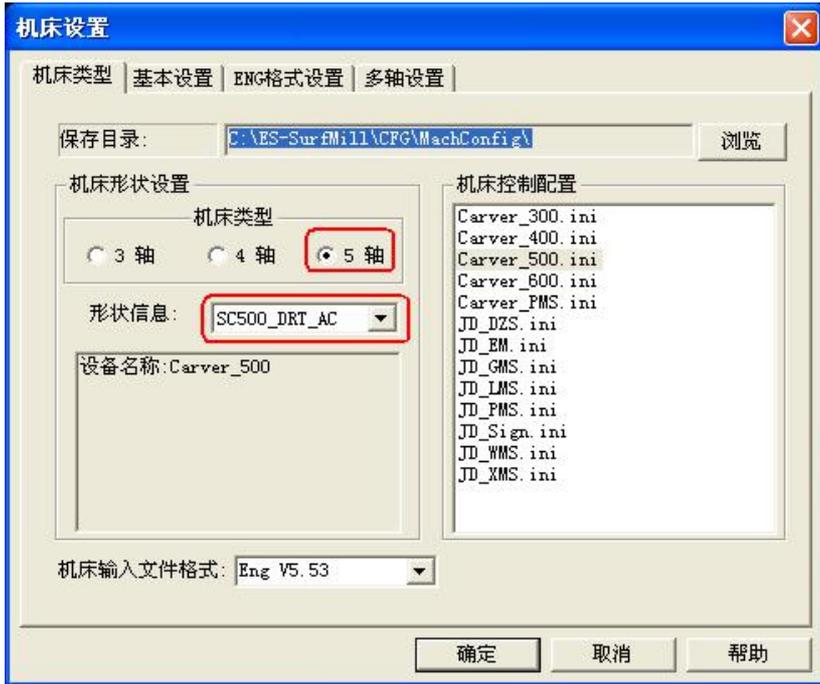


图 6-12 机床形状设置

c) 在多轴设置界面，进行回转台类型、主动轴、角度行程等设置，如图 6-13 所示

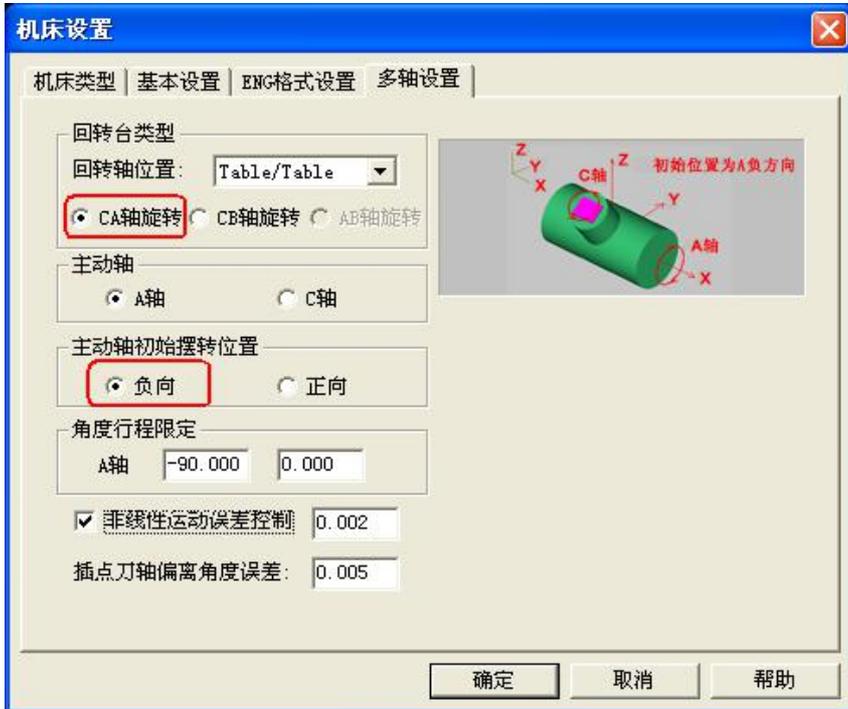


图 6-13 多轴设置

第九十四章 建立加工中需要用到的坐标系。添加前后两个视图的坐标系，用于进行三轴定位粗加工。

添加坐标系的步骤如下：

- a) 双击【加工坐标系】，如下图所示，弹出加工坐标系窗口：



图 6-14 导航工作条

- b) 在加工坐标系窗口，点击【添加】按钮，弹出参考坐标系对话框：

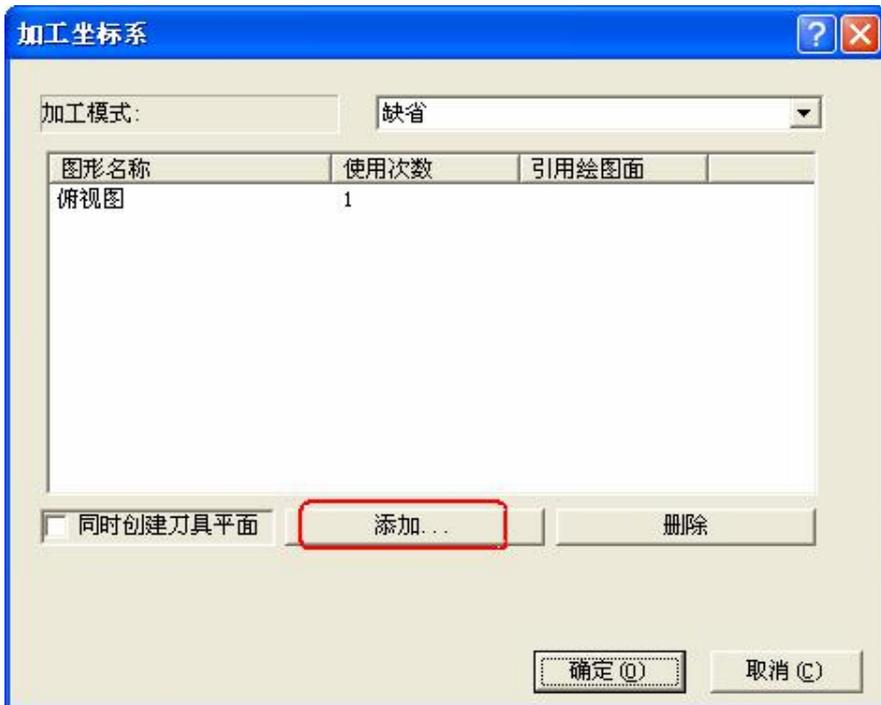


图 6-15 加工坐标系对话框

- c) 在参考坐标系对话框，在列表框中选择【前视图】，点击【确定】，将前视图添加到加工坐标系，如下图所示：



图 6-16 参考坐标系对话框



图 6-17 添加前视图

d) 同理添加【后视图】到加工坐标系，如下图所示：



图 6-18 导航工作条

第九十五章 在刀具表中建立加工刀具。

根据工艺安排添加如下图所示的刀具，在添加刀具的过程中，为方便后续进行干涉检查，得到刀具的具体避空及有效长度，请根据刀具实际情况设置【刀杆信息】及【刀柄参数】。



图 6-19 当前刀具表

第九十六章 设置工件形状，方便对生成的路径进行过切和干涉检查。



图 6-20 工件设置

第九十七章 设置毛坯形状, 由于实际毛坯我们使用的是圆棒料, 所以这里选择毛坯类型为圆柱, 如下图所示:



图 6-21 毛坯设置

第九十八章 进行路径输出设置。当前默认设置以当前刀具平面所在的坐标系为输出坐标系，输出加工路径。用户可以根据实际加工需要进行修改，方便实际加工。



图 6-22 导航工作条



图 6-23 输出设置

6.2 多轴联动编程流程

在以“龙口瓶盖”为例的多轴联动加工流程分为以下几个步骤：



图 6-24 加工步骤

在本例的加工流程中我们将学习如下的加工功能：

- 曲面分层粗加工
- 多轴曲面投影加工策略
- 多轴定位加工中局部坐标系的使用

6.2.1 前视图粗加工

1、点击导航工具栏中 NC 环境按钮，切换至加工环境：



图 6-25 切换至 NC 加工模块

2、点击菜单中的【刀具路径】→【路径向导】项，启动路径向导命令。



图 6-26 选择“路径向导”

第九十九章 在弹出的【选择加工方法】对话框中选择【3 轴加工】中的【分层区域粗加工】，【走刀方式】为环切走刀，【加工余量】为 0.15mm，【加工精度】（即弦高误差）为 0.005。设置完毕后，单击进行刀具设置。



图 6-27 选择加工方法及参数

第百章 在弹出的【选择刀具】界面，选择[平底]JD-6.0，然后设置走刀参数，设置完毕后，单击, 进入到【基本加工域】对话框。



图 6-28 选择刀具及走刀参数

第百二章在弹出的【基本加工域】对话框中，点击【加工面】下的【拾取所有】按钮，将曲面模型全选为加工域，然后点击确定按钮，进入【刀具路径参数】对话框。

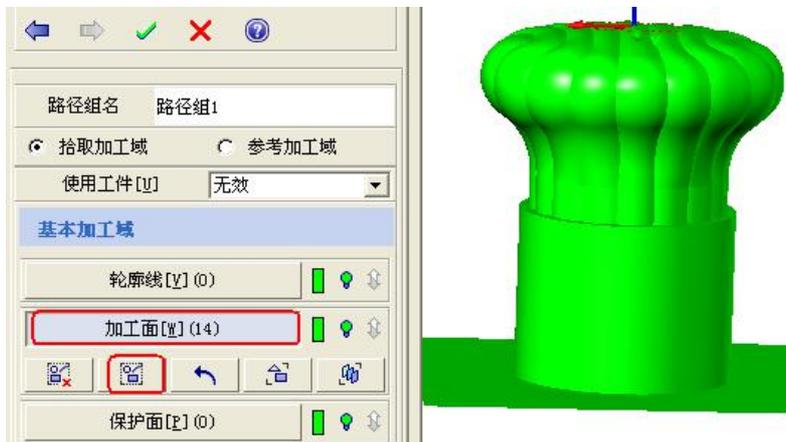


图 6-29 选择加工域

第百二章在第四步中设置的【路径间距】为 3mm，大于等于刀具直径的 50%，所以在参数中我们一定要选中【环切并清角】、【光滑路径】选项，以避免加工路径因路径间距过大而留下残料，并且光顺了路径，提高了加工的流畅性。



图 6-30 分层区域粗加工

第百三章为了保证前后视图加工路径之间衔接的顺利，【深度范围】设置如下：

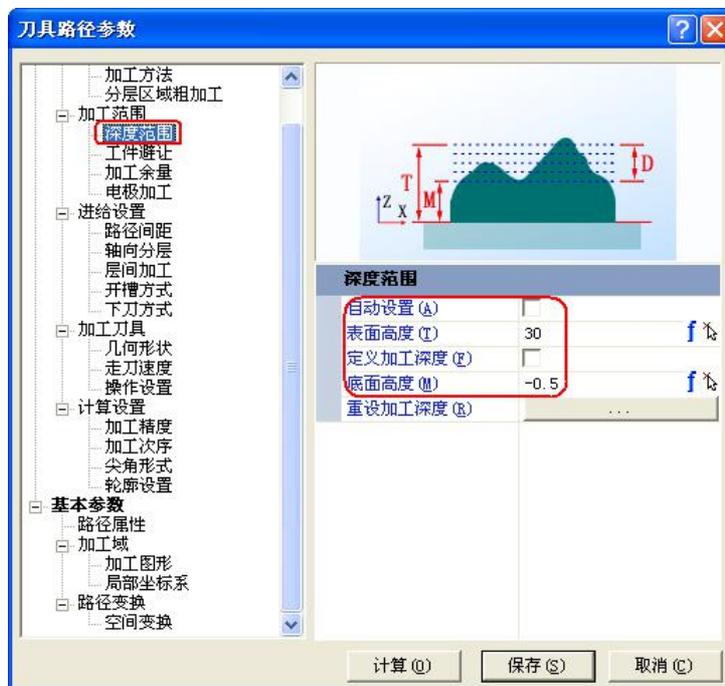


图 6-31 深度范围

第百四章前视图粗加工中【局部坐标系】设置如下：

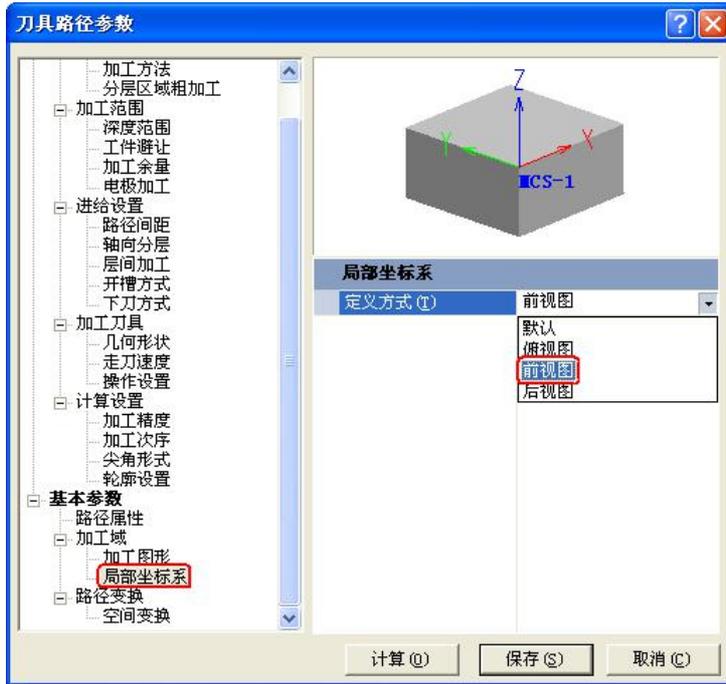


图 6-32 局部坐标系

第百五章其余参数采用默认设置，点击计算生成粗加工路径。

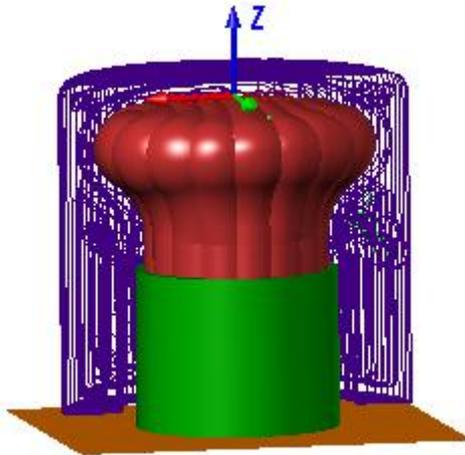


图 6-33 生成前视图路径

6.2.2 后视图粗加工

后视图粗加工路径生成过程和前视图加工路径流程一样，参数设置也大致相同，主要的区别在于局部坐标系的选择，后视图粗加工局部坐标系设置如下图所示：

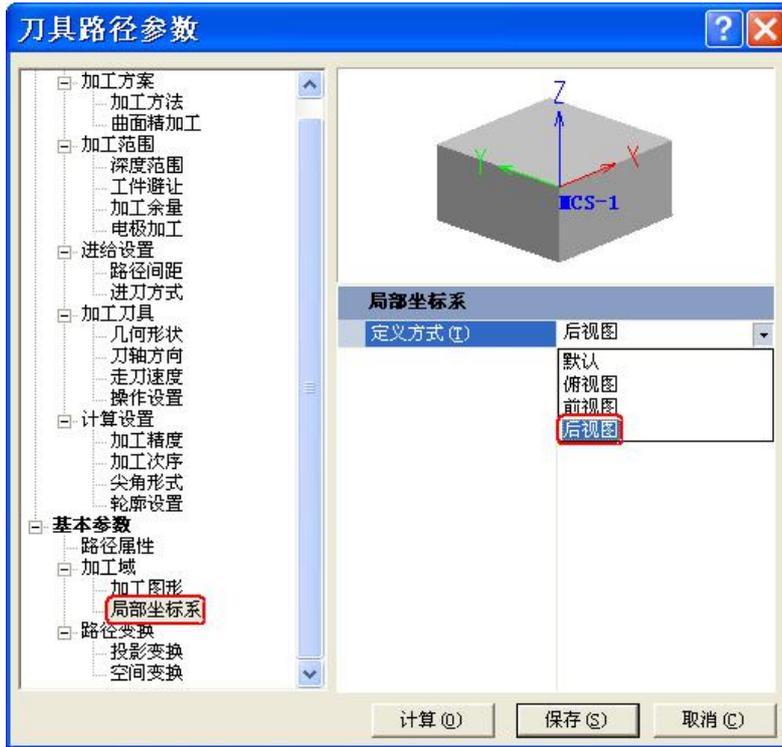


图 6-34 局部坐标系

生成的后视图粗加工路径如下图所示：

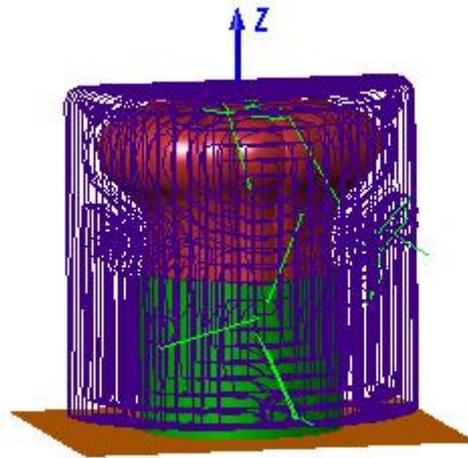


图 6-35 生成后视图路径

6.2.3 半精加工-曲面投影加工

半精加工是对曲面精加工方法的一种灵活运用，通过该方式再次对工件表面的余量进行二次处理，使得工件的表面余量更加均匀，有利于精加工过程中刀具受力均匀，减少刀具磨损，提高

工件的加工质量及光洁度。

本例经过前面毛坯开粗加工，留下的残料不是很均匀，为了得到高质量的加工效果，本例增加了半精加工过程，该半精加工采用曲面投影加工方式。

曲面投影加工是根据导动面的 U/V 流线方向生成初始投影路径，根据设置的刀轴控制方式生成刀轴，然后按照一定的投影方向，将初始路径投影到加工面生成加工路径的一种加工方式。导动面原理示意图如下：

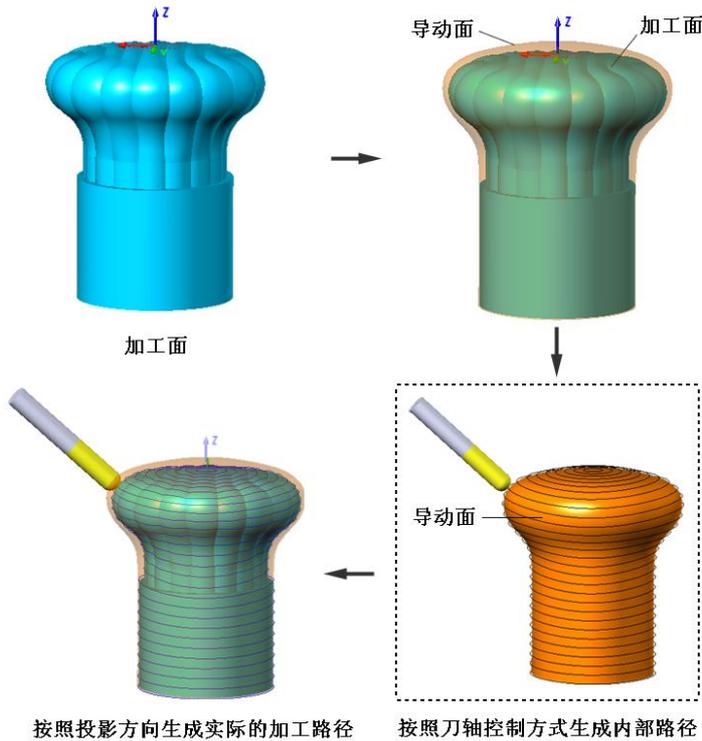


图 6-36 导动面原理

- 1、启动【路径向导】功能，在弹出的【选择加工方法】界面，选择多轴加工组中的【曲面投影加工】，参数设置如下图所示。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 6-37 选择加工方法及参数

第百六章在弹出的【选择刀具】界面，选择[球头]JD-6.0，然后设置走刀参数如下图所示。设置完毕后，单击，进入【加工域】设置界面。

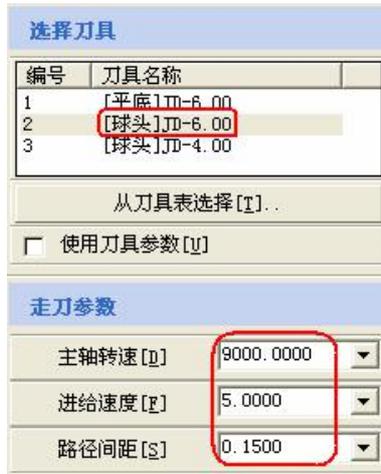


图 6-38 选择刀具及走刀参数

第百七章在【基本加工域】中，将工件曲面选为加工面，将绘制的保护面选为保护面，同时将准备工作中绘制的导动面选择到辅助加工域中，如下图所示：

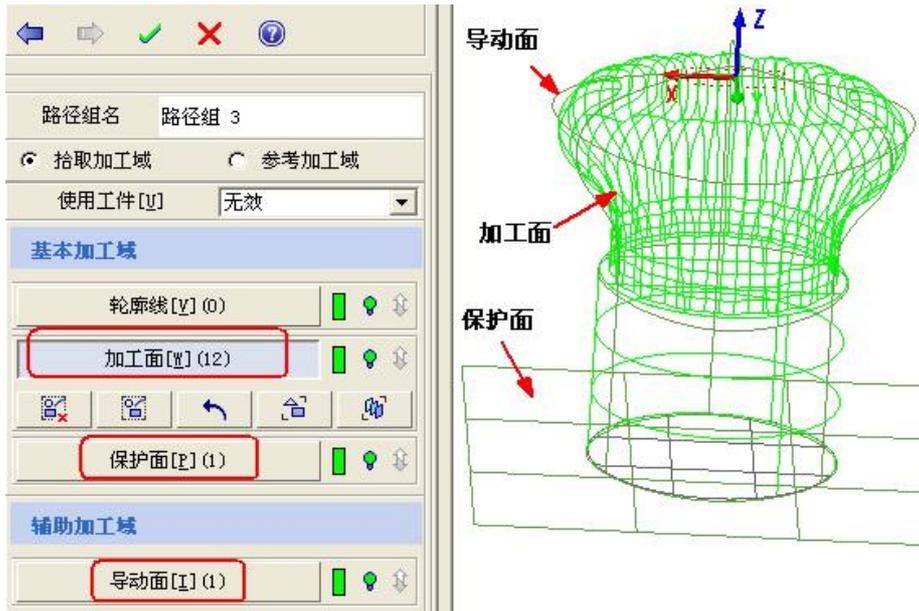


图 6-39 选择加工域

然后点击确定按钮，进入【刀具路径参数】对话框。

第八章设置曲面投影加工的相关参数，如下图所示：



图 6-40 曲面投影加工

第九章根据工件特点，刀轴方向采用【与指定轴成一定角度】的方式，具体设置如下图所示：



图 6-41 刀轴方向设置

第一百十章其余参数采用默认设置，点击计算生成曲面投影半精加工路径。

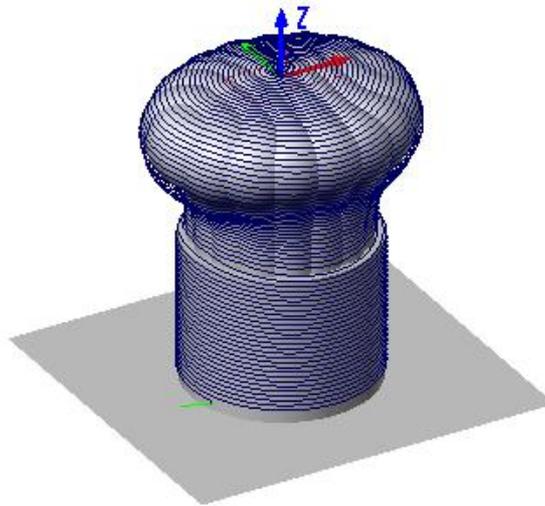


图 6-42 生成路径

6.2.4 精加工-曲面投影加工

- 1、启动【路径向导】功能，在弹出的【选择加工方法】界面，选择多轴加工组中的【曲面投影加工】，参数设置如下图所示。设置完毕后，单击进入刀具设置。



图 6-43 选择加工方法及参数

第百十一章 在弹出的【选择刀具】界面，选择[球头]JD-4.0，然后设置走刀参数如下图所示。设置完毕后，单击，进入【加工域】设置界面。

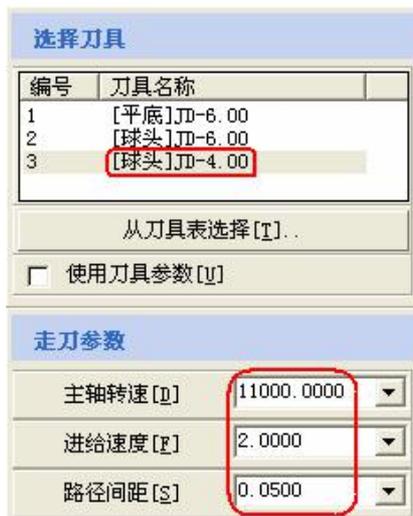


图 6-44 选择刀具及走刀参数

第百十二章 在【基本加工域】中，将工件曲面选为加工面，将绘制的保护面选为保护面，同时将准备工作中绘制的导动面选择到辅助加工域中，如下图所示：

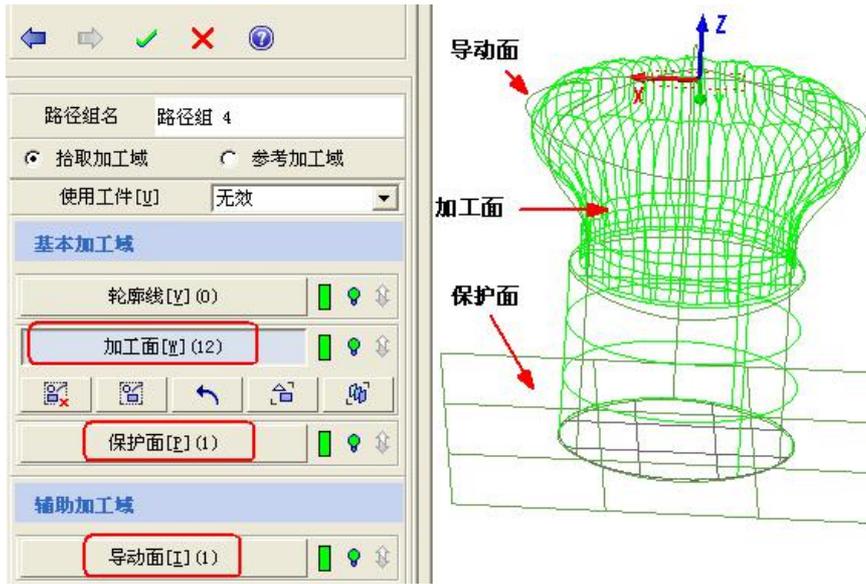


图 6-45 选择加工域

然后点击确定按钮，进入“刀具路径参数”对话框。

第一百十三章 设置曲面投影加工的相关参数，如下图所示：



图 6-46 曲面投影加工

第百十四章 根据工件特点，刀轴方向采用【与指定轴成一定角度】的方式，具体设置如下图所示：

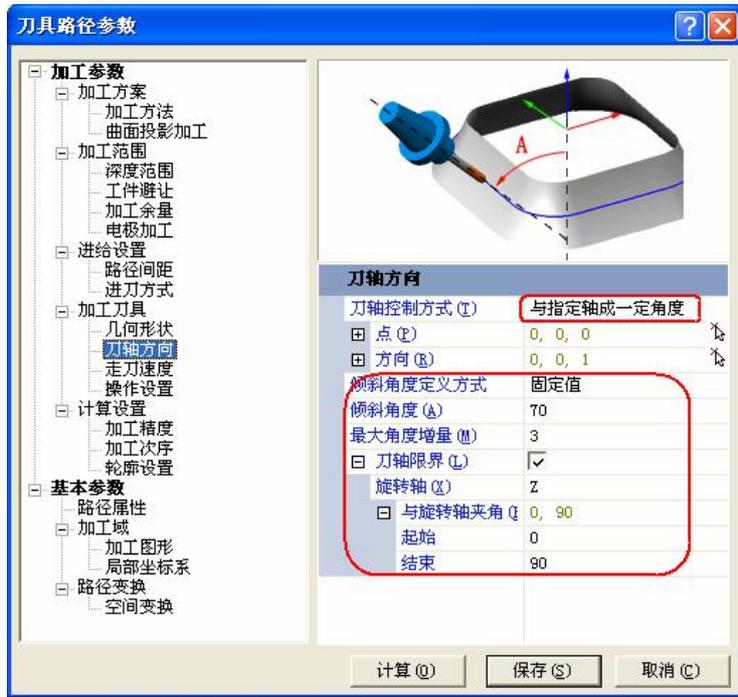


图 6-47 刀轴方向控制

第百十五章 其余参数采用默认设置，点击计算生成曲面投影精加工路径

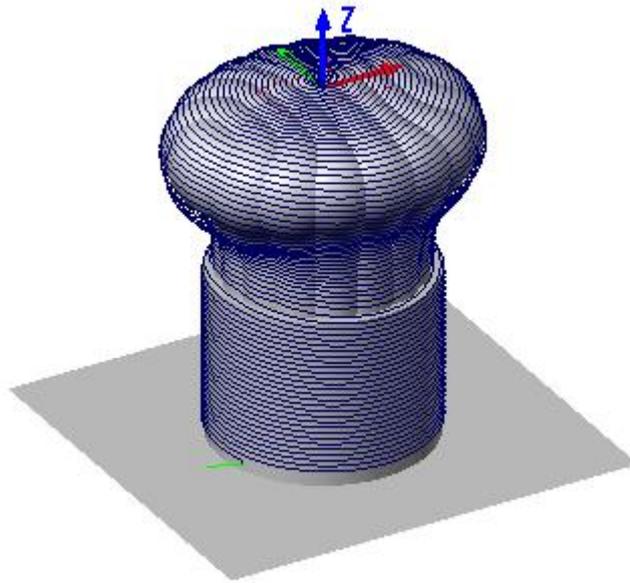


图 6-48 生成路径

6.2.5 加工过程分析

ES-SurfMill 软件提供了丰富的路径分析功能：【加工过程实体模拟】、【加工过程线框模拟】、【机床模拟】、【过切检查】以及【干涉检查】功能，方便用户及时发现路径中的问题。

本例中使用了多轴定位加工以及多轴联动加工策略，输出路径之前必须经过加工过程检查，避免刀具及刀柄和工件发生碰撞产生干涉等问题。

相关功能详细操作说明请阅读 ES-SurfMill 联机帮助文档。

6.2.6 输出加工路径

经过对上述路径的加工过程检查，没有发现任何问题，我们即可将生成的加工路径按照加工机床支持的路径格式输出，在机床上完成加工即可，输出如下图所示：

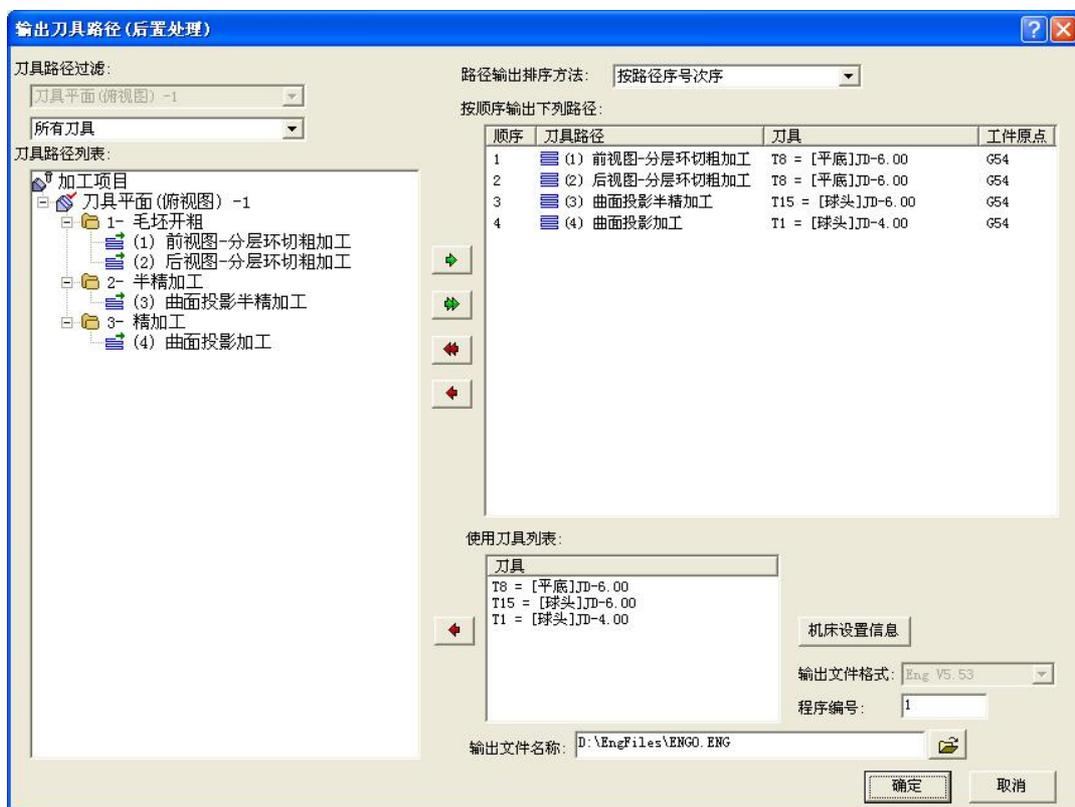


图 6-49 输出刀具路径 (后置处理)

第七章 多轴浮雕加工

ES-SurfMill6.0 软件提供了多种加工 3D 立体浮雕模型多轴功能，例如定位加工、四轴旋转加工、曲面投影加工等。

3D 浮雕模型具有以下特点：

- 1、模型的顶点数都比较大，路径生成速度慢。
- 2、此类模型多数的加工要求相比其他模具和零件类加工要低的多，只有少数个别的要求比较高。
- 3、对加工效率要求比较高，因此在满足加工要求的前提下尽量采用三轴加工或 3+2 定位加工。

本章以图 7-1 所示的“大力神杯”工件为例，向大家讲解如何利用 ES-SurfMill6.0 软件快速生成立体浮雕的多轴加工路径。



图 7-1 大力神杯模型

7.1 多轴浮雕加工前的准备工作

在 ES-SurfMill6.0 编程之前，我们需要进行下面的准备工作：

- 曲面模型分析，制定加工工艺
- 加工前的项目设置

7.1.1 模型进行分析，制定加工工艺

制定加工工艺之前，首先要了解加工此模型的用途和要求。此工件是用来做铝手板模型的，

加工要求效率高、细节位置尽量清晰到位。模型形状类似圆柱形，工件尺寸为 $45.896 \times 44.213 \times 120\text{mm}$ ，所以加工材料选择圆柱形铝材，在这里使用 $\Phi 60\text{mm}$ 铝材；从模型形状分析，五轴机床比三轴和四轴机床更能加工到位，因此机床采用 SMARTCNC500-DRT 型号。

加工工艺制定如下：

- 1、模型形状类似圆柱形，使用的材料也是圆形，因此开粗可以采用四轴旋转加工。这种方法相比采用定位加工方式开粗残料要均匀，同时四轴旋转加工采用轴向走刀方式加工效率与三轴开粗也基本相当。刀具采用 R3 球刀，侧面余量 0.25mm，底面余量 0.25mm。
- 2、加工材料为金属材料，为了保证精加工质量，需要半精加工。半精加工采用四轴旋转加工的轴向走刀方式。刀具采用 R1.5 球刀，侧面余量 0.08mm，底面余量 0.08mm。
- 3、精加工采用曲面投影的五轴加工方式。刀具采用 R0.75 球刀，余量 0 mm。

表 7-1 大力神杯加工程序单

| 步骤 | 工序 | 加工方法 | 使用刀具 | 加工余量 (mm) | |
|----|------|--------------|-----------|-----------|------|
| | | | | 侧面余量 | 底面余量 |
| 1 | 开粗 | 四轴旋转加工 | 球头刀 R3 | 0.25 | 0.25 |
| 2 | 半精加工 | 四轴旋转加工 | 球头刀 R1.5 | 0.08 | 0.08 |
| 3 | 精加工 | 曲面投影精加工 (五轴) | 球头刀 R0.75 | 0 | 0 |

7.1.2 编程前模型准备工作

- 1、进行图形摆放和聚中。五轴加工习惯性是把工件沿 Z 轴摆放，坐标系原点 (0, 0, 0) 放在曲面最高中心位置。

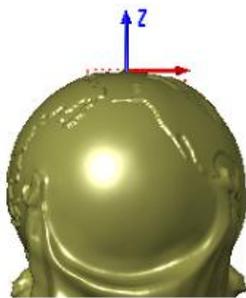


图 7-2 图形聚中

第一百十六章 生成曲面投影加工使用的导动面。导动面做法比较灵活，根据加工面的形状、个人的习惯等等，方法可以千变万化。下面介绍一种针对此模型形状生成导动面方法：

- a) 在前视图下使用【曲线绘制】→【圆】→【径向两点圆】命令绘制一圆，第一点取世界坐标系原点，在正交模式下沿 Z 负向取第二点，使圆大小与模型顶部球体大小相当。

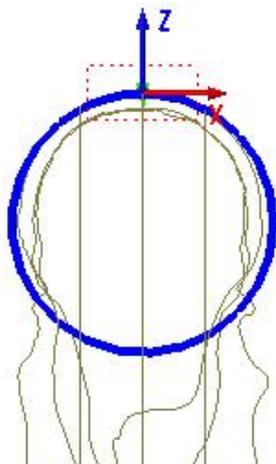


图 7-3 绘制圆

- b) 在前视图正交模式下使用【曲线绘制】→【直线】→【两点直线】绘制一条起点取上步绘制的圆左四分之一点，末点取模型的最低点直线。

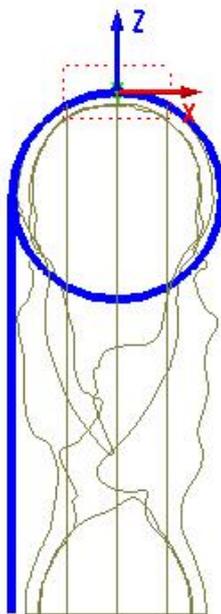


图 7-4 绘制直线

- c) 使用【曲线编辑】→【曲线打断】→【单点打断】功能，在圆左四分之一点和坐标系原点分别打断，保留上面的四分之一圆弧并与直线组合、光顺，生成一条光滑样条曲线。



图 7-5 生成的样条曲线

- d) 以生成的样条曲线做旋转母线，Z 轴做为旋转轴，旋转 360 度生成一旋转面，即曲面投影加工使用的导动面。同时检查导动面法向以及流线方向是否正确，下图 7-6 为生成的导动面和曲面法向的正确方向。

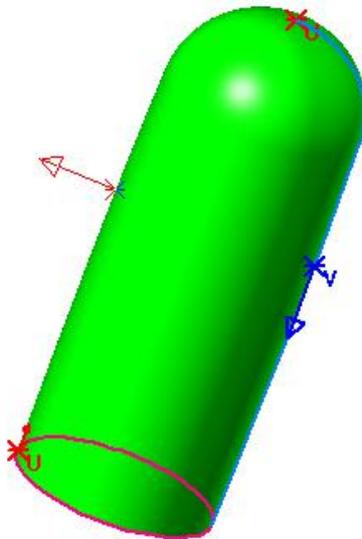


图 7-6 生成的导动面及曲面法向

- e) 新建图层“导动面”，把生成的导动面移入此图层，便于编程时选择。

| 名称 | 显 | 加 | 颜 | 线 | 对... |
|--------------|-----|-----|---|---|------|
| ✓ 加工模型 | --- | --- | ■ | ≡ | 1 |
| --- Nc_Bound | ☑ | ☑ | ■ | ≡ | 0 |
| --- 导动面 | ☑ | ☑ | ■ | ≡ | 1 |

图 7-7 导动面图层

7.1.3 加工项目的设置

制定加工工艺后，在编程前，我们还需要在 NC 模块界面下进行机床、刀具、工件、毛坯和输出等设置。

7.1.3.1 机床设置

正确配置机床类型是进行机床模拟、准确计算路径加工时间和正确输出多轴路径的关键。进行机床设置的过程如下：

- 1、双击【项目设置】→【机床设置】项，弹出机床设置界面。



图 7-8 导航工作条

第十七章 在机床类型界面进行进行【机床形状设置】、【机床控制配置】，如图 7-9 所示。

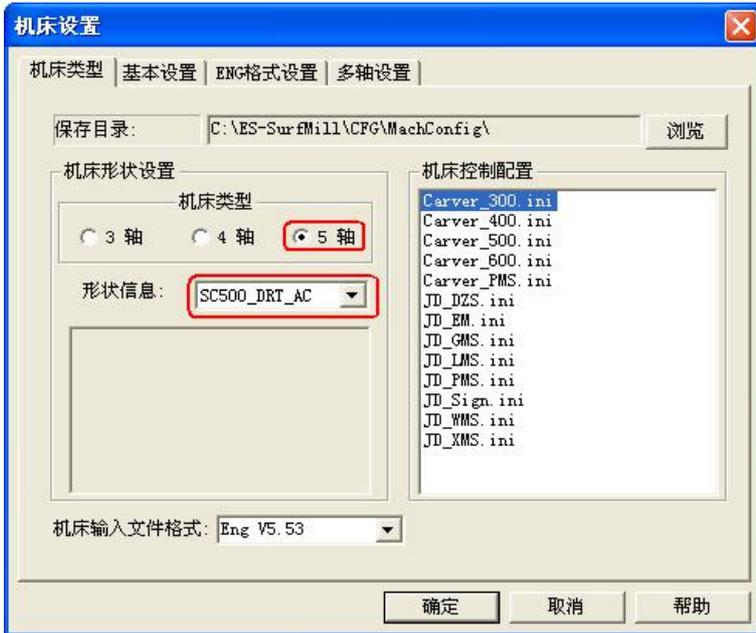


图 7-9 机床形状设置

第一百十八章 在【多轴设置】界面，进行回转台类型、主动轴、角度行程等设置，如图 7-10 所示。



图 7-10 多轴参数设置

7.1.3.2 建立四轴旋转加工使用的坐标系

五轴加工一般情况下工件是按 Z 轴竖直摆放，而四轴旋转加工功能要求工件必须按照路径计算使用的坐标系 X 轴摆放。这个工件是按世界坐标系的 Z 轴摆放的，所以在使用四轴旋转加工功能进行开粗和半精加工时，需要建立一 X 轴与世界坐标系 Z 轴重合的坐标系做为加工时的局部坐标系，这样四轴旋转加工路径才能正确生成。

在【加工坐标系】上点击鼠标右键，选择【新建】命令，原点拾取世界坐标系的 (0, 0, 0)，X 轴正方向使用世界坐标系的 Z 轴正方向，即完成局部坐标系的建立。



图 7-11 坐标系建立参数设置

7.1.3.3 刀具表设置

在刀具表中预先添加加工中所使用的刀具，方便用户在后续生成路径的过程中直接选择相应刀具。具体过程如下：

- 1、双击导航工具条中的【刀具表】，弹出当前刀具表界面。



图 7-12 导航工作条

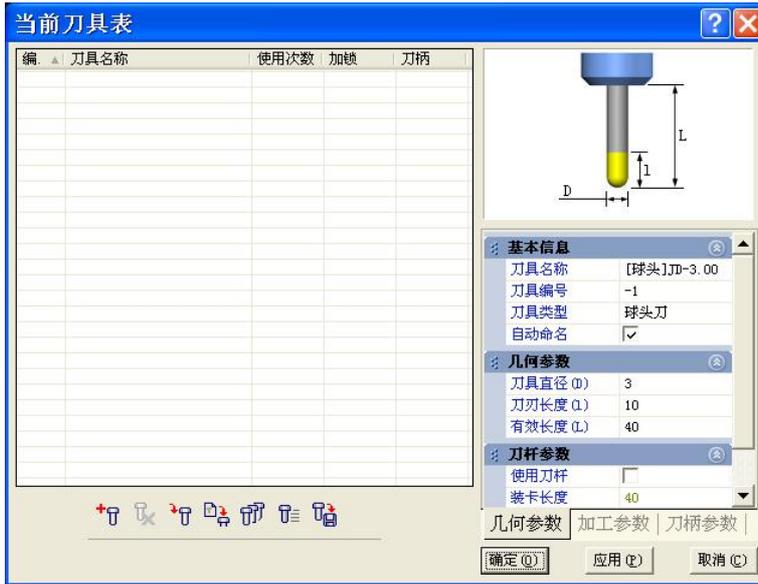


图 7-13 当前刀具表

第一百十九章 点击【从刀具库选刀】按钮，弹出系统刀具库，选取“(球刀) JD-6.0”刀具，并设置刀杆参数。



图 7-14 添加刀具并设置刀具参数

第一百二十章 点击【从刀具库选刀】按钮，弹出系统刀具库，选取“(球刀) JD-3.0”刀具，并设置刀杆参数。



图 7-15 添加刀具并设置刀具参数

第一百二十一章 点击【添加刀具】按钮，在当前刀具表右侧添加“(球刀) JD-1.5”球刀，并设置刀杆参数。

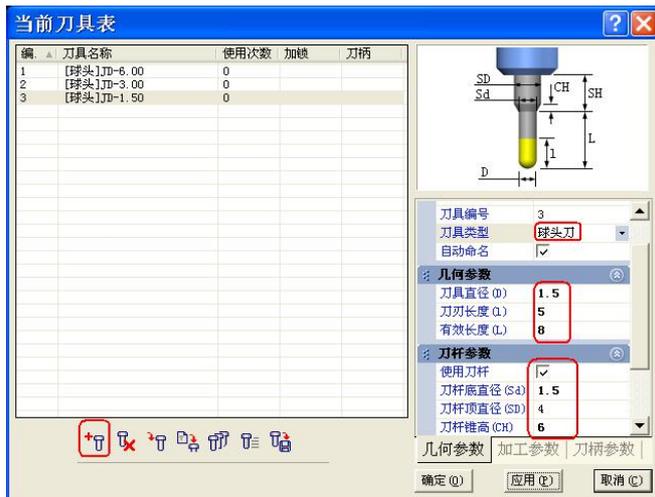


图 7-16 添加刀具并设置刀具参数

7.1.3.4 工件设置

在 ES-SurfMill6.0 中，工件形状设置，主要用于对加工路径进行分析检查，避免发生过切或

碰撞。

双击【工件形状】，进入工件设置界面，选择模型面作为工件面，确定完成。



图 7-17 导航工作条



图 7-18 工件设置

7.1.3.5 毛坯设置

根据工件外形和选用的加工材料外形进行毛坯设置，该步骤主要用于计算粗加工路径和残料补加工。

双击【毛坯形状】，进入毛坯设置界面。毛坯类型选择【柱体】，【旋转轴线】选“Z轴”，底顶半径设为“30.5”，锥高设为“120”，点击【确定】按钮，完成毛坯建立。



图 7-19 导航工作条



图 7-20 毛坯设置

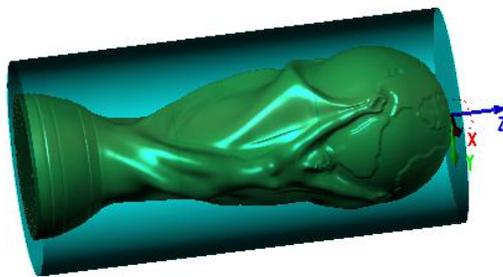


图 7-21 毛坯形状显示

7.1.3.6 路径输出设置

用户可以根据实际加工需要进行修改,方便实际加工。此工件模型已经进行过图形聚中处理,输出原点可以采用默认设置来输出加工路径。



图 7-22 导航工作条



图 7-23 输出设置

7.2 多轴浮雕加工实例流程

准备工作完成后,我们现在使用 ES-SurfMill6.0 进行编程。以“大力神杯”模型为例的多轴浮雕加工流程大致分为以下几个步骤:



图 7-24 加工步骤

通过“大力神杯”的加工，我们将学习以下加工方法：

- 四轴旋转粗加工
- 四轴旋转精加工
- 曲面投影精加工
- 局部坐标系的使用

路径的生成和编辑都是在 NC 加工环境下进行的。

7.2.1 四轴旋转粗加工，使用刀具 R3 球刀

本步骤中使用局部坐标系功能和四轴旋转加工中的四轴旋转粗加工方式，生成以局部坐标系 X 轴为旋转轴中心的粗加工路径。

- 1、在菜单栏中的【刀具路径】的下拉菜单中选择【路径向导】，进入路径向导界面；

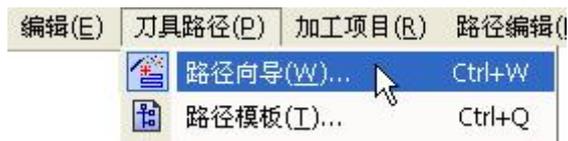


图 7-25 加工路径下拉菜单（局部）

第一百二十二章在弹出的【选择加工方法】对话框中选择【多轴加工】路径组中的【四轴旋转加工】，

【加工方式】设为“分层粗加工”，【加工余量】设为“0.25mm”，【加工精度】（即弦高误差）设为 0.005。设置完毕后，单击  进行刀具设置。



图 7-26 选择加工方法及参数

第二百二十三章在弹出的【选择刀具】对话框上面选择“(球刀) JD-6.0”刀具，并设置【走刀参数】。



图 7-27 选择刀具及走刀参数

第二百二十四章在弹出的【基本加工域】对话框【加工面】中选择模型网格面为加工面，然后点击确定按钮，进入【刀具路径参数】对话框。



图 7-28 选择加工域

第二百十五章在弹出的【刀具路径参数】对话框中，将其它加工参数设置完成。

- a) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【局部坐标系】选项，在右侧选择坐标系 MCS-1 为局部坐标系。本例模型摆放是沿 Z 轴，所以在【局部坐标系】界面必须选择前面建立的坐标系 MCS-1，使旋转中心变为局部坐标系的 X 轴。如果加工时使用局部坐标系，最好先选择，再做其它参数设置。

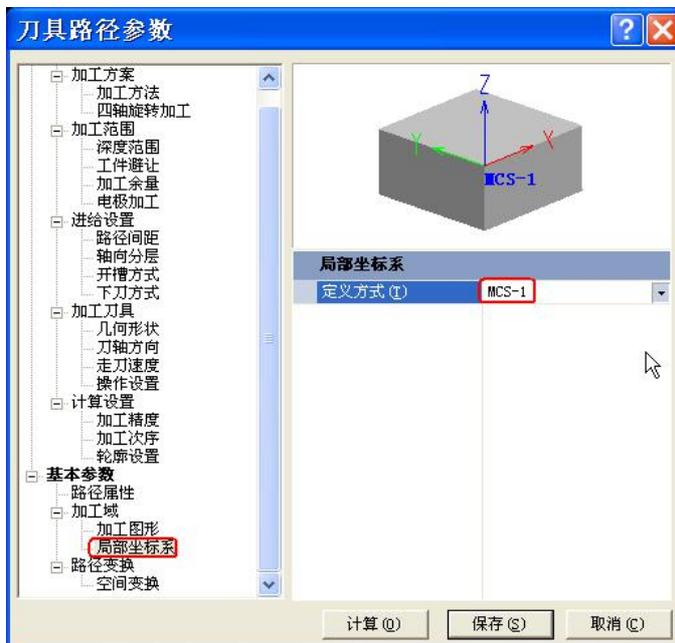


图 7-29 局部坐标系

- b) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【四轴旋转加工】选项，在右侧设置四轴旋转分层粗加工中的一些基本参数。

注意：在四轴旋转加工开粗模式中如果设置了毛坯，同时在深度范围中也设置了最

大、最小半径，则以毛坯优先；设置轴向尺寸的时候两端要加长一些，但不要超过刀具半径，可以减少两端位置残料残留量。



图 7-30 四轴旋转分层粗加工参数设置

c) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【下刀方式】选项，在右侧设置下刀方式参数。



图 7-31 下刀方式

第一百二十六章 设置完毕，点击  按钮，自动计算四轴旋转开粗路径。

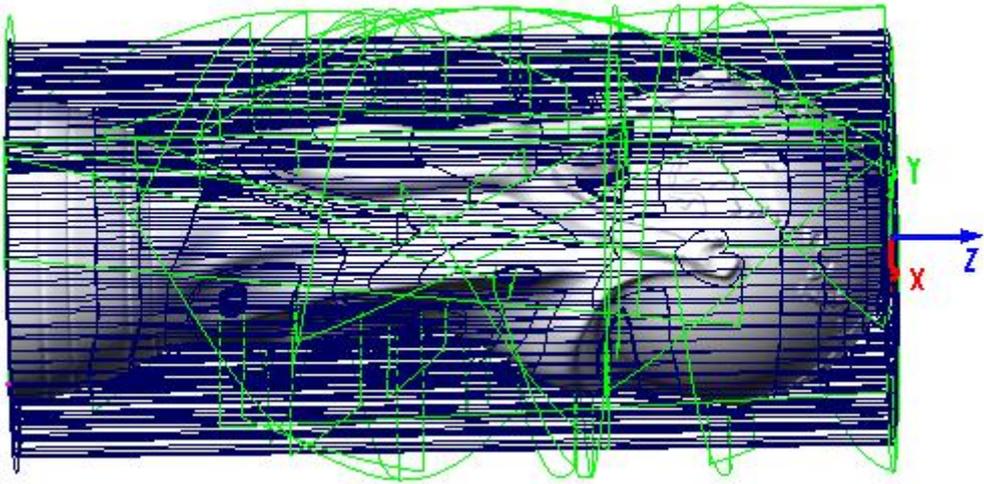


图 7-32 生成路径

7.2.2 四轴旋转半精加工，刀具 R1.5

曲面半精加工是对曲面精加工方法的一种灵活运用，通过该方式再次对工件表面的余量进行二次处理，使得工件的表面余量更加均匀，有利于精加工过程中刀具受力均匀，减少刀具磨损，提高工件的加工质量及光洁度。此步骤采用四轴旋转中的旋转精加工来生成半精加工路径。

- 1、在菜单栏【刀具路径】的下拉菜单中选择【路径向导】，进入路径向导导航界面；

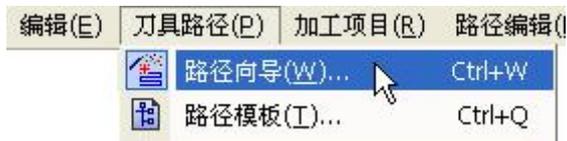


图 7-33 刀具路径下拉菜单（局部）

第一百二十七章在弹出的【选择加工方法】对话框中选择【多轴加工】路径组中的【四轴旋转加工】，【加工方式】设为“旋转精加工”，【加工余量】设为“0.08mm”，【加工精度】（即弦高误差）设为 0.002。设置完毕后，单击  进行刀具设置。



图 7-34 选择加工方法及参数

第二百二十八章在弹出的【选择刀具】对话框上面选择“(球刀)JD-3.0”刀具，并设置走刀参数。

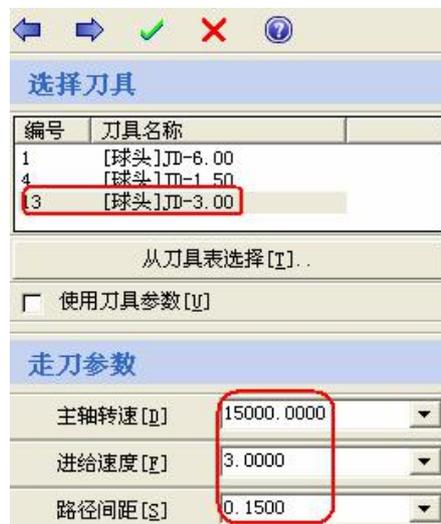


图 7-35 选择刀具及走刀参数

第二百二十九章在弹出的【基本加工域】对话框中，选择模型网格面为加工面，然后点击确定按钮



，进入【刀具路径参数】对话框。



图 7-36 选择加工域

第三百十章 在弹出的【刀具路径参数】对话框中，将其它加工参数设置完成。

- a) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【局部坐标系】选项，与上面开粗一样在右侧选择坐标系 MCS-1 为局部坐标系。

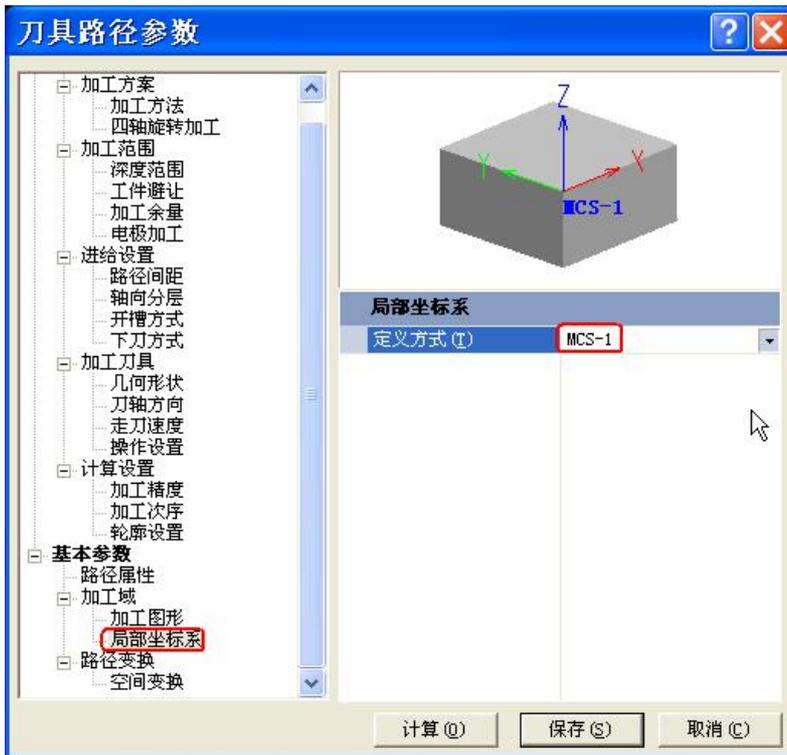


图 7-37 局部坐标系

- b) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【四轴旋转加工】选项，在右侧设置四轴旋转加工中的一些基本参数，包括【设置轴向尺寸】、【角度范围】等，其余参数默

认。



图 7-38 四轴旋转精加工

第三百十一章设置完毕，点击  按钮，自动计算四轴旋转精加工路径。

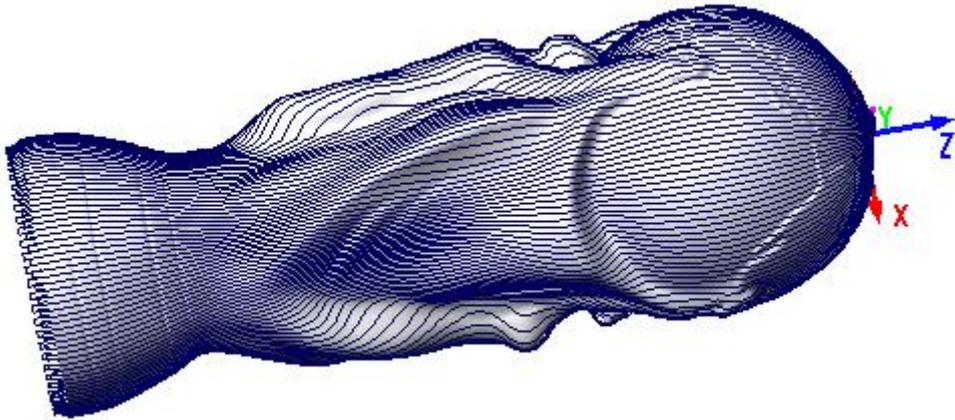


图 7-39 生成路径

7.2.3 曲面投影精加工，刀具 R0.75

本步骤中模型精加工采用多轴加工策略——曲面投影精加工生成精加工路径。

- 1、在菜单栏【刀具路径】的下拉菜单中选择【路径向导】，进入路径向导导航界面；

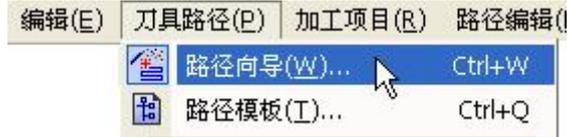


图 7-40 刀具路径下拉菜单（局部）

第百三十二章在弹出的【选择加工方法】对话框中选择【多轴加工】路径组中的【曲面投影加工】，【加工方式】设为“投影精加工”，【加工余量】设为 0，【加工精度】（即弦高误差）设为 0.002。设置完毕后，单击  进行刀具设置。



图 7-41 选择加工方法及参数

第百三十三章在弹出的【选择刀具】对话框上面选择“(球刀) JD-1.5”刀具，并设置走刀参数。



图 7-42 选择刀具及走刀参数

第三百三十四章在弹出的【基本加工域】对话框中，选择模型网格面为基本加工域的加工面，选择图层“导动面”中的曲面做为辅助加工域的导动面，然后点击确定按钮，进入【刀具路径参数】对话框。



图 7-43 选择加工域

第三百三十五章在弹出的【刀具路径参数】对话框中，将其它加工参数设置完成。

- a) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【曲面投影加工】选项，在右侧设置投影精加工中的一些基本参数，包括【走刀方向】、【投影方向】和【最大深度】等，其余参数默认。



图 7-44 曲面投影精加工

b) 在【刀具路径参数】对话框的左侧点击【刀轴方向】选项，在右侧设置刀轴方向。



图 7-45 刀轴方向设置

第三百三十六章 设置完毕，点击  按钮，自动计算投影精加工路径。

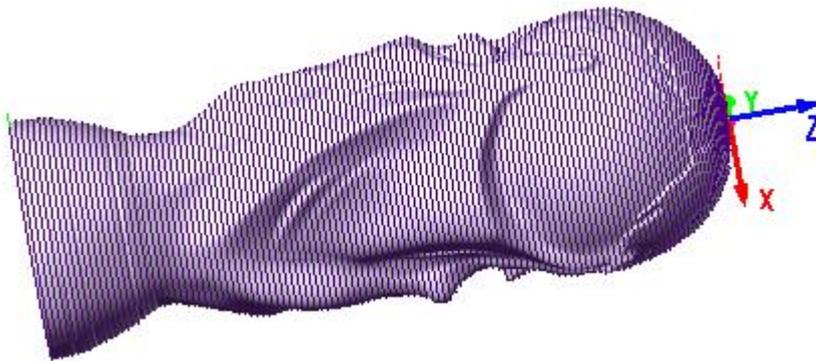


图 7-46 生成的投影精加工路径

7.2.4 路径分析

为了检查路径参数的合理性以及确保加工安全，输出路径之前必须经过一系列加工过程检查，尽量避免不必要的问题发生。分析主要包括模拟检查、过切检查和干涉检查。

- 1、模拟检查。在菜单栏中的【刀具路径】的下拉菜单中包括【加工过程实体模拟】、【加工过程线框模拟】、【机床模拟】三种模拟方式，主要用于分析路径的合理性，有没有明显的错误等。相关功能详细操作说明请阅读 ES-SurfMill6.0 联机帮助文档，这里不做叙述。

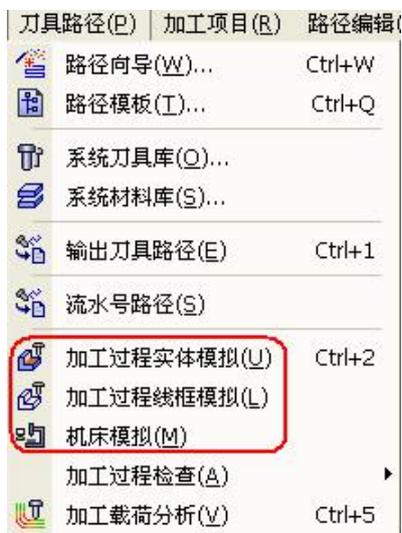


图 7-47 模拟检查

第三百三十七章 过切和干涉检查。过切检查主要检查像漏选加工面等错误设置引起的加工过切问题；干涉检查主要检查选择的刀具（必须要设置刀具刀杆信息）在加工时是否与工件发生干涉，同时提供需要的刀具有效长度和刀杆长度等信息。在【刀具路径】的下拉菜单中选择【路径分析】，包括【过切检查】和【干涉检查】两个子选项。

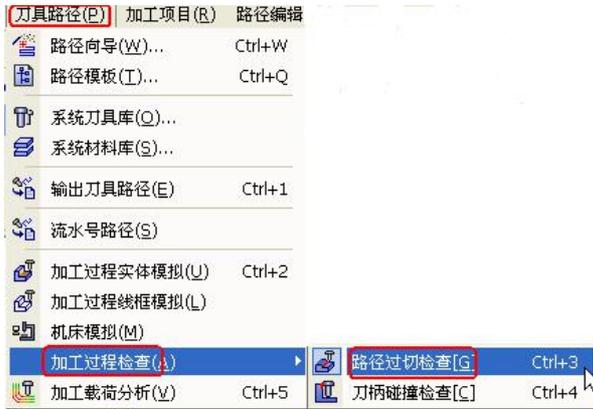


图 7-48 过切和碰撞检查



图 7-49 过切检查参数设置



图 7-50 过切检查结果



图 7-51 碰撞检查参数设置

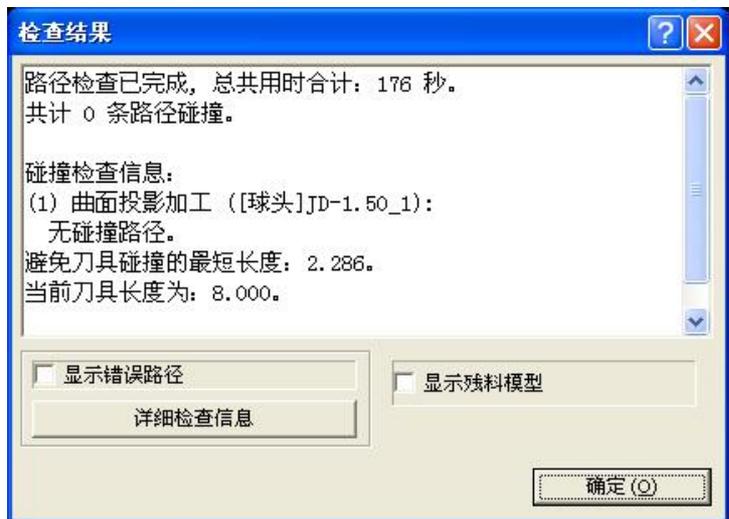


图 7-52 “(球刀) JD-1.5” 碰撞检查结果

7.2.5 输出加工路径

经过对上述路径的加工过程检查，没有发现任何问题，我们即可将生成的加工路径按照加工机床支持的路径格式输出，在机床系统上完成加工。

- 1、由于前面已经对机床进行了正确配置和输出设置，在这里只要按顺序选取输出的加工路径，设置文件放置位置和文件名称就可以了。如下图 7-53 所示：

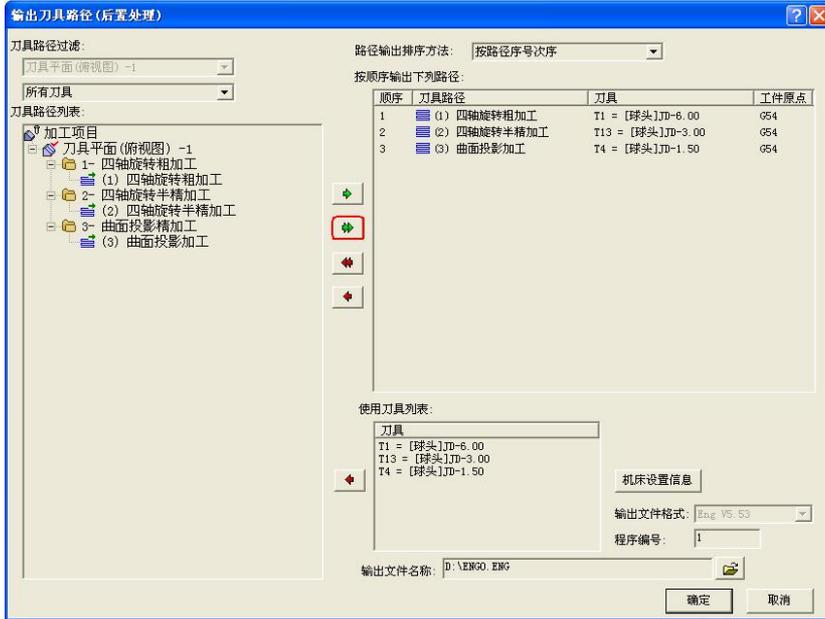


图 7-53 路径输出设置

第三百三十八章点击【确定】按钮，出现路径输出进度条，如下图所示：



图 7-54 路径输出进度条

第三百三十九章输出结束后，弹出输出完成对话框，如下图所示，此时应注意输出提示内容，只有像下图 7-55 出现的提示才正确，如果出现其它提示，请检查问题所在，不能置之不理。



图 7-55 路径输出完成提示菜单

▼

备注：本书编写是在 ES-SurfMill 6.0 试用版的基础上进行的，与正式发行版本可能会存在一定的差异，差异部分请阅读最新的“ES-SurfMill V6.0 联机在线帮助”，本书将不再进行单独的修正和说明。