



CAD/CAM 职场技能特训视频教程

X⁵ Mastercam



Mastercam X5 应用技能基本功特训

- * **精品力作** 课堂学不到的知识,企业工程师与一线教师共同打造,难得的技术宝典。
- * **视频教学** 企业工程师原汁原味的讲解,生产一线真实工作过程的再现,知其然且知其所以然。
- * **经验点评** 学习方法、练习答案、知识拓展、小疑问、小提示、入职面试、少走弯路、技术调查、加工要点。

培训、便于自学 经过一线企业多年培训实践检验。

寇文化 张军峰 主 编
王燕燕 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

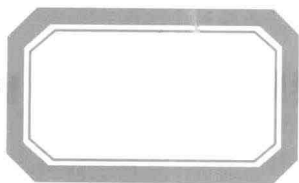
<http://www.phei.com.cn>



视频讲解

博客答疑

CAD/CAM



页教程

Mastercam X5 应用技能 基本功特训

寇文化 张军峰 主编

王燕燕 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从 Mastercam X5 的设计功能和数控编程功能入手, 重点介绍线框设计、曲面和实体设计、模具设计、铜公电极拆分, 以及数控编程应用等功能的特点、参数设定时应注意的事项, 并对难点和重点问题进行了剖析, 再通过实例进行特训。

本书特色在于作者来自软件应用的企业第一线, 熟悉软件应用的重点和难点, 切合实际地提示读者应该学习的重点, 并进行训练, 帮助读者巩固基本技能, 练就扎实的基本功, 进一步提高应用水平, 避免面面俱到、主次不分的学习误区, 在短期内掌握软件的操作要领。

本书虽然是以模具设计和加工为例进行特训, 但对于其他领域的应用也有很重要的类比参考价值。

本书可作为具有初等几何知识的读者学习绘图及数控编程和提高应用技能的学习用书, 也可作为高等院校相关专业师生、企业相关工程技术人员的学习参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam X5 应用技能基本功特训/寇文化, 张军峰主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.8
CAD/CAM 职场技能特训视频教程
ISBN 978-7-121-17604-3

I. ①M… II. ①寇… ②张… III. ①计算机辅助制造—应用软件—教材 IV. ①TP391.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 158663 号

策划编辑: 许存权

责任编辑: 万子芬 特约编辑: 底波 徐宏

印 刷:

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 500 千字

印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 46.00 元(含 DVD 光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

编写目的

Mastercam 是美国 CNC 软件公司开发研制的一套专业的计算机辅助设计及制造 (CAD/CAM) 软件, X5 是其版本号, 该软件在日用品等外形复杂产品的设计及其制造方面应用广泛, 该软件研发团队开发数控编程的历史悠久、经验丰富, 能够深入实际不断研发新功能, 以帮助用户解决加工中的各种难题。Mastercam 的强项是数控编程, 在数控加工行业因其使用方便灵活、运行效率高、适应面广而深受我国用户喜爱, 几乎成为这个行业技术人员必备技能。该软件在我国销售量越来越多, 普及程度也越来越广泛。

随着我国 CAD/CAM 的发展, 特别是在模具设计及制造行业中, 应用软件进行复杂数控编程的工作更为普遍, 社会上急需一大批精通这些软件的工程技术人员。

目前, 介绍 Mastercam 的书有很多, 各具特色。本书的特色是案例及方法来源于工厂实践的第一现场, 切合工作应用实际。书中有学习重点提示, 避免面面俱到、主次不分的学习误区, 帮助读者在短期内掌握重点内容, 并提高应用水平。

主要内容

全书共分 7 章。

第 1 章预备知识, 着重讲解数控编程的基础知识, 包括加工工艺、编程基础、模房 (模具制造车间) 编程师的编程流程、制模流程及对初学者的忠告。

第 2~第 5 章 Mastercam X5 的平面绘图、立体线框图、曲面及实体图特训, 着重培养以图纸为依据的绘图基本功, 为扎实掌握 Mastercam X5 软件打下坚实的基础。

第 6 章介绍应用 Mastercam X5 进行模具分模设计、电极铜公拆分设计的重要方法和步骤, 帮助读者解决实际工作中可能遇到的类似问题。

第 7 章重点介绍应用 Mastercam X5 进行数控编程的重要方法和步骤, 帮助读者解决实际工作中可能遇到的编程问题。

特色段落

为了帮助读者学习, 本书各章节安排了“本章知识要点及学习方法”、“思考练习及答案”, 以及“小疑问”、“知识拓展”、“小提示”、“要注意”等特色段落。“小疑问”解答在学习中常出现的问题。“知识拓展”是对当前的操作提供另一些方法, 以开拓思路。“小提示”是对当前操作中的难点进行进一步补充讲解。“要注意”是对当前操作中可能出现的错误进行提醒。通过对思考问题的解答, 可以帮助读者在实际工作中避免犯同样的错误, 从而提高工作水平和能力。

需要特别说明一点, 本书中涉及大量的尺寸, 其默认单位为毫米 (mm), 为简洁起见, 均省略。



如何学习

为学好本书内容，建议读者同时学习如下知识：

- (1) 机械加工及制图的基本知识；
- (2) Windows 操作系统和基本办公软件知识；
- (3) 初中以上的几何知识。

对于初学者，建议针对案例，结合本书配套光盘视频，反复练习，至少 3 遍以上，直到熟练为止。如果学完本书还希望进一步提高编程水平，建议继续学习本丛书的《Mastercam X5 数控编程技术实战特训》一书。

读者对象

- (1) 对 Mastercam 绘图设计和数控编程有兴趣的初学者；
- (2) 从事数控编程的工程技术人员；
- (3) 大中专院校和职业学校数控专业的师生；
- (4) 其他 Mastercam 爱好者。

关于光盘视频

各实例视频文件名与所讲解文件的名字大部分相同，是可执行文件，双击可自行播放。播放中可以随时进行暂停、快进、缩小窗口等操作。如果播放时菜单挡住操作内容，可以将其移开或关闭。关闭后，可以通过单击鼠标左键使播放暂停，单击鼠标右键再次显示播放窗口，达到控制播放的目的。

本书是集体智慧的结晶，由寇文化（深圳万威集团）、张军峰（陕西理工学院）任主编王燕燕（陕西理工学院）任副主编，由寇文化录制视频及统稿。本书在策划和编写过程中得到了电子工业出版社许存权老师的大力支持和帮助。另外，高校的多名师生、工厂的多位技师对本书的编写提供了宝贵的支持及合理化建议，在此，对他们的帮助表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，本书虽已尽力核对，欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正，作者电子邮箱 k8029_1@163.com。如果在阅读中遇到问题，除了给作者发电子邮件外，还可以浏览作者的答疑博客 <http://blog.sina.com.cn/cadcambook>。

作者

目 录

第 1 章 预备知识 1

1.1 本章知识要点及学习方法 1

1.2 数控加工基本知识 1

1.2.1 CNC 的基本含义 1

1.2.2 CNC 机床的工作原理 2

1.2.3 CNC 工艺的特点 3

1.2.4 CNC 刀具的选择和选购 3

1.3 数控编程基础 6

1.3.1 编数控程序的作用 6

1.3.2 数控程序标准 6

1.3.3 加工坐标系与机械坐标系 6

1.3.4 程序代码 7

1.3.5 程序举例 9

1.3.6 编程软件简介 10

1.3.7 典型数控机床控制面板介绍 11

1.3.8 数控机床操作要领及

注意事项 12

1.3.9 数控技术的发展趋势 13

1.3.10 先进制造技术 14

1.4 模房编程师的编程过程 14

1.4.1 CNC 团队的运作流程 14

1.4.2 数控程序质量的标准 15

1.4.3 规范化及标准化在编程中的

作用及意义 15

1.5 塑料模具制造 16

1.5.1 制模流程 16

1.5.2 CNC 在制模中的重要性 16

1.6 对初学者的忠告 17

1.6.1 学好 Matercam X5 数控编程

应具备的知识 17

1.6.2 将学到哪些内容 17

1.6.3 如何学好 18

1.6.4 编程员的职业道德 19

1.6.5 新入行人员如何面对 招工考试 19

1.6.6 新入行人员如何尽快适应 新岗位 20

1.6.7 工作中如何避免少犯错误， 提高水平 21

1.6.8 程序员如何进行车间技术 调查 21

1.7 本章总结及思考练习 21

1.7.1 本章总结 21

1.7.2 思考练习及练习答案 22

第 2 章 Mastercam X5 平面绘图 特训 23

2.1 本章知识要点及学习方法 23

2.2 绘图命令概述 23

2.3 平面实例绘图训练 1 26

2.3.1 绘图纸中能确定的图素 27

2.3.2 绘辅助圆 29

2.3.3 绘右侧圆 29

2.3.4 绘两个圆的公切线 30

2.3.5 绘下半部分及左侧图 30

2.3.6 整理图形 32

2.3.7 完成本例应该注意的问题 32

2.4 平面实例绘图训练 2 33

2.4.1 绘图纸中能确定的图素 34

2.4.2 绘相切的圆弧 R18.5 35

2.4.3 绘与 R7.8 及 R5 相切的 圆弧 R12 36

2.4.4 图形裁剪 36

2.4.5 旋转图形完成其余叶轮形状 37

2.4.6 整理图形 38

2.4.7 完成本例应该注意的问题 44



2.5 平面实例绘图训练 3.....	44	3.3 线框实例绘图训练 1.....	85
2.5.1 绘图纸中能确定的图素	45	3.3.1 绘出底部的外轮廓线	86
2.5.2 绘尺寸 46 的一侧水平线作为 辅助线.....	47	3.3.2 绘制底板上表面线	87
2.5.3 绘与 R11 相切的圆弧 R64.....	47	3.3.3 绘制顶部边长为 12.5 的 正方形.....	88
2.5.4 相切的圆弧 R16.....	47	3.3.4 绘制异形体的棱线	89
2.5.5 图形裁剪	49	3.3.5 绘制筋条板图形	90
2.5.6 用镜像命令完成下半部分.....	49	3.3.6 绘制筋条板另一侧图形.....	92
2.5.7 整理图形	49	3.3.7 整理图形	92
2.5.8 完成本例应该注意的问题.....	52	3.3.8 完成本例应该注意的问题.....	93
2.6 平面实例绘图训练 4.....	53	3.4 线框实例绘图训练 2.....	93
2.6.1 绘图纸中能确定的图素	53	3.4.1 绘制底部的外轮廓线	94
2.6.2 绘斜线及裁剪图形	54	3.4.2 绘制底板上表面线	95
2.6.3 平移图形	55	3.4.3 绘制顶部图形	96
2.6.4 裁剪左半部分图形	56	3.4.4 绘制筋板的棱线	97
2.6.5 用镜像命令完成右半部分.....	57	3.4.5 绘制左侧耳朵图形	98
2.6.6 整理图形	57	3.4.6 绘制右侧耳朵图形	100
2.6.7 完成本例应该注意的问题.....	59	3.4.7 整理图形	101
2.7 平面实例绘图训练 5.....	59	3.4.8 完成本例应该注意的问题.....	102
2.7.1 绘图纸中 A-1-B-2 处图形	60	3.5 本章总结及思考练习	102
2.7.2 绘图纸中 2-3-4 处图形.....	62	3.5.1 本章总结	102
2.7.3 绘图纸中 4-5-6 处图形.....	63	3.5.2 思考练习及答案提示	103
2.7.4 绘图纸中 7-8-9-10 处图形	64		
2.7.5 绘图纸中 11-12-A 处图形	67		
2.7.6 整理图形	67		
2.7.7 完成本例应该注意的问题.....	69		
2.8 本章总结及思考练习	70		
2.8.1 本章总结	70		
2.8.2 思考练习及答案提示	71		

第 3 章 Mastercam X5 立体线框绘图

特训

3.1 本章知识要点及学习方法	76
3.2 3D 绘图命令概述	76
3.2.1 改变构图平面深度	77
3.2.2 改变构图平面方向	79
3.2.3 用图形变换绘制 3D 图.....	85
3.2.4 用 3D 构图平面绘制 3D 图	85

第 4 章 Mastercam X5 立体曲面绘图

特训

4.1 本章知识要点及学习方法	105
4.2 常用曲面绘图命令概述	106
4.2.1 选线工具	107
4.2.2 直纹面/举升曲面	107
4.2.3 旋转面	111
4.2.4 网状曲面	113
4.2.5 扫描面	115
4.2.6 挤出面	118
4.2.7 牵引曲面	119
4.2.8 平面修整	120
4.2.9 围篱曲面	121
4.3 曲面编辑命令概述	122
4.3.1 曲面补正	122

4.3.2 曲面修整.....	123	5.4.1 实体布尔运算-结合	164
4.3.3 曲面倒圆角	126	5.4.2 实体布尔运算-切割	165
4.4 曲面曲线命令概述	128	5.4.3 实体布尔运算-交集	166
4.4.1 曲面单一边界	128	5.4.4 非关联实体	167
4.4.2 曲面所有边界	129	5.5 实体与曲面的关系概述	168
4.4.3 固定参数曲线	130	5.5.1 曲面的实体化	168
4.4.4 曲面流线	131	5.5.2 薄片实体加厚	170
4.4.5 动态曲面曲线	131	5.5.3 实体修剪	171
4.4.6 曲面剖切线	132	5.5.4 实体转化为曲面	173
4.4.7 曲面曲线	133	5.5.5 其他实体命令概述	177
4.4.8 创建分模线	133	5.6 本章总结及思考练习	178
4.4.9 曲面交线	133	5.6.1 本章总结	178
4.4.10 投影曲线	134	5.6.2 思考练习及答案提示	179
4.5 曲面综合绘图训练	135	第 6 章 遥控器面壳分模拆铜公特训	180
4.5.1 绘底板曲面	136	6.1 本章知识要点及学习方法	180
4.5.2 绘制异形面	138	6.2 分模特训	181
4.5.3 用直纹面制筋板	139	6.2.1 输入产品图	182
4.5.4 整理图形	140	6.2.2 产品排位	182
4.5.5 完成本例应该注意的问题	141	6.2.3 造毛坯	183
4.6 本章总结及思考练习	141	6.2.4 产品曲面分层	185
4.6.1 本章总结	141	6.2.5 造碰擦曲面	188
4.6.2 思考练习及答案提示	141	6.2.6 造分型面	190
第 5 章 Mastercam X5 实体绘图 特训	143	6.2.7 前后模整理	200
5.1 本章知识要点及学习方法	143	6.2.8 输出前模	203
5.2 基本实体绘图命令概述	143	6.2.9 输出后模	205
5.2.1 挤出实体	144	6.3 铜公设计特训	205
5.2.2 旋转实体	148	6.3.1 大身铜公设计	206
5.2.3 扫描实体	150	6.3.2 清角铜公设计	215
5.2.4 举升实体	151	6.3.3 多用铜公设计	222
5.3 实体编辑命令概述	156	6.3.4 铜公拆分总结	228
5.3.1 实体倒圆角	156	6.4 本章总结及思考练习	229
5.3.2 面与面倒圆角	158	6.4.1 本章总结	229
5.3.3 实体倒角	159	6.4.2 思考练习及答案提示	230
5.3.4 实体抽壳	160	第 7 章 遥控器面壳铜公编程特训	231
5.3.5 实体牵引	162	7.1 本章知识要点及学习方法	231
5.4 实体间的布尔运算命令概述	163	7.2 遥控器清角铜公编程特训 1	231



7.2.1	图形处理及设定零点	232	7.3.2	工艺分析及规划	276
7.2.2	工艺分析及规划	234	7.3.3	建立群组 K01D 用于开粗	277
7.2.3	建立群组 K01A 用于开粗	236	7.3.4	建立群组 K01E 进行基准面 精加工	285
7.2.4	建立群组 K01B 进行基准面 精加工	242	7.3.5	建立群组 K01F 进行曲面 精加工	291
7.2.5	建立群组 K01C 进行曲面 精加工	251	7.3.6	刀路模拟检查	298
7.2.6	刀路模拟检查	268	7.3.7	后置处理	298
7.2.7	后置处理	271	7.3.8	填写 CNC 程序工作单	299
7.2.8	填写 CNC 程序工作单	273	7.3.9	本例总结及要注意的问题	300
7.2.9	本例总结及要注意的问题	274	7.4	本章总结及思考练习	300
7.3	遥控器清角铜公编程特训 2	274	7.4.1	本章总结	300
7.3.1	图形处理及设定零点	275	7.4.2	思考练习及答案提示	301

预备知识

1.1 本章知识要点及学习方法

本章以初学者学习 Mastercam X5 数控编程时普遍关心的问题为线索，回答了以下问题：

- (1) CNC 的基本概念。
- (2) 数控程序代码的含义。
- (3) 数控技术的发展趋势。
- (4) 模房编程师的编程过程及塑胶模具制造流程。
- (5) 对初学者的忠告。

本章是基础，内容多且繁杂，初学者开始学习时不必花费过多时间来仔细研究技术细节，部分内容没有完全弄懂也不要紧，了解了主要内容后，紧接着学习其他的后续内容。日后有空再读本章，即可加深理解。

1.2 数控加工基本知识

1.2.1 CNC 的基本含义



小疑问

什么是 CNC？什么是电脑锣？学 CNC 主要学什么？

CNC 是英文 Computer Numerical Control 的缩写，意思是计算机数据控制，简单地说就是数控加工。在珠江三角地区，人们俗称为“电脑锣”。

CNA 是当今机械制造中的先进加工技术，是一种高效率、高精度与高柔性的自动化加工方法。它是将要加工的工件的数控程序输入机床，机床在这些数据的控制下自动加工出符合人们意愿的工件，以制造出美妙的产品。这样就可以把艺术家的想象变为现实的商品。

CNA 技术可有效解决像模具这样复杂、精密、小批多变的零件的加工问题，充分适应了现代化生产的需要。在我国，最早将 CNA 主要应用于飞机结构件、飞机座舱、风挡骨



架零件, 以及潜艇轮船螺旋桨、航空发动机叶片等复杂零件及其工装的制造领域, 如图 1-1 所示。这些零件都是整个装备的关键, 也只有 CNA 才能高质量、简便地制造出来。

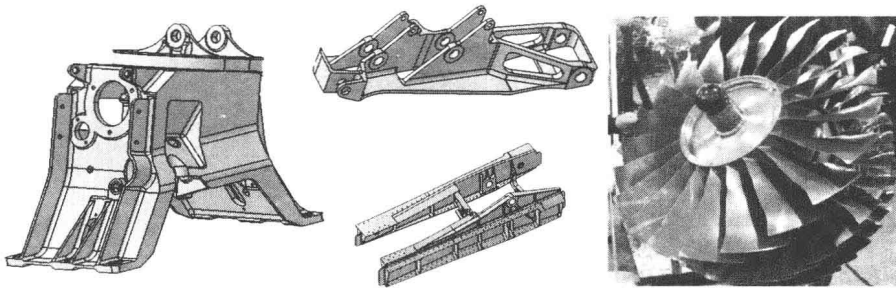


图 1-1 应用 CNA 制造的零件

大力发展 CNA 技术使其应用于人们消费品制造的各个领域, 已成为我国加速发展经济, 提高自主创新能力的重要途径。目前, 我国数控机床使用越来越普遍, 能熟练掌握数控机床编程是充分发挥其功能的重要途径。社会上急需一大批这样的人才。因此, 学好这门技术将大有用武之地。

本书就是帮助读者学习使用自动化的编程软件 Mastercam X5 来编制数控程序。

本书采用 Mastercam X5 中文版编写。通过对学生在学习中普遍关心的问题为线索进行讲解, 重点讲解 CNA 的原理、Mastercam X5 软件特点及以模房编程师的实际编程过程。通过案例分析及讲解, 帮助读者掌握重点、有效攻克技术难点, 尽快适应工作岗位的要求。

1.2.2 CNC 机床的工作原理

? 小提问

CNA 机床如何工作? CNC 如何加工模具?

一般来说, 数控机床由机床本体、数控系统 (CNC 系统是数控机床的核心, 是台专用计算机)、驱动装置及辅助装置等部分组成。数控系统的基本功能: 输入功能、插补功能及伺服控制等。它的工作过程: 通过输入功能接收用户编制的数控程序后结合操作员已经在面板上设定的对刀参数、控制参数和补偿参数等数据进行译码, 并进行逻辑运算, 转化为一组逻辑电信号, 从而发出相应的指令脉冲, 来控制机床的驱动装置, 使机床各轴运动, 操作机床实现预期的加工功能。

在模具厂里, 模具设计师根据客户产品图, 设计出 3D 模具 (也称分模) 后, 就需要对模具图形进行数控编程。编程工程师根据图形来确定刀具大小、切削方式, 用编程软件 (如 Mastercam X5) 就可编出数控程序。这个数控程序是个文本文件, 里面是机床能识别的代码。机床操作员收到程序单及数控程序后, 就要按要求在数控机床工作台上装夹工件, 在主轴上装上刀具, 按要求对刀, 在机床面板中设定对刀参数, 根据机床的具体情况少量修改个别指令后就通过网络把数控程序传给机床。机床上的刀具在这些数控指令的控制下

进行切削运动，其他冷却系统同步工作，这样一条接着一条的程序都执行完成，模具就加工出来了。

1.2.3 CNC 工艺的特点

? 小疑问

CNC 工艺有何独特之处？

CNC 工艺是机械加工的一种，也遵守机械加工切削规律，与普通机床的加工工艺大体相同。由于它是把计算机控制技术应用于机械加工之中的一种自动化加工，因而具有加工效率高、精度高等特点，加工工艺有其独特之处，工序较为复杂、工步安排较为详尽、周密。

CNC 工艺包括刀具的选择、切削参数的确定及走刀工艺路线的设计等内容。CNC 工艺是数控编程的基础及核心，只有工艺合理，才能编出高效率和高质量的数控程序。衡量数控程序好坏的标准：用最少的加工时间、最小的刀具损耗加工出最佳效果的工件。

CNA 工序是工件整体加工工艺的一部分工序，甚至是一道工序。它要与其前后工序相互配合，才能最终满足整体机器或模具的装配要求，这样才能加工出合格的零件。

CNA 工序一般分为粗加工、中粗清角加工、半精加工及精加工等工步。

粗加工要尽量选用较大的刀，在机床功率或刀具能承受的范围內尽可能用较大的切削量快速切除大量的工件材料。为了防止粗加工时切削振动而使工件松动，在开粗后应该及时校表检查，必要时重新对刀。在开粗后进行基准面的精加工。为以后校表检查做好准备。对于具有复杂型腔的工件，由于开粗用了较大的刀具，使得角落处残存大量的余量，必须用比粗加工时小的刀具进行二次开粗或清角。加工面积比较大的情况下，为了减少刀具损耗，可以进行半精加工。以上各步为了防止过切都必须留足够多的余量，最后进行精加工工序。一般情况下，尽量在机床上检验，合格后才拆下，准备下一件加工。

1.2.4 CNC 刀具的选择和选购

? 小疑问

CNC 常用刀具有哪些？如何选择刀具？

1. CNC 刀具种类

常用的数控铣刀具按形状分为以下几种。



(1) 平底刀: 也称平刀或端铣刀。周围有主切削刃, 底部为副切削刃。可以用于开粗及清角, 精加工侧平面及水平面。常用的有 ED20, ED19.05, ED16, ED15.875, ED12, ED10, ED8, ED6, ED4, ED3, ED2, ED1.5, ED1, ED0.8, ED0.5 等。E 是字母 End Mill 的第一个字母, D 表示切削刀刃直径。

一般情况下, 开粗时尽量在机床功率能够承受的情况下, 选较大直径的刀, 装刀时尽可能短, 以保证足够的刚度, 避免弹刀。在选择小刀时, 要结合被加工区域, 确定最短的刀锋长及直身部分长, 选择本公司现有的最合适的刀。

如果刀具侧面带斜度则称为斜度刀, 可以精加工斜面。

(2) 圆鼻刀: 也称平底 R 刀。可用于开粗、平面光刀和曲面外形光刀。一般角半径为 $R0.1 \sim R8$ 。一般有整体式和镶刀粒式的刀把刀。带刀粒的圆鼻刀也称“飞刀”, 主要用于大面积的开粗, 水平面光刀。常用的有 ED30R5, ED25R5, ED16R0.8, ED12R0.8, ED12R0.4 等。另外, 在上述平底刀的供应商目录里也有相应的平底 R 刀, 用户可以根据情况选用。

飞刀开粗加工尽量选大刀, 加工较深区域时, 先装短刀加工较浅区域, 再装长刀加工较深区域, 以提高效率且不过切。

(3) 球刀: 也称 R 刀。主要用于曲面中光刀。常用的球刀有 BD16R8, BD12R6, BD10R5, BD8R4, BD6R3, BD5R2.5 (常用于加工流道), BD4R2, BD3R1.5, BD2R1, BD1.5R0.75, BD1R0.5。B 是字母 Ball Mill 的第一个字母。

一般情况下, 要通过测量被加工图形的内圆半径来确定精加工所用的刀具, 在尽量选大刀光刀, 小刀补刀加工。

2. 刀具材料

在金属切削加工中, 刀具材料也就是切削部分, 要承受很大的切削力和冲击, 并受到工件及切屑的剧烈摩擦, 产生很高的切削温度, 其切削性能必须满足以下几个要求。

(1) 高的硬度: 62HRC 以上, 至少要高于被加工材料的硬度。

(2) 高的耐磨性: 通常情况下, 材料越硬、组织中碳物越多、颗粒越细、分布越均匀, 其耐磨性就越高。

(3) 足够的强度与韧性。

(4) 高的耐热性。

(5) 良好的导热性。

(6) 良好的工艺性和经济性。

为了满足以上要求, 现在的数控刀具一般由以下材料制成。

(1) 高速钢: 如 WMoAl 系列。

(2) 硬质合金: 如 YG3 等。

(3) 新型硬质合金: 如 YG6A。

(4) 涂层刀具: 如 TiC、TiN、Al₂O₃ 等。

(5) 陶瓷刀具: 在高温下仍能承受较高的切削速度。

(6) 超硬刀具材料。

3. 刀具的选购

现在的刀具大多是商品化及标准化,选购时要索取刀具公司的规格图册,结合本厂的加工条件,选择耐用度高的刀具,以确保最佳的经济效益。如果本厂产品变化不大,那么刀具种类尽可能少而精。



小提示

本书所讲的实例、所用的刀具加工铜公、前后模及行位大多为合金刀,所给定的参数也是适合合金刀所用。

4. 模具工厂里常用刀具的加工参数

有些模具厂为了工作统一将常用的刀具制作成标准刀库,里面包含了刀具的刀锋直径、刀柄直径、刀锋长度、参考转速和进给等。本书提供了参考刀库文件 08-mcbook.tools。表 1-1 为某模具厂的刀具参数,可以供使用时参考。

表 1-1 CNC 常用高速刀参考数据

序 号	刀具 名称	刀锋 直径 /mm	刀柄 直径 /mm	刀锋 长度 /mm	直 身 长 /mm	刀 总 长/mm	开粗层深 或间距	转 速/ (mm/min)	开粗进给/ (mm/min)	光刀进给/ (mm/min)
1	BD0.5R0.25	0.5	4	1	8	45	0.03~0.05	8000	500	150
2	BD1R0.5	1	6	1	6	45	0.03~0.06	8000	600	160
3	BD2R1	2	4	3	15	50	0.03~0.08	6000	700	300
4	BD3R1.5	3	4	4	全直身	50	0.05~0.15	5000	750	500
5	BD4R2	4	4	8	全直身	75	0.12~0.35	5000	1000	1000
6	BD6R3	6	6	12	全直身	100	0.12~0.55	5000	1250	1050
7	BD8R4	8	8	16	全直身	100	0.15~0.7	4500	1500	1100
8	BD12R6	12	12	25	全直身	100	0.15~0.7	3500	1750	1000
9	ED1	1	4	2	4	45	0.03~0.05	8000	400	300
10	ED2	2	4	4	10	45	0.03~0.05	4000	400	300
11	ED3	3	3	8	全直身	50	0.08~0.3	3000	500	450
12	ED4	4	4	10	全直身	50	0.1~0.35	3500	1200	1000
13	ED6	6	6	24	全直身	75	0.12~0.38	2500	1500	1200
14	ED8	8	8	32	全直身	100	0.15~0.40	2500	1350	1000
15	ED12	12	12	48	全直身	100	0.16~0.8	2500	1350	1000
16	ED16R0.8	16	16	10	全直身	120	0.2~0.4	2500	1500	500
17	ED20R0.8	20	20	10	全直身	220	0.3~0.4	2500	2000	500
18	ED30R5	30	30	10	全直身	105	0.4~0.5	2500	1250	500



1.3 数控编程基础

1.3.1 编数控程序的作用



小疑问

为什么要编数控程序？为什么老板愿意花高薪招聘程序员？

数控机床是一种自动化的机床，加工时，根据工件图样要求及加工工艺过程，将所用刀具及各部件的移动量、速度、动作先后顺序、主轴转速、主轴旋转方向、刀头夹紧、刀头松开和冷却等操作，以规定的数控代码形式编成程序单，并输入到机床专用计算机中。然后，数控系统根据输入的指令进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令，控制各部分根据规定的位移和有顺序的动作，加工出各种不同形状的工件。因此，程序的编制对于数控机床效能的发挥影响极大。换句话说，如果程序参数不合理，将导致加工效率低下，不能发挥机床应有的功能。反之，要提高机床的效率，必须培训编程人员编制出高效率的程序，这就是为什么模具厂老板宁愿花高薪，也要聘请高水平程序员的原因。

1.3.2 数控程序标准



小疑问

数控程序是什么样子？

数控机床必须把代表各种不同功能的指令代码以程序的形式输入数控装置，由数控装置进行运算处理，然后发出脉冲信号来控制数控机床的各个运动部件的操作，从而完成零件的切削加工。

目前数控程序有两个标准：国际标准化组织的 ISO 和美国电子工业协会的 EIA，我国采用的是 ISO 代码。

1.3.3 加工坐标系与机械坐标系



小疑问

加工坐标系与机械坐标系是一回事吗？

大部分立式数控加工中心或数控机床规定：假设工作台不动，操作员站在机床前观察刀具运动，刀具向右为 X 轴，向里为 Y 轴，向上为 Z 轴。均为右手笛卡儿坐标系。机床各

轴回零在某固定点上，此点为机床的机械零点。

编程时，在工件较方便找正的位置确定的零点为编程零点。模具厂的工件，因开始加工的坯料大多是长方体，一般零点大多选在工件的对称中心，也称“四边分中”的位置为 X 、 Y 轴的零点， Z 值大多定在最高面处。同时有些厂还规定，基准角朝向操作员的方向。

1.3.4 程序代码

在众多的机床系统中，目前常用的数控程序代码是 G 代码。以下为 FANUC 系统指令中最为常用的且重要的指令。

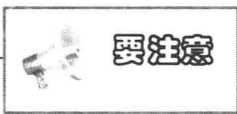
1. 运动指令

(1) $G90$ 为绝对值编程， $G91$ 为相对值编程。

(2) $G00$ 刀具按机床设定的固定速度快速移动，也可写成 $G0$ 。

如刀具从 $A(3.0, 6.0, 0.0)$ 走到 $B(10.0, 12.0, 0.0)$ ，则程序为 $N01 G90 G00 X10.0 Y12.0 Z0$ 或 $N01 G91 G00 X7.0 Y6.0 Z0$ ，其中 $N01$ 表示程序段号，可以省略。

要指出的是，此程序不能用于切削，只能用于快速回刀，而且并不是按 F 值走直线 AB ，而是折线 ACB ，如图 1-2 所示。



正因为 $G00$ 并不像计算机里显示的那样走直线，所以编程时移刀的安全高度要足够高，否则，在实际加工中可能出现过切，而计算机却查不出来。在 Mastercam X5 中的“参考高度”要高出加工范围内的最高位置，而“安全高度”要比整个工件包括夹具的最高位置还要高。尤其是在机床上一次性装很多个工件的情况下，更应重视设置正确的安全高度。

(3) $G01$ 按指定速度直线运动，也可写成 $G1$ 。

如刀具从 A 点 $(3.0, 6.0, 0.0)$ 走到 B 点 $(10.0, 12.0, 0.0)$ ，则程序为：

$N01 G90 G01 X10.0 Y12.0 Z0. F500$ 或 $N01 G01 G91 X7.0 Y6.0 Z0 F500$ 。

$N01$ 表示程序段号，可以省略， $F500$ 表示进给速度，为 500mm/min 。

(4) $G02$ 顺时针圆弧， $G03$ 逆时针圆弧，也可写成 $G2$ 或 $G3$ 。

如图 1-3 所示，在 XOY 平面内，如刀具从 A 点 $(3.0, 6.0, 0.0)$ 沿圆弧顺时针方向走到 B 点 $(10.0, 12.0, 0.0)$ ，半径为 6.0 ，圆心为 $C_2(8.999, 6.084, 0)$ ，程序为 $G90 G02 X10.0 Y12.0 R6.0$ 或 $G90 G02 X10.0 Y12.0 I5.999 J0.084$ 。

如刀具从 B 点 $(10.0, 12.0, 0.0)$ 沿圆弧逆时针方向走到 A 点 $(3.0, 6.0, 0.0)$ ，半径为 6.0 ，圆心为 $C_2(8.999, 6.084, 0)$ ，程序为 $G90 G03 X3.0 Y6.0 R6.0$ 或 $G90 G03 X3.0 Y6.0 I-1.001 J-5.916$ 。

R 表示圆弧半径， I 、 J 、 K 是圆心相对于起点的相对坐标。



这些都是模态指令，如前一程序段已指定，本条若相同可以省略。

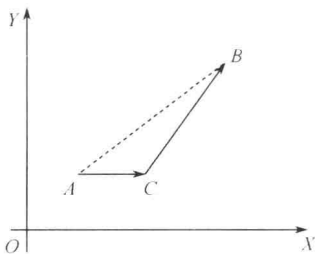


图 1-2 沿 ACB 快速运动

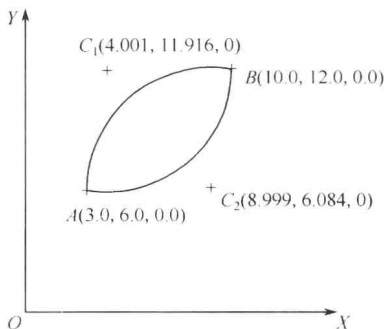


图 1-3 圆弧运动



知识拓展

有些机床的 R 指令可能是非模态，数控程序就不能轻易省略。有些机床的 I、J、K 要求是圆心绝对坐标值，以上的数控程序就不能正常运行。刚接触新机床要注意这些问题。

2. 坐标系设置

G54~G59 一般为 6 个，但有些新机床可扩展到 G540~G599，其功能是将工件的零点机械坐标值存储在机床的寄存器中。

3. 补偿指令

G41 为左补偿，G42 为右补偿。顺着刀具前进方向看，刀具在加工轨迹的左边偏移，就称为左补偿，否则，称为右补偿。G40 为取消补偿，G43 为刀具长度补偿，G49 为取消长度补偿。



要注意

取消补偿的指令一般在数控程序开始执行，以防止机床调用旧的补偿数据而产生错误。

4. 辅助功能

M00 程序暂停，也可写成 M0。

M01 操作暂停，也可写成 M1。

M02 程序停，也可写成 M2。

M03 刀具正转，也可写成 M3。

M05 刀具停转，也可写成 M5。

M06 换刀，也可写成 M6。在加工中心中，刀具要根据在刀架中的排列位置确定刀号。如 T5 M06，表示先选 T5 刀，再用机械手将刀装上刀主轴中。