

山地果园轨道运输机的研究及其应用进展

Research and application progress of the mountain orchard rail transport

龚志远 李轶凡 刘燕德 石琦

GONG Zhi-yuan LI Yi-fan LIU Yan-de SHI Qi

(华东交通大学, 江西 南昌 330013)

(East China Jiaotong University, Nanchang, Jiangxi 330013, China)

摘要:中国的大部分山地丘陵地区一直是苹果、柑橘、梨、樱桃等水果的主要产区,山地果园运输机械化存在交通网络不发达、劳动力不足、劳动强度大和劳动效率低等问题。文章概述目前中国学者开发出的自行式和牵引式山地果园运输机的动力、传动、走行等机械结构;给出运输机在启动、上行、转弯、下行、停车等方面的性能及技术指标;分析山地运输机具有的载荷大、质量轻、布轨方便、适用范围较广等特点。并在优化设计、制造工艺、材料选用、轨道布局、使用功能的多元化、果园规划和运输机开发、果园建设的规范等方面,对运输机未来的发展进行展望。

关键词:山地果园;轨道;运输机;机械化

Abstract: As most of the mountainous hilly region has been the main production areas for apple, citrus fruit, pear, cherry and other fruits in China, the problems existed in transportation network lacking, high labor intensity and low efficiency during the working practice of transportation. Summarized the present application of the key technologies such as motive power, mechanical drive unit, rack construction of the self-propelled conveyor and traction type conveyor that experts home and abroad have developed on their own. And presented the performance indicators in terms of startup, upgoing, swerve, down and pullup. At the same time, described the state and the development of mountain orchard rail transport on mode of high in load, light weight, wide application and easy installation. The future development of the conveyor is discussed in some aspects, such as optimal design, manufacturing process, material selection, track layout and the specification of the construction of the orchard. The transport machine can not only be equipped with more operations, but also to be more quantitative and more adaptive.

Keywords: mountain orchard; rail; transporter; mechanization

受地理和气候因素的影响,苹果、柑橘、梨、樱桃等果园大都位于山区或丘陵地带,在这些起伏不平呈陡坡梯田状的山地上,地理条件差,自身又缺乏合理规划,难以形成较完善的交通运输网络^[1-2],只能利用人力施肥、打药、采摘及运输^[3]。因此效率低,劳动量大,成本高。在当前劳动力向劳动密集型产业输出和转移的大背景下,水果农业发展趋势一片大好,山地果园运输系统的建立已迫在眉睫,用机械化取代人工劳动生产也是今后农业生产的发展方向^[4]。山地果园轨道运输机是一种既适应陡坡山地地形,又适合在果树密集果园进行作业和运输的机械。文章阐述了现行的轨道运输机的设计原理,并结合相关试验改进,以期为研究和选择新方法提供参考和理论依据。

1 山地果园轨道运输机发展现状

国外对山地果园运输机的研究和制造进行得比较早,并且开发出一系列适应本国农业生产的机械,主要的类型有两轮式运输车^[5]、动力三轮车^[6]、履带式运输车^[7-8]、架空索道^[9]、单轨运输车^[10-11]和双轨运输车^[12]等具有典型代表意义的运输机,依据类型不同爬坡能力依次增加,以达到适应不同坡度山地的需求。相比之下,中国自主研发、生产山地果园运输机的技术还相对落后,而部分进口的机械不仅生产成本较高,而且不能适应中国的实际情况。因此,为了尽快改善落后的窘境,在相关政策的扶持和鼓励下,中国加快了技术攻坚的脚步。近年来,中国学者在山地果园运输机的研制方面也取得了长足的进步,开发出一系列适应当地生产要求的山地果园轨道运输机。

(1) 以适合坡度不大的丘陵山地果园(坡度不大于 35°)为代表的单轨道运输机,主要研究成果有华中农业大学^[13]经过两轮研制开发出的 7YGS-35 型自走式单轨运输机,该单轨道运输机在第一轮研究的基础上增加了防止运输机侧倒、上跳的功能和减小弯道半径、降低轨道高度和去除轨道辅料等方面的优化设计。这种运输机以柴油机作为驱动。

(2) 为了解决在坡度大于 35° ,无运输道路的陡峭山地果园中,以柴油机作为动力的山地果园单轨道运输机的上坡

基金项目:农业精准作业技术与装备项目(编号:2012AA101906)

作者简介:龚志远(1966—),男,华东交通大学副教授。

E-mail: gongzhiyuan0514@163.com

收稿日期:2015-05-06

载重量不足和不方便控制的难题,华中农业大学^[14]进一步开发出了电牵引式单轨道运输机。这种运输机在设计方面,解决了钢丝绳意外脱落、单轨道防止侧倒以及下滑启动等安全问题。运输机可以通过遥控器遥控运输,也可以以手动方式运行。

(3) 针对较陡坡(大于 25°,小于 40°)设计的丘陵山地果园双轨道运输机,主要研究成果有国家柑橘产业技术体系机械研究室华中农业大学团队^[15]研发的 7YGS-45 型自走式大坡度双轨道果园运输机。该类运输机适用于地势起伏、坡度较大、建设成本较高、无电源、果树密植的山地果园,可在山地果园中进行果实、肥料等的运输以其农药喷洒等工作。这种运输机以柴油机为动力。

(4) 国家柑橘产业技术体系机械研究室华南农业大学团队^[16]研发的 7SGH-2 钢丝绳牵引运输机,以电机为驱动力,采用钢丝绳牵引货运滑车进行载货的双轨道运输系统。这种运输车对山地地形适应能力强、安装轨道不需要专用设备,即使在地形复杂和坡度较大的山坡地也容易安装,适用于大坡度、果树种植密度较大、树冠高度较低的山地果园的肥料、农药、果品和生产工具等货物运输。

2 现行的山地果园轨道运输机的设计方法

2.1 山地果园轨道运输机的提出

在参照现有的山地果园运输机的基础上,结合中国果园劳动力主要依靠对象,果园的种植结构,果农的经济承受能力等实际情况,华南农业大学和华中农业大学提出了山地果园轨道运输机的设计理念,致力于满足山区果农的迫切需求和克服山地果园机械化程度低的难题。

2.2 山地果园轨道运输机的技术要求

2.2.1 山地果园单轨道运输机 运输机主机长 1.4 m,高 0.85 m,宽 0.8 m,最大爬坡角度为 35°,最小转弯半径为 4 m,上坡载重 300 kg,下坡载重 1 000 kg^[17],在全程运输过程中有前进、倒退、转弯、上坡、下坡及任意点处停车、启动的功能,平均运输速度为 1.2 m/s。

在地形复杂且坡度介于 25°~45°的山地果园,常规的轮式机械难以在其中运行,固定轨道方案的提出,较好地解决了此类问题。苹果、柑橘、梨等水果的果园规模小,分布零散,种植密度大,株距小,树冠间距窄,对轨道运输机的宽度要求高,开发难度大^[18-19]。单轨道山地果园运输机以其爬坡能力强、占用空间小、运输量大、运动灵活,能较好适应上下坡蜿蜒起伏地形,安装及使用成本较低,工作可靠,运行平稳等优点被广泛接受。

2.2.2 电牵引式单轨道运输机 电牵引式单轨道运输机是柴油机单轨道运输机的改进型,有效地提升了爬坡能力和上坡载重量,上坡依靠钢丝绳牵引拖车在轨道上上行,下行靠自重下滑。在坡度为 30°的情况下,运输机的载重量为 1 t,运输机可按要求在任意位置停车、启动,运行速度为 0.4~0.5 m/s,可以手动运行,亦可遥控运行,且两种运行方式互不干扰,遥控距离为 300 m^[20],轨道两端安装有行程开关,防止运输机冲出轨道。电牵引式单轨道运输机较传统单轨运输

机,既提高了载重量又方便了控制,还提高了安全性能。

2.2.3 自走式大坡度双轨运输机 自走式大坡度双轨道运输机的主机长 1.5 m,高 0.7 m,宽 1.1 m,最大爬坡角度 45°,行驶通道宽度 1 m 左右,既可以水平转弯,又能垂直转弯,水平转弯半径大于 8 m,垂直转弯半径 10 m,上坡载重 300 kg,下坡载重 1 000 kg,采用 11 kW 的柴油机作为动力,平均运行速度为 1.5 m/s^[21]。

当要实现停车和更换方向时,可以通过操纵手动液压碟片刹车装置和抱轨道装置,实现减速和停车。当停车在斜坡位置且长时间离开运输机时,通过操纵下滑安全装置,可防止运输机自动下滑。该车型还配有自适应坡度的拖车,可实现装载和根据坡度变化自动调节货箱的倾斜角度,保证货物不翻倒。

2.2.4 钢丝绳牵引运输机 钢丝绳牵引式运输机适用于坡度小于 60°的山地果园运送肥料、果品等物品和或搭载其他作业机械,车身重量较轻,载货量大,并能在一定范围内实现弯道运行,上坡最大载货量 400 kg,电机最大配套动力 5.5 kW,平均运行速度 0.5 m/s。运输机的运行轨道及轨道支撑部分均采用价格相对低廉的圆形钢管,滑车整体结构简单,造价相对低廉,使用维护方便;驱动装置采用了带自锁功能的减速器,电机停止时滑车被减速器自锁力制动停车,因此载货滑车不需要设置专用停车制动器^[22]。

2.3 山地果园轨道运输机的基本结构

2.3.1 单轨运输机 自走式单轨运输机结构见图 1,其驱动装置主要以柴油机为主,本研究中的单轨道运输机采用 8.82 kW 的柴油机,以皮带和链传动为主要传动方式,由驱动装置、离合装置、制动装置、轨道防侧倒防脱轨装置、主机架、拖车和带齿的单轨道构成^[23]。

轨道支架由 30 mm×50 mm 方管组成,方管壁厚 3.5~4.0 mm。主轨道 2 上布有齿带,支撑运输机主机和拖斗的运动。主轨道采用 50 mm×50 mm 方钢,壁厚 5 mm。齿带 3 由宽 10 mm,厚 5 mm 的钢条通过模具按链轮结构压制而成;夹紧轮 I 和 II 采用 T 型夹紧轮,通过调整间隙防止运输机机身和拖车脱轨或侧翻。HT200 钢的硬度小于轨道方钢,

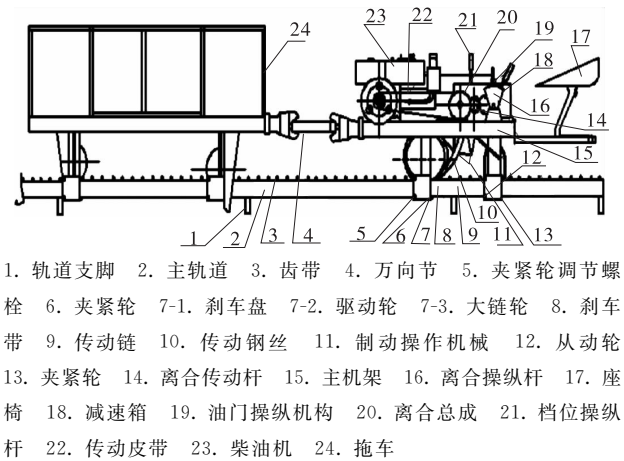


图 1 自走式单轨运输机结构示意图

Figure 1 Sketch of self-propelled single rail transport

可以减轻对主轨道的摩擦;刹车盘为鼓式刹车盘,通过刹车带抱紧刹车鼓来摩擦制动;并排使用两根 BXS-M 刹车带,提高了安全性;制动操作机构由制动操纵机构、传动钢丝、刹车带和刹车盘组成;从动轮为水平面内的万向轮,通过两侧插板和万向盘底部相连,保证运行过程中在转弯时随着轨道的改变而改变;从动轮中心线与两侧夹紧轮的中心线在同一平面内,转弯时可以同时顺利通过;主机架由槽钢、方钢焊接而成,批量生产可铸造,是油箱、减速器等部件的支撑体;柴油机型号为 L-12,功率 8.8 kW;驱动和传动装置由皮带、减速箱、传动链、大链轮、驱动轮组成,完成动力的传递和速度的控制;离合装置由操纵杆和离合器组成,完成换挡及制动;拖车的支撑底座和防侧到伸脚采用 50 mm×50 mm 方钢,壁厚 5 mm,由两个从动轮支撑垂直方向的重量,每个从动轮两侧各有一对 T 型夹紧轮防止拖车侧倒和上跳。

2.3.2 电牵引式单轨运输机 总体结构由卷扬机、轨道、拖车以及控制系统四部分组成。卷扬机是由驱动套筒、卷绕绳索来完成牵引工作的装置;包括四部分:电动机、刹车和联轴器、减速器、卷筒。根据提取货物的重量选取卷扬机直径 10 mm,电动机为 380 V 三相交流电机,功率 5.5 kW,行走速度 0.4~0.5 m/s;制动器是电磁驱动、杠杆连接、弹簧复位的一种摩擦片式制动器;轨道由方钢首尾焊接而成,轨道每隔 2 m 有轨道立柱支撑,轨道立柱和轨道竖直面制有水平通孔,一端制有凸肩,另一端制有外螺纹圆柱形立柱轴销,由立柱螺母锁紧在轨道立柱上;行走轮位于轨道上面,用于承载;夹紧轮位于轨道下面,用于防侧翻;防钢丝绳断裂安全装置的功能使防止因钢丝断裂而引起运输机下坠;下滑启动装置提供运输机一个向下的拉力,防止因坡度不够陡峭而引起的卷扬机空转现象,防止启动时产生卷扬机空转;由于钢丝绳是柔性体,在牵引过程中必须对其导向。钢丝绳导向装置分为竖直方向与水平方向导向;控制系统由手动控制按钮和遥控器控制组成^[24-26]。

2.3.3 双轨运输机 自走式双轨运输机由运输车主机、自适应坡度拖车、双轨道和驱动轮对等四部分组成,见图 2。运输车由机架、柴油机、减速箱、离合机构、是钢丝绕“8”字形的驱动轮对的驱动机构、手动液压碟刹、抱轨刹、档桩式坡度停车防下滑安全装置、前后装有 4 个防侧滑承重轮和防上跳钩

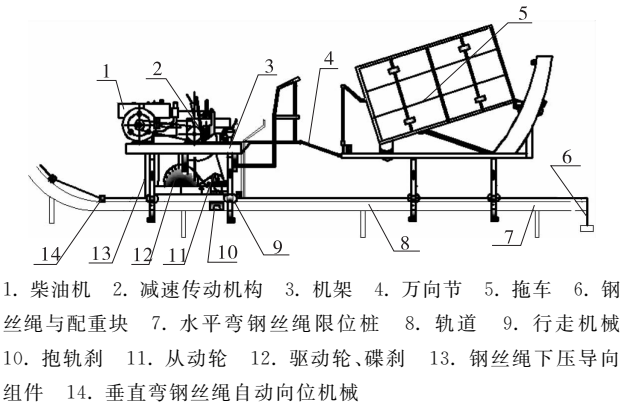


图 2 自走式双轨运输机结构示意图

Figure 2 Sketch of self-propelled dual track conveyor

轮行走机构、在轨道垂直下弯处自动回位钢丝钩桩装置和在轨道水平弯处的钢丝绳限位桩等组成;自适应坡度拖车通过万向节与主机机架相连^[27]。双轨道采用外径为 48 mm 的 2 根镀锌钢管依地形水平铺设而成,轨道上安装有钢丝绳垂直弯自动回位钩桩和钢丝绳水平限位钩桩等装置;钢丝绳上端固定在轨道上,下端通过定滑轮吊配重块以提高钢丝绳张紧力^[28-30]。

2.3.4 牵引式运输机 牵引式运输机主要由动力驱动装置、皮带传动装置、减速机、驱动滚、钢丝绳、货运滑车、双轨道、导索轮和控制装置等组成见图 3。动力驱动装置采用交流或直流电动机,通过带传动装置驱动减速器;减速器具有自锁功能,输出轴与驱动滚筒直接相连;钢丝绳卷筒用于固定和缠绕钢丝,钢丝的另一端与货运滑车连接;货运滑车由车架、4 个滚动轮、4 个防翻轮和 4 条挡链组成;双轨道由圆形钢管焊接而成的平行轨道,间隔一定距离有横杆和地面支撑物;导索轮实现在一定转弯条件下钢丝绳始终平行轨道,不至于处于双轨道之外;控制装置包括电源开关、轨道两端的行程开关、远程遥控无线电接收装置、电机控制模块等组成,实现货运滑车的手动控、遥控和通过上下行开关实现两端终点的自动停车控制。

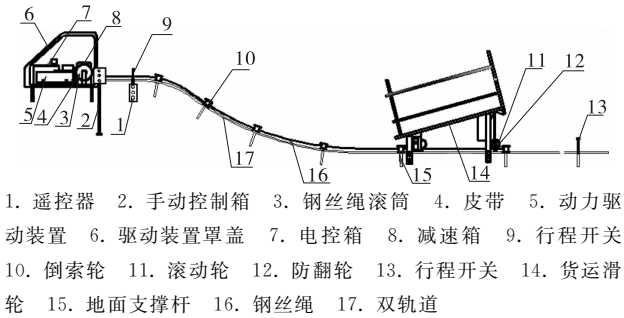


图 3 牵引式轨道运输机

Figure 3 Sketch of trailed rail transport

2.4 山地果园轨道运输机的工作原理

2.4.1 自走式单轨道运输机 工作时,柴油机的动力通过皮带传递给减速箱,减速箱再通过传动链将动力传递给大链轮,从而实现大链轮与驱动轮的同轴传动,驱动轮与带齿带的轨道啮合,进而驱动运输机在轨道上的运动,继而带动拖车一起运动。其中,T 型夹紧轮是保证运输机在工作过程中与轨道间隙配合的装置,防止发生脱轨和侧倒,使运输机平稳运行。自走式单轨运输机的传动路线见图 4。

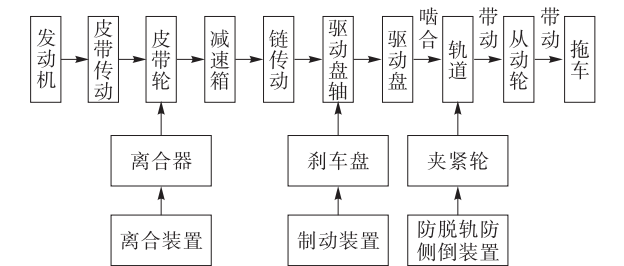


图 4 自走式单轨运输机的传动路线

Figure 4 Transmission line of self-propelled single rail transport

2.4.2 自走式双轨运输机 运行时,柴油机动力通过皮带、减速机构、链轮等传递给钢丝绳呈“8”字型交错缠绕的驱动轮对,钢丝绳两端分别固定在轨道两端,由安装在运输机架前后两端的导向轮和下压轮完成钢丝绳在驱动轮对的绳槽内顺利导入和导出,通过钢丝绳与驱动轮对间的摩擦实现运输车的驱动,并带动拖车实现运输。通过调节减速机构中滑动齿轮位置,实现前进、后退和空挡切换;通过操纵碟刹和抱轨刹,实现减速和临时停车;通过操纵下滑安全装置,实现在斜坡位置长时间停车;通过调整防侧到轮与轨道间的间距,实现运输车的转弯^[31]。

2.4.3 电牵引式单轨运输机

(1) 运输机下行:按下遥控器或控制箱的“下行”按钮,遥控箱内反转接触器吸合,卷扬机上的三相电机和电磁制动器受电,刹车松开,电动机带动卷筒顺时针旋转,卷筒送出钢丝绳,拖车在重力作用下沿山坡下行,如果不遇到障碍物,拖车下行,直到碰到下行程开关^[32]。

(2) 运输机上行:按下遥控器或控制箱的“上行”按钮,遥控箱内反转接触器吸合,卷扬机上的三相电机和电磁制动器受电,刹车松开,电动机带动卷筒顺时针旋转,卷筒卷进钢丝绳,拖车在钢丝绳的牵引下上行,如果不遇到障碍物,拖车上行,直到碰到上行程开关。

(3) 运输车停车:若拖车处于运行状态,按下遥控器或控制箱上的“停止”按钮,无论正反转接触器都会断开,卷扬机断电,拖车停车。

2.4.4 电牵引式双轨运输机 “上行”指令时,钢丝绳卷筒卷收钢丝绳牵引货运滑车双轨道上行;“停止”指令时,电机停转,减速器的自锁作用产生的逆向阻力与滑车的坡度力平衡,使滑车停车;“下行”指令时,电机转动,减速器通过钢丝绳滚筒释放钢丝绳使滑车下行。轨道两端的行程开关可以实现货运滑车两端终点的自动停车。双轨道间的导索轮,用于在一定条件下不使钢丝绳处于双轨道之外。货运滑车与钢丝绳连接,其后部的两个滚动轮可在一定范围内上下摆动以克服个别轮悬空,货运车在双轨道中不会脱轨,起到保护作用。牵引式运输机控制框图及传动路线见图 5、6。

3 山地轨道运输机发展展望

目前,中国至少存在着轮式、履带式、履带轮式、单轨道、双轨道、索道等多种山地果园运输机,每种设备都有自身的适应范围和优劣。笔者主要对单轨道运输机、双轨道运输机、钢丝绳牵引运输机的结构、工作原理和创新点进行了归纳和总结。与传统的轮式运输机、履带运输机相比,轨道运输机爬坡能力强,操作简便、易于控制,适应能力强,应用范围广、增加了防侧翻功能,同时载重能力得到提升、灵活性得到增强。

随着国家政策的扶持、惠农政策的出台^[33]和农业机械化的发展,以及广大果农对更低能耗、更廉价、更多功能的运输机的需求,现行的山地果园运输机还有很多问题需要改进,性能也亟待提高。中国山地果园运输机的研究方向大致可以从以下几个方面考虑:

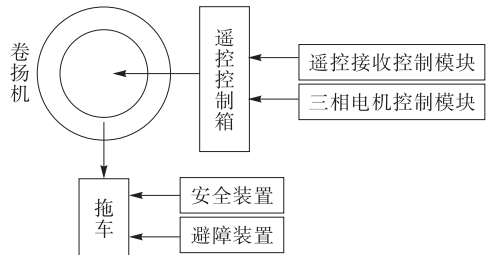


图 5 牵引式单轨运输机控制框图

Figure 5 Control block of trailed single rail transport

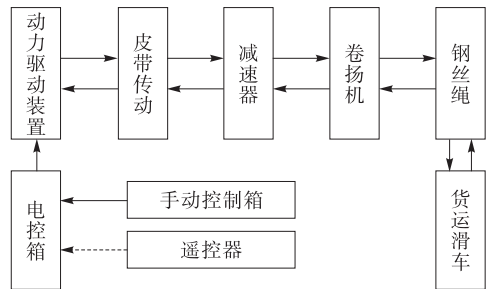


图 6 牵引轨道运输机的传动路线

Figure 6 Transmission line of trailed rail transport

(1) 山地果园运输机的优化设计:提高传动系统的效率,降低功率,减少油耗;采用铸件,降低制造难度和生产成本;提高易耗损件的材料性能,提高各部分的性能指标;提高主要部件的适应性和可互换性;采用遥控控制和自动控制系统,节约人力成本;使山地果园向着轻量化、大载货量、高可靠性、高稳定性和经济适用的方向发展。

(2) 现行的轨道是以线为布局的,未能形成片。因此在设计过程中,轨道由线布局向面布局发展,增设 S 型或圆形轨道,拉近果树与轨道运输线间的距离。

(3) 运输机使用多功能化:运输机不仅可以满足化肥、农药、水果的运输的要求,还可以对果树进行剪枝、喷药,采集果树生长数据,病虫害数据,以期提高经济效益。

(4) 果园规划和运输机开发密切结合:由于盲目追求经济效益,缺乏科学规划知识,导致果树种植过密,植株行距小,再加上管理水平落后,难以实现标准化,轨道下面杂草缠绕滚轮、导索轮及钢丝绳易造成货车故障甚至损坏,增加了单轨运输机的研发难度^[34-35]。因此,从长远的经济效益考虑,建设与农业机械化相适应的规模化、统一化、高标准的果园是必备的客观条件。

参考文献

[1] 沈兆敏,柴寿昌. 中国现代柑橘技术[M]. 北京:金盾出版社, 2008:19-22.

[2] 中国柑橘学会. 中国柑橘产业[M]. 北京:中国农业出版社, 2008:17-21.

[3] 战延文,张学锋,刘长乐,等. 单轨运输车应用现状[J]. 林业机械与木工设备,2008,36(12):45-47.

[4] 刘梦飞,郑甲红,高警. 采摘机—核桃树系统的仿真与试验[J]. 食品与机械,2014,30(1):107-110.

[5] Ericson M. Two-wheel tractors: road safety issues in Laos and Cambodia[J]. Safety Science,2010(48):537-543.

[6] 刘贯博. 日本果园机械化现状[J]. 农牧与食品机械, 1994 (6):37.

[7] 胡亚玲. 日本坡地果园机械化作业[J]. 四川农机, 2003(6):352.

[8] 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.

[9] 文韬, 洪添胜, 苏建, 等. 山地果园索道张紧调节自动控制装置的设计[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6):128-131.

[10] 李敬亚. 山地果园单轨运输机的研制[D]. 武汉: 华中农业大学工学院, 2011.

[11] Li Shan-jun, Xing Jun-jun. Construction of 7YGS-45 type orchard transport automatic control test platform[J]. Advanced Materials Research, 2011(201/202/203):1 396-1 401.

[12] Sanders K F. Orange harvesting systems review[J]. Biosystems Engineering, 2005, 90(2):115-125.

[13] 洪添胜, 张衍林, 杨洲, 等. 果园机械与设施[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012:103.

[14] 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[C]//中国农业工程学会(CASE). 创新农业工程科技, 推进现代农业发展: 中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集. 2011.

[15] 李善, 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):85-88.

[16] 洪添胜, 苏建, 陈姗, 等. 一种钢丝绳牵引式变轨式山地果园货运系统: 中国, CN102730007[P]. 2012-10-17.

[17] 张衍林, 樊启洲, 邓在京, 等. 一种山地单轨道果园运输机: 中国, CN101544235[P]. 2009-03-19.

[18] 范凤翠, 李志宏, 王桂荣, 等. 国外主要国家农业信息化发展现状及特点的比较研究[J]. 农业图书情报学刊, 2006, 18(6): 175-177.

[19] 孟枫平. 日本农业信息化进程的主要特点[J]. 世界农业, 2003 (4):38-39, 47.

[20] 张凯鑫, 张衍林. 牵引式单轨果园运输机的设计与实现[C]//中国农业工程学会(CASE). 创新农业工程科技, 推进现代农业发展: 中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集. 2011.

[21] 邢建军, 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[C]//中国农业工程学会(CASE). 创新农业工程科技, 推进现代农业发展: 中国农业工程学会 2011 年学术年会论文集. 2011.

[22] 洪添胜, 苏建, 朱余清, 等. 一种钢丝绳牵引式山地果园运输机: 中国, CN202294798[P]. 2012-07-04.

[23] 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.

[24] 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):443-447.

[25] 汤晓磊. 7YGD-45 型单轨果园运输机的设计[D]. 武汉: 华中农业大学工学院, 2012.

[26] 张衍林, 樊启洲, 邓在京, 等. 自走式双轨道果园运输机: 中国, CN101720601[P]. 2010-06-09.

[27] Ericson M. Two-wheel tractors road safety issues in Laos and Cambodia[J]. Safety Science, 2010, 48(5):537-543.

[28] 成大先机械设计手册[M]. 4 版. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[29] 陈震邦, 周堂. 农用电动运输车设计[J]. 农业机械学报, 2005, 36(7):153-154.

[30] 于学谦. 矿山运输机械[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998.

[31] 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):2 111-2 113.

[32] 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, 2013, 22(3):130-134.

[33] 王浩. 浅谈购机补贴对优化农机结构的影响[J]. 安徽农业通报, 2006, 16(5):155.

[34] 白晓丽, 伍毅. 面向制造和装配的食品机械设计[J]. 食品与机械, 2012, 28(1):147.

[35] 吴伟斌, 赵奔, 朱余清, 等. 丘陵山地果园运输机的研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2013(7):135-142.

(上接第 201 页)

[25] 韩彬, 程道梅, 余小平, 等. 染料木黄酮抑制血管内皮生长因子诱导的血管内皮细胞活化及蛋白激酶 K 活性[J]. 成都医学院学报, 2011, 6(3): 192-195.

[26] 农朝赞, 黄华艺. 黄酮类化合物对蛋白激酶的抑制作用[J]. 中国新药与临床杂志, 2004, 23(8): 548-551.

[27] 林辉, 糜漫天, 常微. 3,6-二羟黄酮降低白血病细胞 HL-60 抗氧化酶活性并影响 MAPKs 信号通路[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(10): 895-897.

[28] 田甜甜, 李际盛, 王亚伟, 等. 染料木黄酮在小细胞肺癌 H446 细胞中通过抑制 FoxM1 通路发挥抗肿瘤作用[J]. 山东大学学报: 医学版, 2013, 51(6): 44-48.

[29] 靳西风, 冉志华. EGCG 和染料木黄酮在肿瘤细胞信号传导中的作用[J]. 世界华人消化杂志, 2006, 14(15): 1 507-1 511.

[30] Hanahan D, Weinberg R A. Hallmarks of cancer: the next generation[J]. Cell, 2011, 144(5): 646-674.

[31] Taraboletti G, Giavazzi R. Modelling approaches for angiogenesis[J]. Eur. J. Cancer, 2004, 16(40): 881-889.

[32] Haubner R, Wester HJ. Radiolabeled tracers for imaging of tumor angiogenesis and evaluation of anti-angiogenic therapies[J]. Curr. Pharm. Des., 2004, 10(13): 1 439-1 455.

[33] Carmeliet P, Jain R K. Molecular mechanisms and clinical applications of angiogenesis[J]. Nature, 2011, 473(7 347): 298-307.

[34] 曾益新, 张晓实, 刘强. 分子靶向治疗: 肿瘤治疗的里程碑[J]. 癌症, 2008, 27(8): 785-787.

[35] 张秀莉. 一种新黄酮类化合物((2S)-8-异戊烯基-7,2,4'-三羟基-5-甲氧基-二氢黄酮)的抗血管生成作用及其机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.

[36] 蒲丽平. 苦参黄酮 Kushecarpin D 的抗血管生成作用及自由基相关机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2010: 26-31.

[37] Fang Jing, Zhou Qiong, Liu Ling-zhi, et al. Apigenin inhibits tumor angiogenesis through decreasing HIF-1alpha and VEGF expression[J]. Carcinogenesis, 2007, 28(4): 858-864.

[38] Xie Si-rou, Wang Yu, Liu Chang-wei, et al. Liquiritigenin inhibits serum-induced HIF-1alpha and VEGF expression via the AKT/m TOR-p70S6K signal ling pathway in hela cells[J]. Phytother. Res., 2012, 26(8):1 133-1 141.

[39] 郑敏. 射干根茎中的异黄酮类化合物的抗血管生成和抗肿瘤活性[J]. 国外医药: 植物药分册, 2004, 19(6): 260.