

遥控牵引式单轨运输机的设计与改进

张俊峰 张衍林 张唐娟

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为适应复杂的山地环境,设计了7YGDQ-50型遥控牵引式单轨运输机。该运输机主要由电动卷扬机、遥控器、遥控控制箱、驱动轮对、钢丝绳、导向槽轮、行程开关、拖车、轨道和可调节配重装置等组成。针对已有牵引式单轨运输机出现的问题,通过改变驱动方式,对电动卷扬机、控制箱、驱动轮对、拖车和可调节配重装置等关键部件进行设计和改进,实现遥控或者手动方式控制运输机上下坡和停车。田间试验表明,与已有牵引式单轨运输机相比,该运输机提高了工作效率,能适应复杂地形的山地运输作业。遥控作业时,要求接收装置在可视范围内。

关键词 牵引式; 单轨运输机; 遥控; 设计

中图分类号 S 229⁺.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)03-0130-05

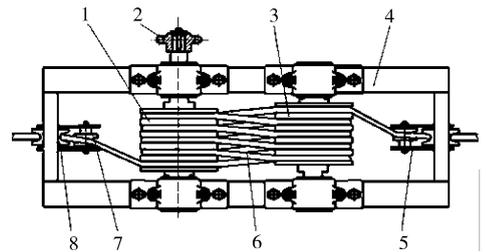
根据我国的国情以及农业机械化的发展趋势,国家柑橘产业技术体系机械研究室华中农业大学团队研制了多种适合山地运输的设备,有适合大坡度(不大于60°)运输的遥控牵引式单轨道果园运输机和无轨果园运输机^[1-2],适合坡度稍缓(不大于35°)的自走式单轨道果园运输机和双轨道果园运输机^[3-8]。

已有的牵引式单轨运输机的工作原理是上坡时依靠电机的动力带动卷筒转动,卷筒卷绕钢丝绳牵引拖车上行,下坡时依靠重力带动拖车下行,卷筒以一定的速度卷出钢丝绳,要求钢丝绳卷出的速度必须小于拖车的下行速度,否则钢丝绳将发生乱股现象,会影响后续的使用,所以它只能适用于陡坡,不能在缓坡山地使用。由于山地果园地形复杂,果园的地形有陡有缓,因此遥控牵引式单轨运输机的应用受到一定制约。笔者在已有的大坡度遥控牵引式单轨运输机的基础上进行新的方案设计,并对遥控控制箱进行了改进,使其适用地形不受限制,同时更加安全可靠。

1 原理与方案

参考自走式双轨运输机的驱动工作原理,钢丝绳呈"8"字形交错缠绕在驱动轮对上,通过钢丝绳与

驱动轮对间的摩擦实现运输车的驱动^[4],其驱动轮对结构如图1所示。



1. 驱动轮 Driving wheel; 2. 链轮 Chain wheel; 3. 从动轮 Driven wheel; 4. 驱动支撑架 Driving support bracket; 5. 钢丝绳下压导向轮组件 Component of guide wheel; 6. 钢丝绳 Wire rope; 7. 导向轮 Guide wheel; 8. 下压轮 Pressure roller.

图1 双轨运输机驱动轮对结构图

Fig. 1 Structure diagram of the driving wheels for dual-track transporter

考虑将牵引式单轨运输机的电动卷扬机卷筒部分进行改造,用驱动轮对代替卷筒卷绕钢丝绳,只需将驱动轮对上的钢丝绳缠绕方式作少许变动,在后面的关键部件设计中将详细阐述。新的牵引式单轨运输机总体结构如图2所示。

改进后的运输机在轨道上面也要作相应的调整,主要是在轨道支架上加装竖轮和槽轮,保证钢丝

收稿日期: 2012-03-14

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903023)和现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(CARS-27)

张俊峰, 博士研究生, 研究方向: 柑橘生产机械化和自动化, E-mail: zhangjunfeng@webmail.hzau.edu.cn

通讯作者: 张衍林, 教授, 研究方向: 柑橘生产机械化和生物质能工艺与装备, E-mail: zhangyl@mail.hzau.edu.cn

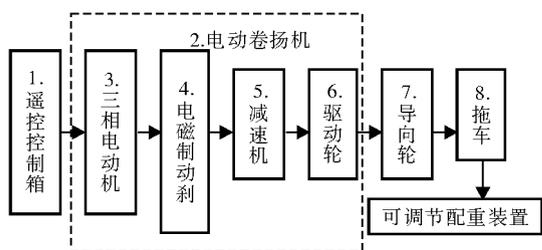


图 2 牵引式单轨运输机总体结构框图

Fig. 2 Overall structure diagram of the traction monorail transporter

绳在轨道下方运行，钢丝绳交错绕在驱动轮对上，一端与拖车前行走轮下方的筋板相连，另一端与拖车后行走轮下方的筋板相连，电动机正转或反转时，制动器松开，通过带制动轮的联轴器带动减速器高速轴，经减速器减速后由低速轴带动驱动轮对旋转，使钢丝绳在驱动轮对上绕进或放出，其产生的摩擦力带动钢丝绳牵引拖车上行或下行。电动机停止转动时，依靠制动器将高速轴的制动轮刹住，使拖车停在轨道上。

2 设计与改进

2.1 遥控控制箱

在已建的牵引式单轨运输线路上安装遥控控制箱时，出现遥控控制模块烧坏的现象，初步分析是由于继电器控制触点的控制电压过高，其电压为交流接触器的线圈电压 380 V，在频繁开关过程中产生电火花，导致控制板烧坏。

新设计的控制箱在保持控制主回路不变的情况下，通过专用变压器(380 V 转 220 V)将二次回路的供电电压降至 220 V，其电路如图 3 所示。由变压器提供的 220 V 给遥控控制模块和交流接触器线圈供电。经实验测试，遥控控制模块的工作消耗功率为 2 W 左右，交流接触器吸合所需的功率为 6.6 W，因此变压器的功率定为 10 W。

选用额定功率为 10 W 的变压器，在试验过程中，交流接触器处于水平放置，能通过遥控控制交流接触器的通断，在实际使用过程中，交流接触器是垂直放置的，出现了吸合不住的情况。考虑到所用交

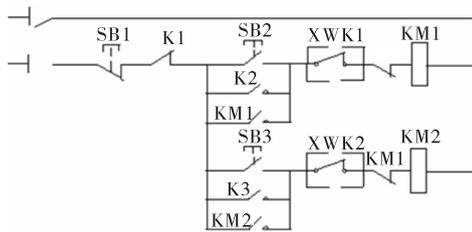
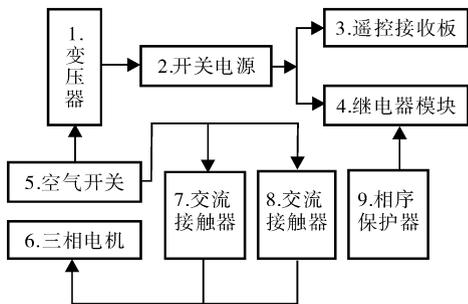


图 3 二次回路电路图

Fig. 3 Circuit of the secondary loop

流接触器线圈启动时电流是额定电流的 5~7 倍，因此需要加大变压器的功率，保证交流接触器线圈的启动电流足够大，经计算和进一步试验，采用额定功率为 15 W 的变压器即可满足要求。

遥控控制箱内部包括空气开关、交流接触器、相序保护器、变压器、开关电源、遥控接收板和继电器模块等，其结构如图 4 所示。空气开关一端接 380 V 的三相交流电源，另一端接变压器和交流接触器。变压器的输出端接开关电源的输入端和交流接触器的线圈，开关电源为遥控接收板和继电器模块提供电源。



1. 变压器 Transformer; 2. 开关电源 Switching power supply; 3. 遥控接收板 Remote control receiver board; 4. 继电器模块 Relay module; 5. 空气开关 Air switch; 6. 三相电机 Three-phase motor; 7, 8. 交流接触器 AC contactor; 9. 相序保护器 Phase sequence protector.

图 4 遥控控制箱内部结构框图

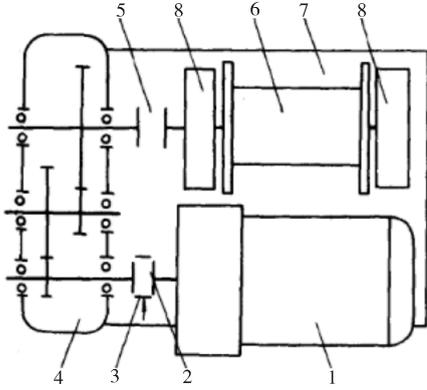
Fig. 4 Internal structure diagram of remote control box

相序保护器的三相检测端与接触器的输入端相连，其常开触点与二次回路的停止按钮串联。当检测到电源相序和保护器端子输入的相序相符的情况下，其输出继电器接通，常开触点吸合，二次回路接通；当电源相序发生变化时，相序不符，输出继电器无法接通，从而保护了设备，避免事故的发生。

2.2 电动卷扬机和驱动轮对

电动卷扬机一般由三相电机、联轴器、制动器、减速器和卷筒组成，结构如图 5 所示。根据山地橘

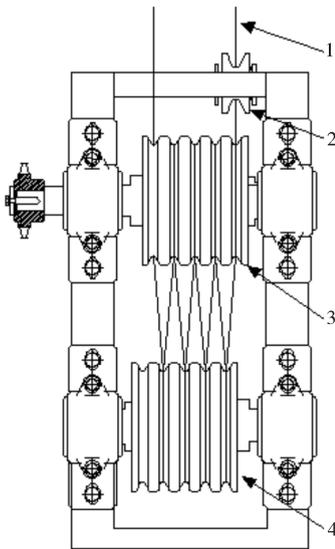
园的实际运输需要,平均载重质量为 500 kg,选用 1 t 快速电动卷扬机作为牵引式单轨运输机的驱动装置(型号 JK1),运输机运行速度为 0.3 m/s。用驱动轮对代替卷筒,联轴器输出轴直接与驱动轮的输入轴相连。驱动轮对由驱动轮和从动轮组成,结构简图如图 6 所示。



1. 三相电机 Three-phase motor; 2,5. 联轴器 Coupling;
3. 制动器 Brake; 4. 减速器 Gear box; 6. 卷筒 Reel; 7. 底座 Pedestal; 8. 支架 Support bracket.

图 5 电动卷扬机结构简图

Fig. 5 Structure diagram of the electric hoist



1. 钢丝绳 Wire rope; 2. 导向槽轮 Guide sheave; 3. 驱动轮 Driving wheel; 4. 从动轮 Driven wheel.

图 6 牵引式单轨运输机驱动轮对结构简图

Fig. 6 Structure diagram of the driving wheels for traction monorail transporter

驱动轮对每个轮上都有 5 个绳槽,均匀间隔 23.5 mm,钢丝绳在驱动轮和从动轮上呈"8"字形交错缠绕^[7]。与双轨运输机不同的是,钢丝绳从驱动

轮绕进,经过交错缠绕后,通过驱动轮引出,接着沿着轨道的下方延伸到坡底,一直绕到悬挂配重体的滑轮组,绕出后与拖车相连。

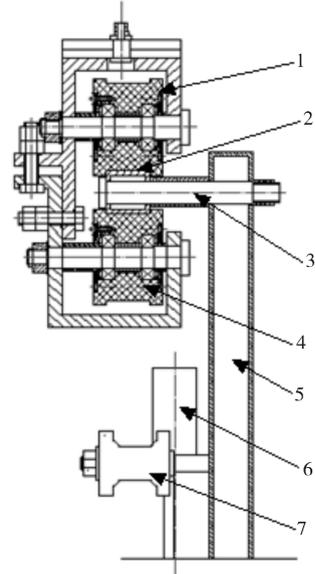
已知电动卷扬机的三相电机额定功率 P_{ed} 为 5.5 kW,卷扬机的整机传动效率 η 为 0.85, P_w 为卷扬机的输出功率。

根据公式 $P_{ed} = P_w / \eta$ 可得 $P_w = 4.675$ kW。

又有公式 $P_w = F \times v / 1000$,式中 F 为运输机所需的牵引力(N); v 为运输机运行速度(m/s)。根据试验可知 $v = 0.7$ m/s,故可推算 $F = 6678.6$ N。由此可知,改进后运输机的理论载重质量可达到 660 kg,能满足山地橘园的运输需要。与原牵引式单轨运输机相比,载重质量有所降低,但能满足运输要求,且运行速度由 0.3 m/s 提高到 0.7 m/s,从而节省工时,提高工作效率。

2.3 拖车和轨道

拖车的核心部件是行走轮,行走轮的运行方式决定了运输机运行的平稳性。原牵引式单轨运输机的行走部结构图采用的是悬挂式结构,其整体结构如图 7 所示,行走轮的上方通过螺栓将行走轮支架与拖车相连,行走轮和夹紧轮卡在偏置的导轨中运行,导轨通过螺杆与导轨立柱相连,竖直限位轮和水



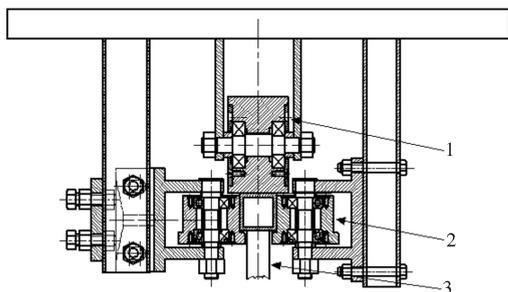
1. 行走轮 Driving wheel; 2. 导轨 Guide track; 3. 螺杆 Screw; 4. 夹紧轮 Clamping wheel; 5. 导轨立柱 Guide column; 6. 竖直限位轮 Vertical limit wheel; 7. 水平限位轮 Level limit wheel.

图 7 原牵引式单轨运输机行走部结构图

Fig. 7 Structure diagram of travel unit for old traction monorail transporter

平限位轮起钢丝绳限位作用,在运行过程中拖车受到钢丝绳牵引的影响,受力比较复杂,不仅要承受与轨道平行的径向力,还要承受垂直于轨道的轴向力,容易造成拖车脱轨。

参考自走式单轨运输机的运行方式^[3,10],运输机跨坐在带齿条的单轨上运行,在轨道上方有行走轮,轨道两侧有防侧倒的 T 形轮,改进后的行走轮部分如图 8 所示,新的牵引式单轨运输机去掉了轨道上方的齿条^[11],改用一般的行走轮,T 形轮不变,轨道直接采用 50 mm×50 mm 的方钢,与自走式单轨运输机相比,不需要焊接齿条,从而节省了成本和工时。



1. 行走轮 Driving wheel; 2. T 形轮 T wheel; 3. 单轨道 Monorail.

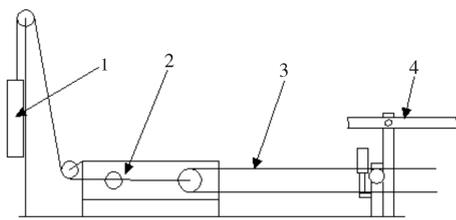
图 8 新牵引式单轨运输机行走轮结构图
Fig.8 Structure diagram of the moving wheel for new traction monorail transporter

2.4 可调节配重装置

可调节配重装置由配重、悬挂配重体的滑轮组和与滑轮组相连的牵引钢丝绳组成,其结构如图 9 所示。根据运输物品的重量调节配重装置,使钢丝绳处于一种自动调节张紧状态。此装置还可以起到一定的保护作用,在运输物品下坡过程中,若出现钢丝绳交叉的情况,滑轮组将向轨道方向移动,触动行程开关,运输机自动停车。

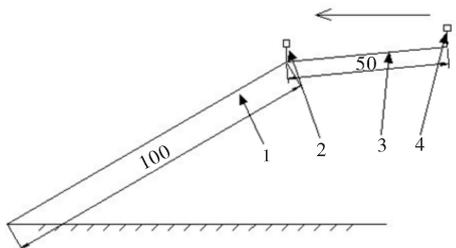
3 田间试验

改进后的遥控牵引式单轨运输机在湖南邵阳的山地橘园安装使用,该橘园地形有陡有缓,其侧视图如图 10 所示,轨道全长 150 m,从坡底到坡顶 100 m 处为陡坡,坡度约为 30°,接着是 50 m 地势平缓的斜坡,坡度约为 5°。在试验过程中运输机启动和运行平稳,在整个轨道的两端测试遥控器,出现轨道末端接收不到遥控信号的情况。为保证整个运输线路都能接收到遥控信号,采取的措施是将接收



1. 配重 Counterweight; 2. 滑轮组 Pulley block; 3. 钢丝绳 Wire rope; 4. 轨道 Track.

图 9 可调节配重装置结构示意图
Fig.9 Structure diagram of the adjustable counterweight device



1. 陡坡 Steep slope; 2, 4. 接收装置 Receiving device; 3. 缓坡 Gentle slope.

图 10 橘园地形示意图

Fig.10 Orangery terrain diagram

装置前移 50 m,即将接收装置安放在陡坡与缓坡的交界处,以保证接收装置在整个运输线路内都处于可视范围内,遥控信号能够顺利接收。

遥控接收试验表明,接收装置即遥控控制箱在可视范围内才能达到良好的遥控效果,在实际安装和施工过程中要选好运输线路,尽量避免运输线路上的障碍物遮挡即可。

4 讨论

将双轨运输机上使用的驱动轮对正确应用在本设计中,运输机的运行速度可由 0.3 m/s 提高到 0.7 m/s,从而节省工时和提高工作效率。设计的可调节配重装置,对电动卷扬机、遥控控制箱、拖车和轨道进行了改进,使牵引式单轨运输机的适用性更广,遥控性能更加稳定。

根据田间试验遇到的情况,可考虑加装一个高度调节装置在一定范围内调节控制箱的安装高度,在使用时将控制箱的高度提升,使遥控信号能更好地接收。原因是遥控信号的接收效果与自身的性能参数和外界的环境因素有关,在这里主要是解决环境因素的影响,通过移动接收装置的位置,减少障碍

物的遮挡,人为改良环境有利于遥控的使用,同样通过增加控制箱天线的高度,接收能力增强,遥控距离越远。

从经济效益来看,单轨运输机采用汽油机作为动力^[12],将运输成本降低至原来人工运输的27.86%,通过初步估算用电作为动力成本为汽油机的1/3,进一步降低了运输成本,并且不造成空气污染,达到节能环保的目的。改进后运输机的运行更加平稳,在试验中运输机运行噪音小,因此可以考虑加装超声波避障装置^[13],使得运输机能检测障碍物并及时停车,提高使用安全性。

从机械结构和遥控控制两方面来看,该运输机是一种极具性价比的山地果园运输机械,集成了单轨运输机适应复杂地形的优点和双轨运输机驱动轮对换向装置,使其运输距离大大增加,并且具有全地形适应的特点。如果用柴油机取代电动卷扬机作为驱动动力,其应用前景更大,可以适用于不方便架设电线的山地果园,对于施工难度较大的地方还可以考虑采用牵引式无轨运输。

参 考 文 献

- [1] 张衍林,樊啟洲,李善军,等.一种牵引式单轨道果园运输机:中国, CN102107768A[P]. 2011-06-29.
- [2] 张俊峰,张唐娟,张衍林.山地橘园遥控牵引式无轨运输机的设

- 计[J].湖北农业科学,2012,51(10):2111-2113.
- [3] 张衍林,樊啟洲,邓在京,等.一种山地单轨道果园运输机:中国, CN101544235[P]. 2009-09-30.
- [4] 张衍林,樊啟洲,邓在京,等.自走式双轨道果园运输机:中国, CN101720601A[P]. 2010-06-09.
- [5] 张俊峰,张衍林,张唐娟,等.自走式山地单轨运输机遥控系统的设计[J].华中农业大学学报,2012,31(6):729-796.
- [6] 邢军军,李善军,张衍林.7YGS-45型自走式双轨道果园运输机设计与实验[G]//中国农业工程学会.中国农业工程学会2011年学术年会论文集.重庆:[出版者不详],2011:50-55.
- [7] 李善军,邢军军,张衍林,等.7YGS-45型果园运输机自动控制测试平台构建[G]//中国农业工程学会.中国农业工程学会2011年学术年会论文集.重庆:[出版者不详],2011:56-69.
- [8] 李善军,邢军军,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):85-88.
- [9] 张凯鑫,张衍林.牵引式单轨果园运输机的设计和实现[G]//中国农业工程学会.中国农业工程学会2011年学术年会论文集.重庆:[出版者不详],2011:75-78.
- [10] 张俊峰,李敬亚,张衍林,等.山地果园遥控单轨运输机设计[J].农业机械学报,2012,43(2):90-95.
- [11] 李学杰,张衍林,吉俊宝,等.山地果园单轨运输机的研制及其改进[G]//中国农业工程学会.中国农业工程学会2011年学术年会论文集.重庆:[出版者不详],2011:83-86.
- [12] 孙同彪,洪添胜,陈银清,等.山地果园单轨运输车的应用及性能分析[G]//中国农业工程学会.中国农业工程学会2011年学术年会论文集.重庆:[出版者不详],2011:91-95.
- [13] 李震,卢加纳,洪添胜,等.山地果园钢丝绳牵引货运机超声波避障系统[J].农业机械学报,2011,42(10):116-120.

Design and improvement of the remote control traction monorail transporter

ZHANG Jun-feng ZHANG Yan-lin ZHANG Tang-juan

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract A remote control traction monorail transporter 7YGDQ-50 was designed specifically for the complex mountainous environment. The transporter is composed of the electric hoist, the telecontrol, the control box, the driving wheels, the wire rope, the guide wheel, the travel switch, the trailer car, the track and the adjustable counterweight device, etc. To solve the problems of the present traction monorail transporter, the key components, which include the electric hoist, the control box, the driving wheels, the trailer car and the adjustable counterweight device, were redesigned and improved by the change of the driving mode. The transporter can move uphill, downhill or park by the telecontrol or a manual button. The field experiments show that the transporter improves the work efficiency compared with the existing traction monorail transporter, and is suitable for the complex mountainous transport operations. While the telecontrol is used, the receiving device should be in visual range.

Key words traction; monorail transporter; remote control; design