

浅谈基于全向轮的割草机

王强 陈伟 曾玉山

江苏苏美达五金工具有限公司

[摘要]传统手推割草机转向主要通过下压或平推扶手进行转向,通过加装全向轮以提高其转向便捷程度降低劳动强度,本文主要针对基于全向轮的割草机与传统割草机进行对比分析。

[关键词]全向轮;转向;割草机

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.127

引言

割草机是一类用于修剪草坪的园林设备,常见的割草机为具有扶手的可行走式割草机,这种割草机通过设在机体上的前轮和后轮实现整机的移动,通过设在机体底部的刀头实现对草坪的修剪,刀头则由机体上的动力装置驱动。

在割草过程中,必然需要进行转向操作来改变割草机的行进方向。对于现有技术中的这类割草机,在进行转向操作前需要用户将割草机的扶手向下压,此时割草机以后轮为支点进行转动从而将割草机的前轮抬离地面,这样割草机就能够借助后轮完成转向动作。由此可见,在转向过程中需要用户持续按下割草机扶手,由于割草机上安装有动力装置等具有较大重量的部件,因此对于老年人或身体能力稍弱的人来说,这种持续的按压操作需要耗费更多的体力,如此一来便会提高劳动强度。当草坪不平整时,采用上述方式进行转向时还具有一定的危险性和转向难度。

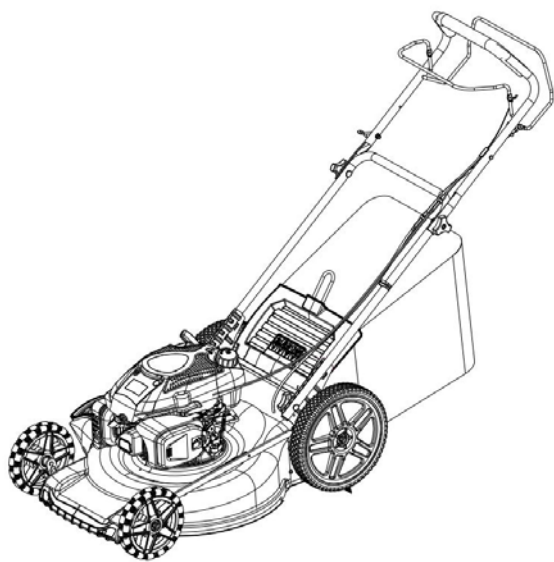


图1 基于全向轮结构的割草机

总体要求

利用全向轮作为割草机转向轮,实现较传统橡胶轮更小的转向力,从而降低转向难度和劳动强度。

基于全向轮的割草机结构设计

全向轮安装于传统割草机前段,相较于传统割草机而言,只需更换前轮,对前轴以及其他零部件不作变更,替代传统割草机前轮作用,可以实现传统轮组的功能的同时利用其自身结构直接侧推割草机手柄实现不用抬起前轮利用后轮转向的动作。

由图1可见,不同于传统的割草机前轮设计,割草机前轮采用全向轮结构,在割草机转弯过程中,传统割草机有两种常见转向方法,一种是下压推杆,抬起前轮,利用后轮转向,一种是侧推推杆,使前轮与地面滑动摩擦进行转向,第一种转向方法在大尺寸割草机中较费力,前轮滑动摩擦转向是大多数用户的常用转向方法。基于全向轮的割草机则将这种滑动摩擦转向变为滚动摩擦转向,显著减小转向时给予推杆的推力,减小工作强度。

力学分析与测试

基于割草机的实际推行、工作的使用环境,现设定两种测试环境,传统平坦水泥平地与草地。以分析基于全向轮割草机与传统割草机在转向动作上的力学分析与测试。

对于传统的滚动分析大多采用如图2中圆形体的形式进行的。图中 G 为物重; P 为外力; F 为摩擦力; N 为 G 的反作用力; e 为外力作用下 N 的偏移量; O' 为 N 的原始作用点; O 为瞬心; h 为外力 P 到瞬心的距离。这里需要特别注意的是瞬心的确定。在大多数的教材和有关书籍中多是以转动体的质心或 O' 点为平衡中心来进行滚动分析的。实际上,这些点临界时为动点,不能直观地显示出物体的临界运动状态,容易造成分析上的错误;而 O 点为滚动体的临界力矩中心,是瞬时不动点。因此,我认为选择 O 点作为平衡中心来进行分析较为恰当。

从图中我们可以看出,主动力 P 能使物体绕 O 点转动,即滚动。这种滚动是转动的一种特殊运动状态,它是转动中心不断改变的一种力矩效应,距心即是瞬心。在滚动过程中由

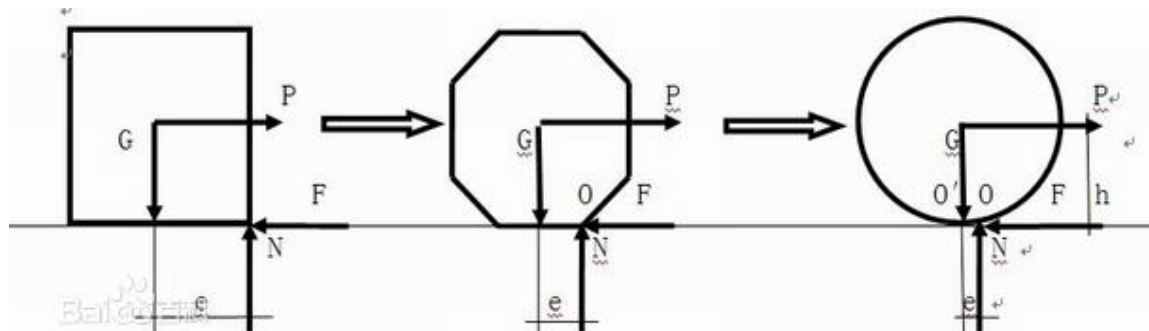


图2 滚动分析原理

于瞬心O的位置沿贴切面不断改变,从而使两物体产生了相对运动。此时N、F对O点的矩均为零。因此,它们既不是滚动的动力,也不是滚动的阻力。只有G对O点的矩与主动力矩相反。所以,它才是滚动的阻力。

以往,我们多是采用力偶M(G, N)或力矩 $N \cdot e$ 的形式来解析滚动阻力,并称之为“摩擦作用”。从数学算式来看,它们与 $G \cdot e$ 是等量的,但从物理作用来讲,它们是有区别的。从前边的分析中我们可以看出,滚动的阻力实质上是因物体位移产生的反作用,一般用 $G \cdot e$ 表示较为恰当。即使是采用M(G, N)或 $N \cdot e$ 的形式,将其作为摩擦作用来解释也是不正确的。而N与G在竖直方向平衡,故N并不随外力P的改变而变化。当外力P去除时N仍存在,而对摩擦作用来讲,当外力去除时是不存在的,这是N与摩擦力的本质区别;同样,力臂e也不具备摩擦特征,它是由物体的刚度、物重、材质和几何形状等因素确定的,并不受滚动力矩大小的影响。因此,不能把 $N \cdot e$ 视为“摩擦作用”。

偶和力矩都能使物体滚动,但它们对瞬心有平动作用。滚动时的摩擦作用就是这种平动作用引起的反作用。它和具有滑动趋势时的摩擦作用是一样的,也是静摩擦力。

这个反作用力F的大小对物体的滚动有很大影响。以往的讨论都是假定F大于P(或 P_m)的条件下进行的,当F小于P(或 P_m)时,物体将产生滑动或转动,这类事实在我们日常生活中是常见的。例如,若脚下很滑(即摩擦作用小),人行走就会很吃力;汽车若在带冰的路上行驶会出现‘打滑’。它们都说明摩擦对滚动运动有很大影响。也就是说,对滚动来讲,摩擦作用是稳定瞬心,使之不产生位移的必要条件。摩擦作用越大,瞬心稳定性越强;没有摩擦作用就不能产生滚动。

力偶和力矩对瞬心的平动作用方向不同。力矩对作用点的平动作用需要用反向作用力来平衡,而力偶对作用点的平动作用需要用与力偶中另一力同向的作用力来平衡。自行车前、后轮摩擦力方向不同就是这个原因。由此得出,滚动体的瞬心受力偶作用时,摩擦力方向与滚动体运动方向相同,受力距作用时,与滚动体运动方向相反;反之,此推论也成立。例如人行走时摩擦力方向向前,故人的行走(滚动)动力是力偶作用;若是被人推着走则摩擦力方向向后,则是力矩作用。

本研究基于简单的滑动摩擦改滚动摩擦原理,侧重于割草机换装全向轮实际效果的分析对比与论证。

本次测试分为实验组和参照组2组,实验组采用1台53欧标型汽油手推割草机两只前轮换装8inch全向轮,整机重量37.3Kg。参照组采用1台53欧标型汽油手推割草机前轮为标准



图3 测试布置

8inch橡胶轮,整机重量37.1kg,为了保证测试的严谨性,对参照组实验割草机进行前部配重0.2kg处理,总重量37.3Kg。

测试场地分别为平坦水泥地面,摩擦系数0.2~0.4以及4.5cm高度结楼草草坪。

根据割草机实际操作方式和用户使用习惯,在2组割草机上设置拉力点与旋转支点(如图3所示),进行力学测量。f1为实验组数据, f2为参照组数据。

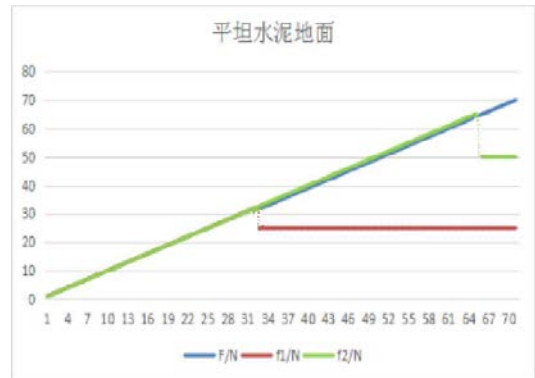


图4 平坦水泥地面测试数据

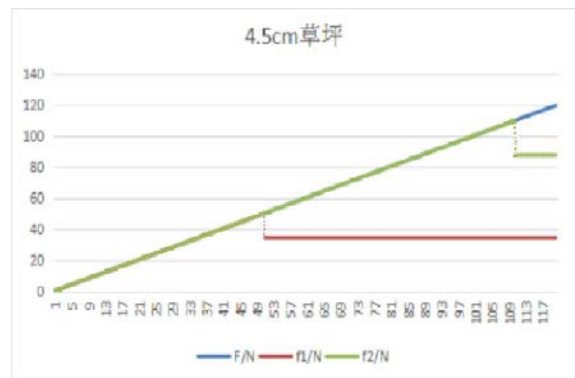


图5 4.5cm节结楼草草坪测试数据

结论

通过测试数据对比可得出结论:安装有全向轮的53欧标型汽油手推割草机较传统53欧标型汽油手推割草机具有转向省力的优势,平坦地面上约降低50%推力,4.5cm细节结楼草草坪上约降低60%推力,转向轻便程度有较大提升,有助于降低使用者转向难度和劳动强度。

参考文献

[1]一种新型全方位球形机器人的研究[D].林杰.苏州大学 2006
 [2]滚动阻力不是摩擦作用[D]崔明忠 中国科学院兰州化学物理研究所 固体润滑国家重点实验室 第一节全国摩擦学大会论文集 2013-10
 [3]高等动力学[M].高等教育出版社,刘延柱,2016
 [4]JB/T 5154-1991. 旋转割草机.技术条件[S].1991
 [5]智能割草机造型设计研究[J].郭琦妹.机械设计.2014(02)
 [6]座骑式割草机改型设计研究[D].高敏.南京理工大学 2006
 [7]全方位移动机器人的运动预测控制[J].郭旭,熊蓉,胡协和.电机与控制学报.2007(01)
 [8]全方位移动机器人的研制[D].赵祥敏.哈尔滨工业大学 2008