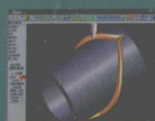
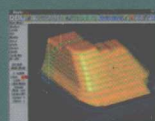
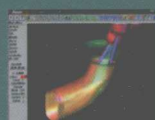


高 级 技 工 学 校 教 材

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心 组织编写
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

数控机床 CAM编程



中央广播电视大学出版社

高级技工学校教材

数控机床 CAM 编程

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心 组织编写
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

江苏工业学院图书馆
藏书章

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控机床 CAM 编程/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心,全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织编写. —北京:中央广播电视大学出版社,2004. 12

高级技工学校教材

ISBN 7-304-02940-4

I. 数… II. ①劳…②全… III. 数控机床—程序设计—技工学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 125366 号

版权所有,翻印必究。

数控机床 CAM 编程

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组织编写

出版·发行:中央广播电视大学出版社

电话:发行部:010—68519502 62529338 总编室:010—68182524

网址:<http://www.crtvup.com.cn>

地址:北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编:100039

经销:新华书店北京发行所

策划编辑:苏 醒

封面设计:王 容

责任编辑:冯 欢

版式设计:张 彦

责任印制:赵联生

责任校对:汪宝明

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

印数:0001—3000 册

版本:2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:20

字数:460 千字

书号:ISBN 7-304-02940-4/TP·243

定价:35.00 元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

高级技工学校教材

机电类专业编审工作委员会

主 任：陈 宇 郝广发

副主任：孙长庆 张永麟 杨黎明

委 员：（按姓氏笔画排序）

于 平	王 军	王兆山	王洪琳	王晓君
付志达	付元胜	冯振君	刘大力	刘亚琴
许炳鑫	孙国庆	李 涛	李长江	李木杰
李鸿仁	李超群	杨耀双	杨君伟	杨柳青
何阳春	张 斌	张仲民	张跃英	陈 蕾
林 青	林爱平	周学奎	单渭水	郝晶卉
赵杰士	贾恒旦	董桂桥	甄国令	

《数控机床 CAM 编程》编写人员

主 编：杨海东

主 审：聂晓溪

编 者：杨海东 林海岚

行业技能考核委员会审核

序

为实施人才强国战略,加快高技能人才培养,劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培养工程。为配合这项工程实施,我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会,组织专家编写了高级技工学校机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修 5 个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的 5 个专业的配套教材,是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》,瞄准经济发展对技能人才的要求,以职业技能为核心,注重教学内容的科学性、先进性和规范性,突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中,特别注意了中、高级技能人才培养的衔接,教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业(工种)高级工、技师等企业职工培训教材,也可作为相关专业高职院校的课程教材,并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持,30 多所高级技工学校和企业的专家参加了教材的编审工作,付出了辛勤的劳动,在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

前 言

Mastercam9 是美国 CNC Software 公司研制开发的 PC 级 CAD/CAM 系统, 该软件目前在我国机械加工行业中普遍使用, 它可用于数控铣床、数控车床、数控镗床、数控坐标镗床、加工中心、数控线切割机床、数控火焰切割机床等, 而且能适用于多种数控装置的机床。同时, 由于 Mastercam 软件特别适合目前我国企业的经济状况和技术实力, 为了技术工人水平的提高, 因此编写此书, 以适应广大机械加工业内人士及模具设计培训之用。

本书介绍了 Mastercam9 的主要功能, 包括软件的安装和设置、参数的设定、绘图方法、Mastercam9 的新内容, 以及将 AutoCAD 中的图形转换至 Mastercam 中的方法, 特别是 Mastercam 中各种固定参数曲线、任意参数曲线的制作方法, 以及其与 AutoCAD 转档并输出为 DXF 文件等方法并生成 NC 程式的内容做了详细讲解。书中的菜单及命令都有详细的解释, 并在附录中提供主菜单下三级菜单的中英文对照, 使读者更易于阅读。另外, 书中还介绍了大量的实例, 供读者练习。

本书共分 12 章, 第一章介绍 Mastercam9 的基础知识, 包括主要用途、安装、界面、系统设置、各种菜单及帮助等; 第二章介绍一些基本操作, 包括点输入方法、通用选择方法、串连图素方法、文档管理等及在基本操作上的部分技巧功能; 第三章介绍多种二维图形的基本构建方法, 如点、线、圆等; 第四章介绍编辑转换功能, 如修剪、断点、组合及转换菜单等; 第五章介绍曲线和曲面及基本线架模型; 第六章介绍曲面模型的构建; 第七章介绍实体模型的构建; 第八章介绍数控铣削的相关性及应用, 包括刀具管理、定义刀具、刀具参数、操作管理、串连管理、工件设定等; 第九章介绍二维、三维刀具路径, 包

括外形铣削、钻孔、挖槽铣削等；第十章介绍几种实体模型的三维曲面加工，包括端面加工、曲面粗精加工的各种方法以及各种线架模型刀具路径设置等；第十一章介绍数控车加工 CAM 编程，包括数控车 CAM 加工图形的特殊绘制、加工毛坯设置、公共参数设置及综合车削 CAM 编程加工等。

本书内容翔实，实例丰富，涉及面广，生产实用价值高，适用于广大机械加工、数控培训教学、模具设计参考之用。

本书精心设计的部分工件均是采用生产实际中的原型或做了少量修改而成的工件，具有较高的生产实用价值。编者根据工作实践中积累的经验，并将实践经验倾注在此书中，以期对机械加工制造行业的发展有所裨益，并诚恳地希望此书能成为数控技术编程人员的良师益友。

由于编写时间仓促，编者水平和经验有限，缺点错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 Mastercam9 简介	1
第二节 Mastercam9 的主要用途	1
第三节 Mastercam9 的改进和新内容	3
第四节 Mastercam9 的运行环境及安装启动	5
第五节 Mastercam9 的工作窗口	15
第六节 系统设置	29
第二章 基本技能及操作技巧	31
第一节 点的创建方式	31
第二节 通用选择法	39
第三节 串连方法	42
第四节 文档管理	44
第三章 构建图形	50
第一节 各种线的绘制及矩形、多边形的绘制	50
第二节 圆弧、圆的绘制	60
第三节 倒圆角、倒角	68
第四节 构建椭圆	70
第五节 构建拟合线(聚合线)	71
第六节 构建边界盒	72
第七节 构建文本	73

第八节 图案模型.....	74
第九节 尺寸标注.....	75
第十节 螺旋线的构建	83
第十一节 参数方程式曲线的构建、齿轮的生成、全圆图素资料	84
第四章 图素编辑功能	92
第一节 普通编辑、修整功能.....	92
第二节 高级转换功能	103
第三节 删 除.....	113
第五章 构建线架模型、曲面	116
第一节 基本三维概念	116
第二节 线架模型.....	116
第三节 构建曲面模型	118
第六章 构建曲线	144
第一节 曲线菜单.....	144
第二节 常数参数构建曲线	145
第三节 参数曲面构建轮廓曲线及参数曲线构建曲线.....	146
第四节 其他曲线的构建	148
第七章 实体三维建模	152
第一节 实体概念及基本构成方式.....	152
第二节 公共参数配置	154
第三节 挤压实体.....	155
第四节 旋转实体.....	158
第五节 扫描实体.....	160

第六节 外壳实体.....	161
第七节 举升实体.....	162
第八节 倒圆角.....	163
第九节 实体倒角.....	164
第十节 布尔运算操作.....	165
第十一节 牵引实体面.....	166
第十二节 修剪实体面.....	169
第十三节 曲面转换为实体 From Surface.....	170
第十四节 实体表面的去除和视图的设置.....	171
第十五节 基本实体的构建.....	174
第十六节 实体管理器及实体实例分析与构建.....	176
第八章 CAM 管理及应用.....	180
第一节 工件设置.....	180
第二节 刀具管理.....	183
第三节 刀具的定义.....	186
第四节 加工刀具参数.....	191
第五节 操作管理.....	194
第六节 串连管理.....	197
第九章 2D、3D 外形与挖槽的刀具路径及应用.....	200
第一节 2D、3D 外形及挖槽的刀具路径概念及应用.....	200
第二节 2D、3D 外形铣削公共参数.....	201
第三节 外形铣削实例.....	207
第四节 3D 外形铣削实例.....	210
第五节 钻削参数.....	214
第六节 钻削实例.....	220

第七节	挖槽（内腔）铣削参数	223
第八节	挖槽（内腔）铣削实例	231
第十章	实体模型编程实例	238
第一节	绘制烟灰缸的曲面模型	238
第二节	绘制杯盖体曲面模型	254
第十一章	数控车加工 CAM 编程	273
第一节	CAM 中数控车床基本坐标系统概述	273
第二节	数控车 CAM 加工图形的特殊绘制	275
第三节	加工毛坯设置	279
第四节	公共参数设置	281
第五节	外圆车削 CAM 编程加工	288
第六节	孔的 CAM 编程加工	297
第七节	数控车循环 CAM 编程	300
附录		302

第一章 基础知识

随着机械制造业的发展、数控加工技术的普及,这一技术在我国的应用也越来越广泛。而在数控培训中,编程技术成为广大技术工人知识结构的一个瓶颈,目前应用最广泛的 CAM 软件有 CAXA-XP、Mastercam、UG、Pro/E 等。其中, CAXA-XP 适用于大专院校的基础部分, Mastercam 属于工业中中层应用, UG、Pro/E 等属于高编部分。因此,我们采用 Mastercam 软件作为职业教育培训的教材软件,希望这本书能有助于广大师生、工程技术人员在这方面技术的提高。

第一节 Mastercam9 简介

Mastercam9 集成 CAD 的设计、绘图功能设计出工程图纸,用 CAM 的功能编制出刀具路径 (NCI), 然后通过各种不同类型的后置处理程序 (PST) 产生不同 CNC 机床所需的 NC 程式, 并输入数控机床对工件加工成型, 从而达到数控自动加工的目的。

Mastercam 是一套集计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 于一体的非常成功的软件, 它使机械工程的设计和制造发生了革命性的变化, 一个设计工作者在短时间就能设计出机械工程上的各种曲线, 如齿轮齿形轮廓用的渐开线、摆线, 凸轮设计用的阿基米德曲线, 机械控制器用的抛物线、正/余弦线及各种任意参数曲线, 并用各曲线来形成复杂曲面、实体造型建模; 一个工程技术人员利用 CAM 功能在很短时间内可以完成非常复杂的曲面、实体的数控编程, 如型腔模具、汽车覆盖面等。

第二节 Mastercam9 的主要用途

Mastercam9 作为 PC 平台上的 CAD/CAM 设计制造软件, 它虽然不如工作站软件功能强大、模块多, 但就其性能价格比的优越性来说, 在我国企业经济和技术实力的环境下, 其使用范围和市场占有率非常大。使用 Mastercam9 的 CAD 功能在计算机上进行图形的设计和绘制, 然后在 CAM 中编制刀具路径 (NCI), 通过后置处理程式转换成 NC 程式, 传送至数控机床立刻就可以加工, 使用 CAD/CAM 大大地节省了时间、资源和产品成本, 并在最大程度上提高了产品加工的准确性, 因此可以提高工作效率、加工精度和产品合格率。

机械产品、模具设计和制造是机械工业界一项非常重要的工作, 特别是在制造及加工工艺上是一件很复杂的工作, 要生产具有高精度、高复杂度、高互换且一致性的产品, 过去都依赖高级技术工人来完成, 但因每个师傅的工作方法、经验和工具、环境的不同, 故生产制造出的产品也不同, 互换性差, 且坏了修复很困难。于是, 各生产厂商们经过长期

的研究,设计出了 NC 机床,但加工一项产品时,要根据所设定的加工程式进行加工,并且编程式又是一项复杂而繁琐的工作,要通过多种公式的计算才能编程式。后来有了 Mastercam、Pro/E 和 UG 等软件,彻底解决了这些问题,只要按图纸尺寸在计算机上绘制出需加工的二维或三维图形,即可很快地自动将程式编制好,输入 NC 机床就可以进行加工。

一、CAD 模块

CAD 模块的功能有:

- 可绘制二维或三维曲线、曲面、实体造型等图形及标注尺寸的各种编辑功能
- 提供图层的设定,可隐藏和显示图层,使绘图变得简单,辅助管理功能更强大,显示更加清楚
- 提供字型设计,对各种数控雕刻、数控线切割加工标牌的制作提供了最好的方法
- 可构建曲线的交线、延伸、修剪、熔接、打断、倒角、倒圆角,特别是在曲面间溶解方面具有强大的功能
- 图形可转换至 AutoCAD 或其他软件,也可从其他软件转换至 Mastercam
- Mastercam9 新增了部分实体模型的制作

二、CAM 模块

CAM 模块的功能有:

- 分别提供 2D (二维)、2.5D (线框模型及曲面模型)、3D (三维) 模组
- 提供车削固定循环,如外圆/锥面粗精车、端面、螺纹、钻、镗、扩孔以及 C 轴端面、横截面、端面钻削刀具路径的加工
- 提供外形铣削、挖槽、多种形式的钻孔加工
- 提供曲面粗加工,粗加工可用 7 种加工方法:平行式、径向式、投影式、曲面流线式、等高外形式、挖槽式和插入下刀式
- 提供曲面精加工,精加工可用 10 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、残料清除式和环绕等距式
- 提供线框模型曲面的加工,如直纹曲面、旋转曲面、扫描曲面、昆氏曲面、举升曲面的加工
- 提供多轴加工
- 提高了刀具模拟显示,通过后置处理程式编制 NC 程式,可以显示运行情况,按切削参数估计计算加工时间
- 提供刀具路径实体模型,真实显示并检验实体加工生产的产品,避免到达车间加工时发生错误和事故
- 提供多种 (Fanuc、Siemens、Fadal 等) 后置处理程式,以供各种控制器使用

- 可建立各种管理，如刀具管理、操作管理、串连管理，以及工件设置和工作报表

第三节 Mastercam9 的改进和新内容

Mastercam9 在造型及加工部分均有较大的改善。其操作界面更为友好，功能也有较大的改善和提高。

(一) 文件管理

为了改善 Mastercam 在以前版本中英制单位间转换的不便，在 Mastercam9 中所有的设计文件中都保存有创建该文件时使用的单位信息。在加载文件时，系统将自动采用创建该文件时的单位，同时在绘图区左下方显示出了当前系统使用的单位以及比例单位。可通过改变设置文件中的单位设置进行中英制单位间的转换。

在打开包含刀具路径的文件时，可以选择是否加载刀具路径的信息，这样可以大大地缩短读取含有大型实体及复杂刀具路径文件的时间。

在自动保存的设置中，增加“Save after every operation”复选框。选中该选框后，在每一次创建或重新生成刀具路径时强制系统进行自动保存。

(二) 串连选取

若在“Chaining Options”对话框中选中了“Allow surface edges in single mode”复选框，在单体(Single)模式下选取曲面后，系统将自动创建该曲面的边界曲线串连并选中该串连。

在串连选取时，还可动态地改变串连的起始点。但需注意的是动态起始点仅在生成刀具路径时有效，在造型中仍以组成串连对象的某一端点为起始点。

(三) 工作坐标系(WCS)

Mastercam9 引入了工作坐标系(WCS)的概念，你可以选择某一个视图来定义 WCS。系统默认的 8 个构图面是在 WCS 下的构图面。例如，WCS 设置为前视图，构图面为顶视平面，则实际的构图面为前视平面。同时，还新增加了“View Manager”对话框来管理视角设置和 WCS 的设置。

(四) 扩展了属性设置

在 Mastercam9 中，将以前版本中点样式、图线的宽度、线型、颜色及图层等参数设置统一归纳在辅助菜单的“Attributes”对话框中进行设置，同时还可对各不同类型的几何对象属性进行规划。

（五）增加了对对话框的使用

为了改善工作界面，Creat 子菜单中 Chamfer（倒圆角）、Letters（创建文字）、Pattern（插入文件对象）、Ellipses（创建椭圆）、Polygon（创建正多边形）等操作的参数设置均可采用对话框来进行。

（六）文件转换

Mastercam9 版本免费为用户提供了 Autodesk 转换器，还提供了外购的 Pro/E 转换器。

（七）实体造型

Mastercam9 的实体造型功能有了较大的改进和提高，主要包括：

- 在读取实体时，可以选择是否修复有缺陷的实体
- 在实体管理器（Solids Manage）中，可以直接在 Cut Body 和 Add Boss 两种操作类型间切换而不需要先删除该操作再重新创建操作
- 在挤压、旋转和扫描实体的 Cut Body 和 Add Boss 操作中，当选择了多重串连时，可以合并为单一操作
- 新增了实体的布局功能
- 新增了曲面转换为实体、薄片实体加厚等功能
- 新增了寻找实体特征的功能，对于通过导入其他格式文件创建的实体，可使用此功能寻找出实体中的孔或圆角特征，并在实体管理器中创建可以编辑的操作
- 新增了删除实体面的功能，删除指定的实体面后，实体变为开放的薄片实体
- 布尔运算和实体修剪操作可支持生成分割实体

（八）刀具路径加工

在 Mastercam9 中，改进或新增的功能包括：

- 支持 WCS，可设置多重工作原点
- 除了改变刀具的直径和刀尖半径外，改变其他刀具参数（如进给量 F、主轴转速 S 等）时，不需要重新计算刀具路径
- 通过设置刀具偏移类型和偏移方向两个选项来进行刀具偏移补正的设置
- 在铣削中进行安全高度设置时可以选择是否仅在操作的开始和结束时刀具移到安全高度
- 在自定义刀具外形时，可将绘制的刀具外形保存在当前文件的指定图层中
- 在加工曲面/实体、干涉曲面/实体、切削范围等设置中，提供了更为友好的界面
- 将切削误差和程序过滤合并为整体误差设置
- 铣削中新增了残料粗加工模组

- 铣削中新增了 5 轴曲面加工模组

第四节 Mastercam9 的运行环境及安装启动

一、系统运行环境

Mastercam9 系统与 UG 等软件相比而言对软硬件的要求不是很高, 其基本配置与推荐配置要求如表 1-1 所示。

表 1-1 Mastercam9 基本配置与推荐配置

配置名称	基本配置	推荐配置
CPU	Intel Pentium II 300MHz	Intel Pentium IV 1500MHz
RAM	64MB	256MB
IDE FREE	300MB	900MB
DISP RAM	4MB OpenGL	64MB OpenGL
VGA	800×600×256	800×600×2 ¹⁶
MOUSE	COM 或 PS/2 机械	COM 或 PS/2 光电
CD-ROM	2X	40X
FLOPPY	1.44 MB	1.44 MB
OS	Windows 98	Windows 2000/XP

注: 附加设备为手写键盘、USB 大容量存储器。

二、Mastercam9 的安装步骤

Mastercam9 的安装步骤如下:

- (1) 将 Mastercam9 软件安装光盘插入光驱, 自动出现安装界面, 如图 1-1 和图 1-2 所示。