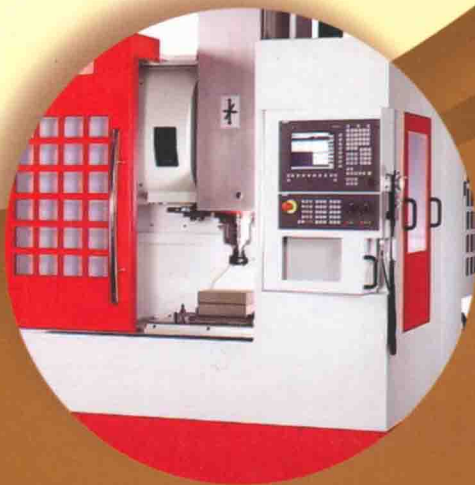




高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控车床编程与操作

● 主编 王 婧 李世班



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

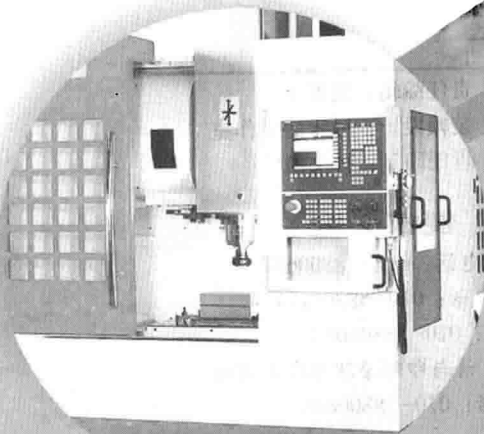
十一五

高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控车床编程与操作

● 主编 王 婧 李世班

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作/王婧,李世班主编.—北京:北京师范大学出版社,2011.2

高等职业教育“十二五”规划教材·数控技术应用专业系列

ISBN 978-7-303-12091-8

I. ①数… II. ①王… ②李… III. ①数控机床: 车床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 ②数控车床: 车床—操作—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 016399 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 13

字 数: 290 千字

版 次: 2011 年 2 月第 1 版

印 次: 2011 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 茵

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本教材以 FANUC 0i 数控系统和上海宇龙仿真系统为对象，通过典型实例详细讲述了数控编程的应用。本教材由理论教学和实践教学两部分组成，主要包括数控车床概述、轴类零件加工、普通螺纹加工、盘套类零件加工、非圆曲线轮廓曲线零件加工、数控仿真和综合实训。

本教材适用于高等职业院校数控专业和机电专业的师生使用，也可供从事数控机床操作、维修的技术人员参考。

前

言

本教材是基于工作过程导向式教学而编写的高职高专教改教材，注重数控技术与机械加工技术的结合，由理论教学和实践教学两部分组成，包括数控车床概述、轴类零件加工、普通螺纹加工、盘套类零件加工、非圆曲线轮廓曲线零件加工、数控仿真和综合实训七个项目。学生通过学习可以掌握基本的数控加工工艺知识和编程知识。项目由若干个来自实际生产、相互关联而又相对独立的典型工作任务组成，任务有梯次，由简到繁、由易到难、循序渐进、深入浅出、承前启后，驱动读者动脑解决实际应用问题；同时项目都设有【相关知识】、【知识拓展】、【技能训练】、【学习小结】和【思考与练习】环节，环环相扣。

教材以 FANUC 0i 数控系统和上海宇龙仿真系统为对象，通过典型实例详细讲述了数控编程的应用，该系统在现阶段我国高职院校数控课程教学中使用较普遍。

教材编写力求突出如下特点：

- (1)教材中的实例大部分取材于生产实际，可以强化学生的工程意识；
- (2)采用理论—实践—考证三结合的方式编写，通过一本教材即把可能遇到的问题全部加以解决，并起到融会贯通的效果；
- (3)结合目前广泛使用的 FANUC 系统，通过实例编程加工，将理论知识和实践操作结合，有利于理解和掌握，为将来工作奠定基础。
- (4)介绍了上海宇龙仿真系统软件，将练习与模拟实践相结合，大大缓解了因现有数控设备不足所造成的压力，使人人能够编程、加工、验证、修改，总结编程中的不足，为以后生产打下坚实的基础。
- (5)附有大量的思考与练习题，方便学生学习。

教材由莱芜职业技术学院王婧、李世班任主编，陈军、李英、吴修彬、孙贵斌参与编写。主要分工如下：李世班编写项目 4 盘套类零件加工；陈军、李英、吴修彬、孙贵斌共同编写项目 7 综合实训；其他项目由王婧编写。莱芜职业技术学院孙召瑞教授审阅全部书稿并提出了很多宝贵的意见，编者在此谨致谢忱。本教材编写得到了莱芜职业技术学院院领导和机电系领导和全体同仁的大力支持，编者在此表示诚挚的谢意。

职业教育课程改革系列教学用书的编写是一项全新的工作。由于没有成熟经验借鉴，也没有现成的模式套用，加之作者水平有限，尽管我们做出了许多努力，仍免存在疏漏之处，恳请各相关高职教学单位和读者在使用本书的过程中给予关注，并将意见及时反馈给我们，在此深表感谢！所有意见、建议请发往 lwzywj@163.com。

编者

目 录

项目 1 数控车床概述	1
任务 1 认识数控车床	1
相关知识	1
知识拓展	5
学习小结	5
思考与练习	6
任务 2 数控车削基础知识	6
相关知识	6
知识拓展	11
学习小结	11
思考与练习	11
任务 3 数控车床操作入门	11
相关知识	12
技能训练	13
知识拓展	16
学习小结	16
思考与练习	16
任务 4 数控车 MDI 操作及试切对刀	17
相关知识	17
技能训练	27
知识拓展	28
学习小结	28
思考与练习	28
项目 2 轴类零件加工	30
任务 1 外圆柱面零件加工	30
相关知识	30
技能训练	40
知识拓展	43

学习小结	45
思考与练习	46
任务 2 外圆锥面零件加工	47
相关知识	47
技能训练	54
知识拓展	58
学习小结	59
思考与练习	59
任务 3 成型面零件加工	60
相关知识	61
技能训练	67
知识拓展	69
学习小结	72
思考与练习	72
任务 4 切槽与切断	73
相关知识	74
技能训练	78
知识拓展	80
学习小结	81
思考与练习	81
项目 3 普通螺纹加工	83
任务 1 圆柱螺纹加工	83
相关知识	83
技能训练	90
知识拓展	93
学习小结	94
思考与练习	94
任务 2 圆锥螺纹加工	95
相关知识	96
技能训练	96
知识拓展	99
学习小结	99
思考与练习	99
项目 4 盘套类零件加工	100
相关知识	100
技能训练	103

知识拓展	109
学习小结	110
思考与练习	110
项目 5 非圆曲线轮廓零件加工	111
任务 1 A 类宏程序	111
相关知识	111
技能训练	115
知识拓展	117
学习小结	117
思考与练习	117
任务 2 B 类宏程序	118
相关知识	118
技能训练	122
知识拓展	125
学习小结	126
思考与练习	126
项目 6 数控仿真	127
相关知识	127
学习小结	143
思考与练习	143
项目 7 综合实训	144
任务 1 轴类零件加工(一)	146
技能训练	146
任务 2 轴类零件加工(二)	150
技能训练	150
任务 3 套类零件加工(一)	153
任务 4 套类零件加工(二)	158
任务 5 组合件加工(一)	162
任务 6 组合件加工(二)	165
附录 1 SINUMERIK 802S 系统常用编程代码	173
附录 2 华中数控世纪星系统常用编程代码	177
附录 3 广州数控 GSK980T 系统常用编程代码	181
附录 4 PA 系统常用编程代码	183
附录 5 数控车工国家职业标准	185
参考文献	195



知识目标

1. 了解数控车床的组成。
2. 掌握数控系统的工作过程。
3. 了解数控车床与普通车床结构上的区别。
4. 了解数控车床的加工范围。



相关知识

一、数控车床概述

20 世纪 50 年代初, 由于军事工业发展的需要, 麻省理工学院成功研制了世界上第一台具有信息存储和处理功能的新型机床——数控机床, 它是采用计算机实现数字程序控制的技术, 实现半自动和自动加工的机床, 区别于传统手工操作的普通机床。

数控车床又称为 CNC 车床, 是目前国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床, 约占数控机床总数的 25%。数控车床、车削中心, 是一种高精度、高效率的自动化机床。数控车床具有广泛的加工工艺性能, 主要用于轴类、盘类等回转体零件的加工。通过程序控制, 数控车床不但能够自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等工序的车削加工, 还可进行钻、镗、铰孔等孔类零件的加工。它具有直线插补、圆弧插补功能及刀具半径补偿等各种补偿功能, 并在复杂零件的中、小批量生产中发挥了良好的经济效果。

操作时, 编程人员将按照零件图要求编好的加工程序输入数控系统, 再由数控系统进行处理来控制伺服驱动装置和辅助装置, 从而控制机床进给系统按照先后顺序、进给速度运动, 并与设定的主轴转速配合, 车削出所要求的零件形状。编程程序不同, 加工零件的形状也不同; 不同的数控系统, 编程指令也不同。

二、数控车床机构

1. 数控车床结构

数控车床由数控系统和车床主体组成, 如图 1.1 所示。典型计算机数控机床传动如图 1.2 所示。

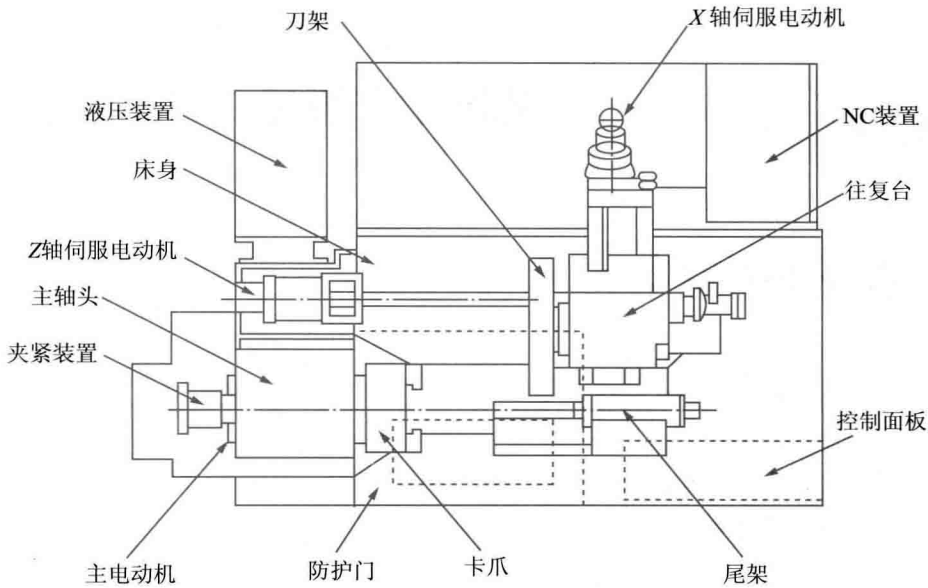


图 1.1 数控车床

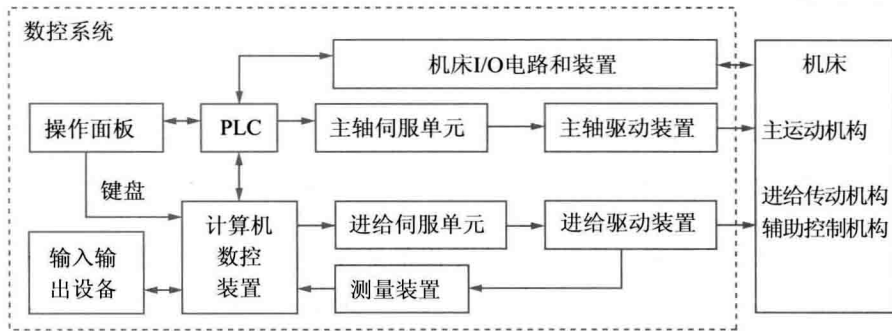


图 1.2 典型计算机数控机床传动图

数控系统包括控制电源、轴伺服控制器(X轴、Z轴和主轴)、主机、轴编码器及显示器等。

机床主体包括床身、主轴箱、电动回转刀架、进给传动系统、电动机、冷却系统、润滑系统、安全保护系统等。

2. 数控车床与普通车床的区别

数控车床的进给系统与普通车床的进给系统在结构上存在本质差别。普通车床主轴的运动经过进给箱、溜板箱传到刀架实现纵向和横向的进给运动；数控车床则是去除了进给箱、溜板箱、小拖板和大、中拖板手柄，采用伺服电机或步进电机直接驱动丝杠，带动拖板和刀架。数控车床在零部件结构和精度上也做了改进，为减少摩擦一般采用滚珠丝杠，增加了齿测间隙补偿机构、链连接间隙补偿机构等进行误差补偿；通过角度检测装置、直线位移检测装置等实现数控加工的半闭环或闭环控制；机床的导轨精度、耐磨性、刚度等也做了提高；

同时可实现系统自动润滑和各轴限位安全保护。

3. 数控车床分类

- 1) 按工艺用途分类：金属切削类、金属成型类、特种加工类、测量绘图类。
- 2) 按机床的运动控制轨迹分类：点位控制数控机床、点位直线控制数控机床、轮廓控制数控机床。
- 3) 按伺服控制方式分类：开环控制数控机床、闭环控制数控机床。

三、机床的合理选用

根据国内外数控机床技术应用实践，数控机床加工的适用范围可用零件批量与复杂程度、综合费用的关系来定性分析，如图 1.3 和图 1.4 所示。

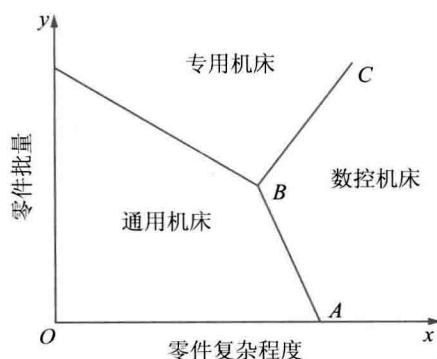


图 1.3 零件复杂程度与零件批量的关系

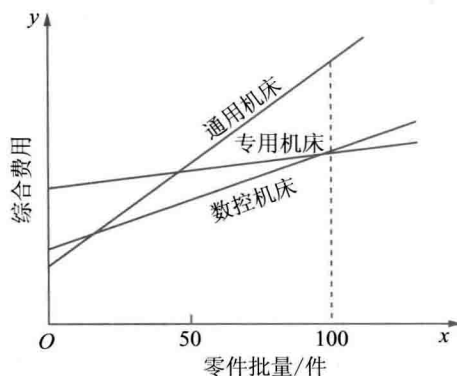


图 1.4 零件批量与综合费用的关系

由图 1.3 和图 1.4 分析可知，数控机床最适合加工具有以下特点的零件：

- 1) 多品种，中、小批量生产的零件或新产品试制中的零件。
- 2) 轮廓形状复杂，对加工精度要求较高的零件。
- 3) 用普通机床加工时需要有昂贵的工艺装备工具、夹具和模具的零件。
- 4) 需要多次改型的零件。
- 5) 价格昂贵。加工中不允许报废的关键零件。
- 6) 需要最短生产周期的急需零件。

四、数控加工原理

数控车床加工原理是工件做旋转运动，刀具做直线、圆弧进给运动，从而完成零件的切削。数控车床上零件的加工过程如图 1.5 所示。

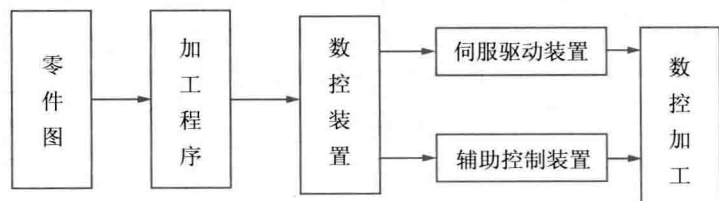


图 1.5 数控加工过程

五、数控系统工作过程

数控系统由硬件和软件组成。目前全球最大的三家数控厂商是：日本发那科(FANUC)、德国西门子(SIEMENS)、日本三菱(MITSUBISHI)；另外还有法国扭姆(NUM)、西班牙凡高(FAGOR)等。国内数控厂商有华中数控、中华数控、航天数控和蓝天数控等。

数控系统首先按照加工程序的要求，先进行相应的编译处理、刀补运算和插补运算，然后发出控制指令，通过 PLC 的协调控制，使各坐标轴、主轴及辅助系统协调动作，实现刀具与工件的相对运动，实现零件的自动加工，如图 1.6 所示。

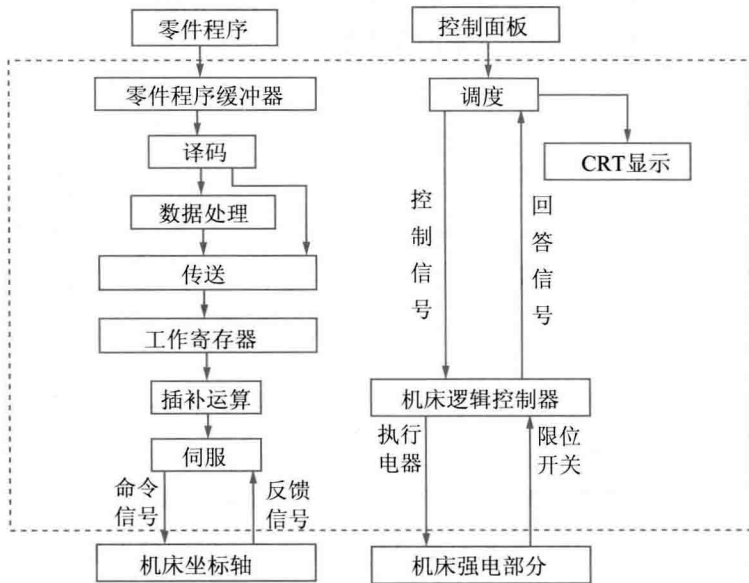


图 1.6 数控系统工作过程

1. 译码

译码的主要功能是将文本格式编写的零件加工程序，以程序段为单位转换成机器运算所要求的数据结构，该数据机构用来描述一个程序段解释后的数据信息。它主要包括：X、Z 等坐标值、进给速度、主轴转速、G 代码、M 代码、刀具号、子程序处理和循环调用处理等数据或标志的存放顺序和格式。

2. 插补运算

零件加工程序提供了刀具运动的起始点、目标点和运动轨迹，而刀具怎样从起始点沿运动轨迹走到目标点，则是由数控系统的插补运算装置或插补计算程序来控制。插补运算的任务主要是根据进给速度的要求，在轮廓起始点和目标点之间计算出无数个中间点的坐标值，把这种实时计算出的各个进给轴的位移指令输入伺服系统，从而按要求运动。

中等复杂程度的零件，其轮廓曲线一般是由直线、圆弧构成的，故数控系统常有直线插补、圆弧插补两种插补功能。

3. 刀补运算

零件的加工程序一般是按零件轮廓和加工工艺要求的进给路线编制的，而在加工过程中所控制的是刀具中心的运动轨迹，不同的刀具，其几何参数也不相同。因此，在加工前必须将编程轨迹换成刀具中心的轨迹，才能够加工出符合要求的零件，刀补运算就是完成这种转化的处理程序。

4. PLC 控制

数控系统对机床的控制分为“轨迹控制”和“逻辑控制”。前者是对各坐标轴的位置和速度的控制，后者是对主轴的启停、换向，刀具的更换，工件的夹紧与松开，冷却、润滑等进行控制。这种逻辑控制通常以数控系统内部和机床各行程开关、传感器、按钮、继电器等开关信号为条件，由可编程控制器 PLC 来实现。

六、数控车床的加工范围

数控车床适合于复杂形状的零件或中、小批量零件的加工。

数控车床主要是用于轴类、盘类等回转体零件的加工，如能完成各种内、外圆柱面、圆锥面、圆弧面、圆柱螺纹、圆锥螺纹、切槽、切断、钻孔、扩孔、铰孔等工序的加工；另外，还可以完成非圆曲线、变螺距螺纹等工序加工。

七、数控车床的编程特点

1) 程序名用字母“O”加四位数字，可以采用绝对坐标编程(X 、 Z)、增量坐标编程(U 、 W)或两者混合编程。

2) 直径方向用绝对坐标编程时 X 以直径值表示，用增量坐标编程时以径向实际位移量的 2 倍值表示。

3) 数控装置常具备不同形式的固定循环，可进行多次重复循环切削。

4) 编写圆头刀程序时需要刀具半径进行补偿。

知识拓展

目前机床数控化改造市场在我国还有很大的发展空间，现在我国机床数控化率不到 3%。用普通机床加工出来的产品普遍存在质量差、品种少、档次低、成本高、供货期长的缺点，从而在国际、国内市场上缺乏竞争力，直接影响一个企业的产品、市场、效益，影响企业的生存和发展，所以必须大力提高机床的数控化率。但是因数控机床造价昂贵，大部分公司无法负担，因此数控化改造广泛被采用。如零件加工要求不是太高的零件、资金短缺、现有设备使用时间不长淘汰则存在资源浪费的情况等，可以在了解数控机床和普通机床的区别的基础上进行数控改造，将普通车床在一定意义上转换成数控车床，这样既可以改善因普通机床造成的零件精度低等问题，还可以节约资金，充分利用资源。

学习小结

1. 本任务主要内容：数控车床组成，数控加工原理，数控系统工作过程。

2. 本任务重点和难点：数控加工原理，数控系统工作过程。

思考与练习

1. 比较数控机床与普通机床加工的过程，有什么区别？
2. 数控系统主要组成部分有哪些？功用如何？
3. 叙述数控机床加工零件的过程。
4. 简述 CNC 系统基本工作原理。
5. 数控车床适合加工哪些零件？

MISSION 2 数控车削基础知识



知识目标

1. 熟悉数控车 FANUC 0i Mate-TC 操作面板。
2. 熟悉数控车常用刀具、夹具。



技能目标

1. 掌握数控车安全操作规程。
2. 熟悉数控车床日常维护及保养。



相关知识

一、FANUC 0i Mate-TC 系统数控车操作面板

FANUC 系统数控车床与操作面板，分别如图 1.7 和图 1.8 所示。

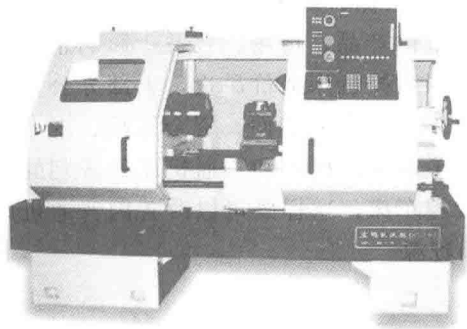


图 1.7 数控车床

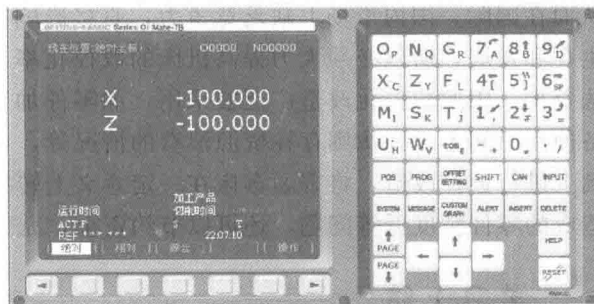


图 1.8 系统操作面板

二、数控车常用刀具

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行，可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工，并能进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。根据加工的零件形状不同选择的刀具也不同，常用刀具有外圆车刀、切槽刀、螺纹刀、镗刀、钻头，如图 1.9 所示。



图 1.9 数控车常用刀具

1. 数控车刀的组成

数控车刀主要由刀体、刀片和刀片紧固系统 3 部分组成。其中，刀片通过紧固系统与刀体合成一体，刀片材料、形状都会有所不同，如图 1.10 所示。

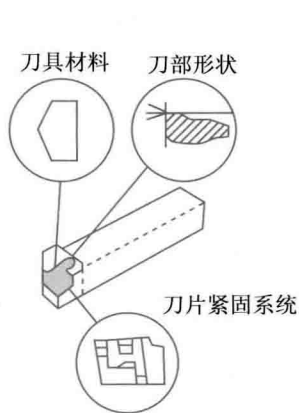


图 1.10 数控车刀组成

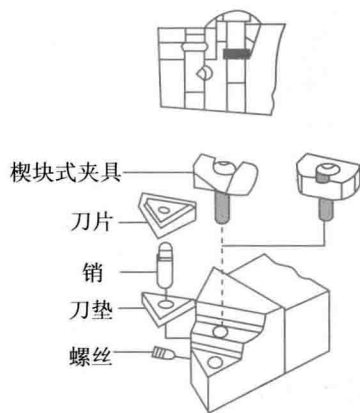


图 1.11 机夹式车刀

机夹式车刀按刀片紧固方法的差异，可分为杠杆式、楔块式、螺钉式、上压式。如图 1.11 所示是上压式紧固系统结构图，它由楔块式夹具、销、刀垫和螺丝组成。

2. 车刀刀片的材料

车刀刀片的材料主要包括高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷和金刚石等，其中应

用最多的是硬质合金和涂层硬质合金刀片。

3. 刀具选择

从对被加工零件图样的分析开始，到选定刀具，共需经过 10 个基本步骤，以图 1.12 中的 10 个图标来表示。从第 1 图标“零件图样”开始，经箭头所示的两条路径，共同到达最后一个图标“选定刀具”，以完成选刀工作。其中，第一条路线为：零件图样、机床影响因素、选择刀杆、刀片夹紧系统、选择刀片形状，主要考虑机床和刀具的情况；第二条路线为：工件影响因素、选择工件材料代码、确定刀片的断屑槽型代码或 ISO 断屑范围代码、选择加工条件脸谱，这条路线主要考虑工件的情况。综合这两条路线的结果，才能确定所选用的刀具。

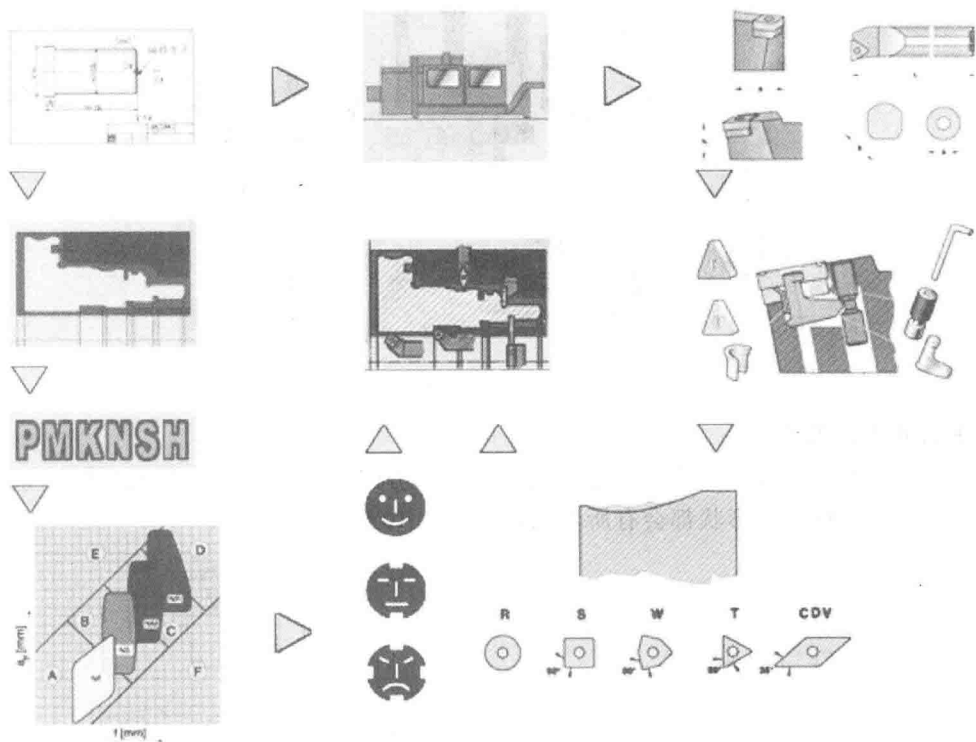


图 1.12 数控车床刀具的选刀过程

三、数控车常用夹具、刀具设备

1. 装夹工件的设备

普通数控车床常采用三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘装夹工件。此种装夹需校正工件，所需时间长、效率低。高档数控车床采用液压卡盘装夹工件，效率高，但机床成本高。三爪卡盘外形如图 1.13 所示。

2. 装夹刀具的设备

车刀装夹在刀架上，数控车床上常用四工位电动刀架和六、八工位回转刀架。四工位电