

新型置换式气调包装机结构设计及性能试验研究

彭群英¹, 李保国¹, 顾小杰²

(1. 上海理工大学 制冷与低温工程研究所, 上海 200093; 2. 上海伊茨郎机械设备有限公司, 上海 201201)

摘要: 气体置换装置是气调保鲜包装机的关键部件。设计了一种置换式新结构, 分析了该全置换式气体置换装置的结构和工作原理, 并进行了主要部件的设计计算与分析。为考察所设计全置换式装置的性能, 与传统包装机进行配气比较试验研究。结果表明: 所设计的置换式结构设计合理、紧凑, 传统气调包装机气体置换平均换率为 97%, 而所设计的置换式气调包装机气体置换率范围为 99.7%, 生产效率可达到每小时 280~300 包(双工位), 相比于传统包装机, 每 100 盒耗气量可减少 0.33 kg, 技术性能达得了预期目标。

关键词: 气体置换装置; 气调包装机; 结构设计; 性能试验

中图分类号: TB486; TB485.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)17-0019-04

Structural Design and Performance Study of a New Replacement Type MAP Machine

PENG Qun-ying¹, LI Bao-guo¹, GU Xiao-jie²

(1. Institute of Refrigeration and Cryogenic Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. Shanghai Yicilang Co. Ltd., Shanghai 201201, China)

Abstract: Gas replacement device is the key component of MAP machine. A new gas replacement device was designed and its structure and working principle was analyzed. The main parts' parameters of the new type MAP machine were calculated and analyzed. The performances of the new device were compared with that of the traditional device. The results showed that the structure of the new device is reasonable and compact; the gas exchange rate is 99.7%, while of that of the traditional device is 97%; the production efficiency is 280~300 packs per hour(double location), and the gas consumption reduces 0.33 kg/100 boxes. The performance of the new device has reached the anticipated goal.

Key words: gas replacement device; MAP machine; structure design; performance test

近年来,气调保鲜包装设备发展迅速,气调保鲜包装机的推广应用可完善农产品的冷藏链,减少损失,并且有利于调剂余缺,扩大供应,增加产后附加值,满足消费需求,具有明显的社会效益和经济效益^[1-2]。

常用的气调保鲜包装机多为补偿式气调(冲洗式气调),耗气量大,且气体置换率不高,配气系统是基于压力配气方式,气体混合精度较差,使得气调保鲜作用达不到显著延长农产品贮藏期的作用^[3]。为完善现有的气调包装机的功能,人们对包装、配气和充

气装置的结构进行了改进。裴定宜等人^[4]发明了“气调包装机交替配气装置”实用新型专利,对配气装置和方法进行了优化,采用交替配气实现连续供气,提高工作效率和配气质量。刘崇文等人设计了“置换式气调包装机”^[5],对充抽气结构进行了改进,实现先抽真空后再充入预配气体,由于将下模腔,中间板通孔及密封板构成一密闭室,在抽充气过程中盒内外压力相等,可设置较高的抽气压力,提高气体置换率,但其下模腔和密封板均为运动部件,运动部件多而复杂,对密封要求高,并且在加压过程中通过弹簧产生的压

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 上海市重点学科建设项目(S30503);上海市联盟计划项目;上海市农业成果转化项目(113919N0400);宝山区科委项目(CXY-2011-16)

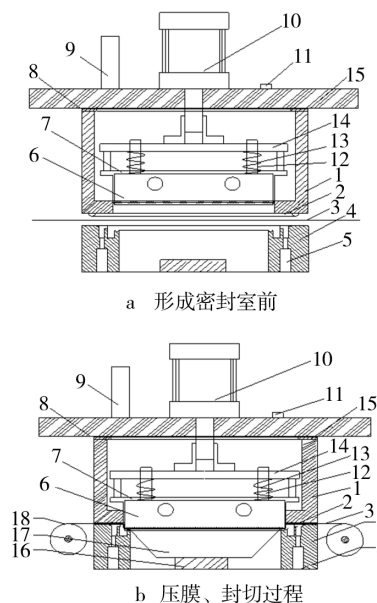
作者简介: 彭群英(1987—),女,江西人,上海理工大学硕士生,主攻食品冷藏保鲜技术及装置。

力容易引起压模和密封板变形而影响使用寿命。专利^[6]在结构上作了优化改进,在压模框中部设置了密封板和密封移动装置,在压模框下降连同薄膜一起压在下模板上时,与密封板、下模板构成一个密闭腔。在抽充气完成后,需要将密封板移出,同时再次启动压模升降装置进行封膜、切断。其操作存在间断过程,不能实现连续抽充气热切封膜包装过程,操作过程较为复杂,生产效率低。另外,在移开密封板和压模下降的过程中会发生气体逸出或空气混入,影响置换率和配气精度。专利^[7]将抽充气、封盒作业分别安排在 2 个工位上完成,即待包装盒在气体置换工位抽充气后,打开气体置换模再进入到热封刀切工位进行热封刀切。虽然在一定程度上提高了包装生产速度,但待包装盒充气后进入到下一工作位仍可能存在空气混入或无法控制配气量,而使充入气体量过多,在热封包装后发生胀袋,置换率不高,且配气量不好控制,影响气调包装效果。同时,由于要设置气体置换工位和热封刀切 2 个工位,需多配置 2 个气缸,增加设备成本。笔者设计一种置换结构式气调包装机,具有紧凑的真空室结构,并与传统包装机性能进行比较分析。

1 置换装置的结构设计

1.1 设计工作原理

设计的置换装置见图 1a,当真空罩向下移动,与下模具密封组成一个真空室,上下同时进行抽气后同时充气,保持密封薄膜上下压力平衡,抽充气完成后上模具中热封装置下压进行热封包装盒,与此同时,切刀下移完成刀切。抽充气、热封刀切作业连续完成,气体置换充分,配气速率提高,而且可以确保配气精度,保证准确的配气量,防止气体胀袋或配气量不足,提高保鲜效果。所设计的置换装置,主要包括上模组件、下模组件及机架。在上模组件与下模组件间是热封薄膜。上模组件由上模具、切刀、导柱、弹簧及压模架组成,通过气缸推动压模升降;下模具抽、充气接口通过阀门分别与真空泵和充气装置相连接。上模具向下运动与下模具形成密封腔后,上下抽气孔同时抽气,保证热封膜的两侧压力相等,压力传感器检测压力,当压力达到设定的真空压力时,停止抽气,抽气口管路转换阀至配气状态,随即开始上下同时充配好的气体。当配气压力达到大气压时,停止配气,同时,上抽气口接通空气直接回压,气缸推动上模



1. 真空罩;2. 密封条;3. 薄膜;4. 下模具;5. 下抽、充气接口;6. 上模具;7. 切刀;8. 密封圈;9. 压力变送器;10. 气缸;11. 上抽、充气接口;12. 导柱;13. 弹簧;14. 压模架;15. 上顶板;16. 推盒板;17. 包装盒

图 1 置换装置的结构示意

Fig. 1 Schematic diagram of the replacement device structure

具进行热封、切膜,见图 1b,不仅可达到高置换率,同时可减少抽充气时间。

1.2 结构设计及其配件选择

所设计置换气调包装机以双工位包装盒为例,气体全置换装置尺寸的确定,以越紧凑越好为基础,包装盒规格为 300 mm×200 mm×30 mm,真空罩尺寸为 600 mm×400 mm×150 mm,其配气质量流量 $m = \rho \pi d^2 v$,以 32[#] 号配气管径计算,即 $d = 32$ mm,气调气体为 CO₂(比热 $C_p = 0.2017$ kJ/(kg·K),密度 $\rho = 1.964$ g/m³),N₂(比热 $C_p = 0.2487$ kJ/(kg·K),密度 $\rho = 1.25$ g/m³),O₂(比热 $C_p = 0.2196$ kJ/(kg·K),密度 $\rho = 1.427$ g/m³)3 种气体,混合气体配制百分比不同,其物性也不同,以比例分配法计算得到: $C_p = 0.2487$ kJ/(kg·K),密度 $\rho = 1.964$ g/m³,气体流速 $v = 0.006$ m/s,计算得配气质量流量 $m = 0.0035$ m³/s。

抽气管路包括真空泵、抽气管路以及压力表等。从气体置换装置的抽气口引出 2 根直径为 32 mm 的橡胶管,与充气管路共用,然后分别接入真空泵,采用真空泵进行抽真空。由于是负压配气,因而配气速度快。设计选用旋片真空泵,该泵具有抽速大、体积小、极限真空度高、工作噪音低等特点。真空泵功率在

81~160 kW 范围内可调,配气量及压力通过控制系统控制运行。

2 性能试验及结果分析

为检验所设计的新型置换式气调机的性能,与传统包装机进行了对比分析。

设计的置换式气调机以真空罩与下模具组合成真空室,中间由热封薄膜隔开,形成上下 2 个密闭室,并且上下分设抽、充气口,参考文献[8],且结合本装置经改进后上下同时抽气,并通过理论计算,要达到高置换率,设定抽气终压为 200 Pa。以单一氮气配气,空盒包装。

试验测试指标:气体置换率(%)、生产效率(盒/h)、氮气消耗量(kg)。

检测仪器:气体分析仪 OXYBABY(威特气体技术有限公司);秒表计时器、天平以及样机自带计数功能。

试验按规定的操作程序启动后进入运行系统,按规定记录试验数据进行计算。

2.1 气体置换率结果分析

气调包装机的气体置换率通过随机取 100 盒按下式计算^[1]。

$$\eta = (C_n' - C_i) / (C_n' - C_n) \times 100\%$$

其中: C_i 为不同充气时间氮气体积分数; C_n' 为空气中氮气体积分数; C_n 为预制气体组分中氮气置换体积分数。

试验按充入 100% 的 N_2 ,随机抽样 100 份进行检测计算,比较所设计样机与传统包装机性能,2 种包装机置换率与包装盒数的统计见表 1。试验结果表明,

表 1 2 种包装机置换率与盒数的统计

Tab.1 Statistics of replacement rate and package quantity of two kinds of packaging machines

种类	气体置换率/%			
	95.0~98.0	98.0~99.0	99.0~99.5	99.5~99.8
现样机	0	0	77	23
传统机	89	11	0	0

传统包装机的气体置换率平均为 97%,且气体置换率低于 98.0% 的盒子数占 89%,而所设计的气调包装机的气体置换率可达 99.7%,所有包装盒的气体置换率均达到 99.0%,最大置换率达到 99.8%,其气体置换率均远高于传统包装机,所设计样机能显著提高气体置换率。

2.2 生产效率分析

气调包装机生产效率以完成一个连续工序计算,生产效率为各工序所用时间之和,2 种包装机氮气体积分数随时间变化曲线见图 2,所设计包装机的一个

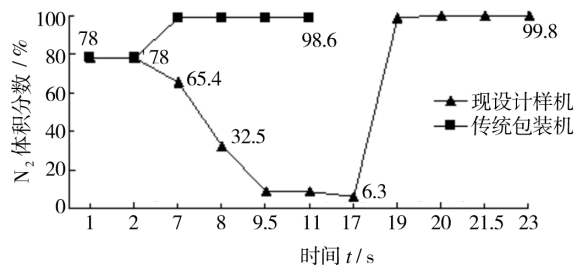


图 2 氮气体积分数随时间变化曲线

Fig. 2 N_2 concentration changes with time

工作循环时间及每小时的包装盒数计算如下:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9$$

对于所设计的包装机进行生产效率测试时,通过秒表计时器测得单个工作循环中各工序的时间,其中 t_1 为盒被推进的时间(1 s); t_2 为上下模具压合时间(1 s); t_3 为抽真空时间(15 s); t_4 为充气时间(2 s); t_5 为热封时间(1 s)(装置设定的时间); t_6 为封口时间(1.5 s); t_7 为盒顶出时间(1.5 s); t_8 为盒被推进的时间(1 s); t_9 为上下模具压合时间(1 s)。

其每小时包装盒数为:

$$N = \frac{60 \times 60}{t}$$

可以计算出所设计样机的一个工作循环时间 $t = 25$ s, $N = 288$ 盒/h,而同时,通过包装机计数所得 N 为 287 盒/h,与理论计算结果基本吻合。

从图 2 中可以看出,所设计的样机相比传统包装机其生产效率降低,主要是由于抽气时间延长所致。可以通过提高抽气压力及抽气速率,增加包装工位,选用适宜的抽气孔数和孔径等措施可改善。对于密封室,抽真空时间计算公式^[9]如下:

$$t = \sum_{i=1}^n t_i = \frac{V}{se} \ln \left(\frac{P_o - P_{ai}}{P_n - P_{ai}} \right)$$

其中: P_n 为最终压力; P_o 为初始压力; P_{ai} 为随时间变化的压强; V 为容积的体积; se 为真空泵抽速曲线得出随压强变化的值。结合图 2 可看出所设计的样机要达到要求的真空度,需要抽真空的时间约为 15 s,由于充气是负压状态,充气时间约为 2 s,而传统气调包装机为补偿式配气,其抽充气时间一般在 5 s

内完成,生产效率明显高于所设计样机,但无论配气时间消耗多长,传统机很难达到 99.0% 的气体置换率,而所设计的气调包装机其气体置换率可达到 99.8%,即全置换。

2.3 氮气消耗量测试分析

对比实验目的是确定所设计的样机与传统气调包装机包装单盒所消耗的氮气体量。

单盒用气量 = 总耗气量 / 包装盒数

由表 2 可看出,所设计的样机包装单盒氮气用量

表 2 2 种包装机耗气量测定结果

Tab.2 Measuring results of gas consumption of the two kinds of packaging machine

种类	初始气瓶 质量/kg	包装后气瓶 质量/kg	取样 盒数	平均耗 气量/kg
现样机	67.19	59.81	287	0.0466
传统机	59.81	25.34	571	0.0499

要比传统包装机每 100 盒减少约 0.33 kg,所设计的包装机能有效节省气体。在于实际生产中,由于盒内置有产品,充入的气体不一定是单一氮气,耗气量还取决于盒子大小、真空度以及盒内包装物的种类数量等^[10],耗气量会有很大不同,还需进行进一步研究。

3 结论

1) 设计以真空罩与下模具组合成真空室,中间由热封薄膜隔开,形成上下 2 个密闭室,在上下设有抽气口解决了负压盒子变形等问题;充气时下密闭室充入配制气体,上密闭室由空气回压,不仅气体置换率得到提高,而且可显著减少耗气量。

2) 采用单一氮气对包装机性能进行了比较试验,所设计装置气体平均置换率为 99.7%,其生产效率为 280~300 包/h(双工位),每 100 盒气体消耗量相比于传统包装机可减少 0.33 kg,不产生保鲜气体的浪费。

3) 装置置换率显著地提高,耗气量减少,配气精度提高,装置的结构紧凑合理。生产效率降低,可以通过增加工位、优化工艺和匹配合适的系统配件来提高。

参考文献:

[1] 孙企达. 真空冷却气调保鲜技术及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

SUN Qi-da, Vacuum Cooling Gas Adjustment Preservation Technology and Application[M]. Beijing: Chemical Industry Press,2004.

[2] 吴瑞平,林泽安. 食品气调保鲜包装技术及设备发展状况[J]. 包装与食品机械,2005,23(6):41-47.

WU Rui-ping, LIN Ze-an. Food Modified Atmosphere Packaging Technology and Equipment Development Situation[J]. Packaging and Food Machinery,2005,23(6):41-47.

[3] 黄俊彦,韩春阳. 气调保鲜包装技术的应用[J]. 包装工程,2007,28(1):44-48.

HUANG Jun-yan, HAN Chun-yang. The Gas Adjustment Modified Atmosphere Packaging Technology Application[J]. Packaging Engineering,2007,28(1):44-48.

[4] 裴定宜. 气调包装机交替配气装置:中国,ZL 200520047347[P]. 2007-02-14.

PEI Ding-yi. Gas Alternate Switch Device of Modified Atmosphere Packaging Machinery: China, ZL 200520047347[P]. 2007-02-14.

[5] 刘崇文. 置换式气调包装机:中国,ZL 03222174. 6[P]. 2004-05-26.

LIU Chong-wen. Replacement Type Gas Switch Installed:China,ZL 03222174. 6[P]. 2004-05-26.

[6] 李阳. 气调保鲜盒装食品包装机的气体转换装置:中国,ZL200520001088. 5[P]. 2005-09-19.

LI Yang. Gas Switching Device of Modified Atmosphere Packaging Machinery: China, ZL200520001088. 5 [P]. 2005-09-19.

[7] 江南大学. 全自动连续盒式气调包装机:中国,ZL 200820185847. 1[P]. 2008-09-19.

Jiangnan University. Automatic Continuously Modified Atmosphere Packaging Machinery: China, ZL200820185847[P]. 2008-09-19.

[8] 陈润洁,王红军. 真空包装机技术标准与检测方法的研究[J]. 农业机械学报,2006,37(8):205-207.

CHEN Run-jie, WANG Hong-jun. Study on Standard and Inspection Method of Vacuum Packaging Machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2006,37(8):205-207.

[9] 徐树深. 真空容器充气时间计算[J]. 真空,2000,1(2):34-36.

XU Shu-shen. Inflatable Time Calculation of Vacuum Container[J]. Vacuum,2000,1(2):34-36.

[10] RENNIE T J, TAVOULARIS S. Perforation-mediated Modified Atmosphere Packaging Part I. Development of a Mathematical Model [J]. Postharvest Biology and Technology,2009(51):1-9.