

“小径木材高效加工利用技术”专栏 (之三)

小径级毛方材四边锯的三维实体设计与仿真分析

王 浩, 曹平祥, 范庆平, 丁建文, 郭晓磊

(南京林业大学材料科学与工程学院, 江苏南京 210037)

摘要: 小径级毛方材四边锯是小径级原木六棱柱体制材的关键设备之一,通过结构设计与软件数据化分析等方法,借助于 Pro/E 软件对四边锯进行三维实体化设计,并应用 Inventor 软件进行锯切运动学仿真分析,实现四边锯的三维实体设计、虚拟装配及动态仿真,验证了四边锯设计的合理性。

关键词: 小径级原木; 四边锯; 三维设计; 仿真分析

中图分类号: TS652 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2014)01-0005-05

3D Design and Kinematic Simulation of Quadrilateral Saw for Small Diameter Logs

WANG Hao, CAO Ping-xiang, FAN Qing-ping, DING Jian-wen, GUO Xiao-lei

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

Abstract: The quadrilateral saw is one of the key machines in hexagon sawing technology for small diameter logs. A three-dimensional model of a quadrilateral saw was designed by Pro/E software, and the sawing mechanism was simulated by Inventor based on mechanism design and digitization analysis. The results showed that the design of the saw was reasonable and reliable.

Key words: small diameter logs; quadrilateral cutting saw; 3D design; simulation

四边锯是利用小径级原木制备大断面六棱柱体的又一关键设备^[1],是在小径级原木经过双侧齐边锯锯切出两个基准平面的基础上,以小径级毛方材中心线为定位基准线,采用双侧同步的倒锥辊进行同步对中,通过四组独立驱动的圆锯片,对原木进行其他四个面的锯切,从而获得小六棱柱体毛坯,为后续的精准成型奠定基础。

近年来,虚拟设计技术得到快速发展,利用三维设计软件在虚拟环境中进行设计,可以用不同的交互手段对产品进行虚拟装配、干涉检查、动态仿真、机构

与结构分析等,不断修改缺陷,直至获得最佳的设计方案^[2-5]。在完成小径级原木双侧齐边锯的三维实体设计的基础之上^[6],笔者应用 Pro/E 与 Inventor 两种软件,对四边锯进行三维实体设计与动态仿真分析,旨在为样机制造提供设计依据。

1 小径级毛方材四边锯的工作原理与设计路线

1.1 工作原理

小径级原木通过双侧齐边圆锯机,被加工成小径级毛方材。通过双侧同步对中进给装置,确保了原木最大限度沿着原木中心线方向进料。后续加工使用四边锯,以小径级毛方材的上、下平面为基准,采用双侧同步对中进行进给装置,通过 4 套单独圆锯装置(锯身平面与水平面各成 60°的夹角),将已齐边的小径级毛方材加工成小断面六棱柱体,如图 1 所示。

收稿日期: 2013-11-17; 修改日期: 2013-12-08

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题“非常用与低等级木材高效加工技术集成与示范”(2012BAD24B01);江苏省高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 王浩(1988—),男,南京林业大学硕士研究生。

责任作者: 曹平祥,男,南京林业大学教授。

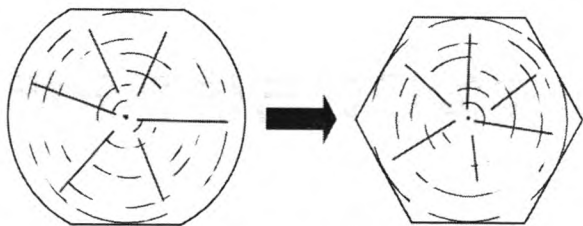


图1 小径毛方材四边锯切示意图

Fig. 1 Schematic diagram of quadrilateral cutting saw

根据加工对象以及产能等因素要求,设定四边锯的技术指标为:原木径级加工范围 80~150 mm,原木加工长度 500~3 000 mm,进给速度 15~25 m/min;获得六棱柱体毛方材的对角线尺寸分别为 80、100、120 mm 三个规格,产品的直线度 <1 mm/m。

1.2 虚拟设计技术路线

在分析小径级原木制材工艺和方法的基础上,根据四边锯的具体技术指标设计要求,确定虚拟设计技术路线(图2)。

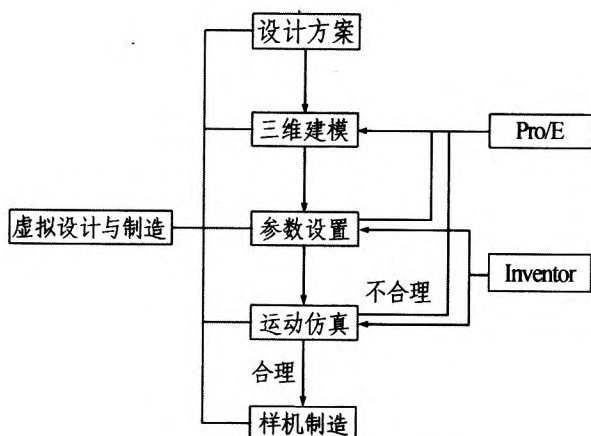
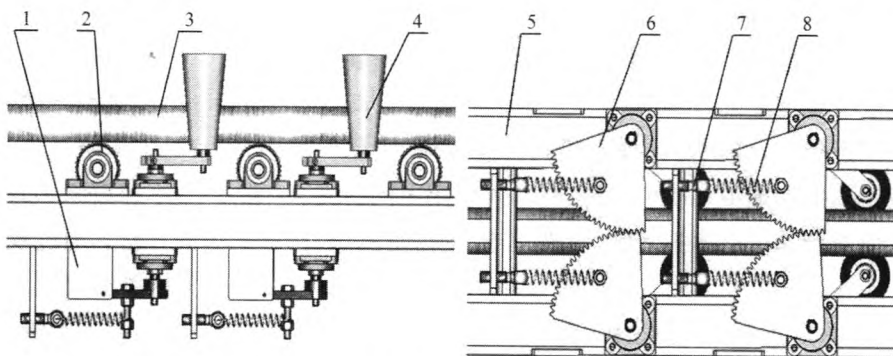


图2 四边锯虚拟设计技术路线

Fig. 2 Virtual design for quadrilateral cutting saw

采用 Pro/E 软件对四边锯进行三维实体建模与虚拟装配,导入到 Inventor 中,进行参数化设置;利用 Inventor simulation 模块对锯切机构进行动态仿真,模拟实际锯切环境,以检测设计方案的合理性。如发现设计缺陷及时反馈,对四边锯的结构和三维建模进行修改优化,最终获得安全、可靠的设计方案^[7]。

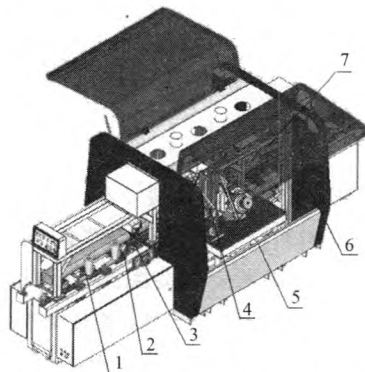


1 限位板; 2 驱动支撑辊; 3 原木; 4 倒锥辊; 5 机架; 6 扇形轮; 7 活节螺栓; 8 拉伸弹簧

2 小径级毛方材四边锯的三维实体化设计

2.1 四边锯总装配三维设计

四边锯的主要组成如图3所示。



1 对中装置; 2 传动装置; 3 安全装置; 4 切削机构; 5 机架; 6 外罩; 7 压紧装置

图3 四边锯三维实体设计模型

Fig. 3 Three-dimensional design model of quadrilateral cutting saw

小径级毛方材首先由水平驱动辊送入对中装置,在两组对中装置的作用下对中并压紧,通过动力驱动输送链与连续的上压紧装置,实现小径级毛方材的送料。通过四套锯切装置,实现对小径级毛方材四个面的锯切。每套锯切装置分别由各自的电机直接驱动,锯切位置可以在水平、竖直方向上调节,还可以调整倾斜角度,以锯切不同径级的小径级毛方材。锯切下的毛边板通过导向挡板,随链板一起输送到出料端,六棱柱体毛坯通过出料辊进入下道工序。

2.2 同步对中装置设计

同步对中装置主要由对中主轴、拉紧弹簧、扇形齿轮、摆杆、倒锥辊等组成,结构如图4所示,其主要作用:是在小径级毛方材锯切之前,尽可能将其中心

图4 四边锯的对中机构设计

Fig. 4 Design of centering device of the cutting saw

面调整至与机床的进料中心面相重合,进行精准对中,防止毛方材在锯切过程中跑偏,提高出材率。

对中装置的驱动支撑辊与原木输送链板保持同步,当毛方材在驱动支撑辊上进给时,推开左右对中的锥辊,而对中锥辊通过摆杆、对中主轴下端相互啮合的一对扇形齿轮及张紧弹簧作用,同步地张开与夹紧,实现同步对中。倒锥辊对毛方材产生一个向下的挤压力,既可以防止对中过程中原木翘起,又能增大原木与驱动辊之间的摩擦力,防止进给打滑。

2.3 切削机构设计

切削机构是将小径级毛方材制成六棱柱体毛坯的关键机构。设定本设备加工小径级原木的直径范围为80~150 mm,针对小径级原木制材的特点,切削机构的位置需可调,以实现针对不同径级原木加工获得不同规格六棱柱体的目的。

切削机构如图5所示,主要由水平滑座、垂直滑座、丝杆、锯轴、锯座、电机、蜗轮、蜗杆等组成。为了获得更高的传动效率,提高锯片转速,每套切削锯片都通过单独的一个电机、三角皮带直接驱动。

当毛方材进入锯切机构时,首先由两组位置和结构相互对称的锯切机构,锯切毛方材下半部分的两个斜面。圆锯片的锯切位置调整,可以分别通过调节水平丝杆和垂直丝杆的移动来实现;锯切角度(60°)可以通过蜗轮蜗杆结构来调节,以锯切不同径级的毛方材。

第三、四组切削机构锯切毛方材上半部分的两斜面,结构亦相互对称,但需要沿着进给方向间隔一定的距离错开安装,以防止两组锯片在锯切时产生干涉。

为了方便落料,四套锯切机构均采用圆锯片的下半部分进行锯切,以防止锯切边皮掉落在锯切机构上,缠绕锯片或刀轴。

2.4 传动装置设计

传动装置主要是实现毛方材的传送、锯切加工的进料、出料等,由链板、导轨、连接销、麻面凸台等组成,如图6所示。

四边锯采用链传动,链条链板之间通过连接销连接。整个链条通过链轮驱动与张紧,链节反面为V型槽,沿着支撑导轨上滑动。链板中部设有凹槽,凸台通过螺钉固定在凹槽内;凸台表面开有纵、横交错的浅沟槽,形成麻面,在上压辊的作用下压紧原木,对其左右限位,防止原木在锯切过程中摆动,实现稳定进给。链板的左右两端安装有固定挡板,使锯切的毛边板掉落在链板上,随链板一起运送到出料端。凸台左右两边设有缺口,防止被前面两组锯片锯切。

2.5 压紧装置与安全装置设计

压紧部分主要由气缸、压紧链轮、压料摆杆等组成,压料架锁死在主机架上,如图7所示。

当毛方材进入压紧区时,气缸活塞杆推动施压链轮,将原木压紧在带有麻面的进料链板上。压料架均匀分布若干压紧装置,实现对原木的连续压紧。在锯

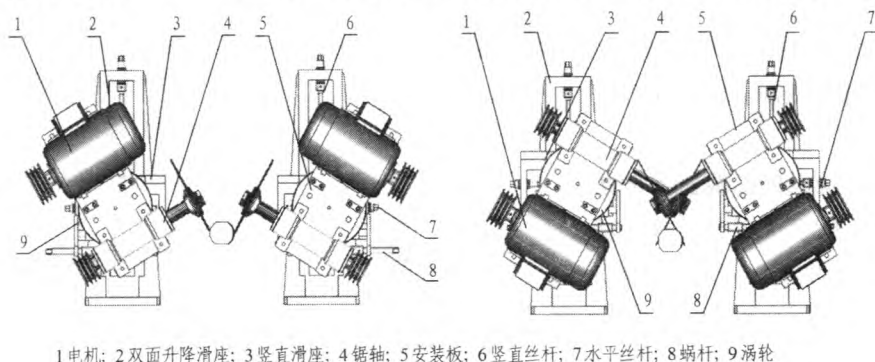


图5 锯切机构设计

Fig. 5 Design of cutting mechanism

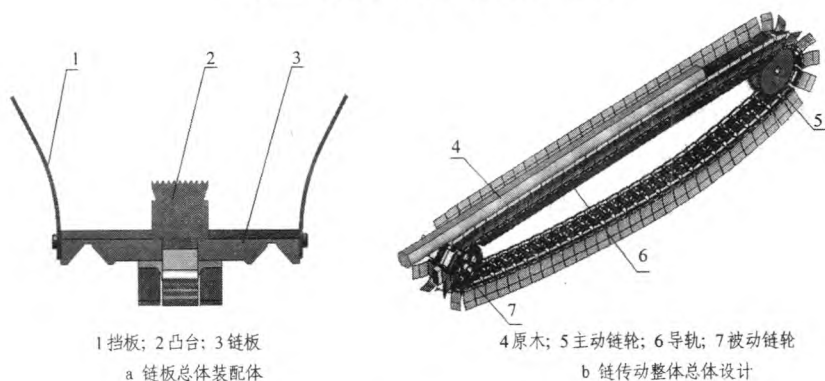
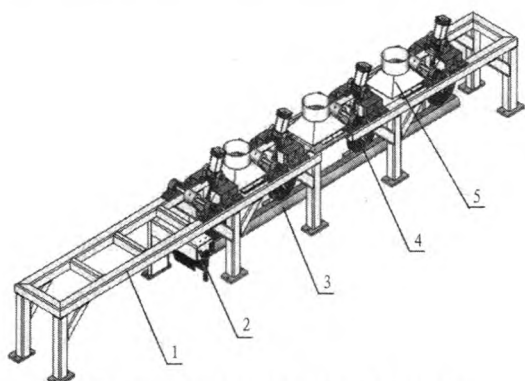


图6 四边锯的传动装置图

Fig. 6 Gearing graph for the cutting saw



1 压料架; 2 安全装置; 3 原木; 4 压料装置; 5 吸尘罩

图7 四边锯的压紧与安全装置图

Fig. 7 Diagram for compacting mechanism and safety device of the cutting saw

切机构的前端还设有安全装置,由止推爪和支撑架等组成。止推爪既可以防止锯切废料、碎屑反方向飞出,又能给原木反作用力防止后退。在每组锯切工作区域上方装有吸尘罩,通过除尘系统排出粉尘。

2.6 其他结构设计

采用整体除尘罩密封锯切产生的粉尘,送入除尘系统;左右两端的门罩采用圆弧形,配以气压撑杆机构,方便推拉与关闭;导轨上设有喷油装置,减少导轨和链板接触面的摩擦力。

3 四边锯的仿真运动分析

3.1 配合关系与干涉检验

应用 Pro/E 软件完成四边锯的三维实体设计后,要进一步检查各个零件、部件之间的配合关系,以及时排查错误。考虑计算机的工作负载,在导入 Inventor simulation 模块之前,可以将与仿真运动不相关的零件、部件省去,对三维实体模型进行简化^[9]。导入后仍要借助于 Inventor 的自动显示问题关系功能和干涉检查功能,对简化的三维模型进行装配和干涉现象检测,以保证仿真的有效性。如没有发现干涉和约束问题,则可以进行仿真操作。

3.2 仿真约束与参数设置

仿真过程主要包括原木进给仿真与锯片锯切木材仿真。调节好锯切位置后,便可添加仿真约束。对于原木的进给添加一个滑块约束,沿进给方向给其一个自由度,并设置驱动的约束条件为进料速度 20 m/min。四个锯切机构中,在各个锯切主轴部分添加旋转约束,驱动约束条件为逆锯、转速 3 500 r/min。同时设置其他参数,如接触摩擦系数为 0.1,刚度为 1 150 N/m 等。

3.3 仿真结果与分析

导入 Inventor simulation 模块后进行仿真操作,考虑计算机的工作负载,进行了锯片从开始启动到稳定切削的全过程仿真,通过输出图示器可得到锯片切削加工中的角速度、角加速度等,如图 8 所示。

锯片从 0 s 启动,运行 2.2 s 以后转动趋于稳定,角速度稳定在 21 000 deg/s,即达到转速设定值 3 500 r/min;从 4.5 s 左右时,锯片开始锯切木材,发生接触冲击,此时的角速度和角加速度发生了显著变化;到 5.6 s 左右时,锯片角速度和角加速度再次趋于稳定,锯片进入稳定切削状态,转速基本保持恒定。

整个仿真过程基本与设计预期结果接近,锯片稳定启动、减速突变、稳定锯切,验证了四边锯设计结构的合理性和稳定性。但由于是理想锯切环境,并没有

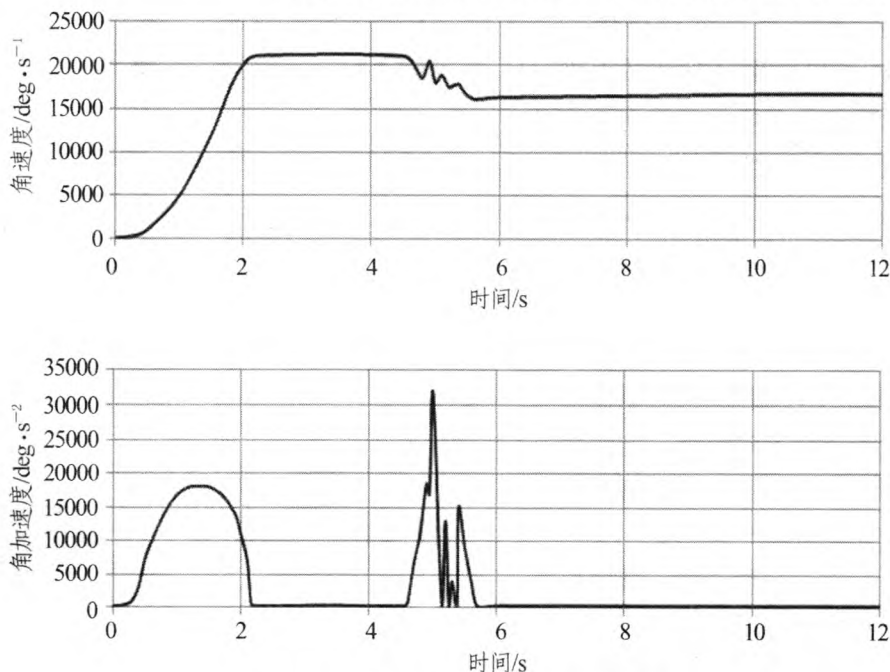


图8 锯片切削过程的角速度和角加速度曲线

Fig. 8 Angular velocity and acceleration curves in sawing process

考虑实际生产中原木存在节子、质地不匀及锯片磨损等问题,因此得到的理论数据和实际生产状况仍存在一定差距。

4 结束语

采用本研究开发的小径级毛方材四边锯,对双侧已齐边的小径级原木经过一次进给,即可实现其他四个面的锯切,操作简单,维护方便,生产效率较高。

四边锯的设计借助了 Pro/E 和 Inventor 三维设计软件建模,并对设计模型中零件、部件之间的干涉现象,结构的合理性和可靠性进行了验证,实现了计算机三维实体设计,减少了设计工作的错误性、重复性,缩短了设计周期,为木工机械产品的设计与开发提供了新的思路。

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] 苏春. 数字化设计与制造(第 2 版)[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 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.
- [4] 李薇. 虚拟样机技术的研究与实现[D]. 南京:南京理工大学,2002.
- [5] 胡伟. 小径材剥皮削片联合机的研制与加工性能研究[D]. 南京:南京林业大学硕士论文,2012.
- [6] 郭晓磊,曹平祥,丁建文,等. 小径级原木双侧齐边锯的三维实体设计与仿真分析[J]. 木材工业,2013,27(6):13-16.
- [7] 詹友刚. Pro/ENGINEER 野火版 5.0 机械设计教程[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
- [8] 马茂林. Autodesk Inventor 2012 高级培训教程[M]. 北京:电子工业出版社,2012.

(责任编辑 向 琴)

行业简讯

索菲亚与金田豪迈再度合作

2013 年 10 月,索菲亚家居股份有限公司在购进两条金田豪迈木工机械有限公司 Batch Size 1 柔性生产线正式投产一年之际,双方再次举行了盛大的签约仪式,标志着新一轮双赢战略合作开始实施。

索菲亚成立于 2003 年,2011 年上市以来,作为专门生产及销售定制衣柜及其配套产品的高新技术企业,致力于追求卓越的品质和恒久的价值,应用创新思维,深入研发定制批量化生产方式。金田豪迈作为世界一流的机械供应商,针对索菲亚的实际需求,以专业的项目团队对索菲亚进行了全方位的调研,并在 2012 年成功为其打造了适应索菲亚各项生产需求的 Batch Size 1 柔性生产线。新配备生产线

的设计产能为每天双班生产 400 套定单,而实际可达每天双班 600 套定单。

此次签约的生产线配套设备与 2012 年的项目基本一致,部分配套设备进行了升级,生产速度更快,周期更短,产能提高 50%,保证了索菲亚 2014 年对产能增加的要求。

目前针对中国市场,金田豪迈准备了多种方案,并成立了自己的软件公司,配备 30 多人的团队,从自动化仓储到自动化包装、组装都有完整方案,而且整套设备采用相同的控制系统。双方的再度合作,充分显示了用户对金田豪迈全套服务与解决方案的高度认可。

2013 HOMAG 集团室内展成功举办

2013 年 9 月 24—27 日,德国 HOMAG 集团率其旗下 HOLZMA 和 FRIZ 公司,在 Schopfloch, Holzbronn 和 Weinsberg 同时举办了大规模的室内展,展示其最具创新性和突破性的技术。

来自世界各地约 2 300 位观众参观了 HOMAG 室内展,HOMAG 集团的最新机器操作和控制技术 powerTouch 成为关注的焦点。

HOMAG、HOLZMA 和 FRIZ 公司,对于家具、窗、地板、楼梯和门等各类产品的智能生产解决方案,从入门级到高端设备一应俱全,智能定制批量化解决方案、高效系列的生产灵活概念,以及橱柜门店经营新理念,给观众留下深刻印象,并在展会现场签订了大量购货合同。

王超摘编