

研究进展

包装设备控制系统综述

唐宗美, 杨光友, 马志艳, 许万

(湖北工业大学, 武汉 430068)

摘要: 介绍了当前科技发展形势下,国内外知名自动化公司的包装设备控制系统研究及应用现状。分别从控制网络、新型控制器、控制精度、温控、电力等方面,论述了基于包装设备的多轴运动控制系统的关键技术,并展望了其未来发展趋势。

关键词: 包装; 运动控制; 网络; 电子凸轮; 温控; 无线

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)05-0107-04

Summarization of Packaging Equipment Control System

TANG Zong-mei, YANG Guang-you, MA Zhi-yan, XU Wan

(Hubei University of Tecnology, Wuhan 430068, China)

Abstract: The research status of packaging machine control system of well-known automation company at home and abroad was introduced. The key technology of multi-axis motion control system of packaging machine was analyzed from the aspects of control network, novel controller, accuracy, temperature control, and power. The future development trend of packaging machine was prospected.

Key words: packaging; motion control; network; electronic cam; temperature control; wireless

随着现代科学技术的发展,构成包装设备控制系统的现场总线技术、传感器技术、运动控制技术、人机界面技术等也得到了飞速的发展,并由此推进了包装设备自动化、智能化的进程。包装控制系统也呈多元化发展趋势,高精度、个性化、人性化以及智能化的控制是包装设备未来发展的主流趋势。

1 包装设备控制系统现状

作为包装设备控制系统的核心,多轴运动控制网络的发展经历了市场的竞争、淘汰、更新与再竞争阶段。运动控制网络是构建在运动控制器、电机驱动器以及传感器之间,能够实时、同步地传送运动控制命令和反馈运动状态的网络系统。从总体控制架构来看,包装设备控制系统有集中式和分布式 2 种模式。

1.1 集中式控制系统

目前大部分包装设备都是采用集中式控制系统,

通常由一个运算能力强大的中央控制器来协调计算各个驱动单元,进而完成复杂的动作。该模式下,数据包频繁穿梭于主控制器与驱动节点之间,以此来交互控制命令及反馈信息,中央控制单元的接收并迅速处理数据,控制算法较为复杂。集中式控制系统模型见图 1。

台达公司的 ASD-A2 智能型伺服驱动器应用于枕式包装机,是典型的集中式多轴运动控制系统之一,A2 型伺服控制器内置电子凸轮功能,同时具备色标遮没和自动纠偏功能。控制系统采用将送膜轴作为主轴,送料、横切两轴跟随送膜轴协同运动的主-从运作模式,三轴的同步信号由送膜轴发出,横切轴和送料轴的反馈信号也都传输回送膜轴做补偿处理,以达到三轴的协调控制的目的。文献表明可实现每分钟 1200 包的包装速度^[1]。

上海菱电自动化有限公司利用三菱 FX06-60MR PLC 的通讯功能和高级指令把上位机、传感器、驱动

收稿日期: 2012-12-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51174084)

作者简介: 唐宗美(1987-),男,福建人,湖北工业大学硕士生,主攻运动控制及无线传感器网络。

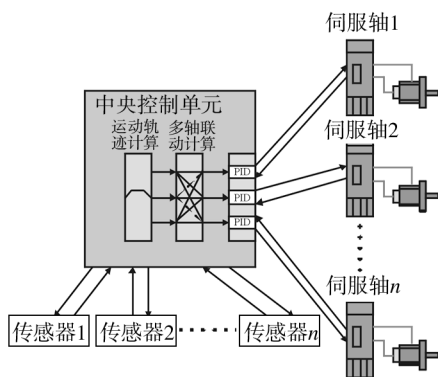


图1 集中式多轴运动控制系统模型

Fig. 1 Model of centralized multi-axis motion control system

轴连接成一个整体的硬盒香烟包装机,该包装机以 PLC 为主控制单元,处理外部输入的开关量信号,并输出控制信号。同时,PLC 与上位机间进行通信,传递相关信息^[2],也是集中式控制的经典案例之一。

集中式控制系统中如果控制的轴数目越多,则中央处理单元的控制算法就越复杂,从而对控制器性能要求就越高。目前应用于包装设备的诸如 Profibus^[3-4],Lonworks^[5-6],CAN^[7-8]等现场总线的通信速率都不超过 20 MB/s。轴数量增多使得网络中穿梭的数据包增多,这也加重了网络的压力,因此,采用集中式控制系统的包装设备的驱动轴数目通常都不会很多。

1.2 分布式控制系统

包装设备分布式控制系统的各轴均由具有通信和数据处理功能的智能驱动单元构成,各驱动单元独立完成复杂的运动过程,单元之间可以相互通信,其控制系统模型见图 2。随着包装设备控制要求的日趋复杂,自动化领域的许多知名厂商都将高速分布式控制网络作为可靠的实现方案。

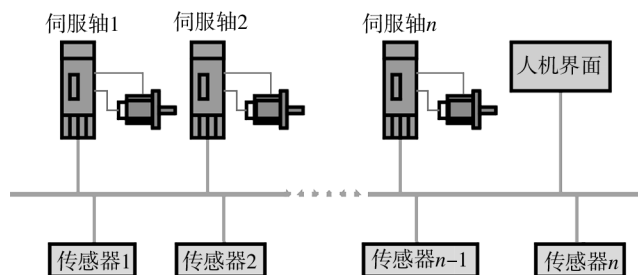


图2 分布式多轴运动控制系统模型

Fig. 2 Model of distributed multi-axis motion control system

PLC 和运动控制功能的 TwinCAT 作为控制平台,多轴运动控制器通过分布式 EtherCAT 工业以太网进行时钟同步,通讯精度可达纳秒。倍福公司的 XFC (eXtreme Fast Control Technology, 极速控制技术) 显著提升了包装机械的效率和精度,分布式时钟功能允许高精度色标控制。例如:时间戳 EtherCAT 端子模块可提供极为迅捷的接触式探针输入,输入响应时间为 1 μs ,而基于 TwinCAT 软件的控制技术也为包装生产线的工艺链提供了很大的灵活性^[9-10]。

利乐包装(Tetra Pak)采用集成了贝加莱(B&R)本地和远程控制器、驱动以及显示技术的自动化方案,在复杂的控制要求及机器结构中,利用 Ethernet Powerlink 构建的网络共耦合了超过 50 根轴,并与电子凸轮仿形和齿轮功能耦合,可提供远小于 1 μs 的系统抖动。

欧姆龙公司推出的 Sysmac 自动化平台,采用集成了逻辑和高级运动控制功能的 NJ 系列控制器,使用工厂自动化网络 Ethernet/IP 实现整个机器的本地或远程控制,机器控制网络 EtherCAT 用于实现对各驱动单元的实时控制,采用分布式时钟实现高水平的同步精度,可以达到 100 μs 的刷新时间和不超过 1 μs 的时基误差,这为包装运动轴的准确定位提供了极大的帮助。

随着包装产品的不断多元化以及客户对包装精度要求的不断提高,越来越多的运动轴会被加入到控制系统中,运动控制算法也会越来越复杂,分布式运动控制网络很好地适应了这一趋势。由于每根轴都可独立工作,用户可以对控制单元进行灵活地配置,从而实现柔性生产,因此,可以说分布式多轴运动控制系统是适应日渐繁复控制要求的可靠实现方案。

对于同一台包装设备而言,各根伺服轴之间存在着相对固定的运动模式,其运动曲线随着包装周期的推进而呈周期性变化,大部分轴的控制计算是可预知的,需实时处理的数据量并不算多。如果每根轴的运动控制算法都需分别经过一个运动控制器,则包装机的设计与制造成本太高,用户无法接受。较之集中式控制系统,尽管分布式控制系统节省了大量的布线成本、安装成本,但是增加了控制器成本,这是分布式控制系统的一大劣势,因此将满足控制要求的高性价比运动控制器引入分布式控制系统是包装设备的一个发展趋势。

2 包装设备控制系统的关键技术及展望

包装设备朝着高自动化、高效率、低能耗的方向发展离不开对网络、控制器、能耗、控制算法等方面的进一步研究和应用。

2.1 工业以太网应用于包装设备

目前高速以太网技术使得传输速度可以达到 40 G/100 G,且增大了传输距离,提高了互联能力。高速以太网技术将作为网络的核心,可以广泛应用于局域网、城域网甚至广域网中^[11]。如何将这一优势应用于包装设备的控制网络中,实现“一网到底”,将是包装控制系统的一个重要发展方向。然而,标准以太网存在的实时性和同步性问题也是目前的最大障碍。这就需要对以太网通信模型进行修改,其关键技术有:①使用一种特殊的以太网帧类型和重新定义的实时协议,不改变通信硬件,如 Ethernet Powerlink 协议;②使用 TCP/IP 协议栈,通过上层控制来确定通信中的不确定因素,如 Modbus/TCP, Ethernet/IP 协议等;③修改以太网协议,对介质访问控制 MAC 进行修改,在实时通道内由实时 MAC 接管通信控制,避免报文冲突,简化数据处理,如 EtherCAT, SERCOS- II 协议等^[12]。

与此同时,提高以太网的通信速率,降低通信负荷,应用信息优先级和流量控制等技术都能有效提高以太网的通信实时性,也为包装设备的高效性、稳定性提供重要技术保证。

2.2 应用于包装设备的新型运动控制器

目前比较前沿的运动控制器都内置电子凸轮,支持多种控制网络的功能。随着 SOPC 技术,嵌入式 Internet 技术及 FPGA 技术的应用,运动控制器功能越来越强,其可靠性也大为提高。同时,滑模变结构控制、模糊控制和鲁棒性控制等智能控制策略的应用也极大地提高了运动控制的智能化水平,应用于包装设备的控制器将朝着具有高兼容性、可扩展性、可移植性等方向发展。

2.3 电子凸轮的控制优化

电子凸轮是包装设备系统中重要的组成部分,主要用于对产品的裁切,其控制精度直接影响着产品的优劣。电子凸轮应满足:(1)生产柔性,即系统应快速地自动计算运动曲线,从而实现一个刀辊可以适应不同尺寸产品的裁切;(2)换装快速,即对订单切换的系

统响应时间要短,从而提高了生产效率;(3)调节稳定,即系统的 PID 计算能够快速达到稳定状态,既能保障精度,又能降低机械冲击;(4)曲线数多,即系统支持多条凸轮曲线共存并随意切换,这样使得包装设备的产品规格数目大大增加;(5)启动迅速、运行平稳、回零及时、跟随能力强,从而使包装设备的精度、效率大大提高。

2.4 包装设备封口温度的模糊控制

在塑料包装设备中,封口温度的高低会直接影响产品的质量,将模糊控制的方法引入到封口温度控制中能够达到控制精度高、控温平稳的效果^[13]。模糊控制规则有 2 种型式:状态评估模糊控制规则;目标评估模糊控制规则。前者类似于人类的直觉思考,后者则能够评估控制目标,并且预测未来控制信号。这 2 种规则在模糊控制方面应用相当广泛,采取的方案如下:针对封口装置的实际响应,通过模糊规则进行推理和决策,在线整定 PID 控制器的参数,以实现对封口装置的优化控制^[14]。由于温度控制并不需要十分迅速,因此对于模糊控制器中的模糊算法响应速度要求并不高。

2.5 无线控制网络和无线电力传输应用于包装设备

目前无线局域网和无线电力传输正稳步发展,一旦得以应用,包装设备的驱动轴单元在供电和控制网络方面都可以摆脱电缆的束缚,运动控制完全可以朝着无线控制方向发展。网络方面,目前大部分运动控制系统都有地表、墙体布线、网络线路维护等一系列问题,更有一些高速旋转的设备根本无法通过电缆来传输数据信息,无线控制网络的出现很好地解决了这些难题。无线控制网络融合了嵌入式微处理器技术和网络技术,实现对多点被控设备的信息交换,并具备远程控制,这样不仅简化了控制网络、节约了成本,还提高了控制系统的灵活性^[15]。

电力方面,无线电力采用电磁共振耦合原理,利用非辐射性磁场来实现电力传输^[16]。这使得因误操作而触电或者因漏电、静电等使整个运动控制系统处于报警状态的可能性减小,而且节省了电缆成本和电力传输时电阻的损耗,使运动控制系统成本降低。新型超材料的研发应用也使得无线电力传输变得更加简单安全,电力更加稳定、集中地通过开放空间而不会发散,这有效地提高了电力传输的效率。由此,无线运动控制网络和无线电力传输是一种更适用于包装设备、更安全、更强大和更具有成本效益的实现方

案,值得进一步研究。

3 结语

目前国内包装设备制造企业的控制技术和驱动技术的综合应用水平还比较低,传感和检测技术、定位控制、在线检测等还未得到充分应用。包装设备的运动控制系统一般都采用专用网络来实现,尽管在控制精度上有极大突破,但是大量存在的专用网络使得各大厂商的产品几乎不可兼容,成本也相对较高。用工业以太网替换传统的总线能够很好解决开放性、成本和通信带宽的问题,选用新型运动控制设备,将无线控制网络和无线电力传输技术引入包装设备控制系统,提高了设备的灵活性,降低了成本,同时优化了电子凸轮和封口温度的控制工艺,这些都是提高包装设备控制精度的有效途径以及未来的发展趋势。

参考文献:

- [1] 王江涛. 台达智能型 A2 伺服在高速枕式糖果包装机的应用[Z]. 台达工业自动化应用技术中心.
WANG Jiang-tao. Application of Delta Intelligent A2 Servo in High Speed Pillow Type Candy Packing Machine[Z]. Delta Industrial Automation Application Technology Center.
- [2] 祁文钊,杨岩. FXON 在硬盒香烟包装机上的应用[J]. 电气时代,2003(7):80-81.
QI Wen-zhao, YANG Yan. Application of FXON in Hard Box Cigarette Packing Machine[J]. Electric Age, 2003(7):80-81.
- [3] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 第2版. 北京:清华大学出版社,2008.
YANG Xian-hui. Field Bus Technology and Its Application[M]. The Second Edition. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [4] KIM Byoung-Hee, CHO Kwang-Hyun, PARK Kyoung-sup. Towards Lonworks Technology and Its Applications to Auto-

- ation[J]. IEEE, 2000:197-202.
- [5] 金凤莲. 基于 CAN 总线的食品包装生产线控制系统的设计[J]. 包装工程,2006,27(2):98-100.
JIN Feng-lian. Design of the Control System of Food Packaging Production Line Based on CAN Bus[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2):98-100.
- [6] 甘蔚钰,苏克健,苏文艺. 关于 FOCKE701 包装机组电控系统的结构分析[J]. 微计算机信息,2009(13):78-79.
GAN Wei-yu, SU Ke-jian, SU Wen-yi. Analysis on Configuration of Controlling System for Electricity on FOCKE701 Packer[J]. Microcomputer Information, 2009(13):78-79.
- [7] RIZVI R A. 100G Ethernet and Beyond: Preparing for the Exabyte Internet [JB/OL]. (2009-01-23). <http://www.jisc.ac.uk/techwatch>.
- [8] 闫晓娟,刘景林. 电机运动控制网络及其发展研究[J]. 电机与控制应用,2010,37(2):25-29.
YAN Xiao-juan, LIU Jing-lin. Research on Motor Motion Control Network and Its Development[J]. Electric Machines & Control Application, 2010, 37(2):25-29.
- [9] 尚冬梅,汪晓鸿. 塑料包装机封口温度的模糊控制[J]. 组合机床与自动化加工技术,2010(1):16-18.
SHANG Dong-mei, WANG Xiao-hong. Fuzzy Control on the Temperature of Final Encapsulation in Plastic Package Machinery[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2010(1):16-18.
- [10] 尤矛,张根宝,王荣谱. 液体灌装机温控系统的应用[J]. 江南大学学报(自然科学版),2009(5):560-563.
YOU Mao, ZHANG Gen-bao, WANG Rong-pu. Application of the Temperature Control System for Liquid Filling Machine[J]. Journal of Jiangnan University (Natural Science Edition), 2009(5):560-563.
- [11] 徐成志,柳平增,禹朴勇. 嵌入式远程无线控制网络的研究[J]. 泰山学院学报,2008(6):1-4.
XU Cheng-zhi, LIU Ping-zeng, YU Pu-yong. Study of the Embedded Remote Wireless Control Network[J]. Journal of Taishan University, 2008(6):1-4.
- [12] ANDRE Kurs, KARALIS Aristeidis, MOFFATT Robort, et al. Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances[J]. Science, 2007(317):8386.