

# 7YGS-45型自走式双轨道山地果园运输机\*

李善军 邢军军 张衍林 孟亮 樊启洲

(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,设计了7YGS-45型双轨道果园运输机,重点解决了钢丝绳与驱动轮对配合实现摩擦驱动、抱轨与碟刹配合实现制动、防止运输机侧滑和上跳、防止钢丝绳在弯道中上抬与拉直、拖车自适应坡度调节等关键技术问题。试验表明,运输机最大爬坡角度 $47^\circ$ ,最小水平转弯半径8 m,平均运行速度1.0 m/s。该机可适用于山地果园中运输果实、肥料等,也可搭载喷雾机或修剪机械等进行作业。

**关键词:** 山地果园 果园运输机 双轨道 自走式

**中图分类号:** S229+.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)08-0085-04

## 7YGS-45 Type Self-propelled Dual-track Mountain Orchard Transport

Li Shanjun Xing Junjun Zhang Yanlin Meng Liang Fan Qizhou

(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, the 7YGS-45 type self-propelled dual-track orchard transport was developed, and the following key technical problems were mainly solved, such as the steel wire rope and a couple of driving wheels cooperated friction drive, the track holding and disc braking cooperated braking, anti-side slipping and anti-jumping, anti rope rising and anti rope straightening during the rail curves, trailer's slope adaptive adjustment, etc. The experimental results indicated that, the transport machine could run smoothly on the paved tracks, with the maximum climbing slope of  $47^\circ$ , minimum horizontal turning radius of 8 m, the average speed of 1.0 m/s. The transport machine could not only be used in the mountain orchard to transport the fruits and fertilizers, but also be equipped with spraying operations, cutting operations, or other operations.

**Key words** Mountain orchard, Orchard transport, Dual-track, Self-propelled

### 引言

我国的柑橘、苹果和梨等果树主要种植在难以形成较完善交通运输网络的岗地和山坡上。施肥、喷药、采摘等生产过程中的运输劳动强度大,劳动力成本高。平地尚可使用常规轮式运输机,而山地则只能依靠人力,劳动力成本增加和劳动力不足制约了水果产业的高效、低成本发展,提高山地果园运输机械化水平迫在眉睫,山地果园运输机械的发展势

在必行。

国外山地果园运输技术开发起步较早,日本处于领先地位<sup>[1]</sup>,我国20世纪70年代从日本引进了相关机械,对我国山地果园运输机械化的发展起到了良好的促进作用,但其不适应国情且造价很高,未能在生产中发挥应有的作用,目前市场上没有可采用的果园运输机械。

为此本文设计适合山地或梯田大坡度果园的7YGS-45型自走式双轨道果园运输机。

收稿日期: 2010-11-04 修回日期: 2010-12-10

\* 现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项资金项目(农科教发[2011]3号)和国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903023)

作者简介: 李善军,讲师,博士生,主要从事柑橘生产机械化和生物质能装备研究,E-mail: shanjunlee@mail.hzau.edu.cn

通讯作者: 张衍林,教授,博士生导师,主要从事柑橘生产机械化和生物质能工艺与装备研究,E-mail: zhangyl@mail.hzau.edu.cn

## 1 设计目标与主要技术参数

### 1.1 设计目标

常规轮式运输机械难以在复杂的大坡度山地果园中运行,因此常采用固定轨道的运输方案。柑橘、苹果和梨等果树的种植密度一般为 $1\ 200$ 株/ $\text{hm}^2$ 左右,株距约为 $2.9$  m,树冠间隙一般小于 $1.2$  m,轨道运输机的宽度要小于 $0.8$  m。运输机可完成轨道左右各 $100$  m范围内的作业,鲜果产量按 $37.5$  t/ $\text{hm}^2$ 计算, $200$  m轨道需运输 $150$  t,如 $10$  d内每天工作 $8$  h将其运输完,则运输能力需大于 $2$  t/h。对 $25^\circ \sim 45^\circ$ 的大坡度果园,设计运输机的最大爬坡角度需要大于 $40^\circ$ 。

由此,确定双轨道果园运输机的设计目标主要有:运输机的宽度小于 $0.8$  m;运输能力大于 $2$  t/h;最大爬坡角度大于 $40^\circ$ ;能实现前进、倒退、水平方向转弯、垂直方向转弯和任意点制动等功能。

### 1.2 主要技术参数

根据山地果园地形条件以及果园水果、肥料和农药等的运输承载实际需要,按最大坡度 $45^\circ$ 载荷 $300$  kg计算,动力采用 $11$  kW柴油机,并确定了自走式双轨道果园运输机的主要技术参数如表1所示。

表1 7YGS-45型自走式双轨道果园运输机主要技术参数

Tab.1 Main technical parameters of 7YGS-45 type self-propelled dual-track orchard transport

参数	数值
配套动力/kW	11.0
主机外形尺寸/mm × mm × mm	1 500 × 700 × 1 100
运行速度/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\leq 1.5$
运输车质量/kg	$\leq 300$
上坡承载质量/kg	$\leq 300$
下坡承载质量/kg	$\leq 1\ 000$
爬坡角度/ $^\circ$	$\leq 45$
水平转弯半径/mm	$\geq 8\ 000$
垂直转弯半径/mm	$\geq 10\ 000$
燃料消耗量/ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$	$\leq 1.8$
上行运输能力/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	$\geq 2$
下行运输能力/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	$\geq 8$

## 2 基本结构与工作原理

### 2.1 基本结构

7YGS-45型自走式双轨道果园运输机主要由运输车(运输机主机)、自适应坡度拖车、双轨道和驱动钢丝绳4部分组成。运输车由机架、柴油机、减速传动机构、离合机构、驱动机构、手动液压碟片式制动机构(简称碟刹)、抱轨道式刹车制动机构(简称抱轨刹)、行走机构和钢丝绳下压导向组件等

组成,拖车通过万向节与运输车连接。双轨道由2根外径为 $48$  mm的镀锌钢管依地形条件水平铺设,轨道上安装垂直弯钢丝绳自动回位钩桩和水平弯钢丝绳限位桩等装置。钢丝绳上端固定在轨道的上端,钢丝绳下端通过定滑轮吊装配重块以提供钢丝绳张紧力<sup>[2-5]</sup>。整机结构图如图1所示。

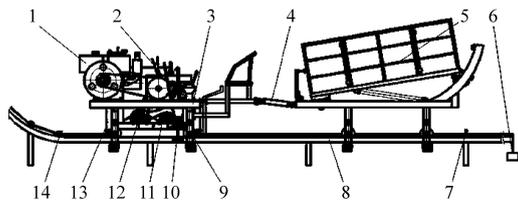


图1 7YGS-45型自走式双轨道果园运输机的总体结构图

Fig.1 Structure of 7YGS-45 type self-propelled dual-track orchard transport

1. 柴油机 2. 减速传动机构 3. 机架 4. 万向节 5. 拖车
6. 钢丝绳与配重块 7. 水平弯钢丝绳限位桩 8. 轨道 9. 行走机构 10. 抱轨刹 11. 从动轮 12. 驱动轮、碟刹 13. 钢丝绳下压导向组件 14. 垂直弯钢丝绳自动回位钩桩

### 2.2 工作原理

运输机运行时,柴油机动力通过胶带、减速传动机构、链轮等传递给钢丝绳呈“8”字形交错缠绕的驱动轮对。钢丝绳两端分别固定在轨道两端,由安装在运输车机架前、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。调节减速传动机构中的滑动齿轮位置,实现前进、后退和空挡切换。操纵碟刹和抱轨刹,实现减速和临时停车。操纵防下滑安全装置,实现斜坡位置上的长时间停车。调整防侧滑承重轮和防上跳轮与轨道间的间隙,实现运输机的转弯。

## 3 主要机构设计

### 3.1 驱动机构

柴油机的动力通过驱动轮和从动轮(简称驱动轮对)与钢丝绳配合实现摩擦驱动(简称绳轮配合驱动)实现自走,绳轮配合驱动机构如图2所示。通过对钢丝绳在驱动轮对上的包角及两者间的摩擦因数分析计算,确定驱动轮对的直径为 $152$  mm,中心距为 $300$  mm,驱动轮对上5个绳槽的间距为 $23.5$  mm。

钢丝绳的导入和导出由安装在前、后两端的钢丝绳下压导向轮组件控制,钢丝绳下压导向轮组件由导向轮和下压轮组成,确保钢丝绳在轨道中央且不脱离驱动轮对上的绳槽。钢丝绳在驱动轮和从动轮上呈“8”字形交错缠绕,通过使钢丝绳在驱动轮对间伸长与收缩,驱动运输机在轨道上运行<sup>[6-11]</sup>。

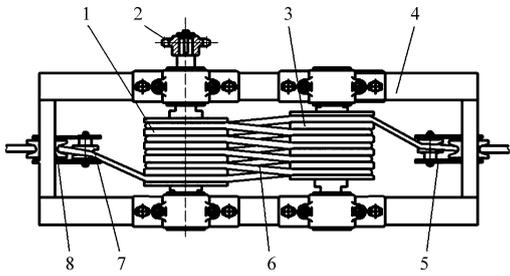


图 2 绳轮配合驱动机构结构图

Fig. 2 Structure of rope and wheel cooperated driving

- 1. 驱动轮 2. 链轮 3. 从动轮 4. 驱动支撑架 5. 钢丝绳下压导向轮组件 6. 钢丝绳 7. 导向轮 8. 下压轮

### 3.2 行走机构

行走机构主要由防侧滑承重轮和防上跳轮组成,如图 3 所示。防侧滑承重轮的外形为喇叭形,4 个喇叭形承重轮均小头朝向双轨道内侧对装,可以支撑整个运输车,并可防止运输车向轨道外侧滑动。防上跳轮为圆柱形,安装在轨道的下方,防止运输车向上跳动和翻倒。按水平方向转弯半径 8 m 和垂直方向转弯半径 10 m 计算,防侧滑承重轮和防上跳轮与双轨道之间预留 4 mm 间隙。

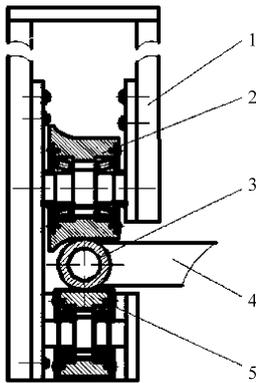


图 3 行走装置结构图

Fig. 3 Structure of walking device

- 1. 连接钢板 2. 防侧滑承重轮 3. 轨道 4. 轨道连接方钢 5. 防上跳轮

### 3.3 制动机构

为保证运输车在大坡度山地果园中安全可靠运行,运输车配备 3 套制动机构,分别是安装在驱动轮轴上的手动液压碟片式制动机构、抱轨道式刹车制动机构和挡杆与锁杆组成的防下滑安全机构。手动液压碟片式制动机构由一个与车轮相连的刹车圆盘和圆盘边缘的刹车钳组成,刹车时高压刹车油推动刹车钳使之夹紧刹车盘,从而产生制动效果。抱轨道式刹车制动机构由凸轮、撑杆及摩擦片构成,通过摩擦片与轨道之间的摩擦力实现制动。挡杆和锁杆组成的防下滑安全机构主要是防止坡度停车时运输车的自动下滑。

### 3.4 限位机构

为保证运输车运行过程中钢丝绳水平方向靠近轨道中央,垂直方向尽可能靠近轨道平面,在双轨道的垂直方向弯道处安装垂直弯钢丝绳自动回位钩桩以防止钢丝绳抬高,在双轨水平方向弯道处安装水平弯钢丝绳限位桩以防止钢丝绳拉直。垂直弯钢丝绳自动回位钩桩机构如图 4 所示。采用上、下各一个扭转弹簧,分别有一个脚固定在中分台阶上,另一个脚伸出在套筒上 90°的空行程槽内,当一个扭转弹簧受力时,另一个扭转弹簧空行程。其在运输车通过时能被导向轮组件推向侧边,通过后能够自动回位,保证钢丝绳处在合适位置。

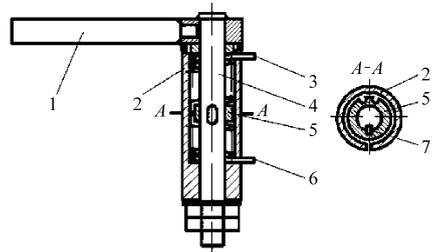


图 4 垂直弯钢丝绳自动回位钩桩装置结构图

Fig. 4 Structure of vertical-bend steel wire automatically return to position hook pile device

- 1. 下压横杆 2. 固定套筒 3. 上扭转弹簧 4. 旋转轴 5. 中分台阶 6. 下扭转弹簧 7. 键

### 3.5 拖车自适应坡度调节机构

拖车由弧形轨道与货箱组成。货箱底部滑轮可在弧形轨道内滑动。通过货箱底部的拉伸弹簧、货箱前端的扭转弹簧和压缩弹簧、弧形轨道末端的压缩弹簧等配合,使拖车可根据坡度变化自动调节货箱的倾斜角度,保证运输车在 45°以内坡度上运行时货物不掉落。

## 4 运行效果分析

为测试运输机的实际运行性能,分别在华中农业大学柑橘示范园和湖北省宜昌市秭归县郭家坝镇烟灯堡村进行了示范工程建设,测试试验如图 5、6



图 5 华中农业大学柑橘示范园运输试验

Fig. 5 Transport test in Huazhong Agricultural University citrus demonstration garden

所示。前者轨道总长度 42 m,最大坡度  $38^\circ$ ;后者轨道总长度 210 m,最大坡度  $47^\circ$ ,最小水平转弯半径 8 m,最小垂直转弯半径 10 m。试验表明,该机空载上坡平均运行速度 1.1 m/s,装载量 200 kg 时上坡平均运行速度 0.9 m/s。

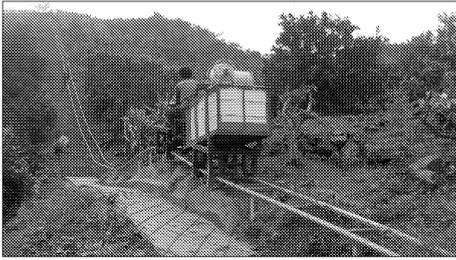


图6 秭归县搭载喷雾机作业试验

Fig.6 Test of transport equipped with spraying operation in Zi Gui county

## 5 结论

(1) 7YGS-45 型自走式双轨道果园运输机可实现爬坡、水平方向转弯、垂直方向转弯、前进、倒退和任意点制动等功能。试验表明,最大爬坡角度达到  $47^\circ$ ,平均运行速度为 1.0 m/s,最小水平转弯半径 8 m,满足设计目标要求。

(2) 运输机采用自走式作业方式,提高了运输机作业的可操作性、灵活性和适应性,适用于山地果园中运输果实、肥料等,也可进行搭载喷雾机和修剪机械等进行作业。

(3) 经试验表明,驱动轮对与钢丝绳配合实现摩擦驱动的机构运行可靠,两者间的弹性滑动和磨损率能够满足实际需要。采用碟刹和抱轨刹等方式制动,能保证运输机安全运行。

## 参 考 文 献

- 1 Sanders K F. Orange harvesting systems review[J]. *Biosystems Engineering*, 2005,90(2):115~125.
- 2 Ericson M. Two-wheel tractors: road safety issues in Laos and Cambodia[J]. *Safety Science*, 2010,48(5):537~543.
- 3 成大先. 机械设计手册[M]. 4版. 北京:化学工业出版社,2002.
- 4 陈震邦,周莹. 农用电动运输车设计[J]. *农业机械学报*,2005,36(7):153~154.
- 5 于学谦. 矿山运输机械[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1998.
- 6 华中农业大学. 适用于山地果园的自走式双轨道大坡度运输机:中国,200920291609.3[P]. 2010-06-02.
- 7 Hamblin M G, Stachowiak G W. Environmental and sheave material effects on the wear of roping wire and sheave[J]. *Tribology International*,2005, 28(5):307~315.
- 8 Ridge I M L, Chaplin C R, Zheng J. Effect of degradation and impaired quality on wire rope bending over sheave fatigue endurance[J]. *Engineering Failure Analysis*,2001,8(2):173~187.
- 9 Zhang D K, Ge S R, Qiang Y H. Research on the fatigue and fracture behavior due to the fretting wear of steel wire in hoisting rope[J]. *Wear*,2003,255(7~12):1233~1237.
- 10 Baser O, Konukseven E I. Theoretical and experimental determination of capstan drive slip error [J]. *Mechanism and Machine Theory*,2010,45(6):815~827.
- 11 Werkmeister J, Slocum A. Theoretical and experimental determination of capstan drive stiffness [J]. *Precision Engineering*, 2007,31(1):55~67.