

基于 Flexsim 的服装单件流水线仿真优化^①

宋莹

辽东学院 服装与纺织学院, 辽宁 丹东 118003

摘要: 选取一款女衬衫为实验对象, 从服装单件流水线生产的影响因素入手, 借助 Flexsim 软件对该款女衬衫单件流水线进行仿真优化研究. 然后通过对该款女衬衫工序分析中的原始数据进行仿真实验, 借助拟合软件对测得的实验数据进行函数分析, 找出流水线中瓶颈工位工时, 在此基础上对该单件流水线工序进行组合兼顾后再次进行模拟仿真的循环测试, 最终使该流水线瓶颈工时得以降低, 生产平衡率极大提高.

关键词: Flexsim; 单件流水线; 工序; 仿真优化; 生产平衡率

中图分类号: TS941.717.87

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)12-0094-06

随着我国服装市场的发展与壮大, 服装企业生产模式也越来越趋向于智能化、数字化^[1], 服装企业的生产方式也就成为企业能否适应市场、赢得竞争的決定因素^[2]. 传统的捆包流生产方式由于存在生产周期长、生产效率低、生产流程模糊、缺乏快速反应机制^[3]等问题, 已无法满足企业和市场的生产需求. 反之单件流的生产方式, 则以其“后拉式”的生产特点, 通过减少产品积压、提升产量、提高生产效率等优势获得众多服装企业的青睐. 而一条高效合理的单件流水线在其建立并运行之前, 必须通过大量的数据采集分析, 以及反复的模拟优化才能实现生产效率的提升与完善^[4]. 针对这一问题李克兢等在《模块化服装快速生产设计系统的开发》中通过验证流水线平衡的方法对单件流水线的优化提出了解决方法^[5]. 韩少杰等则通过遗传算法对流水线平衡率的提高进行了研判^[6-7]. 然而上述众多研究, 大多只针对影响单件流水线流畅运行的某一单因素进行研究, 研究的服装类型相对宽泛, 缺少针对性, 因此, 本课题从单件流水线生产过程中的影响因素入手, 以一款女士衬衫为实验对象, 借助 Flexsim 软件对该款衬衫单件流水线的生产线编制进行了模拟仿真, 准确地预判出该单件流水线的生产平衡率, 并在此基础上对生产线的工序分配进行循环优化, 最终使该流水线生产运行更平衡, 更流畅^[8].

1 实验对象分析

1.1 实验对象选取

选取一款短袖女士衬衫为实验对象, 具体款式如图

1. 衣身门襟处设有 5 粒扣, 前衣身设有胸省和腰省, 后衣身设有腰省, 袖口、领口以及底摆处缉有明线.

1.2 实验对象工序分析

对实验选定的女士衬衫进行工序拆分, 得到其工序流程图^[9](图 2).

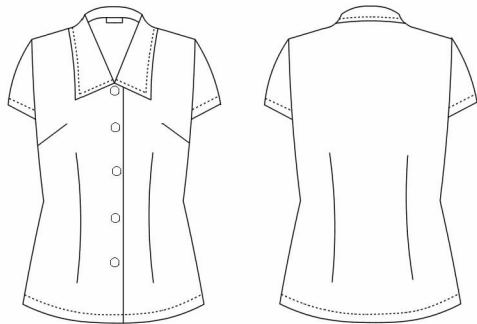


图 1 女衬衫款式图

① 收稿日期: 2019-01-28

基金项目: 辽宁省科技厅项目(51873084).

作者简介: 宋莹(1973—), 女, 副教授, 主要从事服装工程的研究.

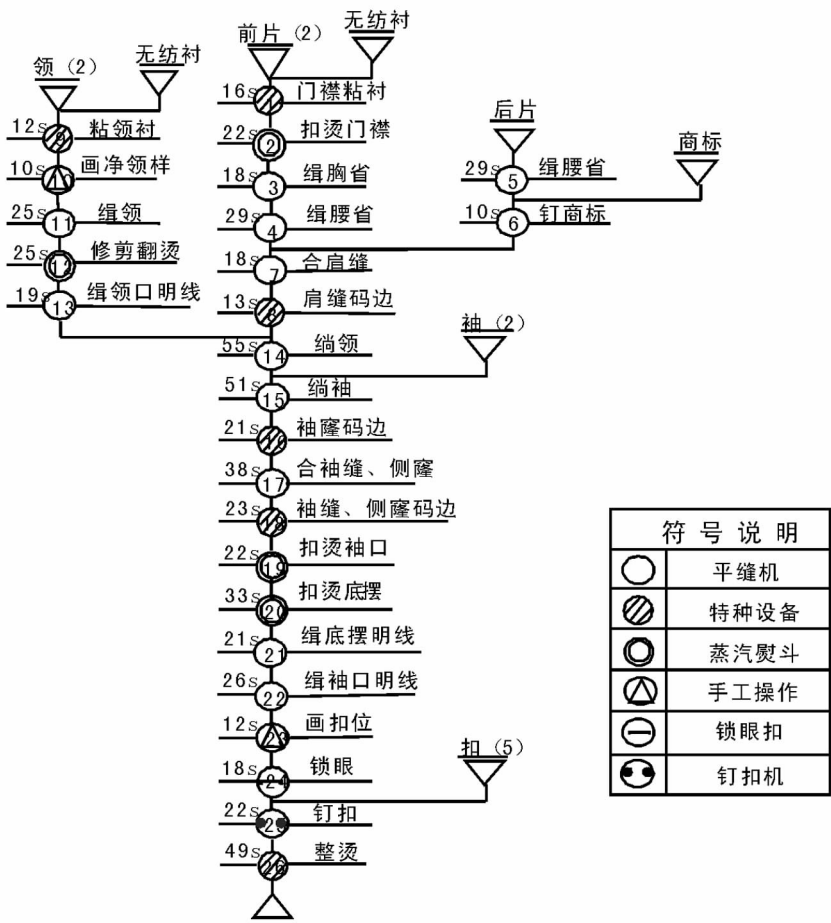


图 2 女衬衫工序流程图

2 流水线影响因素分析

2.1 工序因素

2.1.1 工序编制情况

服装单件流水线工序编制情况是决定该流水线生产平衡率的关键因素。工序的编制效率越高，则流水线的生产平衡率也就越高。生产平衡率的计算公式：1)当流水线存在瓶颈节拍时， $E=PT/BT\times 100\%$ ；2)当流水线中不存在瓶颈节拍时， $E=T/(N\times P)\times 100\%$ 。

其中 E 表示生产平衡率； PT 表示流水线节拍； BT 表示瓶颈节拍，即整条流水线中用时最多的工序时间^[10]； T 表示单件产品标准加工时间； N 表示工位数即工人数量。在一条流水线中如果存在多个瓶颈节拍，通常按照最大瓶颈节拍来计算生产平衡率。生产流水线的平衡率要达到 85% 以上才属于合理有效的工序编制^[11]。具体平衡率评判标准如表 1^[12]。

表 1 生产线平衡率评判标准

生产线平衡率	研判结果
$E=60\%$	未对生产线进行任何管理
$60\%<E\leq 85\%$	生产线管理效果不佳
$85\%<E<100\%$	高效生产线效率

2.1.2 工序难易程度

工序是流水线生产过程中的加工单元，工序的难易程度靠该道工序的工时长短来体现，工时较长的工序，其难度也相对较高，反之亦然。服装企业在加工生产过程中会将工序难度依据工时长短与技术难度划分为 4 个等级，等级越高难度越大，具体划分标准：工时极少、极易操作、易教易会的工序难度为 1 级(肩缝码边)；工时适中、难度适中、比较容易操作的工序难度为 2 级(缉腰省)；工时较长、难度较大、熟练操作需要较长时间的工序难度为 3 级(合袖缝)，工时极长、难度极大、熟练操作需要很长时间的工序难度为 4

级(绱领)。

2.2 人工因素

在服装的单件流加工过程中,对同一工序不同技能水平的工人会产生不同的作业时间,工人的技能水平直接决定了工序的作业时间和流水线的生产平衡率,而工人的操作技能水平主要体现在工人对某一工序的熟练程度和完成效果上。在服装单件流水线的生产过程中,企业通常根据工人的操作水平,将工人按照操作技能划分为 4 个操作技能等级,分别为优秀、良好、普通和差。其中技能等级为优秀的工人评定标准为能够熟练完成高难度工序、完成质量高、完成动作标准且完成时间短;良好的评定标准为可完成难度较高的工序、完成质量较好、动作较标准且完成时间较短;普通的评定标准为可完成简单工序、完成质量较低、动作较慢;差的评定标准为经过基础训练但是尚未达到独立完成工序的标准,通常不加入流水线生产。

3 女衬衫单件流水线 Flexsim 仿真优化实验

3.1 仿真优化建模

基于 Flexsim 对女衬衫单件流水线仿真优化过程进行结构建模,主要包括 Flexsim 流水线仿真、流水线优化和优化结果验证 3 个模块,其中 Flexsim 流水线仿真模块中的发生器与暂存区用来模拟实际女衬衫单件流水线中的工位数量与位置^[13],暂存区的数量可以直接反映出下一道工序所需的加工数量^[14]。具体运行过程如图 3。

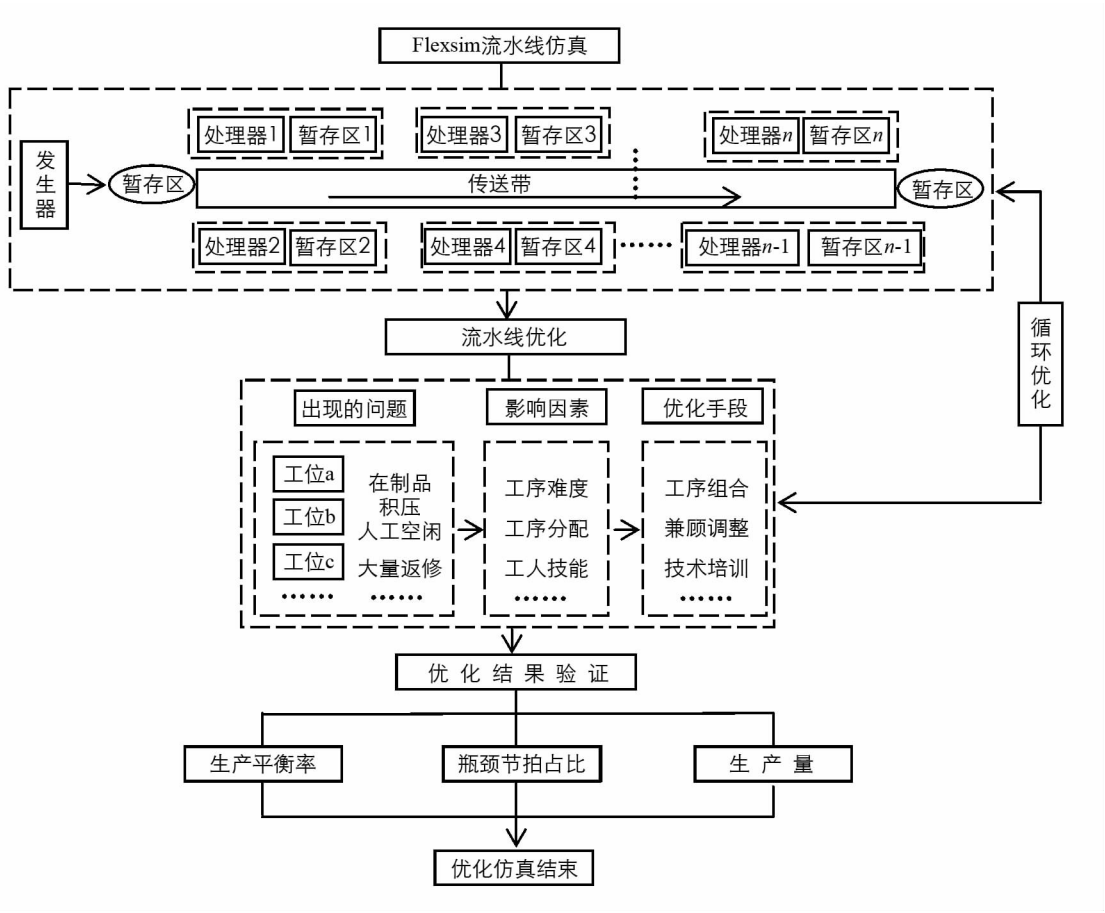


图 3 女衬衫单件流水线 Flexsim 建模

3.2 仿真优化实验过程

3.2.1 单件流水线的建立

依据图 2 的女衬衫工序图所给出的数据,将其输入软件并对工序进行分配组合,建立女衬衫单件流水线,得到女衬衫单件流水线的工序、工位分配表,如表 2。该女衬衫流水线单件总加工工时为 637 s,共有工

位 15 个，工人 15 名，最大瓶颈节拍为工位 9 的第 14 道工序为 55 s，以及各工序分配组合及使用设备情况. 通过公式 $P=T/N\times100\%$ 计算出该单件流水线的节拍为 42 s. 其中 T 为单件产品的生产时间； N 为流水线工位数即作业人数. 由于该流水线存在瓶颈节拍，因此利用公式 $E=PT/BT\times100\%$ 计算出该女衬衫单件流水线的生产平衡率为 76.4%，低于企业实际生产要求的 85%，需要对其进行优化平衡. 同时，以服装厂常用的日工作时间 10 h 为例，计划日生产量为 857 件，而模拟出的该流水线实际日产量仅为 655 件，同样需要进一步优化.

表 2 工序、工位分配表

工位编号	工序编号	工人数	工时/s	设备名称
1	1, 9	1	28	粘合机
2	2, 19	1	44	蒸汽熨斗
3	3, 4	1	43	平缝机
4	5, 6	1	39	平缝机
5	7, 21	1	39	平缝机
6	10, 20	1	43	蒸汽熨斗
7	11, 13	1	44	平缝机
8	12, 23	1	37	手工
9	14	1	55	平缝机
10	15	1	51	平缝机
11	17	1	38	平缝机
12	8, 16, 18	1	57	三线包缝机
13	22	1	26	平缝机
14	24, 25	1	40	锁眼机、钉扣机
15	26	1	49	整烫机
合计		15	637	

3.2.2 生产平衡率优化

利用 Flexsim 软件对女衬衫单件流水线进行模拟仿真时，对每个工位分别进行 12 次工时测定，处理器中的加工时间即为流水线中工位的作业时间，借助拟合软件对测得作业时间进行函数分析，得到各工位的作业等待、积压状态(表 3). 通过表 3 中的数据可以发现，部分工位的等待或积压状态相对严重，如工位 1 与节拍的差值为−14 s，说明该工位工人作业等待时间较长，空闲占比过大；工位 10 与节拍差值为 9 s，则说明该工位在制品积压状态较为严重，属于瓶颈工位. 对于存在上述情况的工位，只有对工序及工人进行互相兼顾、优化调配，才能提高流水线的生产平衡率，优化后工序分配如表 4. 平衡优化后再次对该女衬衫单件流水线进行模拟仿真，并计算得出优化后日生产量可提高至 818 件.

表 3 工位作业状态表

工位编号	工时/s	与节拍差值/s	工位编号	工时/s	与节拍差值/s
1	28	−14	9	55	13
2	44	2	10	51	9
3	43	1	11	38	−4
4	39	−3	12	57	15
5	39	−3	13	26	−16
6	43	1	14	40	−2
7	44	2	15	49	7
8	37	−5			

表 4 优化后工序分配表

工位编号	设备名称	工时/s	与节拍差值/s	兼顾	兼顾后与节拍差值/s
1	粘合机	28	−14	12	0
2	蒸汽熨斗	44	2		0
3	平缝机	43	1		0
4	平缝机	39	−3	10	0
5	平缝机	39	−3	10	0
6	蒸汽熨斗	43	1		1
7	平缝机	44	2		0
8	手工	37	−5	26	0
9	平缝机	55	13		0
10	平缝机	51	9		−1
11	平缝机	38	−4	10	0
12	三线包缝机	57	15		1
13	平缝机	26	−16	3, 7, 9	0
14	锁眼机、钉扣机	40	−2	2	0
15	整烫机	49	7		2

上述实验可知，通过 Flexsim 软件进行模拟仿真首先建立女衬衫单件流水线，对流水线中的原始数据进行仿真模拟，找出流水线上的瓶颈工位与工序并进行兼顾组合与平衡优化，改善各工位的等待、积压状态，从而将瓶颈节拍由 55 s 减少至 44 s，随后再次对该单件流水线进行循环模拟仿真，得到优化后的流水线日生产量由之前的 655 件提高到 818 件，从而将流水线的生产平衡率提升至 95.5%，并且仿真优化后的流水线各工位工时差相对较小，均比较接近流水线节拍(图 4)，因此整个流水线更加平衡高效。

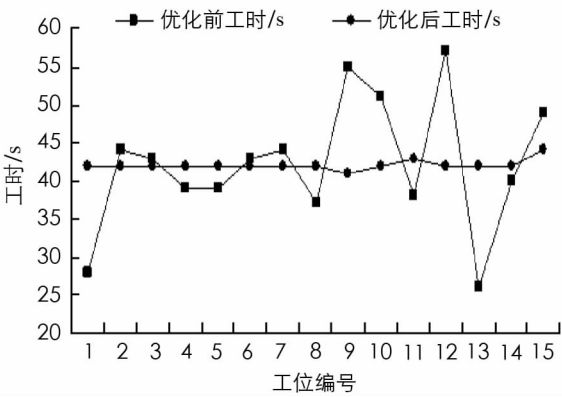


图 4 优化前后工时对比图

4 结 论

- 1) 利用 Flexsim 软件对服装单件流水线进行仿真优化，提前设定产品工艺流程，并对原始数据进行模拟实验，有助于企业在实际生产之前及时找出瓶颈工序，并通过循环仿真优化减少工位与工序间等待与积压的现象，消除或减少瓶颈节拍，并提高生产量，使流水线运行畅通，生产平衡率得到大大提高。在此基础上，还可以从改善现有生产条件、提高工人技能水平和优化加工工艺等方面入手，进一步提升服装单件流水线的生产平衡率。
- 2) 借助 Flexsim 软件对该女衬衫单件流水线进行仿真优化，提前预定出优化目标，可以提前预判出该流水线的运行效果，对预定的目标通过工序优化组合达到消除或降低瓶颈的最终目的，使整个流水线在实际生产的过程中减少损失，因此具有极高的可行性。
- 3) Flexsim 软件的模拟仿真优化过程是一个再循环的过程，可以通过多次循环实验对流水线的优化目标进行多次调整与测试，从而得出最优化的模拟仿真结果。

参考文献：

[1] 王 英. 精益生产模式在服装企业中的应用研究 [D]. 天津：天津工业大学，2016.

[2] 沈晓来. 基于单件流的服装生产组织与管理探讨 [J]. 上海纺织科技，2013，41(5)：61-64.

[3] 白 杰, 王晓云, 王晓菊. 单件流生产技术在服装企业的应用 [J]. 毛纺科技, 2018, 46(9): 42-45.

[4] 吕永桂, 高平波, 钟 波. 一种新型服装单件流生产流水线研发 [J]. 纺织学报, 2014, 35(8): 99-103.

[5] 李克兢, 崔世忠. 模块化服装快速生产设计系统的开发 [J]. 纺织学报, 2006, 27(1): 50-53.

[6] 韩少杰. 西服生产流水线作业平衡及数字化管理研究 [D]. 上海: 东华大学, 2010.

[7] 王东云, 刘惠琴, 胡洛燕, 等. 基于遗传算法服装缝纫调度技术的研究 [J]. 纺织学报, 2003, 24(5): 52-54, 5.

[8] 孙影慧, 杜劲松. 服装单件流水线的 Flexsim 仿真 [J]. 纺织学报, 2018, 39(6): 155-161, 166.

[9] 王雪筠. 服装厂与生产线设计[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2014: 92.

[10] 宋 莹, 滕洪军. 精益生产在服装流水线中的应用 [J]. 天津纺织科技, 2018(4): 22-25.

[11] 宋 莹. IE 量化类方法下服装生产线平衡的研判 [J]. 服装学报, 2017, 16(3): 208-211.

[12] 韩鑫鑫. IE 技术在提高 B 企业组装线生产效率方面的应用 [D]. 苏州: 苏州大学, 2014.

[13] 卢 焕. 基于 Flexsim 的 A 服装厂生产物流系统优化与仿真 [D]. 南昌: 江西财经大学, 2018.

[14] 沈 黎. 基于网络数据库的存储过程和触发器应用研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(3): 51-55.

On Simulation Optimization of One-Piece Flow Garment Assembly Line of Clothing Based on Flexsim

SONG Ying

College of Clothing And Textile, Eastern Liaoning University, Dandong Liaoning 118003, China

Abstract: In this article, a blouse has been selected as the subject of the experiment, stating from influencing factors of the production of one-piece flow garment assembly line, simulation and optimization of one-piece flow garment assembly line of this blouse with Flexsim software. The bottle-neck in the assembly line has been found. On the basis, it has been reorganized that the procedure run the simulation cycle test again. Finally, the bottle-neck will be reduced, production balance rate been greatly improved.

Key words: Flexsim; One-piece flow garment assembly line; procedure; simulation optimization; production balance rate

责任编辑 周仁惠