

螺旋机构与甘蔗的摩擦对甘蔗扶起效果的影响

宋春华^{1,2}, 区颖刚^{1*}, 刘庆庭¹

(1.南方农业机械与装备关键技术重点实验室, 广东 广州 510642; 2.广东交通职业技术学院 海事与港航学院, 广东 广州 510800)

摘 要: 在甘蔗收获机螺旋扶蔗器与甘蔗的相互作用关系中, 建立输送段与甘蔗摩擦模型, 结合甘蔗扶起试验, 获得甘蔗在扶起过程中不跌落的条件。结果表明: 无叶甘蔗的摩擦系数比有叶甘蔗小, 甘蔗在扶起过程中跌落 2~3 次, 扶起时间为 6.5 s; 有蔗叶甘蔗在扶起过程中很少跌落, 扶起时间为 4.5 s, 螺旋扶蔗器对有叶蔗的扶起效果比无叶蔗的显著。

关 键 词: 甘蔗; 螺旋扶起机构; 摩擦力

中图分类号: TH112.6

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2012)03-0330-03

Effect of friction between spiral component and sugarcane on sugarcane lifting

SONG Chun-hua^{1,2}, OU Ying-gang^{1*}, LIU Qing-ting¹

(1.Key Laboratory of Key Technology on Agriculture Machine and Equipment, Guangzhou 510642, China; 2.Maritime College, Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou 510800, China)

Abstract: The role of friction was concerned when analyzing the interaction between spiral lifting component of sugarcane harvester and the sugarcane for establishment of a friction-helix model for sugarcane conveyance. Combined friction coefficient measurement with lifting test, the condition escaping the dropping of sugarcane during the lifting process was discovered. The results showed that the friction coefficient of sugarcane without leaves was less than that of sugarcane with leaves, and it took 6.5 s for lifting of the sugarcane without leaves, during which the sugarcane dropped 2~3 times. While for sugarcane with leaves, it took only 4.5 s for lifting, and the sugarcane seldom dropped. Thus the lifting effect was more outstanding for sugarcane with leaves than that for those without leaves.

Key words: sugarcane; lifting component; friction

甘蔗生长过程中因受季风气候影响容易倒伏, 若遇较大台风, 倒伏情况更为严重。整秆式甘蔗收获机工作时第一道工序是扶蔗, 要求扶起机构能够扶起不同倒伏状态的甘蔗。甘蔗收获机工作时, 螺旋扶蔗器自转, 并随着收获机前进, 对甘蔗产生冲击。在扶起过程中, 由于受土壤的约束力矩, 严重倒伏的甘蔗会产生回弹, 导致有相当数量的甘蔗最终不能被扶起而被压在地里, 造成收获损失。螺旋扶蔗器的主要工作部件是螺旋滚筒。目前, 有关螺旋扶起机构的设计基本依赖经验, 按照接触点运动

轨迹设计螺旋^[1], 对收获机结构自身因素考虑较多, 而对甘蔗自身特性的研究涉及较少。

有关甘蔗与螺旋扶蔗器的相互作用关系, 尤其是甘蔗与扶蔗器接触问题, 考虑摩擦力因素的研究未见公开报道^[2-10]。笔者认为, 在螺旋扶蔗器的设计中, 需要确定螺旋扶蔗机构对甘蔗造成摩擦的效果, 掌握甘蔗有蔗叶与无蔗叶时摩擦对甘蔗扶起的影响, 建立输送段甘蔗摩擦模型, 拟缩短螺旋扶蔗器与甘蔗的接触轨迹, 减少扶起时间及跌落次数, 这样才更有利于提高工作效率和工作质量。

收稿日期: 2011-08-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(50875091); 广东省科学技术厅项目(2010B020314004)

作者简介: 宋春华(1967—), 男, 辽宁锦州人, 博士, 副教授, 主要从事机械设计与制造研究, calvin330@126.com; *通信作者, ouying@scau.edu.cn

1 扶起机构的力学分析

1.1 输送段与甘蔗之间的动力学分析

考虑螺旋输送段与甘蔗接触会产生摩擦力,建立输送段螺旋结构与摩擦模型(图 1)。

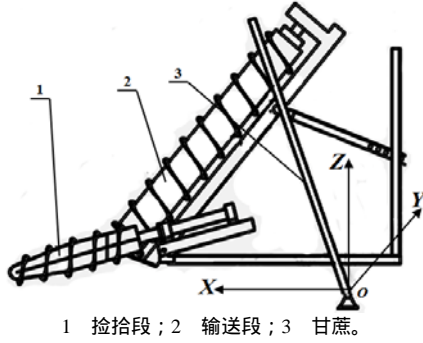


图 1 输送段摩擦-螺旋结构模型

Fig.1 Conveying section friction-spiral model

对由甘蔗与输送段滚筒组成的刚体系统,由各刚体的动量 $m_i a_{ic}$, 求得刚体系的动量 $P = m_i a_{ic}$, 代入质点系动量定理的矢量式 $\frac{dP}{dt} = \sum F^{(e)}$ 中, 得 $m_i a_{ic} = F^{(e)}$ 或 $m_i a_{ic} = F^{(e)}$ 。可以把甘蔗与输送段组成的刚体系统简化, 分析时不必先考虑求质点系的质心位置。

取甘蔗 Q 与输送段滚筒 J 组成的系统为研究对象, 对系统进行受力和运动分析, 如图 2 所示。

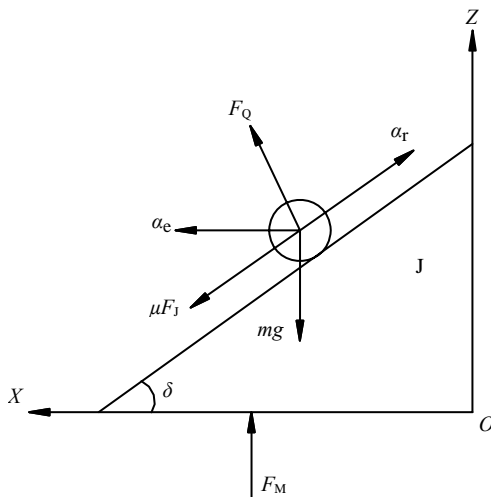


图 2 输送段甘蔗动力学分析

Fig.2 Dynamic analysis of sugarcane under conveying

建立 XOZ 直角坐标系, μ 为甘蔗与滚筒的摩擦系数, F_M 为机架对输送段滚筒的约束反作用力, a_r 为甘蔗的相对加速度, a_e 为机车的前进加速度, a_J 为机车绝对加速度, δ 为输送段滚筒的安装角, m

为甘蔗的质量, m_J 为输送段滚筒的质量, F_J 为输送段滚筒对甘蔗的支撑力, f_N 为甘蔗与输送段滚筒的摩擦力, K_M 为输送段滚筒质量与甘蔗质量的比值。由质心运动定理可得:

$$\sum m a_x = \sum F_x^{(e)} \Rightarrow$$

$$m_J a_J - m(a_e - a_r \cos \delta) = f_N \cos \delta = \mu F_J \cos \delta \quad (1)$$

在(1)式中, $a_e = a_J$,

$$\sum m a_z = \sum F_z^{(e)} \Rightarrow$$

$$F_M - (m_J + m)g - F_J \sin \delta = m a_r \sin \delta \quad (2)$$

建立甘蔗受力模型如图 3 所示。

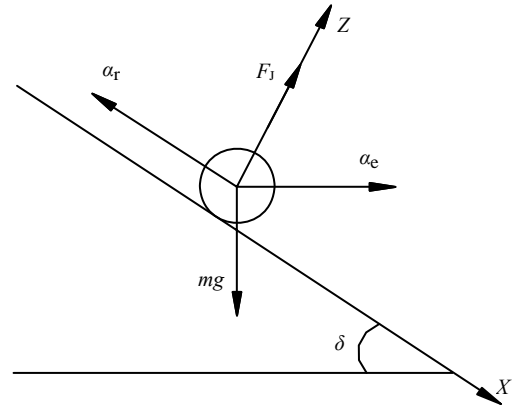


图 3 甘蔗受力模型

Fig.3 Sugarcane bearing model

在 X 轴上运用质心定理, 列平衡方程:

$$m(a_J \cos \delta - a_r) = mg \sin \delta \quad (3)$$

$$a_r = a_J \cos \delta - g \sin \delta \quad (4)$$

在 Z 轴上运用质心运动定理, 有:

$$mg \cos \delta = F_J \quad (5)$$

由式(1)~(5)得:

$$a_J = \frac{mg(\mu \cos^2 \delta + \sin \delta \cos \delta)}{m_J - m + m \cos^2 \delta} \quad (6)$$

令 $K_M = \frac{m_J}{m}$, 代入(6)式中, 得

$$a_J = \frac{g(\mu \cos^2 \delta + \sin \delta \cos \delta)}{K_M - 1 + \cos^2 \delta} \quad (7)$$

由式(2)得:

$$F_M = m(a_J \cos \delta - g \sin \delta) + mg \cos \delta + (m_J + m)g \quad (8)$$

由受力分析可知: 甘蔗向上运动、不跌落的条件为 $a_r > 0$ 。由公式(4)得

$$\frac{mg(\mu \cos^2 \delta + \sin \delta \cos \delta)}{m_J - m + m \cos^2 \delta} > g \frac{\sin \delta}{\cos \delta}, \text{ 化简得:}$$

$$\mu > \frac{\tan \delta (K_M - 1 + \cos^2 \delta)}{\cos^2 \delta} - \tan \delta \quad (9)$$

从动力学分析来看,甘蔗不跌落,摩擦系数与输送段结构参数关系必须满足公式(9)。

1.2 输送段对甘蔗的力学方程

设 S 为输送段滚筒的螺旋叶片, J 为输送段螺旋滚筒, Q 为甘蔗。取垂直于滚筒面的方向为 X 轴,垂直于叶片方向为 Z 轴,建立 XOZ 直角坐标系。甘蔗与输送段的受力分析如图 4 所示。

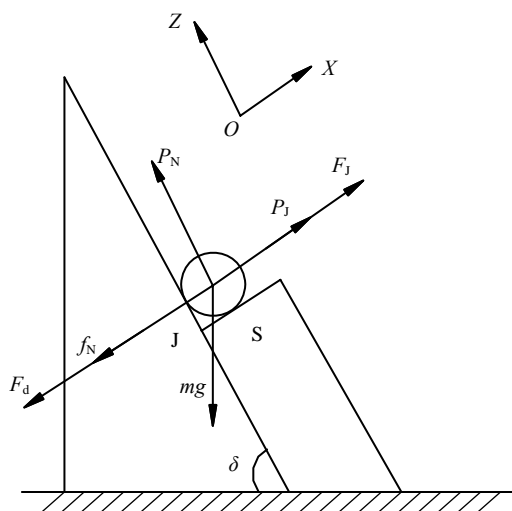


图 4 输送段和甘蔗组成的力学模型

Fig.4 Forces model of conveying section and sugarcane

此时,甘蔗的力学方程为:

$$\begin{cases} F_X = (P_J + F_J) - (F_d + f_N + mg \cos \delta) \\ F_Z = P_N - mg \sin \delta \end{cases} \quad (10)$$

F_d 为地面对甘蔗的约束力; P_J 为滚筒面对甘蔗的推力; F_J 为滚筒面对甘蔗的反作用力; P_N 为螺旋叶片对甘蔗的支撑力。

把 $P_J = m\omega^2 r$ 、 $f_N = \mu mg \sin \delta$ 和 $F_d = F_J$ 代入式(10),并化简,可得:

$$\begin{cases} F_X = -\mu mg \sin \delta - mg \cos \delta + m\omega^2 r \\ F_Z = P_N - mg \sin \delta \end{cases} \quad (11)$$

ω 为滚筒角速度; r 为滚筒半径。甘蔗在输送段扶升过程中不跌落的力学条件为 $F_X \geq 0$, 即甘蔗在输送段不跌落,满足的力学条件为:

$$\mu g \sin \delta + g \cos \delta - \omega^2 r \geq 0 \quad (12)$$

2 螺旋与甘蔗摩擦扶起试验

为了解螺旋扶起机构对甘蔗扶起效果的影响,对

扶蔗机构的各性能参数进行单因素试验:改变扶蔗器转速(90、120、160 r/min)、机车前进速度(0.21、0.36、0.50 m/s)、捡拾段滚筒安装角(5° 、 10°)和输送段安装角(50° 、 60° 、 70°),观察甘蔗是否有滑落、跌落和甘蔗被扶起的时间。

选取有蔗叶和无蔗叶甘蔗,分析螺旋与甘蔗摩擦相互作用,可观察到无蔗叶甘蔗在扶起过程中跌落 2~3 次,扶起时间为 6.5 s,有甘蔗直接跌落不能扶起的现象。而有蔗叶甘蔗很少跌落,扶起时间为 4.5 s,扶起效率较高。无叶甘蔗的摩擦系数比有蔗叶甘蔗低,更容易跌落,螺旋对有蔗叶甘蔗的扶起效果比无蔗叶的要好。

参考文献:

- [1] 高建民.甘蔗螺旋扶起机构的理论研究及虚拟样机仿真[J].农业工程学报,2004,20(3):1-5.
- [2] 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等.甘蔗茎秆在光刃刀片切割下根茬破坏试验[J].农业工程学报,2007,23(3):103-107.
- [3] 牟向伟.拨指链式扶蔗装置的设计与试验[D].广州:华南农业大学工程学院,2008.
- [4] 李尚平,赖晓,程志青,等.甘蔗收获机切割器的结构动力学仿真分析及试验研究[J].广西大学学报,2008,33(3):239-242.
- [5] 虞文武,靳敏.一种新型螺旋面钻尖刃磨机床的运动学研究[J].机床与液压,2010,38(4):10-12.
- [6] 庞昌乐.我国甘蔗收获机虚拟样机技术研究现状与展望[J].农机化研究,2010(7):225-228.
- [7] 徐飞英,闫小青,扶名福.在金属塑性成形中表明微凸对接触力及摩擦系数的影响[J].南昌大学学报,2008,30(3):258-262.
- [8] 毛宇飞,郭烈锦,甄飞强,等.螺旋管内汽水两相流摩擦阻力特性实验研究[J].工程热物理学报,2010,31(3):443-446.
- [9] 田成达,唐鼎,李大永,等.一种摩擦系数的测量方法及其在数值模拟中的应用[J].塑性工程学报,2008,15(5):53-56.
- [10] 雷攀,杨连发,易量.金属塑性成型时的摩擦系数测量技术[J].装备制造技术,2010(12):5-8.

责任编辑:罗慧敏