

计算机技术及工程应用丛书

Mastercam

设计和制造 范例解析

孙祖和 编著



计算机技术及工程应用丛书



附赠范例光盘

Mastercam

设计和制造范例解析

孙祖和 编著

机械工业出版社 (CIP) 目录编号: 1511-11-11

ISBN 7-111-11111-1
机械工业出版社
北京·中国
机械工业出版社

1. 机械工业出版社

机械工业出版社
北京·中国
机械工业出版社

机械工业出版社
北京·中国
机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社



机械工业出版社

机械工业出版社

Mastercam 9.0 是 Mastercam 的最新版本,是最优秀的面向工业设计和制造的 CAD/CAM 软件之一,在机械、电子、模具、汽车、航空等行业有着广泛的应用。

本书分 13 章,以典型零件为范例,详细介绍了运用 Mastercam 进行线框造型,曲面造型,实体建模,CAD 图形转换及数控手工编程,数控自动编程,二维、三维轮廓类零件加工,钻孔类加工,带岛挖槽加工,曲面粗、精加工,四、五轴多轴加工和实体类零件加工的从产品设计到制造的全过程,并对学习难点作了详尽解析,帮助读者尽快掌握使用 Mastercam 软件的方法和技巧。

本书结合了作者多年来在 CAD/CAM 和数控技术方面的教学和培训经验,内容新颖丰富、深入浅出、易于掌握。随书所附光盘包含了书中所有范例的图形文件,供读者边学习边练习。

本书可作为大专院校的专业教材,以及从事数控技术、CAD/CAM 技术的专业人员的自学和培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam 设计和制造范例解析/孙祖和编著.

—北京:机械工业出版社,2003.1(2006.9 重印)

(计算机技术及工程应用丛书)

ISBN 7-111-11173-7

I. M... II. 孙... III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam 9.0 ②模具—计算机辅助制造—应用软件, Mastercam 9.0
IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 088537 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:胡毓坚

责任编辑:蔡 岩 封面设计:饶 薇

责任印制:洪汉军

三河市宏达印刷有限公司印刷

2006 年 9 月第 1 版·第 7 次印刷

184mm×260mm·19.75 印张·485 千字

22001—26000 册

定价:35.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

前言

CAD/CAM (计算机辅助设计与制造) 技术是现代信息技术与传统机械设计制造技术相结合的一个典型范例, 是先进制造技术的一个重要组成部分。运用这项技术, 可以大大缩短企业产品开发周期, 改善产品质量, 提高产品的市场竞争能力。

Mastercam 是美国 CNC Software 公司推出的集设计和制造、数控机床自动编程于一体的 CAD/CAM 软件, 是目前世界上应用最广泛、最优秀的软件之一, 也是目前我国应用最广泛、最有代表性的 CAD/CAM 软件之一。

Mastercam 9 版 CAD/CAM 软件是 CNC 公司推出的最新版本。Mastercam 9 版的 Design 设计模块集 2D 和 3D 的线框、曲面和实体造型于一体, 具有全特征化造型功能和强大的图形编辑、转换处理能力。Mastercam 9 版的制造模块可生成和管理多种类型 (铣、车、线切割) 的数控加工操作。Mastercam 具有的关联性特征将加工操作和几何图形、工艺参数联系在一起, 即当零件图形或工艺参数被修改时, 刀具加工路径可以方便地自动重新生成。

本书以美国原版“Mastercam Version 9 Mill/Design Tutorial”和“Mastercam Version 9 Solid Tutorial”为基础, 并结合作者长期从事 CAD/CAM 教学的内容编写而成。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、二轴—五轴数控加工刀具路径生成等大量的实例及操作步骤, 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, 可以大大缩短读者学习、掌握的时间, 达到事半功倍的效果。

随书所附光盘包含了书中所有范例的图形文件, 可供读者边学习边训练。光盘中还有一个 Word 文件: “Mastercam V9 命令解说一览表.doc”, 包含了 Mastercam V9 软件所有命令的解说, 读者可以随时查阅。

本书既可以作为初学者的入门教材, 学校 CAD/CAM 应用课程的教材, 用于研究生、工程硕士生和本科生的教学实验中; 也可作为深造者的参考材料。

限于作者的水平, 书中难免有错误和不妥之处, 敬请读者批评指正。

作者

于上海交通大学

目 录

前言

第1章 Mastercam 概论	1
1.1 Mastercam CAD/CAM 工作流程	1
1.2 Mastercam 屏幕界面	3
1.3 建立绘图构图面和刀具面, 设置视角	5
1.3.1 系统的坐标系	5
1.3.2 建立构图面、视角和刀具面	5
1.3.3 设定坐标系原点	6
第2章 线框零件造型方法和范例	8
2.1 利用线框造型方法生成基本图素的命令	8
2.2 线框造型范例	11
范例1 画出二维零件拨叉图	11
范例2 画出二维零件弯头图	15
范例3 画出二维零件轮毂图	19
范例4 画出二维零件凹凸字母图	23
范例5 画出三维线框图	28
范例6 画出三维零件轮廓图	31
第3章 曲面零件造型方法和范例	41
3.1 牵引曲面 (Draft)	41
范例1 画出牵引曲面1: 棱台	41
范例2 画出牵引曲面2: 自由曲面	42
范例3 画出牵引曲面3: 圆台	42
3.2 直纹曲面 (Ruled)	43
范例4 画出直纹曲面1: 异形半管	43
范例5 画出直纹曲面2: 异形圆台	44
范例6 画出直纹曲面3: 喷管	44
3.3 举升曲面 (Loft)	45
范例7 画出举升曲面: 汽车车身模型	45
3.4 旋转曲面 (Revolved)	46
范例8 画出旋转曲面1: 凹模瓶	46
范例9 画出旋转曲面2: 咖啡杯	47
3.5 扫描曲面 (Sweep)	47
范例10 画出扫描曲面1: 外壳盖	47
范例11 画出扫描曲面2: 法兰盆	48

07	范例 12 画出扫描曲面 3: 变径管	49
08	范例 13 画出扫描曲面 4: 护板	49
03.6	昆氏曲面 (Coons)	50
18	范例 14 画出昆氏曲面 1: 样条曲面	50
58	范例 15 画出昆氏曲面 2: 顶面	51
58	范例 16 画出昆氏曲面 3: 管道面	52
58	范例 17 画出昆氏曲面 4: 平行多缀面曲面	52
58	范例 18 画出昆氏曲面 5: 弯曲多缀面曲面	53
03.7	曲面倒圆角 (Fillet)	53
59	范例 19 二曲面间等半径和变半径倒圆角	53
201	范例 20 三曲面间倒圆角	54
201	范例 21 三圆角曲面的角落倒圆角 1	55
201	范例 22 三圆角曲面的角落倒圆角 2	56
03.8	曲面修整 (Trim)	57
201	范例 23 利用曲面来修整曲面	57
201	范例 24 利用曲线来修整曲面 1	57
201	范例 25 利用曲线来修整曲面 2	58
201	范例 26 生成边界平面	60
03.9	曲面补正 (Offset)	60
201	范例 27 画出补正曲面	61
03.10	曲面熔接 (Blend)	61
201	范例 28 两曲面熔接	61
201	范例 29 三曲面熔接	62
03.11	由实体产生曲面	63
201	范例 30 生成实体鼠标上表面	63
03.12	多曲面造型实例	63
111	范例 31 画出三维综合曲面图	63
第 4 章	实体零件造型方法和范例	68
4.1	挤出实体 (Extrude)	68
4.2	旋转实体 (Revolve)	69
04.3	扫掠实体 (Sweep)	70
04.4	举升实体 (Loft)	70
04.5	实体倒圆角 (Fillet)	71
4.6	实体倒角 (Chamfer)	74
4.7	薄壳实体 (Shell)	75
4.8	布林 (布尔) 运算 (Boolean)	75
4.9	实体管理员和历史记录 (Solids Manager & History Recoder)	76
4.10	基本实体 (Primitives)	79
4.11	牵引面 (Draft faces)	79

4.12	修整实体 (Trim)	79
4.13	绘三视图 (Layout)	80
4.14	寻找特征 (Find feature)	80
4.15	缝合曲面 (Stitch surfaces)	81
4.16	薄片加厚 (Thicken)	82
4.17	移除面 (Remove faces)	82
4.18	实体造型范例	83
范例 1	椅座设计	83
范例 2	鼠标体设计	86
范例 3	汽车连杆实体及锻模图设计	92
第 5 章 CAD 图形转换		105
5.1	制定图形数据交换标准的目的	105
5.2	图形数据交换标准说明	105
5.2.1	ASCII 文件	106
5.2.2	STEP 文件	106
5.2.3	Autodesk	107
5.2.4	IGES 文件	107
5.2.5	Parasld 文件	108
5.2.6	STL 文件	108
5.2.7	VDA 文件	108
5.2.8	SAT 文件	109
5.2.9	ProE	109
5.2.10	NFL 文件	109
5.2.11	CADL 文件	109
5.3	图形转换范例	109
范例 1	叶片模扫描数据的处理、转换和图形生成	109
范例 2	汽车模型扫描数据的转换和图形生成	111
范例 3	写出 DWG 文件	113
范例 4	读取 DXF 文件	114
范例 5	IGES 转换 (从 Mastercam 到 UGII)	115
范例 6	IGES 转换 (从 UGII 到 Mastercam)	116
范例 7	Parasld 转换 (从 Mastercam 到 UGII)	118
范例 8	STL 文件的写出和读取	120
第 6 章 CAM 数控编程技术		121
6.1	数控机床程序编制步骤	121
6.2	手工编程方法	122
6.2.1	数控铣床的程序编制	122
6.2.2	手工编程范例	125
范例 1	拨叉零件的数控加工程序	125

6.3 数控自动编程方法	126
6.3.1 APT 语言式自动编程	126
范例 2 拔叉零件的 APT 源程序	127
6.3.2 交互式图形自动编程	129
第 7 章 轮廓类零件加工编程范例	137
范例 1 生成弯头零件的刀具轮廓加工路径	137
范例 2 生成二维轮毂零件的刀具加工路径	152
范例 3 旋转刀具路径	155
范例 4 生成三维轮廓刀具路径	159
第 8 章 钻孔类零件加工编程范例	162
范例 1 生成钻孔刀具路径	162
范例 2 不同 Z 高度位置的钻孔	166
第 9 章 挖槽类零件加工编程范例	170
范例 1 生成凹凸字母零件的挖槽加工路径	170
范例 2 平面加工和高速加工换向方式	181
范例 3 平行环切和等距环切, 螺旋式下刀	184
范例 4 指定挖槽中的下刀输入点	187
范例 5 采用“螺旋式渐降斜插”方式加工内轮廓	189
范例 6 采用“残料加工”方式挖槽	192
范例 7 采用斜壁铣削、岛屿平面深度和分层铣深	198
范例 8 调用刀具路径操作	201
范例 9 利用子程序	213
范例 10 利用刀具路径编辑器修改刀具路径	216
第 10 章 曲面粗加工范例	222
范例 1 曲面挖槽粗加工	222
范例 2 曲面钻削式粗加工	226
范例 3 曲面残料粗加工	231
范例 4 曲面高速挖槽粗加工	237
第 11 章 曲面精加工范例	243
范例 1 陡斜面和浅平面曲面精加工	243
范例 2 放射状曲面精加工	248
范例 3 投影曲面精加工	250
范例 4 轮廓曲面精加工	252
范例 5 等高外形精加工中浅平面的处理	255
范例 6 环绕等距精加工	257
范例 7 流线曲面精加工	260
范例 8 曲面综合加工	262
第 12 章 多轴加工范例	275
范例 1 曲线多轴加工	275

第1章 Mastercam 概论

Mastercam 9 版 CAD/CAM 软件是美国 CNC Software Inc.推出的最新版本。Mastercam 9 版的 Design 设计模块集 2D 和 3D 的线框、曲面和实体造型于一体,具有全特征化造型功能和强大的图形编辑、转换处理能力。Mastercam 9 版的 Mill 制造模块可生成和管理多种类型的数控加工操作。Mastercam 具有的关联性(Associativity)特征将加工操作和几何图形、工艺参数联系在一起,即当零件图形或工艺参数被修改时,刀具加工路径可以方便地自动重新生成(Update)。

1.1 Mastercam CAD/CAM 工作流程

Mastercam 软件是一种典型的 CAD/CAM 软件系统,它把 CAD 造型和 CAM 数控编程集成于一个系统环境中,完成零件几何造型、刀具路径生成、加工模拟仿真、数控加工程序生成和数据传输,最终完成零件的数控机床加工。其工作流程如图 1-1 所示。

从图中可以看出,我们可以通过三种途径来完成零件造型:

- (1) 由系统本身的 CAD 模块来建立模型。
- (2) 通过系统提供的 DXF、IGES、CADL、VDA、STL, PARASLD、DWG 等标准图形转换接口,把其他 CAD 软件生成的图形转变成本系统的图形文件,实现图形文件共享。
- (3) 通过系统提供的 ASCII 图形转换接口,把经过三坐标测量仪或扫描仪测得的实物数据(XYZ 离散点)转变成本系统的图形文件。

Mastercam CAD/CAM 系统的工作流程包括三个主要处理过程:

- (1) 利用 CAD 设计模块,通过上面叙述的三种途径来完成零件造型。
- (2) 利用 CAM 制造模块,选择合适的加工方式、合适的加工刀具、材料、工艺参数和加工部位,产生刀具路径,生成刀具的运动轨迹数据。通常我们称为 CLF(Cut Location File)文件。这种数据与采用哪一种特定的数控系统无关,因此这个过程称为前处理。生成的刀具运动轨迹,通过仿真模块进行轨迹模拟。如果使用者不满意,可以利用刀具轨迹与图形、加工参数的关联性,进行局部修改,并立即生成新的刀具轨迹。
- (3) 产生数控加工程序。由于世界上有几百种型号的数控系统(如 FANUC、SIEMENS、AB、GE、MITSUBISHI 等),它们的数控指令格式不完全相同,因此软件系统应选择针对某一数控系统的处理文件,生成特定的数控加工程序。这样才能正确地完成数控加工。这个过程称为后处理。

在整个工作流程中需要输入两种数据:零件几何模型数据和切削加工工艺数据。

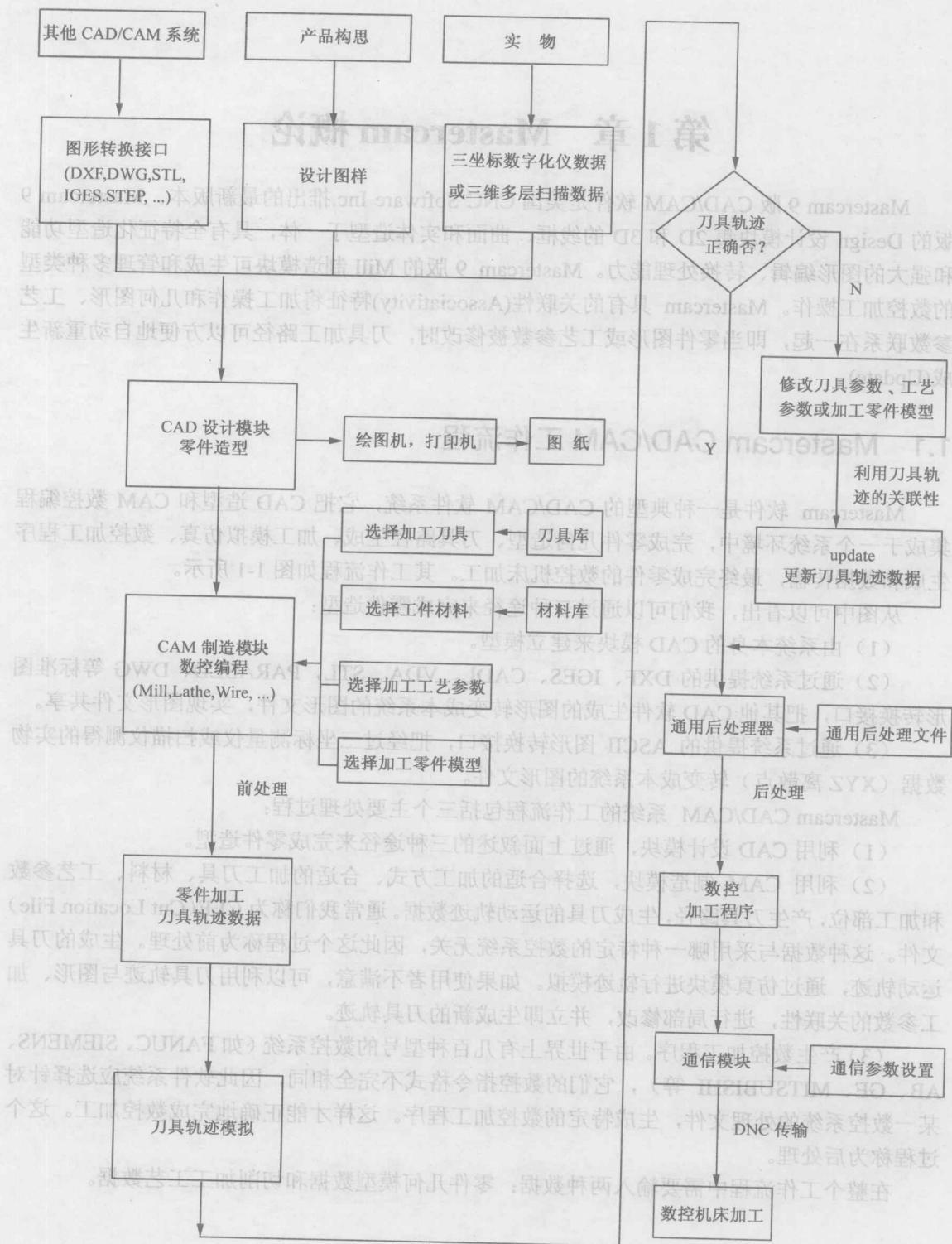


图 1-1 Mastercam CAD/CAM 工作流程图

1.2 Mastercam 屏幕界面

Mastercam 的屏幕分为五个区：主菜单区、副菜单区、系统提示区、快捷命令图标区及绘图区，如图 1-2 所示。此外，屏幕右上角显示的 (X, Y) 坐标值表示了鼠标在移动时的位置；屏幕（在图中为萤幕）左下角的坐标轴表示了系统当前的视角设置状态；而 mm 或 inch 表示了系统当前设置的绘图单位。

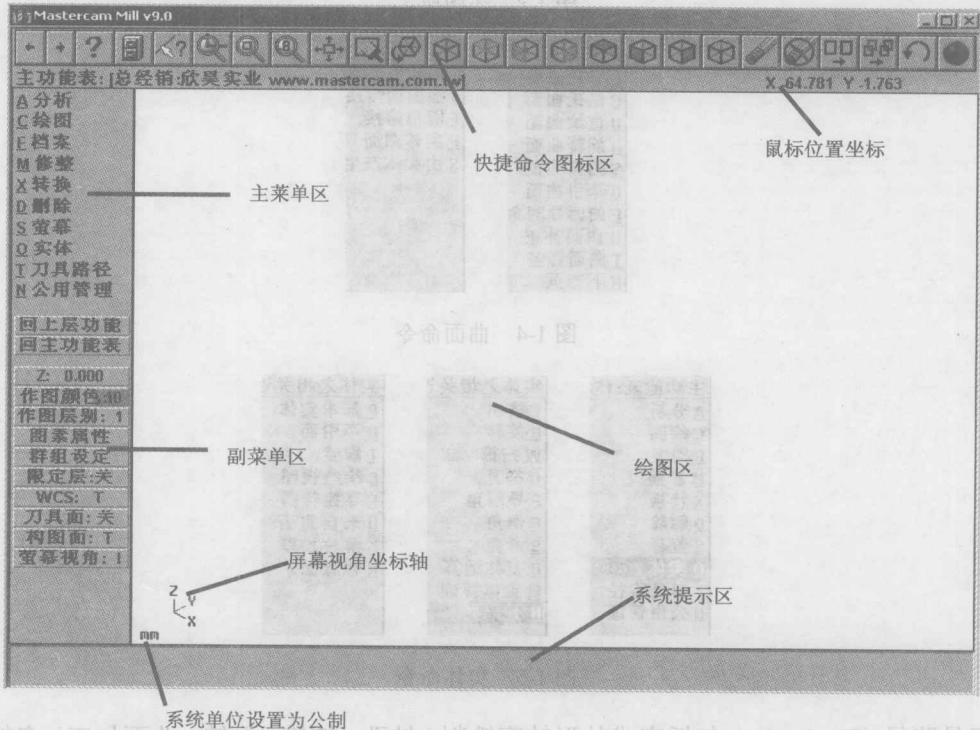


图 1-2 Mastercam 主菜单

Mastercam.0 中的命令主要包括 CAD 零件造型命令和 CAM 数控编程命令。CAD 零件造型命令包括绘图 Create 和实体 Solid，图素的修整 Modify、转换 Xform、删除 Delete 和分析 Analyze，以及文件 File 和屏幕 Screen 的管理。CAM 数控编程命令包括刀具路径 Toolpaths 和公用管理 NC utils。

主菜单中的绘图 (Create) 命令，包含了生成除实体以外的所有其他基本图素的命令，包括生成点、直线、圆弧、倒圆角（在 Mastercam 界面上为导圆角）、样条曲线、曲面曲线、尺寸标注、倒角、文字、呼叫副图、椭圆、正多边形、边界盒、螺旋线、齿轮、圆表和自定义函数表达式绘图等线框造型命令，以及曲面造型命令，如图 1-3 所示。

曲面 (Surface) 命令，包括生成举升、昆氏、直纹、旋转、扫描、牵引曲面和对曲面倒圆角、补正、修整、熔接以及由实体产生曲面等，如图 1-4 所示。

主菜单中的实体 (Solid) 命令，包括生成基本实体，挤出、旋转、扫描、举升实体和对实体倒圆角、倒角、薄壳、布尔运算处理以及管理和修改实体等，如图 1-5 所示。

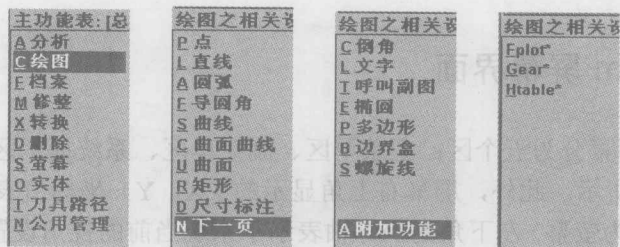


图 1-3 绘图命令

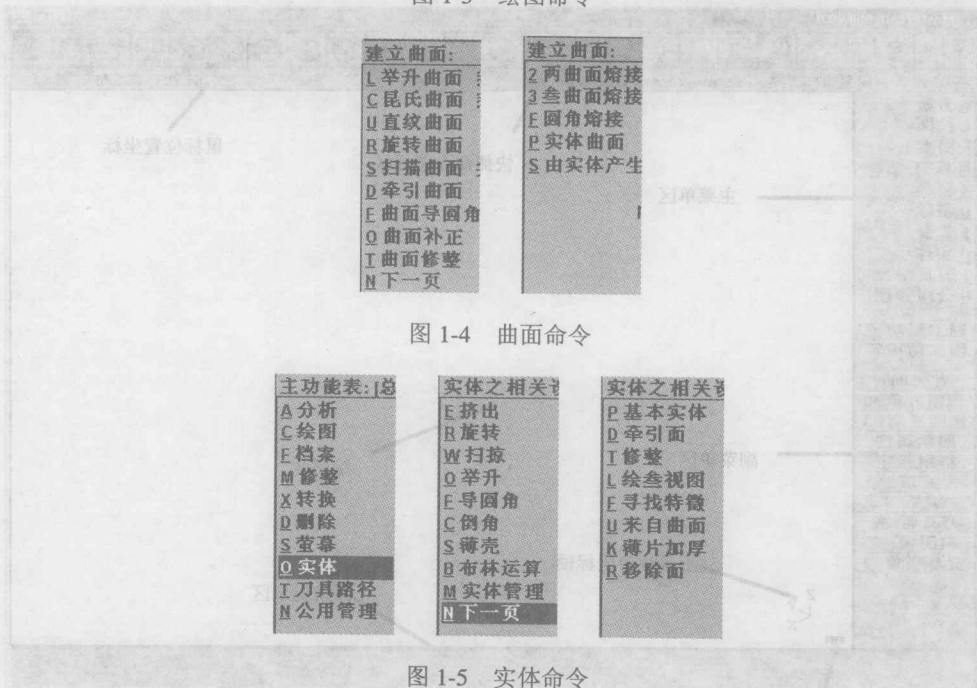


图 1-4 曲面命令

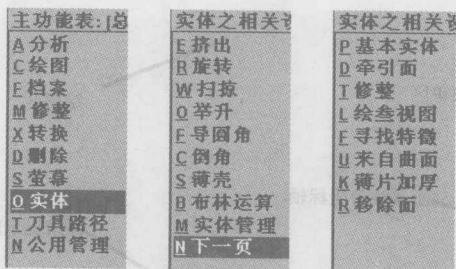


图 1-5 实体命令

刀具路径 (Toolpaths) 包括完成外形轮廓铣削、钻孔、挖槽、面铣、曲面加工、多轴 (三、四、五轴) 加工等加工操作, 以及工作设定、刀具路径转换、管理和修改操作等。公用管理 (NC utils) 包括路径模拟、实体验证、批次模式、程式过滤、后处理、加工报表、定义刀具和定义材料等, 如图 1-6 所示。

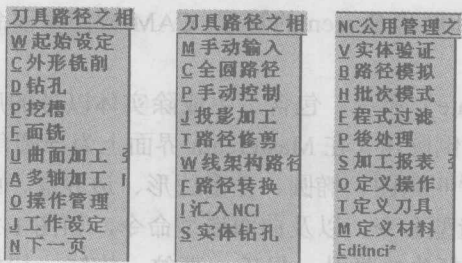


图 1-6 刀具路径命令

Mastercam V9 所有命令的解说, 请见随书所附光盘中的 Word 文件: “Mastercam V9 命令解说一览表.doc”。

1.3 建立绘图构图面和刀具面，设置视角

1.3.1 系统的坐标系

几何建模首先离不开坐标系的建立。建立一个好的坐标系的原则是如何在二维计算机屏幕上，能够方便地生成和直观地显示三维图形。

Mastercam 通过建立构图面 CP(Construction Plane)，工作深度 Z 来建立工作坐标系。通过设置视角 GV(Graphic View)来观察三维图形。这些命令放置在屏幕的副菜单区，可以分别设置，如图 1-7 所示。

Z: 0.000
作图颜色: 30
作图层别: 1
图类属性
群组设定
限定层: 关
WCS: T
刀具面: 关
构图面: T
螢幕视角: T

图 1-7 副菜单

Mastercam 软件系统有三个坐标系：原始坐标系、工作坐标系和机床坐标系。

(1) 原始坐标系是系统默认的一个坐标系。

根据笛卡尔右手法则来决定坐标系的三轴方向，即拇指指向 X 轴正方向，食指指向 Y 轴正方向，中指指向 Z 轴正方向。或当右手四指从 X 轴正方向转到 Y 轴正方向时，大拇指指向 Z 轴正方向。在原始坐标系中，坐标系原点在空间的位置是惟一确定的。

当系统的构图面 CP 设置为 3d 时，表明为原始坐标系，它是建立几何模型和表面加工路径的基准坐标。系统的构图面，刀向的设定均在原始坐标系中进行。

(2) 工作坐标系由构图平面 CP 及工作深度 Z 建立起来。

构图面就是工作坐标系 XY 所在的平面，构图面是相对于原始坐标系的，可以在构图平面完成 2D 作图，其在原始坐标系中的转换关系由系统自动完成。可以根据构图的需要定义工作坐标系的原点及坐标轴方向。

系统规定当 CP=Top, Front, Side 时，工作坐标系中的 X 轴正方向朝右，Y 轴正方向朝上，Z 轴正方向朝向使用者，如图 1-8 所示。

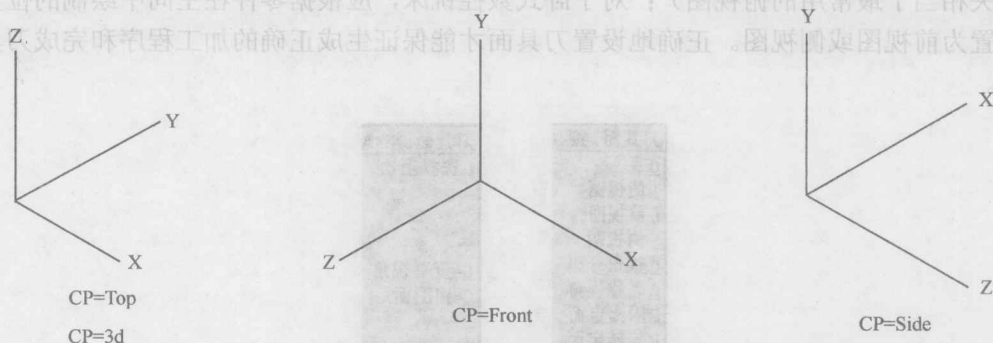


图 1-8 工作坐标系

(3) 机床坐标系由刀具平面建立起来。

刀具平面是表示数控机床坐标系的二维平面。

1.3.2 建立构图面、视角和刀具面

单击副菜单中的构图面，出现构图面下拉菜单，如图 1-9 所示。系统提供的构图面包括：

3d 空间（建立原始坐标系）、俯视图、前视图、侧视图、视角号码、名称视角、图素定面（选一圆弧或二条线段或三个点或实体平面来定面）、旋转定面（当前平面绕着坐标轴旋转产生新的面）和法线面（选择一条线段作为构图面的法向矢量）。

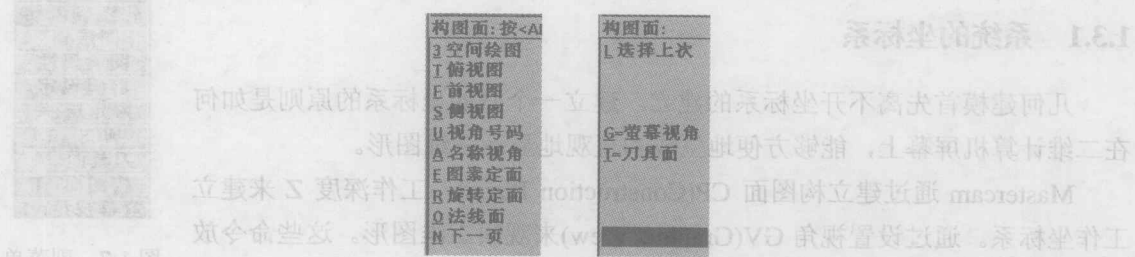


图 1-9 构图面

单击副菜单中的萤幕视角。萤幕视角是用以设置观察图形的视角，选择不同的图形视角可以看到图形的不同部位如图 1-10 所示。

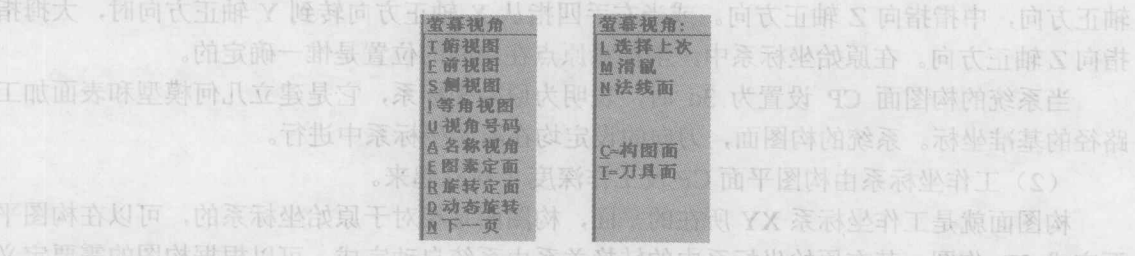


图 1-10 萤幕视角

单击副菜单中的刀具面如图 1-11 所示。刀具面是表示实际加工中数控机床坐标系的二维平面。应该根据不同类型的机床，正确设置刀具面。例如对于立式数控铣床，应设置为俯视图或关（关相当于最常用的俯视图）；对于卧式数控铣床，应根据零件在空间中绘制的位置，通常设置为前视图或侧视图。正确地设置刀具面才能保证生成正确的加工程序和完成刀具路径模拟。

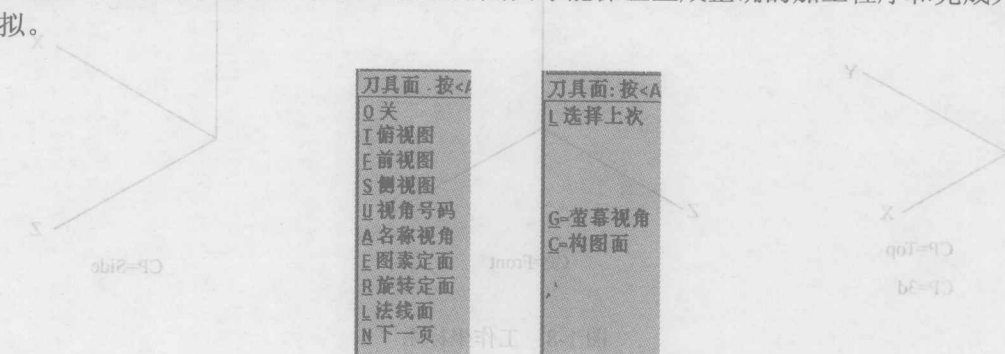


图 1-11 刀具面

1.3.3 设定坐标系原点

Mastercam 软件系统还提供了三种概念的原点坐标设定方法：

系统原点 (system origin)、构图原点 (construction origin) 和刀具原点 (tool origin)。

(1) 系统原点是原始坐标系的原点, 是固定不变的。

(2) 构图原点是工作坐标系的原点。使用者可以设定一个不同于系统原点的坐标, 来作为构图时的原点。

定义构图原点的方法是单击构图面(例如 Top), 再按 $\langle \text{ALT} \rangle + \langle \text{O} \rangle$ 键, 输入点的坐标 (例如 30, 20, -10); 则该点即为构图原点 (变为显示构图面:*T)。击构图面:*T, 显示: construction origin: x:30 Y:20 Z:-10。若输入点坐标 (0, 0, 0), 则构图原点恢复为系统原点。

(3) 刀具原点是机床坐标系的加工原点。使用者也可以设定一个不同于系统原点的坐标, 来作为产生刀具路径时的原点, 即刀具原点。

系统初始状态时, 上述三个原点重合, 为系统原点。

举例: 选择构图面为俯视面 (Top), P_0 为原始坐标系的原点, P_1 为工作坐标系的原点, 相对于原始坐标系的坐标为 (5, 3), 在工作坐标系下画出线段 P_1B , 其中 P_1 为 (0, 0), B 为 (2, 1), 如图 1-12 所示。

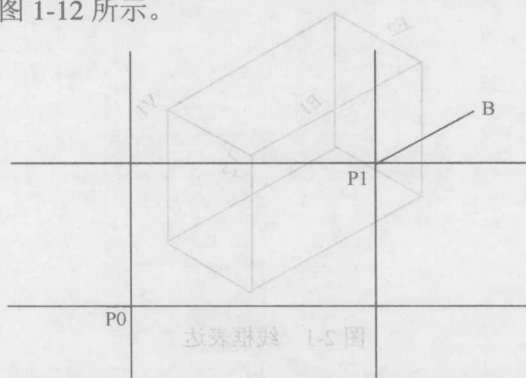


图 1-12 工作坐标原点

第2章 线框零件造型方法和范例

在计算机上完成零件的几何造型,从简单低级的描述发展到复杂高级的描述,其间经历了四、五十年探索和几次技术飞跃,大致经历了从线框造型到曲面造型到实体造型三种造型方法。

20世纪60年代,随着计算机软硬件技术的发展,在计算机屏幕上绘图变为可行,CAD技术开始迅速发展。人们开始用线框造型的方法来描述零件。线框造型具有以下特点:

- (1) 用点、线、圆弧、曲线来描述二维或三维物体,表达方式简单。
- (2) 在计算机内部,以点表、边表来表达图素信息,物体是点表和边表相应的三维映像。例如,一个立方体可以用8个顶点和12条边来表达,如图2-1所示。

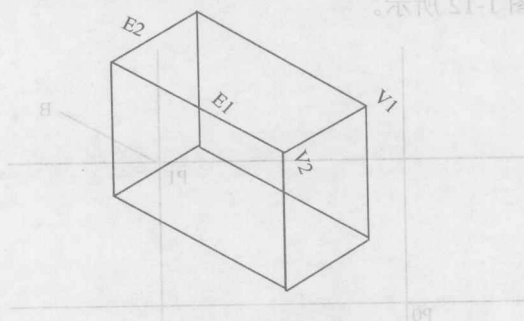


图 2-1 线框表达

- (3) 利用数学变换,计算机可以实现三维平移、旋转、视图变换、空间尺寸协调,能产生立体感。

- (4) 这种方法以二维绘图(Draft)为主要目的,用传统的三视图方法来表达零件。

- (5) 线框造型方法的缺点是:只能表达基本的几何信息,不能有效表达几何数据间的拓扑关系;不能进行物体属性(面积、体积、质量、重心、惯性矩等)计算;缺乏形体的表面信息,不能精确地获取多坐标数控加工计算刀具轨迹所需的表面信息,无法实现CAM及CAE;对于复杂形状的零件,只能采用给出多个截面上曲线的方法来近似表达物体。

2.1 利用线框造型方法生成基本图素的命令

Mastercam 软件具有线框造型、曲面造型、实体造型三种造型方法。

曲面造型、实体造型都是在线框造型的基础上发展起来的。体由面组成,面由(曲)线组成,线由点组成,因此点、(曲)线是构成线框造型的基本图素。

Mastercam 构建线框造型基本图素的主要命令包括:生成点、直线、圆弧和函数(方程式)绘图。其他的命令还有生成倒圆角、样条曲线、矩形、倒角、文字、椭圆、正多边形和齿轮等。