

## 鲜鸡蛋的缓冲兼销售包装设计

姜鲁萌, 鲍文强, 赵霞, 陈芳, 仲晨  
(曲阜师范大学, 日照 276826)

**摘要:** **目的** 针对鲜鸡蛋自身特点, 提出兼具缓冲和促销功能的创意包装结构设计。**方法** 以鸡蛋包装的保护性能为首要目标, 基于缓冲包装“六步法”。首先进行鸡蛋物流环境数据采集, 其次通过试验掌握鸡蛋本身的力学性能, 再次选择环境友好型纸质包装材料进行包装结构 d xs 设计, 最后结合运输环境数据对设计方案打样并进行包装性能测试试验。**结果** 经过等效跌落高度为 1.2 m 的冲击跌落试验及随机振动试验, 内装鸡蛋均无破损, 包装件外形完好。**结论** 该包装设计具有良好的缓冲性能、便携性能及促销性能。

**关键词:** 包装设计; 鸡蛋; 缓冲; 促销; 绿色包装

**中图分类号:** TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)17-0123-06

## Cushioning and Sales Packaging Design for Fresh Egg

JIANG Lu-meng, BAO Wen-qiang, ZHAO Xia, CHEN Fang, ZHONG Chen  
(Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

**ABSTRACT:** According to the characteristics of fresh egg, the work aims to propose an innovative packaging structure design that has an outstanding cushioning structure and sales promotion function. Based on the "six steps method" for transport packaging, the package design was oriented to protect the eggs primarily. First, the logistics environment data of the eggs were collected. Second, the mechanical properties of the egg itself were obtained by experiments. Then, environment-friendly paper packaging materials were used for the packaging design. Finally, the testing samples were created and the package performance tests were performed according to the environment data of transportation. The eggs and the package had no damage after the random vibration test and the shock test in which the equivalent drop height was set at 1.2 m. In conclusion, the experimental results show the packaging design has good performance in cushioning, portability and sales promotion.

**KEY WORDS:** packaging design; egg; cushion; sales promotion; green package

鲜鸡蛋作为必需品之一, 与人们的生活密切相关。我们的市场调研数据表明, 现在鲜鸡蛋的目标消费群体更关注的是鸡蛋的健康、口味和营养, 价格并非影响鸡蛋市场占有率的主要障碍<sup>[1]</sup>, 而包装

设计策略却是影响其发展的重要因素。目前国内的鸡蛋包装以纸浆蛋托、塑料蛋托、塑料蛋盘箱为主。纸浆蛋托在市场上占有 90% 以上的份额, 但其质量普遍较差, 交易时因无专用销售包装, 消费者不得

**收稿日期:** 2016-01-19

**基金项目:** 曲阜师范大学国家级大学生创新创业训练计划 (201410446031)

**作者简介:** 姜鲁萌 (1993—), 女, 山东海阳人, 曲阜师范大学本科生, 主攻包装工程。

**通讯作者:** 仲晨 (1979—), 男, 山东济宁人, 工学博士, 曲阜师范大学讲师, 主要研究方向为运输包装、包装仿真、包装结构设计。

不使用方便袋提携,造成环境污染;塑料蛋托强度、刚度大,不易压溃损坏,但其弹性不好;塑料蛋盘箱亦存在体积大、占用空间、储运不方便,缓冲减震性能弱等缺点<sup>[2]</sup>。此外,有些鸡蛋厂家将价格定位为2~3元/个,但产品包装设计的档次、风格与产品的价格定位不合理,无促销性可言;有些鸡蛋虽进行了销售包装设计,但又丧失了包装的缓冲性能。

以鲜鸡蛋为研究对象,根据鸡蛋自身特点,考虑绿色包装理念,提出既可用作运输缓冲包装又具有良好促销功能的鸡蛋包装设计方案。该设计一方面具有良好的缓冲性能,可减少因包装不当造成的产品破损,增加经济效益;另一方面新颖的结构设计又可为鸡蛋市场的开拓提供助力。

## 1 设计思路

对于鲜鸡蛋这样的易碎产品而言,包装设计应满足对内装物的保护功能基础上实现促销功能,因此,设计思路遵循缓冲包装设计“六步法”<sup>[3]</sup>。“六步法”可简要概括为:确定包装件流通环境、确定产品脆值、设计缓冲包装、评估缓冲材料性能、优化设计并制作原型包装件、包装件性能测试试验。

## 2 运输环境数据采集

从省域层面可根据鸡蛋供给和需求划分为平衡区、调出区和调入区。如山东、辽宁等是主要调出区,而东南区域和北京、上海等大城市则为主要调入区<sup>[4]</sup>。鲜鸡蛋若要更好地占领市场,必然离不开上述大流通格局。首先从流通格局中选择代表性线路,利用路谱分析仪(DER-1000,神荣试验设备株式会社,日本)和面包车(五菱宏光,300 kg,机械减振),分别进行了鸡蛋运输环境中冲击及振动数据的采集试验。路线为日照—上海。该路线以高速公路为主,同时涵盖了1级、2级、3级及小区内道路<sup>[5]</sup>。

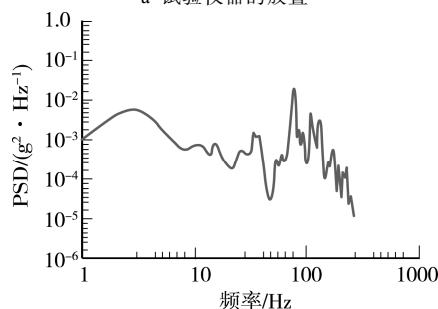
### 2.1 振动数据

为测得路况造成的包装件的振动强度,实验时将DER-1000直接固定于车厢厢面上,见图1a。仪器参数设定如下:数据采集方式为时间间隔模式;采样时间为1 ms;单位数据量为1024<sup>[6]</sup>。共采集了日照—上海往返2次的的数据,随后利用配套软件

对数据进行整理和分析,得到该路线的功率谱密度(PSD)曲线,见图1b。考虑到垂直方向的PSD值最大,故图1b所示为垂直方向PSD曲线,且该结果为2次数据的平均值,则可知,在50~100 Hz范围内,振动能量达到最大。这一频段恰恰反映了车厢厢面上的振动情况,在随后的结构设计中应该避开这一频段。



a 试验仪器的放置



b 实测平均功率谱密度曲线

图1 振动数据采集试验

Fig.1 Data collection for vibration test

### 2.2 冲击数据采集

鲜鸡蛋运输以蛋托+瓦楞纸箱或塑料蛋盘箱的包装方式居多<sup>[7]</sup>,参照这一典型包装构造,设计了如图2a所示的包装件原型。该原型由3部分组成,最外层为A楞0201型标准瓦楞纸箱,中间为EPE角垫,最里层为亚克力塑料盒,分别用以模拟真实包装件中的瓦楞纸箱、蛋托和鲜鸡蛋。实验时DER-1000被固定于亚克力盒重心位置,同时还放置了GPS定位仪,以便跟踪试验路线。DER-1000参数设定如下:数据采集方式为加速度模式;采样时间为0.5 ms;单位数据量为4096;触发水平为5 G;预触发水平为50%;时间间隔为0<sup>[6]</sup>。实验时将实验包装件交由物流公司,混在普通物品中运输,并在包装表面贴有“易碎产品”标示。

同样采集了日照—上海往返的数据,并利用基于跌落时间法对跌落高度进行解析<sup>[8-10]</sup>,解析结果汇总见图2b。由图2b可知,跌落高度基本集中在10~30

mm 范围内, 从 40~100 mm 跌落的几率逐渐降低, 但从 60, 70, 100 mm 高度跌落的情况亦有发生, 说明目前国内的鸡蛋物流环境较为恶劣。通过预实验可知, 裸鸡蛋的临界跌落高度仅为 5~10 mm, 大于 50 mm 的跌落高度无疑会对鸡蛋造成强烈的机械冲击, 有极大的可能造成鸡蛋破损。保守起见, 120 mm 成为后续鸡蛋包装性能测试实验的重要参考依据。

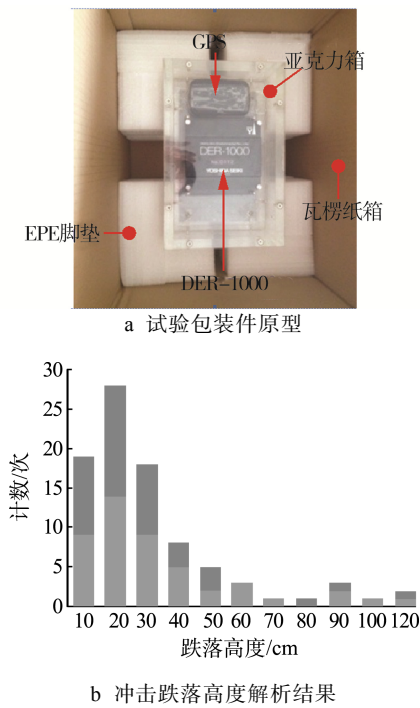


图 2 冲击数据采集试验  
Fig.2 Data collection for shock test

### 3 鸡蛋的力学性能测定

鸡蛋外形呈鸡蛋圆形, 钝端头大、锐端头小, 在钝端蛋壳内有气室结构。鸡蛋壳的主要成分是碳酸钙, 鸡蛋破损即指蛋壳出现裂纹或遭到粉碎性破坏。为明确鸡蛋构造及放置方式对其抗冲击性能的影响, 分别对鲜鸡蛋进行了静态及动态力学性能试验。

研究所用样品鸡蛋为日照新玛特超市所售“思乡”鲜鸡蛋。经测量, 该种鸡蛋的平均质量为 66 g, 平均半径为 22.5 mm, 平均高度为 59 mm。

#### 3.1 鸡蛋的静态力学性能

为明确鸡蛋不同部位抗冲击性能, 首先使用万能材料试验机 (WD 型电子万能试验机, 长春月明小型试验机有限公司) 对裸鸡蛋进行了静态压缩试验。实验时分别将裸鸡蛋竖立和横卧 2 个方向放

置, 各进行 10 次重复性实验。实验中, 竖立的鸡蛋通过周围挡板固定, 且挡板不会妨碍试验机的正常动作。压缩速度设定为 2 mm/min, 记录鸡蛋压溃时的最大载荷。由实验结果可知, 不论如何放置, 鸡蛋抗静态压缩能力的偏差均较大, 标准偏差均在 6 N 左右。该数据偏差与蛋壳本身的差异性有直接关系, 这也与前人研究结果一致<sup>[11]</sup>。竖立及横向放置的平均静态抗压强度分别为 50.6, 47.7 N。可见, 虽然竖放强度虽略强于横放强度, 但鸡蛋摆放姿势对其静态抗压强度的影响并不显著。

#### 3.2 鸡蛋的动态力学性能

为测试鸡蛋在动态载荷下的力学性能, 我们利用跌落冲击试验机 (型号 CL-20, 苏试试验设备有限公司) 进行了动态冲击试验。冲击波形设定为半正弦波, 等效跌落高度 0.6 m, 分别对鸡蛋钝端、锐端及侧面 3 个部位进行了测试。通过预实验结果, 这里选取 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 mm 7 种跌落高度, 每种跌落高度均进行 10 次重复实验。实验时将裸鸡蛋用胶带牢固地粘于冲击台面中心, 实验后通过目测统计鸡蛋破损的数量, 鸡蛋任何位置出现裂纹即判定为破损。考虑到加速度传感器的重量约为鸡蛋重量的五分之一, 此试验并未将加速度传感器固定于鸡蛋上部去直接测量其脆值, 而是用临界高度 (即鸡蛋首次破损前一次试验的冲击台等效跌落高度) 来相对地表示鸡蛋脆值。统计结果见图 3, 鸡蛋锐端、钝端和横放的临界高度分别为 70, 60, 50 mm, 说明抗冲击性能锐端最好, 钝端次之, 横放最差。可见, 鸡蛋不同方向的力学性能有所差别, 当鸡蛋处于横放姿态时要求包装要具备更为优越的缓冲性能。

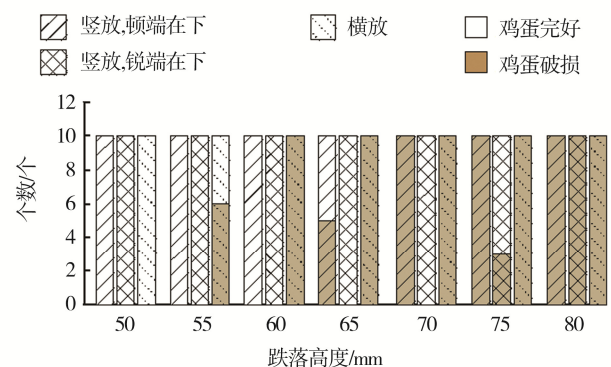


图 3 鲜鸡蛋动态冲击试验数据  
Fig.3 Results of dynamic shock test

### 3.3 鸡蛋的共振特性

利用振动试验机（型号 DC-600，苏试试验设备有限公司）对裸鸡蛋进行了正弦扫频试验，以确定其共振频率。实验参数如下：扫频范围为 5~300 Hz；扫频速率为 2 oct/min；扫频加速度为 0.5g；扫频方式为双向回扫<sup>[12]</sup>。分别将鸡蛋横放及竖放进行扫频，均进行 10 次重复试验。实验时将鸡蛋用胶带固定于振动台中心，加速度传感器固定于鸡蛋正上方见图 4a。实验结果表明，鸡蛋横放和竖放时的共振频率平均值分别为 265，175 Hz，且竖放时的共振强度也低于横放时。这种现象应该是由钝端气室结构存在造成的结果。

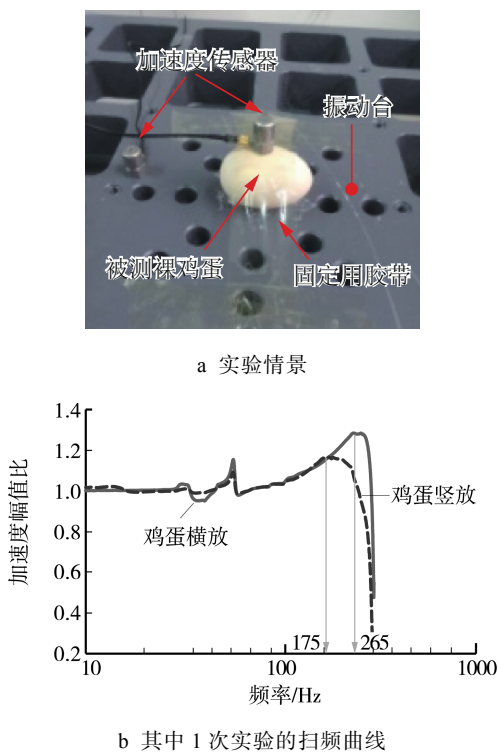


图 4 鸡蛋的正弦扫频试验  
Fig.4 Results of sine sweep test

## 4 包装设计方案

### 4.1 缓冲材料选择

随着国内环境的恶化和人们环保意识的提高，绿色环保纸质包装材料越来越受到欢迎。纸质材料可分为耐折纸板、瓦楞纸板、蜂窝纸板及纸浆模塑制品等种类。在综合考虑缓冲性能、外观效果及成本的基础上，选择 E 型瓦楞纸板及定量为 400 g/m<sup>2</sup> 的牛皮卡纸作为研究的包装材料。

### 4.2 包装结构设计

经过反复尝试和多次改良，设计了由内部的莲花形蛋托和外部的六边形折叠纸盒组成的包装结构。具体说明如下。

首先，与鸡蛋直接接触的部分是由牛皮卡纸折叠而成的蛋托，见图 5a。该蛋托的灵感源自盛开的莲花，由 6 个接近正方形的“花瓣”折叠而成，周围的六片花瓣与正中的六边形“花蕊”由可对折的纸条连接，一页成型。纸条与花瓣连接处设计了弧形过渡以增加蛋托的整体强度和美观度，成型后相邻花瓣间由圆弧形扇形襟片粘接，装箱时鸡蛋横向放置于莲花形蛋托内，由于花瓣底部的尖角形状，鸡蛋与蛋托底部留有一定空隙。作为整个包装结构设计中最为重要的部分，该莲花形蛋托具有良好的缓冲性和稳定性，可保证鸡蛋在整个运输过程中得到充分保护，同时又具有极强的观赏性。

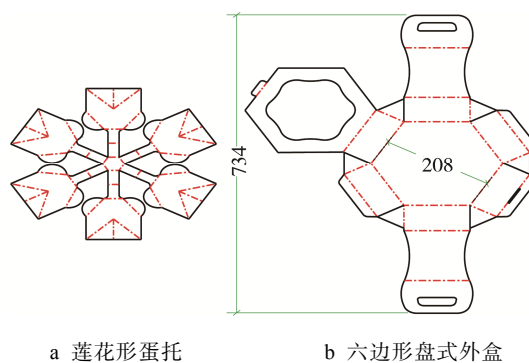


图 5 鲜鸡蛋包装的结构组成  
Fig.5 Ichnography of the egg package



图 6 最终的包装实物  
Fig.6 Image of the final package



其次，外面是由 E 型微瓦纸板材料制成的盘式结构折叠纸<sup>[13]</sup>，见图 5b，该纸盒外观呈蜂窝六边形。盒盖部位设计了梅花形开窗结构，以提高促销性；在盒体侧面设计了对称便携提手，既可以将其立起提携，以提高便携性，又可在堆码和运输过程中放平，以提高缓冲性。最终的包装设计实物见图 6。

## 5 包装设计性能测试

为确保包装设计方案具有足够的保护性能，我们使用打样机（Kongsberg V 系列，Esko 公司）制作实样并装入鸡蛋，分别进行了缓冲性能测试和防振性能测试。

### 5.1 缓冲性能

参照 GB/T 4857.5<sup>[14]</sup>进行 10 次重复性冲击跌落试验。根据前述分析，将等效跌落高度设定为 1.2 m。试验时，将包装件置于冲击台中央，上部用夹具固定，调节夹具高度确保其不会影响实验结果，见图 7a。将加速度传感器用胶带固定于鸡蛋上部。为便于传感器安装，试验时将外盒盒盖抠出一小孔。每次试验后打开包装检验鸡蛋完好情况。结果表明，10 次试验后内装鸡蛋无一破损，且鸡蛋放置姿态及外包装盒无明显变化；莲花形蛋托花瓣底部尖端被压溃，有少许变形，见图 7b，正是这种溃变使得该包装能够高效地吸收外部冲击能量，从而很好地保护内装鸡蛋。

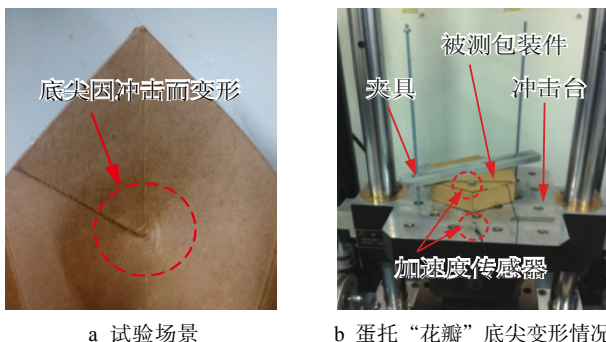


图 7 冲击跌落试验

Fig.7 Shock test

### 5.2 防振性能测试

参照 GB/T 4857.23<sup>[15]</sup>，对包装件进行随机振动试验。为便于试验，我们将前期采集到的数据(图 1b)进行简化，得到简化 PSD 曲线见图 8，将其作为试验的激励信号，其振动总强度（即加速度均方

根值）为 0.91g。试验时，将试验包装件固定在振动台中央，进行垂直方向上 60 min 的随机振动试验。试验完成后，对试验样品进行开箱检验，发现内装鸡蛋均无破损，包装件各部分也未出现破裂现象。结果表明该包装设计很好地避开了鸡蛋的共振频率，能够满足鸡蛋的防振要求。

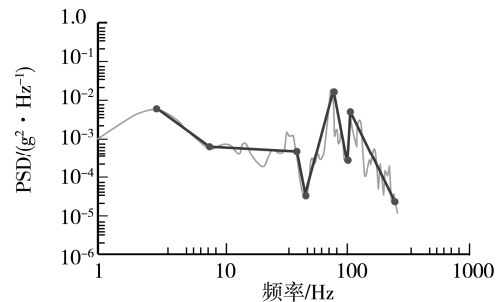


图 8 随机振动试验

Fig.8 Random vibration test

## 6 结语

针对鲜鸡蛋的产品特点提出了创新性的包装结构设计。该包装设计具有如下特点：莲花状内托实现鸡蛋分置与定位，既保证鸡蛋间无碰撞，又在鸡蛋与盒底间形成圆锥状的吸能结构，实验结果证明该设计具有优良的缓冲性；莲花状内托与花状开窗相得益彰，可直观地了解产品，手提板与手提孔设计方便携带，充分体现人性化，上述 2 点使该包装具有极强的促销性；包装主要采用纸质环保材料，实践绿色包装理念。盒体与托盘均为一页纸板折叠而成，方便成型，盒体呈六棱柱外形，可按蜂巢结构堆码排列，节省空间、方便运输。这些体现了该包装设计良好的工艺性。

鲜鸡蛋作为人们生活必需品，包装设计的优劣在很大程度上影响其销售的好坏。该设计结构精巧，具有很强的市场竞争力，对推动国内鲜鸡蛋包装的发展有一定的意义。另外，我们所实践的绿色包装设计也可改善国内日益严峻的环境污染尽一份绵力。

### 参考文献：

- [1] 赵一夫, 秦富. 我国鸡蛋价格变动特点及规律分析[J]. 农业技术经济, 2013(1): 4—10.  
ZHAO Yi-fu, QIN Fu. The Characteristics and Rules Analysis of Egg Price Changes in China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2013(1): 4—10.

- [2] 舒祖菊, 刘盛全, 李锐, 等. 鲜鸡蛋运输包装中缓冲结构的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(2): 311—314.  
SHU Zu-ju, LIU Sheng-quan, LI Rui, et al. Design of Cushioning Structure for Transport Package of Fresh Eggs[J]. Journal of Anhui Agriculture University, 2012, 39(2): 311—314.
- [3] 彭国勋, 郭彦峰, 舒祖菊等. 物流运输包装设计(第二版)[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2012.  
PENG Guo-xun, GUO Yan-feng, SHU Zu-ju, et al. Packaging Design of Logistical Transportation Package (2nd Edition)[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012.
- [4] 马骥. 国内鸡蛋流通现状图[EB/OL]. 2014-5-6/2015-5-25.  
Ma Ji. China Egg Regional Distribution Map[[EB/OL]. 2014-5-6/2015-5-25.
- [5] 中国交通运输部. 中国2014年运输业统计年鉴[EB/OL]. [http://www.mot.gov.cn/zhuzhan/jiaotonggaikuang/201507/t20150723\\_1853384.html](http://www.mot.gov.cn/zhuzhan/jiaotonggaikuang/201507/t20150723_1853384.html).  
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Statistical Bulletin of the Transportation Industry in 2014[EB/OL]. [http://www.mot.gov.cn/zhuzhan/jiaotonggaikuang/201507/t20150723\\_1853384.html](http://www.mot.gov.cn/zhuzhan/jiaotonggaikuang/201507/t20150723_1853384.html).
- [6] 神荣试验设备株式会社(日本). DER—1000用户手册, 2014[S].  
Shenyie Testing Machinery Co., Ltd, Japan. User's Manual of DER—1000, 2014[S].
- [7] 赵振, 陈黎敏. 瓦楞纸板和蜂窝纸板的力学性能研究[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 5—7.  
ZHAO Zhen, CHEN Li-min. Mechanical Properties of Corrugated Cardboard and Honeycomb[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 5—7.
- [8] SINGH S P, JONESON E, SINGH J, et al. Dynamic Analysis of Less-than-truckload Shipments and Test Method to Simulate This Environment[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21(8): 453—466.
- [9] SINGH S P, BURGESS G J, SINGH J, et al. Measurement and Analysis of the Next-day Air Shipping Environment for Mid-sized and Lightweight Packages for DHL, FedEx and United Parcel Service[J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19(4): 227—235.
- [10] SINGH J, SINGH S P, JONESON E. Measurement and Analysis of US Truck Vibration for Leaf Spring and Air Ride Suspensions, and Development of Tests to Simulate These Conditions[J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19(5): 309—323.
- [11] 孙从佼, 刘旭明, 杨宁, 等. 鸡蛋蛋壳厚度的数字化测量[C]//安全优质的家禽生产—第十五次全国家禽学术讨论会, 2011.  
SUN Cong-jiao, LIU Xu-ming, YANG Ning, et al. Digital Measurement of Eggshell Thickness[C]// Safety and Quality Poultry Production-proceedings of the Fifteenth National Symposium on Poultry, 2011.
- [12] GB/T 4857.10, 正弦变频试验方法[S].  
GB/T 4857.10, Sinusoidal Frequency Conversion Test Method[S].
- [13] 孙诚. 纸包装结构设计(第4版)[M]. 中国轻工业出版社, 2015.  
SUN Cheng. Packaging Structure Design(4th Edition)[M]. China Light Industry Press, 2015.
- [14] GB/T 4857.5, 包装 运输包装件跌落试验方法[S].  
GB/T 4857.5, Package Drop Test Method for Transport Packages[S].
- [15] GB/T 4857.23, 包装 运输包装件随机振动试验方法[S].  
GB/T 4857.23, Package, Test Method for Random Vibration of Transport Packages[S].