

禽蛋大小头自动定向排列中翻转运动机理研究*

姜松¹ 孙柯¹ 杨德勇² 陈章耀³ 徐斌¹ 王国江¹

(1. 江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013;

2. 江苏大学机械工程学院, 镇江 212013;

3. 江苏大学土木工程与力学学院, 镇江 212013)

摘要: 为了探讨禽蛋大小头自动定向排列关键技术的设计计算方法,对禽蛋在输送辊上的翻转运动进行了机理研究,并进行了不同输送辊直径、输送辊间中心距、不同品种禽蛋的试验验证。研究表明,禽蛋在输送辊上的翻转运动符合凸轮传动原理,构建了禽蛋与输送辊和导向杆之间的传动关系模型,建立了禽蛋翻滚距离和导向杆作用距离的理论计算方法,以及处理通道宽度和导向杆弯曲段长度的设计计算方法,禽蛋翻滚距离和导向杆作用距离理论计算结果与试验值吻合,禽蛋翻滚距离和导向杆作用距离与输送辊中心距呈线性负相关关系,与输送辊直径呈线性正相关关系,决定系数都大于0.94。用凸轮传动原理分析禽蛋在输送辊上的翻转运动是正确的、可行的。

关键词: 禽蛋 翻转运动 机理 大小头 自动定向

中图分类号: TS253.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)03-0215-08

引言

禽蛋在输送辊上的翻转运动是机械式禽蛋大小头自动定向排列装置实现定向的核心。经分列段分列后其中一列禽蛋经过翻转段时实现小头翻转转向,而另一列无需翻转转向的则直接通过翻转段,最后两列合并^[1-2];在翻转段,需翻转禽蛋在导向杆弯曲段和输送辊及其输送运动的协同作用下产生翻转运动,翻转后的禽蛋在合并段与无需翻转的禽蛋实现合并。目前,鸡蛋大小头定向排列装置在荷兰 MOBA 公司、日本 NABEL 公司鲜蛋分级包装机中都有设置及相关专利^[3]。在美国专利^[4-7]中,都是采用复杂或特殊的机构实现的;在日本专利^[8-10]中,都是采用简单的机构实现的;国内燕北集团的定向设备与日本 NABEL 公司的较为类似,深圳市振野蛋品机械设备有限公司的定向排列装置是通过拨杆和旋转托轮实现转向。禽蛋在输送辊上的翻转运动机理研究是禽蛋大小头自动定向排列系统设计计算和优化的基础,但相关研究未见报道。

本文将从理论上探讨大小头自动定向排列中禽蛋在输送辊上翻转运动的传动原理和运动规律及其机理,并进行试验验证。

1 翻转运动机理分析

1.1 定向装置翻转区的工作原理

由图1可知,翻转段是由输送辊和导向杆弯曲段组成。当禽蛋随输送辊进入翻转段时,输送辊仅作输送运动(移动)而不作转动,禽蛋相对于输送辊处于静止状态,禽蛋的小头端开始与导向杆弯曲段接触;随着输送辊继续输送移动,禽蛋小头端被导向杆弯曲段逐渐抬起,而大头端在输送辊上作滚动(相当于禽蛋长轴径在作转动),直至禽蛋长轴垂直于输送辊轴线,之后禽蛋在惯性和重力作用下翻转,而后进入合并归列段。根据翻转运动过程的特点,将其全过程分为起始状态、中间状态、临界状态和完成状态等4个状态,如图2所示。

由图1、2可知,在禽蛋翻转运动过程中,从起始状态到临界状态是在导向杆弯曲段、输送辊和输送运动的协同作用下实现的,即禽蛋与导向杆弯曲段的接触始于S处终于E处。

在翻转过程中,禽蛋长轴径与输送辊轴线间的夹角 α 不断增大,从起始状态翻转到临界状态时,禽蛋长轴径翻转角 α 为 $90^\circ + \theta$,其中 θ 为初始状态时禽蛋长轴径与输送辊轴线间的夹角,如图2所示。

收稿日期: 2013-10-22 修回日期: 2013-11-28

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A12-06)、江苏省高校自然科学研究资助项目(11KJA550002)和江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介: 姜松,教授,博士,主要从事农产品力学特性及加工装备研究,E-mail: jszhl@ujs.edu.cn

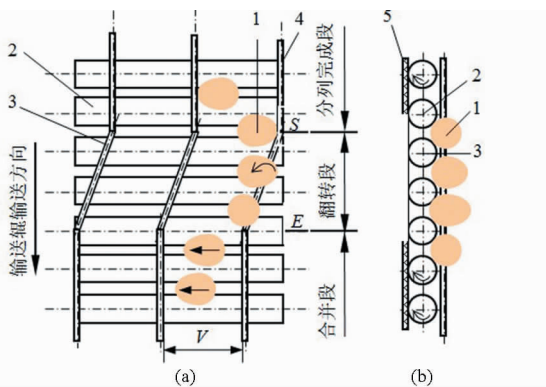


图1 定向装置翻转区域结构示意图

Fig.1 Sketch of the structure of turnover area

(a) 俯视图 (b) 侧视图

1. 禽蛋 2、3. 输送辊 4. 导向杆 5. 橡胶垫

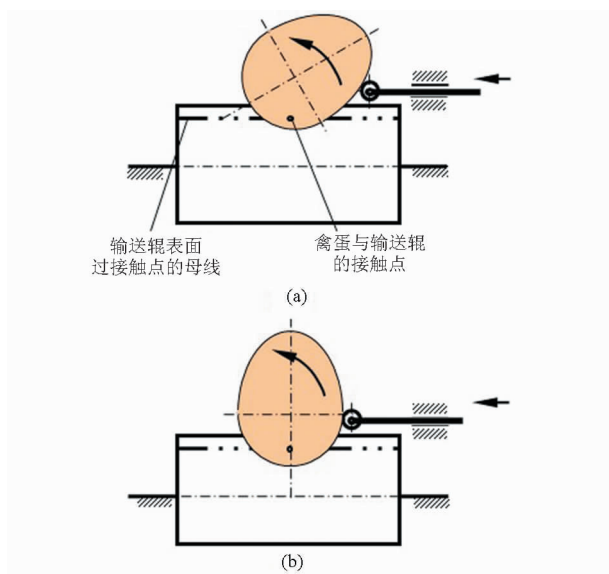


图3 禽蛋大小头自动定向翻转机构传动模型

Fig.3 Transmission model of the mechanism of turnover motion for eggs

(a) 中间状态 (b) 临界状态

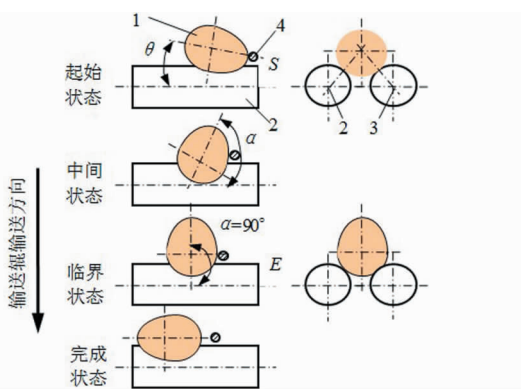


图2 禽蛋翻转过程4个阶段示意图

Fig.2 Sketch of the 4 stages of turnover motion

1. 禽蛋 2、3. 输送辊 4. 导向杆

1.2 翻转运动的传动关系模型

由初始状态翻转到临界状态的过程可知,禽蛋与导向杆弯曲段、输送辊及其输送运动的协同作用(传动)关系符合凸轮机构的传动原理^[11-12],而且是一种特殊凸轮传动机构,其特殊性在于凸轮(禽蛋)为非定轴转动,是滚动和从动件(导向杆弯曲段)不动而凸轮(禽蛋)在移动,即凸轮(禽蛋)既作滚动又作移动(螺旋运动^[13]),但在翻转过程中的任何一瞬间都可以看成是一个普通凸轮机构,如图3所示(已运用倒置原理作了机架转换)。

1.3 翻转运动的参数分析

1.3.1 禽蛋翻滚距离与导向杆作用距离关系分析

(1) 导向杆作用距离

导向杆作用距离(输送辊轴向方向)即为从动件位移,在自动定向装置中即为导向杆弯曲段构成的直角三角形一直角边的长度 X (简称导向杆作用距离),如图4所示。当导向杆作用距离 X 和输送辊移动(输送)速度一定时,导向杆对禽蛋翻转作用的时间随弯曲角 δ 增大而缩短,即禽蛋翻转速度加快。

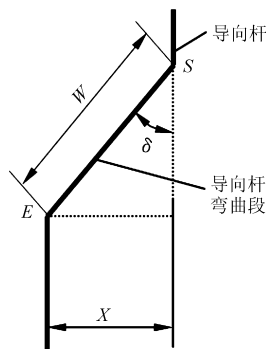


图4 导向杆弯曲段几何关系示意图

Fig.4 Geometrical sketch of the change of bending guide-rod

导向杆弯曲段

(2) 禽蛋翻滚距离

禽蛋翻滚距离是指禽蛋转向前后小头端端点之间沿输送辊轴线方向的距离 M ,如图5所示。 M 是处理通道(导向杆间距)宽度 V (图1)设计的主要依据,通道宽度应大于其值。

(3) M 与 X 的关系分析

如图5所示,假设禽蛋在导向杆弯曲段的作用下在输送辊上的翻滚为纯滚动,导向杆弯曲段与输送辊贴合,并与禽蛋小头端接触(为了关系的清晰表达,轨迹关系未按比例)。在紧贴输送辊的导向杆推动下禽蛋在输送辊上开始翻滚,直至禽蛋长轴径线与输送辊轴线垂直(临界状态),设此阶段导向杆作用距离为 X_1 。越过垂直位置后,禽蛋在惯性和重力作用下作自由翻滚运动(同样假设为纯滚动),最后静止在输送辊上,此时禽蛋小头端指向与初始状态指向相反。利用反转原理,假想禽蛋自由翻滚的逆过程也是在导向杆作用下作翻滚运动,则当翻

滚到禽蛋长轴径线与输送辊轴线垂直时,应该与原垂直位置(临界状态)重合,设此阶段导向杆作用距离为 X_2 。由于翻滚过程假设为纯滚动,则两侧导向杆作用距离应相等,即 $X_1 = X_2 = X$ 。再设禽蛋垂直位置(临界状态)时两侧导向杆之间的距离为 εB ,其中 B 为禽蛋的最大短轴径, ε 为修正系数;将禽蛋翻转前后两小头端之间的距离称为禽蛋翻滚距离 M ,则

$$M = 2X + \varepsilon B \quad (1)$$

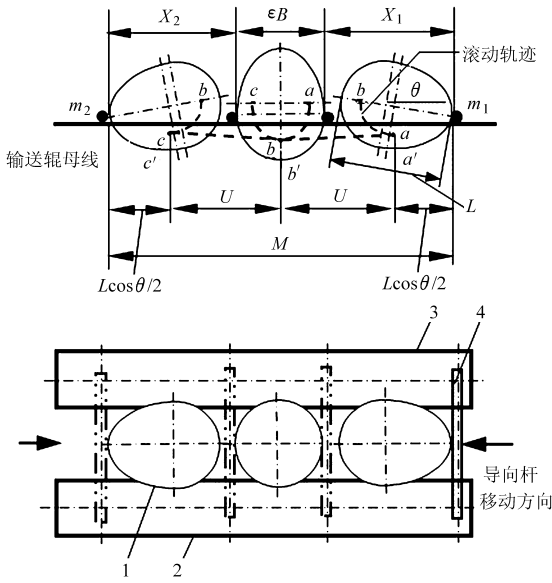


图 5 禽蛋翻滚距离与导向杆作用距离关系

Fig. 5 Relation between the rolling distance and the action distance of guide rod

1. 禽蛋 2,3. 输送辊 4. 导向杆

1.3.2 M 与翻转轨迹的关系分析

如图 5 所示,假设禽蛋在翻转运动中作纯滚动,其与两输送辊接触点的轨迹线在禽蛋上为朝小头端方向开口的“U”型线 abc ,在两输送辊上的轨迹线为中点略偏低的近似直线的曲线 $a'b'c'$ 。设 U 为禽蛋由起始状态翻转至禽蛋长轴径与输送辊轴线垂直(临界状态)过程中禽蛋与输送辊接触点的轨迹长度,与 1.3.1 节的(3)同理,禽蛋越过临界状态后自由翻转过程中禽蛋与输送辊接触点的轨迹长度也为 U 。设初始状态禽蛋长轴径倾角为 θ ,由文献[14]可知,在初始状态和完成状态时禽蛋小头端点到与输送辊接触点 m_1, m_2 的轴向距离(m_1a 和 m_2c)均为 $L\cos\theta/2$,其中 L 为禽蛋长轴径,则禽蛋翻滚距离 M 为

$$M = 2U + L\cos\theta \quad (2)$$

1.3.3 禽蛋翻转轨迹计算分析

1.3.3.1 在平面上

如图 6 所示,禽蛋在平面上平衡时,与平面的夹角为 θ' ,即为禽蛋翻转的起始点(位置)。仅分析禽

蛋从起始位置翻转到长轴径垂直于平面的位置,由几何关系可知,禽蛋翻转的角度为 $90^\circ + \theta'$,禽蛋与平面接触点的轨迹为禽蛋轮廓线的 dg 段,而平面上的接触点轨迹为直线段 df 。设 U' 为禽蛋从起始状态翻转至长轴径与平面垂直位置时的轨迹长度,同时为了便于分析计算,设禽蛋从起始位置翻转到长轴径与平面平行时的轨迹长度为 U'_1 ,再从长轴径与平面平行翻转到长轴径垂直于平面时的轨迹长度为 U'_2 ,则

$$U' = U'_1 + U'_2 \quad (3)$$

由文献[14]和图 6 几何关系可知, U'_1 近似为以 O_2d 为曲率半径 r_1 的一段弧长,则

$$U'_1 = r_1\theta' \quad (4)$$

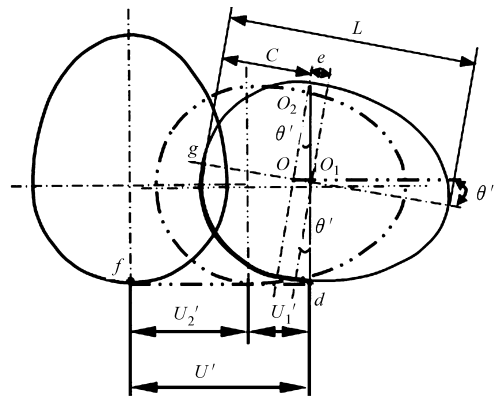


图 6 禽蛋在平面上翻转轨迹示意图

Fig. 6 Sketch of the track of egg turnover on the plane

由文献[14-15]和图 6 几何关系可知, U'_1 也可近似为禽蛋长轴径与短轴径交点 O 和质心 O_1 的偏心距 e ,以及 θ' 与二分之一禽蛋短轴径 B 所对应的弧长之和,则

$$U'_1 \approx e + \frac{B\theta'}{2} \quad (5)$$

由图 6 几何关系可知, U'_2 为禽蛋大头端轮廓半椭圆的二分之一弧长,为了便于计算分析,将以轮廓半椭圆长轴半径 C 和短轴半径 $B/2$ 之和的平均值为半径 r 计算该弧长,则

$$r = \frac{C + \frac{B}{2}}{2} \quad (6)$$

而
$$U'_2 \approx \frac{1}{2}\pi \frac{C + \frac{B}{2}}{2} \quad (7)$$

将式(5)、(7)代入式(3)可得

$$U' \approx e + \frac{B\theta'}{2} + \frac{1}{2}\pi \frac{C + \frac{B}{2}}{2} \quad (8)$$

1.3.3.2 在输送辊上

在输送辊上翻转时,禽蛋上与输送辊接触点的翻转轨迹在轮廓线的两侧,与平面上翻转轨迹相似。

设全程翻转轨迹线最大距离为 K_1B , 轨迹线最靠近大头端的端点到短轴径的距离为 K_2C , 如图 7 所示, 其中 K_1 和 K_2 为修正系数, 且由禽蛋尺寸和装置结构参数决定。与禽蛋在平面上翻转分析类比可知, 禽蛋从起始状态翻转到长轴径垂直于输送辊轴线时的翻转轨迹长度 U 为

$$U = \frac{1}{2}\pi \frac{K_2C + \frac{K_1B}{2}}{2} + \frac{K_1\theta B}{2} + e \quad (9)$$

又由图 6 的几何关系可知 $C = L/2 - e$, 则得

$$U = \frac{1}{2}\pi \frac{K_2 \left(\frac{L}{2} - e \right) + \frac{K_1B}{2}}{2} + \frac{K_1\theta B}{2} + e \quad (10)$$

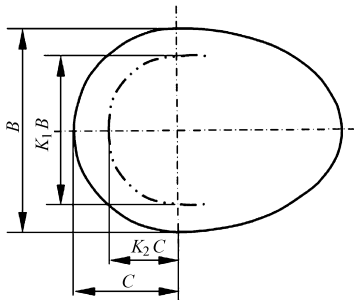


图 7 禽蛋在输送辊上翻转轨迹示意图
Fig. 7 Sketch of the track of egg turnover on the convey rollers

1.3.3.3 K_1 和 K_2 的分析

(1) K_1 的分析

当禽蛋长轴径翻转到与输送辊轴线平行时, 禽蛋及其翻转轨迹与输送辊之间的几何关系如图 8 所示, 由几何关系可知

$$\sin\beta = \frac{\frac{H}{2}}{\frac{D}{2} + \frac{B}{2}} = \frac{H}{D+B} \quad (11)$$

$$\cos\beta = \frac{\frac{K_1B}{2}}{\frac{B}{2}} \quad (12)$$

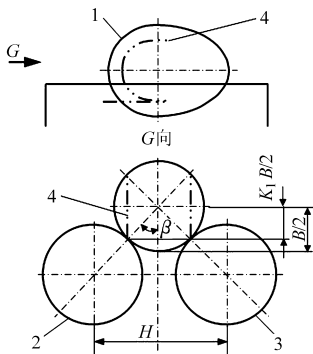


图 8 禽蛋水平状态几何关系示意图
Fig. 8 Sketch of the geometrical relationship of the egg in horizontal condition
1. 禽蛋 2, 3. 输送辊 4. 接触点轨迹线

由式(11)、(12)可得

$$K_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{H}{D+B} \right)^2} \quad (13)$$

式中 H ——输送辊中心距, mm

D ——输送辊直径, mm

(2) K_2 的分析

当禽蛋长轴径翻转到与输送辊轴线垂直时, 禽蛋及其翻转轨迹与输送辊之间的几何关系如图 9 所示, 由几何关系可知

$$\sin\gamma = \frac{\frac{H}{2}}{\frac{D}{2} + r} = \frac{H}{D+2r} \quad (14)$$

$$\cos\gamma = \frac{K_2C}{r} \quad (15)$$

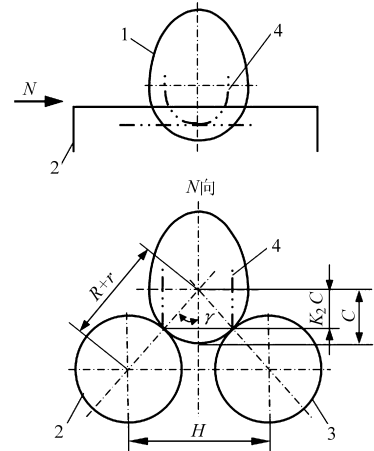


图 9 卵形体竖直状态几何关系示意图
Fig. 9 Sketch of the geometrical relationship of the egg in vertical condition

1. 禽蛋 2, 3. 输送辊 4. 接触点轨迹线

由式(14)、(15)可得

$$K_2 = \frac{r}{C} \sqrt{1 - \left(\frac{H}{D+2r} \right)^2} \quad (16)$$

(3) K_1 与 K_2 的关系分析

对草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋各 200 枚测定结果分析可知, K_1 与 K_2 近似相等, 则

$$K = K_1 \approx K_2 = \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D+B} \right)^2} \quad (17)$$

由式(17)可知, 当 $H = 0$ 或 D 趋向无穷大时, $K = 1$, 即在平面上翻转; 当 $H = D + B$ 时, $K = 0$, 即两输送辊之间的间隙等于禽蛋短轴径, 输送辊支撑处于临界状态; 当 $H > D + B$ 时, K 不存在, 即两输送辊之间的间隙大于禽蛋短轴径, 输送辊不处于支撑状态。根据常见使用的结构参数 H 、 D 和禽蛋 B 尺寸关系, K 一般在 0.5 ~ 0.9 之间。

1.3.4 M 和 X 的理论计算

将式(17)、(10)代入式(2)可得禽蛋翻滚距离

为

$$M = \sqrt{1 - \left(\frac{H}{D+B}\right)^2} \left[\frac{\pi(L+B-2e)}{4} + \theta B \right] + 2e + L\cos\theta \quad (18)$$

将式(18)代入式(1)整理可得导向杆作用距离为

$$X = \frac{1}{2} \left\{ \sqrt{1 - \left(\frac{H}{D+B}\right)^2} \left[\frac{\pi(L+B-2e)}{4} + \theta B \right] + 2e + L\cos\theta - \varepsilon B \right\} \quad (19)$$

由式(18)、(19)可知,禽蛋翻滚距离 M 和导向杆作用距离 X 主要影响参数为禽蛋长轴径 L 、短轴径 B 、初始倾角 θ 、输送辊直径 D 和输送辊中心距 H 等,当禽蛋一定时,主要是结构参数的影响,如当输送辊直径 D 增大时,则 M 和 X 增大;当输送辊中心距 H 增大时,则 M 和 X 减小。

由图 5 可知,当禽蛋最大短轴径位置与导向杆中心位置处于同一高度时, εB 即为 B ,也即 ε 为 1;当禽蛋最大短轴径位置与导向杆中心位置不在同一高度时, εB 都小于 B ,即 ε 都小于 1,而且高度差越大, ε 越小。

2 试验验证

2.1 试验材料与设备

2.1.1 试验材料

草鸡蛋、洋鸡蛋和鸭蛋均购于江苏大学恺源旅游超市,并且均洁净、无斑纹、无破损。

2.1.2 仪器设备

禽蛋大小头定向运动综合试验台如图 10 所示。

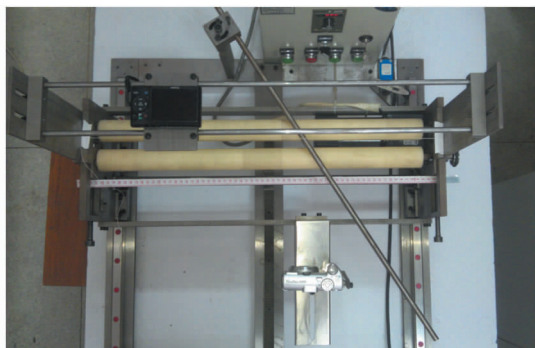


图 10 禽蛋大小头定向运动综合试验台

Fig. 10 Test device of orientation motion of eggs

0 ~ 150 mm 电子数显游标卡尺(分辨率 0.01 mm),上海量具刀具厂。

不锈钢直尺(最小刻度 1 mm),市售。

2.2 试验方法

2.2.1 M 和 X 的测定方法

在输送辊内侧与禽蛋接触的翻滚路径上粘贴双面胶布,使禽蛋在推动翻滚(模拟翻转)的过程中都

不产生滑动,按照图 5 中参数关系分别测定 X_1 、 X_2 、 εB 值。

2.2.2 不同禽蛋时 M 和 X 的测定

用游标卡尺测量禽蛋的长轴径 L 、短轴径 B 。试验台参数为尼龙输送辊直径 40 mm,中心距 55 mm,导向杆直径 8 mm,导向杆距输送辊高度 0 mm(即导向杆贴输送辊)。草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋 3 种禽蛋各 50 枚,测定模拟翻转时 X_1 、 X_2 、 εB 值,每枚禽蛋重复 3 次,取平均值,并计算 ε 、 M 值和 X_1 、 X_2 之和的平均值 X' 。

2.2.3 不同推动方式时 M 和 X 值的测定

3 种推动方式如图 11 所示。平行斜推和垂直斜推中导向杆弯曲角分别为 40° 。3 种推动方式(模拟翻转)的导向杆作用距离和翻滚距离均是在输送辊轴向标尺上读取。装置结构参数为尼龙输送辊直径 40 mm,中心距 55 mm,导向杆直径 8 mm,导向杆距输送辊高度 0 mm(即导向杆贴输送辊)。草鸡蛋、洋鸡蛋各 10 枚,每枚禽蛋重复 3 次,取平均值。

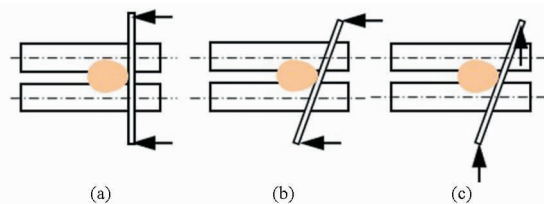


图 11 导向杆 3 种推动方式示意图

Fig. 11 Sketch of the 3 different ways of pushing

(a) 平行直推 (b) 平行斜推 (c) 垂直斜推

2.2.4 不同结构参数时 X 和 M 及 ε 的测定

测定不同输送辊中心距、输送辊直径、导向杆直径时模拟翻转的 X 和 M 及 εB ,并计算 ε ,其参数设置如表 1 所示。草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋 3 种禽蛋各 1 枚,每枚禽蛋重复 3 次,取平均值。

表 1 试验参数的设置

Tab. 1 Parameters setting of the tests

可变因素	水平	不变因素及水平
输送辊中心距 H /mm	45、50、55、65	输送辊直径 40 mm, 导向杆直径 8 mm, 导向杆距输送辊高度 0 mm, 导向杆弯曲角 40°
		输送辊中心距 55 mm, 导向杆直径 8 mm, 导向杆距输送辊高度 0 mm, 导向杆弯曲角 40°
输送辊直径 D /mm	30、40、45、50	输送辊中心距 55 mm, 输送辊直径 40 mm, 导向杆距输送辊高度 0 mm, 导向杆弯曲角 40°
导向杆直径 d /mm	3.8、6.0、8.0、11.0	输送辊中心距 55 mm, 输送辊直径 40 mm, 导向杆距输送辊高度 0 mm, 导向杆弯曲角 40°

2.2.5 实际定向时 X 和 M 的测定

测定草鸡蛋、洋鸡蛋和鸭蛋各 20 枚,在输送辊直径为 40 mm,中心距为 55 mm,输送辊输送速度为

70 mm/s, 导向杆弯曲角为 30°, 导向杆距输送辊高度为 1 mm 时的实际禽蛋翻滚距离 M' 与导向杆作用距离 X' 。

3 结果与分析

3.1 参数 X 和 ε 分析

3.1.1 参数 X_1 、 X_2 和 ε 的分析

由表 2 可知, 3 种禽蛋 X_1 、 X_2 值差别不大, 可认为相等, 与理论分析一致。表中 ε 值均小于 1, 也与理论分析一致。

表 2 M 与 X 关系式中的参数分析

Tab.2 Parameter analysis of relational expression of M and X

参数	草鸡蛋	洋鸡蛋	鸭蛋
X_1/mm	38.5 ± 2.5	44.2 ± 2.3	42.9 ± 2.5
X_2/mm	36.7 ± 2.2	41.9 ± 2.0	41.3 ± 2.2
X'/mm	37.6 ± 2.2	43.1 ± 2.0	42.1 ± 2.3
$\varepsilon B/\text{mm}$	38.3 ± 1.0	40.3 ± 0.8	39.3 ± 0.6
B/mm	40.2 ± 1.3	43.8 ± 1.1	42.5 ± 0.9
ε	0.95 ± 0.01	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.01
M/mm	113.4 ± 5.1	126.5 ± 4.4	123.5 ± 4.7

注: $M = X_1 + X_2 + \varepsilon B$

3.1.2 禽蛋基本特征参数对 ε 值的影响

由表 3 可知, ε 值与禽蛋基本特征参数间没有明显的线性关系。

表 3 ε 与基本特征参数线性回归决定系数 R^2

Tab.3 Determination coefficients R^2 of linear regression between ε and basic characteristic parameter of eggs

基本特征参数	草鸡蛋	洋鸡蛋	鸭蛋
长轴径 L/mm	0.39	0.24	0.42
短轴径 B/mm	0.38	0.37	0.45

3.1.3 装置结构参数对 ε 值的影响

输送辊中心距: ε 值随着输送辊中心距的增大而增大, 呈正相关关系, 如图 12a 所示。

输送辊直径: ε 值随着输送辊直径的增大而减小, 呈负相关关系, 如图 12b 所示。

导向杆直径: ε 值随着导向杆直径的变大而变大, 呈正相关关系, 如图 12c 所示。

虽然在一定范围内 ε 值随着装置结构参数的变化有较高的相关性 (R^2 都在 0.9 以上), 但其回归方程的系数都很小, 表明装置结构参数的变化对 ε 值的影响很小。

3.2 推动方式对 X 和 M 的影响

由表 4 可知, 3 种推动方式对导向杆作用距离和禽蛋翻滚距离没有明显影响。

3.3 M 和 X 的理论计算值与试验值比较分析

根据 3 种各 50 枚禽蛋基本特征参数平均值 (如表 5) 和试验装置结构参数 (输送辊直径为 40 mm,

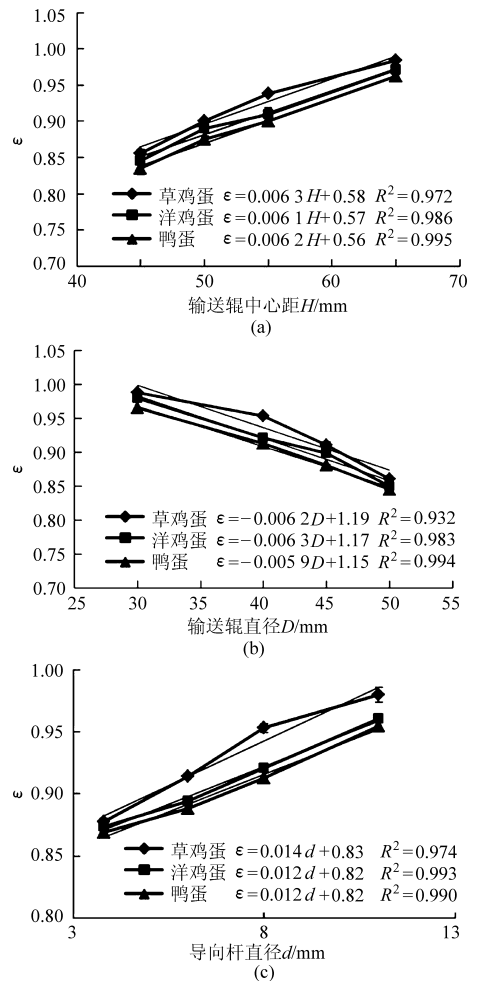


图 12 装置参数对 ε 的影响

Fig.12 Relations between ε and device parameters

(a) 输送辊中心距 (b) 输送辊直径 (c) 导向杆直径

表 4 3 种推动方式对导向杆作用距离和滚动距离影响

Tab.4 Effects of three different pushing ways on X 、 M

方式 种类	X/mm			M/mm		
	平行 直推	平行 斜推	垂直 斜推	平行 直推	平行 斜推	垂直 斜推
草鸡蛋	38.0 ± 1.6	37.6 ± 2.9	41.6 ± 1.9	112.1 ± 4.1	113.6 ± 4.9	112.0 ± 4.2
洋鸡蛋	44.0 ± 1.9	41.6 ± 2.5	46.4 ± 2.6	126.1 ± 3.7	127.9 ± 3.9	124.9 ± 3.5

输送辊中心距为 55 mm), 由式 (17) 计算可得草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋的 K 值分别为 0.728、0.756、0.745, 由式 (18)、(19) 计算整理可得 3 种禽蛋的 M 和 X 的理论计算公式, 如表 6 所示。理论计算值与试验值相比, 3 种禽蛋平均误差小于 1%。若将 3 种禽蛋的 M 和 X 的计算公式系数作平均, 则 3 种禽蛋的 M 和 X 的理论计算公式如表 6 所示, 3 种禽蛋平均误差小于 2%。

根据 3 种各 20 枚禽蛋的实际翻滚距离 M' 和导向杆作用距离 X' 的平均值与理论计算平均值相比, 实际平均值约为理论计算平均值的 1.3 倍, 即 $M' =$

表 5 禽蛋基本特征参数平均值

Tab. 5 Average values of the basic parameters of eggs

禽蛋类别	B (均值)/mm	ε	θ (均值)/rad	e /mm
草鸡蛋	40.2	0.94	0.16	3.7
洋鸡蛋	43.8	0.93	0.14	4.0
鸭蛋	42.5	0.93	0.11	4.6

表 6 M 和 X 的计算公式

Tab. 6 Computational formulas of M and X

禽蛋类别	M 计算公式	X 计算公式
草鸡蛋	$M = 1.56L + 0.69B + 3.17$	$X = 0.78L - 0.13B + 1.59$
洋鸡蛋	$M = 1.58L + 0.70B + 3.25$	$X = 0.79L - 0.11B + 1.63$
鸭蛋	$M = 1.58L + 0.67B + 3.81$	$X = 0.79L - 0.13B + 1.91$
3 种禽蛋	$M = 1.6L + 0.7B + 3.4$	$X = 0.8L - 0.1B + 1.7$

1.3 M , $X' = 1.3X$ 。这主要是由于翻转时禽蛋的滑动、临界状态之后的自由翻转引起的误差和输送辊输送速度以及禽蛋的离散性的影响,为此,在实际设计通道宽度 V (图 1)和导向杆弯曲段长度 W (图 4)时,为了禽蛋翻转的可靠性和对不同尺寸禽蛋的适应性,应对 M 和 X 进行修正后作为通道宽度 V 和导向杆弯曲段长度 W 的设计依据。在设计计算时, M 和 X 的设计计算公式应修正为 $M_{\max} = 1.6L_{\max} + 0.7B_{\max} + 3.4$, $X_{\max} = 0.8L_{\max} - 0.1B_{\max} + 1.7$, 则通道宽度 V 为 $1.3M_{\max}$; 由图 4 可知,导向杆弯曲段长度 W 为 $1.3X_{\max}/\sin\delta$ 。

3.4 结构参数对 X 和 M 的影响

3.4.1 输送辊中心距

由图 13 可知,当输送辊中心距在一定范围内(45 ~ 65 mm),导向杆作用距离和禽蛋滚动距离都与输送辊中心距呈高度的负相关线性关系,其决定系数 R^2 都在 0.950 以上。

3.4.2 输送辊直径

由图 14 可知,输送辊直径在一定范围内(30 ~ 50 mm),导向杆作用距离和禽蛋滚动距离都与输送辊直径呈高度的正相关线性关系,其决定系数 R^2 都在 0.940 以上。

输送辊中心距、输送辊直径对导向杆作用距离和禽蛋滚动距离的影响与理论分析一致。

4 结论

(1) 运用凸轮机构传动原理从理论上阐明了禽蛋翻转运动的传动关系和传动参数之间的关系,构建了传动关系模型。

(2) 建立了 3 种禽蛋统一的导向杆作用距离和禽蛋翻滚距离理论计算方法。经试验验证,3 种禽蛋的导向杆作用距离和翻滚距离的理论值与试验值吻合,并建立处理通道宽度和导向杆弯曲段长度设计计算方法。

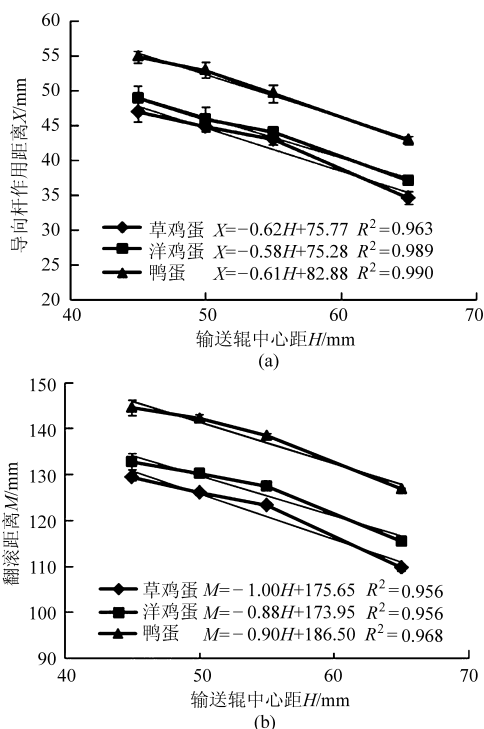


图 13 输送辊中心距对 X 和 M 的影响

Fig. 13 Relations between center distance and X , M

(a) 导向杆作用距离 (b) 翻滚距离

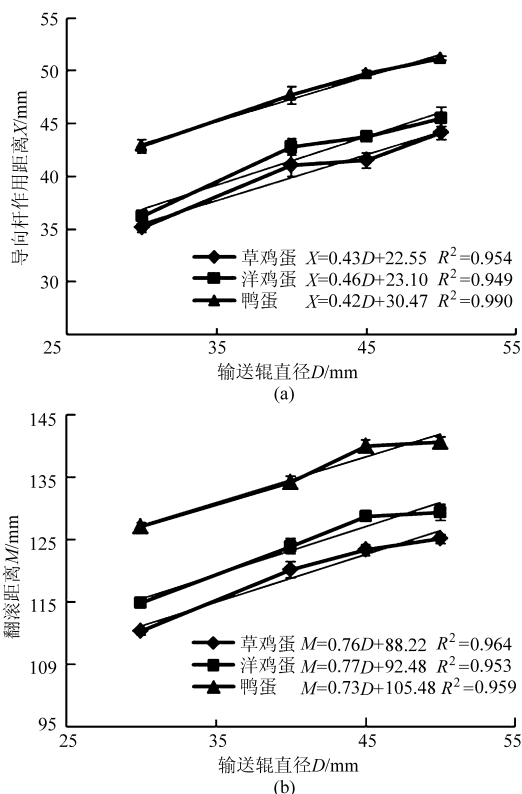


图 14 输送辊直径对 X 和 M 的影响

Fig. 14 Relations between diameter and X , M

(a) 翻滚距离 (b) 导向杆作用距离

(3) 导向杆作用距离和禽蛋翻滚距离与输送辊中心距呈线性负相关关系,与输送辊直径呈线性正相关关系,决定系数 R^2 都在 0.94 以上。

参 考 文 献

- 1 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. (in Chinese)
- 2 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 Yiyi, 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. (in Chinese)
- 3 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.
- 4 Thomas O, Lee H. Egg orientation means: USA, 4382501[P]. 1983-05-10.
- 5 Meyn P. Apparatus for orientating eggs in a egg handling systems: USA, 4645058[P]. 1987-02-24.
- 6 Leonardus J, Willem C M, Johan H. Egg orienting apparatus: USA, 5176243[P]. 1993-01-05.
- 7 Doornekamp 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.
- 8 南部 幸男.卵の方向整列装置:日本,実開平7-21504[P].1995-04-18.
- 9 山下 剛.卵の方向整列装置:日本,特開平11-147508[P].1999-06-02.
- 10 近藤 林.鶏卵の方向を揃える装置:日本,特開平9-150938[P].1997-06-10.
- 11 刘昌祺,刘庆立,蔡昌蔚.自动机械凸轮机构实用设计手册[M].北京:科学出版社,2013:2-10.
- 12 马履中.机械原理与设计:上[M].北京:机械工业出版社,2009:115-116.
- 13 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学:II[M].6版.北京:高等教育出版社,2002:120-121.
- 14 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 CSAE, 2012, 28(13):244-250. (in Chinese)
- 15 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. (in Chinese)

Turnover Motion Mechanism of Automatic Orientation of Eggs According to Pointed End and Blunt End

Jiang Song¹ Sun Ke¹ Yang Deyong² Chen Zhangyao³ Xu Bin¹ Wang Guojiang¹

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

2. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

3. Faculty of Civil Engineering and Mechanics, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In order to develop the design method of automatic orientation of eggs according to the pointed end and the blunt end, the mechanism of turnover motion of eggs on the convey rollers was analyzed and verified under the conditions of different varieties of eggs and different diameter, center distance of convey rollers. Results show that the turnover motion of eggs on convey rollers was accordance with the principle of the cam. The transmission model of the egg, convey rollers and guide rod was built; and theoretical calculation method of the rolling distance of egg and the action distance of guide rod were developed. The design and calculation methods of the processing aisle width and bending length of guide rod were also proposed. The results of theoretical calculation were consistent with the test results. The rolling distance of egg and the action distance of guide rod had a positive liner correlation with the center distance of convey rollers and had a positive liner correlation with the diameter of convey rollers. The determination coefficients were all above 0.94. It is feasible and correct to use principle of the cam to analysis the mechanism of turnover motion of eggs on convey rollers.

Key words: Egg Turnover motion Mechanism Pointed end and blunt end Automatic orientation