

刨花板调供胶自动控制系统 的分析与设计

莫金海^{1,2}, 邹云屏¹, 何少佳²

(1. 华中科技大学, 武汉 430074; 2. 桂林电子科技大学, 广西桂林 541004)

摘要: 在分析刨花板供胶系统特性的基础上, 提出以开环比例控制为主、PID控制作为参数整定手段的控制方法, 并以此为基础, 采用单片机, 设计了相对独立、完整的智能化控制仪表。利用工控组态软件设计人机界面, 可构成一个高性价比的人造板调供胶控制系统。

关键词: 刨花板; 调供胶系统; 单片机; 微机控制

中图分类号: TS653.3; TQ430.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2006)03-0010-04

Development of an Automatically Controlled Glue-dosing System for Particleboard

MO Jin-hai^{1,2}, ZOU Yun-ping¹, HE Shao-jia²

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

Abstract: Based on an analysis of characters of a glue dosing system for particleboard production, the authors proposed a self-adaptive control method which was established on an open loop proportional control and using PID control as a tool for parameter tuning. They also designed a special intelligent instrument to equip this control method. Linking this instrument with a host computer in which industrial control configuration software could be used to develop a friendly HMI, a high-quality and low-cost control system was obtained.

Key words: particleboard; glue dosing system; micro-controller; micro-computer control

在整个人造板生产设备投资中, 调供胶系统所占比例虽然不大, 却是衡量生产技术水平的主要标志之一, 其控制性能直接影响产品质量和生产成本。例如, 原胶与各种辅助添加剂的配比不合理, 会导致成品板物理力学性能下降; 施胶量若不稳定, 则会导致产品质量不合格, 造成原料浪费和生产成本增加。

衡量调供胶技术优劣的标志是, 系统能否按配方要求准确配胶和按规定比例均匀施胶; 此外, 控制系统的成本和可靠性、操作的灵便性也至关重要。目前, 这类控制系统一般以 PLC (Programmable logic controller, 可编程序控制器) 或 IPC (Industrial personal computer, 工控微机) 为控制核心^[1-2], 成本

过于昂贵, 设备运行环境要求相对苛刻。

考虑到我国人造板企业多为乡镇企业, 普遍存在设备投资不足、使用环境不佳、工人素质不高等诸多因素, 笔者以刨花板生产线为例, 根据调供胶系统的特点进行建模, 确立了系统的控制方法, 并以 MCS51 系列单片机为核心, 以 PLC 的扫描工作原理为软件工作模式, 兼采取其他一些软硬件措施, 设计了一种廉价高能的调供胶控制系统。

1 调供胶控制系统的构成

整个调供胶系统由以下 3 部分组成:

1) 调供胶自动控制仪: 由 MCS51 系列单片机系统构成, 直接承担调供胶的自动控制任务和现场数据的实时采集与显示, 能脱离微机系统独立运行。调供胶工艺参数可由键盘输入, 或由上位微机系统获得,

收稿日期: 2005-05-30; 修改稿: 2005-07-12

基金项目: 广西青年科学基金资助项目(桂科青 0007011)。

作者简介: 莫金海(1963—), 男, 华中科技大学博士研究生。

并存贮于内部 E²PROM (electrically erasable programmable read only memory, 电可擦除只读存储器)中。

2) 微机系统:本身不直接参与过程控制,但通过 RS485 与自动控制系统连接,间接控制电气设备的运行,并进行数据采集和管理。例如,采集、整理、计算并显示物料信息(流量、质量和用量)和数据,获取电气设备的运行状态,显示故障报警信息,进行工艺参数设定并发送至自动控制系统,启停电气设备等。利用工控组态软件,可设计出一个形象、生动而友好的人机界面。由于微机系统不必实时参与控制,对系统可靠性的要求大为降低,可采用价格比较低廉的商用微机替代工控微机,减少投资成本。

3) 电控柜:内含各电气设备的启停按钮及其接触器、荷重变送器,以及显示、流量调节变频器、手动自动切换开关等配电装置。在手动模式时,可通过面板上的按钮和荷重显示器完成人工调胶,通过面板上的电位器,来改变变频器所控制的供胶电机的速度,完成人工供胶。手动模式一般在调试时或自动控制系统出现故障时使用,以保证生产的连续性。在自动模式时,调供胶由自动控制系统自动完成,人工不可干预调供胶过程。若发现调胶或供胶的比例不合适,可通过微机系统的工艺参数调整功能予以更改,工艺参数调试完毕一般可保持不变。

2 调供胶控制系统的工艺流程及控制方法

图 1 为调供胶系统的工艺流程。调胶系统主要由调胶罐和表、芯层刨花用胶储罐,及其各自电子计量装置组成,供胶系统由施胶量控制泵和电子计量皮带秤组成。其中电子计量系统是调胶和供胶的关键装置,直接关系调供胶的精度,宜选用著名品牌的优质荷重变送器。

调胶过程是根据表、芯层胶的配方,以质量为基准,较易实现控制。但供胶精度除与称量精度有关

外,还与计量方法和控制方法密切相关^[2]。

2.1 供胶计量方法

供胶流量采用“失重法”测算,可避免管壁侵蚀或沉积的影响。设储胶罐的荷重传感器测出胶液的质量 m_g/kg ,则供胶流量 $Q_g/(\text{kg} \cdot \text{min}^{-1})$ 为:

$$Q_g = \frac{dm_g}{dt} \cdot 60 \quad \text{或} \quad Q_g = \frac{\Delta m_g}{\Delta t} \cdot 60$$

采用模拟方法, Q_g 可由 m_g 经微分器和调标后求得;采用数字化方法, Q_g 由计算机算出,其中 Δt 取采样时间间隔, Δm_g 为所测胶液质量的变化值。

刨花流量 Q_p 通过电子计量皮带秤测量:

$$Q_p = \frac{m_p \cdot v}{L}$$

式中: m_p 为皮带秤测得的刨花质量, kg ; v 为皮带速度, $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$; L 为皮带有效称量长度, m 。

采用模拟方法, Q_p 可由 m_p 和 v 经模拟积算器和调标后求得;采用数字化方法, Q_p 由计算机算出,并假定在采样时间间隔里,刨花质量和皮带速度恒定。

对 Q_g 和 Q_p 积分,可分别求出胶液和刨花用量。

2.2 供胶系统特点

刨花的供料量(流量)根据生产率的要求而定。不考虑刨花和胶液到达搅拌机的时差效应,供胶控制系统的任务是,根据刨花和胶液的流量比 K ,调节电机的速度,使供胶流量 $Q_g = KQ_p$ 。供胶流量以比例 K 跟随刨花流量,所以供胶控制系统是个随动系统。一般而言,为降低成本,刨花的皮带计量送料系统不是闭环控制的恒流量系统,即 Q_p 非恒值,而是围绕某一平均值波动的随机量,故也是随机变动系统。

供胶系统的总体开环特性由调速系统特性和泵特性决定(如图 2a 所示)。

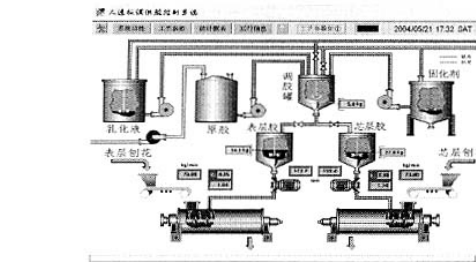


图 1 调供胶系统工艺流程
Fig. 1 Overview of the glue dosing system

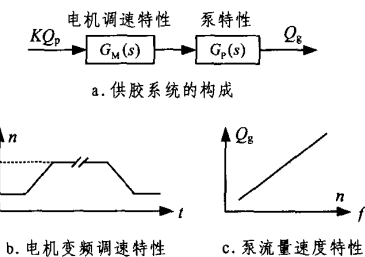


图 2 供胶系统的开环特性
Fig. 2 Performance of the glue blending system

1) 调速系统:供胶流量 Q_g 的大小是通过电机调速调整的,因而调速系统特性对供胶系统的影响至为关键,本系统采用变频器(VVVF)控制交流电机。为了限制交流电机的升减速电流和减少冲击,变频器需

根据负载特点,设定合适的升减速时间和升减速曲线等参数,以使其速度升降率小于电机拖动系统的飞轮转矩(惯性)。对泵类负载而言,升减速曲线可采用线性模式或半 S 模式,此时,变频器典型的调速特性曲线如图 2b 所示。其阶跃响应近似半 S 型,不考虑纯时滞,则传递函数近似为^[3]:

$$G_M(s) = \frac{k_M}{1 + T_s s}$$

2) 齿轮泵:采用容积型齿轮泵。根据流体力学理论,在理想情况下,其供胶流量与转速为线性关系;在实际中,流体的黏度、压差、温度和气泡等因素的影响,在正常工况下可以忽略不计,因此,供胶流量与转速仍保持良好的线性关系^[4-7],如图 2c 所示。

又假定供胶流量 Q_g 的测量精度足够高,只要电机开始转动或转速发生变化,储胶罐的质量将随之发生变化,称重传感器随即感应到量值的改变,所以,供胶系统的纯滞后特性(测量滞后性)也可忽略,故有: $G_p(s) = k$,于是得到供胶系统的总特性 $G(s)$ 为无纯时滞的惯性系统。

胶液和刨花到达搅拌器存在时差 τ , τ 值与管道长短和供胶流速等因素有关,但与供胶系统传递函数的时滞并无直接关系。现代搅拌器一般采用雾化分散注胶技术,具有优良的均匀效果,即使由于 τ 的存在,刨花和胶液的瞬时流量无法保持比例 K ,但如果刨花给料机能基本做到供料均匀,或搅拌时间远大于 τ ,则刨花和胶液的平均流量可满足比例 K , τ 对拌胶质量的影响可忽略。

另外,也正是由于搅拌器的优良均匀效果,供胶流量 Q_g 只需跟踪 Q_p 的平均流量即可,而 Q_p 的平均流量可通过滤波获得,例如,加入时间常数小于搅拌时间的一阶平滑环节。这种跟踪控制方法可以大大减少供胶调速电机调节频度、幅度和强度,提高控制的稳定性,延长执行结构的寿命。

2.3 供胶系统控制方法

图 3 所示为供胶系统 2 种基本的控制模式:开环比例控制与 PID(Proportional-Integral-Differential, 比例积分微分)闭环控制。

1) 开环比例控制 由于系统的执行机构具有较好线性关系,采取图 3a 所示的开环控制方法,只要调节好比例系数 K_p ,即可保证输出 $Q_g = KQ_p$,而且动态跟随性能较好,没有超调和振荡调整过程,但存在少量惯性滞后。该控制方法的缺陷是,比例系数 K 与管道的长短、大小和内壁粗糙度等相关,不能预先确定,而且会随着管道沉积物的增加而变化。

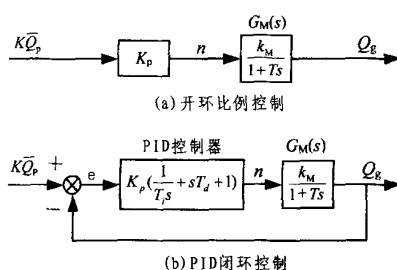


图 3 供胶系统的 2 种控制模式

Fig. 3 Two basic control methods

2) PID 闭环控制 PID 闭环控制具有很强的适应能力,对系统参数的变化和非线性都能较好处理,对供胶系统的控制亦稳定。考虑到控制方式切换的平稳性等因素,应采用增量 PID 算法,并附抗积分饱和措施。但 PID 参数需现场调试确定,由于系统参数存在不确定性,控制效果难以达到最佳。对于随机起伏的控制目标 KQ_p ,PID 参数设置不准确可能产生较大偏差的振荡,影响供胶精度。

图 4 为上述 2 种控制方法的 Matlab 仿真结果,其中控制目标为 $(25 \pm 10)\%$ 随机起伏的信号。可以看出,PID 闭环控制的输出起伏较大,尤其是控制初始超调量很大,所以,开环比例控制的效果优于 PID 闭环控制。

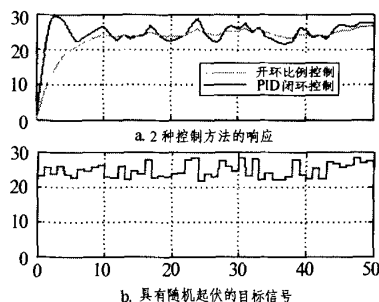


图 4 供胶系统 2 种控制方式的仿真

Fig. 4 Simulation of the two control methods

3) 自整定比例控制 结合上述 2 种控制方法的特点,设计流程如图 5 所示的自适应开环比例控制方法,其程序可随信号采样而周期性执行,工作原理为:

程序在开始或正常工作时,算法选择器 $A=1$ 使程序运行于“开环比例控制”主通道(从“开始”直通“结束”部分)。其中 T_m 为电机最大升速时间,电机运行时间超过此值,则意味开环比例控制已进入稳定阶段。此时若比例系数 K_p 合适,则在 ΔT 内的平均控制误差 E 很小(即 $|E| \leq e_m$, e_m 为允许误差),程序继续在主通道运行。

若 $|E| > e_m$, 则说明开环比例控制误差较大, 比例系数 K_p 需要调整。此时需锁定目标值 KQ_p , 使之恒定, 置算法选择器 $A=0$, 使程序运行于“增量 PID 控制”的参数调整通道。当 PID 控制达到稳态时(以输出流量 Q_g 基本不再发生变化判断), 根据 PID 控制器的输入输出 (N) 计算 K_p , 并置算法选择器 $A=1$, 使程序返回主通道运行。

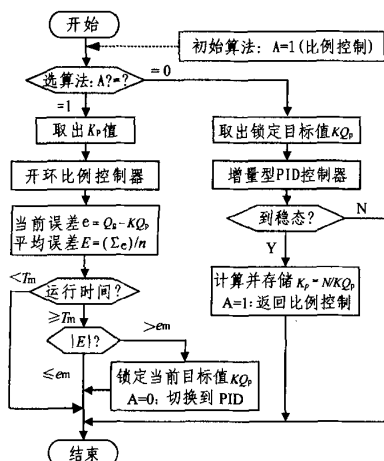


图5 控制程序流程

Fig. 5 Flowchart of the self-adaptive control

显然,自整定比例控制保持了开环比例控制的优良跟随特性,又具有良好的适应外界参数变化能力,而且参数整定在数秒钟内完成。一般而言,整定过程在生产开始时做一次即可。

3 调供胶控制系统的硬件实现

图 6 为调供胶系统的硬件构成。其主要特点为调供胶信号是由标准变送器获得,并经模拟电路适当

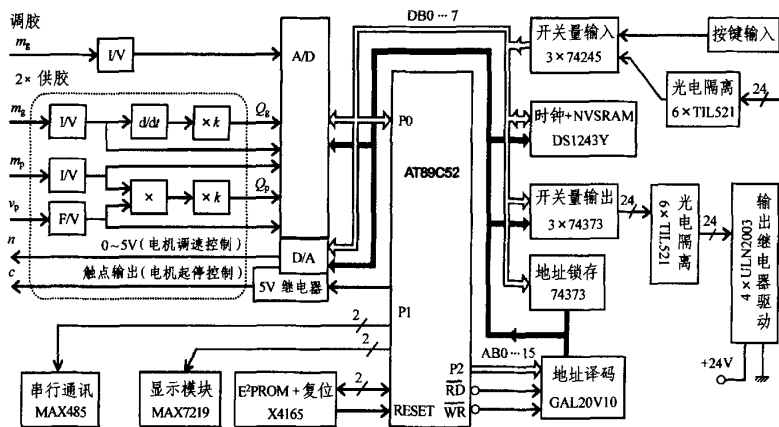


图6 调供胶控制系统的硬件构成

Fig. 6 Hardware configuration of glue dosing system

的运算处理后,再同时送入单片机和数显表头,既便于自动控制又便于手动控制。其中:

质量信号:均采用标准荷重变送器(4~20 mA),经 I/V 转换电路(运放组成)换成 0~5 V 信号。

速度信号:皮带的速度信号为光电脉冲式测速信号,经 F/V 转换电路(VFC32)换成 0~5 V 信号。

流量信号: 胶液流量信号是质量信号经微分和调标电路(运放组成)后获得的; 刨花流量信号是刨花质量信号和皮带速度信号送入流量积算器(由乘法器 MPY534 和调标电路组成)后获得。

A/D 和 D/A 转换器采用 12 位精度, 保证单片机的数值计算与控制的精度。

下列辅助功能是使系统能脱离上位机独立工作而设置的:

1) 操作界面 含按键和 LED 显示模块,能独立设置各种工艺参数和显示工作数据;

2) 数据存贮 8 k NVSRAM 和日历时钟,保存工作过程数据;2 k E²PROM 保存工艺参数。

3) RS485 通讯 与上位机进行数据交换。

为了提高系统的可靠性,在硬件方面,强弱电转换由 24 VDC 继电器完成,其驱动采取光电隔离措施;具有看门狗功能的 X4165 可有效防止死机发生。在软件方面,采用仿 PLC 的扫描工作方式,即主程序完成初始化任务后即进入睡眠状态,然后通过定时中断 T1,使单片机定期唤醒,并由该中断服务程序实施控制任务,任务完毕后在重新进入睡眠状态之前,定义中断 T1 的各参数和堆栈指针等重要数据需检验并重置,以防止其意外修改,从而确保系统工作可靠。为了能及时响应外界的开关信号和模拟信号的采样,T1 中断定时取 10 ms 为宜。可以看出,单片机软件

采用扫描工作方式,一方面使其实际工作时间很短,干扰对程序破坏的几率大为减少(如飞程),在其他参数保护措施协同配合下,“死机”隐患得以消除;另一方面,单片机的能耗减少,可靠性提高。

4 结论

1) 以变频调速实现的调胶控制系统,变频器的调速特性决定其系统特性,可用一阶惯性系统近似。

(下转第 19 页)

变化的环境下,由于灰尘和稻壳、聚乙烯等热膨胀、湿膨胀不同,使得裂纹明显地增多、增大。随着大量的灰尘、水分的不断深入,加速了材料的破坏,影响到材料的最终使用寿命。

从以上的分析中,似乎电泳分析和力学分析得出的结果相悖:一个是随时间延长,材料强度上升;一个是随时间延长,裂隙加大,材料老化、性能下降。实际上材料强度上升是短期事实,亦是一种有害的变化,主要是由于木塑复合材料中,基体物质热塑性塑料的交联老化,所产生的短期内材料变硬现象所致。在长时间气候作用后,其强度会骤然减弱。两者分析的结果是相一致的。

3 结论

自然气候条件下,小尺寸试件吸湿的增重量变化幅度远高于大尺寸试件的变化幅度;木塑复合材料的

(上接第6页)

3 结论

1) 密度对棉秆 MDF 材性能有直接影响。从试验结果显示,棉秆 MDF 密度以 0.7 g/cm^3 为宜。

2) 通过正交试验,确定最佳棉秆 MDF 主要工艺参数为:施胶量 12%,防水剂添加量 1.5%,热压温度 180°C ,热压时间 15 s/mm 板厚。

3) 棉秆中密度纤维板具有较高的力学性能,但由于原料本身吸水性高,导致板材 24 h TS 偏高。可考虑增加防水剂用量到 2%,或采用原料预处理、板材后处理等方法,进一步降低板材的 TS。

(上接第13页)

2) 经过实际运行检验,当刨花给料采用非恒流量皮带供料系统时,考虑到供胶流量与泵转速间较强的线性关系,宜采用开环比例控制,辅以 PID 闭环控制,作为其控制参数整定的手段,可获得较佳的控制效果,同时具有很强的自适应性。据此专门设计的智能化控制仪表,功能相对独立,扩展性能良好。

3) 智能仪表通过 RS485 总线和特定通讯协议,与上位 PC 机或 PLC 相连,可灵活构建一个单机系统或一定规模和形式的工控网络。无论何种形式,系统对上位机的依赖度不高,使投资成本大为下降,而上位机利用工控组态软件,可设计出性能优异、极具动感和便于数据集中管理的人机界面,提升调供胶控制系统水平。

万方数据

MOR 和 MOE 在试验初期随时间延长均有不同程度的增加,其中 MOE 增加最为明显,抗压强度变化甚微,抗冲击强度经户外暴露后性能下降也较为明显;木塑复合材料本身表面所存在的大量微细裂纹,是导致材料性能下降的主要原因。

参考文献:

- [1] 曾竟成,罗青,唐羽章. 复合材料理化性能[M]. 国防科技大学出版社,1998.
- [2] ANDREIA C, T JOSEANE, GULMINE V et al. The effect of accelerated aging on the surface mechanical properties of polyethylene[J]. Polymer Degradation and Stability, 2003(81): 367-373.
- [3] CARRASCO F, PAGÈS P, PASCUAL S, et al. Artificial aging of high-density polyethylene by ultraviolet irradiation[J]. European Polymer Journal, 2001(37): 1457-1464.

(责任编辑 姜征)

参考文献:

- [1] 杨振雄. 试论棉秆人造板生产技术特点[J]. 林产工业, 1988(1): 18-29.
- [2] 涂平涛. 非木材植物纤维作为人造板生产原料的有关问题研讨[J]. 建筑人造板, 1995(1): 16-22.
- [3] 向仕龙, 蒋远舟. 非木材植物人造板[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [4] 蒋远舟, 向仕龙, 龙中芳. 无胶干法硬质纤维板热压工艺的探讨[J]. 中南林学院学报, 1990(1): 87-91.

(责任编辑 姜征)

参考文献:

- [1] 南生春, 傅万四. PLC 在人造板调供胶控制中的应用[J]. 木材加工机械, 2003(6): 18-20.
- [2] 傅万四. 人造板调供胶应用技术研究[J]. 木材加工机械, 2003(5): 21-23.
- [3] 邹伯敏. 自动控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002(3): 261-262.
- [4] 张涌涛. 乳化沥青生产中油水流量开环控制方法[J]. 化工自动化及仪表, 1997(2): 48-52.
- [5] 庞庆海. 人造板机械装备[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1997: 220-233.
- [6] 王宇清. 流体力学泵与风机[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001: 147-186.
- [7] SHINSKEY F G. Flow and pressure control using variable-speed motor [C]. Control Engineering Conf, Chicago, May 1982.

(责任编辑 向琴)