

制药车间试验线仿真瓶颈分析

赵爽¹ 赵久龙² 卜叶¹

1. 长春雷允上药业有限公司; 2. 机械工业第九设计研究院股份有限公司

摘要: 本文选取某制药车间 10 种品类混线生产的试验线作为研究对象, 利用 SIEMENS 公司提供的 Tecnomatix Plant Simulation 15.0 仿真软件, 依据实际规划方案 1:1 构建了虚拟试验线生产运输线体。通过编写 SimTalk2.0 专有语言控制策略, 并输入输送设备及工艺参数, 实现了 3 个主要目标: 通过模拟仿真展示药品及托盘的运输轨迹, 并评估线体承载能力; 分析生产工艺时序图, 反向输出最优生产排程; 对线体各工位进行瓶颈分析, 并提出解决方案以优化瓶颈点, 从而提升线体的运行效率。这些成果为企业决策提供了科学而可靠的支持。

关键词: 试验线; 制药车间; Plant Simulation

随着智能时代的到来, 各行各业经历了翻天覆地的进步。对于那些制造型的生产制药企业而言, 企业价值最终表现在药品及其疗效上。制药车间作为将各种药方转化为药品的核心场所, 是决定生产效率和药品质量的关键环节。通常, 车间也是企业中员工数量最多的部门^[1]。因此, 车间的实力在很大程度上决定了企业的实力, 车间的智能化水平也反映了企业的智能化水平。《中国制造 2025》明确指出: “推进制造过程智能化, 在重点领域试点建设智能工厂/数字化车间。” 数字化车间的建设是智能制造的关键组成部分, 是制造企业实施智能制造的主战场, 也是制造企业迈向智能制造的起点。对于制药企业的数字化转型, 其赋能主要体现在数字化设备、数字化生产线、数字化车间和数字化工厂上, 目的是确保药品质量的稳定性、提高生产效率和降低人力成本^[1]。数字化车间是一种新型的生产组织方式, 它在计算机虚拟环境中对整个生产过程进行仿真、评估和优化, 并将这种优化扩展到整个药品生命周期。因此, 本文采用仿真软件对某制药车间试验线

进行研究, 旨在优化生产方式和提高生产效率^[2]。

1 仿真技术价值与现状

仿真技术之所以能够迅速发展, 主要归功于它所带来的显著社会效益。在 20 世纪 50 年代和 60 年代, 仿真技术主要应用于航空、航天、电力、化工及其他工业过程控制等工程技术领域^[3]。如今, 现代仿真技术的应用范围已远超传统工程领域, 它正逐渐渗透到社会、经济、生物等多个领域, 例如, 交通控制、城市规划、资源利用、环境污染防治、生产管理、市场预测、世界经济的分析和预测、人口控制等。对于社会经济等系统, 直接在真实系统上进行实验往往困难重重。因此, 利用仿真技术来研究这些系统显得尤为重要^[4]。

本次研究选取的某车间试验线, 尽管属于普通的生产制造车间, 但面临着方案依赖经验制定, 线体药品种类繁多, 生产时序复杂, 难以识别瓶颈工位等问题。因此, 迫切需要改变这一现状, 将此试验线转化为虚拟仿真系统, 以便进行深入的生产流程分析。

2 建模研究的要求

在研究启动之前, 必须明确研究目标。本研究将采用 SIEMENS 公司的 Tecnomatix Plant Simulation 15.0 仿真软件作为验证平台, 构建试验线的仿真模型, 并确保满足以下生产工艺要求: 两条试验线需并行运作; 首先进行预处理, 随后进行试验, 最终完成包装; 试验药品应放置于托盘中, 托盘数量固定, 并且需回收再利用; 药品共有 10 个不同的品类, 品类切换时需要更换工装, 每次更换耗时不同, 且有相应的更换工装时间数据记录; 预处理工位为人工操作, 工序时间已有采集数据。

仿真输出要求包括: 利用 Plant Simulation 平台构建试验线模型, 模型应具备可视化、动态化和离散化的特点^[3]; 展示药品运输轨迹和托盘运输轨迹; 进行生产工艺时序图分析; 对线体各工位进行瓶颈分析。

3 仿真系统建模

3.1 试验线的生产工艺流程

根据输送方案和生产工艺绘制简易流程图, 具体如图 1 所示。



无论您面临何种工况，
我们承诺为您提供完善的阀门应用及解决方案！

英国FLYGER弗莱戈阀门一直致力于先进流体控制阀门的设计、制造和服务，始终秉承“阀门应用专家，有价值的服务”的价值服务理念；关注并深刻了解客户需求，针对性定制生物制药行业阀门应用及解决方案；为用户提供卓越品质阀门产品和专业的流体控制解决方案。并不断以卓越的产品和价值服务，成就FLYGER和客户的共同价值生态。

球阀 蝶阀 调节阀 隔膜阀 止回阀 截止阀 闸阀
刀闸阀 陶瓷阀 衬氟阀 釜底放料阀 执行机构
特殊定制阀门



销售总部
地址：上海市七莘路1839号
财富108广场北楼20层
电话：+86-21-60712361
传真：+86-21-60712363

成都工厂
地址：四川省成都市经济技术开发区
(龙泉驿) 南二路309号
电话：+86-28-85156020
传真：+86-28-85151711

资阳工厂
地址：四川省资阳市高新区兴城大道10号
电话：+86-28-88428198
传真：+86-28-26838136
邮箱：flygersh@flyger.cn
咨询热线：18802108887



官方网站



微信公众号

阀门应用专家 有价值的服务

广告

3.2 仿真输入

3.2.1 试验线生产订单信息

选取某一天的订单信息进行仿真分析。具体数据见表1。

3.2.2 试验线生产订单信息

统计并整理出试验线各工位的工艺参数信息，包括工序、开动率、平均维修时间等，具体如表2所示。

3.3 试验线的建模

仿真模型构成了仿真系统的核心框架。只有构建了仿真模型，作为仿真系统生命之源的仿真输入数据才能在仿

真系统中流动。根据生产方案，利用仿真平台内置的“Stion”模块，分别构建了loading、setup、testing1、testing2、Unload、Packing等流程。同时，使用仿真平台的内置模块“Buffer”建立了buffer1和buffer2。运输轨道的建模采用了仿真平台的内置模块“Conveyor”，而药品和托盘的运行轨迹则采用了仿真平台内置模块“SankeyDiagram”。工位瓶颈分析采用仿真平台内置模块“HtmlReport”进行，时序分析则采用仿真平台内置模块“GanttChart”。药品产能的展示采用了仿真平台内置模块“Chart”，而仿真控制模拟则采用了仿真平台内置模块“ExperimentManager”。编程语言采用了仿真平台的专有编程语言SimTalk2.0，将仿真的输入数据精确地写入仿真系统中。试验线的三维模型直接建立，所有模型均采用仿真平台提供的内置三维模型。

3.4 输入详细模型参数

在方案中，将输送设备的速度、加速度、装载时间、卸载时间、试验1时间、试验2时间、生产班次、间歇时间、生产节拍、设备开动率以及设备平均故障时间等关键参数，通过软件的人机对话界面根据实际情况进行设定。同时，关键的控制方法和策略通过软件内置模块的“Method”功能，利用SimTalk2.0专有编程语言进行编写。

4 输出结果分析

4.1 药品托盘运输轨迹

本次试验线运输仿真系统利用模

表1 订单信息表

药品	数量	优先级	试验时间 (s)
T1	50	6	61
T2	46	3	61
T3	71	8	52
T4	58	1	61
T5	90	5	52
T6	80	2	52
T7	30	9	61
T8	65	7	52
T9	50	1	61
T10	89	4	52

表2 订单信息表

工序名称	工序	开动率	平均维修时间 (min)
装载	loading	95%	2
试验准备	setup	99%	1
试验1	testing1	97%	1
缓存1	buffer1	100%	0
试验2	testing2	97%	1
缓存2	buffer2	100%	0
卸载	Unload	95%	2
包装	Packing	99%	1

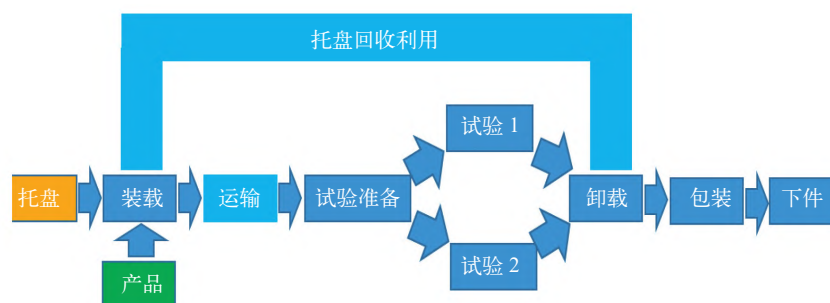


图1 试验线流程示意图

拟仿真软件自带的“SankeyDiagram”模块，可以清晰地展示药品的运行轨迹（以蓝色线表示）以及托盘运输轨迹（以黄色线表示）。首先，可通过观察单独蓝色药品和单独黄色托盘输送轨迹的宽度来判断承载量的大小：宽度较大表示承载量大，宽度较小则表示承载量小。其次，可看到蓝色药品轨迹和黄色托盘轨迹存在共线轨道部分，即黄色和蓝色线条叠加在一起。但由于未出现红色报警提示，这表明共线输送没有问题，不会影响正常生产。具体情况如图 2 所示。

4.2 生产工艺时序图分析

此次试验线仿真模拟的是 10 种药品的混线生产，且这些药品的生产节拍各不相同。通过工艺时序图，可以清晰看到当前各工艺之间的时序关系。通过工艺时序图的分析，可以优化工艺方案，并最终通过模拟仿真反向输出一个既能满足产能需求又符合交付时间的最佳排产计划。详细情况请参见图 3。

4.3 瓶颈分析。

由于线体采用混线柔性生产方式，生产过程中可能会出现等待堵塞和故障停线等问题。然而，通过瓶颈分析可以直观地看到各个工位的工作、等待和堵塞时间占比。在仿真软件中，设备和工位正上方的 3D 矩形分别代表工作时间（绿色）、等待时间（灰色）和堵塞时间（黄色）。根据这些时间占比，可以识别出瓶颈工位。例如，当绿色的工作时间矩形较大，而灰色等待时间和黄色堵塞时间矩形较小时，表明该工位负荷大，是瓶颈工位。针对这些瓶颈，需要找出问题所在，或者在工位前后增加缓存区以解决和优化问题，从而提高线体的开动率。通过模拟仿真找出了两处瓶颈：一处是由于输送速度低导致的堵塞，通过提高输送速度解决了这一问题；另一处是由于工位操作时间长导致的堵塞，通过优化操作时间也解决了这一瓶颈。

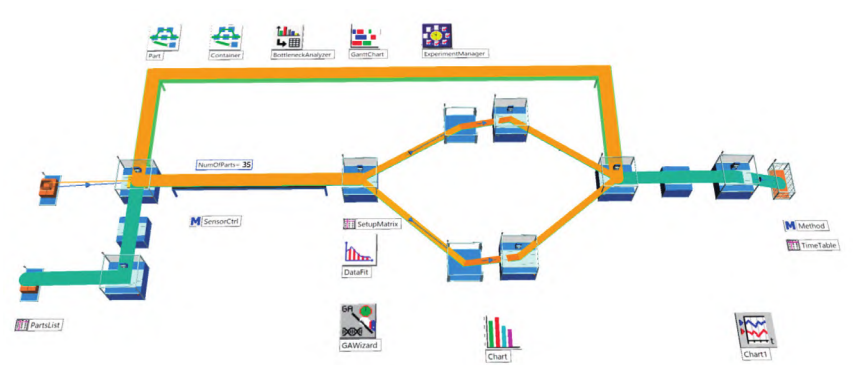


图 2 药品和托盘的运行轨迹

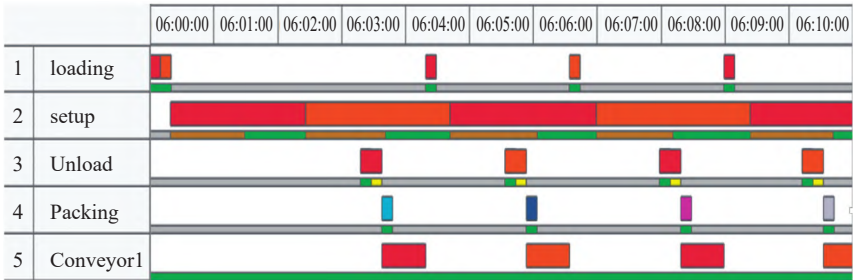


图 3 生产工艺时序图

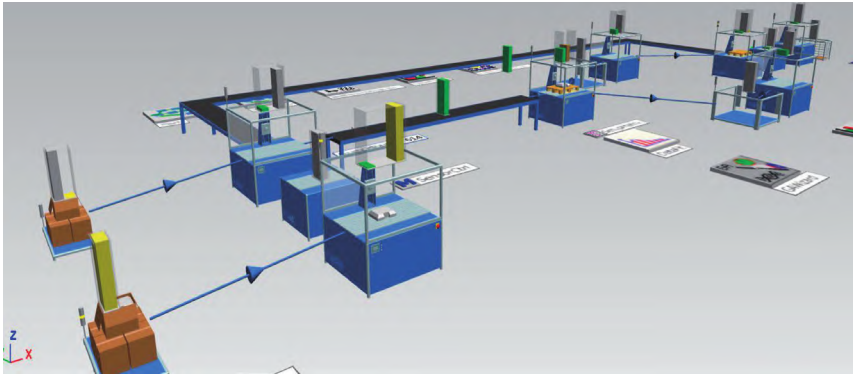


图 4 瓶颈分析图

详细情况请参见图 4。

5 总结

本次研究成功实现了 1:1 真实线体虚拟数字化仿真，完成了试验线研究的三大目标：首先，成功显示出药品运输轨迹、托盘运输轨迹及对应的承载量；其次，通过仿真分析出生产工艺时序图，并反向输出了最佳生产排产计划；最后，对线体各工位进行了瓶颈分析，并解决了优化瓶颈点。最终证明了 Plant Simulation 是一款在数字化建设中不可或缺、科学且可靠的仿真软件。然而，为了进一步提升性能，未来仍需持续进行优化工作。

参考文献：

[1] 赵爽，赵久龙. 制药车间转运线 AGV 运输仿真系统 [J]. 北京：流程工业，2024（08）：53-55.

[2] 赵爽，赵久龙. 药厂立体库仓储方案仿真研究 [J]. 北京：流程工业，2024（04）：42-45.

[3] 周金平. 生产系统仿真——PlanStimulation 应用教程 [M]. 北京：电子工业出版社，2011.

[4] 赵久龙，赵爽. 汽车生产车间柔性高效立体库研究 [J]. 长春：汽车工艺与材料，2023（03）：68-72.