

充气包装气体充填量的 PID 控制

郝玉龙^{1,2}, 徐伟民²

(1. 湖北水利水电职业技术学院, 武汉 430070; 2. 武汉工业学院, 武汉 430023)

摘要: 分析了影响充气包装气体充填量的因素, 对于特定批量产品进行充气包装时, 提出了 PID 控制充填量的方法, 给出了 PID 控制模型和实现方法。杭椒和切片莲藕臭氧充气包装试验表明, 利用 PID 控制气体充填量, 可以提高充填精确度, 延长货架寿命期。

关键词: 充气包装; 充填量; PID 控制

中图分类号: TB485. 2; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)07-0040-03

PID Control of Gas Filling Quantity of Gas Packaging

HAO Yu-long^{1,2}, XU Wei-min²

(1. Hubei Water Resources Technical College, Wuhan 430070, China; 2. Wuhan Polytechnic University Industrial, Wuhan 430023, China)

Abstract: The influencing factors of gas filling quantity were analyzed. The method of filling quantity PID control was put out for gas packaging of particular batch products. The controlling model and realization method by PID were given. Hangzhou pepper and sliced lotus root ozone gas packaging were tested with the method. The results showed that the accuracy of filling quantity is improved and shelf life is extended.

Key words: gas packaging; filling quantity; PID control

充气包装是指在产品装入气密性包装容器后, 先抽真空再充入保护性气体(一般是 CO_2 和 N_2), 或是不抽真空直接用保护性气体置换包装中的空气, 然后将包装密封, 从而达到保护产品、延长保质期的目的^[1]。充气包装目前大多应用在食品包装中, 以延长食品的货架寿命。国内外就充气包装的研究主要集中在以下几个方面: 果蔬气调保鲜机理的研究; 果蔬呼吸模型的建立; 不同果蔬气调包装最佳的气体组分混合比例等。对充气包装气体充填的精确控制的研究基本上还是空白, 因此, 笔者分析影响充气包装气体充填量的因素, 对于特定批量产品充气包装的气体充填量进行 PID 控制, 通过实验对比研究 PID 控制能否提高充填精度, 进而提高充气包装的质量。

1 影响充气包装气体充填量的因素

充气包装的气体充填量与诸多因素有关: (1) 包

装材料的渗透性, 用透气系数表征, 是气调包装 (MAP) 设计的一个重要的参数^[2]; (2) 包装产品 (农副产品) 的呼吸特性, 正确的呼吸强度模型是 MAP 设计的理论指导^[3]; (3) 包装产品质量不同需要充填的气体量也是不同的; (4) 所充气体混合比例, 例如采用 0.055 mm 厚的 LDPE 膜对番茄进行主动气调包装, 混合气体组分为 (体积分数)^[4] 5% O_2 / 0% CO_2 / 95% N_2 , 其混合气体充填量影响保鲜效果; (5) 储藏运输环境等。

如果给定一种特定的农副产品, 根据其呼吸强度模型就可以选择合适的包装材料, 结合保质效果选择最佳的气体混合比例, 综合考虑储藏运输环境等可以准确计算出气体充填量。然而对于同一批产品, 它们的质量并不一定完全一样, 包装袋也不一定完全一样, 如果按照利用理论计算的充填量去充填, 这一批产品的单件货架寿命期必然是不同的。

收稿日期: 2011-01-13

基金项目: 湖北水利水电职业技术学院产学研合作项目 (2010shfwA03); 湖北省教育厅科研计划重点项目 (20080100)

作者简介: 郝玉龙 (1979—), 男, 河北张家口人, 硕士, 湖北水利水电职业技术学院讲师, 主要从事保鲜包装技术及机械设计理论研究。

2 气体充填量动态调节方法

2.1 常规充填量调节方法

常规充填量调节大多数采用称重式调节法,对批量充填中的单件差异不加考虑,只需控制所设定的基本充填量恒定即可。其控制方法比较简单,一般采用充填前一次调节,也有采用 PID 控制调节;但这些调节方法均忽略了单件差异,包装效果不好,次品率高。

2.2 考虑单件差异的充填量调节流程

对同一批产品假设其包装袋规格完全相同,所充气体混合比例恒定,则充填量完全取决于包装产品的质量,然而即使是同一批产品各产品的质量也有差异,但这种差异又不大。其质量为 $m \pm \Delta m$,先根据基本质量 m 设定基本充填量 Q_{JBCT} ,然后根据差异 Δm 动态调整实际充填量 Q_{CT} ,同时一旦调整了实际充填量,其在这个产品的包装中应保持恒定。调整流程见图 1。

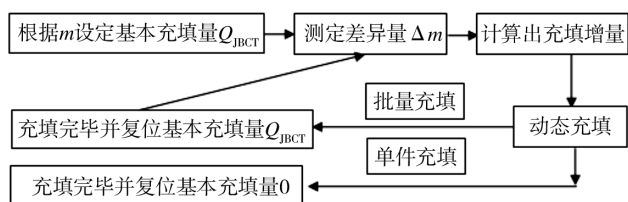


图 1 气体充填量调节流程

Fig. 1 Adjustment flow chart of gas filling quantity

在调整过程中有 2 个关键问题:对批量充填中每个单件都必须在测定后进行调整;对每个单件的充填量又必须是恒定。

2.3 PID 自动调节方法

2.3.1 PID 控制简介

PID 控制即比例、微分、积分控制,是目前应用于自动系统中最普遍的一类控制技术。它利用数学方程或逻辑表达式来实现控制过程,其基本控制模型见图 2。

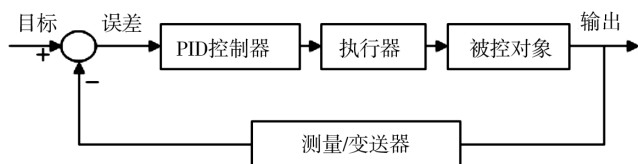


图 2 PID 控制模型

Fig. 2 PID control model

P 是比例动作,即输出的变化和输入误差信号成比例,误差越大输出响应越大。比例控制虽然能对偏差迅速做出响应,但难以克服残差^[5];I 是积分动作,是专为消除比例控制中的固有残差而设计的,它根据残差的绝对值而逐渐增大控制信号;D 是微分动作,它的功能是针对变化中的误差信号进行某种比例的校正,一般用来消除系统振荡。

2.3.2 PID 自动调节

为了使得充填量更为精确,对 PID 控制做了相应的改进,其控制模型见图 3。

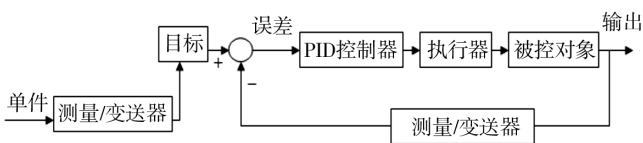


图 3 改进 PID 控制模型

Fig. 3 Improved PID control model

其中单件产品质量经过测量转化为电信号,作为单件充填目标信号,利用 PID 控制方式控制单件充填时气体流量的恒定。

2.3.3 PID 控制器算法实现

PID 控制器是一种线性控制器^[6],是输出量 $y(t)$ 和给定量 $r(t)$ 之间误差 $e(t)$ 的时间函数。其数学表达式:

$$u(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

其中积分可用求和代替:

$$\frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau = \frac{T_S}{T_I} \sum_{j=0}^k e(j) \quad (2)$$

用差分代替微分:

$$T_D \frac{de(t)}{dt} = \frac{T_D}{T_S} [e(k) - e(k-1)] \quad (3)$$

将式(2)和(3)代入式(1),PID 算法变为:

$$u(k) = K_P \left\{ e(k) + \frac{T_S}{T_I} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_D}{T_S} [e(k) - e(k-1)] \right\} + u_0 \quad (4)$$

$$\text{或: } u(k) = K_P e(k) + K_I \sum_{j=0}^k e(j) + K_D [e(k) - e(k-1)] + u_0 \quad (5)$$

式中: u_0 为控制量的基值,即 $k=0$ 时的控制; T_S 为采样周期; $u(k)$ 为第 k 个采样时刻的控制; K_P 为比例放大系数; K_I 为积分放大系数, $K_I = \frac{K_P T_S}{T_I}$; K_D 为

微分放大系数, $K_D = \frac{K_P T_D}{T_S}$ 。

式(4)即数字 PID 算法的非递推形式,称全量算法。

3 PID 控制实例

利用 PID 控制充填量,按照控制对象不同可以分为:控制气阀的开度;控制传送带转速(即控制充填时间);控制气泵转速。对杭椒与切片莲藕进行充臭氧包装,臭氧充填量采用不同的控制方法,其货架寿命见表 1。

表 1 杭椒与切片莲藕在不同 O₃ 充填量控制下的保质期
Tab. 1 The shelf-life of Hangzhou pepper and sliced lotus root by different O₃ filling quantity control

包装物	包装材料	质量/g	常规充填保质期/d	控制气阀开度保质期/d	控制传输带转速保质期/d	控制气泵转速保质期/d
杭椒	PA/PE	52	22.5	23.5	24	23.5
		51	23	23.5	24	24
		50	24	24	24	24
		49	22	24	24	24
		48	21	24	23.5	23.5
切片莲藕	PA/PE	72	17.5	19	19	19.5
		71	18	19	20	19.5
		70	20	20	20	20
		69	18	21	20	20
		68	16	19	19.5	20

表 1 表明杭椒与切片莲藕的包装材料为 PA/PE^[7-9],进行充气包装时无论采用哪种控制方式,都比常规充填量控制组的寿命期长,其主要原因是常规充填时,杭椒与切片莲藕充填量是分别按照质量 50 g 和 70 g 设定的,没有考虑单件质量差异。而其他调节均考虑了单件质量差异。从而表明采用 PID 控制充填量可以极大提高充填精确度。

4 结论

- 1) 气体充填量精确度的控制是影响充气包装质量的重要因素之一。
- 2) 利用 PID 控制方法对充填量进行控制,可提高充填精度。
- 3) 采用 PID 控制杭椒和切片莲藕充气包装的臭氧充填量,能有效延长货架寿命期。

参考文献:

- [1] HARLANDER S K. Safety Assessments and Public Concern for Genetically Modified Food Products: The American View [J]. Toxicologic Pathology, 2002, 30(1): 132—134.
- [2] 张长峰. 参数估算法在气调包装果蔬呼吸速率测定中的应用[J]. 农业工程学报, 2006(2): 176—179.
- [3] 李兴友. 关于薄膜气调包装数学模型的探讨[J]. 制冷, 2006, 25(1): 1—4.
- [4] 雷桥, 徐文达. 新鲜番茄主动气调包装[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(4): 357—361.
- [5] NATHALIE Perrot, IRINA Ioannou, GILLES Mauris, et al. Experiences about Operator/technology Cooperation Using a Fuzzy Symbolic Approach to Decision Support System Design in Food Processes[J]. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2002, 1: 94—99.
- [6] 王述彦, 师宇, 冯忠绪. 基于模糊 PID 控制器的控制方法研究[J]. 机械科学与技术, 2011, 30(1): 166—172.
- [7] 郝玉龙, 徐伟民, 杨福馨. 基于臭氧生鲜切片莲藕保鲜包装的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 55—57.
- [8] 郝玉龙, 徐伟民. 切片莲藕臭氧保鲜呼吸模型的研究[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 324—327.
- [9] 赵紫明, 徐伟民, 杨福馨. 基于臭氧及其酶钝化作用的果蔬保鲜包装试验研究[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 4—6.
- [5] BENLATRECHE A, KNITTEL D, OSTERTAG E. State Feedback Controllers Synthesis Using BMI Optimization for Large Scale Web Handling Systems[C]. 16th IFAC World Congress, Prague, Czech Republic. (余不详)
- [6] 侯和平, 张海燕, 赵庆海, 等. 基于无轴试验平台的张力控制系统数学建模与仿真研究[J]. 包装工程, 2010, 31(8): 122—123.
- [7] 许建中. 凹版机张力-速度自适应解耦控制的研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008.
- [8] 汤国强. 壁纸印刷机控制系统的研究与应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
- [9] 肖超. 凹版印刷机张力控制系统[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.
- [10] 薛定宇, 陈阳泉. 基于 MATLAB/Simulink 的系统仿真技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.