



附多媒体教学光盘

举一反三



Mastercam

数控加工实战训练

老虎工作室
谭雪松
姜 胜
陈 霖 编 著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

举一反三——

Mastercam 数控加工实战训练

老虎工作室 谭雪松 姜胜 陈霖 编著

Mastercam v9



人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Mastercam 数控加工实战训练 / 谭雪松, 姜胜, 陈霖编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.1
(举一反三)

ISBN 7-115-12642-9

I. M... II. ①谭...②姜...③陈... III. 数控机床—程序设计—应用软件, Mastercam
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 132817 号

内 容 提 要

Mastercam 是美国 CNC Software 公司开发的基于微机的 CAD/CAM 软件。在 CAD 方面, 它可以轻松快捷地构建各种二维和三维图形, 特别适用于具有复杂外形及各种空间曲面的模具类零件的建模和造型设计。在 CAM 方面, Mastercam 提供了多种加工方式以及完整的刀具库、材料库和加工参数资料库, 通过创建可靠、精确的刀具路径, 可以直接在曲面和实体上加工。Mastercam 拥有车削、铣削、钻削和线切割等多种加工模块, 供用户设计时灵活选用。

本书通过多个典型实例贯穿全书。首先通过一个典型实例详细而全面地介绍主要设计要点, 然后通过 3 个由浅入深的实例引导读者根据操作步骤提示自行完成设计工作, 以便将学到的知识融会贯通。

为了方便读者学习, 本书配有一张多媒体教学光盘, 收录了所有实例用到的素材和制作结果文件, 提供了所有实例操作过程的动画演示文件, 并配有全程语音讲解, 读者可以参考使用。

本书适合有一定理论基础的读者深入学习 Mastercam 软件时阅读, 也可以作为各高校相关专业师生的参考书, 还可以作为短期技术培训教材。

举一反三——Mastercam 数控加工实战训练

- ◆ 编 著 老虎工作室 谭雪松 姜 胜 陈 霖
责任编辑 李永涛
执行编辑 徐宝姝
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132692
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.5
字数: 571 千字 2005 年 1 月第 1 版
印数: 1-8 000 册 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12642-9/TP · 4200

定价: 38.00 元 (附光盘)

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223



老虎工作室

主 编： 沈精虎

编 委： 许曰滨 黄业清 杜俭业 姜 勇 宋一兵
谭雪松 向先波 毕丽蕴 高长铎 田博文
郭万军 詹 翔 宋雪岩 周 锦 冯 辉
王海英 李 仲 马 震 蔡汉明 张 琴
赵 晶 张 伟 朱 凯 赵治国 彭 智
张艳花 孙海侠 姜继红 姚育成 杨平辉

内容和特点

Mastercam 是美国 CNC Software 公司开发的基于微机的 CAD/CAM 软件。自问世以来,它以其较低的价格和完善的功能,在 CAD/CAM 领域内具有较高的市场占有率。该软件的图形界面简洁明快,菜单结构层次清晰,图标、热键方便灵活,易学易用。Mastercam 具有完善的零件造型功能,可设计出复杂的曲线、曲面以及各类三维实体模型。使用 Mastercam 能够方便地实现型腔铣削、轮廓铣削以及点位加工,由于刀具路径具有相关性,型腔铣削、轮廓铣削和点位加工的刀具路径与被加工零件的模型相关一致。当零件几何模型或加工参数修改后,Mastercam 能迅速准确地自动更新相应的刀具路径,无需重新设计和计算刀具路径。此外,Mastercam 还具有强大的曲面粗加工功能,能够方便地提高粗加工的速度和效率。Mastercam 灵活丰富的曲面精加工功能更为加工复杂的零件提供了更大的选择空间。本书介绍的 Mastercam 9.0 是该软件的最新版本。

本书沿袭了老虎工作室“举一反三”系列书的写作风格,首先通过一个典型实例详细介绍基本设计要点,然后在此实例的基础上给出“起步”、“进阶”和“提高”3个独立的实例,对这些实例都给出简单的分析和简要的操作步骤,具体设计过程读者可以根据操作步骤的提示自行完成。

全书内容丰富、编排新颖。每个实例按照以下形式进行组织。

- 设计结果:给出设计完成后的最后结果。
- 设计思路:给出该实例的主要设计要点。
- 操作步骤:对于典型实例详细列出操作步骤,对于“起步”、“进阶”和“提高”实例则概要地列出主要操作步骤提示。
- 范例小结:对设计中有用的技巧和经验进行总结,便于读者学习。

全书分为7章,主要内容简介如下。

- 第1章:介绍数控加工的一般知识。
- 第2章:介绍绘制二维图形的一般方法和技巧。
- 第3章:介绍创建曲面的一般方法和技巧。
- 第4章:介绍创建三维实体模型的一般方法和技巧。
- 第5章:综合介绍使用多种方法创建实体模型的方法和技巧。
- 第6章:介绍创建二维刀具路径的方法和技巧。
- 第7章:介绍创建三维刀具路径的方法和技巧。

读者对象

本书针对 CAD 软件注重实践的特点来编写,并引导读者“举一反三”,对设计内容进行

拓展, 适合具有一定数控加工基础并且初步掌握了 Mastercam 软件基本用法且又迫切需提高应用水平的读者学习参考。即使对于有经验的用户, 书中介绍的各种设计技巧和经验也会有一定的借鉴意义。

配套光盘内容简介

本书附有 1 张多媒体光盘, 按照章节组织文件, 每章中的主要内容简介如下。

1. “res” 目录

该文件夹中放置了书中实例完成后的结果文件, 打开这些文件可以获得最终的设计效果, 并可以对设计结果作进一步的编辑和修改操作。

提示: 由于光盘上的文件具有“只读”属性, 因此无法直接编辑修改这些文件并保存修改结果。读者可以先将这些文件拷贝到硬盘上, 去掉文件的“只读”属性, 再进行编辑和修改, 并保存结果。

2. “avi” 目录

该目录下按章存放所有实例操作过程的动画演示文件, 并配有全程语音讲解, 读者在独立完成这些设计时如果遇到困 难, 可随时参看具体的操作演示。

提示: 要想正常观看实例操作的动画演示效果, 必须安装 TSCC 视频驱动程序, 进入光盘的“操作示范”界面有此驱动程序的安装提示, 读者可以在此安装驱动程序。此程序只需安装一次即可使用。

配套光盘的使用方法

1. 运行环境

- 硬件环境: 奔腾 350MHz 主频以上多媒体计算机。
- 软件环境: Windows 98/Me/NT/2000/XP。

2. 使用方法

光盘带有自动运行程序, 通常将光盘放入光驱会自动运行演示程序。读者也可以双击光盘根目录下的“index.htm”文件来运行演示程序。

朱金波、岳贵友、朱新涛、许盈和余小科等同志参与了本书的编写工作, 在此致谢。

感谢您选择了本书, 希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助, 也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

老虎工作室网站 <http://www.laohu.net>, 电子函件 postmaster@laohu.net。

老虎工作室

2004 年 12 月

第 1 章 数控加工基础知识.....	1
1.1 机械加工的基础知识.....	1
1.1.1 材料概述.....	1
1.1.2 毛坯生产.....	4
1.1.3 金属切削加工基础知识.....	5
1.1.4 机械加工工艺的基础知识.....	7
1.1.5 典型表面的加工路线.....	8
1.2 数控加工综述.....	10
1.2.1 数控机床.....	10
1.2.2 刀具半径补偿原理.....	14
1.2.3 当代数控加工的发展趋势.....	16
1.3 Mastercam 9.0 概述.....	17
1.3.1 用户工作界面与图标工具栏简介.....	18
1.3.2 菜单简介.....	19
1.3.3 Mastercam 的设计功能.....	22
1.3.4 Mastercam 设计要点.....	24
1.4 小结.....	26
第 2 章 绘制二维图形.....	27
2.1 相关知识.....	27
2.1.1 基本绘图工具的使用.....	27
2.1.2 基本图形编辑工具的使用.....	30
2.1.3 图形的标注和填充.....	31
2.2 绘制二维图形的综合实例.....	32
2.2.1 典型实例——绘制支架.....	32
2.2.2 起步——绘制摇臂.....	41
2.2.3 进阶——绘制叶片.....	46
2.2.4 提高——绘制传动轴.....	50
2.3 小结.....	53

第3章 曲面设计	55
3.1 相关知识	55
3.1.1 常用曲面的创建方法	55
3.1.2 曲面的编辑	58
3.1.3 创建空间曲线	60
3.2 曲面设计综合实例（一）	61
3.2.1 典型实例——绘制漏斗模型	61
3.2.2 起步——绘制五角星	65
3.2.3 进阶——绘制药水瓶	68
3.2.4 提高——绘制显示器外壳	71
3.3 曲面设计综合实例（二）	74
3.3.1 典型实例——绘制香皂盒	74
3.3.2 起步——绘制底座	81
3.3.3 进阶——绘制雨伞	85
3.3.4 提高——绘制香蕉	91
3.4 曲面设计综合实例（三）	95
3.4.1 典型实例——绘制铣刀	95
3.4.2 起步——绘制把手	99
3.4.3 进阶——绘制幸运星	103
3.4.4 提高——绘制轮胎附壳	107
3.5 小结	110
第4章 创建基本实体模型	111
4.1 创建拉伸实体模型	111
4.1.1 相关知识	111
4.1.2 典型实例——绘制机匣盖	111
4.1.3 起步——绘制轴承座	117
4.1.4 进阶——绘制花键	120
4.1.5 提高——绘制直齿圆柱齿轮	122
4.2 创建旋转实体模型	125
4.2.1 相关知识	125
4.2.2 典型实例——绘制阀盖	125
4.2.3 起步——绘制套筒	129
4.2.4 进阶——制作轴承盖零件	133
4.2.5 提高——绘制离合器端盖	136
4.3 创建扫掠实体	138
4.3.1 相关知识	138

4.3.2	典型实例——绘制螺旋杆.....	138
4.3.3	起步——绘制托脚.....	143
4.3.4	进阶——绘制顶座.....	147
4.3.5	提高——绘制弯管.....	151
4.4	创建举升实体.....	155
4.4.1	相关知识.....	155
4.4.2	典型实例——绘制塞体.....	156
4.4.3	起步——绘制斜齿轮.....	159
4.4.4	进阶——绘制螺母.....	161
4.4.5	提高——绘制锥齿轮.....	164
4.5	创建基本实体.....	167
4.5.1	相关知识.....	167
4.5.2	典型实例——绘制简单组合体（一）.....	167
4.5.3	起步——绘制简单组合体（二）.....	171
4.5.4	进阶——绘制箱体零件（一）.....	173
4.5.5	提高——绘制箱体零件（二）.....	175
4.6	小结.....	179

第5章 创建综合实体模型..... 181

5.1	马鞍座设计.....	181
5.1.1	典型实例——马鞍座设计.....	181
5.1.2	起步——绘制支撑架.....	185
5.1.3	进阶——绘制轴.....	187
5.1.4	提高——绘制壳体.....	189
5.2	箱体零件设计.....	193
5.2.1	典型实例——绘制箱体.....	193
5.2.2	起步——绘制键盘.....	201
5.2.3	进阶——绘制泵体.....	204
5.2.4	提高——设计十字接头.....	208
5.3	设计支座.....	211
5.3.1	典型实例——绘制支座.....	212
5.3.2	起步——绘制拨叉零件.....	216
5.3.3	进阶——绘制装夹部件.....	219
5.3.4	提高——绘制阀体.....	222
5.4	设计蜗轮蜗杆.....	225
5.4.1	典型实例——绘制蜗轮蜗杆.....	225
5.4.2	起步——绘制风扇基座.....	230
5.4.3	进阶——绘制风扇转轴和转叶.....	233

5.4.4 提高——绘制风扇罩及前端盖.....	237
5.5 小结	241
第 6 章 二维刀具路径	243
6.1 Mastercam 数控加工概述	243
6.2 二维刀具路径基础知识	244
6.3 二维刀具路径设计综合实例	245
6.3.1 典型实例——铣削平面	245
6.3.2 起步——铣削阶梯并在阶梯上钻孔	252
6.3.3 进阶——挖槽加工	261
6.3.4 提高——文字雕刻	265
6.4 小结	267
第 7 章 三维刀具路径	269
7.1 相关知识	269
7.2 三维曲面加工综合实例（一）	270
7.2.1 典型实例——曲面外形铣削	270
7.2.2 起步——铣削台阶和内螺纹	278
7.2.3 进阶——铣削螺母（一）	286
7.2.4 提高——铣削螺母（二）	294
7.3 三维曲面加工综合实例（二）	301
7.3.1 典型实例——铣削 L 型曲面	301
7.3.2 起步——铣削球形曲面	307
7.3.3 进阶——铣削半圆弧凹槽	312
7.3.4 提高——控制旋钮加工	319
7.4 三维实体加工综合实例	329
7.4.1 典型实例——实体钻孔	329
7.4.2 起步——加工扇形块	340
7.4.3 进阶——铣削半圆弧凹槽	348
7.4.4 提高——加工连杆	359
7.5 小结	366

第1章 数控加工基础知识

数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础，是一个国家工业现代化水平和综合国力强弱的标志。这个基础是否牢固将直接影响到一个国家的经济发展和综合国力，关系到一个国家的战略地位。自动化数控技术是先进制造技术的核心，是制造业实现网络化、柔性化、集成化的基础。随着计算机及其软硬件技术的飞速发展，数控系统的硬件平台日渐趋于一致化，数控技术也逐渐在现代生产中占有越来越重要的位置。

数控加工大大提高了加工精度、速度和效率。数控系统具有一定的智能，能把特殊的加工工艺、管理经验和操作技能应用到当前的加工任务中。同时，数控系统还具有图形交互、故障诊断功能，因此在现代生产中的应用越来越广泛。数控加工是一项复杂的技术，需要强大的理论知识支持。随着 Mastercam 等大型 CAD/CAM 软件的开发和推广，数控加工的实现更加方便。在介绍 Mastercam 软件之前，首先简要介绍一下数控加工的基础知识。

1.1 机械加工的基础知识

机械工业是一个国家的传统工业，也是支柱产业。机械加工技术先进与否直接关系到一个国家的综合实力。随着人类社会的发展和进步，机械加工也经历了一个漫长的发展过程，在整个发展过程中，材料、信息和能源起着举足轻重的作用。

1.1.1 材料概述

材料在现代社会中的重要意义是不言而喻的。据统计已经登记注册的材料总量已达数十万种之多。

一、材料的分类

根据结构以及物理和化学性能的差异，通常把材料分为以下 3 种类型。

(1) 金属材料

化学元素周期表中 B-At 线左侧的元素都是金属元素。由金属元素组成的材料就是金属材料。金属材料具有光泽，具有良好的塑性、导电和导热性能，具有较高的强度和刚性，是机械加工中主要使用的材料。

(2) 高分子材料

高分子材料由 C、H、O、N、Cl 以及 F 等非金属元素组成。具有质量轻、比强度高、高弹性、耐磨和耐蚀等优点，但是易老化。

(3) 无机非金属材料

无机非金属材料由 O、Si 及其化合物、碳化物以及氮化物组成。具有高强度、耐高温



和耐蚀等优点。但是具有高脆性，基本无塑性。

二、金属材料的分类

金属材料是现代加工中应用最广泛的材料，主要分为以下两种类型。

(1) 黑色金属

黑色金属就是铁碳合金，主要包括钢和铸铁两种材料。

(2) 有色金属

有色金属主要指由铜、铝等有色金属构成的材料。

提示：合金是指由一种主要元素与另一种或多种金属（或非金属）元素按照特定比例组成的材料。使用合金不但可以降低材料成本，还可以大大提高材料性能。例如钢和铸铁都是铁碳合金。铜合金比纯铜价格便宜很多，性能更优良。

三、钢及其分类

在生产上把含碳量较低的铁碳合金称为钢。钢分为以下两种类型。

(1) 碳素钢

含碳量在 1.5% 以下的钢被称为碳素钢。碳素钢又可以划分为以下类型。

- 碳素结构钢：含碳量在 0.25% 以下，是一种重要的低碳钢。旧的符号用字母“A”表示，如 A3、A4；新标准用“Q”表示，如 Q215、Q235，在尾部使用 A、B、C、D（最优）表示钢的等级。
- 优质碳素结构钢：杂质含量极低的碳素钢。其符号使用数字（平均含碳量的万分数）表示，其中 08 到 25 为低碳钢，30 到 55 为中碳钢，60 到 75 为高碳钢。
- 碳素工具钢：含碳量在 0.7% ~ 1.35% 之间，硬度高，耐磨性好。其符号以字母“T”开头，后面使用一位或两位数字表示钢中平均含碳量的千分数，例如 T7。

(2) 合金钢

合金钢是在材料中添加了可以改善性能的合金元素，其符号由数字+元素符号表示，数字表示钢的平均含碳量的万分数，元素符号表示材料中特殊的合金元素。例如 30CrMnSi。

四、铸铁及其分类

铸铁是指含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。在铸铁中，除 C 元素外，还有 Si、Mn、S、P 等元素。在机械加工中，最常用的铸铁是灰口铸铁，其中的 C 元素以石墨的形式存在。灰口铸铁是一种良好的铸造材料。与钢相比，铸铁材料的抗拉强度较低，抗压强度较高，其符号以 HT 开头，后面的 3 位数字表示材料的抗拉强度，如 HT300。

灰口铸铁的种类较多，性能差异非常大，经常使用的有以下几种。

(1) 普通灰口铸铁

普通灰口铸铁的铸造性能良好，但是材料强度低。适合于生产箱体、底座等形状复杂但受拉载荷不高的产品。

(2) 可锻铸铁

可锻铸铁具有较高的塑性和韧性，适合于制作形状复杂、承受冲击载荷的薄壁小件。

(3) 球墨铸铁

球墨铸铁是上个世纪 40 年代研究成功的新型结构材料，其机械性能已接近于碳钢。是



现代生产中大规模使用的铸铁材料。

(4) 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁具有较强的导热性和抗氧化性能。适合于制作工作温度较高的零件，例如发动机气缸盖、金属铸型等。

五、金属材料的机械（力学）性能

机械（力学）性能是指材料在外力作用下表现出来的性能，主要包括以下几种。

(1) 强度

强度是指在外力作用下，抵抗塑性变形和断裂破坏的能力。

(2) 塑性

塑性是指在外力破坏时保持变形而不恢复的能力。

(3) 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形的能力，影响材料的耐磨性和切削加工性能。

(4) 韧性

韧性是指材料抵抗冲击力的能力。

(5) 疲劳强度

疲劳强度是指材料承受交变载荷而不发生断裂破坏的能力。

(6) 弹性

弹性是指材料在外力作用下发生变形，外力解除后恢复到原来状态的能力。

提示：对于一定的材料而言，不可能以上 6 个指标都是优秀的，这是由于有的指标之间本身就是矛盾的，例如强度和塑性。在使用中要根据材料的用途来选择合适的衡量指标，然后根据该指标来选择理想的材料。

六、钢的热处理

热处理是指通过加热、保温和冷却的方法来改变材料的组织，从而改善材料的机械性能的工艺方法，这也是金属材料区别于其他材料的重要性能。常用的方法有以下几种。

(1) 退火

退火是指将材料加热、保温，然后缓慢冷却的处理过程。退火可以降低材料硬度，提高材料的塑性和韧性，消除材料的内部应力。

提示：内部应力与外力相对应，是材料内部一种相互制约的力，内应力在一定条件下可以暂时达到平衡。但在受热、振动等情况下会释放而导致零件变形，因此必须将其消除。用铸造、焊接和锻压等方法制作的毛坯零件都存在内应力。

(2) 正火

正火是指将材料加热、保温，然后冷却（速度比退火快）的处理过程，用于特殊材料（例如过共析钢）的退火处理。

(3) 淬火

淬火是指将材料加热、保温，然后快速冷却的处理过程。可以明显提高材料的硬度和强度，降低材料的韧性和塑性。

(4) 回火



回火是指将淬火后的材料加热、保温和冷却。用于消除内应力，降低脆性，防止裂纹。

(5) 表面淬火

表面淬火可以获得具有高硬度和高耐磨性的材料表层，同时保持材料内部良好的韧性。

(6) 化学热处理

化学热处理在工件表面加入 C、N 等活性原子的工艺过程，用来改善材料的力学性能。

1.1.2 毛坯生产

机械加工中，在大规模生产零件时，为了降低生产成本，同时也是为了保证产品质量，通常先通过热加工方法生产出零件毛坯，然后对毛坯进行切削加工获得最后的零件。因此，毛坯就是根据零件所要求的形状和工艺尺寸而制作的供后续机械加工的半成品零件。

在生产中，确定毛坯类型时首先要考虑零件的使用性能，同时还要考虑到对后续机械加工的影响，应该尽量使加工简便、装备简单，加工成本低。现代加工中常用的毛坯有铸件、锻件以及焊接 3 种类型，下面对其作简要介绍。

(1) 铸件

铸件是将合金材料熔化后浇注到与毛坯形状相适应的铸型型腔内，待其冷却后获得的毛坯零件。铸件毛坯具有以下特点。

- 适应性广。基本不受大小、重量和材料的限制。尤其适合制作具有复杂内腔结构（例如箱体、机床床身）的毛坯。
- 铸件和加工后的零件形状和尺寸相近，加工工序少，切除材料少。
- 设备成本低，投资少。
- 铸件的力学性能低，不适合制作承受重载和交变载荷的零件毛坯。同时由于铸造本身的固有缺点，铸件毛坯缺陷多、废品率高。

总的来说，铸件的应用相当广泛，随着球墨铸铁等具有较高力学性能的铸造材料的问世以及各种特种铸造方法的大规模应用，铸件在毛坯生产中仍然占有重要的地位。

(2) 锻件

锻件是指通过金属压力加工生成的毛坯零件。由于在压力加工的作用下，金属坯料产生强烈的塑性变形，可以使锻件获得较高的力学性能。锻件毛坯具有以下特点。

- 锻件内部的金属组织在锻压过程中得到改善，材料中原有缺陷被消除，因此锻件具有较高的力学性能。
- 使用锻压方法制作毛坯具有高的生产率。
- 相对铸件而言，锻件在固态下成形较为困难，因此形状都相对较为简单。总的来说，锻件适合于承受重载和较大动载荷的零件。

(3) 焊接件

焊接通过加热、加压的方法，借助于金属原子的结合和扩散作用，使分离的金属材料牢固连接起来。严格意义上讲，焊接不是一种独立的毛坯生产方法，用于将锻件或铸件以及型材进行焊接。特别是单件生产大型的重型零件，采用锻焊或铸焊结构可以克服铸造或锻造吨位不足的问题，实现以小拼大。同时，对于结构复杂难以制造的零件，可以将其分解为简单的零件，分别加工完成后再焊接在一起。



焊接后零件会产生大的应力或变形，这也是焊件的典型缺陷。

提示：在生产批量较大时，一般先使用前述 3 种方法生产毛坯。对于小批量生产或单件生产，如果使用上述方法制作毛坯，势必增加生产成本。这时可以使用型材，也就是钢铁厂生产的圆钢、钢板等材料。

(4) 毛坯选用原则

选择毛坯时，主要考虑以下原则。

- 零件材料的工艺特性以及对内部组织的力学性能要求。即材料是否具有良好的力学性能，制作毛坯是否简单方便，是否能够满足零件工作的需要。
- 零件的形状和尺寸。例如复杂的零件尽量选用铸件。
- 生产量。生产量大时，应该选择加工质量和效率都比较高的毛坯制作方法，例如模锻，这样可以减少材料的消耗，并降低后续加工的复杂程度。

1.1.3 金属切削加工基础知识

使用刀具从工件上切除多余材料，以获得满足条件的零件的加工过程称为金属切削加工，简称为机械加工。机械加工的知识体系结构完整，一个成熟的机械工艺师应该熟练掌握与加工密切相关的基础知识。

一、加工系统的组成

机械加工系统是一个输入输出系统，输入原材料和能源，输出加工完成的零件。深刻理解加工系统的思想便于对数控加工的理解。加工系统主要由以下 3 部分组成。

(1) 工件

工件是被加工对象。

(2) 机床

机床是加工实现的环境和保障。

(3) 刀具

刀具是加工工具。

二、切削运动

机械加工的任务就是获得一定形状和精度的零件表面，形成零件表面时，刀具与工件之间必须具有的相对运动就是切削运动。

机械加工中主要包括以下 2 种切削运动。

(1) 主运动

主运动使刀具和工件之间产生相对运动，促使刀具接近工件而实现切削。它的速度最高，消耗功率最大，例如车床上主轴的转动。

(2) 进给运动

进给运动使刀具与工件之间产生附加的相对运动，与主运动配合可连续地切除切屑，获得具有所需几何特性的已加工表面。例如车床上车刀的纵向移动。

三、切削用量

切削用量是指刀具切入工件的切入量的大小，切削用量越大，加工效率越高，但是同时



刀具的磨损也越快。

(1) 切削用量 3 要素

切削用量包含以下 3 个要素。

- 切削速度：刀具切削点处主运动的线速度。例如对于车床而言，通常可以直接用主轴的转速来表示。
- 进给量：刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。例如对于车床而言，通常指工件转过一转，刀具纵向运动的距离。
- 切削深度：加工时刀具每次切入工件的深度。例如对于车床而言，如果多次走刀，每一次走刀切除的材料厚度即为切削深度。

(2) 切削速度的选择原则

由于任意增大切削 3 要素中的一个都可以提高加工效率，这似乎说明切削用量选得越大越好，但是事实并非如此。根据实验测定，当增加切削用量到一定程度后，刀具会加速磨损，这样就会得不偿失。深入分析还发现，分别增加切削用量的 3 个要素对刀具磨损的影响各不相同：切削速度最严重，进给量其次，切削深度最小。

在生产中，选择切削用量的原则如下：

首先选用尽可能大的切削深度，然后选用尽可能大的进给量，最后选择尽可能快的切削速度。在确定具体参数数值时，可以依据已有加工经验或查阅相关加工手册。

四、刀具

刀具是切削加工的重要环节之一，其质量高低直接关系到加工质量。

(1) 刀具材料

常用的刀具材料有以下几种。

- 高速钢：含 W、Cr、V 等合金元素较多的合金工具钢。其耐热性、硬度和耐磨性低于硬质合金，但强度和韧度却高于硬质合金，工艺性较硬质合金好（可以随意磨成需要的形状），而且价格也比硬质合金低。
- 硬质合金：以高硬度、高熔点的金属碳化物作基体，以金属 Co 等作粘结剂，用粉末冶金的方法制成的一种合金。它的硬度高，耐磨性好，耐热性高，允许的切削速度比高速钢高数倍，但其强度和韧度均较高速钢低，工艺性也不如高速钢。
- 陶瓷材料：主要成分是 Al_2O_3 ，陶瓷刀具的硬度高、耐磨性好、耐热性高，可使用较高的切削速度。价格低廉、原料丰富，因此很有发展前途。

(2) 刀具角度

刀具角度是指刀具上的各种点、线、面之间的角度关系。主要有前角、后角、主偏角、副偏角以及刃倾角等。刀具角度越大，刀具越锋利，同时刀具强度也会降低。

五、金属切削机床

机床是机械加工的实现手段，是加工系统中最重要的一环。

(1) 机床分类标准

根据传统的分类方法，把机床分为以下 12 种类型。

- 车床。
- 钻床。



- 镗床。
- 磨床。
- 齿轮加工机床。
- 螺纹加工机床。
- 铣床。
- 刨插床。
- 拉床。
- 特种加工机床。
- 锯床。
- 其他机床。

(2) 机床的基本结构

机床的主要结构有以下几个部分。

- 主传动部件：用于实现机床的主运动。
- 进给运动部件：实现机床的进给运动和机床的调整运动。
- 工件安装装置：用来安装工件。
- 刀具安装装置：用来安装刀具。
- 支承件：支撑作用，保持机床的机构刚性。
- 动力源：提供动力，由电机组成。

提示：对机械部件而言，数控机床和普通机床并无本质区别。差别在于数控机床的微电子部分、计算机软硬件部分。当然由于数控加工的特殊性，其机械部分的构成可能比普通机床更复杂，例如具有机械手、刀具库等结构。

1.1.4 机械加工工艺的基础知识

在实际生产中，由于零件的生产类型、材料、结构、形状、尺寸和技术要求的不同，在加工某一零件时，并不是仅用一台机床或是仅用一种加工方法来完成，而是要根据一定的工艺规程使用不同的设备和不同的加工方法依次加工零件。在加工过程中，根据加工表面的不同来确定合理的加工方法和加工顺序。

一、基本术语

机械加工工艺中常用以下术语。

- 工序：在一个工作地点对一个或一组工件连续完成的加工内容。
- 生产批量：零件加工的规模。包括单件生产、成批生产和大量生产 3 种类型。
- 夹具：把工件按照准确位置稳定安装在机床上的装置。
- 定位：让工件和刀具之间保持准确相对位置的操作。
- 基准：用来作为参照的点线面，主要有定位基准、测量基准以及装配基准等类型。
- 尺寸精度：衡量工件加工误差大小的标准。尺寸精度越高，实际尺寸与理想尺寸之间的误差越小。在国家标准中，使用“IT + 数字”的形式表示尺寸精度，数字越大，精度越低，例如 IT10 的精度较低，IT5 的精度较高。