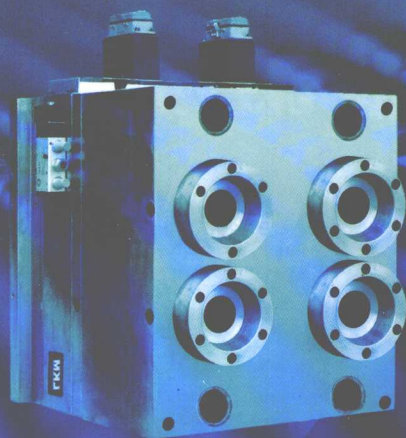


职业院校重点专业规划教材  
模具设计与制造专业教学用书

# 塑料模具数控 加工范例教程

SULIAO MUJU SHUKONG JIAGONG FANLI JIAOCHENG

吴光明 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



附赠光盘

职业教育院校重点专业规划教材  
模具设计与制造专业教学用书

# 塑料模具数控加工范例教程

吴光明 编著



机械工业出版社

本书凭借作者 15 年的塑料模具设计与数控编程的工作经验, 采用了先进的项目教学理念, 由浅入深, 列举了 3 套塑料模具 (20 个模具配件) 在实际生产中加工过的实际例子, 较为详细地讲述了使用 Mastercam × 2 软件进行塑料模具设计、分模、拆分铜公及加工编程的方法。对模具设计与加工中所遇到的问题进行了综合介绍, 并详细地讲述了软件的 CAD/CAM 辅助设计与制造功能及一些在实际生产中常用的数控编程方法和技巧, 将生产中常用的 CAD/CAM 命令寓于模具设计加工的实例中作精细讲解, 让读者在学习过程中, 潜移默化地掌握这些实用知识。读者只要按照实例, 并配合光盘一步步地操作, 就一定能熟练掌握塑料模具设计及数控加工各种常用的编刀路程序的技巧。通过本书的学习和实践, 读者可以轻松达到塑料模具设计及 CAD/CAM 编程的中高级水平。

本书没有介绍绘图的基本指令和零件的 CAD 造型过程及 CAM 的一些基础操作, 本书非常适合对 Mastercam 软件或其他 CAM 基础知识有一定了解, 但对模具设计和数控加工工艺还不熟悉, 正处于摸索、实践, 水平还需提高的在校学生或模具设计与加工工作者, 也可作为培训机构、企业模具加工数控编程员及学校师生的参考书。本书的核心是塑料模具设计与数控加工技术。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具数控加工范例教程/吴光明编著. —北

京: 机械工业出版社, 2009.2

职业教育院校重点专业规划教材. 模具设计与制造专业教学用书

ISBN 978-7-111-26226-8

I. 塑… II. 吴… III. 塑料模具—数控机  
床—加工—教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 015671 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 汪光灿 责任校对: 陈延翔

封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 14.75 印张 · 360 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26226-8

ISBN 978-7-89451-022-8 (光盘)

定价: 30.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379193

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

数控技术是提高产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段，是关系我国制造业发展和综合国力提高的关键技术，在模具设计与制造、机械加工等行业已非常普及。只有加快数控技术的发展，进一步提高模具产品的设计制造水平，才能促进我国先进生产力的发展。

Mastercam 是美国 CNC Software 公司研制与开发的一套 CAD/CAM 一体化软件，它是目前在模具制造、机械加工行业使用普及率最高的软件之一。CIMdata 公司对 CAM 软件行业的最新分析排名，Mastercam 销量再次排名世界第一，是 CAD/CAM 软件行业持续 11 年销量第一的软件巨头。Mastercam 软件集二维绘图、三维实体、曲面设计、数控编程、刀具路径模拟及加工真实感模拟等功能于一身，对系统运行环境要求较低，把计算机辅助设计 (CAD) 和辅助制造功能 (CAM) 有机地结合在一起，从图形设计、模具分模设计、铜电极设计到编制刀具路径，再通过后处理器转换为机床数控系统能识别的 NC 程式，并能模拟刀具路径验证 NC 程式，然后通过计算机传输到数控机床上，选用适合工件的刀具即可完成工件的加工。

Mastercam X2 是该软件的最新版本，在保留原来特色的基础上，增加了新的功能和模块，与其他软件的用户界面更加相似，更加便于用户学习和掌握。

运用 Mastercam X2 进行模具设计与加工编程时，需要对刀具、工艺参数、机床、精度、模具材料、模具结构等诸多因素进行综合考虑。本书从实际工作需要出发，由浅入深，列举了一套电池盒产品（3 个塑料件，20 个模具配件）塑料模具的设计与数控加工实例，详细地讲述了使用 Mastercam X2 软件进行塑料模具前后模分模、铜公设计及加工的方法。对塑料模具设计及加工中所遇到的问题进行了综合介绍，并详细讲述了一些在实际生产中常用的模具相关名词术语、数控编程方法和技巧，包括数控加工工艺的编制、工序的安排以及各种加工方法的参数设置等。本书各部分内容都结合典型实例进行讲解，并对实例的每一步操作的目的和参数设置进行了详细的分析。本书作者有着 15 年的塑料模具设计与数控编程加工工作经验，所选实例全部出自工厂。读者只要按照本书的实例，并配合光盘一步步地操作，就一定能掌握塑料型腔模具设计与加工的方法、数控加工工艺及各种常用的编刀路程序的技巧。读者学习后，如果能根据光盘给出的塑料零件 3D 图，自行完成模具的分模、拆分铜公和数控编程，并和光盘中的实例进行比较，进而在本单位的数控铣床上进行实操演练，学习效果会更显著。

通过本书的学习和实践，读者可轻松达到模具设计及 CAM 编程的中高级水平。

本书没有介绍绘图的基本指令和零件的 CAD 详细的造型过程及 CAM 的一些基础操作，重点讲述了塑料模具设计与 NC 编程加工的基本思路 and 关键问题。本书内容全面，循序渐进，以图文对照形式编写，通俗易懂，非常适合对 Mastercam 软件或其他 CAM 基础知识有一定了解，但对模具设计和数控加工工艺还不熟悉，正处于摸索、实践，水平还需提高的在校学生或模具设计与加工工作者，也可作为培训机构、企业模具加工数控编程员及学校师生的参考书。本书的核心是塑料型腔模具数控加工技术。

鉴于 CAM 类软件所提供的加工方法具有相似性，读者如使用其他版本软件或其他 CAM 类软件，本书所加工讲述的编程思路和技巧也可起到一定的参考作用。

为了方便读者学习，本书附带一张光盘，包含了书中的所有实例的图形文件和刀路文件。

限于作者的水平，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正，作者的电子邮箱为 wgm2170@126.com。

**吴光明**  
**2008. 11**

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 电池盒上盖模具的数控加工 ..... 1

- 1.1 电池盒上盖前模的加工 ..... 3
  - 1.1.1 前模结构分析 ..... 3
  - 1.1.2 图形设计 ..... 4
  - 1.1.3 工艺规划 ..... 6
  - 1.1.4 确定毛坯和对刀点 ..... 7
  - 1.1.5 刀路参数设置 ..... 7
  - 1.1.6 刀路的选择 ..... 21
  - 1.1.7 CNC 加工注意事项 ..... 23
  - 1.1.8 Mastercam X2 新增功能介绍 ..... 26
- 1.2 电池盒上盖前模铜公 A 的加工 ..... 28
  - 1.2.1 铜公 A 结构分析 ..... 28
  - 1.2.2 图形设计 ..... 29
  - 1.2.3 工艺规划 ..... 31
  - 1.2.4 确定毛坯和对刀点 ..... 31
  - 1.2.5 刀路参数设置 ..... 31
- 1.3 电池盒上盖前模铜公 B 的加工 ..... 46
  - 1.3.1 铜公 B 结构分析 ..... 46
  - 1.3.2 图形设计 ..... 47
  - 1.3.3 工艺规划 ..... 48
  - 1.3.4 确定毛坯和对刀点 ..... 48
  - 1.3.5 刀路参数设置 ..... 48
- 1.4 电池盒上盖前模铜公 C 的加工 ..... 56
  - 1.4.1 铜公 C 结构分析 ..... 56
  - 1.4.2 图形设计 ..... 56
  - 1.4.3 工艺规划 ..... 58
  - 1.4.4 确定毛坯和对刀点 ..... 58
  - 1.4.5 刀路参数设置 ..... 58
- 1.5 电池盒上盖后模框的加工 ..... 68
  - 1.5.1 后模框结构分析 ..... 68
  - 1.5.2 图形设计 ..... 69
  - 1.5.3 工艺规划 ..... 70

- 1.5.4 确定毛坯和对刀点 ..... 71

- 1.5.5 刀路参数设置 ..... 71

## 1.6 电池盒上盖后模型芯的加工 ..... 78

- 1.6.1 后模型芯结构分析 ..... 78
- 1.6.2 图形设计 ..... 79
- 1.6.3 工艺规划 ..... 80
- 1.6.4 确定毛坯和对刀点 ..... 81
- 1.6.5 刀路参数设置 ..... 81

## 第 2 章 电池盒夹子模具的数控加工 ..... 92

### 2.1 电池盒夹子前模的加工 ..... 93

- 2.1.1 电池盒夹子前模结构分析 ..... 93
- 2.1.2 图形设计 ..... 94
- 2.1.3 工艺规划 ..... 95
- 2.1.4 确定毛坯和对刀点 ..... 96
- 2.1.5 刀路参数设置 ..... 96

### 2.2 电池盒夹子前模大铜公的加工 ..... 101

- 2.2.1 前模大铜公结构分析 ..... 101
- 2.2.2 图形设计 ..... 102
- 2.2.3 工艺规划 ..... 103
- 2.2.4 确定毛坯和对刀点 ..... 104
- 2.2.5 刀路参数设置 ..... 104

### 2.3 电池盒夹子后模的加工 ..... 113

- 2.3.1 后模结构分析 ..... 113
- 2.3.2 图形设计 ..... 115
- 2.3.3 工艺规划 ..... 116
- 2.3.4 确定毛坯和对刀点 ..... 116
- 2.3.5 刀路参数设置 ..... 116

### 2.4 电池盒夹子后模大铜公的加工 ..... 123

- 2.4.1 后模大铜公结构分析 ..... 123
- 2.4.2 图形设计 ..... 123
- 2.4.3 工艺规划 ..... 124
- 2.4.4 确定毛坯和对刀点 ..... 125
- 2.4.5 刀路参数设置 ..... 125

|                             |            |                       |     |
|-----------------------------|------------|-----------------------|-----|
| 2.5 电池盒夹子后模小铜公的加工 .....     | 132        | 3.5 电池盒后模型芯的加工 .....  | 192 |
| 2.5.1 后模小铜公结构分析 .....       | 132        | 3.5.1 后模型芯结构分析 .....  | 192 |
| 2.5.2 图形设计 .....            | 133        | 3.5.2 图形设计 .....      | 193 |
| 2.5.3 工艺规划 .....            | 134        | 3.5.3 工艺规划 .....      | 194 |
| 2.5.4 确定毛坯和对刀点 .....        | 135        | 3.5.4 确定毛坯和对刀点 .....  | 195 |
| 2.5.5 刀路参数设置 .....          | 135        | 3.5.5 刀路参数设置 .....    | 195 |
| <b>第3章 电池盒模具的数控加工 .....</b> | <b>147</b> | 3.6 电池盒后模框的加工 .....   | 200 |
| 3.1 电池盒上盖前模的加工 .....        | 148        | 3.6.1 后模框结构分析 .....   | 200 |
| 3.1.1 前模结构分析 .....          | 148        | 3.6.2 图形设计 .....      | 201 |
| 3.1.2 图形设计 .....            | 149        | 3.6.3 工艺规划 .....      | 201 |
| 3.1.3 工艺规划 .....            | 150        | 3.6.4 确定毛坯和对刀点 .....  | 202 |
| 3.1.4 确定毛坯和对刀点 .....        | 151        | 3.6.5 刀路参数设置 .....    | 202 |
| 3.1.5 刀路参数设置 .....          | 151        | 3.7 电池盒后模框铜公的加工 ..... | 205 |
| 3.2 电池盒前模铜公的加工 .....        | 158        | 3.7.1 后模框铜公结构分析 ..... | 205 |
| 3.2.1 前模铜公结构分析 .....        | 158        | 3.7.2 图形设计 .....      | 206 |
| 3.2.2 图形设计 .....            | 159        | 3.7.3 工艺规划 .....      | 207 |
| 3.2.3 工艺规划 .....            | 160        | 3.7.4 确定毛坯和对刀点 .....  | 207 |
| 3.2.4 确定毛坯和对刀点 .....        | 162        | 3.7.5 刀路参数设置 .....    | 208 |
| 3.2.5 刀路参数设置 .....          | 162        | 3.8 电池盒后模小铜公的加工 ..... | 212 |
| 3.3 电池盒前模小铜公 A 的加工 .....    | 175        | 3.8.1 后模小铜公结构分析 ..... | 212 |
| 3.3.1 前模小铜公 A 结构分析 .....    | 175        | 3.8.2 图形设计 .....      | 212 |
| 3.3.2 图形设计 .....            | 175        | 3.8.3 工艺规划 .....      | 213 |
| 3.3.3 工艺规划 .....            | 176        | 3.8.4 确定毛坯和对刀点 .....  | 214 |
| 3.3.4 确定毛坯和对刀点 .....        | 177        | 3.8.5 刀路参数设置 .....    | 214 |
| 3.3.5 刀路参数设置 .....          | 177        | 3.9 电池盒后模小镶件的加工 ..... | 219 |
| 3.4 电池盒前模小铜公 B 的加工 .....    | 184        | 3.9.1 后模小镶件结构分析 ..... | 219 |
| 3.4.1 前模小铜公 B 结构分析 .....    | 184        | 3.9.2 图形设计 .....      | 220 |
| 3.4.2 图形设计 .....            | 184        | 3.9.3 工艺规划 .....      | 220 |
| 3.4.3 工艺规划 .....            | 186        | 3.9.4 确定毛坯和对刀点 .....  | 221 |
| 3.4.4 确定毛坯和对刀点 .....        | 186        | 3.9.5 刀路参数设置 .....    | 221 |
| 3.4.5 刀路参数设置 .....          | 186        |                       |     |

# 第 1 章

## 电池盒上盖模具的数控加工

### 【内容】

通过一件曲面较为复杂的电池盒塑料盖子模具的设计与型芯及铜公等部件的设计与数控加工,清晰地说明了如何根据塑件 3D 图形的曲面及结构特点,进行前、后模的设计,并结合合理的数控加工工艺及模具加工工艺,进行模具的结构设计,将模具的关键部位分解成模具型腔、型芯和铜公等部件,拟定加工工艺,确定加工的工艺步骤和方法。本章的重点是加深对铜公概念的理解,并掌握模具分模的方法及数控加工工艺。

### 【实例】

实例 1: 前模的加工与编程。

实例 2: 前模铜公 A 的加工与编程。

实例 3: 前模铜公 B 的加工与编程。

实例 4: 前模铜公 C 加工与编程。

实例 5: 后模型芯的加工与编程。

实例 6: 后模框的加工与编程。

### 【目的】

通过实例的讲解,使用户熟悉和掌握使用 Mastercam X2 软件进行复杂曲面壳体类塑料产品的模具设计、模具分模的方法、型芯的设计、前模型腔铜公的分解方法,并掌握结构复杂的模具前模型腔加工刀具路径的设计方法及相关的数控工艺知识。

图 1-1 所示为一电池盒塑料外壳的装配图,共分为电池盒、电池盒上盖和夹子三个零件。产品要求高,表面质量好,要求密封防水,材料为 ABS,收缩率为 5‰。本章首先讨论电池盒上盖模具的设计和加工。

电池盒上盖的 3D 图如图 1-2 所示。产品形状较为复杂,全部由复杂曲面构成,曲面之间的圆角半径小,曲面之间过渡圆滑,很多地方的圆弧半径都为 R1.0mm 左右,最小圆弧半径是 R0.503mm。塑件的顶部有一个台阶孔,侧壁有一个大的台阶缺口,两端有两个内凹的缺口,缺口上设计了  $\phi 1.7\text{mm}$  的贯穿通孔。后模上设计有细高弯曲的肋条,还设计了四个螺孔。这些地方是这套模具设计的难点。

首先用 Pro/E 软件绘制零件的 3D 图形,零件的尺寸不大,从注塑、加工及经

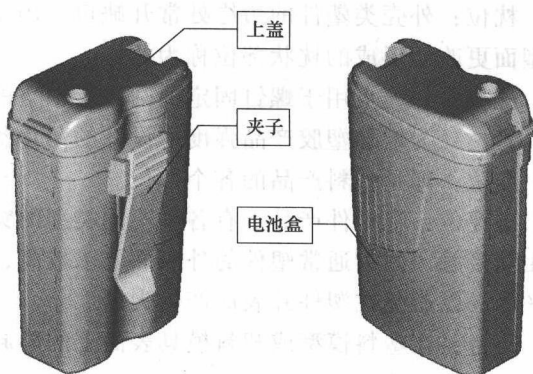


图 1-1 电池盒装配图

济角度综合考虑，一模设计出两个不同产品，浇口位置设计在两塑件的中间。为便于大家理解，本章加工设计时，仍然将 XY 坐标原点置于电池盒上盖产品的中心处。此模具采用标准模架，因零件要求较高，模具型芯材料选用高性能的模具钢。

塑件的曲面很复杂，我们用 Mastercam 软件进行分模，外壳的外表面要求较高，应将外表面设计成前模。为保证塑件的美观，模具的顶出机构设计在后模。

此模具的分型面是一平面，如图 1-4 所示。为保证外壳的表面质量，模具设计时将台阶孔的分型面放在后模上，即采用前模碰穿后模的结构。后模上的细高肋条和螺孔是此套模具的另一个难点，在图 1-2 中，我们采取了镶件机构（第 1.5 节详述）。为加工出两个内凹的缺口上贯穿  $\phi 1.7\text{mm}$  通孔，必须设计前模抽芯机构。模具采用了前模斜导柱滑块机构，不属于数控加工范畴，这里不进行讲述了。前、后模的分模图如图 1-3 所示。模具的前模 3D 图如图 1-4 所示。

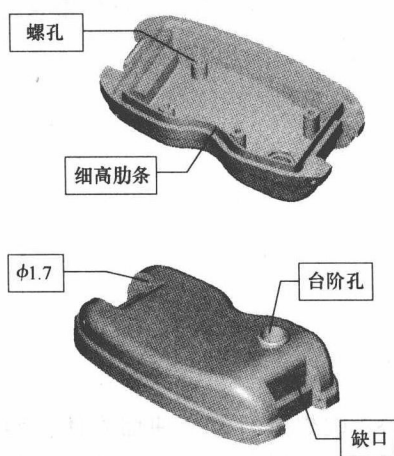


图 1-2 电池盒上盖 3D 图

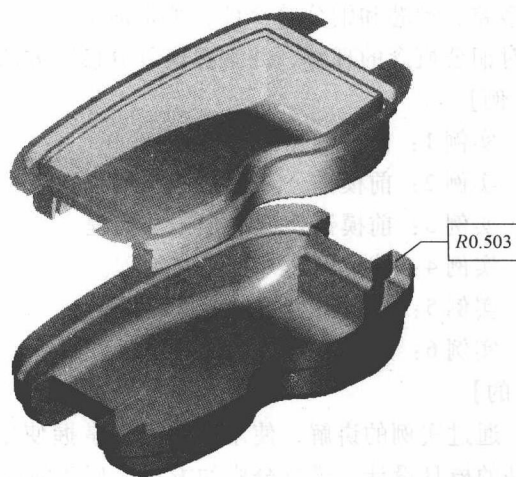


图 1-3 前、后模的分模图

塑料模具相关名词术语：

**分型面：**模具开模取出塑件时，前后模的分离面称为分型面或分模面。为降低加工难度，分型面要尽量简单，多采用平面。

**枕位：**外壳类塑件的边缘处常开缺口，用于安装各类配件，为加强此处模具的强度，将分型面更改后形成的枕状部位称为枕位。

**柱位：**外壳上用于螺钉固定的圆柱形中空的结构。

**骨位：**为增加塑胶产品强度所设计的薄片状结构，又称加强肋。

**胶位：**即是塑料产品的各个部位。

**碰穿位：**当塑件产品上有各种不同类型的穿孔时，模具结构通常设计成前后模面水平方向相互接触，因为通常塑件的外表面要求较高，所以一般情况下将前模设计凸起，后模设计成平台，以避免在塑件外表面产生尖角。

**凸台：**在塑料模型或塑料模具表面上的隆起，以增强强度，在装配过程中易于零件的调整，便于联接等。

**型腔：**模具里面的凹陷处。



**型芯：**模具中的一个独立部分，通常是用钢制造的，形成模具的凸出部位或型腔。

**加强肋：**塑件中经常用到的增加塑件强度的方法，可使塑件壁厚均匀，节约材料，提高塑件的强度和刚性，并避免塑件的外观缺陷。

**圆角：**塑件上除了使用上要求必须采用尖角之外，其余所有转角处均应采用圆弧过渡，因为尖角处易产生应力集中，影响塑件强度。圆角可避免应力集中，提高了塑件强度及美观，并使模具在淬火和使用不致因应力集中而开裂。

**脱模斜度：**由于塑件冷却后产生收缩，会使塑件紧紧包住模具型芯和型腔中的凸起部分，为了便于取出塑件，防止脱模时撞伤或擦伤塑件，设计塑件时，其内外表面沿脱模方向均应具有足够的脱模斜度。

**斜滑块脱出机构：**当塑件上具有与开模方向不同的内外侧孔或侧凹等阻碍塑件直接脱模时，必须采用斜滑块脱模机构，即将成型侧孔或侧凹的零件做成活动的型芯。在塑件脱模时先将活动型芯抽出，再从模具中顶出塑件，完成活动型芯抽出和复位的机构叫做抽芯机构。

**铜公：**模具型腔中有深孔、窄槽及尖角时，受刀具的硬度和规格尺寸等特性限制，无法用数控机床加工出全部的余量时（尤其是前模），此时需要加工出电火花加工用的铜公。

**电火花加工：**电火花加工利用电腐蚀的原理工作。加工时，铜公和工件分别连接电源两极，在铜公和工件之间充入绝缘液体。通电后，铜公移近，接近工件，间隙减少到一定值时，铜公和工件之间发生放电现象，放电电弧使放电间隙处产生高温，引起放电部位局部的工件熔化，熔化产生的残渣被绝缘液体冲刷并带走。电火花加工结束时，模坯上的材料即被除去，电火花加工也称为电腐蚀。电火花加工过程中，铜公和工件间没有直接的加工作用力，即使所需加工的孔或槽的尺寸小、深度大、加工材料硬度高，也可采用电火花加工。电火花加工提高了模具的加工精度和效率，也使复杂的型腔结构能够得以实现。

## 1.1 电池盒上盖前模的加工

### 1.1.1 前模结构分析

根据此零件的结构特点，设计了如图 1-4 所示的前模加工 3D 图。

前模为塑料外壳的外表面，表面粗糙度值要求小。前模型腔曲面之间的圆角半径小，最小圆弧半径是  $R0.503\text{mm}$ 。很多地方都无法直接加工出来，要设计多个前模铜公进行清角加工。

前模为外壳的外表面，表面粗糙度值要求小，结构复杂。加工时有以下的难点：

1) 零件体积不算大，但模具钢材质硬，加工余量大，加工时间长，刀具损耗多，要采用合理的加工参数。

2) 前模曲面为凹面，曲面复杂，曲

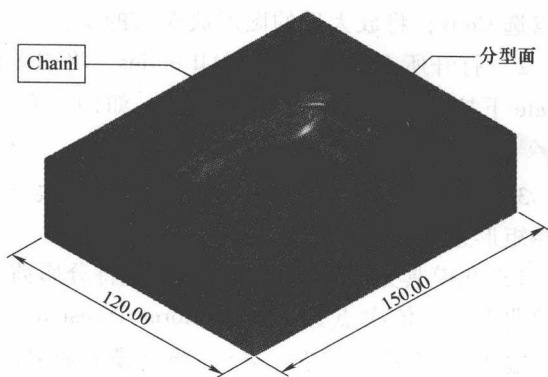


图 1-4 前模加工 3D 图



面间圆角过渡圆滑，圆弧半径较小，最小圆弧半径是  $R0.503\text{mm}$ ，难于清角加工，要采取合适的数控工艺。

3) 前模型腔中间的台阶孔碰穿位在前模型腔中形成了一个孤岛，孤岛和前模型腔直角相交，很难清角加工，这里采用了前模镶件。加工时，首先要将此台阶孔修补好。

4) 前模曲面复杂，要设计多个铜公进行清角，为节约成本，各款铜公只设计加工了一个铜公（精公）。加工时要尽量将前模型腔的加工余量加工到最小，减少铜公的损耗。

前模成型的是塑件的外表面，型芯的材料比较硬，加工时要谨慎，减少差错，不能轻易烧焊。前模的加工一般先选取镶硬质合金刀片的大直径圆鼻刀（因这种刀强度高），采用曲面挖槽刀路进行粗加工（留  $0.35\text{mm}$  的余量），然后选取合金刀，采用等高外形刀路进行半精加工（留  $0.2\text{mm}$  的余量），精加工一般选取镶硬质合金刀片的球头刀，采用平行铣削来进行（留  $0.1\text{mm}$  的余量）。由于前模多为型腔面，结构复杂，较难加工，在制造时一般都有与之配套的铜公，以粗加工和半精加工为主，辅以局部曲面精加工。当模具带有分型面和枕位面，要一起加工时，分型面、枕位面加工到位，不留余量。型腔部位留余量  $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ ，以便电火花加工。前模碰穿位、擦穿位可留余量  $0.1\text{mm}$ ，用于前后模配模。至于加工的刀具，考虑到镶硬质合金刀片的圆鼻刀直径大、刚性好、经济耐用，粗加工时多采用大直径的圆鼻刀。精加工时也要尽量采用。

首先，利用铣、平面磨等通用设备先加工出  $120 \times 150 \times 40$  的标准毛坯，要求保证上下面的平行度及四周面之间的相互垂直度。选择相互垂直的三个面作为加工和定位的基准面。为便于辨认基准，要打上字码。在零件的底面钻四个孔并攻螺纹  $M10$ ，用螺钉固定在布满孔阵的装夹固定板上，再将装夹固定板用压板固定在数控机床的工作台上进行加工。

### 1.1.2 图形设计

根据此零件的结构及曲面特点，设计电池盒盖子模具的前模。首先要确定产品的分型面。此套模具的分型面是一平面。

因为客户已经提供了零件的 3D 图。依次点击 File/Converters/IGS/Read file，读入 3D 图形文件。

1) 打开所有图层，点选 All enties，依次点选 Xform/Xform Scale 下拉菜单，出现 Scale 界面，如图 1-5 所示，输入 1.005 后，点选 ，将图形乘以塑胶材料的缩水率。注意：要点选 Copy，将放大后的图形放在新的层。

2) 打开所有图层，点选 All enties，将构图面设置为 Front View。依次点选 Xform/Xform Rotate 下拉菜单，出现 Rotate 界面，如图 1-6 所示。点选 Move 选项，输入  $180^\circ$  后，点选 ，将图形在前视图旋转  $180^\circ$ 。

3) 在 Z0 处绘制  $150 \times 120$  的矩形。依次点选 Create/Surface/Create Ruled/lofted surface，选择矩形边界，绘制分型平面。

4) 此模具分模不算复杂，可以先将分属前、后模的曲面配置不同的颜色。选择好所要求的曲面后，依次点选 Xform/Xform Translate 下拉菜单，出现 Translate 界面，如图 1-7 所示。输入 Z100 后，点选 ，将前模曲面复制并沿 Z 方向移动 100。将此结构放置在新层 QMsurface，并沿 Z 方向移回原位置。

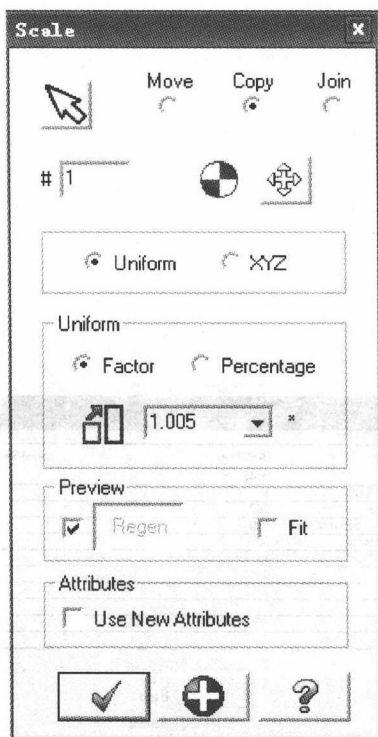


图 1-5 Scale 对话框

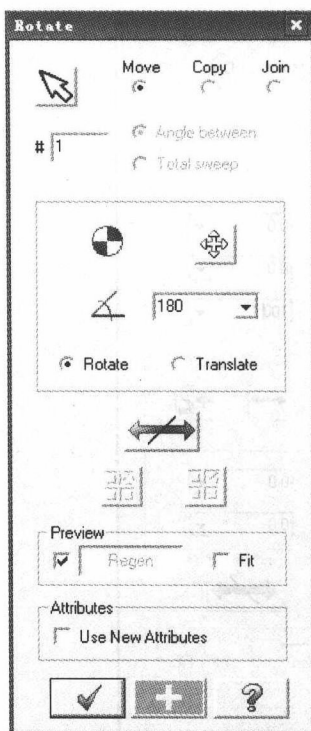


图 1-6 Rotate 对话框

5) 依次点选 Create/Curve/Create curve on one Edge, 选择前模四周的曲面, 绘制曲面边界。因为此边界要作为后续的加工曲线, 所以必须将此曲线修剪圆顺, 不能有断点和重复的曲线。

6) 将构图面设置为 Top View, 将 Z 设置为 0, 选择所绘制的前模型腔的曲面边界, 依次点选 Xform/Xform Project, 用投影剪切法对所绘制的分型平面进行剪切, 得到前模分型面。

7) 前模中台阶孔的顶面是碰穿面, 为便于前模的加工, 要将其修补好。依次点选 Create/Surface/Fill holes with surfaces, 选择前模顶面台阶孔处的边界, 将台阶孔修补好。

8) 依次点选 Create/Curve/Create curve on one Edge, 选择前模顶面, 绘制顶面边界。

9) 依次点选 Create/Surface/Trim surface/Trim surface to curve, 选择前模顶面及上步绘制的曲面边界, 将前模顶面剪切好。

绘图的具体过程这里不详细讲述, 读者可按照上述的方法自行绘制, 结果可见光盘。

图 1-4 所示为前模 3D 图。根据加工要求, 同时绘制了相应的切削曲线及加工边界。绘图进行了分层管理, 分为 6 层, 第一层 curve 绘制了零件 3D 曲面及曲线。第二层 scale1.005 标注了产品乘以塑胶材料的缩水率的符号, 便于备忘。第三层 surface 绘制了肥皂盒的 3D 曲面。第四层 Qmsurfaceforcut 绘制了前模的加工曲面。第五层 curveforcut 绘制了编制刀路时要使用的曲线及加工边界。第六层 Dim 标注了前模的尺寸。层管理图如图 1-8 所示。前模加工曲面及边界图如图 1-4 所示。

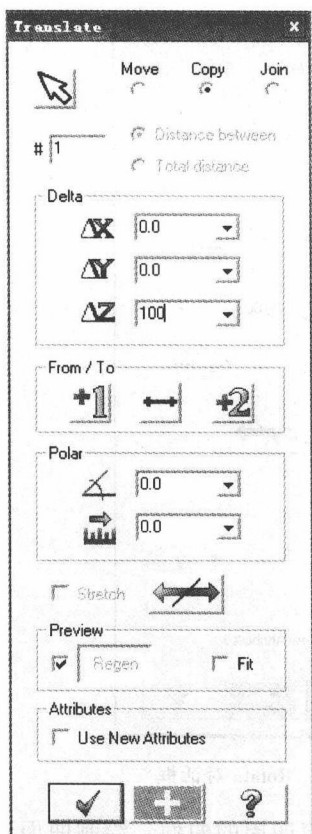


图 1-7 Translate 对话框

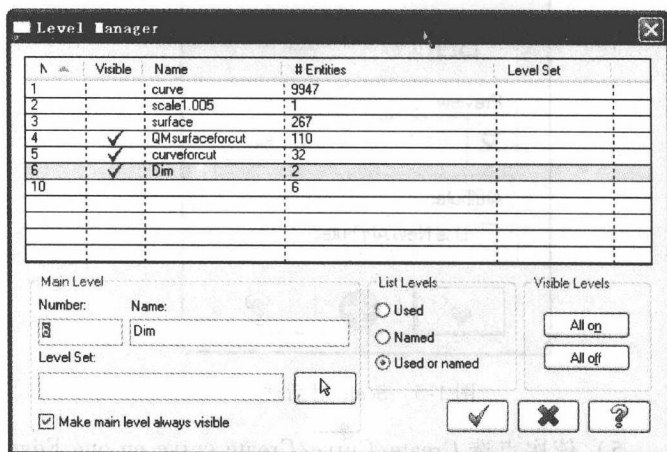


图 1-8 层管理图

图形坐标原点放在前模 XY 方向的中心处，分型面顶面平面的 Z 方向尺寸为 0.0mm。

### 1.1.3 工艺规划

1) 因为毛坯的外形已经在通用机床上加工好，模具的分型面是一平面，这里只需要加工前模的型腔。首先选取  $\phi 12\text{mm}$ 、 $R0.8\text{mm}$  镶方硬质合金刀片的圆鼻刀，用 3D 曲面切槽刀路对前模型腔曲面粗加工。采用相对尺寸，最小加工深度和最大加工深度都设置成 0.2mm。加工余量为 0.35mm。3D 曲面切槽刀路加工时，刀具分层清除曲面与加工范围之间的所有材料，加工完毕的工件表面呈梯田状。刀路计算时间短，刀具切削负荷均匀，加工效率高。其走刀方式最常用的是来回走刀。同其他粗加工刀路加工效率相比，常作为粗加工第一步首选方案。这里选用的硬质合金刀片型号：APMT1135PDEAR，刀片半径  $R0.8\text{mm}$ 。这种刀片可适合重负荷切削，可使用较高的转速和进给量，加工效率高。这里的刀具留出的长度为 50mm。

2) 上一工序所选用的刀具刀粒的直径较大。在前模型腔留下了较大的加工余量。这里选取  $\phi 8\text{mm}$  平底合金刀，用等高外形刀路继续对前模型腔曲面半精加工。采用相对尺寸，最小加工深度和最大加工深度都设置成 0.1mm。Z 方向步距 0.15mm，加工余量 0.2mm。曲面粗、精加工中都有等高外形刀路选项，加工效果相同，通常选用精加工类型。等高外形刀路加工时，刀具沿曲面等高曲线加工，常用平底刀加工完毕后，工件表面呈梯田状。粗加工



阶段常作为第二步刀路，常用于曲面的半精加工及精加工，以小直径刀具去除残料。精加工阶段常用于侧壁外形曲面光刀及清角。

3) 上一工序所选用的刀具的直径也较大。为尽量减少电火花的加工余量，这里选取 $\phi 6\text{mm}$ 平底合金刀，用等高外形刀路继续对前模型腔曲面半精加工。采用相对尺寸，最小加工深度和最大加工深度都设置成 $0.1\text{mm}$ 。Z方向步距为 $0.1\text{mm}$ ，加工余量为 $0.1\text{mm}$ 。

#### 1.1.4 确定毛坯和对刀点

1) 在操作管理器中的 **山** Properties Generic Mill 属性下单击  Stock setup (毛坯设置) 图标，弹出 Machine group properties (加工组属性) 对话框，如图 1-9 所示。

2) 根据图形的尺寸和坐标原点的尺寸，选择合适的数值，单击  按钮。

#### 1.1.5 刀路参数设置

(1) 打开第 4、5 层，关闭其他层。首先选取  $\phi 12\text{mm}$ 、 $R0.8\text{mm}$  镶方硬质合金刀片的圆鼻刀，用 3D 曲面切槽刀路对前模型腔曲面粗加工。

3D 切槽加工是最常用的粗加工方式之一，它能够根据曲面形态自动选取不同的刀具运动轨迹，分层地清除曲面与加工范围之间的所有材料，刀具切削负荷均匀，加工效率高，常常作为第一步粗加工的首选方案。

1) 在屏幕左方刀路操作管理区内（或单击下拉式菜单）单击鼠标右键，依此点选主菜单中的 **Mill toolpaths / Surface rough /**

**Pocket** 命令。依次点选 **All...** 按钮，弹出图 1-10 所示的 Select All 对话框，点选所有曲面，点选  按钮。

2) 系统弹出图 1-11 的 **Toolpath/surface selection** 对话框，在 **Containment** 栏中单击  按钮，弹出 **Chaining** 对话框，用串连方式选择图 1-4 所示的 Chain1，点选  按钮。

3) 选择完毕后，系统弹出 3D 曲面切槽刀路对话框，如图 1-12 所示。在刀具空白栏内单击鼠标右键，在刀具空白栏内单击鼠标右键，在弹出的菜单中选择 **Get tool from library**（从刀具库中选刀）或 **Create new tool**（构建新刀具）选项，进入图 1-13 所示的刀具规格选项卡。

如图 1-13 所示，刀具参数选项，可对刀具的参数进行设置，不同类型的刀具选项卡的内容有所不同，但主要参数都是一样的。以此工序所选的圆鼻刀为例来说明该选项卡各参数的含义。

- ① Diameter: 直径。设置刀具切口的直径。
- ② Corner Radius: 转角直径。设置刀尖圆角半径。
- ③ Flute: 切削刃长度。设置刀具有效切削刃的长度。

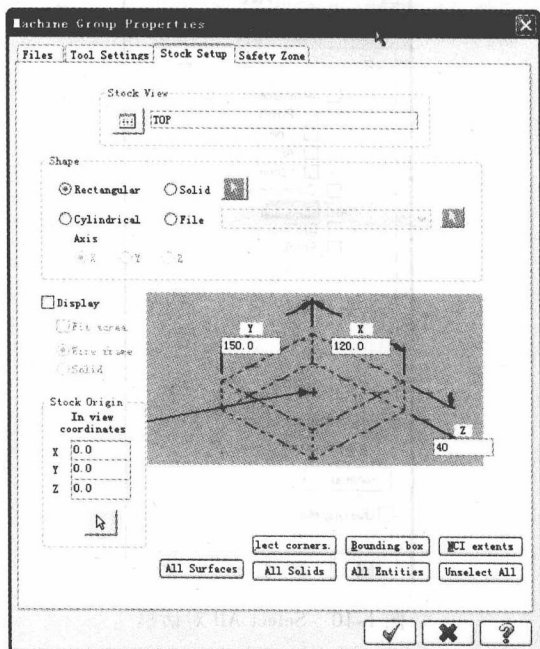


图 1-9 加工组属性对话框

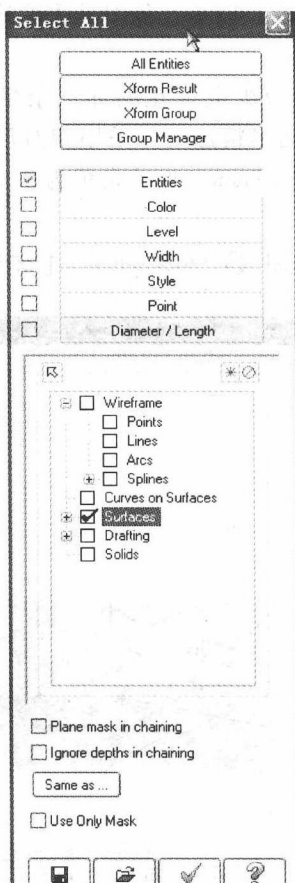


图 1-10 Select All 对话框

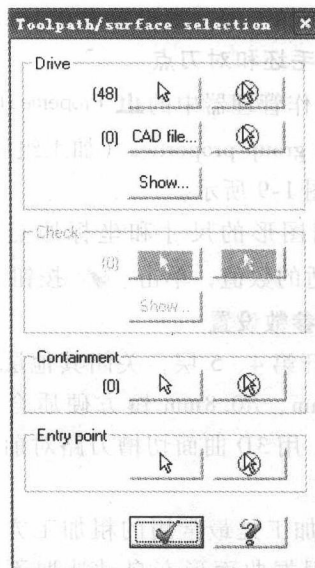


图 1-11 Toolpath/surface selection 对话框

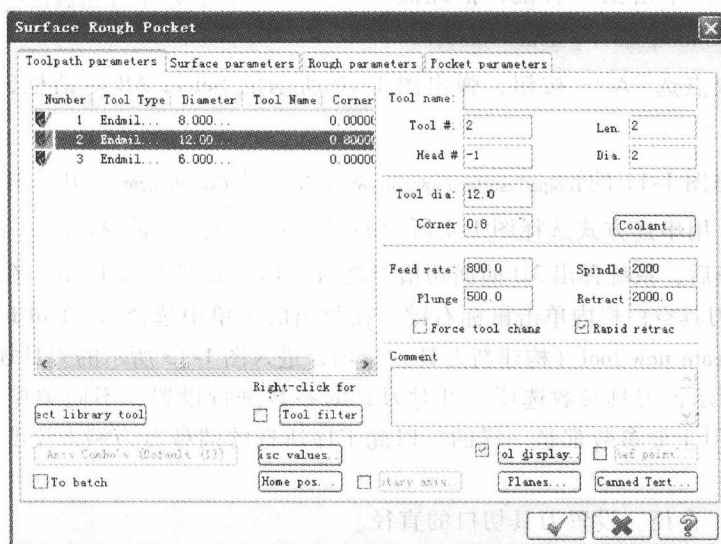


图 1-12 曲面切槽刀路刀具参数



④ Shoulder: 刀刃长度。设置刀具从刀尖到刀尖的长度。

⑤ Overall: 刀长。设置工具到刀尖到夹头底端的长度。

⑥ Arbor: 刀柄直径。设置刀柄直径。

⑦ Holder: 夹头。有两个参数输入框, 一个用来设置夹头直径, 另一个用来设置夹头长度。

⑧ Tool #: 刀具编号。系统按自动创建的顺序给出刀具编号, 用户可以自行设置编号。

⑨ Capable of: 刀具应用场合。用来设置该刀具的应用场合, 可选择 Rough (粗加工)、Finish (精加工)、Both (粗、精加工)。

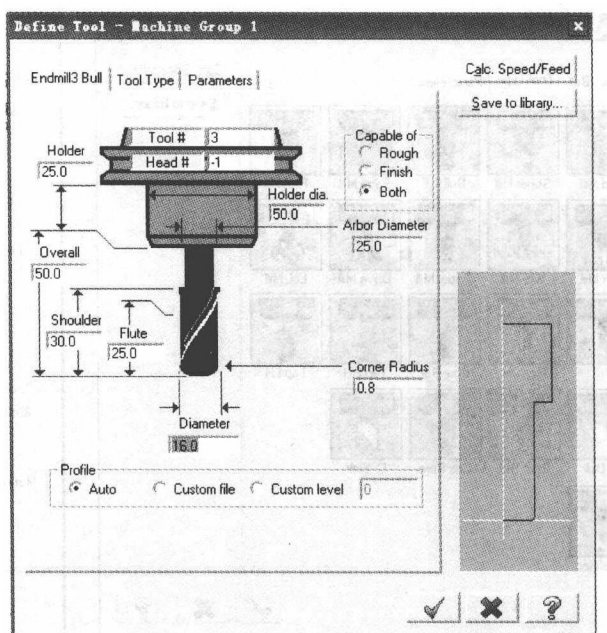


图 1-13 刀具规格选项卡

若要改变刀具类型, 可单击 Tool Type 标签, 在 Tool Type (刀具类型) 选项卡中选择刀具类型后, 系统自动打开该类型刀具参数的选项卡, 如图 1-14 所示。

各刀具类型的名称如下:

End Mill: 平铣刀

Taper Mill: 锥度铣刀

Left-hand tap: 反牙丝锥

Sphere Mill: 球头铣刀

Dove Mill: 燕尾铣刀

Center Drill: 中心钻

Bull Mill: 圆鼻铣刀

Lol. Mill: 圆球形铣刀

Spot Drill: 铇孔钻

Face Mill: 面铣刀

Drill: 钻头

Counter Bore: 沉孔铣刀

Radius Mill: 圆弧铣刀

Reamer: 铰刀

Counter Sink: 锥孔铣刀

Chamfer Mill: 倒角铣刀

Bore bar: 镗刀

Undefined: 未定义

Slot Mill: 槽铣刀

Right-hand tap: 右牙丝锥

在 Define Tools (刀具定义) 对话框中, 选择 Parameter (参数) 选项, 显示图 1-15 所示刀具其他参数设置对话框, 可设置使用该刀具在加工时的进给量、冷却方式等。其主要参数的含义如下:

① Rough XY Step: 粗加工时, 在垂直刀轴方向 (XY 方向) 的每次进给量。该项参数以刀具直径的百分率表示。

② Rough Z step: 在粗加工时, 在刀轴方向 (Z 方向) 每次进给量。

③ Finish XY Step: 精加工时, 在垂直刀轴方向 (XY 方向) 的每次进给量。

④ Finish Z Step: 精加工时, 每次铣削在刀轴方向 (Z 方向) 的进给量。

⑤ Required pilot dia.: 通常用于在攻螺纹、镗孔时, 设置刀具所需的中心孔直径。

⑥ Dia. Offset number/Length Offset number: 当用 CNC 控制器设置刀补参数时, 该值赋予刀补号, 刀补号相当于一个寄存器。

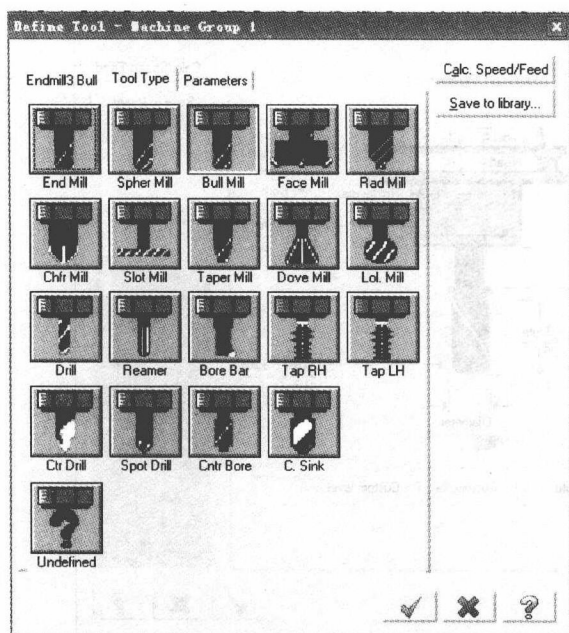


图 1-14 刀具参数的选项卡

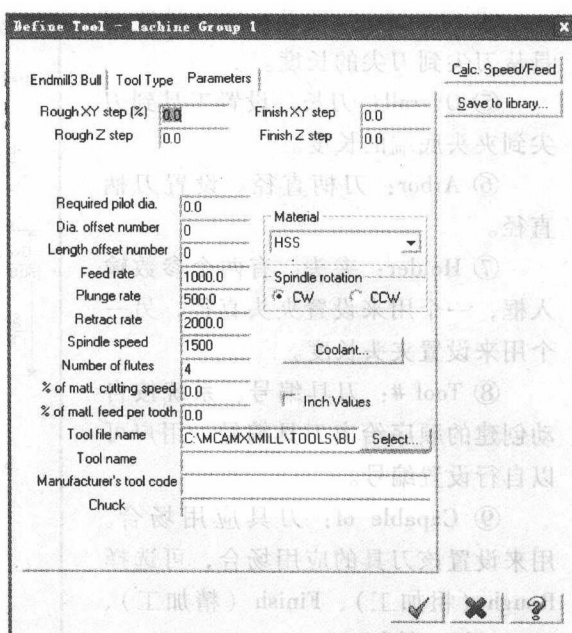


图 1-15 刀具其他参数设置对话框

- ⑦ Feed rate: 进给率参数, 用于控制刀具进给的速度 (in/min, mm/每 min)。
- ⑧ Plunge rate: 进刀进给率, 用于控制刀具快速趋近工件的速度。
- ⑨ Retract rate: 退刀速率, 用于控制刀具快速退刀返回的速度。
- ⑩ Number of flutes: 刀具的刀数, Mastercam 使用该参数去计算进给率。
- ⑪ Spindle rotation: 主轴旋转的方向, 有 CW (顺时针方向)、CCW (反时针旋转)。
- ⑫ Coolant: 设置加工时的冷却方式, 有 Off (不使用切削液)、Flood (液体冷却)、Mist (薄雾喷射冷却)、Tool (经过刀具内部冷却) 4 种方式。
- ⑬ % of matl. cutting: 刀具切削线速度的百分比。
- ⑭ % of matl. Feed: 刀具进刀量的百分比。
- ⑮ Tool file name: 刀具文件名参数。
- ⑯ Tool name: 在选择刀具名显示区文本框输入一刀具名。
- ⑰ Chuck: 夹头参数, 是机床上夹紧刀具的附件。
- ⑱ Material: 设置刀具材料, 系统使用该材料用于计算主轴转速、进给率和插入速率。

MasterCAM 有两种进给率:

- Z 轴进给率 Plunge: 只控制 Z 轴垂直进刀的切削速度。
- XY 进给率 Feed rate: 控制 XY 方向的进给率。

它们分别填在图 1-12 所示的对话框中的 Plunge 和 Feed rate。切削进给率要根据工件的材质、刀具的性能、加工的要求、机床的性能等做出适当的选择。

4) 单击曲面挖槽刀路中 Surface Parameters 对话框, 曲面参数设置如图 1-16 所示。

各主要参数意义如下:

Clearance (安全高度): 刀具快速下移到一个不会碰到工件和卡具的合理高度。在开始进刀前, 刀具快速下移到安全高度才开始进刀, 加工完成后退回至安全高度。