

## 果品物流运输包装件堆码性能的实验研究

汪鲁聪, 刘美华, 张连文, 潘道津, 孟宪文

(天津商业大学, 天津 300134)

**摘要:** 从果品实际运输环境出发, 采用动态持压技术, 模拟了堆码试验, 测试了贵妃富士苹果物流运输包装件在运送、堆叠过程中的抗压及耐碰撞能力。用 GT-7001-DS 型纸箱耐压试验机, 测出了贵妃富士苹果物流运输包装件的最大堆码层数为 11 层, 即最大堆码高度为 1870 mm; 应用 TOPS Pro 软件模拟了运输包装件集装到车辆装运后的最佳堆码方式。为果品运输包装件的优化设计和运输堆码提供技术支持。

**关键词:** 果品运输包装; 机械损伤; 堆码性能; TOPS Pro 软件

**中图分类号:** TB485.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)19-0011-04

### Experimental Research on Stacking Performance of Fruit Transport Packages

WANG Lu-cong, LIU Mei-hua, ZHANG Lian-wen, PAN Dao-jin, MENG Xian-wen

(Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

**Abstract:** Dynamic continuous pressure technology was applied to simulate the stacking test of fruit in actual transportation environment. The compressive resistance and collision resistance of Fushi apple during transport and stacking process was tested. GT-7001-DS carton compression tester was applied for the compression test. The result showed that the maximum number of allowable stacking layers is 11; the allowable maximal stacking height is 1870 mm. The best transport package stacking mode from transportation package containers to vehicles was simulated using TOPS Pro software. The purpose was to provide reference for optimal design of fruit transport package and transport stacking.

**Key words:** fruit transport package; mechanical damage; stacking performance; TOPS Pro software

水果在采后的流通过程中损失严重, 每年损失率超过 30%, 其中由机械损伤和贮运环境的刺激而引起耐贮性下降, 是水果采后损耗的一个主要原因。减少采后水果流通过程中的损耗已成为全世界农产品业主要关心的问题之一<sup>[1-5]</sup>。然而, 运输过程中的机械损伤对于水果采后品质的影响, 国内外研究较少。研究水果运输过程中的实际振动情况, 及其对水果采后储藏销售过程中的质量影响十分必要。采用科学有效的措施控制机械损伤的影响, 减少采后储藏过程中水果损耗, 对提高水果质量具有重要现实意义。

目前, 国内外对果品跌落、振动试验进行了大量的研究<sup>[6-11]</sup>, 但这些研究主要集中在对单个果品跌落特性及损伤、箱装果品振动损伤的研究上, 而对箱装果品在不同载荷下的堆码特性和损伤的研究甚少。

为此, 笔者采用简化的包装箱来研究箱装果品在不同载荷下的堆码特性。使用高铁检测仪器有限公司生产的 GT-7001-DS 型纸箱耐压试验机来评定运输包装件在受到压力时的耐压强度及包装对内装物的保护能力。同时使用 TOPS Pro 软件进行包装件堆码强度分析, 以改善运输包装件的堆码情况, 防止流通环节过程中的运输物破损。

## 1 实验

### 1.1 被测样品的选择及设备

选择贵妃富士苹果瓦楞纸包装件, 包装箱规格为 470 mm×280 mm×170 mm, 其箱型为 0300 型, 楞型为 A 型单瓦楞, 具体尺寸见图 1。

**收稿日期:** 2012-06-08

**作者简介:** 汪鲁聪(1989—), 女, 湖北人, 天津商业大学包装工程专业本科生。

**通讯作者:** 刘美华(1963—), 女, 辽宁丹东人, 博士, 天津商业大学副教授, 主要研究方向为实验力学。

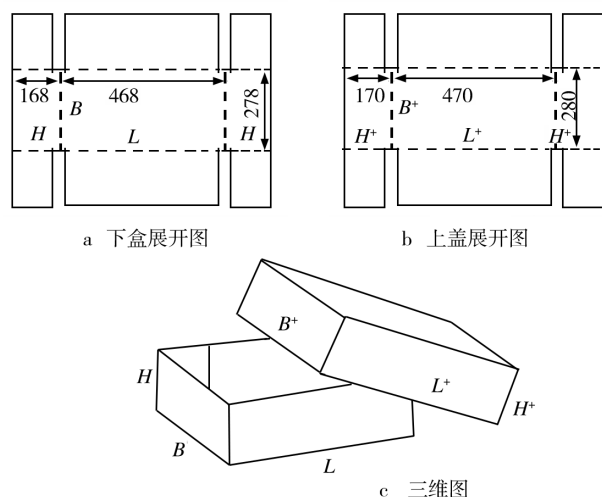


图1 贵妃富士苹果瓦楞纸箱示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the corrugated box for Fushu apple

苹果包装件内置2层苹果,中间用一层瓦楞纸板隔开,每层15个苹果,一箱共30个苹果,见图2。

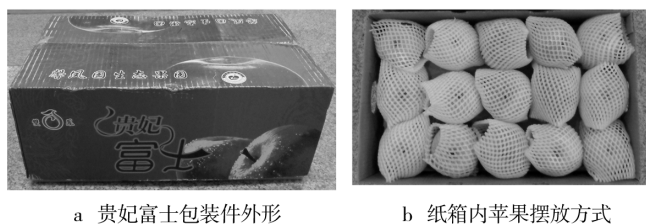


图2 实验包装件

Fig. 2 Packaging piece for the test

选用GT-7001-DS伺服控制纸箱耐压试验机检测包装件的耐压强度,了解产品包装物在运送、堆叠过程中的抗压及耐碰撞能力。

## 1.2 过程

按GB/T 4857.17规定准备6箱试验样品,并对其编号;按GB/T 4857.2的规定,选定一种条件对试验样品进行温湿度预处理。试验在与预处理相接近的温湿度条件下进行。

首先对6箱贵妃富士分别称重,计算出平均每箱贵妃富士总质量为7.3 kg。实验时以7.3 kg的 $N$ 倍值为堆码 $(N+1)$ 层贵妃富士时,施加于最底层的压缩载荷。实验步骤如下。

1) 将试验样品按预定状态置于下压板中心部位,使上压板和试验样品接触。先加0.5 kg的初始载荷,以使试验样品与上下压板接触良好。调整记录装置,以此作为位移记录的起点。

2) 以10 mm/min的速度均匀移动压板。试验应加压到下列2种情况:实验A,即已知压缩载荷求压缩变形量,压缩载荷逐级增加达到预定值;实验B,即已知压缩变形量求压缩载荷,由实验A所得数据设定纸箱尺寸变形达到预定值。

3) 试验后按有关标准、规定检查包装及内装物的损坏情况,并分析试验结果。

苹果体积较大、数量不多且较硬,为防止苹果本身已参与支撑压缩载荷而造成内部组织损伤,在实验A中,以包装件压缩变形量达到顶层苹果与瓦楞纸箱上表面之间的间隙量来判断整箱是否破损。考虑到上层每个苹果到纸箱上表面的高度不同,确定包装件1和包装件2的间隙量约为7 mm,包装件3的间隙量约为8 mm,实验施加的载荷大小是逐级按包装件的质量7.3 kg成倍增加的。

## 1.3 结果分析

### 1.3.1 实验A的结果分析

测试单箱包装件的堆码实验数据见表1。当外载荷达到73.0 kg,即是单箱质量的10倍时,3个被测包装件的纸箱压缩变形量达到了事先确定的顶层苹果与瓦楞纸箱上表面之间的间隙量,并且有少量苹果出现压痕。根据实验结果,考虑到实际堆码时间、环境湿度、运输中的振动等因素,该包装件的最大可堆码层数不能超过11层,即在运输过程中贵妃富士包装件的最大堆码高度为 $170 \times 11 = 1870$  (mm)。

表1 实验A测试数据

Tab.1 Test data of experiment A

| 压缩载荷<br>/kg | 逐级压缩变形量/mm |       |       | 包装件<br>的状态 |
|-------------|------------|-------|-------|------------|
|             | 包装件1       | 包装件2  | 包装件3  |            |
| 7.3         | 3.309      | 3.062 | 3.766 | 完好         |
| 14.6        | 1.687      | 1.811 | 1.223 | 完好         |
| 21.9        | 0.418      | 0.500 | 0.652 | 完好         |
| 29.2        | 0.296      | 0.335 | 0.510 | 完好         |
| 36.5        | 0.249      | 0.253 | 0.410 | 完好         |
| 43.8        | 0.218      | 0.224 | 0.356 | 完好         |
| 51.1        | 0.208      | 0.211 | 0.286 | 完好         |
| 58.4        | 0.178      | 0.278 | 0.255 | 完好         |
| 65.7        | 0.163      | 0.165 | 0.206 | 完好         |
| 73.0        | 0.152      | 0.160 | 0.183 | 破损         |
| 总压缩变形量      | 6.878      | 7.000 | 7.846 |            |

测试3个包装件底层所承受的压缩载荷与其纸

箱压缩变形累计量的关系曲线,见图3。施加载荷与

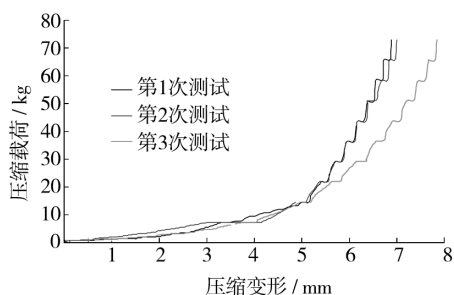


图3 底层包装件压缩载荷与纸箱变形量的关系

Fig. 3 The relation between carton deformation and compressive load for bottom layer packaging piece

变形增加量呈反比,即施加单箱重量时,箱体变形量最大,随着外载荷的增加,箱体变形增加量减小。

### 1.3.2 实验B的结果分析

选出包装件完好、与实验A相近的包装件,其中包装件4、包装件5的顶层苹果与纸箱上表面之间的间隙量为7 mm,包装件6的顶层苹果与纸箱上表面之间的间隙量为8 mm。得到试件4,5,6的压缩变形量分别为7.0,7.0,8.0 mm,对应的压缩载荷分别为83.8,87.5,88.9 kg。

最底层包装件的纸箱压缩变形量分别为7,7,8 mm时所承受的压缩载荷曲线见图4。

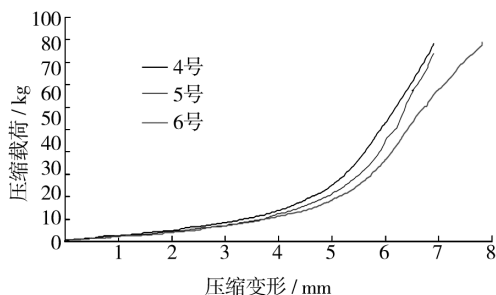


图4 底层纸箱变形量与包装件压缩载荷的关系

Fig. 4 The relation between carton deformation and compressive load for bottom layer packaging piece

比较表1和表2,在压缩变形量相同的情况下,实验B测得的压缩载荷比实验A相对应的压缩载荷大7.3~14.6 kg。随着实验的进行,堆码层数逐次增加,长期受压缩纸箱会软化。另外,考虑到纸箱个体差异性及其测试误差等原因,得出结论:实验B验证了实验A,即包装件堆码最高层数不超过11层,最高堆码高度为1870 mm。

## 2 水果包装件堆码方案的优化设计

结合堆码实验,应用TOPS Pro软件对贵妃富士苹果包装件进行运输包装及装载模拟方案优化设计。运输车辆分别选择载重不同的40FT,45FT和48FT 3种车辆,TOPS Pro软件模拟计算结果如下。

选择3种不同载重汽车进行运输,堆码方案均为50种,但堆码层数不同,区使用率和立方使用率也不同。其中,选择45FT型汽车运输的堆码层数有13层和15层2种情况,堆码层为13层的设计方案,其区使用率和立方使用率达到最高,分别为94.01%,74.36%;选择45FT型汽车运输堆码层数均为12层,区使用率和立方使用率均为90.48%,66.06%,即无论采用哪种堆码方案,每车装载箱总数相同;选择48FT型汽车运输堆码层数有11,12,13层等3种情况,区使用率最高的是堆码11层,为92.75%,立方使用率为62.10%,立方使用率最高的是堆码12层,达到62.12%,区使用率为85.05%。3种不同载重汽车运输装载最优方案模拟结果见图5。

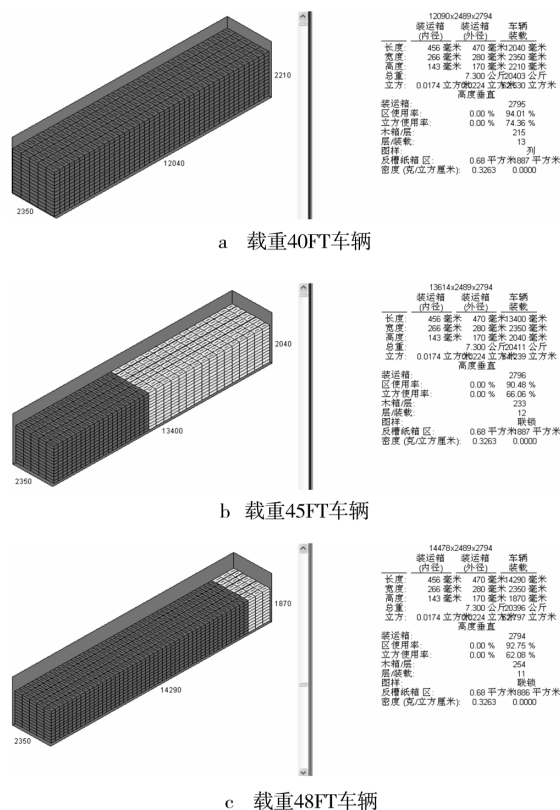


图5 3种不同载重车辆运输的最优堆码方案

Fig. 5 The optimal stacking project for three kinds of heavy vehicle

每种载重汽车中最优堆码方案的区使用率、立方使用率、每车装箱数的立方图见图 6。参照上述实验

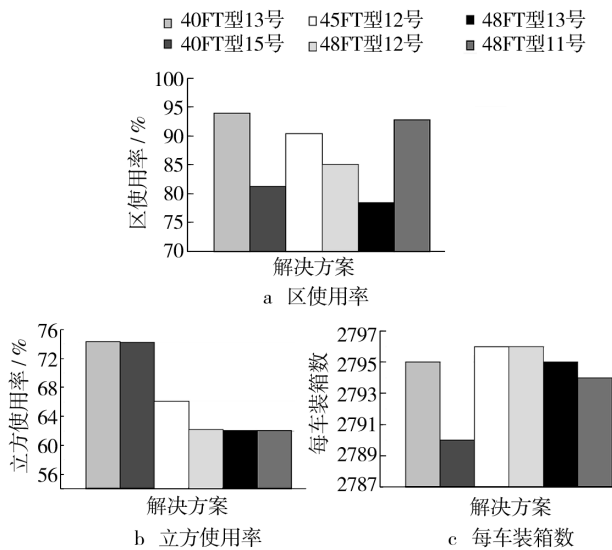


图 6 3 种不同载重车辆运输最优堆码方案的对比

Fig. 6 Comparison of the optimal stacking projects for three kinds of heavy vehicle

结果,结合 TOPS Pro 软件对包装件运输包装及装载模拟设计,采用载重 48FT 车辆,堆码 11 层的运输堆码方案为佳选择。

### 3 结论

在采用耐压试验机的堆码强度试验中,通过已知压缩载荷求压缩变形量和已知压缩变形量求压缩载荷 2 种方法,确定了包装件的最大堆码层数为 11 层,最大堆码高度为 1870 mm。

使用 TOPS Pro 软件对包装件运输堆码方案进行优化设计。综合考虑,确定采用 48FT 型汽车 11 层堆码运输是最佳选择。

采用的测试方法适用于其他类似农产品储运包装件的力学性能研究,结果能够评价类似包装结构件的优劣以及运输堆码相关性能,可为包装件优化设计和运输堆码提供依据。

#### 参考文献:

- [1] 张慙. 我国果蔬汁饮料加工现状及发展对策[J]. 食品与机械, 2002, 16(2): 4-6.  
ZHANG Min. Status and Development of Processing

Technology of Fruit and Vegetable in China[J]. Food and Machinery, 2002, 16(2): 4-6.

- [2] 卢立新, 王志伟. 果品运输中的机械损伤机理及减损包装研究[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 131-134.  
LU Li-xin, WANG Zhi-wei. Study of Mechanisms of Mechanical Damage and Transport Packaging in Fruits Transportation[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 131-134.
- [3] SLAUGHTER D C, THOMPSON J F, HINSEH R T. Packaging Bartlett Pears in Polyethylene Film Bags to Reduce Vibration Injury in Transit[J]. Transactions of the ASAE, 1998, 41(1): 107-114.
- [4] GENTRY J P, MITEHELL F G, SOMMER N F. Engineering and Quality Aspects of Deciduous Fruits Packed by Volume Filling and Hand-Placing Methods[J]. Transactions of the ASAE, 1965, 8(2): 584-585.
- [5] KABAS O, OZMERZI A. Determining the Mechanical Properties of Cherry Tomato Varieties for Handling[J]. Journal of Textures Studies, 2008, 39(3): 199-209.
- [6] KABAS O, CELIK K H, OZMERZI A, et al. Drop Test Simulation of a Sample Tomato with Finite Element Method[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(9): 1537-1541.
- [7] IDAH P A, YISA M G, AJISEGIRI E S A, et al. Resonance Frequency of Nigerian Tomato Fruit as Related to Prevention of Damage During Transportation[J]. Journal of Food Science and Technology, 2009, 46(2): 153-155.
- [8] 张连文, 杨传民, 孟宪文. 水晶梨运输包装件振动冲击性能实验研究[J]. 包装工程, 2010, 31(11): 34-37.  
ZHANG Lian-wen, YANG Chuan-min, MENG Xian-wen. Experimental Study on the Vibration Performance and Impact Property of Transport Packaging Piece of Crystal Pear in Transportation[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(11): 34-37.
- [9] ZHANG Lian-wen, LIU Mei-hua, MENG Xian-wen, et al. Vibration and Impact Performance Tests on Cherry Tomato Transport Packages[C]. The 17th International Packaging Conference Proceeding, 2010: 434-439.
- [10] 刘迎雪, 卢立新. 振动对小番茄生理特性的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 20-21.  
LIU Ying-xue, LU Li-xin. Effect of Vibration on the Physiological Characteristic of Cherry-tomatoes[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 20-21.