

配有内含详细操作视频、
源文件、结果文件的学习光盘



精通

野火科技 主编

李锦标 沈宠棣 陈伟城 邓志安 编著

Mastercam X 数控加工

- 国家数控鉴定专家顾问、一线专家汇集多年经验编写
- 内容与数控程序员要求接轨，案例与实际操作完全吻合
- 指导数控程序员快速制定与实施数控工艺解决方案



清华大学出版社

精通模具数控系列

精通 Mastercam X 数控加工

野火科技 主编

李锦标 沈宠棣 陈伟城 邓志安 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 机平台的 CAD/CAM 一体化软件。本书作者在 8 年的实际工作与 3 年的教学经验的基础上汇总了 Mastercam X 加工模块的各种功能的实际应用技巧。全书共分 8 章,分别介绍了数控铣削加工概述、常用数控编程 GM 代码、Mastercam X 公共设置、二维刀路、三维刀路、其他加工方法及刀具路径的编辑、综合加工实例和刀具路径后处理。本书重点是 Mastercam X 软件的应用。

本书内容经典实用、简明易懂,专为实现模具设计一体化解决方案而编写,不仅适合作为模具企业解决问题设计师、大中专院校模具和数控加工专业的教材,而且还可作为数控加工爱好者和从事数控加工工作的初、中级用户的自学书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

精通 Mastercam X 数控加工/野火科技主编;李锦标,沈宠棣,陈伟城,邓志安编著. —北京:清华大学出版社, 2008.1

(精通模具数控系列)

ISBN 978-7-302-16540-8

I. 精… II. ①野… ②李… ③沈… ④陈… ⑤邓… 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 184253 号

责任编辑:黄 飞 杨作梅

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李凤茹

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:190×260 印 张:20 字 数:475 千字

附光盘 1 张

版 次:2008 年 1 月第 1 版 印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:35.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026490-01

序 言

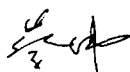
随着经济的飞速发展，中国已迅速成长为世界制造业的中心。也即形成了模具数控人才特别走俏之势。许多学校也应急性地开设了这一专业，以适应办学、求学需要。在中国模具第一大省——广东，各类与模具数控相关的培训机构更如雨后春笋般涌现。怎样才能以最合理的时间，经过强化学习和培训，将一位初学者培养成一名合格的、能立即上岗的技术人才；用什么教材和教学模式进行这一高新技术的教学，是人们一直探讨的课题。

以李锦标为带头人的野火科技多位作者在教研活动中，以一线企业生产经验为依据，积极探索应用型技能人才培养的科学方法，在大量实践基础上、并在多年教学探索、实训活动中不断完善课程体系，在广东深宝蓝职业培训学校(广东省模具工业协会模具行业认证考试中心、模具设计师国家职业技能培训的示范教学和鉴定试点、全国首家模具设计师职业技能鉴定所)和各地合作学校推广使用，取得了巨大成功。

在此基础上，本丛书作者将自己宝贵的教学经验凝结成这套“精通模具数控系列”丛书，以公开出版发行的方式奉献给社会，将模具数控培训的专业知识与更多学子共同分享。

值此系列教材出版发行之际，我谨代表深宝蓝学校，向李老师和参与教材编写的同事致以热烈的祝贺！向为教材编写和出版提供帮助和支持的本校毕业生致以真挚的谢意！向清华大学出版社独到的慧眼表以由衷的敬佩！

广东省模具工业协会常务理事
广东深宝蓝职业培训学校理事长



作为世界制造与设计中心的中国，传统制造业发展缓慢的现状却严重制约了经济发展的步伐。国家信息产业部提出大力发展模具数控产业，以取代传统制造业。但与此同时，中国模具数控业正面临着模具数控技术应用型人才严重短缺的问题。据统计，中国在未来20年内将紧缺500万模具数控人才，其中具有“改造性”的技术人才最为紧缺，因为改造意味着实际解决。

“精通模具数控系列”丛书是专门针对应用型模具设计与数控加工专业方向编写的，内容面向企业、面向生产实际，包含大量的典型模具设计、典型数控加工实例，这些实例均为广东地区模具企业为解决实际问题而总结出来的方案，特别适用于“改造性”人才的学习与提高。在精通模具设计部分，作者参照国家“模具设计师”等相关职业技能鉴定标准进行编写，可以作为“模具设计师”鉴定考试的辅助教材。

“精通模具数控系列”丛书内容安排合理，其原始资料为深得培训学员认同的企业实际案例和培训课堂教学讲义。本套丛书采用通俗而生动的语言，务求使刚接触模具行业的新手也能轻松读懂，也可以使在模具企业生产第一线工作的技术工人产生亲切感和认同感。

广东省职业技能鉴定指导中心模具设计与制造专家组组长
模具设计师国家职业技能鉴定所所长



精通模具数控系列编委会

专业面向企业
面向生产实际



主任：李锦标

顾问：蔡 伟 简琦昭 甘页昌 邝伟文
杨国华 赖新建

编委：易铃棋 郭雪梅 杨烨辉 邓志安
沈宠棣 陈伟城 杨胜中 谷海军
钟平福 邝孟晖 胡思政 蔡小红
程五毛 黄永枝 甘嘉峰 钟海平
陈海龙 杨梦华 邓高兰 邓绍强

前 言

Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 机平台的 CAD/CAM 一体化软件, 由于其卓越的设计及加工功能, 在世界各地拥有众多的忠实用户, 已广泛应用于机械、电子、航空等领域。

日前在我国制造业及教育业界, Mastercam 由于其出色的表现, 有着极为广阔的应用前景。X 版本的 Mastercam 采用全新的设计界面, 其操作界面是一个完全可自定义的模块, 使设计人员能更高效率地进行设计开发; X 版本加强了对“历史记录的操作”, 允许用户建立适合自己的 Mastercam 开发设计风格, 简易的操作界面可让用户进行高效操作, 提高设计效率。

作为一个 CAD/CAM 集成软件, Mastercam 系统分为设计(CAD)和加工(CAM)两大部分。其中设计(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, 还可以生成方程曲线; 采用 NURBS、PARAMETERICS 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。加工(CAM)部分主要由 Mill、Lathe 和 Wire 三大模块来实现, 各个模块本身都包含有完整的设计(CAD)系统, 其中 Mill 模块可以用来生成铣削加工刀具路径, 并可进行外形铣削、型腔加工、钻孔加工、平面加工、曲面加工以及多轴加工等的模拟; Lathe 模块可以用来生成车削加工刀具路径, 并可以进行粗/精车、切槽以及车螺纹的加工模拟; Wire 模块用来生成线切割激光加工路径, 从而能高效地编制出任何线切割加工程序, 可进行 2~4 轴上下异形加工模拟, 并支持各种 CNC 控制器。

权威特色

本书由国家“模具设计师”职业技能鉴定所命题科科长, 广东省职业技能鉴定中心(考试)授权(CAM)高级讲师; 计算机辅助制造(CAM)考评员; 高级模具设计工程师; 国家模具设计师考试考前指导教师按照企业需求精心策划并与资深专家合力编写。

内容新颖

本书采用目前最新版本的 Mastercam X 作为教学软件, 以介绍专业动态、软件的模块功能、实际解决方案为重点, 并配合典型实例剖析, 有利于巩固学习的效果。

内容经典

本书内容的安排充分考虑读者学习的接受程度, 以 Mastercam X 的本身功能开始介绍, 以手把手的形式对编程概念、工艺及典型程序编制流程进行解说, 对各种形状工件的典型流程进行剖析, 最后配上综合实例把所学习的内容进行应用解析, 使读者得以知识点的巩固。

企业适用性强

本书在介绍解决方案时, 分析了企业常见问题, 引领读者认识并发现问题, 然后分析问题, 最后去解决问题, 示例的加工方法完全符合实际, 与实际需要完全接轨。

安排合理 通俗易懂

本书的章节结构经过精心策划，安排合理。知识由浅入深、由基础到高级、由原理到应用、由发现到解决，逐步提高读者操作软件与解决问题的能力。

另外，为了尽快掌握解决问题的技巧，本书将源文件、结果文件和部分实例操作录制成视频并随书赠送。

本书内容新颖、讲解详细、通俗易懂，并具有很强的实用性和操作性。本书不仅适合作为模具企业解决问题设计师、大中专院校模具和数控加工专业的教材，而且可以作为模具设计爱好者自学和从事模具设计的初、中级用户的自学书。本书由李锦标、沈宠棣、陈伟城、易铃棋编著。在编写过程中，我们力求精益求精，但难免存在一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

野火科技：李锦标

2007年10月1日于广州

目 录

第 1 章 数控加工概述	1	第 3 章 Mastercam X 公共设置	32
1.1 CAD/CAM 软件数控模块分析 及 Mastercam X 数控模块特点	1	3.1 机械群组属性	32
1.1.1 CAD/CAM 软件数控模块 分析	1	3.1.1 文件设置	32
1.1.2 Mastercam X 数控模块特点	3	3.1.2 刀具设置	37
1.2 常用刀具及加工参数的选择	4	3.1.3 材料设置	45
1.2.1 数控铣削加工常用刀具	4	3.1.4 安全区域	49
1.2.2 加工参数的选择	6	3.2 刀具对话框的设置	51
1.3 数控编程典型流程	7	3.2.1 刀具选择	51
1.3.1 分析零件图样和工艺要求	8	3.2.2 刀具参数的设置	52
1.3.2 自动编程	9	3.2.3 刀具面/构造面的设置	56
1.3.3 编写加工程序单	9	3.3 小结	57
1.3.4 程序检验	9	3.4 习题	57
1.3.5 传输 NC 程序到机床加工	9	第 4 章 二维刀路策略	58
1.4 小结	9	4.1 外形铣削	59
1.5 习题	9	4.1.1 外形铣削的作用	59
第 2 章 常用数控编程 GM 代码	11	4.1.2 外形铣削操作步骤	59
2.1 常用 GM 指令代码介绍	11	4.1.3 外形铣削实例分析	68
2.1.1 F、S 和 T 指令	11	4.2 平面铣削	69
2.1.2 辅助功能 M 代码	12	4.2.1 平面铣削的作用	69
2.1.3 准备功能 G 指令代码	13	4.2.2 平面铣削操作步骤	70
2.2 手工 GM 代码数控编程	23	4.2.3 平面铣削实例分析	74
2.2.1 镜像功能编制加工程序	23	4.3 挖槽加工	75
2.2.2 手动编程案例 1——按图形 标示尺寸编写零件加工程序 ...	25	4.3.1 挖槽加工的作用	75
2.2.3 手动编程案例 2——按图形 标示尺寸编写该零件外轮廓 及孔加工程序	28	4.3.2 挖槽加工操作步骤	76
2.3 小结	30	4.3.3 挖槽加工实例分析	83
2.4 习题	30	4.4 钻孔加工	85
		4.4.1 钻孔加工的作用	85
		4.4.2 钻孔加工的操作步骤	85
		4.4.3 钻孔加工实例分析	90
		4.5 小结	92
		4.6 习题	92

第 5 章 三维刀路策略	93	6.2 手动输入	186
5.1 曲面粗加工	93	6.3 点铣削	187
5.1.1 平行粗加工	93	6.4 线框铣削	188
5.1.2 放射状粗加工	100	6.4.1 直纹加工	188
5.1.3 投影粗加工	105	6.4.2 旋转加工	190
5.1.4 流线粗加工	112	6.4.3 2D 扫描加工	191
5.1.5 等高外形粗加工	117	6.4.4 3D 扫描加工	192
5.1.6 残料粗加工	121	6.4.5 昆式加工	194
5.1.7 挖槽粗加工	125	6.4.6 举升加工	195
5.1.8 速降钻削粗加工	132	6.5 实体钻孔	196
5.2 曲面精加工	136	6.6 雕刻加工	197
5.2.1 平行精加工	137	6.7 小结	203
5.2.2 陡斜面精加工	141	6.8 习题	203
5.2.3 放射状精加工	144	第 7 章 综合加工实例	205
5.2.4 投影精加工	147	7.1 实例 1: 壳体后模镶件综合加工	205
5.2.5 曲面流线精加工	151	7.2 实例 2: 烟缸综合加工	234
5.2.6 等高外形精加工	154	7.3 实例 3: 玩具车轮综合加工实例	259
5.2.7 浅平面精加工	158	7.4 小结	289
5.2.8 交线清角精加工	161	7.5 习题	289
5.2.9 残料清角精加工	165	第 8 章 刀具路径后处理	291
5.2.10 环绕等距精加工	169	8.1 刀具路径模拟	291
5.3 小结	173	8.1.1 操作管理器	291
5.4 习题	173	8.1.2 刀具路径模拟	292
第 6 章 其他加工方法及 刀具路径的编辑	174	8.1.3 实体切削模拟	295
6.1 圆弧铣削	175	8.2 刀具路径编辑	297
6.1.1 全圆铣削	176	8.2.1 刀具路径的修剪	297
6.1.2 螺纹铣削	178	8.2.2 刀具路径的转换	299
6.1.3 自动钻孔	179	8.3 后处理及技巧	303
6.1.4 钻起始孔	183	8.3.1 后处理	303
6.1.5 铣键槽	184	8.3.2 后处理技巧	305
6.1.6 螺旋钻孔	185	8.4 小结	308
		8.5 习题	308

第 1 章 数控加工概述

本章主要知识点

- ✎ CAD/CAM 软件数控模块分析
- ✎ Mastercam X 数控模块特点
- ✎ 常用刀具及加工参数的选择
- ✎ 数控编程的典型流程

现代的模具制造技术离不开数控加工技术。本章将概括讲解计算机辅助设计及制造(CAD/CAM)技术中 Mastercam 软件的数控模块的特点、常用刀具及加工参数的选择、数控编程的典型流程,让读者可以初步了解 Mastercam 软件在数控模块中的应用。

1.1 CAD/CAM 软件数控模块分析 及 Mastercam X 数控模块特点

随着计算机辅助设计及制造(CAD/CAM)技术已经越来越多地应用于数控加工领域,CAD/CAM 软件技术也在飞速发展。Mastercam 就是一种 CAD/CAM 软件,该软件集“设计—工艺规划—制造”为一体,在模具制造业中被广泛应用。

1.1.1 CAD/CAM 软件数控模块分析

CAD(Computer Aided Design,即计算机辅助设计)在数控加工过程中是一种生产辅助工具,它将计算机高速而精确的运算功能,大容量存储和处理数据的能力,丰富而灵活的图形、文字处理功能与设计者的创造性思维能力、综合分析及逻辑判断能力结合起来,形成了一个设计者思想与计算机处理能力紧密配合的系统,大大加快了设计进程。CAD 技术包括下列功能:几何建模、计算分析、仿真与实验、绘图及技术文档生存、工程数据库的管理和共享。

CAM(Computer Aided Manufacturing,即计算机辅助制造)的内容广泛,从狭义上讲指的是数控程序的编制,包括刀具路径的规划、刀具文件的生成、刀具轨迹仿真以及 NC 代码的生成等。

计算机辅助设计及制造与数控机床加工相结合,是现在数控机床技术应用的主流,能够达到非常理想的加工效果。

数控加工是相对于人控加工而言的数字控制自动加工过程,就是在对工件材料进行加工前,事先在计算机上编好程序,再将这些程序输入到用计算机程序控制的机床进行指令性加工,或者直接在这种使用计算机程序控制的机床控制面板上编写指令进行加工,加工

的全过程包括走刀、换刀、变速、变向、停车等都是自动完成的。

数控加工是通过数控机床来实现的,铣削加工用的机床通常称为铣床,加上了数字控制装置后被称为数控铣床(或称为电脑锣床),再加上自动换刀装置后被称为加工中心,如图 1-1 和图 1-2 所示。



图 1-1 数控铣床

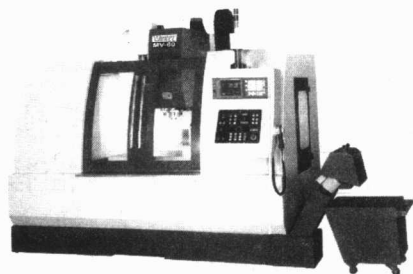


图 1-2 加工中心

加工中心备有刀库,并能自动更换刀具,它是对工件进行多工序加工的数字控制机床。工件经一次装夹后,数字控制系统能控制机床按不同工序,自动选择和更换刀具,自动改变机床主轴转速、进给量和刀具相对工件的运动轨迹及其他辅助机能,依次完成工件几个面上多工序的加工。加工中心由于工序的集中和自动换刀,减少了工件的装夹、测量和机床调整等时间,使机床的切削时间达到机床开动时间的 80%左右(普通机床仅为 15%~20%);同时也减少了工序之间的工件周转、搬运和存放时间,缩短了生产周期,具有较高的经济效益。加工中心适用于零件形状比较复杂、精度要求较高、产品更换频繁的中小批量生产。加工中心按主轴的布置方式分为立式和卧式两类。卧式加工中心一般具有分度转台或数控转台,可加工工件的各个侧面;也可进行多个坐标的联合运动,以便加工复杂的空间曲面。立式加工中心一般不带转台,仅作顶面加工。此外,还有带立、卧两个主轴的复合式加工中心,和主轴能调整成卧轴或立轴的立卧可调式加工中心,它们能对工件进行五个面的加工。加工中心的自动换刀装置由存放刀具的刀库和换刀机构组成。刀库种类很多,常见的有盘式和链式两类。链式刀库存放刀具的容量较大。换刀机构在机床主轴与刀库之间交换刀具,常见的为机械手,也有不带机械手而由主轴直接与刀库交换刀具的,称无臂式换刀装置。为了进一步缩短非切削时间,有的加工中心配有两个自动交换工件的托板。一个在工作台上加工工件,另一个则在工作台外装卸工件。机床完成加工循环后自动

交换托板,使装卸工件与切削加工的时间重合。

数控铣床和加工中心在编程上并没有实质上的不同,只不过由于加工中心比数控铣床多了自动换刀装置,可以自动换刀连续加工(即可以从粗加工到精加工自动换刀一次完成,避免了多次拆装刀具造成的误差)。

在自动编程上,只要将数控铣床加工的多个程序,连接起来并加上自动换刀按钮,即可用于加工中心,完成连续加工。即使不对程序做自动换刀的修改,也可以将数控铣床的程序用于加工中心,不过此时的加工中心就等于数控铣床了。

1.1.2 Mastercam X 数控模块特点

Mastercam 系统是一套 CAD/CAM 集成软件,它包括以下主要功能模块。

- ✎ 三维设计系统(design)。
- ✎ 铣削加工系统(mill)。
- ✎ 车削加工系统(lathe)。
- ✎ 线切割加工系统(wire)。

其中三维设计系统是 CAD 功能模块,其他的为 CAM 功能模块。下面介绍以上各个功能模块。

1. 三维设计系统(design)

三维设计系统功能介绍如下。

- ✎ 完整的曲线功能。可设计、编辑复杂的二维、三维空间曲线,可进行尺寸的标注、文字的注解等。
- ✎ 强大的曲面功能。有十多种生成曲面的方法,同时具有曲面修剪、曲面间等(变)半径倒圆角、倒角、曲面偏置、延伸等编辑功能。
- ✎ 崭新的实体功能。以挤出、旋转、扫描、举升为核心,倒圆角、薄壳(抽壳)、布尔运算、延伸、修剪等功能都很强。

2. 铣削加工系统(mill)

铣削加工系统包括 2D、2.5D、3D 铣削加工,其功能在后面的相关章节里介绍。

3. 车削加工系统(lathe)

车削加工系统功能包括完整的三维设计系统;粗车、精车、螺纹加工;径向切槽加工;钻孔、镗孔等加工。

4. 线切割加工系统(wire)

线切割加工系统功能包括:完整的三维绘图系统;自动、半自动图形对应能力;自动清角功能;无屑加工等。

Mastercam X 将以上各模块之间无缝集成,而不再需要像之前的版本那样,4 个模块分别由 4 个应用程序来运行,可利用下拉菜单的【机床类型】命令在不同的模块之间进行选择,若选择的是设计模块,则系统直接进入默认状态;若选择其他模块,则可以选择相对应的机床类型,如图 1-3 所示。

M机床类型 I刀具路径

M铣床

L车床

B刨床

B刨床

A机床定义管理器...

C控制器定义...

图 1-3 【机床类型】命令

1.2 常用刀具及加工参数的选择

刀具的选择和刀具参数的设置是数控加工工艺中的重要内容，合理地选用刀具和设置刀具参数不仅可以影响数控机床的加工效率，而且可以直接影响加工质量。

1.2.1 数控铣削加工常用刀具

铣削用刀具通常称为铣刀，普通铣床上的刀具可以用于数控铣床和加工中心上。数控加工用的铣刀如图 1-4 所示。

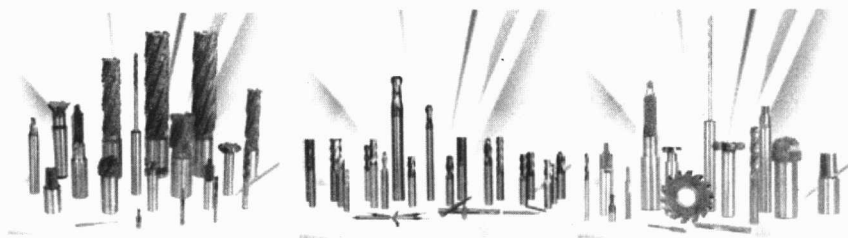


图 1-4 数控铣削用刀

一般立式数控加工用铣刀的种类可以有很多种划分方法，既可以从刀具的材料上划分，也可以从刀具的外形上划分，还可以从刀具的用途等方面来划分。

在此采用外形分类的方法划分。数控加工常用的刀具有平刀、圆鼻刀(飞刀)、球刀三种，如图 1-5 所示。

- ✎ 平刀。平刀底面是平面，平刀是一种以侧刃切削的刀具，所以使用平刀加工时应尽量避免切入底面的工件表面，一般平刀用作开粗和加工平面。常用平刀大小有 D1、D2、D4、D6、D8、D10、D12、D16、D20。
- ✎ 圆鼻刀(飞刀)。圆鼻刀底面是平面，每刃都带有圆角，因为底面是平面，所以加工时也应尽量避免切入底面的工件表面，一般圆鼻刀用作开粗，圆鼻刀开粗效果比平刀好。常用圆鼻刀(飞刀)大小有 D25R5、D30R5。
- ✎ 球刀。球刀的切削刃有 180° ，所以球刀一般用作精加工，球刀切削时较稳定，但球刀不能用作开粗。常用球刀大小有 R1、R2、R3、R4、R5、R6、R8。

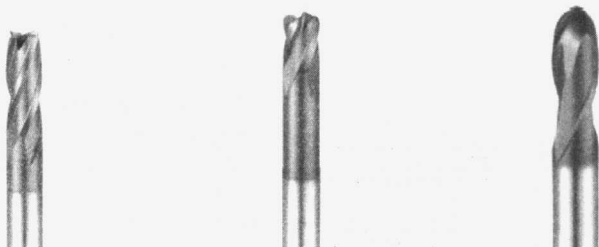


图 1-5 平刀、圆鼻刀和球刀的形状

设置刀具详细的外形数据的方法是选择下拉菜单【刀具路径】|【刀具管理器】命令，系统弹出【刀具管理器】对话框，在加工群组的空白位置右击，在弹出的快捷菜单中选择【新建刀具】命令，如图 1-6 所示，系统弹出【定义刀具】对话框，如图 1-7 所示，选择相应的刀具来定义，也可以直接在【刀具管理器】对话框中指定已选用过的刀具。效果如图 1-8、图 1-9 和图 1-10 所示。

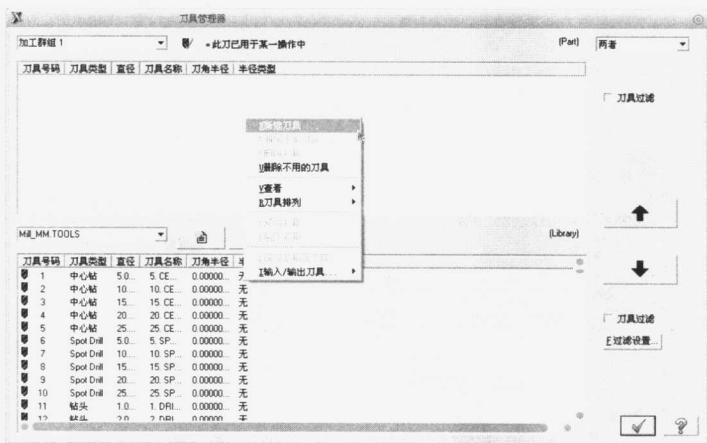


图 1-6 【刀具管理器】对话框

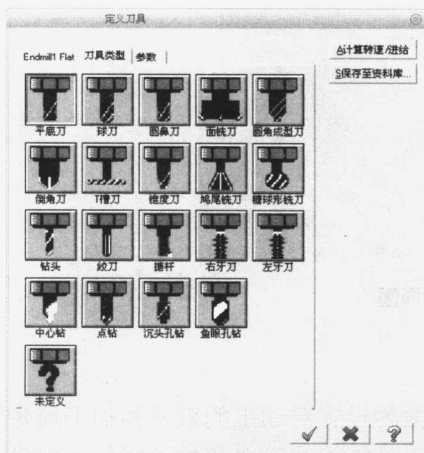


图 1-7 【定义刀具】对话框

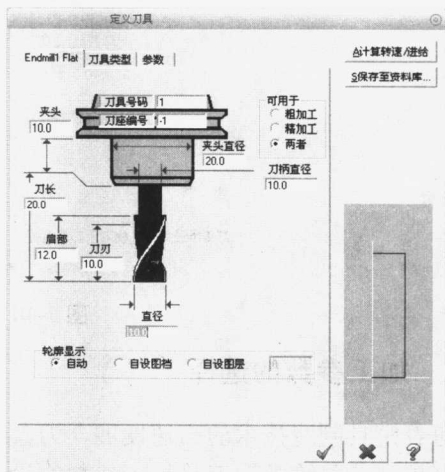


图 1-8 平刀外形图

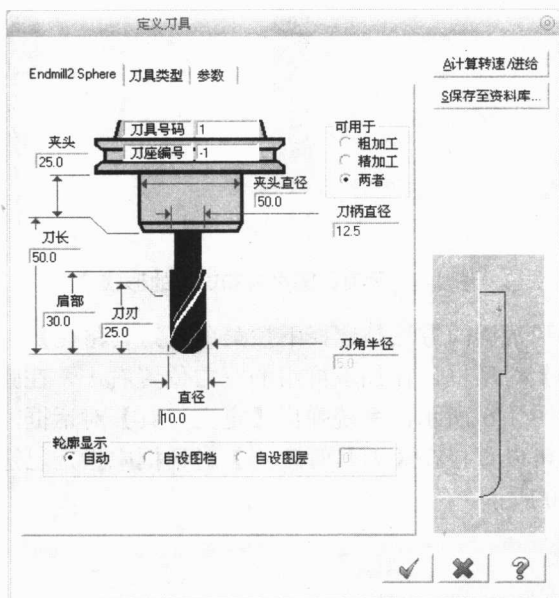


图 1-9 球刀外形图

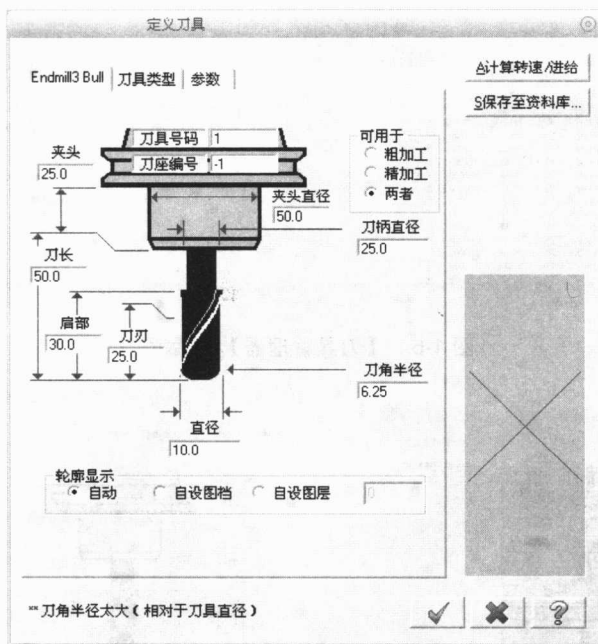


图 1-10 圆鼻刀外形图

1.2.2 加工参数的选择

随着模具制造技术的高速发展,刀具的加工参数的设置对加工的效率和加工质量的影响越来越大。熟练掌握刀具加工参数的设置有利于提高加工的效率和加工质量。刀具加工参数包括切削速度、进给量、背吃刀量(切削深度)和切削宽度。

1. 切削速度 v

切削速度是指铣刀刀齿切削处的线速度。介绍如下。

$$v = \frac{\pi D n}{1000}$$

式中 v ——切削速度(m/min);

D ——铣刀直径(mm), 周铣时为圆柱铣刀外圆直径;

n ——主轴转速(r/min);

2. 进给量 a_f 、 f 、 v_f

铣削进给量有三种形式: 铣刀每转过一个刀齿相对工件移动的距离称为每齿进给量 a_f , 其大小决定着一个刀齿的负载, a_f 越大, 切削力越大, 刀齿的负载也越大。铣刀每转相对工件移动的距离称为每转进给量 f 。每分钟工件相对于铣刀移动的距离, 为每分钟进给量或进给速度 v_f 。

三种进给量的关系为:

$$v_f = n f = n z a_f$$

式中: v_f ——每分钟进给量或进给速度(mm/min);

a_f ——每齿进给量(mm/z);

f ——每转进给量(mm/r);

n ——主轴转速(r/min);

z ——铣刀齿数。

一般铣床铭牌上所列的是每分钟进给量 v_f 。

3. 背吃刀量(切削深度) a_p

背吃刀量是指在平行于铣刀轴线方向测得的被切削层的尺寸, 对于周铣, 背吃刀量是被加工表面宽度。

4. 切削宽度 a_e

切削宽度是指垂直于铣刀轴线测得的被切削层尺寸, 对于周铣则为被切削层的深度。

1.3 数控编程典型流程

熟练掌握数控编程的流程能减少在加工中的出错率、提高加工效率, 一般的数控编程步骤如下。

- (1) 分析零件图样和工艺要求。
- (2) 自动编程。
- (3) 编写加工程序单。
- (4) 程序检验。
- (5) 传输 NC 程序到机床加工。

1.3.1 分析零件图样和工艺要求

1. 分析零件图样

分析零件图样是工艺准备中的首要工作,因为工件图样包括工件轮廓的几何条件、尺寸、形位公差要求、表面粗糙度要求、毛坯、材料与热处理要求及批量大小,都是制定合理工艺路线所要考虑的,也直接影响零件加工工艺的编制及加工的结果。分析零件图样主要包括以下几个内容。

(1) 检查构成加工轮廓的几何条件有无缺陷。由于零件图纸设计或绘制等多方面的原因,可能在图样上出现构成加工轮廓的数据不充分,尺寸模糊不清,或图样上图线位置模糊及尺寸封闭等缺陷,这些缺陷将会增加编程的难度。

(2) 分析尺寸公差、表面粗糙度要求。分析零件图样尺寸公差要求和表面粗糙度要求是确定机床、刀具、切削用量的重要依据,以确定零件尺寸精度的控制方法、手段和加工工艺。

(3) 形状和位置公差要求。在所加工零件的尺寸公差和表面粗糙度要达到图样要求的同时,也要保证要件的形状和位置公差满足图纸的要求。在工艺的准备过程中,应按图样的形状和位置公差要求来确定零件的定位基准、加工工艺,以满足其公差要求。

2. 工艺要求

工艺要求包括加工顺序、加工路线、切削用量、加工余量、刀具的尺寸及是否需要切削液等,这些与加工程序的编制、零件加工的质量、效益都有着密切的关系。加工工艺要求所要解决的主要问题有以下几个方面。

(1) 选择并确定数控铣削加工部位及工序内容。数控铣削加工有着自己的特点和适用对象,若要充分发挥数控铣床的优势和关键作用,就要正确选择数控铣床的类型、数控加工对象与工序内容。

(2) 采用何种装夹具或何种装卡位方法。

(3) 确定采用何种刀具或采用多少把刀进行加工。

(4) 加工工序的划分。加工工序的划分有以下几种。

✎ 刀具集中分序法。即按所用刀具划分工序,用同一把刀加工完零件所有可以完成的部位,再用第二把刀、第三把刀完成它们可以完成的其他部位。这样可以减少换刀次数,减少不必要的定位误差。

✎ 粗、精加工分序法。这种分序法是根据零件的形状、尺寸精度要求等因素,按粗、精加工分开的原则进行分序,先粗加工、半粗加工,后精加工。

✎ 按照加工部位分序法。即先加工平面、定位面,再加工孔;先加工简单的几何形状,再加工复杂的几何形状;先加工精度比较低的部位,再加工精度要求比较高的部位。

(5) 确定对刀点与换刀点。对刀点是指通过对刀确定刀具与工件相对位置的基准点;换刀点(起刀点)是为了防止换刀时刀具碰伤工件,需设在距离工件较远的地方。

(6) 选择走刀路线。走刀路线是数控加工过程中刀具相对于被加工工件的运动轨迹和方向。确定走刀路线的一般原则如下。