

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.03.019

基于通用化 EPS 缓冲衬垫微波炉包装线优化设计

陆世宇, 张新昌

(江南大学机械工程学院, 江苏无锡 214122)

摘要:针对传统小型家电产品型号众多、包装标准不一而导致生产线运行效率不高的缺点,课题组提出了基于通用化缓冲衬垫生产线优化设计方案。设计了通用化缓冲衬垫,统一了衬垫尺寸标准,实现包装通用化;设计了垂直式混流生产线模型,并基于单元化生产模式优化了作业流程,提升了生产线平衡率;采用 Flexsim 生产物流仿真软件模拟各作业单元运行状态。结果表明优化后的微波炉包装生产线拥有更高的单元作业利用率及生产效率。

关键词:家电包装;通用化 EPS 缓冲衬垫;流程优化;Flexsim

中图分类号:TB486.3;TH162 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2020)03-0092-04

Optimized Design of Microwave Oven Packaging Line Based on EPS Cushion

LU Shiyu, ZHANG Xinchang

(School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: In view of the disadvantages of traditional small household appliances, such as numerous models and different packaging standards, which lead to low production line operation efficiency, an optimized design scheme based on the general cushioning production line was proposed by the research group. The universal cushioning gasket was designed and the dimension standard of the gasket was unified. The model of vertical mixed flow production line was designed, and the operation flow was optimized based on the unit production mode to improve the balance rate of production line. Flexsim production logistics simulation software was used to simulate the running state of each operation unit. The results show that the optimized microwave oven packaging production line has higher unit operation utilization rate and production efficiency.

Keywords: home appliance packaging; generalized EPS cushioning pad; process optimization; Flexsim

21世纪以来,随着中国电商的发展,以微波炉为例的小型家电类产品规格种类繁多且包装标准不一^[1]。在此背景下,面对日趋上升的包装物料采购成本,如何通过优化产品包装结构,降低包材投入成本,提升包装效率,成为目前家电企业面临的一大痛点^[2]。

1 通用化 EPS 缓冲衬垫微波炉包装优化方案

1.1 传统微波炉包装方案

传统微波炉包装方案采用 EPS 缓冲衬垫与 0201 型瓦楞纸箱相结合的包装方式^[3]。由于微波炉型号众多,通常一种型号对应一款衬垫,导致后期模具投入成本以及生产线运行成本整体偏高。传统微波炉包装

衬垫规格种类如图 1 所示。



图1 传统微波炉包装衬垫规格种类
Figure 1 Specification and type of packing gasket for traditional microwave oven

收稿日期:2019-11-08;修回日期:2020-03-16

第一作者简介:陆世宇(1995),男,江苏南通人,硕士,主要研究方向为现代物流与包装。通信作者:张新昌(1961),男,河南南阳人,教授,硕士生导师,主要研究方向为产品包装技术、包装材料与制品。E-mail:zxc89@126.com

由图 1 可知,传统微波炉包装衬垫为上下一体式结构,难以拆解,通用性极低,且用料量较大,平均每套衬垫质量约 160 g,包材成本高。

1.2 通用化 EPS 缓冲衬垫微波炉包装方案

通用化 EPS 缓冲衬垫平均每套质量约 145 g,与传统衬垫相比减少了 15 g。通用化 EPS 下衬垫三维结构图及俯视图如图 2 和图 3 所示。

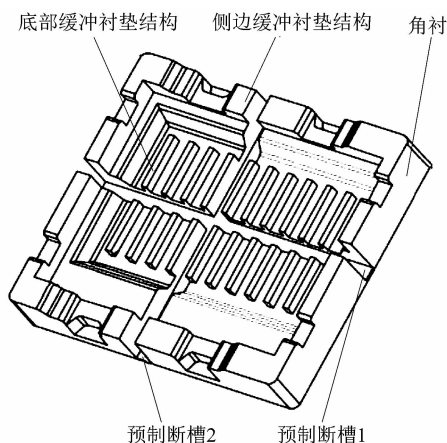


图 2 通用化缓冲下衬垫三维结构

Figure 2 3D structure of pad under general cushioning

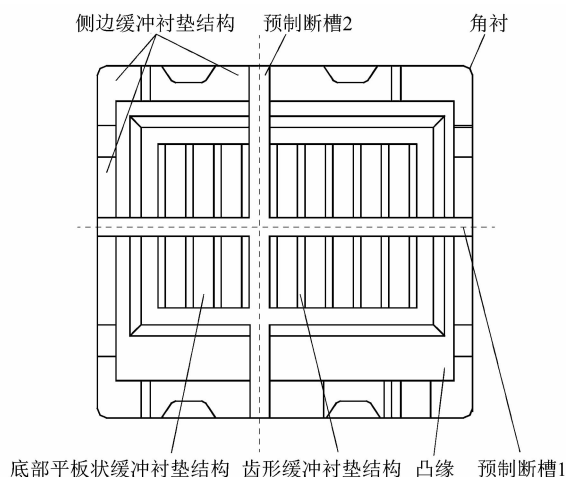


图 3 通用化缓冲下衬垫俯视图

Figure 3 Top view of pad under general cushioning

通用化 EPS 缓冲下衬垫防护特点:底部缓冲衬垫结构为矩形或三角形锯齿状结构,当其被压溃后与角衬的凸缘共同对被包装物起到承载作用^[4]。在包装过程中,通用化缓冲衬垫可沿图 3 所示的预制断槽分为 4 块,以适应不同尺寸规格的微波炉产品,实现尺寸通用化;锯齿形结构被压溃后可适应底部不同类型的微波炉产品,实现外形通用化。

通用化缓冲上衬垫没有锯齿状缓冲结构,这是由

于微波炉顶部较为平整,对衬垫防护性能要求较低,因此可去除锯齿状结构降低物料成本。

通用化缓冲衬垫微波炉包装实物如图 4 所示。



图 4 微波炉包装实物图

Figure 4 Picture of microwave package

2 基于通用化 EPS 缓冲衬垫微波炉包装生产线优化设计

2.1 设计单元化作业流程

单元化生产方式旨在将生产浪费降到最低,通常由 1~3 人组成一个作业单元,多个作业单元形成一套完整作业体系,具备“一个流”的柔性制造生产能力。下面将基于 4 个步骤完成微波炉包装生产线作业流程设计。

1) 确定微波炉包装生产线的构成。微波炉包装生产线由 3 条分支线构成,分别为微波炉包装线、下衬垫物料供给线和上衬垫物料供给线。

2) 确定微波炉包装生产线作业单元,绘制作业流程图。一条流水线由若干个作业单元构成,一个作业单元由若干项作业内容构成。生产线作业流程图如图 5 所示。

3) 确定标准作业时间。使用计时器对各项作业进行时间测定,重复 3 次取平均值为基础测定值,并取放宽率 η 为 15%,评价系数 n 为 1.1,测量工时为 t' ,计算标准作业时间 t 。标准作业时间 $t = t' \times n(1 + \eta)$ 。

4) 确定实际花费时间(actual take time, ATT),以确定生产节拍,计算出生产线平衡率。ATT 指生产线实际承担的最快生产节拍(生产线最后一个作业单元相邻两件成品输出间隔时间),代表产线最大生产能力。根据约束理论^[5],ATT 等于瓶颈工序节拍(生产线耗时最长的作业单元标准作业时间),由表 1 可知,生产线 ATT 值为 11.8 s。根据生产线平衡率 = [各工序时间之和 / (工序数量 × 瓶颈工序时间)] × 100%,将表 1 数据代入得优化方案生产线平衡率为 89.2%,高于满意值 75.0%。

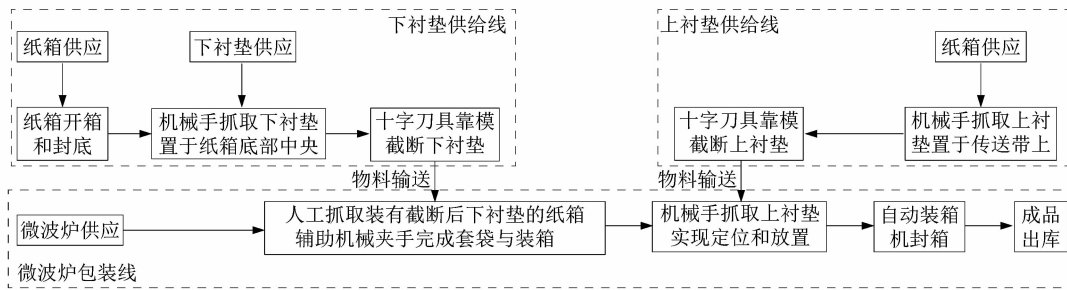


图5 生产线作业流程图

Figure 5 Flow chart of production line

表1 各作业单元标准作业时间表

Table 1 Standard work schedule for each work unit

| 生产线 | 工位 | 作业单元 | 标准作业时间/s |
|--------|----|--------|----------|
| 产品包装线 | 1 | 微波炉装箱 | 11.8 |
| | 2 | 上衬垫装箱 | 11.5 |
| | 3 | 封箱 | 11.2 |
| 下衬垫供给线 | 4 | 纸箱开箱封底 | 10.8 |
| | 5 | 下衬垫装箱 | 10.6 |
| | 6 | 下衬垫截断 | 8.9 |
| 上衬垫供给线 | 7 | 上衬垫抓取 | 10.5 |
| | 8 | 上衬垫截断 | 8.9 |

2.2 设计产线布局方案

优化后生产线采用空间垂直布局方案,将下衬垫供给线置于2楼,产品包装线与上衬垫供给线置于1楼,其中下衬垫供给线与产品包装线之间利用滑梯进行连接,上衬垫供给线与产品包装线之间利用传送带进行连接。

该布局方式的优越性^[7]:①垂直利用空间,减少

占地面积;②减少了传送带的用量与电耗;③便于物料传递;④便于管理与监控。

3 基于 Flexsim 建模与仿真

3.1 Flexsim 软件

Flexsim 仿真软件通过仿真、实验来模拟生产线运行状态,预估生产效率,达到优化、改善生产系统的目的^[8]。

在模型建立的过程中,选择与生产线作业单元类型相似的作业实体,拖动其至主界面并为其添加作业命令,进而快速建立仿真模型。具体建立步骤为:①简化工艺流程,建立模型基本框架;②选择实体类型,建立模型实体;③设置实体参数;④建立实体逻辑关系,连接实体;⑤运行模型^[9]。

3.2 建立 Flexsim 仿真模型

1) 按照已设计完成的单元化作业流程及生产线布局方案,建立生产线仿真模型布局如图6所示。

2) 选择实体类型并定义实体参数,如表2所示。

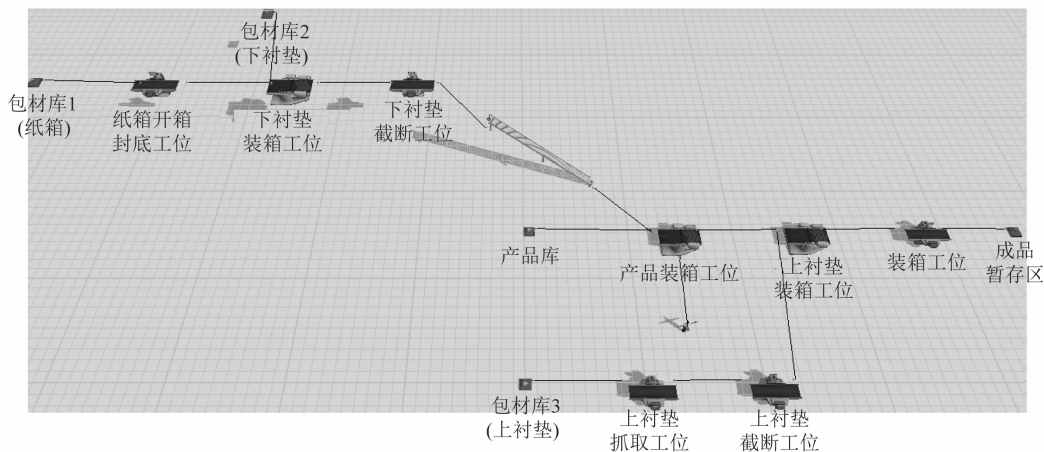


图6 生产线仿真模型布局图

Figure 6 Production line simulation model layout drawing

表2 各作业单元内容参数定义

Table 2 Content parameter definitions of each job unit

| 作业单元 | 实体类型 | 耗时/s |
|----------|-----------------|------|
| 产品库 | 发生器 (source) | - |
| 包材库 1 | 发生器 (source) | - |
| 包材库 2 | 发生器 (source) | - |
| 包材库 3 | 发生器 (source) | - |
| 下衬垫装箱工位 | 合成器 (combiner) | 10.6 |
| 产品装箱工位 | 合成器 (combiner) | 11.8 |
| 上衬垫装箱工位 | 合成器 (combiner) | 11.5 |
| 纸箱开箱封底工位 | 处理器 (processor) | 10.8 |
| 下衬垫截断工位 | 处理器 (processor) | 8.9 |
| 上衬垫抓取工位 | 处理器 (processor) | 10.5 |
| 上衬垫截断工位 | 处理器 (processor) | 8.8 |
| 封箱工位 | 处理器 (processor) | 11.2 |
| 成品暂存区 | 吸收器 (absorber) | - |
| 操作员 1 | 操作员 (operator) | - |

3) 建立实体逻辑关系,连接实体。根据生产线工艺流程中产品、物料的流向,依次连接作业单元各实体。微波炉包装线输出路径为产品装箱工位、上衬垫装箱工位、封箱工位、成品暂存区,该路径代表产品装箱的一个工艺过程,各实体依次采取 A 连接,在产品装箱工位旁,操作员 1 与其采取 S 连接,负责辅助产品包装;下衬垫供给线共有 2 个发生器,分别为纸箱与下衬垫,其中包材库 1 纸箱输出路径为纸箱开箱封底工位、下衬垫装箱工位、下衬垫截断工位、产品装箱工位,包材库 2 下衬垫连接于下衬垫装箱工位,其剩余路径与纸箱一致,以上各实体依次采取 A 连接;上衬垫供给线输出路径为上衬垫抓取工位、上衬垫截断工位、上衬垫装箱工位,各实体依次采取 A 连接。

4) 仿真分析

对比分析某企业单日产量,在生产线终端添加命令:If getinput(current) = 8 then closeinput ports of the current object,编辑无误后运行软件。仿真结果显示,优化后产线单日产量为 1 760 件,较原来的 800 件产量提升近 1 倍。整理分析得到各作业单元工作状态占比图如图 7 所示。

由图 7 可知,基于单元化生产模式下优化后生产线各作业单元工作状态占比均高于 90%,生产作业利用率较高,作业空闲、等待浪费现象较少。

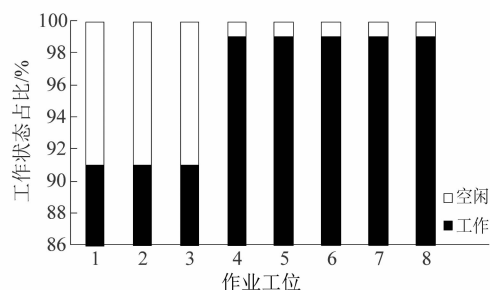


图7 生产线各作业单元工作状态占比图

Figure 7 Work status ratio chart of each work unit in production line

4 结语

课题组通过“1 分为 4”式通用化缓冲衬垫的结构设计,一方面解决了目前小型家电市场普遍存在的“1 机 1 垫”现象,实现了包装通用化;另一方面,分体式结构降低了包装物料投入成本,平均每台微波炉 EPS 用料量由原先的 160 g 减至 145 g;基于通用化缓冲衬垫重新设计微波炉包装线,在单元化生产模式下,经计算其最快生产节拍可达 11.8 s/个,生产线平衡率高达 89.2%;最后通过生产物流仿真软件 Flexsim 建立生产线仿真模型。仿真结果显示优化后各作业单元时间利用率基本达 90% 以上。因此该方案能够实现小型家电类产品包装降本增效,并增强其市场竞争力。

参考文献:

- [1] 陈燕燕. 家电企业的国际市场营销[J]. 经济导刊, 2012(5): 74.
- [2] 张炜, 卢丹. 核心竞争力辨识及其指标体系[J]. 经济管理, 2003(16): 17.
- [3] 卜杨, 林沿琛, 邓志辉, 等. 立式吸尘器标准化整体包装方案设计[J]. 轻工机械, 2017, 35(3): 65.
- [4] 张新昌. 一种通用化泡沫缓冲衬垫及加工方法: CN201811454425. 4[P]. 2018-11-30.
- [5] 白明. 基于约束的生产系统再造及评价方法[J]. 工业工程, 2005, 8(5): 6-10.
- [6] 朱华炳, 王龙, 涂学明, 等. 基于 ECRS 原则与工序重组的电机装配线产线平衡改善[J]. 机械设计与制造, 2013(1): 224-226.
- [7] 谭胜伟. 中小型企业生产系统布局方案与评价[D]. 上海: 上海交通大学, 2007: 8-11.
- [8] 张卫德. 基于 Flexsim 的虚拟生产线的研究和实现[D]. 南京: 东南大学, 2006: 6-9.
- [9] 师玮谦. 基于 Flexsim 的 J 公司生产物流仿真研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2014: 2-4.