

可视化仿真在车间生产系统规划中的应用^①

李洪磊, 陈 丽

(辽宁师范大学 管理学院, 大连 116029)

摘 要: 分析了可视化仿真在车间规划方面的研究现状, 指出了可视化仿真的优势。介绍了 ProModel 可视化仿真技术, 并对建模步骤给予说明。最后运用 ProModel 对车间规划问题进行仿真, 分析了仿真结果并提出了改进方案。

关键词: 车间规划; 可视化仿真; ProModel

Application of Visual Simulation to Workshop System Planning

LI Hong-Lei, CHEN Li

(School of Management, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: The current situation of study on the visual simulation studies in the workshop planning is analyzed. The comparative advantages of visual simulation are pointed out. The ProModel and its modeling steps are described. The workshop-planning problem is simulated. The simulation results and the further improvement are provided.

Key words: workshop planning; visual simulation; ProModel

车间生产系统规划指在建立初期结合厂房面积大小、机械占地面积和作业加工工序来确定设备规划布局以及设计车间作业工序。车间生产系统规划主要有手工设计、数学规划和可视化仿真三种技术途径。数学规划由于其高度抽象、难懂、难操作等特点, 也得不到普遍的运用。而相对于精确性不高, 具有片面性手工设计来讲, 可视化仿真更具有科学性和准确性。目前运用仿真软件解决车间生产规划问题已成为流行的技术手段, 研究与实践成果层出不穷。

目前运用仿真软件解决车间生产规划问题已成为流行的技术手段, 研究与实践成果层出不穷。如运用 Flexsim 仿真平台, 基于面向对象的建模理论对车间的机加工区得利用率进行分析, 达到改善机床参数设置, 系统资源配置优化的目的^[1]; 基于 petir 网理论, 运用 ESHLEP-N 对某汽车座椅装配车间物流系统进行建模仿真, 发现存在的问题并提出相应的解决方案^[2]; 姚海凤等运用 Em-plant 技术对汽车零部件生产线的平衡性进行仿真, 对产线的瓶颈环节进行深入研究, 并利用仿真提出改善措施^[3]; 潘磊运用三维数字化工厂仿

真软件 Delmia / Quest 对变速箱装配线车间规划进行仿真, 发现并分析了装配线中存在的瓶颈问题和不平衡问题等并对其进行优化^[4]; 唐自玉应用基于多色图集合理论对柔性生产线及车间规划进行研究, 运用 e-Mplant 软件和 E-Factory 软件分别对生产线和车间布局进行仿真分析, 最后获得最优方案^[5]等。

在众多仿真工具中, ProModel 是一款优秀的产品, 仿真功能强大, 但建模过程简捷, 操作极为方便。ProModel 是一个多维的软件, 通过分别对设备参数、待加工实体、人员、工艺路线、物理空间等进行设置, 即可建立一个复杂度很高的生产系统模型。本文使用 ProModel, 对车间产线进行规划, 分析了瓶颈环境问题, 并利用仿真对产线进行优化, 获得比较理想的改进方案。

1 基于ProModel的仿真方法

1.1 ProModel 软件简介

ProModel 是一种商业仿真软件, 由美国 ProModel 公司开发。ProModel 通过模拟、跟踪动态系统行为,

^① 收稿时间:2011-08-17;收到修改稿时间:2011-10-03

自动获取并分析仿真过程中的数据,得出所需结论。目前主要应用于分析与设计各种复杂的生产和服务系统。

ProModel 主要包括四大建模要素: Locations(位置), Entities(实体), Arrivals(到达), Processing(过程)。Locations(位置)代表系统中对实体进行处理,存储,决策和其他活动的固定场所; Entities(实体)代表模型中处理的具体物件,如被加工的零部件; Arrivals(到达)定义了系统中实体到达的事件,包括到达概率分析以及单位时间内到达的数量; Processing(过程)描述了每个 Location 执行的动作,包括处理每个实体所花费的时间、执行处理所需的资源以及每个实体下面要到达的位置等等^[6]。Processing 是整个建模过程中最关键的部分,是整个系统模型运行的核心。

1.2 ProModel 的建模步骤

仿真不仅仅是设计和运行模型,成功的仿真需要精心的策划和协调^[6]。然后对于如何进行模拟往往并没有严格的规则,一般依据设计人员经验。本文给出了应用 ProModel 进行仿真时可采取的步骤:

(1) 明确目标、范围和要求。(Define objective, scope, and requirements)。仿真的目标给出了研究的目的或原因,这个目标对于研究时间和资源的限制必须是现实的、可实现的;范围本质上是项目的一个设置规范,有助于使他人理解这个仿真应该包括什么,排除什么;要求包括项目的所需资源,预算,日程安排和人事等。

(2) 收集和分析系统数据(Collect and analyze system data)。通过识别、收集和分析建立模型所需的数据,完成能反映系统如何装配和运行的概念模型。这个概念模型可使用文字说明、流程图或者简单的草稿的形式来表示。它是建立仿真模型的基础。

(3) 建立仿真模型(Build the model): 根据收集的

数据和信息,将概念模型转变为计算机程序模型。建模的重点是系统中的实体流和资源的场所。建成的模型还要进行确认和校验,以确保能够准确的反映现实问题。

(4) 运行模型(Conduct experiment): 设置运行的时间、精确范围等运行情景。模拟运行结束后,运用统计图表或数据挖掘工具对得出的结果进行评估、分析。

(5) 呈报结果(Present the results): 呈报结果并提出建议,对系统进行优化。

2 生产系统仿真规划实例

2.1 问题描述

中国南方某家飞机模型玩具生产厂商拟建立一条新的生产线。生产过程包括原材料码放(Receiving dock)、铸造(Die casting)、切割(Cutting)、打磨(Grinding)、喷涂(Coating)、检验(Inspection)、成品码放(Product)和废品处理(Scrap),其工艺流程如图 1 所示:

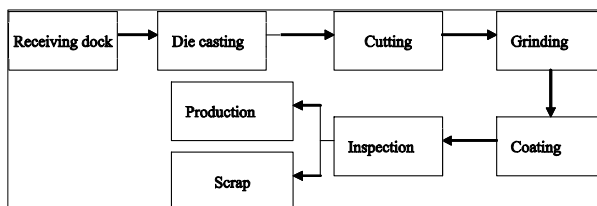


图 1 生产工艺流程

2.2 建立模型

通过与车间管理者、操作工交流与沟通,以及查看过去的生产记录及机械说明书等资料,了解了车间运行的基本情况,收集、整理了建模所需的数据:

(1) 原材料到达的时间间隔和各工序加工每个单位实体所需的时间。运用 SPSS 软件对这些数据分析,得出 ProModel 各工序处理时间符合的函数分布。表 1 和图 2 以打磨工序为例,展示数据处理过程。

表 1 打磨工序的工作时间表

工序编号	作业时间(min)	工序编号	作业时间(min)	工序编号	作业时间(min)	工序编号	作业时间(min)
1	0.23	9	0.21	17	0.23	25	0.26
2	0.22	10	0.23	18	0.25	26	0.23
3	0.26	11	0.20	19	0.47	27	0.25
4	0.22	12	0.23	20	0.23	28	0.24
5	0.25	13	0.22	21	0.25	29	0.21
6	0.23	14	0.25	22	0.21	30	0.24
7	0.24	15	0.23	23	0.24	31	0.26
8	0.22	16	0.24	24	0.22		

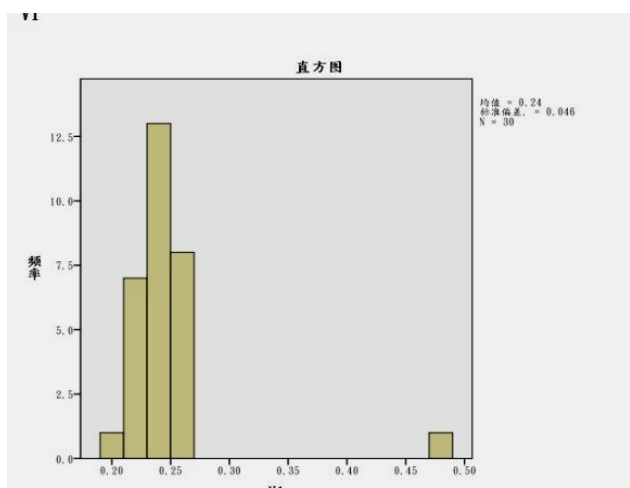


图 2 打磨工序的工作时间分布

(2) 整个加工过程以 2 打 (24 个) 原材料为单位批量处理。

(3) 车间雇佣 5 位技术人员分别负责每个机器的操作, 另外还雇佣一位搬运工, 负责半成品和原材料在各个加工位置之间的搬运工作。

(4) 检验产品的时候拆开进行分别检验, 产品的合格率为 0.8。

(5) 每个加工区都设置缓冲区域, 假设各个缓冲区域容量为无限。

图 3、图 4 是根据以上数据建立的仿真模型。

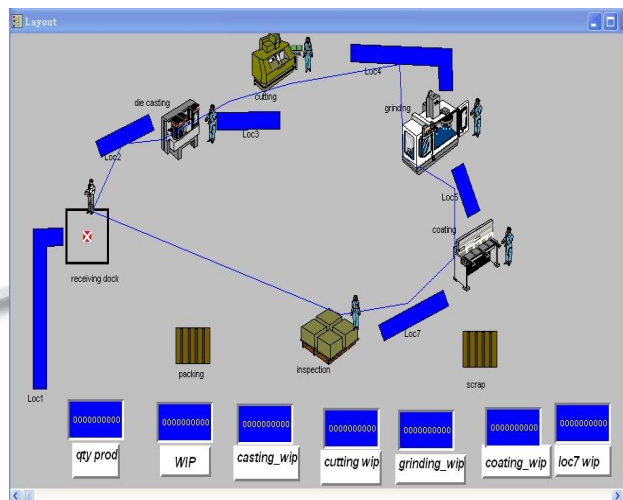


图 3 玩具生产车间仿真模型

```

***** Processing *****
*****
----- Processing -----
Entity Location Operation Blk Output Destination Rule Move Logic
-----
planes receiving_dock 1 planes Loc2 FIRST 1 get mover
move with mover for 0.2min
free mover
Pallet Loc2 GROUP 24 AS Pallet
casting_wip=casting_wip+24
Pallet Loc2 1 Pallet die_casting FIRST 1
Pallet die_casting get automated_die_caster
wait 3min
coating_wip=casting_wip-24
cutting_wip=cutting_wip+24
wip=wip+24
free automated_die_caster
1 Pallet Loc3 FIRST 1 get mover
move with mover for 0.3min
free mover
Pallet Loc3 1 Pallet cutting FIRST 1
Pallet cutting get cutter
wait t(<.25,.28,.35)
cutting_wip=cutting_wip-24
grinding_wip=grinding_wip+24
free cutter
1 Pallet Loc4 FIRST 1
Pallet Loc4 1 Pallet grinding FIRST 1
Pallet grinding get cutter
WAIT N(0.24, 0.046)
grinding_wip=grinding_wip-24
coating_wip=coating_wip+24
free cutter
1 Pallet Loc5 FIRST 1
Pallet Loc5 1 Pallet coating FIRST 1 get mover
move with mover for 0.2min
free mover
  
```

图 4 加工工序和业务逻辑

2.3 仿真结果分析

仿真结果如图 5、图 6 所示。图 5 为各个工序在制品库存的时间序列图, 显示了各时间点、各工位的在制品库存的数量以及各工位在制品的增长水品。

从图中我们可以看出 loc7_wip(检验缓冲库存)加速上升, 在各个时间段在制品库存不断增加, 最后到

达峰值 600。而 coating_wip(喷涂在制品库存)也相对稳定在一个较高的水平。其他的工位运行稳定, 在制品库存一直处于 0 库存状态。理想的生产应是所有工位库存处于一个相对于稳定的水平, 甚至为 0。但是图 5 中的检验缓冲库存喷涂工位的在制品库存存在不断的增加, 说明产线生产节拍不一致, 存在瓶颈环节。

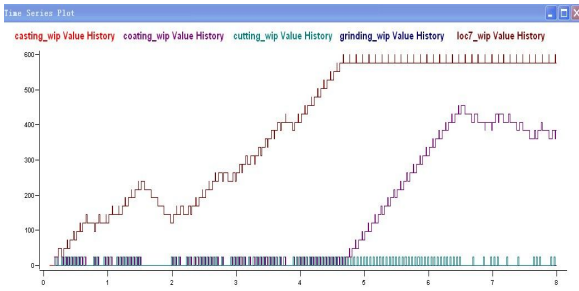


图 5 各加工工序在制品库存

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
prod qty	1139	0.42	0	1139	1139	550.02
wip	1552	0.30	0	1406	1398	735.92
casting wip	239	2.00	0	216	72	59.32
cutting wip	236	2.02	0	24	0	6.61
grinding wip	236	2.02	0	24	0	2.40
coating wip	220	2.17	0	456	384	128.62
loc7 wip	180	2.65	0	600	576	382.38

图 6 生产过程性能指标数据

图 6 显示 prod_qty(产成品数量)明显小于在制品库存 wip, 也说明车间生产中存在着瓶颈环节这一点。结合图 5 显示的数据, 可以判定这个瓶颈环节就存在于 coating(涂料)和 inspection(检验)这两个工序之中。

2.4 改进措施研究

为了确定真正的瓶颈环节究竟是 coating 还是 inspection, 我们进行两个步骤:

(1) 先增加一个 inspection 工位, 也就加一名检验员工, 运行的结果并没有太大的改善, 说明瓶颈工位不在 inspection。

(2) 增加一个 coating 工位, 也就是多买一台 coating 机器, 如表 2 运行结果所示: WIP(库存)数量有明显的下降, 说明真正的瓶颈工位是在 coating。

表 2 确定瓶颈工位和改善措施参数分析

变量	初始状态	增加 inspection 工位	增加 coating 工位	提高 coating 工位生产节拍
qty_product	1497	1497	2572	2987
wip	1878	1878	960	506
coating_wip	1224	1224	360	0
loc7_wip	576	576	600	456

于是我们可以拟定改善方案:

- (1) 改善技术, 使 coating 工位的生产节拍降低, 从而减少在制品库存;
- (2) 增加一名员工, 瓶颈问题可能是员工不足造成;
- (3) 再购买一台 coating 设备。

为了降低公司的生产成本, 我们首先从技术方面着手, 提高瓶颈工位的生产节拍, 由原来的 6min/pcs, 改为现在 3min/pcs, 如表 2 所示, 可以看到 wip 已经明显的下降, 如果技术上不能达到, 则要考虑另购买一台 coating 设备。

3 结语

基于可视化仿真的复杂车间系统规划提供了一种直观易懂、操作简便的方法, 值得推广。但通过客观分析与实际应用, 发现该方法目前也存在不足之处, 有待进一步完善。如对模型的调整仍然高度依赖人工操作, 对所有可行的方案都要进行穷举式运行与分析。在问题复杂度较高时, 将是不可想象一种工作场景。但如果只对部分方案进行仿真分析则有可能遗漏更优的方案。这是目前诸多可视化仿真工具存在的问题。今后需要在智能建模和仿真优化算法方面开展进一步研究, 降低人工参与的程度, 提高建模与仿真的效率与质量。

参考文献

- 1 余流, 姚锡凡, 张征, 于广. 基于 Flexsim 的加工车间的仿真. 微计算机信息, 2009, 25(6): 193-212.
- 2 韩晓光, 张新敏. 某汽车座椅装配车间物流建模与仿真研究 [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2009.
- 3 姚海凤, 马勋省, 郭丁俊. 基于 Em-plant 的汽车零部件生产线平衡技术的仿真研究. 物流技术, 2010, 29(12): 114-117.
- 4 潘磊. 变速箱装配线车间虚拟规划仿真 [硕士学位论文]. 上海: 华东交通大学, 2006.
- 5 唐自玉. 基于多色集合理论的柔性生产线及车间规划方法研究 [博士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
- 6 Harrell C, Ghosh BK, Bowden RO. 系统仿真及 ProModel 软件应用. 北京: 清华大学出版社, 2004.