

李 辉, 吕晓兰, 梅 松, 等. 基于 Solidworks 的果园施肥机中螺旋投料系统设计[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 214–217.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.060

基于 Solidworks 的果园施肥机中螺旋投料系统设计

李 辉¹, 吕晓兰¹, 梅 松², 常有宏³, 王中华³, 杨青松³

(1. 江苏省农业科学院农业设施与装备研究所, 江苏南京 210014; 2. 农业部南京农业机械化研究所, 江苏南京 210014;
3. 江苏省农业科学院果树研究所, 江苏南京 210014)

摘要:针对果园施肥机工作要求以及投送物料特性, 设计一种卧式等螺距螺旋给料搅龙。对装置进行理论计算, 并开发设计“螺旋搅龙快速计算系统”, 简化设计流程, 完成螺旋直径为 90 mm、螺距为 72 mm、螺旋轴外径为 36 mm、螺旋转速为 85 r/min 的给料搅龙设计; 使用 Solidworks 进行三维实体造型, 利用 Solidworks simulation 进行三维实体的静力与模态分析, 最大应力小于屈服应力, 螺旋给料搅龙第一阶频率, 即基本频率为 336.59 Hz, 满足设计与使用要求。本研究将提高果园施肥机的工作可靠性与稳定性, 并可为其他螺旋输送机构的设计提供参考。

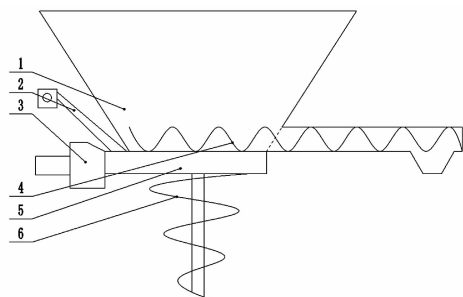
关键词:果园施肥机; 螺旋投料系统; Solidworks; 螺旋给料搅龙; 最大应力; 屈服应力; 有限元分析

中图分类号: S224.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0214-03

随着现代工农业的迅速发展和生产规模的扩大, 物料输送已成为生产中的重要流程之一, 螺旋输送装置是现代工农业生产中用途较广的一种输送设备, 主要用于输送粉状、颗粒和小块状物料, 它可以在水平、倾斜以及垂直方向上输送物料。基于螺旋输送装置的给料特性, 在果园开沟施肥机的设计中采用螺旋投料装置, 以实现精确快速投料。

1 螺旋给料搅龙理论设计

本研究根据物料和果园施肥机的投料要求设计一种卧式等螺距螺旋给料搅龙(图 1), 要求投料效率 $Q=0.75$ t/h, 搅龙长 $L=750$ mm, 输送物料为颗粒料, 肥料堆积密度 $\lambda=1.0$ t/m³, 填充系数 $\Phi=0.33$, 综合特性系数 $A=46$ 。主要设计参数为螺旋直径 D 、螺距 S 、螺旋轴直径 d 以及转速 n 等。



1—料箱; 2—悬挂系统; 3—动力系统; 4—螺旋投料系统;
5—机架; 6—开沟系统

图1 施肥机结构简图

1.1 螺旋叶片直径

螺旋叶片是螺旋搅龙^[1-5]的主要组成部分, 它将确定输送量和装置整体结构尺寸, 要求螺旋搅龙能够连续、精确地给料, 因此本研究螺旋叶片选用满面型螺旋。

$$Q=3600F\lambda\times v\times\varepsilon。 \quad (1)$$

式中: Q 为螺旋搅龙投料效率, t/h; F 为料槽内饲料层横截面积, m²; λ 为饲料的单位容积质量, t/m³; v 为饲料在料槽内的轴向移动速度, m/s; ε 为倾斜输送系数。

$$F=\pi\phi D^2/4; \quad (2)$$

$$v=S\pi/60。 \quad (3)$$

$$Q=47D^2\times S\times n\times\phi\times\lambda\times\varepsilon。 \quad (4)$$

由经验公式 $S=K_1D$, K_1 为螺距与螺旋叶片直径的比例系数, 一般取 $K_1=0.8$, 为此

$$Q=47K_1\times A\times\phi\times\lambda\times\varepsilon\times D^{5/2}。 \quad (5)$$

所以

$$D=\left(\frac{Q}{47K_1\times A\times\phi\times\lambda\times\varepsilon}\right)^{2/5}\approx 71。 \quad (6)$$

为便于生产加工, 螺旋叶片直径 D 圆整为系列标准, 取 $D=90$ mm。

1.2 螺距

由经验公式计算螺距:

$$S=K_1D。 \quad (7)$$

该装置水平布置取 $K_1=0.8$, 为此螺距 $S=K_1D=0.8\times 90=72$ mm。

1.3 螺旋转速

在满足输送要求下螺旋转速不宜过高, 因为转速超过一定的极限值后, 饲料会因离心力过大而向外抛, 以致无法输送。为此应确保螺旋转速 $n\leq n_{\max}$, 由式(4)可得

$$n=\frac{Q}{47D^2\times S\times\phi\times\lambda\times\varepsilon}\approx 82.88\text{ r/min}。$$

同时,

$$n_{\max}=\frac{A}{\sqrt{D}}\approx 153\text{ r/min}。$$

收稿日期: 2016-07-04

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1023]; 江苏省农机三新工程(编号: NJ2016-09); 国家梨产业技术体系建设专项(编号: CARS-29-18)。

作者简介: 李 辉(1987—), 男, 河南永城人, 硕士, 助理研究员, 主要从事果园机械装备设计与优化。E-mail: lh_shzu@sina.com。

通信作者: 常有宏, 研究员, 主要从事果园设施与装备研究。

E-mail: cyh@jaas.ac.cn。

所以,圆整螺旋转速为 $n = 80 \text{ r/min}$ 。

验证填充系数可知,在推荐范围内,所以圆整合理。

1.4 螺旋轴直径

螺旋轴直径与螺距有关,二者共同确定了螺旋升角。根据经验公式 $d = (0.2 \sim 0.35) D$,为此螺旋轴直径 d 的取值范围为 $18.0 \sim 31.5 \text{ mm}$ 。因为在螺旋轴内圆将设有轴肩和键槽,同时将承受传动扭矩,为此取螺旋轴直径 $d = 36 \text{ mm}$ 。

2 螺旋搅龙快速计算系统

由于螺旋投料搅龙主要参数的设计与动力系统的计算涉及参数较多,计算较为复杂、繁琐,本研究利用 VB. NET 开发了螺旋搅龙设计软件(图 2),可实现对设计量的计算、校验,设计量圆整和标准化后的反计算以及动力系统的计算与选择等简化了计算流程(图 3),提高了开发设计效率。



图2 系统界面

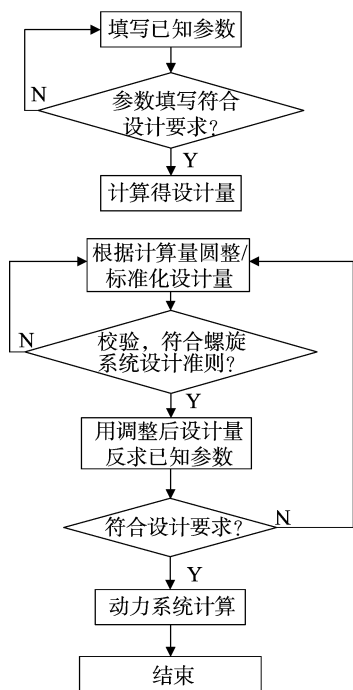


图3 系统工作流程

设计量经圆整和标准化后进行调整计算,实际输送量为 0.77 t/h ,所需电机功率为 123 W ,满足工作要求。

3 螺旋给料搅龙的仿真分析

理论计算后利用现代设计手段对螺旋投料搅龙进行静力与模态分析,验证是否满足设计与使用要求。使用 Solidworks

进行实体建模,利用 Solidworks simulation 进行几何体的静力与模态分析。Solidworks simulation 是一款基于有限元技术的设计分析软件,可与 Solidworks 无缝集成。

3.1 螺旋搅龙建模

采用 Solidworks simulation 对螺旋搅龙进行静力学特性分析。首先使用 Solidworks 建立螺旋搅龙的三维实体模型(图 4),建模过程中对模型进行简化;然后利用 Solidworks simulation 进行网格划分(图 5),用二阶实体四面体单元划分几何体,采用基于曲率的高品质网格,网格节点总数 $81\,541$ 个,单元总数 $39\,971$ 个。

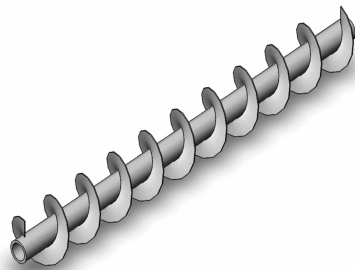


图4 实体模型

3.2 约束与载荷

3.2.1 约束边界条件 在螺旋给料搅龙中螺旋叶片与螺旋轴是焊接为一体,螺旋叶片是全约束在螺旋轴上,为此,在对螺旋搅龙添加约束时,只须对螺旋轴进行边界约束^[6],在螺旋轴的使端添加 X 、 Y 、 Z 等 3 个方向位移全约束,螺旋轴末端添加 X 、 Y 等 2 个方向的位移约束, Z 向为螺旋轴的轴向。

3.2.2 载荷 物料在输送过程中实际受力较为复杂,本研究

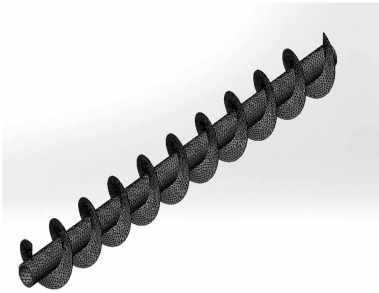


图5 实体网格

假设将单颗物料颗粒简化为质点,且物料颗粒间不产生滑移,取距离螺旋轴线 R 处螺旋叶片上物料颗粒为研究对象,该处螺旋升角为 α ,则物料颗粒受到螺旋叶片的方向推力 N_1 ,并在二者接触面沿螺旋叶片切线方向产生切向摩擦力 f_1 ,由于摩擦力 f_1 使得发向推力 N_1 偏转 1 个角度,即为合力 F ,偏离的角度近似等于小麦物料颗粒的外摩擦当量角 ρ 。合力 F 分解为轴向力 F_z 与周向力 F_T 。

为此,由图 6 可知轴向力 F_z 与周向力 F_T 为:

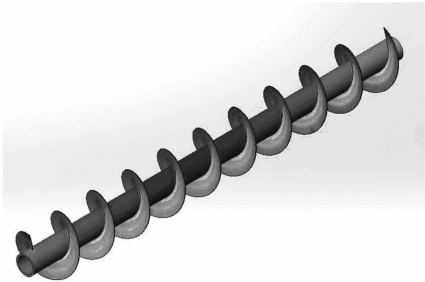
$$F_z = F \cos(\alpha + \rho);$$
$$F_T = F \sin(\alpha + \rho)。$$

式中: $\alpha = \tan^{-1}(\frac{S}{2\pi R})$, $\rho = \tan^{-1}\mu_1$, μ_1 为物料颗粒与螺旋面的摩擦系数, R 为质心半径,质心半径近似可取螺旋叶片到螺旋中心线的平均距离^[7],即 $R_y = (R + r)/2$, R 和 r 分别为螺旋叶片外径和内径,为此,质心半径 $R_y = 31.5$ mm。

将已知参数代入可得 $\alpha = 19.999\ 8^\circ$, $\rho = 19.29^\circ$ 。其中

$$F_T = \frac{T}{R}, T = \frac{9\ 549P}{nR}。$$

由公式得, $F_T = 947.321\ 4$ N, $F_z = 1\ 158.094\ 6$ N。



a. 应力变化云图

螺旋叶片所受切向力,即摩擦力 $f_1 = F_{\sin\rho}$ 。由 F_z 与 F_T 可得, $f_1 = 494.193\ 4$ N。

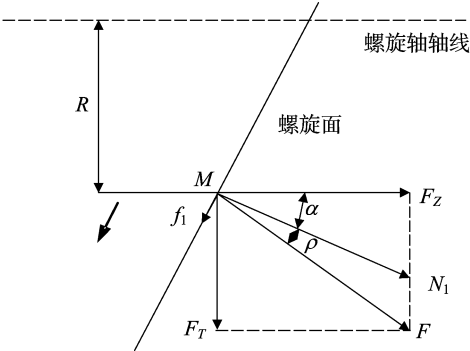


图6 受力分析

3.3 材料与属性

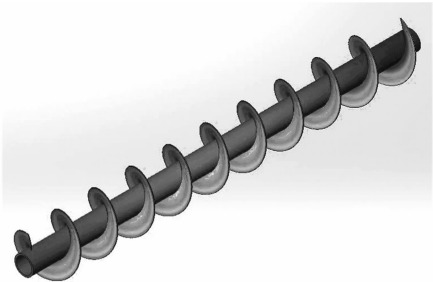
本设计采用材料为普通碳钢,其相关材料属性如表 1 所示。

表 1 材料属性

材料	弹性模量 (MPa)	泊松比	密度 (kg/m ³)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)
普通碳钢	2.10×10^5	0.28	7.80×10^3	220.59	399.83

3.4 计算与分析

通过建立有限元模型进行线性静力分析^[8-12],从运算结果可知装置最大应力小于屈服应力,符合设计与使用要求;而且从应力变化云图(图 7-a)可知,越靠近螺旋叶片根部综合等效应力值越大,越靠近螺旋叶片边缘综合等效应力值越小,所以在螺旋叶片的根部越容易发生破坏。从位移变化云图(图 7-b)可知,螺旋叶片边缘容易发生变形,螺旋叶片根部基本没有发生变形,最大位移发生在螺旋叶片边缘,最大变化量为 0.06 mm,满足使用要求。



b. 位移变化云图

图7 变化云图

3.5 模态计算与分析

在螺旋投料搅龙模态分析中使用与静力分析同样品质的网格,对几何体进行六阶频率分析,由表 2 可知,其基本频率为 336.59 Hz,由于螺旋给料搅龙工作转速为 80 r/min,即 1.33 Hz,远远小于装置基本频率,所以不可能发生共振破坏现象。

4 结论

完成了果园施肥机中螺旋投料系统的理论计算,并通过现代设计手段对装置进行静力与模态分析,确保装置满足设计与使用要求;为实现螺旋系统的快速计算,利用VB.NET

表 2 六阶频率

模式	频率 (Hz)
1	336.59
2	336.61
3	893.33
4	893.42
5	937.21
6	973.35

开发了“螺旋搅龙快速计算系统”,可实现螺旋搅龙主要设计量与动力系统的快速计算与校验,简化了繁琐的计算过程;通过静力学分析可知,装置螺旋叶片根部易发生应力集中,可通

施 珮,袁永明,张红燕,等. GRNN 和 Elman 神经网络在水体溶解氧预测中的应用[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):217-221.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.061

GRNN 和 Elman 神经网络在水体溶解氧预测中的应用

施 珮,袁永明,张红燕,贺艳辉

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心/农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室,江苏无锡 214081)

摘要:针对池塘溶解氧浓度受较多因素影响的复杂性,选择基于广义回归网络(general regression neural network,简称 GRNN)、Elman 神经网络和 BP(back propagation)神经网络算法构建关于溶解氧的预测模型,并将模型应用于水产养殖池塘溶解氧的预测中,力求找到能够长期预测池塘溶解氧浓度的有效方法。研究表明,GRNN 和 Elman 神经网络模型的拟合效果均比 BPNN(back propagation neural network)的拟合效果好,且有较高的预测精度,平均相对误差绝对值分别为 7.48%、11.03%。同时,GRNN 和 Elman 网络模型的算法稳定,计算复杂性低,因此 2 个模型适合对溶解氧浓度进行预测,有一定的应用价值,可以为水产养殖管理提供依据。

关键词:溶解氧;GRNN 神经网络;Elman 神经网络;BP 神经网络;水产养殖管理

中图分类号: S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0217-05

溶解氧是水产养殖中影响鱼类生长的重要因素之一,溶解氧浓度低或缺氧都会严重威胁鱼类的生长,甚至导致其大量死亡^[1]。因此,实现对溶解氧浓度的自动采集和预测对水产养殖行业意义重大。预测溶解氧浓度是水产养殖管理中的一项基础工作,在池塘缺氧前实时预测溶解氧浓度并采取增氧措施能有效降低渔民损失,创造更大的价值。目前,国内外学者对溶解氧的预测已经展开了大量的研究。郭连喜等在分析池塘溶解氧影响因素的基础上,利用模糊神经网络建立了池塘溶解氧的模糊神经网络预测模型^[2];李少博等提出了主成分方法和 BP(back propagation)神经网络结合的水体溶解

氧预测模型^[3];马从国等应用 RBF 神经网络良好的非线性逼近能力,引入遗传算法完成参数优化,从水温、水流量、pH 值和增氧机转速 4 个方面来完成池塘的溶解氧预测^[4];马晓涛等利用时间序列模型与径向基函数(radial basis function,简称 RBF)神经网络模型形成的组合模型完成了溶解氧浓度的预测^[5];罗华军等提出基于小波分析和支持向量机(support vector machine,简称 SVM)回归方法的水库溶解氧预测模型,并将这个模型的预测结果与 SVM 回归方法的预测结果进行对比^[6];Heddarn 提出基于去噪方法的自适应模糊神经网络水体溶解氧预测模型,并将其预测结果与多元线性回归模型进行比较分析^[7];Liu 等提出利用 Elman 神经网络模型快速地建立溶解氧浓度预测模型,并对水域环境进行评价^[8]。

本研究以广义回归神经网络(general regression neural network,简称 GRNN)与 Elman 神经网络为溶解氧的预测模型,并将 BP 神经网络模型与之进行预测对比,从气象因子和水产养殖环境因子^[9]2 个方面完成对模型的预测,以期避免 BP 预测模型极易陷入局部极值点的缺点,为水产养殖的管理和自动化控制提供理论依据,及时预防缺氧情况的发生。

收稿日期:2016-06-21

基金项目:现代农业产业技术体系专项(编号:CARS-49);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号:2015JBFM22)。

作者简介:施 珮(1988—),女,安徽宣城人,博士研究生,助理研究员,研究方向为渔业信息化。Tel:(0510)85550245;E-mail:ship@ffrc.cn。

通信作者:袁永明,研究员,研究方向为渔业经济与渔业信息。Tel:(0510)85569021;E-mail:yuan@ffrc.cn。

过增大螺旋叶片根部面积改善应力集中现象,可将叶片矩形截面改为梯形截面,为以后相关设计积累经验。

参考文献:

- [1] 蒙贺伟,高振江,坎 杂,等. 等径变螺距奶牛精确饲喂给料装置设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(3):103-107.
- [2] 李含锋,陈伟旭,马 君,等. 9JLT-10 全混日粮搅拌机及搅龙设计[J]. 农机化研究,2010,32(1):131-133.
- [3] 代林波,刘武发,曹 沛. 母猪精确饲喂装置下料机构的设计与有限元分析[J]. 中国农机化,2012,244(6):158-161.
- [4] 李 辉,蒙贺伟,高振江,等. 散粒物料螺旋给料试验台设计[J]. 农机化研究,2011,33(6):66-69.
- [5] 贾朝斌. 螺旋输送机参数设计及其优化方法研究[D]. 太原:太原理工大学,2015.

- [6] 王东霞. 螺旋输送机的数值分析及优化设计的研究[D]. 郑州:河南工业大学,2012.
- [7] 蒋凯平,杨忠炯. 新型反应釜釜内螺旋叶片强度分析与疲劳寿命预测[J]. 机械设计与制造,2007(2):26-27.
- [8] 王铁流,郭晓梅,张青娥,等. 螺旋输送机螺旋体的有限元分析与优化设计[J]. 煤矿机械,2012,33(12):14-16.
- [9] 孔令德,季新培,王 鹰,等. 螺旋输送机螺旋体挠度有限元分析[J]. 江苏理工大学学报,1996,17(5):1-9.
- [10] 张毅杰,孔令琼,施 杰,等. 螺旋钻杆的有限元分析及运动仿真[J]. 煤矿机械,2013,34(6):74-77.
- [11] 毛平淮,边永梅,叶 琦. 淤煤装载机螺旋滚筒的有限元分析[J]. 机械设计,2007,24(11):52-55.
- [12] 夏俊芳,贺小伟,余水生,等. 基于 ANSYS/LS-DYNA 的螺旋刀辊土壤切削有限元模拟[J]. 农业工程学报,2013,29(10):34-41.