

数控系统的技术发展趋势

电子工业出版社 (北京 100036) 李洁

鞍钢集团工程技术有限公司 (辽宁鞍山 114021) 孙世辉

数控系统是数控技术的核心,也是数控发展的关键技术,其功能强弱、性能优劣直接影响着数控设备的加工质量和效能发挥,对整个制造系统的集成控制、高效运行、更新发展都具有至关重要的影响。因此,数控系统技术不仅作为数控发展的先导技术,而且作为制造业的基础性战略技术,越来越得到世界各国的高度重视和大力发展。

数控系统技术发生的根本性变革体现在:数控系统体现结构由专用型封闭式向通用型开放式发展;数控系统的性能、功能向实时智能化、高速、高精、高效发展;数控系统的结构向超薄型、超小型发展;数控系统在网络化基础上,与 CAD/CAM 集成为一体,向满足 FMC、FMS、CIMS 对基层设备需求,实现了中央集中控制的群控加工发展。

一、性能方面

1. 加工控制高速、高精、高效和高可靠性

加工速度和加工精度是衡量 CNC 系统性能的主要指标。随着现代微电子技术的发展,当今先进的 CNC 系统都已完成了由 16 位处理器向 32 位微处理器的过渡,大大提高了 CNC 的数据处理能力和程序执行速度。某些系统还开发出采用 64 位精简指令集微处理器的系统。不少系统通过配置多微处理器实现分散处理,采用实时多任务操作系统进行并行处理等措施,进一步提高系统的数据处理速度,为高速高精度加工控制指标的实现创造了必要的条件,使得高速进给运动控制中的自适应平滑升降速控制、自由曲线加工的内部矢量插补等复杂算法得以实现,系统的控制指标大幅度提高。由于数控系统采用模块化设计,采用高度集成化 CPU、RISC 芯片和大规模可编程集成电路,多 CPU 分布式控制结构以及带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统,

大大提高了系统的集成度、柔性化和软硬件运行速度,保证系统满足高速、高精、复合加工和多轴化的要求。

数控机床的可靠性是数控机床产品质量的一项关键性指标,衡量指标是平均无故障工作时间 (Meantime Between Failures, MTBF)。高可靠性是指数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性在一个数量级上,但也并非可靠性越高越好,仍要适度可靠。在可靠性方面,国外数控装置的 MTBF 值已达 6 000h 以上,伺服系统的 MTBF 值达到 3 000h 以上,表现出非常高的可靠性。

2. 体系结构智能化、柔性化

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统,智能化的内容体现在数控系统的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程的自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便的智能化,如前馈控制、电动机参数的自适应运算、自动识别负载、自动选定模型及自整定等;简化编程,简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容,方便系统的诊断与维修等。为实现控制系统的智能化,必须引入自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制以及前馈控制等智能控制技术,实施系统和人工智能相互结合,数控系统中配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和全局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、动态前馈功能,在位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统的控制性能大大提高。

目前制造业中使用的 CNC 系统,大多是基于专

用计算机设计而成的。这给系统的使用维护、更新换代、系统集成带来很多不便。随着 PC 技术的引入,越来越多的系统开发商以及工业界认识到基于模块化、标准化、开放化的柔性化结构体系对 CNC 技术发展的重大意义,代表了 CNC 的发展方向。数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是:一方面从点(数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线(FMC、FMS、FTL、FML)向面(工段车间独立制造岛、FA)、体(CIMS、分布式网络集成制造系统)的方向发展,另一方面注重向应用性和经济性发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术,其重点以提高系统的可靠性、实用性为前提,以易于联网和集成为目标;注重加强单元技术的开拓、完善;CNC 单元向高精度、高速度、高柔性方向发展;数控机床及其柔性制造系统能方便地与 CAD、CAM、CAPP、MTS 联结,向信息集成方面发展;网络系统向开放、集成和智能化方面发展。

二、功能方面

1. 用户界面图形化

高档数控系统发展对图形化界面的功能和水平要求进一步提高,用户希望看到更丰富、更形象、更直观的界面,人们可以通过窗口和菜单进行操作,提高编程和加工效率。图形化界面包括两个方面的内容:一是界面控件的图形化;二是界面内容,主要指加工过程的三维实时仿真。当前,Internet、虚拟现实、科学计算可视化及多媒体技术对实现用户界面图形化提供了实现的技术,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。

2. 科学计算可视化

信息交流不再局限用文字和语言表达,科学可视化技术的应用,使得数据处理和解释数据变得更为高效,使信息交流可以直接使用图形、动画等各种可视化信息。在数控技术领域,可视化技术可用于 CAD/CAM、自动编程设计、参数自动设定、刀具补偿及加工过程的可视化和仿真演示。

3. 插补或补偿的多样化

将可视化技术和虚拟技术结合起来,使得其应

用范围进一步拓宽,从而大大提高了数控系统的通用性。多种直线、曲线、曲面插补技术的应用,如直线插补、圆弧插补、圆柱插补、空间椭圆曲线插补、螺纹插补、极坐标插补、NURBS(非均匀有理 0 样条插补)及样条插补(A、B、C 样条)等,以及多种补偿技术,如垂直度补偿、温度补偿、误差补偿、前馈补偿及间隙补偿等方法的应用,使得系统能够高效处理数据和解释数据。

4. 工序和功能复合化

数控机床的发展已模糊了粗、细加工工序的概念。为了提高生产率,数控复合加工机床的开发和制造已变成数控机床的一种发展趋势。对于复合数控机床,首先需要增加可以用于复合加工的功能,比如铣床需要增加螺旋线功能、螺旋线功能、三维圆弧功能及刀具中点控制;另外,刀具补偿功能也需要既有车加工又有铣加工的功能。除此之外,这种机床还经常需要高速加工。以减少工序、辅助时间为主要目的复合加工正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。数控技术的进步提供了多轴和多轴联动控制,如 FANUC31i 系统的可控轴数最多可达 26 轴,西门子 840D SL 最多可支持 31 轴。

三、体系结构方面

1. 集成化和模块化

对于高性能系统,由于分辨率的增高、控制算法复杂性的增加以及处理能力要求苛刻,对 CPU 的处理能力提出了很高的要求。为了满足这一要求,对于高端系统均采用了多个高性能的处理器。采用多处理器的结构后,各 CPU 分工合作提高了系统的计算速度、插补速度及对现场输入输出设备、各种控制信息等的管理、处理速度,提高了数控系统的整体性能,而且数控设备也变得更加灵活和精巧。

采用高度集成化 CPU、RISC 芯片和大规模可编程集成电路及专用集成电路芯片,提高数控系统的集成电路密度和软硬件运行速度及系统的可靠性。而且,将 CPU、存储器、位置伺服、PLC、输入输出接口及通信等模块做成标准的系列化产品,构成不同档次的数控系统,从而实现数控系统的集成化和标准化。

2. 串行总线接口

随着数控机床速度和精度的不断提升,传统脉

FANUC 系统伺服重力轴控制

沈阳机床股份有限公司 (辽宁 110025) 杨海波 谭 娇 宋 楠

北京发那科机电有限公司 (100085) 李建伟

数控机床重力轴控制可以分为几种应用情况: 机床断电系统急停时的重力轴控制, 机床断电有后备电源时的重力轴控制, 机床断电无后备电源时重力轴控制。一般重力轴的电动机都带有制动器, 在按急停时或伺服报警时, 由于制动器的动作时间而产生轴的跌落, 可以通过参数调整来避免。本文所述的重力轴控制仅指机床断电无后备电源时 FANUC 系统伺服重力轴防掉落的控制方法。

1. 工作原理

数控机床配置 FANUC 数控系统的重力轴控制原理简图如图 1 所示。

要防止重力轴在机床断电时掉落, 必须在关断

电动机的激励前使用制动器抱住电动机轴。为此需采取以下措施: 在检测到断电后制动器尽快动作, 在关断电动机的激励前使用制动器抱住电动机轴。

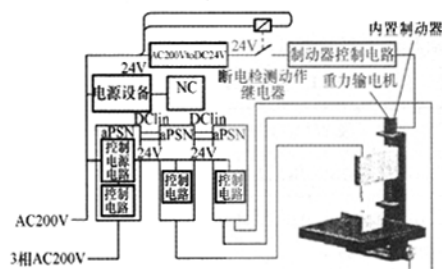


图1 FANUC 数控系统的重力轴控制原理

2. 调整步骤

(1) 配置可以在断电时迅速动作的制动器控制电路 按图 2 所示, 连接断电检测回路动作继电器到制动器控制回路的 DC24V 侧, 这样可以在检测到断电时迅速动作制动器。连接断电检测回路动作继电器的线圈到输入电源, 在断电时切断制动器控制回路。断电检测回路动作继电器输出端子必须连接在制动器控制回路的 DC24V 侧, 如果接在制动器控制回路的 AC 侧, 制动器的动作时间会延迟。

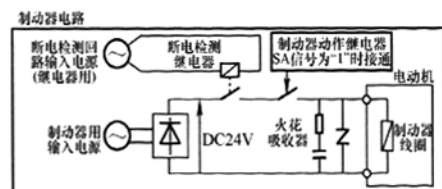


图2 制动器电路

图 3 是从检测到断电到制动器抱住重力轴的时序图, 制动器动作时间是继电器复位时间和制动器

冲和模拟接口难以满足高速信息高速传输的要求, 总线技术是解决这一瓶颈的必由之路。通过总线技术实现了数据以纯数字的方式在各模块间的传递, 避免了模拟量的零漂以及脉冲串的高频干扰, 提高了传输的效率和可靠性。

在计算机系统中, 总线接口对整个系统的性能和功能都有直接影响, 有关专家认为, 21 世纪串行总线将逐步取代并行总线。同并行总线相比, 串行总线具有以下优点: 连接引脚数量少, 连接简单, 成本较低, 系统可靠性高, 有助于数据流计算体系结构的实现; 以串行信息包为基础的系统, 不需要编写驱动程序。目前, 串行总线数控在国外正处于发展阶段, 各厂家使用的串行总线标准也不一样。如日本 FANUC 公司的 15i/16i/18i/21i 对伺服驱动采用 SSB 总线, 开关量控制采用 FANUC/OLINK 总线, 已成为国际标准 IEC44 的 SERCOS 总线等等。

同时开放式数控系统成为新一代数控系统体系结构主流。MW (收稿日期: 20110316)