

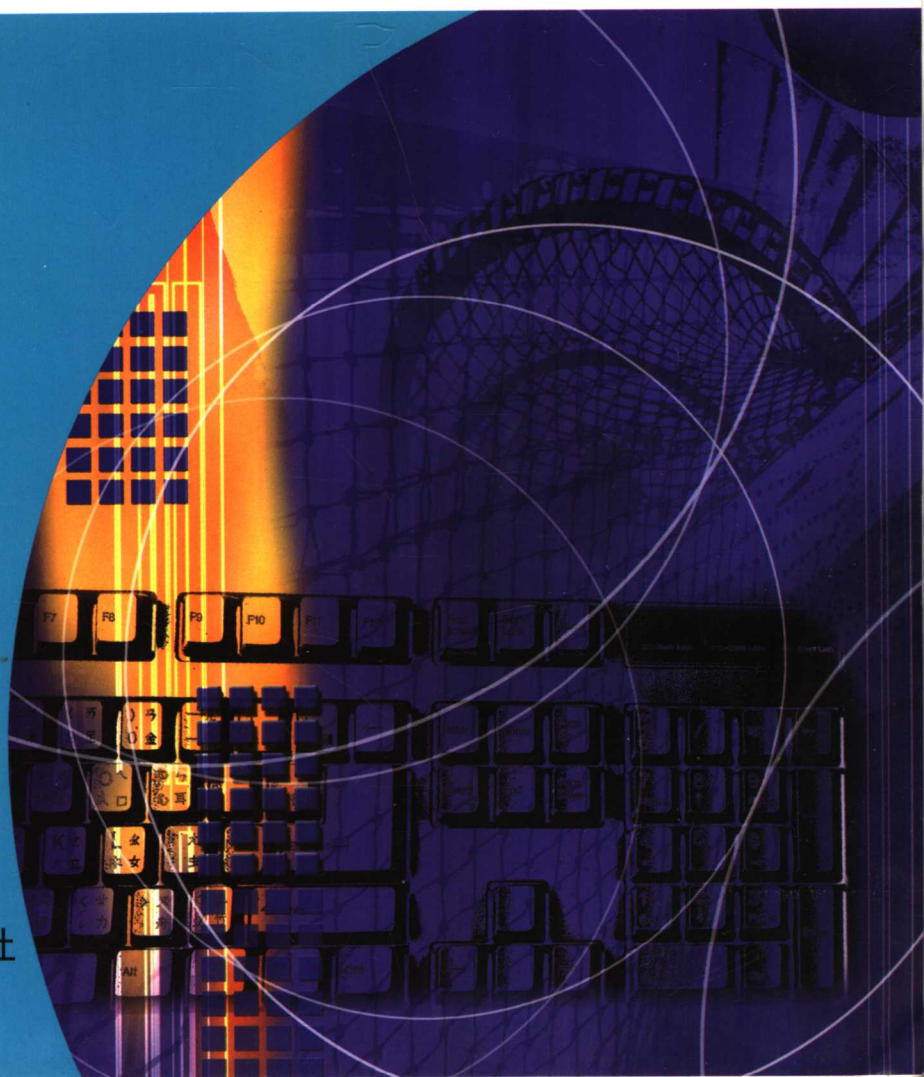
高职高专机电专业规划教材



数控机床自动编程

● 主编 田 坤

河南科学技术出版社



高职高专机电专业规划教材

数控机床自动编程

主编 田 坤

江苏工业学院图书馆
藏书章

河南科学技术出版社

· 郑州 ·



内 容 提 要

本书以 Mastercam 9.0 为蓝本, 全面、系统地介绍其 Mill (铣削) 模块的主要功能, 全书共分 9 章, 着重介绍了 Mastercam 9.0 的二维图形绘制和编辑功能, 三维线框模型绘制、曲面的生成, 以及三维实体造型功能、二维和三维刀具路径的生成方法、加工过程的仿真及数控加工代码的生成等内容。

全书以设计、工艺、制造为主线, 介绍了 Mastercam 9.0 的使用方法和理论知识, 文字简洁, 层次分明, 条理清晰, 并配有大量的图形示例, 增强了本书的针对性和实用性。

本书适用于初、中级的 CAD 用户和 Mastercam 学习和参考, 也可作为大、中专和高职高专院校数控技术、模具设计和制造技术等机电相关专业教材, 以及数控编程人员的培训用书。也可供从事数控加工编程和 CAD/CAM 应用的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床自动编程/田坤主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2006.9

(高职高专机电专业规划教材)

ISBN 7-5349-3441-9

I. 数… II. 田… III. 数控机床-程序设计-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 075871 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

责任编辑: 董 涛

责任校对: 李 华

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 黄委会设计院印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm 印张: 17.75 字数: 380 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1—3 000

定 价: 27.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《高职高专机电专业规划教材》编审委员会名单

主任 李 华

副主任 (按姓氏笔画排序)

王林鸿 王朝庄 田 坤 苏海青 李学雷
杨星钊 张 勤 郝小会 侯继红 顾文明
陶 昆 彭志宏 薛培军

委 员 (按姓氏笔画排序)

王玉中 王丽霞 王林鸿 王朝庄 田 坤
史艳红 宁玉伟 刘好增 刘静香 苏海青
李 华 李传军 李学雷 杨星钊 肖 珑
吴振亭 张 勤 张洪峰 张淑贤 苗志毅
郝小会 侯继红 顾文明 陶 昆 常家东
康宝来 梁南丁 彭志宏 熊运昌 薛培军

《数控机床自动编程》编委名单

主 编 田 坤
副主编 涂 勇 聂广华
编 委 李纯彬 夏喜利
主 审 孙光华

序

高等职业技术教育是我国高等教育体系的重要组成部分。从20世纪90年代末开始,伴随我国高等教育的快速发展,高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内,我国高等职业技术教育的规模,无论是在校生数量还是院校的数量,都接近于占高等教育总规模的半壁江山。自2002年10月以后,教育部连续召开了三次全国高等职业教育产学研合作研讨会,明确指出高等职业技术教育要“以服务为宗旨,以就业为导向,走产学研结合的发展道路”,为高等职业技术教育的发展指明了方向。2005年11月,全国职业教育工作会议召开,会议提出要大力发展中国特色的职业教育,国务院印发了《关于大力发展职业教育的决定》。根据会议的精神,到2010年,我国高等职业教育招生规模要占高等教育招生规模的一半以上。

高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路,调整经济结构和转变增长方式,提供高素质技能型人才的任務。随着我国经济建设步伐的加快,特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变,现代制造业急需高素质高技能的专业人才。面对这一形势,高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法;大力推进精品专业、精品课程和教材建设;高度重视实践和实训环节教学;与企业紧密联系,加强学生的生产实习和社会实践,取得了许多成功的经验。近几年来,河南省的高职高专院校抓住机遇,主动面向社会,服务经济建设与社会发展,积极推进教学改革,加强教学基本建设,探索新的人才培养模式,形成了许多在全国具有重要影响的高等职业技术教育教学成果,许多高职高专院校在全国具有较高的知名度。

但是高等职业技术教育的发展并不平衡。由于发展速度快,一部分新创办的院校对高等职业技术教育的本质规律仍在认识过程中,对专业建设、教学内容改革还在逐步探索之中。因此,总结成功的经验,把高等职业技术教育发展的成果以教材的形式固化,在更多的院校得以推广,无疑是一件非常有意义的事情。服务于地方经济建设,人才培养模式多样化是高等职业技术教育的特征之一,编写符合地方人才培养特色要求的高职高专教材也是高等职业技术教育发展的需要。教育部在《关于申报“普通高等教育‘十一五’国家级教材规划”选题的通知》中也明确提出了教材规划制定的四个原则:(1)坚持分类指导的原则。编写适应不同层次、不同类型院校的教材。(2)坚持多样性的原则。鼓励编写具有不同风格和特色的教材。(3)坚持新编与修订相结合的原则。鼓励根据学科的发展、社会对人才的需要和人才培养的实践编写新教材。(4)坚持突

出重点的原则。基础课、专业基础课是提高质量的关键，应当加强教材建设。根据这一精神，河南科学技术出版社抓住这一时机，组织编写高职高专机电专业教材，对于高等职业技术教育将起到展示成果和实力，推动教学改革与教学基本建设，促进发展的重要作用。

这一系列教材共16种，涵盖了机电专业的专业基础课和主干课，在编写过程中，贯彻了高等职业技术人才培养的基本要求，对传统的课程体系进行了有效的整合，突出了技能培养和理论知识的应用能力的培养，精简了理论内容；对专业技术内容进行了及时的更新，反映了技术发展的水平，同时结合行业的特色，缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离，具有鲜明的高等职业技术教育人才培养特色。参加系列教材编写的各位作者都是长期从事高职高专教学工作的教师，在教学实践中积累了丰富的经验，对高等职业技术人才的培养和机电专业的课程体系、教学内容的改革具有深刻的理解，形成了自己的特色。这些经验和成果必定能在教材中得到反映。我们期待着有特色、高质量的高职高专机电专业系列教材的诞生。相信经过不断的完善，这一系列教材将能够成为高职高专教材的精品。

李 华

2006年1月6日

前 言

CAD/CAM 技术广泛应用于工业生产，特别是 CAM 数控加工技术的应用，极大地提高了产品质量和生产效益，降低了设计制造成本。CAM 技术的应用使人们能从繁琐的简单重复劳动中解放出来，最大限度地运用自己的智慧来完成设计和生产工作。

CAD/CAM 大致分为两类系统，一类为曲面造型系统，另一类为实体造型系统。曲面造型系统具有强大的曲面处理功能，完全满足 CAM 技术的需要，但造型操作过于繁琐。实体造型系统能够非常迅速地建立各种特征，而且配合参数化设计技术，对零件造型的编辑修改也很方便，缺点是构造复杂形状的特征比较困难。现有许多软件都采用实体和曲面相结合的造型技术。


Mastercam 是美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台的 CAD/CAM 集成系统，Mastercam 以其强大的功能和稳定的性能成为应用最广泛的 CAD/CAM 软件之一，其主要应用于机械、汽车、航空等行业，尤其是在模具制造业应用最广。国内外许多学校也选用 Mastercam 软件进行 CAM 教学。

Mastercam 以曲面造型为主，自 7.2 版后，也采用了实体造型技术，其核心为 Parasolid。Mastercam 的 CAD 部分能够完成各种复杂的曲面造型设计。具有强大的 CAM 功能，支持 2~5 轴的加工方式，提供多种类型的曲面粗加工、精加工方式和最高级的自动清根加工方式，从而使 Mastercam 成为 CAD/CAM 软件的主流产品。

本书作者结合多年的教学和加工经验，全面、系统地介绍了 Mastercam 9.0 中的 Mill（铣削）模块，全书共分为 9 章，其中第 1~5 章主要介绍 Mastercam 9.0 的 CAD 功能，包括二维图形制作与编辑，三维曲面造型和三维实体造型等主要功能，第 6~8 章讲述 Mastercam 9.0 的 CAM 功能，包括二维刀具路径和三维刀具路径生成等主要功能。全书以设计、工艺、制造为主线，介绍了软件的使用方法和相关理论知识，重点突出，层次分明，条理清晰，采用了大量的图形示例，增大了信息量，便于理解。书中还给出了大量的实例，特别是给出的综合实例，通过对这些典型实例操作练习，可达到事半功倍的效果。

本书由田坤主编，其中第 1~3 章由河南机电高等专科学校田坤编写；第 4 章由河南职业技术学院涂勇编写；第 5 章由河南职业技术学院夏喜利编写；第 6~8 章由河南机电高等专科学校聂广华编写；第 9 章由河南机电高等专科学校李纯彬编写。

本书由河南工业大学孙光华教授主审。在编写过程中，得到同行专家的大力支持和



帮助，并为本书提出了许多建议，在此表示感谢。

由于编者水平有限，难免出现错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

2005年10月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 Mastercam 9.0 系统简介	1
1.2 Mastercam 的窗口界面.....	7
1.3 Mastercam 的重要概念	10
1.4 Mastercam 基本操作	13
第 2 章 几何图形的构建	15
2.1 点的构建.....	15
2.2 绘制直线.....	19
2.3 Arc (圆弧)	22
2.4 Fillet (倒圆角)	26
2.5 Spline (样条曲线)	27
2.6 Rectangle (矩形)	29
2.7 Chamfer (倒角)	30
2.8 Letters (文字)	31
2.9 Pattern (模板)	33
2.10 Ellipse (椭圆)	35
2.11 Polygon (正多边形)	35
2.12 Bounding Box (边界盒)	36
2.13 Spiral/Helix (螺旋线)	37
2.14 Drafting (尺寸标注)	38
第 3 章 图形编辑	45
3.1 Modify (修整)	45
3.2 Xform (转换)	52
3.3 绘图实例.....	64
第 4 章 曲面	73

4.1	Loft (举升曲面)	74
4.2	Coons (昆氏曲面)	75
4.3	Revolve (旋转曲面)	78
4.4	Ruled (直纹曲面)	79
4.5	Sweep (扫描曲面)	79
4.6	Draft (牵引曲面)	81
4.7	Fillet (倒圆角曲面)	83
4.8	Offset (偏移曲面)	87
4.9	Trim/extend (修剪曲面/延伸曲面)	88
4.10	2 Surf blnd (两曲面顺接)	93
4.11	3 Surf blnd (三曲面顺接)	94
4.12	Fillet blnd (三圆角曲面顺接)	95
4.13	曲面构建实例	96
第5章	实体模型	102
5.1	Primitive (基本实体)	103
5.2	Boolean (布尔运算)	105
5.3	Extrude (挤压实体)	106
5.4	Revolve (旋转实体)	109
5.5	Sweep (扫描实体)	111
5.6	Loft (举升实体)	111
5.7	Fillet (倒圆角)	111
5.8	Chamfer (倒角)	114
5.9	Shell (实体取壳)	114
5.10	Trim (修剪)	115
5.11	Draft faces (牵引面)	116
5.12	Solids mgr (实体管理器)	118
5.13	Layout (绘制三视图)	120
5.14	From Surfaces (由曲面生成实体)	121
5.15	Thicken (增厚缝合实体)	122
5.16	Remove faces (删除面)	122
5.17	实体造型实例	123
第6章	铣削加工公共参数	128
6.1	刀具管理	128
6.2	定义刀具	130
6.3	刀具参数	134
6.4	工件设定	138



6.5	工件材料	140
6.6	操作管理	141
第7章	二维铣削加工	145
7.1	外形铣削加工	145
7.2	孔加工	155
7.3	面铣削加工	158
7.4	挖槽加工	162
第8章	三维曲面刀具路径	189
8.1	曲面加工类型	189
8.2	共同曲面参数	189
8.3	曲面粗加工	193
8.4	曲面精加工	209
第9章	综合实例	228
9.1	Mastercam 编程步骤	228
9.2	旋钮造型与加工	230
9.3	模腔造型与加工	251
参考文献	272

第 1 章

概 论

学习指导

本章主要介绍 Mastercam 9.0 的 CAD 的功能和 CAM 的功能, 结合实例论述了 Mastercam 的工作过程; 讲解了 Mastercam 的窗口界面的五大部分以及每个部分的主要功能; 讲述了构图颜色、图层设定、构图平面、工作深度、图形视角的概念和 Mastercam 的基本操作。

1.1 Mastercam 9.0 系统简介

Mastercam 软件是美国 CNC Software 公司开发的一种 CAD/CAM 集成系统, 以 PC 为平台, 在 Windows 环境下运行。自 1984 年开发出 Mastercam 以来, Mastercam 就以强大的加工功能闻名于世, 各工业大国皆采用本系统作为设计、加工制造的标准。目前以其优良的性价比、稳定的运行效果、易学易用的操作方法等特点, 广泛应用于机械、汽车、航空等行业, 特别是在模具制造业中应用更广。

1.1.1 Mastercam 9.0 的功能

Mastercam 9.0 系统是 2002 年推出的最新版本, 共包含四个模块: Design——设计模块、Mill——铣削模块、Lathe——车削模块、Wire——线切割模块。其中后三个模块都包含了 Design (设计) 模块, 本书主要讲述应用最广的 Mill (铣削) 模块。

1. Mastercam 的 CAD 功能

- (1) 可绘制二维和三维图形, 并对图形进行编辑和尺寸标注。
- (2) 可构建高阶曲线和曲面, 并能实现对曲线、曲面的编辑。
- (3) 能进行实体建模以及实体操作管理。
- (4) 实现几何图形的格式转化。

2. Mastercam 的 CAM 功能

- (1) 提供了 2D、2.5D、3D 加工模块, 提供外形铣削、挖槽及钻孔操作。

- (2) 提供曲面粗、精加工的方法。
- (3) 具有多轴加工功能。
- (4) 提供刀具模拟加工显示功能。
- (5) 可实现多种后置处理操作，以适应不同的数控系统。

1.1.2 Mastercam 的 CAD/CAM 基本过程

Mastercam 是一个 CAD/CAM 集成软件，可以完成从 CAD→CAM 过程中的全部工作。利用 CAD 的设计、编辑功能将零件的几何图形绘制在计算机上，形成零件的图形文件 (*.MC)，然后使用 CAM 调用零件几何图形，采用人机交互的形式在计算机上指定被加工部分，再输入加工工艺参数，计算机自动计算出刀具轨迹，生成刀位文件 (*.NCI)，同时在计算机上动态显示出刀具的加工轨迹，并编制出数控加工程序 (*.NC)。

Mastercam 的工作过程如下：

1. 零件图样和加工工艺分析 零件图样和加工工艺分析是数控编程的基础，主要内容包括：① 分析零件的几何形状、尺寸、公差及精度要求；② 确定零件相对机床坐标系的装夹位置及被加工部分所处的坐标平面；③ 选择刀具并准确测定刀具有关尺寸；④ 确定工件坐标系、编程原点，找正基准面以及对刀点；⑤ 确定加工路线；⑥ 选择合理的加工工艺参数，如图 1.1 所示。

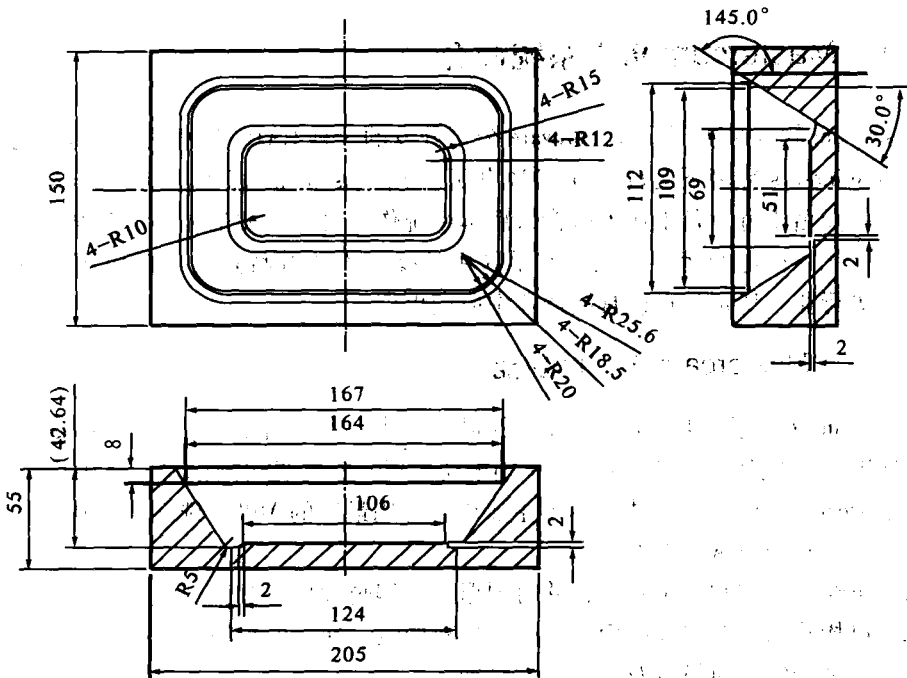


图 1.1 零件图



2. 零件几何模型的构建 通过 Mastercam 的 CAD 功能, 将零件的几何图形准确地绘制在计算机屏幕上, 同时通过一定的数据结构自动储存图形数据文件, 这些数据文件是计算刀位轨迹的依据。所以在设计阶段力求图形设计数据准确, 这是加工的基础数据, 直接影响编程结果的准确性, 是保证零件精度的原始阶段, 如图 1.2 所示。

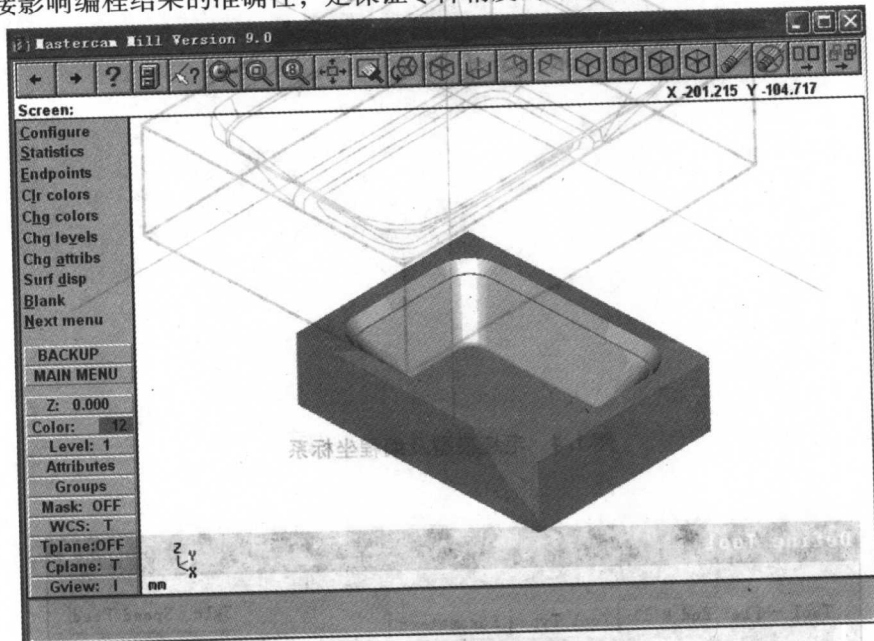


图 1.2 零件几何模型

3. 刀位轨迹的计算生成

(1) 根据零件待加工表面及工艺分析, 选择刀位轨迹生成所需的菜单项, 如图 1.3 所示。

Main Menu:	Create:	Surface:	Main Menu:	Toolpaths:	Surface/Solid/(Surface Rough)
Analyze	Point	Loft	Analyze	New	Rough
Create	Line	Coons	Create	Contour	Finish
File	Arc	Ruled	File	Drill	Parallel
Modify	Ellipt	Revolve	Modify	Pocket	Radial
Xform	Spline	Sweep	Xform	Face	Project
Delete	Curve	Draft	Delete	Surface	Flowline
Screen	Surface	Fillet	Screen	Multiaxis	Contour
Solids	Rectangle	Offset	Solids	Operations	Restmill
Toolpaths	Drafting	Trim/extend	Toolpaths	Job setup	Pocket
NC utils	Next menu	Next menu	NC utils	Next menu	Plunge

图 1.3 菜单选取

- (2) 设置毛坯模型并设置编程坐标原点, 如图 1.4 所示。
 (3) 选取加工方法并设置加工区域。
 (4) 设置刀具和加工工艺参数, 如图 1.6 ~ 图 1.8 所示。

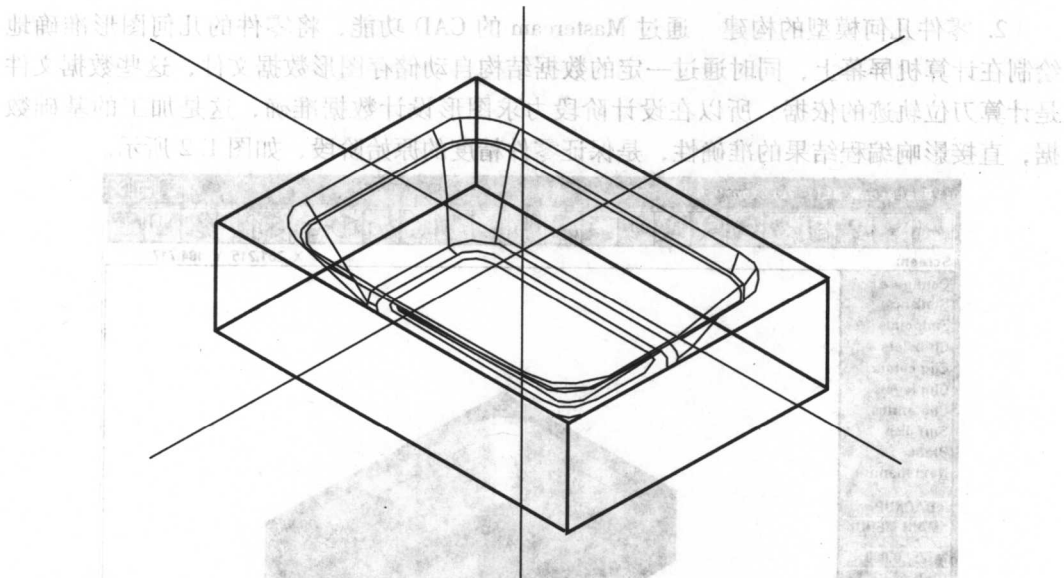


图 1.4 毛坯模型及编程坐标系

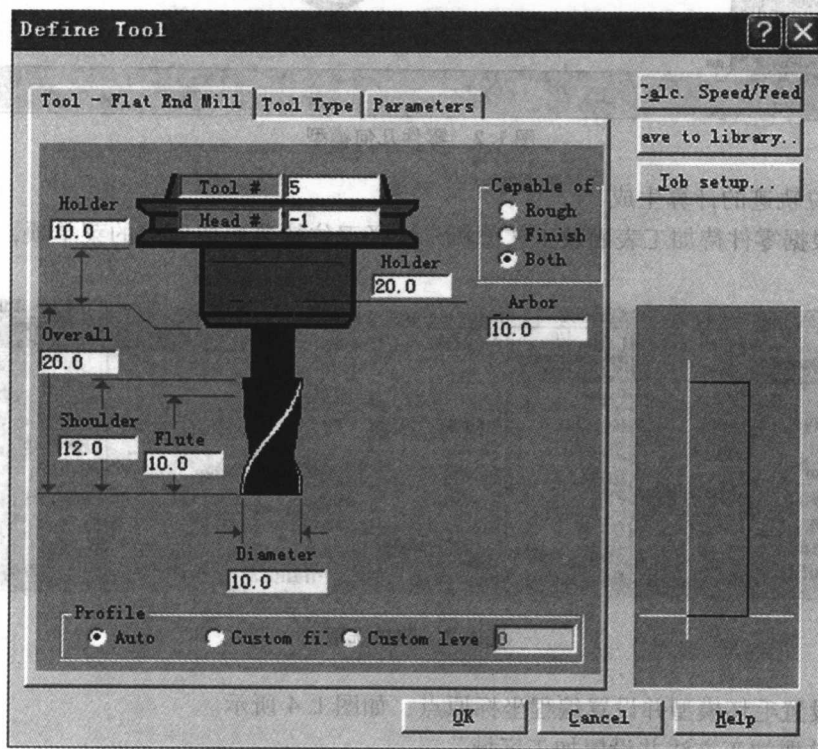


图 1.6 刀具参数的设置

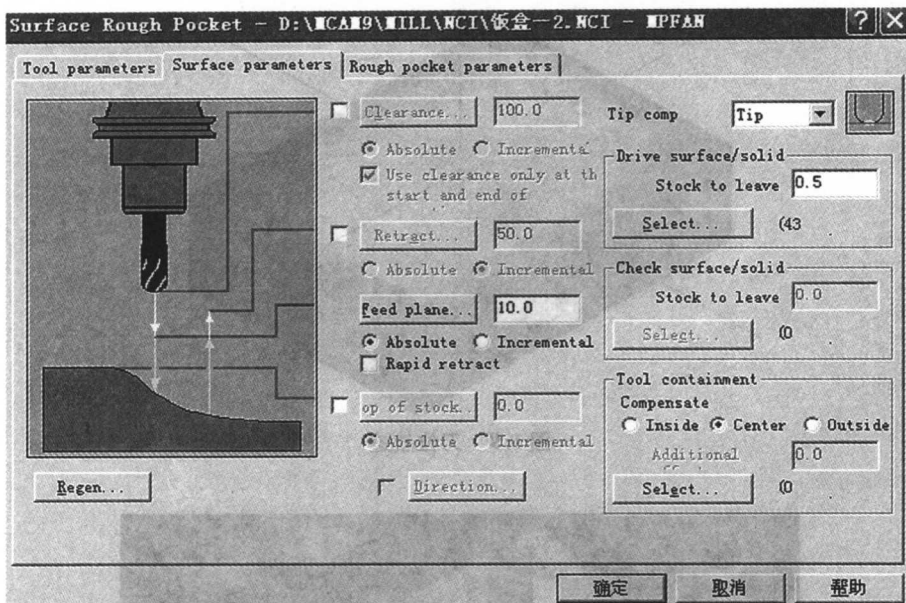


图 1.7 加工参数设置 1

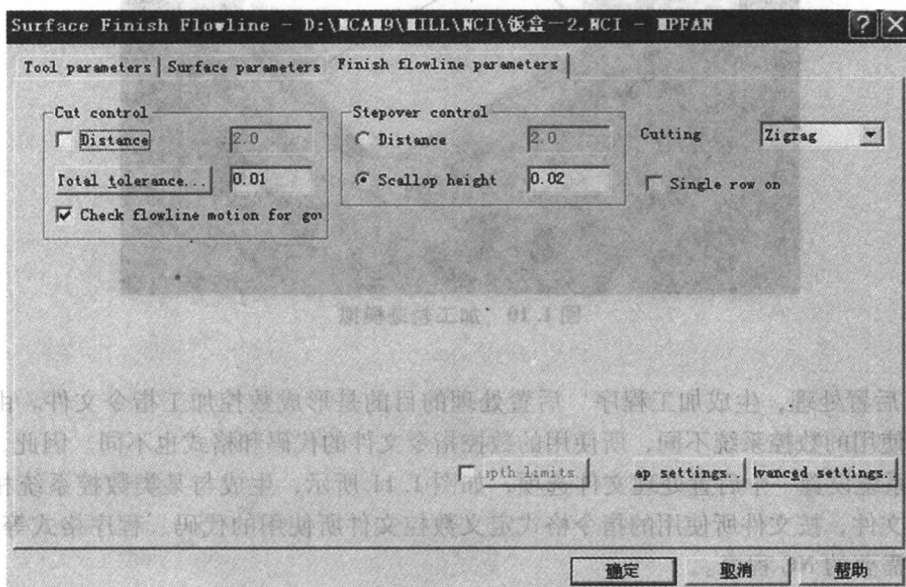


图 1.8 加工参数设置 2

(5) 生成刀位轨迹, 如图 1.9 所示。

(6) 刀位轨迹的加工模拟, 如图 1.10 所示。