

水果自动计量装箱设备减震处理装置的试验研究

谢焕雄, 吴 峰, 胡志超, 田立佳, 胡良龙, 张会娟

(农业部南京农业机械化研究所, 江苏 南京 210014)

【摘 要】 【目的】研究不同减震方式对水果自动计量设备装箱合格率的影响, 为水果计量装箱设备的设计制造提供参考。【方法】通过设定不同装箱质量(2 500, 5 000, 10 000 g)、不同减震方式(无减震、减震弹簧、发泡塑料、减震弹簧+发泡塑料)以及不同延时取值时间(0, 0.3, 0.5, 1.0 s)的对比试验, 研究其对装箱合格率的影响。【结果】采用“减震弹簧+发泡塑料”的减震措施, 可使装箱合格率达 95% 以上; 延时取值时间设定为 0.5~1.0 s, 可使传感器读数达到稳定。【结论】得到了水果自动计量装箱设备的最佳减震措施, 对其进行改进, 及 PLC 的计算提醒, 对极少数不符合装箱误差要求的果箱由人工添减水果, 可使装箱合格率达到 100%。

【关键词】 水果; 自动计量; 装箱设备; 减震措施

【中图分类号】 TS206.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)05-0229-06

Experimental research on shock absorption unit of fruit automatic weighing and packing machine

XIE Huan-xiong, WU Feng, HU Zhi-chao, TIAN Li-jia, HU Liang-long, ZHANG Hui-juan

(Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization Ministry of griculture, Nanjing, Jiangsu 210014, China)

Abstract: 【Objective】 The impact of shock absorption methods on the qualified rate of fruit automatic weighing and packing machine was studied in this experiment in order to provide a theoretical basis for the design and manufacture of the machine. 【Method】 Comparative tests were done using different packing loads(2 500, 5 000, 10 000 g), shock absorptions methods (control test, buffer spring, froth plastics, buffer spring combined with froth plastics,) and acquisition overtime(0, 0.3, 0.5, 1.0 s) to study their effects on weighing accuracy. 【Result】 It is concluded that the qualified rate of fruit packing could reach up to 95% by using the combined measure of buffer spring and froth plastics. And data acquisition of the weighing sensors was able to be stabilized by optimized PLC algorithm in which the acquisition overtime of weight value was set in the range from 0.5s to 1.0s. 【Conclusion】 The optimum absorption method was gained after the above experiments and improved by incorporating with PLC algorithm alarm for unqualified packing boxes in order to add or reduce fruits manually. Subsequently, the qualified rates can be raised up to 100 percent by employing the so-called improvement measures.

Key words: fruit; automatic weighing; packing machine; shock absorption measure

水果计量装箱是水果分级加工生产线的最后一道工序, 依靠人工作业耗时、费工、费力, 大大降低了水果分级加工生产线的整体效率^[1-4]。在国外, 自动

装箱多在质量分级的基础上进行, 且能实现在线计量装箱^[5-7]。这种计量装箱方式较为先进, 但设备投入大, 成本高, 很难为中小型水果加工企业所接

* [收稿日期] 2008-08-18

[基金项目] 浙江省国内科技合作与引进成果转化项目(2007C16035)

[作者简介] 谢焕雄(1968—), 男, 广西浦北人, 副研究员, 主要从事农业机械设计 & 农产品加工技术装备研究。

E-mail: nfzhongzi@163.com

受^[8-9]。具有自动称质量装箱功能的水果计量包装设备在国内尚处于空白,农业部南京农业机械化研究所通过与专业水果机械制造厂合作研究,设计开发出 GFB-1 型水果(柑桔)自动计量装箱设备(专利名称和专利号为:水果自动称重装箱设备,200710135192.7、ZL200820030720.2),可将柑桔按设定质量进行自动计量、装箱,有效提高了水果计量装箱的生产效率,减轻了劳动强度,降低了劳动力成本,具有较好的应用前景。

该设备的水果装箱是在动态状况下实现计量称重的,水果下落的冲击对质量传感器有很大影

响^[10-13]。如何消除水果下落的冲击,减少对质量传感器的影响,对水果质量准确称量及水果的准确分级至关重要^[14-16]。为此,本研究分析了不同减震方法对 GFB-1 型水果(柑桔)自动计量装箱设备装箱合格率的影响,并提出了相应的减震措施,以期为该装箱设备的改进提供参考。

1 设备简介

GFB-1 型水果(柑桔)自动计量装箱设备主要由进料、分料、翻转、导料、计量(称质量)、减震、机架等部件及控制系统组成,其结构示意图见图 1。

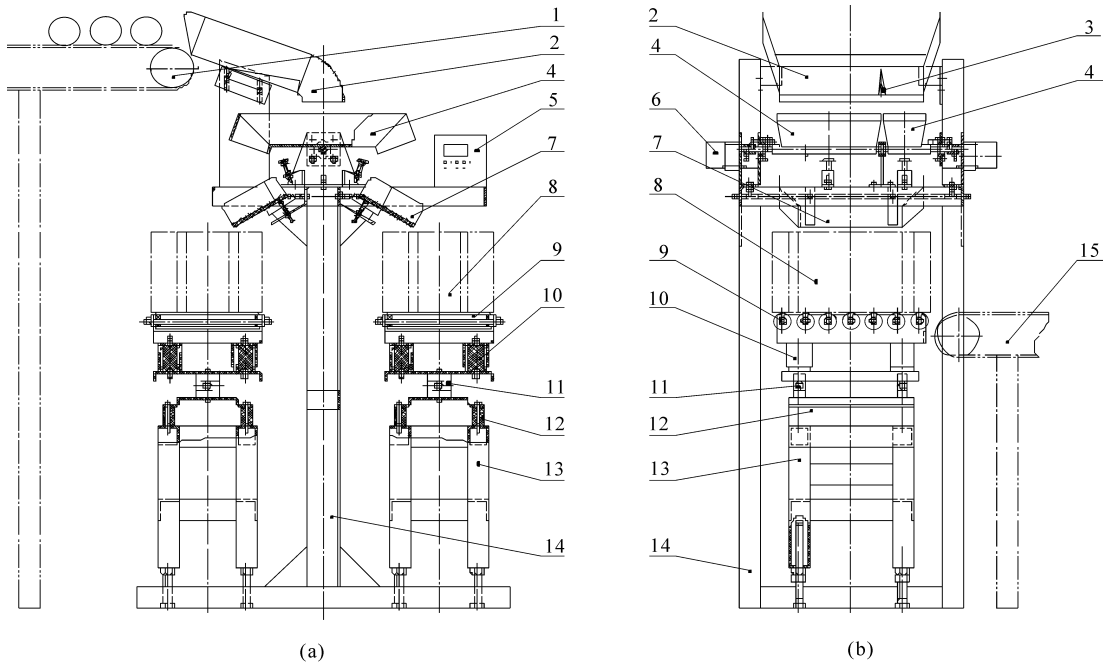


图 1 自动计量装箱设备结构示意图
(a)主视图;(b)侧视图

1. 水果输送带;2. 进料槽;3. 分料隔板;4. 大、小翻转料槽;5. 控制箱;6. 电动机;7. (左、右位)导料槽;8. (左、右位)包装箱;
9. 果箱托辊;10. 减震装置;11. 质量传感器;12. 下减震垫;13. 计量秤支架;14. 主机架;15. 包装箱传送带

Fig. 1 Structure schematic of automatic weighing and packing machine
(a)Front view;(b) Side view

1. Fruit conveyer belt;2. Feed channel;3. Separator;4. Wide and narrow overturning channels;5. Control cabinet;6. Electromotor;
7. Left and right guide channels;8. Left and right packing boxes;9. Support roller;10. Shock adsorption unit;11. Weighing sensor;
12. Down shock adsorption cushion;13. Weight scale frame;14. Main frame;15. Box conveyer belt

供料方式:在进料槽前端,配置与进料槽宽度相匹配的水果输送带。进料槽上有一分料隔板,将进料槽分成大、小两个供料通道,主机架上设有大、小翻转料槽,两翻转料槽均与配置的永磁同步电机相联,可单独实现翻转作业。水果可由大、小供料通道分别进入大、小翻转料槽,大通道每排可同时落下 3~4 个水果,实现快速给料,小通道只允许单果通过,解决精确给料问题,确保计量误差在 1~2 个以

内。在计量秤支架上分别配有 2 个质量传感器,两传感器上端各固定装有果箱托辊,支撑包装箱。

装箱方式:采用 2 个包装箱并排进行交替计量。开始时,将大、小翻转料槽位置进行初始化,同时对准左包装箱,开始供料后,程序不断读取左包装箱的数据信号并记录,判定左包装箱质量是否满足大料斗翻转条件(达到装箱质量的 80%~90%,数值可人工设定),若条件满足则大翻转料槽对右包装箱进

行供料,小翻转料槽继续对左包装箱单果供料。当程序判定左包装箱达到装箱质量时,给出满箱提示,便于操作人员换箱,同时小料槽翻转对右包装箱进行供料。当大、小翻转料槽同时对右包装箱供料时,程序继续以相同程序进行判定,先后翻转大、小翻转料槽对左包装箱进行供料,循环反复,交替计量装箱。

控制方式:计量装置采用可编程逻辑控制器(PLC)控制,将质量传感器测得的模拟信号由 A/D 模块转成数字信号并传送给 PLC,PLC 根据预先设定的程序分别控制大、小翻转料槽电机动作,从而实现 2 个工位的计量装箱。

2 减震处理措施

由于在计量过程中,水果(柑桔)从喂料口下落到果箱,有 500~700 mm 高度的落差,加上水果喂料时具有一定的速度,会对质量传感器造成一定的冲击。笔者通过试验发现,柑桔在 300 mm 的高度自由落体到纸箱上,可产生桔子质量本身 3~5 倍的冲击力。一方面冲击会造成使质量传感器读数不稳定,容易造成电机翻转动作提前或滞后,影响称量的准确性;另一方面,冲击会损伤柑桔组织,影响果实

品质。因此,柑桔下落到纸箱的过程中必须设置减震装置,以减少冲击对传感器读数的影响,降低柑桔的损伤程度。

目前,常用的减震处理有机械减震方式和电子减震方式 2 类。机械减震方式有多种,如弹簧减震、橡胶减震、塑料减震、发泡塑料减震及多种减震方式的结合减震等。在这几种方式中,弹簧具有存储能量、回弹性大的特点,但其不能吸收能量,不容易稳定下来;橡胶塑料能吸收能量、可很快达到稳定状态,减震效果好,但较容易疲劳。而电子减震可通过完善控制算法,或通过增加电器元件等以消除质量传感器因冲击而造成的影响。

本设备控制系统采用 PLC 控制,即在机械及电控方式上,采取以下措施来减少和控制水果下落冲击对计量称重的影响:

1)在进料槽、翻转料槽、导料槽内侧加缓冲垫。采用软泡沫垫,以减轻料槽侧面、底面对水果的碰伤。

2)在果箱导料槽下面增加缓冲装置。具体采用弹簧(圆柱弹簧或钢板弹簧)对导料槽上的柑桔进行缓冲,以减小柑桔的速度(图 2)。

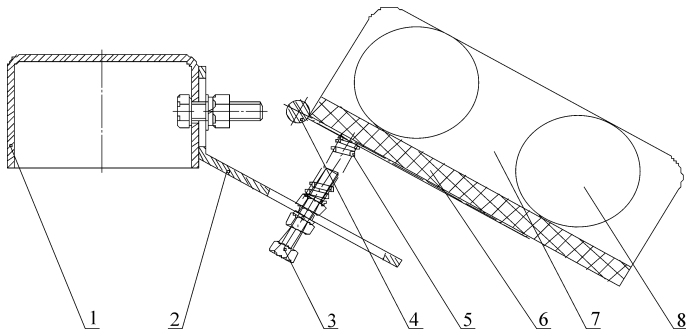


图 2 导料槽缓冲装置示意图

1. 支架横梁;2. 缓冲弹簧固定板;3. 弹簧固定螺栓;4. 导料槽轴;5. 缓冲弹簧;6. 导料槽缓冲垫;7. 导料槽;8. 水果

Fig. 2 Schematic of buffer unit in guiding trough

1. Supporting beam;2. Mounting plate;3. Fixing bolt;4. Guiding trough axes;5. Buffer spring;6. Buffer tray;7. Guiding trough;8. Fruit

3)加固果箱托辊。果箱托辊的晃动会造成传感器读数不稳定,必须予以加固。具体方法为增加托辊支架的刚性,同时采用限位装置以限制托辊的晃动。

4)在传感器上、下各加减震装置。其中影响最大的是传感器上的减震装置。为了使果箱托辊保持稳定,在托辊支撑的 4 个角各安装 1 个减震装置。笔者经过多次试验发现,减震装置要求弹性系数要

小(弹性系数为 2~5 N/mm),在很短时间内达到稳定状态,而且没有疲劳,或疲劳时间较长。对于这种减震的要求,单一的减震方式不容易达到。通过试验,将疲劳强度很大、弹性好的弹簧和减震效果好的泡沫塑料结合在一起,既可有效吸收能量,又不易疲劳。传感器下减震装置采用可吸振的橡胶板,将传感器与支架隔开,也有有效的起到了减震作用。传感器上、下减震装置示意图见图 3。

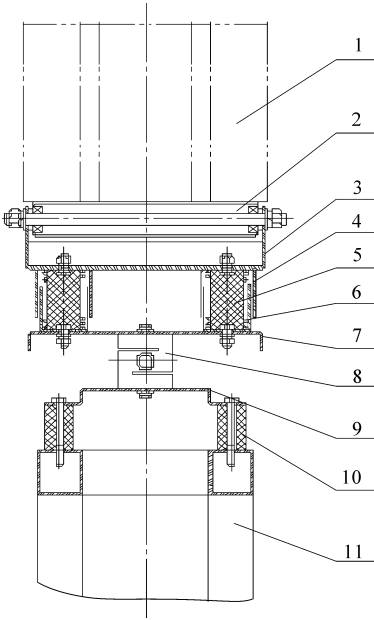


图 3 传感器上、下减震装置示意图

1. 果箱;2. 托辊;3. 托辊支撑板;4. 伸缩导向柱;5. 橡胶海绵垫;
6. 缓冲弹簧;7. 传感器上固定板;8. 质量传感器;
9. 传感器下固定板;10. 下减震垫;11. 计量秤支架
- Fig. 3 Schematic of fluctuating shock absorbing equipment
1. Fruit box;2. Supporting roller;3. Mounting plate of roller;
4. Guiding post;5. Spongy cushion;6. Buffer spring;7. Up plate of
sensor;8. Weighing sensor;9. Down plate of sensor;
10. Down shock adsorption cushion;11. Frame

5)在电子减震方式上,采用质量传感器输出后加电容等方法,可消除波峰带来的影响。

6)完善 PLC 程序,消除冲击波峰带来的影响。程序中采用斜率和平均值综合方法,具体做法是在 PLC 多次相同时间间隔对质量传感器进行采样,采

样分别为 D1、D2、D3,新采集的数据放入 D1,D1→D2,D2→D3,依次采集,当 $D2-D1=0$ 且 $D3-D2=0$ 时,认为成功采集 1 次数据。本程序将成功采集的 10 个数进行平均,得出的结果作为输出数据。

3 实证分析

3.1 冲击试验

柑桔下落时,对质量传感器的冲击力与柑桔本身的质量、下落高度、初始速度等有关。利用质量传感器将测得的质量信号传输到 PLC 上,测定单个柑桔的下落冲量,结果显示,质量为 105 g 的桔子,下落高度 300 mm 时,平均冲力为 300~560 g;同上单个桔子质量 80 g,下落高度为 300 mm,平均冲力为 220~300 g,即为自身质量的 3~4 倍。

3.2 减震试验

本试验采用浙江省临海市涌泉蜜桔作为试验材料。设定的装箱质量分别为 2 500,5 000 和 10 000 g。采用 4 种减震方式作对比,分别为:①无减震装置;②减震弹簧;③发泡塑料;④减震弹簧+发泡塑料。检测装箱后的实际质量,与设定的装箱质量对比,从而检查 4 种减震方式的减震效果。

在以上 4 种减震措施下,分别做以下 3 组试验:①设定装箱质量 2 500 g,翻转值为 75%(指当果箱质量达到设定质量 75%时大翻转料槽翻转到另一箱);②设定装箱质量 5 000 g,翻转值为 80%;③设定装箱质量 10 000 g,翻转值为 80%。每组试验重复 40 次,以装箱质量误差≤250 g 判定为合格,统计装箱质量的平均值、标准差和合格率,结果见表 1。

表 1 不同减震方式对装箱合格率的影响

Table 1 Impact of different methods of shock adsorption on the qualified rate of packing

减震方式 Shock adsorption method	装箱质量/g Packing load								
	2 500			5 000			10 000		
	平均值/g Mean	标准差/g Standard deviation	装箱合格率/% Qualified rate of fruit packing	平均值/g Mean	标准差/g Standard deviation	装箱合格率/% Qualified rate of fruit packing	平均值/g Mean	标准差/g Standard deviation	装箱合格率/% Qualified rate of fruit packing
无减震 No shock adsorption treat	2 354.75	295.77	52.5	4 853.03	324.16	60.0	9 917.50	290.66	62.5
减震弹簧 Buffer spring treat	2 445.13	208.79	80.0	4 987.88	241.40	80.0	9 985.88	224.80	82.5
发泡塑料 Froth plastics treat	2 487.00	120.21	97.5	4 979.50	137.92	97.5	10 010.00	148.48	95.0
减震弹簧+ 发泡塑料 Buffer spring & froth plastics treat	2 484.80	122.57	98.0	4 995.52	139.64	97.5	10 008.00	146.24	95.0

从表 1 可以看出,无减震装置处理的装箱合格率均低于 65%,弹簧减震处理的装箱合格率达到 80%左右,而发泡塑料减震、弹簧+发泡塑料组合减震处理的装箱合格率均为 95.0%。试验过程中还发现,弹簧+发泡塑料组合减震措施的减震效果与单独采用发泡塑料的效果相当。发泡塑料具有高阻尼性,虽然其减震效果很好,但是由于发泡塑料容易变形,变形后的发泡塑料减震效果明显变小。为此,在减震弹簧的内部加发泡塑料,既能吸收能量,使柑桔的冲击得以迅速缓冲,且又不易变形。

3.3 延时取值试验

采用减震弹簧与发泡塑料结合的缓冲装置后,还有 3%~10%的装箱超出允许偏差(误差>250

g)。因此,需由人工添减水果,以确保其装箱质量在允许偏差范围,并尽可能接近设定的装箱质量。笔者试验发现,不合格装箱的质量误差都在 2 倍的允许偏差之内(250 g<偏差≤500 g)。若每个柑桔单果质量按 100 g 计,则添减数量在 3 个以内,就可使所有的装箱质量在允许误差以内。由于整个计量过程是动态的,实际的装箱质量可能与小翻转料槽翻转时的读数有一定差异。为了得到较为准确的质量,在小翻转料槽翻转后延时一段时间再进行读数计量,并把此读数作为人工是否添减水果的依据。设定装箱质量 5 000 g,翻转值为 80%,延时取值时间分别设定为 0,0.3,0.5 和 1.0 s,试验结果见表 2。

表 2 延时取值对装箱误差的影响
Table 2 Impact of the acquisition overtime on the error of packing

取值延时时间/s Acquisition overtime	PLC 显示质量/g Weight displayed in PLC	实际质量/g Actual weight	绝对差值/g Absolute difference	平均误差/g Mean error
0	4 935	4 970	35	132.2
	4 508	4 740	232	
	4 822	4 880	58	
	4 860	5 120	260	
	5 036	4 960	76	
0.3	4 860	4 905	45	62.2
	5 098	5 185	87	
	5 010	5 045	35	
	4 985	4 900	85	
	4 866	4 925	59	
0.5	4 957	5 000	43	28.6
	4 875	4 855	20	
	4 944	4 970	26	
	4 951	4 900	51	
	4 913	4 910	3	
1.0	4 929	4 920	9	13.6
	5 262	5 250	12	
	5 174	5 155	19	
	5 136	5 115	21	
	5 042	5 035	7	

从表 2 可看出,延时 0.5~1.0 s 时,传感器读数即可达到稳定状态,平均误差均较低,所以本设备采用在小翻转料槽翻转后,延时 0.5~1.0 s 读取传感器的数值,且连续读取的 3 个数值相同,才作为最终质量输出值,判断装箱质量是否符合要求(不符合装箱要求的给出报警信号),同时计算误差的水果个数,并输出到 PLC 显示器上,作为人工添减水果数量的依据。

另外在称量时,如果主机架与计量秤支架相联,大、小翻转料槽翻转时产生的振动会影响传感器的读数,有可能会造成误判断,引起误动作,降低装箱合格率。本试验把计量秤支架与主机架分离,所有

的信号及控制线都采用软联接,这样可消除振动对传感器的影响。

4 结 论

本研究开发的水果自动装箱设备,可以组装在水果商品化生产线上,替代人工装箱计量,减轻劳动强度,提高生产效率。通过对比试验,确定采用减震弹簧+发泡塑料的减震措施,装箱合格率可达 95.0%。通过完善 PLC 算法,采用延时取值时间可以降低读数误差,延长时间以 0.5~1.0 s 为宜。经过 PLC 的计算提醒功能,对少数不符合误差要求的果箱由人工添减水果,可有效修正装箱误差,从而使

装箱合格率达到 100%。

[参考文献]

- [1] 袁巧霞,陈 红.果品采后商品化处理与我国水果业的持续发展[J].粮油加工与食品机械,2002(11):25-27.
Yuan Q X, Chen H. Commercializing treatment for postharvested fruits and sustainable development of domestic fruit industry[J]. Grain-oil processing and food machinery, 2002 (11):25-27. (in Chinese)
- [2] 李建华.水果采后商品化处理技术[J].中国农村科技,2003(9):39-40.
Li J H. Commercializing treatment technology of postharvested fruits[J]. China Rural Science and Technology, 2003(9):39-40. (in Chinese)
- [3] 王春生,李建华.水果采后的商品化处理综述[J].中国果菜,2001(4):8-9.
Wang C S, Li J H. Overview on commercializing treatments for postharvested[J]. China Fruit and Vegetable, 2001(4):8-9. (in Chinese)
- [4] 戴桂芝,王兆玉,郑丽英.谈果品采后商品化处理[J].西北园艺,2004(5):5-6.
Dai G Z, Wang Z Y, Zheng L Y. On commercializing treatments for postharvested fruits[J]. Northwest Horticulture, 2004(5):5-6. (in Chinese)
- [5] Miller W M, Drouillard G P. Multiple feature analysis for machine vision grading of Florida citrus[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2001, 17(5):627-633.
- [6] Blasco J, Aleixos N, Moltó E. Machine vision system for automatic quality grading of fruit[J]. Biosystems Engineering, 2003, 85(4):415-423.
- [7] Brosnan T, Sun D W. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems- a review[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36:193-213.
- [8] 邓军蓉,何坪华.国外果品商品化处理简况[J].中国果树,2005(1):61-62.
Deng J R, He P H. General situation of fruit commercializing treatments abroad[J]. China Fruit Tree, 2005(1):61-62. (in Chinese)
- [9] 邓良平.水果产后商品化处理设备现状与发展方向[J].粮油加工与食品机械,2000(6):7-8.
Deng L P. Status quo and developing trends of the treatment machines for postharvested fruits[J]. Grain-oil processing and food machinery, 2000(6):7-8. (in Chinese)
- [10] 阎庚力,姜树利.冻饺子自动计量机构的研制[J].农机与食品机械,1997(3):26.
Yan G L, Jiang S L. Development of automatic dosing mechanism for freezed dumpling[J]. Agricultural machinery and food machinery, 1997(3):26. (in Chinese)
- [11] 王 莉. FJZ-500 型水果质量分级机称量误差理论分析[J].农业机械学报,1997,28(1):89-93.
Wang L. Theoretical analysis on weighing errors of FJZ-500 fruit grader[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1997, 28(1):89-93. (in Chinese)
- [12] 翟军强.新型杠杆式自动计量包装秤的设计思路[J].青海科技,2006,13(3):34-36.
Zhai J Q. Design proposal of new level-type autoweighing packing scale[J]. Qinghai Science and Technology, 2006, 13(3):34-36. (in Chinese)
- [13] 刘俊杰,李国林,杨存志,等.重力式计量包装机的设计与研究[J].农机化研究,2006(6):133-135.
Liu J J, Li G L, Yang C Z, et al. Design and research on the gravity metering packer[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(6):133-135. (in Chinese)
- [14] 伍庆伦.微电脑水泥自动计量包装机控制系统[J].机械,1989,16(4):49-50.
Wu Q L. Control system of microcomputer cement autoweighing packer[J]. Journal of Machinery, 1989, 16(4):49-50. (in Chinese)
- [15] 王 军,卢立新,李春飞,等.果品减振包装设计[J].江南大学学报,2007,6(4):451-454.
Wang J, Lu L X, Li C F, et al. Anti-vibration packaging design of fruits[J]. Journal of Southern Yangtze University, 2007, 6(4):451-454. (in Chinese)
- [16] 李晓娟,孙 诚,宋海燕.果品机械损伤及运输包装的研究[J].中国包装,2007,27(5):83-86.
Li X J, Sun C, Song H Y. Research on fruits mechanical damage and package for transport[J]. China Packaging, 2007, 27(5):83-86. (in Chinese)