

# Study on the Impact of Impact Force on Apple Quality

Yanni Wen\*, Fangling Xing, Lingling Yang, Xuan Wang, Xiying Wang

College of Science, Xi'an Aeronautical University, Xi'an Shaanxi  
Email: \*wenyanni353@sohu.com

Received: Jun. 1<sup>st</sup>, 2020; accepted: Jun. 16<sup>th</sup>, 2020; published: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2020

---

## Abstract

In order to understand the impact force on the quality of apple, by using the simple impact test platform of drop ball, we have been studied systematically the three problems in this paper, that are the sensitivity of different parts of apple to impact force, the damage of different impact force on sensitive parts and the impact of the size of apple on the degree of damage. Through the analysis, it is found that the most sensitive damage part is located on the side of apple; the greater the impact force is, the greater the damage degree of the most damage sensitive part is; the damage degree is not related to the size of apple. These results can make students understand deeply the traditional physical experiment that is falling movement, and improve their ability to analyze and solve problems by using the knowledge they have learned. On the other hand, it can provide certain scientific basis for farmers to adopt scientific methods in the process of apple picking, transportation and storage, so as to reduce their losses.

## Keywords

Apple, Mechanical Damage, Falling Motion, Impact Force

---

# 冲击力对苹果品质影响研究

文艳妮\*, 邢芳玲, 杨玲玲, 王璇, 王曦莹

西安航空学院理学院, 陕西 西安  
Email: \*wenyanni353@sohu.com

收稿日期: 2020年6月1日; 录用日期: 2020年6月16日; 发布日期: 2020年6月23日

---

## 摘要

为了解冲击力对苹果品质的影响, 本文利用简易落球冲击实验平台, 针对苹果不同部位对冲击力的敏感

\*通讯作者。

性、不同冲击力对敏感部位的损伤和苹果的大小对损伤程度的影响进行了系统的研究。通过分析发现：苹果损伤最敏感部位位于苹果的侧面；冲击力越大，苹果损伤最敏感部位的损伤程度也越大；苹果损伤程度与苹果大小无关。研究结果一方面可使学生对传统的物理试验——落体运动加深理解，提高其利用所学知识分析问题和解决问题的能力，另外一方面可为果农在苹果的采摘、运输、贮藏过程中采用科学方法，减少其损耗提供一定的科学依据。

## 关键词

苹果，机械损伤，落体运动，冲击力

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 简介

苹果生产在我国果业中占有非常重要的地位，其发展状况对果区经济、市场供应和出口创汇影响巨大。陕西洛川苹果是我国苹果主产之一，集中于以洛川为中心的延安、铜川、渭南、咸阳诸市一带，具有品质优良，果形优美，个大均匀，果面洁净，色泽艳丽，肉质脆密，含糖量高，香甜可口，硬度适中等优点，畅销国内 24 个省市，还外销泰国、新加坡等国家和中国港、澳地区。

多年来，苹果产量直线上升，但苹果的价格确是每年都在上涨。除去总体物价上涨的大环境，一个重要的方面就是其采摘、运输、贮藏途径中损耗严重。这种损耗基本都是源于苹果表面受到撞击所致[1] [2] [3]。有研究者曾研究了苹果的机械特性和机械损伤[4] [5]，和苹果采摘机械手对果实损伤的影响[6]，等等。苹果的机械特性决定了其受到撞击会产生损伤，但产生这种撞击的原因却是多种多样的。

无论什么原因撞击，都会对苹果表面产生力的作用。所以，为了从物理学角度搞明白不同冲击力对苹果品质的影响，本文作者自己设计搭建简易落球冲击实验平台，对苹果不同部位对冲击力的敏感性、不同冲击力对敏感部位的损伤和苹果的大小对损伤程度的影响三个问题进行了系统的研究，具体研究结果见本文第 2 部分。

## 2. 实验方法

本实验根据文献[7] [8] [9]中的相关物理知识，设计搭建的简易落球冲击实验平台如图 1 所示。具体使用过程为：首先，手动搭建好可活动支架，将电磁铁固定在支架顶端，通过导线、开关连接 24 V 转换电源、220 V 生活电源与电磁铁；其次，接通所有电源，电磁铁将具有磁性，将小钢球放置其下方被磁化吸引；最后，断开 24 V 转换电源、小钢球失去磁性，将做自由落体运动。此时，我们将苹果置于小钢球正下方，苹果就会受到做自由落体运动的小钢球撞击。

## 3. 实验结果与分析

### 3.1. 不同部位对冲击力的敏感性

本试验内容是在冲击力一定的情况下，分别测试了苹果顶部、侧面和底部损伤程度。在试验中，苹果的直径为  $D$ ，小钢球的高度为  $H = 54$  cm，质量  $m = 1$  Kg，初速度大小  $v = 0$ ，被击点的直径(即苹果损伤程度)为  $d$  (cm)，每个部位均进行了 6 次，所测数据如表 1 所示。为了对比分析数据，使结果更加清晰、

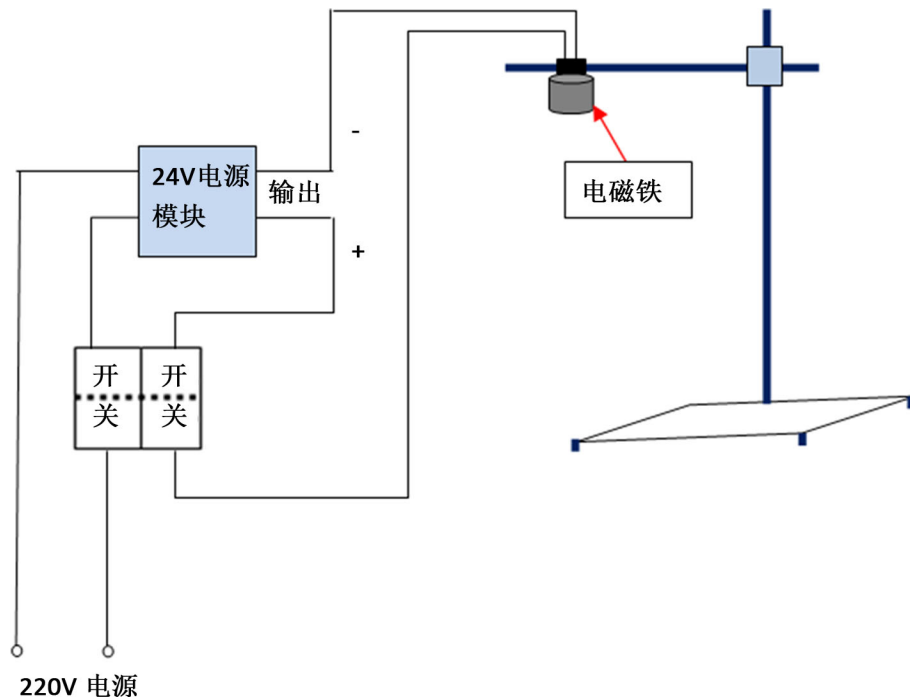


Figure 1. Simple impact test platform of drop ball  
图 1. 简易落球冲击实验平台

明显, 将表 1 数据做成曲线图如图 2 所示。本实验所采用的苹果损伤程度鉴定与文献[3] [4]不同, 不需要将损伤部位经过 24 小时氧化后再测量, 所以实验测试更为简单。

Table 1. Damage degree  $d$  to the top, side and bottom of apples under a certain impact force  
表 1. 在一定冲击力下苹果的顶部、侧面和底部损伤程度  $d$

冲击部位次数	1	2	3	4	5	6	平均值 $\bar{d}$
顶部	1.20	1.25	1.30	1.20	1.15	1.30	1.23
侧面	1.70	1.40	1.30	1.50	1.60	1.60	1.52
底部	1.10	1.20	1.25	1.20	1.18	1.20	1.19

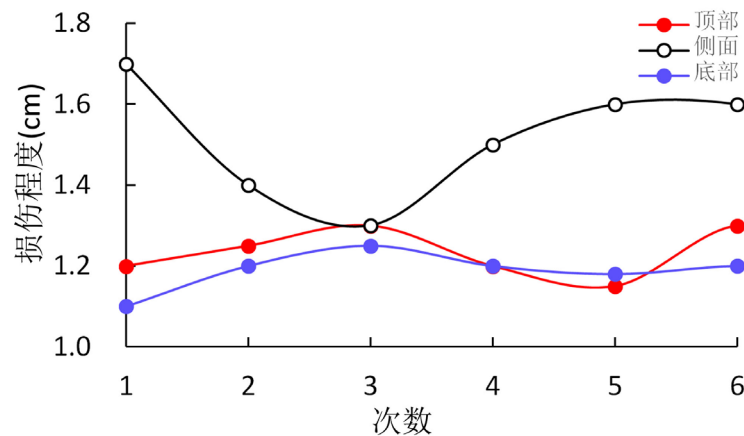


Figure 2. Damage degree curves to the top, side and bottom of apples under certain impact force  
图 2. 在一定冲击力下, 苹果的顶部、侧面和底部损伤程度曲线

由图 2 可以看出, 前面两次和最后一次(即 1、2、6)冲击造成的损伤为: 侧面 > 底部 > 顶部; 第三次(即 3)冲击造成的损伤为: 侧面 = 底部 > 顶部; 第四次(即 4)冲击造成的损伤为: 侧面 > 底部 = 顶部; 第五次(即 5)冲击造成的损伤为: 侧面 > 顶部 > 底部。显然从每次测试的结果不容易判断出苹果的哪个部位在相同冲击力的情况下更容易受到伤害。所以, 我们在表 1 中给出了不同部位在 6 次冲击后的平均损坏直径  $d$ 。显然, 侧面(1.52 cm) > 顶部(1.23 cm) > 底部(1.19 cm)。

所以, 根据统计平均效果, 我们得出在冲击力一定的情况下, 苹果侧面敏感性较强, 这个结果与文献[3][4]结论相符, 反映出此实验方法的简单性和可行性。

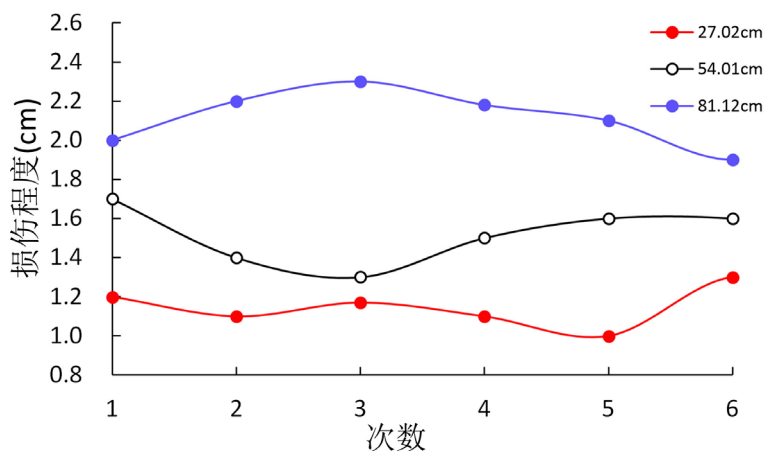
### 3.2. 不同冲击力对苹果的敏感部位(侧面)的损伤程度

为了在实验平台中得到不同的冲击力, 我们将改变实验中的电磁铁的高度, 使得小钢球在不同高度的情况下具有不同的势能, 从而在做自由落体运动中对苹果产生不同的冲击力。本实验内容选取了小钢球三个高度  $H$  值, 分别是 27.02 cm, 54.01 cm 和 81.12 cm。每个高度进行了 6 次冲击, 冲击部位均为苹果的侧面。所得数据如表 2 所示, 图 3 为其对应的曲线图。

**Table 2.** Side damage degree  $d$  of apples under different impact force

**表 2.** 在不同冲击力下苹果的侧面损伤程度  $d$

不同 $H$ 次数	1	2	3	4	5	6	平均值 $\bar{d}$
27.02	1.20	1.10	1.17	1.10	1.00	1.30	1.15
54.01	1.70	1.40	1.30	1.50	1.60	1.60	1.52
81.12	2.0	2.20	2.30	2.18	2.10	1.90	2.11



**Figure 3.** Side damage degree curves of apples under different impact force

**图 3.** 在不同冲击力下, 苹果的侧面损伤程度曲线

由图 3 可以看出, 实验中每次冲击的损坏程度都是与高度有关, 高度越高, 损伤程度越大, 高度越小, 损伤程度越小。这是因为, 高度越高, 小钢球所具有的势能越大, 当其自由落体到苹果位置, 对苹果产生的冲击性也越大, 故而苹果受到的损伤程度也就越大。当然, 从表 2 的统计平均结果中, 即 2.11 ( $H = 81.12$  cm) > 1.52 ( $H = 54.01$  cm) > 1.15 ( $H = 27.02$  cm), 同样得出高度越高, 冲击力越大, 对苹果侧面的损伤程度越大。

### 3.3. 苹果的大小对损伤程度的影响

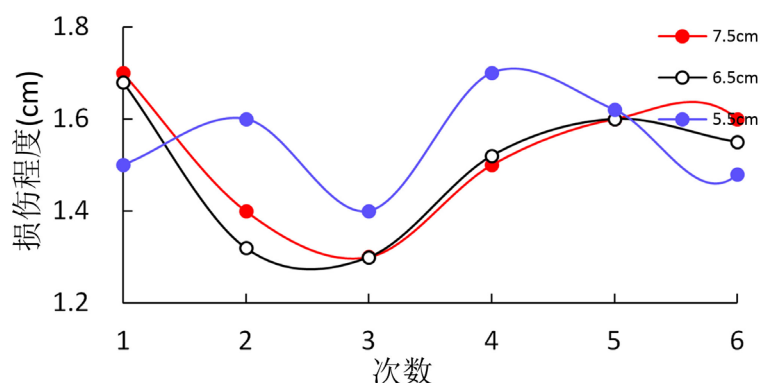
为了了解不同大小的苹果, 在相同冲击力的作用下其损伤程度是否不同, 我们设计了三组实验测试,

选取的苹果直径分别为 7.5 cm, 6.5 cm 和 5.5 cm。每个直径进行了 6 次冲击, 小钢球的高度  $H$  均为 54.01 cm, 冲击部位均为苹果的侧面。所得数据如表 3 所示, 图 4 为其对应的曲线图。

**Table 3.** Side damage degree  $d$  of different size apples under the same impact force

**表 3.** 不同大小的苹果在相同冲击力下的侧面损伤程度  $d$

不同 $D$ 次数	1	2	3	4	6	平均值 $\bar{d}$
7.50	1.70	1.40	1.30	1.50	1.60	1.52
6.50	1.68	1.32	1.30	1.52	1.55	1.50
5.50	1.50	1.60	1.40	1.70	1.48	1.55



**Figure 4.** Side damage degree curves of different size apples under the same impact force

**图 4.** 不同大小的苹果在相同冲击力下的侧面损伤程度曲线

由图 4 可以看出, 第一、六次(即 1、6)冲击造成的损伤为:  $7.50 > 6.50 > 5.50$ ; 第二次(即 2)冲击造成的损伤为:  $5.50 > 7.50 > 6.50$ ; 第三、四次(即 3、4)冲击造成的损伤为:  $5.50 > 7.50 \approx 6.50$ ; 第五次(即 5)冲击造成的损伤为:  $5.50 \approx 7.50 \approx 6.50$ 。可以看到, 从每次测试的结果不容易判断出苹果的大小对在相同冲击力的情况下造成的损伤程度影响。由表 3 中给出的 6 次冲击后的平均损坏直径  $d$  可以看出,  $1.52 (D = 7.50 \text{ cm}) \approx 1.50 (D = 6.50 \text{ cm}) \approx 1.55 (D = 5.50 \text{ cm})$ 。

所以, 根据统计平均效果, 我们得出在冲击力一定的情况下, 苹果的大小对其侧面损伤程度无明显影响。

#### 4. 总结

本文利用自主设计搭建的简易落球冲击实验平台, 首先找出苹果对冲击力的敏感部位, 其次研究了不同冲击力对苹果敏感部位的损伤程度, 最后研究了不同大小的苹果敏感部位损伤程度与冲击力之间的关系。研究发现苹果的侧面与顶部和底部相比, 其受伤程度最大, 所以苹果侧面对冲击力最为敏感; 苹果所受的冲击力越大, 其敏感部位损伤程度越大; 苹果敏感部位损伤程度与苹果的大小无关。本实验过程培养了学生学知识和用知识的创新能量, 也锻炼了其观察、分析和解决问题的能力。研究结果可为果农在苹果的采摘、运输、贮藏过程中采用科学方法, 减少其损耗提供一定的科学依据。

#### 基金项目

陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2019JM-447); 陕西省大学生创新创业训练计划项目(S201911736040)。

## 参考文献

- [1] K. Peleg, 董务民, 钱民全. 水果和蔬菜的生物力学[J]. 力学进展, 1987, 17(1): 101-109.
- [2] 虢露霞, 李萍, 候晓荣, 邓红军, 茅林春. 果蔬采后机械损伤特性研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 389-391.
- [3] 吴永根, 李汉洙. 苹果梨机械损伤的研究[J]. 延边农学院学报, 1993, 15(3): 188-192.
- [4] 单明彻, 徐朗. 苹果的机械特性和机械损伤[J]. 农业机械学报, 1988(2): 72-79.
- [5] 李萌, 饶景萍, 王玉萍, 韩玉侠. 不同降温方式对机械损伤苹果伤口愈合的影响[J]. 食品科学, 2013(16): 326-330.
- [6] 张麒麟, 姬长英, 高峰, 赵文旻. 苹果采摘机械手对果实损伤的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 404-405.
- [7] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程教科书[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018.
- [8] (美)朱卡斯, 等, 著. 碰撞动力学[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1989.
- [9] 王红艳. 趣谈自由落体运动试验巧测物理量[J]. 物理教学探讨, 2015, 33(11): 54-56.