DOI:10.3724/SP.J.1238.2012.00451

棉花裸苗移栽机自动送苗机构的设计与仿真分析

符美军[1]，全腊珍[1,2*]，熊耐新[3]，李桂文[1]，邹运梅[1,2]

(1.湖南农业大学 工学院，湖南 长沙 410128；2.湖南省现代农业装备工程技术研究中心，湖南 长沙 410128；3.三一重工集团，湖南 长沙 410100)

摘　要：为解决当前棉花裸苗移栽机缺少自动送苗机构和移栽漏苗问题，针对富来威 2–ZQ4 型半自动棉花裸苗移栽机，设计了一种能自动完成棉苗的横向输送和纵向输送的自动送苗机构，并在此基础上设计了空苗检测控制系统。当检测系统检测出苗盘空穴时，控制系统控制送苗机构加速运动，使取苗机构的机械手能够正常取苗，减少棉苗漏栽。通过运动仿真分析，所设计机构的运动轨迹为“弓”字型，送苗间隔时间为 1.6 s，能够满足棉花裸苗移栽的要求。

关　键　词：棉花；裸苗移栽机；送苗机构；运动仿真；控制系统

中图分类号：S223.99　　文献标志码：A　　文章编号：1007–1032(2012)04–0451–04

Design of an automatic seedling feeder for bare-rooted cotton seedling transplanter and its simulation analysis

FU Mei-jun[1], QUAN La-zhen[1,2*], XIONG Nai-xin[3], LI Gui-wen[1], ZOU Yun-mei[1,2]

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Modern Agriculture Equipment Engineering Technology Research Center of Hunan Province, Changsha 410128, China; 3.Sany Heavy Industry Group, Changsha 410100, China)

Abstract: In order to feed the seedling automatically and to solve problem of seedling leakage，an automatic seedling feeder which can convey the cotton seedling horizontally and longitudinally according to granville2-ZQ4 type semi automatic bare-rooted cotton seedling transplanter. In addition, a control system for detecting seedling was designed, which accelerate the feeding speed when no seeding was detected, and enable the feeder catch the seedling normally without leaking. The motion simulation analysis showed that the motion trajectory of the designed seedling feeder is “bow” shaped and the interval for sending a seedling is 1.6 s, which could achieve the expected goal and satisfy the requirement of bare-rooted cotton seedling transplanter.

Key words: cotton; bare-rooted seedling transplanter; seedling feeder; motion simulation; control system

随着棉花无土育苗技术的不断成熟，棉花裸苗移栽面积逐年扩大，实现机械化裸苗移栽不仅能提高生产效率、节省成本，还能大大降低劳动强度。目前，国内所研制的棉花裸苗移栽机大都采取人工送苗方式，劳动强度大且生产效率低，而日本研制的全自动裸苗移栽机，价格昂贵且有漏苗现象[1]。笔者以南通富来威公司生产的 2–ZQ4 型半自动棉花裸苗移栽机为研究对象，拟设计一种能够实现横向和纵向送苗自动化的送苗机构，并加装苗盘空苗检测和送苗机构控制系统，减少因苗盘空苗而产生的漏苗现象。

收稿日期：2011–11–13

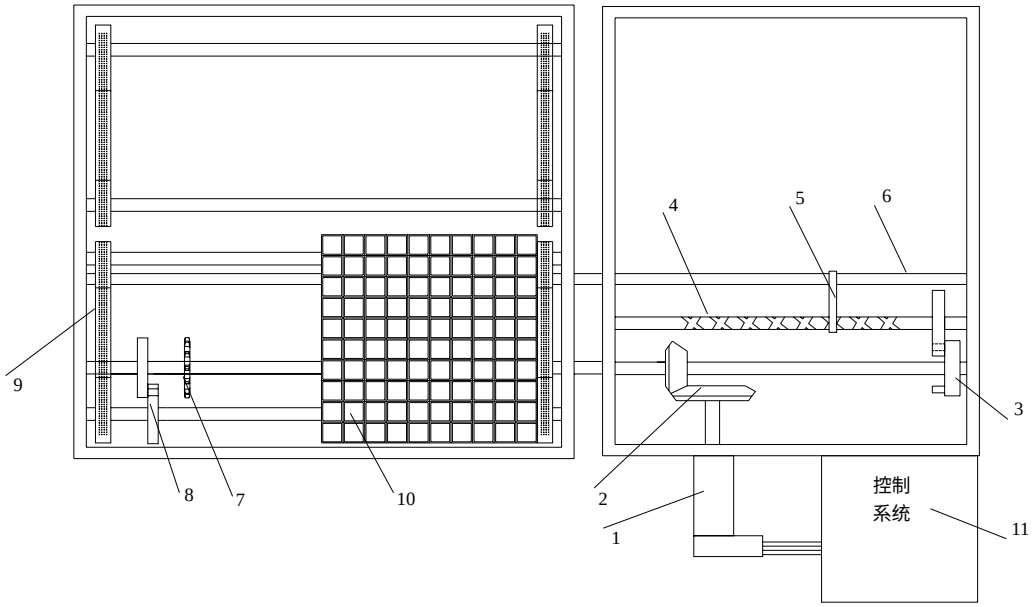
基金项目：湖南省财政厅项目(62021611009)

作者简介：符美军(1986—)，男，湖北荆州人，硕士研究生，主要从事农业机械设计研究，fmj861110@163.com；*通信作者，qlz2008@21cn.com

1 送苗机构的设计

1.1 送苗机构的工作原理

送苗机构结构如图 1 所示。机构工作时，由电机(自带减速器)带动送苗机构中的锥齿轮转动，一方面，锥齿轮带动三销槽轮运动，三销槽轮带动圆柱凸轮转动，凸轮机构带动连杆横向运动，连杆带动苗盘完成横向送苗；另一方面，锥齿轮带动链轮转动，链轮带动单销槽轮，单销槽轮带动同步带轮转动，由同步带轮带动苗盘完成纵向送苗。当苗盘中出现空穴时，由检测系统发信号给机构控制系统，控制电机加速转动，由送苗机构带动苗盘快速移动。



1 电机；2 锥齿轮；3 三销槽轮；4 圆柱凸轮；5 连杆；6 从动杆；7 链轮；8 单销槽轮；9 同步带；10 苗盘；11 控制系统。

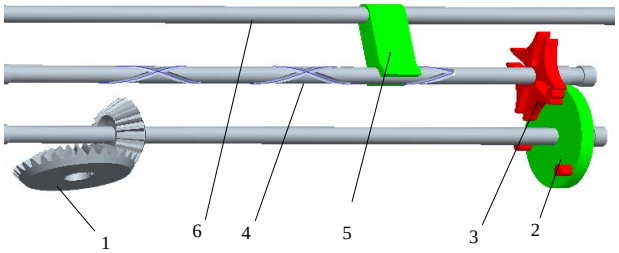
图 1 送苗机构结构示意图

Fig. 1 Send seedling mechanism structure diagram

选用湖南农业大学棉花科学研究所使用的 10 孔×10 孔规格苗盘作为试验苗盘，根据苗盘的大小和安装位置要求，设计长 750 mm、宽 750 mm、高 440 mm 的苗盘架，水平放置苗盘；根据苗盘的形状，送苗机构带动苗盘横向送完一行(10 株 330 mm)后，再纵向前进一格(间距 33 mm)，如此往复，移栽时棉苗苗盘呈“弓”字型运动轨迹。

1.2 横向送苗机构的设计

根据苗盘的运动轨迹，横向送苗机构需要完成往复直线间歇运动。采用槽轮机构完成间歇运动，圆柱凸轮机构完成循环往复直线运动，横向送苗机构如图 2 所示。



1 锥齿轮；2 拨盘；3 槽轮；4 圆柱凸轮；5 连杆；6 从动杆。

图 2 横向送苗机构

Fig. 2 Horizontal send seedlings institutions

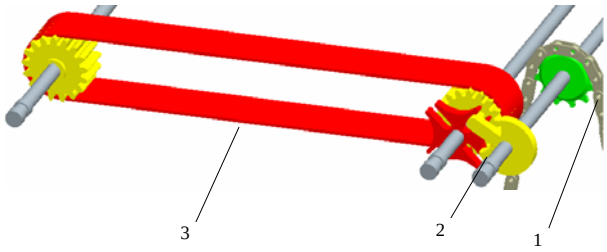
为了减少冲击，槽轮机构选择槽数 z =4 的外槽轮，圆销数 $n\in[1,4]$ [5]。当 n 取 1 和 2 时，效率较低；n 为 4 时无间歇时间，且容易发生干涉。为满足机构工作要求，提高工作效率，n 取 3。根据机构安装位置要求，取中心距 a=60 mm，计算得圆销转动半径 R=42.42 mm，销钉半径 r_1=7.7 mm，锁止

弧半径 r_2=30.1 mm。

为了将槽轮机构的圆周间歇运动转换成往复直线间歇运动，圆柱凸轮采用循环往复螺旋曲线轮廓凹槽[10]。苗盘放在与从动杆固连的苗盘架上，从动杆与连杆固连，连杆上的销钉与圆柱凸轮凹槽啮合。当槽轮机构作间歇转动时，由凸轮机构带动苗盘作往复直线间歇运动，完成横向送苗要求。

1.3　纵向送苗机构的设计

纵向送苗机构(图 3)由槽轮机构、带传动机构和链传动机构组成。



1　链轮；2　单销槽轮；3　同步带。

图 3　纵向送苗机构

Fig. 3　Longitudinal send seedlings institutions

选择槽数 z=4 的外槽轮，由于横向送苗 1 行(10 株)，纵向才送苗 1 株(间距 33 mm)，故圆销数 n 取 1，中心距选取 35 mm。计算得：圆销转动半径 R=24.74 mm，销钉半径 r_1=4.12 mm，锁止弧半径 r_2=18.15 mm。

为了防止皮带打滑，保证传动精度，采用同步带传动，并在带上增加一定数量和间距的凸缘。通过计算，取同步带轮分度圆半径 R=21 mm。根据需要链传动机构选用 08A 节距为 12.7 mm 的滚子链。当横向送苗 1 行后，同步带上的凸缘嵌入苗盘底部的凹槽中，带动苗盘纵向移动 1 格，完成纵向送苗。

2　送苗机构检测控制系统的设计

系统采用 Atmega–16 作为主控芯片，Maxon 牌 RE–35 直流伺服电机和 MLDS3610 型直流伺服驱动器作为动力驱动系统。

检测系统包括空苗信号检测和移栽机前进速度检测。为使移栽机速度与送苗机构速度匹配，采用光电传感器对移栽机速度进行检测，获得移栽机速度信号。机构输送时，行程开关固定不动，棉苗随着苗盘一起运动，棉苗茎秆触碰行程开关产生电信号，若有苗，则输出高电平“1”；若空苗，输出低电平“0”，完成对棉苗空苗与否的检测。

控制系统启动后，将移栽速度信号与空苗信号同时输入主控芯片进行运算，得到有苗和空苗时的电机转速信号，伺服驱动器对信号进行处理，驱动电机按照计算出的转速转动，电机带动送苗机构输送苗盘，保证空苗时能够加速运动，让空苗孔快速通过取苗口，取苗机构的机械手能够正常取苗，避免棉苗漏栽现象。

3　送苗机构仿真分析

移栽时，移栽机前进速度取 0.4 m/s，移栽棉苗株距 440 mm，移栽机移栽 1 株棉苗的间隔时间 t_1=1.6 s[14]。为保证移栽机前进速度与送苗机构速度相互匹配，电机转速取 9 r/min，选取 1 个送苗周期(横向→纵向→反向横向→纵向)，送苗机构移动行程 726 mm。

利用 Pro/E 三维软件对送苗机构进行三维建模和运动学仿真分析[12–13]，得到送苗机构横向和纵向位移与时间的关系(图 4、图 5)。

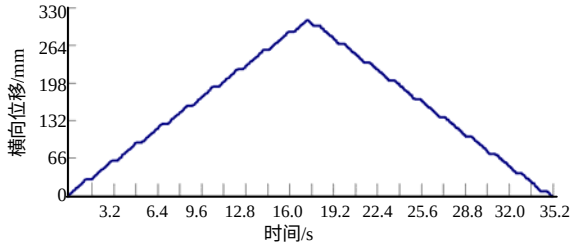


图 4　横向位移与时间的关系

Fig.4　Displacement projection on transverse

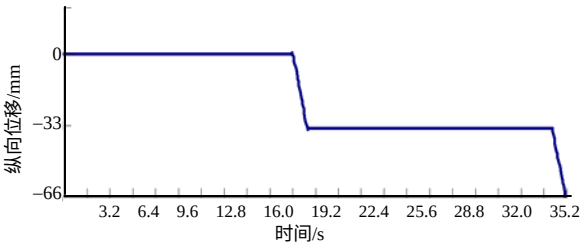


图 5　纵向位移与时间的关系

Fig.5　Displacement projection on longitudinal

由图 4 可知，在 1 个周期内，横向位移逐渐增加，且具有间歇段，每段增加 33 mm(送苗 1 株)，所需时间 1.6 s；约 17.6 s 后，位移开始逐渐减小，每段减小量为 33 mm，所需时间仍为 1.6 s。可保证送苗机构输送棉苗间隔时间和移栽机移栽棉苗间隔时间相等。

图 5 表明送苗机构运动的周期性变化，0～16 s 时，位移不变，表示送苗机构正在横向运动，纵向不运动；16～17.6 s 时，纵向位移急剧下降，且减少的量为固定值 33 mm，表示送苗机构纵向前进 1 格。结合送苗机构横向和纵向的运动轨迹，可以得出结论：所设计的机构横向作循环间歇往复运动，纵向作间歇运动。整个苗盘的运行轨迹呈“弓”字型，满足所需的轨迹要求。

4 结 论

a.设计了一种棉花裸苗移栽机自动送苗机构，并对机构进行了虚拟仿真分析。结果表明：所设计的机构能够实现棉花苗盘横向送苗和纵向送苗自动化，自动送苗间隔时间(1.6 s)和移栽机移栽棉苗的间隔时间(1.6 s)一致；苗盘的运行轨迹呈“弓”型，满足所需的轨迹要求。

b.为自动送苗机构添加苗盘空穴检测和机构控制系统，系统用 ATMega16 单片机作为主控芯片，对系统进行模拟试验。结果表明：当检测系统检测到苗盘空穴时，控制系统能控制送苗机构加速移动，使下 1 株棉苗迅速到达取苗口，可避免棉苗移栽时的漏苗现象。

参考文献：

[1] 熊耐新，全腊珍，邹运梅，等．我国棉花移栽机的现状与发展趋势[J]．湖南农机，2010，37(1)：1–3．
[2] 陈金湘．棉花水浮育苗技术[J]．中国棉花，2006，33(11)：24–25．
[3] 吴碧波．不同漂浮方式育苗对棉苗素质及成苗的影响[J]．作物研究，2009(2)：120–122．
[4] 韩迎春，毛树春，李亚兵，等．裸苗移栽棉花产量、品质和效益分析[J]．中国棉花，2009，36(3)：9–14．
[5] 孙恒，陈作模，葛文杰．机械原理[M]．7 版．北京：高等教育出版社，2005：240–243．
[6] 范云翔．温室全自动移栽机的研究开发[J]．农业工程学报，1996，12(2)：111–115．
[7] 田素博，王荣华，邱立春．温室穴盘苗自动移栽输送系统设计[J]．沈阳农业大学学报，2009，40(4)：620–622．
[8] 周婷，汪小虽，王超群，等．温室穴盘苗移栽机的设计与仿真分析[J]．机械设计与研究，2009，25(2)：121–124．
[9] 刘辰．外槽轮机构设计分析[J]．机电工程技术，2009，38(2)：61–66．
[10] 范晓珂．螺旋廓线圆柱凸轮机构的设计与应用[J]．煤矿机械，2006，27(7)：8–10．
[11] 金宁宁．基于 AVR 单片机输入捕捉功能的频率计设计[J]．计算机技术与应用，2010，30(3)：38–40．
[12] 李雷．Pro/E 产品装配与机构仿真[M]．北京：化学工业出版社，2009：20–30．
[13] 林清安．Pro/ENGINEER 野火 3.0 中文版动态机构设计与仿真[M]．北京：电子工业出版社，2007：30–60．
[14] 熊耐新．棉花裸苗移栽机构设计与试验研究[D]．长沙：湖南农业大学工学院，2011：50–58．

责任编辑：罗慧敏