制药车间转运线 AGV 运输仿真系统

赵爽[1] 赵久龙[2]

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：本文以某制药车间阿奇转运线的运输 AGV 为研究对象，运用仿真软件实验和分析计算出 AGV 运输方案的可行性，同时模拟实验计算出用几台 AGV 最优。采用 SIEMENS 公司提供的 Tecnomatix Plant Simulation15.0 仿真软件，运用 SimTalk2.0 数据储存语言编写代码，代码完成后需经过编译运行，在虚拟环境中根据制药车间成品转运线输送方案构建一个 1:1 的 AGV 输送仿真系统，然后把线体的所有设备参数以及 AGV 的运输参数都输入到仿真环境中，来验证 AGV 运输方案的可行性，以及方案在可行情况下的 AGV 最优数量。

关键词：制药车间；AGV ；物流仿真

在国家强调“以科技创新和数字化变革催生新的发展动能”的背景下，数字化转型已经成为各行各业的必修课。对于关系国计民生的制药行业也不例外，数字化转型已成为制药企业发展不可避免的趋势。对于制药企业来说，数字化转型不再是一个创新的愿景，而是企业在市场上保持竞争力的重要战略之一。当前，信息和通信技术正以前所未有的规模和深度渗透到医药行业[1]。制药厂的数字化赋能更多体现在数字化设备、数字化生产线、数字化车间、数字化工厂方面，企业借助数字化技术可以达到保证药品质量稳定、提高生产效率、降低人力成本的目的[1]。而车间内物流输送也是生产的重要组成部分，它就像是车间生产的血液，对于车间高效运营起到至关重要的作用，因此物流运输的数字化建设也尤为重要。

1 研究的意义

传统制药车间的大部分转运线，常常需要大量的远距离人工搬运，以及少量的叉车和拖车等搬运。这种传统的模式占用了大量的人工劳动力，而且运输效率和自动化率低下，造成了整体生产成本的提升[2]。AGV 小车的出现颠覆了传统的搬运模式。AGV 小车凭借柔性化、无人化、标准化、准时化、智能化的车间物流配送特点[3]，在自动化、省人化上让制药制造业效益得到提升，并获得了越来越多药品制造商的认可。

但 AGV 运输方案在执行上面临着挑战：大多方案的可行性在规划阶段无法得到有效的验证；以及无法确定投入的 AGV 的最优数量，常常造成投入数量不合适，因此需要采用数字化仿真手段来应对上述挑战。本文描述了如何利用仿真工具来验证 AGV 运输方案的可行性，以及如何确定可行的 AGV 最优数量，从而帮助企业在前期规划阶段就尽早做出决策，实现风险降低和成本节约[4]。

2 研究的要求

研究开始前，明确研究要求，以 SIEMENS 公司的 Tecnomatix Plant Simulation15.0 仿真软件为验证平台，完成测试线的仿真模型，同时满足以下生产工艺要求：

（1）利用 Plant Simulation 平台搭建制药车间转运线 AGV 运输系统的 2D 和 3D 模型，模型要具有可视化、动态化、离散化的特点；

（2）验证 AGV 的运输方案以及 AGV 的各项属性参数是否能保证阿奇转运线正常运行达产；

（3）实验分析验证出几台 AGV 运输最优，并以正面直观数据给以说明；

（4）模拟分析判断有无瓶颈，优化解决方案。

3 仿真系统设计

3.1 AGV 输送流程图

图 1 所示为制药车间转运线 AGV 运输流程图。

3.2 仿真输入

（1）根据规划方案利用 CAD 软件

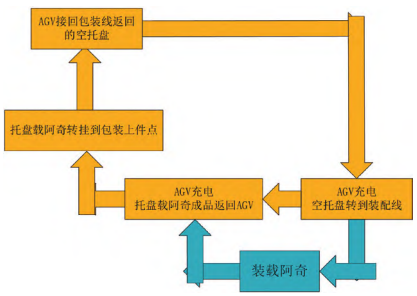

图 1 AGV 输送流程图

画出实际制药车间阿奇转运线 AGV 输送图纸，具体如图 2 所示。

（2）AGV 各项属性数值的输入。只有仿真系统的输入越全越准，仿真结果的输出才越准确 [4]。所以要输入 AGV 的运输路线、匀速距离、匀速速度、加速距离、加速度、充电时间、运行能耗，具体数据见表 1。

3.3 制药车间阿奇转运线 AGV 运输仿真系统的 2D 和 3D 建模

仿真模型是仿真系统的骨架，只有把仿真模型建成，作为仿真系统血液的仿真输入才能在仿真系统中流动 [5]。根据 AGV 运输方案，运用仿真平台自带模块“Track”铺设对应分段 1∶1 的运输轨道，AGV 采用自带模块的“Transporter”，转运线的上件工位和下件工位与线边的 4 个上件工位采用自带模块“SingleProc”。编程语言采用仿真平台的专有编程语言 SimTalk2.0 版把仿真的输入写入仿真系统中。AGV 采用真实 3D 模型，其他工位和轨道采用自带 3D 模型。AGV 运输仿真系统的控制策略，2D 模型和 3D 模型如图 3、图 4、图 5 所示。

4 输出结果分析

4.1 输出结果

本次制药车间阿奇转运线 AGV 运输仿真系统采取 AGV 数量从 1 到 5 分别都运行 30 天模拟运行实验，最终需要明确计算出转运线入口（AGV 下件工位）的 JPH、转运线出口（AGV 上件工位）的 JPH（产能为 1 h 的产出量）、AGV 运输线的 JPH。已知要求转运节拍为 117 s，理想 JPH=3600/117=30.769，最终实验结果在 AGV 数量为 4 台时，JPH 值接近理想值，证明制药车间 AGV 转运运输系统是满足生产线产能的，同时 AGV 数量为 4 台时数值达到峰值并且稳定，说明 4 台 AGV 为最优数量。仿真实验的结果如表 2 所示。

表 1 订单信息表

		流程描述	距离 (mm)	速度 (m/min)	起点	时间 (s)		能耗 (AH)
		设备名称：阿奇成品转运 AGV 输送线节拍计算		15	加速度 a	0.2	AGV 质量	3000.0
		工序流程		24	距离 x	244	电压	48.0
			舵机效率	0.58	时间 t	2.00	托盘质量	2000.0
			辊道效率	0.85				
工位直线段	1	AGV 直线 + 转弯 (g-h) 加速	160	7.50	0.0	2.28	2.3	0.035
		AGV 直线 + 转弯 (g-h) 匀速	1770	15.00	2.3	7.08	9.4	0.016
	2	AGV 直线 (h-i) 加速	244	15-24	9.4	2.00	11.4	0.024
		AGV 直线 (h-i) 匀速	4813	24.00	11.4	12.03	23.4	0.043
		AGV 直线 (h-i) 减速	244	24-15	23.4	2.00	25.4	0.024
	3	AGV 直线 + 转弯 (i-a) 匀速	4710	15.00	25.4	18.84	44.2	0.042
	4	AGV 直线 (a-b) 加速	244	15-24	44.2	2.00	46.2	0.024
		AGV 直线 (a-b) 匀速	2936	24.00	46.2	7.34	53.6	0.026
		AGV 直线 (a-b) 减速停止	400	12.00	53.6	2.00	55.6	0.024
	5	1 工位（送空托盘）：辊道输送加速	50	4.65	55.6	1.65	57.2	0.009
		1 工位（送空托盘）：辊道输送匀速	1400	9.30	57.2	9.03	66.2	0.009
		1 工位（送空托盘）：辊道输送减速	50	4.65	66.2	1.65	67.9	0.009
	1	AGV 直线 (b-c) 加速	400	12.00	0.0	2.00	2.0	0.024
		AGV 直线 (b-c) 匀速	3425	24.00	2.0	8.56	10.6	0.031
		AGV 直线 (b-c) 减速停止	400	12.00	10.6	2.00	12.6	0.024
	2	等待阿奇成品托盘			12.6	30.00	42.6	
	3	1 工位（接阿奇成品）：辊道输送加速	50	4.65	42.6	1.65	44.2	0.009
		1 工位（接阿奇成品）：辊道输送匀速	1400	9.30	44.2	9.03	53.2	0.009
		1 工位（接阿奇成品）：辊道输送减速	50	4.65	53.2	1.65	54.9	0.009
	4	AGV 直线 + 转弯 (c-d) 加速	160	7.50	54.9	2.28	57.2	0.035
		AGV 直线 + 转弯 (c-d) 匀速	5385	15.00	57.2	21.54	78.7	0.048
		AGV 直线 + 转弯 (c-d) 减速停止	160	7.50	78.7	2.28	81.0	0.035
	5	2 工位（送阿奇成品）：辊道输送加速	50	4.65	81.0	1.65	82.6	0.009
		2 工位（送阿奇成品）：辊道输送匀速	1400	9.30	82.6	9.03	91.7	0.009
		AGV 工作时间			总合	211.67		0.86
		AGV 转线一周时间			总合	331.67		
		理论充电电流				59.46304535		

4.2 瓶颈分析

通过本次结果数据可以很直观地看出，当 AGV 数量达到 4 台时数值达到峰值并且稳定，但是整个线体是否存在瓶颈，还有多大的可优化空间，AGV 的台数是否可以减少，还需要对

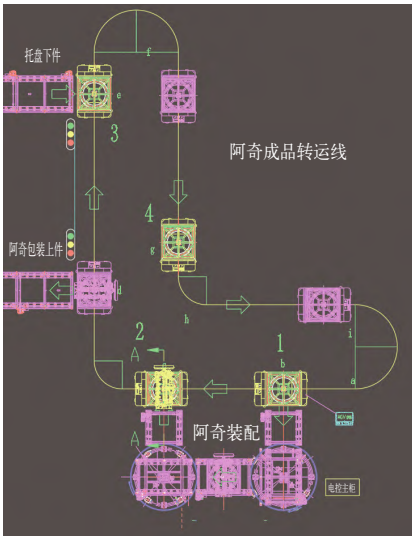

图 2　AGV 输送方案图

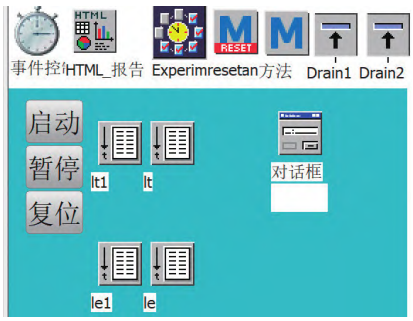

图 3　控制策略

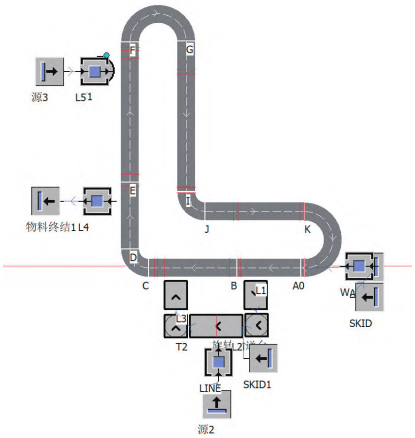

图 4　2D 仿真模型

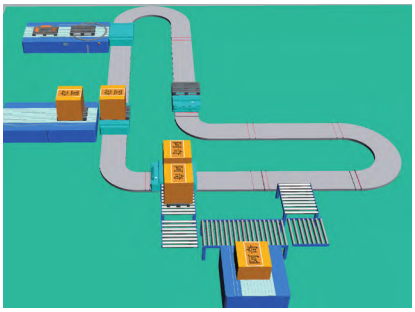

图 5　3D 仿真模型

表 2　产能输出结果

	AGV 数量	工艺线入口 JPH	工艺线出口 JPH	AGV 运输 JPH
Exp 01	1	11.94375	11.9444444444444	11.9430555555556
Exp 02	2	17.11156666666	17.11156666666	17.11179999
Exp 03	3	23.8868055555556	23.8875	23.8861111111111
Exp 04	4	30.7680555555556	30.7680555555556	30.7673611111111
Exp 05	5	30.7680555555556	30.7680555555556	30.7673611111111

表 3　产能优化输出结果

	AGV 数量	工艺线入口 JPH	工艺线出口 JPH	AGV 运输 JPH
Exp 01	1	13.13375	13.156666	13.199999
Exp 02	2	21.1679999999	21.153666666	21.1519
Exp 03	3	30.7680555555556	30.7680555555556	30.7673611111111
Exp 04	4	30.7680555555556	30.7680555555556	30.7673611111111

各个关键工位在工作中的工作时间、等待时间、堵塞时间分别占总时间的占比进行更细致的分析。

通过分析可以看出在工艺输送线 LINE 有堵塞，根本原因是前面的 L 工位为满负荷，同时 L 工位后面的工位也是满负荷，无过渡工位因此产生等待。深度分析发现 L 工位前的 E、F、G、I、J 运输段的空闲占的多，利用率低，如果提高这些工位的利用率就会减少堵塞。提高这些工位利用率的最直接办法就是提速，把原来 30 m/min 提升到 36 m/min（最大速度为 40 m/min）然后再进行一次仿真实验，结果见表 3。

通过此次的仿真结果可知，提升 E、F、G、I、J 运输段的速度，AGV 数量为 3 台时就可以达到峰值并满足预期目标值，既节省了 1 台 AGV 的使用，又节省了成本和优化了方案。而且此过程是在未投入建设的规划设计阶段进行的，只需 1 人 1 台电脑在 1 天时间内就可以完成模拟仿真验证。

5　总结

本次研究既证明了制造车间阿奇转运线 AGV 运输系统方案是可行的，又证明了利用 Plant Simulation 仿真软件是正确并且实用的。建立的制造车间阿奇转运线 AGV 物流仿真系统运行稳定，贴合实际生产，验证的仿真结论准确度高。研究最终完成了目标要求，同时发现了瓶颈问题，并做出了优化方案，节省了一台 AGV 的使用，降低了成本。同理，此研究还可以应用在制药车间其他涉及 AGV 输送的线体，具备推广的价值 [2]。

参考文献：

[1] 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).

[2] 王震，范学慧 .AGV 小车系统在自动化物流系统中的应用 [J]. 南方农机，2019，50(18):56.

[3] 王承洋 . 阀体搬运 AGV 的设计与仿真 [D]. 南昌 : 南昌航空大学学报，2015.

[4] 赵久龙，朴永灿，艾巍，周密 . 总装车间仪表线 AGV 运输仿真 [J]. 北京 : 机械工业出版社，2021.

[5] 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.