

# 遥控牵引式无轨山地果园运输机的设计

孟亮 张衍林 张闻宇 刘杰 李善军 李明震

华中农业大学工学院, 武汉 430070

**摘要** 为解决山地果园果实、肥料和农药等运输劳动强度大、效率低的生产实际问题,在满足果园运输机施工简便、成本低的要求下,设计了一种遥控牵引式无轨山地果园运输机。运行试验结果表明:遥控牵引式无轨山地果园运输机无需人工驾驶,运行效果良好;运输机平均运行速度为 0.56 m/s,运行平稳可靠;运输机爬坡角度在 20°~40°之间,上行运载最大载重 400 kg,下行运载最大载重 600 kg;遥控操作简单方便,在运输机停止、启动测试中准确无误,制动效果达到了设计要求。

**关键词** 遥控; 牵引式; 无轨; 山地果园; 运输机; 制动效果

**中图分类号** S 229+.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)04-0125-05

目前,中国山地果园的机械化程度较低,从国外引进的部分山地果园运输机械,由于适应性差以及成本过高等问题一直未能在生产中发挥作用<sup>[1-4]</sup>。果园运输是实现果园机械化的关键环节,制约着耕作、施肥、除草、灌溉、病虫害防治等环节的机械化发展,是制约水果产业发展的“瓶颈”。华中农业大学研制的自走式山地果园遥控单轨运输机、7YGD-45型电动遥控式单轨果园运输机<sup>[5]</sup>、自走式山地果园双轨运输机在江西、湖南、湖北、重庆、广东、浙江、福建等柑橘主产区得到了一定的推广;以上果园运输机均属于有轨机型,在安装过程中,轨道的安装比较复杂,户外施工难度大、周期长、安装成本较高,对地形地貌有特殊要求,影响了果园运输机的大面积推广。因此,设计一种不需要铺设轨道,并具有施工方便、安装简单、周期短、成本低特点的运输机迫在眉睫。

根据实地考察发现,新建山地果园规划比较合理,预留了一定宽度的运输通道,而且具有运输线路笔直的特点,结合现状以及果农的实际需求,研制了一种遥控牵引式无轨山地果园运输机。所谓无轨是指山地果园运输机在安装过程中,无需铺设钢架结构的轨道或者索道,只需就地开挖两条车轮槽即可,不仅省时省力,而且大大节约了安装成本。遥控牵

引式无轨山地果园运输机解决了因农村劳动力严重不足果园运输困难、运输成本过高的问题,同时,降低了劳动强度,提高了生产效率,对实现山地果园运输机械化具有重要的意义。

## 1 整体结构与技术参数

### 1.1 整体结构

设计的遥控牵引式无轨山地果园运输机主要由控制系统、牵引装置、运输车、钢丝绳、遥控装置、紧急制动机构、避障装置、行程开关和导向槽轮等组成(图1)。牵引装置主要由卷扬机、减速器等组成;钢丝绳一端缠绕在卷扬机上,另一端通过导向槽轮与运输车的车头端连接,运输车一般由2个货运车箱组成,货运车箱之间用万向节连接;控制系统通过接收遥控装置发送的无线控制信号来控制卷扬机进行正转、反转和制动;行程开关设置在运输车预定行程的两端,可发送行程控制信号到控制系统,控制系统根据行程控制信号对卷扬机进行制动;紧急制动机构安装在运输车前部,避障装置位于运输车尾部<sup>[6-7]</sup>。

### 1.2 主要技术参数

根据山地果园地形条件以及果园水果、肥料和农药等运输承载实际需要<sup>[8]</sup>,按最大坡度 40°载荷

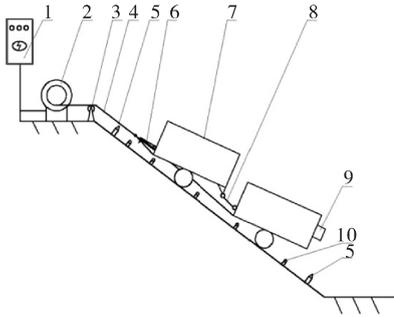
收稿日期: 2015-01-26

基金项目: 现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(农科教发[2011]3号);公益性行业(农业)科研专项(201403036);湖北省自然科学基金项目(2013CFC051)

孟亮,博士研究生,工程师,研究方向:现代农业装备与能源工程. E-mail: 4662078@qq.com

通信作者: 张衍林,教授,研究方向:柑橘生产机械化和生物质能装备. E-mail: zhangyl@mail.hzau.edu.cn

600 kg 计算,动力采用 5.5 kW 电机,确定遥控牵引式无轨山地果园运输机的主要技术参数(表 1)。



1.控制系统 Control system; 2.牵引装置 Drawing device; 3.导向槽轮 Guiding sheave; 4.钢丝绳 Steel wire rope; 5.行程开关 Travel switch; 6.紧急制动机构 Emergency brake mechanism; 7.运输车 Transporter; 8.万向节 Cardan joint; 9.避障装置 Obstacle avoidance device; 10.支撑轮 Supporting wheel.

图 1 山地果园运输机结构示意图

Fig.1 Structure diagram of mountain orchard transporter

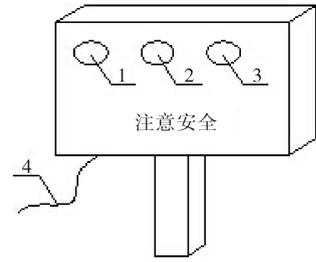
表 1 山地果园运输机主要技术参数

Table1 Main technical parameters of mountain orchard transporter

参数名称 Parameter name and unit	数值 Magnitude
整机质量/kg Total weight	1 000
适应坡度/( $^{\circ}$ ) Adapting slope angle	$\leq 40$
最小坡度要求/( $^{\circ}$ ) Minimum slope angle	20
电源要求/V Power requirement	380
电机功率/kW Motor power	5.5
运行速度/(m/s) Velocity	$\leq 0.6$
上行最大载重/kg Maximum upward transporting load	400
下行最大载重/kg Maximum downward transporting load	600

## 2 工作原理

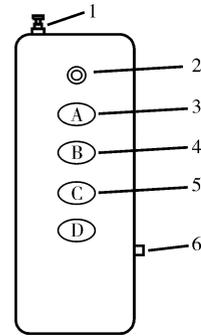
遥控牵引式无轨山地果园运输机主要由控制系统对卷扬机进行控制,通过对卷扬机正反转以及停止的控制实现运输车的上行、下行和制动<sup>[9]</sup>。下行时运输车主要靠自身重力作用完成,因此,遥控牵引式无轨山地果园运输机对坡度有一定的要求。通过试验得知,实现运输车平稳下行的最低坡度要求 $20^{\circ}$ ,运输车上行主要由卷扬机通过钢丝绳的牵引提供动力实现。果园运输机控制分手动形式和无线遥控形式,手动式按钮位于控制箱上表面(图 2)。运输车如需上行,点按控制箱上行按钮;如需下行,点按控制箱下行按钮;如需停止,点按控制箱停止按钮。无线遥控操作通过操作遥控器实现,与手动操作相同,只需要点按相应的上行、下行、停止按钮即可(图 3)。



1.上行按钮 Up button; 2.停止按钮 Stop button; 3.下行按钮 Down button; 4.外接线路 External circuit.

图 2 控制箱示意图

Fig.2 Schematic diagram of control cabinet



1.天线 Antenna; 2.指示灯 Pilot lamp; 3.上行按钮 Up button; 4.停止按钮 Stop button; 5.下行按钮 Down button; 6.开关 Switch.

图 3 遥控器示意图

Fig.3 Schematic diagram of remote control

## 3 关键部件设计

### 3.1 控制系统

控制系统是山地果园运输机核心组成部分,由华中农业大学工学院自主研发和设计。控制系统由 50 Hz 三相 380 V 电源供电,接线原理如图 4 所示。总开关为容量 40 A 的空气开关,为保证行程开关与货运车箱运动配套,在输入部分加入向序保护器,以保证供电反向时系统不工作,防止引起事故。该系统弱电控制部分采用 12 V 供电,经由 2 级变压 380~220 V、220~12 V 获得,12 V 变压电源为换向互锁控制电路和遥控接收电路供电。电机互锁电路由换向互锁控制电路和固态继电器组成,换向互锁控制电路由两个双路 12 V 继电器组成,只有当 KQ1 失电的情况下按下 K6, KQ2 才能通电吸合,反之亦然。同时加入对应方向的行程开关,当运输车行驶至行程开关处,撞击行程开关,断开行程开关对应的 KQ 立即失电不再吸合,实现阻止运输车继续运行的功能。

当避障装置探测到障碍信号时,断开与行程开关串联的避障开关 K14、K15,实现避障的功能。固态继电器承载功率输出,采用 40 A 的容量以保证牵

引动力。遥控接收器接收遥控器信号完成与控制按钮相同功能:上行、下行和停止。控制系统接收无线信号距离可达 1 000 m。

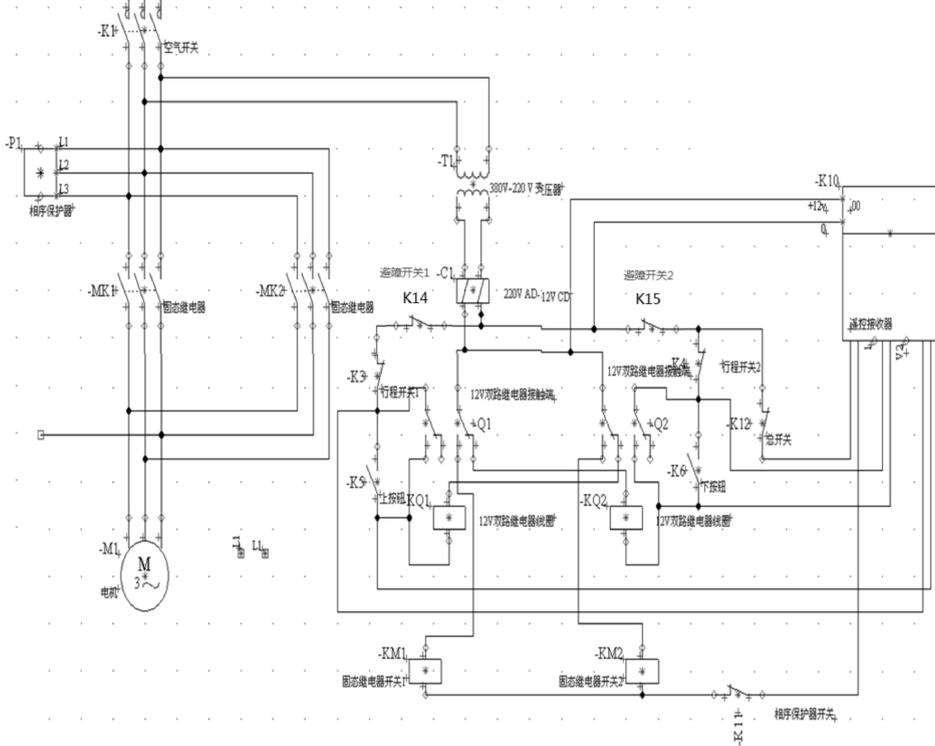
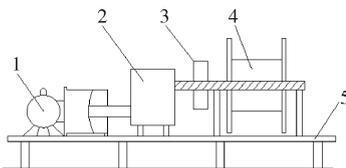


图 4 接线原理图

Fig.4 Schematic diagram of wiring principle

### 3.2 牵引装置

牵引装置主要由卷扬机、减速器、刹车装置、钢丝绳卷筒、机架等组成(图 5),卷扬机是牵引装置的核心工作部件,由控制系统控制其正转、反转和停止动作,从而实现运输车的上行、下行和制动。减速器选用的是型号 350、减速比 15.75 的二级圆柱齿轮减速器,目的是降低转速、增加转矩,具有承载能力高、寿命长、体积小、效率高的特点。刹车装置采用的是鼓式刹车,它主要由刹车底板、刹车分泵、刹车蹄片、连杆、弹簧、刹车鼓等组成,利用液压将刹车片往外推,随着刹车片与刹车鼓之间摩擦不断增大,实现刹车的目的。



1. 卷扬机 Winch; 2. 减速器 Gear reducer; 3. 刹车装置 Brake device; 4. 钢丝绳卷筒 Cable drum; 5. 机架 Base frame.

图 5 牵引装置示意图

Fig.5 Schematic diagram of drawing device

### 3.3 紧急制动机构

遥控牵引式无轨山地果园运输机在运输工作时,如果发生意外情况,如钢丝绳断裂或卷扬机工作异常等,运输车紧急制动机构会在重力作用下,与牵引钢丝绳脱开,将运输车钩在行程上的支撑轮上面,从而阻止运输车下滑,避免造成更大安全事故(图 6)。

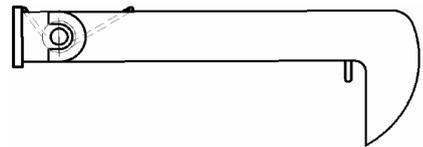


图 6 紧急制动机构

Fig.6 Schematic diagram of emergency brake mechanism

### 3.4 避障装置

设置在运输车尾端的避障装置包括测距模块、无线发送模块、信号处理模块和电源模块,测距模块检测障碍物的距离并将产生的距离信号传送到信号处理模块;信号处理模块根据接收到的距离信号控制无线发送模块发送无线避障信号;控制系统根据

接收到的无线避障信号对卷扬机进行制动控制,使运输车在未碰到障碍物之前停车;电源模块为蓄电池,对测距模块、无线发送模块和信号处理模块进行供电(图7)。



图7 避障装置原理示意图

Fig.7 Principle diagram of obstacle avoidance device

## 4 运行检测试验

遥控牵引式无轨山地果园运输车运行前,必须检查设备各连接处是否正常,上、下行程开关是否有效,防止产生机械故障;运行过程中严禁载人,使用完毕后切断电源;若长期不使用,应将货运车箱停放在最靠近牵引装置的地方,避免钢丝绳不必要的损耗。同时,应定期对钢丝绳进行保养,防止生锈。

遥控牵引式无轨山地果园运输车运行检测试验在赣州市安远县一柑橘园内进行(图8)。通过现场测量,运行线路总长度为98 m,运输车有效运行距离为90 m;运输车负载按照设定目标的最大值进行试验,即上行负载质量400 kg,下行负载质量600 kg。在满载情况下,运输机上行运载和下行运载各5次,运行过程中使用遥控器对运输车进行停止、启动测试20次。



图8 山地果园运输车试验现场

Fig.8 Field test of mountain orchard transporter

### 4.1 平均坡度

平均坡度指在某一线路范围内将其各段线路的实际坡度折算成的一种平均坡度值。在预定的运输线路上每9 m为1段。根据实际地形条件,有代表性的选取5段,分别计算其坡度,最后求其平均值,即为平均坡度。坡度计算公为 $i = (h/l) \times 100\%$ ,式中 $i$ 为坡度; $h$ 为高度差,m; $l$ 为水平距离,m。

### 4.2 平均速度

平均速度测试时,分别对上行平均速度和下行平均速度进行测定,最后取其平均值作为果园运输车平均运行速度。试验中上行运载5次,下行运载5次,有效运行距离均为90 m,记录测试时间,计算各自运行速度。速度计算公式为 $v = s/t$ ,式中 $v$ 为速度,m/s; $s$ 为运输车有效运行距离,m; $t$ 为测试时间,s。

运行检测试验结果表明,遥控牵引式无轨山地果园运输车无需人工驾驶,运行效果良好;在设定行程两端,行程开关工作正常,能及时发送信号到控制系统使运输车停止运动;运输车正常运行过程中,在货运车箱尾部人为设置障碍的情况下,避障装置反应灵敏,能及时刹车;运输车在平均坡度 $25.3^\circ$ 情况下上行运载能力400 kg,下行运载能力600 kg,平均运行速度为0.56 m/s,运行平稳可靠;遥控操作简单方便,在运输车停止、启动测试中准确无误,制动效果达到了设计要求<sup>[10]</sup>。

## 5 结论与讨论

设计的遥控牵引式无轨山地果园运输车与自走式山地果园遥控单轨运输车、电动遥控式单轨果园运输车、电动遥控式双轨果园运输车等其他有轨机型果园运输车比较,施工简便,成本较低,运行安全可靠,深受果农的喜爱。

该运输车爬坡角度在 $20^\circ \sim 40^\circ$ 之间,上行运载能力400 kg,下行运载能力600 kg,平均运行速度为0.56 m/s;可实现运输线路上的上行、下行以及任意点的启停等功能,运行平稳,操作简单,适合运输线路笔直、长距离、大坡度果园运输的需要。

根据遥控牵引式无轨山地果园运输车的工作原理和结构特点,卷扬机通过钢丝绳牵引货运车箱实现运输功能,钢丝绳在工作过程中由等间距的支撑轮托起,避免与地面接触,因运输线路上没有对钢丝绳导向的装置,所以只能实现线路笔直情况下的运输,后续将对钢丝绳导向装置进行设计。

由遥控牵引式无轨山地果园运输机的安装要求可知,安装地点必须具备三相电源,对于无电力供应的山地果园,可考虑用汽油机或柴油机发电机组供电,扩大其应用范围,但不同供电方式对遥控牵引式无轨山地果园运输车控制系统可靠运行情况是否有影响,仍有待进一步的研究。

## 参 考 文 献

- [1] 何劲, 祁春节. 中外柑橘产业发展模式的比较与借鉴[J]. 经济纵横, 2010(2): 110-113.
- [2] 洪添胜, 杨洲, 宋淑然, 等. 柑橘生产机械化研究[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 105-111.
- [3] 宋自奋, 张玉, 祁春节. 我国柑橘市场竞争力比较分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(26): 11602-11603.
- [4] 洪添胜, 苏建, 朱余清, 等. 山地橘园链式循环货运索道设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 108-111.
- [5] 汤晓磊, 张衍林, 李学杰. 7YGD-45型电动遥控式单轨果园运输机[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(2): 444-445.
- [6] 华中农业大学. 一种遥控电动牵引式运输装置[P]. 中国: 201120508650.9, 2010-06-02.
- [7] 张俊峰, 张衍林, 张唐娟. 遥控牵引式单轨运输机的设计与改进[J]. 华中农业大学学报, 2014, 33(5): 130-134.
- [8] 李善军, 邢建军, 张衍林, 等. 7YGS-45型自走式双轨道山地果园运输机[J]. 农业机械学报, 2011, 42(8): 85-86.
- [9] 杨洲, 李雪平, 李君, 等. 果园钢索牵引悬挂式货运系统关键部件设计[J]. 农业工程学报, 2014, 30(7): 18-20.
- [10] 李学杰, 张衍林, 张闻宇, 等. 自走式山地果园遥控单轨运输机的设计与改进[J]. 华中农业大学学报, 2013, 32(3): 117-122.

## Design of trailed trackless mountain orchard transporter with remote control

MENG Liang ZHANG Yan-lin ZHANG Wen-yu LIU Jie LI Shan-jun LI Ming-zhen  
*College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China*

**Abstract** In order to solve the problem of high labor intensity and low efficiency during the working practice of transporting fruits, fertilizers and pesticide in mountain orchard, and to meet the requirements of orchard transportation with simple construction and low cost, a trailed trackless mountain orchard transporter with remote control was designed. Through the running test, the results showed that the operation effect of the mountain orchard transporter without manual driving was perfect, the running effect was stable and reliable with the average speed of 0.56 m/s, the climbing slope angle was designed between 20° and 40° with the maximum upward transporting load of 400 kg and the maximum downward transporting load of 600 kg. The transporter can be operated easily by a remote control, and it launches and brakes accurately in the tests, which proves that the orchard transporter meets the design requirements.

**Key words** remote control; trailed; trackless; mountain orchard; transporter; braking effect

(责任编辑:陈红叶)