

数控机床技术进展及智能化发展探讨

北京机床研究所 （100102） 盛伯浩

数控机床的技术发展历程

1949年美国空军先后与密歇根州帕森斯喷气式飞机公司（制造直升机旋翼）和波士顿麻省理学院（MIT）签订长达7年（1949～1955年）委托研究数控机床的合同，1952年3月公布研制成功世界首台由电子管组成控制装置和液压伺服马达驱动的三轴数控铣床，并于1953年5月31日由麻省理工学院提交最终报告。此后，麻省理工学院致力于数控加工的编程软件研究，1954年开发出铣床手工编程，1955年使用MIT Whirlwind计算机编制数控铣床自动加工程序，1956年研制出第一代刀具自动控制程序系统（APT），从而初步创建了数控机床硬软件的基础。

其后在美国空军的强有力资助下，数控机床的研究和应用步伐加快。1955年9月潘迪克斯（Bendix）飞机公司研制了三维凸轮铣床；1955年6月吉丁斯·路易斯（Giddings & Lewis）机床公司研制出Numericord蒙皮铣床，并于1957年在洛克希德（Rockheed）公司和马丁（Martin）公司中应用；1958年11月卡尼·特雷克（Keaney&Trecker）公司研制出首台命名为“Milwakee－Matic”的加工中心；1961年10月普里斯·惠特尼（Pritt&Whitey）公司采用了低成本的“TAPE O－MATIC”数控钻床。数控机床在降低成本上的进展，对其迅速扩大应用范围起着重要作用。

由于数控机床的功效和性能符合制造业对高效率、高精度和自动化的要求，并具有技术创新性，因此一些先进工业国如日本、德国、法国、英国、前苏联以及我国从20世纪50～60年代均纷纷投入力量进行研制，并在各制造领域推广应用。例如日本以节约劳动力为目标开发适应民用工业需要的数控机床，取得了很好的业绩，1970年数控机床年产量已达1 500台接近美国的产

量。

数控机床的技术发展按其特征可分为如下四个阶段：

（1）机电一体化（20世纪60～70年代） 进入20世纪60年代中期，由于计算机元件的集成度大幅提高以及美国、联邦德国对刀具自动控制程序系统软件（APT）研制成功，出现了具有高度灵活性的以嵌入式微处理器为基础的计算机数控系统（CNC）。从而使数控机床在经历了由20世纪50年代至60年代初的萌芽初创阶段后，在60～70年代进入了机电一体化（Machatronics）的技术发展阶段，其主要特征包括两个方面：一是产品的机械、动力、控制等功能充分应用电子技术和计算机技术；二是产品的机、电硬件与软件协同集成有机地结合成一体。

（2）信息集成自动化（20世纪70～90年代） 这是以适应多品种中小批量混流生产为目标的柔性加工系统，它是通过管理平台的信息集成，优化调度适时安排技术准备，使数控机床的利用率由通常的80%以下提高到95%左右。

常见的信息集成自动化的柔性加工系统有：柔性制造系统（FMS）、柔性制造单元（FMC）以及在制造执行系统（MES）管理下无自动化物流输送的分布式数控机床单元（DNC）等。

（3）高效柔性化（20世纪90年代～21世纪初） 这主要用于解决汽车制造等行业在变品种、大批量生产条件下高生产率的问题。它通过提高机床运行速度和加速度、缩短刀具换刀时间、改善机床抗震能力、应用误差补偿和高速切削等技术，使由数控机床组成的柔性生产线（FML）能达到可与组合机床比拟的高生产率和更稳定的加工精度。

（4）复合可重构化（21世纪初期起） 复合机床可进一步发挥数控机床加工工艺集中的优点，它可以在一台机床上完成或几乎完成零件的全部加工，大大减少了制品在机床间传送停留的时间，并可减少工件安装的误差，尤其对于工序多、型面复杂零件，采用复合机床是提高效率和精度的有效措施。但是复合机床也存在着成本较高的问题。为此，需要发展具有机电一体化功能的模块，根据加工对象合理重构，用于避免复合机床出现功能冗余和成本过高的问题。

数控机床智能化发展的路线图探讨

在上述讨论的技术发展过程中没有把智能化单独列出，这正如绿色制造与可持续发展技术一样，他们都已局部地隐含在数控机床四个技术发展的历程中。因为数控机床的核心装置——数控系统具有计算机的快速运算和逻辑判断的功能，有助于操作者及时做出决策，因此可以认为它已具有辅助性的智能决策的能力。

正是基于此，美国在20世纪60年代后期曾提出了对数控机床进行自适应控制的研究项目，它的目标可根据加工过程中工件的材质和刀具及机床工况变化自动调整机床的工作参数，以获得最佳加工效果。这个要求已远高于辅助决策的功能，尤其是加工过程中因素繁多，不仅建立数学模型困难，而且要实时采集和实时调整参数也有更大的难度。

因此，从20世纪80年代起数控机床的智能化的进展主要集中在以下两个方面：

（1）加强信息方面的智能判断 例如系统的故障判别、刀具的寿命管理以及生产调度的优化策略等。

（2）针对个别因素构建数学模型 对其出现偏离时进行约束控制，例如端面恒速切削控制、恒扭矩进给量控制、复杂型面的表面光顺度的控制、运动平稳性的跃度控制、伺服进给系统的振荡抑制、热位移控制以及防碰撞控制等。目前一些先进数控机床或多或少地采用这种单一功能或性能的智能控制，这也是我们当前有条件进行重点研究的内容。虽然这是智能化的初级阶段，还不具有较完善意义的智能化，但从历史经验得出这种由简到繁的做法是走向较高级智能化的必由之路。

而下一阶段智能化发展需要加强对适用于数控机床的人工智能基础技术的研究，这包括：①专家系统，发展具有逻辑推理和模式联想的推理机和自学机。②人工神经网络，提高其推理、联想的快速自学习能力等。在此基础上逐步形成具有学习能力和联想能力的更完善的人机智能系统。MW

（收稿日期：20120502）