

黄 华 主编

# 数控车削 编程与 加工 技术



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 数控车削编程与加工技术

主 编 黄 华  
副主编 胡 炜 许 涛 王文胜  
参 编 郭 茜 鲍 镇 何 佳 邹 芳  
主 审 陈宁娟



机械工业出版社

本书是根据数控技术专业人才培养指导方案要求,结合数控车工国家职业技能鉴定标准,并依据考工培训的教学特点而编写的。

全书分为基础知识篇、入门技术篇、中级技术篇和高级技术篇,共分九章,内容包括数控车床概述、数控车削加工工艺、数控车床编程基础知识、FANUC Oi Mate-TC 数控系统编程指令、SINUMERIK 802D 数控系统编程指令、数控车床基本操作、数控车削编程与加工入门技术、数控车削编程与加工中级技术以及数控车削编程与加工高级技术,附录中还收录了中级与高级技能鉴定样卷。

本书内容丰富,深入浅出,详略得当,既注重内容的先进性,又具有实用性,有理论又有实例,是一本实用性很强的教材。

本书可作为职业技术学院数控技术应用专业和机电技术应用专业的理论实践一体化教学用书,也可用作从事数控车床工作的工程技术人员参考书或数控车床短期培训教材。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数控车削编程与加工技术/黄华主编. —北京:机械工业出版社, 2008.7

ISBN 978-7-111-24752-4

I. 数… II. 黄… III. 数控机床: 车床-车削-程序设计  
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 118397 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:刘本明 责任校对:姜婷

封面设计:姚毅 责任印制:邓博

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·21.5 印张·414 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-24752-4

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面防伪标均为盗版

# 前 言

我国正处在先进制造技术大发展的时期，制造自动化技术是它的重要组成部分，其中核心技术就是数控技术。数控技术综合了机械制造技术、计算机技术、微电子技术、现代控制技术、信息技术和机电一体化技术，数控技术水平的高低、数控机床的拥有量已经成为衡量一个国家工业现代化程度的重要标志。现在，数控机床已经在加工企业中得到了广泛应用。为了适应社会和市场的需要，急需一大批能熟练掌握数控机床编程、操作和维护技术的工程技术人员。为此，国家制订了数控技能型紧缺人才的培养培训方案，突出以操作技能为主导，加强生产实习等实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者。

根据上述的宗旨，本书比较详细地介绍了国内外主流数控系统的编程与加工操作。在课程结构上，打破了学科体系，突出了“以就业为导向、以能力为本位”的要求；在基础知识上，以“必需、够用”为原则，体现了针对性和实用性；在技能训练上，以模块化的形式编写，增强实践性和应用性；在教材的编写过程中，注重把理论知识和技能训练相结合，教学实训和生产实际相结合，以国家职业技能鉴定为标准，突出了实践操作和编程技能，提高学生对所学知识的应用能力和综合能力。

本书由黄华任主编，胡炜、许涛、王文胜任副主编。具体编写分工如下：第一章、第三章、第六章由黄华编写；第二章由胡炜编写；第四章由王文胜编写；第五章由何佳编写；第七章由郭茜编写；第八章由鲍镇编写；第九章和附录 C、附录 D 由许涛编写；附录 A 和附录 B 由邹芳编写，同时邹芳负责资料的收集，以及相关的调研协调工作；教学课件由郭茜整理。全书由黄华统稿和定稿，由陈宁娟主审。

由于编者的水平和经验有限，书中难免有错误和欠妥的地方，恳请读者批评指正，以便不断改进与完善。

为了方便教学，本书还配备教学指南和教学课件，请需要的读者与机械工业出版社联系，电子邮箱地址为 [cmplwy@sina.com](mailto:cmplwy@sina.com)。

编 者

## 机械工业出版社机械行业标准出版信息

我社出版自 2002 年开始发布的现行机械行业标准 (JB), 其中包括机械、电工、仪表三大行业, 涉及设备、产品、工艺等几大类。为保证用户查询、购买方便, 特提供以下信息:

### 查询标准出版信息、网上订购

<http://www.cmpbook.com/standardbook/bzl.asp>

<http://www.golden-book.com>——机械工业出版社旗下大型科技图书网站

### 标准出版咨询

机械工业出版社机械分社电话: 010-88379778

010-88379779

### 电话订购

电话: 010-68993821      010-88379639

010-88379641      010-88379643

010-88379693      010-88379170

传真: 010-68990188 (可写明购书信息及联系方式)

地址: 北京市西城区百万庄大街 22 号

邮政编码: 100037

户名: 北京百万庄图书大厦有限公司

账号: 8085 1609 1908 0910 01

开户行: 中国银行北京百万庄支行

# 目 录

## 前言

## 基础知识篇

<b>第一章 数控车床概述</b> .....	1
第一节 数控车床工作原理及组成.....	1
第二节 数控车床特点及分类.....	4
第三节 数控系统的主要功能 .....	10
复习思考题 .....	13
<b>第二章 数控车削加工工艺</b> .....	14
第一节 数控车削加工概述 .....	15
第二节 数控车削加工工艺的制订 .....	17
第三节 数控车削夹具的选择 .....	24
第四节 数控车削刀具的选择 .....	28
第五节 数控切削用量的选择 .....	36
第六节 典型零件数控车削加工工艺分析 .....	39
复习思考题 .....	44
<b>第三章 数控车床编程基础知识</b> .....	46
第一节 数控编程概述 .....	46
第二节 数控车床坐标系 .....	51
第三节 数控车床对刀 .....	55
复习思考题 .....	58
<b>第四章 FANUC Oi Mate-TC 数控系统编程指令</b> .....	59
第一节 坐标系指令 .....	60
第二节 坐标轴运动指令 .....	62
第三节 返回参考点指令 .....	68
第四节 主轴转速功能指令 .....	69
第五节 进给功能指令 .....	70
第六节 刀具补偿功能 .....	71
第七节 辅助功能 .....	76
第八节 单一固定循环功能 .....	77

第九节 复合固定循环功能 .....	81
第十节 螺纹车削加工 .....	89
第十一节 子程序调用功能 .....	96
第十二节 用户宏程序 .....	99
复习思考题 .....	102
<b>第五章 SINUMERIK 802D 数控系统编程指令 .....</b>	<b>103</b>
第一节 坐标系指令 .....	104
第二节 坐标轴运动指令 .....	106
第三节 主轴运动指令 .....	113
第四节 进给速度指令 .....	114
第五节 刀具和刀具补偿指令 .....	115
第六节 辅助功能 .....	118
第七节 标准车削循环指令 .....	119
第八节 子程序调用 .....	126
第九节 R 参数编程 .....	127
第十节 程序跳转 .....	129
复习思考题 .....	131
<b>第六章 数控车床基本操作 .....</b>	<b>132</b>
第一节 数控车床安全操作规程 .....	132
第二节 数控车床日常维护与保养 .....	133
第三节 数控车床的主要技术参数 .....	135
第四节 FANUC 0i 系统数控车床的操作 .....	137
第五节 SIEMENS 802D 系统数控车床的操作 .....	144
第六节 FANUC 0i 系统数控车床操作方法与步骤 .....	149
第七节 SIEMENS 802D 系统数控车床操作方法与步骤 .....	157
第八节 数控车床故障诊断及排除 .....	166
复习思考题 .....	170

## 入门技术篇

<b>第七章 数控车削编程与加工入门技术 .....</b>	<b>171</b>
第一节 外圆、倒角车削 .....	171
第二节 外圆、锥度车削 .....	176
第三节 外圆、圆弧车削 .....	180
第四节 切槽车削 .....	184
第五节 螺纹车削 (一) .....	190

第六节	螺纹车削 (二)	196
第七节	一般轴类零件车削	201

### 中级技术篇

<b>第八章</b>	<b>数控车削编程与加工中级技术</b>	207
第一节	外轮廓综合车削	207
第二节	梯形槽、内孔车削	214
第三节	轴类零件车削 (一)	221
第四节	轴类零件车削 (二)	228
第五节	轴、套类零件车削	233
第六节	孔、轴类零件车削	238
第七节	综合训练	243

### 高级技术篇

<b>第九章</b>	<b>数控车削编程与加工高级技术</b>	249
第一节	内沟槽、内螺纹车削	249
第二节	非圆曲面外轮廓车削 (一)	258
第三节	非圆曲面外轮廓车削 (二)	266
第四节	轴、套类零件车削 (一)	274
第五节	轴、套类零件车削 (二)	281
第六节	轴、套类零件车削 (三)	288
第七节	综合训练	295
<b>附录</b>		302
附录 A	数控车中级应知鉴定试卷	302
附录 B	数控车中级应会鉴定试卷	315
附录 C	数控车高级应知鉴定试卷	317
附录 D	数控车高级应会鉴定试卷	330
<b>参考文献</b>		332



# 基础知识篇

## 第一章 数控车床概述

### 第一节 数控车床工作原理及组成

#### 一、数控技术的基本概念

##### 1. 数控

数控，即数字控制（Numerical Control，简称 NC），就是用数字化的信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。简单地说，数控就是采用计算机或专用计算机装置进行数字计算、分析处理、发出相应指令、对机床的各个动作及加工过程进行自动控制的一门技术。

由于早期数控系统功能全靠数字电路实现，因此称为 NC 系统（硬件数控系统）。这种数控系统电路复杂，元器件数量较多，功能扩充难以实现，可靠性低，维修困难。现代数控系统都采用小型计算机或微型计算机控制加工功能，实现数字控制，因此称为计算机数控系统（Computer Numerical Control，简称 CNC）。计算机数控系统在控制功能、精度、可靠性等方面都比硬件数控系统有很大的改善，而且其体积大大缩小。所以，在本书中所出现的“数控”或“数控系统”都是指计算机数控系统。

##### 2. 数控机床

所谓数控机床（Numerical Control Machine Tools，简称 NCMT），就是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的机床，也就是装备有计算机数控系统的自动化机床。它把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示，通过信息载体输入数控装置，经运算处理由数控装置发出各种控制信号，控制机床的动作，按图样要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种零件的加工问题，是一种柔性的、高效能的自动化机床，代表了现代机床控制技术的发展方向，是一种典型的机电一体化产品。

### 3. 数控加工

数控加工 (Numerical Control Processing, 简称 NCP), 是指在数控机床上进行工件的切削加工的一种工艺方法, 即根据工件图样和工艺要求等原始条件, 编制工件数控加工程序并输入数控系统, 以控制机床的刀具与工件的相对运动, 从而实现工件的加工。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。数控加工是现代化模具制造加工的一种先进手段。当然, 数控加工手段并不一定只用于加工模具零件, 其用途十分广泛。

## 二、数控车床的工作原理

数控车床是一种高度自动化的机床, 是用数字化的信息来实现自动化控制的, 将与加工零件有关的信息——工件与刀具相对运动轨迹的尺寸参数 (进给执行部件的进给尺寸)、切削加工的工艺参数 (主运动和进给运动的速度、背吃刀量等), 以及各种辅助操作 (主运动变速、刀具更换、切削液打开停止、工件夹紧松开等) 等加工信息——用规定的文字、数字和符号组成的代码, 按一定的格式编写成加工程序单, 将加工程序通过控制介质输入到数控装置中, 由数控装置经过分析处理后, 发出各种与加工程序相对应的信号和指令控制机床进行自动加工。数控车床工作的原理与过程通过下述的数控车床组成可得到更明确的说明。

## 三、数控车床的组成

数控车床主要由数控程序及程序载体、输入装置、数控装置、伺服驱动及位置检测装置、辅助控制装置、机床本体等几部分组成, 如图 1-1 所示。

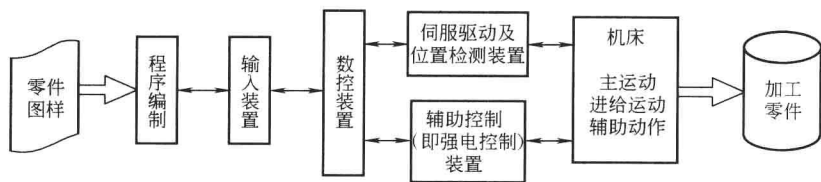


图 1-1 数控车床的组成

### 1. 数控程序及程序载体

数控程序是数控机床自动加工零件的工作指令。在对加工零件进行工艺分析的基础上, 确定零件坐标系在机床坐标系中的相对位置, 即零件在机床上的安装位置; 刀具与零件相对运动的尺寸参数; 零件加工的工艺路线、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等。得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等加工信息后, 用由文字、数字和符号组成的标准数控代码, 按规定的方法和格式, 编制零

件加工的数控程序单。编制程序的工作可由人工进行；对于形状复杂的零件，则要在专用的编程机或通用计算机上进行自动编程或 CAD/CAM 设计。

编好的数控程序，存放在便于输入到数控装置的一种存储载体上，它可以是穿孔纸带、磁带和磁盘等，采用哪一种存储载体，取决于数控装置的设计类型。

## 2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体（信息载体）上的数控代码传递并存入数控系统内。根据存储介质的不同，输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序可通过键盘用手工方式直接输入数控系统，也可以由编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式：一种是边读入边加工（数控系统内存较小时）；另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器，加工时再从内部存储器中逐段逐段调出进行加工。

## 3. 数控装置

数控装置是数控车床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序，经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种控制信息和指令，控制机床各部分的工作，使其进行规定的有序运动和动作。数控装置一般由专用（或通用）计算机、输入输出接口板及可编程序控制器（Programmable Logic Controller，简称 PLC）等组成。

## 4. 伺服驱动及位置检测装置

伺服驱动装置接受来自数控装置的指令信息，经功率放大后，严格按照指令信息的要求驱动机床移动部件，以加工出符合图样要求的零件。因此，它的伺服精度和动态响应性能是影响数控机床加工精度、表面质量和生产率的重要因素。伺服驱动装置包括控制器（含功率放大器）和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

位置检测装置将数控机床各坐标轴的实际位移量检测出来，经反馈系统输入到机床的数控装置之后，数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较，控制驱动装置按照指令设定值运动。

## 5. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号，经过编译、逻辑判别和运动，再经功率放大后驱动相应的电器，带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和起停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启动、停止，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。可编程逻辑控制器可用于对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能等进行控

制，具有响应快、性能可靠、易于使用、编程和修改程序方便并可直接起动机床开关等特点，现已广泛用作数控机床的辅助控制装置。

## 6. 机床本体

数控机床的机床本体与传统机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。与传统的车床相比，数控车床的结构强度、刚度和抗振性，传动系统和刀具系统的部件结构，操作机构等方面都发生了很大的变化，其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控车床的效能。

## 第二节 数控车床特点及分类

### 一、数控车床的特点

#### 1. 自动化程度高

数控车床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的，操作者除了操作面板、装卸零件、关键工序的中间测量以及观察机床的运行之外，其他的机床动作直至加工完毕，都是自动连续完成，不需要进行繁重的重复性手工操作，劳动强度与紧张程度均可大为减轻，劳动条件也得到相应的改善。

#### 2. 具有加工复杂形状的能力

数控车床可用于加工手工难以控制尺寸的零件，如外形轮廓为椭圆、内腔为成形面的零件；有些复杂零件加工质量直接影响整体的性能，数控车床可以对卧式车床难以加工的复杂型面进行加工。

#### 3. 加工适应性强

利用数控车床加工改型零件，只需要重新编制程序就能实现对零件的加工。它不同于传统的机床，不需要制造、更换许多工具、夹具和量具，更不需要重新调整机床。因此，数控车床可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件，这就为单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的便利。它不仅缩短了生产准备周期，而且节省了大量工艺装备费用。

#### 4. 加工精度高，质量稳定

数控车床是以数字形式给出指令进行加工的，由于目前数控装置的脉冲当量（即每输出一个脉冲后数控机床移动部件相应的移动量）一般达到了 $0.001\text{mm}$ ，也就是 $1\mu\text{m}$ ，而进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿，因此，数控车床能达到比较高的加工精度和质量稳定性。这是由数控车床结构设计采用了必要的措施以及具有机电结合的特点决定的。首先是在结构上引入了滚珠丝杠螺母机构、各种消除间隙结构等，使机械传动的误差尽可能小；其

次是采用了软件精度补偿技术，使机械误差进一步减小；第三是用程序控制加工，减少了人为因素对加工精度的影响。这些措施不仅保证了较高的加工精度，同时还保持了较高的质量稳定性。

#### 5. 生产效率高

数控车床自动化程度高，具有自动换刀和其他辅助操作自动化等功能，而且工序较为集中。数控车床主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大，每一道工序都能选用最有利的切削用量，良好的结构刚性允许数控车床进行大切削用量的强力切削，有效地节省了在线加工时间。数控车床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施，由于选用了很高的空行程运动速度，因而消耗在快进、快退和定位的时间要比一般机床少得多，大大地提高了劳动生产率，缩短了生产周期。

#### 6. 有利于生产管理的现代化

用数控车床加工零件，能准确地计算零件的加工工时，并有效地简化了检验和工夹具、半成品的管理工作，这些特点都有利于使生产管理现代化。数控车床在应用中也有不利的一面，如提高了起始阶段的投资、对设备维护的要求较高、对操作人员的技术水平要求较高等。

#### 7. 不足之处

数控车床也有其局限性，主要体现在要求操作者技术水平高、数控车床价格高、加工成本高、技术复杂、对加工编程要求高、加工中难以调整、维修困难等。

#### 8. 数控加工的适应性

从经济角度考虑，数控车床最适用于加工以下零件：

- 1) 多品种、小批量零件；
- 2) 形状复杂、精度要求较高，在普通机床上无法加工或难以加工的零件；
- 3) 需要多次更改设计后才能定型的零件；
- 4) 价格昂贵，不允许报废的零件；
- 5) 需要最小生产周期的零件。

## 二、数控车床的分类

数控车床品种繁多，规格不一，分类方法也较多，可按数控车床主轴位置分类、按加工零件的基本类型分类、按刀架数量分类、按数控车床的档次分类等。

### 1. 按数控车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床 立式数控车床的主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用。这类数控机床主要用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸较小的大型复杂零件。

(2) 卧式数控车床 卧式数控车床的主轴轴线处于水平位置, 它的床身和导轨有多种布局形式, 是应用最广泛的数控车床。

## 2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床 这类数控车床未设置尾座, 主要适合车削盘类 (含短轴类) 零件, 其夹紧方式多为电动液压控制。

(2) 顶尖式数控车床 这类数控车床设置有普通尾座或数控尾座, 主要适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

## 3. 按刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床 普通数控车床一般都配置有各种形式的单刀架, 如四刀位卧式回转刀架, 如图 1-2a 所示; 多工位转塔式自动转位刀架, 如图 1-2b 所示。

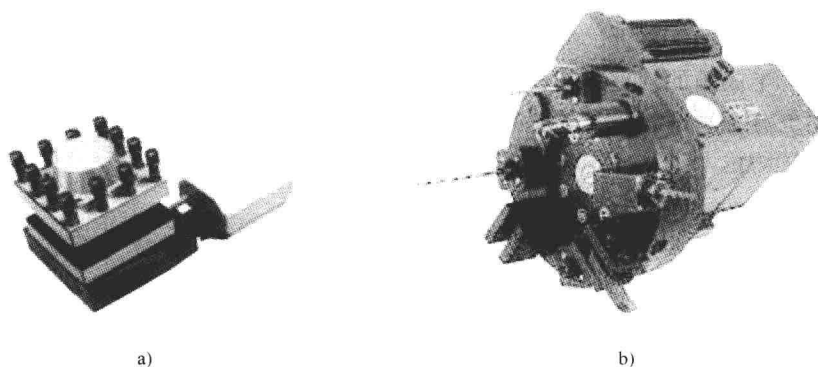


图 1-2 单刀架形式的自动回转刀架

a) 四刀位卧式回转刀架 b) 多工位转塔式自动转位刀架

(2) 双刀架数控车床 这类数控车床中, 双刀架的配置可以是平行交错结构 (图 1-3), 也可以是同轨垂直交错结构。

在数控车床上, 各种刀架转换刀具的过程都是: 接受转位指令→松开夹紧机构→分度转位→粗定位→精定位→锁紧→发出动作完成回答信号。其驱动刀架工作的动力有电动和液压两类。

## 4. 按数控车床的档次分类

(1) 简易数控车床 简易数控车床一般是用单板机或单片机

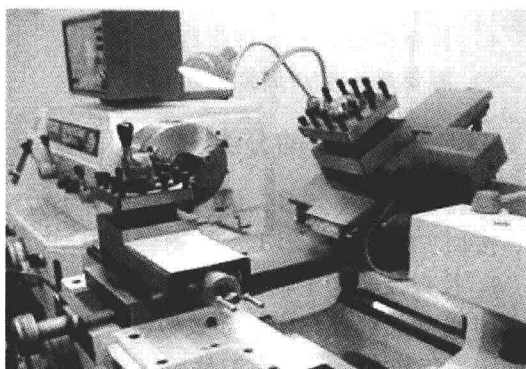


图 1-3 双刀架形式的自动回转刀架

进行控制，属于低档数控车床。机械部分由卧式车床略作改进而成。主电动机一般不作改动，进给多采用步进电动机，开环控制四刀位回转刀架。简易数控车床没有刀尖圆弧半径自动补偿功能，所以编程时计算比较繁琐，加工精度较低。

(2) 经济型数控车床 经济型数控车床一般有单显 CRT、程序储存和编辑功能，属于中档数控车床，多采用开环或半闭环控制。它的主电动机仍采用普通三相异步电动机，所以它的显著缺点是没有恒线速度切削功能。

(3) 全功能数控车床 全功能（或多功能）数控车床主轴一般采用能调速的直流或交流主轴单元来驱动，进给采用伺服电动机，半闭环或闭环控制，属于较高档次的数控车床。多功能数控车床具备的功能很多，特别是具备恒线速度切削和刀尖圆弧半径自动补偿功能。

(4) 高精度数控车床 高精度数控车床主要用于加工类似录像机的磁鼓、磁盘的合金铝基板等需要镜面加工，并且形状、尺寸精度都要求很高的零部件，可以代替后续的磨削加工。这种车床的主轴采用超精密空气轴承，进给采用超精密空气静压导向面，主轴与驱动电动机采用磁性联轴器等。床身采用高刚性厚壁铸铁，中间填砂处理，支撑也采用空气弹簧三点支撑。总之，为了进行高精度加工，在机床各方面均采取了很多措施。

(5) 高效率数控车床 高效率数控车床主要有一个主轴两个回转刀架及两个主轴两个回转刀架等形式，两个主轴和两个回转架能同时工作，提高了机床的加工效率。

(6) 车削中心 在数控车床上增加刀库和 C 轴控制后，除了能车削、镗削外，还能对端面和圆周面上任意部位进行钻、铣、攻螺纹等加工；而且在具有插补的情况下，还能铣削曲面，这样就构成了车削中心。

车削中心的主体是在数控车床上配刀库和换刀机械手，它与数控车床单机相比，自动选择和使用刀具数量大大增加。但是，卧式车削中心与数控车床的本质区别并不在刀库上，它还应具备如下两种先进功能：一种是动力刀具功能，如铣刀和钻头。通过刀架内部结构，可使铣刀、钻头回转。另一种是 C 轴位置控制功能，C 轴是指以 Z 轴（对于车床是卡盘与工件的回转中心轴）为中心的旋转坐标轴。位置控制原有 X、Z 坐标，再加上 C 坐标，就使车床具有三坐标两联动轮廓控制功能。例如，圆柱铣刀轴向安装、X-C 坐标联动就可以在工件端面铣削；圆柱铣刀径向安装、Z-C 坐标联动，就可以在工件外径上铣削。这样，车削中心就能铣削出凸轮槽和螺旋槽，如图 1-4 所示。

(7) FMC 车床 FMC 车床实际上是一个由数控车床、机器人等构成的一个柔性加工单元。它除了具备车削中心的功能外，还能实现工件的搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化，如图 1-5 所示。

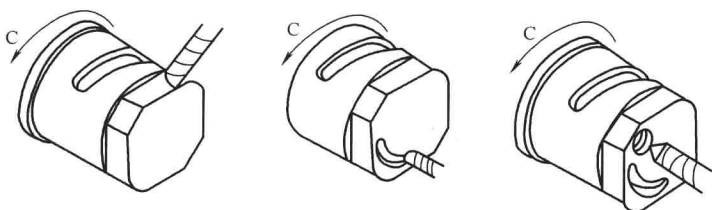


图 1-4 车削中心 C 轴加工能力

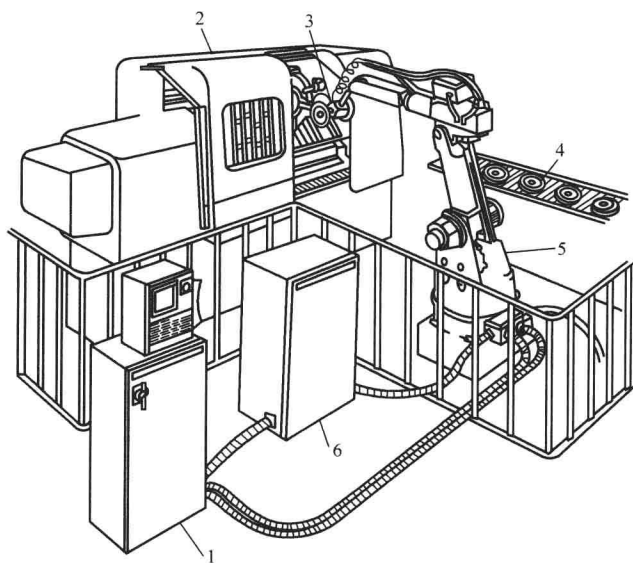


图 1-5 FMC 车床

1—机器人控制柜 2—NC 车床 3—卡爪 4—工件 5—机器人 6—NC 控制柜

### 三、数控机床发展趋势

数控机床是 20 世纪 50 年代发展起来的新型自动化机床，较好解决了形状复杂、精密、小批量零件的加工问题，具有适应性强、加工精度和生产效率高的优点。由于数控机床综合了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等诸方面的先进技术，使得数控机床的发展日新月异，数控机床的功能越来越强大。数控机床的发展趋势体现在数控功能、数控伺服系统、编程方法、数控机床的检测和监控功能、自动调整和控制技术等方面的发展。

#### 1. 数控功能的扩展

- 1) 数控系统插补和联动轴数的增加，有的数控系统能同时控制几十根轴。
- 2) 数控系统中微处理器处理字长的增加，目前广泛采用 32 位微处理器。
- 3) 数控系统中实现人机对话、进行交互式图形编程。



4) 基于 PC 的开放式数控系统的发展, 使数控系统得到更多硬件和软件的支持。

### 2. 数控伺服系统的发展

1) 交流伺服系统替代直流伺服系统。

2) 前馈控制技术的发展, 增加了速度指令控制, 使跟踪滞后误差减小。

3) 高速电主轴和程序段超前处理技术 (LOOK AHEAD) 使高速小线段加工得以实现。

4) 多种补偿技术的发展与应用, 如机械静摩擦与动摩擦非线性补偿、机床精度误差的补偿和切削热膨胀误差的补偿。

5) 位置检测装置检测精度的提高, 采用细分电路大大提高了检测装置的分辨率。

### 3. 编程方法的发展

1) 在线编程技术的发展, 实现前台加工操作, 后台同时编程。

2) 面向车间编程方法 (WOP) 的发展, 即输入加工对象的加工轨迹, 数控系统自动生成加工程序。

3) CAD/CAM 技术的发展, 实现计算机辅助设计与辅助制造。

### 4. 数控机床检测和监控功能的增强

数控机床在加工过程中对刀具和工件在线检测, 发现工件超差、刀具磨损和破损及时反馈或报警处理。

### 5. 自动调整控制技术的应用

按加工要求, 数控系统动态调整工作参数, 使加工过程始终处于最佳工作状态。综上所述, 由于数控机床不断采纳科学技术发展中的各种新技术, 使得其功能日趋完善, 数控技术在机械加工中的地位也显得越来越重要, 数控机床的广泛应用是现代制造业发展的必然趋势。

### 6. 柔性制造技术的发展

为满足现代化生产的需要, 具有多功能和一定柔性的现代化生产系统相继出现, 使数控加工技术向更高层次发展。

现代化生产系统主要有柔性制造单元 (FMC), 柔性制造系统 (FMS) 和计算机集成制造系统 (CIMS)。

FMC 可由一台或多台数控设备组成, 既具有独立的自动加工的功能, 又部分具有自动传送和监控管理功能。所谓柔性, 就是通过编程或稍加调整就可同时加工几种不同的工件。FMC 有两大类, 一类是数控机床配上机器人, 另一类是加工中心配上托盘交换系统。若干个 FMC 可组成一个 FMS。

FMS 是一个由中央计算机控制的自动化制造系统。它是由一个传输系统联系起来的一些数控机床和加工中心。传输装置将工件放在托盘或其他连接设备