

“小径木材高效加工利用技术”专栏 (之四)

小径材小六棱柱体精准成型机的 三维实体设计与仿真分析

王宝金, 郝敬冬, 曹平祥, 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: 小六棱柱体精准成型机用于将锯切加工的六棱柱体毛坯加工成尺寸精确、表面质量好的小六棱柱体, 是生产大断面六棱柱体集成材最关键的设备之一。应用 SolidWorks 软件, 进行小六棱柱体精准成型机的三维建模设计与运动仿真分析, 为物理样机的制造提供依据。

关键词: 小径材; SolidWorks; 小六棱柱体; 精准成型机; 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)02-0005-05

3D Design and Simulation of Small Six-Sided Cylinder Precision Molding Machine for Small Diameter Logs

WANG Bao-jin, HAO Jing-dong, CAO Ping-xiang, DING Jian-wen, GUO Xiao-lei

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

Abstract: Small six-sided cylinder precision molding machine, as one of the key machines in hexagon large section glulam production, is used to cut a rough six-sided cylinder into small six-sided cylinder with accurate dimension and good surface quality. In this paper, the authors described the 3D Design and Simulation of small six-sided cylinder precision molding machine based on SolidWorks, which provided a basis for developing physical prototype.

Key words: small diameter logs; SolidWorks; small six-sided cylinder; precision molding machine; 3D design; simulation

大断面六棱柱体集成材是由小六棱柱体通过涂胶、组坯与加压制作而成, 小六棱柱体精准成型机是最关键的生产设备之一, 对于保证小六棱柱体的尺寸精度和表面质量至关重要, 否则小六棱柱体在胶合时会受力不均匀, 木材压缩比例不一致, 导致胶合后集成材的内应力过大, 容易产生开裂、变形等缺陷^[1]。

随着计算机应用技术的发展, 计算机仿真已成为现代极为重要的科研手段, 在可行性论证、工程设计

和寻求最佳方案等方面发挥着重要作用。笔者应用 SolidWorks 软件, 对精准成型机进行三维实体建模与动态仿真分析, 根据分析结果发现设计中的缺陷并及时改进, 为进行物理样机的制造提供依据^[2-5]。

1 小六棱柱体精准成型机工作原理与设计思路

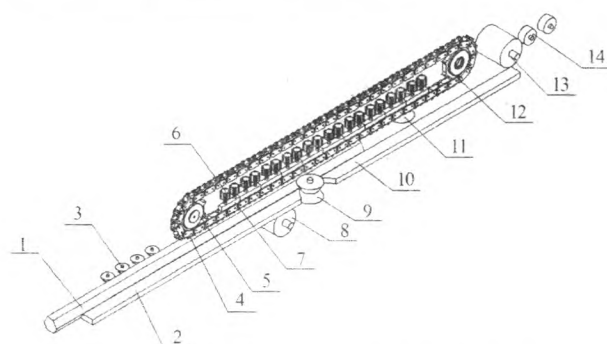
1.1 工作原理

先将长短不一的小六棱柱体毛坯指接成长度为 3 000 mm 的小六棱柱体毛坯, 再通过小六棱柱体精准成型机, 加工成精确的小六棱柱体单元。小六棱柱体精准成型机的工作原理如图 1 所示。

收稿日期: 2014-01-23; 修改日期: 2014-02-13

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

作者简介: 王宝金(1964—), 男, 南京林业大学材料科学与工程学院教授。



1 小六棱柱体毛坯; 2 靠山; 3 侧向压紧装置; 4 进给履带; 5 从动轮; 6 压紧气缸;
7 压块; 8 下水平刀轴; 9 右立刀轴; 11 左立刀轴; 12 主动轮; 13 上水平刀轴; 14 出料装置

图 1 小六棱柱体精准成型机的工作原理

Fig. 1 Working principle of small six-sided cylinder precision molding machine

小六棱柱体毛坯的一个侧面在侧向压紧装置 3 的压力下,紧靠倾角为 60° 的靠山 2 进料。进给履带 4 是针刺履带,履带对工件的压力由压紧气缸 6 提供。小六棱柱体毛坯由针刺履带实现进给,依次通过下水平刀轴 8、右立刀轴 9、左立刀轴 11、上水平刀轴 13,完成对小六棱柱体六个表面的精准加工,最后由出料装置 14 牵引运输到传送带上。

根据加工对象以及产能等因素的要求,设定小六棱柱体精准成型机的技术指标:三种规格的小六棱柱体毛坯的横截面内接圆直径为 75、95、115 mm,长度均为 3 000 mm,进给速度 15 m/min;加工三种规格小六棱柱体的横截面内接圆直径为 70、90、110 mm,小六棱柱体的直线度 ≤ 1 mm/m。

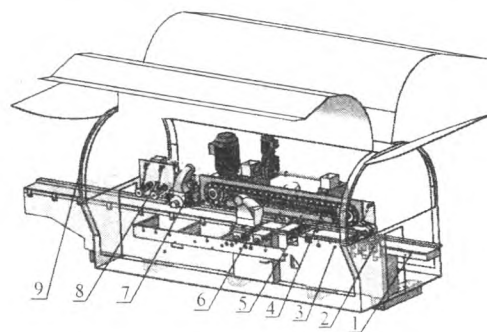
1.2 设计思路

在分析研究现有四面刨工作原理和结构的基础上,根据精准成型机的技术指标制定设计方案;应用 SolidWorks 软件,对精准成型机进行三维零件建模与总体装配,应用 SolidWorks Motion 软件进行参数设置,并且对切削机构进行运动仿真,生成切削机构的速度曲线,模拟实际切削过程中刀具的切削速度变化趋势,验证小六棱柱体精准成型机加工过程的可靠性。

2 小六棱柱体精准成型机三维设计

2.1 总体三维模型

小六棱柱体精准成型机的总体三维模型如图 2 所示,主要由前工作台、侧向压紧装置、履带进给装置、上下水平刀轴、左右立刀轴、出料装置等组成。



1 前工作台; 2 侧向压紧装置; 3 机架; 4 履带进给装置;
5 下水平刀轴; 6 左右立刀轴; 7 上水平刀轴; 8 出料装置; 9 外罩

图 2 小六棱柱体精准成型机三维实体模型

Fig. 2 3D design model of small six-sided cylinder precision molding machine

前工作台高度调节机构采用平行四连杆机构,通过侧面操纵杆来调节工作台的升降;侧向压紧装置的压辊为 60° 圆锥形结构;进给装置的针刺履带,可增加履带与工件之间的咬合系数;上下两水平刀轴分别安装一只圆柱铣刀,加工六棱柱体的上下两个平面;左右立刀轴同时加工小六棱柱体的四个侧面,两个立刀轴上分别安装一把夹角为 120° 的 V 型组合铣刀;出料装置由两组气缸加压的压辊组成,其驱动动力通过链条从进给装置的主电机引出。

2.2 前工作台

前工作台是小六棱柱体精准成型机的工作基准面,要求表面平整光滑、刚度高,其高度通过升降机构调整,其上表面与刀轴切削圆上母线间的高度差即为一次铣削深度。调整工作台高度时,工作台面应保持平稳,唇板不得触及刀片,工作台开口变化应尽可能小^[6]。

前工作台升降调整采用平行四连杆机构,如图 3 所示。利用轴 3、轴 4 经摆杆 6,与工作台 2 上的支座 5 和机身 7 上的轴承座,构成平行四连杆机构。调节操纵杆 9,使得连杆 6 和另外一个连杆(图中未画出)同时摆动,机身支撑轴承不动,工作台随支座一起作平面运动,保证了工作台平稳地升降。

靠山 8 安装在前工作台右侧,靠山导向面与工作台表面之间成 120° 夹角,保证小六棱柱体毛坯的一个侧面可以沿着靠山进料,调节操纵杆 10,靠山 8 可在水平方向平行移动,以调节小六棱柱体毛坯侧面的铣削量。

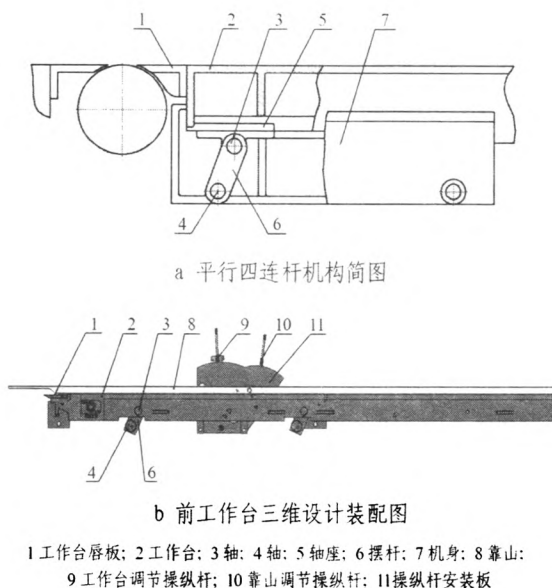


图3 小六棱柱体精准成型机前工作台

Fig. 3 Front workbench of small six-sided cylinder precision molding machine

2.3 侧向压紧装置

侧向压紧装置设置在机身前端,如图4所示,工件在进入履带进给装置之前,由侧向压紧装置对其侧面加压,使工件紧贴侧面靠山,从而提高工件的加工精度。通过手动调节弹簧的压紧力以及支架的高度,可适应不同规格的工件。

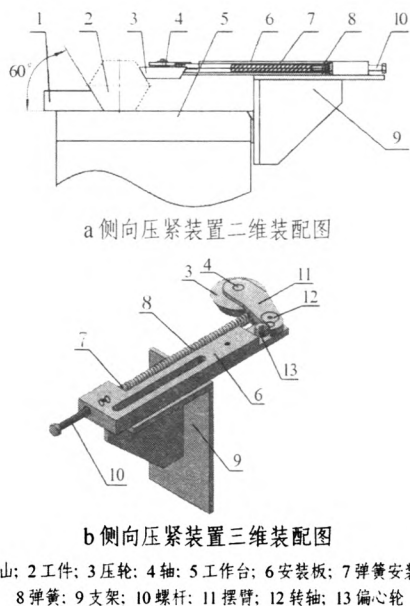


图4 小六棱柱体精准成型机侧向压紧装置

Fig. 4 Flank compress device of small six-sided cylinder precision molding machine

2.4 履带进给装置

进给装置采用带针刺的履带结构,如图5所示。工件在接触针刺履带之前,由前压紧滚轮预先压紧,防止工件翘曲引起针刺损坏工件;工件被针刺履带咬合实现进给,针刺履带的传送方式比较平稳,工件不会翘起、打滑或扭转。

针刺履带由电机驱动,对工件的压力由压紧气缸提供,压紧力通过调节压缩空气的压力实现。针刺履带的有效工作长度为1700 mm,在此长度范围内安装有10只压紧气缸,气缸固定在安装板上,气缸的活塞作用于5只分段式压块上,压块压在履带上;受导轨及前后挡板的限制,压块只能上下移动,不能做前后和左右的移动。压块采用聚四氟乙烯制作,与履带之间的摩擦系数很小。

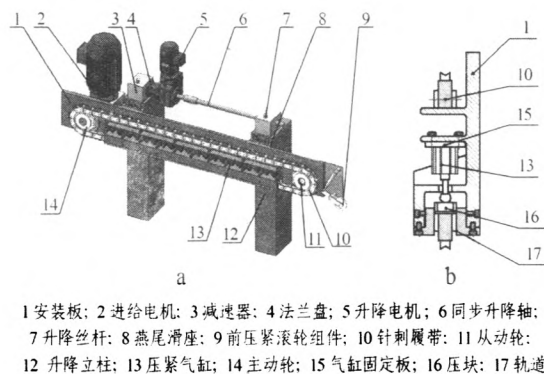


图5 小六棱柱体精准成型机的进给装置

Fig. 5 Main transmission of small six-sided cylinder precision molding machine

针刺履带结构如图6所示。其结构与常规链条类似,由外链板、内链块、销轴和针刺等构成。内链块轴孔中有滚针轴承,可以减少销轴与内链块的摩擦。工作时,针刺刺入工件表面1~2 mm,使履带对工件有很好的咬合力,避免发生打滑现象。

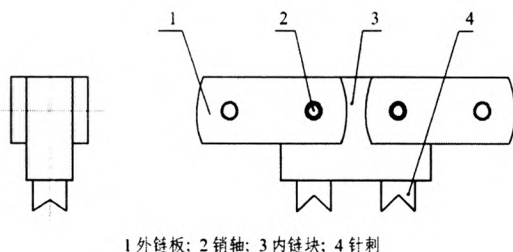


图6 进给履带结构

Fig. 6 Schematic diagram of feed track

2.5 切削机构

切削机构是小六棱柱体的核心部件,主要包括上下水平刀轴和左右立刀轴。

上下水平刀轴分别安装一只圆柱铣刀,用来加工六棱柱体的上下两个表面,如图7所示。上水平刀轴和下水平刀轴结构的类似,区别在于上水平刀轴的前后增加了压紧器,以保证工件在被加工时的稳定性和加工质量。上下水平刀轴采用单独异步电机由平皮带直接驱动,其转速为 6 000 r/min。

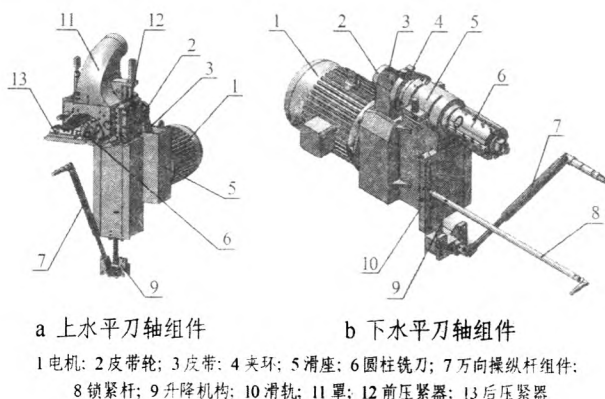


图7 水平刀轴组件

Fig. 7 Level plane cutter's assembly

左右立刀轴的结构如图8所示。左右立刀轴部件在水平方向和垂直方向的位置,分别通过水平调节丝杆和垂直调节丝杆调整,刀轴的驱动方式和转速与水平刀轴一致。V型组合铣刀由两把锥形铣刀组合而成,锥形铣刀上具有四个刀齿,安装时两铣刀的刀齿互相错开。

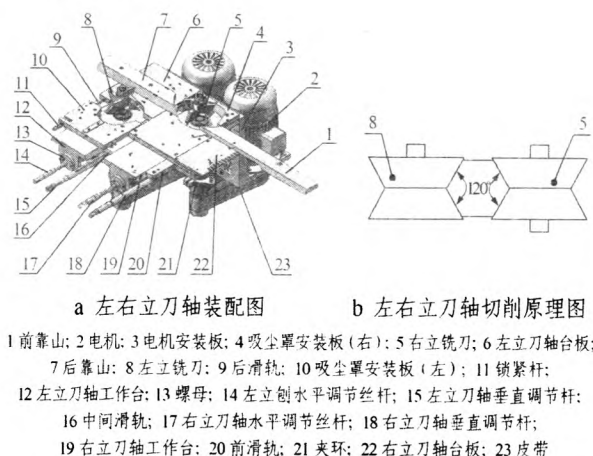


图8 左右立刀轴组件

Fig. 8 Left and right vertical-knife's assembly

2.6 出料装置

出料装置的结构如图9所示,设置在上水平刀轴之后。工件末端离开履带进给装置后,还需要继续经过上水平刀轴加工,上水刨刀轴采用逆铣方式,会对工件产生较大的切削阻力,所以需要出料装置对施加工件牵引力,保证工件顺利完成加工。

工作时,压滚轮转动,气缸压紧作用在工件上表面,因为工件的上表面已经完成了加工,所以压滚轮表面设计成光滑的。出料装置的动力是通过链条传动从主传送装置引出的,压滚轮的线速度和进给履带的线速度始终一致,避免因速度不一致而产生滑动现象。

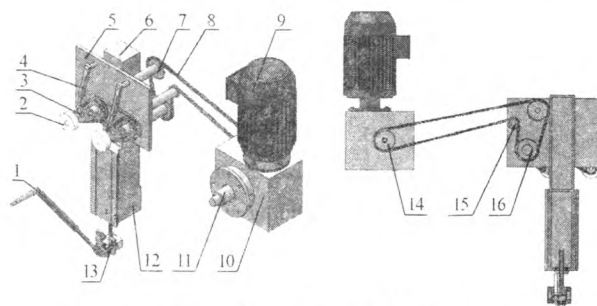


图9 出料装置

Fig. 9 Discharge device

3 小六棱柱体精准成型机仿真分析^[7-8]

3.1 仿真参数设置

应用 SolidWorks 软件对精准成型机的零件进行建模及整体装配。为了验证每个零件尺寸设计的精确性,以及各部件之间的配合关系,需要对整机模型进行干涉检查。如果有干涉情况存在,则需修改零件尺寸或重新装配,直至整个模型没有干涉存在。

干涉检查无误后,还需对精准成型机的切削机构进行仿真分析。调整好小六棱柱体毛坯和四个刀轴的位置后,便可添加仿真约束和参数设置。对小六棱柱体毛坯沿进给方向添加一个进给直线马达,四个刀轴均采用电机经过皮带传动增速获得较高的转速,为了减轻计算机的计算工作量,直接在刀轴处添加旋转马达,并且直线进给马达与刀轴旋转马达同时启动。

具体参数为:

小六棱柱体毛坯进给速度 15 m/min,四个刀轴的转速为 6 000 r/min,采用逆铣方式,根据主轴转

速、工件进给速度、铣削宽度和深度、树种及单位切削力等因素,计算得到刀轴的平均圆周切削阻力为 110 N。另外,取刀具与工件的接触摩擦系数为 0.1,接触刚度为 1 150 N/m。

3.2 仿真结果分析

参数设置完成后,在 SolidWorks Motion 模块下进行运动仿真计算,分析加工过程中上下水平刀轴和左右立刀轴的角速度变化情况。

仿真分析结果显示:电机启动后,刀轴转速快速上升;当运转 2.5 s 后,刀轴转速趋于稳定,角速度稳定在 36 000 deg/s,即转速为 6 000 r/min;4 s 时,铣刀开始切削工件,角速度发生突变,这是因为铣刀突然接触工件,受到冲击振动;从 4.8 s 开始,角速度趋于稳定,说明切削过程进入连续切削阶段。

通过分析仿真结果,发现整个仿真过程基本与设计预期结果接近,切削过程中刀轴角速度经历了从启动快速上升到额定数值、受到阻力后发生短暂突变、而后又恢复到稳定切削的过程,由此验证了小六棱柱体精准成型机结构设计的合理性。

4 结语

研究设计的小六棱柱体精准成型机,一次进给即可完成小六棱柱毛坯六个表面的精加工,生产效率高。应用 SolidWorks 软件,对精准成型机的各零部

件进行参数化建模设计、整体装配及干涉检查,并对切削机构进行仿真运动分析,验证了精准成型机结构设计的合理性,缩短了产品的开发周期。

虚拟仿真分析虽为物理实体机床的性能分析研究提供了参考,但由于仿真分析时,并没有考虑木材中节子、裂纹、材质均匀性及小六棱柱体梳齿接长胶合部位等的影响,得到的仿真数据和实际生产之间尚有一定差异,还需进一步研究这些因素的影响,以精确制造实体机床。

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] 李薇.虚拟样机技术的研究与实现[D].南京:南京理工大学,2002.
- [4] 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.
- [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] 姚秉辉.木材加工机械[M].北京:中国林业出版社,1998.
- [7] 詹迪维.SolidWorks 高级应用教程[M].北京:机械工业出版社,2009.
- [8] 陈超祥,胡其登.SolidWorks 高级教程简编[M].北京:机械工业出版社,2012.

(责任编辑 向琴)

行业简讯

SCM 新品亮相 Holz-Handwerk 和 Xylexpo 展

意大利 SCM 集团作为全世界木工行业的领先企业,主要生产经营木工机械及其零配件,并向客户提供技术服务。在 2014 年 3 月 26—29 日德国 Holz-Handwerk 展会上,SCM 集团将推出其在封边和木门窗生产设备方面的新产品及制造技术。

1) Slim Line 封边技术:融合传统封边技术,仅在封边带涂胶,比传统带有胶箱的封边机更加有效。该技术可应用于家具部件的封边,生产效率高,封边质量好,灵活性强,适用于多种材料。

Olimpic K100 封边机,配备皮带运输、自动粉碎和涂胶等单元;另一款 Olimpic K560 封边机,配备触摸屏控制面板和人性化用户界面,操作方便,生产效率高,适用于连续化生产,专门用于厚板封边加工。

2) 木门窗自动生产线:由 SCM 集团开发,配备自动集成装载和卸载系统,操作方便;专门的 MSL 系统可以将产品订单等信息直接传输至机器,有助于提高企业的生产效率和竞争力。

其他展出新品还包括 DMC 砂光、Tech Z5 和 Tech Z1 pro 工作中心等系列产品。

另外,在 5 月 13—17 日意大利米兰国际木工机械展上,隶属于 SCM 集团的 Elmag-Superfici 和 Cms Group-Balestrini 两家公司,将再次参展,标志着意大利木工机械工业向统一又迈进了一步。SCM 集团的公关经理表示:Xylexpo 可以为两家公司提供有效的推广和交流的机会,获得更多的商机,扩大销售领域。

孟凡丹译