[经营·管理]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.04.021

家电产品包装线工艺流程优化

赵 瑞[1],张新昌[1,2]

(1.江南大学 机械工程学院,江苏 无锡 214122;
2.江南大学 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室,江苏 无锡 214122)

摘 要:针对目前家电生产企业在产品包装线工艺流程中,存在的瓶颈工序耗时长、限制产能的缺点,提出了基于约束理论的家电产品包装线工艺流程优化方案。设计了作业耗时短、操作简单的一体式家电产品包装箱,有效解决了瓶颈工序的耗时问题;设计了基于单元生产方式的新包装工艺流程,包装线生产平衡率从46.9%提升到87.4%;采用生产物流仿真软件Flexsim,基于包装线仿真模型,分析各作业单元运行状态。应用结果表明该优化方案不仅有效解决了瓶颈工序耗时长的问题,且优化后的包装线生产平衡率更高,各作业单元时间利用率更高。本方案能改善家电产品包装线上的生产状况,提高生产效率。

关 键 词:家电产品;包装生产线;流程优化;单元生产方式;生产物流仿真软件Flexsim
中图分类号:TB486.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1005-2895(2018)04-0100-05

Household Appliance Product Packaging Line Process Optimization

ZHAO Rui[1],ZHANG Xinchang[1,2]

(1. School of Mechanical Engineering,Jiangnan University,Wuxi,Jiangsu 214122,China;
2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacture Equipment & Technology,Jiangnan University,Wuxi,Jiangsu 214122,China)

Abstract: In view of the shortcomings that process time-consuming and limited production capacity of appliance manufacturers in the process of product packaging line, the optimization scheme of the process flow of household appliance product packaging line was proposed based on the theory of constraints. The packaging of household appliance products with short operation time and simple operation was designed, which effectively solved the time-consuming problem of the bottleneck process. The new packaging process based on unit production was designed and the production balance rate of the new packaging line increased from 46.9% to 87.4%. Production logistics simulation software Flexsim was adopted to analyze the running state of each operation unit based on the packaging line simulation model. The application results show that the optimization scheme not only effectively solves the time-consuming problem of the bottleneck process, but also increase the production balance rate after optimization as well as the time utilization rate of each operation unit. The program can improve the production condition of the household appliances packaging production line and improve the production efficiency.

Keywords: household appliances; packaging production line; process optimization; unit production mode; Flexsim

随着中国经济持续、高速地增长,以及电子商务兴起,使家电市场在近年来得到巨大的发展[1]。同时,各家电制造企业之间存在激烈的竞争,在原材料、人力等成本上升的压力下,企业既要保证产品质量,也要提高生产效率、降低成本,增强企业核心竞争力,以适应市场经济环境[2]。

家电产品包装是家电制造的一个重要生产环节。由于包装材料种类多样,包装工艺多变,产品形态复杂,工作人员素质参差不齐,自动化程度低等因素影响[3],包装生产线的生产效率较低,难以满足高效生产的要求。课题组以一款常见家电产品料理机为例,基于约束理论对包装现况进行分析,提出涉及包装设

收稿日期:2018-01-03;**修回日期**:2018-03-30

第一作者简介:赵瑞(1992),男,山西平遥人,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,主要研究方向为包装材料与制品。E-mail:972779052@qq.com

计、工艺流程在内的优化方案;利用公式计算、分析包装线生产平衡率。采用生产物流仿真软件 Flexsim 模拟新生产线,基于仿真模型,分析各作业单元运行状态[4]。结果表明优化方案可提高生产线的生产效率,达到了改善家电产品包装线生产状况的目的。

1　家电产品包装现况

1.1　家电产品包装工艺

包装作为家电产品重要的组成部分,在物流、仓储和销售等环节发挥着巨大作用。家电产品包装制品根据保护产品、方便储运和促进销售等设计原则,多采用瓦楞纸板、蜂窝纸板、纸浆模塑和泡沫塑料等材料[5];包装结构因产品质量、形状和尺寸不同,可采用全面缓冲包装、局部缓冲包装等结构设计。采用科学的产品包装,不仅可以提高产品包装生产线生产效率、降低包装成本,还能增加家电产品的附加值。

以料理机包装为例,其包装物料由外包装、内包装和缓冲包装 3 部分组成:外包装要求强度高、保护性好,采用瓦楞纸箱;内包装需具有防水、防潮和防摩擦损坏等性能,选用 PE 袋;缓冲包装起固定、缓冲作用,采用折叠瓦楞衬垫。料理机产品及包装如图 1 所示。

图 1　料理机产品及包装

Figure 1　Food processor products and packaging

通过对家电生产企业的实地调研,总结出料理机包装生产线的工艺流程为:①各条传送带将包装物料、家电产品从仓库传送至包装生产线始端;②取折叠成平板状的包装外箱坯,将箱坯张开成型;③使用透明胶带封合箱底;④取平板状的瓦楞纸板内衬,手工折叠成型;⑤将折叠成型的内衬放置于包装外箱内;⑥粘贴产品铭牌,使用 PE 袋将主机、附件装袋;⑦主机装箱后,附件装箱;⑧用透明胶带封箱,在包装箱外面粘贴条形码;⑨将成品放置托盘后,搬运堆码,产品包装作业完成。家电产品包装工艺流程如图 2 所示。

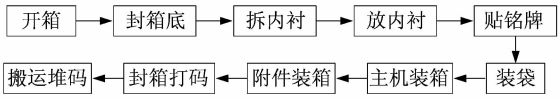


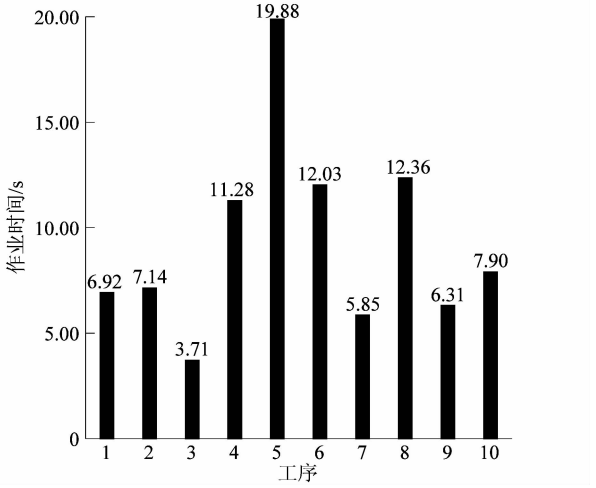
图 2　家电产品包装工艺流程

Figure 2　Product packaging process

1.2　家电产品包装线

约束理论(theory of constraints, TOC)认为任何系统至少存在 1 个约束(瓶颈),正是各种各样的约束限制了生产线的生产速度,通过识别约束并消除约束,达到企业追求最佳的生产线生产速度。TOC 约束理论管理的关键步骤是识别瓶颈工序[6]。

经工厂实地调研,绘制出包装工艺流程中各工序作业时间图如图 3 所示。图中工序 5 折叠内衬是整个工艺流程中耗时最长的工序,受其限制,包装生产线生产节拍降低;在实际生产中,瓶颈工序的上游堵塞严重,而下游空闲时间较长;瓶颈工序上,工人工作负荷大,各工序工作负荷不均匀。瓶颈工序工序 5 不仅限制了整条生产线的产出速度,而且影响了其它工序生产能力的发挥。



1—贴铭牌;2—装袋;3—开箱;4—封箱底;5—折叠内衬;6—放置内衬;7—主机装箱;8—附件装箱;9—封箱打码;10—搬运堆码。

图 3　工序作业时间图

Figure 3　Process work time chart

2　家电产品包装线工艺流程优化

2.1　瓶颈工序解决方案

针对瓶颈工序存在的问题,利用 ECRS 原则[7],即取消(eliminate)、合并(combine)、调整顺序

(rearrange)、简化(simplify),通过对产品包装工艺改进和优化以达到更高的生产效率。对瓶颈工序进行分析,找出造成工序耗时长的原因。缓冲衬垫折叠过程复杂,工人操作难以快速完成,因此设计了一款一体式家电产品包装箱,将包装外箱与缓冲衬垫设计为一体,在包装外箱开箱封底过程中,其内部的缓冲衬垫随外箱可自动成型,大大减少了包装作业时间,降低了工人作业强度。一体式家电产品包装箱结构如图 4 ~ 5 所示。

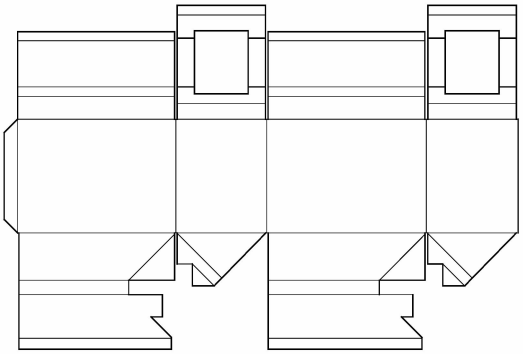


图 4 包装箱结构设计图

Figure 4 Package structure design

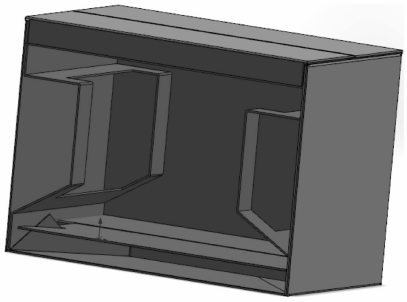


图 5 包装箱三维示意图

Figure 5 Three-dimensional carton schematic of packing case

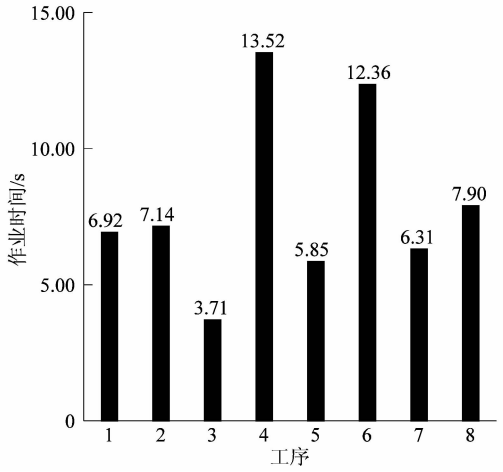
一体式家电产品包装箱投入生产线使用,首先取消了缓冲衬垫单独折叠成型的工序,将封箱工序与衬垫折叠工序合并为一个工序;然后减少了缓冲衬垫放置过程,开箱后可直接将产品装箱,使装箱工序得到了简化;降低了包装作业人员的工作强度;在供应链管理方面,减少了物料种类,提高了物料管理效率。

2.2 家电产品包装生产线优化

根据新型产品包装工艺的要求,进行生产线的优化设计。首先,进行标准工时确定[8],利用秒表测量法,即使用秒表进行直接测量的方法,选择一般熟练员工在正常环境下作业,进行工时测量;时间上考虑 15% 的宽放率;通过标准工时的计算公式,得出新产线各工序的标准作业时间,即

$$\text{标准工时} = \text{测量工时} \times (1 + \text{宽放率})。 \quad (1)$$

各工序标准作业时间如图 6 所示。



1—贴铭牌;2—装袋;3—开箱;4—封箱底;5—主机装箱;6—附件装箱;7—封箱打码;8—搬运堆码。

图 6 各工序标准作业时间

Figure 6 Standard work time for each process

由图 6 可知,瓶颈工序耗时从 19.88 s 降到 13.52 s;合并部分工序,使生产线工序数量从 10 个减少到 8 个,产品包装流程得到简化。

单元生产(cell production)就是由一个人或几个人组成一个生产作业单元,承担完成相对完整的一系列生产工序(作业内容)[9]。单元生产方式中每个工人都是多能手,可随时轮换岗位,工人之间可协同合作,共同完成生产任务;生产过程中采用小型、易操作的设备。作为精益生产的一个模块,具有制造柔性高、设备切换快、生产效率高等优点。采用此理论进行新产线设计,将相似的、可协同合作的工序合并,形成生产作业单元,作业单元内由 2 ~ 3 人负责,占地面积减少,工人工作强度降低,设备利用率提高,作业耗时为单元内各工序相加。作业单元分配情况如表 1 所示。

表 1 作业单元工序分配情况

Table 1 Production cell distribution

序号	作业单元	工序	作业内容	作业耗时/s
1	贴标套袋区	1,2	贴铭牌、套袋	14.06
2	开箱封底区	3,4	开箱、封箱底	17.23
3	装箱区	5,6	主机、附件装箱	18.21
4	封箱打码区	7,8	封箱、打码、堆码	14.21

将各个作业单元按照产品包装工艺要求有序连接起来,新产品包装工艺流程如图 7 所示。

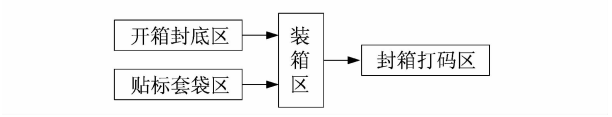


图7　新家电产品包装工艺流程图

Figure 7　Process flow chart of new home appliance packaging

2.3　家电产品包装线效率测评

对新包装生产线进行效率测评,以验证方案的可行性和高效性。生产线平衡率是指生产线中各个工作站的标准工作时间的一致性程度,是衡量一条生产线是否运行良好和顺畅的重要指标[10]。

$$生产线平衡率=\left(\frac{各工序时间总和}{工序数\times瓶颈工序时间}\right)\times100\%。\quad(2)$$

将新生产线上工序时间总和63.71 s,工序数(作业单元数)4,瓶颈工序时间(装箱作业单元时间)18.21 s代入公式(2),求得生产线平衡率为87.4%;将原产线工序时间总和93.37 s,工序数10,瓶颈工序时间19.88 s代入公式(2),求得生产线平衡率为46.9%。通过瓶颈工序改善和单元生产方式的应用,生产线平衡率从46.9%提升到87.4%。

3　家电产品包装线仿真分析

3.1　模型建立

Flexsim仿真软件是美国Flexsim公司开发的一款三维的通用物流仿真软件,采用C++语言开发,支持离散系统和连续流体系统的建模[11]。家电产品包装生产线采用Flexsim建立生产线的仿真模型,并根据Flexsim运行结果分析生产中存在的问题。

包装生产线仿真模型的建立步骤如下:

1)设计布局。根据生产线布局原则[12],依照新家电产品包装工艺流程方案,进行仿真系统的布局设计。在装箱区和封箱打码区前,设置等待区作产品加工前的缓冲区;产品库和包材库为生产线始端,成品仓库为生产线终端,生产线布局如图8所示。

2)定义实体。建立仿真模型时,工人及设备简化为Flexsim中的实体,定义各作业单元在Flexsim中的实体类型。产品库、包材库为发生器,代表物料的产生;贴标套袋区、装箱区为合成器,代表物料由多件经加工合成一件;开箱封底区、封箱打码区为处理器,代表对物料进行加工处理;成品仓库为货架。根据各作业单元经测算得出的标准工时设置各实体参数,发生器、等待区和货架不需设置时间参数。具体定义如表2所示。

表2　各作业单元定义内容

Table 2　Production cell definition

作业单元	实体类型	时间参数(耗时)/s
产品库	发生器(Source)	—
包材库	发生器(Source)	—
贴标套袋区	合成器(Combiner)	14.06
开箱封底区	处理器(Processor)	17.23
装箱区	合成器(Combiner)	18.21
封箱打码区	处理器(Processor)	14.21
成品仓库	货架(Rack)	—
等待区	暂存区(Queue)	—

3)连接实体。按照产品流动路径,从包材库(Source)、产品库(Source)开始向下一对象连接,到成品仓库(Rack)为止。包材库输出路径为开箱封底区、贴标套袋区,代表PE袋和包装箱从包材库流动到开箱封底区、贴标套袋区;装箱区输入路径为2个等待区,代表已完成贴标套袋工序的产品、已完成开箱封底工序的包装箱流向装箱区。其他路径都为单条路径。

3.2　仿真分析

进行产品包装生产线一个工作日的仿真分析,设置仿真模型运行时间为8 h,运行完成后,整理仿真数据得到各作业单元运行状态,工作状态占比贴标套袋区为77%,开箱封底区为94%,装箱区为99%,封箱打码区为78%,如图9所示。

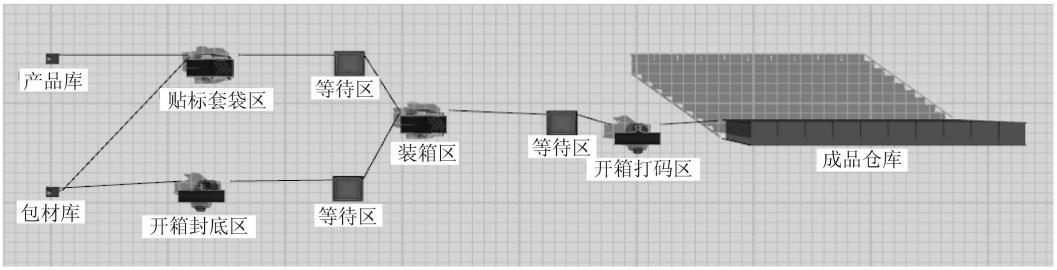
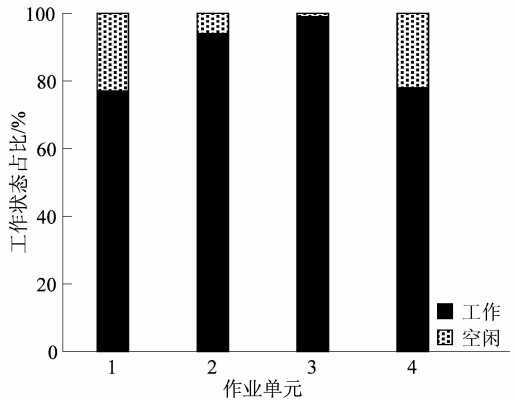


图8　仿真模型布局图

Figure 8　Simulation model layout



1—贴标套袋区;2—开箱封底区;3—装箱区;4—封箱打码区。

图 9 各作业单元运行状态示意图

Figure 9 Schematic diagram of operation status of each unit

由图 9 可知,新家电产品包装生产线仿真模型各作业单元时间利用率较高,作业效率得到有效提高。

4 结语

课题组以提高家电产品包装生产线的生产效率为研究目标,基于约束理论(TOC)对包装工艺流程进行分析,找出限制生产线生产能力的瓶颈工序;以改善瓶颈工序为流程优化的关键点,设计了一款一体式家电产品包装箱;根据新型包装箱的工艺要求,结合单元生产(cell production)的精益生产方式,制定了新产品包装工艺流程,通过公式计算得出新包装线生产平衡率提高;利用生产物流仿真软件 Flexsim 进行建模、分析,表明新家电产品包装线各作业单元时间利用率较高,验证了新方案的可行性和高效性。工艺流程优化方案使包装线生产效率提高,可增强家电企业在市场中的竞争力。

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] 宝斯琴塔娜,陈红霞,姜广君,等. 基于 FLEXSIM 的流水线生产物流优化[J]. 工业工程与管理,2008,13(4):106 – 109.

[5] 苟进胜,惠飞飞,谢瑞,等. 大型家电全瓦楞纸板缓冲包装结构设计[J]. 包装工程,2013,34(13):1 – 4.

[6] 尹国辉,李贤功,申少奎. 约束理论在包装车间生产线改造中的应用[J]. 机械设计与制造,2014(1):245 – 246.

[7] 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.

[8] 王东. 生产线标准工时制定方法研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2009:13 – 15.

[9] 黄金. A 企业单元生产应用研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2012:8 – 13.

[10] 宋小双. 基于 IE 理论的 LY 公司生产线平衡改善研究[D]. 成都:西南交通大学,2012:7 – 10.

[11] 龚立雄,谭国,黄敏. 基于 Flexsim 的摩托车涂装生产线仿真与优化研究[J]. 工业工程与管理,2014,19(3):122 – 126.

[12] 聂斌,范秀敏,杜吉旺,等. 生产线布局规划与物流仿真的集成技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2014(7):154 – 157.

[信息 · 简讯]

· 产品信息 ·

西门子推出全新 Simotics XP 1MB 低压隔爆电机

西门子在中国研发并生产的 Simotics XP 低压防爆系列交流电机家族再添新成员——全新低压隔爆系列电机。全新 Simotics XP 1MB 低压隔爆系列电机,针对危险的爆炸性气体环境设计,防爆结构设计严格执行中国及欧洲防爆标准,防爆等级为 Ex d IIC T4 Gb。此系列隔爆电机充分体现了安全可靠、易于安装、绿色高效、灵活适配等特点,可广泛应用于化学工业、炼油厂、钻井平台、加油站、饲料制造和污水处理厂等易燃易爆场所。

Simotics XP 1MB 低压隔爆系列电机中心高为 80 ~ 355mm,功率范围 0.55 ~ 400 kW,可选择多种安装方式,防护等级涵盖 IP55、IP56、IP65 共 3 种选择。Simotics XP 1MB 低压隔爆系列满足 GB18613—2012 能效等级 2 级要求,同时满足 IEC 60034—30 标准中 IE3 效率等级。该低压隔爆系列电机具有非常充足的模块化设计选择,其接线盒可以顶部、左侧、右侧出线,且进线方式有满足中国用户习惯的漏斗进线,也有满足国际市场客户的葛兰进线。另外,Simotics XP 1MB 低压隔爆系列电机还有数种绕组保护、符合其他地区和国家的多种电压与频率等百余种选件可供选择,可满足更多客户各种应用需求。

(朱建芸)