

行星履带式农用动力底盘设计与越障性能研究*

刘平义 王振杰 李海涛 张绍英 魏文军

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 针对丘陵山区等复杂农田地面环境,设计一种由4组行星履带驱动装置驱动行走、作业的农用动力底盘。分析了该底盘行星履带驱动装置的结构特点,平坦道路上行走、田间仿形以及过埂翻转越障的结构变化过程和运动条件,以及仿形越障和翻转越障通过原理,计算了行星履带式农用动力底盘的仿形越障极限高度和理论翻转越障极限几何高度。试验结果表明:底盘样机具有仿形越障和翻转越障能力,满足在凹凸不平的丘陵山区等复杂农田地面中行走及田间作业的要求。

关键词: 行星履带 越障 复杂地面

中图分类号: S232.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0017-07

引言

目前地势平坦的平原地区机械化水平较高,丘陵山区由于作业地块狭小、坡度大、地形复杂、一般农业机械运行困难,是机械化最薄弱的地区^[1-2]。丘陵山区农业机械水平的提高要求农业机械的行走底盘有较高的行走通过性,即在复杂崎岖地面上行走作业时有较强的越障行走能力^[3-4]。

我国农业动力机械主要以拖拉机为主,其底盘一般为轮式和履带式,主要有普通拖拉机四轮底盘、履带底盘、手扶拖拉机以及微耕机两轮底盘等^[5-6],但适合在丘陵山区作业的行走底盘并不多。山地拖拉机^[7]、独轮手扶拖拉机^[8]以及拖拉机半履带行走装置^[9-10]等国内外针对丘陵山区特殊地形研制的行走底盘^[11]都是以斜坡上等高线方向稳定作业为目标,针对崎岖不平地面的越障等行走性能研究较少。

本文应用行星履带驱动装置,设计一种行星履带式农用动力底盘,在平坦地面上行走时,与普通履带底盘相同;在田间行走作业时,行星履带驱动装置适应地形变化摆动仿形,实现4履带仿形驱动行走作业;在田间过埂(或遇到较大障碍物)时,遇阻行星履带驱动装置实现翻转越障,此时其余行星履带驱动装置仍然仿形驱动。该底盘结构简单,越障能力较强,能够适应丘陵山区崎岖不平的农田作业环境。

1 底盘结构设计

1.1 底盘构成原理

行星履带式农用动力底盘主要由行星履带驱动装置、悬架、车架等组成,如图1所示。

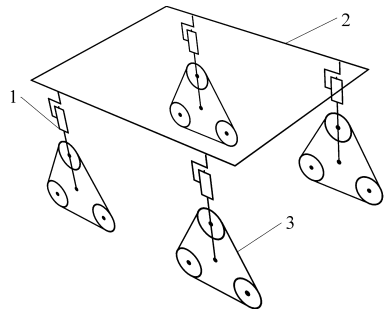


图1 底盘结构原理图

Fig.1 Configuration of chassis

1. 悬架 2. 车架 3. 行星履带驱动装置

该底盘悬架由弹簧和减振器并联而成,4个结构相同的悬架分别连接在车架上,每个悬架末端安装1组行星履带驱动装置,且悬架内部装有动力传动部件。每个悬架在底盘平面垂直方向一定范围内自由伸缩,以配合行星履带驱动装置越障时的高度变化进行适应性调节;该底盘可以配备不同的动力机,如电动机、发动机等,同时根据需要配备合适的离合器、变速器及其他辅助传动部件。

1.2 行星履带驱动装置设计

行星履带驱动装置主要由行星履带轮、履带、系杆支架以及链传动机构组成,如图2所示。3个行

星履带轮均布于等边三角形系杆支架上且可绕各自安装轴线相对系杆支架自转,履带附着在3个行星履带轮上且呈正三角形分布;由中心链轮、链条带动驱动链轮转动构成链传动机构,驱动轴与中心链轮同轴相对等边三角形系杆支架中心转动,驱动链轮与行星履带轮 K_1 同轴。动力通过驱动轴,经链传动机构带动驱动链轮与行星履带轮 K_1 同轴线转动并通过履带使其他2个行星履带轮自转,系杆支架可以绕驱动轴公转,从而实现行星履带驱动装置的运动。

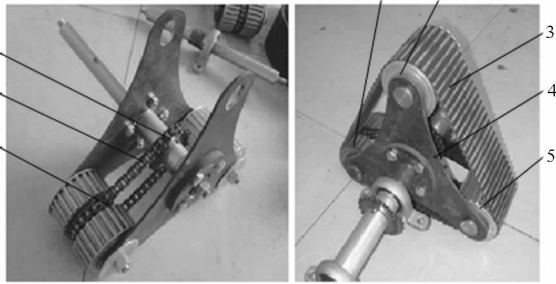


图2 行星履带驱动装置

Fig. 2 Tracked driving device with planetary structure

1. 行星履带轮 K_1
2. 行星履带轮 K_2
3. 履带
4. 系杆支架
5. 行星履带轮 K_3
6. 驱动链轮
7. 链条
8. 中心链轮

当行星履带式农用动力底盘在平坦地面上行走时,受履带及2个行星履带轮同时着地的约束限制,系杆支架随底盘沿地面平动,此时行星履带驱动装置演变成定轴履带驱动,实现4履带同时驱动行走;当行星履带式农用动力底盘在田间行走作业时,系杆支架随履带及2个触地行星履带轮绕驱动轴适应地形变化摆动仿形,实现4履带仿形驱动^[12]行走作业;当行星履带式农用动力底盘在田间过埂(或遇到较大障碍物)时,受阻行星履带驱动装置的系杆支架绕被阻行星履带轮转动并使履带及其他2个行星履带轮共同公转,实现翻转越障,此时其余行星履带驱动装置仍然仿形驱动。

由于行星履带驱动装置能有效利用其附着重量,且履带结构增加了与地面的接触面积、降低了接地比压,从而提高了行星履带式农用动力底盘在松软地面的通过能力。行星履带驱动装置不需要复杂的辅助机构来实现平面运动与越障运动之间的转换,作业可靠性较高。因此,采用行星履带驱动装置的行星履带式农用动力底盘能够适应凹凸不平、表层土壤松软的农业地形环境。

1.3 动力传动原理设计

行星履带式农用动力底盘动力传动原理如图3所示。该底盘传动系主要由发动机、离合器、液压泵、控制器、液压马达、分动器、传动轴、悬架减速器、伸缩传动轴、轮边减速器以及驱动轴等组成。动力

经发动机输出后通过液压泵、控制器分成两路,经过左、右液压马达分别传递给左、右侧的2个分动器,最后经前、后2个悬架减速器、伸缩传动轴以及轮边减速器由驱动轴驱动行星履带驱动装置行走。控制器采用多路阀,控制两侧马达工作转速。该底盘为4行星履带驱动装置驱动,具有良好的驱动能力。

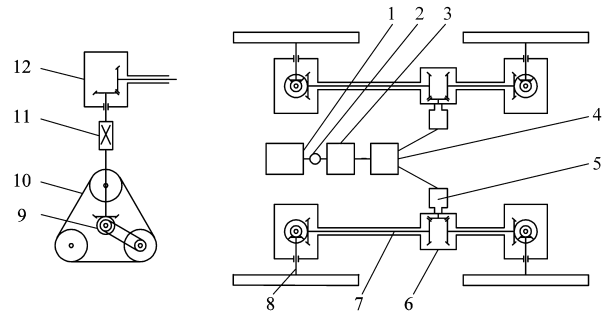


图3 动力传动原理图

Fig. 3 Power-transmission principle

1. 发动机
2. 离合器
3. 液压泵
4. 控制器
5. 液压马达
6. 分动器
7. 传动轴
8. 驱动轴
9. 轮边减速器
10. 行星履带驱动装置
11. 伸缩传动轴
12. 悬架减速器

1.4 越障原理分析

行星履带驱动装置的3个行星履带轮大小相等且半径均为 r , 设障碍高度为 h , 越障过程中忽略履带变形, 以垂直台阶障碍为例进行分析。行星履带驱动装置根据地面障碍高度自行采用仿形或翻转越障2种不同的通过方式, 其工作原理如图4所示, 根据行走前进方向, A 、 A' 分别为同一行星履带驱动装置的前、后行星履带轮。

行星履带驱动装置仿形越障极限高度为 h_{\max} , 当 $h < h_{\max}$ 时, 行星履带驱动装置仿形过程如图4a~4d所示。图4a为前行星履带轮开始仿形状态, 图4b为前行星履带轮仿形成功状态, 图4c为行星履带驱动装置仿形成功临界状态, 图4d为该驱动装置仿形越障成功。在此过程中, 行星履带驱动装置与地面作用力分布变化为: 仿形前, 履带触地部分均匀受力; 图4a~4b过程中, 变为履带与前、后2个行星履带轮啮合部位上的2点受力; 图4b~4c过程中, 变为履带触地点及履带与后行星履带轮啮合部位上的2点受力; 图4d之后, 恢复为履带触地部分均匀受力。

行星履带驱动装置翻转越障极限高度 H_{\max} , 当 $h_{\max} < h < H_{\max}$ 时, 受阻的行星履带驱动装置需翻转越过障碍物, 此时其他处于定轴或仿形驱动状态的行星履带驱动装置为底盘提供驱动力, 越障过程如图4e~4h所示。图4e为行星履带驱动装置开始越障状态, 图4f为系杆支架绕行星履带轮 K_1 轴线翻转越障状态, 图4g为行星履带驱动装置越障成功临界状态, 图4h为该驱动装置成功越障。在此过程中,

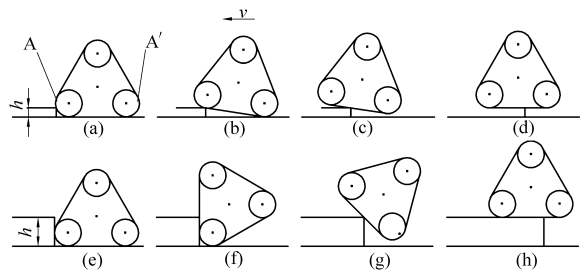


图4 行星履带驱动装置越障原理图

Fig.4 Principle of crossing obstacles by tracked driving device with planetary structure

(a)~(d) 仿形越障 (e)~(f) 翻转越障

行星履带驱动装置与地面作用力分布变化为：越障前，履带触地部分均匀受力；图4e~4f变为履带与行星履带轮 K_1 的啮合部位受力；图4f~4g变为履带触地点受力；图4h之后，恢复为履带触地部分均匀受力。

当底盘在崎岖不平的地面上行走时，在重力、地面支承力、行走阻力和驱动力的共同作用下，会使行星履带驱动装置根据地面障碍条件，采取不同的通过方式，并配合各悬架保持行星履带驱动装置和地面的良好接触，从而维持行星履带驱动装置的附着力和底盘的承载能力。

2 底盘越障性能分析

垂直障碍是农用动力底盘遇到最为苛刻的障碍，其越过垂直障碍的能力体现底盘越障能力的强弱^[13]。由于行星履带式农用动力底盘在通过障碍时车速较低，可以用静力学平衡方程求解越过的垂直障碍物高度与底盘参数之间的关系，进而得到底盘越障性能参数。

2.1 底盘仿形越障极限高度分析

当底盘仿形越障时，以两组前行星履带驱动装置遇到垂直障碍为例，推导其仿形越障极限高度。行星履带驱动装置仿形力学模型如图5所示，B、B'分别为前、后行星履带驱动装置。根据越障原理分析可知，在此力学模型中前行星履带驱动装置为前、后作用点 C、C' 两点受力，而后行星履带驱动装置为履带触地部分均匀受力并可以简化为过其与地面接触中心的一个作用力。由图5可知，前行星履带驱动装置遇到垂直障碍时有

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha + F_{11} \cos \alpha - F_{11} \cos \alpha + N_2 + N_3 = G \\ N_1 \cos \alpha - F_{11} \sin \alpha + F_{11} \sin \alpha - F_{12} + \\ F_{12} - F_{13} + F_{13} = 0 \\ r(F_{11} + F_{12} + F_{13}) + G \left(L_b + \frac{b}{2} \right) - N_2 b - N_3 L - \\ r(F_{11} + F_{12} + F_{13}) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 r ——行星履带轮半径

N_1 ——垂直障碍作用于前作用点的反作用力

N_2 ——前行星履带驱动装置后作用点的地面反作用力

N_3 ——后行星履带驱动装置的地面反作用力

F_{11} ——前行星履带驱动装置前作用点的切向驱动力

α —— F_{11} 与竖直方向的夹角

F_{12} ——前行星履带驱动装置后作用点的水平驱动力

F_{13} ——后行星履带驱动装置的水平驱动力

G ——行星履带式农用动力底盘重力

F_{11} 、 F_{12} ——前行星履带驱动装置前、后作用点的滚动阻力

F_{13} ——后行星履带驱动装置的滚动阻力

L ——底盘轴距(前行星履带驱动装置中心链轮轴距)

L_b ——底盘质心到前行星履带驱动装置中心的水平距离

b ——前、后行星履带轮的轮心距

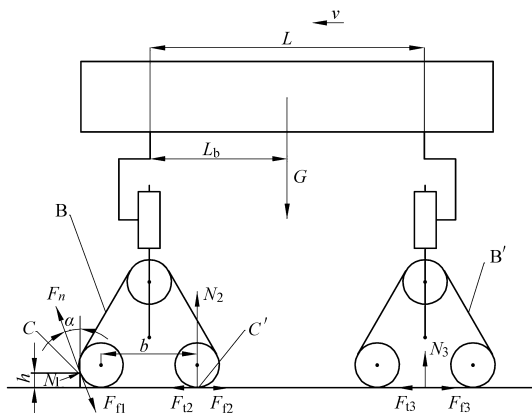


图5 行星履带驱动装置仿形力学模型

Fig.5 Simplified model representing static interaction of chassis with ground when front tracked driving device climbing obstacle

前行星履带驱动装置仿形越障时，前、后作用点的转矩相等且纵向附着系数 φ 相同，则有

$$F_{11} = F_{12} = \min(N_1, N_2) \varphi \quad (2)$$

为求得两组前行星履带驱动装置仿形越障极限高度 h'_{max} ，设作用在前、后作用点上的垂直方向作用力相等，作用在前、后行星履带驱动装置的驱动轴上的水平驱动力相等，即

$$\begin{cases} N_1 \sin \alpha + F_{11} \cos \alpha = N_2 \\ F_{13} = F_{12} + F_{11} \sin \alpha - N_1 \cos \alpha \end{cases} \quad (3)$$

计算时可分如下2种情况：

(1) 当 $N_1 < N_2$ 时

$$N_2 = N_1 \sin \alpha + N_1 \varphi \cos \alpha$$

$$\text{即 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{\sin\alpha + \varphi\cos\alpha} \quad (4)$$

将式(3)、(4)代入式(1)中的第2个方程,并考虑到 $F_{11} = F_{12} = N_1\varphi, F_{21} = F_{22} = N_2f$,得

$$(2 - f/\varphi)\cos\alpha - 2(\varphi - f)(\sin\alpha + 1) = 0 \quad (5)$$

(2) 当 $N_1 > N_2$ 时

$$N_2 = N_1\sin\alpha + N_2\varphi\cos\alpha \quad (6)$$

$$\text{即 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{1 - \varphi\cos\alpha}{\sin\alpha} \quad (7)$$

将式(3)、(6)代入式(1)中的第2个方程,并考虑到 $F_{11} = F_{12} = N_2\varphi, F_{21} = F_{22} = N_2f$,得

$$(2 - f/\varphi)\cos\alpha + f\sin^2\alpha + 2f\sin\alpha - 2\varphi\sin\alpha - 2\varphi + f = 0 \quad (8)$$

由图5中的几何关系可知

$$\sin\alpha = 1 - \frac{h'_{\max}}{r} \quad (9)$$

给定 r , 不同地面的滚动摩擦因数 f 与附着系数 φ 不同, $N_1 < N_2$ ($\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{\sin\alpha + \varphi\cos\alpha} < 1$) 与 $N_1 > N_2$ ($\frac{N_1}{N_2} = \frac{1 - \varphi\cos\alpha}{\sin\alpha} > 1$) 时, 分别选择式(5)与式(8)与式(9)联立, 可求得不同地面的底盘仿形越障高度 h'_{\max} 与 f, φ 的变化关系。

同理, 可以推导出两组后行星履带驱动装置仿形越障最大高度 $h''_{\max} = h'_{\max}$, 由此可见底盘仿形越障最大高度 $h_{\max} = h''_{\max} = h'_{\max}$ 。行星履带式农用动力底盘的仿形越障最大高度 h_{\max} 不仅与行星履带轮半径 r 有关而且与滚动摩擦因数 f 和附着系数 φ 等地面力学参数有关, 相同地面条件下, r 越大, 仿形越障能力越强, 底盘田间作业机动性能越好。

2.2 底盘理论翻转越障极限几何高度分析

当行星履带式农用动力底盘遇到垂直障碍高度大于 h_{\max} 时, 需要行星履带驱动装置翻转越过障碍物。底盘单个行星履带驱动装置翻转越障, 而其他3个行星履带驱动装置正常驱动底盘行驶时, 单个遇障行星履带驱动装置的翻转越障理论最大几何高度为底盘理论翻转越障极限几何高度。

如图6所示, 底盘理论翻转越障极限几何高度 H_{\max} 为单个行星履带驱动装置处于翻转越障关键状态时、中心链轮轴距地面的高度

$$H_{\max} = r + \frac{b}{2} \quad (10)$$

理论翻转越障极限几何高度 H_{\max} 与行星履带驱动装置的结构尺寸有关, 行星履带轮的半径以及行星履带轮之间的轮心距越大, 行星履带驱动装置极限越障能力越强, 底盘田间适应性越强。底盘在田

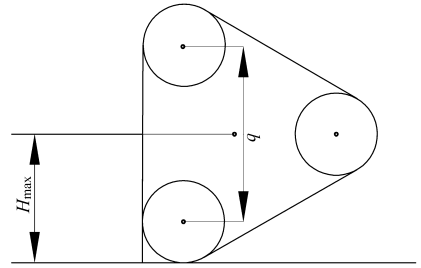


图6 行星履带驱动装置理论翻转越障关键状态

Fig.6 Key state of tracked driving device with planetary structure when overcoming obstacles by turnover

间行走作业过程中, 考虑到障碍、履带材质及地面力学情况, 行星履带驱动装置的实际翻转越障极限高度会小于理论翻转越障极限几何高度 H_{\max} 。

3 底盘关键参数设计

(1) 行星履带驱动装置关键参数设计

为确保行星履带驱动装置正常行驶, r, b 满足 $b > 2r$ 的条件, 行星履带装置的履带长 l 为

$$l = 2\pi r + 3b \quad (11)$$

(2) 底盘轴距 L

为确保底盘越障行走时, 前、后两组行星履带驱动装置不相互干涉, 底盘的轴距 L 取值条件为

$$L > b + 2r \quad (12)$$

(3) 最小离地间隙 m_{cc}

底盘最小离地间隙为正常行驶时, 行星履带驱动装置中心链轮轴距地面的高度, 得

$$m_{cc} = r + (b/2)\tan 30^\circ \quad (13)$$

4 底盘转弯半径

行星履带式农用动力底盘由左、右两侧行星履带驱动装置差速实现转向, 设左、右两侧行星履带驱动装置的履带线速度分别为 v_1 和 v_2 , 则行星履带式农用动力底盘的转弯半径为

$$R = \frac{(i+1)Z}{2(i-1)} \quad (14)$$

其中 $i = v_1/v_2, Z$ 为底盘轮距。

行星履带式农用动力底盘行走过程中: 当 $v_1 = v_2$ 时, 底盘直线行走; 当 $v_1 \neq v_2$ 时, 底盘转向行走; 当 v_1 与 v_2 方向相反时, 底盘转弯半径 R 较小; 当 $v_1 = -v_2, R = 0$; 因此该底盘不但可以实现较小的转弯半径, 而且能够实现原地转弯, 以适应小块农田作业及田间地头转向。

5 底盘样机与越障试验

5.1 底盘样机试制参数

行星履带式农用动力底盘样机对传动和结构方

式进行简化,采用直流电机驱动、链条传动、轴距可调节底盘^[14]。直流电机型号为 J90SZ54PX300A3、额定转速 3 000 r/min、额定电压 36 V、额定电流 9 A、减速比 1:150,输出转速 20 r/min。底盘样机(图 7)主要参数:行星履带轮半径 r 为 45 mm,前、后行星履带轮的轮心距 b 为 214 mm,轮距 Z 为 698 mm。为提高底盘样机在仿形行走和翻转越障时地形适应性,车架采用等腰三角形可调节结构,车架可调角度 γ 为 $60^\circ \sim 120^\circ$,对应轴距 L 为 652.41 ~ 1 130 mm。



图 7 底盘样机

Fig. 7 Chassis prototype

当底盘样机在丘陵山区等复杂农田地面条件下行走作业时,其 r 为 45 mm,滚动摩擦因数 f 变化范围为 0.1 ~ 0.12、附着系数 φ 取值范围为 0.6 ~ 0.9^[16],根据式(4)、(5)、(7)~(9)、通过 Matlab 编程计算可得底盘样机仿形越障最大高度 h_{\max} 与 f 、 φ 的变化关系,结果如图 8 所示。

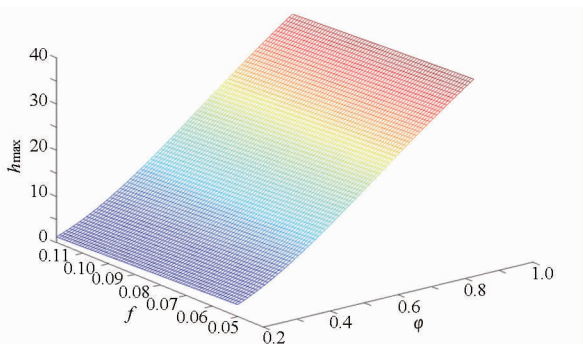


图 8 底盘样机仿形越障最大高度分析

Fig. 8 Analysis of maximum height by terrain adaptive locomotion to overcome obstacles

根据计算结果,底盘样机仿形越障最大高度 h_{\max} 变化范围为 2.040 8 ~ 38.99 mm,即 0.045 ~ 0.87 r , f 对底盘仿形越障最大高度的影响较小, φ 对底盘仿形越障最大高度的影响较大。

5.2 试验条件

试验地点:中国农业大学校内试验田。底盘在农田地面行走作业时,较少遇到垂直障碍,主要为仿形越障行走,因此选试验田内相对高度 30 ~ 40 mm

的坑洼干燥土路硬地面进行仿形极限越障试验;底盘过沟渠等障碍时需翻转越障,因此人为改变试验田边界处路肩石高度 100 ~ 200 mm,用于模拟底盘过沟渠等翻转越障极限试验。

5.3 底盘样机越障试验结果及分析

取干燥土路 $f=0.07$ 、 $\varphi=0.9$,根据式(4)、(5)、(7)~(9)编程计算可得底盘样机的仿形越障高度为 38.45 mm,试验测得仿形驱动行走越障极限高度 h_{\max} 为 33.54 mm,相对误差为 12.8%;仿形驱动行走越障极限高度为行星履带半径的 74.5%。翻转越障试验为重点试验,如图 9 所示。根据式(10)可知底盘样机翻转越障极限高度理论翻转越障极限几何高度 H_{\max} 为 152 mm,试验测得底盘样机翻转越障极限高度 H_{\max} 为 145 mm,相对误差为 4.6%,翻转越障极限高度为行星履带轮高度 ($b+2r=304$ mm) 的 47.7%。试验结果和设计计算差值主要来自地面状况差异以及试验测量误差。

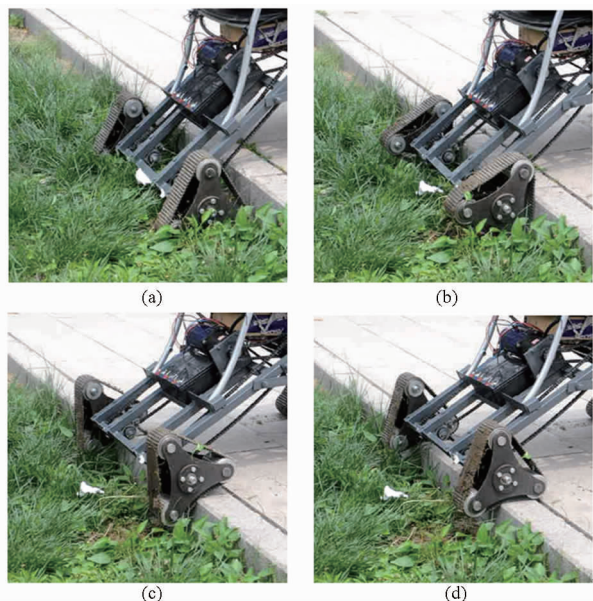


图 9 底盘翻转越障试验

Fig. 9 Experiments of overcoming obstacles

(a) 开始越障 (b) 翻转越障关键状态
(c) 翻转越障成功临界状态 (d) 翻转越障成功

试验过程中行星履带驱动装置和地面接触良好,同时载荷分布均匀。与普通农用动力底盘相比,行星履带式农用动力底盘仿形驱动行走性能较好,翻转越障能力较强,采用动力传动原理(图 3),中试后可推广应用。

6 结论

(1)设计一种行星履带式农用动力底盘,采用行星履带驱动装置,能根据地面障碍高度自行仿形或翻转越障,适应凹凸不平的农业地形环境。

(2)分析底盘仿形越障与翻转越障原理,计算底盘的仿形越障极限高度、理论翻转越障极限几何高度与关键部件行星履带驱动装置结构尺寸之间的关系,为底盘样机的设计制造提供理论依据。

(3)底盘样机试验表明:所研制行星履带式农用动力底盘能自行仿形越障与翻转越障,适用于丘陵山区崎岖不平地面行走和农田作业要求。

参 考 文 献

- 高焕文,李问盈,李洪文. 我国农业机械化的跨世纪展望[J]. 农业工程学报, 2000,16(2):9-10.
Gao Huanwen, Li Wenying, Li Hongwen. Prospects of China agricultural mechanization facing the 21st century [J]. Transactions of the CSAE, 2000, 16(2):9-10. (in Chinese)
- 杨印生,吴才聪,冯传平. 日本精确农业的研究现状[J]. 农业机械学报,2001,32(2):107-110.
Yang Yinsheng, Wu Caicong, Feng Chuanping. The status of precision agriculture in Japan [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001,32(2):107-110. (in Chinese)
- Liu Pingyi, Li Haitao, Zhang Shaoying, et al. Theoretical analysis and experiment of all terrain adaptive locomotion vehicle [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(Supp. 2): 134-139.
- Liu Pingyi, Li Haitao, Zhang Shaoying, et al. Kinematic analysis of the wheeled terrain adaptive locomotion with two-degree-of-freedom [J]. Advanced Materials Research, 2012, 538-541: 713-716.
- 尚书旗,杨然兵,殷元元,等. 国际田间试验机械的发展现状及展望[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊1):5-8.
Shang Shuqi, Yang Ranbing, Yin Yuanyuan, et al. Current situation and development trend of mechanization of field experiments [J]. Transactions of the CSAE, 2010,26(Supp. 1): 5-8. (in Chinese)
- 汤楚宙,谢方平,向卫兵,等. 自推进耕耘机械研究现状与分析[J]. 农业机械学报,2001,32(5):112-114.
Tang Chuzhou, Xie Fangping, Xiang Weibing, et al. Current situation of study on self-propelled cultivation machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(5): 112-114. (in Chinese)
- 闫国琦,张铁民,徐相华,等. 我国微耕机技术现状与发展趋势[J]. 安徽农业科学,2008,36(25):11137-11139,11148.
Yan Guoqi, Zhang Tiemin, Xu Xianghua, et al. Status and development trend of rotary tillers technologies in China [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(25): 11137-11139, 11148. (in Chinese)
- 孙家林,张勤河,刘含莲,等. 一种新型农用独轮手扶拖拉机的研制[J]. 机械研究与应用,2001,14(4):40-41,43.
Sun Jialin, Zhang Qinhe, Liu Hanlian, et al. Research of new type walking tractor with a single wheel [J]. Mechanical Research & Application, 2001, 14(4):40-41, 43. (in Chinese)
- 朱余清,洪添胜,吴伟斌,等. 山地果园自走式履带运输车抗侧翻设计与仿真[J]. 农业机械学报,2012,43(增刊1):19-23.
Zhu Yuqing, Hong Tiansheng, Wu Weibin, et al. Design and simulation of side rollover resistant capability of tracked vehicle for mountain orchard [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(Supp. 1):19-23. (in Chinese)
- 刘汉武. 适于丘陵地区的拖拉机半履带行走装置研制与试验 [C]//2009年丘陵山区农业机械化发展论坛论文集,2009.
- 吴清芬. 国外山地型多用途拖拉机产品的技术发展[J]. 拖拉机与农用运输车,2011,38(6):1-5.
Wu Qingfen. Technological development of mountain multi-purpose tractors in foreign countries [J]. Tractor & Farm Transporter, 2011, 38(6): 1-5. (in Chinese)
- 刘平义,高金成,李海涛,等. 农用全地形仿形行走底盘地面力学特性[J]. 农业机械学报,2012,43(10):36-40.
Liu Pingyi, Gao Jincheng, Li Haitao, et al. Terramechanics of all terrain adaptive locomotion chassis for farmland [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012,43(10):36-40. (in Chinese)
- 高海波,邓宗全,胡明,等. 行星轮式月球车移动系统的关键技术[J]. 机械工程学报,2005,41(12):156-161.
Gao Haibo, Deng Zongquan, Hu Ming, et al. Key technology of moving system of lunar rover with planetary wheel [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2005, 41(12):156-161. (in Chinese)
- 王亚,陈思忠,李海涛,等. 高地面仿形性动力底盘的设计与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(增刊1):39-44.
Wang Ya, Chen Sizhong, Li Haitao, et al. Design and experiment of high performance profiling terrain chassis with power train [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(Supp. 1): 39-44. (in Chinese)
- Merhof W. 履带车辆行驶力学 [M]. 北京:国防工业出版社,1989:39.
- 姚怀新,陈波. 工程机械底盘及其液压传动理论:工程机械底盘理论 [M]. 北京:人民交通出版社,2002.

Design and Overcoming Obstacles Ability Research of Tracked Driving Chassis with Planetary Structure

Liu Pingyi Wang Zhenjie Li Haitao Zhang Shaoying Wei Wenjun
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the irregularities and complexities of farmland in rough terrains such as hill and mountain areas, a kind of agricultural driving chassis which can operate via four groups of tracked driving device with planetary structure (TDDPS) was designed. The device's configuration characteristic, structural change and moving condition of running on the flat road, terrain adaptive locomotion in the field and overcoming the obstacles by turnover, and the passing principles of terrain adaptive locomotion or turnover were analyzed. The maximum height by terrain adaptive locomotion and the limit geometric height by turnover were calculated. The experiment proved that the chassis prototype had excellent off-road abilities, which can meet requirements for running and working in rough agricultural terrain.

Key words: Tracked device with planetary structure Overcoming obstacles Rough terrain