

随机型混流装配线的仿真研究

蒋艳,黎向锋,左敦稳,焦光明,薛善良

(南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘 要:针对随机型混流装配线平衡和排序问题的复杂性,利用 Arena 仿真软件建立了随机型混流装配线模型。该模型在现有的确定型混流装配线模型基础之上加入了实际装配过程中会遇到的不确定因素,如:不确定的产品投产时间、不确定的装配时间、不确定的传输时间、不确定的故障时间和不确定的返工时间等,使仿真结果更加符合实际生产情况。仿真结果表明:流水线上的工作站负荷仍然比较均衡,但制造周期延长了。

关键词:混流装配线;随机模型;仿真

中图分类号:TH12;TP391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2011)01-0119-04

Simulation Research on Stochastic Mixed-model Assembly Line

JIANG Yan, LI Xiang-feng, ZUO Dun-wen, JIAO Guang-ming, XUE Shan-liang

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Aiming at the complexity of the balancing and sequencing problems of stochastic mixed-model assembly lines (MMAL), this paper uses Arena software to establish a stochastic model of MMAL in this work. In the model some uncertain factors encountered in the real assembly process are considered, such as production time, transfer time, failure time, rework time, and so on, which makes the simulation results more accord with the actual condition of production. The simulation results show that the loads of the work stations on the assembly line are still smooth, but the makespan extends.

Key words: mixed-model assembly line; stochastic model; simulation

0 引言

混流装配线是提高企业对市场的快速反应能力,满足产品多样化的需求,降低库存和生产成本,提高产品品质的重要手段。混流装配线的有效利用涉及到2个紧密关联、相互影响的方面,即混流装配线的平衡和排序问题^[1-2]。按照任务时间是否固定可以将混流装配线分为确定型和随机型2种。对于确定型混流装配线,可以通过建立数学模型,利用智能算法进行编程求解,来实现装配线的平衡和排序设计;然而,对于随机型的混流装配线来说,通过这种途径进行设计比较困难。这是因为:首先建立能够反映实际生产的装配线的随机数学模型比较困难;其次通过编程来实现随机模型的求解工作量比较大。现有的功能强大的仿真软件为实现随机型混流装配线的平衡和排序设计提供了一种便捷手段。

现利用 Arena 仿真软件,在已求得的确定型混流装配线的平衡和排序设计结果之上,加入了实际装配过程中会遇到的不确定因素,对其进行建模仿真。以分析装配线上各工作站负荷的均衡状况和制造周期的变化。

1 混流装配线模型

混流装配线模型描述如下:在装配线上有11个工作站,各工作站按次序排成一列。有A、B、C3种产品需要被装配,它们的需求比例依次为2:1:1,3种产品的优先关系图见文献[3]。所有产品按顺序在各工作站上进行装配,当一个产品在某个工作站结束装配时,便被运送到下一个工作站装配,如果下一个工作站正在装配着某个产品,那么该产品便等待工作站装配结束才能进行装配;如果某个工作站装配完一个产品后,下一个产品还在上一个工作站里装配着,那么该工作站就处于等待产品的状态。

文中确定型的混流装配线是指:各产品在各工作站的装配时间为定值,各产品的投产时间为定值,并设第一个产品投产的时间为0时刻,不考虑产品在各工作站之间的传输时间、机器故障和产生次品等的现象。已知求得确定型混流装配线的产品投产顺序为A→A→B→C,作业分配情况见表1。在这种情况下,装配线的制造周期为299个时间单位。

2 随机型混流装配线建模

为了对实际装配情况进行仿真,本文在确定型混流装

基金项目:国防科工委十一五重大基础科研项目

作者简介:蒋艳(1986—),女,江苏扬州人,硕士研究生,主要从事生产调度智能算法及其应用方面的研究。

表 1 各工作站作业分配及负荷情况

工作站	作业集	工作站负荷/单位时间		
		产品 A	产品 B	产品 C
1	10-25-23-24	3	17	46
2	8-27-5	14	27	21
3	7-4-3	19	27	30
4	22-6-20-9	19	21	31
5	14-2-15	22	32	25
6	12-21-18	24	22	21
7	11-16-17-1	28	24	24
8	30-26-32	20	25	24
9	29-19	21	23	18
10	31-13	18	24	15
11	28-33	18	20	21

配线基础上引入随机扰动,考虑了产品传输时间、机器故障以及次品的产生等现象,并且令各产品在各工作站上的装配时间服从正态分布,均值为已经求解得出的装配时间,即表 1 中的时间,方差为 0.5。例如,产品 B 在工作站 8 中的装配时间分布形式为: $N(25,0.5)$ (具体的分布形式及参数可以根据实际情况在 Arena 中进行修改)。仿真过程中的时间单位均设为秒(seconds)。

图 1 显示了混流装配线随机模型的顶层模型视图,从图 1 中可以看出混流装配线模型被分成了 3 个子模型,分别为:产品到达 (Products Arrival)、装配过程 (Assembly Process) 和检测与存储 (Inspect and Store Products)。下面详细介绍各子模型的模型逻辑。

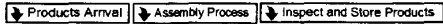


图 1 混流装配线随机模型的顶层模型视图

2.1 产品到达逻辑模型

图 2 显示了产品到达逻辑模型。该模型主要由创建

模块、分配模块、站模块及路径模块组成。由于产品在流水线上的投放机制是:第一个工作站的产品装配结束离开工作站时,排序序列中的下一个产品同时投放。所以如果第一个产品从 0 时刻开始投放,那么产品 $A \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ 的投放时刻分别为 0, 3, 6 和 23, 各产品的投放间隔时间均为 69。考虑到实际装配过程中的不确定因素,本文将产品的投放时间和投放间隔均设置成服从方差为 0.5 的正态分布值。

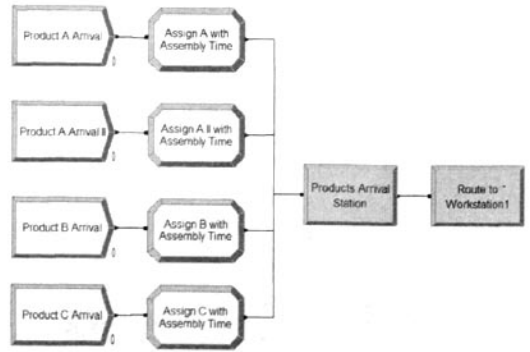


图 2 产品到达逻辑模型

2.2 装配过程逻辑模型

图 3 显示了装配过程逻辑模型。该模型主要由各工作站操作 (Process) 模块、工作站之间的站和路径模块及一些决策 (Decide) 模块所组成。为了记录制造周期值,设置了一个 Tag 变量,在第一个投产循环中,将其设成 0,其余循环将其设成 1,以此判别是否为第一个投产循环。

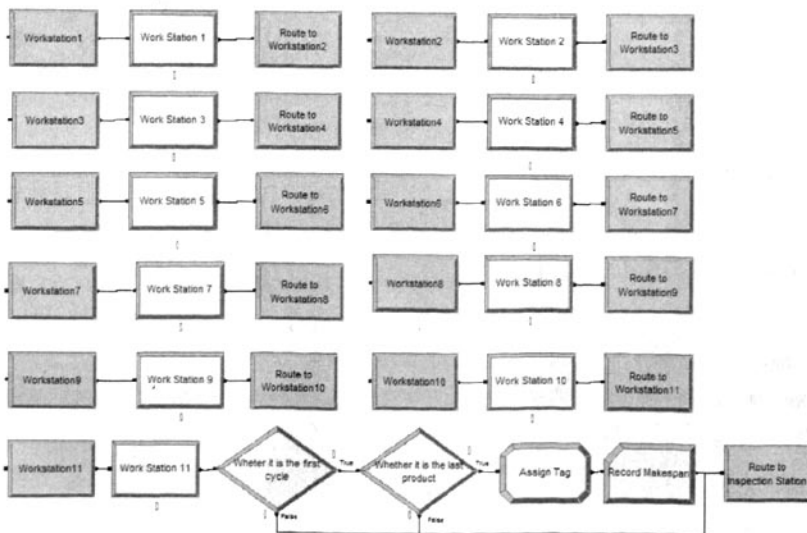


图 3 装配过程逻辑模型

2.3 检测与存储逻辑模型

图4显示了检测与存储逻辑模型。该模型的主要作用是:使装配好的产品具有一定的次品率(本文设成

9%),如果产品为次品,需要传送到返工工作站进行返工操作,返工操作时间同样服从正态分布,返工后的产品以一定的概率(本文设成20%)报废,合格品则被分类存放到各产品的仓库中去。

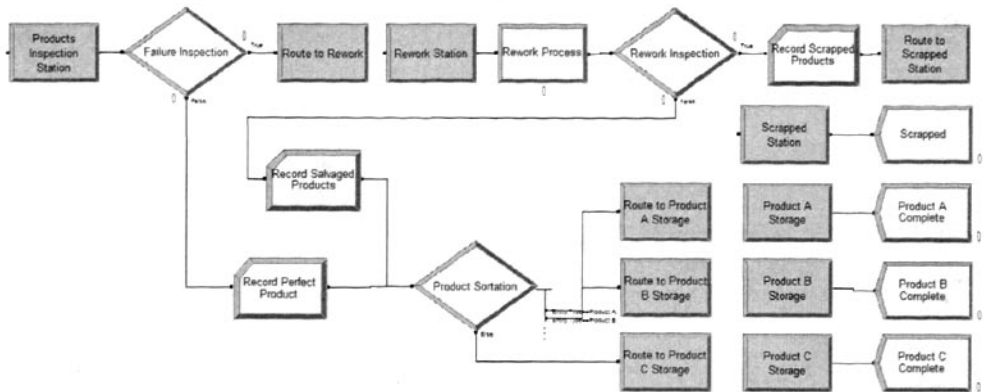


图4 检测与存储逻辑模型

2.4 定义仿真数据

本文仿真过程中用到的数据模块主要有 Entity, Resource, Variable, Failure(故障)和 Statistic(统计)这5个模块。其中,实体模块中定义了产品A、B和C3种类型的实体。资源模块主要对各工作站的资源关联了故障。变量模块里定义了一个 Tag 变量,用于判断是否为第一

个投产循环的标记。故障模块为各工作站资源定义了基于时间型的故障,即:当资源被使用一定的时间之后,将会触发故障。图5显示了各工作站资源的故障数据模块设置情况。本文假设各资源的正常运行时间(up time)和停机时间(down time)分别服从均值为120 s和4 s的指数分布。统计模块主要用于对资源繁忙、空闲和故障三种状态的统计。

Failure - Advanced Process						
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Down Time	Down Time Units
1	Station 1 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
2	Station 2 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
3	Station 3 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
4	Station 4 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
5	Station 5 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
6	Station 6 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
7	Station 7 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
8	Station 8 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
9	Station 9 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
10	Station 10 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds
11	Station 11 Failure	Time	EXP0(120)	Seconds	EXP0(4)	Seconds

图5 故障数据模块设置

2.5 建立动画模型

图6显示了混流装配线的动画模型。各工作站资源都存在繁忙、空闲和故障三种状态。图7显示了工作站6

在繁忙、空闲和故障三种情况下的资源图形。其他工作站和工作6的情况类似,工人两手向前伸以示工作站资源繁忙(即正在装配),工人手捧报纸以示工作站资源空闲,当资源发生故障时,用空白的资源表示。

Mixed-Model Assembly Line

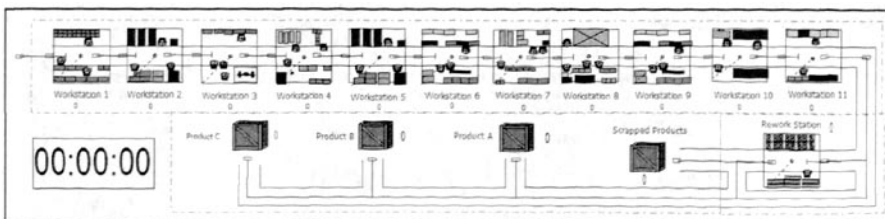


图6 混流装配线动画模型

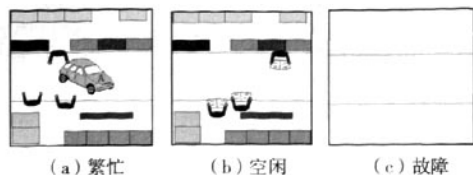


图7 工作站6在三种状态下的资源图形

3 仿真模型运行与结果分析

3.1 运行仿真模型

本文对建立的仿真模型进行了1 200 s的仿真。启动运行后,截取了4 min 18 s时装配线的运行状况图,如图8所示。从图中可以看出,此时工作站4正处于故障状态,

Mixed-Model Assembly Line

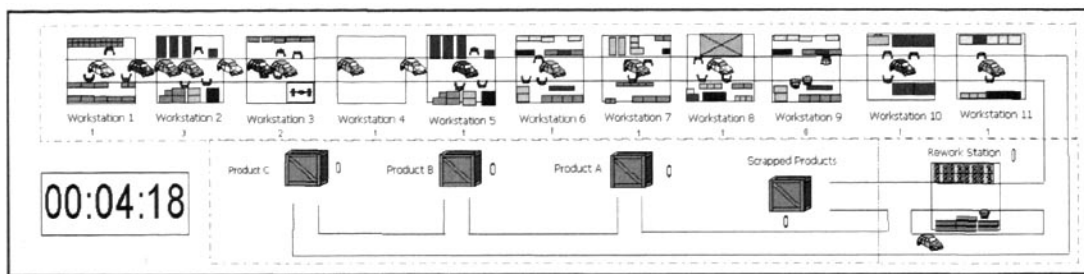


图8 4分18秒的时刻混流装配线的运行状态

产品A正在等待它的修复;工作站9正处于空闲状态;而工作站2上有3个在制品需要被装配,是整个装配线上最繁忙的工作站;第一个投入装配的产品A已经装配完成,正在向存储A的仓库输送。

3.2 结果分析

图9为截取的部分结果报告。从图9(a)中可以看出,在仿真时间段内,工作站2和工作站3的平均负荷最重,工作站10和返工工作站的平均负荷最轻,但对于流水线上的11个装配工作站来说,平均负荷还是比较均衡的。从图9(b)中可以看出,受到实际装配过程中的不确定因素(装配时间、传送时间、资源故障时间等)的影响,装配线的制造周期已经从299提高到323.45。

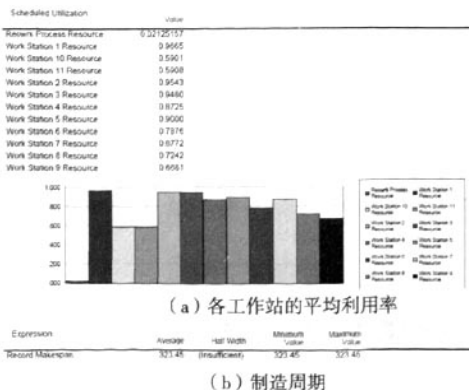


图9 部分结果报告

4 结论

本文在确定型混流装配线的基础之上加入了实际装配过程会遇到的不确定因素:不确定的产品投放时间、不确定的产品装配时间、不确定的传输时间、不确定的机器故障及次品现象等,建立了随机型混流装配线模型。仿真结果表明,加入随机扰动后,装配线上各工作站的负荷仍然比较均衡,但制造周期延长了。

参考文献:

- [1] Parviz Fattahi, Mohsen Salehi. Sequencing the mixed-model assembly line to minimize the total utility and idle costs with variable launching interval[J]. Int J Adv Manuf Technol, 2009(45): 987-998.
- [2] Rahimi-Vahed A R, Rabbani M, Tavakkoli-Moghaddam R. et al. A multi-objective scatter search for a mixed-model assembly line sequencing problem[J]. Advanced Engineering Informatics, 2007(21): 85-99.
- [3] 崔永华,左敦稳,沈冰妹,等. 混合装配流水线上最小装配时间协同优化[J]. 中国制造业信息化, 2008, 37(23): 42-45.

收稿日期: 2010-05-17

作者：[蒋艳](#)，[黎向锋](#)，[左敦稳](#)，[焦光明](#)，[薛善良](#)，[JIANG Yan](#)，[LI Xiang-feng](#)，[ZUO Dun-wen](#)，[JIAO Guang-ming](#)，[XUE Shan-liang](#)
作者单位：[南京航空航天大学, 机电学院, 江苏, 南京, 210016](#)
刊名：[机械制造与自动化](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[JIANGSU MACHINE BUILDING & AUTOMATION](#)
年，卷(期)：2011, 40(1)

参考文献(3条)

1. [崔永华;左敦稳;沈冰妹](#) [混合装配流水线上最小装配时间的协同优化](#)[期刊论文]-[中国制造业信息化](#) 2008(23)
2. [Rahimi-Vahed A R;Rabbani M;Tavakkoli-Moghaddam R](#) [A multi-objective scatter search for a mixed-model assembly line sequencing problem](#) 2007(21)
3. [Parviz Fattahi;Mohsen Salehi](#) [Sequencing the mixed-model agsembly line to minimize the total utility and idle costs with variable hunching interval](#) 2009(45)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jxzyzdh201101041.aspx