

# 基于 CC-Link 总线的沥青搅拌站控制系统设计

唐红雨<sup>1</sup>, 黄海峰<sup>1</sup>, 王翠军<sup>2</sup>

(1. 镇江市高等专科学校 电子信息系, 江苏 镇江 212003; 2. 江苏华通动力重工有限公司, 江苏 镇江 212003)

**摘要:** 针对目前沥青搅拌站控制系统的不足、结构复杂、现场设备分散、接线繁杂及系统实时性差等问题, 根据产品生产工艺流程, 系统硬件设计采用三菱 Q00UCPU、CC-Link 主站模块 QJ61BT11N 等设备, 辅以变频调速, 高精度的传感器, 可靠的数据通讯设备, 多种信号通过分布式 I/O 组件和 CC-Link 传送至 PLC 进行处理; 软件上设计了搅拌站的监控系统和现场设备的通讯接口, 使用人机界面实现设备的远程控制, 操作方便, 工作稳定, 降低了成本, 提高了生产效率; 该系统经过实际现场生产, 总线通讯正常, 累计生产超过 8 000 吨料, 超过 40 h 无故障。

**关键词:** CC-Link; 总线; 搅拌站; 控制; 监控

## Control System Design of Asphalt Mixing Plant Based on CC-Link Bus

Tang Hongyu<sup>1</sup>, Huang Haifeng<sup>1</sup>, Wang Cuijun<sup>2</sup>

(1. Dept. of Electric and Information, Zhenjiang College, Zhenjiang 212003, China;

2. JH kinetics Co., Ltd, Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** The control system of asphalt mixing plant have the current shortage, complex structure, decentralized field devices, wiring complexity, and poor real-time system. According to the production process, Mitsubishi Q00UCPU, CC-Link master module QJ61BT11N and other equipments are used in the system hardware design, supplemented with variable speed, high-precision sensor and reliable data communication equipments. Varieties signals via distributed I/O components and CC-Link are transferred to the PLC for processing. The mixing station monitoring system and field devices communication interface are designed in software. Using the HMI device to achieve remote control, easily operating, stable, reducing costs, improving production efficiency. The system is applied on-site production, bus communication is normal, the cumulative production exceed 8000 tons material, and more than 40 hours without failure.

**Key words:** CC-Link; bus; mixing station; control; monitoring

## 0 引言

沥青搅拌站常远离市区, 在野外作业, 工作环境变化大, 干扰因素多, 要求设备控制系统要有较强的抗干扰性和稳定性, 增加了控制的难度。沥青搅拌设备控制系统的发展经过了 3 个阶段, 即从传统的分散控制到集中控制, 再到分布式控制。分布式系统中主控制器与本地控制器之间通过数字式的现场网络进行连接, 具有分散控制和集中管理的特性。目前国外知名品牌如玛连尼、阿曼等都已经开发并销售基于现场总线的分布式控制结构的产品, 国内厂家如三一、徐工、南方路机等也在积极开发类似的产品<sup>[1]</sup>。基于现场总线的分布式控制系统是沥青混合料搅拌设备控制系统发展的必然趋势。

## 1 CC-Link 总线

CC-Link (Control & Communication Link, 控制与通讯链路系统) 是一种省配线、低成本、高性能的开放式现场总

线, 可以提供高效、一体化的工厂和过程自动化控制<sup>[2]</sup>。CC-Link 总线采用主从结构和广播轮询方式, 最多支持 64 个从站, 最高可达到 10 Mbps 速度。CC-Link 具有预约功能、自动刷新功能、备用主站、从站脱离、站上线恢复及监控测试等完备的 RAS 机能<sup>[3]</sup>。目前 CC-Link 支持远程 I/O、传感器、称重控制器、调节器、电磁阀及触摸屏等, 本系统采用 CC-Link Ver2.0, 适合需要大容量和稳定的数据通讯领域, 支持在线编程 ISP 技术、且具有量程转换、变送、数字滤波、输出 PWM 波等功能, 只需对现场设备扩展一个数据接口, 利用 CC-Link 总线, 控制器就可以按公开、规范的通信协议, 进行通信, 从而在主站上就可以监控现场设备的状态, 如图 1 所示<sup>[4]</sup>。

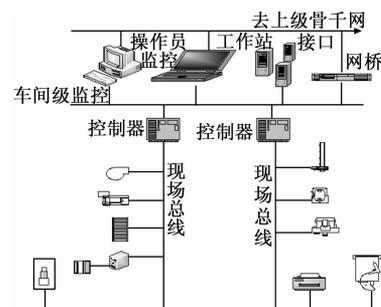


图 1 现场总线控制结构图

收稿日期: 2013-10-12; 修回日期: 2013-12-29。

基金项目: 2013 年江苏省高级访问学者项目; 2012 年镇江市科技支撑工业项目 (GY2012005); 智能型设备电流和温度测试装置 (HT201301001)。

作者简介: 唐红雨 (1975-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事智能测量与控制方向的研究。

## 2 搅拌站总体设计

通过对沥青混合料搅拌设备的结构和生产工艺的分析, 结合分布式控制原理, 可将控制系统分成动力系统控制模块、成品料仓控制模块、冷骨料配料控制模块、沥青加热控制模块、布袋除尘控制模块、骨料加热控制模块及称重配料控制模块等模块。

CC-Link 总线从位于控制室操作台的主站出发, 其中低压配电柜占 3 个远程站, 成品仓系统占 2 个远程站, 冷骨料供给系统占 6 个远程站, 沥青加热系统占 1 个远程站, 布袋除尘系统占 1 个远程站, 骨料加热系统占 1 个远程站, 称重配料系统占 1 个远程站, 零散信号直接有电缆连入主控制器。各个远程站的序号以及其占用的逻辑站数量在图中都有定义。通讯线采用屏蔽三芯双绞线, 总长度在 200 m 左右, CC-Link 的通讯速度设定在 2.5 Mbps, 如图 2 所示。

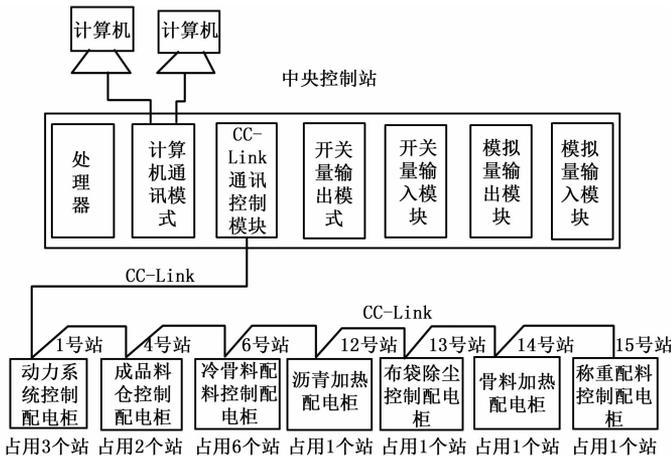


图 2 CC-Link 总线控制系统结构图

## 3 系统硬件设计

### 3.1 中央控制站

中央控制站位于控制室中, 是整个设备的操作控制中心, 主要由操作台(控制器)、计算机输入输出设备以及通讯控制模块构成。操作台内部使用三菱 Q00UCPU 作为主控制器, 他通过开关量输入输出模块和模拟量输入输出模块采集现场信号, 并根据 PLC 程序判断控制现场设备, 使用三菱 QJ61BT11N 模块作为 CC-Link 主站控制 CC-Link 现场总线的通讯[5]。计算机采用研华 IPC 系列工业控制计算机, 考虑到可靠性, 使用双工控机的冗余设计, 他们通过 RS-232 以及 USB 接口分别与主控制器通讯。两台计算机之间通讯连接, 同时运行计算机控制软件, 完成双机热备份。当其中一台故障时, 另一台可以继续工作, 保证生产不间断; 在正常工作时, 用户可以选择用其中一台作为操作平台进行生产操作, 另一台切换至监控画面实时监视设备其他各部件状态, 这样既保证了系统可靠性, 又提高了监控信息量。

### 3.2 动力系统控制模块

本系统是结合 3000 型沥青搅拌站而设计的, 在控制系统中采用三相交流电供给 32 个不同作用的电机, 为整个系统提供动力, 采用 DELTA 公司的变频器进行调速, 具有过电

流 OC、对地短路故障、过电压 OV、电压不足 LV、过热 OH、过载 OL 保护, 主频率范围在 0~400 Hz 之间, 由模拟信号 0~10 V (AVI), 0~20 mA (ACI) 输入。

### 3.3 成品料仓控制模块

在成品料仓控制模块中采用阻旋式料位计检测仓内料位, 当仓内成品料即将满时发出警报提示满仓; 温度检测实时检测仓内成品料温度, 防止料温过低导致报废。使用三菱远程 I/O 模块 AJ65SBTB1-32DT1 作为另一远程设备站; 该模块为 16 输入 16 输出混合模块, 具有输出保护功能, 输入相应时间小于 0.2 ms, 位置检测、料位检测和料门等开关量信号直接接入该设备站, 对于热电阻模拟量信号从节约成本的角度出发直接接入主控模块。位置检测采用图尔克 Ni8-M18-AN6X 型接近开关, 该接近开关频率 1 kHz, 防护等级 IP67, 工作稳定范围 -25~70 °C, 采用非齐平安装, 检测距离达 8 mm, 具有抗磁场干扰, 对所有金属检测距离无衰减等特点。

### 3.4 冷骨料供给控制模块

冷骨料供给控制模块主要任务是根据设备的生产能力、仓储量及配料比例自动调节各种冷集料斗供料驱动电机的转速和冷骨料的供给量[6], 控制各料斗斗门开度的电机可以单个进行 PID 调节, 实现供料补偿, 料斗中安装有缺料报警装置。供料量的大小通过变频器控制皮带给料电机的速度来完成, 这里根据功率大小选择使用三菱 FR-A740-2.2 K 变频器作为远程设备站, 该变频器可通过扩展 FR-A7NC 连接到 CC-Link 总线上。

### 3.5 沥青加热控制模块

沥青混合料搅拌设备要求沥青温度达到 140~160 °C, 沥青的加热是通过导热油加热系统来完成。沥青加热点火流程如图 3 所示, 压力阀打开后, 控制模块发出脉冲信号, 点火变压器点火并进行火焰检测, 达到设定值, 则完成点火; 否则, 关闭主阀发报警信号, 重新启动点火。

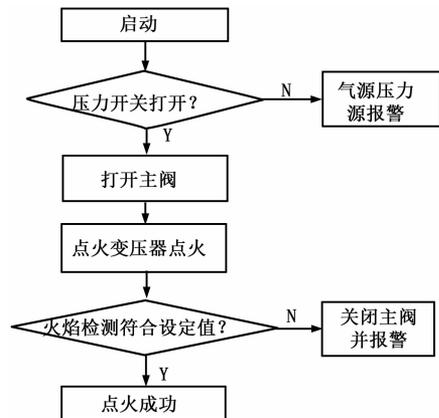


图 3 沥青点火控制流程

### 3.6 布袋除尘控制模块

布袋除尘控制模块主要是脉冲反吹袋式除尘系统。含尘气体经布袋过滤后, 尘粒粘附在布袋外壁上, 洁净气体排出。通过检测袋式除尘器滤清前后的气压差, 按压差自动调节逆压空气脉冲周期[6], 当粘附的尘粒过多时, 由脉冲阀向布袋内反吹, 吹落尘粒, 集于底部, 再有螺旋输送机或鼓风机送至粉料

提升机; 系统设有超温、差压报警装置, 出现异常时自动停机。运行中, 通过预先设定好的脉冲间隔时间、脉冲宽度及循环周期控制电磁脉冲阀进行工作。

### 3.7 骨料加热控制系统

骨料加热控制系统能够设定并反馈干燥滚筒出口骨料温度, 通过对燃烧器的工作参数进行设定、修正。工作时, 燃烧器的风门、油门开度的调节, 需要考虑冷骨料的粒径的大小、流量以及含水量, 同时要定时检测干燥滚筒出口骨料的温度与设定值的差值, 保证骨料温度达到生产要求。温度控制流程如图 4 所示。在温度控制过程中系统始终对风机、烘干筒和燃烧器状态进行检测, 若运行正常则系统对设定温度  $T_s$  和实际温度  $T$  进行比较, 当设定温度高于实际温度值时系统自动加大风门和燃油量, 当设定温度低于实际温度值时系统自动减小风门和燃油量, 使得实际温度始终稳定在设定温度附近, 实现温度控制。当风机、烘干筒和燃烧器中任何一个出现故障时, 系统将自动将风门和油门关至最小, 并发出信号关闭风门阀和油阀。当发出关机指令时, 同样系统也会将风门和油门关至最小, 并发出信号关闭风门阀和油阀。

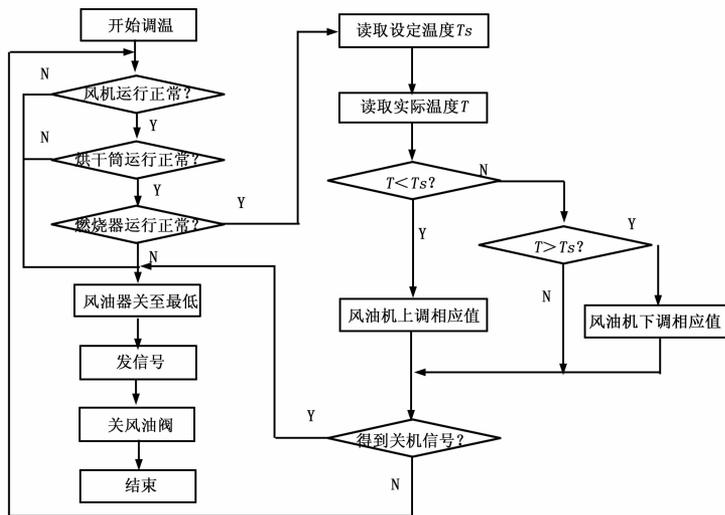


图 4 温度控制流程

### 3.8 称重配料控制模块

称重配料控制是沥青混合料搅拌设备的核心环节, 主要功能就是将加热后的骨料、沥青和粉料按照预先设定好的配方比例分别进行称量, 其中骨料和粉料属于多种料的累加计量。本系统选用珠海长陆 TR200H 高精度信号变送器, 采用调零电路, 使传感器在承受料斗重量时, A/D 转换器输入电压为 0, 把重在 A/D 转换中占有的数字部分让给料重用, 提高精度。采用三菱高速 A/D 转换模块 Q64AD 模块。该模块为四通道 A/D 转换模块, 转换精度高, 转换速度快, 且具有通道隔离功能, 不仅提高了运行的稳定性, 还可有效防止不正确的配线造成的模块内部故障; 本站采用三菱 Q00U CPU 作为处理器, 重量信号由称重变送器处理后进入 AD 模块, 经过 AD 转换后由处理器进行软件处理并控制。

### 3.9 CC-Link 通讯模块

QJ61BT11 是 CC-Link 主站模块中特殊扩展模块, 把

Q00UCPU 设为主站。主站在整个网络中是控制站, 本系统采用 QJ61BT11N 作为主站通信模块, 主从之间实现数据通讯<sup>[7]</sup>, 本系统的 CC-Link 网络系统由一个主站和 15 个从站构成, 15 个从站为远程设备站或智能设备站。QJ61BT11N 中的 DA、DB 是功能相同的数据线, 将主站和 1~15 号从站的 DA、DB 以及地线 DG 对应相连, 屏蔽 SLD 端子应与屏蔽层的屏蔽层连接<sup>[8]</sup>, 本系统 CPU 为每个 CC-Link 模块分配 32 个地址单元, 输入、输出地址分别为 XA0 - XBF, YA0 - YBF。

CC-link 是三菱电机推出的开放式现场总线, 其数据容量大, 通信速度多级可选择, 在恶劣的外部环境中利用 CC-link 总线能在保证其正常运行的前提下实现各个 PLC 之间的远程监控<sup>[9]</sup>。因为采用双机冗余设计, 在通讯上两台工业控制计算机分别通过 RS232 和 USB 接口与主控 PLC 连接通讯, 他们之间是相互独立的。计算机控制软件在启动运行时自动检测 PLC 硬件, 查找通讯口并自动连接。

## 4 监控系统设计

根据生产要求和工艺流程, 设计了主界面用于动态模拟生产过程, 同时还设计了动力系统控制界面、整机状态监测画面等控制界面。主界面上包括参数设置、数据管理、电子秤设定、电机参数、帮助等菜单。可以运行设定参数、数据存取处理、动态反映工作流程及运行时主要参数, 如级配情况、生产进度、计量过程、石料温度、沥青温度、布袋温度、主要电机状态及电流、成品仓运行状态、布袋除尘运行状态、生产数据等, 可选择以自动、手动两种工作方式进行操作。放在冷集料仓中的砂料、骨料经过输入皮带送入干燥滚筒加热干燥, 然后由热料提升机送入振动筛进行大小骨料筛分, 分成 5 种不同规格的骨料, 由称重模块根据现场配比需求量进行不同规格的骨料分别计量, 然后放入拌缸; 粉料分矿粉和除尘后的废粉, 根据配比要求由计量斗计量后放入拌缸; 沥青经过脱水加热融化后放入保温罐中, 然后根据配比由沥青计量筒计量后向拌缸内喷洒。在各种物料计量准确放入拌缸后, 启动拌缸, 一般一锅料搅拌时间为 30~45 s, 搅拌完毕, 由气阀打开拌缸下面的料门放料, 成品料可以由自卸车直接运至施工现场, 也可送入具有保温和滴漏功能的成品仓保存。

该系统经过多家施工单位的实际现场生产, 总线通讯正常, 试验时, 累计生产超过 8 000 t 料, 超过 40 h, 整机电控系统无故障。

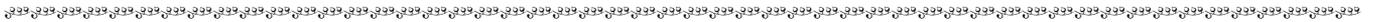
## 5 结论

本文在研究沥青搅拌站生产工艺流程和控制要求的基础上, 设计了基于 CC-Link 总线的沥青搅拌站智能分布式控制系统, 该系统主要包括 9 个模块, 并且设计搅拌设备的监控系统, 界面友好, 可以实现搅拌设备的远程控制。经过实际验证, 该系统性能稳定, 可靠性好, 实时性好, 能够减少现场繁杂的接线, 降低成本, 提高了生产效率, 目前该系统已应用中大型沥青搅拌站中。

参考文献:

[1] 程安. 连续滚筒式沥青搅拌站控制系统的研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2009, 4.  
 [2] 徐晓燕, 严海磊. 基于 CC-Link 的锅炉风机控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (8): 1780-1783.  
 [3] 唐玉庆. 基于现场总线的分布式沥青混合料搅拌设备控制系统 [D]. 镇江: 江苏大学, 2012, 12.  
 [4] 石亚茹, 孙英培, 等. 基于 CC-Link 总线的悬臂式堆取料机控制系统设计 [J]. 制造业自动化, 2013, 4 (8): 125-128.  
 [5] MITSUBISHI. CC-Link FR-E5NC Transistorized Inverter (In-

struction Manual) [Z]. 2006.  
 [6] 林涛, 王志文. 沥青混凝土搅拌设备计算机控制系统 [J]. 长安大学学报 (自然科学版), 2005, 3 (2): 86-89.  
 [7] 范其明, 孙艳. 基于 CC-Link 总线的污水处理控制系统介绍 [J]. 天津职业院校联合学报, 2012, 8 (8): 48-50.  
 [8] 卢国华, 刘水莲, 等. 基于 CC-Link 网络的酸洗线 PLC 控制系统 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2013, 44 (1): 90-95.  
 [9] 许其清, 朱炼, 等. 多路口联控智能交通灯的设计与实现 [J]. 控制工程, 2009, 11 (s): 34-38.



(上接第 1746 页)

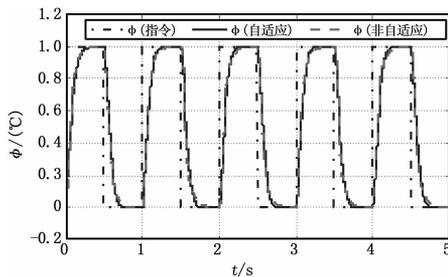


图 4 参数突变到 0.03 时, 算法效果

从图 3 可以看出, 在参数不变化即无外部扰动时, 非自适应算法和自适应算法都保持良好品质, 飞行姿态平稳; 当系统出现较小的扰动时, 参照图 4, 发现自适应系统相比非自适应控制器具有更好的稳定性能, 并不受外界扰动的影响; 图 5 及图 6 描绘的是大扰动情况下, 两种控制器对系统镇定的效果, 经过实验发现, 非自适应控制器在大扰动情况下出现大幅度振荡, 虽然最终能趋于平稳, 不过调节时间很长, 而本文设计的控制器具备很好的镇定效果, 并表现出很强的抗干扰性能。当出现更强的扰动时, 非自适应算法的控制器会出现发散而无法稳定系统等问题, 而自适应控制器能够实现系统的稳定, 然而此类大扰动在实际物理世界中自然出现的概率很小, 故不在本文讨论范围内。

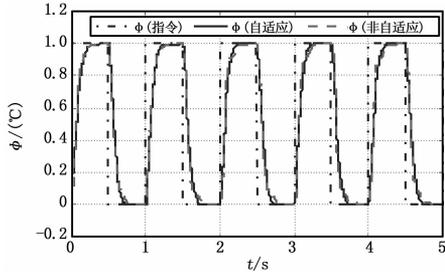


图 5 参数突变到 0.04 时, 算法效果

在干扰出现时, 非自适应控制算法仅能依靠自身反馈对系统进行调节, 而模型参考自适应控制通过参考模型和飞行器模型状态的偏差结合 Lyapunov 渐进稳定性理论提高系统稳定性, 缩短调节时间, 通过实验证明该方法确实有效, 算法尚需改进的方面是参数运算需要消耗一定时间。

4 结论

本文为解决受扰动时的四旋翼姿态稳定问题, 将模型参

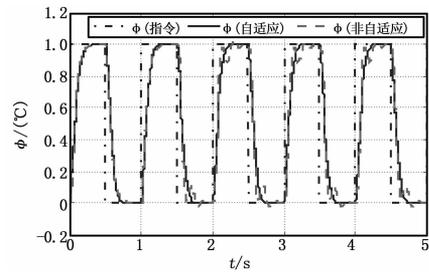


图 6 参数突变到 0.06 时, 算法效果

考自适应控制器引入受控系统中。针对飞行器姿态稳定过程中可能受到的常规影响, 进行了 4 组实验, 都验证了模型参考自适应控制系统能够实现四旋翼飞行器的姿态稳定控制, 同时在扰动出现时, 相比常用的反馈控制器, 其能够在更短的时间内稳定在更好的姿态; 在大扰动出现时, 依旧保持很好的控制品质, 不足在于控制器的自适应参数需要计算。本文提供的算法在仿真环境中运行良好, 运算时间有望通过硬件分布计算获得提高, 为四旋翼飞行器鲁棒飞行提供了有意义的参考。

参考文献:

[1] Salih A L, Moghavvemi M, Mohamed H A F, et al. Modelling and PID controller design for a quadrotor unmanned air vehicle [A]. Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2010 IEEE International Conference on [C]. IEEE, 2010, 1: 1-5.  
 [2] Bouabdallah S, Siegwart R. Backstepping and sliding-mode techniques applied to an indoor micro quadrotor [A]. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2005. ICRA 2005 [C]. IEEE, 2005: 2247-2252.  
 [3] Mistler V, Benallegue A, Msirdi N K. Exact linearization and non-interacting control of a 4 rotors helicopter via dynamic feedback [A]. Robot and Human Interactive Communication, 2001. Proceedings. 10th IEEE International Workshop on [C]. IEEE, 2001: 586-593.  
 [4] Pounds P, Mahony R, Corke P. Modelling and control of a large quadrotor robot [J]. Control Engineering Practice, 2010, 18 (7): 691-699.  
 [5] 聂博文. 微小型四旋翼无人直升机建模及控制方法研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006, 4: 113-117.  
 [6] Ioannou P A, Sun J. Robust adaptive control [M]. Dover Publications. com, 2012.