

基于 UMAC 的五轴义齿雕刻机数控系统的应用开发

吴世旭, 罗学科, 谢富春

(北方工业大学 机电工程学院, 北京 100041)

摘要: 本文介绍了 UMAC 在五轴义齿雕刻机数控机床上的应用。本系统充分利用 UMAC 运动控制器的多轴控制功能, 很好地实现了五轴联动的控制。该系统具有加工速度快, 控制精度高、稳定性好等特点。

关键词: UMAC; 数控系统

中图分类号: TG519

文献标识码: A

文章编号: 1009-3044(2008)13-20759-03

The Application Development of Five Axes Tooth Carving Machine Numerical Control System Based on UMAC

WU Shi-xu, LUO Xue-ke, XIE Fu-chun

(College of Mechanical Electrical and Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: The application development of five axes tooth carving machine numerical control system based on UMAC is introduced in this paper, the NC system fully uses the function of UMAC in the multi-axis control, which has actualize the five axes linkage. The NC system has the characteristic of high machining speed, high control precision and high stabilization.

Key words: UMAC; Numerical Control System

1 引言

牙体缺损是口腔科的一种常见病和多发病, 自然人中约占 24%~53%, 常采用固定修复体进行修复。目前国内外口腔固定修复体常规制作方法, 主要为金属精密铸造或精密铸造后烤瓷等。必须采用手工单件制作, 加工工艺繁琐, 速度慢, 制作效率低, 病人就诊次数多, 时间长。即使进一步发掘传统铸造工艺的潜力, 充分发挥该技术的能力, 也只能部分改善传统的口腔修复体制作工艺, 并不能从根本上解决问题。变革传统的制作方法势在必行。七十年代末, 有人尝试将计算机辅助设计/制造(CAD/CAM)技术引入口腔医学领域。随后的二十多年来, 光电子技术, 计算机技术, 图像分析技术等迅速发展极大地推动了 CAD/CAM 技术的进步, 扩大了应用范围, 越来越多的数字化牙齿修复系统被开发出来。目前, 已有逾十种该类系统问世。从制作单一的全冠扩展到制作嵌体, 贴面, 固定桥及全口义齿, 并且渗透到颌面外科, 正畸科等领域。一种新兴的口腔修复工艺开始形成。该技术被认为是口腔医学领域的革命性突破。

牙齿修复体 CAD/CAM 技术在本世纪必将取代传统的口腔修复工艺, 使口腔修复学发生革命性变化。数字化牙齿修复系统的发展趋势是快速化、小型化、自动化和高度集成化, 同时修复材料要具有良好的与人体的生物适应性。由于数字化牙齿修复系统的技术先进性和高度集成性, 其发展仍未定型, 随着新技术和新材料的不断出现, 该类系统将被不断完善。

目前, 国际上对数字化牙齿修复系统的研制开发主要集中于欧美少数几个国家。现有的近 10 种数字化牙齿修复系统绝大多数仍处于实验室阶段, 真正技术成熟并高度商品化的只有德国 Sirona 牙科设备有限公司的 CEREC 系统, 目前已售出 10000 多套。其他西方发达国家也正在加紧商品化步伐, 日本东京工业大学与本国口腔修复学者合作, 研制出一种新型数字化牙齿修复系统, 据说稳定性高于法国同类系统。

我国对数字化牙齿修复系统的研究起步较晚, 目前只有少数几个医院及科研机构在做理论性的研究。由于该系统综合激光测量、反求建模、CAD/CAM、软件开发及高精度数控加工等多种先进技术, 尽管各项单元技术在各自领域内已经基本成熟, 但开发本产品所需要的技术实现和系统集成存在一定的难度, 因此目前数字化牙齿修复系统的集成研究和产业化在我国还是空白。

2 系统硬件平台设计

高性能高精度的数控机床是实现义齿实时制造的基本条件。牙齿加工数控机床根据单颗牙齿冠的表面情况看, 由于牙冠外表面上有多个凸起的嵴以及不规则的窝和沟, 牙冠内表面也比较复杂。根据这些情况, 要一次安装完成整颗牙齿的加工至少需要一根旋转轴和三个平面运动轴, 也就是说要采用四轴的运动方式才能完成加工。本系统采用的是利用 3 根平动轴和 2 根转动轴, 五轴联动方式对牙齿进行加工。基于 5 轴联动运动控制以及控制稳定性考虑, 本系统采用的是选用美国 Delta Tau 公司 UMAC 多轴运动控制器, 以艾雷斯公司 ACS2401 工控机作为主机, 组成“IPC+运动控制卡”式的开放式数控系统, 对雕刻机的运动进行控制。系统硬件结构如图 1 所示。

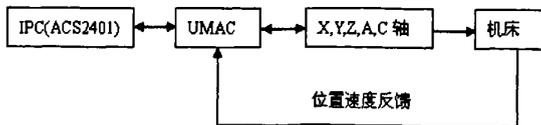


图 1 系统硬件结构

系统采用 UMAC 多轴运动控制器为下位机, 控制多套交流伺服系统, 实现电机转速信号的输出及其他信号的反馈和采集, 控制各轴的运动, 利用 UMAC 卡 I/O 接口实现 PLC 功能, 包括检测行程限位、机床回零、控制机床的冷却、面板操作、控制程序运行和手

收稿日期: 2008-03-17

作者简介: 吴世旭(1982-), 男, 湖北鄂州人, 硕士研究生, 研究方向: 数控系统应用开发。

动调整机床等操作。UMAC 与上位机的通讯可以通过 TCP/IP 协议或 UDP 协议与上位机通讯,也可以连接到网络上通过网络进行控制,另外还支持 USB、串口以及光纤等传输方式。由于该数控机床上位机(操作台)与安装 UMAC 控制器的弱电控制柜距离较远,鉴于以太网较其他几种传输方式在传输距离上的优越性,故该系统采用以太网传输方案。

本系统 UMAC 控制器主要分为以下几个模块:工作电源、CPU 卡、轴卡 1、轴卡 2、I/O 卡组成。该系统中轴卡采用的是 ACC-24E2S 轴卡,它可最多控制 4 轴,由于本系统需要五根轴,因此采用 2 块轴卡来控制机床的 5 个电机轴,ACC-24E2S 是脉冲加方向控制量接口板。I/O 卡采用的是 ACC-11E,光电隔离 24 输入/24 输出接口板;

UMAC (Universal Motion and Automation Controller) 控制器是美国 Delta Tau 公司在 PMAC 的基础上推出的基于工业 PC 和 Windows 操作系统的开放式多轴运动控制器,UMAC 控制器实际上是一个运动控制计算机,以模块化的 PMAC(Programmable Multi Axes Controller)系统为核心,在 Motorola DSP 基础上开发而成。采用了更高速度的 DSP56300 系列数字信号处理器,提供全新的高性能技术和 Windows 平台,满足用户在运动控制各个领域的需要。UMAC 可同时控制 1~32 个轴,16 个坐标系实现多轴联动控制。

UMAC 提供了强大的运动控制功能,如直线插补、圆弧插补、样条曲线插补等模式,用户也可以通过这些基本模式定制出自己合适的运动模式,支持数控 G 代码和 M 代码指令控制,支持刀具补偿功能,可方便地开发机床数控系统。UMAC 采用了带陷波滤波器的 PID 算法进行电动机的伺服控制,能有效地克服电动机运行中的机械振动,该伺服环引入了速度和加速度前馈,进一步提高了伺服控制中的轨迹跟踪精度和加速性能。UMAC 内含了逻辑功能强大的可编程控制器(PLC),可以和运动控制程序密切配合实现外部设备的开关量(I/O)控制。UMAC 还有超前预测,内建的正向运动学和逆向运动学计算能力,三维刀具半径补偿功能,在线改变运动目标,多端口连续通讯,为每个电动机制定正弦转换表,可单独选择电动机的 PID 伺服控制算法或使用外部定义的算法,大大增加了同步 M 变量缓冲区,为每个坐标系设置两个伺服速率定时器,运动轨迹反求能力。其中,正向/逆向运动学计算功能和伺服控制算法定义功能,体现了 UMAC 运动平台在面向用户的开放性方面向前跨了一大步,使用户能灵活地在该平台上配置自己的运动算法,快速开发复杂数控系统的应用产品。

3 系统软件平台设计

对于工控机与 UMAC 组成的开放式数控系统,其软件结构由上位界面和下位控制程序组成,两者依靠通信相互联系,共同完成系统功能,其中通信程序的开发可以借助 Delta Tau 公司提供的 Pcomm32 的 32 位应用程序通信驱动器(它囊括了同 UMAC 通信的所有方式)。该公司提供的通信程序将主要通信函数进行分类、封装,形成动态链接库,该动态链接库可以由用户直接调用。PLC 程序也可以借助该公司提供的接口方便地进行开发。本文主要对基于工控机的数控机床用户应用程序进行开发,这也是控制系统的核心所在。整个系统软件结构其软件结构如图 2 所示。

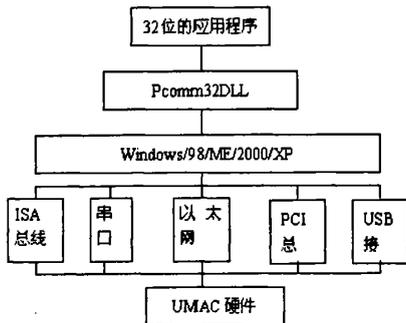


图 2 系统软件结构图

3.1 下位机控制程序

下位运动控制程序是设备的实时控制程序,它包括运动控制程序和 PLC 程序,两者共同完成对设备的控制。

3.1.1 运动控制程序

UMAC 编程语言可执行数控机床的程序,它把 G、M、T 和 D 代码作为子程序来调用,使得软件编写格式和数控程序相同,用户很容易接受。由于牙齿的表面都是不规则图形,只能利用 CAM 软件自动编程,生成 G 代码。然后下载到 UMAC 进行加工。

当程序中遇到 G [data] 时,它将调用运动程序 10n0 中的第 m*1000 行命令,其中 n 是 data 的百位数,m 是 data 的个位数和十位数。例如:G17 将跳转至程序 PROG 1000 中的 N17000 行命令。M 代码也一样,所不同的是它们所用的是 PROG 10n1;T 代码使用的是 PROG 10n2;D 代码使用的是 PROG 10n3。

```

OPEN PROG 1 CLEAR ;为程序 1 清零
G17 G90 ;XY 平面,绝对坐标
S1800 ;设置主轴转速为 1800r/min
F200 ;设置进给速度为 200mm/min
G00 X10.0 Y5.0 ;快速运动到(10.0,5.0)
M03 ;开主轴
G01 Z0.0
G03 X35.0 Y10.0 J5.0 ;逆时针圆弧插补
M05 ;主轴停
CLOSE
G 代码子程序 1000:
OPEN PROG 1000 CLEAR
N0000 RAPID RETURN ;G00 快速移动
    
```

```

N01000 LINEAR RETURN ;G01 直线插补
N02000 CIRCLE1 RETURN ;G02 顺时针圆弧插补
N03000 CIRCLE2 RETURN ;G03 逆时针圆弧插补
N17000 NORMAL K-1 RETURN;G17 设置 XY 平面
N90000 ABS RETURN ;G90 绝对坐标模式
CLOSE
M 代码子程序 1001:
OPEN PROG 1001 CLEAR
N03000 CMD #4J RETURN ;M03 主轴顺时针转动
N05000 CMD #4J/RETURN ;M05 主轴停止
CLOSE

```

3.1.2 PLC 功能实现

PLC 程序主要在系统后台周期性运行,以执行机床顺序控制。PLC 程序根据输入信号对机床进行开制,同时检测加工状态信息,还可以设置各种变量和运动程序指令一起控制机床进行加工。在该系统中,PLC 程序主要完成如下任务。

(1)变量初始化:将所需要的 I 变量和 M 变量的定义写入 PLC 程序。

(2)I/O 操作:在 PMAC 中,PWS 指针变量指向硬件 I/O 地址,M 变量指向内存映像区。由于不能在程序中直接引用 PWS 变量,因此需结合使用 PWS 变量和 M 变量,使用 PLC 程序建立 I/O 口和内存映像区的一一对应关系,实现对输入/输出的按位操作。

(3)机床各轴回零:回零是设备上电后工作的第一步,也是进行加工的先决条件,系统依靠电机回零建立机床坐标系,以形行程开关作为“零点开关”信号。

3.2 上位机操作界面

本系统目前所编写的上位机界面主要是为了满足用户的操作和监控电机各轴的运动状态,上位机界面开发采用的是用 Microsoft 的 Visual C++ 6.0。

其具体界面如图 3,能对系统进行手动操作,自动加工电机参数设置,系统管理和在线帮助。在自动加工过成中,能够看到运动程序和加工过程中的刀具的具体路径。

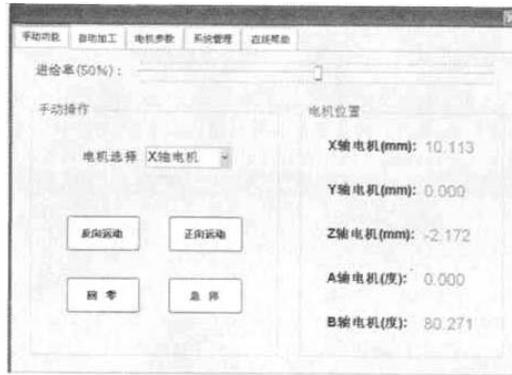


图 3 具体界面

4 结束语

本文介绍了 UMAC 在运动控制上的应用,充分利用 UMAC 强大的多轴联动控制能力和快速的实时通讯能力以及 PC 机丰富的软件资源和高效的数据处理能力,较好地实现了对五轴联动的实时伺服控制、刀具位姿实时检测以及全闭环控制等功能,具有加工速度快、控制精度高、系统运行稳定等优点。本系统的研究对数字化牙齿修复系统的在我国的应用有一定实用价值。

参考文献:

- [1] PMAC 用户手册 1.1 版.北京元茂兴控制设备有限责任公司,1999.
- [2] 郑魁敬,赵永生.基于 PMAC 的并联机床运动控制技术研究.机床与液压,2004,(8):40-43.
- [3] 任宝钢,刘杰,宋楠.基于 PMAC II 开放式五轴数控机床的研究[J].机电工程技术,2007,(01):28-30.
- [4] 王强,罗学科,谢富春.基于 PMAC 的开放式数控系统在全自动打胶机中的应用[J].机电工程技术,2006,35(02):85-95.