



# 模具数控加工

## —PowerMILL 6.0

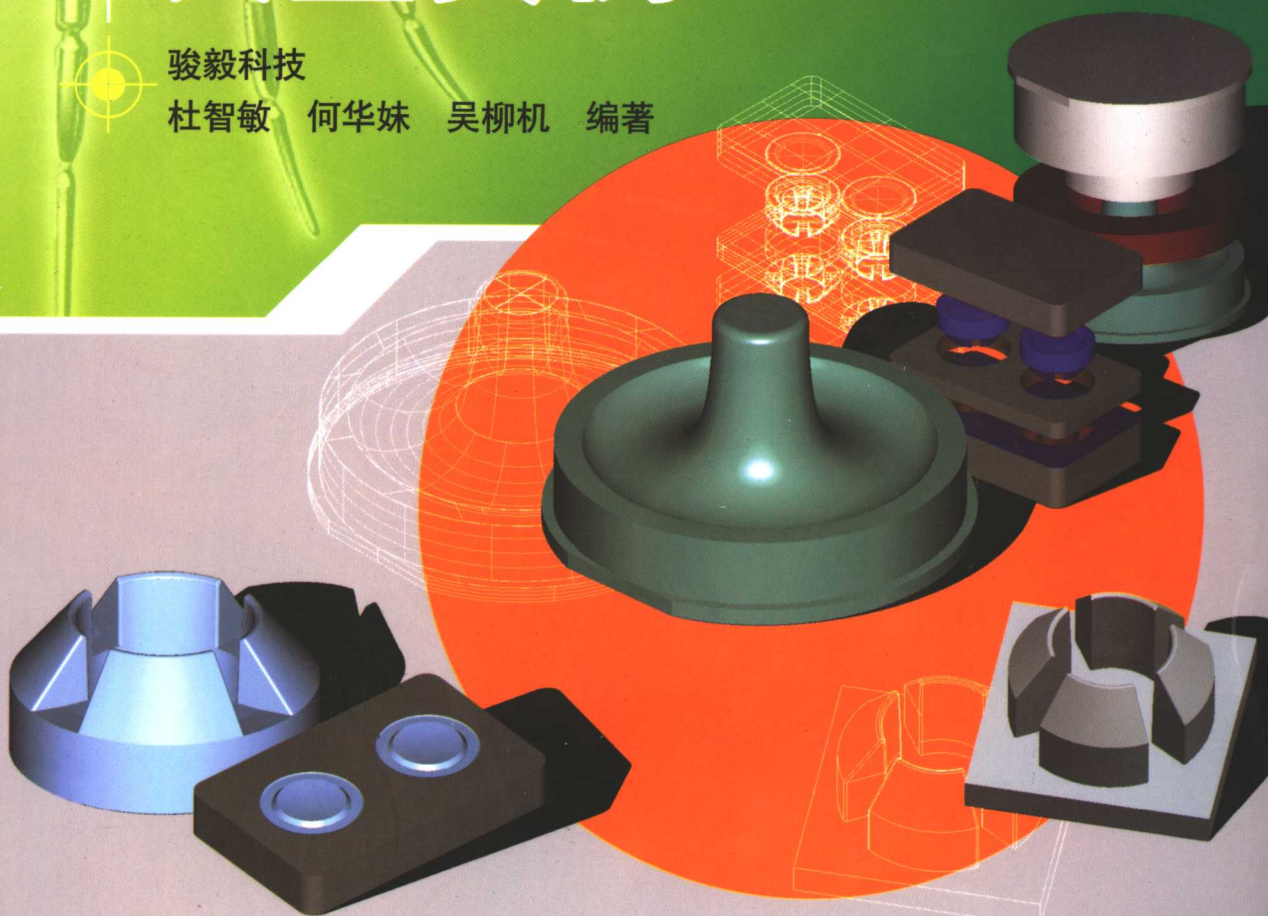
中文版

### 典型实例



骏毅科技

杜智敏 何华妹 吴柳机 编著



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 模具数控加工

## —PowerMILL 6.0

中文版

### 典型实例

骏毅科技

杜智敏 何华妹 吴柳机 编著

江苏工业学院图书馆  
藏书章



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

## 图书在版编目 (CIP) 数据

模具数控加工: PowerMILL 6.0 中文版典型实例 / 杜智敏, 何华妹, 吴柳机编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2006.7

ISBN 7-115-14883-X

I. 模... II. ①杜...②何...③吴... III. 模具—数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, PowerMILL 6.0 IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 065697 号

## 内 容 提 要

本书通过大量实例, 结合工厂实际加工流程, 详细地讲解了 PowerMILL 6.0 在模具 (型芯、型腔、镶件和铜公) 数控加工方面的应用, 同时对模具结构的成型原理、材料的性能, 以及数控加工中经常遇到的问题等进行了综合分析。

本书内容翔实, 图文并茂, 选例典型, 针对性强, 配合教学范例和动画演示光盘, 能够帮助读者快速、全面地掌握 PowerMILL 6.0 的编程方法和技巧。

本书适合对 PowerMILL 6.0 已有所了解, 想进一步提高模具数控加工水平的读者阅读, 也可作为从事数控编程与加工的工程设计人员及高等院校相关专业师生的参考书。

## 模具数控加工——PowerMILL 6.0 中文版典型实例

- ◆ 编 著 骏毅科技 杜智敏 何华妹 吴柳机  
责任编辑 李永涛
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京顺义振华印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 20  
字数: 487 千字 2006 年 7 月第 1 版  
印数: 1—5 000 册 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14883-X/TP · 5474

定价: 38.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223

### 内容和特点

PowerMILL 是 Delcam 公司开发的世界领先的 CAM 系统之一, 其功能强大, 易学易用, 可快速、准确地产生能最大限度发挥 CNC 数控机床生产效率、无过切的粗加工和精加工刀具路径, 确保生产出高质量的零件和模具, 应用前景非常广泛。

本书通过大量实例, 结合工厂实际加工流程, 详细地讲解了 PowerMILL 6.0 在模具(型芯、型腔、镶件和铜公)数控加工方面的应用, 同时对模具结构的成型原理、材料的性能以及数控加工中经常遇到的问题等进行了综合分析。

全书共分 7 章, 各章内容简要介绍如下。

- 第 1 章: 主要介绍了数控加工铣削刀具和数控加工流程。
- 第 2 章: 主要介绍了塑料模具加工类型和参数选择, 以及加工型腔、型芯、电极和镶件的注意事项。
- 第 3 章: 主要介绍了 NC 程序的产生和修改编辑, 以及实际加工过程中的编程技巧及经验。
- 第 4 章: 主要以饮水机上盖的模具结构为例, 综合采用 PowerMILL 6.0 进行编程加工。
- 第 5 章: 主要以抽风机外壳的模具结构为例, 综合采用 PowerMILL 6.0 进行编程加工, 以及拆分铜公。
- 第 6 章: 主要以家电配件外壳的模具结构为例, 综合采用 PowerMILL 6.0 进行编程加工, 以及拆分铜公。
- 第 7 章: 主要以汽车配件的模具结构为例, 综合采用 PowerMILL 6.0 进行编程加工, 以及拆分铜公。

### 读者对象

本书适合已经掌握了 PowerMILL 6.0 的编程方法, 想进一步提高模具加工水平的读者阅读, 也可作为从事数控编程与加工的工程设计人员以及高等院校相关专业师生的参考书。

### 附盘内容及用法

为了便于读者学习, 本书附带一张光盘, 收录了书中范例的动画演示文件、素材文件、编程结果文件及相关章节中的练习题文件。

光盘的主要内容和使用方法介绍如下。

- 本书光盘分为 5 个部分, 分别为操作范例、范例编程结果、教学演示、练习

题和 PowerMILL 后处理格式。建议读者先将光盘内容复制到硬盘上，然后再进行相关操作。

- “操作范例”文件夹中包含了本书所有的操作范例文件，读者可以根据书中相关章节中的内容进行操作。
- “范例编程结果”文件夹中包含了本书所有的操作范例编程结果文件，读者可以直接将其打开，然后进行动态模拟和仿真加工，或了解参数的设置。
- “教学演示”文件夹中包含了本书所有操作范例的动画演示文件（\*.avi 格式），动画演示文件名称和书中的文件名称对应。读者可以用 Windows 系统自带的播放工具进行播放。
- “练习题”文件夹中收录了本书相关章节的练习文件，读者可以根据书中练习提示打开练习题文件进行练习。
- “PowerMILL 后处理格式”文件夹中放置了 7 种常用机床的后处理文件格式，采用这 7 种后处理文件格式生成的 NC 程序可以直接应用于对应型号的机床，而不需要再进行后续编辑。
- “操作范例”、“范例编程结果”和“练习题”中 PowerMILL 文件须用 PowerMILL 6.0 以上版本才能打开。

注意：播放动画演示文件前要安装光盘根目录下的“tscc.exe”插件。

本书由杜智敏、何华妹和吴柳机编写。杜志伦等骏毅科技成员为本书的编写付出了辛勤的劳动，在此一并致谢。由于作者水平有限，书中难免会有疏漏，敬请读者批评指正。

感谢您选择了本书，也请您把对本书的意见和建议告诉我们。

骏毅科技网站 <http://www.cadcammould.com>，电子信箱 [jycadcammold@163.com](mailto:jycadcammold@163.com)。

**骏毅科技**

2006 年 6 月

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 塑料模具数控加工基础</b>      | <b>1</b>  |
| 1.1 塑料模具数控加工的特点              | 2         |
| 1.2 塑料模具数控加工铣削刀具             | 2         |
| 1.2.1 铣削刀具的类型与选用             | 2         |
| 1.2.2 铣削刀具的使用注意事项            | 5         |
| 1.2.3 平面铣削加工刀具各部分的作用         | 6         |
| 1.2.4 平面铣削和球刀加工的计算方式         | 8         |
| 1.2.5 立铣刀各部分的名称和刃数           | 11        |
| 1.3 塑料模具数控加工流程及注意要点          | 13        |
| 1.3.1 加工顺序的安排                | 13        |
| 1.3.2 划分加工工序                 | 14        |
| 1.3.3 装夹工件                   | 14        |
| 1.3.4 分中和对刀                  | 15        |
| 1.3.5 确定工件原点、编程原点与机械原点       | 16        |
| 1.3.6 确定切削用量、主轴转速、切削速度和安全高度  | 17        |
| 1.3.7 顺铣和逆铣的特点及选用原则          | 18        |
| 1.3.8 加工过程中的监控与调整            | 19        |
| 1.4 学习回顾                     | 20        |
| 1.5 练习题                      | 20        |
| <b>第 2 章 塑料模具加工参数选择与注意事项</b> | <b>23</b> |
| 2.1 加工类型及参数选择                | 24        |
| 2.1.1 加工类型选择                 | 24        |
| 2.1.2 加工参数选择                 | 25        |
| 2.2 实际加工注意事项                 | 26        |
| 2.2.1 型腔加工注意事项               | 27        |
| 2.2.2 型芯加工注意事项               | 27        |
| 2.2.3 铜公(电极)加工注意事项           | 27        |
| 2.2.4 其他注意事项                 | 29        |
| 2.3 学习回顾                     | 30        |
| 2.4 练习题                      | 30        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第 3 章 刀具路径后处理</b>       | 31  |
| 3.1 NC 程序介绍                | 32  |
| 3.1.1 NC 程序解释              | 32  |
| 3.1.2 常用准备机能（G 代码）的应用      | 33  |
| 3.1.3 常用辅助机能（M 代码）的应用      | 37  |
| 3.2 NC 程序文件的生成             | 38  |
| 3.2.1 NC 程序参数设置            | 39  |
| 3.2.2 产生 NC 程序             | 41  |
| 3.3 NC 程序文件的修改             | 44  |
| 3.4 学习回顾                   | 48  |
| 3.5 练习题                    | 48  |
| <b>第 4 章 饮水机上盖模具结构编程加工</b> | 49  |
| 4.1 饮水机上盖模具结构              | 50  |
| 4.2 饮水机上盖型芯编程加工            | 50  |
| 4.2.1 工艺规划                 | 50  |
| 4.2.2 型芯编程参数设置             | 51  |
| 4.2.3 仿真加工与产生 NC 程序        | 64  |
| 4.2.4 填写加工程序单              | 67  |
| 4.3 饮水机上盖型腔编程加工            | 69  |
| 4.3.1 工艺规划                 | 69  |
| 4.3.2 型腔编程参数设置             | 69  |
| 4.3.3 仿真加工与产生 NC 程序        | 81  |
| 4.3.4 填写加工程序单              | 83  |
| 4.4 饮水机上盖镶件编程加工            | 85  |
| 4.4.1 工艺规划                 | 85  |
| 4.4.2 镶件编程参数设置             | 85  |
| 4.4.3 仿真加工与产生 NC 程序        | 96  |
| 4.4.4 填写加工程序单              | 98  |
| 4.5 学习回顾                   | 100 |
| 4.6 练习题                    | 100 |
| <b>第 5 章 抽风机外壳模具结构编程加工</b> | 101 |
| 5.1 抽风机外壳模具结构              | 102 |
| 5.2 抽风机外壳型腔编程加工            | 102 |
| 5.2.1 工艺规划                 | 102 |
| 5.2.2 型腔编程参数设置             | 103 |
| 5.2.3 仿真加工与产生 NC 程序        | 128 |
| 5.2.4 填写加工程序单              | 131 |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 5.3 抽风机外壳型腔铜公编程加工.....           | 133        |
| 5.3.1 工艺规划.....                  | 133        |
| 5.3.2 拆分型腔铜公.....                | 133        |
| 5.3.3 铜公编程参数设置.....              | 137        |
| 5.3.4 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 145        |
| 5.3.5 填写加工程序单.....               | 147        |
| 5.4 抽风机外壳型芯编程加工.....             | 148        |
| 5.4.1 工艺规划.....                  | 148        |
| 5.4.2 型芯编程参数设置.....              | 148        |
| 5.4.3 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 160        |
| 5.4.4 填写加工程序单.....               | 162        |
| 5.5 学习回顾.....                    | 164        |
| 5.6 练习题.....                     | 164        |
| <b>第 6 章 家电配件外壳模具结构编程加工.....</b> | <b>165</b> |
| 6.1 家电配件外壳模具结构.....              | 166        |
| 6.2 家电配件外壳型芯编程加工.....            | 166        |
| 6.2.1 工艺规划.....                  | 166        |
| 6.2.2 型芯编程参数设置.....              | 167        |
| 6.2.3 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 185        |
| 6.2.4 填写加工程序单.....               | 188        |
| 6.3 家电配件外壳型腔编程加工.....            | 189        |
| 6.3.1 工艺规划.....                  | 190        |
| 6.3.2 型腔编程参数设置.....              | 190        |
| 6.3.3 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 206        |
| 6.3.4 填写加工程序单.....               | 208        |
| 6.4 家电配件外壳型腔铜公 1 编程加工.....       | 210        |
| 6.4.1 工艺规划.....                  | 210        |
| 6.4.2 拆分型腔铜公 1.....              | 210        |
| 6.4.3 铜公 1 编程参数设置.....           | 216        |
| 6.4.4 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 224        |
| 6.4.5 填写加工程序单.....               | 226        |
| 6.5 家电配件外壳型腔铜公 2 编程加工.....       | 227        |
| 6.5.1 工艺规划.....                  | 227        |
| 6.5.2 拆分型腔铜公 2.....              | 228        |
| 6.5.3 铜公 2 编程参数设置.....           | 237        |
| 6.5.4 仿真加工与产生 NC 程序.....         | 248        |
| 6.5.5 填写加工程序单.....               | 251        |
| 6.6 学习回顾.....                    | 252        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 6.7 练习题 .....                   | 252        |
| <b>第 7 章 汽车配件模具结构编程加工 .....</b> | <b>253</b> |
| 7.1 汽车配件模具结构 .....              | 254        |
| 7.2 汽车配件型芯编程加工 .....            | 254        |
| 7.2.1 工艺规划 .....                | 254        |
| 7.2.2 型芯编程参数设置 .....            | 255        |
| 7.2.3 仿真加工与产生 NC 程序 .....       | 268        |
| 7.2.4 填写加工程序单 .....             | 270        |
| 7.3 汽车配件型芯铜公编程加工 .....          | 272        |
| 7.3.1 工艺规划 .....                | 272        |
| 7.3.2 拆分型芯铜公 .....              | 272        |
| 7.3.3 铜公编程参数设置 .....            | 277        |
| 7.3.4 仿真加工与产生 NC 程序 .....       | 291        |
| 7.3.5 填写加工程序单 .....             | 293        |
| 7.4 汽车配件型腔编程加工 .....            | 295        |
| 7.4.1 工艺规划 .....                | 295        |
| 7.4.2 型腔编程参数设置 .....            | 295        |
| 7.4.3 仿真加工与产生 NC 程序 .....       | 305        |
| 7.4.4 填写加工程序单 .....             | 307        |
| 7.5 学习回顾 .....                  | 309        |
| 7.6 练习题 .....                   | 309        |



## 第1章 塑料模具数控加工基础

---

### 主要内容

- 📖 塑料模具数控加工的特点
- 📖 塑料模具数控加工铣削刀具
- 📖 塑料模具数控加工流程及注意要点
- 📖 学习回顾
- 📖 练习题

## 1.1 塑料模具数控加工的特点

数控加工技术是现代先进制造技术的一个重要组成部分，在现代模具制造业中具有重要作用。掌握先进的数控加工技术是模具专业人才适应社会飞速发展的关键。下面将着重介绍塑料模具数控加工的特点。

塑料模具制造是典型的单件小批量生产，以前主要采用普通手动设备进行生产，遇到复杂自由曲面或难以加工部分就采用仿形铣床与电火花机床进行生产。但由于仿形铣床加工精度较低，增加了抛光工作量和时间，且制作仿形增加了生产费用和时间，所以现代塑料模具厂几乎都采用 CNC 机床、加工中心或者 CNC 电火花加工设备进行塑料模具的生产。由于采用了 CNC 机床和加工中心等先进设备，模具的交货期限大大缩短，生产成本也降低了。

数控高速铣削加工在塑料模具制造业也起到至关重要的作用，一是采用高转速的加工，使刀具在切削时与工件材料接触的时间很短，所以产生的切削热也相当低；二是切削加工过程中刀具所受的切削力小，从而提高了刀具的使用寿命并降低了机床的维护成本；三是可以进行精度较高的薄壁零件加工；四是加工后的零件表面粗糙度可达到  $Ra0.2\mu m$  的精度，从而减少了抛光占用的时间。

在塑料模具成形零件的整个制造过程当中，利用 CAM 软件在数控程序编制好后，先在计算机上模拟加工过程，以检验数控程序的正确性。在确认数控程序没有错误后，可通过与计算机连接的局域网，直接数控（DNC）方式将数控程序传送至选定的 CNC 机床或加工中心上，然后便可以进行加工。

不难看出，CNC 制造加工对现代塑料模具制造效率、精度等方面的提高，起到了至关重要的作用。

## 1.2 塑料模具数控加工铣削刀具

与普通机床加工相比，数控加工对刀具提出了更高的要求，不仅需要刀具的刚性好、精度高，而且要求刀具尺寸稳定、耐用度高，断屑及排屑性能好，同时要安装调整方便。这就需要选用新型高速和超细粒度硬质合金等优质材料并经过几何参数优化的刀具。

### 1.2.1 铣削刀具的类型与选用

切削刀具选择合理与否，直接决定了加工质量和加工效率。刀具的选择是在数控编程的人机交互状态下进行的，应根据加工材料性能、切削量、工件结构形状、加工方式、机床加工能力和承受负荷，以及其他相关因素选择刀具。刀具选择总的原则是安装调整方便、刚性好、耐用度和精度高。在满足加工要求的前提下，尽量选择较短的刀柄，以提高刀具加工的刚性。

数控切削刀具为了适应数控机床高速、高效和自动化程度高等特点，可分为整体式和镶嵌式两种，如图 1-1 所示。整体式刀具的刀刃与刀柄连接为一体，该类型刀具在早期是应用最广泛、最有效的切削刀具。镶嵌式刀具是通过通用刀具、通用连接刀柄及少量专用刀柄连接而成的，该类型刀具成为切削刀具中的主流，在数量上达到整个数控刀具的 30%~40%，

金属切除量占总数的 80%~90%。图 1-2 和 1-3 所示为常用的镶嵌式铣削刀具和刀把种类及其安装方法。

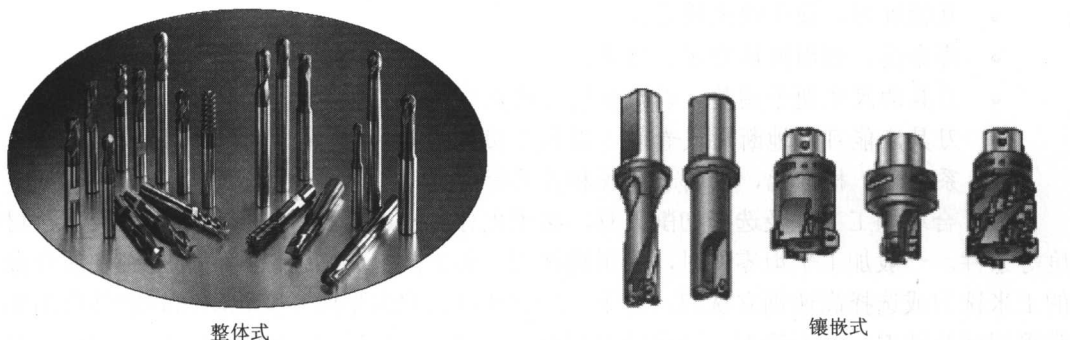


图1-1 刀具分类

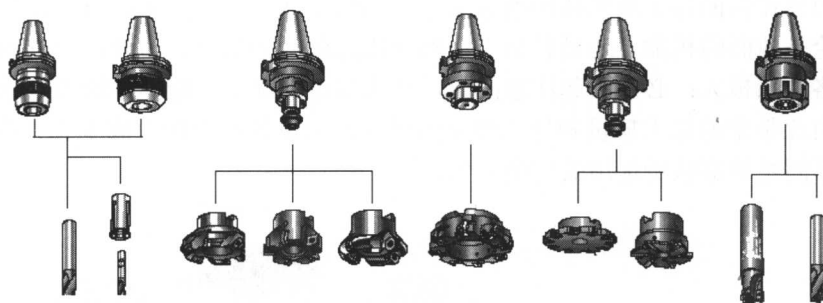


图1-2 镶嵌式铣削刀具和刀把种类

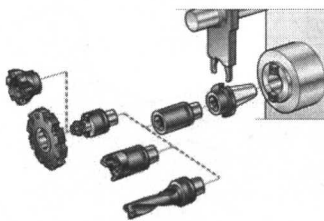


图1-3 镶嵌式铣削刀具的安装方法

**提示：**由于立铣刀与刀夹之间存在微小间隙，所以在加工过程中刀具有可能出现振动现象。振动会使切削力不均匀，影响加工精度和刀具的使用寿命。但当加工出的沟槽宽度偏小时，也可以有目的地使刀具振动，通过增大切削量来获得所需槽宽；在这种情况下应将立铣刀的最大振幅限制在 0.02mm 以下，否则无法进行稳定的切削。在正常加工中立铣刀的振动越小越好。

**提示：**当出现刀具振动时，应考虑降低切削速度和进给速度，如两者都已降低 40%后仍存在较大振动，则应考虑减小吃刀量。

**提示：**如果加工系统出现共振，其原因可能是切削速度过高、刀具系统刚性不足、工件装夹力不够以及工件形状或工件装夹方法等因素所致。此时应采取调整切削用量、增加刀具系统刚度、提高进给速度等措施。

在实际模具生产加工当中，对数控切削刀具具有许多要求，主要表现在以下几点：

- 刚性好（尤其是粗加工刀具）、精度高、抗振及热变形小；
- 互换性好，便于快速换刀；
- 寿命高，切削性能稳定、可靠；
- 刀具的尺寸便于调整，以减少换刀调整时间；
- 刀具应能可靠地断屑或卷屑，以利于切屑的排除；
- 系列化、标准化，以利于编程和刀具管理。

为了合理加工工件及选择切削刀具，必须先分析被加工工件的形状、尺寸大小、材料硬度等条件。一般加工平坦零件时，采用端铣刀。加工凸台、凹槽时，可选择镶硬质合金刀片的玉米铣刀或选择高速钢立铣刀。对于一些立体自由曲面型面和变化斜角轮廓外形的加工，常采用球头铣刀、环形铣刀、锥形铣刀和盘形铣刀。在进行自由曲面加工时，球头刀具的端部切削速度为零，为保证加工精度，切削间距一般取得很密，所以球头刀具常用于曲面的精加工。圆角刀具在表面加工质量和切削效率方面都优于球头刀，因此，只要在保证不过切的前提下，无论是曲面的粗加工还是精加工，都应优先选择圆角刀。另外，刀具的耐用度和精度与刀具价格关系极大；必须引起注意的是，在大多数情况下，选择好的刀具虽然增加了刀具成本，但由此带来的加工质量和加工效率的提高，可以使整个加工成本大大降低。图 1-4 所示为根据不同结构形状所选用的切削刀具。

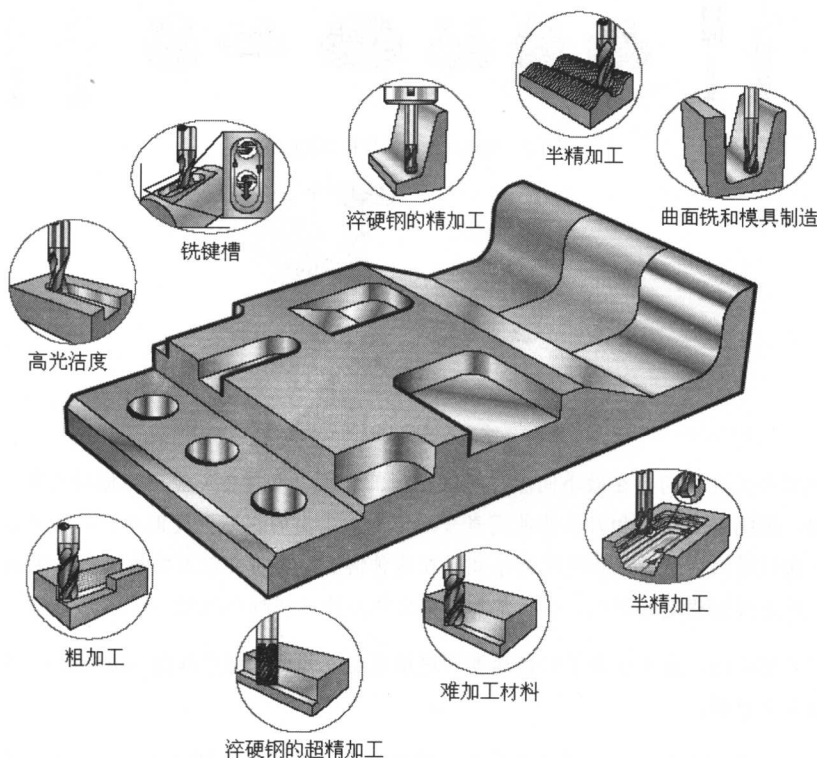


图1-4 根据不同结构形状所选用的切削刀具

在模具零件数控加工当中，一般需要划分粗加工、半精加工和精加工工序，如图 1-5 所示。粗加工时选择大刀具大切削量，其切削量一般为 1~5mm；半精加工时选择比粗加工小

的刀具，其切削量一般为  $0.3 \sim 1\text{mm}$ ；精加工时选择小于零件最小位置尺寸的刀具，其切削量一般在  $0.5\text{mm}$  以下。

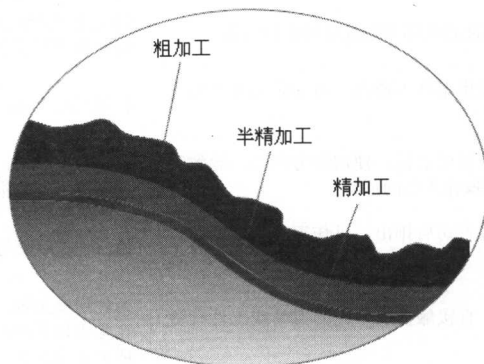


图1-5 加工工序

在经济型数控加工中，由于刀具的刃磨、测量和更换等多为人工手动进行，占用辅助时间较长，因此，必须合理安排刀具的排列顺序。一般应遵循以下原则：

- 尽量减少刀具数量；
- 一把刀具装夹后，应完成其所能进行的所有加工部位的加工；
- 粗、精加工的刀具应分开使用，即使是相同尺寸规格的刀具；
- 先铣后钻；
- 先进行曲面精加工，后进行二维轮廓精加工；
- 在可能的情况下，应尽可能利用数控机床的自动换刀功能，以提高生产效率。

刀具直径的选取：粗加工时根据工件特点尽量选取较大直径的刀具，能加大切削用量，提高粗加工效率。精加工时，根据轮廓最小圆角，选用小于圆角的刀具，从而提高加工表面的质量。刀具直径如图 1-6 所示。

刀角半径的选取：球刀或圆角刀的刀尖圆角，应根据轮廓周边的过渡圆角设定，以避免过切现象发生。刀具半径如图 1-7 所示。

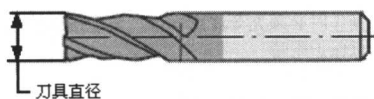


图1-6 刀具直径

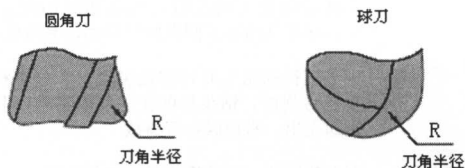


图1-7 刀角半径

## 1.2.2 铣削刀具的使用注意事项

使用铣削刀具必须明确其用途和安装方法等因素，避免事故的发生。表 1-1 所示为铣削刀具的使用注意事项。



表 1-1 铣削刀具的使用注意事项

| 刀具种类         | 事故原因                                                         | 清除方法                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 所有切削刀具       | 由于刀刃很锋利，因此直接用手触及有碰伤的可能                                       | 特别是从套壳中取出时或将刀具安装在机床上时，请使用手套等保护用品                                          |
|              | 使用错误的方法或使用条件不恰当，可导致刀具破损飞出，造成碰伤的危险                            | 请使用安全罩，保护眼睛                                                               |
|              | 由于冲击负荷，刀具过度磨损，使切削力剧增，导致刀具破损飞溅，有伤害操作人员的危险                     | 请使用安全罩，保护眼睛<br>请及时更换磨损的刀具                                                 |
|              | 高温的切屑飞溅及过长切屑排出，可伤害（包括烫伤）操作人员                                 | 请用保护手套等保护用具                                                               |
|              | 切削过程产生高温，直接触摸加工完的刀具或工件有烫伤的危险                                 | 请使用安全罩，保护眼睛<br>在除去切屑时应关停机床，并带上手套利用钳子或夹子等工具                                |
|              | 切削中产生的火花和剧烈摩擦的刀具产生的高温及高温切屑，都有可能引发火灾                          | 易燃易爆物应远离切削区<br>在使用非水溶性切削液时应采用防火措施                                         |
|              | 在高速旋转时，如机床夹具等平衡性能差，会产生振动及颤振，使刀具破碎而发生危险                       | 请使用安全罩，保护眼睛<br>必须对机床进行试运转，并确认没有振动或颤振等异常声音再正式操作                            |
| 切削刀具（带可转位刀片） | 工件上产生毛刺等缺陷，直接用手触摸有受伤的危险                                      | 请不要裸手触摸工件                                                                 |
|              | 若未把刀片与有关零件夹紧，在切削中有脱落或飞出的可能，造成伤害事故                            | 安装刀片的定位面和紧固零件，不允许有杂物粘附，应仔细检查后认为可靠再安装刀片<br>请使用附带的专用扳手夹固刀片与零件，专用扳手决不允许作其他用途 |
|              | 用通用套筒扳手等辅助工具时，若夹紧力太大，刀片会产生微裂纹等缺陷，产生事故隐患                      | 只允许用附带的专用扳手夹紧刀片等零件                                                        |
| 各种铣刀及其他旋转刀具  | 刀具高速旋转时，由于离心力，刀片有可能飞出                                        | 请参照刀具产品的使用说明书和样本，在推荐的范围内使用                                                |
|              | 铣刀类刀具，由于刃口锋利直接用手触摸可能碰伤手                                      | 请用保护手套等保护用具                                                               |
| 钻头           | 刀具因偏心旋转和不平衡等因素引起颤振、振动等并由于刀具破碎而飞溅，会造成伤害事故                     | 旋转速度按推荐的条件选择<br>为防止因轴承磨损引起的偏心回转振动等，应定期检查回转部分精度和调整平衡                       |
|              | 工件旋转加工通孔时，当钻通时切削部分常会高速飞出，这种飞出物呈圆盘状且锋利，易造成事故                  | 请使用安全罩等保护用具，并在夹持部分装上外罩                                                    |
| 焊接刀具         | 极小直径的钻头其顶部是尖形，十分锐利，用手接触不小心易刺伤。钻头折断在工件内将难以取出，还有可能折断飞出。易造成伤害事故 | 操作时必须充分注意安全，请使用保护手套，注意保护眼睛                                                |
|              | 有刀片脱落、破碎造成受伤的危险性                                             | 使用前要确认已牢靠焊上                                                               |
| 其他           | 在规定用途以外使用时，会导致机床或刀具的损坏，非常危险                                  | 请遵守规定的使用方法                                                                |

1.2.3 平面铣削加工刀具各部分的作用

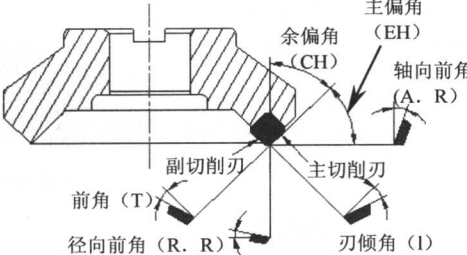
编程人员必须了解刀具各部分的作用，以便编程时可以根据模具结构有效地确定使用哪一类型的刀具。合理选用切削刀具不但可以提高加工效率和质量，而且还可以缩短整个加工

周期。

## 一、平面铣刀切削刃各角度的功能

表 1-2 所示为平面铣刀切削刃各角度的功能。

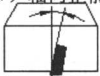
表 1-2 平面铣刀切削刃各角度的功能

| 平面铣削刀具功能表达                                                                        | 名称   | 代号  | 功能           | 效果                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|-----|--------------|-----------------------------------|
|  | 轴向前角 | A.R | 决定切屑排出方向     | 正角时，切削性能好                         |
|                                                                                   | 径向前角 | R.R | 决定切削刃锋利程度    | 负角时，切屑排出性能良好                      |
|                                                                                   | 余偏角  | CH  | 决定切削厚度       | 角度大时，切削厚度变薄，切削时冲击力小，但背向力大         |
|                                                                                   | 前角   | T   | 决定实际切削刃锋利的程度 | 正角时，切削性能好，切屑难熔附；负角时，切削性能差，但切削刃强度高 |
|                                                                                   | 刃倾角  | I   | 决定切屑排出方向     | 正角大时，排屑性能良好，但切削刃强度低               |

## 二、基本刃形

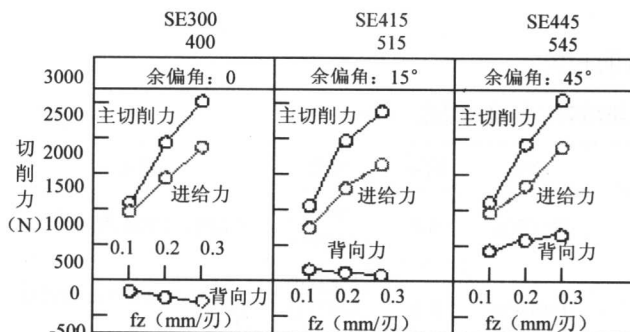
表 1-3 所示为平面铣刀的基本刃形。

表 1-3 平面铣刀的基本刃形

| 前角的正负                                                                                 |                 |                      | 基本刃形      |                                                                                                                       |                                                                                                                        |                                                                                                                        |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 负角型<br>前角 (负)<br>(-)                                                                  | 中性型<br>前角<br>0° | 正角型<br>前角 (正)<br>(+) | 基本刃形的组合   | (+) 轴向正前角<br><br>双重正角刃型<br>(DP 刃型) | (-) 轴向负前角<br><br>双重负角刃型<br>(IN 刃型) | (+) 轴向正前角<br><br>正角型刀片<br>(NP 刃型) |       |
| <ul style="list-style-type: none"><li>● 刀尖先接触切削刃称正前角</li><li>● 刀尖后接触切削刃称负前角</li></ul> |                 |                      |           | 轴向前角(A.R)                                                                                                             | 正 (+)                                                                                                                  | 负 (-)                                                                                                                  | 正 (+) |
|                                                                                       |                 |                      | 径向前角(R.R) | 正 (+)                                                                                                                 | 负 (-)                                                                                                                  | 负 (-)                                                                                                                  |       |
|                                                                                       |                 |                      | 刀片规格      | 正角型刀片<br>(单面使用)                                                                                                       | 负角型刀片<br>(双面使用)                                                                                                        | 正角型刀片<br>(单面使用)                                                                                                        |       |
|                                                                                       |                 |                      | 工件材料      | 钢                                                                                                                     | ●                                                                                                                      | —                                                                                                                      | ●     |
|                                                                                       |                 |                      |           | 铸铁                                                                                                                    | —                                                                                                                      | ●                                                                                                                      | ●     |
|                                                                                       |                 |                      |           | 轻合金                                                                                                                   | ●                                                                                                                      | —                                                                                                                      | —     |
|                                                                                       |                 |                      |           | 难加工材料                                                                                                                 | ●                                                                                                                      | —                                                                                                                      | ●     |

●：表示选用。—：表示不选用。

### 三、余偏角 (CH) 与切削特性

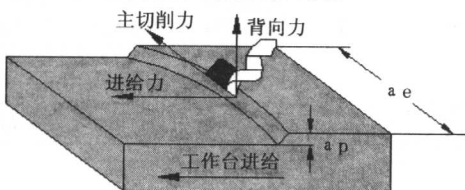


工件材料: SCM440 (HB281)

刀具:  $\phi 125$  mm 单刃

切削条件:  $vc=125.6$  m/min  $ap=4$  mm  $ae=110$  mm

不同刃形切削力的比较



主切削力: 与面铣刀回转方向相反的力

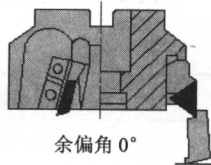
背向力: 在轴向反推面铣刀的力

进给力: 抵抗工作台进给的力

余偏角

0°

背向力是相反方向的作用力。工件夹紧刚性差时, 背向力会使工件抬起。

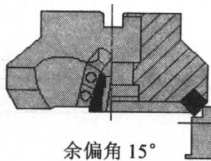


余偏角 0°

余偏角

15°

加工薄壁工件等刚性差的工件时, 推荐余偏角为 15° 的面铣刀。

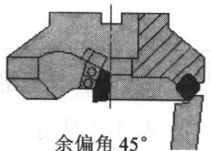


余偏角 15°

余偏角

45°

背向力最大。加工薄壁零件时, 工件会发生挠曲, 导致加工精度下降。切削铸铁时, 有利于防止工件边缘产生崩落。



余偏角 45°

## 1.2.4 平面铣削和球刀加工的计算方式

通过平面铣削和球刀加工的计算, 可以更准确、有效地确定加工参数, 防止参数设置错误造成不必要的麻烦, 而且还可以提高加工效率和加工质量。

### 一、平面铣削

平面铣削加工主要计算切削速度 ( $vc$ )、每齿进给量 ( $fz$ )、工作台进给速度 ( $vf$ ) 和加工时间 ( $tc$ ), 通过计算可以准确设置每项参数, 使加工效率更高并提高加工质量。

#### (1) 切削速度

表示刀具切削材料时的速度, 单位为 m/min。图 1-8 所示为铣刀直径和主轴转速表达方式, 其计算公式为:

$$vc = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

$vc$  = 切削速度, 单位为 m/min

$D$  = 铣刀直径, 单位为 mm

$\pi$  = 圆周率, 约等于 3.14

$n$  = 主轴转速, 单位为 r/min

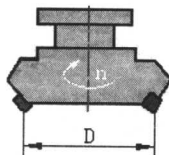


图1-8 铣刀直径和主轴转速