肖靖毅,葛 云,韩丹丹,等. 机采棉静电喷雾机的设计及关键部件仿真分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):386 - 388.
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2015.04.136

机采棉静电喷雾机的设计及关键部件仿真分析

肖靖毅, 葛 云, 韩丹丹, 杨卫锋
(石河子大学机械电气工程学院,新疆石河子 832000)

摘要:针对机采棉脱叶催熟剂喷洒效果不理想的问题,运用静电喷雾原理,并结合气流辅助喷雾技术,研制出 1 种与拖拉机配套使用、附着率高、对环境污染少,适用于棉花脱叶催熟剂喷洒的机采棉静电喷雾机。利用三维软件对整机关键部件进行实体建模,运用有限元分析软件对悬挂架进行静力学分析,采用流体仿真软件对输风风道进行流场模拟,结果表明,机采棉静电喷雾机可以对脱叶催熟剂起到良好的喷洒效果,具有较好的推广前景。

关键词:机采棉;喷雾;静力学分析;流场模拟;仿真分析
中图分类号: S491 **文献标志码:** A **文章编号:**1002 - 1302(2015)04 - 0386 - 03

新疆维吾尔自治区作为中国棉花的主要产区之一,棉花种植面积、产量连续多年居全国第一,在全国棉花种植业中占有重要的地位[1]。随着棉花种植面积的不断扩大,机械采棉在棉花收获作业中的地位越来越重要,具有广阔的发展前景[2]。众所周知,棉花采摘前须喷洒脱叶催熟剂以降低棉花的含杂率[3],而药液喷洒的效果直接影响棉花质量的高低。目前,由于适用于机采棉脱叶催熟剂的喷雾机主要采用“雨淋式”方式喷洒药物,药液喷雾量大、雾滴粗,在作物表面难以沉积,特别是叶片背面及隐蔽部位难以实现有效附着,造成农药浪费,同时污染了环境[4]。随着机采棉种植面积的不断增加,喷洒脱叶催熟剂效果不理想的问题日益突出,导致棉花含杂率上升、质量下降,严重影响棉农的经济效益。

本研究基于静电感应原理[5],结合气流辅助喷雾[6]及管路静电等技术,设计出一种适用于喷洒棉花脱叶催熟剂的机采棉静电喷雾机,该机器具有“静电回绕”现象[7],实现了对叶片背面及隐蔽部位的有效附着,提高了作业效率与农药利用率。

1 整体设计

1.1 整机结构

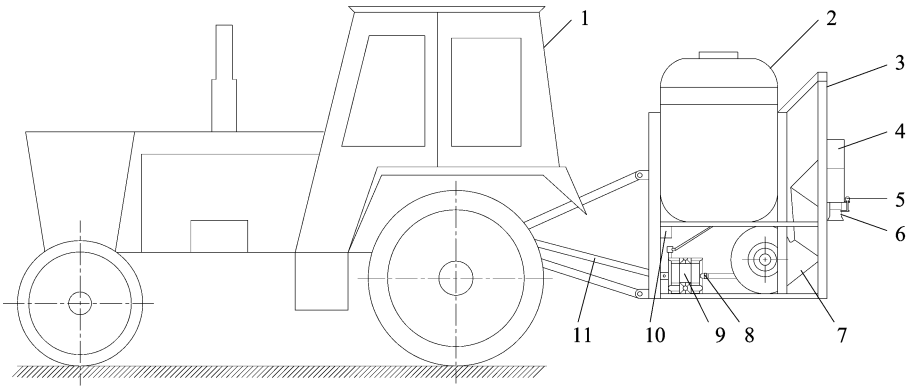
机采棉静电喷雾机主要由悬挂架、输液系统、风送系统与静电系统等构成,其中输液系统由药液箱、输液管道、药液泵、弥雾可调喷头组成[8],风送系统由输风风道、离心风机组成,静电系统由高压静电发生器、感应线圈组成。机采棉静电喷雾机整机布置于悬挂架上,通过三点悬挂置于拖拉机后部(图 1),药液泵动力由拖拉机后动力输出轴提供,静电系统电

收稿日期:2014 - 05 - 14
基金项目:新疆八师石河子市中小企业专项(编号:2012QY04)。
作者简介:肖靖毅(1988—),男,新疆哈密人,硕士,主要从事先进制造技术研究。E - mail:1340239029@qq.com。
通信作者:葛 云,硕士,副教授,主要从事机械设计制造及自动化研究。E - mail:gy_shz@163.com。

大,叶片上落灰多,影响枣叶图像质量和枣叶含水率的精确度;(2)部分叶片采集图像时,局部反光,出现亮点,影响枣叶图像颜色特征的提取;(3)枣叶图像的降噪算法可能影响枣叶含水率估算模型的精度。在后续研究中,应找出相关的解决办法,优化估算模型,也可变换角度,分析枣叶图像的灰度特征与枣叶含水率的相关性,挖掘出与枣叶含水率关系更为显著的特征量。

参考文献:

[1]康绍忠,蔡焕杰,冯绍元. 现代农业与生态节水的技术创新与未来研究重点[J]. 农业工程学报,2004,20(1):1 - 6.
[2]彭 文,李庆武,霍冠英,等. 基于计算机视觉的植物水分胁迫状况监测方法[J]. 科学技术与工程,2013,13(9):2313 - 2317,2330.
[3]Ahmad U,Mardison S,Tjahjohutomo R,et al. Development of automatic grading machine prototype for citrus using image processing[J]. Australian Journal Agricultural Engineering,2010,1(5):165 - 169.
[4]梁改梅,杨锦忠,陈稳良,等. 计算机图像处理与分析技术在作物领域的应用[J]. 科技情报开发与经济,2006,16(12):222 - 224.
[5]Romano G,Baranyai L,Gottschalk K,et al. An approach for monitoring the moisture content changes of drying banana slices with laser light backscattering imaging[J]. Food and Bioprocess Technology,2008,1(4):410 - 414.
[6]于常乐. 基于图像处理的叶片含水量的无损检测研究[D]. 长春:吉林大学,2007.
[7]孙瑞东,于海业,于常乐,等. 基于图像处理的黄瓜叶片含水量无损检测研究[J]. 农机化研究,2008(7):87 - 89.
[8]蔡鸿昌,崔海信,高丽红,等. 基于颜色特征的叶片含水率与比叶重估算模型初探[J]. 中国农学通报,2006,22(8):532 - 535.
[9]王方永,王克如,王崇桃,等. 基于图像识别的棉花水分状况诊断研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2007,25(4):404 - 407.
[10]杜丽美. 几种常见的图像去噪算法研究[J]. 山西大同大学学报:自然科学版,2012,28(5):7 - 9.
[11]甘露萍,谢守勇,邹大军. 基于计算机视觉的烤烟鲜烟叶含水量无损检测及 MATLAB 实现[J]. 西南大学学报:自然科学版,2009,31(7):166 - 170.
[12]Zakaluk R,Ranjan R S. Artificial neural network modelling of leaf water potential for potatoes using RGB digital images:a greenhouse study[J]. Potato Research,2006,49(4):255 - 272.



1—拖拉机；2—药液箱；3—悬挂架；4—输风风道；5—输液管道；6—喷头；7—离心风机；8—感应线圈；9—药液泵；10—高压静电发生器；11—动力输出轴

图1　机采棉静电喷雾机结构示意

源由拖拉机电力系统提供,离心风机动力由拖拉机液压系统提供(图 2)。

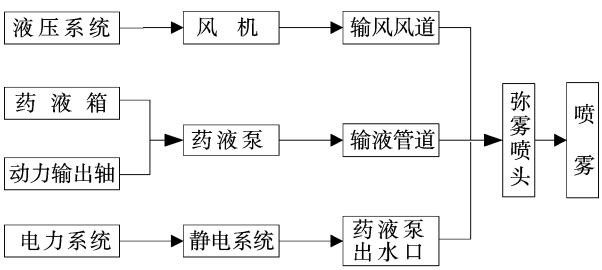


图2　机采棉静电喷雾机系统体系的组成

1.2　工作原理

机采棉静电喷雾机采用静电喷雾与气流辅助喷雾相结合的工作原理,即将压力雾化与静电雾化相结合,利用静电感应使药液雾滴感应荷电,并采用气力辅助雾化技术,以增加雾滴附着性能、减少农药流失。具体工作过程为:药液泵利用拖拉机动力输出轴提供的动力,将药液从药液箱中抽出,通过输液管道送向喷头,在喷头处设置风送系统以增强雾滴的穿透性,同时在药液泵出水口处设置环形感应电极,利用感应荷电方式,对进入输液管道的药液进行感应充电,使静电喷雾与辅助气流在喷头处汇合,形成风送式静电喷雾(图 3)。

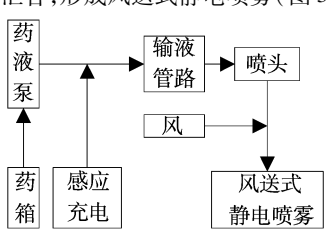


图3　机采棉静电喷雾机的工作原理

1.3　主要技术参数

机采棉静电喷雾机主要技术参数为:工作状态时的外形尺寸(长×宽×高)为 11.2 m×1.834 m×1.731 m,运输状态时的外形尺寸为 3.94 m×1.12 m×1.731 m,药箱容积 1 800 L,配套动力 55.9 kW,工作压力 0.15~0.40 MPa,液泵最大压力 3 MPa,喷幅 11.82 m,工作效率 5~8 km/h。

2　关键部件设计

2.1　悬挂架

悬挂架作为喷雾机与拖拉机连接的中间环节,是整机的基础与主要承重部件,须满足药箱、离心风机、输风风道及药液泵等部件的承重要求。悬挂架主要由 Q235 钢焊接而成(图 4),在悬挂架上布置风机、输风风道、离心风机、药箱等部件,悬挂架前方通过支撑梁的 3 个销轴孔与拖拉机三点悬挂相连,形成机械负载状态。利用 Ansys 软件对悬挂架进行静力学分析,结果表明,悬挂架弯曲变形为 0.445 82 mm,最大应力为 11.91 MPa(图 5、图 6),弯曲变形较小,具有良好的承载能力。

2.2　输风风道

输风风道是连接离心风机与喷头的重要部件,离心风机所产生的风通过输风风道送向喷头,与喷雾融合,达到气力辅助输送的目的。利用 Solidworks 软件对输风风道进行三维实体建模(图 7);将三维实体模型导入 Gambit 前处理器,以输风风道入口作为速度入口,输风风道出口作为压力出口,完成对零件的网格划分与边界条件定义;将零件导入 CFD 流体仿真软件 Fluent 中进行求解,得到输风风道压力云图(图 8)、输风风道速度云图(图 9)、输风风道出口速度云图(图 10)。由图 8 至图 10 可知:当输风风道入口初始风速为 10 m/s 时,输风风道出口最大风速为 15.5 m/s,并由外向内逐渐增大。

2.3　静电系统

雾滴带电是通过外加静电场实现的,而外加静电场的产生由静电系统提供,一般通过电源、高压静电发生器[9]与电极三者之间相互连接实现,其中高压静电发生器作为中间环节,一端与电源连接,一端与电极连接。静电喷雾机的静电系统采用直流负高压充电(图 6),高压静电发生器的输入电压为直流 12 V,最大输出电压为 30 kV;电极采用环形电极,一端与高压静电发生器相连,另一端接地,整体布置于药液泵出水口处,形成外加高压静电场,使液体荷电。静电系统工作示意图见图 11。

3　结论

运用静电喷雾原理结合气流辅助喷雾技术,研制出1种

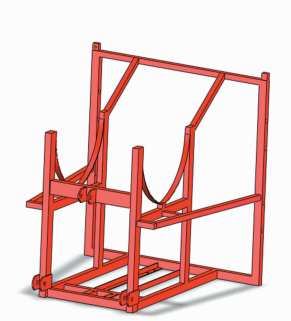


图4　悬挂架三维实体模型

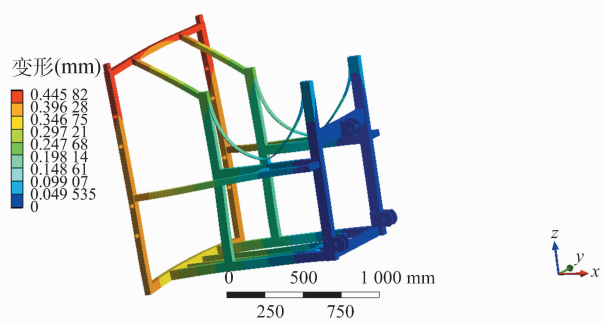


图5　悬挂架弯曲变形示意

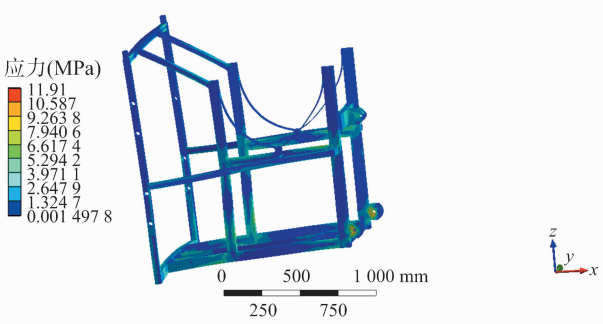


图6　悬挂架等效应力示意

图7　输风风道三维实体模型

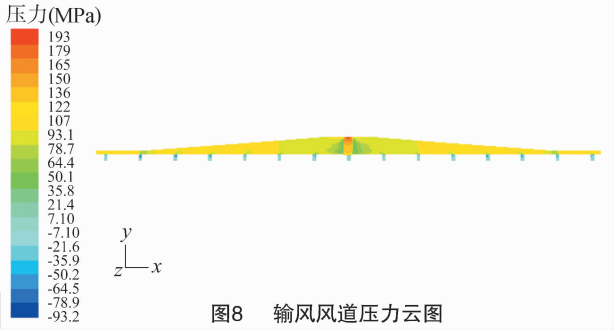


图8　输风风道压力云图

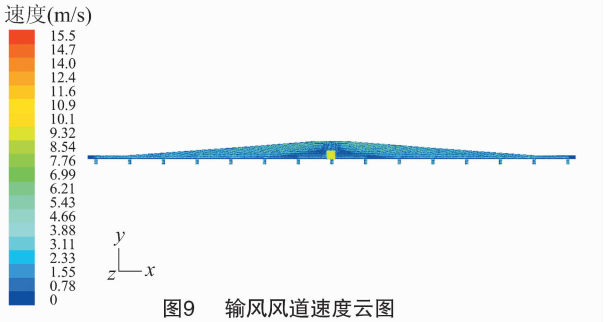


图9　输风风道速度云图

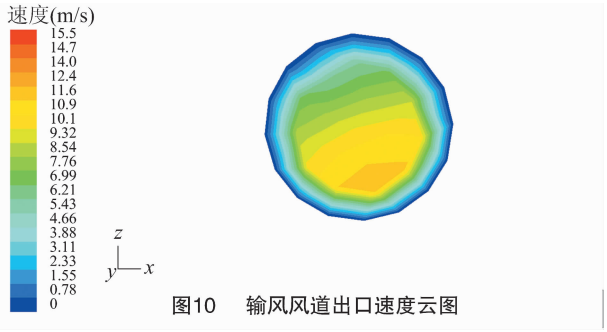


图10　输风风道出口速度云图

图11 静电系统工作示意

小型机载机采棉静电喷雾机，改变了现有机采棉静电喷雾机脱叶催熟剂喷洒效果不理想的现状。通过对整机及静电系统进行设计，对关键部件进行仿真分析，结果表明，机采棉静电喷雾机对机采棉脱叶催熟剂的喷洒效果良好，具有比较广阔的推广前景。

参考文献：

[1]宋淑然，洪添胜，刘洪山，等. 宽喷幅风送式喷雾机空间气流速度分布规律[J]. 农业工程学报，2013(24)：17－24.

[2]顾家冰. 风送式变量喷雾机气液两相流及雾化的试验研究[D]. 南京：南京农业大学，2012.

[3]代亚猛，周　艳，贾首星，等. 3 种孔径的静电喷头喷雾性能比较[J]. 江苏农业科学，2013，41(9)：358－360.

[4]戴奋奋. 风送喷雾机风量的选择与计算[J]. 植物保护，2008，34(6)：124－127.

[5]周　艳，代亚猛，贾首星，等. 不同材质的静电喷头雾滴荷电性能比较[J]. 江苏农业科学，2013，41(10)：361－363.

[6]王军锋，张娟娟，王贞涛，等. 风幕式气力辅助静电喷雾沉积特性[J]. 农业机械学报，2012，43(2)：61－65.

[7]刘彦娜. 静电雾化过程的理论分析与数值模拟[D]. 上海：东华大学，2009.

[8]陈汇龙，赵英春. 感应荷电喷雾静电场与荷电特性分析[J]. 高电压技术，2010，36(10)：2519－2524.

[9]张　京，宫　帅，宋坚利，等. 气液两相感应式静电喷头性能试验[J]. 农业机械学报，2011，42(12)：107－110，120.