

半步行弹性轮驱动力数学模型的研究*

师帅兵 刘彬让

(西北农业大学机械与电子工程学院, 陕西杨陵·712100)

摘 要 通过对弹性轮运动学、动力学分析, 依据轮刺与土壤的相互作用, 提出了计算该轮驱动力的数学模型。试验证明, 按此数学模型计算的驱动力预测值和实测值之间表现了良好的一致性。从而证实了理论分析的正确性。

关键词 小型轮式拖拉机, 弹性轮, 驱动力, 数学模型

中图分类号 S219.01

半步行弹性轮是一种新型行走机构。为了对该行走机构从理论上作进一步分析研究, 本文以 LST-880 型弹性轮为对象, 结合使用条件, 从理论上探讨驱动力产生和形成的机理。通过对该轮运动及动力学分析, 建立驱动力的数学模型。并对影响驱动力的土壤参数、弹性轮结构参数、使用条件进行分析, 提出进一步改善弹性轮牵引附着性的途径。为设计及改进该行走机构提供理论依据。

1 弹性轮运动分析

弹性轮滚过地面时留下的不是沟辙, 而是一个个脚印和刺孔, 因此又称为半步行轮。弹性轮的静力半径可用一当量圆的半径来代替^[3]。当量圆滚动一周走过的周长等于弹性轮滚动一周的周长, 即

$$R = \frac{R_0 N}{\pi} \sin \frac{\pi}{N}$$

式中 N 为轮刺个数; R_0 为轮刺长度。

轮刺刚接地时轮刺与垂直方向的夹角 α 和刚要离地时轮刺与垂直方向的夹角 β 相等且与结构参数有关^[1]。弹性轮在运动过程中, 可同时有两个轮刺接地, 用重叠系数 n 表示接地轮刺的个数和程度。

$$n = \frac{\alpha + \beta}{2\pi} \cdot N$$

式中 N 为轮刺个数。

脚板相对轮刺可以转动, 其转动角为 $\pm\gamma$, 因 γ 大于 α 和 β , 所以可完全保证脚刺垂直入土和出土, 从而可增加驱动力和减小行驶阻力。

2 弹性轮动力分析及驱动力数学模型

2.1 轮子受力分析

当轮刺的脚板、脚刺在插入土壤及运动中形成刺孔的过程, 必然受到土壤的抵抗, 阻

收稿日期: 1993-03-03.

* 国家“七五”课题资助项目; 已获国家专利, 专利号 90226104.5.

$$= \{blc(1 + \frac{2h}{b}) + plbtg\varphi[1 + \frac{2h}{\pi b}ctg^{-1}(\frac{h}{b})]\}[1 + \frac{k}{\delta l}e^{-\delta l/\lambda} - \frac{k}{\delta l}] \quad (5)$$

式中 $p = \frac{W}{L \cdot b}$ (N/cm²); W 为垂直载荷(N); L 为脚板长度(cm); h 为脚刺高度(cm)。

以上分析是一个脚板接地的情况。由运动分析可知,弹性轮在滚动时,可同时有二个脚板接地,所以,驱动力的平均值为

$$P_q = \{nblc(1 + \frac{2h}{b}) + plbtg\varphi[1 + \frac{2h}{\pi b} \cdot ctg^{-1}(\frac{h}{b})]\}[1 + \frac{k}{\delta l}e^{-\delta l/\lambda} - \frac{k}{\delta l}] \quad (6)$$

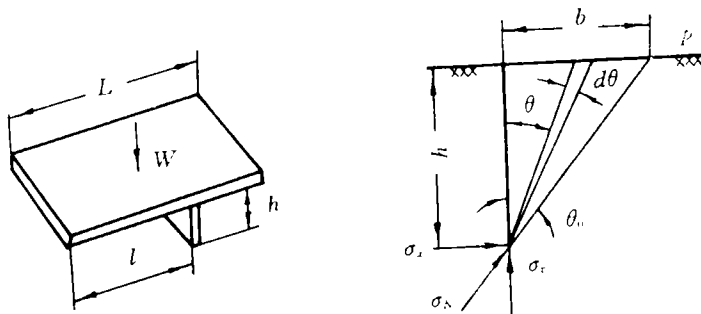


图2 脚刺侧面剪应力

2.3 驱动力数学模型的分析

分析式(6)可知:

(1)驱动力 P_q 随重叠系数 n , 垂直载荷 W , 土壤参数 $c, tg\varphi$ 的增大而增大, 且呈线性关系。

(2) P_q 随脚板宽度 b , 脚刺高度 h 的增加而增大, 但增大 h 比增大 b 更使 P_q 增加得快。

(3) 土壤参数 k 对 P_q 的最大值没有影响, 它只影响 P_q - δ 曲线的形状(图 3A)。当 k 值不同时, P_q 随 δ 变化的速率不同。 k 值小时, P_q 随 δ 的增加而增快, 曲线陡; 反之, P_q 增加慢, 曲线平缓。

(4) 剪切长度 l 的大小不仅影响 P_q 的最大值, 同时还影响 P_q - δ 曲线的形状(图 3B)。随 l 的增大, P_q 的最大值增大, 且曲线变陡; 反之, P_q 最大值减小, 曲线平缓。

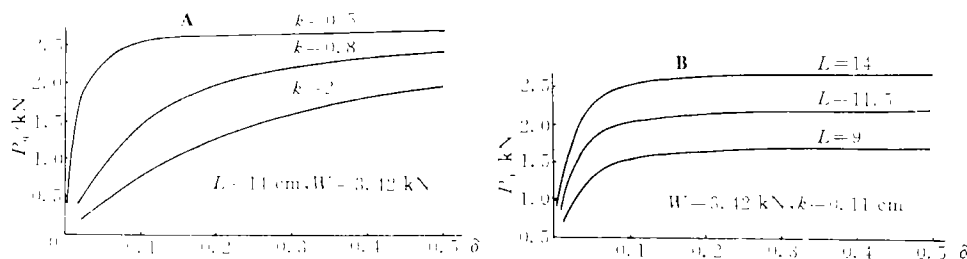


图3 P_q - δ 曲线

3 试验结果

为了验证上述数学模型及某些假设条件的正确性,1990 年 4 月在西北农大农工系室内土槽中进行了弹性轮动力试验,同时用 WI-3 型轻便土壤剪切仪等对土槽内的土壤参数进行了现场测定。

3.1 土壤参数的测试

按照试验规则,测得土样在不同压力下剪切应力 τ 和相应的剪切位移 j 。为了减小误差,在每一压力下最大剪应力 τ_m 取 3 个值,然后采用直线回归求出土壤参数值,见附表。

附表 土壤参数测试结果

粘聚力系数 ($C/N \cdot cm^{-2}$)	内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	剪切变形模量 (k/cm)	含水量 (%)	干容重 ($g \cdot cm^{-3}$)	湿容重 ($g \cdot cm^{-3}$)
4.7	22.78	0.11	15.56	1.50	1.76

3.2 弹性轮动力试验

取垂直载荷 W 为 3 420 N,剪切长度 l 分别为 14,11.5 cm 进行两组试验。测取试验车通过试验区段时间、弹性轮转数、驱动轴扭矩和牵引力。测试系统详见文献[4]。驱动力 P_q 通过驱动轴扭矩换算而来。

3.3 试验结果分析

为了明确理论预测值与实测值之间的接近程度,在直角坐标纸上分别作出试验及式(6)所确定的 $P_q-\delta$ 曲线和 $P_T-\delta$ 曲线(图 4)。由图 4 可知,理论值与预测值非常接近,且变化趋势相同。因此,可以证明理论分析及假设条件的正确性。

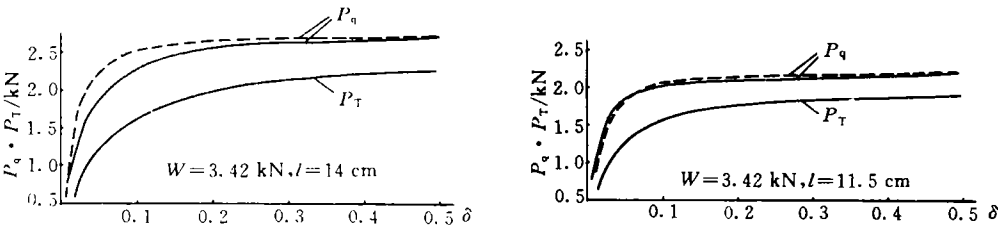


图 4 $P_q-\delta$ 曲线和 $P_T-\delta$ 曲线
——理论曲线;——试验曲线

4 结 论

- 1)本文对弹性轮的运动学、动力学进行了较详细的探讨,在确认旱地土壤力学特性的基础上,根据脚板、脚刺与土壤的相互作用,提出该轮在旱地土壤上驱动力的数学模型,并经验证数学模型较适用。
- 2)由该数学模型可以了解该轮子驱动力形成的原因和影响因素。土壤参数、轮子结构参数对驱动力的影响在模型中体现得十分清楚。为设计和评价该种行走机构,提高其动力性能提供了理论依据。
- 3)弹性轮的行驶阻力在不同的滑转率情况下变化不大,基本上是一个常数。

参 考 文 献

- 1 左士伦,陈大林,师帅兵等.小型旱地深耕节油弹性轮的装机田间性能试验.干旱地区农业研究,1990(增刊),101~108
- 2 陈秉聪著.土壤-车辆系统力学.北京:中国农业机械出版社,1981,131~151
- 3 陈秉聪,陈德兴.无轮缘车轮动力性能的研究.农业机械学报,1982(2),1~15
- 4 师帅兵,左士伦,陈大林等.小型旱地深耕节油弹性轮室内土槽试验研究.西北农业大学学报,1990,18(增刊),48~54

The Mathematical Model for the Driving Force of Semi-Step Walking Elastic Wheel

Shi Shuaibing Liu Binrang

(The College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwestern
Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Based on the interrelation between the wheel girdles and soil, this paper suggests a mathematical model for calculating wheel driving force through the analysis of the kinematics and dynamics of elastic wheel. The tests proved that there was a good agreement between the estimated values of driving force calculated by this mathematical model and the actual measured ones thereby to confirm the accuracy of theoretical analysis.

Key words small-sized wheel tractor elastic wheel, driving force, mathematical model

• 学术动态 •

6QHS-10 山茱萸去核机连获两项金奖

我校研制的“6QHS-10 山茱萸去核机”在当代专利科技成果转让博览会和全国专利科技成果精品博览会上,分别获得“当代专利科技成果转让博览会金奖”和“全国专利科技成果精品评奖会金奖。”

“6QHS-10 山茱萸去核机”是我校机电工程学院李飞雄、吕新民、穆浩民、何东健、孙骊、杜白石等同志共同研制的,前不久通过专家鉴定。

(李斌成)