

## 重组竹材竹方冷压装料自动化生产线优化设计与分析

龚 正<sup>1,2</sup>, 袁少飞<sup>2</sup>, 王洪艳<sup>2</sup>, 张 建<sup>2</sup>, 李 琴<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江省竹类研究重点实验室, 浙江 杭州 31002)

**摘要:** 针对当前重组竹材竹方冷压装料工艺中存在的自动化水平不高、生产效率低、用工成本高等问题, 对现有的重组竹材竹方冷压装料生产工序进行合理的自动化优化设计与改造, 以经济、实用、自动化为原则, 提出了一种可实现重组竹材竹方冷压装料工序自动化生产的生产线优化设计和技术构建。该自动化生产线包括竹束运输机构、计量上料机构、模具自动进出机构、模具盖板放置机构、销钉锁紧机构、模具转向运输机构共六个组成模块, 可减少用工数量, 降低劳动强度, 提高自动化程度和生产效率, 为实现重组竹材竹方冷压装料自动化生产提供了技术思路和借鉴。

**关键词:** 重组竹材; 冷压; 装料; 自动化生产

**中图分类号:** TS65      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-3776 (2019) 06-0092-08

## Design of Feeding Operation from Cold Press Automatic Production Line for Bamboo Scrimber

GONG Zheng<sup>1,2</sup>, YUAN Shao-fei<sup>2</sup>, WANG Hong-yan<sup>2</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>, LI Qin<sup>2</sup>

(1. Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China; 2. Key Laboratory for Bamboo Research of Zhejiang Province, Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Aiming at the problems such as low automation level, low production efficiency and high labor cost in the feeding operation of bamboo scrimber cold-press production line, rational automation of the operation was designed. The operation included automatic weighing and feeding device of bamboo bundle, automatic mold conveying device, automatic mold cover device and automatic pin locking device. The test of the operation demonstrated that it could reduce the number of labor by 60% and improve automation and production efficiency by 50%.

**Key words:** bamboo scrimber; cold-press; feeding; automatic production

我国竹类资源丰富, 竹材制品种类繁多, 其中重组竹材已成为我国竹材工业的主流产品和增长速度最快的一个新型竹材<sup>[1-2]</sup>。重组竹材又称重竹, 是我国 20 世纪 90 年代自主研发的竹材产品, 是一种以竹束为原料, 按顺纹组坯、热压 (或冷压) 胶合成板材或方材的新型竹质材料。相比于其他竹材产品重组竹材的原料利用率可达到 90% 以上<sup>[3-4]</sup>, 全国年产量超过 50 万 m<sup>3</sup>, 是一种制造家装材料和高强度工程材料的不可多得的绿色生物质材料<sup>[5-7]</sup>。目前, 重组竹材部分工序实现了自动化生产, 但由于其生产工艺的特殊性, 整个生产过程还不能完全实现自动化和连续式生产<sup>[8]</sup>, 仍存在工艺繁琐、用工多、生产效率低、能耗大、自动化水平低等问题。重组竹材生产中成型工艺分为先冷压后热固化成型和直接热压固化成型两种<sup>[7]</sup>。当前重组竹材企业普遍采用先冷压后

收稿日期: 2019-04-23; 修回日期: 2019-10-11

基金项目: 浙江省林业厅省院合作重大项目 (2017SY11)

作者简介: 龚正, 硕士研究生, 从事林业机械方面的研究; E-mail: 460582848@qq.com。通信作者: 张建, 研究员, 博士, 硕士生导师, 从事竹木材综合利用研究。E-mail: zhjianzj@126.com。

热固化成型的生产方法, 其中竹方冷压装料成型是重组竹材生产的关键工序<sup>[9]</sup>, 也是存在生产效率低、用工多、劳动强度大、自动化水平低等问题的重要工序之一。因此, 对重组竹材生产中的冷压热固化成型工序进行自动化改造设计非常有必要, 也是实际生产中急需解决的问题。

本文以重组竹材竹方冷压装料工序为研究对象, 从技术和理论层面, 提出了实现重组竹材竹方冷压装料工序连续式自动化生产的优化设计和技术思路, 并设计了相应的装置装备, 旨在为提高重组竹材生产自动化水平提供思路和借鉴。

## 1 冷压装料生产工艺现状

重组竹材竹方冷压装料工序主要包括原料称量、模具放置、原料装入、盖板放置、加压装模、销钉安装、模具取出共 7 个生产单元。其中以冷压工序最为繁琐, 所需工人最多、劳动强度大、生产效率低, 是企业最希望实现自动化的工序。

竹束原料称量时, 工人利用电子秤称取重组竹竹方模具所需质量的竹束, 待模具放置到冷压机后进行装料, 整个过程效率较低。模具材料一般为铸铁, 内部有效规格尺寸根据冷压机和重组竹材产品具体要求而定, 长度一般为 200 cm, 较为沉重。模具放置时至少需要两名工人抬至导轨上然后再推入冷压机压腔内, 该步骤工人劳动强度很大。称量后的竹束可以由人工手动或放料装置自动放入模具, 但两种放料方式仍需要人工将放置后的竹束原料两端修整整齐, 以保证竹方质量。竹束原料装入模具后, 人工将模具盖板放置在竹束原料最上方, 由于模具盖板较重且冷压机压腔狭小, 放置较为不便。安装销钉时需要工人先将一组销钉逐一放入冷压机内的模具销钉槽中, 由于模具较长在摆放销钉时需要换边摆放两次, 虽然工作强度不大但是较为消耗时间。冷压机加压将竹束压缩至要求位置, 人工再将销钉逐一推入模具销钉孔, 初步固定模具。冷压机冷压完成卸压复位后, 工人将模具取出再用螺栓将模具锁紧固定, 模具的输入和输出主要依靠人力实现, 工作效率不高。

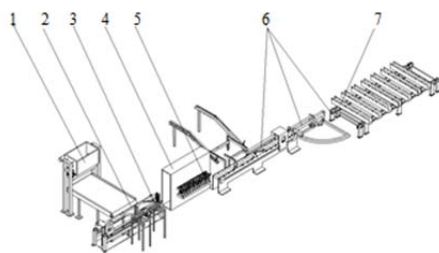
近年来, 高校、科研院所和企业等技术人员, 在重组竹材生产设备研制及自动化水平提升上开展了相关研究, 或者通过现有生产线改造、增加装置等措施, 实现了重组竹材半自动化生产装备与人工操作相结合的生产方式, 部分工序实现了连续化和自动化生产。但重组竹材竹方冷压装料整个工序仍未能实现连续式自动化生产, 主要体现在以下四个方面: 一是竹束称量需要人工操作; 二是竹束装入模具后容易散乱, 不整齐, 需要人工修正; 三是模具放入导轨、模具盖板放置和模具取出仍需人工操作; 四是销钉自动安装需人工先把销钉放到指定位置, 最后由人工或推动装置把销钉推入模具销钉孔。

本生产线主要针对这四个方面进行自动化改造。

## 2 生产线优化设计

### 2.1 总体设计

自动化生产线的优化设计目标是设计重组竹材冷压装料工序中的原料称量、模具放置、原料装入、盖板放置、加压装模、销钉安装、模具取出共七个生产单元(图 1)。在技术上实现竹束原料连续自动落入上料设备; 上料设备能够计量并自动将原料推入模具; 模具盖板自动落入上料设备; 模具自动输入和输出冷压机; 模具销钉自动入位; 总体实现稳定协调的连续式自动化生产。在生产上实现重组竹材竹方生产效率提高 30% 以上, 减少人工 50% 以上。重组竹材竹方冷压成型自动生产线包括竹束运输机构、计量上料机构、模具进出输送机构、模



1—竹束运输机构; 2—计量上料机构; 3—模具盖板放置机构;  
4—冷压机; 5—销钉锁紧机构; 6—模具转向输送机构; 7—模具。  
图 1 重组竹材冷压装料自动化生产线组成模块示意图

Figure 1 Sketch of cold press and feeding operation from production line for bamboo scrimber

具盖板放置机构、销钉锁紧机构、模具转向运输机构共六个组成模块，具体机构及布局如图 1。

在对生产线进行设计时，各个生产机构之间的工作节拍配合会直接影响到各工序之间的衔接情况从而影响到整个生产线的生产效率。而在原有生产线的生产过程中，工人运料和上下模具等工作的节拍较为合理，生产过程中没有出现较长的等待以及不和谐的地方，所以在构建新的自动化生产线时，各个机械设备遵循原有的工作节拍并在此基础上尽量减少各个工序的工作时间。根据原有工序生产时间调整后设计的自动化生产线各工序所需时间如表 1，其中冷压机不重新设计所以压制时间不变。

2.2 功能实现

生产时，竹束运输机构将竹束原料连续输送至计量上料机构，并进入计量上料机构的上料槽中。在此过程中，模具进出输送机构将重组竹材竹方专用模具自动输送到冷压机的模具槽中。待上料槽中的竹束质量达到压制一个竹方需要的竹束质量时，停止原料输送；上料槽运行至模具一侧，上料推板将竹束原料推进模具。模具盖板放置机构将模具盖板放在竹束原料上部，冷压机加压将竹束压制成竹方。销钉锁紧机构启动将销钉推入模具销钉孔，锁紧模具。冷压机卸压后，启动模具进出输送机构将模具拉出，输送至模具转向运输机构，再输送至集中堆放区域。

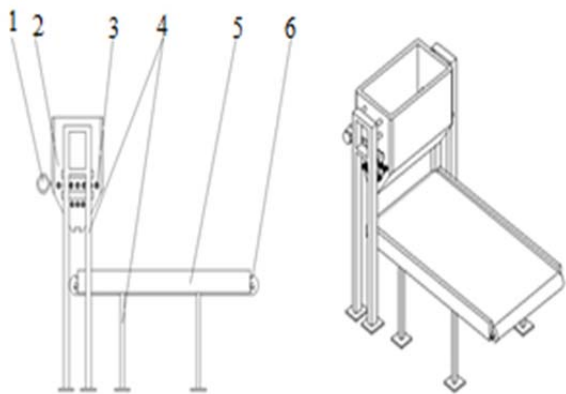
2.2.1 竹束运输机构 竹束运输机构由仓体、拨料辊筒、安装架、输送带组成，整体装置如图 2 所示。仓体整体呈漏斗形，可以储备盛放大量竹束原料，底部设有出料口。仓体两侧各设有一个窗口，用于观察内部的具体情况以及堵塞时方便清理和维修。仓体内部中下方安装了两排拨料滚筒用于筛选原料。辊筒筒身设计了拨料齿，两端装有轴承，由链轮、链条带动整个辊筒转动。输送带宽度设计比竹束略长，两边安装有挡板。工作时，电机启动，辊筒开始转动，第一排辊筒从上方堆叠的大量竹束中拨离出一部分竹束，落到第二排辊筒上，第二排辊筒再将竹束进一步拨离整理，以保证竹束从仓体底部的出料口顺利平稳的落于下部的输送带上。

储料仓尺寸为 2 080 mm×1 200 mm×1 200 mm，满载时能存放竹束 500 kg，滚筒由额定功率为 5.5 kw 的三相异步电动机驱动。运输带总长为 4 500 mm，选用 PVC 材质，运行速度为  $V=0.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，由额定功率为 0.2 kw 的三相异步电动机驱动。

2.2.2 计量上料机构 计重上料机构主要由上料槽、上料推板、滑台、导轨、压力传感器、机架组成。具体机

表 1 工序时间  
Table 1 Time for each operation

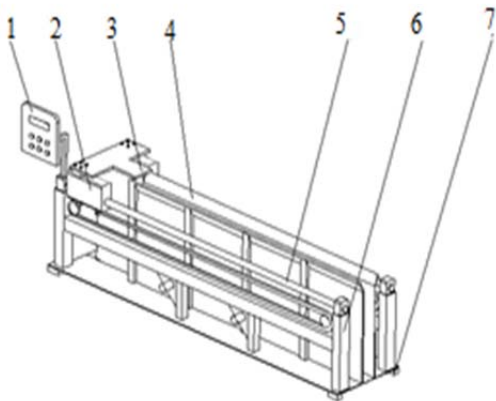
工序名称	工序时间/s
原料运输	60~65
模具盖板运输	10~12
上料	5~7
模具输入	25~27
模具运出	6~8
冷压机压制	70~80



1—电机；2—仓体；3—辊筒；4—支架；5—挡板；6—输送带。

图 2 竹束运输机构

Figure 2 Conveying device for bamboo bundle



1—控制板；2—滑台；3—上料推板；4—上料槽；5—导轨；  
6—机架；7—压力传感器。

图 3 计量上料机构

Figure 3 Weighing and feeding device

构如图 3。

上料槽是两片平行薄钢板所夹内部空间, 钢板上方斜向外展开, 有利于原料从运输带落入。上料推板设计在上料槽内一端与下底面以及两块平行钢板垂直。上料推板上方呈 T 字形并与滑台相连, 滑台内部与导轨贯穿连接, 下方与链条固定连接, 由链轮带动可在导轨上往复运动。上料机构板下方安装有压力传感器, 与显示屏连接, 可以实时测量上料槽内部竹束原料质量。工作时, 提前设置好一个模具所需竹束质量, 竹束运输机构将竹束原料通过输送带送入上料槽内, 显示屏实时显示上料槽内竹束原料质量, 当质量达到设定值时停止上料。待上料机收到压机就绪的信号时, 启动上料推板将上料槽内的原料以及盖板推入冷压机内的模具中并复位。

竹束原料一次称取 55 kg, 上料推板运行速度  $V = 0.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 由额定功率为 0.4 kw 的步进电机驱动。

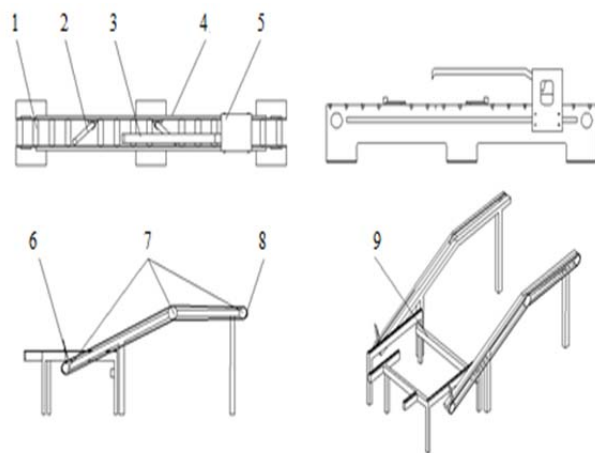
**2.2.3 模具进出输送机构** 模具进出输送机构主要由滚筒、拨杆、拖钩、支架、拖钩罩、挡钩、链轮、链条、出模架组成, 具体机构如图 4。

模具进出输送机构是在一般辊筒运输带的基础上改进而来的, 根据重组竹材冷压生产的特点增加一些辅助装置进而达到自动装模的效果, 主要用于在冷压前将模具送入压机内和在冷压后将模具勾出并送入下一个装置。机构总体呈运输带状, 主要由滚筒运输模具。在装置末端有一个拖钩罩, 内部安装有一个拖钩通过电机带动实现上下摆动从而勾住和松开模具, 整体通过链轮链条带动, 能左右平移控制模具出入。拨杆机构, 由两根拨杆组成, 拨杆斜跨于滚筒传送带, 上方装有两个滚轮与模具滚动接触。工作时, 滚筒转动将其上的模具输送至压机中, 由压机内的限位装置定位, 待冷压完成后拖钩进入压机将压制完成的模具勾出至滚筒上, 由两根拨杆将模具拨至出模架上。出模架通过挡钩将模具钩住并运输至下一生产环节。

本机构中滚筒输送带采用单链传动, 滚筒直径为 120 mm, 单个模具质量为 130 kg, 滚筒运行速度为  $V = 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 由额定功率为 2 kw 的伺服电机驱动。拖钩罩运行速度为  $V = 0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 由额定功率为 0.2 kw 的伺服电机驱动, 拖钩由使用压力为 0.15 ~ 1.00 Mpa 的气缸驱动。

**2.2.4 模具盖板放置机构** 模具盖板放置机构用于在自动计量上料机内的竹束达到额定质量之后将压盖板运输至自动计重上料机内。模具盖板放置机构如图 5。储板槽四个角有 4 根 “L” 形柱子, 能叠放压盖板, 底部两侧各有一条能通过一块压盖板的开槽, 储板槽底部中间部分留有一个开口, 能让推台通过。推台固定于链轮的链条上由链轮带动, 起到推出盖板的作用。工作时打开电机带动链轮转动, 每转动一圈将一块压盖板推入导板, 由导板牵引进入上料机。单块模具盖板重 14 kg, 储板槽一次能放 10 块模具盖板。链条的运行速度为  $V = 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 由额定功率为 0.2 kw 的伺服电机驱动

**2.2.5 销钉锁紧机构** 销钉锁紧机构用于销钉自动连续落入销钉槽, 主要由销钉夹、固定件、导轨组成, 具体机构如图 6。销钉夹下方呈半圆形与锁模机上的半圆形销钉槽形成一个直径比销钉直径稍大且恰好能通过气压推杆的圆形孔。销钉夹内部用于储存销钉, 其长度和宽度比销钉的长度和直径都稍大, 可同时装载多枚销钉。销钉夹横截面积较大的两侧, 中部镂空一个矩形, 可观察销钉在销钉夹内的排列情况和处理销钉夹内的特殊状况。销钉夹横截面积较小的两侧, 上方各有两对螺纹孔。将销钉夹固定在液压机销钉槽上方, 当推杆通过销钉夹下方的半圆孔与锁模机上的半圆形销钉槽形成的圆形孔将销钉推入模具后销钉夹内上方的销钉通过重力自动下降, 达到连续自动入位的效果。固定件呈 U 字形, 固定件平行的两个壁上有两对螺纹孔。螺栓头呈扁平的圆



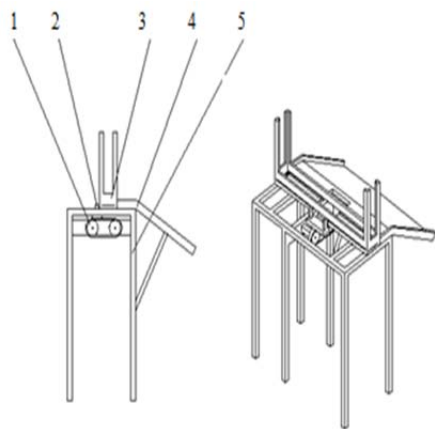
1—滚筒; 2—拨杆; 3—拖钩; 4—支架; 5—拖钩罩; 6—挡钩;  
7—链条; 8—链轮; 9—出模架。

图 4 模具进出输送机构

Figure 4 Mold conveying device



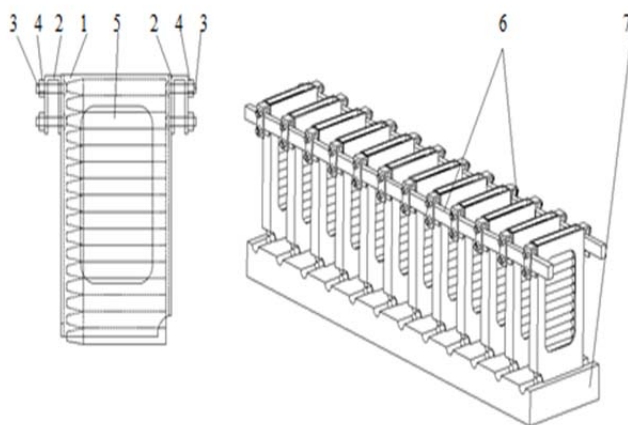
弧状,与销钉夹装配的时候,头部在销钉夹内侧,两个螺栓同时穿过销钉夹和固定件上的两对螺纹孔。导轨是两根长方体的铁柱,其宽度略小于固定件的宽度,其高度略小于固定件两螺纹孔之间的距离。销钉夹通过两边的固定件,固定在导轨上,销钉夹之间的距离可随意调节,满足各种大小的模具情况。



1—链轮;2—推台;3—储板槽;4—导板;5—支架。

图5 模具盖板放置机构

Figure 5 Mold cover device



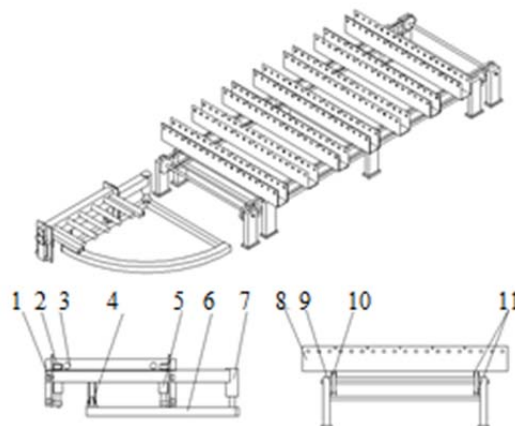
1—销钉夹;2—固定件;3—螺栓;4—螺帽;5—销钉;6—导轨;7—销钉槽底座。

图6 销钉锁紧机构

Figure 6 Pin locking device

**2.2.6 模具转向运输机构** 模具转向运输机构主要分为模具运输机构和模具转向机构两部分,具体机构如图7。承接架是一根中空直杆,其侧面突出两根较短的直杆用于从模具下方托住模具,两根较短的直杆内侧各有一段辊筒由电机带动,用于模具的运输。较粗的长方形中空直杆两端底部各安装有一根液压杆用于承接架的起落,两侧安装有承接架滑轮在承接架起落时减少与主支架的摩擦。转向器为转动轴,在外部侧面连接一根液压杆带动旋转并配合导轨、滑轮转向。工作时,承接架转动 $90^\circ$ 伸入模具运输机构上的模具下方,由液压杆带动升起承接架,承接架抬起一个模具之后转向器开始工作,经导轨和滑轮辅助转回起始位置,最后由辊筒带动模具进入下一个装置。

模具运输机构一次能运输7个模具,运输带的运行速度为 $V=0.2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,由额定功率为1.5 kw的伺服电机驱动。



1—承接架滑轮;2—承接架;3—辊筒;4—滑轮;5—液压杆;6—导轨;  
7—转向器;8—模具;9—支架;10—链轮链条;11—链条支架。

图7 模具转向运输机构

Figure 7 Mold steering and conveying device

### 3 控制系统设计

目前,常用的控制技术主要有三种:(1)单片机控制系统;(2)DSP控制系统;(3)PLC控制系统<sup>[10]</sup>。本设计选用PLC可编程逻辑控制器作为整条生产线的控制系统,PLC控制系统使用灵活、可靠性高,能够适应车间里复杂的生产环境<sup>[11]</sup>。

上述生产线中各个工序之间的节拍配合、承接复位都要用PLC控制系统进行一体化控制,保证整个生产过程的有序进行,还需有急停按钮应对紧急情况。根据重组竹材竹方冷压装料自动化连续生产线中各个机构的运行流程构建了控制系统流程图如图8。本生产线在实际运行中主要可以分为以下几个步骤:(1)原料的运输与模具

的运输在生产过程中并不干涉,当生产线启动后,两条运输带同时运行;(2)当上料机内的原料达到额定重量时,模具盖板运输装置启动将盖板运至上料机内的原料上方。同时模具转向装置将模具转向并运至模具进出装置上,模具进出输送装置将模具送入冷压机内;(3)竹束自动计量上料装置将原料及盖板推入冷压机内的模具中;(4)冷压机工作,压制完成后销钉推送装置将销钉推入;(5)模具进出装置将压制完成的模具拉出。根据以上几个步骤绘制了程序框图如图 9。

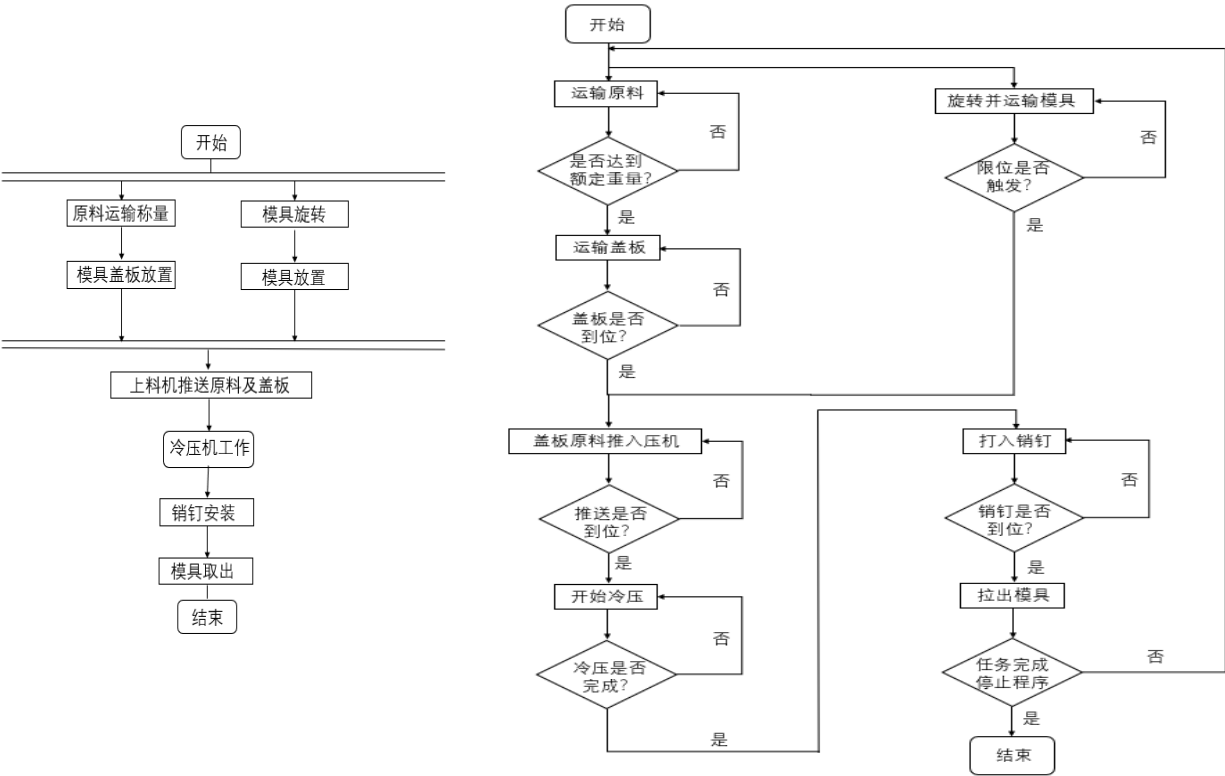


图 8 控制系统流程图  
Figure 8 Control system flow chart

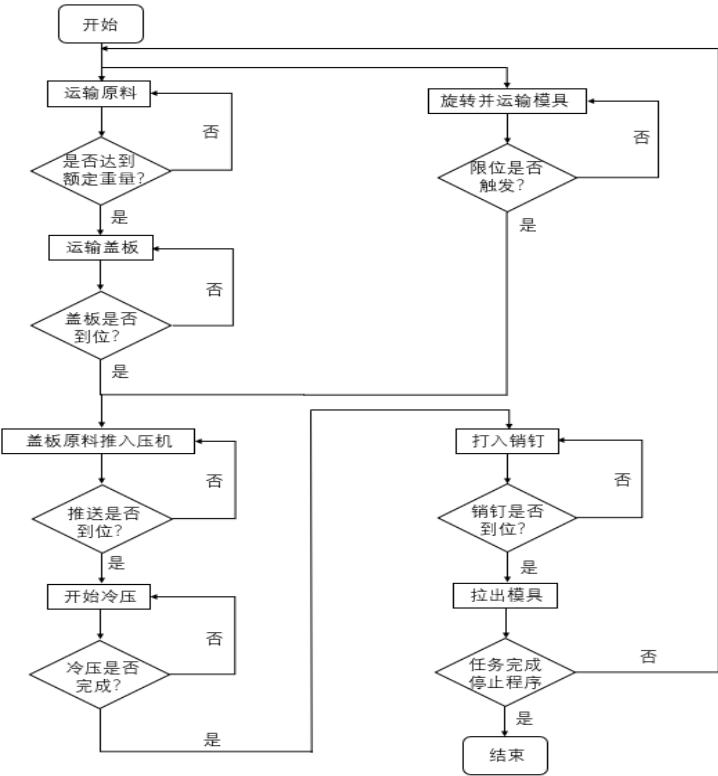


图 9 控制程序框图  
Figure 9 Block diagram of control system

4 应用试验

应用试验于 2019 年 9 月在湖州市安吉县浙江永裕竹业股份有限公司进行。重组竹材生产工艺较为复杂,现有生产线还未能全部实现自动化生产,本次应用试验主要对重组竹材冷压装料生产工序中实现自动化连续生产的竹束计量自动上料机构、模具自动运输机构、模具销钉自动锁紧机构共三个自动化机构进行应用试验、数据统计和测试分析。

4.1 竹束计量自动上料机构

竹束计量上料机构的有效工作时间分为称量时间和上料时间两部分,因为原料称量完毕之后需要等待模具运输就绪才能开始上料,所以两部分时间分开计时,本次试验随机抽取 10 次动作进行计时(表 2),称量步骤平均用时 65 s,上料时间平均用时 8 s,总平均用时约 73 s,测试过程中除了有少量竹束掉落并没有发现其他问题。而原有的上料方式为工人先用台秤称量每个竹方所需竹束质量 55 kg,然后将称量完的竹束抱至冷压机中的模具内装料,该过程平均用时约 120 s。两者相比,虽然都是一名工人操作,但竹束计量自动上料机构不仅生产效率提高了 64%,还大大降低了工人的劳动强度。

4.2 模具进出输送机构

模具进出输送机构的试验主要测试模具转向时间、模具送入时间和模具送出时间 3 部分，每个部分随机抽样计时 10 次。测试结果（表 3）中，模具的转向平均用时为 11 s，模具送入冷压机的平均用时为 6 s，压制完的模具从冷压机中送出的平均用时为 4 s，三部分总用时约 21 s。而原有的模具运输方式为叉车将模具运到冷压机旁，由 2 名工人将模具抬至冷压机内，平均用时约为 40 s，压制完成后再抬出模具，平均用时约 20 s，两部分总用时约 60 s。两者相比，模具进出输送机构节省了 1 名工人，生产效率提高 2 倍，降低了劳动强度和人工成本。

表 2 竹束计量上料机构试验数据  
Table 2 Test of weighing and feeding device of bamboo bundle

次数	称量时间/s	上料时间/s	总时间/s	次数	称量时间/s	上料时间/s	总时间/s
1	65	7	72	7	68	8	76
2	61	8	69	8	66	9	75
3	63	9	72	9	68	7	75
4	69	7	76	10	65	8	73
5	60	6	66	平均值	65	8	73
6	67	8	75				

表 3 模具进出机构试验数据  
Table 3 Test of mold conveying device

次数	转向时间/s	送入时间/s	送出时间/s	次数	转向时间/s	送入时间/s	送出时间/s
1	11	5	4	7	12	6	4
2	12	5	4	8	11	6	4
3	11	6	4	9	11	6	4
4	11	6	4	10	11	7	4
5	12	6	4	平均值	11	6	4
6	12	5	4				

4.3 模具销钉自动锁紧机构

模具销钉自动锁紧机构在测试时能做到销钉连续自动落入销钉槽并不耗费时间，所以本次试验只记录推杆把销钉推入模具的时间，随机对 10 次销钉推入动作进行计时（表 4），平均用时为 12 s。而原有的实现方式都是由 2 个工人提前将销钉逐个放入冷压机销钉槽，再拿铁杆一个个将销钉推入模具销钉孔，最后将模具取出，劳动强度非常大，固定一个模具平均需要 120 s。模具销钉自动锁紧机构的使用替代了人工作业的方式，节省了 2 名工人，生产效率大大提高，大大降低人工成本。

表 4 销钉锁紧机构试验数据  
Table 4 Test of pin locking device

次数	推入时间/s	次数	推入时间/s
1	11	7	11
2	11	8	11
3	13	9	14
4	11	10	14
5	14	平均值	12
6	12		

5 结论与讨论

- （1）对重组竹材竹方冷压装料工艺详细分析，结合实际生产工艺和现有设备，从技术层面设计构建了重组竹材竹方冷压装料自动化生产线总体方案。
- （2）优化设计了重组竹材竹方冷压装料自动生产线的竹束运输机构、计量上料机构、模具进出输送机构、模具盖板放置机构、销钉锁紧机构、模具转向运输机构共六个组成模块。
- （3）重组竹材竹方冷压装料实现连续自动化生产可大大减少用工量，减轻劳动强度，提高生产效率，降低人工成本，生产效率可提高 50% 以上，减少用工 60% 以上。
- （4）本研究涉及学科和领域较多，各模块及机构之间在实现稳定联动工作及其自动控制系统等方面还需进

行深入研究和优化, 以达到整个冷压装料工序自动化生产的需要, 尽快用于实际生产。

#### 参考文献:

- [1] JIANG Z H. Bamboo and rattan in the world[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008.
- [2] 杨峰, 宋莎莎, 王雪花, 等. 我国重组竹产业面临的挑战与机遇[J]. 林业经济, 2013 ( 8 ) : 52 – 56.
- [3] 朱建东, 臧慧兰. 绿色建筑的新型建筑材料——重组竹[J]. 新型建筑材料, 2011, 38 ( 7 ) : 44 – 47.
- [4] 于文吉, 余养伦. 结构用竹基复合材料制造关键技术与应用[J]. 建设科技, 2012 ( 3 ) : 55 – 57.
- [5] 李琴, 华锡奇, 戚连忠. 重组竹发展前景展望[J]. 竹子研究汇刊, 2001, 20 ( 1 ) : 76 – 80.
- [6] 秦莉, 于文吉. 重组竹研究现状与展望[J]. 世界林业研究, 2009, 22 ( 6 ) : 55 – 59.
- [7] 于文吉. 我国重组竹产业发展现状与趋势分析[J]. 木材工业, 2012, 26 ( 1 ) : 11 – 14.
- [8] 龚正, 袁少飞, 张建, 等. 重组竹材生产设备现状及发展趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2018, 46 ( 09 ) : 4 – 9, 15.
- [9] 王军, 吕艳, 黄冲, 等. 重组竹竹方冷压成型自动生产单元控制系统设计[J]. 林业工程学报, 2017, 2 ( 5 ) : 95 – 101.
- [10] 吴玉珠. 基于 PLC 的生产线控制系统设计[J]. 时代农机, 2018, 45 ( 02 ) : 107 – 108.
- [11] 王起. 论 PLC、单片机、工控机在工业现场中的应用及选用方法[J]. 广西轻工业, 2011, 27 ( 01 ) : 60 – 61.