

基于 CAN 总线技术的挖掘机电子控制系统设计

何清华, 纪云锋, 陈欠根, 黄志雄

(中南大学机电工程学院, 湖南长沙 410083)

摘要: 先进的电子技术给工程机械设计带来了巨大的变化。第一次变化是广泛使用包括微控制器在内的电子设备, 它们的应用包括信息显示、发动机控制和液压控制, 但同时也增加了非常昂贵的电缆和复杂的布线; 第二次变化将致力于如何通过数字通讯技术以减少这些复杂的布线。本文提出基于 CAN 总线技术的液压挖掘机电子控制系统设计, 采用了两个控制器, 分别命名为仪表控制器和发动机-液压控制器, 结果大大简化了系统结构。

关键词: 微控制器; 电子控制系统

中图分类号: TU621; TP272.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3881(2004)5-099-2

The Design of Electronic Control System of Excavator Based On CAN - bus

HE Qing-hua, JI Yun-feng, CHEN Qian-gen, HUANG Zhi-xiong

(College of Mechanical & Electromechanical Engineering of Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Advances in electronic technology have brought numerous changes in design of construction equipment. The first wave of the changes can be represented by the proliferation of electronic devices, including microcontroller. Their applications include information display, engine control and hydraulic control, but the increasing application of electronics has the side effect which is very expensive and complicated wiring. The second wave of the changes will be focused on how to reduce these complex wires by using digital communications. Based on the design of the electronic control system of excavator with CAN - bus, two communication controllers, i. e., an instrument controller and an engine - hydraulic controller were defined, and the whole system was simplified greatly.

Keywords: Microcontroller; Electronic control system

0 引言

传统的液压挖掘机电子控制系统的控制器与位于现场的测量变送器、开关、马达、电液阀等执行器之间均采用一对一的设备连线。由于控制相对集中, 系统的可靠性不高, 单个节点的失效往往会造成整个系统运行不正常甚至引发事故。且该类系统中有众多连线, 占用安装空间, 不利于维护和管理, 特别是在老系统改造中需要重新设计整个系统, 开发性和可扩展性差。

有两种方法可以解决上述问题, 第一种方法是将各电子部件通过总线直接连接到控制系统上, 而这些电子部件是要求带有总线接口的智能节点; 第二种是将控制器分配到合适的部分, 然后用总线将它们连接起来。由于具有总线接口的电子部件较昂贵, 而且生产这种部件的厂家不多, 因此, 我们采用第二种方法。

本文应用 CAN 总线技术设计挖掘机的电子控制系统, 使用了两个控制器(仪表控制器和发动机-液压控制器), 对挖掘机的 30 种以上设备信号进行控制, 这大大减少了电缆线的数量, 结果缩小了安装空间, 降低了安装和其他方面的费用, 提高了电子系统的可维护性和可扩展性。

1 CAN 总线

CAN (Controller Area Network) 总线是德国 Bosch 公司从 80 年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议, 位速率高达 1Mbps。它属于现场总线的范畴, 是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信网

络。CAN 的应用范围遍及从高速网络到低成本的多线路网络, 在自动化电子领域的汽车发动机控制部件、传感器、抗滑系统等中应用, 现在已在许多其他工业领域中广泛应用, 特别在液压实时控制系统中是最广泛使用的一种总线。

CAN 总线的特点有: (1) CAN 协议按照 ISO/OSI 模型, 采用了其中的物理层、数据链路层与应用层; (2) 采用双绞线, 通信速率最高可达 1Mbps/40m, 直接传输距离最远可达 5kbps/10km; (3) CAN 的信号传输采用短帧结构, 每一帧有效字节数为 8 个, 因而传输时间短, 受干扰的概率低, 当节点严重错误时, 具有自动关闭的功能, 以切断该节点与总线的联系, 使总线上的其他节点及其通信不受影响, 具有较强的抗干扰能力; (4) CAN 支持多主方式工作, 网络上任何节点均可在任何时刻主动向其他节点发送信息, 支持点对点、一点对多点 and 全局广播方式接收/发送数据; (5) 它采用总线仲裁技术, 当出现几个节点同时在网络上传输信息时, 优先级高的节点可继续发送数据, 而优先级低的节点则主动停止发送, 从而避免了总线冲突。

2 控制系统设计

2.1 总体设计

控制系统原理如图 1 所示, 微控制器采用两个力士乐公司的 MC6E/32, 分别命名为仪表控制器和发动机-液压控制器, 传感器和开关量等信号可直接接到控制器上, 控制器之间可通过 CAN 总线连接通讯, 控制器通过其上的 CAN 接口直接连到总线上进行通讯。此外, 一些服务工具如模块式软件、组态工具软

件等可通过 RS232 连接到控制器上, 本文使用 BODEM 组态软件用来对控制器的参数设定、参数实时值显示和故障诊断等

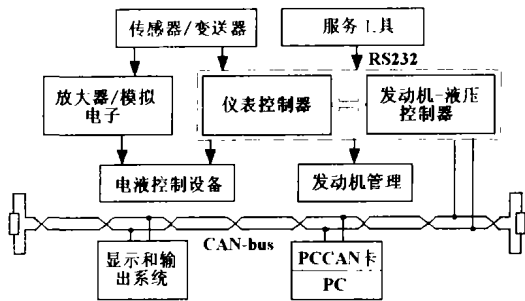


图1 控制系统原理图

2.2 控制器输入输出信号

由于大部分设备分布在驾驶室和发动机部位, 所以将两个微控制器, 一个置于驾驶室, 另一个安放在发动机部位。图2为两个控制器的输入输出信号框图, 它们的功能主要有: (1) 对来自电子设备的输入信号进行采样; (2) 进行模/数, 数/模转换; (3) 构造 CAN 协议信息包; (4) 传递信息包; (5) 接收信息包; (6) 产生控制信号。

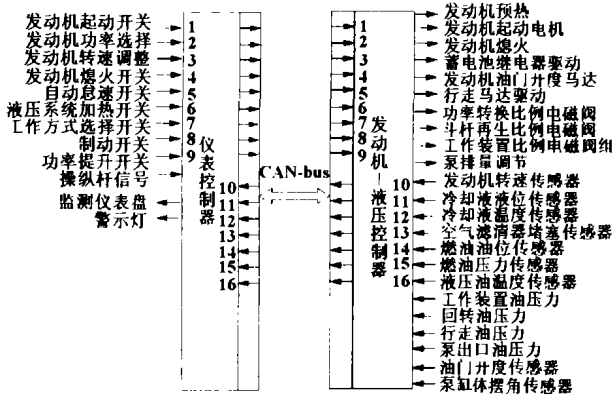


图2 微控制器输入输出信号框图

在仪表控制器的输入信号当中, 有7路开关信号和3路模拟信号需要被传输到发动机-液压控制器进行处理。在信息包传输中, 一个开关信号占用一个位, 一个模拟信号占用一个字节, 以位速率 250kbps 传输。开关信号包括发动机启动、自动怠速和制动开关等。模拟信号范围从 1 到 5V。

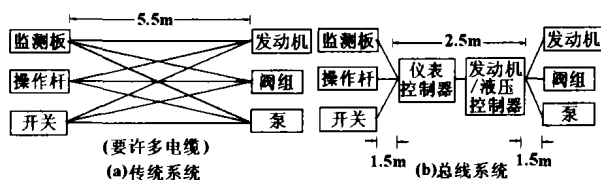


图3 两种系统比较

在发动机-液压控制器部分, 也需将相关的模拟量和开关量信号传输到仪表控制器中进行处理, 它们之间仅需一根 CAN 总线连接即可进行快速通讯。与

常规控制系统相比, 提高了系统的可靠性和可维护性, 减小了安装空间, 图3所示为两种系统结构的差别, 可以看出, 采用 CAN 总线的系统使布线得到了大大简化。

2.3 微控制器 MC6E/32

微控制器是整个控制系统的核心, 力士乐公司提供的 MC6E/32 微控制器, 是专门为行走机械开发的, 并满足诸如环境温度、防水、防震及抗电磁干扰 (EMV) 的相应防护要求控制器。其结构如图4所示。

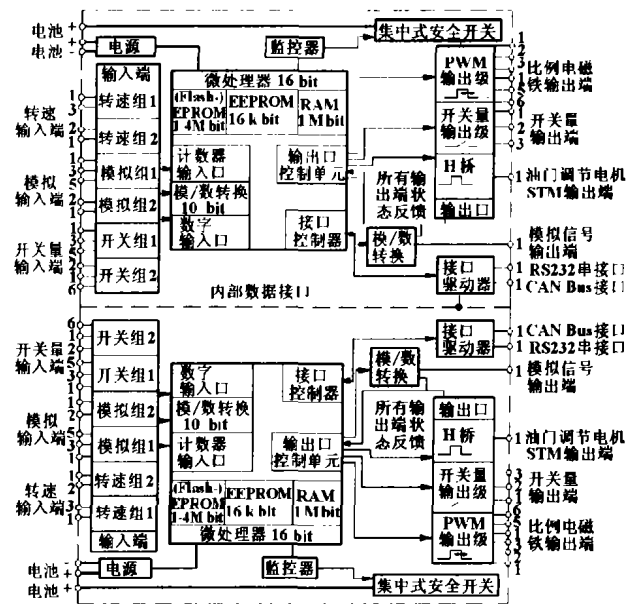


图4 微控制器 MC6E/32 结构图

微控制器输入端侧可以处理 0 至 5V 的模拟电压和开关量, 如电位器, 压力传感器, 转速传感器或开关信号。所有输入端都具有抗电磁干扰和过压保护。电位器输入端设有监控电路, 可识别导线断路或短路。

作为输出信号, MC6E/32 微控制器终端给比例电磁铁提供经调节的电流, 用以调节泵、马达和阀。附加的功率输出端可直接控制继电器, 指示灯和开关电磁铁。两个专用 PWM-输出端产生控制发动机油门的调节电机的双向电流, 是电比例控制变量轴向柱塞元件的高精度小滞环控制的配置。两个模拟量电压输出端可把模拟信息方便地传递给其他电路。

通过 RS232 串口可与 BB-3 编程器连接, 或与装有 BODEM 软件的 PC 机连接, 用于如诊断、设置参数和过程显示的服务功能。

两个独立的 CAN-bus 总线接口可用于 MC6E/32 微控制器与另外的 MC 微控制器或其他控制元件进行数据交换 (例如: 柴油机机油门控, 显示器或特殊工作功能)。

(下转第 103 页)

测元件的检测结果指示了活塞销孔轴向的当前位置坐标。纵轴转动时,纵向位置检测元件以一定的频率向计算机发送中断信号,计算机接收到纵向中断后,转入纵向中断服务程序处理中断:首先取出对应销孔该轴向位置所需向控制进刀的交流伺服电机发送的脉冲数目,用公式 $v_0 = e^{a/N}$ 转换为控制定时器的频率,然后设置定时器的中断信号频率,开定时器中断,接收到一个定时中断之后转入中断处理程序,在定时中断处理程序中向交流伺服电机发送一个脉冲指令,脉冲计数器减1。退出定时中断处理程序,用公式 $v_1 = e^{a/(N-1)}$ 重新计算定时中断的频率,设置定时器,等待新的定时中断……重复执行,直到新的纵向中断到来,然后开始新的循环,直到加工结束。

加工过程中的纵向中断服务程序流程图如图4所示,定时器中断服务程序流程图如图5所示。

同时由频率公式进行数学运算可以计算出定时中断频率的变化趋势:

$$\delta v = -e^{a/N} \cdot a/N = -aN^{a-1}$$

平滑指数 $a = 1 \sim 2$, 一般取 1.7。当计算机不断向交流伺服电机发送脉冲时, N 递减,则定时频率减小,表明进刀速度也是递减的。当发送的指令脉冲总数目趋近于该步所需发送的

脉冲数时,可以看出定时频率的变化趋近于0,也就是说,当到达该段加工的末端时,镗刀趋于稳定,不再进给。这样的一种渐趋平稳的状态,有利于保持加工过程进刀的稳定,加工的质量更易保证。

4 结论

CNC 系统之所以能够控制刀具相对于工件以一定的速度、按照给定的路径切削出所要求的轮廓,正是由于 CNC 系统具有插补的功能。插补算法的精确程度从理论上决定了切削工件的最终技术指标。可以说插补程序是 CNC 系统控制软件的至关重要的部分之一。同时,机电系统中伺服电机作为运动转换、速度和位置控制的核心部件,它的性能也是研制 CNC 系统过程中无论是进行硬件设计还是软件设计都必须深入研究的部分。本文就这两部分做了一些思考,并结合国防科大机电研究所研制并已投入生产实际的异型销孔镗削系统进行了一些分析,与同仁商榷。但笔者深知,切削加工的过程,是一个各种要素综合起作用的复杂过程,要尽可能周密的考虑加工系统中可能会对加工结果产生影响的各个方面。更重要的是,再高明的理论还得在实际中进行检验修正,因为切削加工的很多问题必须在实际中才能加以解决。

参考文献

- [1] 活塞异型销孔镗削系统使用说明书. 国防科技大学机电研究所, 1997.
- [2] 秦忆等编著. 现代交流伺服系统. 华中理工大学出版社, 1995. 1.
- [3] 邓星钟等. 机电传动控制(第二版). 华中理工大学出版社, 1998.

作者联系方式: 邱如金, 手机: 13007432817, E-mail: qiurujin@hotmail.com.

收稿时间: 2003-06-09

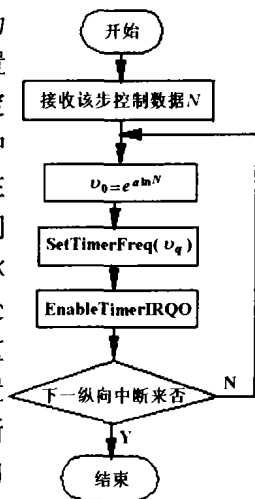


图4

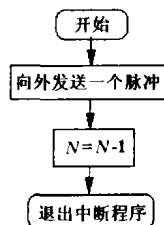


图5

(上接第100页)

3 系统组态

PC-软件 BODEM 是为 MC6E/32 微处理器提供一个方便使用接口,通过它可以修改机器参数的设定值。此外,还有进行实时过程参数的图象或数字显示,打印所有设定参数值和过程参数,显示出错信息以及将测定数值(过程参数)存储到硬盘上等功能。

4 结束语

我们分析了整个挖掘机的电控系统并将它们集中到两个微控制器中(仪表控制器和发动机-液压控制器),它们之间可通过 CAN 总线通讯,并分别处理分布在驾驶室和发动机部位的控制信号。下一步工作是制定一些控制算法并下载到控制器中去,以实现整个电液控系统的闭环控制。

参考文献

- [1] Jang Myung Lee, Suk Lee, Man Hyung Lee, Kang Sup Yoon. Integrated wiring system for construction equipment. IEEE/ASME transactions on mechatronics, 1999, 4 (2).
- [2] 阳宪惠. 现场总线控制技术及其应用. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [3] 刘振军. 日立 EX 系列液压挖掘机机电一体化控制系统分析. 建筑机械, 1998 (1).
- [4] Shop Manual KOMATSU PC300-6.
- [5] Rexroth Bosch Group. RC 95 050/05.00.
- [6] http://www.can.de.

作者简介: 何清华(1946~),男,湖南岳阳人,中南大学教授,博士生导师,主要从事特种机器人、工程机械、机电液集成技术研究。目前正承担国家 863 “小型挖掘机机电一体化及信息化”项目。电话: 0731-8836046, E-mail: xiaozhi_king@163.com.

收稿时间: 2003-05-10