

# 果园喷药机器人的创新设计

孙雪, 宋朋\*, 姚名晖 (东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 提出了一种伸缩杆式果园喷药机器人的总体结构方案, 并重点设计了机器人的行走机构和升降机构。在UG环境下建立了机器人的三维模型, 然后利用ADAMS对关键构件进行了运动学仿真分析。该机器人可以实现果园喷药作业的自动化, 大大提高了喷药效率, 同时还可以降低劳动强度, 在一定程度上避免了喷药作业对劳动者的伤害。

**关键词** 机器人; 结构设计; 运动学分析

**中图分类号** S220.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12204-03

## Innovative Design of Orchard Spraying Robot

SUN Xue et al (College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** The general structure scheme of a telescopic link orchard spraying robot was put forward, the walking mechanism and lifting mechanism of the robot was designed. Three-dimensional of the robot was established under UG environment. The kinematics simulation analysis was conducted on key components by ADAMS. The robot can realize automation of orchard spraying, greatly improve spraying efficiency and reduce labor intensity, as well as avoid damage to workers at a certain extent.

**Key words** Robot; Structure analysis; Kinematics analysis

目前, 我国的果园喷药机械和喷药技术相对落后, 不仅作业效率低, 而且使作业者劳动强度大、所受危害大, 也导致了农药残留、利用率低以及农药的大量浪费, 而自动喷药机器人在作业时不需要人工控制, 这样不仅使工作人员避免了农药的伤害, 还可以一人同时管理多台机器人, 提高了工作效率<sup>[1]</sup>。

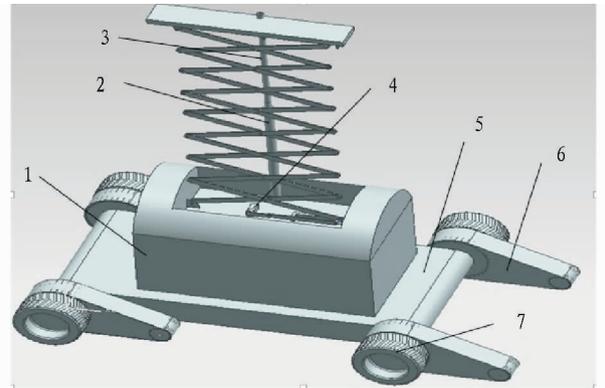
喷洒农药机器人作为一种能在一定程度上代替人作业的智能机器, 它集人工智能技术、传感技术、图形识别技术、通讯技术、精密及系统集成技术等多种前沿科学技术于一体, 代表了智能农业装备的最高水平<sup>[2]</sup>。在农业植保机械领域中, 喷洒农药机器人在提高作业效率, 解决劳动力不足问题等方面显示出极大的优越性, 有着广泛的应用前景。

目前, 国内有关喷药机器人的研究主要文献为2007年中国农业大学研制出电磁诱导农用喷雾机器人, 进行了45度转弯和走直线两组试验, 能够实现喷药的自动化和智能化; 江苏大学针对两轮驱动电机的一致性和地面不平整等因素引起的“跑偏”现象研制出喷药机器人, 很好地解决了这两个问题, 对农田喷药机器人的进一步研究打下了坚实基础; 西南农林科技大学对基于红外扫描的果园自动喷药机械的控制系统作了研究; 西南大学对基于超声波传感器的轮式喷药机器人移动控制系统进行了研究<sup>[3]</sup>。

## 1 总体机构方案与工作原理

该研究设计了一种伸缩杆式果园喷药机器人(图1), 喷药机器人主要由行走机构、喷雾系统、控制系统组成。为了保证机器人作业时的稳定性, 采用轮子—履带复合式行走机构, 升降机构是由16根连杆组成的伸缩支架, 可适应不同高度果树的喷药作业要求。机器人作业时的灵活性和控制复杂程度是由设计中机械结构决定的, 因此, 机器人在满足使

用要求的前提下应尽可能使其结构简单、轻盈、紧凑。



注: 1、水箱; 2、升降支架; 3、喷雾管; 4、升降伺服电机; 5、车体; 6、摆臂; 7、车轮。

图1 果园喷药机器人

机器人在工作时, 先由视觉系统确定喷雾目标的轮廓, 然后根据定位算法计算出其三维坐标, 并将数据传输给控制系统, 计算出机器人升降支架需要升高(或下降)的高度, 再由电动泵将药液经喷头喷出, 同时根据事先制定好的喷雾量计算出车体的移动速度, 从而完成喷药任务。

## 2 关键结构设计

**2.1 移动系统** 机器人的移动机构必须具备以下机构和功能要求如下:

- (1) 其大小和构造能满足在特殊的通路上移动、调头、转向的要求, 以及不对作物造成伤害的要求;
- (2) 能承受作业部分和视觉部分的重量, 以及作业时所受到的压力;
- (3) 能通过电池或电缆提供作为动力的电力;

目前移动式机器人的移动结构主要有车轮式、履带式、轮履复合式和人形结构4种, 其中结构最简单、应用最广泛的形式为车轮式, 而履带式结构与地面接触面积大, 可以减少对土壤的碾压, 具有更强的附着能力和对地面的适应性, 并且适合安装在各种农具上, 进而完成大部分的田间作业,

**作者简介** 孙雪(1968-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 副教授, 硕士生导师, 从事机器人技术研究。\* 通讯作者, 硕士研究生, 研究方向: 农业机械化。

**收稿日期** 2013-09-24

而轮履复合式结构则兼具了两者的优点<sup>[4]</sup>。针对喷药机器人特殊的作业环境,采取轮履复合式行走机构,具有直线行走、左右转弯、跨越沟槽障碍、保障工作平台足够平稳等优点。为了保证车轮转动的同时摆臂也可以摆动,移动机构采用内外轴结构的形式。机器人采取差速驱动的方式,两后轮为主动轮,两个电动机通过减速装置将驱动力传给驱动轴。另外,摆臂的同轴转动和自由摇摆也采用电动机、减速器和齿轮副等构成传动链传递动力。车体的轮履结构如图 2。

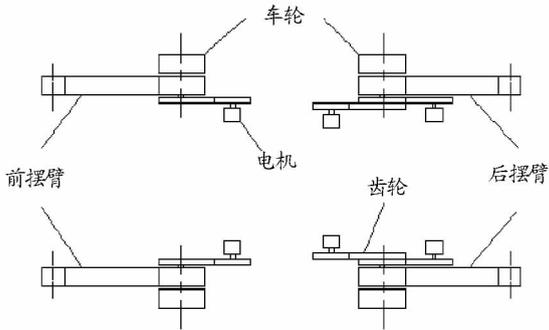


图 2 轮履结构示意图

图 3 为机器人在不同路况工作时的运动示意图,普通路况时,机器人四轮着地,履带摆臂上摆(如图 3a);在斜坡路面行进时,由于 4 个摆臂有各自的驱动力作用,机器人可以根据实际情况调整出适应斜坡的姿势(如图 3b、3c);果园有沟渠时,机器人行进到沟渠前前摆臂下摆即可越过沟渠(如图 3d)。

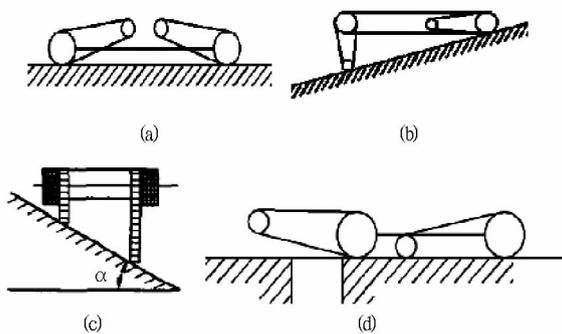


图 3 不同路况下机器人移动机构姿势图

**2.2 喷雾系统** 机器人的喷雾系统主要由水箱、升降支架、喷雾杆、喷雾电机、喷头和水泵组成。该研究主要设计升降支架和喷头。

**2.2.1 升降支架。**升降机构是由 16 根连杆组成的伸缩支架(图 4),其动力由底部的伺服电机提供,伺服电机与一条 100 mm 的摇臂相连,摇臂的摆动范围为  $0^\circ \sim 180^\circ$ ,当它位于  $0^\circ$  时,与摇臂相连的滑块位于滑轨最右端,此时升降支架处于最低位置;当它位于  $180^\circ$  时,与摇臂相连的滑块位于滑轨最左端,此时升降支架处于最高位置。升降支架的作用主要是在此安装喷雾杆,并可以根据作业要求任意调整喷雾高度。同时,为了保证机器人在一定范围内任意高度平稳工作,还需在升降系统中安装自锁装置,在与升降伺服电机的摇臂上侧和支架底部连杆上侧安装铁皮,两个连杆交叉处套

一个近似长方形的弹性杆,弹性杆两端装有衔铁,两个对边装有绕向相反的线圈,当线圈运动到制定高度时通电,两块衔铁吸附到一起,从而将升降支架固定在某一特定的高度。

相比于其他升降机构,由铝合金型材组成的升降支架结构简单、轻巧,制作成本低,升降效率高;上升启动时,伺服电机摇臂与连杆在一条直线上,摇臂在沿自身轴线方向上的拉力无穷大,使升降机构能够顺利启动<sup>[3]</sup>;支架上升到最高位置时,伺服电机摇臂旋转了  $180^\circ$ ,摇臂与连杆仍在同一直线上,此时的摇臂只受到支架带来的压力而不存在扭矩,很好地保护了伺服电机。

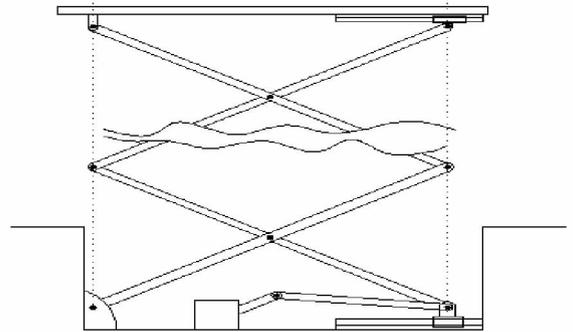


图 4 升降支架示意图

**2.2.2 喷头。**喷头在喷雾装置中起着很重要的作用,它可以通过液体雾化后喷射在目标表面来控制喷雾量。喷头有很多种,通常情况下是为了满足 3 个喷雾指标:一是覆盖率(一般同等喷雾量情况下小雾滴覆盖率高于大雾滴);二是均匀性(小雾滴的穿透性强于大雾滴);三是漂移率(有风情况下,大雾滴的抗漂移性强于小雾滴)<sup>[5]</sup>。为了尽量满足这 3 个要求,在设计方案中选用汽滴喷头,这种喷头能够产生微小气泡,从而增大了雾滴的体积,提高了抗漂移性能。虽然雾滴体积增大,但单个雾滴所包含的液体量变化并不大,雾滴在碰撞枝叶时很容易破裂成更小的雾滴,从而提高了覆盖率。

此外,为了减轻机器人自身的质量,水箱的材质主要采用玻璃钢。玻璃钢虽然比普通钢材质量小但强度足够,并且遇水不会被腐蚀,耐用性强。同时,考虑到果园有斜坡和沟壑,在设计水箱时,为了防止它在工作时因为水箱内的药液晃动而倾倒,在水箱内放置了两层翼板,用来阻挡来回晃动的液体。

### 3 主要机构运动学分析

**3.1 模型的简化与导入** 为了检查主要结构是否干涉和其运动特性研究,将简化后的升降支架模型导入 ADAMS(如图 5)。将 NX 的模型另存为 Parasolid 格式的文件,将其进行布尔运算,获得支架的质量信息,以便捕捉其几何特征。

**3.2 约束与力的定义** 在 ADAMS 中添加约束,各连杆相连处为转动副,滑块与滑轨处为移动副。

**3.3 运动特性分析** 由于导入 ADAMS 的是简化模型,因此我们对与喷头位置相似的 A 点进行分析(图 5)。设置仿真时间和仿真步长等信息,测量 A 点的运动速度、运动加速度和运动轨迹,如图 7、8 和 9。

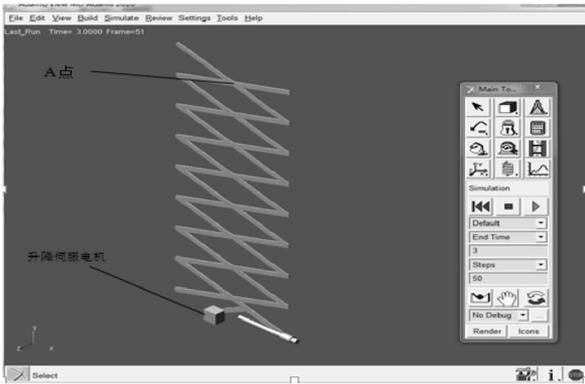


图5 升降支架分析模型

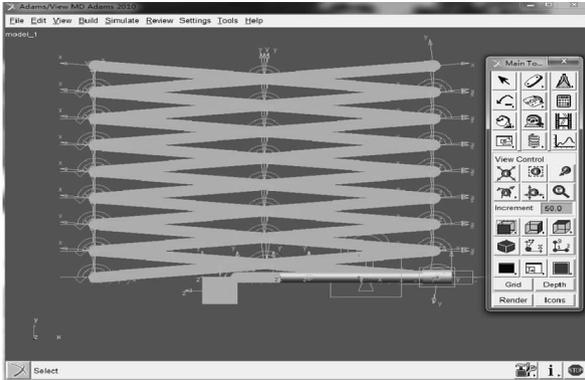


图6 在 Adams 中添加约束和力

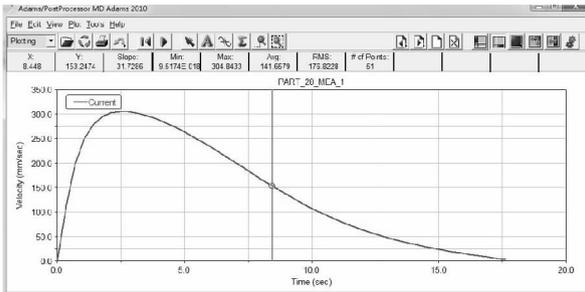


图7 A点的运动速度

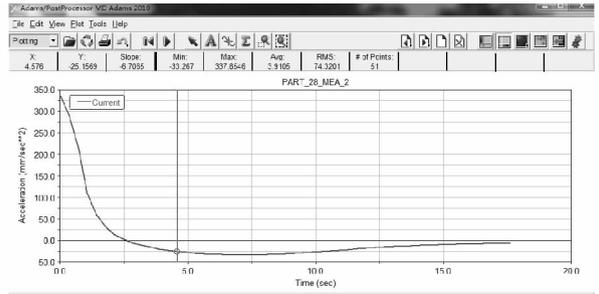


图8 A点的运动加速度

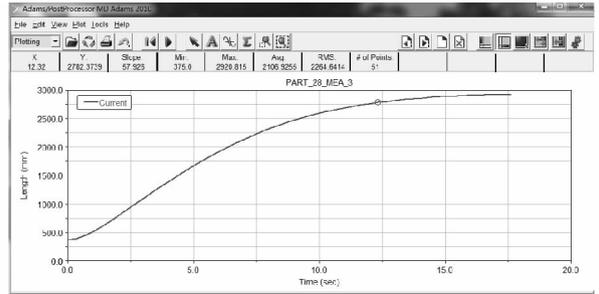


图9 A点的运动轨迹

4 结论

该研究提出了果园喷药机器人的总体结构方案,对其各部分结构及工作原理进行了说明,建立了果园喷药机器人的三维模型,并对其关键构件进行了运动学仿真分析。结果证明,该结构方案可行,具有一定的实用性。

参考文献

- [1] 李猛,戈景刚,边丽,等. 面向果林的一款农用喷雾机器人的创新设计[J]. 农机化研究,2005(2):105-108,118.
- [2] 汤修映,张铁中. 果蔬收获机器人研究综述[J]. 机器人,2005,27(1):95-96.
- [3] 李猛,孙维连,赵树朋,等. 农业喷雾机器人的机械结构创新设计[J]. 农机化研究,2008(1):102-105.
- [4] 孙雪,姚名晖,宋朋. 基于虚拟样机技术的水果采摘机器人设计[J]. 现代科学仪器,2013(2):115-116.
- [5] 王立军,姜明海,孙文峰,等. 喷雾机设计中喷头的选型[J]. 农机化研究,2005(3):151-153.

6 结论

笔者在常规景观的基础上,通过对城市农耕景观的分析提出了点、线、片、面的设计表达方式和设计中应注意的几点建议,以及在点、线、片、面的植物配置过程中农耕作物的选择示例,基本概括了城市农耕景观的设计原则,使城市农耕景观在人居环境的表达中越来越具体化,并在以后的实践发展中更有针对性,增强了城市农耕景观的可塑性和人们对城市农耕体系的认识,以期能够更好地推动我国城市农耕景观的规划研究。

参考文献

- [1] 凯文·林奇. 城市意象[M]. 北京:华夏出版社,2003.
- [2] 袁雪雯. 农耕文化在现代中国景观中的价值和影响[D]. 无锡:江南大学,2008:1-2.
- [3] 欧阳吉华. 园林艺术中的点、线、面[J]. 中国园林,1998(3):35-38.
- [4] 上海园林集团. 后滩公园“梯地不田”景观的农耕乡土气息[J]. 园林,2009(11):26-30.
- [5] 赖雨青. 沈阳建筑大学稻田景观使用后评价[J]. 中国园艺文摘,2013(4):109-110.

(上接第 12080 页)

上海的都市菜园通过创意农业已经把茄子、辣椒、黄瓜、西瓜、冬瓜、南瓜等瓜果蔬菜培养成单株冠幅 25 ~ 120 m<sup>2</sup> 的巨型“蔬菜树”。这类园区更多地运用农耕作物进行园区的景观表达,通过不断的创意把更多的农作物引进到农耕景观的植物配置之中。可以说其表现形式并不逊于常规景观。



图7 凤凰山生态园