

“小径木材高效加工利用技术”专题 (之二)

小径级原木双侧齐边锯的 三维实体设计与仿真分析

郭晓磊, 曹平祥, 丁建文, 陈鹏, 王洁

(南京林业大学材料科学与工程学院, 江苏南京 210037)

摘要: 小径级原木双侧齐边锯是小径级原木六棱柱体制材的关键设备之一, 采用 Pro/E 软件进行了双侧齐边锯零件、部件及总装配图的三维设计, 利用 Solidworks 软件进行了锯切机构运动学仿真分析研究。结果表明: 在仿真加工过程中, 各机构及其中主要零部件不存在相互干涉, 锯片转速稳定, 验证了双侧齐边锯的结构设计方案合理、安全可靠。

关键词: 小径级原木; 双侧齐边圆锯机; 仿真研究

中图分类号: TS652

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2013)06-0013-04

Three-Dimensional Solid Design and Kinematic Simulation of Bilateral Trimming Saw for Small Diameter Log

GUO Xiao-lei, CAO Ping-xiang, DING Jian-wen, CHEN Peng, WANG Jie

(College of Material Science and Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The bilateral trimming saw machine is one of the key equipment in hexagon sawing technology for small diameter Chinese fir. Parts and assembly drawing of bilateral trimming saw machine were designed by Pro/E, including feeding device, sawing mechanism and frame. Sawing mechanism was simulated by SolidWorks. Acceleration curve, angular velocity curve and angular displacement curve of circular saw blades were generated by the simulation, and the results showed the design of the saw mechanism was reasonable and reliable.

Key words: small diameter log; bilateral trimming saw; simulation

在利用小径级原木制备大断面六棱柱体的工艺中, 双侧齐边锯是关键的制材设备之一。其以小径级原木中心线为定位基准, 采用双侧同步对中的锥形驱动辊, 通过独立驱动的圆锯片对原木的双侧进行锯切, 形成两个平行面, 为后续的六棱柱体精准成形加工提供基准面^[1]。

虚拟样机技术是使用系统仿真软件, 在虚拟环境中真实地模拟系统运动, 并对其在各种工况下的运动

情况进行仿真分析; 根据分析结果, 在计算机上修改设计缺陷, 对整个系统进行调整, 直至获得优化设计方案, 再进行物理样机的制造^[2-3]。

目前, Pro/E 和 Solidworks 软件是用于三维实体设计及仿真分析的重要工具, 有助于减少设计与实验工作的盲目性、重复性, 提高设计质量。因此, 笔者应用此两种软件, 进行双侧齐边锯的设计仿真分析, 为物理样机的制造提供设计依据。

1 双侧齐边锯的工作原理

双侧齐边锯对小径级原木两侧进行锯切, 形成基准面, 工作原理如图 1 所示。

收稿日期: 2013-08-26; 修改日期: 2013-10-09

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划“非常用与低等级木材高效加工技术集成与示范”(2012BAD24B01)。

作者简介: 郭晓磊(1980—), 男, 南京林业大学讲师, 博士。

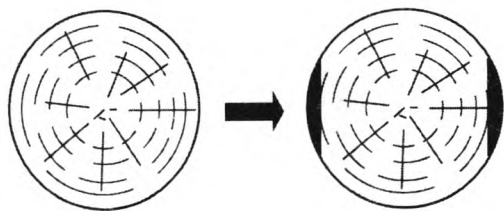


图 1 原木双侧齐边锯切示意图

Fig. 1 Diagram of log bilateral trimming saw

原木首先经过进料装置进行同步对中,使进料方向最大程度接近原木中心线。根据加工对象以及加工产能等因素要求,设定双侧齐边锯的技术指标为:加工径级范围80~150 mm,加工原木长度500~3 000 mm,进给速度15~25 m/min,原木尖削度 $\leq 10\%$,原木弯曲度 $\leq 5\%$ 。

2 虚拟样机的建构步骤

双侧齐边锯虚拟样机建构步骤如图2所示,首先采用Pro/E三维造型软件进行CAD建模,然后利用Solidworks中的Motion软件,对锯切机构进行运动仿真^[4-6],生成锯切装置的速度曲线,模拟实际锯切过程中圆锯片的锯切速度变化趋势,从而验证双侧齐边锯加工过程的可靠性。

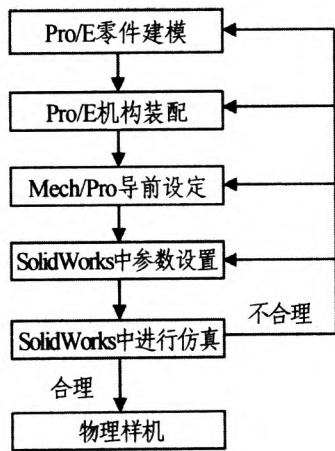


图 2 虚拟样机建构步骤

Fig. 2 Steps of creating virtual prototype mode

3 双侧齐边锯的三维实体设计

3.1 总装配模型

双侧齐边锯主要构成装置有:对中进料装置1、锯切装置2与机架3等,如图3所示。

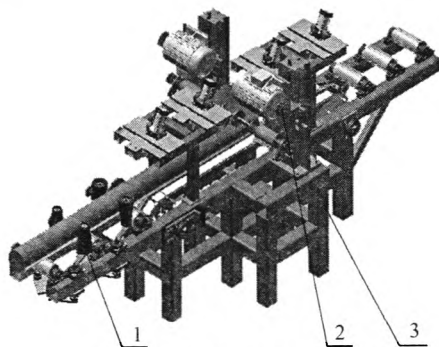


图 3 双侧齐边锯三维实体设计

Fig. 3 Three-dimension design graph of bilateral trimming saw machine

原木通过对中并压紧,由链板输送进入锯切区域,完成锯切过程。在上压紧滚轮作用下,动力驱动的针刺输送链板与原木接触,通过连续的上压紧装置加压,带动原木做直线进给运动。两套锯切装置对称固定在输送链条的两侧,其位置可通过燕尾导轨在水平、垂直方向上调节,以满足不同径级原木的锯切要求。毛边板通过下料导向板落入料仓,毛方料通过出料辊输送到下一道工序。

3.2 对中进料装置

由于小径级原木存在一定的尖削度,故在锯切前需要进行对中处理,以保证进料时原木中心面与机床进料中心面重合。对中进料装置的构成如图4所示。

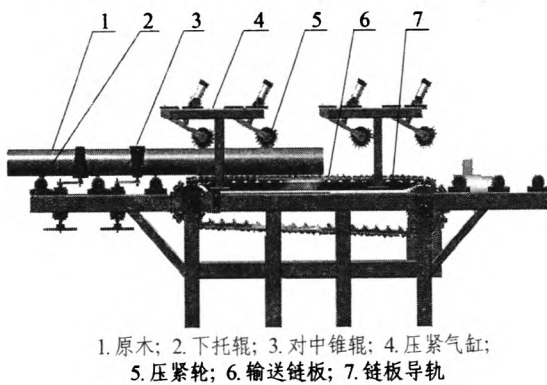
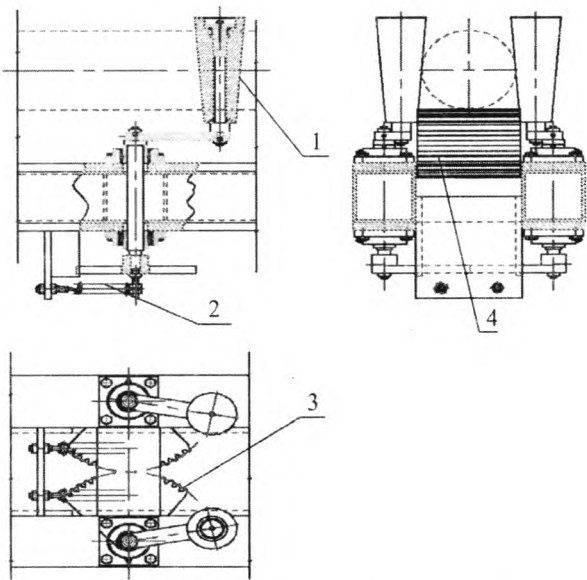


图 4 对中进料装置图

Fig. 4 Three-dimensional design graph of feed device

图5为对中进料装置的对中机构,支撑托辊与驱动输送链板同步,当原木放到支撑托辊上,在托辊驱动下,原木推开左右对中锥辊,完成对中操作。对中锥辊下端装有相互啮合的扇形齿轮,通过张紧弹簧驱



1. 对中锥轮; 2. 扇形齿轮; 3. 张紧弹簧; 4. 支撑托辊

图 5 对中机构局部图

Fig. 5 Partial view on the positioning device

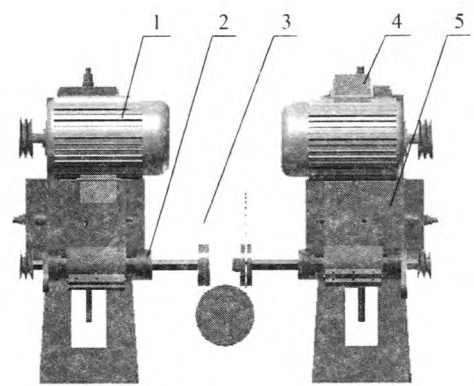
动,保证左右对中锥轮同步张开与夹紧,起到对中作用。同时,对中轮呈倒锥形,在原木通过时,可以产生一个向下的压紧力,增大原木与下托辊之间的摩擦力,更有力地驱动原木向前运动。压紧部分主要由压紧轮、气缸等组成。当原木进入指定区域时,位置传感器发出信号,气缸活塞杆伸出,推动齿轮,将原木压紧在带有针刺的进料链板上。

传动部分主要由电机、输送链板以及导轨等组成。链板上装有针刺结构,当压紧部分加压后,原木就被固定在链板上。链板通过三角形导轨支撑,运行平稳,能够保证后续加工精度。

3.3 锯切装置

锯切装置如图 6 所示,共有两组,左右对称安装在机架上。驱动电机通过 V 型带驱动锯轴和锯片,由调节丝杆控制其水平和垂直方向上的移动,以满足不同规格原木的锯切要求。

由于加工原木的直径在 80~150 mm 范围内变化,圆锯片法兰直径为 120 mm,因此锯片在水平、垂直方向上的位置必须可调。通过圆内接正六边形的边长计算方法^[1],依据原木直径,可以计算得出原木端面最大内接六边形边长范围是 40~75 mm,对边距离范围是 70~130 mm。据此,单个圆锯片的最大锯切高度为 75 mm,圆锯片直径为 350 mm,而两个圆锯片之间的最大水平距离为 130 mm,故单个圆锯



1. 驱动电机; 2. 锯轴; 3. 锯片; 4. 燕尾导轨; 5. 联接座

图 6 锯切装置图

Fig. 6 Three-dimensional design graph of sawing device

片的水平方向调节距离应 >65 mm,以满足最大径级原木的锯切要求。

4 锯切机构的仿真分析

4.1 装配模型检验

通过 SolidWorks 分析双侧齐边锯整机的三维设计模型,观察各部件之间的配合关系,如损失配合关系需进行重新配合。

由于运动仿真分析仅针对双侧齐边锯的锯切部分进行,其他不影响锯切的机构和零件可以省略或压缩。因此,在进入 SolidWorks 的 Motion 模块之前,需要对整机模型进行简化,以减少计算机工作负荷,提高分析结果的精度^[7-9]。

虽然整机模型已经简化,但是零件之间的装配约束仍然存在,可能会干扰仿真分析的结果,因此,在设置运动仿真参数之前,还需要对模型的配合约束进行排查,特别是锯切部分的约束,在确认没有过多约束和遗漏约束后,再次进行干涉检查,以保证设备仿真分析的有效性。

通过干涉检查,可以发现并排除由于设计错误导致的零件形状与尺寸、装配路径规划或装配顺序等不合理引起的装配干涉。经过三维设计模型的检验,如未发现干涉,则说明零件尺寸设计及装配顺序合理。

4.2 运动仿真参数设置

在经过上述检查无误后,即可对双侧齐边锯添加驱动,理论上两台减速机、两台电动机均需添加马达驱动,但考虑到减速机驱动的添加,将增加计算机的计算压力,而对锯切的仿真结果无影响,因此,设计中

仅在电动机处添加两个旋转马达,原木的进给运动依靠直线电机驱动。再设置马达的转速、方向和时间等参数,进入运动仿真阶段。具体参数为:原木进给速度 20 m/min,锯切装置左右两驱动圆锯片转速 4 200 r/min,切削阻力 130 N,刚度 1 200 N/m。

4.3 仿真结果与分析

参数设置完成,即可以进行运动计算,如果出现干涉错误、装配问题,在仿真过程中会以报错和警告的窗口出现,提醒操作者。当运行完成后,通过 SolidWorks 的 Motion 模块的图标,可以分析加工过程中圆锯片的角加速度、角速度、角位移,如图 7 所示。

锯机启动运转 2.5 s 时,圆锯片转速趋于稳定,角速度稳定在 25 200 deg/s,即转速 4 200 r/min;5 s 时,锯片开始锯切原木,图 7 中的角速度曲线显示角速度突变,这是因为锯片锯齿突然接触工件,受到冲击振动;到 6 s 时,锯切趋于稳定,转速降到了加工过程的转速,这是因为理想状态的原木质地均匀,锯片运转过程中摩擦恒定;到 10 s 时,原木还未完整通过锯切,故角速度并未回到起初的恒定转速。

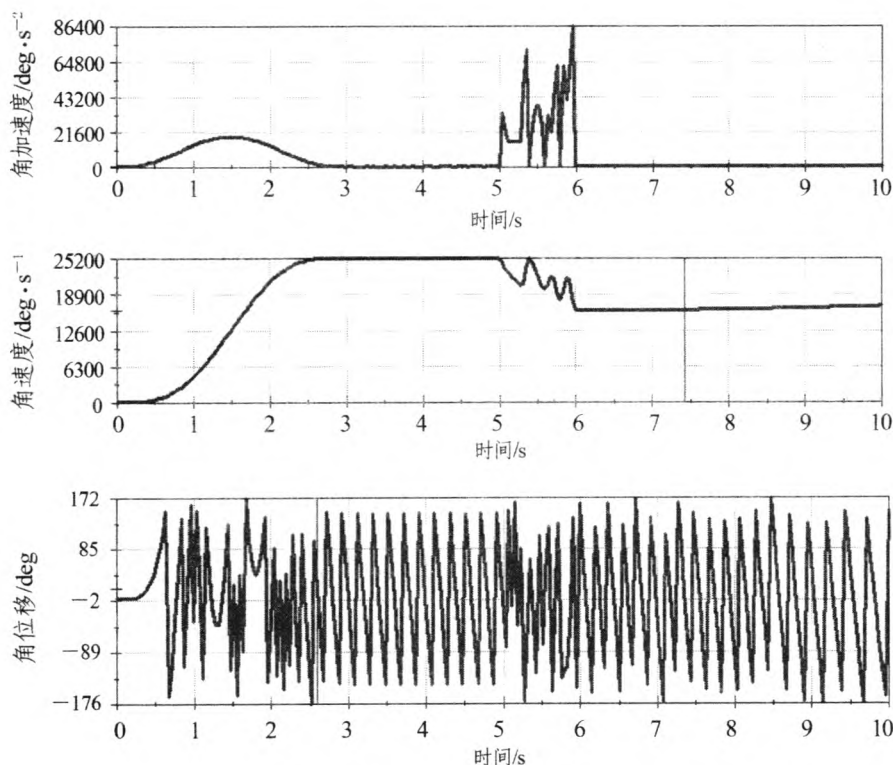


图 7 锯片的角加速度、角速度和角位移曲线

Fig. 7 Acceleration, angular velocity and angular displacement curves of saw

该过程表明锯切工作状态平稳,验证了双侧齐边锯设计的合理性和可靠性。

5 结语

运用 Pro/E 软件,对双侧齐边锯的各零部件进行参数化建模,并进行虚拟整机装配。将整机模型简化后,导入 SolidWorks 的 Motion 软件,利用软件的干涉检查模块,对整机三维设计模型进行干涉检查,结果未发生干涉现象,验证了设备结构设计合理。对关键锯切装置进行仿真的结果表明,双侧齐边锯机的结构设计方案合理。

计算机三维设计仿真技术作为一种新的设计制造概念,具有广阔的发展和应用前景,将其应用于木材加工机械的设计开发中,必将会促进我国木材加工机械逐渐实现创新设计,加速我国木材加工机械工业的发展。

参考文献:

- [1] 李荣荣,曹平祥,王浩,等. 小径级杉木六棱柱体的制材工艺[J]. 木材工业,2013, 27(5):13-16.
- [2] 席俊杰. 虚拟样机技术的发展及应用[J]. 制造业自动化,2006 (11):22-25.
- [3] 胡斌. 虚拟样机技术及其在注塑机设计中的应用[J]. 轻工机械,2007, 25(5):4-7.
- [4] 苏厚合,黄俊贤,黄圣杰,等. Pro/ENGINEER 入门指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [5] 邓小军. Pro/ENGINEER 零件设计高级指南[M]. 北京:北京大学出版社,2002.
- [6] 林清安. Pro/ENGINEER 零件装配与产品设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] 陈超祥,叶修梓. Solidworks Simulation 基础教程[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [8] 江洪,陈燎,王智. Solidworks 有限元分析实例解析[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [9] 李大磊,赵玉奇,张志林. SolidWorks 高级功能与工程应用[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2009.

(责任编辑 向琴)