

附赠1CD



Mastercam

数控加工自动编程 入门到精通

■ 葛文军 主编 ■ 朱兴龙 秦永法 陈荣发 主审

Mastercam 数控加工 自动编程入门到精通

葛文军 主 编

朱兴龙 秦永法 陈荣发 主 审



机械工业出版社

本书分为两篇共6章,第1篇(第1~5章)为初、中级编程知识及技巧;第2篇(第6章)为高级编程知识及技巧。全书融合了车削加工和铣削加工的生产实践技术技巧,介绍了典型零件和复杂零件的加工方法,以大量的应用实例为基础,系统地讲解了数控加工自动编程的知识,使读者能深入理解和掌握 Mastercam X 自动编程的操作要点、技术技巧、工艺关键窍门与加工经验;从简单的二维轮廓零件、典型三维零件、复杂双面零件到配合精度要求高的零件以及典型曲面零件的加工; Mastercam X 自动编程刀具路径的编辑技巧,由浅入深、循序渐进,能够让读者很快了解数控编程的工艺和加工的特点,领悟到自动编程操作的精髓,达到事半功倍的效果。随书赠送包含书中所有实例操作的光盘,读者可以在学习过程中参考练习。

本书可供从事数控加工的技术人员以及职业院校、培训学校相关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam 数控加工自动编程入门到精通/葛文军主编. —北京:机械工业出版社, 2015.6

ISBN 978-7-111-50427-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 120251 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 周国萍 责任编辑: 周国萍 庞 炜

责任校对: 陈 越 封面设计: 马精明

责任印制: 乔 宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2015年8月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 19 印张 · 470 千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-50427-6

ISBN 978-7-89405-765-5 (光盘)

定价: 49.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

CAD/CAM 技术对工业界的影响有目共睹，它极大地提高了产品质量、生产率，降低了设计制造成本，大大减少了重复和繁琐的简单劳动，使人们最大限度地运用自己的头脑来完成设计和生产工作，使设计和生产成了一种创造艺术品的过程。当前能进行 CAD/CAM 工作的软件已有很多，有不少软件的功能非常强大，Mastercam 即是其中之一，其最高版本为 X 版。在几种当前的热门软件中，Mastercam 因其操作灵活，易学易用，能使企业很快见到效益，是工业界和学校广泛采用的 CAD/CAM 系统，尤其在模具制造业应用最多。

编著者长期从事 CAD/CAM 技术的学习、研究、教学和生产培训工作，对教学资料的优劣有切身的体会。对学员而言，除了需要经验丰富的教师指点，更需要一本实用、够用、好用的参考书更为必要。

本书实用而且耐看，是一本融入大量编著者在学习、教学和生产中的经验，甚至教训形成的实际经验积累。本书内容翔实，实例丰富，书中内容不是简单的罗列，而是以图文并茂、结合实例的方法来介绍，这样能让初学者及 Mastercam 的老用户尽快掌握 Mastercam X 的基本知识并提升的技能。书中介绍了典型零件和复杂零件的加工方法，融合了车削加工和铣削加工的生产实践技术技巧；以典型零件实例展示生产操作要点、技术关键、工艺窍门与加工经验，可指导生产实践操作过程的自动编程，实例介绍由简单到复杂。

第一篇为初、中级编程知识及技巧，介绍基本操作要领，熟悉和提高自动编程技术的基础和必要的积累。

第二篇为高级编程知识及技巧，介绍复杂的二维、三维空间曲面加工，多轴曲面等复杂零件的加工实例。

随书赠送光盘，包含书中所有实例操作，读者可以在学习过程中参考练习。

本书由扬州大学机械工程学院葛文军主编并完成第 1 篇的编写，第 2 篇由扬州技师学院陈东林和扬州大学机械工程学院郁斌编写，全书由扬州大学朱兴龙、秦永法、陈荣发主审。

最后，感谢国内外编写 Mastercam 软件相关书籍的同行和前辈的引领。由于编著者时间仓促，水平和经验有限，书中难免有不妥甚至错误之处，敬请读者指正。

编著者

目 录

前言

第 1 篇 初、中级编程知识及技巧

第 1 章 Mastercam X 的基础知识	1
1.1 Mastercam X 的主要用途及功能	1
1.1.1 Mastercam X 的主要用途	1
1.1.2 Mastercam X 的功能	2
1.1.3 Mastercam V9.0 和 Mastercam X 的比较	3
1.2 Mastercam X 的安装	8
1.2.1 运行硬件环境	8
1.2.2 安装 Mastercam X	8
1.3 Mastercam X 界面	10
1.3.1 Mastercam X 的操作界面	10
1.3.2 Mastercam X 的工具栏	11
1.3.3 Mastercam X 的其他操作选项	13
1.3.4 Mastercam X 的系统与环境设置	15
1.3.5 Mastercam X 车床模块和铣床模块的工作界面	17
第 2 章 一般零件车削加工自动编程实例	19
2.1 实例一 锥度螺纹轴的车削加工	19
2.2 实例二 轴、套零件配合件的车削加工	49
2.2.1 配合零件一锥度套的绘图建模	53
2.2.2 配合零件二锥度轴的绘图建模	58
2.2.3 配合零件二锥度轴自动编程具体操作步骤	86
第 3 章 盘类零件车削加工自动编程实例	101
3.1 实例一 自定心槽盘的车削加工	101
3.2 实例二 椭圆柄的车削加工	134
第 4 章 综合形状零件车削加工自动编程实例	155
4.1 实例一 球头轴的车削加工	155
4.2 实例二 宝塔的车削加工	180
第 5 章 铣削模块加工自动编程实例	198
5.1 实例一 压盖的铣削加工	198
5.2 实例二 传动箱体盖的铣削加工	223
5.3 实例三 气缸基座的铣削加工	249

第 2 篇 高级编程知识及技巧

第 6 章 复杂零件加工自动编程实例	268
6.1 实例一 单旋双向循环移动蜗杆的加工	268

目 录

6.2 实例二 曲面模芯图案的加工.....	278
6.2.1 曲面模芯刻字加工	278
6.2.2 曲面模芯图案加工	284
6.3 茶杯模具型腔的加工	290
参考文献	298

第1篇 初、中级编程知识及技巧

第1章 Mastercam X 的基础知识

Mastercam 是美国 CNC Software Inc. 公司开发的自动编程软件，是基于 PC 平台的 CAD/CAM 一体化软件，是最经济、最有效的全方位软件系统，自 1984 年诞生以来，就以其强大、稳定且快速的加工功能闻名于世。由于较好的性能和性价比（对硬件的要求不高，操作灵活，易学易用，能使企业很快见到效益），该软件成为工业中和学校广泛采用的 CAD/CAM 系统；不论是在 CAD 设计或是 CAM 加工制造中，该软件都能获得最佳的效果。其 CAD 设计模块主要包括二维和三维几何设计功能，方便、直观地提供了设计零件外形时所需的理想环境，造型功能非常强大，可方便地设计出复杂的曲线和曲面零件，并可设计复杂的二维和三维空间曲线，CAD 模块采用 NURBS 数学模型，可生成各种复杂的曲面，同时，对曲线和曲面进行编辑和修改都很方便。

Mastercam X 自问世以来已经过多次改版，在国内应用的有 V3.0、V4.0、V7.0、V8.0、V9.0、V9.1、V10.0、VX2、VX3、VX4 及 VX6 等版本，从 Mastercam V9.0 版本到 Mastercam X 版本是一个质的改变，其工作界面的改变让人耳目一新。Mastercam X 在 Mastercam V9.0 的基础上辅以最新的功能，使用户的操作更加合理、便捷、高效，且支持 2~5 轴加工程序的编制。

Mastercam X 的系列版本继承了 Mastercam X 的一贯风格和绝大多数的传统设置，目前最高版本为 Mastercam VX6，在不断升级的 VX2、VX3、VX4 及 VX6 版本中，功能不断更新，但工作界面没有根本性的改变，其最新版本的风格与其他大型软件（如 UG、Pro/E 等）一样趋于窗口式界面。该公司根据生产应用的实际情况进行多次修修改版，使 Mastercam X 更加贴近生产实际，更加受到编程者的欢迎。

Mastercam X 可用于金属切削加工中的数控铣床、铣削加工中心及数控镗床等进行铣削加工，也可用于标准数控车床、斜导轨反刀架数控车床及车削加工中心等进行车削，还可用于特种加工中线切割、雕刻机床的加工。本书主要介绍如何应用 Mastercam X 版本进行金属切削加工实例的实训。

1.1 Mastercam X 的主要用途及功能

1.1.1 Mastercam X 的主要用途

1) Mastercam X 在机械制造行业，模具行业及汽车、摩托车制造行业中得到广泛应用，特别是在珠江三角洲、长江三角洲一带应用最为普遍。一些中、小企业购置十几台微

机或十几台加工中心，聘请几名编程设计师、十几名数控工人，应用 Mastercam X 就可以组成一个比较完美的小型加工厂，可以接受各种工件和模具的加工任务，因此可以认为这是一个现代化企业的雏形。

2) Mastercam X 是新型软件，包括 CAD 模块及 CAM 模块，其中 CAD 主要是用于辅助图形设计，包括二维和三维造型技术；CAM 主要是用于辅助制造加工。Mastercam X 的工作流程如图 1-1 所示。

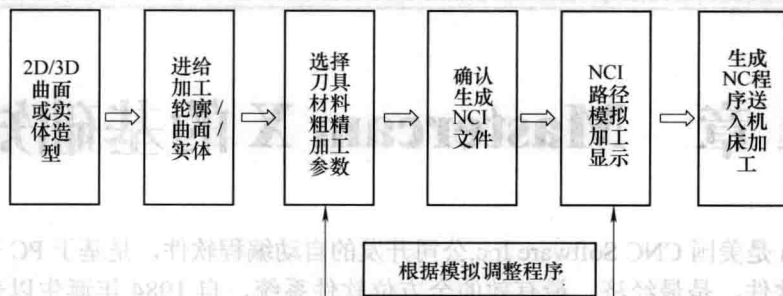


图 1-1 Mastercam X 工作流程

1.1.2 Mastercam X 的功能

1. CAD 部分功能

- 1) 可绘制二维和三维图形，并可进行标注尺寸等各种功能的编辑。
- 2) 提供图层的设定，可隐藏和显示图层，使绘图变得简单，显示更清楚。
- 3) 提供字形的设计，为各种标牌的制作提供了更好的方法。
- 4) 可构建各种曲面，如举升曲面、昆氏曲面、圆角曲面、偏置曲面、修剪曲面、延伸曲面及熔接曲面。
- 5) 图形可导出至 AutoCAD 或其他软件中，相反其他软件也可导入 Mastercam X 中。

2. CAM 部分功能

(1) 铣削模块

- 1) 分别提供 2D、3D 模组。
- 2) 提供外形铣削、挖槽及钻孔加工。
- 3) 提供曲面粗加工，粗加工可用七种加工方法：平行式、径向式、投影式、曲面流线式、等高外形式、挖槽式及插入下刀式。
- 4) 提供曲面精加工，精加工可用十种加工方法：平行式、平行陡坡式、径向式、投影式、曲面流线式、等高外形式、浅平面式、交线清角式、残屑清除式及环绕等距式。
- 5) 提供线框模型曲面加工，如直线曲面、旋转曲面、昆氏曲面、扫描曲面及举升曲面的加工。
- 6) 提供多轴加工。
- 7) 提供重绘刀具路径，绘制刀具路径的 NC 程序，可以显示运行情况，估计加工时间。
- 8) 提供实体模型的刀具路径，检验显示实体加工生成产品的刀具路径，避免到达车间加工时发生错误。
- 9) 提供多种后处理程序，以供各种控制器使用。
- 10) 可建立各种管理，如刀具管理、操作管理、串连管理、工作设置和工作报表。

(2) 车削模块 Mastercam X 的车床模块专门用于数控车床加工, 首先绘制要进行车削加工工件的几何图形, 然后定义刀具, 进行工件设置, 再进入编制车削加工工件的刀具路径; 在屏幕上显示刀具路径后, 重绘刀具路径和检验刀具路径, 将编写完成的后处理程序进行编辑和修改, 再将 NC 程序传送给数控车床或数控车削加工中心后, 机床就可以按照编制的程序进行加工了。

1.1.3 Mastercam V9.0 和 Mastercam X 的比较

Mastercam 的最新版本是 VX 系列, 它的窗口式工作界面让操作者使用时更加新颖、快捷和方便, 其区别于以前版本的不同点如下:

1) 如图 1-2 所示, Mastercam X 为提供更快、更迅速的操作, 采用了窗口化的操作, 这样可以在同一界面中了解更多的信息。



图 1-2 操作界面

2) 效能显著提升, 但对硬件要求并不高。

3) 图形运行效果明显不同, 图 1-3、图 1-4 是两种版本的图形运行效果比较情况, 可以看出时间明显缩短且效果明显提高。

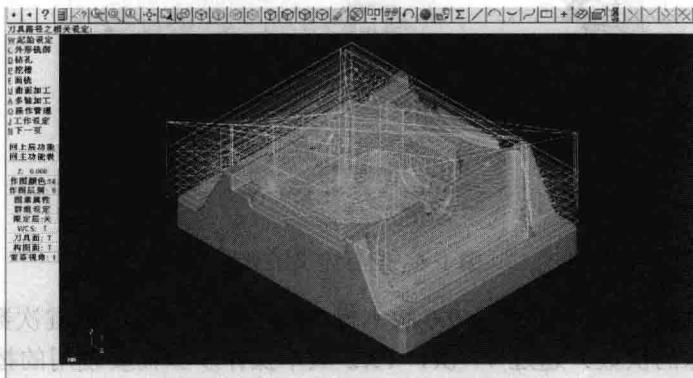


图 1-3 Mastercam V9.0 图形运行效果及时间

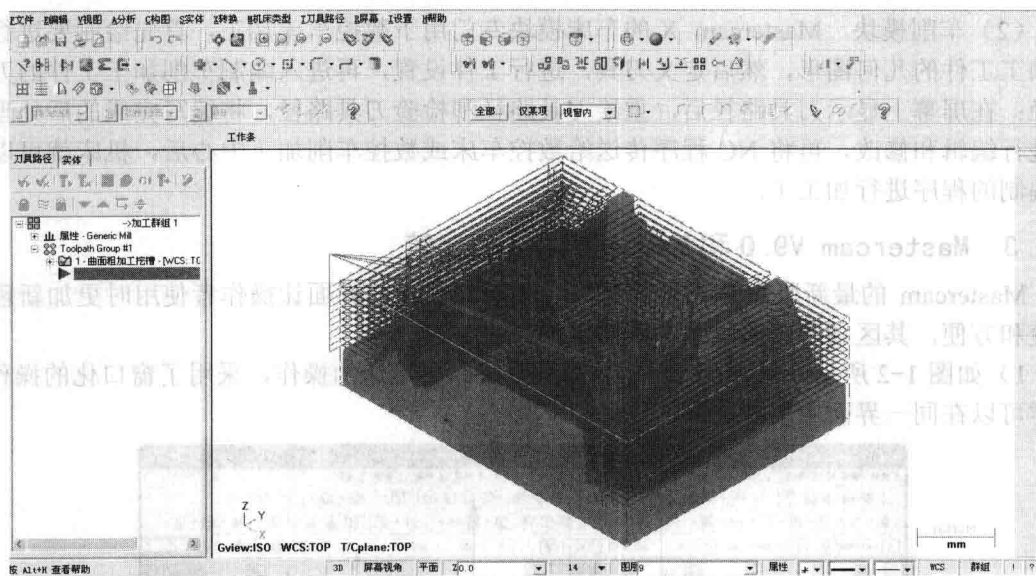


图 1-4 Mastercam VX2 图形运行效果及时间

4) 应用全新整合式的视窗界面, 使工作更迅速。直觉化的工具栏使操作更方便、更快捷(图 1-5), 可以在工具栏或鼠标右键栏中定义常用的工具(图 1-6), 可依据个人的不同喜好, 调整屏幕外观及工具列。

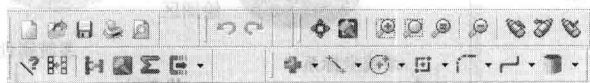


图 1-5 直觉化的工具栏

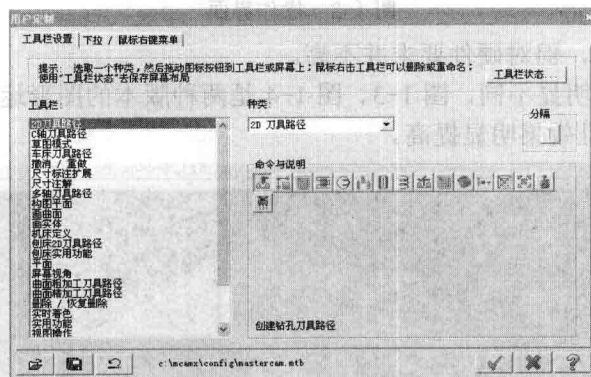


图 1-6 自行定义工具栏

5) 在建立 2D 图形的档案时, V9.0 版本操作步骤需要使用的按键次数(包含文字输入和输入错误删除的次数)超过 77 次, VX2 版本操作步骤需要使用的按键次数(包含文字输入和两次画错修改图素的次数)超过 35 次, X 版本之后新增的功能如下:

- ① 提供无限次数的回复功能。

- ② 新的抓点模式，简化操作步骤。
 - ③ 属性图形改为“使用中的 (live)”，便于以后的修改。
 - ④ 曲面的建立新增“围离曲面”。
 - ⑤ 昆式曲面改成更方便的“网状曲面”。
 - ⑥ 增加“面与面倒圆角”这一实验项目。
 - ⑦ 直接读取其他 CAD 文档，包含 DXF、DWG、IGES、VDA、SAT、Parasolid、SolidEdge、SolidWorks 及 STEP 文件。
 - ⑧ 增加机器定义及控制定义，明确规划 CNC 机器的功能。
 - ⑨ 外形铣削形式除了 2D、2D 倒角，螺旋式渐降斜插及残料加工外，还新增“毛头”的设置。
 - ⑩ 外形铣削、挖槽及全圆铣削增加“贯穿”的设置。
 - ⑪ 增强交线清角功能，增加“平行路径”的设置。
 - ⑫ 将曲面投影精加工中的两区曲线熔接独立成“熔接加工”。
 - ⑬ 改用更人性化的路径模拟界面，可以更精确地观看及检查刀具路径。
- 6) 增加了更加先进的 3D 曲面高速加工功能。挖槽粗加工、等高外形及残料粗加工采用新的快速等高加工技术 (FZT)，大幅减少计算时间。同样的图形文件及切削参数，使用的高速加工方式，加工时间可以缩短 1/3 以上，如果配合高速加工机床，加工时间可以缩短 1/2，其采取了如下的措施：
- ① 曲面高速加工参数选项如图 1-7 所示。
 - ② 在曲面高速加工的刀具路径中，采用了更为节省的刀具位移和路径，如图 1-8 所示。
 - ③ 曲面高速加工刀具路径的效率提高，同样的零件、切削条件和参数，在 VX2 版本 (图 1-9) 运用曲面高速加工刀具路径编制的 CNC 程序加工时间是 51min3s，而采用 V9 版本 (图 1-10) 刀具路径编制的 CNC 程序加工时间是 1h30min52s。

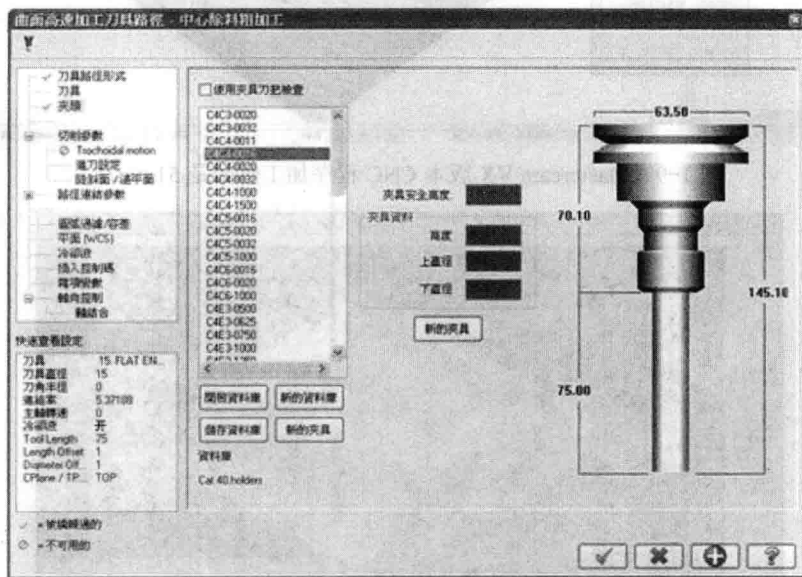
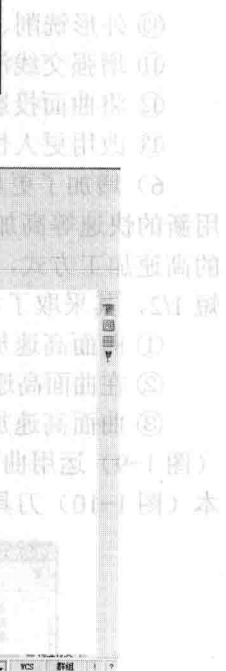


图 1-7 曲面高速加工参数选项



7) Mastercam V9.0 版本与 Mastercam VX 版本的效率比较,如图 1-11 所示,VX 版本的运行速度是 V9.0 版本的三倍,绘图速度可达两倍,加工时间则缩短了三分之一以上,所以 Mastercam VX 版本的优势是显而易见。

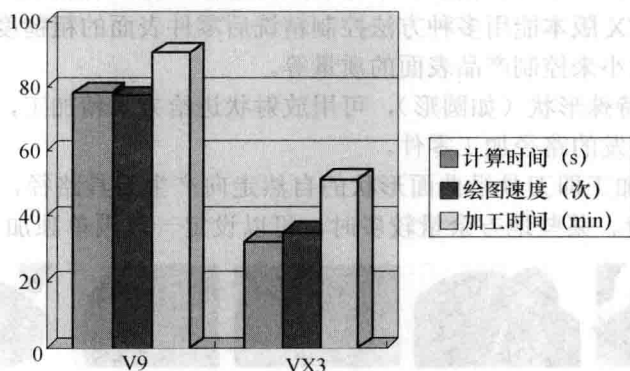


图 1-11 Mastercam V9 与 Mastercam VX 效率比较

8) Mastercam VX 版本的铣削功能(2~5 轴加工)特点。

① 操作管理。Mastercam VX 版本的任务管理器把同一加工任务的各项操作集中在一起,管理器加工使用的刀具以及加工参数等界面很简练、清晰。在管理器内,编辑、校验刀具路径也很方便。在操作管理中很容易复制和粘贴相关程序。

② 刀具路径的关联性。在 Mastercam VX 版本中,挖槽铣削、轮廓铣削和点位加工的刀具路径与被加工零件的模型是相关一致的。当零件的几何模型或加工参数修改后,Mastercam VX 版本能迅速、准确地自动更新相应的刀具路径,无须重新设计和计算刀具路径。用户可把常用的加工方法及加工参数存储于数据库中,适合随时调用存储于数据库的任务。这样可以大大提高数控程序的设计效率及计算的自动化程度。

③ 挖槽、外形铣削及钻孔。Mastercam VX 版本提供丰富多变的两轴、两轴半加工方式,可迅速编制出优质可靠的数控程序,极大地提高了编程者的工作效率,同时也提高了数控机床的利用率。

如图 1-12 所示,挖槽加工时的下刀方法有很多,如直接下刀、螺旋下刀、斜插下刀等;挖槽铣削还具有自动残料清角、螺旋渐进式加工方式、开发式挖槽加工及高速挖槽加工等。



图 1-12 挖槽铣削有多种进给方式

④ 数控加工中,在保证零件加工质量的前提下,应尽可能地提高粗加工时的生产率。Mastercam VX 版本提供了多种先进的粗加工方式,如图 1-13 所示,曲面挖槽时,Z 向深度进给确定,刀具以轮廓或型腔铣削的进给方式粗加工多曲面零件。机器允许的条件下,也可进行高速曲面挖槽。



图 1-13 曲面挖槽进给方式

⑤ 如图 1-14 所示, Mastercam VX 版本有多种曲面精加工的方法, 根据产品的形状及复杂程度, 可以选择最好的方法, 如比较陡峭的地方可用等高外形曲加工, 比较平坦的地方可用平行加工; 形状特别复杂、不易分开的零件在加工时可用 3D 环绕等距。

a. Mastercam VX 版本能用多种方法控制精铣后零件表面的粗糙度, 如通过程式过滤中的设置及步距的大小来控制产品表面的质量等。

b. 根据产品的特殊形状 (如圆形), 可用放射状进给方式精加工, 即刀具由零件上任一点, 沿着向四周散发的路径加工零件。

c. 流线进给精加工即刀具沿曲面形状的自然走向产生刀具路径, 用这样的刀具路径加工出的零件更光滑。某些地方余量较多时, 可以设定一范围单独加工。



图 1-14 曲面精加工进给方式

d. 图 1-15 所示为多轴联动加工的零件。Mastercam VX 版本的多轴加工功能为零件的加工提供了更多的灵活性, 应用多轴加工功能可方便、快速地编制高质量的多轴加工程序。Mastercam VX 版本的五轴铣削方法如下: 曲线五轴、钻孔五轴、沿边五轴、曲面五轴、沿面五轴及旋转五轴。

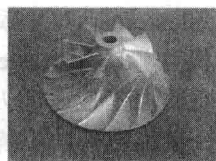


图 1-15 多轴联动加工的零件

1.2 Mastercam X 的安装

1.2.1 运行硬件环境

安装 Mastercam X 对硬件环境的要求不高, 其最低配置如下:

CPU: Intel 1.5GHz。

内存: 512MB 以上。

显卡: 64MB 以上。

硬盘空间: 1GB。

显示器分辨率: 1024×768。

CD-ROM 光驱。

下面以 Windows XP 操作系统为例, 对 Mastercam X 的安装过程进行详细的介绍。

1.2.2 安装 Mastercam X

1) 将 Mastercam X 的安装光盘插入光驱, 打开安装程序, 屏幕显示如图 1-16 所示。打开 data→Mastercam X 文件夹, 双击“Setup”文件, 自动出现安装界面, 即“Mastercam X-Install Shield Wizard”对话框, 如图 1-17 所示, 在对话框中单击“Next”按钮。

2) 打开“InstallShield Wizard”对话框第一步 (许可证接受), 如图 1-18 所示, 在该对话框中选“☒ Yes, I accept the terms of the license agreement”复选项, 单击“Next”按钮, 进入下一步。

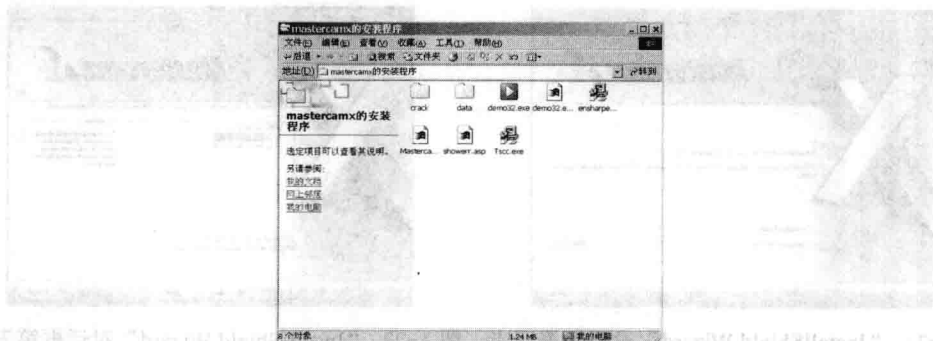


图 1-16 Mastercam X 的安装程序



图 1-17 “Mastercam X-InstallShield Wizard”对话框（开始）



图 1-18 “InstallShield Wizard”对话框第一步

3) 打开“InstallShield Wizard”对话框第二步（用户信息），在对话框的文本框中输入名字和公司名，如图 1-19 所示，单击“Next”按钮，进入下一步。

4) 打开“InstallShield Wizard”对话框第三步（选择选项），如图 1-20 所示，选中“HASP”和“Inch”复选项，单击“Next”按钮，进入下一步。



图 1-19 “InstallShield Wizard”对话框第二步



图 1-20 “InstallShield Wizard”对话框第三步

5) 打开“InstallShield Wizard”对话框第四步（安装目录位置），如图 1-21 所示，单击“Browse”按钮，选择该软件的安装路径，确定安装目录后，单击“Next”按钮，进入下一步。

6) 打开“InstallShield Wizard”对话框第五步（文件选项），如图 1-22 所示，单击“Next”按钮，进入下一步。



图 1-21 “InstallShield Wizard”对话框第四步

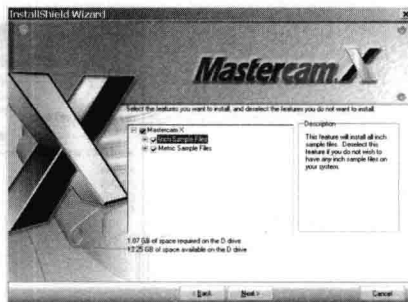


图 1-22 “InstallShield Wizard”对话框第五步

7) 打开“InstallShield Wizard”对话框第六步（确认安装），如图 1-23 所示，单击“Install”按钮，开始安装该软件。

8) 安装完毕后，弹出图 1-24 所示的“Mastcam X-InstallShield Wizard”对话框，在对话框中单击“Finish”按钮。

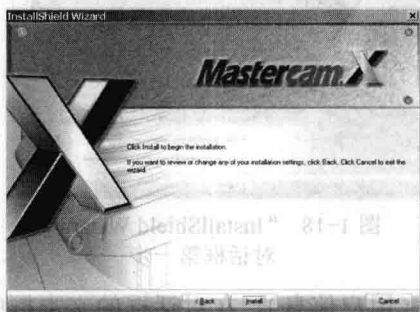


图 1-23 “InstallShield Wizard”对话框第六步



图 1-24 “Mastcam X-InstallShield Wizard”对话框（完成）

9) 弹出图 1-25 所示的提示框，按照提示插入 HASP HL key 完成安装，单击“确定”按钮，完成软件全部安装。



图 1-25 提示框

1.3 Mastcam X 界面

1.3.1 Mastcam X 的操作界面

双击桌面上的图标，或者选择“开始”→“程序”命令后单击“Mastcam X”按钮运行程序，进入 Mastcam X 的操作界面，或者选择“开始”→“程序”→“Mastcam X”→“Mastcam X”命令，进入操作界面。

Mastcam X 的操作界面由下列几个主要元素组成（图 1-26）：界面上方的第一行是标题栏；第二行是主菜单选项（“文件”“编辑”及“视图”等）；第三行是标准工具栏、绘图工具栏与目前所使用功能所对应的工作条；界面左边是操作管理器，包括刀具路径

选项卡与实体选项卡，界面中间是绘图区；界面下方是状态栏、图层/图素设定栏等辅助菜单项；界面最右边是最近使用的指令工具栏。

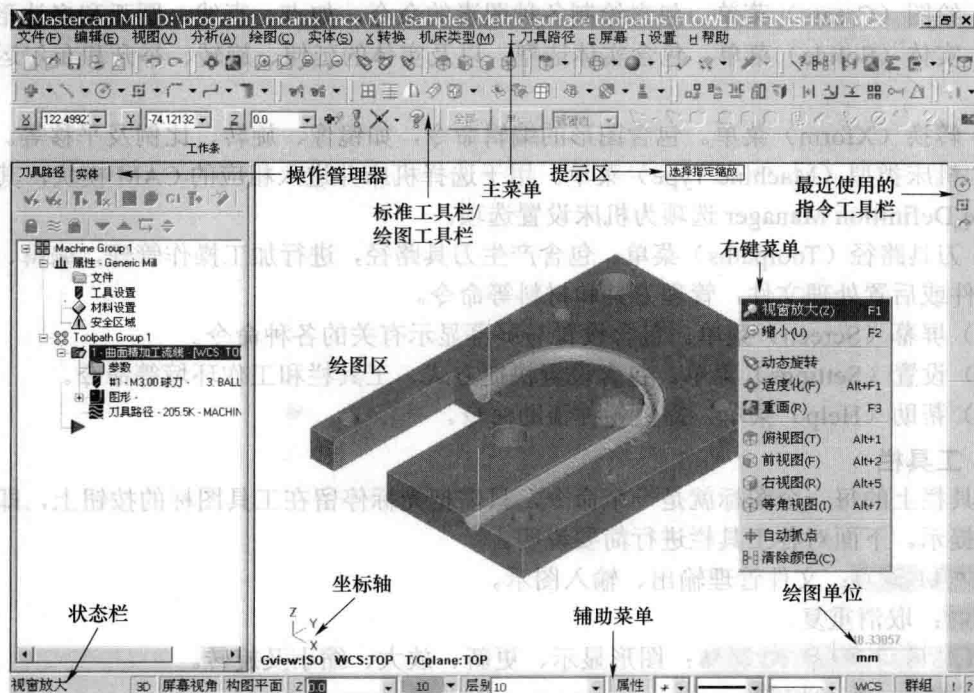


图 1-26 Mastercam X 操作界面

1.3.2 Mastercam X 的工具栏

1. 标题栏

图 1-27 所示为标题栏，显示了当前使用的模块、打开文件的路径及文件名称，可控制 Mastercam X 的关闭、移动、最大化、最小化和还原。



图 1-27 标题栏

2. 主菜单

主菜单栏共有 12 个选项，基本上包含了 Mastercam X 的全部功能，如图 1-28 所示。



图 1-28 主菜单

- 1) 文件 (File) 菜单。包含文件的打开、新建、保存、打印、导入及导出文件、路径设置和退出等命令。
- 2) 编辑 (Edit) 菜单。包含取消、重做、复制、剪切、粘贴、删除，以及一些图形命令如修剪、打断和 NURBS 曲线的修改转化等。
- 3) 视图 (View) 菜单。包含用户界面以及图形显示的相关命令，如视点的选择、图像的放大与缩小、视图的选择以及坐标系的设定等。