职业技术教育结合竞赛课程改革新规划教材
数控技术应用专业

MasterCAM 编程与加工项目教程

丛书主编　张伦玠
本书主编　罗建新
副 主 编　杨新强　周燕峰　朱慧霞　张正强

华中科技大学出版社
http://www.hustp.com

职业技术教育结合竞赛课程改革新规划教材
数控技术应用专业

编　委　会

主　任：

张伦玠（教授，广东技术师范学院）

副主任：（按拼音排序）

曹永浩　邓庆宁　丁左发　龚志雄　韩亚兰　黄境城　兰　林
李保俊　李木杰　李伟东　梁东明　宁国富　潘洪楠　彭志斌
苏炯川　谭志平　王寒里　王震洲　伍小平　杨柏弟　曾昭贵
张　侃　张　敏　钟肇光　周炳权

编　委：（按拼音排序）

蔡兴剑　岑　清　陈天金　陈天玺　陈学利　陈移新　邓集华
邓志翔　杜文林　傅　伟　龚永忠　关焯远　郭志强　何爱华
何生明　黄桂胜　黄新宇　李国东　李金龙　李　军　李　立
梁炳新　梁伟东　梁　宇　廖建华　廖振超　林志峰　刘根才
刘永锋　刘玉东　罗建新　缪遇春　莫石满　宁志良　欧阳刚
彭　彬　彭国民　谭国荣　向科星　肖福威　薛勇尧　杨景欢
杨丽华　杨世龙　杨新强　袁长河　张方阳　张铺标　张正强
赵汝其　郑如祥　钟光华　周燕峰　周裕章　周忠红　朱慧霞
卓良福　祖红珍　黄可亮

前言

MasterCAM是美国CNC软件公司开发的一款CAD/CAM一体化软件，具有二维绘图、三维实体造型、曲面设计、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟等多项功能，对系统运行环境要求较低，用户在造型设计、CNC铣床、CNC车床或CNC线切割等多种加工操作中应用该软件都能获得最佳效果。它基于PC平台，支持中文环境，价位适中，是广大的中小型企业应用CAD/CAM软件时理想的选择。

为了帮助中等职业技术学校学生掌握该软件的使用方法，方便教学，我们组织教学一线的老师（其中多位老师一直参加或指导学生参加数控技能大赛）结合多年的数控技术教学和生产的经验编写了本书。本书通过丰富翔实的数控技能大赛案例，深入浅出地介绍了应用MasterCAM V9.0进行铣削加工的方法。

本书按照数控技能大赛案例编写，具有以下特点：(1) 全书内容以数控技能大赛典型案例为主，克服了同类书籍中普遍缺少实际应用，基础知识与实际操作脱节的缺点；(2) 通过每个数控竞赛案例，引导读者学习与MasterCAM V9.0相关的技能和应用方法；(3) 全书收集了大量的数控技能大赛试题，为读者学习MasterCAM V9.0铣削加工技术提供了素材。

读者通过学习这些数控技能大赛案例，可以迅速提高MasterCAM V9.0的设计和编程水平。与同类教材相比较，本书内容更丰富，实用性更强。读者可以从这些数控技能大赛案例中，学到MasterCAM V9.0在数控加工和模具制造等相关领域的绘图方法，学到应用软件进行数控加工的知识。

全书共分为7个项目，按照从简单到复杂、先造型后加工的顺序，以与专业设计思想和生产实际相近的方式介绍MasterCAM V9.0的各项功能。本书多用图表来说明零件的构建与加工方法，少用描述性的语言介绍，内容浅显易懂，具有实用性。

本书适用于中等职业技术学校、中高级技工学校的“MasterCAM编程与加工”课程的教学，也可作为职业岗位的培训教材。

本书由南海信息技术学校罗建新担任主编，顺德郑敬诒职业技术学校杨新强、深圳龙岗职业技术学校周燕峰、湛江机电学校朱慧霞、惠州市技师学院张正强担任副主编。参加编写的还有南海信息技术学校岑清、张志辉，深圳龙岗职业技术学校黄灯生。具体编写分工为：罗建新编写项目1，岑清编写项目2，杨新强编写项目3，朱慧霞编写项目4，黄灯生编写项目5，张正强编写项目6，周燕峰、张志辉编写项目7。全书由罗建新负责统稿。在本书的编写过程中，广东技术师范学院张伦玠教授提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心感谢。

本书尽管是编者多年工作经验的总结，但不妥和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编　者

2011年4月

目 录

项目 1　2006 年南海信息技术学校科技节竞赛备料件的绘制与加工

任务 1　认识 MasterCAM V9．0 …… (3)
任务 2　零件的构建 …… (5)
任务 3　零件的加工 …… (7)
练习与拓展 …… (25)

项目 2　2006 年南海信息技术学校科技节数控铣床竞赛零件的绘制与加工

任务 1　零件的构建 …… (29)
任务 2　零件的加工 …… (32)
练习与拓展 …… (47)

项目 3　2008 年顺德郑敬诒职业技术学校数控选拔赛数控铣床零件的绘制与加工

任务 1　零件的构建 …… (53)
任务 2　零件的加工 …… (56)

练习与拓展 …… (71)

项目 4 广东省首届中等职业学校教师数控铣技能竞赛数控铣床竞赛零件的绘制与加工

任务 1 零件的构建 …… (77)
任务 2 零件的加工 …… (79)
练习与拓展 …… (89)

项目 5 2008 年第三届全国数控技能大赛广东省选拔赛数控铣床竞赛零件的绘制与加工

任务 1 零件的构建 …… (95)
任务 2 零件的加工 …… (98)
练习与拓展 …… (108)

项目 6 广东省 2008 年中等职业学校数控技能选拔赛数控铣学生组竞赛零件的绘制与加工

任务 1 零件的构建 …… (116)
任务 2 零件的加工 …… (121)
练习与拓展 …… (136)

项目 7 广东省 2009 年中等职业学校数控技能竞赛数控铣学生组竞赛零件的绘制与加工

任务 1 零件的构建 …… (146)
任务 2 零件的加工 …… (155)
练习与拓展 …… (171)

参考文献 …… (179)

本项目素材为 2006 年南海信息技术学校科技节数控技能竞赛试题，零件图如图 1-0-1 所示。

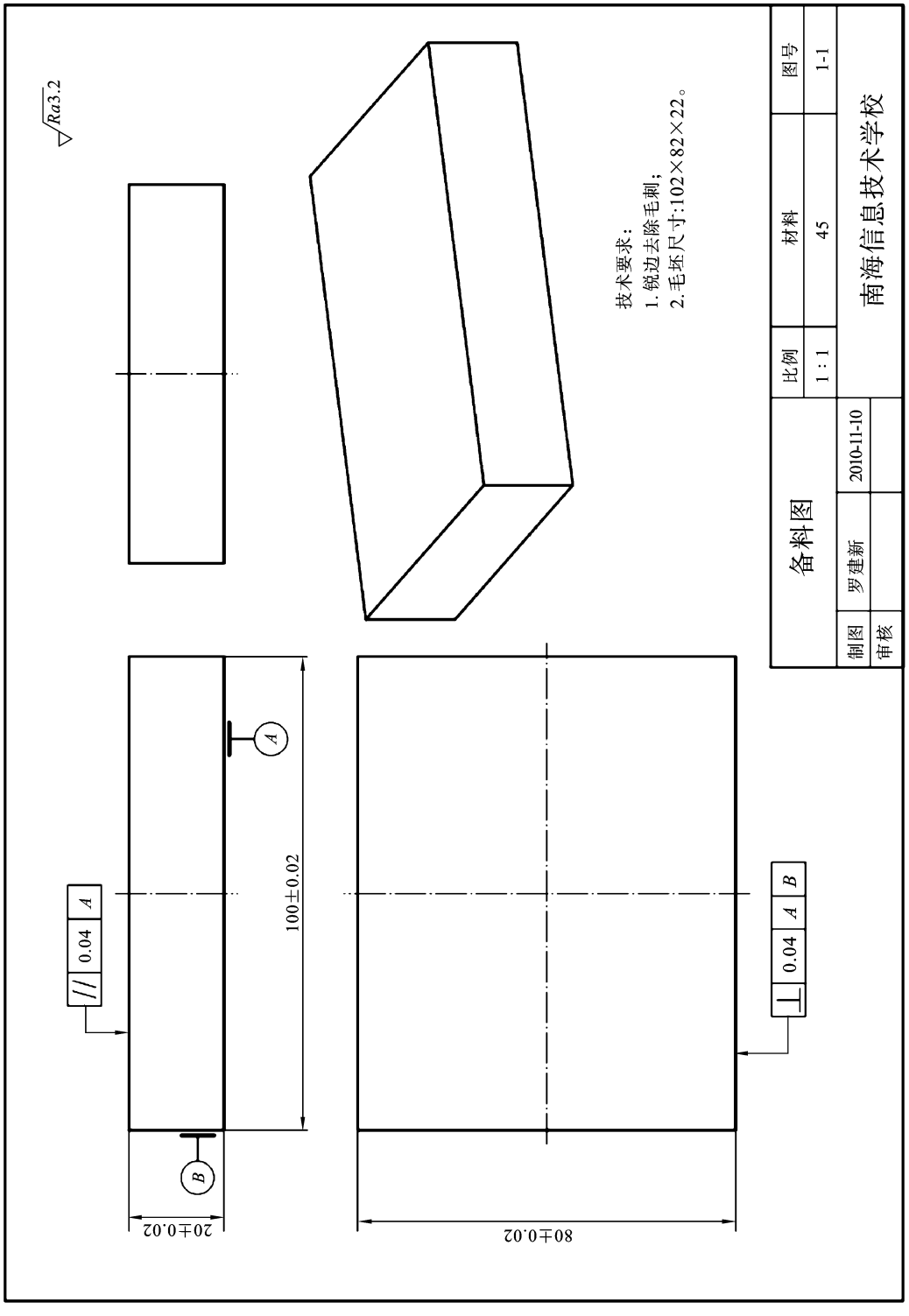


图 1-0-1　零件图

任务1　认识 MasterCAM V9.0

1. 了解 MasterCAM V9.0 的产生和功能

MasterCAM 是美国 CNC 软件公司研制的基于个人计算机的 CAD/CAM 一体化软件，是当前非常经济、有效的全方位 PC 级 CAD/CAM 软件。用户应用 MasterCAM 软件可完成产品的“设计——工艺规划——制造”全过程。它在我国制造业及教育单位的使用十分广泛，是一款非常成功的软件。

最初的 MasterCAM 是基于 DOS 平台的，从 5.0 版本开始，转向基于 Windows 平台，版本从 5.0、6.0 版本一直发展到现在国内普遍应用的 9.0 版本。

MasterCAM 是一款全面服务于制造业的数控加工软件，包括铣削(Mill)、设计(Design)、车削(Lathe)、线切割(Wire)四个模块。其中，铣削模块主要用于生成铣削加工的刀具路径；设计模块主要用于绘图和加工零件的造型；车削模块主要用于生成车削加工的刀具路径；线切割模块主要用于生成电火花线切割的加工路径。

下面主要对 MasterCAM 广泛应用的 Mill 模块进行详细介绍。

MasterCAM 软件的 Mill 模块是非常优秀的，应用于数控铣床、加工中心的辅助编程软件，能高效地编制各种铣削、加工中心数控加工程序。应用它不仅可快速设计、加工机械零件，还可组织、管理相关的文档。无论是三维几何建模，还是二维、三维编程，MasterCAM 都提供了强大的功能。

2. 熟悉 MasterCAM V9.0 的用户界面和操作

1) 启动 MasterCAM V9.0

双击 Mill 9 图标可启动该软件；执行 Windows 系统的“开始→程序→MasterCAM 9→Mill 9”命令也可启动该软件。

2) MasterCAM V9.0 工作界面

用户启动 MasterCAM V9.0 软件后将看到如图 1-1-1 所示的工作界面。

MasterCAM V9.0 工作界面分为标题栏、绘图区、工具栏、菜单区(包括主菜单区和辅助菜单区)和提示区。

(1) 标题栏　标题栏显示在工作界面的最上面。如果软件中调入一个文件，在此处就会显示该文件的路径和文件名。

(2) 绘图区　在屏幕中占有最大的位置，用来创建和修改几何图形并产生切割路径。

(3) 工具栏　工具栏位于标题栏的下面。它以图标方式表示其功能，单击图标就可以启动相应的菜单命令功能。将光标停留在工具栏的图标上，将会出现该图标的功能提示。单击工具栏左侧的 按钮，可以显示其他的图标。

用户可以使用组合键＜Alt＋B＞将工具栏显示或隐藏，也可以设置软件启动后工具栏的有效状态。

(4) 菜单区　位于软件工作界面中左上部的主菜单提供了软件的所有执行功能。表 1-1-1 列出了主菜单的选项，并简要说明了每种选项的功能。

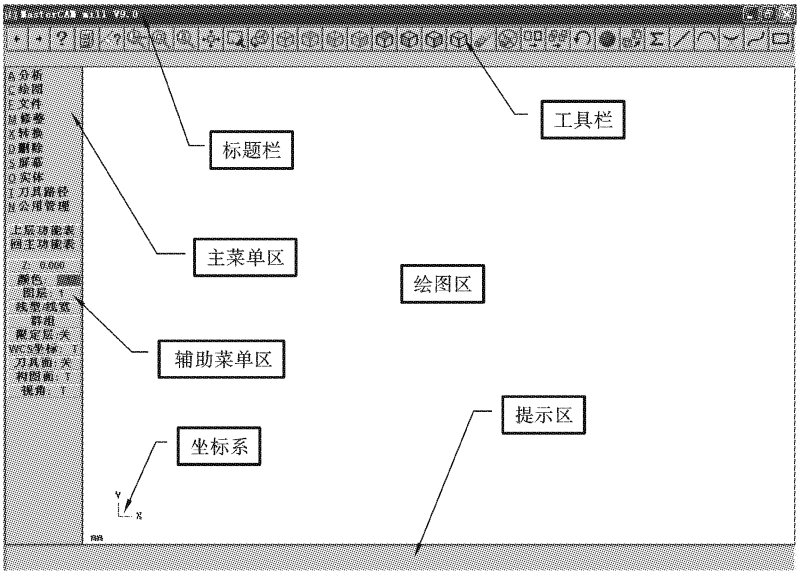


图 1-1-1　MasterCAM V9.0 工作界面

表 1-1-1　主菜单的选项及简要说明

项　　目	功 能 简 介
分析(Analyze)	显示绘图区已选取的对象所有相关的信息
绘图(Create)	绘制图形
文件(File)	处理文档(保存、取出、编辑、打印等)
修整(Modify)	修改图形,如圆角、修剪、分割、连接和其他指令
转换(Xform)	转换图形,如镜像、旋转、平移、偏移和其他指令
删除(Delete)	删除图形
屏幕(Screen)	改变屏幕上的图形显示
实体(Solids)	绘制实体模型
刀具路径(Toolpaths)	进入刀具路径菜单,给出刀具路径选项
公共管理(NCufils)	给出编辑、管理和检查刀具路径

在主菜单区的下面有“上层功能表”和“回主功能表”两个按钮,其功能分别是:① 若单击“上层功能表(Backup)”按钮,则系统在主菜单区显示上一层主菜单区显示的菜单,按〈Esc〉键的功能与单击“上层功能表”按钮的功能相同;② 若单击“回主功能表(Main menu)”按钮,则系统在主菜单区显示主菜单。

主菜单的指令结构是树形的,所有需要用到的指令功能都是由这里一级级地延伸下去的,可以通过相继的菜单层进行选择,直至选择完成。例如绘制一个矩形,首先单击主菜单区的“绘图(Create)”选项,进入创建功能菜单,再单击“矩形(Rectangle)”选项,进入矩形绘制方法对话框。单击“一点(1 point)”选项后,弹出“矩形设置”对话框,设置完成后再次进入

点定义菜单中就可以创建矩形，其工作流程如图1-1-2所示。

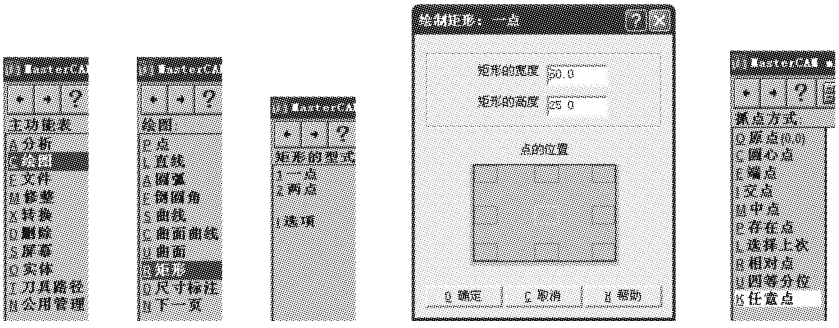


图1-1-2　主菜单工作流程

(5) 辅助菜单区　主菜单区的下面是辅助菜单区，可以在其中设置当前的作图深度、图素属性、群组以及层和视图平面等，辅助菜单功能如表1-1-2所示。

表1-1-2　辅助菜单项目及功能

项　　目	功　　能
上层功能表(Backup)	将可变菜单返回上一级
回主功能表(Main Menu)	将主菜单返回根级
工作深度(Z:0)	显示或改变工作深度
颜色(Color)	改变绘图颜色
层别(Level)	设定当前层别
属性(Attributes)	设置当前绘制图形的各种属性
群组(Groups)	群组功能
限定层:关(Mask:OFF)	设置限定图层
坐标系(WCS:T)	坐标系功能，此功能在线切割模块中无效
刀具面:关(Tplane:OFF)	设定当前刀具面
构图面:俯视(Cplane:T)	设定当前构图面
视角:俯视(Gview:T)	设定当前视角

(6) 提示区　提示区位于工作界面的下部，用来显示系统的提示信息以及数据输入框，有时在主菜单和工具栏之间也会出现当前操作步骤的指令说明。提示区可以按快捷键＜Alt＋P＞来控制其显示状态。

在绘图区左下角显示有坐标轴的标记，可以指示当前的方向；其显示状态可以在系统配置中进行设置。

任务2　零件的构建

(1) 执行“文件→新建文件→(你确定要回复起始状态吗?)是→(MC9文件已改变，保存吗?)是或否”命令，启动MasterCAM V9.0软件，其工作界面如图1-2-1所示。

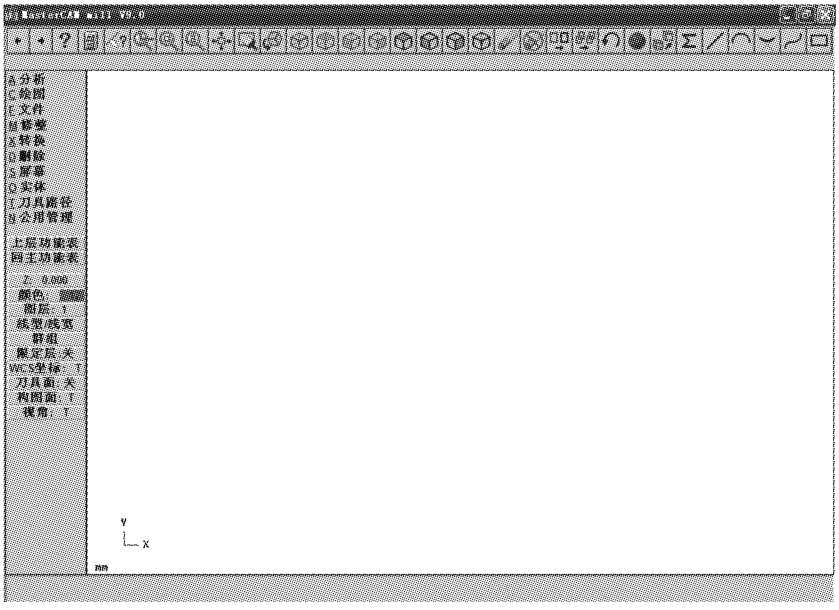


图 1-2-1　MasterCAM V9.0 工作界面

(2) 在主菜单区,执行“绘图→矩形→一点”命令,弹出“绘制矩形:一点”对话框,设定数值后单击“确定”按钮,其对话框如图 1-2-2 所示。

(3) 在主菜单区,点选“原点”命令,完成 100 mm×80 mm 矩形的绘制,如图 1-2-3 所示。

提示:按快捷键<F9>显示或隐藏坐标轴。

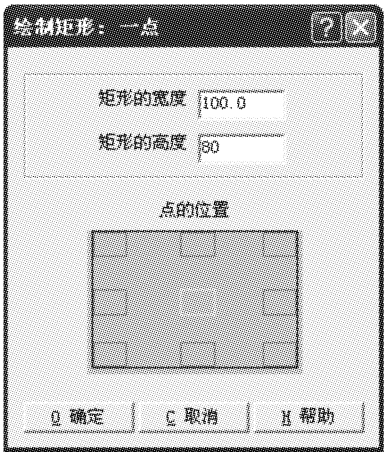


图 1-2-2　“绘制矩形:一点”对话框

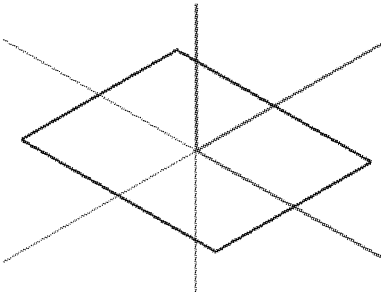


图 1-2-3　矩形的绘制

(4) 在主菜单区,执行“实体→挤出→串连→点选 100 mm×80 mm 矩形→执行”命令,在“挤出实体的参数设定”对话框中选择高度为 200 mm,如图 1-2-4 所示。

提示:可通过点选“更改方向”命令来改变实体的挤出方向,满足用户的造型意图。

(5) 在“挤出实体的参数设定” 对话框中,单击“确定”按钮,创建 100 mm×80 mm×20 mm 的长方体,如图 1-2-5 所示。

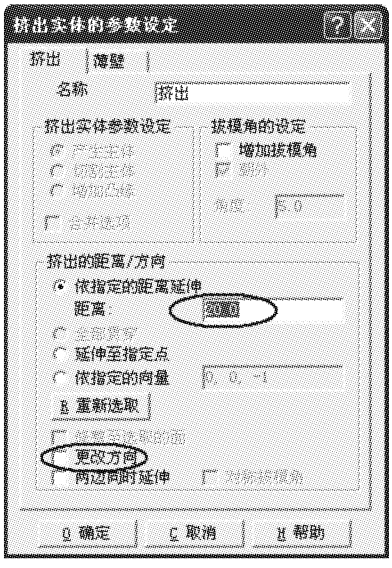


图 1-2-4　“挤出实体的参数设定”对话框

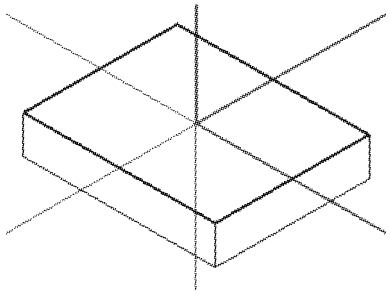


图 1-2-5　创建的长方体

（6）执行“文件→保存文件→选择保存路径→输入文件名（项目一）→保存文件”命令，完成“项目一.MC9”文件的保存，如图 1-2-6 所示。

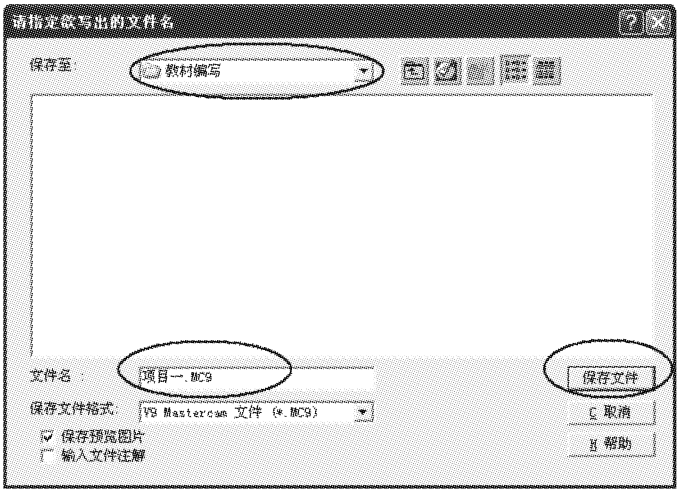


图 1-2-6　保存文件

任务 3　零件的加工

1. 零件数控加工工艺设计

1）装夹方式

平面类零件装夹方式有两种：底面安装和侧面安装。本工件采用平口钳配合条形垫铁装夹。垫铁作为平口钳平面定位使用。垫铁可以单独使用，也可以配合使用。

2）基准选择

基准分为粗基准和精基准两种。采用基准重合原则还是采用基准统一原则，应根据实际加工需要确定。同样，采用六点定位还是采用一面两销定位，应根据工件特征确定。工件上下平面都要加工时，基准选择原则是互为基准，即以上平面为基准加工下平面；工件重新装夹后，以已加工的下平面为基准，再加工上平面。

3）工件找正与夹紧

（1）找正　用相应的工具和量具确定工件与刀具的正确位置、角度的过程，称为工件找正。在本次加工中，先用杠杆百分表找正平口钳。当用杠杆百分表验证垫铁高度一致后装夹工件，用胶木锤轻敲工件上面，检查工件和垫铁接触状态，确认接触后夹紧；再次检查工件和垫铁接触状态，在确定无误后工件装夹完成。

（2）夹紧　工件找正定位后，将工件固定，使其保持正确位置，即工件夹紧。为了保证工件加工质量，在工件夹紧过程中要注意以下事项。

① 工件在夹紧过程中，不应改变找正定位时工件的正确位置。

② 夹紧力要稳定可靠，确保工件在加工过程中，工件不发生位移。同时夹紧力不能过大，也不能太小。

③ 正确选择夹紧部位及夹压点，使工件在夹紧状态下的变形最小。

4）对刀建立工件坐标系

工件坐标系原点设在工件顶面正中位置。工件坐标系是编程加工中用来确定工件几何形体上各要素的位置而设置的坐标系。工件原点的位置是人为设定的，由编程人员在编制程序时根据工件的特点选定，因此也称为编程原点。

选择数控铣床加工中工件原点时应该注意：工件原点可考虑选在零件图的尺寸基准上。对于对称零件，工件原点可考虑设在对称中心上。对于一般零件，工件原点可考虑设在工件外轮廓的某一角上，这样便于坐标值的计算。在 Z 轴方向，原点一般选在工件表面，并尽量选在精度较高的工件表面。

同一工件，工件原点改变，程序段中的坐标尺寸也会随之改变。因此，数控编程时，应该首先确定编程原点，确定工件坐标系。在加工时，编程原点是在工件装夹完毕后，通过对刀确定的。

数控铣床对刀方法如下。

（1）基准面推算法　用刀具、主轴标准检棒或寻边器，利用机床位置显示功能确定工件原点。

（2）对称法　用杠杆百分表分别测工件两侧，利用机床位置显示功能，确定工件原点。这比用检棒和寻边器测定更为准确。检棒有振摆误差，寻边器测头中心位置有误差，这些误差需要在原点确定过程中进行必要的修正。

5）刀具选择

本工件加工使用两把刀：ϕ20 机夹立铣刀，采用强力弹簧夹套刀柄，切削速度 200 m/min，端铣单齿进给量 0.08 mm/r，侧铣单齿给进量 0.07 mm/r；ϕ12 整体硬质合金立铣刀，采用弹簧夹套刀柄或热装刀柄，切削速度 150 m/min，单齿进给量 0.05 mm/r。如果加工中出现尖叫声或者连续的冲击声，则表明切削参数选择不合适。在零件加工过程中，不仅

要选择合理的切削参数，充分冷却也是必不可少的。

对于金属切削加工，选择合适的刀具和加工参数能取得事半功倍的效果。在刀具使用过程中，要遵循粗精加工分开原则，防止精加工刀具过早磨损。机夹立铣刀有螺旋升角，其侧刃直线性不好，不适合用于精加工；而整体硬质合金铣刀侧刃直线性好，精度高，适用于精加工。

6）加工顺序和加工参数

加工顺序及参数如表1-3-1所示。

表1-3-1　加工顺序及参数

加工序号	刀具		加工内容	加工参数				
	名称	尺寸/mm		转速 n/(r/min)	进给速度 F/(mm/min)	Z向进给速度 F_Z/(mm/min)	层高/mm	加工余量/mm
1	机夹立铣刀（圆鼻刀）	ϕ20（r_ε=0.8）	上平面粗精加工，外轮廓粗加工	3 500	2 200	700	—	0.1，0.15
2	整体硬质合金立铣刀	ϕ12	上部外轮廓精加工	3 000	1 000	500	—	—
3	机夹立铣刀（圆鼻刀）	ϕ20（r_ε=0.8）	下平面粗精加工，外轮廓粗加工	3 500	2 200	700	—	0.1，0.15
4	整体硬质合金立铣刀	ϕ12	下部外轮廓精加工	3 000	1 000	500	—	—

2. 零件数控加工轨迹和程序生成

1）工件上表面的加工

（1）执行“文件→读取文件→选择打开文件的路径→点选要打开的文件（项目一）→打开”命令，打开“项目一.MC9”文件，如图1-3-1所示。

（2）通过“刀具路径→平面铣削→串连→点选加工边界线→执行”命令，弹出“平面铣

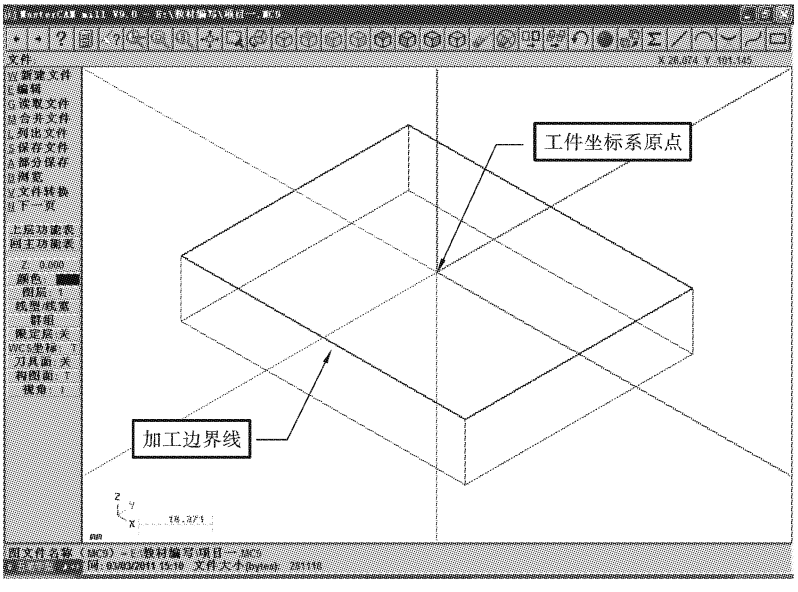


图1-3-1　打开“项目一.MC9”文件

削”对话框，如图 1-3-2 所示。在弹出的对话框中，单击“刀具参数”选项卡，在刀具框中按下鼠标右键，在弹出的快捷菜单中点选“建立新的刀具”，弹出“定义刀具”对话框，如图 1-3-3 所示。

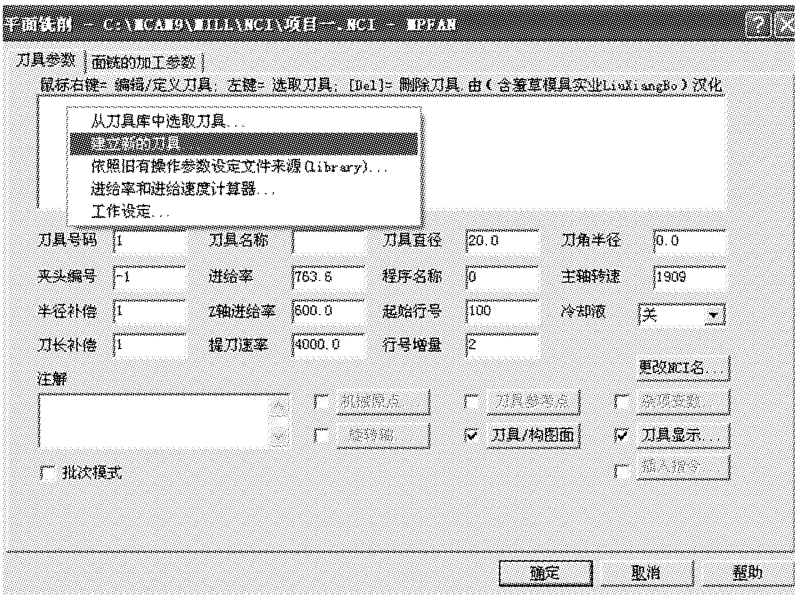


图 1-3-2 “平面铣削”对话框



图 1-3-3 “定义刀具”对话框

(3) 在弹出的“定义刀具”对话框中,先点选“刀具型式”选项,再点选“圆鼻刀”选项,弹出“刀具－圆刀”选项卡,如图 1-3-4 所示。

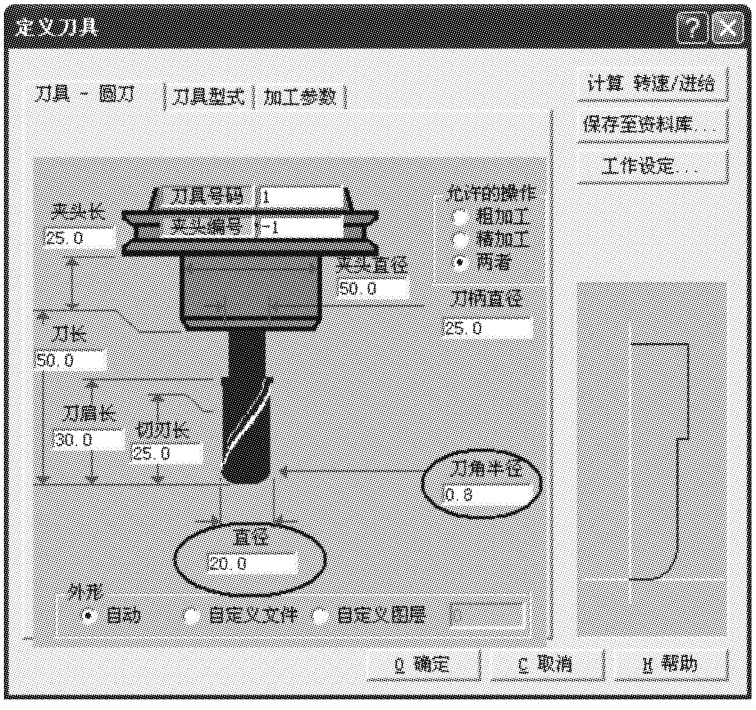


图 1-3-4　“刀具—圆刀”选项卡

(4) 在“刀具－圆刀”选项卡中,修改刀具直径为 20 mm,刀角半径为 0.8 mm。

提示:刀具直径、刀角半径按实际情况设定。

(5) 在“定义刀具”对话框中,点选“加工参数”选项卡,如图 1-3-5 所示,输入进给率、Z 轴进给率、提刀速率、主轴转速四个参数,其余参数默认,单击“确定”按钮,完成“刀具参数”选项卡的设定。

提示:各参数根据机床、刀具、材料、加工要求等实际情况设定。

(6) 在“平面铣削”对话框中,点选“面铣的加工参数”选项卡,如图 1-3-6 所示,输入安全高度、参考高度、进给下刀位置、要加工的表面、深度、截断方向的重叠量、进刀引线距离、退刀引线距离等参数。

(7) 在“平面铣削”对话框中,单击“确定”按钮,完成“平面铣削”参数的设定,生成平面粗精加工刀具轨迹,如图 1-3-7 所示。

(8) 执行“主菜单→刀具路径→操作管理”命令,弹出“操作管理”对话框,如图 1-3-8 所示。在“操作管理”对话框中,单击“参数”选项,弹出“平面铣削”对话框,可修改“平面铣削”的参数。

(9) 在“操作管理”对话框中,单击“图形”选项,弹出“串连管理员”对话框,如图 1-3-9 所示。在“串连管理员”对话框中,可通过右键快捷菜单修改“加工边界线”。

(10) 在“操作管理”对话框中,可通过右键快捷菜单关闭刚才所生成的刀具轨迹的显示,也可使用快捷键＜Alt＋T＞来显示和隐藏刀具轨迹,如图 1-3-10 所示。

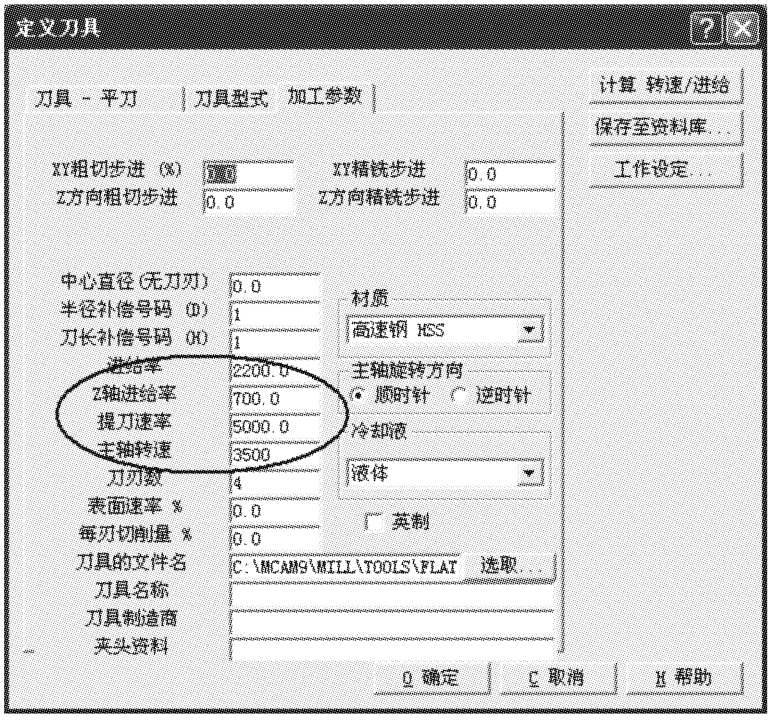


图 1-3-5 “加工参数”选项卡

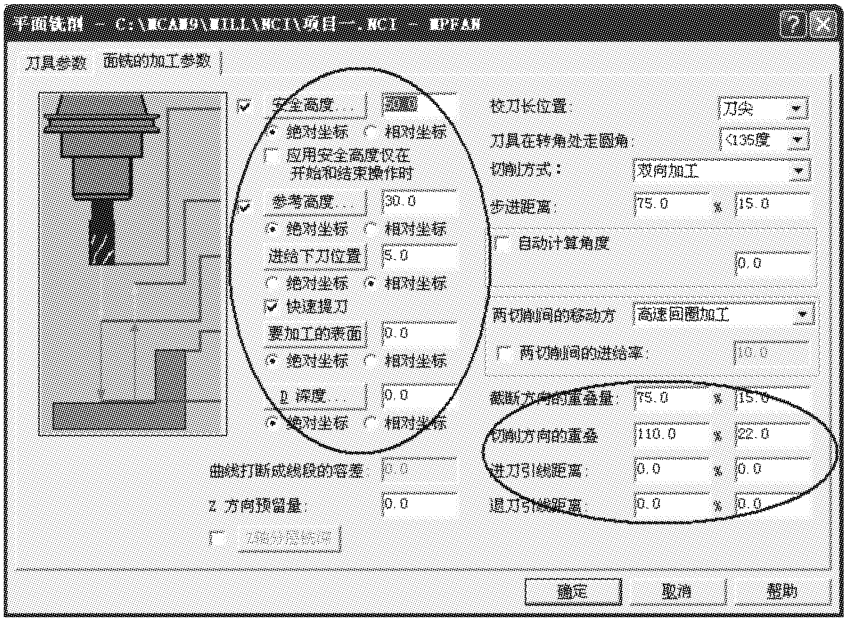


图 1-3-6 “面铣的加工参数”选项卡