

An Experimental Research of the Cutter Deformation for Minitype Grass Trimmer

Xia SHAO Chunxian SHAN Jianfeng PAN

School of energy and power engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, China

Email:hsv@ujs.edu.cn,scx63@163.com,mike@ujs.edu.cn

Abstract: The cutter's rotating deformation was an important role which led to vibration noise of grass trimmer. High-speed video camera was applied to get the deformation images of grass trimmer's cutter. The tendency and reasons of deformation was proposed. The result indicates that the cutter is rotating with "+" shape when rotating. Cutter's structure, motor speed and assembly accuracy effect the cutter's deformation feature. Some improvement measures for decreasing deformation are putted forward which can benefit the letter research of grass trimmer's decreasing noise.

Keywords: high-speed video camera; cutter; deformation; noise decreasing

小型电动割草机刀盘高速旋转变形的实验研究

邵霞, 单春贤, 潘剑锋

能源与动力工程学院 江苏大学 镇江 中国 212013

Email:hsv@ujs.edu.cn,scx63@163.com,mike@ujs.edu.cn

摘要: 割草机刀盘的旋转变形是导致其产生机械振动噪声的重要原因。利用高速数码摄像机拍摄电动割草机刀盘旋转变形图像, 通过图像和数据的处理, 给出了变形的趋势, 并分析了变形产生的原因。研究表明: 工作状态下刀盘以近似 "+" 字形旋转, 其变形特征受自身结构、电机转速以及装配精度等共同影响; 根据研究结果, 提出了减小刀盘变形的改进措施, 为进一步展开机具降噪的研究提供基础。

关键词: 高速数码摄像机; 刀盘; 变形; 降噪

1 引言

近年来, 随着经济的发展和观念的改变, 我国草坪业的发展势头良好, 在全国各大中城市发展迅猛, 为草坪割草机具的应用带来了广阔的市场。小型电动割草机, 由于其具有轻巧便携、操作简单、维护方便等特点, 得到了广泛地应用。

耳旁噪声是反映草坪割草机具综合性能且最具代表性的重要指标, 其中因机具振动、零部件变形、摩擦等因素引起的机械噪声是产生耳旁噪声的主要因素^[1]。国家便携式林业机械质量检验标准规定对于耳旁噪声大于 102 分贝的机具即视为不合格。目前耳旁噪声超标问题困扰着国内大部分相关企业。

目前进口低噪发动机(电机)降低电机噪声来达到降低工作噪声最为直接, 但是伴随成本的大幅上涨, 影响市场份额。以日本和德国为代表的割草机具的研究和生产单位在依托高质量电机减小噪声的同时, 也在研究新的降噪方法^[2], 但是尚无实用的研究成果问世。

本文利用高速数码摄像机拍摄了割草机刀盘旋转变形的图像, 通过图像和数据的处理, 给出了变形的趋势, 分析了变形产生的原因, 初步提出减小变形的改进措施, 是下进一步展开机具降噪研究的实验基础。

2 实验方案及参数

2.1 实验方案及设备

实验装置主要由高速数码摄像机、激光器、辅助光源、计算机、割草机和实验台架等所组成, 如图 1 所示。

资助信息: 江苏省高校自然科学基金(05KJD470021); 江苏省“拔尖人才培养工程”资助

高速数码摄像机可用于快速发生事件的图像拍摄，如燃烧过程、高速运动部件、高速碰撞过程、材料的瞬态变形、断裂过程等现象的研究分析。本实验采用美国 REDLAKE MASD 公司的 MotionproTM10000 型高速数码摄像机。拍摄速度还可在 25~10000 帧/秒之间设置，在同样的拍摄速度下还可以设置不同的电子快门速度。拍摄图像的像素最大为 1280×1024，并可以根据不同拍摄速度予以调节，同时具有多种触发方式以满足不同拍摄条件，并配有 MiDAS 图像分析处理软件。高速数码摄像机本身自带 2G 的存储单元，用于存放照片的图像数据，拍摄结束后，利用计算机里面安装的控制软件可方便的将存储单元里面的数据保存到电脑硬盘^[3]。

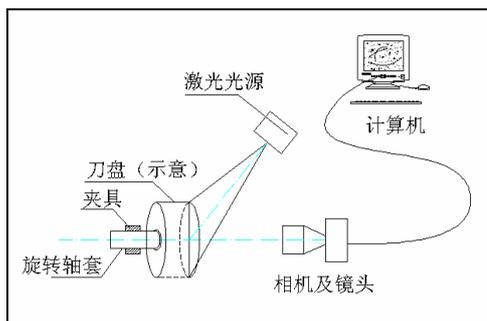


Figure 1. experimental apparatus schematic diagram
图 1. 实验装置示意图

激光器采用型号为 5500ACM 的氩离子激光器，最大输出功率为 750mW。

试验时，先采用夹具固定割草机，后打开激光光源，待割草机稳定转动到在割草机标准转速时，操纵计算机控制高速数码摄像机进行拍摄。为进行比较，分别对刀盘前盖合上和前盖拆开两种情况进行了试验。前盖拆除的刀盘模型图见图 1。图中刀盘上对称的 2 个大孔是前盖（前盖的作用是将刀绳线匝封在刀盘内部）的安装孔，2 个小孔是刀绳的出口孔。



Figure 2. cutter and model
图 2. 刀盘实物及去前盖刀盘模型图

2.2 实验参数的选取

由于拍摄速度与图像大小（像素）间存在反比关系，如果拍摄速度过小，像素增大，帧与帧之间的间隔也增大，图像连贯性不好；拍摄速度过高，像素下降，图像质量变差，也不利于实验结果的分析。

因此，综合刀盘转速（也即电机转速，为 12000 转/分）和拍摄图像大小等因素，本实验选取：

拍摄速度：2000 帧/秒

图像像素：256×256

因此刀盘每转动一周像机拍摄的帧数 n 可按以下公式计算：

$$n = \frac{\text{拍摄速度}}{\text{刀盘转速}} = \frac{2000 \times 60}{12000} = 10 \text{ 帧/转}$$

每两帧照片之间转过的夹角 $\Delta\theta$ 为：

$$\Delta\theta = \frac{360^\circ}{\text{每转帧数}} = 36^\circ$$

实验时由正面观察刀盘为逆时针方向旋转。图 3、图 5 分别是在未拆除端盖和拆除端盖刀盘旋转一周连续 10 帧的图像（顺序为由左及右）。

3 结果与分析

3.1 刀盘在无保护端盖状态下的变形情况

试验由正面拍摄刀盘的运行情况，刀盘为逆时针方向旋转。图 3 是刀盘在无保护端盖状态下高速旋转一周的图像（顺序为由左及右）。

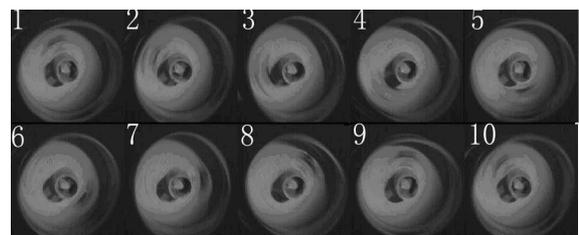


Figure 3. Rotating image without front cover
图 3. 无端盖状态下的高速旋转图像

图 4 是根据高速摄影结果，对连续 30 帧图像（即连续旋转 3 周）进行分析，提取出的刀盘外轮廓在无保护端盖状态下高速旋转的变形情况，图中 x 轴为角度步长，表示相邻 2 帧图像的角度间隔（ 36° ）； y 轴为变形量，变形量定义为外轮廓与轴心之间的距离与基圆半径之差。

从图4可以看出,刀盘外轮廓基本呈一阶正弦曲线的形式波动,在每旋转一周内,其变化趋势基本一致。表明此时刀盘已呈椭圆型方式运行。另外,由于在刀盘上设计有固定端盖的大孔,使得刀盘质量在径向分布不均匀,受高速旋转时离心力的作用,在与端盖固定孔垂直的一面向外发生拉升作用,产生最大径向正变形;而在端盖固定孔处,由于刚度减小而被压缩,产生最大径向负变形^[4]。

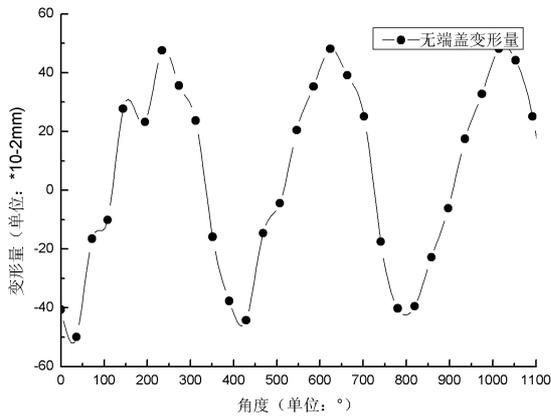


Figure 4. The deformation amount curve of 30 frames
图4.无保护端盖状态下高速旋转的变形曲线

3.2 刀盘在有保护端盖状态下的变形情况

图5是刀盘在有保护端盖状态下高速旋转一周所拍摄的图像。

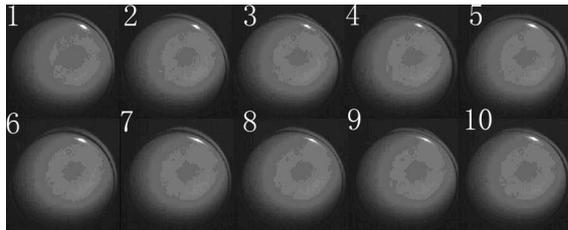


Figure 5. Rotating image with front cover
图5.有端盖状态下的高速旋转图像

图6是刀盘外轮廓在有保护端盖状态下高速旋转的变形情况。

比较图4和图6可以看出由于受保护端盖的约束,刀盘的外轮廓曲线将发生挤压并扭曲,在一周内出现二次最大径向正变形,变形轮廓呈现“+”字形。在安装保护端盖后,刀盘最大径向正变形与无保护端盖时基本相同,最大径向位移也同样出现在端盖固定孔的垂直面上。

因此,刀盘的径向负变形主要取决于刀盘和端盖的安装间隙,且变形量较无保护端盖时明显减少。

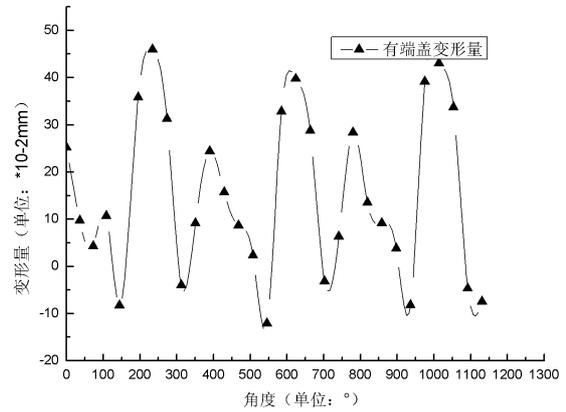


Figure 6. The deformation amount curve of 30 frames
图6.有保护端盖状态下高速旋转的变形曲线

4 结论

(1) 高速数码摄像机可用于拍摄割草机刀盘运动情况,进而分析噪声来源。

(2) 在高速旋转下刀盘的外轮廓曲线将发生变形,在无保护端盖的状态下基本呈椭圆形分布。而在加保护端盖后,由于受端盖的约束刀盘外轮廓曲线发生扭曲,在旋转一周内出现二次径向位移峰值。

(3) 保护端盖有无对刀盘径向负变形影响较大,可有效地增加刀盘的刚度;刀盘的径向和轴向变形是引起割草机具振动,进而产生耳旁噪声的主要因素之一。改进刀盘结构使其质量分布均匀,或在刀盘的径向布置加强肋提高刀盘的刚度等,都可以减小刀盘的变形,有效地降低机具的工作噪声。

References (参考文献)

- [1] Zulquernain Mallick. Optimization of operating parameters for a back-pack type grass trimmer [J]. International journal of Industrial ergonomics,2008,30 :101-110 MENG Xiangping GAO Yan. Electric systems analysis [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004. 3-21.
- [2] Mallick Zulquernain, Kaleel Ahmed Hameed , Siddiqui Arshad Noor .An expert system for predicting the effects of noise pollution on grass trimming task using fuzzy modeling[J]. International Journal of Applied Environmental Sciences,2009,4:389-403
- [3] He Zhixia, Li detao, Yuanwenhua , Dynamic visualization experiment for spray and combustion process of diesel engine [J], Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition), 2005, 26(5), P397-400 (Ch).
何志霞,李德桃,袁文华,等:柴油机喷雾燃烧过程的动态可视化试验[J].江苏大学学报:自然科学版,2005,26(5),P 397 -400
- [4] Xie Yiquan,Lin Zhongxiang,Ding Haojiang,Elasticity[M],Press of Zhejiang University.
谢贻权,林钟祥,丁浩江.弹性力学[M].杭州:浙江大学出版社,1988.