

新手入门 · 实战精通

DVD

500 分钟  
多媒体培训课程  
超值奉献

技术讲解 · 实例教学 · 习题操练  
教学光盘与图书内容完全对应

设计法则，  
在于你从实践中收获经验，  
并将其付诸实践

刘文 编著

中文版

# Mastercam X3

## 数控加工技术宝典

### · 全方位精解

一线培训师全方位精解Mastercam X3基础CAD设计与生成刀具路径的应用方法

### · 专题实例教学

以具体实例讲解各种形状零件的造型和加工方法、各种加工刀具路径的应用场合及Mastercam X3软件的应用技巧

### · 经验与技巧并重

来自实践的大量工程范例，凝聚经验的设计思路与技巧，尤其对复杂零件加工具有显著效果，可以直接用于实际CAM加工



清华大学出版社

中文版

# Mastercam X3

## 数控加工技术宝典

刘文 编著

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

由一线培训班结合教学与实践经验倾力编著,全方位地介绍了 Mastercam X3 数控加工技术及在实际工作中的应用。内容包括数控加工技术基础、二维基础绘图、三维线架和曲面设计、三维实体构建、几何图形的编辑与转换、二维铣削加工、线架加工、三维曲面加工、多轴加工、车削加工、线切割等。书中对每一个技术专题,先用实物拆分图的形式直观形象地说明数控加工技术的具体要求,然后介绍 Mastercam 实现技术,并图文对照、示例讲解命令参数的作用及其对实际加工的影响,对于部分重点参数,采用补充说明的形式强调其应用技巧;阶段性给出需综合应用所学才能完成的项目,提升读者学以致用解决实际问题的能力。章后提供操作题,书中只给出结果,读者可以参考多媒体光盘的教学视频独立完成。

本书概念讲解清晰,内容全面深入,案例专业丰富,既适合数控加工专业初学者作为自学教材,也适合专业人员从中提升技能和灵感,更是 Mastercam 用户的必备参考书。

书中所有技术、演示实例、综合案例均配有带语音讲解的多媒体教学视频和结果源文件,学习起来更轻松。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售  
版权所有,侵权必究 侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

Mastercam X3 中文版数控加工技术宝典/刘文编著. —北京:清华大学出版社, 2010.8

ISBN 978-7-302-23088-5

I. ①M… II. ①刘… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X3 IV. ①TG659—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 114000 号

责任编辑:夏非彼 张 皓

责任校对:闫秀华

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:190×260 印 张:34.25 字 数:851 千字

附光盘 1 张

版 次:2010 年 8 月第 1 版

印 次:2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:66.00 元

产品编号:035700-01

# 前 言

Mastercam X3 版本较先前版本可谓进行了翻天覆地的变革,从软件的操作界面到 CAD/CAM 的相关功能都有了相当大的变化,使软件的操作更为简单,在 CAD/CAM 设计编程时更为人性化。在 CAD 方面,它可以轻松快捷地构建各种二维和三维图形,特别适用于具有复杂外形及各种空间曲面的模具类零件的构建和造型设计。在 CAM 方面,Mastercam X3 提供了多种加工方式以及完整的刀具库、材料库和加工参数资料库,通过创建可靠、精确的刀具路径,可以直接在曲面和实体上加工。Mastercam X3 拥有车削、铣削、雕刻和线切割等多种加工模块,供用户设计时灵活选用。

## 1. 图书内容

本书主要讲解 Mastercam X3 中基础的 CAD 设计与生成刀具路径的应用方法,其特点是以具体实例讲解各种形状零件的造型和加工方法,各种加工刀具路径的应用场合及 Mastercam X3 软件的应用技巧,如从实体造型设计曲面的方法,简单且实用性强。书中的某些设计思路,如根据加工需要设计零件图形,是作者应用 Mastercam X3 的经验总结,对于复杂零件的加工,这一思路非常有效;书中的有些实例是作者在实际项目中的加工实例;书中的方法,可以直接指导读者进行实际 CAM 加工。希望读者能够通过学习本书内容,轻松掌握软件 CAD/CAM 的知识。

全书共分 14 章,各章内容如下:

- 第 1 章主要介绍数控加工的基础知识,使读者对数控加工有个基本了解。
- 第 2 章主要介绍 Mastercam X3 数控加工系统概况,使读者对 Mastercam X3 数控加工功能有个基本了解。
- 第 3 章主要介绍 Mastercam X3 二维基本绘图的应用技巧与方法。
- 第 4 章主要介绍三维线架和曲面的构建以及应用技巧与方法。
- 第 5 章主要介绍三维实体的构建以及三维实体的应用技巧与方法。
- 第 6 章主要介绍几何图形的编辑和转换的应用技巧与方法。
- 第 7 章主要介绍二维铣削加工刀具路径编制的应用以及二维刀具路径编制应用技巧与方法。
- 第 8 章主要介绍三维线架加工功能以及应用技巧与方法。
- 第 9 章主要介绍三维曲面加工刀具路径编制的应用以及三维刀具路径编制应用技巧与方法。
- 第 10 章主要介绍多轴加工的基本功能以及应用技巧与方法。
- 第 11 章主要介绍车削加工的功能以及应用技巧与方法。
- 第 12 章主要介绍线切割加工的功能以及设计过程中应注意的事项和要点。
- 第 13 章通过对 Mastercam 软件的后置处理文件及其设定方法的介绍,以及如何通过修改控制器定义、机床定义管理器来生成符合已有机床类型的 NC 文件来介绍 Mastercam 后处理的一般步骤和方法。

- 第14章为综合案例，旨在让读者综合运用前面所学知识了解 Mastercam X3 在实际加工中的应用。

本书全面地讲解了 Mastercam X3 在数控加工方面的各种应用，对于各种数控加工技术均有涉及，在技术讲解的过程中，注意了理论联系实际，安排相关的案例对技术进行了讲解，章后配有上机操作题，以巩固读者的理论知识并提高读者的操作技能。

### 2. 图书特色

本书有两大特色：第一，全书附有大量的功能实例和上机操作题，每个实例均有详细的、具体的操作步骤，所附光盘中配有相应实例的多媒体演示文件及实例文件，可以让读者像看电影一样学习数控加工的技术和方法，便于读者练习与揣摩加工思路及技巧；第二，本书并不局限于功能的讲解，而是侧重实现技术精华的剖析和操作技巧的指点，因而更能让读者切实、深入地理解软件的奥秘，对于本书所有的技术都提供多媒体语音教学。

### 3. 致谢

本书由刘文主编，参与编写的还有李继强、吴红兵、李威、吴晓平、朱文峰、沈旭明、李彬、王明、赵刚、刘峰、吴波、郭阳、马建国、陆丽、冯慧、王亮、杨秀、徐娟、赵良伟、许小荣等，在此，编者对以上人员致以诚挚的谢意！

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，恳请专家和广大读者批评指正。如在学习过程中遇到疑难问题，可登录图格新知网站 <http://www.booksaga.com> 留言，我们将在第一时间给予答复。

编者于宁波高教园区  
2009年10月26日

# 目 录

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 第 1 章 数控加工技术基础 .....                  | 1  |
| 1.1 数控加工技术发展概述 .....                  | 2  |
| 1.1.1 数控系统的发展 .....                   | 2  |
| 1.1.2 数控编程技术的发展 .....                 | 2  |
| 1.2 数控加工原理与特点 .....                   | 4  |
| 1.2.1 数控加工原理 .....                    | 4  |
| 1.2.2 数控加工特点 .....                    | 4  |
| 1.3 数控机床的组成与分类 .....                  | 6  |
| 1.3.1 数控机床的组成 .....                   | 6  |
| 1.3.2 数控机床的分类 .....                   | 7  |
| 1.4 数控机床加工坐标系的设置 .....                | 11 |
| 1.4.1 机床坐标系 .....                     | 12 |
| 1.4.2 工件坐标系 .....                     | 14 |
| 1.5 数控加工工艺参数的设置 .....                 | 14 |
| 1.5.1 主轴转速的确定 .....                   | 14 |
| 1.5.2 进给速度的确定 .....                   | 15 |
| 1.6 数控加工程序编制的内容与步骤 .....              | 15 |
| 第 2 章 Mastercam X3 数控加工系统概述 .....     | 17 |
| 2.1 Mastercam X3 数控加工的基本概念 .....      | 18 |
| 2.1.1 轮廓 .....                        | 18 |
| 2.1.2 外轮廓、区域和岛 .....                  | 18 |
| 2.1.3 速度参数 .....                      | 18 |
| 2.1.4 安全高度和起止高度 .....                 | 19 |
| 2.2 Mastercam X3 系统加工的基本流程及加工实例 ..... | 19 |
| 2.2.1 Mastercam X3 系统加工的基本流程 .....    | 19 |
| 2.2.2 Mastercam X3 数控加工实例 .....       | 22 |
| 2.3 数控加工工作设置 .....                    | 29 |
| 2.3.1 刀具设置 .....                      | 29 |
| 2.3.2 素材设置 .....                      | 39 |
| 2.4 数控加工刀具路径的操作管理 .....               | 41 |

|              |                                  |           |
|--------------|----------------------------------|-----------|
| 2.4.1        | 模拟加工 .....                       | 42        |
| 2.4.2        | 锁定加工 .....                       | 47        |
| 2.4.3        | 关闭刀具路径 .....                     | 47        |
| 2.4.4        | 刀具路径后处理 .....                    | 48        |
| 2.5          | 刀具路径编辑 .....                     | 50        |
| 2.5.1        | 刀具路径的修剪 .....                    | 50        |
| 2.5.2        | 刀具路径的转换 .....                    | 50        |
| 2.5.3        | 刀具路径的关联生成 .....                  | 54        |
| 2.5.4        | 刀具路径编辑综合实例 .....                 | 54        |
| 2.6          | 上机操作题 .....                      | 59        |
| <b>第 3 章</b> | <b>Mastercam X3 二维基本绘图 .....</b> | <b>61</b> |
| 3.1          | 二维绘图方法 .....                     | 62        |
| 3.2          | 绘制点 .....                        | 62        |
| 3.2.1        | 在指定位置绘制点 .....                   | 63        |
| 3.2.2        | 动态绘制点 .....                      | 63        |
| 3.2.3        | 绘制曲线节点 .....                     | 64        |
| 3.2.4        | 绘制等分点 .....                      | 64        |
| 3.2.5        | 绘制端点 .....                       | 65        |
| 3.2.6        | 绘制小圆心点 .....                     | 65        |
| 3.3          | 绘制线 .....                        | 66        |
| 3.3.1        | 绘制任意线 .....                      | 67        |
| 3.3.2        | 绘制近距线 .....                      | 68        |
| 3.3.3        | 绘制分角线 .....                      | 69        |
| 3.3.4        | 绘制垂直正交线 .....                    | 70        |
| 3.3.5        | 绘制平行线 .....                      | 71        |
| 3.3.6        | 通过点相切 .....                      | 72        |
| 3.4          | 绘制样条曲线 .....                     | 73        |
| 3.4.1        | 手动画曲线 .....                      | 73        |
| 3.4.2        | 自动生成曲线 .....                     | 74        |
| 3.4.3        | 转成单一曲线 .....                     | 74        |
| 3.4.4        | 熔接曲线方式 .....                     | 75        |
| 3.5          | 绘制螺旋线 .....                      | 77        |
| 3.6          | 绘制文字 .....                       | 78        |
| 3.7          | 绘制矩形 .....                       | 81        |
| 3.7.1        | 矩形绘制方法 .....                     | 81        |
| 3.7.2        | 设置矩形形状 .....                     | 82        |
| 3.8          | 绘制多边形 .....                      | 83        |
| 3.9          | 绘制圆和圆弧 .....                     | 84        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 3.9.1 三点画圆 .....             | 84         |
| 3.9.2 圆心+点 .....             | 87         |
| 3.9.3 极坐标圆弧 .....            | 88         |
| 3.9.4 极坐标画弧 .....            | 89         |
| 3.10 绘制椭圆 .....              | 90         |
| 3.11 绘制边界盒 .....             | 91         |
| 3.12 上机操作题 .....             | 93         |
| <b>第 4 章 三维线架和曲面设计 .....</b> | <b>94</b>  |
| 4.1 三维造型概述 .....             | 95         |
| 4.2 设置构图平面及构图深度 .....        | 95         |
| 4.2.1 构图平面 .....             | 96         |
| 4.2.2 构图深度 .....             | 97         |
| 4.3 三维线架模型 .....             | 98         |
| 4.3.1 线架和曲面 .....            | 98         |
| 4.3.2 三维线架模型绘制实例 .....       | 99         |
| 4.4 绘制三维曲面 .....             | 101        |
| 4.4.1 绘制基本曲面 .....           | 101        |
| 4.4.2 绘制直纹/举升曲面 .....        | 102        |
| 4.4.3 绘制旋转曲面 .....           | 104        |
| 4.4.4 绘制扫描曲面 .....           | 106        |
| 4.4.5 绘制牵引曲面 .....           | 108        |
| 4.4.6 绘制挤出曲面 .....           | 112        |
| 4.4.7 由实体生成曲面 .....          | 115        |
| 4.4.8 绘制网状曲面 .....           | 116        |
| 4.5 曲面编辑 .....               | 119        |
| 4.5.1 分割曲面 .....             | 119        |
| 4.5.2 曲面补正 .....             | 120        |
| 4.5.3 曲面延伸 .....             | 121        |
| 4.5.4 曲面倒圆角 .....            | 123        |
| 4.5.5 曲面修剪 .....             | 127        |
| 4.5.6 曲面熔接 .....             | 129        |
| 4.5.7 填补内孔 .....             | 132        |
| 4.6 检测曲面/实体 .....            | 133        |
| 4.7 综合实例 .....               | 134        |
| 4.8 上机操作题 .....              | 140        |
| <b>第 5 章 三维实体构建 .....</b>    | <b>142</b> |
| 5.1 实体建模概述 .....             | 143        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 5.2 绘制基本实体 .....             | 144        |
| 5.2.1 绘制圆柱体 .....            | 145        |
| 5.2.2 圆锥体 .....              | 146        |
| 5.2.3 绘制立方体 .....            | 147        |
| 5.2.4 绘制球体 .....             | 147        |
| 5.2.5 绘制圆环体 .....            | 148        |
| 5.3 拉伸实体 .....               | 149        |
| 5.4 旋转实体 .....               | 151        |
| 5.5 扫描实体 .....               | 152        |
| 5.6 举升实体 .....               | 153        |
| 5.7 实体编辑 .....               | 154        |
| 5.7.1 实体倒圆角 .....            | 154        |
| 5.7.2 实体倒角 .....             | 159        |
| 5.7.3 实体修剪 .....             | 160        |
| 5.7.4 实体抽壳 .....             | 162        |
| 5.7.5 由曲面转为实体 .....          | 164        |
| 5.7.6 实体加厚 .....             | 165        |
| 5.7.7 移动实体表面 .....           | 166        |
| 5.7.8 牵引实体 .....             | 167        |
| 5.7.9 实体布尔运算 .....           | 169        |
| 5.7.10 实体管理器 .....           | 172        |
| 5.8 查找实体特征 .....             | 176        |
| 5.9 检测实体 .....               | 176        |
| 5.10 上机操作题 .....             | 177        |
| <b>第 6 章 编辑和转换几何图形 .....</b> | <b>178</b> |
| 6.1 编辑几何图形 .....             | 179        |
| 6.1.1 选择对象 .....             | 179        |
| 6.1.2 删除对象 .....             | 184        |
| 6.1.3 恢复删除对象 .....           | 186        |
| 6.1.4 修剪/延伸/打断几何图形 .....     | 188        |
| 6.1.5 连接图素 .....             | 194        |
| 6.1.6 修改曲线 .....             | 194        |
| 6.1.7 曲线变弧 .....             | 195        |
| 6.2 转换几何图形 .....             | 195        |
| 6.2.1 平移 .....               | 196        |
| 6.2.2 3D 平移 .....            | 198        |
| 6.2.3 镜像 .....               | 200        |
| 6.2.4 旋转 .....               | 202        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 6.2.5 比例缩放 .....          | 205        |
| 6.2.6 移动到原点 .....         | 207        |
| 6.2.7 补正 .....            | 207        |
| 6.2.8 投影 .....            | 210        |
| 6.2.9 阵列 .....            | 211        |
| 6.2.10 缠绕 .....           | 213        |
| 6.2.11 拖曳 .....           | 215        |
| 6.2.12 转换 STL 文件 .....    | 216        |
| 6.2.13 图形排版 .....         | 218        |
| 6.3 图形编辑综合实例 .....        | 219        |
| 6.4 上机操作题 .....           | 225        |
| <b>第 7 章 二维铣削加工 .....</b> | <b>227</b> |
| 7.1 二维铣削共同参数 .....        | 228        |
| 7.1.1 刀具设定与管理 .....       | 228        |
| 7.1.2 坐标设定 .....          | 231        |
| 7.1.3 共同参数设定 .....        | 233        |
| 7.2 面铣加工 .....            | 235        |
| 7.2.1 面铣加工参数设置 .....      | 235        |
| 7.2.2 面铣加工实例 .....        | 238        |
| 7.3 挖槽加工 .....            | 241        |
| 7.3.1 2D 挖槽参数设置 .....     | 241        |
| 7.3.2 精修参数设置 .....        | 247        |
| 7.3.3 挖槽加工实例 .....        | 252        |
| 7.4 外形铣削加工 .....          | 255        |
| 7.4.1 外形加工参数设置 .....      | 255        |
| 7.4.2 外形铣削实例 .....        | 262        |
| 7.4.3 螺纹加工实例 .....        | 267        |
| 7.5 钻孔加工 .....            | 270        |
| 7.5.1 钻孔加工参数设置 .....      | 271        |
| 7.5.2 钻孔加工实例 .....        | 275        |
| 7.6 全圆路径 .....            | 277        |
| 7.6.1 全圆铣削 .....          | 278        |
| 7.6.2 螺旋铣削 .....          | 279        |
| 7.6.3 自动钻孔 .....          | 281        |
| 7.6.4 起始孔加工 .....         | 281        |
| 7.6.5 键槽铣削 .....          | 283        |
| 7.6.6 螺旋钻孔 .....          | 284        |
| 7.7 雕刻加工 .....            | 284        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 7.7.1 雕刻参数设置 .....        | 285        |
| 7.7.2 雕刻加工实例 .....        | 286        |
| 7.8 2D 高速刀具路径 .....       | 290        |
| 7.9 上机操作题 .....           | 294        |
| <b>第 8 章 线架加工 .....</b>   | <b>296</b> |
| 8.1 线架加工概述 .....          | 297        |
| 8.2 直纹加工 .....            | 297        |
| 8.3 旋转加工 .....            | 301        |
| 8.4 2D 扫描加工 .....         | 305        |
| 8.5 3D 扫描加工 .....         | 305        |
| 8.6 昆氏加工 .....            | 306        |
| 8.7 举升加工 .....            | 307        |
| 8.8 上机操作题 .....           | 307        |
| <b>第 9 章 三维曲面加工 .....</b> | <b>309</b> |
| 9.1 三维曲面加工的基本概念 .....     | 310        |
| 9.1.1 曲面的选取 .....         | 310        |
| 9.1.2 曲面的干涉 .....         | 310        |
| 9.1.3 曲面间隔和边缘的设定 .....    | 311        |
| 9.1.4 曲面深度的设定 .....       | 311        |
| 9.2 曲面粗加工 .....           | 311        |
| 9.2.1 平行铣削粗加工 .....       | 312        |
| 9.2.2 放射状粗加工 .....        | 321        |
| 9.2.3 流线粗加工 .....         | 326        |
| 9.2.4 等高外形粗加工 .....       | 330        |
| 9.2.5 挖槽粗加工 .....         | 334        |
| 9.2.6 残料粗加工 .....         | 339        |
| 9.2.7 钻削式粗加工 .....        | 342        |
| 9.3 曲面精加工 .....           | 346        |
| 9.3.1 曲面平行铣削精加工 .....     | 347        |
| 9.3.2 等高外形精加工 .....       | 349        |
| 9.3.3 平行式陡斜面精加工 .....     | 352        |
| 9.3.4 放射状精加工 .....        | 355        |
| 9.3.5 环绕等距精加工 .....       | 357        |
| 9.3.6 投影精加工 .....         | 360        |
| 9.3.7 流线精加工 .....         | 363        |
| 9.3.8 浅平面精加工 .....        | 365        |
| 9.3.9 交线清角精加工 .....       | 368        |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 9.3.10 残料清角精加工 .....      | 370        |
| 9.4 上机操作题 .....           | 373        |
| <b>第 10 章 多工 .....</b>    | <b>375</b> |
| 10.1 多轴加工共同参数介绍 .....     | 376        |
| 10.2 旋转四轴加工 .....         | 377        |
| 10.2.1 旋转四轴加工与参数设置 .....  | 377        |
| 10.2.2 旋转四轴加工实例 .....     | 378        |
| 10.3 五轴加工 .....           | 380        |
| 10.3.1 曲线五轴加工与参数设置 .....  | 381        |
| 10.3.2 曲线五轴加工实例 .....     | 383        |
| 10.3.3 钻孔五轴加工参数设置 .....   | 385        |
| 10.3.4 钻孔五轴加工实例 .....     | 387        |
| 10.3.5 沿边五轴加工参数设置 .....   | 389        |
| 10.3.6 沿边五轴加工实例 .....     | 390        |
| 10.3.7 多曲面五轴加工与参数设置 ..... | 393        |
| 10.3.8 多曲面五轴加工实例 .....    | 396        |
| 10.3.9 沿面五轴加工与参数设置 .....  | 398        |
| 10.3.10 沿面五轴加工实例 .....    | 399        |
| 10.3.11 高级多轴刀具路径 .....    | 401        |
| 10.4 上机操作题 .....          | 403        |
| <b>第 11 章 车削加工 .....</b>  | <b>405</b> |
| 11.1 车削加工基础知识 .....       | 406        |
| 11.1.1 车削加工对象 .....       | 406        |
| 11.1.2 数控车床的坐标系统 .....    | 407        |
| 11.1.3 工件设置 .....         | 407        |
| 11.1.4 刀具管理器设置 .....      | 412        |
| 11.1.5 刀具参数设置 .....       | 418        |
| 11.1.6 进刀方式设置 .....       | 418        |
| 11.1.7 车削轮廓设置 .....       | 419        |
| 11.2 粗车加工 .....           | 420        |
| 11.2.1 粗车加工参数设置 .....     | 420        |
| 11.2.2 粗车加工实例 .....       | 423        |
| 11.3 精车加工 .....           | 427        |
| 11.3.1 精车加工参数设置 .....     | 427        |
| 11.3.2 精车加工实例 .....       | 427        |
| 11.4 端面车削加工 .....         | 429        |
| 11.4.1 端面车削加工参数设置 .....   | 429        |

|               |                            |            |
|---------------|----------------------------|------------|
| 11.4.2        | 端面车削加工实例 .....             | 430        |
| 11.5          | 径向车削加工 .....               | 431        |
| 11.5.1        | 径向车削参数设置 .....             | 431        |
| 11.5.2        | 径向车削加工实例 .....             | 437        |
| 11.6          | 钻孔加工 .....                 | 439        |
| 11.6.1        | 钻孔加工参数设置 .....             | 439        |
| 11.6.2        | 钻孔加工实例 .....               | 440        |
| 11.7          | 车削螺纹加工 .....               | 441        |
| 11.7.1        | 车削螺纹加工参数设置 .....           | 442        |
| 11.7.2        | 螺纹车削加工实例 .....             | 444        |
| 11.8          | 截断车削加工 .....               | 446        |
| 11.9          | 车床筒式加工 .....               | 447        |
| 11.9.1        | 筒式粗车加工 .....               | 447        |
| 11.9.2        | 筒式精车加工 .....               | 448        |
| 11.9.3        | 筒式径向车削加工 .....             | 448        |
| 11.10         | 上机操作题 .....                | 449        |
| <b>第 12 章</b> | <b>线切割加工 .....</b>         | <b>452</b> |
| 12.1          | 线切割加工基础知识 .....            | 453        |
| 12.1.1        | 线切割加工的原理 .....             | 453        |
| 12.1.2        | 线切割加工的特点和应用范围 .....        | 454        |
| 12.1.3        | 线切割加工的工艺内容 .....           | 454        |
| 12.2          | Mastercam X3 线切割加工 .....   | 456        |
| 12.2.1        | 线切割加工方法 .....              | 456        |
| 12.2.2        | 线切割共同参数设置 .....            | 456        |
| 12.3          | 外形线切割加工 .....              | 459        |
| 12.3.1        | 外形线切割加工参数设置 .....          | 459        |
| 12.3.2        | 外形线切割加工实例 .....            | 464        |
| 12.4          | 无屑线切割 .....                | 468        |
| 12.4.1        | 无屑切割加工参数设置 .....           | 468        |
| 12.4.2        | 无屑切割加工实例 .....             | 469        |
| 12.5          | 四轴线切割加工 .....              | 473        |
| 12.5.1        | 四轴线切割加工参数设置 .....          | 473        |
| 12.5.2        | 四轴线切割加工实例 .....            | 476        |
| 12.6          | 上机操作题 .....                | 480        |
| <b>第 13 章</b> | <b>Mastercam 后处理 .....</b> | <b>482</b> |
| 13.1          | Mastercam 的后处理 .....       | 483        |
| 13.1.1        | 后处理的目的 .....               | 483        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 13.1.2        | 后处理文件的结构 .....        | 483        |
| 13.1.3        | 后处理文件的设定 .....        | 489        |
| 13.1.4        | 后置文件的修改实例 .....       | 490        |
| 13.2          | 生成 NC 代码 .....        | 492        |
| 13.2.1        | 控制器定义 .....           | 492        |
| 13.2.2        | 机床定义管理器 .....         | 495        |
| 13.2.3        | 生成 NC 代码 .....        | 496        |
| 13.3          | 上机操作题 .....           | 498        |
| <b>第 14 章</b> | <b>数控加工综合案例 .....</b> | <b>499</b> |
| 14.1          | 三维曲面加工综合实例 .....      | 500        |
| 14.1.1        | 加工预览 .....            | 500        |
| 14.1.2        | 加工工艺 .....            | 500        |
| 14.1.3        | 加工步骤 .....            | 501        |
| 14.2          | 塑料模具的凸模数控加工实例 .....   | 511        |
| 14.2.1        | 加工预览 .....            | 511        |
| 14.2.2        | 加工工艺 .....            | 512        |
| 14.2.3        | 加工步骤 .....            | 513        |
| 14.3          | 上机操作题 .....           | 530        |

# 第 1 章

## 数控加工技术基础

数控加工技术是 20 世纪 40 年代后期为适应复杂外形零件的精密加工而发展起来的一种自动化加工技术。它是根据被加工零件的图样和工艺要求，编制成以数码表示的程序，然后输入到机床的数控系统中，以控制刀具与工件的相对运动，从而加工出合格的零件。本章主要介绍数控加工技术的发展状况、数控加工原理与特点、数控机床类型以及数控加工程序的编制内容与步骤，为后续章节的学习打下基础。

### 本章要点

- 数控加工原理
- 数控加工特点
- 数控机床的分类
- 数控机床加工坐标系的设置
- 数控加工工艺参数的设置
- 数控程序编制的内容与步骤



## 1.1 数控加工技术发展概述

本节重点介绍数控系统和数控编程技术的发展简史。

### 1.1.1 数控系统的发展

数控系统是数字控制系统（Numerical Control System）的简称，它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序，并将其译码，从而驱使机床运动加工出用户所需的零件。数控系统的发展到现在经历了两个阶段。

第一阶段为普通数控（NC）阶段，即逻辑数字控制阶段。数控系统主要是由电路的硬件和连线组成，又称为硬件数控系统。其特点是具有很多硬件电路和连接结点，但是电路复杂、可靠性不好。这个阶段数控系统的发展经历了三个时代，即电子管时代（1952 年）、晶体管时代（1959 年）和小规模集成电路时代（1965 年）。

第二阶段为计算机数字控制（CNC）阶段。数控系统主要是由计算机硬件和软件组成，其突出特点是利用存储在存储器里的软件控制系统工作，又称为软件控制系统。这种系统功能容易扩大、柔性好、可靠性高。此阶段数控系统的发展也经历了三个时代。20 世纪 60 年代末，先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的数控系统（简称 DNC，又称群控系统），及采用小型计算机控制的计算机数控系统，使数控系统进入了以小型计算机化为特征的第 4 代。从 1974 年微处理器开始用于数控系统，数控系统发展到第 5 代，即微型机数控（MNC）系统。经过几年的发展，数控系统从性能到可靠性均得到了很大的提高，自 20 世纪 70 年代末到 80 年代，数控技术在全世界得到了大规模的发展和应用。从 20 世纪 90 年代开始，PC 机的发展日新月异，基于个人计算机（PC）平台的数控系统（称为 PC 数控系统）应运而生，数控系统的发展进入第 6 代。但是现在市场上流行和企业普遍使用的仍然是第 5 代数控系统，其典型代表是日本的 FANUC-0 系列和德国的 SINUMERIK810 系列数控系统。

### 1.1.2 数控编程技术的发展

自 1952 年美国帕森斯（Parsons）公司与麻省理工学院（MIT）合作研究出世界上第一台数控机床以来，数控机床按照数控系统的发展已经经历了 5 代。与此同时，数控编程技术也有了很大的发展，由手工编程到自动编程，进一步从语言编程发展到交互式图像编程，当前正向集成化、智能化的纵深方向发展。自动编程技术的发展对提高数控加工的生产率，发挥数控机床的潜力及改善产品加工质量都具有十分重要的作用。因此对数控编程技术的研究和应用受到世界各国的高度关注与重视。

#### 1. 手工编程

手工编程是指由人工编制零件数控加工程序的各个步骤，即从零件图纸分析、工艺分析、

加工路线和工艺参数的确定、数控系统所需输入的数据的计算、零件的数控加工程序单的编写至程序的检验均由人工完成。

对于点位加工或几何形状不太复杂的零件加工，数控编程计算较简单、程序段较少，使用手工编程即可实现。而对轮廓形状并不是由简单直线、圆弧组成的零件，特别是具有复杂空间曲面的零件、几何形状虽不复杂但程序量很大的零件，由于数值计算相当繁琐，工作量大，容易出错，且难以校对，使用手工编程就比较困难。因此，为了缩短生产周期，提高数控机床的利用率，有效地解决复杂零件的加工问题，可以采用自动编程的方法。

## 2. 自动编程

自动编程是指利用计算机帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题，即数控编程的大部分工作由计算机完成。自动编程代替设计人员完成了枯燥、繁琐的数值计算工作，并省去了编写程序单的工作量，因此可将编程效率提高几十倍，同时也解决了手工编程无法解决的复杂形状零件的加工编程问题。

根据编程方式的不同，自动编程又可分为 APT (Automatically Programmed Tool) 编程与交互式图像编程两种方式。

- APT编程：自第一台数控机床问世不久，美国麻省理工学院 (MIT) 就开始研究自动编程的语言系统，即APT语言。把用该语言书写的零件加工程序输入到计算机，经计算机APT编译系统编译，产生数控加工程序。经过不断的发展，APT编程能够承担复杂自由曲面加工的编程工作。然而，由于APT语言是开发得比较早的计算机数控编程语言，当时计算机的图像处理能力不强，因而必须在APT源程序中用语言的形式去描述本来十分直观的几何图形信息及加工过程，再由计算机处理生成加工程序。这样导致其直观性差，编程过程比较复杂而不易掌握。目前已被交互式图像编程所取代。
- 交互式图像编程：交互式图像编程是一种计算机辅助编程技术。它的主要特点是以图形要素为输入方式，而不需要使用数控语言。从编程数据的来源，零件及刀具几何形状的输入、显示和修改，刀具相对于工件的运动方式的定义，走刀轨迹的生成，加工过程的动态仿真显示，刀位检测到数控加工程序的产生等都是在图形交互方式下利用屏幕菜单和命令驱动进行的。因此，交互式图像编程具有形象、直观和效率高等优点。

20 世纪 70 年代出现的交互式图像编程技术，推动了 CAD 和 CAM 向一体化方向发展；到了 20 世纪 80 年代，在 CAD/CAM 一体化概念的基础上，逐步形成了计算机集成制造系统 (CIMS) 的概念。目前，国内外对 CIMS 的近期目标看法不一，但一致认为 CAD/CAM 技术是 CIMS 的基础研究内容，而 CAM 的一个重要组成部分则是数控编程技术。为了适应 CIMS 及 CAD/CAM 一体化技术的发展需要，数控编程技术出现了向集成化和智能化发展的趋势。

目前，在我国应用较为广泛的集成化图像数控编程软件主要有 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、EUCLID、Mastercam、SolidWorks 等，这些软件的数控编程功能都比较强，且各有特色。