



中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

数控机床加工技术

shukong jichuang jiagong jishu

■ 主编 陈玉杰 刘建军



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材
中等职业教育课程改革项目研究成果

数控机床加工技术

主 编 陈玉杰 刘建军
副主编 白娟娟 卢彦峰

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

《数控机床加工技术》全书共分五章, 主要介绍数控机床基本知识、数控加工工艺、数控车床及编程、数控铣床及编程、数控机床的应用和维护等内容。本书内容讲解简明扼要、浅显易懂, 理论结合实践, 可作为中职数控技术、机电一体化和机械制造专业的教材, 也可作为数控技术从业人员的自学和培训用书, 还可供从事数控机床销售与维护服务的工程技术人员参考。

版权专用 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床加工技术/陈玉杰, 刘建军主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2747 - 6

I. 数… II. ①陈…②刘… III. 数控机床 - 加工 - 专业学校 - 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150327 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 6.75

字 数 / 173 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 13.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

中等职业教育是以培养具有较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的初级阶段。目前,中等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据教育部关于要求发展中等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,北京理工大学出版社组织编写了《21世纪中等职业教育特色精品课程规划教材》。该系列教材是中等职业教育课程改革项目研究成果。坚持以能力为本位,以就业为导向,以服务学生职业生涯发展为目的的指导思想。主要从以下三个角度切入:

1. 从专业建设角度

该系列教材摒弃了传统普通高等教育和传统职业教育“学科性专业”的束缚,致力于中等职业教育“技术性专业”。主体内容由与一线技术工作相关联的岗位有关知识所构成,充分体现职业技术岗位的有效性、综合性和发展性,使得该系列教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融于一炉。

2. 从课程建设角度

该系列教材规避了现有的中等职业教育教材内容上的“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上的“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上的“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向,力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学和能力的培养,使职业能力的提升贯穿于教学的全过程。

3. 从人才培养模式角度

该系列教材为了切合中等职业教育人才培养的产学结合、工学交替培养模式,注重有学就有练、学完就能练、边学边练的同步教学,吸纳新技术引用、生产案例等情景来激活课堂。同时,为了结合学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习实际,注重对新知识、新工艺、新方法、新标准引入,在培养学生创造能力和自我学习能力的培养基础上,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了贯彻和落实上述指导思想,在本系列教材的内容编写上,我们坚持以下一些原则:

1. 适应性原则

在进行广泛的社会调查基础上,根据当今国家的政策法规、经济体制、产业结

构、技术进步和管理水平对人才的结构需求来确定教材内容。依靠专业自身基础条件和发展的可行性,以相关行业和区域经济状况为依托,特别强调面向岗位群体的指向性,淡化行业界限、看重市场选择的用人趋势,保证学生的岗位适应能力得到训练,使其有较强的择业能力,从而使教材有活力、有质量。

2. 特色性原则

在调整原有专业内容和设置专业新兴内容时,注意保留和优化原有的、至今仍适应社会需求的内容,但随着社会发展和科技进步,及时充实和重点落实与专业相关的新内容。“特色”主要是体现为“人无我有”,“人有我精”或“众有我新”,科学预测人才需求远景和人才培养的周期性,以适当超前性专业技术来引领教材的时代性。结合一些一线工作的实际需要和一些地方用人单位的区域资源优势、支柱产业及其发展方向,参考发达地区的发展历程,力争做到专业课内容的成熟期与人才需求的高峰期相一致。

3. 宽口径性原则

拓宽教材基础是提高专业适应性的重要保证之一。市场体制下的人才结构变化加快,科技迅猛发展引起技术手段不断更新,用人机制的改革使人才转岗频繁,由此要求大部分专门人才应是“复合型”的。具体课程内容应是当宽则宽,当窄则窄。在紧扣本专业课程内容基础上延伸或派生出一些适应需求的与其他专业课相关的综合技能。既满足了社会需求又充分锻炼学生的综合能力,挖掘了其潜力。

4. 稳定性和灵活性原则

中职职业教育的专业课程都有其内核的稳定性,这种内核主要是体现在其基本理论,基础知识等方面。通过稳定性形成专业课程教材的专业性特点,但同时以灵活的手段结合目标教学和任务教学的形式,设置与生产实践相切合的项目,推进教材教学与实际工作岗位对接。

为了更好地落实本教材的指导思想和编写原则,教材的编写者都是既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强实践技能的专家,他们分别是:相关学科领域的专家;中等职业教育科研带头人;教学一线的高级教师。同时邀请众多行业协会合作参与编写,将理论性与实践性高度统一,打造精品教材。另外,还聘请生产一线的技术专家来审读修订稿件,以确保教材的实用性、先进性、技术性。

总之,该系列教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本系列教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

北京理工大学出版社

前言



随着科学技术的飞速发展,机械制造技术正在发生着深刻的变革,传统的普通加工设备已难以适应市场对产品高质量、高效率、多样化的要求,而以数控技术为核心的现代制造技术正在逐渐取代传统的机械制造技术。为了更好地培养面向 21 世纪的中等职业技术人员,适应新世纪对专业知识的需求,教育部选择了一些重要专业进行面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材的编写工作,作为中等职业学校机械加工技术专业的一门主干课程——数控机床加工技术的建设被提到了优先发展的地位。

该书共分五章,主要介绍数控机床基本知识、数控加工工艺、数控车床及编程、数控铣床及编程、数控机床的应用和维护等内容。本书内容讲解简明扼要、浅显易懂,理论结合实践,可作为中职数控技术、机电一体化和机械制造专业的教材,也可作为数控技术从业人员的自学和培训用书,还可供从事数控机床销售与维护服务的工程技术人员参考。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的教材与资料,在此谨致谢意。由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 数控机床概述.....	1
第一节 数控机床的产生和发展趋势.....	1
第二节 数控机床的基础知识.....	4
第二章 数控加工工艺	10
第一节 数控加工工艺的基础知识	10
第二节 数控加工工艺分析	13
第三节 数控加工刀具和机床夹具	16
第四节 数控加工工艺路线的确定和工艺文件的编制	23
第三章 数控车床及程序编制	31
第一节 数控车床概述	31
第二节 数控车床编程基础	41
第三节 数控车床实训项目	45
第四章 数控铣床及程序编制	59
第一节 数控铣床概述	59
第二节 数控铣床编程基础	63
第三节 数控铣床实训项目	78

第五章 数控机床的选用、安装及维护..... 0

第一节 数控机床的选用	86
第二节 数控机床的安装和调试	89
第三节 数控机床的故障和维护	92



第一章

数控机床概述



本章概述

本章对数控机床的一般知识进行介绍，主要内容包括：数控机床的产生与发展趋势，数控机床的基础知识（分类、组成及工作原理），重点是数控机床的分类和组成。



教学目标

1. 了解数控机床的产生和发展过程以及未来的发展趋势。
2. 掌握数控机床的分类和组成，了解其工作原理。

* * * * *

第一节 数控机床的产生和发展趋势

一、数控机床的产生和发展

数字控制机床（Numerically Controlled Machine Tool），是近代发展起来的一种自动控制机床，通过数字信息自动控制机床的运转。数控机床的加工程序和运动变量（如坐标方向、位移量、轴的转向和转速等）通过数控装置自动控制，同时具有自动换刀、自动测量、自动润滑和自动冷却等功能。

数控机床的发展完全依赖于数控系统的发展。自 1952 年美国研制出第一台数控铣床起，数控系统经历了两个阶段和六代的发展。

1. 数控（NC）阶段（1952—1970 年）

早期计算机的运算速度低，这虽然对当时的科学计算和数据处理影响并不大，但却不能适应机床适时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统，这被称为硬件连接数控（Hard-wired NC），简称为数控（NC）。随着元器件的发展，这个阶段经历了三代，即：

- 第一代数控：1952—1959 年采用电子管元件构成的专用 NC 装置；
- 第二代数控：1959—1964 年采用晶体管电路的 NC 装置；
- 第三代数控：1965—1970 年采用小、中规模集成电路的 NC 装置。

2. 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970 至今)

到 1970 年, 通用小型计算机已批量生产, 其运算速度比 20 世纪五六十年代有了大幅度的提高, 这比专门“搭”成的专用计算机成本低、可靠性高, 于是将它移植过来作为数控系统的核心部件, 从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段。随着计算机技术的发展, 这个阶段也经历了三代, 即:

- 第四代数控: 1970—1974 年采用大规模集成电路的小型通用计算机数控系统;
- 第五代数控: 1974—1990 年应用微处理器的计算机数控系统;
- 第六代数控: 1990 年以后, PC (个人计算机, 国内习惯称微机) 的性能已发展到很高的阶段, 可满足作为数控系统核心部件的要求, 数控系统从此进入了基于 PC (PC—BASED) 的时代。

二、数控机床发展的趋势

1. 提高数控系统的智能化和可靠性

在数控机床上应用自适应控制技术, 能使数控机床根据切削条件的变化随时自动调节各相关工作参数、切削用量等, 使加工过程始终保持最佳工作状态。

自适应控制技术, 即在加工过程中数控系统可以根据工件、刀具、机床等一系列实际参数的变化, 自动修改机床切削进给量, 使机床能“适应”加工过程中的各种随机变量任一瞬时变化, 并使之始终保持最佳加工状态。

目前, 现代数控系统的智能化正朝着运用自适应控制技术, 实现自动检测及更换刀具, 故障自诊断、自修复, 自动定心, 人-机对话自动编程以及图像识别和声控技术的方向发展。

数控系统的高可靠性是提高数控机床可靠性的关键。现代数控机床的硬件采用更高集成度的电路芯片和由多种功能模块制成的硬件系统, 使数控机床制造向模块化、标准化、智能化方向发展。模块化、标准化、智能化有利于提高制造和运行的可靠性, 便于维修和保养。而具有人工智能功能的故障诊断系统软件的开发及使用, 可以增强机床自诊断、自恢复的保护功能, 从而大幅降低了系统的故障率。

2. 提高速度和精度

提高速度及精度是提高生产率的主要手段。现代数控机床正朝着提高加工速度及加工精度的方向发展。例如, 采用高性能的数控系统及伺服系统, 已经可以使一个程序段的处理时间缩短到 0.5 ms; 达到最小位移单位 $0.1\mu\text{m}$ 时, 最大进给速度大于 100 m/min ; 采用陶瓷球的滚珠轴承等措施, 可使主轴转速大大提高 ($10\,000 \sim 60\,000\text{ r/min}$); 高分辨率的位置编码器 (绝对位置的测量可达 $163\,840$ 脉冲/r) 和各种误差补偿技术的使用, 也使加工精度不断提高。

(1) 高速度方面 沈阳机床股份公司采用引进技术生产的 DIG165 型高速铣削中心的主轴最高转速达到了 $40\,000\text{ r/min}$, 最大进给速度可达 30 m/min ; 北京第一机床厂生产的 VRA400 立式加工中心的主轴最高转速可达 $20\,000\text{ r/min}$, 最大进给速度可达 45 m/min 。

(2) 高精度方面 北京机床研究所研制成功的 NAM—800 机床是我国首创的大型纳米级数控车床。这种机床应用了先进的数控技术、伺服技术及精密制造和精密测量技术, 成功地解决了超精密导轨制造、轴系制造、温控、隔振等技术难关, 反馈系统分辨率为 2.5 nm , 机械进给系统可实现 5 nm 的微小位移, 主轴回转精度为 $0.3\mu\text{m}$, 滑板移动直线度为 $0.15\mu\text{m}/200\text{mm}$, 加工表面粗糙度值 $Ra < 0.008\mu\text{m}$ 。这种机床为我国航天航空、天文、光

学、激光等尖端技术行业所需的大型极高精度的核心部件提供了纳米级的切削加工手段和相关的技术支持。

3. 数控机床结构现代化

目前在先进数控机床的机床主体结构设计和制造上,正向着模块化数控机床的方向发展。将典型的零部件制造标准化、通用化和系列化,把组合机床的积木式设计应用到机床整体设计中,将某种机床的组成部件设计成若干个模块部件,通过组合可以形成多种形式和不同用途的机床。应用这种技术的制造商可以使自己的产品具有精度高、功能多及互换性好等优点。我国的一些机床厂在这方面已经取得了一定的进展和成果。

1998年,清华大学和天津大学共同研制成功了六自由度并联机床(虚拟轴机床)。2001年,北京CIMT展会上展出了由清华大学与昆明机床股份公司、大连机床集团公司和江东机床厂联合研制的三种不同结构形式的并联机床和另一台由哈尔滨工业大学与哈尔滨量具刀具厂研制的并联机床,这种机床在定位精度和加工精度上都达到了实用要求,这表明我国的数控机床技术水平有了很大提高,产品正向着更高的水平发展。

4. 数控技术多功能化和综合自动化

目前数控技术正随着微电子技术、计算机技术、成组技术和系统工程技术等的发展,使机械工业从传统的概念和方法中解脱出来。数控设备正向着多功能化、综合自动化的方向不断发展。

采用计算机辅助制造(CAM)技术,使计算机参与从零件材料到加工和装配、检测直至成品出库的整个过程。从在一台设备上增加控制坐标轴的个数以提高自动化程度,到在一台设备上实现多工序自动控制,再到加工中心(MC),在一台机床上可实现车、铣、钻、镗、攻螺纹等多种功能,制造自动化技术正朝着柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和智能制造系统的方向发展。

柔性制造系统这一概念的初创者在一条数控自动化加工线上率先使用了“FMS”一词,该线的特点是能完成多品种、中小批量的加工任务。柔性制造系统由数控加工系统、物流控制系统等组成,拥有物流控制系统是柔性制造系统的特点。柔性制造系统适应性更强,生产率更高,加工范围可随时调整。柔性制造系统包括各制造单元(数控机床、加工中心和测量机等)、工夹具、无人送料车、自动化仓库以及一套计算机控制系统、物流控制和信息网络等。

最新发展的是以数控机床为基本单元的计算机集成制造系统,即CIMS系统(Computer Integrated Manufacturing System)。它综合利用了CAD/CAPP/CAM/DNC/FMS及工厂自动化系统,用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造,是建立在多项先进技术基础上的高技术制造系统。CIMS通常由管理信息系统、产品设计工程信息系统、制造自动化系统、质量保证系统以及计算机网络和数据库系统组成。在我国,1994年清华大学成立了“国家CIMS工程中心”。北京第一机床厂的CIMS工程经过10年的开发和实施,在产品的开发期、交货期、质量和成本方面取得了可喜的成果。

目前已有许多企业采用了计算机辅助设计、计算机集成制造等信息化技术,提高了企业对市场的快速反应能力。

现在通过网络技术,数字化制造已经进入了信息高速公路;敏捷制造、网络化设计与制造、虚拟制造等技术也正在全面快速发展。

第二节 数控机床的基础知识

一、数控机床的分类

数控机床的种类很多,从不同角度出发就有不同的分类方法,通常有以下几种分类方法。

1. 按控制功能分类

(1) 点位控制数控机床 这类数控机床能控制两个坐标轴带动刀具或工作台从一个点(坐标位置)准确快速地移动到下一个点(坐标位置),然后控制第三个坐标轴进行钻削、镗削等切削加工。它具有较高的位置定位精度,在移动过程中不进行切削加工,因此对运动轨迹没有要求。点位控制数控机床主要用于平面内的孔系加工,包括点位控制数控钻床、点位控制数控镗床、点位控制数控冲床等。

(2) 直线控制数控机床 这类数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度从一个点沿一条直线准确地移动到下一个点,移动过程中能进行切削加工,根据切削条件和加工材料的不同,进给速度可在一定范围内调节。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带动多轴箱沿工件轴向进给方向进行钻削、镗削等切削加工,它可以算作一种直线控制数控机床。

(3) 轮廓控制数控机床 这类数控机床具有控制沿几个坐标轴同时协调运动的功能即多坐标轴联动的功能,可使刀具相对于工件按程序指定的轨迹和速度运动,在运动过程中能进行连续切削加工。这类数控机床包括用于加工曲线和曲面零件的数控车床、数控铣床、加工中心等。现代的数控机床基本上都是这种类型。根据其联动轴数还可细分为2轴联动(X 、 Z 轴联动或 X 、 Y 轴联动)、2.5轴联动(任意二轴联动,第三轴周期进给)、3轴联动(X 、 Y 、 Z 三轴联动)、4轴联动(X 、 Y 、 Z 和 A 或 B 四轴联动)、5轴联动(X 、 Y 、 Z 和 A 、 C 或 X 、 Y 、 Z 和 B 、 C 或 X 、 Y 、 Z 和 A 、 B 五轴联动)的数控机床。联动坐标轴数越多则加工程序的编制越复杂,通常三轴联动以上的零件加工程序均采用自动编程系统编制。

2. 按进给伺服系统类型分类

按数控系统的进给伺服系统有无位置测量反馈装置可分为开环数控机床和闭环数控机床。闭环数控机床根据位置测量装置安装的位置不同又可分为全闭环数控机床和半闭环数控机床两种。

(1) 开环数控机床 开环数控机床采用开环进给伺服系统,图1-1所示为开环进给伺服系统简图。由图可知,开环进给伺服系统没有位置测量反馈装置,信号流是单向的(数控装置—进给系统),故系统稳定性好,但由于无位置反馈,相对闭环系统而言,控制精度不高,其精度主要取决于伺服驱动系统和机械传动机构的性能和精度。这类数控机床一般以步进电动机作为伺服驱动元件,具有机构简单、工作稳定、调试方便、维修简单、价格低廉等优点。在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合开环数控机床得到广泛应用。

(2) 半闭环数控机床 半闭环数控机床采用半闭环进给伺服系统,图1-2所示为半闭环进给伺服系统简图。半闭环数控系统的位置检测点从驱动电动机(常用交、直流伺服电动机)或丝杠端引出,是通过检测电动机和丝杠旋转角度来间接检测工作台的位移量,而不

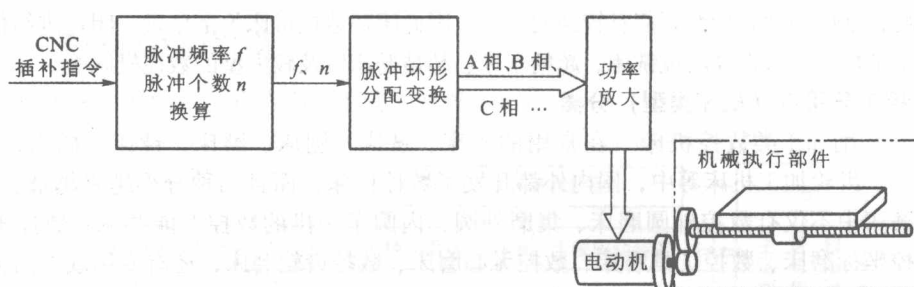


图 1-1 开环进给伺服系统简图

是直接检测工作台的实际位置。由于在半闭环系统内不包括或只包括少量机械环节，因此可获得较稳定的控制性能。这类数控系统的稳定性虽不如开环系统，但比闭环系统要好。另外，在位置环内各组成环节的误差可得到某种程度的纠正，如位置环处不能直接消除的丝杠螺距误差、齿轮间隙引起的运动误差等均可通过软件进行补偿以提高机床系统的运动精度，因此半闭环数控机床得到了广泛应用。

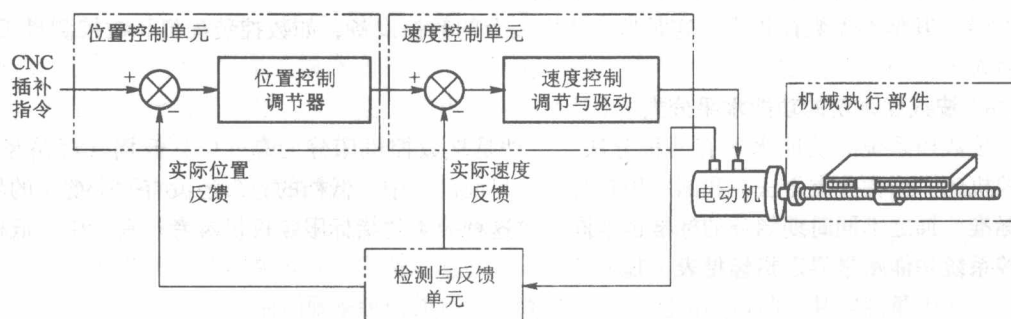


图 1-2 半闭环进给伺服系统简图

(3) 闭环数控机床 闭环数控机床采用闭环进给伺服系统，图 1-3 所示为闭环伺服系统简图。闭环进给伺服系统的位置检测点如图 1-3 中的点画线所示，它直接对工作台的实际位置进行检测。理论上讲，闭环数控机床可以消除整个驱动和传动环节的误差、间隙和失动量，具有很高的位置控制精度。但由于位置环系统的设计、安装和调试都有相当的难度，且对其组成环

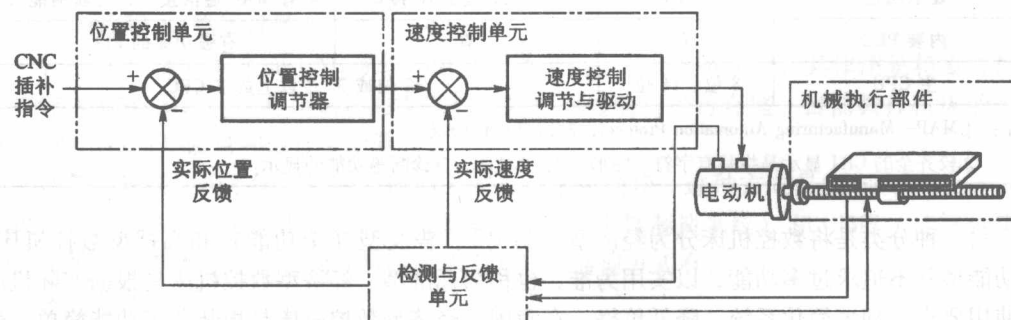


图 1-3 闭环伺服系统简图

节的精度、刚性和动态特性等都有较高的要求，因此闭环数控机床价格昂贵。闭环进给伺服系统主要用于精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床以及较大型的数控机床等。

3. 控工艺用途（机床类型）分类

(1) 切削加工类数控机床 在常用的车床、铣床、刨床、磨床、镗床、插床、拉床、切断机床、齿轮加工机床等中，国内外都开发了数控机床，而且品种分得越来越细。例如，在数控磨床中不仅有数控外圆磨床、集磨外圆、内圆于一机的数控万能磨床、数控平面磨床、数控坐标磨床、数控工具磨床、数控无心磨床、数控齿轮磨床，还有专用或专门化的数控轴承磨床、数控外螺纹磨床、数控内螺纹磨床、数控双端面磨床、数控凸轮轴磨床、数控曲轴磨床、能自动换砂轮的数控导轨磨床（又称导轨磨削中心）等，还有工艺范围更宽的车削中心、加工中心、柔性制造单元（FMC）等。

(2) 成形加工类数控机床 它是指具有通过物理方法改变工件形状功能的数控机床，如数控折弯机、数控冲床、数控弯管机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类数控机床 它是指具有特种加工功能的数控机床，如数控电火花成形机床、有自动换电极功能的“电加工中心”、数控激光切割机床、数控激光热处理机床、数控激光板料成形机床、数控等离子切割机等。

(4) 其他类型数控机床 它是指一些广义上的数控设备，如数控装配机、数控测量机、机器人等。

4. 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平有两种分法。一种是把数控机床分为高、中、低档（经济型）数控机床。这种分类方法在我国应用较普遍。目前高、中、低档的界限还没有一个统一的界定标准，加之不同时期划分的标准也不同，故这种分类的指标限定仅供参考。高、中、低档数控系统功能水平界定指标见表 1-1。

表 1-1 高、中、低档数控系统功能水平指标

功 能	低 档	中 档	高 档
分辨率/ μm	10	1	0.1
进给速度/ $(\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$	8 ~ 15	15 ~ 24	15 ~ 100
驱动轴数/轴	开环	半闭环或闭环直流或交流伺服系统	
通信功能	2 ~ 3	2 ~ 4	3 ~ 5 以上
显示功能	一般无	RS - 232 或 DNC 接口	可有 MAP 通信接口，有联网能力
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC
主 CPU	8 位、16 位	32 位或 32 位以上的多 CPU	

注：①MAP—Manufacturing Automation Protocol，制造自动化协议。

②较齐全的 CRT 显示是指具有字符、图形、人-机对话、自诊断等功能的显示。

另一种分类是将数控机床分为经济型（简易）、普及型（全功能）和高档型数控机床。全功能型并不追求过多功能，以实用为准，也称为标准型。经济型数控机床是根据实际机床的使用要求合理地简化系统，降低价格。在我国，经济型数控机床是指装备了功能简单、价格低、使用操作方便的低档数控系统的机床、线切割机及进行数控化改造的机床等。

二、数控机床的组成

数控机床主要由以下几个部分组成，如图 1-4 所示。

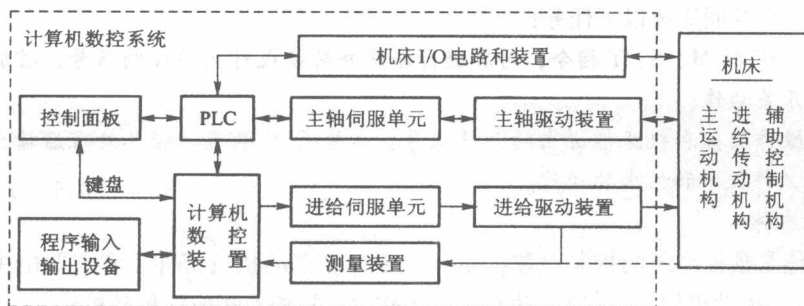


图 1-4 数控机床的组成

1. 计算机数控装置（CNC 装置）

计算机数控装置是计算机数控系统的核心，其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作命令进行相应的处理，然后输出控制命令到相应的执行部件（伺服单元、驱动装置和 PLC 等），完成零件加工程序或操作者的要求。所有这些工作都由 CNC 装置协调控制、合理组织，使整个系统有条理地工作。它主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块以及相应的控制软件等组成。

2. 伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置、主轴电动机、进给伺服驱动装置及进给电动机。测量装置是指位置和速度测量装置，它是实现主轴、进给速度闭环控制和进给位置闭环控制的必要装置。主轴伺服系统的作用是实现零件加工的切削运动，其控制量为速度。进给伺服系统的作用是实现零件加工所需的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能够灵敏、准确地实现 CNC 装置的速度和位置指令。

3. 控制面板

控制面板又称操作面板，是操作人员与数控机床（系统）进行信息交互的工具。操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改，也可以通过它了解和查询数控机床（系统）的运行状态。它是数控机床的一个输入/输出部件，主要由按钮站、状态灯、按键阵列（功能同于计算机键盘）和显示器等组成。

4. 程序输入/输出设备

程序输入/输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交换的装置，其作用是将零件加工程序输入 CNC 系统，或将调试好的零件加工程序通过输出进行存储。目前数控机床的程序输入/输出设备是磁盘和磁盘驱动器等。

此外，现代数控系统还可利用通信方式进行信息交换。这种方式是实现 CAD（计算机辅助设计）/CAM（计算机辅助制造）集成、FMS（柔性制造系统）和 CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前在数控机床常用的通信方式有：

- 串行通信；
- 自动控制专用接口；
- 网络技术。

5. PLC、机床 I/O（输入/输出）电路和装置

PLC 是用二进制与逻辑运算来控制与顺序动作有关的 I/O 电路，它由硬件和软件组成。机床 I/O 电路和装置是用来实现 I/O 控制的执行部件，由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成。它们共同完成以下任务：

- 接收 CNC 的 M、S、T 指令，对其进行译码并转换成对应的控制信号，控制装置完成机床相应的开关动作；
- 接收操作面板和机床传送来的 I/O 信号，送给 CNC 装置，经其处理后输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

6. 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象，是实现零件加工的执行部件。它主要由主运动机构（主轴、主运动传动机构）、进给运动部件（工作台、拖板及相应的传动机构）、支承件（立柱、床身等）以及特殊装置、自动工作台交换（APC）系统、自动刀具交换（ATC）系统和辅助装置（如冷却、润滑、排屑、转位和夹紧装置等）组成。

数控机床的组成相对于普通机床有以下几个特点：

- 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置，数控机床的机械传动装置得到了简化，传动链较短；
- 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能；
- 数控机床较多地采用高效传动部件，如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

三、数控机床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1-5 所示。首先根据被加工零件的状态、尺寸及工艺要求等，手工或通过计算机进行零件加工的程序编制，把加工零件所需的机床各种动作及工艺参数变

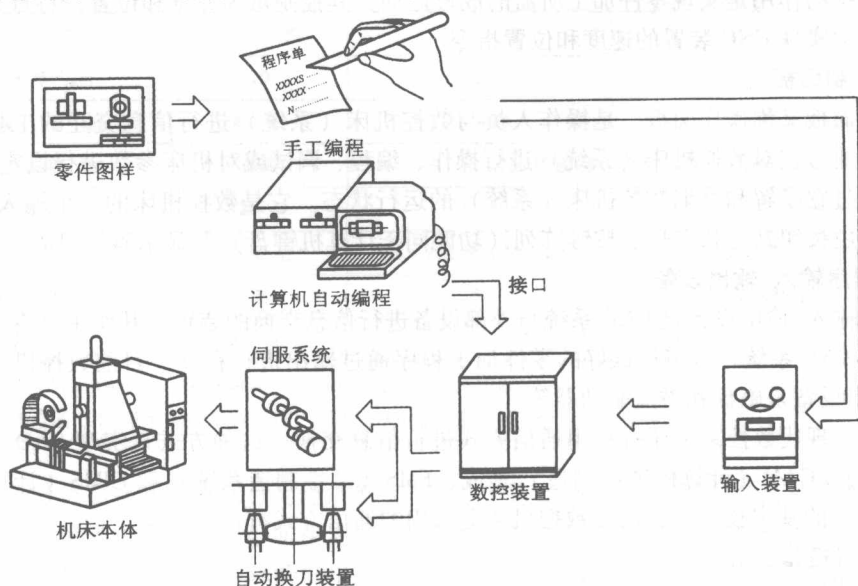


图 1-5 数控机床的工作原理示意图

成数控装置所能接受的程序代码,然后经输入装置送入数控装置。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算转变成脉冲信号,有的脉冲信号传送到机床的伺服系统,经传动装置驱动机床有关运动部件;有的脉冲信号则传送到可编程控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件夹紧、松开、冷却液的开闭、刀具的自动更换等。



小锦囊

“十一五”期间我国数控机床发展前景

“十一五”时期数控机床产业的发展目标及重点已基本确定,未来五年的突破重点是:大型、精密、高速数控装备和数控系统及功能部件,改变大型、高精度数控机床大部分依赖进口的现状。力争通过加快产业和产品结构的大规模调整,“十一五”末国产数控机床占国内需求的比重从现在的不足40%上升至50%以上,国产数控机床采用自己的功能部件达到60%以上。

“十一五”时期下游行业需求强劲。近年来制造业成为了国家大力支持和发展的行业,而各个制造行业的发展都与机床装备的发展密切相关。机床下游行业主要由汽车零部件行业、通用机械零部件行业、航空航天和模具行业等为主。2004年汽车零部件和工程机械行业消耗了近50%的机床。其中,汽车零部件制造业的发展对机床业影响最大,以1990—2005年的数据进行分析,二者产量相关系数为0.82,产量增幅的相关系数是0.61。

我国机床行业发展前景广阔。根据我国数控车床1996—2005年消费数量,通过模型拟合,预计2009年数控车床销售数量将达8.9万台,年均增长率为16.5%。根据我国加工中心1996—2005年消费增长模型,预计2009年加工中心消费数量将达2.8万台,较2005年年均增长率为17.8%。

“十一五”我国数控机床开发的重点:一是重点发展关键功能部件和数控系统,为数控机床产品升级奠定基础。主要发展项目包括中高档数控系统、高速主轴及其伺服单元、高性能刀库及机械手、高速滚珠丝杠和直线导轨副、直线电机、全功能数控刀架和数控转台、高速防护装置等。二是高精度数字化测量仪器和数控刀具。三是满足国家重点工程需要,实施高级型数控机床示范工程。重点发展的高级数控机床范围有:高速、精密数控车床,车削中心类及四轴以上联动的复合加工机床;高速、高精度数控铣镗床,高速、高精度立卧式加工中心;重型、超重型数控机床;数控磨床;数控电加工机床;数控金属成形机床(锻压设备);数控专用机床及生产线等。

本章小结

1. NC 的含义是什么? NC 机床与 CNC 机床的特点各是什么?
2. 数控技术是如何产生及发展的? 数控技术在我国的发展有何特点?
3. 数控技术发展的趋势是什么?
4. 数控机床的分类通常是如何划分的?
5. 数控机床按照其控制功能,可以分成哪几类?
6. 什么是开环、闭环、半闭环数控机床? 它们之间有什么区别?
7. 数控机床由哪些部分组成? 各有什么作用?
8. 简述数控机床的工作原理。