



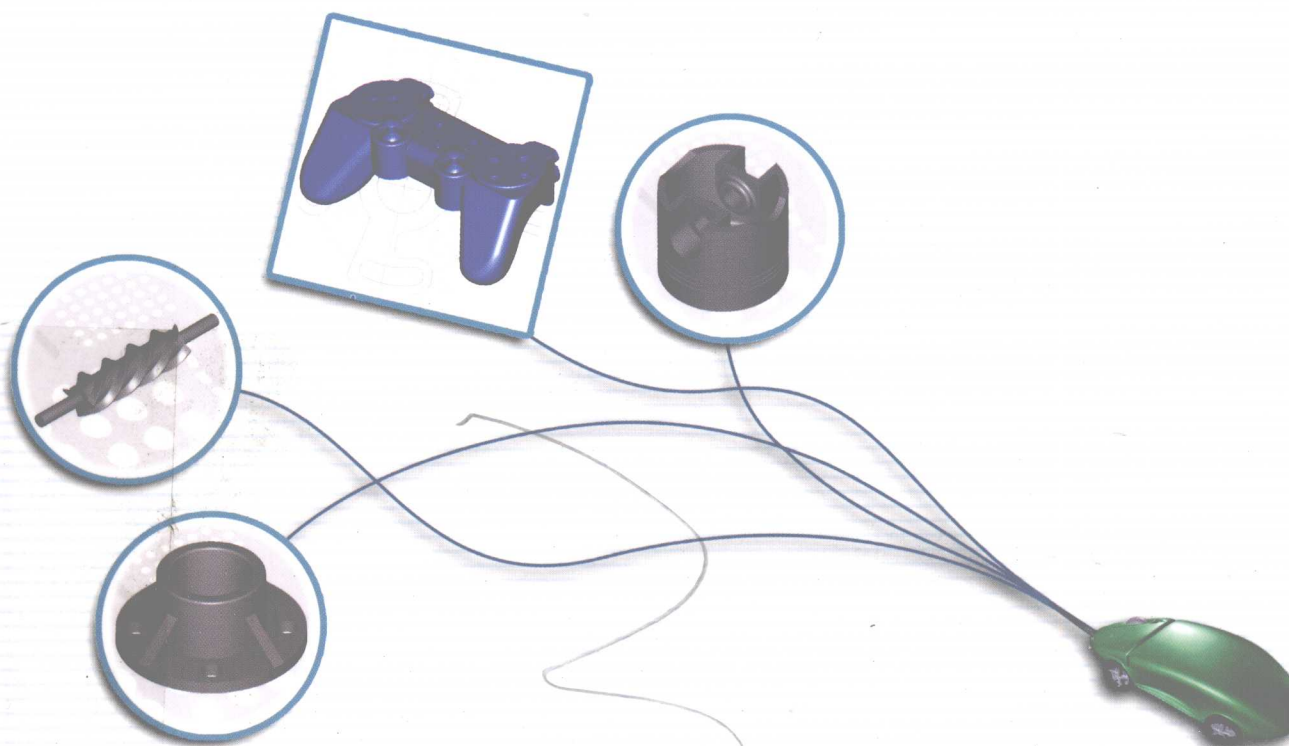
Mastercam X



附数字光盘

数控加工实战训练

老虎工作室
谭雪松
张铁坚
钟廷志 编 著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TG659/239D

2008

举一反三

Mastercam X

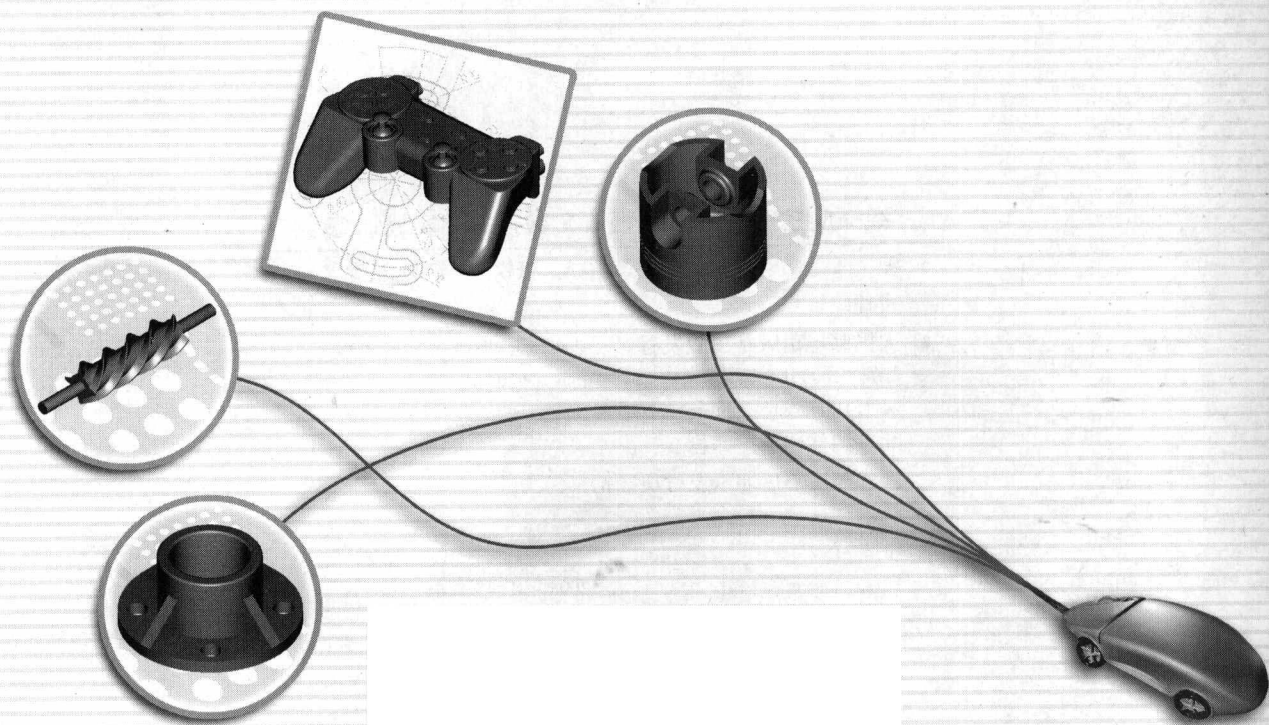
数控加工实战训练

■ 老虎工作室

谭雪松

张铁坚

钟廷志 编 著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam X 数控加工实战训练/谭雪松, 张铁坚, 钟廷志编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.4

(举一反三)

ISBN 978-7-115-17439-0

I. M… II. ①谭…②张…③钟… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 205834 号

内 容 提 要

Mastercam 是一款集 CAD/CAM 于一体的软件。它容易掌握, 使用方便, 完全适用于一般模具和所有机械零件的制造, 以及数控镗铣床、加工中心、数控车床和数控线切割机床等。目前, Mastercam X 广泛应用于机械制造、汽车、航空、造船、摩托车和家电等行业。与以前版本相比, Mastercam X 增加了许多后处理程式, 适用于 FANUC、SINUMERIK 等多种系统。

本书从理论与实践相结合的角度入手, 系统地介绍了 Mastercam X 的功能和用法, 以实例为引导, 循序渐进地介绍了 Mastercam X 中的基本操作、二维图形构建与编辑、图形标注和填充、三维曲面造型、实体模型、三维实体造型、二维加工以及三维曲面加工等。本书辅以大量的典型实例进行讲解, 通过详细的操作步骤, 使读者能轻松自如地学习和掌握 Mastercam X。

本书内容翔实, 实例丰富, 特别适合作为高等院校机电一体化、数控技术、模具设计与制造和机械制造与自动化等专业的教材, 还可以作为模具设计和制造工程技术人员的自学用书。

举一反三——Mastercam X 数控加工实战训练

◆ 编 著 老虎工作室 谭雪松 张铁坚 钟廷志
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>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 18.25
字数: 454 千字
印数: 1 - 5 000 册

2008 年 4 月第 1 版
2008 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17439-0/TP

定价: 38.00 元 (附光盘)

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

反盗版热线: (010) 67171154



老虎工作室

主 编： 沈精虎

编 委： 许曰滨 黄业清 姜 勇 宋一兵 高长铎
田博文 谭雪松 杜俭业 向先波 毕丽蕴
郭万军 宋雪岩 詹 翔 周 锦 冯 辉
王海英 蔡汉明 李 仲 赵治国 赵 晶
张 伟 朱 凯 臧乐善 郭英文 计晓明
尹志超 滕 玲 张艳花 董彩霞 郝庆文

内容和特点

Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台上的 CAD/CAM 一体化软件,是目前世界上功能最强大,应用最广泛,加工策略最丰富的数控加工编程软件系统之一,同时也是 CAM 软件技术最具代表性的,增长率最快的加工软件之一。它广泛应用于各个领域,尤其对模具设计与制造具有非常明显的优势。

本书面向初级用户,从基础入手,深入浅出地介绍了 Mastercam X 的主要功能和用法。通过对典型实例的详细解析,引导读者熟悉软件中各种工具的使用方法,掌握各种加工策略的使用范围和方法。书中内容以大量的应用实例为主,内容新颖丰富,包含了线框、三维曲面、实体零件造型、二维和三维数控加工刀具路径生成等,叙述清晰,对学习难点作了详尽的介绍。范例内容涵盖了软件的绝大部分主要功能和命令,可以帮助读者更好地学习,达到事半功倍的效果。

全书共分 6 章,由易到难、循序渐进、系统地介绍了 Mastercam X 的常用功能。

- 第 1 章介绍数控加工和 Mastercam X 基本知识。
- 第 2 章介绍二维图形的绘制方法。
- 第 3 章介绍曲面图形的创建方法。
- 第 4 章介绍三维实体的创建方法。
- 第 5 章介绍二维刀具路径的加工方法。
- 第 6 章介绍三维刀具路径的加工方法。

读者对象

本书从理论与实践相结合的角度入手,系统地介绍了 Mastercam X 的功能和用法,以实例为引导,循序渐进地介绍了 Mastercam X 中的基本操作、二维图形构建与编辑、图形标注和填充、三维曲面造型、实体模型、三维实体造型、二维加工以及三维曲面加工等。本书辅以大量的典型实例进行讲解,通过详细的操作步骤,使读者能轻松自如地学习和掌握 Mastercam X。

本书内容翔实,实例丰富,特别适合作为高等院校机电一体化、数控技术、模具设计与制造和机械制造与自动化等专业的教材,还可以作为模具设计和制造工程技术人员的自学用书。

配套光盘内容简介

为了方便读者学习,本书提供了配套的多媒体教学光盘,其中收录了书中各章实例、习题动画文件和所用到的素材,这些文件都被保存在与章节相对应的文件夹中。动画实例的制作过程都被采集成动画演示文件(.avi),并配有全程语音讲解。

1. “实例”文件夹

收录了书中各个实例的制作结果和用到的素材,这些素材按章进行分类,放在相应的文件夹中。在制作实例时,读者可以直接导入这些文件。

注意:由于光盘上的文件都是“只读”的,因此不能直接修改。读者可以先将这些文件

拷贝到硬盘上，去掉文件的“只读”属性，然后再使用。

2. “视频”文件夹

收录了书中实例制作过程的动画演示文件，文件格式为“.avi”。

注意：播放动画演示文件前，先要安装光盘根目录下的“avi_tscx.exe”插件。

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。

老虎工作室网站 <http://www.laohu.net>，电子函件 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2007年12月

第1章 概述.....	1
1.1 数控加工概述.....	1
1.1.1 数控机床.....	1
1.1.2 刀具半径补偿原理.....	5
1.1.3 当代数控加工的发展趋势.....	6
1.2 Mastercam X 概述.....	8
1.2.1 Mastercam X 的功能简介.....	8
1.2.2 Mastercam 在数控加工的应用过程.....	10
1.2.3 Mastercam 设计要点.....	11
1.2.4 Mastercam X 新特性.....	12
1.3 Mastercam X 的工作界面简介.....	13
1.4 小结.....	14
第2章 二维图形及其标注.....	15
2.1 基础知识.....	15
2.1.1 基本绘图工具的使用.....	15
2.1.2 基本图形编辑工具的使用.....	17
2.1.3 图形的标注和填充.....	18
2.2 典型实例——绘制摇臂.....	19
2.3 起步——绘制圆盘.....	28
2.4 进阶训练.....	32
2.4.1 绘制轮毂.....	32
2.4.2 绘制弯头.....	34
2.5 提高训练.....	39
2.5.1 绘制法兰.....	39
2.5.2 绘制电话机俯视线框.....	44
2.6 小结.....	52
第3章 曲面设计.....	53
3.1 相关知识.....	53
3.1.1 常用曲面的创建方法.....	53
3.1.2 曲面的编辑.....	59
3.1.3 创建空间曲线.....	61
3.2 典型实例——绘制机盖.....	62
3.3 起步——绘制手机座.....	66
3.4 进阶——绘制电话机面板.....	71

3.5 提高训练.....	82
3.5.1 提高——绘制铣刀	83
3.5.2 提高——绘制吹风筒	89
3.6 小结.....	94
第4章 创建实体模型	95
4.1 创建实体命令.....	95
4.1.1 创建拉伸实体模型	95
4.1.2 创建旋转实体模型	95
4.1.3 创建扫掠实体.....	96
4.1.4 创建举升实体.....	96
4.1.5 创建基本实体.....	96
4.2 典型实例.....	97
4.2.1 典型实例——连接杆	97
4.2.2 典型实例——烟斗	107
4.3 起步实例.....	116
4.3.1 起步——连接板	116
4.3.2 起步——方体.....	121
4.3.3 起步——把手.....	125
4.4 进阶训练.....	130
4.4.1 进阶——连杆.....	130
4.4.2 进阶——法兰.....	135
4.4.3 进阶——油缸.....	141
4.5 提高训练.....	154
4.5.1 提高——转接口	154
4.5.2 提高——活塞.....	159
4.5.3 提高——游戏机手柄	167
4.5.4 提高——关节零件	182
4.6 小结.....	192
第5章 二维刀具路径	195
5.1 Mastercam 数控加工概述.....	195
5.2 二维刀具路径基础知识	196
5.3 二维刀具路径设计综合实例	197
5.3.1 典型实例——铣削平面	197
5.3.2 起步——外形铣削	203
5.3.3 进阶——挖槽并旋转刀具路径	209
5.3.4 提高——文字雕刻	215

5.3.5 提高——铣削阶梯并在阶梯上钻孔	218
5.4 小结	227
第 6 章 三维刀具路径	229
6.1 相关知识	229
6.2 三维曲面加工综合实例	230
6.2.1 典型实例——曲面粗加工挖槽	230
6.2.2 起步——曲面精加工等高外形	237
6.2.3 进阶——综合铣削	246
6.2.4 提高——曲面精加工环绕等距	271
6.2.5 提高——曲面精加工环绕等距	276
6.3 小结	282

第1章 概述

数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础，是一个国家工业现代化水平和综合国力强弱的标志之一。这个基础是否牢固将直接影响到一个国家的经济发展和综合国力，关系到一个国家的战略地位。自动化数控技术是先进制造技术的核心，是制造业实现网络化、柔性化和集成化的基础。随着计算机及其软、硬件技术的飞速发展，数控系统的硬件平台日渐趋于一致化，数控技术也逐渐在现代生产中占有越来越重要的位置。

数控加工大大提高了加工精度、速度和效率。数控系统具有一定的智能化，能把特殊的加工工艺、管理经验和操作技能应用到当前的加工任务中。同时还具有图形交互、故障诊断功能，因此在现代生产中的应用越来越广泛。不过，数控加工是一项复杂的高科技技术，需要强大的理论知识支持。随着 Mastercam 等大型 CAD/CAM 软件的开发和推广，数控加工的实现更加方便。在介绍 Mastercam 软件之前，首先简要介绍一下数控加工的基础知识。

1.1 数控加工概述

数控加工技术是将微电子、自动控制、计算机技术与机械制造中的机床设备相结合而形成的现代加工技术。通过计算机对整个加工过程进行信息处理和控制，实现了加工过程的自动化。在现代生产中，随着微电子技术、计算机技术、传感器技术、信息处理技术以及自动控制技术等快速发展，数控加工在生产中的应用越来越广泛。

1.1.1 数控机床

数控加工包含了丰富的内容，与多种技术密切相关。在数控加工中，最核心最重要的部分就是数控机床。数控机床可以进行单件、小批量生产，还可以高效率、高质量地自动化加工结构复杂的零件。从第一台数控机床问世到现在的半个世纪中，数控技术的发展非常迅速，几乎所有品种的机床都实现了数控化。数控机床的应用领域也从航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床和建筑等民用机械制造行业。

一、数控机床的特点

数控机床具有以下特点。

- 能适应不同零件的自动加工。数控机床是按照被加工零件的数控程序来进行自动加工的，当改变加工零件时，只需改变数控程序，而不必更换工艺装备。而且它的生产准备周期短，有利于机械产品的更新换代。
- 生产效率和加工精度高、加工质量稳定。数控机床上可以采用较大的切削用量，有效地节省了机动工时。
- 具有自动调速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，使辅助时间大大缩

短,并且无需工序间的检验与测量,与普通机床相比,生产率更高。

- 数控机床本身的精度较高,同时还可以利用软件进行精度校正和补偿。因为根据数控程序自动进行加工,可以避免人为的误差,因此加工精度高,而且质量稳定。

二、数控机床的组成和原理

数控机床是一种高度自动化的机床。在加工工艺与加工表面的形成方法上,与普通机床基本相似,最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法上。数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。

在加工前,首先将工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数、切削加工的工艺参数以及各种辅助操作(主运动变速、刀具更换、冷却润滑液启停、工件夹紧松开等)等与加工零件有关的信息——用规定的文字、数字和符号组成代码,然后按一定的格式编写成加工程序,也就是通常所说的数控程序。

随后将数控程序通过控制介质输入到数控装置中,由数控装置经过分析处理后,发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工过程。

数控机床的组成示意图如图 1-1 所示。

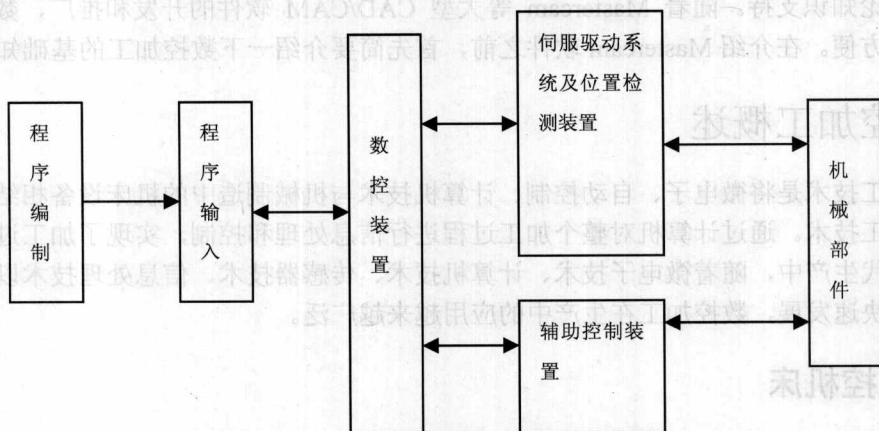


图1-1 数控机床的组成

(1) 程序编制

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在编制数控程序时,首先要对加工零件进行工艺分析,确定以下内容。

- 零件坐标系在机床坐标系上的相对位置,即零件在机床上的安装位置。
- 刀具与零件之间的相对运动参数。
- 零件加工的工艺路线或加工顺序。
- 切削加工的工艺参数。
- 辅助装置的动作顺序。

这样可以得到零件的所有运动、尺寸和工艺参数等加工信息,然后由标准的文字、数字和符号组成数控代码,再按规定的方法和格式编制成零件加工的数控程序。

要点提示

早期的数控机床, 编制程序的工作主要由人工进行, 既复杂又容易出错。现代的数控机床的编程能力大大提高了, 特别是在当今大型 CAD/CAM 软件普及和推广后。在数控机床上既可以在线编程, 也可以使用软件创建零件模型后, 由软件自动生成数控程序。本书向读者介绍的 Mastercam 软件即具备这些功能。

(2) 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号, 传送并存入数控装置内。根据程序存储介质的不同, 输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。

不过随着数控技术的发展, 这一个环节已经逐渐被淡化, 现在的数控机床从程序的编制到输入都由机床上的计算机系统自动完成。

(3) 数控装置

数控装置是数控机床的核心, 它接受输入装置送来的脉冲信号, 经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后, 输出各种信号和指令控制机床的各个部分, 进行规定、有序的动作。

数控装置主要发出以下控制信号。

- 由插补运算得到的各坐标轴 (即作进给运动的各执行部件) 的进给位移量。
- 进给方向指令。
- 进给速度指令。
- 主运动部件的变速、换向和启停信号。
- 选择和交换刀具的指令信号。
- 冷却和润滑系统的启停指令。
- 机床部件松开、夹紧和分度工作台转位等辅助指令。

要点提示

脉冲信号是数控系统中的一种可计数的特殊指令信号, 一个脉冲信号可以驱动运动部件实现微小的位移。插补运算是数控加工中的一种重要运算, 用于根据有限个给定的准确位置点计算出运动路径上的其余位置点, 从而获得准确的运动路径。

(4) 伺服驱动系统及位置检测装置

伺服驱动系统由伺服驱动电路和伺服驱动装置 (电机) 组成, 并与机床上的执行部件和机械传动部件组成数控机床的进给系统。

伺服驱动系统根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移。一般来说, 每个作为进给运动的执行部件, 都分别配有一套独立的伺服驱动系统。

伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中, 使用位置检测装置来间接或直接测量执行部件的实际进给位移, 将其与指令位移进行比较后将其误差转换放大作为控制信号来修正执行部件的运动误差。

要点提示

“伺服”一词的含义很容易理解, 就是“伺候、服务”的意思, 就像一个人给另一个人服务一样, 别人下达的任务一定要无条件执行。伺服装置 (电机) 也是这样, 数控装置发出的指令信号必须被准确无误地执行。

(5) 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统。其主要作用是接收数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换和辅助装置动作等指令信号, 这些信号经必要

的编译、逻辑判断和功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件，以完成指令所规定的动作。

(6) 机械部件

数控机床的机械部件与普通机床并无本质区别。它包括主运动部件、进给运动执行部件（工作台、拖板及其传动部件）和床身立柱等支承部件以及冷却、润滑、排屑、转位和夹紧等辅助装置。

加工中心类的数控机床还有存放刀具的刀库和交换刀具的机械手等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似，但传动结构要求更为简单，在精度、刚度和抗震性等方面要求更高，而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。

三、数控机床的分类

数控技术从最初应用到现在已有 50 年的历史。按照电子器件的发展历程先后经历了电子管数控、晶体管数控、中小规模 IC 数控、小型计算机数控以及微处理器数控 5 个阶段。根据体系结构的不同可分为以硬件及连线组成的硬数控系统和由计算机硬件与软件组成的 CNC 数控系统（软数控系统）。

下面介绍两种最重要的分类。

(1) 按照加工功能和特点划分

按这个分类标准可以把数控机床分为以下 3 种类型。

- 点位控制数控机床：点位控制的数控机床用于加工平面内的孔系，主要控制在加工平面内从一个点到另一个点的运动，仅保证点的位置准确性。这类机床主要有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。为了提高生产效率，在非加工位置采用高速运动，在定位移动过程中不进行切削加工，因此对运动轨迹没有任何要求。
- 直线控制数控机床：直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工，进给速度根据切削条件可在一定范围内调节。直线控制的数控车床可用于加工台阶轴，直线控制的数控铣床可用于平面的铣削加工。直线控制数控机床要求运动轨迹准确，运动时的参数均匀一致。
- 轮廓控制数控机床：轮廓控制数控机床可控制刀具沿着特定的轮廓路径运动。与直线控制数控机床相比，运动轨迹更加复杂，要求更为严格，这也是现代数控加工中应用最广泛的一种加工形式。根据轮廓的复杂程度又可以分为平面轮廓数控机床和空间轮廓数控机床两种类型。

(2) 按照伺服系统的类型划分

按这个分类标准可以把数控机床分为以下 3 种类型。

- 开环数控系统：数控装置根据所要求的进给速度和进给位移输出一定频率和数量的进给指令脉冲，这些脉冲经驱动电路放大后，每一个进给脉冲驱动伺服电机旋转一个步距角，再经减速齿轮、丝杠螺母副转换成工作台的一个当量直线位移。这种数控系统的特点是不再检测工作台的直线位移是否准确。
- 闭环数控机床：在开环数控系统的基础上，闭环数控系统使用位置检测装置测量工作台的实际位置信号，并将其反馈回来，随时与输入信号进行比较，然

后根据其差值大小来调整输入信号，从而起到误差补偿的目的。闭环系统易引起振动，不容易稳定运行。

- 半闭环数控机床：与闭环数控机床不同，半闭环数控机床将位置检测装置安装在驱动电机的端部或传动丝杠端部，从而间接测量执行部件的实际位置或位移。半闭环数控机床可以获得比开环系统更高的精度，但位移精度比闭环系统低，与闭环系统相比，易于实现系统的稳定性。

1.1.2 刀具半径补偿原理

刀具补偿原理是数控加工中的重要原理。

一、什么是刀具补偿

数控加工过程中所控制的是刀具中心的轨迹，而用户总是按照工件外轮廓编程。由于任何刀具都具有一定的体积，因此在加工时，刀具中心运动轨迹与零件轮廓之间会相差一个刀具半径值。为了保证加工的准确性，必须作以下处理。

- 在进行内轮廓加工时，刀具中心必须向零件内侧偏移一个偏移量。
- 在进行外轮廓加工时，刀具中心必须向零件外侧偏移一个偏移量。

其中，偏移量为刀具半径与各类加工裕量之和。

要点提示

这里的加工裕量非加工余量，是指各种类型的补偿量。通过后面的介绍可以知道，刀具磨损量、工序余量等都可以作为裕量补偿值。

这种根据由零件外形编制的程序以及预先设定的偏置参数，由数控装置自动生成刀具中心轨迹的功能就是刀具半径补偿功能。图 1-2 所示为刀具补偿示意图。

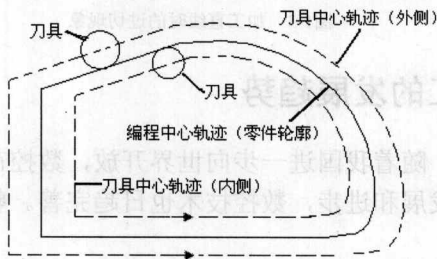


图1-2 刀具补偿示意图

二、刀具补偿的分类

刀具补偿的分类原则有两个，简要介绍如下。

(1) 根据刀具轨迹与编程轨迹之间的关系划分

按照 ISO 标准，将刀具补偿分为以下两种类型。

- 右刀补：刀具中心轨迹在编程轨迹（零件轮廓）前进方向的右侧。
- 左刀补：刀具中心轨迹在编程轨迹（零件轮廓）前进方向的左侧。

(2) 按照相邻两段刀具中心轨迹之间的连接方法划分

依据这种分类方法将刀具补偿分为以下两种类型。

- B 刀补：各段刀具中心轨迹之间采用圆弧连接。这种方法简单、易于实现，但是加工内轮廓时容易出现干涉和过切现象。

- C 刀补: 各段刀具中心轨迹之间采用直线连接。这种方法较为复杂, 加工内轮廓时不会出现干涉和过切现象。

三、 刀具补偿的意义

在数控加工中, 采用刀具补偿具有重要意义, 它可以简化编程工作量, 提高加工效率。

- 如果采用刀具补偿, 由于刀具磨损或更换刀具引起刀具变化后, 不必重新编写程序, 只需要修改相应的偏移量即可, 操作方便。
- 在粗加工阶段, 为精加工预留的加工余量可以直接加入刀补偏移量中, 而不必为粗精加工单独编写程序, 简化了操作。

由此可见, 采用刀具补偿能够大大简化编程过程。

四、 刀具补偿中的过切问题

过切是指加工中切除了本来不该切除的材料, 这是在进行刀具补偿中必须要注意的问题。图 1-3 所示为直线加工时的过切现象, 在圆弧加工中也存在同样的问题。

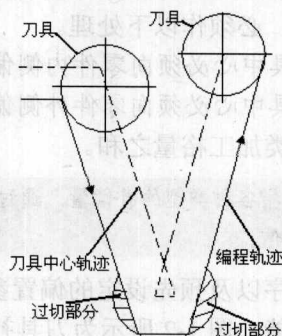


图1-3 加工直线时的过切现象

1.1.3 当代数控加工的发展趋势

上世纪 90 年代以来, 随着我国进一步向世界开放, 数控市场出现了非常复杂的竞争态势, 随着科学技术的不断发展和进步, 数控技术也日趋完善。整体来看, 当代数控加工将朝以下方向发展。

一、 高速、高效、高精度和高可靠性

速度和精度是数控机床的两个重要指标, 它直接关系到加工效率和产品质量。目前, 我国生产的第六代数控机床系统均采用 32 位处理器, 它大大提高了系统的基本运算速度, 使得高速运算、模块化及多轴成组控制系统成为可能。同时, 新一代数控机床将采用超大规模的集成电路和多微处理器结构, 以提高系统的数据处理能力。

要提高加工效率, 首先必须提高切削速度和进给速度。同时, 在缩短加工时间后要确保加工质量, 必须提高机床部件运动轨迹的精度, 而可靠性则是上述目标的基本保证。为此, 必须要有高性能的数控装置作为前提。

(1) 高速、高效

首先机床向高速化方向发展, 可充分发挥现代刀具材料的性能, 不但可大幅度提高加工效率, 降低加工成本, 而且还可提高零件的表面加工质量和精度。超高速加工技术对制造业

实现高效、优质和低成本生产有着广泛的适用性。新一代数控机床（含加工中心）通过高速化可以大幅度缩短切削工时，进一步提高生产效率。

(2) 高精度

精度是机械加工中最为关键的一个参数，是衡量加工设备好坏的重要标准。从精密加工到超精密加工是我国乃至世界各工业强国的发展方向。其精度从微米级到亚微米级，乃至纳米级（ $<10\text{nm}$ ），应用范围也日趋广泛。超精密加工主要包括超精密切削（车、铣）、超精密磨削、超精密研磨抛光以及超精密特种加工（三束加工及微细电火花加工、微细电解加工和各种复合加工等）等形式。随着现代科学技术的发展，对超精密加工技术不断提出了新的要求。新材料及新零件的出现，更高精度要求的提出等都需要超精密加工工艺。发展新型超精密加工数控机床，完善现代超精密加工技术，是适应现代科技发展的需要。

(3) 高可靠性

数控系统的可靠性一直是用户最关心的主要指标。新一代的数控系统将采用更高集成度的电路芯片，利用大规模或超大规模的专用及混合式集成电路，减少元器件的数量，从而提高整个系统可靠性。同时通过自动运行诊断、在线诊断以及离线诊断等多种诊断程序，实现对系统内硬件、软件和各种外部设备进行故障诊断和报警。

二、 模块化、智能化、柔性化和集成化

数控系统模块化、智能化、柔性化和集成化的发展是当今该行业发展的主流，也是所有前沿科学的发展方向。

(1) 模块化、专门化与个性化

数控系统模块化，数控功能专门化，数控机床性能价格比显著提高并加快优化是为了适应数控机床多品种、小批量的特点，其中个性化是近几年来特别明显的发展趋势之一。

(2) 智能化

智能化就是实时智能控制。现代数控机床的智能化发展将通过对影响加工精度和效率的物理量进行检测、建模和提取特征，自动感知加工系统的内部状态及外部环境，快速做出相对应的调整，实现最佳目标的智能决策，对机床的工艺参数进行实时控制，使机床的加工过程处于最佳状态。

(3) 柔性化和集成化

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是从点（数控单机、加工中心和数控复合加工机床）、线（大型生产线）向面（工段车间独立制造岛，FA）、体（CIMS，分布式网络集成制造系统）的方向发展。另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段，是各国制造业发展的主流趋势，是先进制造领域的基础技术。

三、 通用型开放式

目前大多数数控机床采用的是专用型封闭式体系结构数控系统。在实际加工前，加工程序是通过手工方式或通过 CAD/CAM 自动编程系统编制并输入数控系统。CAD/CAM 和 CNC 之间没有反馈控制环节，整个制造过程中 CNC 只是一个封闭式的执行机构，无法在现场环境下根据外部干扰和随机因素实时动态调整加工过程中的刀具组合、工件材料、主轴转速、进给速率、刀具轨迹、切削深度、步长和加工余量等加工参数，更无法通过反馈控制环节随机修正 CAD/CAM 中的设定量，因而影响 CNC 的工作效率和产品加工质量。

通用型开放式体系结构数控系统解决了封闭式体系结构数控系统存在的问题。这种结构的软硬件接口遵循国际标准协议,只需少量的重新设计和调整,新一代的通用软硬件资源就可被现有数控系统采纳、吸收和兼容,使系统的开发费用大大降低而系统可靠性反而提高。

1.2 Mastercam X 概述

Mastercam X 软件是 CNC Software 公司开发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 一体化软件系统,其强大的 CAD 与 CAM 功能,使包括美国在内的各工业大国都一致采用该系统作为设计、加工制造的标准。该软件对硬件要求不高,操作灵活,易学易用并具有良好的性能价格比,因而深受广大企业用户和工程技术人员的欢迎,目前已经广泛应用于机械加工、电子、模具制造、汽车工业和航天工业等诸多领域。

Mastercam X 具有二维几何图形设计 (CAD)、三维曲面设计 (CAD)、二维加工与三维加工 (CAM)、刀具路径模拟 (CAM) 和加工实体模拟 (CAM) 等功能。利用 CAD 技术生成的产品三维造型包含了数控编程所需要的完整的产品表面几何信息。此外,还可对这些几何信息进行数控加工刀位的自动计算,从而实现了从产品的几何模型设计到加工制造的 CAD/CAM 一体化。它是目前世界上应用最广泛的 CAD/CAM 软件之一。

1.2.1 Mastercam X 的功能简介

作为一款 CAD / CAM 集成软件,Mastercam X 包括有设计 (CAD) 和加工 (CAM) 两大功能部分。

一、Mastercam 的造型功能

设计 (CAD) 部分主要由 Design 模块来实现,它具有完整的曲线曲面功能,不仅可以设计和编辑二维、三维空间曲线,还可以由方程生成曲线。采用 PARAMETERICS、NURBS 等数学模型,可以以多种方法生成曲面,并具有丰富的曲面编辑功能。此外,Mastercam X 还具有丰富的实体建模功能,可以简便快捷地创建出直观的实体模型,使得用户在 CAD 设计时选择手段更加丰富多样。

(1) 曲面造型手段丰富

Mastercam 能够构建昆氏、扫掠和举升等十多种光滑曲面模型。可以在多个曲面之间创建等 (变) 圆角过渡,还具有曲面倒角、曲面偏置、曲面自动修剪以及曲面的分析处理等特殊造型功能,可用于零件表面局部形状的详细设计,以实现精确建模。

(2) 以 Parasolid 为核心的实体造型

Parasolid 是领先的实体建模内核,具有特征造型和参数化设计功能,可对实体进行布尔运算、抽壳、等 (变) 半径倒角及单、双拔模角等处理。它操作简单,适合零部件的结构设计。

(3) 实体与曲面的综合造型功能

在 Mastercam 中,通常综合使用实体造型和曲面造型功能来创建模型。然后在实体模型上再构建所需的曲面模型,这样就可以通过曲面设计工具来完成零件外形的详细设计,可用于设计具有复杂外形的零件。如果需要,还可以将曲面转换为实体模型。