

丘陵山地果园运输机的研究进展

吴伟斌 赵 奔 朱余清 王海林 支 磊 冯灼峰

华南农业大学工程学院, 广州 510642

摘要 丘陵山地水果产业是典型的丘陵山地农业, 而丘陵山地果园的机械化运输已成为丘陵山地果园作业的核心需求。为了解决丘陵山地果园运输困难的问题, 国内外学者对丘陵山地果园的运输机械进行了相关研究。笔者概述了国内外丘陵山地果园轮式运输机、履带式运输机和履带轮式运输机的研究与应用现状, 综述了它们的性能、使用条件和特色机构等, 并阐述了其发展趋势。

关键词 丘陵山地; 果园; 柑橘; 运输机; 机械化

中图分类号 S 233.74 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)04-0135-08

中国是世界第一大水果生产国与消费国。中国水果产业是具有较强国际竞争力的优势农业产业, 市场前景广阔, 近 10 年来已连续保持年增 5% 以上的发展速度^[1], 其中 2010 年中国柑橘种植面积约占世界总面积 34%, 产量约占世界总产量的 28%, 均居世界首位^[2]。

中国柑橘产地主要位于东南丘陵山地地带, 现已形成以浙南—闽西—粤东柑橘带、赣南—湘南—桂北柑橘带、长江上中游柑橘带、鄂北—湘中柑橘带和一批特色柑橘生产基地为主的“四带一基”生产格局^[3]。丘陵山地水果产业是典型的丘陵山地农业, 而丘陵山地果园的机械化运输已成为丘陵山地果园作业的核心需求。

传统柑橘的种植缺乏规划且立地条件差, 柑橘树生长在难以形成较为完善交通运输网络, 甚至是呈陡坡梯田状的丘陵山地上^[4]。这导致常规运输车难以在丘陵山地果园推广使用, 并对成熟柑橘果实运输造成了较大的困难^[5-6]。此外, 柑橘种植、施肥与采摘等管理过程中需要大量的运输劳动力, 而随着年轻劳动力往城市转移及人口的老龄化等原因, 人力资源越来越匮乏, 并导致劳动力成本上升, 因此迫切需要实现丘陵山地果园运输的机械化。为了提高丘陵山地果农的运输效率与经济效益, 降低果农的劳动强度与生产成本, 国内外均进行了不同类型丘陵山地果园运输机的研究与开发。

1 研究概况

根据果园建造地形的不同, 一般可将柑橘园分为 2 种: 一种是以缓坡或平坦地区为主要种植区域, 以美国、巴西为代表, 柑橘园建设标准高、生产规模化, 采用常规运输机; 另一种是以坡地为主要种植区域, 以日本、韩国为代表, 柑橘园需要采用专用的丘陵山地果园运输机。与日本、韩国相似, 中国柑橘种植区在地形上属于后者, 柑橘园建造标准与运输机械化程度都较低^[7-8]。为解决山地果园运输的技术问题, 国内外学者对山地果园运输机进行了研究, 形成了以轮式农用运输机、履带式运输机、架空索道^[9-10]、牵引式无轨运输机^[11-12]、单轨运输机^[13-18]和双轨运输机^[19-20]为主要代表的运输机械, 所达到的最大爬坡度依次增大, 可以适应于不同坡度等级的果园运输。

2 现状与进展

在对坡度划分上, 一般认为 2° 以下的土地为平原, 2°~5° 为缓坡, 5°~15° 为斜坡, 15°~25° 为陡坡, 其中 25° 以上为急坡^[21]。柑橘的商品性栽培区域仅限于南纬 20°~40° 和北纬 20°~40° 的亚热带地区, 而在中国则主要集中于丘陵山地^[22], 因此对适应于丘陵山地果园运输机械的研究非常重要^[23]。应用于丘陵山地果园的运输机械, 可以分为轮式运输机、履带式运输机以及履带轮式运输机 3 种类型。而索

道式、无轨和轨道式的运输机能够应用于更大坡度的果园运输。

2.1 丘陵山地果园轮式运输机

1) 国外丘陵山地果园轮式农用运输机。轮式农用运输机是一种介于汽车和拖拉机之间的运输机械,主要适用于运输距离短、运行路况较差和载重不大的缓丘陵上进行运输作业。国外一般将其分成独立式轮式农用运输机和拖拉机变型运输机,其中后者在原有拖拉机的基础上通过加长轴距和对制动系统、转向机构的完善等改造,使其通过能力、安全性与爬坡能力都有所提高。

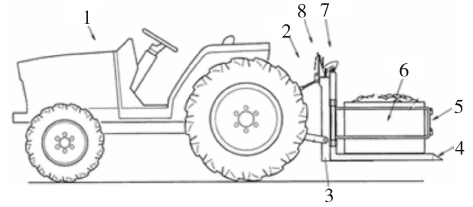
为了能够满足各种不同的运输作业,国外轮式农用运输机发动机额定功率为 15~120 kW,最低速度为 0.6~6.9 km/h,而最高速度为 15 km/h 以上,主变速器一般有 4~8 个档位^[24],一般分为日韩型、意德型、英法型和美加型 4 种类型^[25]。

日韩型轮式农用运输机以轻型、精细、多样与齐全为特色。在 20 世纪 80 年代末,日本和韩国已研发出 9 个载重级别、载重质量为 200~900 kg 的三轮农用运输机,其中传动系普遍配置 2+1 和 3+1 型变速箱。为了提高丘陵山地的通过性与稳定性,日韩型运输机广泛使用低压宽轮胎、差速锁与水冷式发动机,载重质量为 1 000 kg,且 500 kg 以上的机型开始采用动力输出轴。

随着运输机械化的发展,四轮驱动、无级变速且具有液压自卸和货物水平升降功能的四轮农用运输机得到广泛应用,逐渐出现了分工更为明确的水田型、丘陵山区型、果园型、饲料型以及畜牧产品型的二、三、四、五、六轮式等自走式运输机,其中,对于松软地面、路况较差的丘陵山地果园或田间运输,日本采用更为小型低速的轮式农用运输机,载重质量为 200~1 000 kg,最高车速小于 15 km/h,但爬坡能力不强^[25]。

图 1 所示为富士トレーラー制作所株式会社研发的轮式运输机,搬运台可以升降与水平移动以便于货物操作,并且采用定位装置提高运行的稳定性与灵活性^[26]。

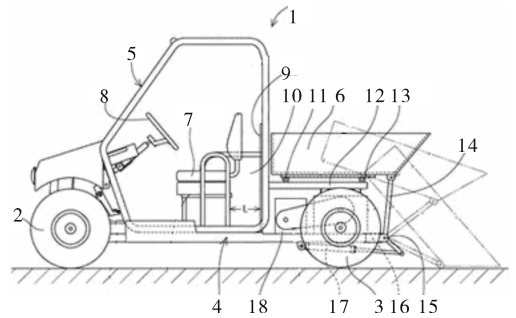
图 2 所示为ヤンマー株式会社研发的采用皮带式无级变速与液压自卸装置的多功能轮式农用运输机^[27]。此外,河島农具制造有限公司研发出适用于自走式的轮式农用运输车,采用正反转开关控制装置,可实现运输车前进后退的灵活切换^[28]。



1. 行走机体 Walking organism; 2. 连接机构 Connecting mechanism; 3. 安装架 Installation rack; 4. 运搬台 Transportation platform; 5. 装载部件 Loading mechanism; 6. 货物 Cargo; 7. 锁止机构 Locking mechanism; 8. 限位机构 Limiting mechanism.

图 1 轮式运输机结构

Fig. 1 Structure diagram of wheeled transporter



1. 运输机 Transporter; 2. 前轮 Front wheel; 3. 后轮 Rear wheel; 4. 车架 Frame; 5. 驾驶室 Cab; 6. 货箱 Container; 7. 座位 Seat; 8. 方向盘 Steering wheel; 9. 驾驶室后板 Cab rear panel; 10. 空间部 Vacancy; 11. 支持滚轮 Support wheel; 12. 上支架 Upper bracket; 13. 升降滚筒 Lifting cylinder; 14. 升降铰链 Lifting hinge; 15. 升降轴 Lifting shaft; 16. 下支架 Lower bracket; 17. 发动机 Engine; 18. 液压油缸 Hydraulic cylinder.

图 2 多功能轮式运输机结构

Fig. 2 Structure diagram of multi-function wheeled transporter

意大利和德国的地形特点是以丘陵山地为主,农业耕地均采用以农场经营的管理模式,并以小规模农场为主。与日韩型轮式农用运输机不同,意德型轮式运输机主要是独立式中型或拖拉机变型的农用运输机,具有良好的动力性和适应性,可以根据作业需要进行多种工作装置的选配。其主要参数如表 1 所示。

英国和法国地理环境、农场规模和耕作习惯与日本、韩国、意大利、德国存在较大差异,并以中等规模的农场为主。轮式运输机以采用柴油发动机的大中型拖拉机为主,辅以农用客车与厢式货运车进行收获和运输作业,具有良好的通过性和爬坡能力。英法型轮式农用运输机主要以汽车车架为基础进行整车设计或以汽车底盘为基础进行变形改装而成。

表 1 意德型轮式农用运输机主要参数

Table 1 Main parameters of Italian-German wheeled transporter

项目 Item	独立式中型 农用运输机 Independent medium-sized agricultural transporter	拖拉机变型 农用运输机 Tractor-version agricultural transporter
载重质量/kg Load mass	1 500~3 000	250~5 000
功率/kW Power	13~40	2.0~4.5
变速档位 Transmission range	(6+3)~(16+8)	(2+1)~(16+8)
最低车速/(km/h) Minimum speed	1.4~1.8	1.2~1.9
最高车速/(km/h) Maximum speed	25~37	14~40
行走机 Travelling mechanism	四轮驱动 Four-wheel drive	手扶、折腰、四轮 驱动并存 Walking, faram and four-wheel drive
动力输出形式 Power output form	动力输出轴与 液压力 Power output shaft and hydraulic power	动力输出轴与 液压力 Power output shaft and hydraulic power

表 2 三轮农用运输机主要参数

Table 2 Main parameters of three wheeled agricultural transporter

项目 Item	光明 Guangming 7YJ-850A	和平 Heping 7YP-975	鲁翔 Luxiang 7YJ-850	五征 Wuzheng L7YYPJ-975A
功率/kW Power	8.1	9.7	8.1	9.7
标定转速/(r/min) Rated speed	2 200	2 000	2 200	2 000
整车质量/kg Entire vehicle mass	640	650	620	612
载重质量/kg Load mass	500	750	500	750
最高车速/(km/h) Maximum speed	37	37.7	38.3	38.5
爬坡度/° Gradeability	10	10	10	10
变速档位 ¹⁾ Transmission range	I	I	I	I

1) I : 3+1 机械式 3+1 mechanical.

表 3 四轮农用运输机主要参数

Table 3 Main parameters of four wheeled agricultural transporter

项目 Item	巨力 Juli WJ905	黑豹 Heibao WD1005	飞彩 Feicai FC1205	海山 Haishan TY1608W
功率/kW Power	9.56	11.8	13.2	15.6
额定转速/(r/min) Rated speed	2 200	2 450	2 400	2 600
整车质量/kg Entire vehicle mass	870	860	960	980
载重质量/kg Load mass	500	750	500	750
最高车速/(km/h) Maximum speed	50	50	50	50
爬坡度/° Grade ability	10	10	10	10
变速档位 ¹⁾ Transmission range	I	I	II	II

1) I : 3+1 机械式 3+1 mechanical; II : 4+1 机械式 4+1 mechanical.

以美国、加拿大为代表的美洲农业是当今世界大农业发展趋势的代表。因为农场经营规模大以及农业人口占总人口的比例少,所以需要高效、可靠的大型农业机械去完成繁重的田间作业。美加型轮式运输机主要包括各类汽车,特别是重型载货汽车和半挂牵引汽车等^[24]。

2)中国丘陵山地果园轮式农用运输机。改革开放前,中国农村运输主要依靠轮式拖拉机,1980年到1983年逐渐出现运输型小拖拉机等变型拖拉机和农用机动三轮车。1985年以后,四轮农用运输机以其更高的安全性与舒适性得以广泛应用^[29]。表2和表3分别为典型的不同型号三轮农用运输机和四轮农用运输机的主要参数^[30]。

目前,中国轮式农用运输机尤其是四轮运输机的发展,不断追求汽车化与大型化。发动机功率越来越大,从最初8.8 kW的195型柴油机和11 kW的1100型柴油机到后来功率更大的385、485、490等型号柴油机;速度也越来越快,如今已使用5档变速箱;货箱越来越长,配置越来越高,总质量达到900~2 500 kg;价格一般为2万~5万元。中国大陆的农用轮式运输机主要适用于公路平面上的运输,很少应用到丘陵山地果园运输。

图3所示为中国台湾根据丘陵山地果园运输需要研发的山地轮式农用运输机。该运输机采用汽油机驱动,最大爬坡度为12°,最高速度15 km/h,采用2前进档+倒档的变速换档方式,平地载重质量为250 kg,坡地载重质量为200 kg。根据广西农机市场调查表明,农民普遍能够接受低成本的四轮农用运输机^[31],因此,轮式运输机应在保证可靠性的基础上,向着轻简化与低价化的方向发展。

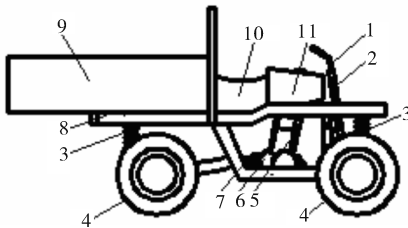


A. 轮式运输机空载图 No-load diagram of wheeled transporter; B. 轮式运输机作业图 Working diagram of wheeled transporter.

图 3 台湾山地轮式农用运输机

Fig. 3 Mountain wheeled agricultural transporter of Taiwan

图 4 所示为华南农业大学研发的山地果园轻量化轮式运输机,最大爬坡度可达到 12° ,最小转弯半径为 2 m,坡地载重质量为 200 kg,平地载重质量为 250 kg。该运输机采用汽油机驱动,发动机前置后驱,采用循环档变速器与独立倒档器的联合布置形式,采用特殊山地轮胎,其转向系统采用摩托车的手扶式转向车把。此外,该运输机参考果园载货框的尺寸大小设计了车厢。



1. 手扶转向车把 Steering handlebar; 2. 转向轴 Steering shaft; 3. 悬架组件 Suspension assembly; 4. 特殊山地轮胎 Special mountain tire; 5. 汽油发动机 Gasoline engine; 6. 循环档变速器和独立倒档器联合布置机构 Circulation speed transmission and independent reverse gear joint arrangement mechanism; 7. 传动轴 Transmission shaft; 8. 车架 Frame; 9. 车厢 Compartment; 10. 驾驶座 Driving seat; 11. 油箱 Fuel tank.

图 4 山地果园轻量化轮式运输机结构

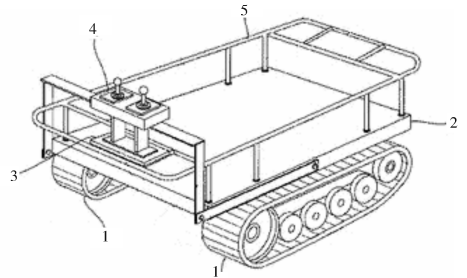
Fig. 4 Structure of simple wheeled transporter in hill orchard

3) 丘陵山地果园轮式运输机的特点。与履带式运输机相比,轮式运输机载重能力和灵活性较强,但爬坡度较小。在中国大陆,丘陵山地果园轮式运输机要具有易于操作、轻简灵活、运行速度慢、具备一定超载能力与价格便宜等特点,才能得到丘陵山地果农广泛的支持^[24,31-33]。

2.2 丘陵山地果园履带式运输机

1) 国外丘陵山地果园履带式运输机。国外学者和研究机构研发的丘陵山地果园履带式运输机有:

I. 日本学者研发的运输机配有 3.7~5.1 kW 汽油机和宽 200 mm 的橡胶履带,承载质量为 400~750 kg,爬坡度达 20° ,配有前进 3 档和后退 2 档^[34]; II. 为配合履带式运输机行走要求和节约成本,日本四国农业试验场研发了一套坡地果园机械化作业系统,并为坡地设计了一套供小型运输机行进的道路系统。该道路系统由 1 m 宽的工作道和 1.3 m 宽的连接道(坡地主干道)组成。此外,多条工作道水平横向排在连接道两边,可使运输机平稳行进和起到截水作用^[35]; III. 图 5 所示为日本食品产业技术综合研究机构研发的履带式丘陵山地果园运输机,长 1.7 m,宽 60~65 cm,为了便于操作和能够正常转向,其操作盘可以在位于两侧的操作盘支架上变换放置,适合在丘陵山地果园上进行运输作业^[36]。



1. 履带 Pedrail; 2. 货箱 Container; 3. 操作盘支架 Operation board bracket; 4. 操作盘 Operation board; 5. 护栏 Guardrail.

图 5 履带式运输机结构

Fig. 5 Structure of pedrail transporter

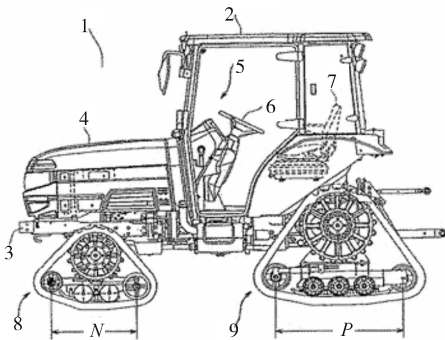
2) 中国丘陵山地果园履带式运输机。传统研发的履带式运输机货箱一般是固定不动的,运输机在上、下坡时货箱会倾斜而引起货物自滑动、侧翻甚至翻车,尤其在坡度较大的情况下,货箱的严重倾斜会使运输车在上坡时耗能增大,爬坡性能下降;相反,在下坡时会增加制动系统的负担,使制动困难。目前,中国研发的丘陵山地果园履带式运输机,在原来的基础上增设液压控制,通过前后和左右调平油缸上活塞杆的伸缩,使运输机在上下坡时保持货箱各个方向上的水平,能有效弥补原有履带式运输机的缺陷,防止货物的侧翻与滑动,避免制动系统的失效,提高了爬坡性能与安全性^[37]。此外,根据履带式运输机的行走特性,国内学者提出了基于抗翻性能的山地果园履带式运输机总体设计要求,建立整车的三维实体模型进行仿真设计,缩短了设计周期^[38]。

3) 丘陵山地果园履带式运输机的特点。丘陵山地果园履带式运输机操作方便、适应性好, 橡胶履带附着力强, 可在多石地、湿软地等复杂的山地上行驶并有较好的越障能力^[39]。然而, 履带式运输机成本相对较高, 在果园运行时还可能需预先铺设道路系统, 运输速度较慢, 爬坡度不大于 20° , 不适合在陡丘陵山地果园中运行。

2.3 丘陵山地果园履带轮式运输机

1) 国外丘陵山地果园履带轮式运输机。履带轮式运输机是为了适应高通过性与高机动性等苛刻性能要求, 融合了轮胎和履带 2 种行走机构的新颖运输机械, 按驱动方式不同可分为轮齿式和轮孔式^[40], 其中, 轮齿式的驱动轮上有齿, 行走时齿插入带孔内驱动带向后运动, 而轮孔式的带上有金属传动齿, 与驱动轮上的孔相对应, 带齿插入轮孔啮合传动。对于地形复杂多变、凹凸不平的丘陵山地, 履带轮式运输机能够有效地克服苛刻地形条件的制约。

图 6 所示为三菱农机株式会社研发的履带轮式农用运输机, 该机主要由前部履带轮行走机构、后部履带轮行走机构、转向手柄、发动机以及车轴所组成。其中, 履带轮行走机构由履带、链轮、空转轮、滚轮、张力调节装置以及紧固件等组成。由于前、后履带轮行走机构内各组件不仅与车轴支架连接紧凑, 结构简单, 还可以在一定的行程范围内相对前后摇动, 使之能顺利克服丘陵山地里凹凸起伏的地形环境。此外, 由于前履带轮行走机构的履带宽度和前后长度均比后履带轮行走机构的短, 当旋转方向盘时阻力就会渐渐减少, 使得转向轻便。

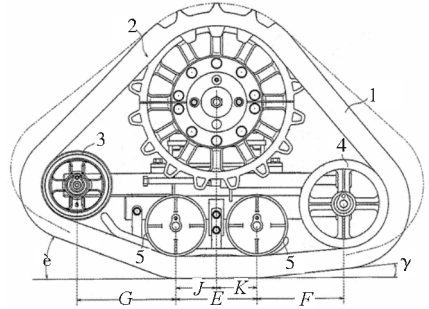


1. 运输机 Transporter; 2. 车棚 Carriage shed; 3. 前保险杠 Front bumper; 4. 发动机罩 Engine hood; 5. 驾驶室 Cab; 6. 转向盘 Steering wheel; 7. 驾驶座 Driving seat; 8. 前履带轮行走机构 Front rubber track conversion walking mechanism; 9. 后履带轮行走机构 Rear rubber track conversion walking mechanism.

图 6 履带轮式运输机结构

Fig. 6 Structure diagram of pedrail wheel transporter

图 7 所示为履带轮行走机构结构, 由于前后履带轮行走机构中, 其链轮中心线分别与各自两滚轮间的距离相同, 故可使得质量分布均匀, 提高履带轮的耐久性和稳定性。另外, 前履带轮行走机构中前侧仰角为后侧仰角的 4 倍, 后履带轮行走机构中前侧仰角为后侧仰角的 2 倍, 可使运输机能在丘陵山地顺利越过障碍物而平稳行走^[41]。



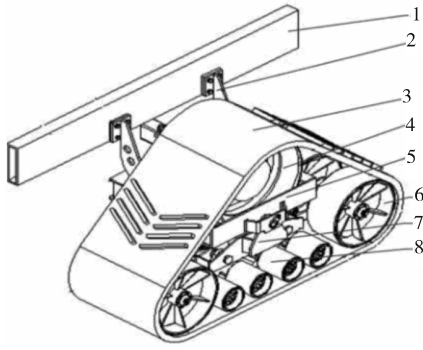
1. 橡胶履带 Rubber pedrail; 2. 链轮 Sprocket wheel; 3. 前空转轮 Front idler; 4. 后空转轮 Rear idler; 5. 滚轮 Roller.

图 7 履带轮行走机构结构

Fig. 7 Structure diagram of pedrail wheel walking mechanism

除三菱公司外, 国外研发可更换橡胶履带轮运输机的企业主要有 MATTRACKS、SOLCY TRACK, 其中, MATTRACKS 公司所研发履带转换系统能配置大多四轮驱动车辆, 且仅有 105 kPa 低地面压强^[42]。

2) 中国丘陵山地果园履带轮式运输机。东方地球物理公司在对履带轮结构调研的基础上研制了履带轮运输机产品, 如图 8 所示。该运输机主要由橡胶履带、基架、驱动轮、导向轮、支撑轮、张紧轮、张紧机构和内部悬架等组成^[43]。其履带表面有粗糙的橡胶块状花纹, 不仅耐磨, 而且增加运输机的牵引力, 具有纵向柔顺、横向刚韧、转向灵活、接地面积大等特点, 从而提高了对于复杂丘陵山地地形的通过能力, 而对于可更换三角形履带轮的基架, 通过有限元分析方法的拓扑优化设计, 使基架在提高结构强度的同时能够有效降低结构质量, 提高零件总体性能而进一步实现运输机的轻量化^[44]。此外, 驱动轮直接或通过连接盘与驱动轮连接, 若直径为原来轮胎的一半, 在相同运行条件下, 履带轮式运输机的行驶速度为原轮式运输机的一半, 牵引力变成原轮式运输机的 2 倍, 而张紧轮和张紧机构则为履带提供预张紧力, 防止履带脱轮^[45]。



1. 车架 Frame; 2. 加强筋 Stiffener; 3. 橡胶履带 Rubber pedrail; 4. 驱动轮 Driving wheel; 5. 基架 Backplane; 6. 导向轮 Guide wheel; 7. 摆架 Swing frame; 8. 支重轮 Supporting wheel.

图8 履带轮结构

Fig. 8 Structure diagram of pedrail wheel

3) 丘陵山地果园履带轮式运输机的特点。与履带式运输机和轮式运输机相比,丘陵山地果园履带轮式运输机可以在凹凸起伏、地形复杂的丘陵山地平稳通过,具有较大的接地面积和牵引力,而且噪声振动小、使用寿命长和离地间隙大。此外,运输机的履带轮与轮胎之间具有快速转换性而无须进行特殊改装,使运输机可以根据地形情况随时转换行走机构,适应性更强。虽然丘陵山地果园履带轮式运输机融合了履带运输机和轮式运输机的优点,应用场合广,但是它结构复杂,整体承重能力相对偏小,结构稳定性还有待提高,可更换履带轮转换技术也有待进一步深入研究^[46-48]。

3 问题与展望

笔者对主要适用丘陵山地的轮式运输机、履带运输机和履带轮式运输机的性能、使用条件和特色机构进行了分析和归纳。与履带运输机和履带轮式运输机相比,轮式运输机的结构比较简单、载重能力和灵活性较强且成本较低,但其爬坡能力较差、操控较费力且附着力相对较低而容易发生侧翻现象,适用于地形较为复杂的丘陵山地果园;履带运输机易于操作、履带附着力强而且适应性较好,能爬缓陡坡,但其成本较高、运输速度较低,适用于路况较差和短距离山地果园运输;与前者相比,履带轮式运输机的爬坡能力较强,具有快速转换性的特点,但成本高、结构复杂和承重能力偏低,适用于凹凸起伏、地形复杂的丘陵山地果园。

为了适应复杂多变的丘陵山地地形,在借鉴与

改进国外先进果园运输机械的基础上,我国正逐步构建具有中国特色的山地果园运输系统。未来丘陵山地果园运输机的研究可考虑以下几个方面。

1) 研发并优化设计丘陵山地运输机。由于丘陵山地果园柑橘种植株行距小,国内现有的农用运输机即使能爬坡也无法满足进入果园内部进行运输作业,因此,应研发新型的丘陵山地果园运输机适应果园需要。另一方面,已有的国外丘陵山地果园运输机存在结构较为复杂、运行成本高等问题而无法大量推广,需要在一定程度试验的基础上对丘陵山地运输机进行性能的优化。通过采用高质量的液压传动系统、自动控制技术与降低制造难度等方式,提高机构关键部件的适应性和可调节性,以满足果农与使用条件的要求。例如,对于轮式运输机则需要通过对各部件的优化选购、设计与匹配而做到轻量化、低成本;对于履带轮式运输机则需要通过改进结构形式以提升承重能力和快速转换性,并且可以协同轮式运输机,向轻量化、高稳定性、可靠性和标准化发展。

2) 建设丘陵山地果园运输机协同作业网络。在引进、借鉴国外先进丘陵山地果园运输机械与装备的基础上,通过深入调研与比较,对中国东南部柑橘种植区的丘陵地形特点、果园标准化程度、生产规模、果农经济水平与当地政府相关鼓励政策等各种因素进行综合考虑分析,研发适用于种植区域的丘陵山地果园运输机队网络。例如,对复杂多变、时而凹凸起伏、时而相对平缓的丘陵山地果园,采用轮式运输机、履带式运输机与履带轮式运输机的组合运输形式,成立协同作业组,合理布置与调度,提高运输效率,降低生产成本。丘陵山地果园运输机队网络发挥了履带式 and 轮式运输机可在果园内行进的特点,是索道、轨道固定式运输机的有益补充。

3) 研究丘陵山地果园运输机多功能化模式。多功能化与高新技术应用可作为丘陵山地果园运输机械未来发展的重要内容。丘陵山地果园运输机械不仅用于柑橘等果实的运输作业,而且可进行农药和肥料等生产资料的运送,将精确喷雾施药或修剪机具融入运输机械,进行运输机的综合利用。例如,丘陵山地果园运输机不仅用于水果的运输作业,而且可进行农药和肥料等生产资料的运送。另外,除利用运输机运输功能外,可以通过更换或添加装置使运输机成为喷雾机或修剪机,进而实现运输机械的多功能化和综合利用。此外,高层次的丘陵山地果

园运输机械可结合GPS、GIS、光谱分析和图像处理等信息化技术进行运输作业。例如,研制出能制定最佳运输路线的运输机,实现在对柑橘生长情况数据采集和专家决策,提高运输效率与经济效益。

4)果园规划时要考虑丘陵山地运输机的特点。在果树种植初期,因缺乏对果树产业的规划,出现了一些果农为增加经济效益而盲目密集种植的现象,导致果园标准化程度低,这不仅造成果树患病机率的升高,而且还增加了丘陵山地果园运输机械研发的难度,因此,丘陵山地果园运输机的开发要与果园的规划建设协调一致,实现农艺和农机相结合。例如,对果园采取规范标准化种植,采用统一的行株距,并且考虑运输机的整车尺寸以及行走要求,以实现运输机的高效通行和工作,为丘陵山地运输机械的标准化、规模化发展提供必要条件。

参 考 文 献

- [1] 中国果品流通协会.我国水果产业发展状况及柑橘产销形势分析[J].果农之友,2011(1):3-5.
- [2] 蒋业裕.我国柑橘产业发展现状及对广西的启示[J].现代农业科技,2010(14):377-379.
- [3] 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.
- [4] 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):105-110.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 杨志维,方向东,董金和,等.西班牙及意大利南部柑桔考察报告[J].中国南方果树,2003,32(4):21-24.
- [8] 杨洲,陈光南,王慰祖,等.澳大利亚柑橘生产及其机械化[J].世界农业,2010(4):61-62.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 株式会社IHIスタ一.牵引式農作業機;日本,2009-67A[P].2009-1-8.
- [12] 张俊峰,张唐娟,张衍林.山地橘园牵引式无轨运输车的设计[J].湖北农业科学,2012,51(10):2111-2113.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 张俊峰,李敬亚,张衍林,等.山地果园遥控单轨运输车设计[J].农业机械学报,2012,43(2):90-94.
- [16] 张俊峰,张衍林,张唐娟.遥控牵引式单轨运输车的设计与改进[J].华中农业大学学报,2013,32(3):130-134.
- [17] 张俊峰,张衍林,张唐娟,等.自走式山地单轨运输车遥控系统的设计[J].华中农业大学学报,2012,31(6):792-796.
- [18] 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[C]//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.
- [19] 郑祖江,田开凤,刘进,等.山地果园双轨软索运输机械化技术的研发[J].湖北农机化,2008(5):29-30.
- [20] 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.
- [21] 刘元保,唐克丽.国内外坡度分级和王东沟试验区的坡度组成[J].水土保持通报,1987,7(8):59-65.
- [22] 陈仕俏,赵文红,白卫东.我国柑橘的发展现状与展望[J].农产品加工学刊,2008(3):21-24.
- [23] 张小明.我国丘陵山地农业机械化的现状与发展[C]//全国丘陵山地农机化技术发展高层论坛论文集.贵州:[出版者不详],2011.
- [24] 张梦华.国内外农用运输车概况[J].农机质量与监督,1999(2):6.
- [25] 丁寒江.国外农用运输车产品特征概述[J].现代农业装备,2004(2):66-68.
- [26] 株式会社富士トローラー製作所.管理作業機;日本,2006345740A[P].2006-12-28.
- [27] ヤンマー株式会社.多目的運搬車;日本,201111677A[P].2011-01-20.
- [28] 有限会社河島農具製作所.農業用運搬車;日本,2011131864A[P].2011-07-07.
- [29] 荆层层,荆幸福.四轮农用运输车两极分化大势所趋[J].农机市场,1998(8):10.
- [30] 李晋善,谭德荣.拖拉机与农用运输车的实用设计[M].北京:机械工业出版社,1996:110-121.
- [31] 甘迪宁.西南地区四轮农用运输车小型化的发展思路[J].装备制造技术,2003(3):50-51.
- [32] 周裕干,丁明,田伟.农用车和轻型机动车及其小缸径多缸柴油机的现状和动向[J].山东内燃机,2002(2):1-5.
- [33] 樊一鸣.从四轮农用车的发展看运输型拖拉机的兴起[J].中国农机化,2000(5):46-47.
- [34] 张德文.日本农用运输车发展及特点[J].农牧与食品机械,1992(5):43-44.
- [35] 胡亚玲.日本坡地果园机械化作业[J].四川农机,2003(6):35.
- [36] 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構.步行型動力運搬車;日本,2008105501A[P].2008-5-8.
- [37] 黎志中.履带式山地运输车;中国,CN201951572U[P].2011-08-31.
- [38] 朱余清,洪添胜,吴伟斌,等.山地果园自走式履带式运输车抗侧翻设计与仿真[J].农业机械学报,2012,43(Z1):19-23.
- [39] 张德文.日本履带式林业运输车简介[J].林业机械,1993(3):45.
- [40] 申艳斌,贾鸿社,杨为民,等.农业拖拉机履带行走系浅析[J].拖拉机与农用运输车,2009(5):46-47.

- [41] 三菱農機株式会社. 4クローラ型作業車: 日本, 200973353A [P]. 2009-04-09.
- [42] 侯忠明, 姚凯, 王胜军. 可更换橡胶履带轮的发展与应用[J]. 橡胶工业, 2009, 56(12): 764-767.
- [43] 王永芳, 傅德莲. 一种摆动式支重轮三角履带轮系介绍[J]. 物探装备, 2009, 19(2): 83-85.
- [44] 杨立浩, 王佑君, 王胜军, 等. 装载机可更换三角形履带轮基架的拓扑优化设计[J]. 工程机械, 2011, 42: 48-51.
- [45] 杨立浩, 王胜军, 王佑君. 履带轮转换技术的应用现状与发展趋势[J]. 机电产品开发与创新, 2011, 24(2): 80-82.
- [46] 李立顺, 张天如, 李红勋. 可更换履带单元的发展及应用[J]. 汽车运用, 2012, 25(4): 33-35.
- [47] 潘晓春, 姚凯. 履带轮转换技术设计研究[J]. 机电产品开发与创新, 2012, 25(4): 33-35.
- [48] 王克成. 橡胶履带的设计及加工工艺[J]. 橡胶工业, 2009, 56: 220-223.

Research progress of hilly orchard transporter

WU Wei-bin ZHAO Ben ZHU Yu-qing WANG Hai-lin ZHI Lei FENG Zhuo-feng
College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Abstract Fruit industry is the typical agriculture in hill, and mechanization of transportation in hilly region became the core requirement in the assignment of hilly orchard. In order to solve the problems on transportation in hilly orchard, domestic and foreign scholars conducted systematically research of transporting machineries in hilly orchard. Meanwhile, the research and application status of typical transporters used in hill orchard, including wheel transporter, pedrail transporter and pedrail wheel transporter, was summarized in this paper at home and abroad. The transporters were discussed and analyzed in terms of performance, using conditions and distinctive mechanism. Finally, development trend of the hilly orchard transporter is prospected.

Key words hill; orchard; citrus; transporter; mechanization

(责任编辑:陈红叶)