

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.06.021

# 禽蛋大小头自动定向排列系统设计\*

姜松 王国江 漆虹 吕日琴 朱婷 蒋玉香

(江苏大学食品与生物工程学院, 镇江 212013)

**【摘要】** 为了实现包装鲜禽蛋大小头朝向一致,设计了由支撑辊子输送系统、限位导向系统和调速系统组成的禽蛋大小头自动定向排列装置。根据机械传动原理,建立了禽蛋轴向运动和定向翻转运动的设计计算方法,并确定了装置的结构参数。试验表明,禽蛋轴向运动稳定可靠,翻转过程流畅、翻转姿态稳定可靠,禽蛋定向正确率达到100%;装置的单处理通道禽蛋定向速度为0.87~1.22枚/s,额定处理能力(2通道)为7200枚/h。

**关键词:** 禽蛋 自动定向 设计方法 装置

**中图分类号:** TS253.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)06-0113-05

## Design of Automatic Orientation System of Blunt and Tip Sides of Eggs

Jiang Song Wang Guojiang Qi Hong Lü Riqin Zhu Ting Jiang Yuxiang

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

### Abstract

In order to ensure the consistency in the direction of fresh eggs under package, a device for automatic orientation of the blunt and tip sides of eggs, which is composed of the roller delivery system, veering system and regulator drive system was developed. Based on the principles of mechanical transmission, the design methods for the axial motion and the oriented roll were established, also the construction parameters of the device were determined. The experimental results showed that the axial motion of eggs was stable. The roll over the length was fluent and the attitude was reliable, besides. The accuracy of the orientation was 100%. The egg-orientation speed of the device in single channel was 0.87 ~ 1.22 eggs per second. The nominal egg-orientation speed (in two channels) was 7 200 eggs per hour.

**Key words** Eggs, Automatic direction, Design method, Device

### 引言

为了延长包装鲜禽蛋保存期,要求禽蛋的大头向上装入蛋格或蛋模内<sup>[1-2]</sup>。由于进入分级包装自动处理系统时禽蛋的大小头指向是随机的,需要在分级包装自动处理系统中设置禽蛋的大小头定向处理单元。因此,禽蛋大小头自动定向排列装置是鲜禽蛋分级包装自动处理系统满足包装鲜禽蛋标准的关键之一。

目前,禽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;在美国专利中,都是采用复杂或特殊的机构实现

的;在日本专利中,都是采用简单的机构实现的,但都仅是解决了定向装置的结构,而未涉及禽蛋的大小头定向排列装置的主要结构参数的设计计算方法<sup>[3-10]</sup>,也未见相关文献报道。

本文设计一种禽蛋大小头自动定向排列装置,对关键部件结构和主要技术参数提出设计计算方法,并进行定向排列试验验证。

## 1 总体结构及工作原理

### 1.1 总体结构

禽蛋大小头自动定向排列装置主要由机架、链辊输送系统、限位导向系统、调速系统等组成,如

收稿日期:2011-10-30 修回日期:2011-12-12

\*“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基金资助项目(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,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所示。链辊输送系统的工作区域与限位导向系统组成了禽蛋大小头自动定向排列工作区域,该区域是装置的核心。链辊输送系统是由链轮、空心销轴链、支撑辊子心轴和圆柱型支撑辊子(简称支撑辊子)等组成,支撑辊子在两侧空心销轴链的牵引下作匀速移动,同时支撑辊子与机架轨道上的橡胶垫接触,在摩擦力作用下作同向转动,支撑辊子等中心距布置。限位导向系统是由2个直段和1个弯段组成限位导向杆,通过支架与机架联接,装置中设置了3根限位导向杆,2根限位导向杆之间形成1个处理通道,限位导向杆对处理通道内的禽蛋起到阻止越道和导向作用。根据禽蛋在定向排列工作区域不同运动情况,自动定向排列工作区域分为分列运动分区、待翻转分区、翻转分区和合并归列分区4个分区域。在链辊输送系统和限位导向杆的作用下,禽蛋经过4个分区域后,实现自动定向排列。装置拥有并列的2个处理通道,输送速度为48~240 mm/s,处理能力为7200枚/h。

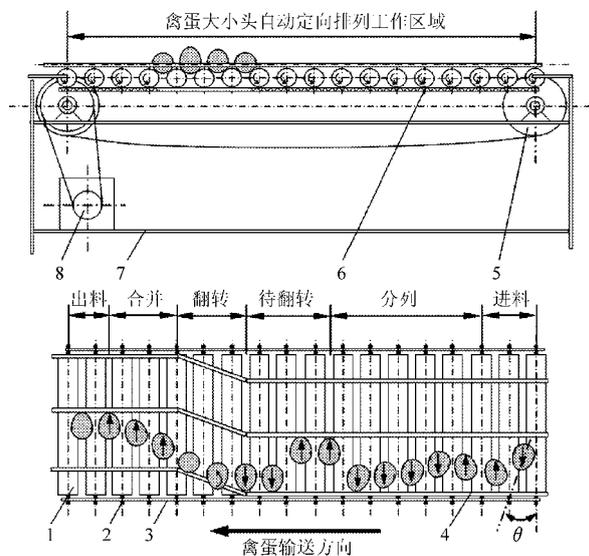


图1 禽蛋大小头自动定向排列装置结构示意图简图

Fig. 1 Automatic orientation process of blunt and tip sides of eggs

1. 支撑辊子 2. 心轴 3. 空心销轴链 4. 限位导向杆 5. 链轮  
6. 橡胶垫 7. 机架 8. 调速系统

## 1.2 工作原理

禽蛋大小头自动定向排列装置的设计目的是将大小头指向不一致的禽蛋自动定向为同一方向。装置工作时,禽蛋沿小头端所指方向在两支支撑辊子上作轴向运动,大小头指向不一致的禽蛋分别靠近处理通道两侧的限位导向杆,形成大小头指向一致的两列;其中一列在限位导向杆作用下翻转,实现大小头指向与另一列一致,最后形成大小头指向一致的一列输出(图1)。禽蛋在定向排列工作区域各个分区段的具体运动过程如下:

分列运动分区:从进料分区进入分列运动分区的禽蛋大小头指向是随机的。由于禽蛋重心偏向小头端,在相邻支撑辊子上,禽蛋长径轴线相对于支撑辊子轴向往支撑辊子移动方向偏转一个角度(即偏转角 $\theta$ ),偏转的禽蛋在两个旋转支撑辊子所作用的摩擦力驱动下,沿小头端所指的方向在两支支撑辊子上作轴向运动。禽蛋在该分区逐渐形成大小头方向一致的两列,分别靠近处理通道两侧的限位导向杆,即禽蛋小头指向右侧的,则向右侧限位导向杆靠近;禽蛋小头指向左侧的,则向左侧限位导向杆靠近;禽蛋实现分列运动,形成左、右两列,而后进入待翻转分区。

待翻转分区:本分区主要解决未完成分列的少量禽蛋继续分列运动和禽蛋姿态的调整。

翻转分区:禽蛋从待翻转分区进入翻转分区后,靠在左侧限位导向杆的禽蛋开始翻转,禽蛋在翻转分区左侧限位导向杆导向段作用下,小头逐渐被抬起;随着禽蛋向前输送,小头被抬起程度逐渐增加,直至禽蛋长径垂直于支撑辊子(此时处于翻转的临界状态),随着翻转运动的继续,禽蛋完成翻转。而靠在右侧限位导向杆的禽蛋无需翻转,直接通过翻转分区。翻转分区的支撑辊子只作移动而不转动。

合并归列分区:禽蛋从翻转分区进入合并归列分区后,在翻转分区翻转的禽蛋此时小头指向右侧限位导向杆,开始向右侧限位导向杆靠近;在合并归列分区的右侧限位导向杆由于设计需要已向右侧作了偏移,因此在翻转分区无需翻转的禽蛋此时也在向右侧限位导向杆靠近,最后所有的禽蛋在右侧限位导向杆处排成一列,等待下一个操作工序。

大小头指向无序的禽蛋通过这4个分区的处理,完成了大小头指向一致(在图1中,小头统一指向右侧),实现了禽蛋大小头自动定向排列。

## 2 主要参数计算与结构设计

### 2.1 调速系统

根据台架模拟试验可知,禽蛋定向翻转的最佳处理速度为1.0~1.5枚/s。由支撑辊子中心距可得,输送系统速度应选取48~70 mm/s为宜。因此,设计所选用的调速系统由电动机、调速装置和减速装置组成,其调速范围为8~40 r/min。

### 2.2 限位导向杆和处理通道

#### 2.2.1 限位导向杆

限位导向杆是由2个直段和1个弯段组成的一根杆。杆的直段部分的主要功能是为需翻转禽蛋成列待翻转,无需翻转禽蛋成列直接通过翻转分区,并

合成一列为输出提供限位保障。此外也是处理通道的分隔和防止处理通道内禽蛋越道的保障。弯段部分的主要功能是实现禽蛋的翻转,是自动定向的核心。

限位导向杆直段部分长度是进料分区、分列分区、待翻转分区和合并归列分区长度之和。

由图2a可以得到,导向段参数关系为

$$W = X / \sin\alpha \quad (1)$$

式中  $W$ ——导向段长度,mm

$X$ ——禽蛋翻转滚动距离,mm

$\alpha$ ——导向段弯曲角, ( $^{\circ}$ )

根据台架模拟试验可知,导向段弯曲角越大,禽蛋翻转稳定性越差;导向段弯曲角越小,禽蛋翻转稳定性越好,但禽蛋完成翻转所需输送行程就越大,也就增加了装置的长度,一般可以设置为  $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。

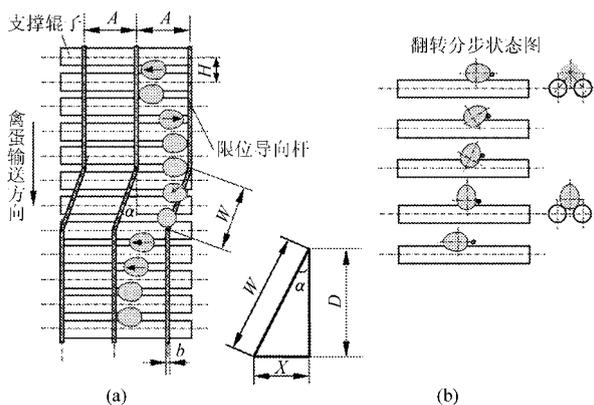


图2 禽蛋翻转过程及导向段示意图

Fig. 2 Rolling over process and guidance section

(a) 导向段几何关系 (b) 禽蛋翻转过程

根据台架模拟试验可知,禽蛋(草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋各50枚)翻转滚动的最大距离  $X$  为 47.30 mm,由式(1)计算得弯曲角  $20^{\circ}$  时  $W$  为 138.30 mm。为保证禽蛋均能完成翻转且翻转稳定,同时考虑禽蛋在翻转过程中存在一定的滑动和禽蛋尺寸的离散性,适当增加了导向段长度,最后确定导向段长度为 150 mm、弯曲角  $20^{\circ}$ 。

## 2.2.2 处理通道

处理通道宽度应大于禽蛋翻转滚动距离、禽蛋长径和限位导向杆直径之和,故有

$$A \geq b + L + X \quad (2)$$

式中  $A$ ——处理通道的宽度,mm

$b$ ——限位导向杆直径,mm

$L$ ——禽蛋长径,mm

根据台架模拟试验和禽蛋长轴径统计分析可知,禽蛋的最大长轴径为 65.79 mm,禽蛋翻转滚动的最大距离为 47.30 mm,同时考虑禽蛋在翻转过程中存在一定的滑动和禽蛋尺寸的离散性,设计宽度为 150 mm。

## 2.3 禽蛋定向排列区域

### 2.3.1 分列运动分区

禽蛋在分列运动分区的最大轴向运动距离小于处理通道宽度与禽蛋长径之差(图1),即

$$Y_c \leq A - L \quad (3)$$

式中  $Y_c$ ——禽蛋在支撑辊子上最大轴向运动距离,mm

禽蛋在支撑辊子上的轴向运动关系相当于斜轮-光轴摩擦传动(交错轴摩擦传动)<sup>[11]</sup>。由交错轴摩擦传动原理可知,支撑辊子输送方向的移动距离与禽蛋在支撑辊子上轴向运动位移之间的理论关系为

$$S = Y / \tan\theta \quad (4)$$

式中  $S$ ——支撑辊输送方向的移动距离,mm

$Y$ ——禽蛋在支撑辊子上轴向运动位移,mm

$\theta$ ——禽蛋相对于支撑辊子轴线的偏转角(一般在  $12^{\circ} \sim 16^{\circ}$  内变化), ( $^{\circ}$ )

由于禽蛋与支撑辊子之间有滑动,以及偏转角的变化,式(4)的修正关系式为

$$S = KY / \tan\theta \quad (5)$$

式中  $K$ ——修正系数(一般为 1.3 ~ 1.8)

根据式(5)和台架模拟试验可知,当满足禽蛋轴向运动最大位移 100 mm 时,则支撑辊子输送方向所需移动的实际距离为 450 ~ 850 mm。为了保证禽蛋在分列运动分区全部运动到位,设计分列运动分区长度为 1 000 mm。

### 2.3.2 待翻转分区

禽蛋在分列运动分区进行轴向运动,到达待翻转分区时,已基本形成大小头指向一致的两列,分别靠在处理通道两侧的限位导向杆处。为保证禽蛋平稳、顺利进入翻转分区,同时作为分列运动分区裕量的补充,设计待翻转分区长度为 500 mm。

### 2.3.3 翻转分区

翻转分区设计的核心是支撑辊子停转区域的设计。根据台架模拟试验可知,在翻转分区支撑辊子必须停止转动,此时禽蛋与支撑辊子无相对运动,由于静摩擦力的作用禽蛋被限位导向杆弯段抬起不产生滑动,仅仅相对于支撑辊子作翻转转动,方能使禽蛋顺利翻转实现定向。因此,当禽蛋进入翻转分区刚接触限位导向杆弯段时,禽蛋两侧的支撑辊子应停止转动,当翻转完成后支撑辊子需继续转动。为了实现该区域支撑辊子的停止转动,在该分区支撑辊子下方不设置使辊子转动的橡胶垫。由图3可知,不设置橡胶垫区域(即支撑辊子停转区域)为

$$D' = D + H + d \quad (6)$$

式中  $D'$ ——支撑辊子停转区长度,mm

$D$ ——限位导向杆导向(弯曲)段在输送方向上的投影长度,mm

$H$ ——支撑辊子中心距,mm

$d$ ——支撑辊子直径,mm

由式(6)计算可得  $D'$  为 238.10 mm,考虑禽蛋在翻转过程的稳定性和可靠性,设计支撑辊子停转区域长度 250 mm。

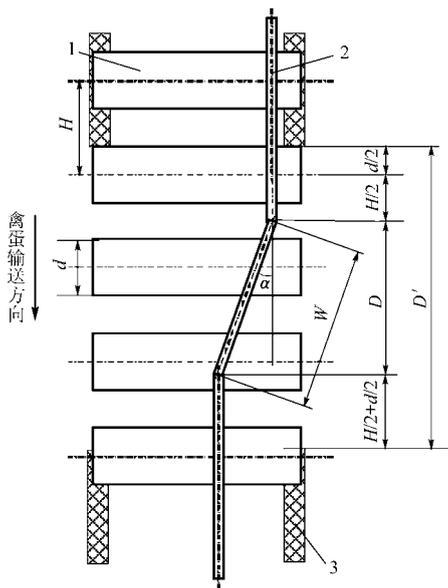


图3 禽蛋翻转区辊子停转区域示意图

Fig. 3 Pause area of roller in roll region of eggs

1. 支撑辊子 2. 限位导向杆 3. 驱动辊子转动的橡胶垫

### 2.3.4 合并归列分区

设计依据与分列分区相同,最后确定合并归列分区长度为 750 mm。

综上所述,禽蛋定向排列 4 个分区域合计总长为 2 500 mm,再加上进、出料分区各 500 mm,禽蛋定向排列工作分区总长度为 3 500 mm。

## 2.4 输送系统

根据台架模拟试验时禽蛋大小头自动定向排列对输送系统的运动要求,采用链辊输送系统,链辊输送系统由链轮、空心销轴链、支撑辊子心轴和支撑辊子等组成,支撑辊子作等中心距布置。

### 2.4.1 主要零部件结构参数确定

为了确保禽蛋在翻转分区前、后获得稳定的轴向运动,在翻转分区前、后支撑辊子不仅在两侧链的牵引下作匀速移动,而且与机架轨道橡胶垫接触在摩擦力作用下作同向转动,使禽蛋在两侧支撑辊子摩擦驱动下作平面运动(移动和转动),双轮摩擦驱动有利于防滑<sup>[12]</sup>。根据模拟台架对直径 40、45、50 mm 3 种支撑辊子的试验比较、禽蛋的短径变化和空心销轴链节距可选择范围,确定支撑辊子直径为 40 mm,空心销轴链节距为 19.05 mm、链号为 60HP,支撑辊子间中心距为 57.15 mm。

### 2.4.2 防滑角验算

$$\varphi = \arcsin \frac{H}{B+d} \quad (7)$$

式中  $\varphi$ ——防滑角, ( $^{\circ}$ )  $B$ ——禽蛋短径,mm

禽蛋与两支撑辊子的几何关系如图 4 所示。由禽蛋短轴径统计分析可知,一般禽蛋(鸡蛋、鸭蛋)短径在 36 ~ 50 mm 之间<sup>[12]</sup>,由式(7)计算防滑角为  $39.4^{\circ} \sim 48.8^{\circ}$ ,满足文献[13]的要求,并经台架模拟试验可知禽蛋运动可靠。

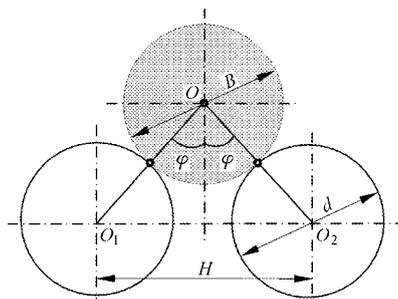


图4 禽蛋在辊轴上相对位置示意图

Fig. 4 Sectional relative position of eggs to roll shafts

### 2.4.3 输送系统总体设计

根据禽蛋定向排列工作分区域长度和输送链轮尺寸,输送链总长为 6 858 mm,共设置支撑辊子 120 个;根据 2 个处理通道设计的要求,支撑辊子的长度为 300 mm。

## 2.5 定向排列装置处理能力计算

支撑辊子每移动 1 个中心距(57.15 mm),在 1 个处理通道内即有 1 枚禽蛋完成定向处理,而禽蛋大小头定向排列装置最佳输送速度为 50 ~ 70 mm/s。因此,单处理通道禽蛋定向能力(速度)为 0.87 ~ 1.22 枚/s,而每枚禽蛋翻转所需时间为 0.82 ~ 1.15 s。定向排列装置设计的额定处理能力为 7 200 枚/h 禽蛋。

## 3 禽蛋大小头自动定向排列试验

### 3.1 试验材料

市售新鲜草鸡蛋、洋鸡蛋、鸭蛋各 300 枚,购于江苏大学凯源旅游超市。

### 3.2 试验方法

将大小头指向一致的禽蛋放入定向装置的进料区,禽蛋小头指向与限位导向杆弯曲段的弯曲方向相反(图 5)。

将大小头指向随机的禽蛋放入定向装置的进料区(图 6)。

试验均平行 3 次,记录试验结果。

### 3.3 结果与分析

经试验,大小头指向一致的禽蛋在禽蛋自动定

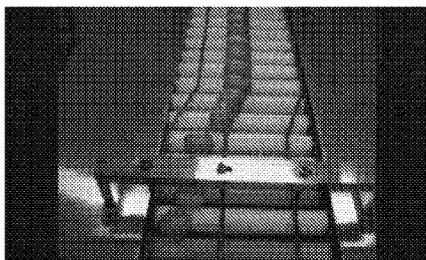


图5 禽蛋大小头指向一致的定向试验

Fig.5 Orientation test for consistent direction in blunt and tip sides of eggs

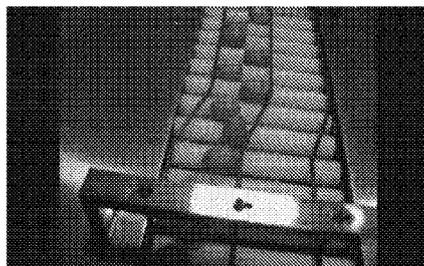


图6 禽蛋大小头指向随机的定向试验

Fig.6 Orientation test for random directions in blunt and tip sides of eggs

向排列装置上均能正常完成翻转;大小头指向随机的禽蛋定向正确率达到100%;禽蛋在分列、待翻转和合并归列分区域轴向运动稳定可靠,在翻转分区域翻转过程流畅、翻转姿态稳定可靠。

#### 4 结论

(1)提出了禽蛋大小头自动定向排列工作是由

分列运动、待翻转运动、翻转运动、合并归列运动4个分区组成,并阐明了禽蛋在4个分区的运动规律。

(2)建立了禽蛋大小头自动定向排列中分列运动和翻转运动技术参数的设计计算方法。

(3)研制的禽蛋大小头定向排列装置处理能力达7200枚/h(2处理通道),定向正确率达100%。

#### 参 考 文 献

- 1 SB/T 10277—1997 鲜鸡蛋[S]. 1997.  
SB/T 10277—1997 Fresh hen eggs[S]. 1997. (in Chinese)
- 2 SN/T 0422—2010 进出口鲜蛋及蛋制品检验检疫规程[S]. 2010.  
SN/T 0422—2010 Rules for inspection and quarantine of fresh egg and egg products for import and export[S]. 2010. (in Chinese)
- 3 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.
- 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 山下刚. 卵の方向整列装置:日本,特開平11-147508[P]. 1999-06-02.
- 9 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.
- 10 南部幸男. 卵の方向整列装置:日本,実開平7-21504[P]. 1995-04-18.
- 11 陈粤. 斜轮-光轴摩擦传动的设计[J]. 机械设计,1994(6):22~24,30.
- 12 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):138~142.  
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):138~142. (in Chinese)
- 13 刘万宝. 防滑角与双轮摩擦驱动[J]. 工程机械,1989(4):19~22,51.