

卵形体大小头自动定向过程中水平偏转角影响因素的研究

姜松, 姚俊, 徐斌, 陈庶来

(江苏大学食品与生物工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要: 为了探讨影响卵形体轴向运动水平偏转角的主要因素, 研究了铝质、塑料、鸡蛋和鸭蛋等 4 种卵形体基本特征参数和装置工作参数对卵形体水平偏转角的影响规律。结果表明, 在固定输送辊中心距时, 4 种卵形体的水平偏转角与输送辊直径呈线性正相关关系, 决定系数在 0.950 以上。在固定输送辊间隙时, 4 种卵形体的水平偏转角与输送辊直径呈线性负相关关系, 决定系数在 0.900 以上。4 种卵形体水平偏转角与输送辊间隙呈线性负相关关系, 决定系数在 0.900 以上。输送辊转动线速度对卵形体的水平偏转角无显著影响。 J/L 值与卵形体水平偏转角呈线性负相关关系, 决定系数为 0.985。卵形体的倾角与水平偏转角呈线性负相关关系, 决定系数在 0.850 以上。试验得出的最佳输送辊直径为 $\Phi 40$ mm, 最佳输送辊间隙为 15~25 mm, 最佳的输送辊转动线速度为 50~70 mm/s。

关键词: 卵形体; 禽蛋; 水平偏转角; 基本特征参数; 装置工作参数

文章编号: 1673-9078(2015)10-168-173

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.029

Factors Affecting Horizontal Deflection Angle during Automatic Orientation of Blunt and Tapered Ends of Ovoid Objects

JIANG Song, YAO Jun, XU Bin, CHEN Shu-lai

(School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In order to explore the main factors affecting the horizontal deflection angle of axial movement of an ovoid object, the effects of basic characteristics and device operating parameters on the horizontal deflection angle of ovoid objects (aluminum ovoid object, plastic ovoid object, chicken egg, and duck egg) were studied. The results showed that when the center distance of conveyor rollers was fixed, the horizontal deflection angle of four ovoid objects had a positive linear correlation with the diameter of conveyor rollers and the coefficient of determination was above 0.950. When the spacing of conveyor rollers was fixed, the horizontal deflection angle of four ovoid objects had a negative linear correlation with the diameter of conveyor rollers and the determination coefficient was above 0.900. The horizontal deflection angle of four ovoid objects had a negative linear correlation with the spacing of conveyor rollers, and the determination coefficient was above 0.900. The linear speed of conveyor roller rotation had no significant effect on the horizontal deflection angle of ovoid objects. The value of J/L had a negative linear correlation with the horizontal deflection angle of ovoid objects and the determination coefficient was 0.985. The obliquity of ovoid objects had a negative linear correlation with the horizontal deflection angle and the determination coefficient was above 0.850. The optimal operating parameters obtained from the test were as follows: the diameter of conveyor rollers: $\Phi 40$ mm; the spacing of conveyor rollers: 15-25 mm; the linear speed of the conveyor roller rotation: 50~70 mm/s.

Key words: ovoid; egg; horizontal deflection angle; basic characteristic parameters; device operating parameters

禽蛋大小头定向处理是鲜禽蛋包装自动处理系统中一个核心单元, 在美国 MOBA 公司和日本 NABEL 公司以及国内鲜禽蛋分级包装装备生产企业

收稿日期: 2014-12-17

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (51575243); 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项目资助; “十一五”国家科技支撑计划项目资助 (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

在鲜鸡蛋分级包装中都设有禽蛋大小头定向的处理单元^[1], 定向处理单元是利用简单或复杂的机构对分列后或未分列的禽蛋进行导向或翻转。日本专利是利用简单机构对分列后的禽蛋进行翻转的^[2~4], 美国专利和欧洲专利是利用复杂机构对未经分列的禽蛋进行定向的^[5~7], 国内被广泛应用的分列翻转式禽蛋定向装置是利用一段弯曲的导向杆对直道分列后禽蛋实现定向^[8]。目前有关分列翻转式禽蛋定向技术的研究主要集中在禽蛋基本特征参数、装置的结构参数及运动参数

对禽蛋大小头自动定向的影响,建立了禽蛋质心位置的测定方法和禽蛋质量、体积的估算模型^[9],分析装置结构参数、运动参数和质量对卵形体农产品和非农产品卵形体定向的影响规律^[10-12],以及阐明了轴向运动和翻转运动的机理,并研制了卵形体自动定向综合试验台^[13-14],但大小头自动定向中禽蛋和非农产品卵形体轴向运动水平偏转角受装置工作参数影响的变化规律尚不明确。水平偏转角是禽蛋大小头自动定向行列运动计算的核心参数^[13],其大小直接影响到禽蛋定向直道行列段的长度和装置总体尺寸以及禽蛋轴向运动的有效性、稳定性和可靠性^[8]。水平偏转角的主要影响因素的研究未见文献报道。

因此,本文利用与禽蛋尺寸相近的塑料、铝质卵形体以及鸡蛋和鸭蛋4种材质的卵形体探讨装置结构参数和运动参数以及试样与装置关系参数对轴向运动水平偏转角的影响规律,同时探讨定向技术对非禽蛋卵形体的普适性,并对装置结构参数和运动参数进行优化,为卵形体大小头自动定向技术的应用和装置的开发提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

表 1 鸡蛋的基本特征参数

Table.1 Basic characteristic parameters of the eggs

鸡蛋编号	1	2	3	4	5	6	7
质量/g	63.91	64.12	64.01	63.84	64.22	63.71	64.54
长轴/mm	57.21	59.62	58.43	58.21	57.30	57.11	56.62
短轴/mm	45.12	44.22	44.64	44.92	45.13	45.21	45.82
倾角/°	8.40	10.20	7.00	9.20	7.60	7.90	4.70
密度/(g/cm ³)	1.04	1.05	1.05	1.04	1.05	1.04	1.04

铝质卵形体1枚,用数控机床加工制成,长轴为59.70 mm,短轴为41.40 mm,蛋形角(长轴中点处禽蛋轮廓与长轴的夹角^[10])为8°;质量为145.00 g,用文献^[9]的方法进行估算,其密度约为2.75 g/cm³;塑料空心卵形体4枚,均购于北京陆陆美术用品店,长轴为59.50 mm,短轴为45.70 mm,均用大米紧密填充,其中3枚在填充大米之前先分别在大头、小头和中间部位贴上等质量的橡皮泥再进行填充,4枚塑料卵形体的质量分别为64.91 g、68.22 g、68.41 g、68.50 g,参照文献^[9]中称重法测得的J/L(质心距锐端端点的距离与长径比值)值分别为0.50、0.46、0.51、0.54。鸭蛋1枚购于江苏大学旁东风菜市场,长轴为59.51 mm,短轴为46.73 mm,质量为68.51,其密度约为1.01 g/cm³。洋鸡蛋7枚,均购于江苏大学旁东风菜市场,

参照文献^[9]测定其基本特性参数,测定结果如表1所示。

1.2 试验仪器与设备

(1) 禽蛋大小头定向运动综合试验台,江苏大学食品与生物工程学院自制,如图1所示。

(2) 0~150 mm 电子数显游标卡尺(分辨率0.02 mm),上海量具刀具厂。

(3) 电子天平,赛多利斯科学仪器有限公司。

(4) 不锈钢直尺(最小刻度1 mm),市售。

(5) 量角器,市售。

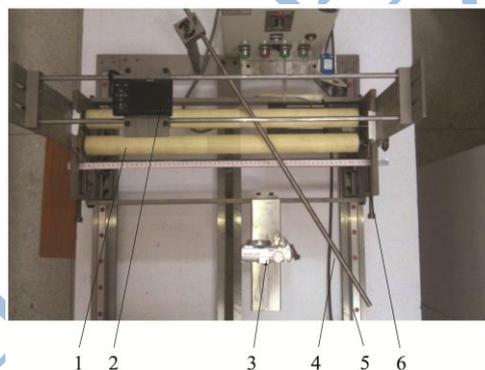


图1 机械式禽蛋定向运动综合试验台

Fig.1 Comprehensive test platform for mechanical orientation movement of eggs

注: 1.输送辊, 2.数码相机 I, 3.数码相机 II, 4.导向杆, 5.机座, 6.输送装置。

1.3 试验方法

1.3.1 卵形体轴向运动过程的摄录和图像截取

在禽蛋定向综合试验台输送辊旁放置一个与输送辊平行的不锈钢尺,利用禽蛋定向试验台上的数码相机摄录系统将卵形体轴向运动的全过程录制成视频,录制过程中通过移动放置数码相机的滑块来追踪卵形体运动的整个过程,并保持卵形体一直处于相机拍摄画面的中心位置。用QQ影音v3.7分别在0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0、6.5、7.0 s时截取拍摄视频中的图像。

1.3.2 卵形体轴向运动水平偏转角的读取

将截取的图片导入到Adobe Photoshop软件中并利用软件中的度量工具沿卵形体长轴线画一条直线,读取此

条线与水平线之间的角度即为卵形体的水平偏转角,读取方法如图2所示。

1.3.3 不同装置参数和运动参数的水平偏转角测定

利用禽蛋定向综合试验台测定卵形体在不同输

送辊直径、输送辊间隙和输送辊转动线速度下的水平偏转角，每组平行3次，取卵形体轴向运动稳定阶段水平偏转角的平均值。试验参数设计如表2所示。

1.3.4 不同质心位置的卵形体水平偏转角的测定

利用禽蛋定向综合试验台对3枚分别在大头、小头和中间部位贴橡皮泥并用大米紧密填充的塑料卵形体进行定向试验。试验条件为输送辊为尼龙辊，输送辊直径 $\Phi 40$ mm，输送辊转动线速度 50 mm/s，输送辊中心距 55 mm。每组试验重复3次，取轴向运动中

水平偏转角稳定阶段的平均值。

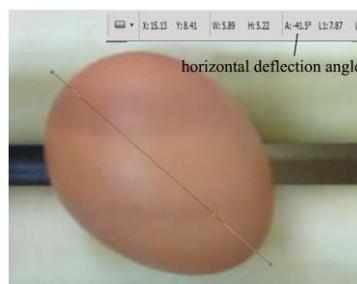


图2 禽蛋水平偏转角的测定

Fig.2 Determination of horizontal deflection angle of eggs

表2 卵形体试验参数设计

Table 2 Parameter design for the tests of ovoid objects

因素	水平	不变因素
输送辊直径	30 mm, 40 mm, 50 mm	输送辊间距 10 mm, 输送辊转动线速度 50 mm/s 输送辊中心距 60 mm, 输送辊转动线速度 50 mm/s
输送辊间隙	10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm	输送辊直径 $\Phi 30$ mm, 输送辊转动线速度 50 mm/s 输送辊直径 $\Phi 40$ mm, 输送辊转动线速度 50 mm/s 输送辊直径 $\Phi 50$ mm, 输送辊转动线速度 50 mm/s
输送辊线速度	30 mm/s, 50 mm/s, 70 mm/s, 90 mm/s	输送辊直径 $\Phi 40$ mm, 输送辊中心距 50 mm

1.3.5 不同倾角的卵形体水平偏转角的测定

利用禽蛋定向综合试验台对编号2~7的6个鸡蛋进行定向试验，试验条件为输送辊为尼龙辊，输送辊直径 $\Phi 40$ mm，输送辊转动线速度 50 mm/s，输送辊中心距 55 mm。每组试验重复3次，取轴向运动中水平偏转角稳定阶段的平均值。

1.3.6 数据分析

采用 SPSS19.0 软件对数据进行统计分析，作折线图。

2 结果与分析

2.1 定向装置参数和运动参数对卵形体自动

定向水平偏转角的影响

2.1.1 输送辊直径

(1) 固定输送辊中心距

由图3可知，4种不同材质的卵形体水平偏转角受输送辊直径的影响规律一致，与文献^[10]中的试验结果相符，禽蛋定向装置可以用于对非禽蛋卵形体进行定向。在固定输送辊中心距时，4种卵形体轴向运动水平偏转角随着输送辊直径的增大而增大，线性拟合决定系数在0.950以上，可以认为4种卵形体轴向运动水平偏转角在固定中心距时与输送辊直径呈线性正相关关系。

当固定输送辊中心距时，增加输送辊直径，卵形

体与输送辊接触点由原来的位置沿卵形体表面向下推移，既卵形体嵌在两输送辊之间的部分减少，输送辊对卵形体运动姿态的限制作用减小，水平偏转角增大。水平偏转角是影响单位时间轴向位移的重要因素，水平偏转角较大时轴向运动速度较快，但是稳定性会变差^[13]，所以在选择输送辊直径时，既要考虑到卵形体轴向运动速度的大小也要考虑到定向运动的稳定性，因此选用 $\Phi 40$ mm 直径的输送辊较好。与文献^[12]中的最佳输送辊直径相同。

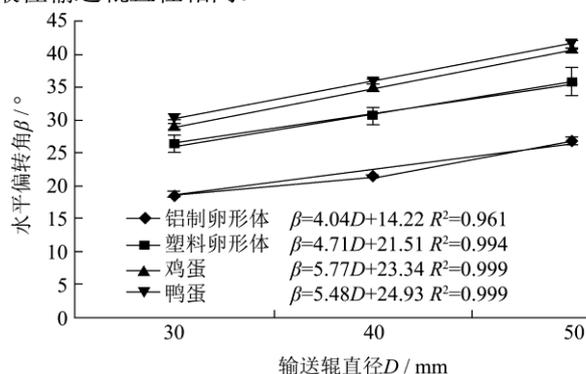


图3 输送辊直径对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响

Fig.3 Effects of diameter of conveyor rollers on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

(2) 固定输送辊间隙

由图4可知，在固定输送辊间隙时，卵形体轴向运动水平偏转角随着输送辊直径增大而减小，线性拟合决定系数在0.900以上，表明在固定输送辊间隙时卵形体水平偏转角与输送辊直径呈线性负相关关系。

当固定输送辊间隙时,增大输送辊直径,输送辊与卵形体的接触点沿卵形体表面上推移,卵形体嵌在输送辊之间的部分增大,输送辊对卵形体运动姿态的限制作用增大,故水平偏转角减小。考虑到卵形体运动的速度和稳定性,卵形体定向最佳输送辊直径为 $\Phi 40$ mm。

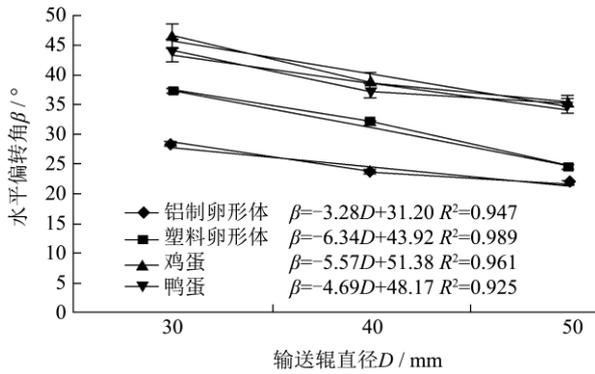


图4 输送辊直径对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响
Fig.4 Effects of diameter of conveyor rollers on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

2.1.2 输送辊间隙

由图5可知在不同的输送辊直径下4种卵形体的水平偏转角都随输送辊间隙的增大而减小,线性拟合决定系数均在0.900以上,表明卵形体水平偏转角与输送辊间隙呈线性负相关关系。随输送辊间隙的增大,输送辊与卵形体的接触点沿卵形体的表面上推移,导致输送辊对卵形体姿态的限制作用增大,水平偏转角变小。当输送辊间隙过大时,卵形体轴向运动水平偏转角很小,轴向速度变慢,当输送辊间隙过小时,水平偏转角和轴向运动速度变大但稳定性变差并且会影响后期的翻转运动。所以卵形体定向运动适宜的输送辊间隙为15~25 mm。与文献^[12]一致。

2.1.3 输送辊线速度

由图6可知,输送辊转动线速度对铝制卵形体、鸡蛋和鸭蛋水平偏转角无显著影响。塑料卵形体由于表面状况和内部填充情况等原因其水平偏转角随输送辊转动线速度的增大有略微增大的趋势。输送辊表面粗糙度的差异会对运动的卵形体产生一定的扰动,速度过大时这种扰动会增大,使卵形体运动过程中稳定性变差。

输送辊转动线速度对卵形体轴向运动水平偏转角的影响甚微,但输送辊转动线速度过低时使轴向运动和翻转运动速度过慢,延长分列段和翻转段的长度,不利于装置的紧凑。当输送辊转动线速度过高时容易造成卵形体运动不稳定,所以卵形体定向运动适宜的输送辊转动线速度为50~70 mm/s,与文献^[12]中最佳输送辊转动线速度相吻合。

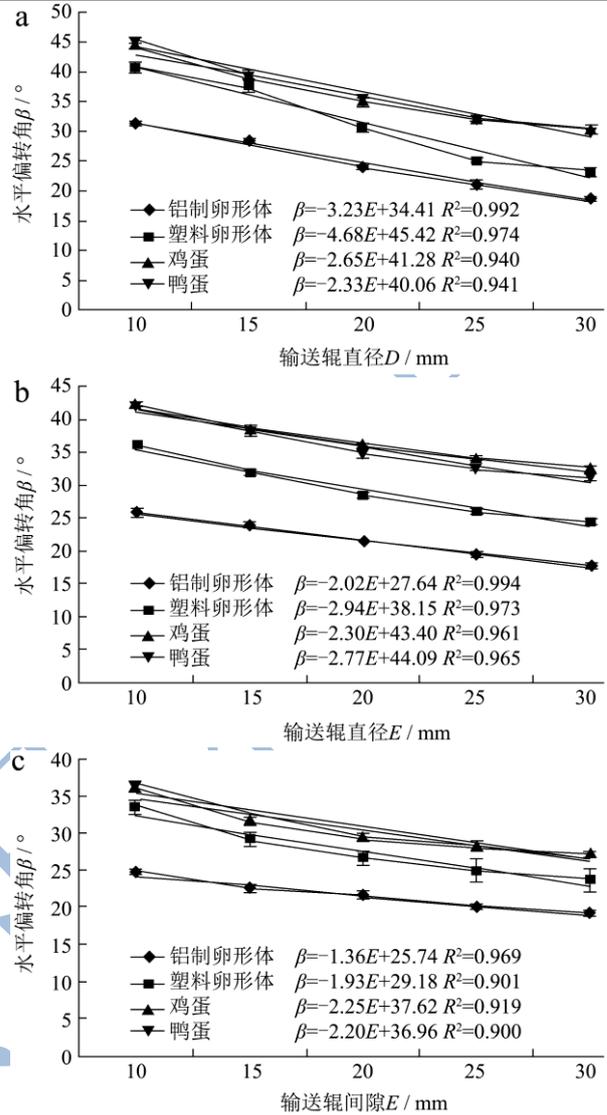


图5 输送辊间隙对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响
Fig.5 Effects of spacing of conveyor rollers on horizontal orientation angle of the axial movement of ovoid objects

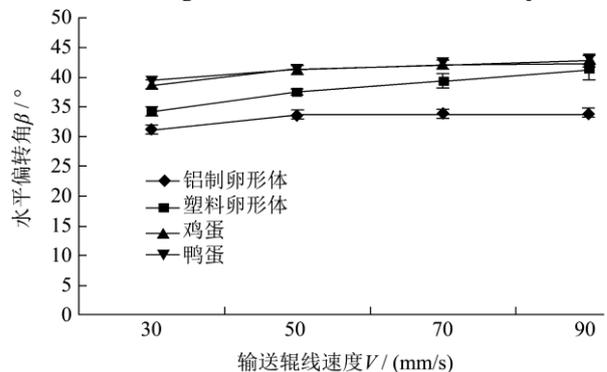


图6 输送辊转动线速度对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响
Fig.6 Effects of linear speed of conveyor roller rotation on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

Fig.6 Effects of linear speed of conveyor roller rotation on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

2.2 质心位置对卵形体大小头定向中水平偏

转角的影响

卵形体水平偏转角和稳定阶段的水平偏转角平均值与J/L值的拟合方程及决定系数值如图6中a、b所示。

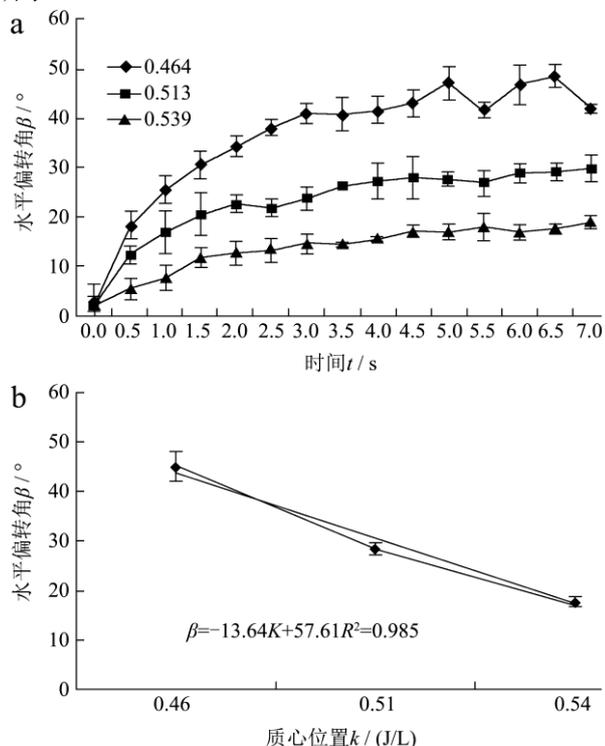


图7 质心位置对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响

Fig.7 Effects of centroid position on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

由图7可知卵形体定向中水平偏转角随着J/L(质心距锐端端点的距离与长径比值)值的增大逐渐减小,质心位置越靠近小头端,水平偏转角越大,定向的稳定性越差。图7b中的线性拟合决定系数为0.985,这表明卵形体定向运动中水平偏转角与J/L值呈线性负相关关系。质心位置改变卵形体水平偏转角的机理需要进一步的研究。

2.3 倾角对卵形体大小头定向中水平偏转角的影响

由图8所示,在不同输送辊直径上卵形体定向运动的水平偏转角均随倾角增大而减小,呈线性负相关关系,决定系数在0.850以上。辊子间隙和倾角之间是非线性的,但在一定范围内(5~30 mm)可近似看成线性关系^[9]。在2.1.2中试验得到水平偏转角与输送辊间隙呈线性负相关关系,那么倾角与输送辊间隙呈线性正相关。这与文献^[9]结论一致。

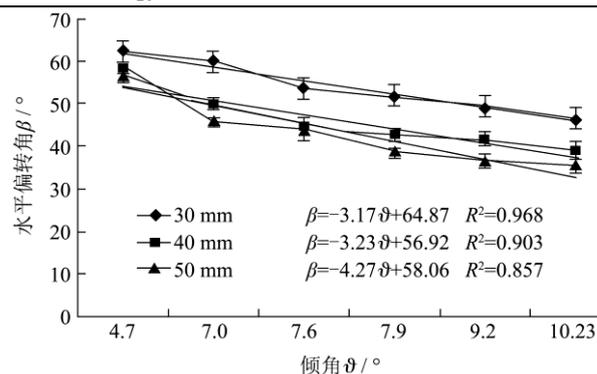


图8 倾角对卵形体轴向运动中水平偏转角的影响

Fig.8 Effects of obliquity on horizontal deflection angle of the axial movement of ovoid objects

3 结论

3.1 禽蛋和非禽蛋卵形体的水平偏转角受装置结构参数和运动参数的影响规律一致,禽蛋定向装置也可以对非禽蛋卵形体进行定向。在固定输送辊中心距时,4种卵形体水平偏转角与输送辊直径呈线性正相关关系,决定系数在0.950以上。在固定输送辊间隙时,4种卵形体水平偏转角与输送辊直径呈线性负相关关系,决定系数在0.900以上。

3.2 在3种不同的输送辊直径下,4种卵形体水平偏转角与输送辊间隙均呈线性负相关关系,线性拟合决定系数在0.900以上。塑料卵形体水平偏转角随输送辊转动线速度的增大有略微增大的趋势,其它3种卵形体随输送辊转动线速度的增大无明显变化。

3.3 卵形体质心位置(J/L)与定向运动中水平偏转角呈线性负相关关系,决定系数为0.985。洋鸡蛋的水平偏转角与倾角存在线性负相关关系,决定系数在0.850以上。

3.4 卵形体定向最佳的输送辊直径为Φ40 mm,最佳的输送辊间隙为15~25 mm,最佳的输送辊转动线速度为50~70 mm/s。

参考文献

[1] 王树才,陈文凯.欲成其事,先利其器-论我国的蛋品加工装备[J].农业工程技术:农产品加工业,2009,6:28-33
WANG Shu-cai, CHEN Wen-kai. Grinding Equipment before Do Something-Discuss of Processing Equipment of Our Country's Egg [J]. Agricultural Engineering Technology: Agricultural Product Processing Industry, 2009, 6: 28-33
[2] 南部幸男.卵の方向整列装置:日本,実開平 7-21504[P]. 1995- 4-18
[3] 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
- [4] 山下刚.卵の方向整列装置:日本,特開平 11-147508[P]. 1999-6-2
- [5] Accettura A. Egg orienting and accumulating system with forward and reverse interconnected conveyors for preventing egg overflow/ride up and prior to existing in individual rows upon spool bars: US, 7743906B2 [P]. 2010-6-29
- [6] Bliss N G, Pietila H K. Apparatus and method of egg transfer within an egg handling machine: US, 8607960B1 [P]. 2013-12-17
- [7] Temming, Johannes L. Egg orienting apparatus: EP, 0512585B1 [P]. 1995-8-23
- [8] 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 Guo-jiang, 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
- [9] 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, 2011
- [10] 孙柯,姜松,朱红力,等.卵形体质量和材质对大小头自动定向运动的影响[J].食品与机械,2014,30(3):72-75
SUN Ke, JIANG Song, ZHU Hong-li. Effects of mass and materials of ovoid on motions of orientation according to pointed end and blunt end [J]. Food and Mechanical, 2014, 30(3): 72-75
- [11] 王国江.禽蛋自动定向中轴向运动和翻转运动规律的研究及试验台的研制[D].镇江:江苏大学,2013
WANG Guo-jiang. Study on Laws of Axial Motion and Rolling Motion of Automatic Orientation of Eggs and Development of the Testing Device [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2013
- [12] Jiang S, Sun K, Wang G J, et al. Study on the mechanical automatic orientation regulations about the axial and the turnover motions of eggs [J]. Journal of Food Engineering, 2014, 133: 46-52
- [13] 姜松,姜奕奕,孙柯,等.禽蛋大小头自动定向排列中轴向运动机理研究[J].农业机械学报,2013,44(10):209-215
JIANG Song, JIANG Yi-yi, SUN Ke, et al. Axial Motion Mechanism of Automatic Orientation of Egg's Pointed End and Blunt End [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(10): 209-215
- [14] 姜松,孙柯,杨德勇,等.禽蛋大小头自动定向排列中翻转运动机理研究[J].农业机械学报,2014,45(3):215-222
JIANG Song, SUN Ke, YANG De-yong, et al. Turnover Motion Mechanism of Automatic Orientation of Eggs According to Pointed End and Blunt End [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(3): 215-222