

应用技术

# 国产中型 MDF 生产线控制系统的设计

薛建利, 朱瑞华, 曾明, 宋惠萌

(苏福马机械有限公司, 江苏苏州 215011)

**摘要:** 阐述自动控制技术对提高国产人造板成套设备生产线技术水平的重要意义, 以及国产 8 万  $\text{m}^3$ /年中密度纤维板生产线自动控制系统的设计思路, 重点介绍压机位移控制技术方案及其应用实例与产品检验结果, 说明合理的设计对保证中纤板质量稳定可起到关键作用。

**关键词:** 中密度纤维板; 自动控制; 多层压机; 位移控制

中图分类号: TS64

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654(2008)04-0033-03

## Automatic Control System for a Medium-scale MDF Production Line

XUE Jian-li, ZHU Rui-hua, ZENG Ming, SONG Hui-meng

(Sufoma Machinery Co., LTD, Suzhou 215011, Jiangsu, China)

**Abstract:** In this paper, the authors presented the need and impact to upgrade the control technology for a domestic wood-based panel production line equipped with an advanced automatic control system. The authors also analyzed the control system for an MDF production line with a capacity of 80000  $\text{m}^3/\text{a}$  and concluded that the distance-time control method was one of the key technologies to improve the quality stability of an MDF multi-layer press line.

**Key words:** medium density fiberboard; automatic control; multi-layer press; distance-time control

我国人造板工业尚处于大而不强的阶段, 表现在人均生产率不高, 国产设备运行可靠性低, 产品质量不稳定等方面。目前国产与进口人造板成套设备的主要差距在控制系统。靠手工控制的生产线, 极易受操作者的经验和责任心等因素影响, 难以保证产品质量。而提高控制水平, 又会增加成套设备的成本, 不少人造板设备制造企业在不愿意投入更多的资金以提高控制水平, 很大程度上制约了国产人造板设备技术水平的提高。

同等水平的控制技术成本, 通常受生产线产能规模的影响, 大产能的生产线, 控制系统的成本所占总投资的比重相对较小, 适合采用先进的控制技术。笔者以国产 8 万  $\text{m}^3/\text{a}$  中纤板(MDF)成套设备生产线控制系统的设计为例, 重点介绍控制系统的设计思路

及热压曲线控制节点的设计原理及方案。

### 1 控制系统的设计思路

各节点的控制方式与生产线的稳定运行以及板材的质量与性能密切相关。如热磨机的蒸煮压力控制、蒸煮缸料位控制、在线施胶控制、干燥机出口温度控制、铺装纵向密度控制、预压机电子厚度控制、压机热压曲线控制等。

以 8 万  $\text{m}^3/\text{a}$  的 MDF 生产线为例, 其工艺流程包括: 备料、热磨干燥、调胶与施胶、成型后处理及砂光工段等; 控制系统所涉及的设备有 100 多台, 分布在约 1.5 万  $\text{m}^2$  的厂区内, I/O(输入输出)控制点接近 3 000 个、AI/AO(模拟量输出)通道近 70 个, 属中大规模、离散型流水生产线。

经分析比较, 首先确定了生产线控制系统总体的设计方案: 1) 控制系统定位, 采用具有当代国际先进水平的中央控制与监控功能的计算机集散控制

收稿日期: 2007-09-03; 修改日期: 2007-12-08

作者简介: 薛建利(1972—), 男, 苏福马机械有限公司技术中心副主任, 高级工程师。

系统 (Computer Distributing Control System); 2) 结合 MDF 的生产特点, 采用过程控制与逻辑控制的算法; 3) 系统应具有诊断、帮助功能, 可连接企业管理信息系统数据的接口。控制系统总体框图如图 1。

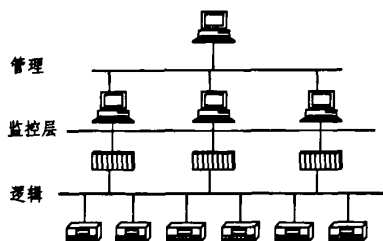


图 1 控制系统总体框图

Fig. 1 A typical control system

### 1.1 逻辑控制层

包含多个中大型 PLC(可编程序控制)的多主站系统, 克服了传统 PLC 需集中控制、所有电缆必须连接至 PLC 控制柜、布线和接线繁琐且易错、维护与扩展极不便的缺点。

现场总线(Field bus), 用于最终控制设备与上层自动化控制设备之间的双向串行通信链路, 采用可进行简单连接的双绞线, 具有结构简单、执行协议直观、维护方便等优点。同时按公开、规范的通信协议, 在位于现场的多个控制设备之间、现场仪表与远程监控计算机之间, 实现数据传输与信息交换, 形成适应中纤板生产线控制方案的系统。

现场总线采取“一对多”双向数字传输信号, 精度高、可靠性强, 设备也始终处于远程监控和可控状态, 并可按需选择不同品牌、种类的设备互联。智能仪表兼具通信、控制和运算等多项功能, 而且控制功能可分散到各个智能仪表中。如采用 FCS 系统(Fieldbus Control System), 具有数据传递可靠、抗干扰能力强、设计方便、结构灵活、安装简便的特点, 省去了大量的柜间连线, 大幅减少了接线差错。

目前世界上常用的现场总线约 40 余种, 主要有法国的 FIP, 德国的 ProfiBus、InterBus 和 CAN, 英国的 ERA, 美国的 DeviceNet 与 ControlNet 等。基于 ProfiBus 现场总线执行的是德国 DIN 19245 和欧洲 EN 50170 标准, 在传输速率、传输距离和支持从站能力等方面, 可以满足 MDF 生产线的控制要求。本设计的逻辑控制层方案, 优先选择了目前较为流行的 ProfiBus-DP 现场总线。

根据各工段的特点, 设计选定: 备料工段和调供胶工段采用 Siemens 公司 S 7-200 系列小型 PLC 控制; 热磨、干燥、成型和砂光工段, 选用 Siemens 公司 S 7-300 系列的中型 LC 系统现场总线控制。鉴于成型工段的重要性, 在一些重要单机旁, 设置远程 I/O 站, 以对其附近的设备, 实行现场分布式的就近接线和就近控制; 主站设在成型工段中央控制室的 PLC 主控制柜, 采用具 ProfiBus-DP 现场总线通讯功能的 PLC (S7 315-2 DP 的 CPU), 重要的变频器和传感器也通过总线进行连接, 以免模拟量传输的干扰和不准确。

### 1.2 监控层

生产线的监控层, 采用安装了 Siemens 可视化监控软件 WINCC (Windows Control Center) 的工业控制计算机。在系统配置中, 成型工段的监控及操作, 主要以工控机 1 为主进行, 工控机 2 作为工控机 1 的冗余设备, 通过 MPI 协议, 一旦工控机 1 出现故障, 可迅速完成(接管)对成型工段的控制, 保证设备的正常运行。同样, 干燥工段由工控机 3 控制, 工控机 4 为其冗余设备, 起保障作用。此外, 工控机 2 和 4 还通过 MPI 网络相互冗余, 从而保证生产线的正常运行。

上述监控网络及 WINCC 组态软件具有通讯畅通、界面友好、操作快捷等优点, 可以对现场设备做出及时、准确的处理。与以往显著不同的是, 本设计取消了用于模拟操作的操作台, 仅保留几个用于安全及紧急处理的操作器件, 采用多台上机位机相互冗余的控制方式, 增强了系统的可靠性(图 2)。

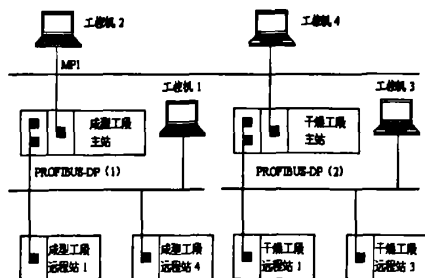


图 2 冗余网络示意图

Fig. 2 Structure sketch of redundancy network

监控软件包含: 故障监控系统、预报警系统、帮助系统、实时曲线、工艺参数配方管理等先进的控制手段, 监控器控制界面见图 3。

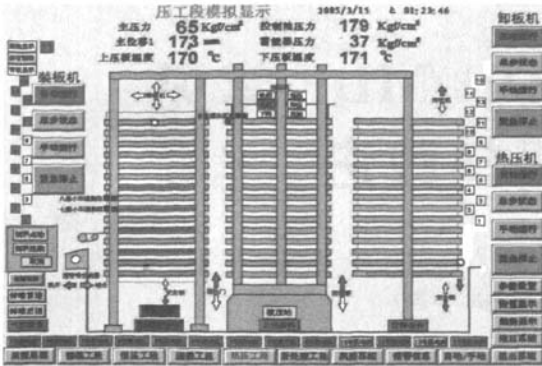


图 3 监控器控制界面

Fig. 3 Control interface on the monitor

1.3 管理层

通过 TCP/IP 协议的 EtherNet 网,组成囊括整条生产线的信息处理中心。企业管理者可在公司内部网随时查看生产线的运行情况;如果信息网络接入国际互联网,还可随时随地查看生产线的相关信息。

2 热压工艺的自动位移控制

2.1 二种控制方式的比较

热压工艺涉及压力、温度、时间、原料、含水率、胶黏剂等因素,是影响板材质量的关键工序,热压工艺的控制,必须考虑多因素的综合作用。间歇式多层压机的电气控制方案,通常分为压力调整和位移调整二种方式,控制的对象都是油的压力,但反馈量则分别为压力和位移,其控制原理如图 4。

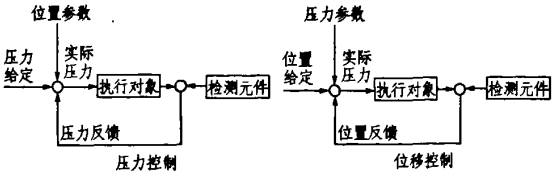


图 4 压力控制和位移控制原理示意图

Fig. 4 Schematic of pressure and position control system

目前,国产间歇式多层压机的热压工艺电气控制,多采用压力调整的控制方式,控制的变量以压力为主,位置参数为辅,结合时间参数,实现板材的整个热压周期控制。在各工艺参数稳定的情况下,此种控制方式基本能满足生产出合格产品的需要。但若纤维的树种、形态、含水率、热压温度等因素不稳定时,会引起板坯抵抗变形能力的变化,压板闭合到接触厚度规的时间也需相应变化,否则板材的断面密度

结构不易控制。操作者要不断观察,并根据生产情况调整热压曲线的低压段压力值,以控制压板接触厚度规的时间。调整效果往往会由于操作人员的责任心、技术水平差异等人为因素而不同。

笔者公司在自主开发的 8 万 m<sup>2</sup>/a 的多层热压机液压系统上,采用以位置参数为主控变量、以压力参数为辅助变量的热压工艺位移控制方式。实际运行结果证明,在控制成品板质量稳定性方面效果明显。

2.2 位移控制的工作原理

合理的断面密度结构可以在最低的原料消耗下,既保证板材的静曲强度(MOR),同时又获得优越的内结合强度(IB)。对于热固性树脂胶,热压工艺要求,以芯层达到设计温度的时间,来确定压板触及厚度规的时间,以保证板材的内结合强度。

板坯含水率、密度和纤维形态等因素,可影响到水、热作用下板坯抵抗变形的能力。同样的压力下,板坯的压缩速率不同。此时如果压板闭合到厚度规的时间过短,板坯芯层尚未上升到适宜的温度,芯层纤维还未充分软化,纤维抵抗变形的能力强而不易被压实,可导致板坯芯层密度偏低,IB 下降;而闭合过迟,则导致相反的结果。生产实践证实,压力控制方式的板材 IB 变异较大的现象在所难免,是造成 MDF 质量不稳定的重要原因之一。

位移控制则是以板坯的压缩速率为控制对象,压力值作为参考,板坯在任意时刻的厚度和压板接触厚度规的时间完全由程序控制,有效解决了压力控制方式下板材 IB 变异大的问题。即使板坯含水率、密度等因素有差异,未砂光板也可以获得相近和类似的断面密度曲线,保证成品板断面密度结构的稳定。

2.3 位移控制方案

位移控制曲线的控制设计,采用 Siemens Setp 7 软件系统和 Siemens S 7-300 硬件系统,以整个热压周期始终围绕着位置这一主控变量,来调整板面压力为总体设计思路。

鉴于位置参数在整个系统中的重要性,位置检测以及反馈量的精确性尤为关键。笔者选择了压机的 4 个方位,采用旋转编码器组合,进行压板层间距的检测。采用 Siemens 8 通道高计数计数模块进行数据采集,并在每个热压周期对旋转编码器进行校正,消除累计误差;同时,采用具有防抖功能的数字量采集技术,增强位置量的抗干扰能力和可靠性。

采集的数据经过 PLC 程序分析比较,取其平均

(下转第 38 页)

1) 板坯含水率偏高( $>12\%$ ),造成热压过程中板内蒸汽压力大于胶合力,卸压后未排尽的板内蒸汽反冲,形成鼓泡或者直接分层;

2) 纤维含水率较低,但压机速度快,板坯芯层的胶黏剂尚未完全固化而产生分层;

3) 因火探测器报警而喷水,导致局部纤维含水率高,热压后鼓泡;

4) 纤维形态上,粗、细纤维的比例差异较大,在同等条件下,板坯内粗纤维束极易产生鼓泡,特别是厚板生产时常见;

5) 钢带经过修补,特别是大面积的挖补之后,因钢带的厚度和传热变化的原因,影响了传热效果而导致板坯鼓泡或者凸起。

针对不同的鼓泡,要采取不同的措施:板坯含水率较高时应降低纤维含水率,同时也应当调整工艺参数,降低压力、温度,延长加压时间,尽可能排出板内的蒸汽;对于含水率较低的纤维应采用升温、升压等措施,使其满足胶黏剂固化要求;纤维形态上,控制粗纤维、合格纤维和细纤维的比例在 10:75:15。对于钢带等设备上的缺陷,则应根

(上接第 35 页)

值,得到反馈的位置参数,参与对系统压力的控制。在读取 4 点位置的同时,程序同时计算 4 点位置的差值。若差值在正常值范围内,4 点平均值就作为唯一位置变量;若 4 点位置参数差值过大,上位机系统将根据数值大小进行分级报警,直至紧急制动,从而对压机实施有效的保护。

## 2.4 应用实例与实效检测

在福建建欧的福人木业有限公司年产 8 万  $\text{m}^3$  的 MDF 生产线上,首次采用笔者所在公司设计的位移控制热压工艺,位置曲线完全由 PLC 程序自动控制,不需要操作者调整,工艺人员只需定期对未砂光板的断面密度结构进行监测,并按照理想的断面密度结构分布,进行热压曲线的优化。

图 5 为实测 MDF 断面密度结构,数据显示,断面密度呈典型的“U”形分布:表层密度高,有利于提高成品板的 MOR、表面结合强度和表面抗冲击性;芯层密度均匀,最低密度处也达到了平均密度的 90%,有效地提高了芯层的 IB 和握钉力。说明设计合理的多层压机生产线,同样可以稳定地生产优质 MDF。以往那种认为只有连续压机可以生产“U”形密度分布的 MDF、而多层压机只能生产“V”形密度

据生产情况做出调整。

## 4.2 鼓包

产生的原因:一是钢带自身的凹凸不平,造成成品板鼓包或凹陷;二是在入口段有纤维团,或是有杂物掉落在板坯表面;另外,干燥管道内陈积的纤维团进入压机,也会导致鼓包产生。

建议除对生产设备定时清理外,还应在多杂物坠落的铺装区域上方加设保护层,严格防止纤维团及杂物落到板坯表面。

## 5 结束语

随着我国中密度纤维板生产的高速发展,生产企业亦面临着严峻挑战。如何保证产品质量,已成为企业面临的重要课题。

进口的连续压机以其生产的高效率、产品的高质量,显示了其强大的生命力。在生产中,有针对性地做好工艺的改进和调整,控制好各个环节的质量,可以大大降低生产成本,为客户提供优质产品,为企业创造更大效益。

(责任编辑 姜征)

分布的 MDF(即芯层密度远低于平均密度)的观点不攻自破。

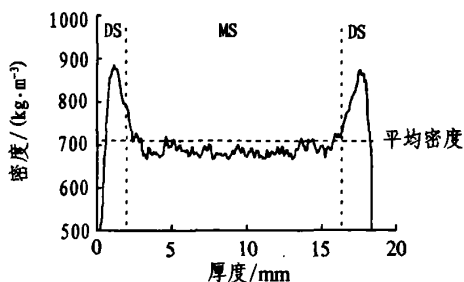


图 5 未砂光 MDF 的断面密度分布实测结果

Fig. 5 Density profile of MDF made by multi-layer press

## 3 结束语

通过 8 万  $\text{m}^3/\text{a}$  的 MDF 生产线的设计实践,为我国人造板成套设备的控制技术水平提高进行了一些创新和探索。经生产实际检验,已取得了显著的效果,充分说明选用先进的控制技术,完全可以提高国产 MDF 设备的技术水平,确保产品质量和设备运行可靠。

(责任编辑 姜征)