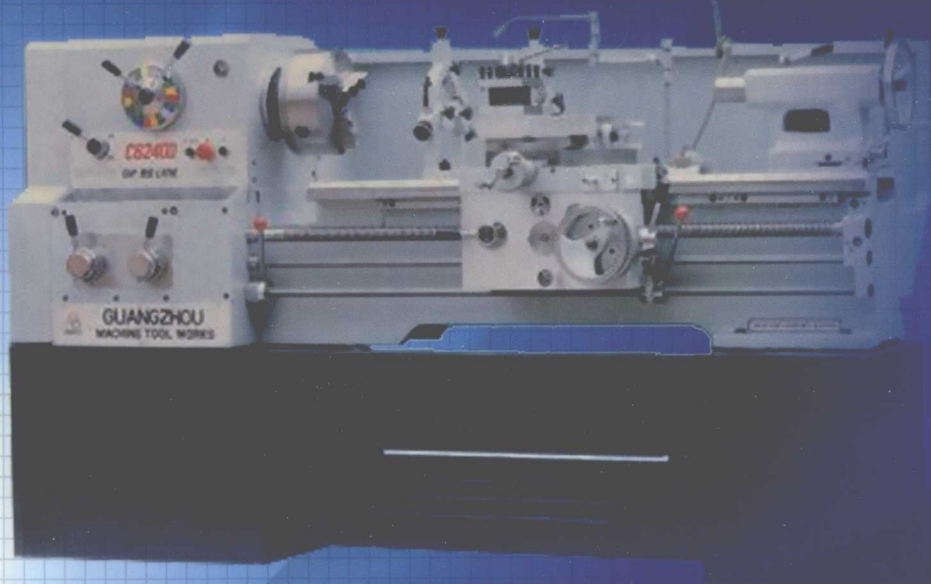


机电专业新技术普及丛书

数控车床加工技术

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG JISHU (华中系统)

吴长有 张桦 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机电专业新技术普及丛书

数控车床加工技术 (华中系统)

主 编	吴长有	张 桦		
副主编	李红波	伊洪彬	于子立	
参 编	白俊良	刘耀辉	刘振喜	何丽丽
主 审	朱丽军			



机械工业出版社

本书是数控车削加工培训的实用教材，主要内容包括数控车床概述、数控车床编程基础与基本操作、各种典型零件的车削加工、非圆曲线轮廓零件的加工、组合类零件的加工及数控车床自动编程软件的应用。本书每章都安排典型的实用例题，使读者能够结合示例进行学习，掌握数控车床的编程方法及操作技巧。

本书可供中、高级数控车床操作工自学和培训使用，也可作为企业培训部门、职业技能培训机构的教材，还可以作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目（CIP）数据

数控车床加工技术：华中系统/吴长有，张桦主编. —北京：机械工业出版社，2010.2

（机电专业新技术普及丛书）

ISBN 978-7-111-29671-3

I. 数… II. ①吴…②张… III. 数控机床：车床—加工工艺—教材
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 018316 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：朱 华 责任编辑：马 晋 版式设计：霍永明
责任校对：李秋荣 封面设计：路恩中 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 13 印张 · 320 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-29671-3
定价：23.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010)88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

机电专业新技术普及丛书编委会

主 任：王 建

副主任：楼一光 雷云涛 李 伟 王小涓

委 员：张 宏 王智广 李 明 王 灿 伊洪彬 徐洪亮
施利春 杜艳丽 李华雄 焦立卓 吴长有 李红波
何宏伟 张 桦

前

言

FOREWORD

随着经济全球化进程的不断加快,发达国家的制造能力加速向发展中国家转移,我国已成为全球的加工制造基地,这就凸显了我国高技能型人才严重短缺的现实问题,特别是对掌握数控加工技术以及自动化新技术人才的需要越来越多,而很多工人受条件限制,无法到学校接受系统的数控加工技术以及自动化新技术的职业教育;对于离开校园数年、有一定工作经验的人员,也需要进行“充电”,以适应新技术发展的需要。

为解决上述矛盾,本丛书编委会组织一批学术水平高、经验丰富、实践能力强,身处企业、行业一线的专家在充分调研的基础上,结合企业实际需要,共同研究培训目标,编写了这套机电专业新技术普及丛书。

本套丛书的编写特色有:

1. 坚持以“以技能为核心,面向青年工人的继续充电、继续提高”为培养方针,把企业和技术工人急需的高新技术进行普及和推广,加快高技能人才的培养,更好地满足企业的用人需求。

2. 更注重实际工作能力和动手技能的培养,内容贴近生产岗位,注重实用,力图实现培训的“短、平、快”,使学员经过培训后能立即胜任本岗位的工作。

3. 在内容上充分体现一个“新”字,即充分反映新知识、新技术、新工艺和新设备,紧跟科技发展的潮流,具有先进性和前瞻性。

4. 以实际问题为切入点,尽量采用以图代文、以表代文的编写形式,最大限度降低学习难度,提高读者的学习兴趣。

本套丛书涉及数控技术和电气技术两大领域,是面向有志于学习数控加工、机电一体化以及自动控制实用技术,并从事过相关工作的技术工人的培训用书。适合有一定经验的工人进行自学或转岗培训。

我们希望这套丛书能成为读者的良师益友,能为读者提供有益的帮助!

本书由吴长有、张桦任主编,李红波、伊洪彬、于子立任副主编。参加编写的人员有:开封市技师学院吴长有(第一章、第二章、第三章),张桦(第四章),刘耀辉(第五章),刘振喜(第六章),李红波(第七章、第九章),白俊良(第八章),于子立(第十章),伊洪彬(第十一章),何丽丽(第十二章)。全书由朱丽军任主审,王灿参审。

由于时间和水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目

录

CONTENT

前言

第一章 数控车床概述

第一节 数控车床基础知识

第二节 数控车削加工特点及对象

第三节 数控车削加工工艺分析

第四节 数控车削刀具

第二章 数控车床编程基础

第一节 数控车床编程概述

第二节 数控车床系统的基本功能

第三节 刀具补偿功能

第三章 数控车床基本操作

第一节 数控车床操作面板

第二节 数控车床基本操作方法

第三节 数控车床零件加工

第四章 简单轴类零件的编程与加工

第一节 编程指令

第二节 简单轴类零件的加工示例

第五章 槽类零件的编程与加工

第一节 槽类零件的加工工艺分析

第二节 编程指令

77	第三节 槽类零件的加工示例
79	第四节 槽类零件的质量检验与分析
82	第六章 轮廓零件的编程与加工
82	第一节 轴类零件的加工工艺分析
86	第二节 复合循环编程指令
90	第三节 复合轴类零件的加工工艺分析
97	第四节 轴类零件的质量检验与分析
100	第七章 盘、套类零件的编程与加工
100	第一节 盘、套类零件的加工工艺分析
105	第二节 编程指令
109	第三节 盘、套类零件的加工示例
118	第四节 盘、套类零件的测量、质量检验与分析
122	第八章 螺纹类零件的编程与加工
122	第一节 螺纹类零件的加工工艺分析
127	第二节 编程指令
133	第三节 螺纹类零件的加工示例
137	第四节 螺纹类零件的质量检验与分析
140	第九章 非圆曲线轮廓零件的编程与加工
140	第一节 宏程序基础知识
151	第二节 宏程序编程示例
156	第十章 组合类零件的编程与加工
156	第一节 圆锥配合类零件的加工工艺分析
160	第二节 螺纹配合类零件的加工工艺分析
167	第三节 椭圆配合类零件的加工工艺分析
175	第十一章 数控车床自动编程软件操作
175	第一节 MasterCAM X 车削自动编程软件简介
181	第二节 MasterCAM X 车削自动编程示例

195	第十二章 数控车床日常维护及安全操作规程
195	第一节 数控车床日常维护和保养
198	第二节 数控车床安全操作规程
200	参考文献

第一章

数控车床概述

随着制造技术的发展,数控技术越来越多地被应用到各个行业中,数控车床也成为现代机械制造业中不可缺少的加工设备。本章着重介绍数控机床的产生与发展、数控车床的组成及工作原理、数控车床的分类、数控车床的加工特点及对象、数控车削加工工艺、数控车削刀具。通过本章的学习,可以了解数控车床的基本现状、数控车削加工工艺和数控车削刀具。

第一节 数控车床基础知识

学习目标

1. 了解数控机床的产生与发展。
2. 理解数控车床的组成及工作原理。
3. 掌握数控车床的分类。

一、数控机床的产生与发展

1. 数控机床的产生

科学技术和社会生产的不断发展,对机械产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程的自动化是实现上述要求的最重要措施之一。它不仅能够提高产品的质量和生产效率、降低生产成本,还能够大大改善工人的劳动条件。许多生产企业(例如汽车、拖拉机、家用电器等制造厂)已经采用了自动化机床、组合机床和专用自动化生产线。采用这种高度自动化和高效率的设备,尽管需要很大的初始投资以及较长的生产准备时间,但在大批量的生产条件下,由于分摊在每一个工件上的费用很少,经济效益仍然是非常显著的。但是,在机械制造工业中并不是所有的产品零件都具有很大的批量,单件与小批量生产的零件(批量在10~100件)占机械加工总量的80%以上。尤其是在造船、航空航天、机床、重型机械以及国防部门,其生产特点是加工批量小、改型频繁、零件的形状复杂而且精度要求高,采用专用化程度很高的自动化机床加工这类零件就显得很不合适,因为生产过程中需要经常改装与调整设备,对于专用自动化生产线来说,这种改装与调整甚至是不可能实现的。

为了解决这些问题,满足多品种、小批量的自动化生产,迫切需要一种灵活的、通用

的、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床。数控机床就是在这样的背景下产生与发展起来的。它极其有效地解决了上述一系列矛盾，为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工方法。

随着电子技术的发展，1946 年世界上第一台电子计算机问世，由此掀开了信息自动化的新篇章。1948 年美国北密支安的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司（Parsons Co.）在制造飞机的框架及直升飞机的转动机翼时，提出了采用电子计算机对加工轨迹进行控制和数据处理设想，后来得到美国空军的支持，并与美国麻省理工学院（MIT）合作，于 1952 年研制出第一台三坐标数控铣床，用于加工直升飞机叶片轮廓检查用样板。后来又经过 3 年时间的自动程序编制研究，数控机床进入了实用阶段，市场上出现了商品化数控机床。

我国在 1958 年试制成功第一台电子管数控机床，从 1965 年开始研制晶体管数控系统，到 20 世纪 70 年代初曾研究出数控劈锥铣床、非圆插齿机、数控立铣床、数控车床、数控镗床、数控磨床和加工中心等。这一时期国产数控系统的稳定性、可靠性问题尚未得到很好的解决，因而也限制了国产数控机床的发展。而数控线切割机床由于其结构简单、价格低廉、使用方便，得到了较快的发展。据资料统计，1973 ~ 1979 年期间，我国共生产数控机床 4108 台，而其中数控线切割机床就占了 86% 左右。

20 世纪 80 年代初随着改革开放政策的实施，我国从国外引进先进技术，并在消化、吸收国外先进技术的基础上，进行了大量的开发工作，进而推动了我国数控机床新的发展高潮，使我国数控机床在品种上、性能上以及水平上均有了新的飞跃。

2. 数控机床的发展趋势

随着计算机、微电子、信息、自动控制、精密检测及机械制造技术的高速发展，机床数控技术有了长足的进步。近几年一些相关技术的发展，如刀具及新材料的发展，主轴伺服、进给伺服、超高速切削等技术的发展，以及对机械产品质量的要求越来越高，加速了数控机床的发展。目前数控机床正朝着高速度、高精度、高工序集中度、高复合化和高可靠性等方向发展。世界数控技术及其装备发展趋势主要体现在以下几个方面：

（1）高速高效高精度

1) 高生产率。由于数控装置及伺服系统功能的改进，主轴转速和进给速度大大提高，减少了切削时间和非切削时间。加工中心的进给速度已达到 $80 \sim 120 \text{ m/min}$ ，进给加速度已达 $9.8 \sim 19.6 \text{ m/s}^2$ ，换刀时间小于 1 s 。

2) 高加工精度。以前汽车零件精度的数量级通常为 $10 \mu\text{m}$ ，对精密零件的要求为 $1 \mu\text{m}$ ，随着精密产品的出现，对精度的要求提高到 $0.1 \mu\text{m}$ ，有些零件甚至已达到 $0.01 \mu\text{m}$ ，高精密零件要求提高机床加工精度，包括采用温度补偿等。

微机电加工，其加工零件尺寸一般在 1 mm 以下，表面粗糙度为纳米数量级，要求数控系统能直接控制纳米机床。

（2）高复合化 数控机床的工艺复合化，是指工件在一台机床上装夹后，通过自动换刀、旋转主轴头或旋转工作台等各种措施，完成多工序、多表面的复合加工。目前已经出现了集钻、镗、铣功能于一身的数控机床，可完成钻、镗、铣、扩孔、铰孔、攻螺纹等多工序的复合数控加工中心，以及车削加工中心、钻削加工中心、磨削加工中心、电火花加工中心等。此外数控技术的进步也提供了多轴控制和多轴联动控制功能。

（3）智能化 早期的实时系统通常针对相对简单的理想环境，其作用是调度任务，以

确保任务在规定期限内完成。而人工智能则试图用计算模型实现人类的各种智能行为。科学发展到今天,实时系统与人工智能已实现相互结合,人工智能正向着具有实时响应的更加复杂的应用领域发展,由此产生了实时智能控制这一新的领域。在数控技术领域,实时智能控制的研究和应用正沿着几个主要分支发展,如自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。例如,在数控系统中配置编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统;在高速加工时的综合运动控制中引入提前预测和预算功能、动态前馈功能;在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统的控制性能大大提高,从而达到最佳控制的目的。

(4) 编程自动化 随着数控加工技术的迅速发展,设备类型的增多、零件品种的增加以及零件形状的日益复杂,迫切需要速度快、精度高的编程,以便于对加工过程的直观检查。为弥补手工编程和 NC 语言编程的不足,近年来开发出多种自动编程系统,如图形交互式编程系统、数字化自动编程系统、会话式自动编程系统、语音数控编程系统等,其中图形交互式编程系统的应用越来越广泛。图形交互式编程系统是以计算机辅助设计(CAD)软件为基础,首先形成零件的图形文件,然后再调用数控编程模块,自动编制加工程序,同时可动态显示刀具的加工轨迹。其特点是速度快、精度高、直观性好、使用简便,已成为国内外先进的 CAD/CAM 软件所采用的数控编程方法。目前常用的图形交互式软件有 Master CAM、Cimatron、Pro/E、UG、CAXA、SolidWorks、CATIA 等。

(5) 结构新型化 20 世纪 90 年代,一种完全不同于原来数控机床结构的新型数控机床被成功开发。这种新型数控机床被称为“6 条腿”的加工中心或虚拟轴机床(有的还称为并联机床),它能在没有任何导轨和滑台的情况下,采用能够伸缩的“6 条腿”(伺服轴)支撑并联,并与安装主轴头的上平台和安装工件的下平台相连。它可实现多坐标联动加工,其控制系统结构复杂,加工精度、加工效率较普通加工中心高 2~10 倍。这种数控机床的出现将给数控机床技术带来重大变革和创新。

(6) 开放式闭环控制模式 采用通用计算机组成的总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁减、扩展和升级,可组成不同档次、不同类型、不同集成程度的数控系统。闭环控制模式是针对传统数控系统仅有的专用型封闭式开环控制模式提出的。由于制造过程是一个由多变量控制和加工工艺综合作用的复杂过程,包括诸如加工尺寸、形状、振动、噪声、温度和热变形等各种变化因素,因此,要实现加工过程的多目标优化,必须采用多变量的闭环控制,在实时加工过程中动态调整加工过程变量。在加工过程中采用开放式通用型实时动态全闭环控制模式,易于将计算机实时智能技术、多媒体技术、网络技术、CAD/CAM 技术、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融于一体,构成严密的制造过程闭环控制体系,从而实现集成化、智能化、网络化。

3. 柔性制造技术

柔性制造技术是一种能迅速响应市场需求而相应调整生产品种的制造技术。

(1) 柔性制造模块 柔性制造模块(Flexible Manufacturing Module, FMM)是一台扩展了许多自动化功能(如托盘交换器、托盘库或料库、刀库、上下料机械手等)的数控加工设备。它是最小规模柔性制造设备,相当于功能齐全的加工中心、车削中心或磨削中心等。

(2) 柔性制造单元 柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)包括 2~3 台数

控加工设备或 FMM，它们之间由小规模的工作自动输送装置进行连接，并由计算机对其进行生产控制和管理，如图 1-1 所示。

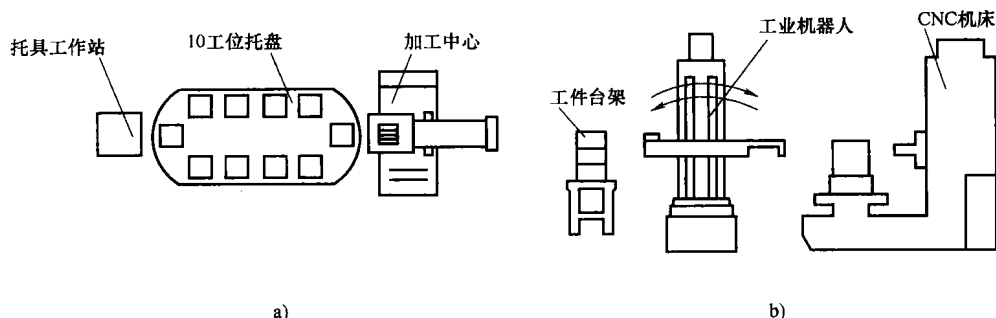


图 1-1 柔性制造单元 (FMC)

a) 配有托盘交换系统的 FMC b) 配有工业机器人的 FMC

(3) 柔性制造系统 柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 包括 4 台或更多的数控加工设备、FMM 或 FMC，是规模更大的 FMC 或由 FMC 作为子系统构成的系统，如图 1-2 所示。FMS 的控制、管理功能比 FMC 强，对数据管理与通信网络的要求高。

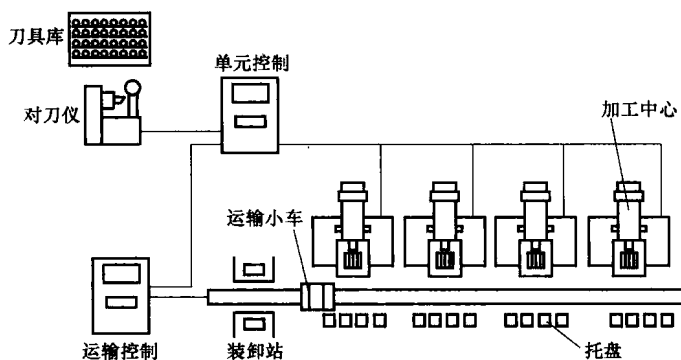


图 1-2 柔性制造系统 (FMS)

总之，柔性制造系统是由若干台数控设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的，并能根据制造任务和生产品种的变化而迅速进行调整的自动化制造系统，它是为了解决多品种、中小批量生产中效率低、周期长、成本高、质量差等问题而出现的高技术制造系统。

(4) 柔性制造生产线 柔性制造生产线 (Flexible Manufacturing Line, FML) 的规模与 FMS 相同或比 FMS 大，但加工设备在采用通用数控机床的同时，更多地采用数控组合机床 (数控专用机床、可换主轴箱机床、模块化多动力头数控机床等)，所以这种柔性制造生产线也被称为柔性自动线 (Flexible Transfer Line, FTL)，其工件输送路线多为单线固定。FML 的特点是柔性较低、专用性较强、生产效率较高、生产量较大，相当于数控的自动化生产线，一般用于少品种、中大批量生产中。因此，可以说 FML 相当于专用 FMS。

(5) 柔性制造工厂 柔性制造工厂 (Flexible Manufacturing Factory, FMF) 以 FMS 为子系统构成，柔性制造由 FMS 扩大到全厂范围，并通过计算机系统的有机联系，实现全厂范

围内生产管理过程、设计过程、制造过程和物料运储过程的全盘自动化，即实现工厂自动化（Factory Automation, FA）的目标。

（6）计算机集成制造系统 计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS）是随着计算机辅助设计与制造的发展而产生的。它是在信息技术、自动化技术与制造技术的基础上，通过计算机技术把分散在产品设计与制造过程中各种孤立的自动化子系统有机地集成起来，形成适用于多品种、小批量生产，实现整体效益的集成化和智能化制造系统。集成化反映了自动化的广度，它把系统的范围扩展到了市场预测、产品设计、加工制造、检验、销售及售后服务等全过程。智能化则体现了自动化的深度，它不仅涉及物资流控制的传统体力劳动的自动化，还包括信息流控制的脑力劳动的自动化。

简言之，CIMS 就是用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造，以求得企业的总体效益。它是计划、设计、工艺、加工、装配、检验、销售全过程由计算机控制的集成生产系统。

二、数控车床的组成及工作原理

1. 数控车床的组成

数控车床一般由输入装置、数控装置、伺服系统、位置检测反馈装置、辅助控制装置和车床主体等组成，如图 1-3 所示。

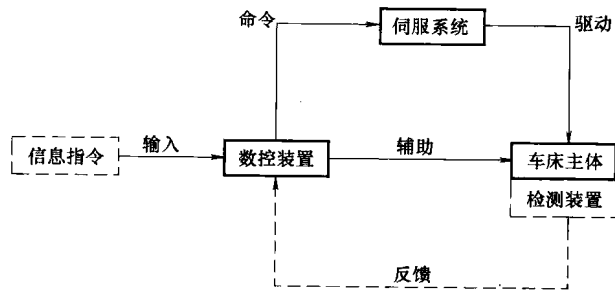


图 1-3 数控车床的组成

（1）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装置内。现代数控车床一般是将零件加工程序通过数控装置上的键盘，直接输入数控装置；或者将存储在计算机硬盘上的加工程序用通信的方式传送到数控装置。

（2）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收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，以控制车床各部分的工作，使其进行规定的有序运动和动作。

（3）伺服系统 伺服系统由驱动装置、执行机构组成。伺服电动机是伺服系统的执行机构，驱动装置则是伺服电动机的动力源。来自数控装置的控制指令脉冲经伺服驱动装置进行功率放大，驱动伺服电动机，进而通过机械传动装置带动车床主轴、工作台或刀架等车床运动部件运动。

（4）位置检测反馈装置 位置检测装置将数控车床各坐标轴的实际位移量检测出来，经反馈系统输入到车床的数控装置之后，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、逻辑判别和运算, 再经功率放大后驱动相应的电器, 带动车床的机械、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、换向和启停指令, 刀具的选择和交换指令, 冷却、润滑装置的起动停止, 工件和车床部件的松开、夹紧等开关量动作。

由于可编程序控制器 (PLC) 具有响应快、性能可靠, 易于使用、编程和修改程序、并可直接起动车床开关等特点, 现已广泛用作数控车床的辅助控制装置。

(6) 车床主体 数控车床的车床主体与传统车床相似, 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。但数控车床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控车床的要求和充分发挥数控车床的特点。

2. 数控车床的工作原理

数控车床的工作原理如图 1-4 所示。

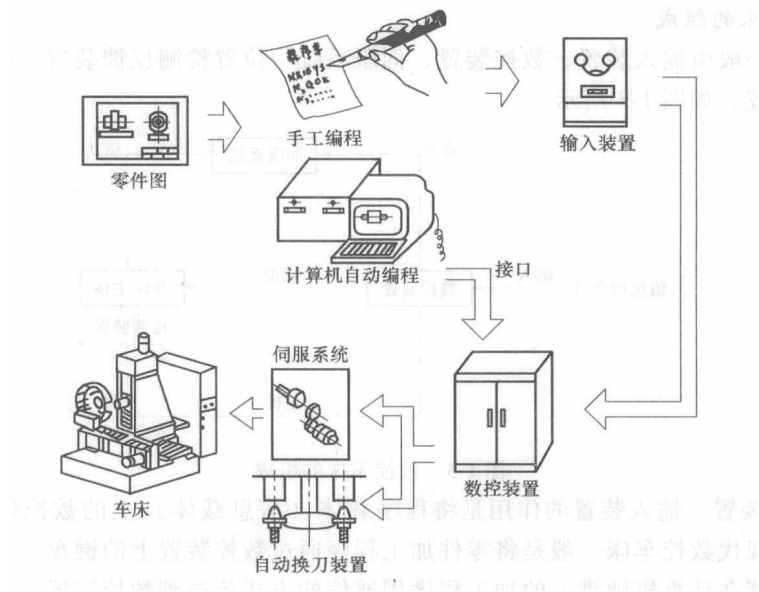


图 1-4 数控车床的工作原理

根据零件图样进行工艺分析, 确定工艺方案, 依据数控系统的规定指令编制零件的加工程序。视零件结构的复杂程度, 可以采用手工或计算机编程, 程序较小时, 可以直接在车床操作面板的输入区域操作; 程序较大时, 也可在装有编程软件的普通计算机上进行。编程软件国内一般采用模拟软件和专业软件, 经过相应的后置处理生成加工程序, 再通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质 (软盘、光盘等), 把生成的加工程序输入到车床的控制系统中。进入数控装置的信息, 经过一系列处理和运算转变成脉冲信号。有的信号输送到车床的伺服系统, 通过伺服机构处理, 传到驱动装置 (主轴电动机, 步进电动机或交、直流伺服电动机), 使刀具和工件严格执行零件加工程序所规定的运动; 有的信号送到可编程序控制器, 用以控制车床的其他辅助运动, 如主轴和进给运动的变速、液压或气动装夹工件、切削液开关等。

三、数控车床的分类

数控车床的品种和规格繁多，分类方法不一。根据数控车床的功能和组成，一般可分为以下几类：

1. 按使用功能分类

(1) 经济型数控车床 经济型数控车床是采用步进电动机和单片机对卧式车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床，它成本较低，但自动化程度和功能都比较差，车削加工精度也不高，适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

(2) 全功能型数控车床 全功能型数控车床是根据车削加工要求在结构上进行专门设计，并配备通用数控系统而形成的数控车床，它的数控系统功能强，自动化程度和加工精度也比较高，适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴，即 X 轴和 Z 轴，如图 1-5 所示。



图 1-5 全功能型数控车床

(3) 车削加工中心 车削加工中心是在全功能型数控车床的基础上增加了 C 轴和铣削动力头，更高级的还带有刀库，可控制 X、Z 和 C 三个坐标轴，联动控制轴可以是 (X、Z)、(X、C) 或 (Z、C)。由于增加了 C 轴和铣削动力头，这种数控车床（见图 1-6）的加工功能大大增强，除可以进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削及中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

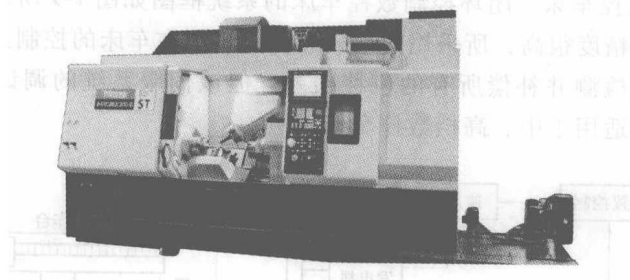


图 1-6 车削加工中心

2. 按伺服系统的控制原理分类

数控车床按进给伺服系统的控制方式的不同，可分为开环控制数控车床、半闭环控制数控车床和闭环控制数控车床。

(1) 开环控制数控车床 开环控制数控车床的系统框图如图 1-7 所示。

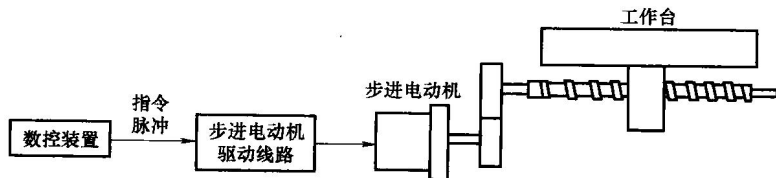


图 1-7 开环控制数控车床的系统框图

这类车床所采用的开环伺服系统又称为步进电动机驱动系统，主要特征是该系统内没有位置检测反馈装置。我国目前将步进电动机驱动系统普遍用于经济型数控车床。

开环伺服系统在工作中不需要比较其指令位置与实际位置之间的误差，也不存在用该误差去进行补偿控制。这类车床的控制精度主要取决于伺服系统的传动链及步进电动机本身，故控制精度不高。但因其结构简单、反应迅速、工作稳定可靠、调式及维修均很方便，加之价格十分低廉，所以国内至今仍在对这类伺服系统作进一步的开发。

(2) 半闭环控制数控车床 半闭环控制数控车床的系统框图如图 1-8 所示。

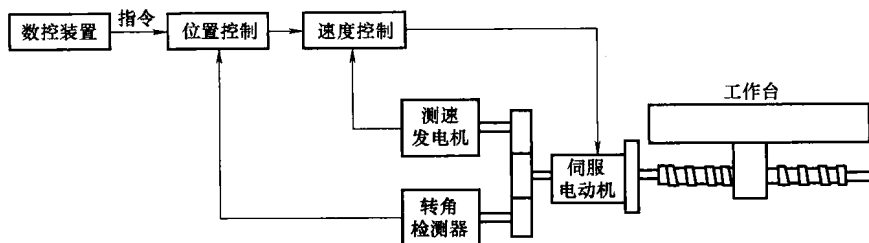


图 1-8 半闭环控制数控车床的系统框图

这类车床所采用的伺服系统与全闭环伺服系统的共同特征是该系统内设有以位置检测元件为主的测量反馈装置，它在车床的控制过程中形成部分位置随动控制环路，但不把机械传动位置等部分包括在内，故称该控制环路为“半闭环”。该伺服系统因能自动进行位置检测和误差比较，可对部分误差进行补偿，故其控制精度比开环伺服系统高，当车床的机械传动等位置的精度能满足使用要求时，其总的控制效果仍比较理想。

(3) 闭环控制数控车床 闭环控制数控车床的系统框图如图 1-9 所示。

这类车床的控制精度很高，所采用的全闭环伺服系统在车床的控制过程中形成全部位置随动控制环路，自动检测并补偿所有的位移误差。但该伺服系统的调试、维修工作均较困难，价格也较高，故适用于中、高档数控车床。

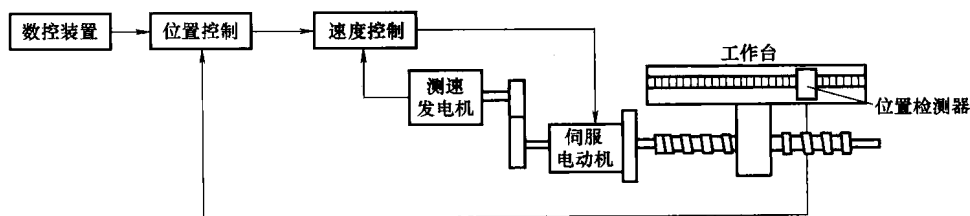


图 1-9 闭环控制数控车床的系统框图

3. 按车床主轴位置分类

数控车床按主轴位置的不同，可分为立式数控车床和卧式数控车床。

(1) 立式数控车床 立式数控车床简称为数控立车，其车床主轴轴线垂直于水平面，如图 1-10 所示。

这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对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，根据导轨结构的不同又

分为水平式数控车床和倾斜式数控车床。

水平式数控车床（见图 1-11）与传统的卧式车床床身形式相近，是目前国内大部分经济型数控车床所采用的床身形式。水平式数控车床在刀架配置方面大部分为前置刀架形式。

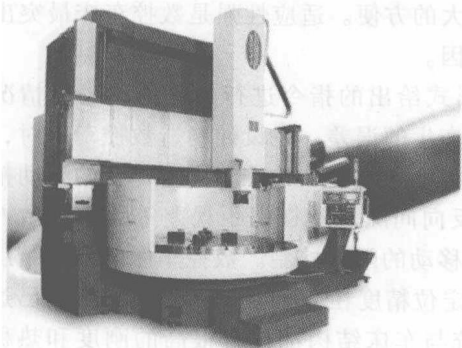


图 1-10 立式数控车床

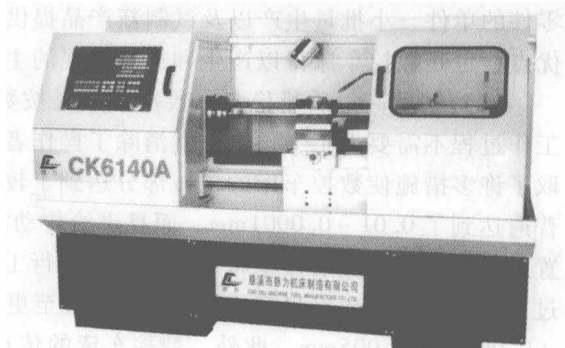


图 1-11 水平式数控车床

倾斜式数控车床（见图 1-12）的床身一般有倾斜 45° 和倾斜 60° 两种。这种车床的刀架为后置倾斜形式。排屑空间大，为卡盘调整、刀具装卸提供了极大的方便。底座床身为整体铸造结构，具有刚度好、抗振性好等特点。



图 1-12 倾斜式数控车床

第二节 数控车削加工特点及对象

学习目标

1. 了解数控车床的加工特点。
2. 了解数控车床的加工对象。

一、数控车床的加工特点

数控车床以其精度高、效率高、能适应小批量多品种复杂零件的加工等优点，在机械加工中得到日益广泛的应用。概括起来，数控车床的加工有以下几方面的优点：