

颗粒包装秤定量速度最大化试验与分析

胡汪洋, 曹成茂, 孙惠琳
(安徽农业大学, 合肥 230036)

摘要: **目的** 使颗粒包装秤定量速度最大化。**方法** 从减小定量周期的角度分析影响定量速度的主要因素, 利用 DB8320 型立式颗粒包装秤设置不同给料速度和粗、精给料切换方式进行多组实验。根据实验结果用 Matlab 软件曲线拟合出各变量之间的非线性回归方程, 并由已知参数和定量周期公式计算出粗、精给料量和给料速度, 设置包装秤为该最佳给料方式再次称量, 并与不同方式下的测量数据进行对比分析。**结果** 实验结果表明采用上述给料方式后称量 10 kg 丝苗米平均定量周期为 5.48 s、精度为 0.29%。**结论** 优化的给料方式能在保证精度要求的同时明显提高了定量速度。

关键词: 颗粒包装秤; 定量速度; 精度; 给料方式; 曲线拟合

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)19-0121-07

Test and Analysis of Granule Packing Scale Quantitative Speed Maximization

HU Wang-yang, CAO Cheng-mao, SUN Hui-lin
(Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

ABSTRACT: The work aims to maximize the quantitative speed of particle packing scale. The main factors affecting the quantitative speed were analyzed from the perspective of reducing the quantitative period. Different feeding speed and the coarse and fine feed switching modes were set for numerous experiments by using DB8320 type granule packing machine. According to the test results, Matlab software was used to fit the nonlinear regression equation between the variables. The coarse and fine feeding amount and the feeding speed were calculated with the known parameters and the quantitative period formula. The best feeding mode was set and weighing was made again. Then measured data of other different modes were compared and analyzed. The results showed that quantitative average period was 5.48 s and the precision was 0.29% while weighing 10 kg rice with the above best methods. In conclusion, the quantitative speed was significantly improved under the premise of ensuring accuracy through experiments and optimum feeding mode by mathematical optimization.

KEY WORDS: granule packing scale; quantitative speed; accuracy; feeding mode; curve fitting

颗粒包装秤是针对颗粒状、流动性较好的物料设计而成的包装秤, 具有称量精度高, 操作简单方便、可靠性强等特点, 广泛应用于饲料、粮食、食品、种子、精细化工等行业。衡量一台包装秤效果的技术指标主要是测量精度和定量速度, 而这两者

之间是相互矛盾的关系, 较高的测量精度必然导致定量速度的降低, 而同时提高速度和精度通常只有在硬件上进行改进^[1]。例如 SCHENCK 扭环式称量传感器 RTN 0.05/330T, 它的精度高且量程大, 但其成本也高, 不满足国内大范围的使用。随着包装

收稿日期: 2016-05-05

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划 (2012BAD14B13); 安徽省农业机械管理局富民工程科技攻关项目 (2014)

作者简介: 胡汪洋 (1994—), 男, 安徽东至人, 安徽农业大学硕士生, 主攻机电业一体化。

通讯作者: 曹成茂 (1964—), 男, 安徽六安人, 安徽农业大学教授、博导, 主要研究方向为智能检测与控制技术及农业机械化工。

机械行业的迅速发展,对定量包装技术的要求越来越高,对于大规模生产的企业来说,速度快且精度高的包装设备无疑能够减少大量成本,因此对包装秤定量速度和测量精度的研究是一项重要的课题。目前国内对包装秤的大部分研究都是关于如何提高测量精度的,对定量速度的研究文献较少^[2-3]。

定量速度是指包装秤称量单位质量物料所用时间的长短,一般单位为包(袋)/min,因此减小定量所需时间即可提高定量速度,定量过程是包装全过程的主要部分,提高定量速度就意味着提高包装速度。这里选取 DB8320 型立式颗粒包装秤作为实验对象^[4],主要通过实验和数学算法优化给料方式,达到缩短定量周期的目的,从而提高包装秤定量速度。

1 包装秤结构及工作原理

1.1 结构组成

定量包装秤的结构组成包括储料仓、给料装置、称量控制系统、卸料夹袋及其他相关辅助机构,各机构相互配合,按照要求完成整个包装过程。影响定量速度和测量精度的关键部件是称量控制系统,它包括了称量斗、承重支架、称量传感器、PLC、触摸屏、电机等;给料装置与气动控制的截料门配合下料仓动作,实现分级给料;卸料夹袋机构同样由气动控制,配合控制单元的反馈信号按照预设程序进行操作。某定量包装秤结构见图 1^[5-6]。

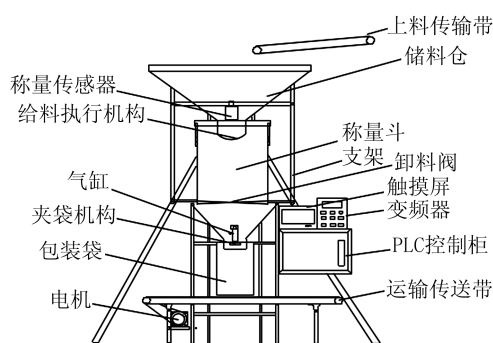


图1 某定量包装秤结构

Fig.1 Structure diagram of a quantitative packing scale

1.2 工作原理

先将包装袋套于卸料斗上并由夹袋机构夹紧,当进入工作状态后,由变频器控制上料传输带开始

下料,控制系统打开给料执行机构,该给料装置通过气动控制截料门位置改变下料口尺寸从而实现粗、精两级给料;称量传感器将采集到的质量模拟信号转变为数字信号输入控制系统;当检测到称量数值达到预设值时,控制系统将信号反馈至给料执行机构、卸料阀和夹袋机构并及时动作,当称量达到最终设定值后包装袋落到传输带上运至下一个工位,一个周期结束,自动开始下一袋的包装。

2 影响定量速度的因素

2.1 给料量与称量时间

根据给料量和工作时间的关系及定量包装秤的工作原理可以绘制出称量曲线,见图 2^[7-10]。 $0-t_0$ 表示下一包装周期稳定、回零时间; t_0-t_1 表示粗给料时间;在前一级给料即将结束时称量值会瞬间变大,根据冲量公式 $Ft = mv_1 - mv_2$ 可知, v_1 和 v_2 差值越大, F 越大,这一过程称为过冲现象,为避免过冲现象时出现的虚假波峰值应设置 t_1-t_2 冲量禁止判别时间(用 t_f 表示),且禁止判别时间不能过长,一般取 $0.3 \sim 0.5$ 之间; t_2-t_3 表示波峰值回落后称量斗还会持续轻微震荡一段时间,此时称量仍处于不稳定动态称量状态(用 t_p 表示); t_3-t_4 表示震荡过程结束,开始以 v_2 稳定精给料速度给料,此时称量状态趋向于静态称量(用 t_q 表示); t_4-t_5 表示待称量达到设定的目标称量值后立即打开卸料门开始卸料。由于包装秤稳定回零时间、禁止判别时间以及卸料时间基本是固定的,所以文中主要从优化给料速度和粗、精给料切换方式的角度来分析如何缩短定量周期,即图 2 中 t_0-t_4 阶段。

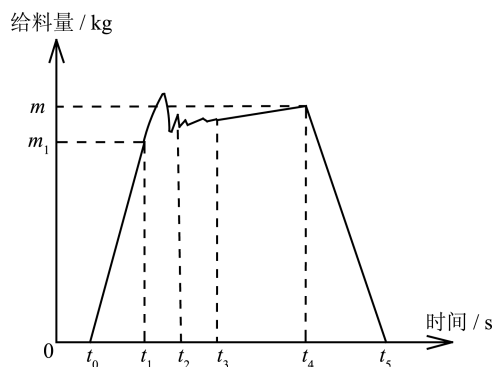


图2 给料量与称量时间变化曲线

Fig.2 Curve of feeding amount and weighing time

2.2 给料速度

给料口单位时间内通过的给料量称为给料速度，给料速度越快则定量时间越短、误差越大，但要保证误差在精度要求范围内就必须使精给料速度很小，而给料口的通过能力对给料速度有着很大的影响，具体可由下面的公式计算^[11]。

对矩形给料口：

$$m=1.03\rho\cdot g^{0.5}(l-f_p\cdot d)(b-f_p\cdot d)^{1.5}f_h$$

对圆形给料口：

$$m=0.58\rho\cdot g^{0.5}(D_0-f_p\cdot d)^{0.25}f_h$$

式中： m 为给料口的通过能力； ρ 为物料的堆密度； g 为重力加速度； f_p 为物料的形状系数，对于球形颗粒， $f_p=1.6$ ；对于非球形颗粒， $f_p\approx 2.4$ ； d 为颗粒直径； f_h 为角度系数 $\tan \beta^{-0.55}$ ， β 为料斗中心线与料斗壁的夹角，当 $\beta<45^\circ$ 时， β 按料斗休止角计算；当 $\beta>45^\circ$ 时， $f_h=1.0$ ； l 和 b 表示矩形出料口的长度、宽度； D_0 表示圆形出料口的直径。

给料速度可通过调节给料口尺寸大小来改变，这里选用的包装秤采用的是气动执行机构，优点在于执行速度快，使用较方便，并且可以通过调节截料门位置改变给料口下料尺寸来实现不同速度给料^[12]。

2.3 粗、精给料切换方式

一般的两级给料机构为当粗给料达到设定值的 90%左右时，切换为精给料继续完成剩下 10% 的给料。粗给料量越接近设定值，总定量时间越短，若要求测量精度高，则应保证精给料时间。确定最佳给料切换方式就是确保精度的最小精给料量。在实际工作过程中，有以下几个方面对精给料过程造成影响。

1) 过冲现象对测量结果会造成较大影响，目前主要有 2 种改善方法：设置冲量禁止判别时间 t_f ，以避免瞬间虚假波峰值；采用增加一级给料的方式，减小前一级的给料速度从而降低过冲的影响^[13]，但这种方法使得称量结构复杂、成本增加且不易把握最佳切换时间。

2) 粗给料切换到精给料需要足够长的稳定时间 t_p 才能保证测量精度不受称量斗震荡的影响，且前一级粗给料速度 v_1 越大，对称量斗造成的震荡影响也越大，所需稳定给料时间越长^[14]，这两者之

间存在一定的变量关系，通过实验方法可找出这一关系式。

3) 粗给料过程会产生定量误差 Δm_1 ，为避免出现由于误差叠加导致精给料过程未结束就已经达到称量目标值，精给料量必须要大于粗给料误差值 Δm_1 ，保证误差值稳定前精给料过程还在继续^[15]。最小精给料量必须大于或等于这三者之和，即 $m_2\geq \Delta m_1+v_2(t_f+t_p+t_q)$ ， v_2 为精给料速度。

3 实验

3.1 材料

丝苗米（长粒形籼稻优质稻米，米粒型宽长比 $\geq 2:8$ ，长度 5.4~6.6 mm，千粒质量 ≤ 12.59 g）、计时器、计算器、合肥中联 DB8320 型立式包装秤，通过液晶触摸屏监控并显示实时质量，称量系统通过使用 JLBS-P 铝合金 S 型称量传感器（量程 0~10 V）输出质量信号，采用 16 位 BSQ-2 变送器，整个系统稳定可靠，包装效果良好。

3.2 方法

根据上文的分析，要得出给料速度 v 和定量误差 Δm 的关系和精给料速度 v_1 与动态震荡时间(t_f+t_q)的关系，分 3 个步骤：调节给料口落料尺寸分为 1~10 档，分别测量每一档称量 10 kg 丝苗米所用的时间和实际质量，为提高准确性，每档分别测 5 组后取平均值，将实际质量除以称量时间即为此时的给料速度，而实际质量会大于 10 kg 是因为在给料截止后称量斗中还有部分空中料柱处于下落状态，测量数据见表 1；对以上 10 组测量数据可用 Matlab

表 1 称量 10 kg 丝苗米实验测量数据
Tab.1 Measuring data of 10 kg silk seedling rice

序号	平均实际 称量/kg	平均时间 /s	给料速度 /(kg·s ⁻¹)	误差 /kg
1	10.019	48.40	0.207	0.019
2	10.021	41.24	0.243	0.021
3	10.039	34.03	0.295	0.039
4	10.071	27.29	0.369	0.071
5	10.146	19.74	0.514	0.146
6	10.255	12.57	0.816	0.255
7	10.338	8.42	1.228	0.338
8	10.442	5.76	1.814	0.442
9	10.541	3.84	2.747	0.541
10	10.892	2.77	3.928	0.892

软件计算关于给料速度和误差的 n 次多项式回归方程^[16-17]，根据所求关系式求出保证精度要求的

最大精给料速度 v_2 ; 调节粗给料速度 v_1 (较大) 进行称量, 记录从 v_1 切换到 v_2 所需要的动态震荡时间(t_f+t_q)并得出回归方程, 由公式计算出最佳给料方式的相关参数, 对包装秤设定该参数进行试验验证, 将不同给料方式下测得的定量周期进行对比分析。

4 结果与分析

4.1 给料速度与定量误差的曲线关系

根据表 1 数据, 可以在 Matlab 中调用 polyfit 函数对给料速度和定量误差进行拟合, 它的基本调用格式为 $P=\text{polyfit}(x,y,n)$, 表示用 n 次多项式拟合数据点 $[x_i, y_i]$ 。其中 x 为给料速度, y 为误差。在 Matlab 命令窗口输入以下命令:

```
>> x = [0.207 0.243 0.295 0.369 0.514 0.816  
1.228 1.814 2.747 3.928];
```

```
>> y = [0.019 0.021 0.039 0.071 0.146 0.255  
0.338 0.442 0.541 0.892];
```

```
>> P = polyfit(x,y,3)
```

输出结果为:

```
P = 0.0380 -0.2399 0.6114 -0.1126
```

n 的值分别取了 2~6 次, 对比每种函数形式的拟合程度, 得出 n 取 3 次时拟合程度最好, 因此给料速度和定量误差拟合的回归方程为 $\Delta m = 0.038v^3 - 0.2399v^2 + 0.6114v - 0.1126$, 回归曲线见图 3。

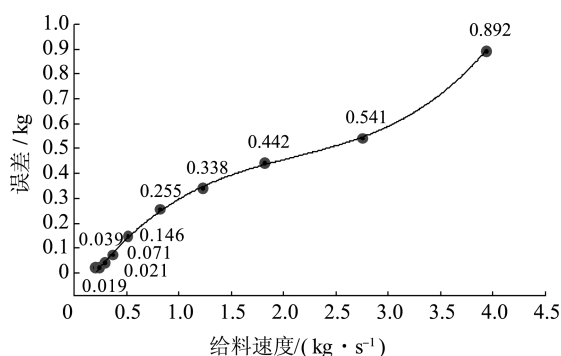


图 3 给料速度与误差变化曲线

Fig.3 Curve of feeding speed and error

4.2 粗给料速度与动态震荡时间变化曲线

从给料速度与误差变化曲线分析, 给料速度与误差呈正相关关系, 且当给料速度小到一定程度后误差变化幅度开始减小, 逐渐趋向于 0.02 kg 左右。根据 JJF 1070—2005 定量包装商品净含量计量检

验规则^[18], 称量 10 kg 物料的精度要求在 0.3% 以内。计算出当要求精度为 $\Delta m=0.03$ kg 时, 最大精给料速度 v_2 为 0.258 kg/s, 且此时测定保证精度最小静态稳定称量时间 $t_q=0.8$ s。调节给料速度进行多次实验, 记录从 v_1 切换到 v_2 所需要的动态震荡时间 t_f-t_p , 见表 2, 其中 t_a 为平均时间。

表 2 粗给料速度与动态震荡时间记录

Tab.2 The feeding speed and error record of different groups

序号	粗给料速度 (kg·s ⁻¹)	t_1 /s	t_2 /s	t_3 /s	t_4 /s	t_5 /s	t_a /s
1	1.228	0.40	0.41	0.41	0.42	0.41	0.41
2	1.814	0.88	0.86	0.87	0.89	0.88	0.88
3	2.747	1.61	1.62	1.64	1.60	1.61	1.62
4	3.928	2.63	2.60	2.61	2.60	2.61	2.61

利用 Matlab 软件对粗给料速度和动态震荡时间进行拟合, 再次调用 polyfit 函数, a 表示粗给料速度, b 表示动态震荡时间, 因为从散点图来看离散点分布几乎趋向于一条直线, 因此 n 在这里取 1 次, 在 Matlab 命令窗口输入以下命令:

```
>> a = [1.228 1.814 2.747 3.928];
```

```
>> b = [0.41 0.88 1.62 2.61];
```

```
>> P = polyfit(a,b,1)
```

输出结果为:

```
P = 0.8138 -0.5969
```

可以得到拟合的回归方程为 $t_f+t_p=0.8138v_1-0.5969$, 回归曲线见图 4。

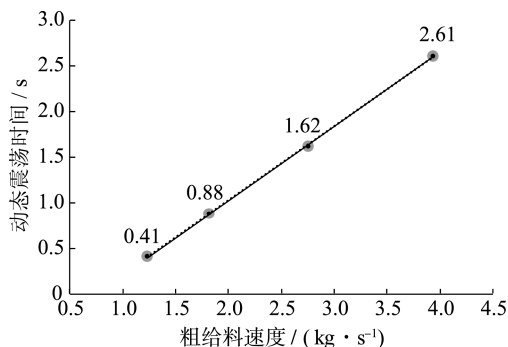


图 4 粗给料速度与动态震荡时间变化曲线

Fig.4 Curve of coarse feeding speed and dynamic oscillation time

4.3 最佳给料方式计算

根据上文分析, 理论上包装秤的定量周期计算式为:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{m - m_2}{v_1} + \frac{m_2'}{v_2} =$$

$$\frac{m - \Delta m_1 - v_2(t_f + t_p + t_q)}{v_1} + t_f + t_p + t_q$$

式中: v_1 , v_2 为粗、精给料速度; t_1 , t_2 为粗、精给料时间; t_f 为冲量禁止判别时间; t_p 为避开虚假波峰值后持续的动态震荡时间; t_q 为保证精度要求的最小静态稳定称量时间; Δm_1 为粗给料速度 v_1 对应的误差, m 为目标称量值, m_2 , m_2' 分别为预设精给料量和实际精给料量; T 为定量周期, 且应使 T 的值最小。代入数据得: $T = \frac{10.267}{v_1} - 0.038v_1^2 +$

$$1.0537v_1 - 0.6183$$

这样就得到关于定量周期和粗给料速度的方程, 显然只要求出最小周期 T 对应的粗给料速度 v_1 即可。接下来用 Matlab 解析法和图解法求解函数极值^[19-20], 调用 `ezplot()` 函数, 在 Matlab 命令窗口输入以下命令:

```
>> syms v; f=-0.038*v^2+1.0537*v-1.4183+
10.267*v^(-1);
>> f1=diff(f,v);
>> ezplot(f1,[0,4])
>> v0=solve(f1),ezplot(f,[0,4])
>> eval(v0)
ans =
    3.6338
>> f2=diff(f1); b=subs(f2,v,v0)
>> eval(b)
ans =
    0.3519
>> v=3.6338; -0.038*v^2+1.0537*v-0.6183+
10.267*v^(-1)
ans =
    5.5343
>> v=3.6338; 0.038*v^3-0.2399*v^2+0.6114*
v-0.1126
ans =
    0.7647
```

由程序生成的定量周期一阶导函数曲线和定量周期函数曲线见图 5—6。计算可得, 当 $v_1=3.634$ kg/s 时, 定量误差值 $\Delta m_1=0.765$ kg, 最小定量周期 $T=5.53$ s, 粗给料时间 $t_1=2.32$ s, 预设粗加料量 $m_1=8.42$ kg, 实际粗加料量 $m_1'=m_1+\Delta m_1=9.185$ kg, 精给料时间 $t_2=t_f+t_p+t_q=3.16$ s, 实际精给料量 $m_2'=v_2t_2=0.815$ kg。

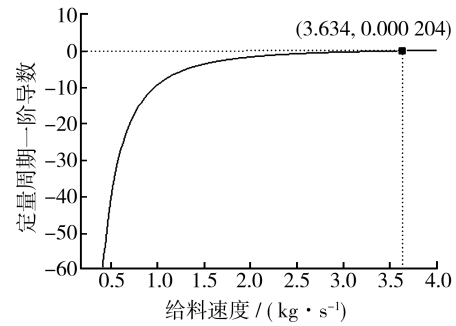


图 5 定量周期一阶导函数曲线

Fig.5 Quantitative period first-order derivative curve

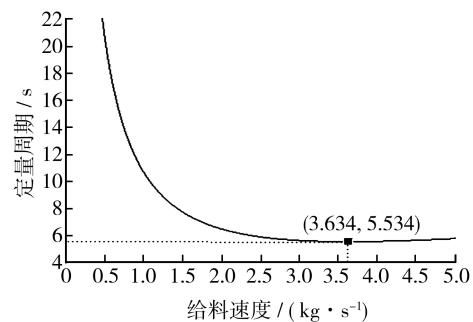


图 6 定量周期函数曲线

Fig.6 Quantitative period function curve

4.4 试验验证

为验证上述算法得出的最佳给料方式的有效性, 对包装秤称量控制系统设置了 4 组不同给料方式进行称量实验并记录数据, 见表 3。方式 1 应用了上文计算的最佳给料切换方式; 方式 2 采用了与方式 1 相同的粗、精给料量, 不同的粗、精给料速度; 方式 3 采用了与方式 1 相同的粗、精给料速度, 不同的粗、精给料量; 方式 4 采用了与方式 1 不同的粗、精给料量, 不同的粗、精给料速度, 但保证测量精度。实际测量数据与理论计算数据存在小范围的偏差, 但基本一致, 不影响验证分析。

从给料方式 2 和方式 3 的测量结果可以看出, 虽然提高粗给料速度或增加粗给料量可以较明显地缩短定量时间, 但是无法保证测量精度在要求的 0.03 kg 以内, 误差分别达到了 0.064 和 0.089 kg, 这 2 种情况下称量都没有满足最小精给料量, 方式 4 降低了粗给料速度和粗给料量, 虽然精度基本达到了要求, 但定量周期相比方式 1 增加了 0.34 s。

表 3 不同给料方式所需定量时间对比
Tab.3 The quantitative time comparison of different feeding methods

给料 方式	粗给料过程				精给料过程				定量 周期 /s	误差 /kg
	粗给 料量/kg	实际粗给 料量/kg	粗给料 时间/s	粗给料速度 /(kg·s ⁻¹)	精给 料量/kg	实际精 给料量/kg	精给料 时间/s	精给料速度 /(kg·s ⁻¹)		
1	8.420	9.182	2.32	3.634	1.580	0.818	3.16	0.258	5.48	0.029
2	8.420	9.352	2.20	3.821	1.580	0.648	2.51	0.258	4.71	0.064
3	8.711	9.468	2.41	3.634	1.289	0.532	2.06	0.258	4.47	0.089
4	8.532	9.132	2.46	3.475	1.468	0.868	3.36	0.258	5.82	0.031

5 结语

文中分析了影响颗粒包装秤定量速度的主要因素,提出了通过优化给料速度和粗、精给料切换方式来缩短定量周期,从而提高定量速度;给料速度与误差及动态震荡时间之间存在一定的关系,且实验中发现粗给料速度与动态震荡时间几乎成线性关系,可运用 Matlab 软件拟合出关于 2 个变量的回归方程;给出了最小精给料量和定量周期的理论计算公式,并详述了运用 Matlab 软件求解最佳给料方式相关参数的方法。从实验结果表明,利用上述最佳给料方式进行定量包装确实可在保证精度的要求下缩短定量周期。该方法还可应用于其它同类型的包装秤,便于提高工作效率。

参考文献:

- [1] MEAD N. Fruit Packing Machine Brings Improved Speed and Accuracy[J]. Automation, 2012(3): 54—59.
- [2] 付又香. 我国食品和包装机械的技术创新[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 150—153.
FU You-xiang. To Discuss the Technological Innovation of Food and Packaging Machinery in China[J]. Food and Machinery, 2009, 25(3): 150—153.
- [3] 樊勇, 徐海飞. 高速小袋包装机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2016, 37(1): 125—129.
FAN Yong, XU Hai-fei. Design of Control System of High Speed Packaging Machine for Small Packages[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(1): 125—129.
- [4] 孙惠琳, 曹成茂. DB8320 型立式包装机称量控制系统的研究与改进[J]. 农机化研究, 2016, 38(7): 142—146.
SUN Hui-lin, CAO Cheng-mao. Research and Improvement of DB8320 Packaging Machine Weighing Control System[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2016, 38(7): 142—146.
- [5] 陆佳平. 螺旋式定量包装秤的研究[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 29—32.
LU Jia-ping. Study on the Screw Feeding Gravimetric Filling Machine[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 29—32.
- [6] 缪刚, 韩震宇, 温显超. 电子定量包装秤系统设计[J]. 机械设计与制造, 2011(3): 25—27.
LIAO Gang, HAN Zhen-yu, WEN Xian-chao. Electronic Quantitative Packing Machine System Design[J]. Machinery Design & Manufacture, 2011(3): 25—27.
- [7] BERGEIJK J V, GOENSE D, WILLIGENBURG L V, et al. Dynamic Weighing for Accurate Fertilizer Application and Monitoring[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 80(1): 25—35.
- [8] 崔英欣. 用软件方法提高定量包装秤精度和速度[J]. 衡器, 2010(6): 12—17.
CUI Ying-xin. Using of the Method of Software to Improve the Precision and Speed of Quantitative Packaging Scale[J]. Weighing Apparatus, 2010(6): 12—17.
- [9] 于振中, 郑为凑, 丁亮, 等. 动态高精度伺服称重计量秤及其智能 PID 控制[J]. 计量学报, 2013, 34(3): 56—61.
YU Zhen-zhong, ZHENG Wei-cou, DING Liang, et al. Servo Electro Scale for High Precision Dynamic Weighing with Intelligent PID Controller[J]. Journal of Metrology, 2013, 34(3): 56—61.
- [10] JEONG Y M, KIM Y S, KIM S S, et al. Construction of an Automation System for the Inspection and Packing Processes of a Screw/Bolt Production Line[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2013, 27(6): 1825—1834.
- [11] 陈好学. 谈影响定量包装秤包装速度的几个问题[J]. 衡器, 2004(5): 38—40.
CHEN Hao-xue. To Discuss Several Problems of Affecting the Packing Speed of Quantitative Packing Scale[J]. Weighing Apparatus, 2004(5): 38—40.
- [12] 蒙贺伟, 高振江, 坎杂, 等. 等径变螺距奶牛精确饲喂给料装置设计与试验[J]. 农业工程学报, 2011,

- 27(3): 103—107.
- MENG He-wei, GAO Zhen-jiang, KAN Za, et al. Design and Experiment on Dairy Cow Precision-Feeding Device Based on Equal-Diameter and Variable-pitch[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2011, 27(3): 103—107.
- [13] 马丽娟. 模糊控制算法在定量包装机中的应用[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 92—94.
- MA Li-juan. Application of Fuzzy Control Algorithm in Quantificational Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 92—94.
- [14] HALIMIC M, BALACHANDRAN W, HODZIC M, et al. Performance Improvement of Dynamic Weighing Systems Using Linear Quadratic Gaussian Controller[C]//IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference, 2003.
- [15] 苏俊明, 李振亮, 李亚, 等. 称重式包装机两级给料最优切换点的确定方法[J]. 食品与机械, 2015(1): 99—103.
- SU Jun-ming, LI Zhen-liang, LI Ya, et al. Determination on Optimal Switching Point of Two-Stage Feeding in Weighing Packing Machine[J]. Food and Machinery, 2015(1): 99—103.
- [16] 王正林, 龚纯, 何倩. 精通 Matlab 科学计算[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- WANG Zheng-lin, GONG Chun, HE Qian. Proficient in Matlab Scientific Computing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
- [17] 李晓刚. 基于 Matlab/Simulink 的缓冲包装系统动态响应及影响因素分析[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 65—69.
- LI Xiao-gang. Analysis of Dynamic Response and Influencing Factors of Cushioning Package Based on Matlab/Simulink[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 65—69.
- [18] JJF 1070—2005, 定量包装商品净含量计量检验规则[S].
- JJF 1070—2005, Rules for the Measurement of the Net Content of Quantitative Packaging Products[S].
- [19] 薛定宇, 陈阳泉. 高等应用数学问题的 Matlab 求解[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- XUE Ding-yu, CHEN Yang-quan. Advanced Applied Mathematical Problem Solutions with Matlab[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [20] 高波, 张晓桂. 结合 Matlab 仿真的可视化包装机械创新设计[J]. 包装工程, 2006, 27(6):43—45.
- GAO Bo, ZHANG Xiao-gui. Visual Innovation Design of Packaging Machine with Matlab Simulation[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6):43—45.