



吕小荣, 丁为民. 西南丘陵山区套作小型多功能底盘通过性的研究[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(5): 108-111.

西南丘陵山区套作小型多功能底盘通过性的研究

吕小荣^{1,2,3}, 丁为民²

(1 四川农业大学 信息与工程技术学院, 四川 雅安 625014; 2 南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031; 3 农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 成都 611130)

摘要:【目的】研究西南丘陵山区套作小型多功能底盘的通过性.【方法】分别从西南山区套作种植农艺角度和地形特点入手, 结合评价车辆轮廓通过性的相关几何参数, 建立数学模型.【结果和结论】参数测试证明理论值与实测值基本吻合. 确定了底盘越过最高垂直障碍为 190 mm, 跨越最宽壕沟为 280 mm. 对底盘样机的爬坡能力的试验结果表明多功能底盘具有良好的爬坡能力和翻越起伏地况的能力, 在丘陵山区具有良好的通过性能.

关键词:西南丘陵山区; 套作; 小型多功能底盘; 通过性能; 越障; 爬坡

中图分类号: S226.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2014)05-0108-04

A study of pass-ability of small multi-function chassis for intercropping in Southwest hills

LÜ Xiaorong^{1,2,3}, DING Weimin²

(1 College of Information & Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China;

2 College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China;

3 Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Farming System in Southwest China, Ministry of the People's Republic of China, Chengdu 611130, China)

Abstract:【Objective】To study pass-ability of small multi-function chassis for intercropping in Southwest hills.【Method】The mathematical model was established by evaluating related geometric parameters of vehicle contour and analyzing the Southwest mountainous areas marked by intercropping cultivation agronomic angle and terrain features.【Result and conclusion】Parametric test results showed that the theoretical and measured values were consistent. The highest vertical obstacles and the widest trench were 190 and 280 mm respectively. Chassis prototype climbing ability tests results showed that the multifunctional chassis prototype had a good climbing ability and it showed a good passing performance to climb under undulating ground conditions.

Key words: Southwest hills; intercropping; small multi-function chassis; pass-ability; cross obstacle; climbing

四川、贵州、广西、云南等在内的西南 6 省区是我国南方典型的丘陵山区旱作农业生产区, 为了充分利用土地、发挥早种早育的农时作用、延长作物生长期、提高粮食产量, 该区长期以来以套作种植为

收稿日期: 2013-04-23 优先出版时间: 2014-07-17

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20140717.0921.039.html>

作者简介: 吕小荣 (1972—), 女, 副教授, 博士, E-mail: lxxj2008@163.com

基金项目: 国家自然科学基金(51105261); 四川省学术和技术带头人培养资金资助项目

<http://xuebao.scau.edu.cn>

主^[1-4].西南丘陵山区地势起伏不平、交通不便利,加之四川等地人多地少,其套作一直沿用手工作业方式,劳动强度极大.近年随着农村外出务工人员增加,农村劳动力减少,且多为老人妇女,迫切需要机械化种植方式代替传统手工种植方式.在这种情况下,研制微小型、轻便、经济、适用于丘陵山区种植的机具就显得尤为重要.

由于西南丘陵山区的特点加之套作种植方式的限制,研制小型农用机械最突出的问题之一是通过性.在不同的环境下,通过性有其不同的含义,本文以四川省丘陵山区为研究背景,从农艺种植和丘陵山区地况特点两方面重点研究小型多功能底盘的通过性.

1 种植农艺对通过性的要求

目前,西南丘陵山区正在广泛示范推广旱地新3熟“麦/玉/豆”套作种植模式,其实质是在集成免、耕、秸秆覆盖、作物直播技术的条件下以大豆代替原旱3熟制中的甘薯进行的连年套种轮作多熟种植制度^[3-4].其种植方式采用带状2 m开厢模式,即1 m种5行小麦,1 m种2行玉米,小麦收后种3行大豆,第2年换茬轮作.

这种种植方式限定了作业机具宽度最好在1.0 m以内,最宽处不能超过1.2 m.显然小型多功能底盘要在这种模式下作业,其最宽处必须小于1.2 m才能符合套作种植的农艺要求,即其在田间作业时不能碾压两侧的农作物茎叶,要求有一定的农艺间隙,使机器能顺利地由套作种植的窄行距中通过.图1所示为种植农艺要求和机器在套作田间作业的设计参数示意图.

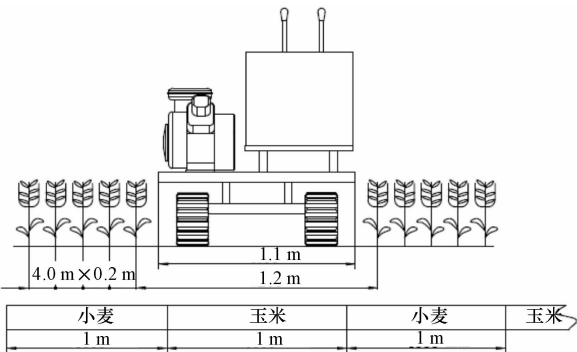


图1 种植农艺和底盘设计参数示意图

Fig.1 A schematic diagram of planting technology and chassis design parameters

2 西南丘陵山区地况通过性能

西南丘陵山区地势起伏不平,带有坡度,因此设

计出的机具必须具有良好的爬坡能力和翻越起伏地况的地面越障能力^[5-15].本文重点研究多功能底盘在起伏地面的越障能力和山地的爬坡能力.

2.1 整机参数测量

多功能底盘在丘陵山区套作田间作业时,由于外形结构尺寸设计不合适,可能会出现无法通过的现象,因此,对多功能底盘样机进行外形参数测量,长、宽、高为2 000 mm × 1 100 mm × 1 520 mm,轨距720 mm,履带接地长度和板宽分别为900、180 mm,最小离地间隙为200 mm.由此可知:样机最宽处为1 100 mm,小于“麦/玉/豆”套作种植农艺要求的1 200 mm;样机离地间隙为200 mm大于西南丘陵山区田间地表起伏落差180 mm.表明样机的外形结构设计满足西南丘陵山区套作田间作业要求.2012年,样机在套作田间试验顺利地通过窄行距的作业区,证明了样机外形结构设计的合理性.

2.2 多功能底盘接近角和离去角的确定

接近角与离去角是机器接近或离开障碍物时不产生碰撞的可能性表示,接近角与离去角越大通过性越好^[5,16-20].

测量方法:从样机前后突出点向前、后轮引切线,切线与路面间的夹角分别为样机的接近角和离去角,如图2所示.

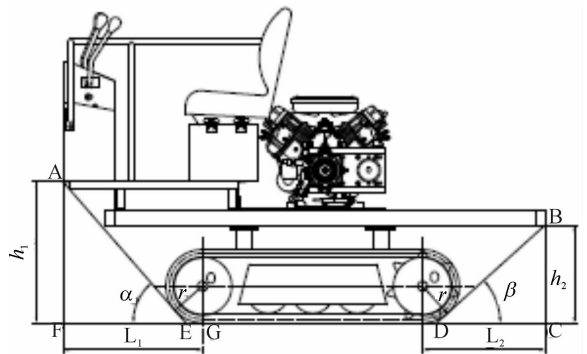


图2 接近角、离去角的简化计算图

Fig.2 A simplified figure of approach angles and departure angles

在直角三角形(图2)AEF中,有:

$$\tan\alpha = \frac{AF}{FE} = \frac{h_1}{L_1 - EG}, EG = r \times \tan \frac{\alpha}{2},$$

解得:

$$\alpha = 2\arctan \frac{-L_1 + \sqrt{L_1^2 + h_1^2 - 2h_1r}}{h_1 - 2r},$$

式中, α 为接近角; r 为前后轮的半径; h_1 为接近角测量点到地面的距离; L_1 为接近角测量点到前轮中心的水平距离.

同理,求得离去角为:

$$\beta = 2\arctan \frac{-L_2 + \sqrt{L_2^2 + h_2^2 - 2h_2r}}{h_2 - 2r},$$

式中, β 为离去角; r 为前后轮的半径; h_2 为离去角测量点到地面的距离; L_2 为离去角测量点到后轮中心的水平距离。

由接近角公式可知, 当 r 和 h_1 一定时, L_1 越短, 接近角 α 越大, 底盘通过性越好。同理, 由离去角公式可知, 当 r 、 h_2 值一定, L_2 越短, β 越大, 底盘的通过性越好。

理论计算接近角 $\alpha = 52^\circ$, 离去角为 $\beta = 42^\circ$ 。经过样机测量得到接近角 $\alpha = 50^\circ$, 离去角为 $\beta = 45^\circ$, 与设计基本吻合, 且它们远远大于 25° (国家规定种植农作物的坡度), 因此样机的轮廓通过性能良好。

2.3 多功能底盘横向通过半径的确定

横向通过是多功能底盘在横向平面内通过 2 个相交平面形成凸起构成障碍时, 多功能底盘与障碍间的相对位置变化情况^[5,7-10], 如图 3 所示。

西南丘陵山区凸丘较多, 特别是地头转向时, 底盘需要顺利通过地头的凸丘, 横向通过半径成为制约其通过性的重要因素之一。

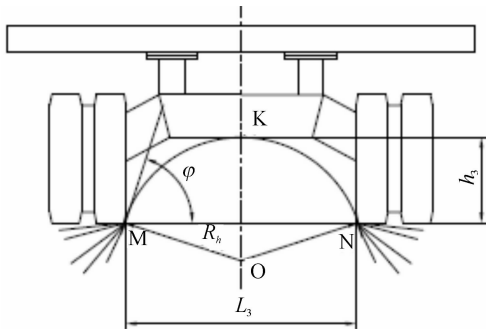


图 3 横向通过半径和通过角简化计算图

Fig. 3 A simplified calculation figure of horizontal radius and pass angles

计算底盘横向通过半径时, 由于其侧向变形小忽略, 近似的通过下面的三角函数的几何关系计算:

$$\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 = h_3(2R_h - h_3),$$

式中, h_3 为横向地隙; L_3 为车轮内侧距离; R_h 为横向通过半径。

令 ρ_1 为横向通过半径, 代入上式, 得到:

$$\rho_1 = R_h = \frac{\left(\frac{L_3}{2}\right)^2 + h_3^2}{2h_3} = \frac{L_3^2 + 4h_3^2}{8h_3},$$

分析可知, L_3 一定时, h_3 越大, ρ_1 越小, 在通过田间小丘及凸起的田面时, 不易发生车辆中间下部零件与障碍的碰擦。本研究的两履带内侧边缘距 L_3 为 540 mm, 根据丘陵地区田间凸丘高度小于 180

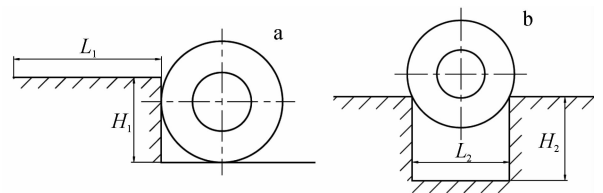
mm, 理论计算其横向通过半径 $\rho = 292.5$ mm。当底盘横向通过半径为 292.5 mm 时, 最大可翻越凸丘高度为 180 mm。横向通过半径越小, 机器通过性越好^[9]。多功能底盘横向通过半径为 282.25 mm, 满足无碰撞通过丘陵山区田间凸丘等障碍物的作业要求。

3 通过性能试验

3.1 试验方法

2012 年 10 月, 在四川农业大学试验试制基地和后山进行通过性能试验。所用的试验仪器设备主要包括: 多功能底盘样机、转数表、远程温度计、坡度仪、皮尺、照相机、秒表等。

参照汽车地形通过性试验方法 (GB/T 12541—90) 中相关规定^[21-23], 设置垂直障碍、水平壕沟 2 种地形特征进行测试, 如图 4 所示。



a, b 分别表示垂直、水平壕沟。

图 4 壕沟障碍通过性试验简图

Fig. 4 Trenches obstacle-through test simplify figures

垂直障碍物试验时, 多功能底盘低速驶近垂直障碍物, 油门全开, 爬越垂直障碍物, 障碍高度设置为 100、150、170、190 和 200 mm。测试 3 次, 以通过 1 次为合格。观察样机翻越垂直障碍物时的情况, 并进行数据记录。

跨越壕沟试验时, 多功能底盘低速驶近水平壕沟, 油门全开, 驶过壕沟, 壕沟宽度设置为 180、200、270、280 和 300 mm。测试 3 次, 以通过 1 次为合格。观察样机翻越垂直障碍物时的情况, 并进行数据记录。

参照 GB/T 3871 农业轮式和履带拖拉机试验方法^[24]中相关规定, 对机器纵向爬坡性能进行试验。爬坡试验按设计的爬坡指标选择纵坡道, 坡度设置为 6° 、 10° 、 15° 、 20° 、 26° 和 31° 。样机停止坡底平直路段用低速起步, 油门加到最大, 使样机达到坡底速度稳定, 然后以该稳定速度进行爬坡, 速度设置为 2.5、1.4、1.0 和 0.8 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。3 次测试, 以通过 1 次为合格。观察样机爬坡时的情况, 记录数据。

3.2 试验结果分析

多功能底盘通过垂直障碍和水平壕沟试验结果表明通过垂直障碍的高度最高为 190 mm, 通过水平壕沟最宽为 280 mm, 按照国家标准^[21]通过垂直障碍

的高度为 $(2/3 \sim 4/3)R$ (其中 R 为轮子的半径,mm),通过水平壕沟的宽度为 $(1 \sim 4/3)R$,按此计算本样机通过垂直高度应在 $100 \sim 200$ mm,通过水平壕沟范围为 $150 \sim 200$ mm,因此样机通过垂直障碍、水平壕沟的能力符合标准要求。

多功能底盘爬坡试验结果如表1。结果表明样机可以顺利通过坡度为 30° 的路面,根据《水土保持法》规定‘开荒限制坡度即开荒种植农作物的坡度应 $< 25^\circ$ ’^[25],而样机爬坡能力已超过 25° ,因此样机具有良好的爬坡能力。

表1 爬坡能力试验

Tab.1 Test of climbing capacity

速度/ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	坡度/ ($^\circ$)	通过 情况	速度情况
2.5	6	通过	稳定
2.5	10	通过	稳定
2.5	15	通过	下降
1.4	15	通过	稳定
1.4	20	通过	稳定
1.4	26	通过	下降
1.0	26	通过	稳定
0.8	31	通过	明显减慢 机体有抖动

4 结论

本文从套作农艺、四川丘陵山区特殊地况以及多功能底盘的实际情况出发,分析了多功能底盘通过性的几何参数,该机的接近角为 52° 、离去角为 42° 和横向通过半径为 282.25 mm,表明多功能底盘在西南丘陵山区具有良好的轮廓通过性。多功能底盘的通过性试验测试表明,所设计制造的样机有良好越障、爬坡性能,能够在 $< 25^\circ$ 的坡上稳定通过,较好的满足了农业机械在西南丘陵山区行走作业的基本要求。

参考文献:

[1] 杨文钰,张含彬,牟锦毅,等. 南方丘陵地区旱地新三熟麦/玉/豆高效栽培技术[J]. 作物杂志, 2006(5):43-44.

[2] 雍太文,任万军,杨文钰,等. 旱地新3熟“麦/玉/豆”模式的内涵、特点及栽培技[J]. 耕作与栽培, 2006(6):48-50.

[3] 吕小荣,刘丽娜,吕小莲. 套作模式下小型农业机械化技术的运用前景[J]. 农机化研究, 2011,33(12):245-248.

[4] 王小春,杨文钰,雍太文. 西南丘陵旱地农作制现状及旱地新3熟“麦/玉/豆”发展优势分析[J]. 安徽农业科学, 2009,37(9):3962-3963.

[5] 李文哲,许绮川. 汽车拖拉机学[M]. 北京:中国农业出版社,2006.

[6] 张申,郭玺,高维,等. 轮式装甲车辆的几何通过性建模与仿真[J]. 装甲兵工程学院学报, 2011, 25(5):75-78.

[7] 郭占军,张为公,庞罕. 越野车辆典型地形通过性建模与仿真[J]. 汽车技术, 2008(11):31-33.

[8] 庞罕,张为公,王霞,等. 载重越野车地形通过性仿真研究[J]. 制造业自动化, 2008(6):22-24.

[9] 邱威,丁为民,申宝营,等. 3WZ—700型果园喷雾机通过性能分析[J]. 农业机械学报, 2012,43(6):63-67.

[10] 沈嵘枫,刘晋浩,陈瑞洪. 履带式采伐机履带通过性[J]. 西北林学院学报, 2009,24(5):157-160.

[11] 舒庆,刘晋浩. 防风固沙草方格铺设机器人通过性研究[J]. 农业机械学报, 2007,38(7):99-102.

[12] 王建政. 小麦免耕播种机通过性能分析[J]. 农业机械学报, 2005,36(8):151-153.

[13] 魏道高,区颖刚,杨丹彤,等. 多桥驱动车辆越障时轴载荷动态分配研究[J]. 农业机械学报, 2011,42(2):39-42.

[14] 魏道高,周孔亢,区颖刚,等. 滩涂车辆的性能分析[J]. 农业机械学报, 2002,33(5):31-34.

[15] YANG Huai Feng, LÜ Xiaorong. Dynamic Simulation of Small Crawler Chassis Turning Based on RecurDyn [J]. Adv Mater Res, 2012(774/775/776):195-198.

[16] 戴耀辉,范国山. 农用运输车接近角与离去角的计算方法[J]. 农机质量与监督农机试验与推广, 1999(1):18-19.

[17] 林金术. 汽车接近角、离去角和纵向通过角的测量[J]. 汽车技术, 1994(11):22-24.

[18] 王忠良. 高床客车通过性几何参数的分析[J]. 机械设计与制造, 2004(7):82-84.

[19] WONG J Y, PRESTON-THOMAS J. Parametric analysis of tracked vehicle performance using an advanced computer simulation model [C]//Anon. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Part D. Charleston; Biblio Bazaar, 1986:101-114.

[20] WONG J Y, GAO Y. Applications of a computer aided method to parametric study of tracked vehicles with rigid links [C]//Anon. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Part D. Charleston; Biblio Bazaar, 1994:251-257.

[21] 国家技术监督局. GB/T 12541—1990 汽车地形通过性试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 1990.

[22] 国家技术监督局. GB/T 3871—2006 农业拖拉机试验规程[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.

[23] 国家技术监督局. GB/T 15833—2007 林业轮式和履带拖拉机试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2007.

[24] 国家技术监督局. GB /T 3 871—2004 农业轮式和履带拖拉机试验方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.

[25] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国水土保持法[M]. 北京:中国标准出版社, 2012.

【责任编辑 霍欢】

http://xuebao.scau.edu.cn