一种在网络化制造条件下的电加工机床控制系统设计

青岛建筑工程学院机械系 (266033) 罗逸苇 王 婉 王斌修

1. 当前数控系统的特点及发展方向

自1943年前苏联学者拉扎连科夫妇利用电火花放电蚀除金属的机理发明了电火花加工技术以来，随着相关的电子技术、控制技术和计算机技术的发展，现在的电加工机床的控制系统已经取得了很大的发展，一些厂家最新推出的电加工机床的CNC系统已经采用64位微处理器控制系统，不断地促进加工效率和加工质量的提高。但是这些机床的控制系统一般由DOS或者Windows系统加上相关厂家的CNC控制系统组成，常用的结构是CNC+PC主板，PC主板上运行DOS或者Windows操作系统和在此基础之上的图形用户界面，完成加工程序编制和加工参数的设定以及网络通信等非实时任务，CNC系统主要控制实时性要求高的脉冲电源的放电和工具电极或者工件的运动，使加工能顺利进行。

不能否认，这些数控电加工机床能够在很大程度上满足我们现在和将来的加工制造任务，但是我们也不得不为这种没有自主版权的操作系统和数控系统付出双倍的价钱，相应的机床改造和技术更新也都是基于原有系统的改造，不能改变根本。当前的数控电加工不仅在加工效率、智能化和柔性化方面提出了更高的要求，更强调了开放式系统和网络化制造等技术。

美国空军1987年提出的“开放系统体系结构标准规格（SOSAS）”定义为：在竞争的环境中允许多个制造商销售可相互交换和相互操作的模块，但是目前市面上主要电加工机床制造商的控制系统都是依附于自己的机床固件的。网络化制造是在信息技术和网络技术取得巨大发展的背景下提出来的，采用共同的信息交换标准和系统规范是实现系统集成的基础，也是提升网络化制造技术水平和实施效益的重要手段。开发集成操作系统和CNC控制系统功能的嵌入式实时控制系统是开发新型电加工控制系统的一个方向，我们应该抓住机遇开发具有自主知识产权的CNC控制系统，提高市场竞争力。

2. 嵌入式系统及其发展简介

嵌入式系统（Embedded System）的定义为：以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统，是集软、硬件于一体的可独立工作的“器件”。它源自于20世纪80年代以来只要用汇编语言开发单一控制程序就可以实现简单控制的单片机技术，到90年代末，随着单片机处理能力的提高，应用单片机控制的环境也越来越复杂，由于汇编语言开发复杂控制程序的局限性，C语言逐渐取代了汇编语言成为开发单片机控制程序开发的主要工具。进入后PC时代后，对单片机的开发提出了更高的要求——网络功能、图形处理、数据采集等。基于嵌入式处理器和嵌入式操作系统的嵌入式开发取代单片机开发来实现复杂环境的控制成为必然。

嵌入式系统主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，其结构如图1所示。典型嵌入式系统主要应用在移动计算设备（如手机、PDA、掌上电脑等）、网络设备（如路由器、交换机等）、信息家电（如网络电视、冰箱、微波炉、电话等）以及车辆、智能仪表、工业控制设备等。

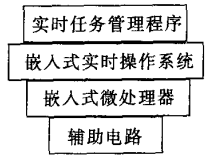

图1 嵌入式系统的结构

工业控制中的嵌入式实时系统的实时内核模块（Real Time Operation System，RTOS），为工业控制的实时性提供保障。它不仅要求产生符合逻辑的结果，还对产生结果的时间有明确的限制。用嵌入式实时系统设计的电加工控制系统完全能够完成达

到当前 CNC 控制系统的控制水平，并且可以得到更强大的网络通信和资源共享能力，系统升级会相当方便。

嵌入式实时系统开发一般按照以下的步骤，先分析任务按照所要控制的任务选定嵌入式处理器，要预留一定的处理能力以适应可能的软件升级，如果任务太复杂可以选用双 CPU 或者多 CPU；接下来根据任务要求分解任务，划分任务模块并定义它们间的接口关系，设计外围电路以及各种硬件接口及其驱动程序，选择实时操作系统；最后是设计在实时操作系统上运行的任务管理程序，也就是各个模块程序的设计，并进行模块测试和最后的系统测试。

3. 网络化制造条件下数控系统硬件结构设计

数控系统应该充分考虑网络制造因素，充分利用网络功能来简化数控系统设计。图 2 所示的硬件结构图是一种简洁适用的设计方案。

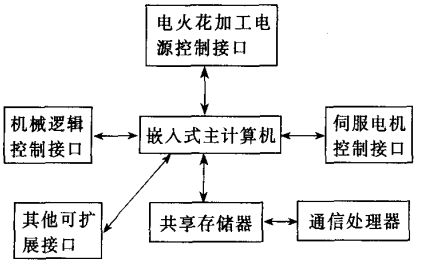

图 2　嵌入式数控系统硬件结构图

在图 2 的硬件结构中，用于实现加工的电火花加工电源控制接口、伺服电机控制接口、机械逻辑控制接口在当前电加工机床上都可以找到对应的功能模块。嵌入式主计算机对这些接口进行实时控制，它通过共享存储器和通信处理器与外部局域网上的服务器（图中未画出）实现数据交换，通过共享存储器和通信处理器可以大大提高嵌入式主计算机与服务器的通信能力，并且可以省去通信处理器和嵌入式主计算机之间直接通信的硬件接口和管理这个硬件接口的软件，自然也就可以省去该软件的运行时间，提高系统的实时处理能力。加工程序的编制和加工状态显示都在服务器上完成，一台服务器可以同时与多台机床通信，通过多个窗口可以同时察看各机床的加工状态。这样目前主流数控电加工机床所具有的图形用户界面不再是机床必不可少的一部分。其他可扩展接口包括加工现场的监控，如果客户要求也可以在这里加入图形接口和鼠标、键盘等。但是强大的网络功能完全可以将大屏幕显示器和鼠标键盘从数控电火花机床上拆下来，如果服务器能够上网，通过相关的网络安全认证，可以在地球上任何一台可以上互联网的电脑前查看加工状态。

这样设计的好处是：一方面可以简化嵌入式数控系统的软件开发，使开发人员集中精力来开发加工控制软件，提升机床的加工性能，降低机床成本；另一方面，充分利用网络的功能，简化了对加工过程的监控，这也是网络化制造所要求的。

4. 基于此硬件结构的软件开发

软件的开发主要由两部分组成。其一是硬件驱动程序的设计，这部分程序通常用汇编语言实现，这样可以减少接口访问的时间，硬件电路及其驱动程序是整个系统运行的基础；其二是实时任务管理程序的设计，与硬件结构相对应，主要包括信号检测处理模块、电加工电源参数的实时选取模块、伺服电机控制模块、数据存取和网络通信模块等，这些程序是复杂的多任务多线程编程，一般用 C 语言编写。

信号检测处理模块和伺服电机控制模块的编程方法可以借鉴现有系统的方法；电加工电源参数的实时选取模块需要考虑工艺数据库访问中查询、修改和存储等问题，采用模糊设计、人工神经网络等方法增加电源的智能性；数据共享存取和网络通信模块对数控机床来说是比较新鲜的东西，但是嵌入式网络产品开发人员可以提供很多这方面的成功经验。

这里只是软件模块的划分方法，至于具体的实时系统任务管理程序编制，需要考虑更多的具体细节，在此不作讨论。

5. 结论与展望

网络化制造条件下数控电加工机床的控制系统的创新面临着挑战和机遇，本文提出的嵌入式数控系统实现电加工机床的实时控制只是本人结合嵌入式实时系统及数控机床和网络化制造提出的一些粗浅的想法，在此只是抛砖引玉，希望与感兴趣的同行一起探讨，如果能够实现，一定能促进我国数控电加工机床以及其他数控机床控制系统的发展，减轻对国外自动控制系统的依赖。

（收稿日期：20031118）