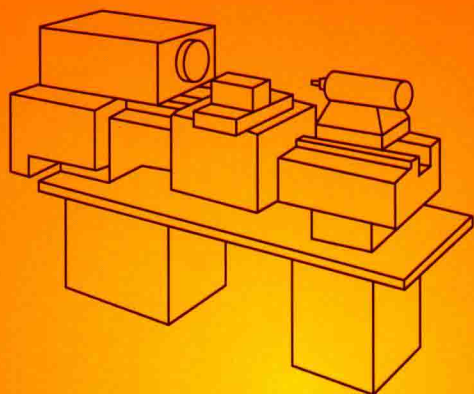




实战数控车床操作 编程与维修

○ 李银涛 主编 ○ 董国强 化人山 副主编

SHIZHAN
SHUKONG CHECHUANG
CAOZUO BIANCHENG YU WEIXIU



化学工业出版社

实战数控车床操作 编程与维修

◎ 李银涛 主编

◎ 董国强 化人山 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以 FANUC 数控系统认知、使用到维修为主线,围绕数控车床的设备、工艺、编程、操作及常见故障的维修等内容,全面系统地介绍了数控技术的基础知识、数控车床的数控系统、车削加工的工艺分析、编程技术、数控车床的操作、数控机床的维修。用实例的形式讲解数控车床的使用方法和具体加工中的细节及工艺处理问题。书中精选了全国大赛的数控车高级工题型和全国数控车技能大赛的部分试题。

本书可供高技能型数控人才和中、高等职业院校数控及相关专业师生使用,特别适合作为国家职业技能鉴定数控中、高级技工、技师的考试参考用书,还可作为从事数控机床使用、维修等工作的技术人员培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

实战数控车床操作编程与维修/李银涛主编. —北京:
化学工业出版社, 2017.8
ISBN 978-7-122-30003-4

I. ①实… II. ①李… III. ①数控机床-车床-操作
②数控机床-车床-程序设计 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 145297 号

责任编辑:高 钰
责任校对:王素芹

文字编辑:陈 皓
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张10 字数240千字 2017年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究



前言

数控技术及数控机床的广泛应用给机械制造业的产业结构、产品种类和档次以及生产方式带来了革命性的变化。本书根据 FANUC 系统的数控操作编程及数控机床常见故障的维修保养等问题展开分析及讲解,针对普通高等院校及中专机电类专业学生的特点,突出数控车床的实用性和数控机床的操作性,做到理论与实践的最佳结合。

本书编写中注重引入本学科前沿的最新知识理念,力求体现培养全面高技能人才的先进性,参考了国家对高技能人才的培养计划,也融入了编者长期的教学实践心得,尤其为振兴中国制造 2025 人才培养目标,结合现代化教学模式的经验及教训积累一些实践经验。

本书分为基础篇和应用篇两部分,一共六个章节。

基础篇:第一章 数控机床简介、第二章 数控车床编程和第三章 宏程序,介绍了数控车床的基础知识,包括数控机床原理、分类、刀具以及指令的讲解等。

应用篇:是实战篇,运用大量有代表性的实例讲解了数控系统的编程、操作、工艺制定、维修、保养、系统参数设置等,解决了实际机床使用中遇到的问题,包括第四章 典型回转体零件加工、第五章 FANUC 数控车床操作、第六章 数控车床常见故障的诊断及排除。

数控车床的广泛应用给传统机电类人才培养带来了新的挑战,本书以突出编程实战为主线,在分析数控加工工艺的基础上应用多种实例,重点讲述了对生产中常见的产品类型进行数控加工的操作方法和编程思路,以及对数控车床经常发生的故障诊断和排除方法进行分析。详细讲解了每个指令、每个例题,本书编写理论简洁易懂,步骤清晰明了,便于掌握应用。

针对数控编程操作动手能力强的特点,本书突出了实战的学习方法,通过逐步学习编程加工指令,简明扼要,图文并茂,通俗易懂,用简单的语言、灵活的例题、丰富的习题去轻松学习,变枯燥的学习过程为有趣的探索。

① 简明扼要的知识提炼:本书以数控车编程为主线,简明扼要地介绍了数控车加工中的重要知识点,有针对性地阐述了数控车床的结构、工作性能、加工特点、机床的保养、常用的故障诊断排除、系统参数设定、分析刀具的种类和参数的设定,并结合实例对数控车加工工艺及常见故障的排除方法进行了详细的阐述。

② 循序渐进的课程讲解:数控车床操作不是一蹴而就的,也不是按照指令生搬硬套的。编者结合多年的教学和参加大赛的实践,推荐本书的学习方法是:按照数控车床的编程操作使用方式,由浅到深,由易到难,再去熟悉数控车床的系统参数、故障的查找排除;从简单的单一命令到复合循环指令的应用,从单件生产到配合件的制作,从了解 FANUC 系统的参数设置到会排除常见故障,能独立编程操作、维修等全面地实现高

技能人才的培养。

③ 紧密实践的操作指导：本书讲解的实例紧密联系实际，并详细讲解了 FANUC 系统的数控车床的操作、编程、参数设置、故障排查和维修方法，使所学知识和实际相结合，快速达到技能水平高、技术全面的效果。

本书精选了大量的典型的案例，取材适当，内容丰富，理论联系实际。所有案例都经过实践检验，所给程序都进行了详细注解说明，选取了经常发生的机床故障案例进行讲解，便于读者和实际机床进行对照，通俗易懂。

④ 免费下载电子教案：本书的内容已制作成用于多媒体教学的 PPT 课件，并将免费提供给彩用本书作为教材的院校使用。如有需要，请发电子邮件至 cipedu@163.com 获取，或登录 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本书由李银涛主编，董国强、化人山任副主编。具体参加编写人员如下：李银涛编写第六章，董国强编写第五章并审稿，化人山编写第四章，许新伟编写第一章，蒋洪强、潘敏编写第二章、第三章，并提出许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者，批评指正，以便进一步提高。

编者

2017 年 3 月

目录

基础篇	1
第一章 数控机床简介	2
第一节 数控机床概述	2
一、数控技术基本概念	2
二、数控发展的趋势	3
三、数控机床的基本组成	6
四、数控机床的工作原理	8
第二节 数控车床的基础	8
一、数控车床的分类	8
二、数控车床的加工对象	10
三、数控车床刀具	11
习题	16
第二章 数控车床编程	19
第一节 数控车床坐标系	19
第二节 FANUC 0i 系统 G 功能指令与 M 功能指令	20
一、FANUC 0i 系统 G 功能指令	20
二、辅助功能 (M)	21
第三节 基本指令 G00/G01/G02/G03	21
一、快速定位 G00 指令	21
二、直线插补 G01 指令	22
三、圆弧插补指令 G02/G03	23
第四节 单一循环功能 G90/G94	24
一、单一固定循环指令 (外径/内径切削循环 G90)	24
二、单一固定循环指令 (端面切削循环 G94)	25
第五节 复合循环功能 G71/G72/G73/G70	26
一、外径、内径粗加工循环指令 G71	27
二、端面粗加工循环指令 G72	27
三、成形粗车循环指令 G73	28
四、精加工循环指令 G70	30
第六节 螺纹加工功能 G32/G92/G76	30
一、单行程螺纹切削指令 G32	30
二、螺纹车削单一循环 G92	30
三、螺纹切削复合循环指令 G76	32
第七节 端面深孔加工和切槽功能 G74/G75	33

一、端面深孔加工循环指令 G74	33
二、切槽循环指令 G75	34
第八节 补偿功能 G40/G41/G42	35
第九节 坐标系功能 G50/G54/G55/G56/G57/G58/G59	37
一、车床坐标系设定 G50	37
二、工件坐标系选择指令 G54、G55、G56、G57、G58、G59	37
第十节 调用子程序功能 M98/M99	38
一、子程序的编程格式	38
二、子程序调用指令 M98	38
三、子程序调用的嵌套	38
第十一节 其他功能 G04/G20/G21	39
一、暂停指令 G04	39
二、米制尺寸与英制尺寸	39
习题	40
第三章 宏程序	43
第一节 宏程序基本知识	43
一、用户宏程序的概念	43
二、宏程序的调用和编写格式	44
三、变量	44
四、算术运算指令	45
五、控制指令	45
第二节 椭圆类零件的宏编程	47
一、任务描述	47
二、任务实施	47
第三节 抛物线类零件的编程	50
一、任务描述	50
二、任务实施	51
习题	52
应用篇	55
第四章 典型回转体零件加工	56
第一节 数控加工工艺文件的编写	56
一、数控加工工艺规程所包括的内容	56
二、工艺路线的编制	56
三、基准	57
四、数控加工工艺卡片	59
第二节 螺纹手柄加工与编程	59
一、车床螺纹手柄的数控加工	59
二、刀具及几何参数	61
三、节点计算及程序编写	61

第三节 衬套类零件的加工与编程	63
一、衬套类零件的加工	63
二、刀具及几何参数	65
三、节点计算及程序编写	65
第四节 内圆球面螺纹轴加工与编程	68
一、内圆球面螺纹轴加工	68
二、刀具及几何参数	70
三、节点计算及程序编写	70
第五节 梯形螺纹轴加工与编程	72
一、梯形螺纹轴加工	72
二、刀具及几何参数	74
三、节点计算(略)及程序编写	74
第六节 球面法兰配合件加工及编程	77
一、球面法兰配合件加工	77
二、刀具及几何参数	80
三、节点计算及程序编写	80
第七节 圆弧螺纹轴的加工与编程	87
一、圆弧螺纹轴加工	87
二、刀具及几何参数选择	87
三、节点计算(略)及程序编写	88
习题	88
第五章 FANUC 数控车床操作	92
第一节 数控车床面板操作	92
一、CAK6136V 车床操作面板组成	92
二、数控车床开机、关机基本操作	94
三、CAK6136V 车床手动操作	100
四、CAK6136V 车床程序操作	102
五、CAK6136V 车床数据的显示与设定	107
第二节 数控车削加工实例	109
一、机床开机	109
二、右端工件装夹	110
三、刀具装夹	110
四、右端工件加工坐标系建立	111
习题	118
第六章 数控车床常见故障的诊断及排除	121
第一节 数控车床故障诊断及排除概述	121
一、数控车床一般故障诊断的类型与特点	121
二、数控车床的常见故障维修特点	122
第二节 FANUC Oi 数控系统和伺服系统的常见故障及排除	123
一、FANUC Oi 系统诊断功能	123
二、引导系统屏幕界面进行数据的备份和恢复	124

第三节 典型的四工位电动刀架常见故障及排除	126
一、机电一体化动作过程分析	126
二、电气控制原理分析	127
三、常见典型故障	128
四、刀架维修的注意事项	129
第四节 FANUC 0i 系统故障报警信息	129
一、报警信息的查看方法	129
二、FANUC 0i 数控系统报警的分类	130
三、常见报警的故障排除思路	130
第五节 数控车床的日常维护与保养	135
一、数控车床日常维护与保养应注意的问题	135
二、数控车床故障诊断与维护数控系统的维护	135
三、数控车床故障诊断与维护机械部件的维护	136
第六节 数控车床安装及调试	136
一、数控车床的安装	136
二、数控车床的调试	137
习题	138
习题参考答案	141
参考文献	150

数控机床（CNC）是指通过计算机数控系统（CNC）对加工过程进行控制的机床。它通常由计算机、数控系统、伺服电机、刀具等组成。

数控机床的优点在于精度高、效率高、自动化程度高。它广泛应用于航空航天、汽车制造、模具加工等领域。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

基础篇

第一章 数控机床简介

第二章 数控车床编程

第三章 宏程序

数控机床是一种通过计算机数控系统（CNC）对加工过程进行控制的机床。它通常由计算机、数控系统、伺服电机、刀具等组成。数控机床的优点在于精度高、效率高、自动化程度高。它广泛应用于航空航天、汽车制造、模具加工等领域。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

本章主要介绍数控机床的基本概念、组成、分类及应用。通过本章的学习，读者将对数控机床有一个全面的了解。

第一章

数控机床简介

第一节 数控机床概述

1947 年为了精确地制作直升机叶片的样板，美国密歇根州特拉弗斯城帕森公司的帕森 (John C. Parson) 提出了用电子装置控制坐标镗床的方案。1949 年美国空军后勤司令部为了在短时间内能造出变更基础设计的火箭发动机零件与帕森公司合作，并选择麻省理工学院伺服机构研究所作为协作单位，经过近三年的努力于 1952 年研制成功了基于电子管和继电器的机床数控装置，用于控制三坐标立式铣床，它标志着第一代数控系统——电子管数控系统的诞生。

1959 年完全由固定布线的晶体管元器件电路所组成的第二代数控系统——晶体管数控系统研制成功，取代了昂贵、易坏、难以推广的电子管控制装置。随着数控系统的发展，使用者对数控系统的实用性、柔性、易维修性以及控制装置的功能环境和任意机床类型的适应性等方面的要求不断提高。要满足这些要求，对固定布线的晶体管元器件电路所组成晶体管数控系统而言困难很大。

随着集成电路技术的发展，1965 年出现了第三代数控系统——集成电路数控系统后，使这些问题的解决难度稍微降低了一些。以计算机作为数控系统的核心组件为这些复杂的问题提供了一种简单、经济的解决方法。1970 年在美国芝加哥国际机床展览会上，首次展出了第四代数控系统——小型计算机数控系统。

随着微型计算机以其无法比拟的性价比渗透到各个行业，1974 年出现了第五代数控系统——微型计算机数控系统。1990 年发展到了第 6 代——基于个人 PC 机 (PC-BASED) 的数控系统。

一、数控技术基本概念

1. 数控

数控 (NC) 是数字控制 (Numerical Control) 的简称，是采用数字化信号 (数值和符号) 对机床进行自动控制的一种方法。

2. 数控机床

采用数控技术的机床称为数控机床。国际信息处理联盟 (IFIP) 第五技术委员会对数控机床的定义是：数控机床是一种装有程序数控系统的机床，该系统逻辑地处理具有特定代码和其他符号编码指令规定的程序。与普通机床靠人手工操作进行加工相对应，数控机床的运

动是在程序（加工指令信息）控制下自动完成的。

3. 计算机数控系统

用计算机代替数控装置的系统称为计算机数控系统（CNC）。EIA（美国电子工业协会）所属的数控标准化委员会对 CNC 的定义是：CNC 是用一个存储程序的计算机，按照存储在计算机内的读写存储器中的控制程序去执行数控装置的部分或全部功能，在计算机之外的唯一装置是接口，CNC 系统是由程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程控制器（PLC）、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成的，如图 1-1 所示。

现代数控装置是以微型计算机为主体，统称为 CNC 数控装置。使用微型计算机的 CNC 系统，数控装置的性能和可靠性能得到了很大提高、成本不断下降、性能价格比优越，推动了数控机床的发展。

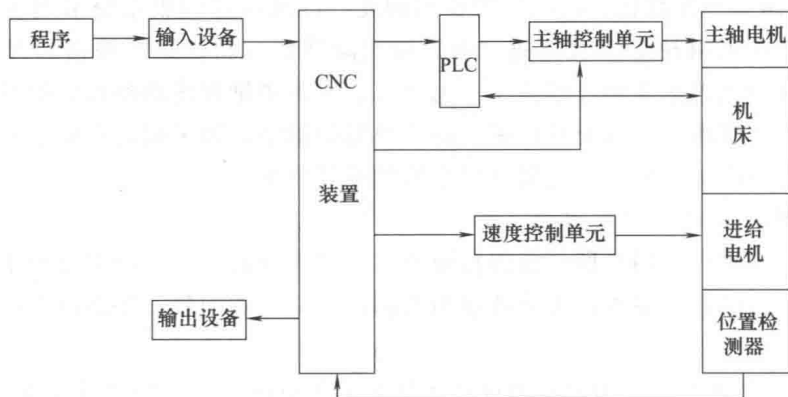


图 1-1 CNC 控制系统框图

应用一个或多个计算机作为数控系统的核心组件的数控系统统称为计算机数控系统（CNC）。随着微电子技术和微处理技术的飞速发展，特别是 32 位微处理器的问世，出现了以 32 位微机为核心部件的高性能 CNC 系统。它的主要特点是：能同时进行多任务处理；可得到高精度的进给分辨率；能进行高速度的插补运算和高速度的程序段处理；能够实现加工工程的高分辨率实时动态图像显示等。装有高性能 CNC 系统的数控机床在加工能力、加工速度、加工精度和自动化程度等方面都大幅度地得到提高。

二、数控发展的趋势

随着微电子技术和计算机技术的发展，数控系统性能日臻完善，数控系统应用领域日益扩大。为了满足社会经济发展和科技发展的需要，数控系统正朝着高速度、高精度、高可靠性、多功能、智能化、集成化、网络化及开放性方向发展。

1. 高速度、高精度

速度和精度是数控系统的两个重要技术指标，它直接关系到加工效率和产品质量。对于数控系统，高速度首先是要求计算机数控系统在读入加工指令数据后，能高速处理并计算出伺服电动机的位移量，并要求伺服电动机高速地做出反应；此外，要实现生产系统的高速度，还必须使主轴、进给系统、换刀装置、托盘交换装置等各种关键部件实现高速度。

提高微处理器的位数和速度是提高 CNC 速度的最有效的手段。日本 FANUC 公司曾宣称，该公司所有最新型号的 CNC 都使用 32 位微处理器技术。FANUC 公司的 FS15 数控系统采用 32 位机，实现了在最小移动单位为 $0.1\mu\text{m}$ 的情况下达到最大进给速度 $100\text{m}/\text{min}$ 。

FANUC 公司 FS16 和 FS18 数控系统还采用了简化与减少控制基本指令的精简指令计算机 (Reduced Instruction Set Computer, RISC), 它能进行高速的数据处理, 其执行指令速度可达到每秒 100 万条指令。现在一个程序段的处理时间可缩短到 0.5ms, 在连续 1mm 的移动指令下能实现的最大进给速度可达 120m/min。在数控机床的高速度化中, 提高主轴旋转速度占重要地位。有研究报告指出, 由于主轴高速化使得切削时间比过去缩短了 80%。主轴高速化的手段是采用高速内装式主轴电动机, 使主轴的驱动不必通过变速齿轮箱, 而是直接把电动机和主轴连接成一体装入主轴部件之中, 从而可将主轴转速提高到 40000~50000r/min。

提高数控机床的加工精度, 一般可以通过减少数控系统的误差和采用补偿技术达到。在减小 CNC 系统控制误差方面, 一般采取提高数控系统的分辨率、以微小程序段实现连续进给、使 CNC 控制单元精细化、提高位置检测精度, 以及位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法。在采用补偿技术方面, 除采用间隙补偿、丝杠螺距补偿和刀具补偿等技术外, 研究人员开始注意热变形补偿技术。电动机、回转主轴和传动丝杠副的发热变形会产生加工误差。为减小变形, 一方面可以采取减少热量的措施, 如采用流动油液对内装主轴电动机和主轴轴承进行冷却; 另一方面则可以采取热补偿技术。

2. 高可靠性

数控系统比较贵重, 用户期望发挥投资效益, 要求设备可靠。特别是对于要在长时间无人操作环境下运行的数控系统, 可靠性成为人们最为关注的问题。提高可靠性通常可采取如下措施:

① 提高线路集成度。采用大规模或超大规模的集成电路、专用芯片及混合式集成电路, 以减少元器件的数量, 精简外部连线 and 降低功耗。

② 建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系。例如, 采取防电源干扰, 输入输出光电隔离; 使数控系统模块化、通用化及标准化, 以便于组织批量生产及维修; 在安装制造时注意严格筛选元器件; 对系统可靠性进行全面的检查考核等。通过这些手段保证产品质量。

③ 增强故障自诊断功能和保护功能。数控系统可能由于元器件失效、编程及人为操作错误等原因出现故障。数控系统一般具有故障自诊断功能, 能够对硬件和软件进行故障诊断, 自动显示出故障的部位及类型, 以便快速排除故障。新型数控系统具有故障预报和自恢复功能。此外, 还应注意增强监控与保护功能, 例如, 有的系统设有刀具破损检测、行程范围保护和断电保护等功能, 以避免损坏机床及报废工件。由于采取了各种有效的可靠性措施, 现代数控系统的平均无故障时间 (MTBF) 可达到 10000~36000h。

3. 多功能化

一机多能的数控系统可以最大限度地提高设备的利用率, 数控加工中心 (Machining Center, MC) 便是一种能实现多工序加工的数控机床。这类数控系统控制的机床, 一般配有机械手和刀具库 (可存放 16~100 把刀具)。工件一经装夹, 数控系统就能控制机床自动地更换刀具, 连续对工件的各个加工面自动地完成铣削、镗削、铰孔、扩孔及攻螺纹等多工序加工, 把许多工序甚至许多不同的工艺过程都集中到一台设备上来完成, 从而避免多次装夹所造成的定位误差, 减少设备台数、工夹具和操作人员, 节省占地面积和辅助时间。为了提高效率, 新型数控机床在控制系统和机床结构上也有所改革。例如, 采取多系统混合控制方式, 用不同的切削方式 (车、钻、铣、攻螺纹等) 同时加工零件的不同部位等。现代数控

系统控制轴数有的多达 15 轴，同时联动的轴数有的已达到 6 轴。

4. 智能化

数控系统应用高技术的重要目标是智能化。智能化技术主要体现在以下几个方面：

① 引进自适应控制技术。自适应控制系统（Adaptive Control, AC）是 20 世纪 60 年代末发展起来的高精度、高效益的数控系统，目前的微型计算机数控装置（MNC）系统兼有 AC 功能。通常数控机床是按照预先编好的程序进行控制的，但随机因素如毛坯余量和硬度的不均匀、刀具的磨损等难以预测，为了确保质量，在编程时采用较保守的切削用量从而降低了加工效率。AC 系统可对机床主轴转矩、切削力、切削温度、刀具磨损等参数值进行自动测量，并由 CPU 进行比较运算后发出修改主轴转速和进给量大小的信号，确保 AC 处于最佳切削用量状态，从而在保证质量条件下使加工成本最低或生产率最高。AC 系统主要在宇航等工业部门应用，一般用于特种材料加工。

② 附加人机会话自动编程功能。建立切削用量专家系统和示教系统，从而达到提高编程效率和降低对编程人员技术水平要求。

③ 具有设备故障自诊断功能。数控系统出了故障，控制系统能够进行自诊断并自动采取排除故障的措施，以达到长时间无人环境的要求。

④ 引进模式识别技术。应用图像识别和声控技术，使机器自己辨认图样，按照自然语音命令进行加工。

5. 集成化

数控系统集成化发展趋势有以下两方面：

① 从点的控制（数控单机控制，加工中心控制系统和数控复合加工机床控制）、线的控制（FMC、FMS、FTL、FML 等的控制），向面的控制（工段车间独立孤岛的控制、FA 的控制）、体的控制（CIMS、分布式网络集成制造系统）的方向发展。为了适应这种发展趋势，一般的数控系统都具有 RS-232C 和 RS-422 高速串行接口，可以按照用户级的格式要求同上一级计算机进行多种数据交换。高档的数控系统具有 DNC 接口，可以实现几台数控机床之间的数据通信，也可以直接对几台数控机床进行控制。为了满足工厂自动化规模越来越大的要求，满足不同厂家、不同类型数控机床联网的需要，各生产厂家纷纷采用 MAP 工业控制网络为现代数控机床进入 FMS 及 CIMS 创造了条件。它使各机种便于联网，有可能将不同制造厂的智能设备用标准化通信网络设施连接起来，从工厂自动化（Factory Automation, FA）上层（设计信息、生产计划信息）到下层（控制信息、生产管理信息）通过信息交流促进集成化与综合化，实现分散处理体系，以及建立能够有效地利用系统全部信息资源的计算机网络。

② CAD/CAPP/CAM/CNC 的集成发展方向。为了改变 CNC 中用 G 代码给 CAD/CAM 集成的困难，1997 年欧盟开发了一种遵从 STEP 标准、面向对象的数据模型，提出了 STEP-NC 的概念，将产品模型数据转换标准 STEP（Standard for the Exchange of Produce Model Data）扩展至 CNC 领域，重新规定了 CAD/CAM 与 CNC 之间的接口。该项目已取得了实质性进展，不久就要进入实用阶段。STEP-NC 标准的使用无疑将使 CNC 系统在制造领域发挥更大的作用，将实现 CAD/CAPP/CAM/CNC 的整体集成。

6. 具有开放性

传统的数控系统是一种专用封闭式系统，各个厂家的产品之间以及与通用计算机之间不兼容，维修、升级困难，越来越难以满足市场对数控技术的要求。针对这种情况，提出了开

放式数控系统的概念。国内外正在大力研究开发开放式数控系统,有些已进入实用阶段。目前,数控系统正由专用封闭式控制模式向通用开放式控制模式转换。

7. 网络化数控系统

20 世纪 90 年代中期,由于 Internet/Intranet 与 Web 技术在制造业中广泛应用以及基于 PC 的开放数控技术取得了实质性进展,CNC 机床不但可以作为独立运行的加工设备,而且可以实现在计算机、网络和通信技术支持下形成网络化数控制造系统。

网络化数控系统可定义为:CNC 系统在 Internet/Intranet 技术支持下直接联网构成基于 Web 网络环境的站点,通过共享分布式网络数据库技术成为工艺信息、NC 程序、生产管理、制造控制和工况信息等制造信息的中心,并能和工厂其他应用实现融合集成的一种网络化分布式数字制造系统。

网络化数控系统通过信息技术和制造技术、生产管理和制造控制融合集成,支持企业实现网络化制造(e-M)及企业集成,能较好地解决企业内部的信息集成问题,从根本上弥补了制造车间与设计层间的沟通不畅的缺陷,提高了企业整体制造技术水平、生产率、创新能力和快速响应能力,从而提升了企业综合竞争力,以适应全球竞争的新经济环境。

8. 其他发展

① 为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数控制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能,广泛地应用机器人、物料自动存储检索系统等。这些给控制系统提出了更高的要求。

② 围绕数控技术、制造过程技术,在快速成形、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电主轴、直线电动机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破。并联杆结构的新型数控机床实用化,这种虚拟数控机床用软件的复杂性代替传统机床机构的复杂性,开拓了数控机床发展的新领域。

③ 向神经网络控制技术、模糊控制技术、数字化网络技术、虚拟制造技术以及 FMC、FMS、Web-based 制造和无图样制造技术的方向发展。

④ 数字控制技术在其他领域的广泛应用。高精度、高可靠性自动化仪表和现场总线智能仪表及其控制系统的开发;总线式自动测试系统软件及模件的开发;自调零、自校正、自诊断的数字化科学仪器(分析仪器、大地测量仪器、试验机)的开发;数字照相机、数字打印机、数字 IC 卡等文化办公设备的开发;医用 X 射线诊断装置、医用超声诊断设备、计算机层析扫描装置(CT)、核磁共振成像装置等医疗设备,各类医用电生理诊断设备,以及临床检验分析设备的开发等。

三、数控机床的基本组成

数控机床由控制介质、数控系统、伺服系统、反馈装置、辅助装置和机床本体 6 部分组成,如图 1-2 所示。

1. 控制介质

控制介质又称信息载体,是联系人与计算机的中间媒介物质,反映了数控加工中的全部信息。

2. 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。主要由输入装置、

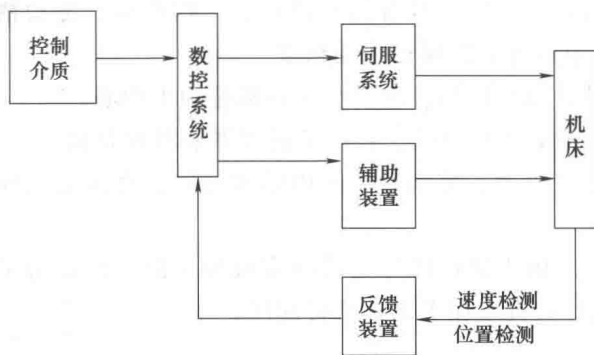


图 1-2 数控机床的系统组成框图

监视器、主控系统、可编程控制器（PLC）、输入输出接口等组成。

监视器由显示器和操作键盘组成。显示器有数码管、CRT、LCD 等多种形式，主要显示数控程序、各种参数、插补值、坐标位置、故障信息、人机对话编程菜单、零件图形、动态刀具运动轨迹等。

主控制系统由 CPU、存储器、控制器等部分组成。控制方式分运算处理控制和时序逻辑控制两类。主控制器数据内的插补运算模块是根据所读入的程序，通过译码、编译等信息处理后，进行相应的刀具轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号比较，从而控制机床各坐标轴的位移。时序逻辑控制主要由可编程控制器（PLC）来完成，它根据机床加工中的各个动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判别，从而控制机床各部件有条不紊地工作。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统与机床本体之间的电传动联系环节，主要由伺服电动机、驱动控制系统及位置检测反馈装置等组成，用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服控制。

① 进给伺服系统。它是数控机床的进给运动执行部分，包括位置控制单元、速度控制单元、伺服电动机、测量反馈单元等部分。它接受计算机发来的各种动作命令，驱动伺服电动机运动。伺服电动机分步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。进给伺服系统的性能直接影响到数控机床的加工精度和生产效率。

② 主轴伺服系统。它是机床切削加工时传递扭矩的部件，一般分为齿轮有级变速和电气无级调速两种类型。它由主轴驱动控制系统、主轴电动机及主轴机械传动机构等组成。

4. 反馈装置

反馈装置主要包括光电脉冲编码器、光栅位置传感器和直线感应同步器等装置。

5. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置、自动交换工作台机构、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

6. 机床本体

数控机床本体是指机械结构实体，由主传动机构、工作台、床身及主轴等部分组成。数控机床与普通机床相比，它的整体布局、外观造型、传动机构、刀具系统及操作机构等方面发生了很大变化，具体归纳如下。

① 采用高性能主传动及主轴部件，具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小等优点。

② 进给传动采用高效传动件，具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点。一般采用滚珠丝杠副、同步齿形带等，以保证传动精度。

③ 具有完善的刀具自动交换和管理系统（特别是加工中心）。

④ 在加工中心上一般有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。

⑤ 机床本身具有很高的动、静刚度。采用贴塑导轨、直线滚动导轨、静压导轨等精度高、摩擦因数小的部件。

⑥ 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工的，因此为了操作安全一般采用移动门结构的全封闭罩壳，对机床加工部件进行封闭。

四、数控机床的工作原理

数控机床是数字技术与机床相结合的产物，从狭义的方面看，数控一词就是“数控机床”的代名词；从广义的范围来看，数控技术本身在其他行业中有更广泛的应用，称为广义数字控制。数控机床就是将加工过程中的各种机床动作由数字化的代码表示，通过某种载体将信息输入数控系统，控制计算机对输入的数据进行处理，来控制机床的伺服系统或其他执行元件，使机床加工出所需要的工件，其过程如图 1-3 所示。

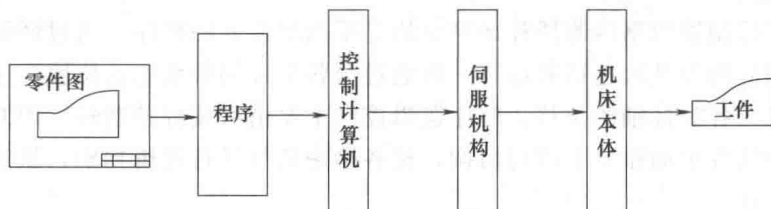


图 1-3 数控加工的过程

① 根据图样进行加工工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移数据。

② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单；或用自动编程软件进行 CAD/CAM 操作，直接生成零件的加工程序文件。

③ 程序的输入或输出：手工编写的程序通过数控机床的操作面板输入；软件生成的程序通过计算机的串行通信接口（如 RS-232C 等）直接传输到数据机床的数控单元。

④ 对输入到数控单元的加工程序进行试运行、刀具路径模拟等。

⑤ 通过对数控机床的正确操作，运行程序，完成零件的加工。

数控机床的基本工作原理：首先根据零件图样，结合加工工艺进行程序编制，然后通过键盘或其他输入设备（如穿孔纸带、软盘等）将程序输入到数控装置，数控装置将指令进行译码、寄存和插补运算后，向各坐标的伺服系统发出指令信号，驱动伺服电动机转动，并通过传动机构使刀具与工件相对位置按被加工零件的形状轨迹进行运动，并通过位置检测反馈以确保其定位精度。同时通过 PLC 实现系统其他必要的辅助动作，如自动变速、冷却润滑液的自动开停、工件的自动夹紧、放松及刀具的自动更换等，配合进给运动完成零件的自动加工。

第二节 数控车床的基础

一、数控车床的分类

数控车床品种繁多，规格不一，可按如下方法进行分类。