

# 数控机床发展趋势及 新技术刍议

Discussion on Development of NC Machine Tool and New Technology

清华大学精密仪器与机械学系 王立平 吴 军



王立平

清华大学教授、博士生导师。主要研究方向为：先进制造装备及其控制、并联机器人机构学理论及其控制、机械制造新工艺等。国家发改委高档数控机床与基础制造装备重大专项编写组成员。作为项目负责人，主持国家 863 项目 5 项、国家科技支撑计划重点项目 2 项、国家自然科学基金资助项目 2 项。在国内外学术刊物上发表学术论文 116 篇，其中 SCI 收录 9 篇、EI 收录 37 篇、ISTP 收录 11 篇。

## 数控机床发展趋势

现代数控机床综合应用机械设计与制造工艺、计算机自动控制技术、精密测量与检测、信息技术、人工智能等技术领域中的最新成果，将朝

现代数控机床综合应用机械设计与制造工艺、计算机自动控制技术、精密测量与检测、信息技术、人工智能等技术领域中的最新成果，将朝着高速化、精密化、复合化、柔性化、极端化等趋势发展。

着高速化、精密化、复合化、柔性化、极端化等趋势发展。

### 1 高速、高精度、高可靠性

提高生产率是机床技术追求的基本目标之一，最主要、最直接的方法就是提高切削速度。这就要求机床向高速化方向发展，不仅要提高主轴转速和进给速度，还要提高移动速度与加速度，缩短主轴起动、制动时间，减少换刀时间等。高速加工的实现是机床、刀具、夹具、数控编程技术以及人员素质的集成。

当代工业产品对加工精度提出了越来越高的要求，一些零件的尺寸精度要求在微米、亚微米级，因此，加工这些零件的机床也受到需求的牵引而必须向高精度发展，从精密加工发展到超精密加工（特高精度加工），是各工业强国致力发展的方向。数控机床的可靠性是数控机床产品质量的另一项关键性指标。数控机

床能否发挥其高性能、高精度、高效率，关键取决于可靠性。提高数控机床的可靠性是建立现代制造业的必要条件，而数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性一个数量级以上，当然也不是可靠性越高越好，仍然是适度可靠为佳。

### 2 复合化

增加数控机床的复合加工功能，进一步提高其工序集中度，不仅可减少多工序加工零件上下料的时间，而且可以减少零件在不同机床上进行工序转换而增加的工序间输送和等待时间，易于保证加工过程的高可靠性。此外，复合加工还缩短了加工过程链和辅助时间，减少了机床台数，简化了物料流，提高了生产设备的柔性。目前已经出现了各种机械加工方法组合的复合机床，如五轴车铣中心和立式车削中心，兼具车削和铣削加工的特点，配有刀库，能在一次装

夹情况下完成车削、铣削、钻孔、攻丝等工序,不仅保证加工精度,减少辅助时间,还能提高生产效率。

复合机床具有良好的工艺适应性,避免了储存和传输等环节,有力地支持了准时制造。

### 3 生态环保型机床

随着能源危机的加剧和日趋严格的环境保护政策的出台,人们对机床的效率、运行成本、环境污染等方面提出了更高的要求。机床作为“工作母机”,除了它本身的制造过程外,更重要的是它在使用过程中要产生环境污染。所以,生态环保型机床是未来机床发展的重要趋势之一。

机械加工过程中,润滑冷却液的使用对周围环境造成的生态危害大,且制备、利用、回收和处理成本高,同时对人体健康也有很大的损害。因此,大幅度减少冷却液的使用和排放是生态环保型机床的基本特性。

通过大幅度降低机床重量和减少所需的驱动功率也可以构建具有生态效益的机床。生态环保型机床就是在保证机床刚度的前提下大幅减少机床移动部件的重量,达到省材、节能的目的。实现这个目标的途径有两个:通过采用新结构或新的复合材料来实现轻量化。同时降低机床使用时的能源消耗。

### 4 智能化

信息技术的发展使机床朝着数字化和智能化的方向发展。采用智能技术来实现多信息融合下的重构优化的智能决策、过程适应控制、误差补偿智能控制、复杂曲面加工运动轨迹优化控制、故障自诊断和智能维护以及信息集成等功能,将大大提升成形和加工精度。

智能机床的出现,为未来装备制造实现生产全盘自动化创造了条件。通过自动抑制振动、减少热变形、防止干涉、自动调节润滑油量、减少噪声等,可提高机床的加工精度和效率。数控系统的开发创新,对于机

床智能化起到了重大的作用,它能够收容大量信息,并对各种信息进行储存、分析、处理、判断、调节、优化、控制。日本 MAZAK 公司首次开发的智能机床,向未来理想的“适应控制”机床方面大大前进了一步。

### 5 高效柔性化

产品更新换代和人们对产品多样化、个性化的需求,使得市场对具有良好柔性和多样加工能力的制造系统的需求超过了对大型单一制造系统的需求,这就使得数控机床朝着模块化、可重构、可扩充的柔性化方向发展,也要求在多品种、变批量的环境下保持高效生产。特别是汽车制造业和电子通信设备制造业的发展,对生产效率提出了更高的要求。随着制造过程自动化程度的提高,要求机床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、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能。

### 6 极端化

极端化是指数控机床有朝着极小化和极大化方向发展的趋势。在国防、航空、航天等行业中大型化装备的制造方面,需要大型数控机床,这就导致数控机床朝着大型化方向发展。微纳米技术是 21 世纪的战略技术,微纳米技术发展需要有能适应微小型尺寸的新型制造工艺和装备。这样数控机床会朝着极小化(即微型机床)方向发展。

## 先进技术

### 在数控机床中的应用

#### 1 新型材料在数控机床中的应用

虽然目前机床在结构设计和控制方面的发展很快,但其主要机械功能部件仍主要由传统结构材料(铸铁和钢)制成,很难完全满足未来数控机床发展的要求。为了满足数控机床的高精度、高速度、高效率要求,采用性能突出的新型材料可以改进机床性能。如采用纤维增强聚合物

基材料、泡沫金属等轻质材料,对机床的减重、阻尼和精度等方面具有积极意义。如韩国 Mynx400/ACE-TC320D 加工中心,研究人员采用以高模量纤维增强复合材料为芯体的夹层结构制造高速数控铣床的导轨,实验表明,用这种夹层结构制备的垂直导轨和水平导轨分别比传统钢质材料减重 34% 和 26%。

#### 2 重心驱动技术

重心驱动(DCG)作为日本森精机独特的技术一直应用于新机型中。该机构的特点是,利用 2 根滚珠丝杠驱动移动结构的重心。这样就可抑制加工振动,具有缩短加工时间、提高真圆度、改善加工面质量、延长刀具寿命等许多优点。森精机的重心驱动技术,解决了所有跟振动有关的问题,并改进了机床的加/减速性能以及加工的表面质量。日本森精机开发了基于 DCG 理论的高精度卧式加工中心, NH8000 DCG,该机型适用于汽车部件、航空设备部件、金属模具等大型工件的加工。

#### 3 数字伺服驱动技术

传统的模拟伺服由于受温度、放大系数的影响,各轴的插补精度一致性相对较差,在任意两轴加工圆时会出现椭圆度误差。数字伺服很好地解决了这一问题。数字伺服控制以 DSP 作为硬件依托,采用软件方式实现伺服的位置环、速度环和电流环的控制。所以可以根据不同的负载状况,通过调整参数很方便地实现自适应。德国 Andron 公司的最新产品是新一代基于微机的、在 Windows 平台上的开放式数控系统。它采用两个 Intel 处理器,通过 PCI-PCI 桥进行相互通信,采用串行实时通信接口 SERCOS 和皮米级插补技术。数字伺服驱动技术借助 SERCOS 接口将数控系统与伺服控制器用光纤连接起来,大幅度提高系统的传输率和响应速度(可达到 ns 级)。

(责编 侧卫)