

输送辊上禽蛋轴向运动和翻转运动综合试验台的研制

姜松¹, 姜奕奕², 孙柯¹, 王国江¹, 陈庶来¹, 陈章耀³

(1. 江苏大学食品与生物工程学院, 江苏镇江 212013) (2. 江苏大学京江学院, 江苏镇江 212013)

(3. 江苏大学土木工程与力学学院, 江苏镇江 212013)

摘要: 为了阐明禽蛋大小头自动定向中轴向运动和翻转运动的机理以及优化处理装置的结构参数和输送运动参数, 研制了输送辊上禽蛋轴向运动和翻转运动综合试验台。试验台的支撑辊子直径和材质及表面状况、支撑辊子转速和移动速度、支撑辊子中心距、导向杆弯曲角度和与辊子间的距离等结构和输送运动参数可调, 利用高清晰数码相机摄录禽蛋的轴向运动和翻转运动的影像, 通过截屏获取禽蛋运动的图像, 运用图像处理软件解析禽蛋运动参数和姿态参数。用洋鸡蛋30枚对所研制的试验台进行了验证性试验, 结果表明洋鸡蛋的轴向运动水平偏转角和轴向运动位移及翻转运动翻转角的运动规律与在禽蛋大小头定向排列装置上测试结果一致。经长时间运行, 试验台运行稳定、操作方便和测试可靠, 为输送辊上禽蛋定向运动机理的解析和卵形农产品定向研究提供了试验条件。

关键词: 禽蛋; 自动定向; 轴向运动; 翻转运动; 试验台

文章编号: 1673-9078(2013)11-2681-2685

Development of a Synthesized Test Platform of the Axial Motion and the Turnover Motion of Eggs on Convey Rollers

JIANG Song¹, JIANG Yi-yi², SUN Ke¹, WANG Guo-jiang¹, CHEN Shu-lai¹, CHEN Zhang-yao³

(1.School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China) (2.Jingjiang College, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, China) (3.Faculty of Civil Engineering and Mechanics Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In order to clarify the mechanisms of the axial motion and the turnover motion, optimize the structure and conveying parameters of the device of automatic orientation of eggs, a synthesized test platform was developed. The structure and conveying parameters (the diameter, material and surface situation of rollers, the rotate speed and convey speed of rollers, the roller center distance, the guide rod bending angle and the distance between roller and guide rod) could be adjusted. The processes of the axial motion and the turnover motion of eggs were recorded by high definition digital camera. Then, the motion and attitude parameters of eggs were analyzed by images processing software. The verification test with thirty eggs showed that the laws of the axial displacement and the deflection angle as well as the turn angle of the turnover motion tested by the synthesized test platform were accordance with that tested by the device of automatic orientation of eggs. During a period of running, the synthesized test platform remained stable, operational convenient and the results of tests were reliable.

Key words: eggs; automatic orientation; axial motion; turnover motion; test platform

鲜禽蛋大小头定向装置是分级包装自动处理系统中的一个非常重要的处理单元^[1], 要求对不同品种和规格的禽蛋有较强的适应性, 即能适应禽蛋尺寸、品种和蛋形等方面的差异, 不漏定向和无不定向, 并可提高定向处理能力。辊式输送型定向装置结构简单、维护方便和制造成本低, 目前较多地应用于禽蛋分级包

收稿日期: 2013-07-24

基金项目: 江苏省高校自然科学基金项目资助(11KJA550002); 江苏高校优势学科建设工程资助项目; “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A12-06)

作者简介: 姜松(1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事农产品力学特性及加工装备研究

装自动处理系统中^[2-12]。在文献^[3-5]中, 禽蛋的轴向输送运动都是采用辊式输送, 而定向翻转运动都是采用复杂或特殊的机构实现的; 在文献^[6-9]中, 禽蛋的轴向输送运动和定向翻转运动(即定向运动)都是采用简单的辊式输送机构实现的。这些禽蛋大小头自动定向排列装置都是以实际定向处理为目的开发的技术装备, 其结构参数和输送运动参数不具备较大范围的可调性, 不具备试验研究的功能, 而且仅适用于禽蛋的定向处理, 对其他卵形体农产品不一定适用。由于禽蛋尺寸分布和品种、装置结构参数和输送运动参数对禽蛋在输送辊上的轴向运动和翻转运动影响很大, 因此研制具有结构参数和输送运动参数可调、对禽蛋轴

向运动和翻转运动能综合测试的试验台架是非常必要的。

台架试验是进行影响因素分析必需的研究手段,通过试验设计,利用试验装置和测试手段能够较好地反映被测试样在诸影响因素各水平下的工作性能参数,再采用试验数据分析软件进行分析与综合,构建优化的结构参数和工作参数,为装置的设计提供试验依据,同时也为禽蛋在支撑辊子上运动机理的探讨和其他卵形体农产品的运动测试提供试验平台。本文论述禽蛋大小头定向多因素试验台的设计和试验。

1 定向装置的影响因素及其控制方法

1.1 影响因素

辊式输送型禽蛋大小头定向装置是通过禽蛋在定向输送系统支撑辊子上的分列轴向运动和定向翻转运动实现的,其影响因素包括分列轴向运动和定向翻转运动的结构参数和输送系统工作参数^[2]。

1.1.1 结构参数

(1) 分列轴向运动的结构参数

分列轴向运动结构参数是指禽蛋支撑辊子的直径和材质及表面状况,辊间中心距。这些参数直接影响禽蛋在支撑辊子上轴向运动参数和运动姿态以及分列效果,也影响定向翻转的可靠性。

(2) 定向翻转运动的结构参数

定向翻转运动结构参数是指禽蛋支撑辊子的直径和材质及表面状况,辊间中心距,导向杆直径和材质及表面状况,弯曲段角度,导向杆与支撑辊子之间的间距。这些参数直接影响禽蛋在支撑辊子上定向翻转运动的可靠性和稳定性以及准确性。

1.1.2 工作参数

工作参数是指分列轴向运动时禽蛋支撑辊子的转速,定向翻转运动时禽蛋支撑辊子的移动速度。在定向装置中禽蛋支撑辊子的移动速度即为输送系统的输送速度,而分列轴向运动段输送速度利用机械传动转换成支撑辊子的转速。工作参数直接影响装置的处理能力和工作性能。

1.2 控制方法

在试验台上,诸因素水平的控制主要考虑调整操作的便利性和试验参数的可调性。

定向装置的支撑辊子直径和材质及表面状况的调整,是通过更换不同直径和材质及表面状况的辊子;辊间中心距的调整,是通过调整辊子支撑轴的轴承组件之间的间距;导向杆直径和材质及表面状况的调整,

是通过更换不同直径和材质及表面状况的导向杆;导向杆弯曲段角度及与支撑辊子之间的间距的调节,是通过角度和间距调节机构实现。

2 试验台设计

2.1 参数设计

本试验台是为了探讨定向装置诸结构参数和工作参数对禽蛋分列轴向运动和定向翻转运动的影响,以及不同品种和规格禽蛋的轴向运动和翻转运动规律,因此要求有足够的调整范围和适应性。试验台设计时,支撑辊子直径范围为20~70 mm,辊子长度为600 mm,支撑辊子材质为碳钢、尼龙和不锈钢等,辊子表面状况通过表面处理实现不同粗糙度;辊间中心距调节范围为40~120 mm;导向杆直径范围为5~20 mm,材质为碳钢和不锈钢等,导向杆表面状况通过表面处理实现不同粗糙度;导向杆弯曲段角度调节范围为0~90°,导向杆弯曲段与支撑辊子之间间距的调节范围为0~20 mm;支撑辊子的转速调节范围为0~55 r/min,支撑辊子的移动速度调节范围为0~110 mm/s。

2.2 结构设计

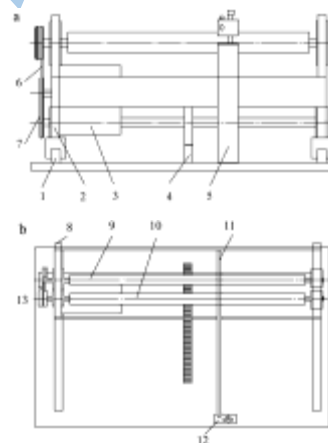


图1 禽蛋轴向运动和翻转运动试验台示意图

Fig.1 Schema of test platform for axial motion and turnover motion of eggs

注: a: 主视图, b: 俯视图; 1: 机座及导轨, 2: 工作装置机架, 3: 调速电机, 4: 齿轮齿条传动, 5: 导杆支架, 6: 辊子驱动带传动, 7: 机架移动带传动, 8: 中心距调节器, 9: 支撑辊子1, 10: 支撑辊子2, 11: 翻转导向杆, 12: 导向杆高度和角度调节器, 13: 支撑辊子同步带传动。

试验台由工作装置、测试数据采集装置、机座等部件组成,见图1。工作装置是由调速电机、可切换的两组带传动机构、两根平行等径圆柱支撑辊子、底部中间的传动齿轮等部件组成,是一个可自走的系统。

机座两侧设有导轨，用于支撑工作装置；机座中间设有齿条，与工作装置底部中间设置的齿轮啮合；机座一侧的两端分别设置一个限位行程开关，机座另一侧的一端设有导向杆角度和高度调节装置。测试数据采集装置是由两部高清晰数码相机组成，一台设在工作装置的上方，另一台设在工作装置的左侧。电机调速器和转向控制器以及操作开关等集成在机座的右侧。

2.3 传动设计

试验台驱动采用调速电机，其与工作装置机座联接，经一级带传动传递到一个支撑辊子，再通过一级等速带传动传递到另一个支撑辊子，使两个支撑辊子等速同向转动，实现禽蛋分列轴向运动测试。当实施定向翻转运动测试时，卸下支撑辊子的一级带传动，安装上驱动齿轮传动的带传动，使工作装置在试验台机座上移动，通过两次限位行程开关和调速电机正反功能实现工作装置往复运动，也就实现了定向翻转运动中支撑辊子的输送运动，而禽蛋定向翻转运动是在输送运动和支撑辊子以及导向杆的共同作用下实现的，如图2所示。

2.4 数据采集

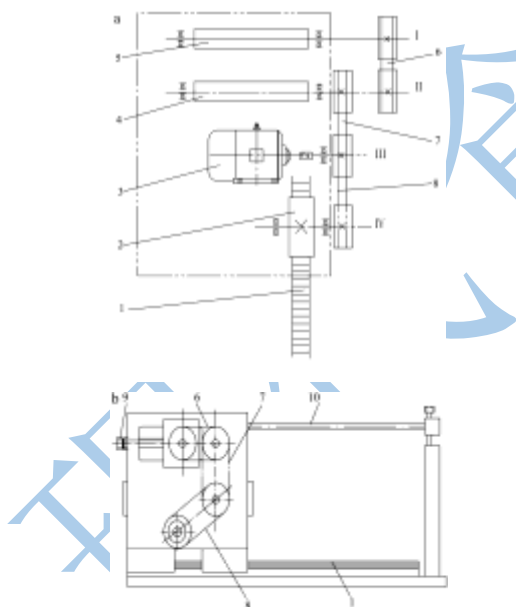


图2 试验台传动系统示意图

Fig.2 Schema of the transmission system of test platform

注：a：传动系统展开，b：带传动关系；1：齿条，2：齿轮，3：调速电机，4：支撑辊子1，5：支撑辊子2，6：支撑辊子同步带传动，7：辊子驱动带传动，8：机架移动带传动，9：中心距调节器，10：翻转导向杆。

在禽蛋分列轴向运动测试时，通过安装在工作装置上方的高清晰数码相机摄录禽蛋轴向运动过程的影

像；在定向翻转运动测试时，通过安装在工作装置上方的高清晰数码相机摄录禽蛋翻转过程水平方向的姿态影像，并通过安装在工作装置侧面的高清晰数码相机摄录禽蛋翻转过程垂直方向的姿态影像和翻转角。

2.5 数据分析

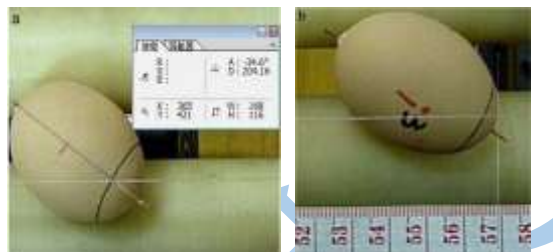


图3 轴向运动图像处理示意图

Fig.3 Schema of imagine processing of axial motion

注：a：水平偏转角，b：轴向位移。

分列轴向运动参数分析是用视频播放软件逐帧播放禽蛋轴向运动试验拍摄的影像，每隔0.5s进行截图，再用Photoshop软件对截图中禽蛋水平偏转角和相对位移以及转动角度进行测量（如图3所示），并通过计算得出禽蛋轴向移动速度、加速度和自转速度等运动参数。

定向翻转运动参数分析是用视频播放软件逐帧播放禽蛋翻转运动试验拍摄的影像，每隔0.2s进行截图，再用Photoshop软件对截图中禽蛋翻转角（如图4所示）、滚动位移、水平和垂直姿态进行测量，并通过计算得出翻转运动参数。



图4 翻转角图像处理示意图

Fig.4 Schema of imagine processing of turnover motion

3 试验台工作原理

所研制的输送辊上禽蛋轴向运动和翻转运动综合试验台如图5所示。

当测试禽蛋轴向运动时，调整带传动关系使调速电机输出轴的运动通过皮带传递到一个支撑辊子轴上；按试验要求调整支撑辊子中心距，启动调速电机并调整转速至试验设定值，同时启动相机摄录，再将试样放在两支支撑辊子之间，其小头端指向支撑辊子的另一端，试样开始在支撑辊子作螺旋运动（即沿支撑辊子轴线方向的轴向运动和绕自身长轴径旋转运动），

当试样从支撑辊子一端运动到另一端时,完成一次测试;如进行重复试验,则取回试样或用新试样从起始端重新开始并摄录。当测试禽蛋翻转运动时,调整带传动关系使调速电机输出轴的运动通过皮带传递到齿轮轴;按试验要求设定支撑辊子中心距、导向杆角度及其与支撑辊子之间的间距;启动调速电机并调整转速至试验设定值,同时启动相机摄录;再将试样放在两支支撑辊子之间,试样开始随支撑辊子作移动(试样静止在支撑辊子上)并逐渐靠近导向杆;当试样与导向杆接触后,试样小头端被逐渐抬起,大头端在支撑辊子上作翻转滚动,直至试样长轴垂直与支撑辊子(略大于 90°),之后试样在惯性和重力作用下在支撑辊子上继续作翻转滚动直至稳定在支撑辊子上。如进行连续重复测试翻转运动,可利用试验台设置的两个行程开关和电机正反转功能,通过改变操作方式实现。当需改变辊子直径和材质及表面状况时,可通过拆卸换装实现。



图 5 禽蛋轴向和翻转运动试验台

Fig.5 Test platform of axial motion and turnover motion of eggs

4 试验台的验证试验

由于试验台可变参数和禽蛋运动参数以及姿态参数比较多,本文仅考察在一组工作参数条件下禽蛋的 3 个核心运动参数,验证试验台的可行性和可靠性。

4.1 试验材料

市售新鲜洋鸡蛋 30 枚,购于江苏大学凯源旅游超市。

4.2 试验方法

4.2.1 试验参数设置

轴向运动测试时尼龙支撑辊子转速为 33 r/min,直径为 40 mm,辊间中心距为 55 mm;翻转运动测试时支撑辊子移动速度为 67.5 mm/s,辊间中心距为 55 mm,导向杆弯曲角 40°导向杆与辊子间间距为 0 mm。

4.2.2 轴向运动测定

高清晰数码相机摄录禽蛋轴向运动过程,用软件解析禽蛋轴向运动水平偏转角和轴向运动位移。每枚

禽蛋重复 3 次,取平均值。

4.2.3 翻转运动测定

高清晰数码相机摄录禽蛋定向翻转运动过程,用软件解析定向翻转运动的禽蛋翻转角。每枚禽蛋重复 3 次,取平均值。

4.3 结果与分析

4.3.1 禽蛋轴向运动分析

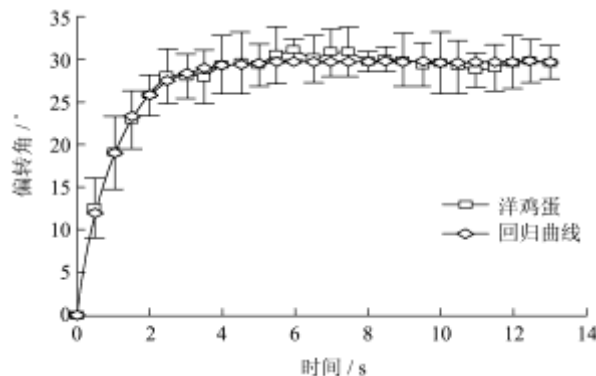


图 6 洋鸡蛋水平偏转角的变化规律

Fig.6 Regulation of horizontal deflection angle of eggs laid by feed eating hen

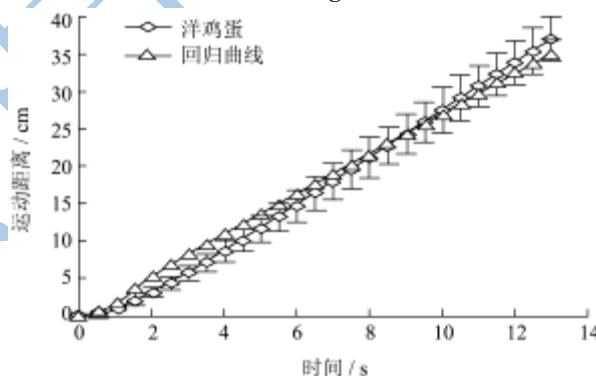


图 7 洋鸡蛋轴向位移的变化规律

Fig.7 Regulation of axial displacement of angle of eggs laid by feed eating hen

30 枚洋鸡蛋 13 秒内轴向运动时水平偏转角的变化规律如图 6 所示,在 0~3 s 内水平偏转角迅速增大,3s 以后处于稳定状态。对 13 s 内禽蛋水平偏转角的回归分析,其变化规律为:

$$\beta(t) = 29.72(1 - e^{-1.02t})$$

其中,决定系数 R^2 为 0.992。

30 枚洋鸡蛋 13 秒内轴向运动时轴向位移的变化规律如图 7 所示,在 0~3 s 内的前段比较小、后段增加比较大,3 s 以后轴向位移增量比较稳定。

对 13 s 内禽蛋轴向运动位移进行回归分析,其变化规律为:

$$k \times 67.5 \times t \times \tan(29.72(1 - e^{-1.02t}))$$

其中 k 取 0.07, 决定系数 R^2 为 0.998。

4.3.2 禽蛋翻转运动分析

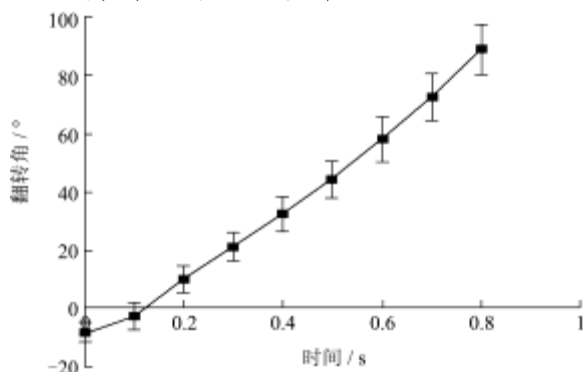


图 8 洋鸡蛋翻转角的变化规律

Fig.8 Regulation of turnover angle of angle of eggs laid by feed eating hen

如图 8 所示, 30 枚洋鸡蛋从静止状态小头端被导向杆抬起到其长轴垂直于支撑辊子轴线(临界状态)时翻转角变化规律。翻转角递增比较平稳, 翻转角达到临界状态需 0.8 s 左右, 每枚蛋都能成功翻转。

上述三参数的变化规律与在禽蛋大小头定向排列装置(实际定向处理装置)上测试结果一致^[13-14]。

5 结论

5.1 在分析影响禽蛋分列轴向运动和定向翻转运动诸因素的基础上, 研制了禽蛋定向运动(轴向运动和翻转运动)综合试验台。试验台结构参数和工作参数可调控性好, 操作简单方便, 对物料的适应性强; 利用高清晰数码相机摄录的图像清晰, 通过软件解析的测定参数精度高; 满足设计要求。

5.2 在试验台上能够进行组合设计试验, 满足综合探讨影响禽蛋轴向运动和翻转运动的多种因素和水平。禽蛋在试验台上的运动规律与在禽蛋大小头定向排列装置上是一致的。

5.3 试验台可适用于其他卵形体农产品轴向输送运动和定向运动的试验。

参考文献

- [1] 陈金泉, 任奕林, 任祖方. 禽蛋加工技术与装备的研究现状及发展趋势[J]. 湖北农机化, 2010, 3: 55-57
Chen Jinquan, Ren Yilin, Ren Zufang. The trend and the research status of the process technology and device of eggs [J]. Agricultural mechanization in Hubei, 2010, 3: 55-57
- [2] Thomas O, Lee H. Egg orientation means: USA, 4382501 [P]. 1983-05-10
- [3] Meyn P. Apparatus for orientating eggs in a egg handling systems: USA, 4645058 [P]. 1987-02-24

- [4] Leonardus J, Willem C M, Johan H. Egg orienting apparatus: USA, 5176243 [P]. 1993-01-05
- [5] Doomekamp M, Van Veldhuisen W, De Greef W M. Apparatus for orienting eggs on a second conveyor with points to one side: USA, 5749453 [P]. 1998-10-21
- [6] 南部幸男. 卵の方向整列装置: 日本, 実開平 7-21504 [P]. 1995-4-18
- [7] 山下剛. 卵の方向整列装置: 日本, 特開平 11-147508 [P]. 1999-6-2
- [8] 近藤林. 鶏卵の方向を揃える装置: 日本, 特開平 9-150938 [P]. 1997-6-10
- [9] 燕北集团(燕北畜牧机械集团有限公司): <http://www.yanbei.com/>
Yanbei Group (Yanbei Animal Husbandry Machinery Enterprise): <http://www.yanbei.com/>
- [10] 姜松, 蒋晓峰, 陈章耀, 等. 禽蛋在输送支撑辊上倾角影响因素的理论分析与试验验证[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 244-250
Jiang Song, Jiang Xiaofeng, Chen Zhangyao, et al. Theoretical analysis and experimental verification on influencing factors of obliquity of eggs on conveyor supporting rollers [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(13): 244-250
- [11] 姜松, 漆虹, 王国江, 等. 禽蛋基本特性参数分析与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(4): 137-142
Jiang Song, Qi Hong, Wang Guojiang, et al. Analysis and Experiment on Basic Properties of Poultry Eggs [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(4): 137-142
- [12] 姜松, 王国江, 漆虹, 等. 禽蛋大小头自动定向排列系统设计[J]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 113-117
Jiang Song, Wang Guojiang, Qi Hong, et al. Design of Automatic Orientation System of Blunt and Tip Sides of Eggs [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(6): 113-117
- [13] 漆虹. 禽蛋大小头自动定向排列研究与装置研制[D]. 镇江: 江苏大学, 2011
Qi Hong. Study on the automatic orientation for blunt side and tip side of eggs and the device development [D]. Zhenjiang: Jiangsu University
- [14] 姜松, 朱红力, 徐斌, 等. 一种禽蛋大小头自动定向排列装置的设计方法: 中国, CN102717914A [P]. 2012, 10
Jiang Song, Zhu Hongli, Xu Bin etc. A design method of the device of automatic orientation of eggs according to the tip end and the blunt end: China, CN102717914A [P]. 2012, 10

现代食品科技