

秸秆捡拾压块机二次粉碎及输送装置的设计与分析

田可庆¹ 孙明伟¹ 张坤¹ 张春雷³ 王婷^{2*} 李学永⁴ 陈立东¹

(¹河北科技师范学院机电工程学院,河北秦皇岛 066600; ²唐山学院; ³滦南县职业教育中心; ⁴唐山鑫万达实业股份有限公司)

摘要 二次粉碎及输送装置是秸秆捡拾压块装包机中的关键部件,为提高其工作效率,设计并仿真分析了二次粉碎及输送装置。结果表明,当螺旋输送轴转速为 120 r/min、计算频率为 0.32 Hz 时能满足一体机的设计要求。

关键词 农业机械; 秸秆; 压捆机械; 捡拾机构; 锤爪式

中图分类号 S225 **文献标识码** A **文章编号** 1007-5739(2019)06-0127-02

我国玉米秸秆年产量约为 2.4 亿 t,其中一部分是以秸秆还田、生物质发电及秸秆饲料化等方式加以利用,大部分秸秆直接置于田间地头被焚烧废弃,不仅造成秸秆资源的极大浪费,而且对环境也有一定的污染。如何高效利用玉米秸秆是解决秸秆焚烧、减少因焚烧秸秆而造成环境污染的关键^[1]。秸秆捡拾压块装包一体机的螺旋输送装置是其关键技术,其性能直接影响整机工作的可靠性,现对该装置的设计进行仿真分析,以提高机械的工作效率。

1 总体结构

秸秆捡拾压块装包一体机由捡拾装置、螺旋输送装置、二次粉碎及抛送装置、压捆(块)装置、出料装包装置及液压系统等组成^[2],其总体结构如图 1 所示。螺旋输送装置的功能是将捡拾粉碎后的丝状秸秆沿轴向运送到二次粉碎室,该装置主要由螺旋滚筒和抛送风机 2 部分组成。秸秆经捡拾装置切割捡拾后由推进器喂入螺旋输送装置,在螺旋滚筒叶片的推动下,初步粉碎的秸秆被推运至二次粉碎室,二次粉碎后的秸秆在抛送风机叶片高速旋转作用下,将秸秆通过抛料筒抛到料斗,二次粉碎及抛送装置的具体结构如图 2 所示。

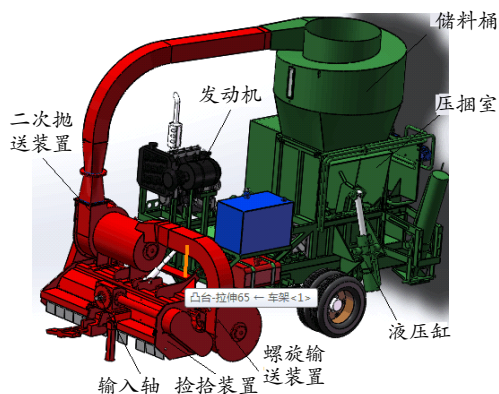


图 1 秸秆捡拾压块机

2 二次粉碎及输送装置结构参数的确定

螺旋输送装置的输送能力主要由螺旋直径、扭矩、螺距以及转速等参数决定,各参数的相互制约关系及其对输送过程的影响详述如下^[3]。

基金项目 国家重点研发计划资助项目(2016YFD0701304-03);河北省科技计划项目(17227201D);唐山市秸秆饲料收获机械技术创新团队资助项目。

作者简介 田可庆(1994-),男,河北石家庄人,在读硕士研究生。研究方向:机械创新设计与试验研究。

* 通信作者

收稿日期 2018-12-10

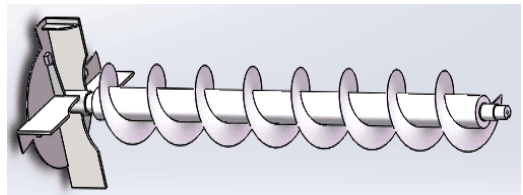


图 2 二次粉碎及抛送装置

2.1 螺旋输送装置主要参数的确定

为保证工作安全可靠,螺旋叶片要具有一定的强度和刚度,同时要避免堵塞情况发生。螺旋叶片的螺距 s 与输送物料的特性和螺旋叶片的外径 D 有关,通常螺距采用标准序列,即 $s=(0.8\sim 1.2)D^{[4]}$ 。根据秸秆的尺寸和种植密集程度,设计螺旋叶片外径为 270 mm,螺旋叶片深度为 80 mm,取系数 1,螺距 s 为 270 mm^[5]。

2.2 切碎刀参数的确定

在捡拾作业时,切碎刀的刀片产生滑切运动,刀片上切割点 M 的速度分析如图 3 所示, V_t 方向与刃线方向相同,砍切的速度 V_n 垂直于刃线方向^[6]。

本设计的切碎刀选择直刀片,具有滑切性能好、颗粒细小、产量高、能耗低的优点。此外,通过适当加大刀轴上动刀的质量进而增大刀轴在高速运转时的转动惯量,以降低因秸秆切割时的阻力变化而导致的运动不平衡的变化浮动,可以让秸秆的切碎效果达到最优。刀片的可工作宽度区域应进行淬火处理,硬度为 47~56 HRC,不淬火的区域硬度为 28 HRC,与动刀刀口垂直的直线与动刀刀口的表面之间的夹角为 $2^\circ\sim 4^\circ$ 。

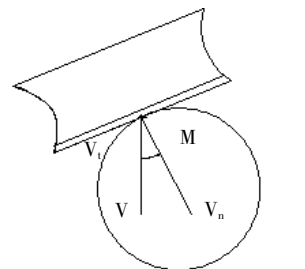


图 3 切碎刀滑切运动分析

2.3 抛送筒高度的确定

切碎秸秆的抛送高度与抛送叶片的圆周速度有很大关系,抛送高度可用公式(1)进行计算:

$$H = \frac{\eta_h v_p^2}{2g} \quad (1)$$

式(1)中, η_h 为与抛送筒管壁发生摩擦而降低抛送高度

的系数,通常为 0.20~0.35,本设计取 0.3; v_p 为抛送叶片的圆周速度, m/s; g 为重力加速度,此处取 9.8 m/s^2 ;将数据代入公式(1),可得出抛送高度 H 为 4.3 m。

3 物料输送过程分析

3.1 螺旋输送滚筒力学分析

螺旋输送滚筒动力由发动机通过带轮、皮带传动。为了便于分析,将螺旋叶片上的物料简化为质点进行研究,假设物料与物料之间不会产生相对滑动^[9]。物料在螺旋输送机中主要受到重力、摩擦力及螺旋叶片的推力,其受力如图 4 所示。

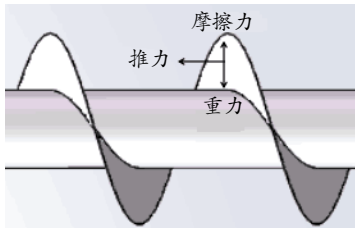


图 4 物料受力分析

3.2 螺旋输送滚筒转速的计算

螺旋输送滚筒的转速与喂入量密切相关,其计算公式如下:

$$n = \frac{A}{\sqrt{D}} \quad (2)$$

式(2)中, A 为物料的综合特性系数,取 $A=60^{[1]}$; D 为螺旋叶片外径。计算得螺旋输送滚筒转速为 115.5 r/min 。设计时取螺旋输送滚筒的转速为 120 r/min 。

3.3 风机叶片半径的计算

位于螺旋轴末端的是风机叶片,风机主要负责将秸秆抛送到二级粉碎装置。为了达到工作的效果,风机叶片最大线速度应达到 3.5 m/s ,设计计算风机叶片的半径 R 应满足公式(3):

$$R = \frac{v}{2\pi n} \quad (3)$$

式(3)中, v 为风机叶片最大线速度; n 为风机轴转速。经计算,风机叶片半径设计时取 290 mm 。

4 螺旋输送轴动力学分析

螺旋输送轴材料选用碳素结构钢 Q235,定义模型材料属性,材料参数为材料密度 7850 kg/m^3 ,泊松比 0.3,弹性模量 $E=210 \text{ GPa}^{[9]}$ 。添加约束与载荷,在轴两端添加固定约束,在螺旋叶片上添加载荷,如图 5 所示。

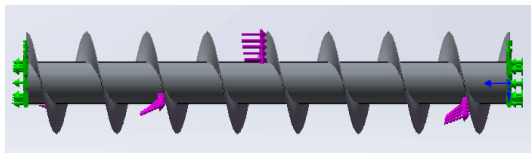


图 5 约束及载荷施加示意图

将螺旋输送轴模型划分为若干个四面体网格,网格划分的大小直接影响到后续的计算速度与计算精度^[8]。网格模型如图 6 所示,应力分析如图 7 所示,位移分析结果如图 8 所示。

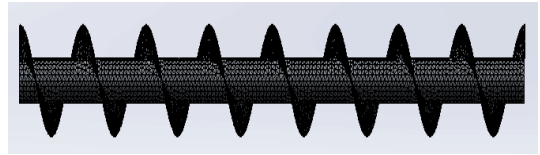


图 6 网格划分

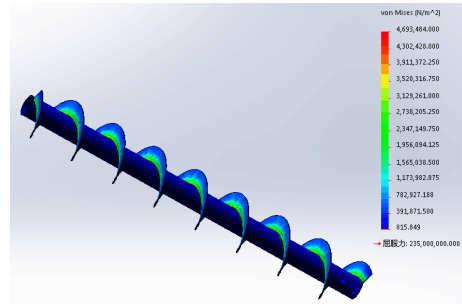


图 7 应力分析结果

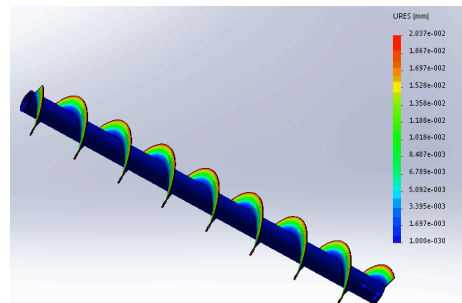


图 8 位移分析结果

5 结论

本文设计并分析了秸秆捡拾压块装包一体机螺旋输送装置,结果表明,螺旋输送轴叶片根部受到应力最大^[9-10],叶片顶部变形位移最大,应加强输送轴叶片根部和顶部的强度^[11-13]。

6 参考文献

- [1] 左旭,王红彦,王亚静,等.中国玉米秸秆资源量估算及其自然适宜性评价[J].中国农业资源与区划,2015,36(6):5-10.
- [2] 张亮,陈立东,李树珍,等.秸秆捡拾打包一体机切碎抛送装置的设计[J].现代农业,2017,452(3):62-63.
- [3] 孙明伟.秸秆捡拾压块装包一体机关键部件设计及仿真[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2017.
- [4] 中国农业机械化科学研究院.农业机械设计手册(下册)[M].北京:中国农业科学技术出版社,2007.
- [5] 李传峰,周岭,王红飙,等.2zl-500 型犁刀式青贮饲料切碎机的设计[J].农机化研究,2012(8):169-173.
- [6] 李文荣.土压平衡盾构螺旋输送机配置选型研究[J].机械,2012(10):29-33.
- [7] 赵敏,潘英民,卢亚平,等.石油压裂液混配车上料系统及发液系统[J].有色金属,2003,55(4):156-159.
- [8] 丁源.Solidworks 2016 中文版从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2017.
- [9] 童一宁,楼婷婷,姚爱萍,等.CXC-701 型枝条秸秆粉碎机设计[J].农业开发与装备,2018(7):102.
- [10] 郭茜,张西良,徐云峰,等.基于 EDEM 的番茄秸秆切割性能仿真及试验研究[J].排灌机械工程学报,2018,36(10):1017-1022.
- [11] 徐志强,郭辉,陈恒峰,等.棉秆碎锤片式粉碎机的设计及有限元分析[J].农业科技与装备,2018(3):25-27.
- [12] 李浩,沈卫强,班婷.我国秸秆利用技术及秸秆粉碎设备的研究进展[J].中国农机化学报,2018,39(1):17-21.
- [13] 马彩龙.9RS-2 型秸秆揉搓机的改进设计[D].兰州:甘肃农业大学,2018.