

连续平压机热压板升降系统控制算法*

苗虎¹ 周玉成^{1,2} 盛振湘³ 侯晓鹏^{1,2} 张国梁¹ 安源^{1,2}

(1. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091; 2. 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;
3. 中国福马机械集团有限公司, 北京 100029)

摘要: 针对人造板连续平压机的热压板整体升降过程中多组液压油缸同步运动控制问题, 提出一种斜率式渐次逼近算法, 能够根据各液压油缸的实际位置状态, 动态地确定主、从系统, 按照一定的斜率分步逐次逼近目标值, 从而使各升降系统在任意时刻的位置误差都在理想的范围内, 达到同步升降的目的。对该算法进行 Matlab 仿真, 并将其应用到国产第一条连续平压机生产线上。生产实践表明, 该算法能够实现连续平压机的同步上升与下降, 同时很好地解决各液压油缸在运动过程中的相互影响, 使其相互之间的位置差值较小, 上升、下降过程的同步误差分别为 0.5 mm、0.6 mm, 液压元器件产生的冲击较小, 过程平稳, 控制精度能够达到工艺要求。

关键词: 人造板 连续平压机 热压板 液压升降系统 控制算法

中图分类号: TS64; TB114.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)07-0333-07

引言

人造板是以木材、竹材、农作物秸秆、沙生灌木等农林生物质材料为原料, 通过粉碎、干燥、分选、施胶、成型、预压、热压、冷却、裁边和砂光等工序制成的板状材料的总称^[1-4]。其中热压工序是人造板制造过程中的关键环节, 直接决定着人造板产品的质量和产量^[5]。

连续平压机是热压工序的核心设备, 其工作能力和技术性能对热压工序的完成具有决定性的作用。其中作为传热、传压关键部件的热压板长 25 m, 宽 2.4 m, 厚 0.15 m, 由多块矩形单元热压板拼接而成, 其上面分布着多排多列液压油缸, 缸体两端通过螺栓分别与机架和热压板相连接。其中液压油缸阵列中有一部分是具有提升作用的活塞缸, 热压板的上升、下降通过控制活塞缸的活塞杆伸缩来完成。按照生产工艺要求, 热压板在升降过程中必须保持在同一水平面上, 该过程通过对多组液压活塞缸位置进行同步控制来实现, 这是连续平压机控制中的一个难点^[6-10]。

多组液压缸位置同步运动控制大多采用主从式控制策略, 即多个需要同步运动的对象, 以其中一个对象的输出作为理想输出, 其余对象来跟踪这一理想输出以达到同步运动。在主从式控制策

略的基础上, 常规的方案设计假设各液压缸的初始位置状态相同, 且需要提前指定主系统和从系统, 并且主、从系统在控制过程中不能改变^[11-23], 这不能满足连续平压机热压板升降系统的控制要求。因此, 本文针对连续平压机热压板这一特定的研究对象, 提出一种斜率式渐次逼近算法, 能够在各液压缸的初始位置不相同的情况下, 动态地确定主、从系统, 使热压板在升降过程中保持同一水平面上。

1 系统分析

1.1 连续平压机结构和工作原理

人造板连续平压机的总体结构如图 1 所示, 其长度为 27 m, 主要由 32 组框架单元、主动辊、从动辊、板坯进给部分、钢带、上下链毯、液压油缸、上下热压板等结构组成。32 组框架单元构成压机本体, 上下钢带、链毯分别由相应的伺服电机进行驱动; 下热压板固定在框架的下支撑面上, 固定不动; 上热压板通过 32 列液压油缸固定在框架单元上, 可以上、下运动。

连续平压机工作时, 两条钢带在主、从动辊的带动下, 紧贴着链毯在压机本体内运行, 板坯经过进给部分进入到压机, 并在上、下钢带的夹持下前进, 根据人造板生产工艺设定的压力、行程要求, 多组液压

收稿日期: 2014-01-20 修回日期: 2014-03-03

* 科研院所技术开发研究专项资金项目(2013EG135240)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(CAFINT2009K07)

作者简介: 苗虎, 博士生, 主要从事木材加工机械、人造板机械设计制造及自动化控制研究, E-mail: hu_08074020@163.com

通讯作者: 周玉成, 研究员, 博士生导师, 主要从事木材加工机械、人造板机械设计制造及自动化控制研究, E-mail: zhouyc@caf.ac.cn

油缸进行相应的动作,将产生的压力直接传递到上热压板,通过链毯、钢带传到板坯上,每个单元的液压油缸是单独控制的;加热介质通过管道直接进入上、下热压板中,通过链毯、钢带传到板坯上,热压

板纵向按照工艺要求分区加热;在热压板区域完成符合板坯热压需要的压力和温度分阶段变化的工艺过程后,成品板在钢带的带动下逐渐脱离钢带并送到后续工段中的出板运输机上。

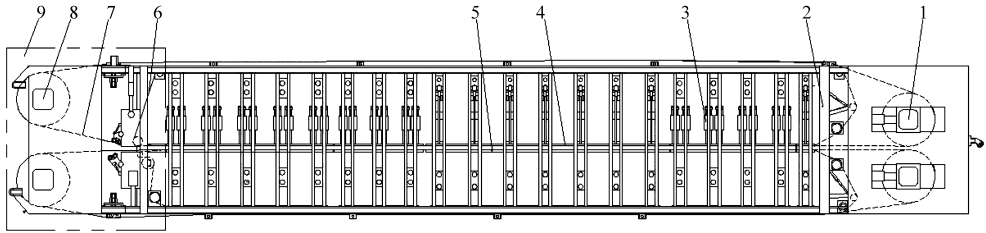


图 1 连续平压机结构示意图

Fig. 1 Sketch map of continuous flat press

1. 主动辊(板坯出口) 2. 框架单元 3. 液压油缸 4. 上热压板 5. 下热压板 6. 链毯 7. 钢带 8. 从动辊(板坯入口) 9. 板坯进给部分

1.2 热压板液压升降系统分析

本研究中的热压板升降系统共有 32 列液压油缸,每列有 4 或 5 个液压缸,所有液压缸均通过螺栓连接固定在 32 组框架单元和上热压板之间。根据所实现功能的不同,液压缸分为具有提升作用的活

塞缸和不具有提升作用的柱塞缸,在活塞缸带动上热压板上升、下降的过程中,柱塞缸则跟随活塞缸进行相应的上、下运动。各液压油缸在上热压板上的位置分布如图 2 所示,双圆表示具有提升作用的活塞缸,单圆表示没有提升作用的柱塞缸。

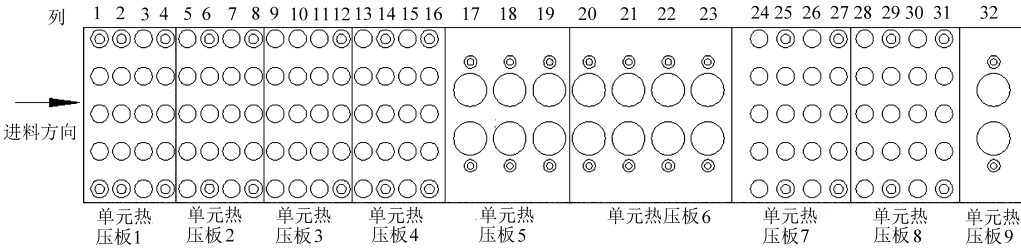


图 2 液压油缸分布示意图

Fig. 2 Distribution of hydraulic cylinders

由图 2 可以看到,上热压板由 9 块单元热压板拼接而成,每块单元热压板上均连接有具有提升作用的活塞缸,共 40 个具有提升作用的液压活塞缸。根据液压油路的设计情况,将共用同一条油路的液压活塞缸看作为一个升降系统,可划分为 31 个升降系统,每个升降系统由 1 个或 2 个液压活塞缸组成,其位移是指活塞杆伸出的长度,由相应的位移传感器进行实时采集。在热压板上升、下降的过程中,各升降系统的实际位移值与目标设定值相比较,通过调节相应液压油路上的伺服阀的开度控制液压活塞缸有杆腔、无杆腔的进、出油量,使活塞杆上下伸缩,从而带动上热压板上升、下降。同时,在此过程中 31 个升降系统的位移需要保持同步一致,若不同步,会导致热压板局部受力不均匀,出现应力、应变过大的情况,从而造成设备损坏。从生产工艺来看,连续平压机的同步误差工艺允许值为 0 ~ 3 mm,即同步上升、下降过程结束后,位移最大的升降系统与位移最小的升降系统的实际位移之间的差值。目

前,国内外现有的连续平压机生产厂家,其控制误差为 0 ~ 1 mm。

由于安装精度、机械零部件的自身误差等原因,各升降系统初始时刻的实际位置不完全相同。其次连续平压机的设备要求热压板的上升设定值一般为 90 ~ 100 mm,下降设定值一般为 4 ~ 20 mm,若在控制过程中,将上升、下降的设定值直接作为跟踪目标,运动行程较大,由于液压油路伺服阀的响应速度、精度不同等因素,无法保证上升、下降过程中每个时刻 31 个升降系统的位移值完全相同,即热压板不能保证始终处于一个水平面上。为解决上述问题,采用分步逐次逼近方法,在每一个控制周期内,检测各个升降系统的实际位移值,并从中选择一个主系统,作为下一个控制周期内的“虚拟主系统”,其余的升降系统跟踪“虚拟主系统”的分步跟踪设定值,依次循环直至接近目标设定值,从而使各升降系统在任意时刻的位置误差都在理想的范围内,达到同步升降的目的。

2 斜率式渐次逼近算法的设计

根据以上的系统分析,本文设计斜率式渐次逼近算法。根据任一系统控制周期内各升降系统的实际位置状态,动态选择其中一个升降系统作为“虚拟主系统”,则其余升降系统作为“从系统”,在一个系统循环周期内,虚拟主系统在其初始位移的基础上,加上或者减去一个按照指定的收敛速度(上升或者下降斜率)产生的跟踪目标增量,从而得到该阶段的分步跟踪设定值,同时从系统实时跟踪虚拟主系统的分步跟踪设定值。依此计算,在经过多个系统循环周期的迭代后,虚拟主系统的分步跟踪设定值将逐渐逼近目标设定值,从系统实时跟踪虚拟主系统,即可实现在升降过程中多组液压油缸的位置同步控制。该算法的实现步骤如下:

假设任意一个系统周期内,由 31 个升降系统的实际位移构成的值域为 $\{S_1^n, S_2^n, S_3^n, \dots, S_{31}^n\}$, 取该值域中的最小值和最大值分别为 $S_{\min}^n, S_{\max}^n$, 即

$$S_{\min}^n = \min \{S_1^n, S_2^n, S_3^n, \dots, S_{31}^n\}$$

$$S_{\max}^n = \max \{S_1^n, S_2^n, S_3^n, \dots, S_{31}^n\}$$

其中 $n=0$ 为系统的初始状态, $n \geq 0$ 。

上升过程:当连续平压机上升时,假定最终目标值为 S_{lift} 。在任意一个系统循环周期内,取位移最小的升降系统作为“虚拟主系统”,其余升降系统作为从系统。假设 k_L 为给定的跟踪目标收敛速度,即上升斜率, mm/ms; t_c 为控制系统循环时间, ms; $y_L(n)$ 为第 $n+1$ 个循环周期内的分步跟踪值, mm, $n \geq 0$ 。

在第 1 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最小值 $S_{\min}^0$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_L(0)$ 为

$$y_L(0) = S_{\min}^0 + k_L t_c \quad (1)$$

在第 2 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最小值 $S_{\min}^1$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_L(1)$ 为

$$y_L(1) = S_{\min}^1 + k_L t_c \quad (2)$$

在第 n 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最小值 $S_{\min}^{n-1}$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_L(n-1)$ 为

$$y_L(n-1) = S_{\min}^{n-1} + k_L t_c \quad (3)$$

在第 $n+1$ 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最小值 $S_{\min}^n$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_L(n)$ 为

$$y_L(n) = S_{\min}^n + k_L t_c \quad (4)$$

根据系统控制精度要求,对于任意给定的小数 ε_1 , 当 $|y_L(n) - S_{\text{lift}}| \leq \varepsilon_1$ 时,有

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (S_{\max}^n - S_{\min}^n) = 0 \quad (5)$$

此时,压机上升时的迭代过程结束。

在算法执行过程中,虚拟主系统的分步跟踪值 $y_L(n)$ 逐渐增加,渐次逼近目标值 S_{lift} , 同时作为从系统的各组升降系统,动态跟踪 $y_L(n)$ 的计算值,作为其分步跟踪设定值,进行相应的控制动作,完成与虚拟主系统的同步跟踪控制。

下降过程:当连续平压机下降时,假定最终目标值为 S_{down} 。在任意一个系统循环周期内,取位移值最大的升降系统作为“虚拟主系统”,其余升降系统作为从系统。假设 k_D 为给定的跟踪目标收敛速度,即下降斜率, mm/ms; $y_D(n)$ 为第 $n+1$ 个循环周期内的分步跟踪值, mm, $n \geq 0$ 。

在第 1 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最大值 $S_{\max}^0$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_D(0)$ 为

$$y_D(0) = S_{\max}^0 - k_D t_c \quad (6)$$

在第 2 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最大值 $S_{\max}^1$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_D(1)$ 为

$$y_D(1) = S_{\max}^1 - k_D t_c \quad (7)$$

在第 n 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最大值 $S_{\max}^{n-1}$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_D(n-1)$ 为

$$y_D(n-1) = S_{\max}^{n-1} - k_D t_c \quad (8)$$

在第 $n+1$ 个循环周期内,取升降系统实际位移域中的最大值 $S_{\max}^n$ 所对应的升降系统为虚拟主系统,则该循环周期内的分步跟踪值 $y_D(n)$ 为

$$y_D(n) = S_{\max}^n - k_D t_c \quad (9)$$

根据系统控制精度要求,对于任意给定的小数 ε_2 , 当 $|y_D(n) - S_{\text{down}}| \leq \varepsilon_2$ 时,有

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (S_{\max}^n - S_{\min}^n) = 0 \quad (10)$$

此时,压机下降的迭代过程结束。

在算法执行过程中,虚拟主系统的分步跟踪值 $y_D(n)$ 逐渐减小,渐次逼近目标值 S_{down} , 同时作为从系统的各组升降系统,动态跟踪 $y_D(n)$ 的计算值,作为其分步跟踪设定值,进行相应的控制动作,完成与虚拟主系统的同步跟踪控制。

该算法的实现流程图如图 3 所示。

3 控制算法仿真与应用

3.1 控制算法仿真

在 Matlab 环境下,建立热压板升降系统控制模型,主要由斜率式渐次逼近算法模块 (Subsystem)、升降系统运动控制模块 (S-Function 1~31) 和实际

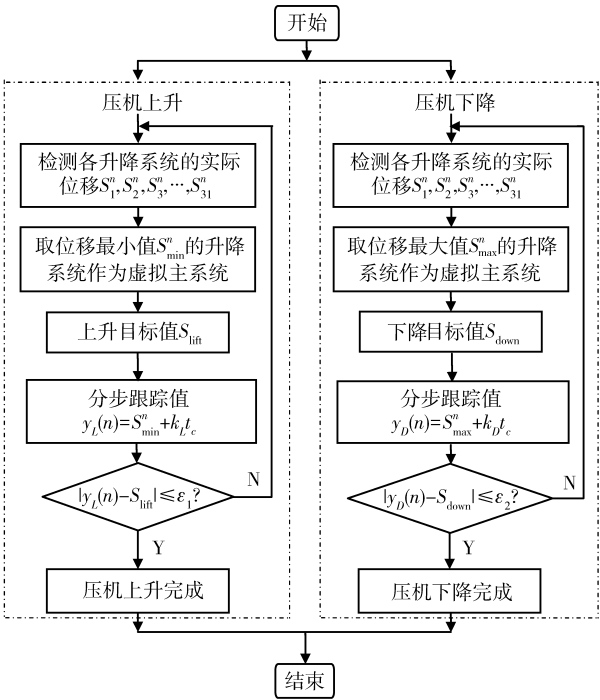


图 3 控制算法流程图
Fig.3 Control algorithm flowchart

位移数据表 (To Workspace 1 ~ 31) 3 部分组成, 如图 4 所示。仿真过程为: 在每一个控制周期内, 将每个升降系统的实际位移值 actual displacement 1 ~ 31 作为 Subsystem 模块的输入, 通过 Subsystem 模块计算出该控制周期内的各个升降系统的分步跟踪值, 与其实际位移值进行比较后, 经过 S-Function 1 ~ 31 的模拟控制后, 各升降系统的位置有了变化, 从而得到各升降系统新的实际位移值, 并将其保存到 To Workspace 1 ~ 31 中。To Workspace 1 ~ 31 与 actual displacement 1 ~ 31 的数据一一对应。将以上过程依次循环, 即能完成热压板升降系统的控制仿真。

当连续平压机开始上升时, 假定 31 组升降系统 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的初始位移如表 1 所示。由表 1 中可知, 31 个升降系统的实际位移在 9.3 ~ 11 mm 之间, 各升降系统的位置参差不齐, 在本文所设计的算法的控制下, 大约经过 2 s 后, 各升降系统的实际位移值基本相等, 重合为一条直线, 如图 5 所示。

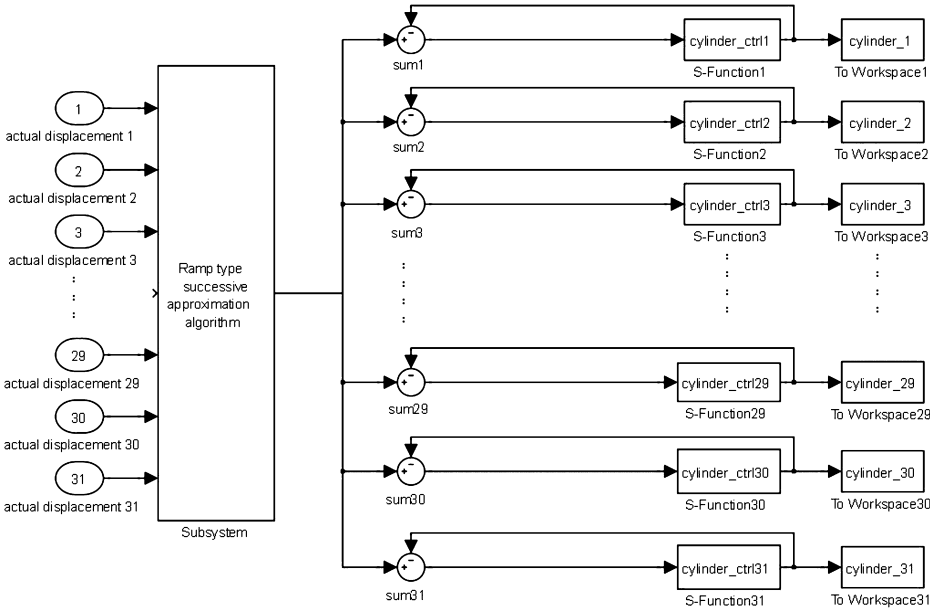


图 4 系统控制模型
Fig.4 Model of system control

表 1 同步上升时 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的初始位移
Tab.1 Initial displacement of LiftSys 1 ~ LiftSys 31 when lifting

升降系统编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
初始值/mm	10.0	9.5	9.7	10.0	9.4	10.5	10.3	10.2	10.0	10.5	10.6	9.5	10.3	10.7	9.3	10.4
升降系统编号	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
初始值/mm	9.5	10.3	11	10.7	10	10.1	10.1	9.5	9.5	10.4	10.5	10.3	9.7	10.9	10.3	

当连续平压机开始下降时, 假定 31 组升降系统 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的初始位移如表 2 所示。由表 2 中可知, 31 个升降系统的实际位移在 79.3 ~ 80.9 mm

之间, 各升降系统的位置参差不齐。在本文所设计的算法的控制下, 大约经过 2 s 后, 各升降系统的实际位移基本相等, 重合为一条直线, 如图 6 所示。

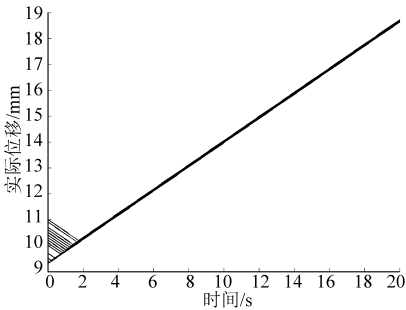


图 5 同步上升时 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的实际位移变化曲线

Fig. 5 Actual displacement change trend chart of LiftSys 1 ~ LiftSys 31 when lifting

由图 5、图 6 中可以看出,在连续平压机上升、下降的过程中,基于斜率式渐次逼近算法的控制过程,使得 31 组升降系统 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 中,初始位移值较大的升降系统,其实际位移值逐渐减少,

表 2 同步下降时 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的初始位移

Tab. 2 Initial displacement of LiftSys 1 ~ LiftSys 31 when descending

升降系统编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
初始值/mm	79.4	80.5	80.7	80.0	79.4	80.5	80.3	80.2	80.0	80.5	80.2	79.5	80.3	80.7	79.3	80.4
升降系统编号	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
初始值/mm	79.5	80.3	80	80.7	80	80.1	80.1	79.5	79.5	80.4	80.5	80.3	79.7	80.9	80.3	

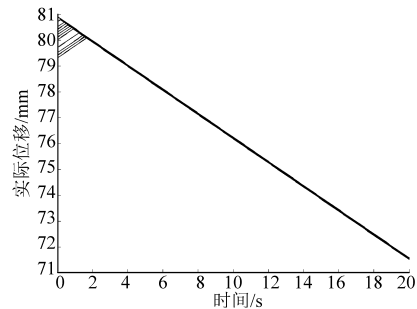


图 6 同步下降时 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 的实际位移变化曲线

Fig. 6 Actual displacement change trend chart of LiftSys 1 ~ LiftSys 31 when descending



图 7 连续平压机生产线

Fig. 7 Continuous flat press production line

图 8 中的红线为同步上升过程结束后 31 个液压升降系统的实际位移值连线图,图 9 中红线为同

初始位移值较小的升降系统,其实际位移值逐渐增大,各液压升降系统的实际位移值逐渐靠近,即每一个升降系统由各自的初始位移值位置(见表 1、表 2)经过若干步算法迭代后,逼近图 4、图 5 中的斜线,也就是说 LiftSys 1 ~ LiftSys 31 基本处于同一个水平位置上。使得 31 个升降系统之间的位置差值尽可能小,从而保证热压板基本处于同一个水平面,升降过程中液压元器件的冲击较小,控制过程相对平稳。

3.2 生产线实际应用

为检验该算法在实际生产过程中的控制效果,在中国福马机械集团有限公司设计的国产第一条连续平压机生产线上进行应用,如图 7 所示。将该算法使用西门子 Step7 V5.4 编程后,嵌入到其系统控制程序中,进行压机的上升、下降过程控制,其运行效果如图 8、图 9 所示。

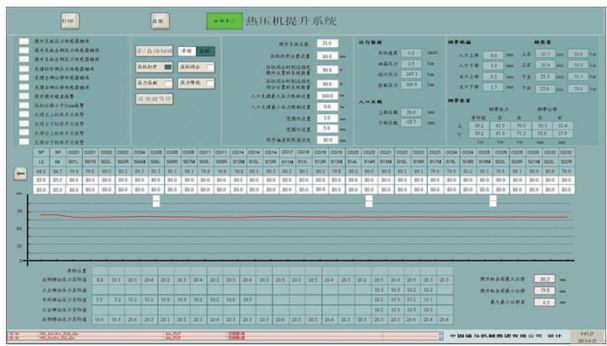


图 8 同步上升控制效果图

Fig. 8 Control effect when lifting

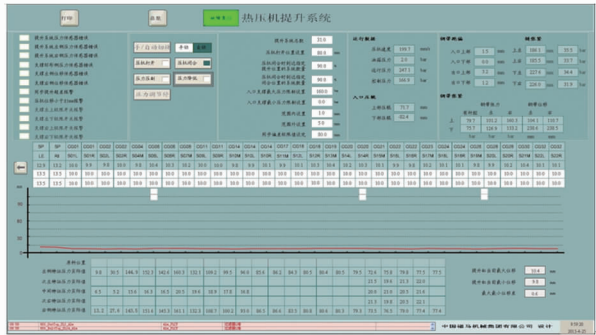


图 9 同步下降控制效果图

Fig. 9 Control effect when descending

步下降过程结束后 31 个液压升降系统的实际位移值连线图,由图 8、图 9 中可以看出,在本研究中的控制算法的作用下,压机上升、下降过程结束后,各

升降系统的实际位移值基本相同,其最大值与最小值之间的误差分别为 0.5 mm、0.6 mm,且控制过程平稳,液压元器件产生的冲击较小,控制精度能够达到工艺要求。

4 结 论

(1) 针对国产第一台人造板连续平压机生产线,热压板整体上升、下降过程中多组液压油缸位置同步运动控制的问题,基于主从式位置跟踪控制模型,提出一种斜率式渐次逼近算法,对该算法的具体实现过程进行了阐述。

(2) 在 Matlab 环境下对该算法进行仿真分析,给定 31 个升降系统不同的初始位移值,利用斜率式渐次逼近算法模拟控制各升降系统的同步上升、下降过程,取得了理想的结果。

(3) 将该算法应用到中国福马机械集团有限公司设计的连续平压机生产线中。生产实际表明,该算法能够实现连续平压机热压板的同步上升与下降,同时很好的解决了各液压油缸在运动过程中的相互影响,其相互之间的差值较小,上升、下降过程的同步误差分别为 0.5 mm、0.6 mm,液压元器件产生的冲击较小,过程平稳,控制精度满足工艺要求。

参 考 文 献

1 张树彬,王圣滔,韩贺麟,等. 利用农作物秸秆制人造板的发展前景[J]. 农业机械学报,2000,31(2):122-123.

2 张晓文,赵改宾,杨仁全,等. 农作物秸秆在循环经济中的综合利用[J]. 农业工程学报,2006,22(增刊1):107-109.
Zhang Xiaowen, Zhao Gaibin, Yang Renquan, et al. Comprehensive utilization of agricultural straws in recycle economy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(Supp.1): 107-109. (in Chinese)

3 于文吉. 生物质资源农作物秸秆应用于人造板工业的可行性分析[J]. 木材工业,2006,20(2):41-44.
Yu Wenji. Future development of bio-based composites from agricultural fibers inChina[J]. China Wood Industry, 2006, 20(2): 41-44. (in Chinese)

4 王欣,周定国. 我国人造板原材料的创新与可持续发展[J]. 林业科技开发,2009,23(1):5-9.
Wang Xin, Zhou Dingguo. Development and innovation of wood-based panel materials in China[J]. China Forestry Science and Technology, 2009, 23(1): 5-9. (in Chinese)

5 华毓坤. 人造板工艺学[M]. 北京:中国林业出版社,2002.

6 姜仁龙. 我国中密度纤维板压机发展概况[J]. 中国人造板,2011,18(4):1-7,13.
Jiang Renlong. Review on development of the medium density fiberboard press in China[J]. China Wood-based Panels, 2011, 18(4): 1-7, 13. (in Chinese)

7 俞敏. 连续压机的中国创新[J]. 中国人造板,2012,19(12):7-14.
Yu Min. The innovation of continuous press in China[J]. China Wood-based Panels, 2012, 19(12): 7-14. (in Chinese)

8 张荣其. 双钢带连续压机的结构、工作原理与计算[J]. 中国人造板,2006,13(12):23-26.
ZhangRongqi. Structure, principle and calculation of double steel-belt continuous press[J]. China Wood-based Panels, 2006, 13(12): 23-26. (in Chinese)

9 肖安昆,黄玉水,黄菊花. 连续平压机电控系统探讨[J]. 南昌大学学报:工科版,1999,21(4):26-29,72.
Xiao Ankun, Huang Yushui, Huang Juhua. Research on electric control system of continuous flat press[J]. Journal of Nanchang University:Engineering & Technology, 1999, 21(4): 26-29, 72. (in Chinese)

10 李新华,邓贞贞,邓富洲. 人造板连续压机的压力自动控制系统研究[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(4):216-219.
Li Xinhua, Deng Zhenzhen, Deng Fuzhou. Study of pressure control system of the wood-based panels' continual hot-press based on PLC[J]. Journal of Central South Forestry University, 2012, 32(4): 216-219. (in Chinese)

11 张承谱,肖聚亮,杨君树. 大型结构物同步位移控制系统[J]. 中国海洋平台,2009,24(4):44-48.
Zhang Chengpu, Xiao Juliang, Yang Junshu. The control system of synchronous displacement for the large structures[J]. China Offshore Platform, 2009, 24(2): 44-48. (in Chinese)

12 Zhang Chengpu, Xiao Juliang. Research and application of an electro-hydraulic synchronous control system for bridge lifting[J]. International Journal of Plant Engineering and Management, 2009, 14(1): 1-7.

13 高恒路,桑勇,邵龙潭. 同步控制策略及其典型应用的研究[J]. 液压气动与密封,2012,32(5):1-7.
Gao Henlu, Sang Yong, Shao Longtan. Discuss on synchronization control and its typical application[J]. Hydraulics Pneumatics and Seals, 2012, 32(5): 1-7. (in Chinese)

14 Mastellone S, LEE D. Master-slave synchronization with switching communication through passive model-Based control design[C]// IEEE Proceedings of the 2006 American Control Conference, 2006.

15 贾善斌,刘志奇,侯云辉,等. 多级液压缸同步控制精度研究[J]. 液压气动与密封,2012,32(8):64-68.
Jia Shanbin, Liu Zhiqi, Hou Yunhui, et al. Multi-stage hydraulic cylinder synchronization control accuracy of the study[J]. Hydraulics Pneumatics and Seals, 2012, 32(8): 64-68. (in Chinese)

16 倪敬,项占琴,潘晓弘,等. 多缸同步提升电液系统建模和控制[J]. 机械工程学报,2006,42(11):81-87.
Ni Jing, Xiang Zhanqin, Pan Xiaohong, et al. Motion synchronization modeling and control for multi-cylinder electro-hydraulic

elevating system[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2006, 42(11): 81 – 87. (in Chinese)

17 巩明德,赵丁选,冯汝扬. 电液伺服遥操纵机器人主—从位置控制[J]. 农业机械学报,2009,40(6):189 – 193.
Gong Mingde, Zhao Dingxuan, Feng Ruyang. Master-slave position controller of electron-hydraulic servo telerobot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(6): 189 – 193. (in Chinese)

18 刘俭,许忠华,郭颖. 液压缸同步控制的应用研究[J]. 自动化技术与应用,2002,21(4):13 – 14.
Liu Jian,Xu Zhonghua, Guo Ying. Synchronous control of hydraulic cylinders[J]. Techniques of Automation and Applications, 2002, 21(4): 13 – 14. (in Chinese)

19 Chen Chengyi, Liu Liqiang. Fuzzy controller design for synchronous motion in a dual-cylinder electro-hydraulic system [J]. Control Engineering Practice, 2008, 16(6): 658 – 673.

20 黄镇海,刘芳璇,王桂荣,等. 多泵控制液压系统的同步设计[J]. 液压与气动,2012(10):80 – 82.
Huang Zhenhai, Liu Fangxuan, Wang Guirong, et al. Synchronization design of multi-pump controlled hydraulic cylinder system [J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2012(10): 80 – 82. (in Chinese)

21 Szeto K Y, Zhao S Y. Adaptive spatial allocation of resource for parallel genetic algorithm [J]. Studies in Computational Intelligence, 2008, 129(5): 389 – 398.

22 周玉成,程放,安源,等. 具有通讯约束的线性状态反馈控制系统的可控性[J]. 林业科学,2003,39(6):131 – 135.
Zhou Yucheng, Cheng Fang, An Yuan, et al. Controllability of linear feedback control systems with communication constrains [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(6): 131 – 135. (in Chinese)

23 周玉成,程放,范留芬,等. 离散时间奇异系统的可测扰动解耦[J]. 控制与决策,2004,19(7):787 – 790.
Zhou Yucheng, Cheng Fang, Fan Liufen, et al. Dynamic measurable disturbance decoupling for discrete time singular nonlinear systems[J]. Control and Decision, 2003, 19(7): 787 – 790. (in Chinese)

Design and Application of a Control Algorithm for Hydraulic Lifting
System of the Hot Platen in Continuous Flat Press

Miao Hu¹ Zhou Yucheng^{1,2} Sheng Zhenxiang³ Hou Xiaopeng^{1,2} Zhang Guoliang¹ An Yuan^{1,2}
(1. *Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*
2. *Key Laboratory of Wood Science and Technology, State Forestry Administration, Beijing 100091, China*
3. *China Foma (Group) Co., Ltd., Beijing 100029, China*)

Abstract: The hot platen needs to be lifted and descended integrally, and to be kept in horizontal level during the process which was realized by position synchronization control of multiple group hydraulic cylinders. It is a difficult point in control of continuous flat press. In order to solve this problem, a ramp type successive-approximation algorithm was proposed. The algorithm can dynamically select one group of hydraulic cylinder as “virtual main system”, and the other groups as “slave system” according to the actual displacement of the hydraulic cylinders in any control cycle. Then the virtual main system can gradually approach the target value step-by-step with a certain ramp. At the same time the slave system tracks the virtual main system in real time, so that it can be realized that the multiple group hydraulic cylinders move synchronously during the lifting and descending process. The algorithm was simulated in Matlab. Then the algorithm was applied to the continuous flat press production line designed by China Foma (Group) Co., Ltd. Production practice indicates that the algorithm can solve the interaction and influence between the multiple group hydraulic cylinders in movement effectively. The synchronous error of the lifting and descending process is 0.5 mm and 0.6 mm respectively. The shock of hydraulic components is less, the process is smooth and the control precision can meet technological requirements.

Key words: Wood-based panel Continuous flat press Hot platen Hydraulic lifting system Control algorithm