

# 数控技术的现状及发展趋势

宋春华

(西华大学 机械工程学院, 四川 成都 610039)

**摘要:**介绍了当今数控技术发展的趋势及国内外数控技术发展的现状,从性能、功能和体系结构三个方面,介绍了数控机床的产生、数控技术的发展以及未来数控技术发展的方向,肯定了当前在开发和研究的数控系统必将成为现实,这种智能化、柔性化的多功能系统,适应于复杂制造过程,具有闭环控制体系结构,还提出了符合未来数控技术发展方向的关键技术理论。

**关键词:**数控技术;发展趋势;功能;开放性;体系结构

中图分类号: TG659

文献标识码: A

文章编号: 1672-545X(2011)03-0114-04

数控技术及装备,是发展高新技术产业和尖端工业的基本技能技术和最基本的装备<sup>[1]</sup>。制造技术和装备,是人类生产活动的最基本的生产资料,而数控技术又是当今先进制造技术和装备的核心技术。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。此外,世界上各工业发达国家,还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资,不仅采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业,而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面,对我国实行封锁和限制政策。总之,大力发展以数控技术为核心的先进制造技术,已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

## 1 数控机床的产生与数控技术的发展

### 1.1 数控机床的产生

科学技术和社会生产力的迅速发展,数控机床(Numerical Control Machine Tools)是用数字代码形式的信息(程序指令)控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床,简称数控机床。

数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的,其过程大致如下<sup>[2]</sup>:

1948年,美国提出采用数字脉冲控制机床的设想。

1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。

1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(MC, Machining Center),使数控装置进入了第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

上世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC),又称群控系统;采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称CNC),使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年,研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称MNC),这是第五代数控系统。

上世纪80年代初,随着计算机软硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置,数控装置愈趋小型化,可以直接安装在机床上,数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

上世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC机为控制系统的硬件部分,在PC机上安装NC软件系统,此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

### 1.2 数控技术的发展

数控技术经过近几十年发展主要分为2个阶段<sup>[3]</sup>:

第一阶段——硬件数控(NC)时代。这个时代从硬件发展上来讲,主要从1952年的电子管到1959年晶

收稿日期: 2010-12-06

作者简介: 宋春华(1976—),男,四川雅安人,博士,长期从事驱动技术与智能系统以及机电液控制的研究,已在核心以上期刊发表学术论文十余篇。

体管分离元件,再到1965年的小规模集成电路。

第二阶段——软件数控(CNC)时代。这个时代主要从1970年的小型计算机到1974年的微处理器,再到1990年基于个人的PC机数个阶段。

数控机床主要由数控装置、伺服机构和机床主体组成。

输入数控装置的程序指令,记录在信息载体上,由程序读入装置接收,或由数控装置的键盘直接手动输入。数控装置包括了程序读入装置和由电子线路组成的输入部分、运算部分、控制部分和输出部分等,其能实现点位控制、直线控制、连续轨迹控制三类。

伺服机构向开环系统、半闭环系统、闭环系统三种类型不断提升,利用步进电动机、调速系统、传感器等先进技术,使机床具有了很大的工艺适应性能和连续稳定工作的能力。

随着微电子技术、计算机技术和软件技术的迅速发展,数控机床的控制系统日益趋于小型化和多功能化,具有完善的自诊断功能和自动编程功能等,并广泛应用于制造业,满足了复杂零件和高精度的生产工艺,提高了对动态多变市场的适应能力和竞争能力。

## 2 数控技术的现状

### 2.1 国内现状

我国数控机床制造业在上世纪80年代曾有过高速发展的阶段,许多机床厂从传统产品实现向数控化产品的转型。但总的来说,技术水平不高,质量不佳,所以在上世纪90年代初期面临国家经济由计划性经济向市场经济转移调整,经历了几年最困难的萧条时期,那时生产能力降到50%,库存超过4个月。从1995年“九五”以后,国家从扩大内需启动机床市场,加强限制进口数控设备的审批,投资重点支持关键数控系统、设备、技术攻关,对数控设备生产起到了很大的促进作用。尤其是在1999年以后,国家向国防工业及关键民用工业部门投入大量技改资金,使数控设备制造市场一派繁荣。但也反映出下列存在问题<sup>[3-7]</sup>:

低技术水平的产品竞争激烈,互相靠压价促销;高技术水平、全功能产品主要靠进口;配套的高质量功能部件、数控系统附件主要靠进口;应用技术水平较低,联网技术没有完全推广使用;自行开发能力较差,相对有较高技术水平的产品主要靠引进图纸、合资生产或进口件组装。

当今世界工业国家数控机床的拥有量,反映了这个国家的经济能力和国防实力。目前我国是世界机床拥有量最多的国家(近300万台),但我们的机床数控化率仅达到1.9%左右,这与西方工业国家一般能达到20%的差距太大。日本不到80万台的机床,却有近10倍于我国的制造能力。数控化率低,已有数控机床利用率、开动率低,这是发展我国21世纪制造业必须首先解决的最主要问题。

### 2.2 国外现状

目前,绝大多数国外生产的数控机床,已广泛采用了32的系统,而国内生产的数控机床由于受到进口技术的限制,大多采用的是16的系统。这就使得国产数控机床在功能上就先天不足,与国外数控机床相比,有明显的差距。不论是加工中心或是数控车削中心,这类新型的数控设备均显示出能满足许多复杂零件在批量生产中的强大的生产力,一般均具有4~5轴联动,一次装夹可进行多面加工的功能<sup>[8]</sup>。在程序控制下,可进行主轴立、卧式自动转换,转换前后均可自动换刀,五坐标控制,五坐标联动,可以加工出六面体中的五面(一次装夹定位)及复杂的曲线型面和空间曲面体。计算机在机器制造的各个领域,已越来越被广泛应用,设备越来越趋向柔性化、智能化、多功能化。

## 3 数控技术的发展趋势

从目前世界上数控技术及其装备发展的趋势来看,其主要研究热点,有以下方面成为当代数控系统发展的主要趋势。

### 3.1 性能发展趋势

(1) 高速高精高效化。速度、精度和效率,是机械制造技术的关键性能指标。采用高速CPU芯片、RISC芯片、多CPU控制系统以及带有高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统,同时采取改善机床动态、静态特性等有效措施,机床的高速高精高效化已大大提高<sup>[9]</sup>。便于满足不同用户的需求,群控制系统的柔性,同一群控系统,能依据不同生产流程的要求,使物料流和信息流自动进行动态调整,从而最大限度地发挥群控制系统的效能,以减少工序、辅助时间为主要目的的复合加工,正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。

(2) 工艺复合化。工件在一台机床上一次装夹后,通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施,完成多工序、多表面的复合加工。数控技术轴,西门

子 880 系统控制轴数可达 24 轴。早期的实时系统,通常针对相对简单的理想环境,以确保任务在规定时间内完成。科学技术发展到今天,实时系统和人工智能相互结合,人工智能正向着具有实时响应的、更现实的领域发展,而实时系统也朝着具有智能行为的、更加复杂的应用发展。

(3) 实时智能控制化。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:自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前反馈控制等。例如在数控系统中,配备编程专家系统、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、动态前反馈功能。

### 3.2 功能发展趋势

用户界面,是数控系统与使用者之间的对话接口,由于不同用户对界面的要求不同,因而开发用户界面的工作量极大。

图形用户界面,极大地方便了非专业用户的使用,人们可以通过窗口和菜单进行操作,便于蓝图编程和快速编程、三维彩色立体动态图形显示、图形模拟、图形动态跟踪和仿真、不同方向的视图和局部显示比例缩放功能的实现。数控计算可视化的发展,可用于高效处理数据和解释数据,使信息交流不再局限于用文字和语言表达,而可以直接使用图形、图像、动画等可视信息<sup>[10]</sup>。

可视化技术与虚拟环境技术相结合,进一步拓宽了应用领域,如无图纸设计、虚拟样机技术等,这对缩短产品设计周期、提高产品质量、降低产品成本具有重要意义,如自动编程设计、参数自动设定、刀具补偿和刀具管理数据的动态处理和显示,以及加工过程的可视化仿真演示等。

插补和补偿方式多样化,不再局限于单一的插补方式,满足复杂零件的加工工艺。其机电控制部分,内装高性能 PLC;数控系统内装高性能 PLC 控制模块,可直接用梯形图或高级语言编程,具有直观的在线调试和在线帮助功能。

多媒体技术应用化,多媒体技术集计算机、声像和通信技术于一体,使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力,多媒体技术可以做到信息处理综合化、智能化,在实时监控系统和生产现场设备的故障诊断、生产过程参数监测等方面有着客观的意义。

### 3.3 体系结构的发展趋势

应用先进封装和互连技术,将半导体和表面安

装技术融为一体,通过提高集成电路密度、减少互连长度和数量,来降低产品价格,改进性能,减小组件尺寸,提高系统的可靠性。

硬件模块化,易于实现数控系统的集成化和标准化,根据不同的功能需求,将基本模块,如 CPU、存储器、位置伺服、通讯等模块,做成标准的系列化产品,通过模块数量的增减,构成不同档次的数控系统<sup>[9]</sup>。

机床联网可进行远程控制和无人化操作,通过机床联网,可在任何一台机床上对其他机床进行编程、设定、操作、运行,不同机床的画面,可同时显示在每一台机床的屏幕上。通用型开放式闭环控制模式,采用通用计算机组成总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁剪、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。由于制造过程是一个具有多变量控制和加工工艺综合作用的复杂过程,包含加工尺寸、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。

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、网络技术、多媒体技术、CAD/CAM、伺服控制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、网络化、无人化。

当前开发研究适应于复杂制造过程的、具有闭环控制体系结构的、智能化新一代 PCNC 数控系统已成为可能。五轴五联动数控技术,是数控技术中适用范围最广的技术,其集计算机控制、高性能伺服驱动技术和精密技术于一体,应用于加工质量要求很高的自由曲面的高效、精密、自动加工。是未来数控技术的主要发展方向,新的技术将会有强大的生命力和市场前景,使得系统加工过程最优化。

## 4 结束语

制定符合国民经济发展的数控技术现状总体发展战略,确立与世界接轨的发展方向,我国目前数控技术与产业的发展及其重要。对数控技术现状和发展趋势的分析,21 世纪数控技术和产业的发展,我们只能以科技创新为先导,以商品化为主干,以管理和营销为重点,以技术支持和服务为后盾,坚持可持续发展道路的总体发展战略,研究发展新型数控系统、数控功能部件、数控机床整机等的具体技术,对于我国的制造业的技术水平和现代化程度有决定作用。



参考文献：

- [1] 中国机床工具工业协会行业发展部. CIMS2001 巡礼[J]. 世界制造技术与装备市场 2001 (3) :18-20.
- [2] 梁训瑄,周延佑. 机床技术发展的新动向[J]. 世界制造技术与装备市场 2001 (3) 21-28.
- [3] 胡占齐. 机床数控技术[M]. 北京:机械工业出版社 2007.
- [4] 任田玉. 数控加工技术及编程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社 2004.
- [5] 顾京. 数控加工编程及操作[M]. 北京:高等教育出版社, 2003.
- [6] 杨贺来. 数控机床构造[M]. 北京:清华大学出版社 2007.
- [7] 周利平,尹洋,等. 数控技术及加工编程[M]. 成都:西南交通大学出版社 2007.
- [8] 杨贺来. 数控机床[M]. 北京:清华大学出版社 2009.
- [9] 中国机床工具工业协会数控系统分会. CIMS2001 巡礼[J]. 世界制造技术与装备市场 2001 (5) :13-17.
- [10] 杨学桐,李冬茹,何文立,等. 新世纪数控机床技术发展战略研究[M]. 北京:国家机械工业局 2000.

## Status and Developing Trend of NC Technology

SONG Chun-hua

(School of Mechanical Engineering and Automation, Xihua University, Chengdu 610039,China)

Abstract: the current trend and present situation in the development of numerical controlled technology at home and abroad is Introduced. it also introduces the invention, development, and future trend of numerical controlled machine tool from the aspects of capacity, function and structure. This article confirms that the numerical control system which is developing and researching at present will certainly become reality. This kind of intelligent, flexible and feature-rich system adapts to complex manufacturing processes, and has a closed-loop control structure. At last, technological theory in the developing direction is put forward.

Key words: CNC technology; development trend; function; openness to experience architecture

(上接第 106 页)

加工型腔和外轮廓时,刀具磨损量一致,加工余量相同,产生的变形量相互抵消,能更好地保证零件加工精度。

参考文献：

- [1] 陈华. 零件数控铣削加工[M]. 北京:北京理工大学出版社 2010.
- [2] 方沂. 数控机床编程与操作[M]. 北京:国防工业出版社 1999.
- [3] 马立克. 数控编程与加工技术[M]. 大连:大连理工大学出版社 2003.
- [4] 熊光华. 数控机床(第一版)[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.

## Numerical Control Milling Single Thin-wall Typical Parts

WEI Jiang-bo

(Liuzhou Vocational and Technical College, Liuzhou Guangxi 545006, China)

Abstract: This article Introduces the method of processing using a single cross-wall CNC Milling parts and set the cutting parameters through reasonable, and effective control of the processing of the adverse effects of deformation, to ensure dimensional accuracy of thin-walled.

Key words: thin-wall part; CNC milling; cutting parameter