

基于 PLC 的小径木双面连续式纵向刨切机的控制系统设计

马岩, 许洪刚, 何惠彬, 任长清

(东北林业大学 林业与木工机械工程技术中心, 哈尔滨 150040)

摘要: **目的** 为了解决传统刨切机自动化程度不高、刨切精度及效率低的问题, 设计小径木双面连续式纵向刨切机的控制系统。**方法** 对小径木双面连续式纵向刨切机加工工艺进行分析, 制定控制系统设计的要求。根据刨切小径木的控制系统的需求进行分析, 完成控制系统资源的需求统计和所需电器元件的选择, 设计小径木双面连续式纵向刨切机的 PLC 控制程序和操作界面, 以 1 次刨切循环为例, 对程序及操作界面进行说明介绍。**结果** 控制系统运行后, 大大提高了小径木双面连续式纵向刨切机的自动化程度以及精度, 可使进给精度达到 0.026 mm。**结论** 基于 PLC 的小径木双面连续式纵向刨切机的控制系统可以达到提高刨切机自动化程度及精度的要求, 具有很大的经济效益。

关键词: 单板刨切机; 控制系统; 电器元件; PLC

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)17-0187-005

Design of Control System of The Sides Continuous Veneer Slicer for Small-diameter Wood Based on PLC

MA Yan, XU Hong-gang, HE Hui-bin, REN Chang-qing

(Forestry and Woodworking Machinery Engineering Technology Center, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: In order to solve the problems that traditional veneer slicer has low automation degree, low sliced precision and low efficiency, the work designs the control system of sides continuous veneer slicer. The processing technology of slicing small-diameter wood for sides continuous veneer slicer was firstly analyzed, and then the control system design requirements were formulated. The control system resource demand statistics were completed and the electrical components were selected according to the control system demand and the working process of slicing small-diameter wood. The PLC control program and the interface of sides continuous veneer slicer were designed and the program and interface were introduced by taking a sliced veneer cycle as example. After the operation of the control system, the automation degree and precision of the sides continuous veneer slicer for small-diameter wood could be greatly improved, and the feed accuracy reached 0.026 mm. In conclusion, the control system of the sides continuous veneer slicer for small-diameter wood based on PLC can meet the requirements of improving the degree of veneer slicer's automation and accuracy and has great economic benefit.

KEY WORDS: veneer slicer; control system; electrical components; PLC

在现代生产中,包装材料主要有纸制品、塑料、金属及木材等,木材作为一种无污染的植物材料,其环境性能是其他包装材料无法比拟的,其承重能

力好、取材广泛、缓冲性能强而且可回收,这决定了木材一直是机电设备及工业产品的主要包装材料^[1]。随着木材资源匮乏的形势越来越严重,限制

收稿日期: 2016-02-25

基金项目: 林业公益性专项项目 (201404503)

作者简介: 马岩 (1955—), 男, 吉林榆树人, 东北林业大学教授、博导, 主要研究方向为林业机械设计与制造、现代木工机械设计与数控技术、生物质新材料深加工与利用、木材加工机械设计。

了木材包装的发展,此时资源丰富但存在质地软等缺陷的小径木材引起了人们的注意,而以小径木单板为原料制造的重组木材料改变了小径木自身缺陷,具有良好的防腐、防潮、载重性能,在包装材料领域具有广泛的应用前景,开辟了解决天然林优质木材资源短缺问题的一条重要途径^[2-4]。我国生产小径木单板的刨切机普遍存在自动化程度低、效率及精度低的问题,这严重阻碍了我国小径木的开发^[5-6]。文中设计一种基于 PLC 和人机界面的双面连续纵向刨切机控制系统,将 PLC 可以进行高速计算的优点与驱动器高精度的优点进行综合利用,以实现刨切时的高精度的自动控制,不仅可以提高 1 倍的刨切效率,而且可以使刨切精度达到 0.026 mm。

1 小径木双面连续式纵向刨切加工工艺

设计的小径木刨切机系统见图 1,主要是从小径木两侧同时对小径木进行纵向刨切。开始加工前,夹紧气缸夹紧小径木,在调刀步进电机驱动下调整两侧刨刀的初始位置进行精确找正对刀;调整结束后,刨刀在主动力电机驱动下进行 y 向进给刨切,随着刨刀的不断纵向进给,切削刃前未变形的木材不断受到切削刃带来应力的挤压,切削木材连续发生变形,这样每次刨切结束能够同时制备 2 个光滑的单板。第一次刨切结束后,刨刀在回退步进电机驱动下快速退刀,退刀完成后,刨刀按照单板厚度进行 x 向进给;进给完成后,刨刀再次 y 向进给刨切,重复刨切直到加工完成(剩余 20 mm 厚的中间芯板)。双面纵向刨切的刨切速度方向始终沿着木材的纤维方向,相对于横向刨切得到单板质量要高,并且双面同时进行刨切使得效率提高了 1 倍,小径木只需要一次装夹便可完成加工,这也为连续式刨切提供了前提。

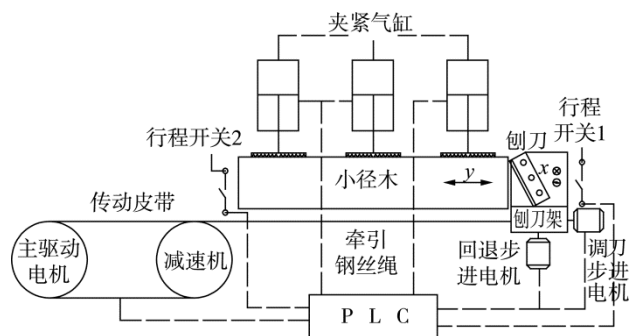


图 1 小径木双面连续式纵向刨切机系统

Fig.1 The sides continuous veneer slicer for small-diameter wood

2 电气控制系统设计要求

PLC 的灵活性与可靠性可以完成传统继电器控制无法实现的控制功能,以 PLC 程序来实现自动控制,设定相应的技术参数,以实现小径木双面连续式纵向刨切机的加工工艺要求,在设计 PLC 控制系统时,要遵循以下要求。

1) 充分发挥 PLC 的功能,最大限度的满足小径木双面连续式纵向刨切机的控制要求。

2) 在系统设计、元器件选择及软件编程过程中要确保 PLC 控制系统安全可靠,使用维护方便。

3) 各电机必须设置有过载保护,整机需有一个总开关和急停按钮,各气缸的电磁换向阀和电磁铁必须保证自动控制。

3 小径木双面连续式纵向刨切机控制系统的硬件选择

如图 1 所示,该系统硬件配置主要由主控单元、检测元件(行程开关)、操作面板、控制元件(电磁阀等)、执行元件等组成。根据小径木双面刨切机工艺要求,执行元件选择如下:Y225S-4 三相异步电动机 1 台,作为机床的主动力电机;86BYG350CH 步进电机 3 台,1 台通过齿轮齿条传动驱动刀具组件快速回退至对刀点,另外 2 台分别通过丝杠控制刨刀 x 方向进给与回退;SU80X300FA 亚德客标准气缸 3 个,用于工件的夹紧;根据控制系统电气控制要求,可对小径木双面连续式纵向刨切机控制系统元器件进行选择。

小径木双面连续式纵向刨切机控制系统硬件清单有:电源总开关(1 件,型号 DZ47-100A,图面标号 QS)、24 V 直流电源(1 件,型号 S-250-240)、空气开关(1 件,型号 DZ47-80A,图面标号 QF1)、PLC(1 件,型号 DVP-32EH00T3,图面标号 DVP-32EH00T3)、主电机(1 件,型号 Y225S-4,图面标号 M1)、步进电机+驱动器(3 件,型号 86BYG350-150H+JMC-3M2080,图面标号 M)、三相变压器(1 件,型号 SG-2.5 380/220 V)、M1 交流接触器+热继电器(1 件,型号 CJX2-80+JR36-160,图面标号 KM1+FR1)、中间继电器+底座(4 件,型号 MY2N-JDC24V+PYF08A)、急停开关按钮(1 件,型号 HY57B-02)、电磁阀(1 件,型号 4V210-08-AC220V)、行程开关(4 件,型号 QKS7-1)、

若干导线^[7—11]。

刨切精度主要受刨刀 x 向进给的影响，而 x 向进给主要受调刀步进电机控制，选用 86BYG350-150H 步进电机加 JMC-3M2080 驱动器，控制精度最大可达 6000 步/转，其实际控制中调节为 500 步/r，而进给丝杠导程为 5 mm/r，精度为 16 μm ，所以其进给精度为 0.026 mm。

我国目前的小径木刨切机在单板大于 1 mm 的情况下精度普遍在 0.1 mm 左右，在此控制系统下刨切所得单板精度得到了很大的提高。

4 小径木双面连续式纵向刨切机控制系统的软件设计

4.1 控制系统 PLC 的 I/O 端子分配

PLC 的输入、输出端子数量一般根据被控对象输入、输出信号的实际需求量和 10%~15% 的备用

量共同确定。通过对控制系统电气原理的分析，确定设计的控制系统需要 4 个数字量输入，10 个开关量输出。设计选择型号为 DVP-32EH00T3 的 PLC，此型号 PLC 为 32DI/DO，4 路 200 K 输入/输出，不仅满足控制系统对高速脉冲数量的需求，还有一定的预留端子数，符合设计要求。小径木双面连续式纵向刨切机控制系统 I/O 端子的分配如下：输入端子 X，X1 为行程开关 1，X2 为行程开关 2，X3 为 x 向后限位 1，X4 为 x 向后限位 2；输出端子 Y，Y0 为调刀伺服电机 1 脉冲输出，Y1 为调刀伺服电机 1 方向输出，Y2 为调刀伺服电机 2 脉冲输出，Y3 调刀伺服电机 2 方向输出，Y4 为回退步进电机脉冲输出，Y5 为回退步进电机方向输出，Y10 为主电机开关量输出，Y11 为夹紧气缸开关量输出，Y12 为回退电机离合器开关量输出，Y13 为主电机离合器开关量输出，控制系统 I/O 端子外部的接线见图 2^[12—16]。

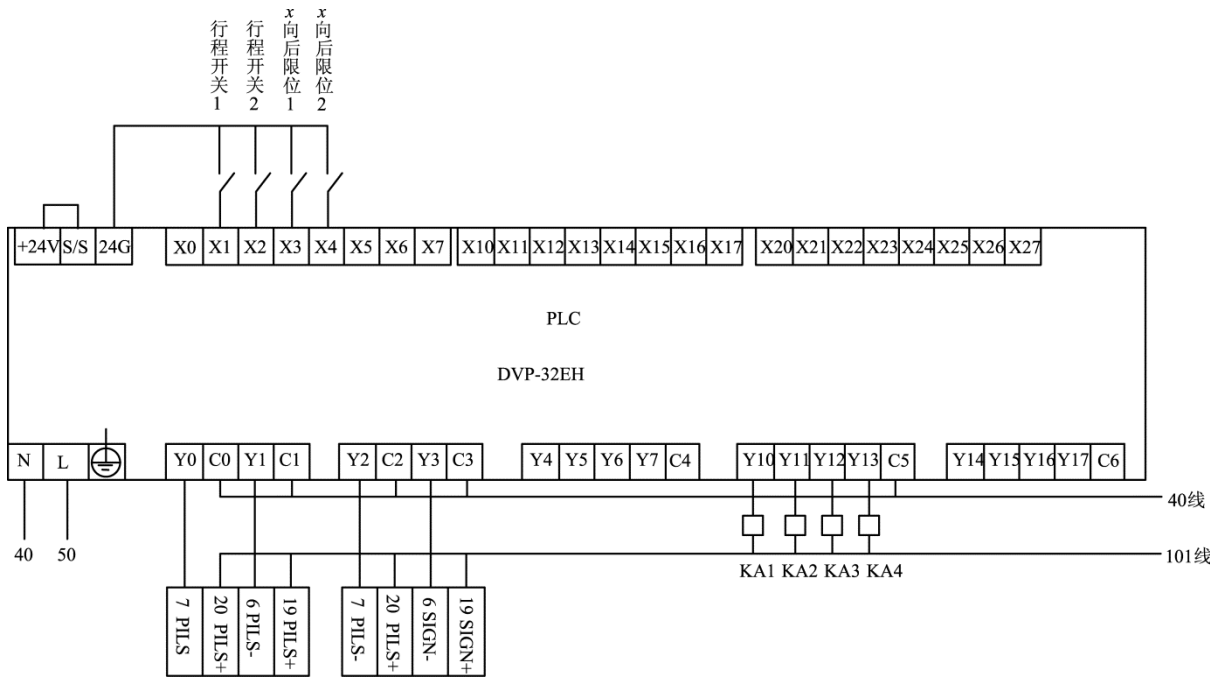


图 2 控制系统 PLC 的 I/O 端子外部接线

Fig.2 The control system of PLC's I/O terminal external wiring diagram

4.2 控制系统 PLC 程序设计

PLC 的编程语言种类繁多，其中梯形图是 PLC 的基本语言，具有形象、直观、实用等特点。考虑到整机工作过程的所有控制程序条数较多，只列出对整机从启动至 1 次刨切循环完成的动作控制过程。电源启动后，主电机启动，按下加工按钮后，

调刀伺服电机运转，驱动刀架沿 x 向进行刨切厚度进给，进给完成后，主电机离合器接通，驱动刀具总成沿 y 向进行刨切进给，当刀具总成移动至刨切极限位置时，触碰行程开关，停止刨切进给，刨切进给完毕后，调刀伺服电机驱动刀架进行让刀操作，让刀完成后，回退电机离合器接通，回退电机驱动刀具总成快速回退至刨切起始点，当刀具总成回退

至刨切起始点时, 触碰行程开关, 停止回退操作。这一刨切循环的控制流程见图 3。

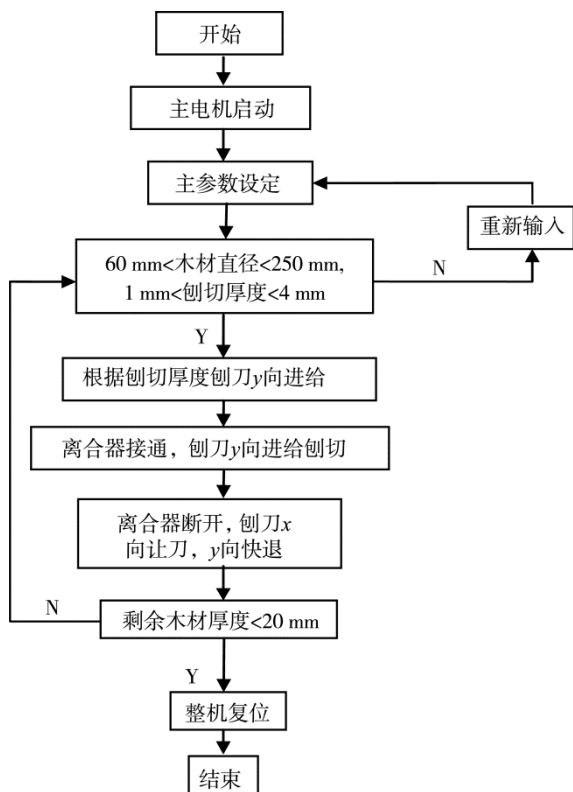


图 3 控制流程

Fig.3 The diagram of control process

系统开始的前提是木材直径 D 大于 60 mm 并且小于 250 mm, 刨切厚度 h 大于 1 mm 且小于 4 mm, 不然系统不能运行, 设置小径木及刨切厚度尺寸范围的目的是保证单板品质及刨切安全。结束刨切标准主要是参考剩余木材厚度 H 小于 20 mm, H 计算公式:

$$H = D - 2nh \leq 20 \text{ mm} \quad (1)$$

式中: n 为刨切次数, 计算机通过式(1)自动计算, 当剩余木材厚度小于等于 20 mm 时, 机器停止刨切。这样就不会出现刨刀相撞, 造成机器损坏, 同时也会最大程度减少木材浪费, 提高小径木刨切出材率。

4.3 控制系统控制界面设计

该控制系统在手动操作和设置刨切参数方面使用了触摸屏可操作人机界面来实现, 使得操作员很容易操作整个系统的运行。触摸屏设计时需考虑以下几个功能: 可以直接控制整机的启停; 可以根据使用者需求的单板厚度, 实现单板的精确刨切的设置; 具有数据修改、记录功能; 实现刨切机刨刀

运动轨迹参数的精确控制。设计的小径木双面连续式纵向刨切机的控制界面见图 4。包括启机、停机按钮, 以及刨切参数设置, 并且主界面中还设置有刨切正在加工以及停止加工指示, 方便用户查看机器工作状态, 充分考虑了人机操作的方便性和安全性。



图 4 小径木双面连续式纵向刨切机控制界面

Fig.4 The sides continuous veneer slicer for small-diameter wood control surface

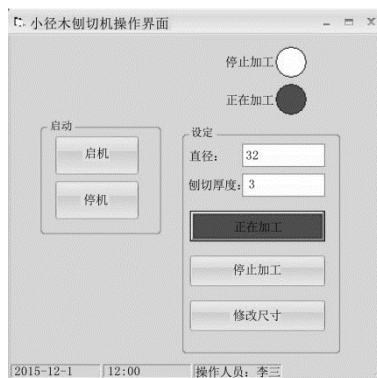


图 5 刨切加工过程界面

Fig.5 The sliced process interface

其中在加工时, 操作界面显示画面见图 5, 加工过程中, 可以根据需求修改刨切厚度, 按下修改尺寸按钮便可以修改刨切厚度, 充分考虑用户需求, 实现刨切的柔性化加工。

5 结语

该小径木刨切机 PLC 自动控制系统集中了 PLC、检测元件、电机驱动、气动等先进技术, 具有运行可靠, 刨切精度、效率高的优点。该控制系统具有多个控制流程, 设计合理, 操作界面操作简单, 可以实现小径木连续纵向刨切的自动控制要求, 为小径木双面连续式纵向刨切机的应用提供了有力的支撑, 同时为小径木的产业化生产普及提供了

保证。这样利用小径木单板合成的重组木在包装材料领域具有广泛的应用前景,可以有效缓解天然林优质木材资源短缺的现状。

参考文献:

- [1] 张方文, 于文吉. 木质包装材料的发展现状和前景展望[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 27—30.
ZHANG Fang-wen, YU Wen-ji. Current Status and Development of Wood Based Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 28(2): 27—30.
- [2] 刘玉善. 人工速生材和小径木加工利用的途径与方法[J]. 林业科技, 2012, 37(3): 55.
LIU Yu-shan. The Ways and Methods of Fast-growing Trees and Small-diameter Wood's Processing and Utilization[J]. Forestry Science & Technology, 2012, 37(3): 55.
- [3] 王宏棣, 张佳彬, 何金存. 人工林小径落叶松集成木梁试验研究[J]. 林业机械与木工设备, 2008, 36(1): 17—20.
WANG Hong-di, ZHANG Jia-bin, HE Jin-cun. Trial Research on Plantation Small Diameter Larch Composite Beam[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2008, 36(1): 17—20.
- [4] 许伟才, 宋修财, 孙义刚, 等. 刨切机的结构与使用[J]. 中国人造板, 2014(7): 23—28.
XU Wei-cai, SONG Xiu-cai, SUN Yi-gang, et al. Veneer Slicer's Structure and Use[J]. China Wood-based Panels, 2014(7): 23—28.
- [5] 陈健, 辛志芳, 韩智敏, 等. 我国使用的几种木材刨切机及其工作原理[J]. 林业机械与木工设备, 2002, 30(7): 13—15.
CHEN Jian, XIN Zhi-fang, HAN Zhi-min, et al. Wood Planers Used in China and Their Working Principle[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2002, 30(7): 13—15.
- [6] 刘启东, 刘义和, 郭玉艳. 新型单板刨切机的研究[J]. 林业机械与木工设备, 2001, 29(8): 26—27.
LIU Qi-dong, LIU Yi-he, GUO Yu-yan. Study on a New Type of Veneer Slicer[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2001, 29(8): 26—27.
- [7] 陈延奎. 浅谈 PLC 控制系统的设计方法[J]. 中国科技信息, 2009(20): 116—118.
CHEN Yan-kui. Shallowly Discusses the PLC Control System Design Method[J]. China Science and Technology Information, 2009(20): 116—118.
- [8] 陈东青. 基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(23): 84—88.
CHEN Dong-qing. Design of Stacker Industrial Robot Operating System based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23): 84—88.
- [9] 钟伟, 张建国, 李金山, 等. 基于 PLC 控制的全自动硬币包装线系统设计与实现[J]. 制造业自动化, 2011, 33(11): 148—149.
ZHONG Wei, ZHANG Jian-guo, LI Jin-shan, et al. The System of Design and Implementation of the Packaging Line for the Coin Based on the PLC Controlled Full-automatic[J]. Manufacturing Automation, 2011, 33(11): 148—149.
- [10] 康思闻, 荆学东, 魏鼎. 基于 PLC 的硬币包卷机控制系统设计[J]. 机械设计与制造, 2013(5): 167—169.
KANG Si-wen, JING Xue-dong, WEI Ding. Design of Control System of a Coin-wrapping Machine Based on PLC[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013(5): 167—169.
- [11] CHEN Ting, GUO Hong-biao. Design of Automatic Palletizing Controlling System Based on PLC[J]. Mechanical Engineering and Technology, 2013, 2(1): 11—15.
- [12] 刘淑英. 基于 PLC 的集合包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2009, 30(5): 47—48.
LIU Shu-ying. Design of Control System of Collective Packaging Machine Based on PLC[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5): 47—48.
- [13] 易奇昌. 基于 PLC 的棉花打包机控制系统研究[D]. 济南: 山东大学, 2010.
YI Qi-chang. Research on PLC-based Control System of Cotton Baling Press[D]. Jinan: Shandong University, 2010.
- [14] 边娟娟, 陈婵娟, 田卫明, 等. 基于 PLC 的全自动药板装盒机控制系统设计[J]. 包装与食品机械, 2008, 26(4): 13—16.
BIAN Juan-ge, CHEN Chan-juan, TIAN Wei-ming, et al. Base on PLC for Automated Box Assemble Machine Control System[J]. Packaging and Food Machinery, 2008, 26(4): 13—16.
- [15] 郭建江, 吴小峰, 范力旻, 等. 基于施耐德 PLC 的玻璃横切机控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2015(9): 138—140.
GUO Jian-jiang, WU Xiao-feng, FAN Li-min, et al. Control System Design of Glass-crosscutting Machine Based on PLC made by Schneider Electric[J]. Manufacturing Automation, 2015(9): 138—140.
- [16] QUAN Liang, LI Li. The Study of Soft PLC Running System[J]. Procedia Engineering, 2011, 15: 1234—1238.