

## 板材推送机送料台结构设计及有限元分析与改进

战丽, 匡立莲, 马岩, 任长清

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

**摘要:** **目的** 针对目前人工下料成本高、生产率低的问题,设计一种新型物料设备。该新型设备可实现精准上料,即根据操作人员需要锯切的层数及单层板材的厚度进行上料。**方法** 针对送料台的结构强度,采用Ansys软件对其三维模型进行有限元静强度分析。**结果** 分析得出了叉车臂切口强度薄弱,进而提出了一种改进方案并再次进行有限元验证分析。**结论** 最终强度满足了设计要求,达到了提高生产效率的目的。

**关键词:** 新型送料设备; 送料台; 有限元分析; 结构强度; 改进设计

**中图分类号:** TB486+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)05-0146-05

## Structure Design, Finite Analysis and Improved Design of Sheet Feeding Table

ZHAN Li, KUANG Li-lian, MA Yan, REN Chang-qing

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**ABSTRACT:** Targeting at the high labor costs and low productivity of manual feeding, this work aimed to design a new type of material equipment, self-propelled CNC sheet feeding table. The new equipment could achieve precise feeding according to the number of layers required to be cut by the operator and the thickness of single-layer board. Feeding table as a key component of bearing raw materials, its actual working conditions directly affects the stability and reliability performance of operation. For its structural strength, Ansys software was used to conduct finite element static strength analysis of its 3D model. The results showed weak strength in the forklift arm notch. Then an improved scheme was proposed and finite element verification analysis was conducted again. The final strength met the design requirements, improving the production efficiency.

**KEY WORDS:** new feeding equipment; feeding station; finite element analysis; structural strength; improved design

物质生活的丰富使人们对于家具的个性化、人性化要求越来越高,板材的美化包装变得愈发的重要,板材在流通过程中需要经历仓储、装卸、运输等一系列过程,因此,提高板材运输的效率具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。现代化机械加工中,对人工的利用和计算是非常关键的。在一个中等批量的生产车间里,零件在机床上的时间仅占生产时间的5%,而95%的时间消耗在原材料、工

具、零件的搬运和等待上。据统计,搬运费用占生产费用的30%~40%<sup>[4-6]</sup>。目前,板材上料主要有以下方式:由叉车运送到输送辊台,再由人工将一块人造板或根据需要将多块人造板放到工作台上,进入第1道工序;通过液压升降台将板升高到气动浮台上后人工推入第1道工序,但这样费时费力,机器的使用率低<sup>[7]</sup>。由此,拟设计一台可移动自动上料设备,不仅可

收稿日期: 2015-07-03

基金项目: 黑龙江省应用技术研究与开发计划(GA14A401)

作者简介: 战丽(1971—),女,黑龙江人,博士,东北林业大学教授,主要研究方向为机械设计及理论。

减少人力物力,生产效率也能得到有效提高<sup>[8-9]</sup>。

## 1 自走式数控板材推送机总体设计

### 1.1 结构与工作原理

自走式数控板材推送机主要由推送料机构、送料台、机架、丝杠螺母副升降机构和底盘行走系统五大部分组成,见图1。机架底部与底盘行走系统共同构成可移动行走机构,可在车间自由行走,满足自由供给板材原料的需求。丝杠螺母副升降机构置于底盘上,送料台四角连接有焊接板架于丝杠上,丝杠螺母副机构将旋转运动转换为直线运动<sup>[10]</sup>,伺服电机智能控制,从而可实现送料台精准的升降,满足所需板材层数精准运输需求。送料台另一端为方管横梁,上方装有滑轨及齿条,推送料机构通过齿轮与齿条的啮合,沿横梁进行直线运动,推动板材实现板材的平移运动。

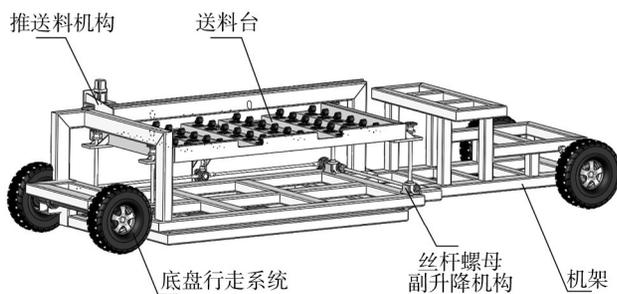


图1 自走式数控板材推送机结构

Fig.1 Structure of self-propelled CNC sheet feeding mechanism

首先由叉车将一摞板材放置于送料台上,对侧靠齐,侧边靠齐,设置好所需锯切的板材层数,伺服电机驱动丝杠螺母副机构,丝杠旋转,螺母带动送料台上升,此时推送料机构沿方梁的滑轨进行直线运动,将板材平移至输送辊台或者配合的工作台上。

此自动上料设备完全能够实现板材的精准上料,并且广泛应用于各种板材及平板式材料堆叠放置进料的地方,尤其适合应用在家具厂板材开料上,与电脑裁板锯配合工作,可以实现自动侧上料和自动后上料,根据操作人员需要锯切的层数及单层板材的厚度来快速、精确地进行分板上板,为厂商节约人力,提高生产效率。

由于自动送料设备承载的板材具有一定质量,另外送料台本身也具有一定质量,这些都由送料台来承受,在工作中,其刚度将受到很大影响,会产生一定的变形,从而影响进料的精准度,因此,保证送料台的强

度,进行合理的结构设计很关键<sup>[11-12]</sup>。

### 1.2 送料台的结构组成与受力分析

送料台是此设备关键的受力部件,同时又是设备精准上料的保证。为保证其良好的强度及刚度,选用100 mm的槽钢绕其四周焊接而成,为方便叉车放料,在长度一侧留有叉车臂的切口。送料台中间部分焊有槽钢,用于承载万向轮,便于输送板材,具体结构的三维模型见图2。

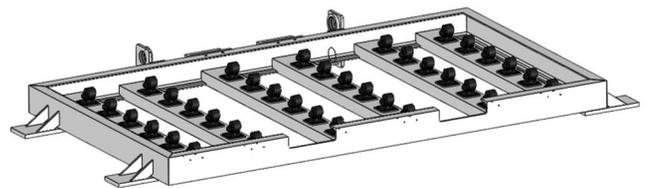


图2 送料台三维模型

Fig.2 Three-dimensional model of feeding table

在工作过程中,送料台受到来自板材和自身的重力,由于送料台作用于丝杠螺母副升降机构上,见图3,因此还受到四角螺母丝杠副机构提供的支持力 $F_N$ ,受力模型见图4。

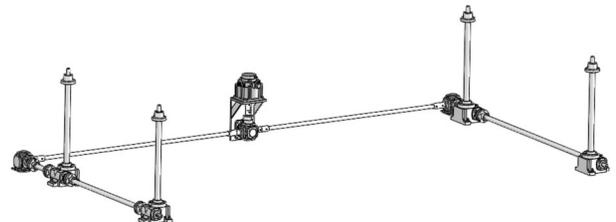


图3 丝杠螺母副升降机构

Fig.3 Screw nut lift mechanism

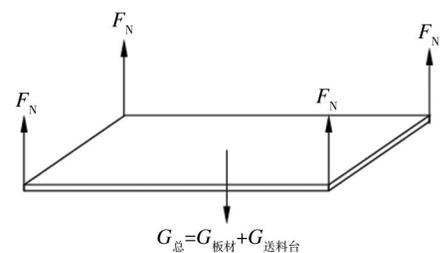


图4 送料台受力

Fig.4 Force on feeding station

送料台一般采用Q235A材料焊接加工而成,由SolidWorks质量评估测得其整体质量 $m_1=314$  kg。此自动送料设备可承载各种板材,如金属板、刨花板、纤维板等,常见板材数据见表1。

这里以国内家具行业常用的人造板材为例,规格

表1 常见板材数据

Tab.1 Data of common plate materials

板材种类	规格/mm	厚度/mm	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )
金属薄钢板	1890 × 478	0.2~4	7.85
刨花板	1220 × 2440	5~30	0.25~1.2
纤维板	1220 × 2440	5~30	0.5~0.88

为 1220 mm × 2440 mm, 厚度为 18 mm, 平均密度为 0.85 g/cm<sup>3</sup>, 根据工作台高度设定丝杠螺母副升降机构的运行行程为 420 mm, 则有关计算如下:

$$m_2 = \rho V = 1062.718 \text{ kg}$$

$$G_{\text{总}} = m_1 g + m_2 g = 13\,491.836 \text{ N}$$

$$F_N = 1/4 G_{\text{总}} = 3372.959 \text{ N}$$

式中:  $m_2$  为板材质量;  $G_{\text{总}}$  为总重力。

## 2 有限元强度校核与分析

Ansys 软件是国际流行的融结构、热力、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件, 广泛应用于工业、航天航空、土木工程等一般工业领域的科学研究<sup>[13-14]</sup>。这里将针对其结构强度, 采用 Ansys 软件对其三维模型进行有限元分析, 验证其稳定性和可靠性, 达到提高生产效率的目的。

1) 导入创建几何体。将 SolidWorks 创建的三维模型另存为 x\_t 文件, 导入有限元分析软件 Ansys 中, 见图 5。

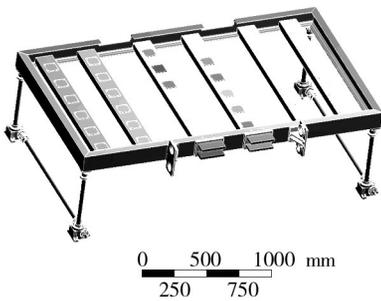


图5 导入送料台三维模型

Fig.5 Import three-dimensional model of feeding station

2) 网格划分并添加载荷和约束。首先定义材料模型为 SOLID187 单元类型, 然后定义机架的材料为 Q235A, 材料的弹性模量  $E=206 \text{ MPa}$ , 泊松比  $\mu=0.3$ , 密度  $\rho=7.85 \text{ mg/mm}^3$ , 屈服强度为 235 MPa<sup>[15]</sup>。设定网格划分后, 共有节点 67 947 个, 网格单元 11 208 个, 网格模型见图 6。根据受力分析, 将送料台承受的压力载荷进行简化, 并添加至送料台接触面, 同时, 对底部进行固定约束, 添加力的结果见图 7。

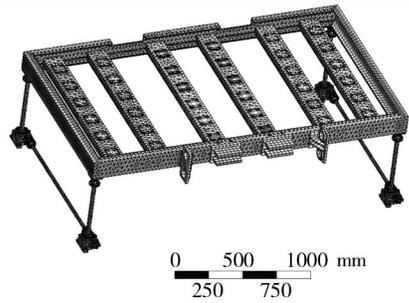


图6 网格划分结果

Fig.6 Meshing results

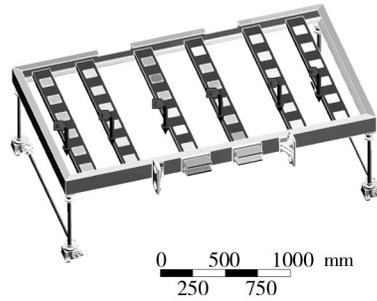


图7 添加力的结果

Fig.7 The results of adding force

3) 分析结果。送料台是板材推送机的关键受力构件, 其强度、刚度直接影响进料精准度。有限元分析对机构是否存在危险部位提供可靠的判断依据。

由 Ansys 软件分析得出等效应力云图和位移云图见图 8—9, 可知, 在送料台叉车臂送料的切口处其最大等效应力为 301.56 MPa, 而送料台架体的材料为 Q235A, 其屈服强度为 235 MPa, 许用应力为 160 MPa (安全系数为 1.5), 实际最大应力大于许用应力值。由此可知, 在送料台叉车臂切口处强度较弱, 当将近 1 t 的板材放置于送料台上时, 此时会产生较大变形, 产生 3.5638 mm 的位移变形量, 如图 9, 从而致使推头无法精准上料, 难以保证其工作效率, 因此对此处进行改进设计是非常关键的。

等效应力/MPa

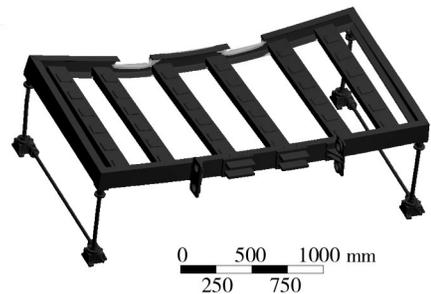
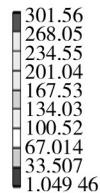


图8 等效应力云图

Fig.8 Image of equivalent stress

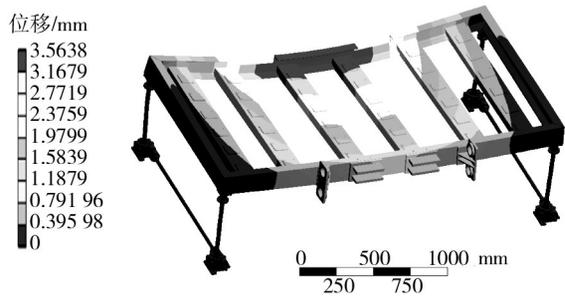


图9 位移云图

Fig.9 Image of total displacement

### 3 改进设计

#### 3.1 方案

针对 Ansys 分析得出的结果,对送料台叉车臂切口部分强度和刚度的不足进行改进,由此提出一种解决方案,然后再次用 Ansys 有限元进行分析,直到送料台叉车臂切口部分满足设计要求,以保证整台设备精准上料。

提出一种解决方案,即在送料台叉车臂切口所在的槽钢底端一侧增加横向筋板,使得抗弯强度增加,然后再次将改进后的三维模型图导入 Ansys 软件中进行验证。改进后的分析结果见图 10—11。

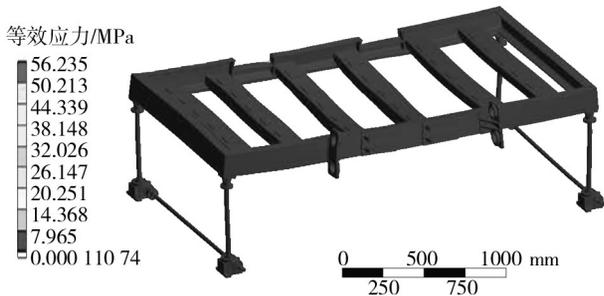


图10 改进后的等效应力云图

Fig.10 Image of equivalent stress

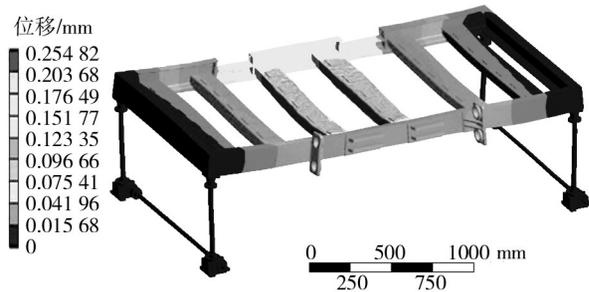


图11 改进后的位移云图

Fig.11 Image of total deformation

#### 3.2 结果分析

在送料台叉车臂切口所在的槽钢底端一侧增加横向筋板后,由图 10 可知,送料台叉车臂切口最大等效应力为 56.235 MPa,小于材料 Q235A 的极限许用应力 160 MPa,且由图 11 可知,在送料台叉车臂切口处,位移变形量减小至 0.2548 mm,即改进后能满足强度及刚度设计要求,可实现设备的精准上料,保证了板材的传输效率。

### 4 结语

针对目前人工上料成本高、生产效率低的问题,设计了一种新型物料搬运设备(自走式数控板材推送机),并对其关键受力部件(送料台)的结构及受力进行详述,运用 Ansys 软件对其强度进行有限元静强度分析,通过第一次的分析结果,在送料台叉车臂切口处进行改进设计,提出了在送料台叉车臂切口所在的槽钢底端一侧增加横向筋板的设计方案,经过再次验证后,最大许用应力控制在结构材料的许用应力范围内,并且最大变形量由原来的 3.5638 mm 减小至 0.2548 mm,保证了送料台叉车臂切口处的可靠性和稳定性,保证了板材传输效率,达到了提高生产效率的目的。

#### 参考文献:

- [1] 刘宝朋,陆佳平.薄钢板材包装用木托架的受力分析和结构优化[J].包装工程,2010,31(11):42—45.  
LIU Bao-peng, LU Jia-ping. Stress Analysis and Structural Optimization of Wooden Pallet for Distribution Package of Thin Steel Plate[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 42—45.
- [2] SANDAL J. Experimental Platform for Advanced Wood Machining Research[C]// 19th International Woodmachining Seminar, Nanjing, 2009.
- [3] 金国斌.物流链中的运输包装优化问题[J].包装工程,2005,26(3):93—95.  
JIN Guo-bin. Optimization of Transport Package in Logistics Chain[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 93—95.
- [4] BRAGLIA M, ZANON S, ZAVANELLA L. Layout Design in Dynamic Environments: Strategies and Quantitative Indices [J]. International Journal of Production Research, 2003, 41(5):995—1016.
- [5] 朱建萍.物流包装与人机工程学[J].包装工程,2005,26(1):102—104.  
ZHU Jian-ping. Logistics Packaging and Ergonomics[J].

- Packaging Engineering, 2005, 26(1): 102—104.
- [6] 张军, 梅仲豪. 基于物联网技术的物流包装及其应用研究[J]. 包装工程, 2014, 35(17): 135—139.  
ZHANG Jun, MEI Zhong-hao. Logistics Packaging and Application Based on the Internet of Things Technology[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(17): 135—139.
- [7] 肖志群. 电脑裁板机精准上料结构设计与分析[J]. 木工机床, 2014(2): 24—27.  
XIAO Zhi-qun. The Structural Design and Analysis of the Panel Saw Accuracy Feeding Unit[J]. Woodworking Machinery, 2014(2): 24—27.
- [8] 马岩. 科技创新是提高我国木工机械企业市场竞争力的根本途径[J]. 林业机械与木工设备, 2012(11): 4—7.  
MA Yan. Scientific and Technological Innovation is the Essential Way to Improve the Market Competitiveness of China's Woodworking Machinery Enterprises[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2012(11): 4—7.
- [9] 师亚娟, 刘欣. 自动化生产线物料搬运站的设计[J]. 计算技术与自动化, 2013(2): 48—51.  
SHI Ya-juan, LIU Xin. Design of Handling Workstation of Automatics Production Line System[J]. Computing Technology and Automation, 2013(2): 48—51.
- [10] 高红平. 升降机设计方案探讨[J]. 物流技术与应用, 2006(10): 121.  
GAO Hong-ping. Discussion for Lift Design[J]. Logistics & Material Handling, 2006(10): 121.
- [11] 马岩, 杨铁, 任洪娥. 数控封边机板坯进给系统结构设计[J]. 包装工程, 2014, 35(19): 55—58.  
MA Yan, YANG Tie, REN Hong-e. Structure Design of Numerical Control Machine Slab Edge Feeding System[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(19): 55—58.
- [12] 马岩, 武路鹏, 吴哲. 基于Ansys的数控立体仓库升降车底座优化[J]. 包装工程, 2014, 35(7): 81—85.  
MA Yan, WU Lu-peng, WU Zhe. Optimization of Lifting Truck's Chassis of NC Warehouse Based on Ansys[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(7): 81—85.
- [13] 战丽, 董路平. 基于Proe5.0与Ansys-Workbench板材起重运输三工位上料机机架主梁的有限元分析[J]. 林业机械与木工设备, 2012(12): 40—43.  
ZHAN Li, DONG Lu-ping. Finite Element Analysis of the Main Beam of Three-position Plate Lifting Transporting and Feeding Equipment Based on Proe5.0 and Ansys-Workbench[J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2012(12): 40—43.
- [14] 梁春玲, 王韶华, 修磊. 浅谈大型通用有限元分析软件Ansys[J]. 水利科技与经济, 2007(5): 339—341.  
LIANG Chun-ling, WANG Shao-hua, XIU Lei. Low Discuss the Large Finite Element Analyse Software Ansys[J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2007(5): 339—341.

(上接第134页)

- of Attributes[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(6): 3078—3090.
- [7] AMIRI M. Group Decision-Making for the Selection Machine Using Fuzzy VIKOR Method[J]. Journal of India Management Studies, 2010, 16(2): 167—188.
- [8] ATANASSOV K. Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87—96.
- [9] 张市芳. 直觉模糊多属性群决策的VIKOR方法[J]. 西安工业大学学报, 2015, 35(3): 182—185.  
ZHANG Shi-fang. VIKOR Method of Intuitionistic Fuzzy Multi-Attribute Group Decision Making[J]. Journal of Xi'an Technology University, 2015, 35(3): 182—185.
- [10] XU Z S. Intuitionistic Fuzzy Aggregation Operators[J]. IEEE Transaction of Fuzzy Systems, 2007, 15(6): 1179—1187.
- [11] TSEMG M L, DIVINAGRACIA L, DIVINAGRA R. Evaluating Firm's Sustainable Production Indicators in Uncertainty[J]. Computer & Industrial Engineering, 2009, 57(4): 1393—1403.
- [12] 雷英杰, 王宝树, 王毅. 基于直觉模糊推理的威胁评估方法[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(9): 2077—2081.  
LEI Ying-jie, WANG Bao-shu, WANG Yi. Techniques for Threat Assessment Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning[J]. Journal of Electronics & Information Technology, 2007, 29(9): 2077—2081.
- [13] 蔡纪伟, 贾云献, 孙晓, 等. 直觉模糊推理的装备报账指挥决策模型[J]. 火力与指挥控制, 2013, 38(2): 31—34.  
CAI Ji-wei, JIA Yun-xian, SUN Xiao, et al. Research on Model of Equipment Support Command Decision Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning[J]. Fire Control & Command Control, 2013, 38(2): 31—34.
- [14] GOMES L, LIMA M. TODIM: Basics and Application to Multicriteria Ranking of Projects with Environmental Impacts[J]. Foundations of Computing and Decision Sciences, 1992, 16(3): 113—127.
- [15] GOMES L, LIMA M. From Modeling Individual Preferences to Multicriteria Ranking of Discrete Alternatives: a Look at Prospect Theory and the Additive Difference Model[J]. Foundations of Computing and Decision Sciences, 1992, 17(3): 171—184.