



华中科技大学  
Huazhong University of Science and Technology

国家重点研发项目课题 “基于数字孪生的智能工厂仿真优化与动态重构技术”

# 贮箱焊接车间仿真建模、分析与优化

华中科技大学

---

2021.8.5

---

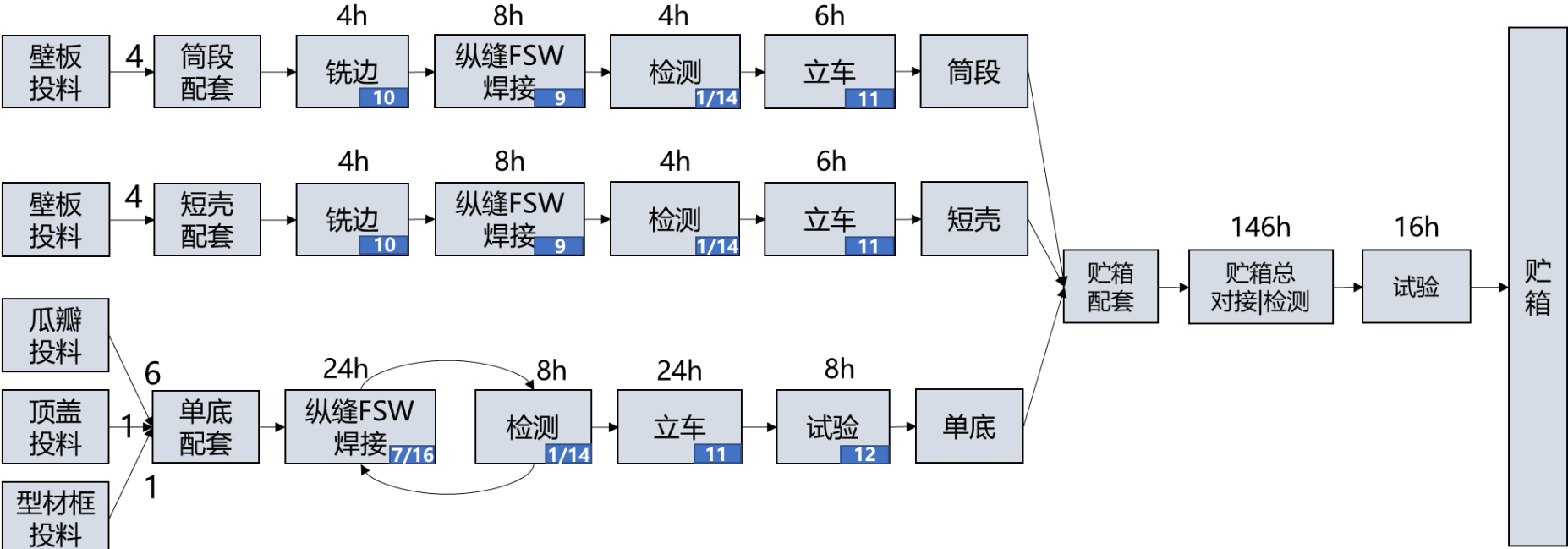
- 焊接车间概况
- 生产系统仿真建模
- 生产及物流过程的基础仿真分析
- 投产间隔与投产顺序优化
- 工人数量分析与优化
- 随机因素的影响分析
- 若干结论

# 焊接车间布局

□ 面积约1.6万平米，生产贮箱等大型复杂结构零件

- 1、3350贮箱搅拌摩擦焊，做XX-5贮箱总对接；——设备6
- 2、XX-4贮箱总对接设备1/2，做XX-4贮箱总对接；——设备2、3
- 3、XX-5/6贮箱总对接设备，做XX-6贮箱总对接，也可做XX-5贮箱总对接；——设备4
- 4、两个无损检测区，做无损检测；——设备1、14
- 5、试验区，做试验；——设备12
- 6、数控悬臂搅拌摩擦焊，做箱底焊接；——设备7
- 7、运载火箭箱底空间曲线搅拌摩擦焊，多功能设备，可以做箱底焊接；——设备16
- 8、数控立车，是一个共用设备，用于机加工；——设备11
- 9、立式纵缝搅拌摩擦焊，做筒段焊接；——设备9
- 10、铣边机，做壁板预处理；——设备10

# 贮箱工艺路线



# 贮箱三类产品类型及原材料构成

序号	产品	年任务量 (个)	关键零件 (个/贮箱)		
			单底	短壳	筒段
1	XX-4贮箱	13	3	2	1
2	XX-5贮箱	8	2	2	5
3	XX-6贮箱	5	4	2	3
	合计	23	75	52	68

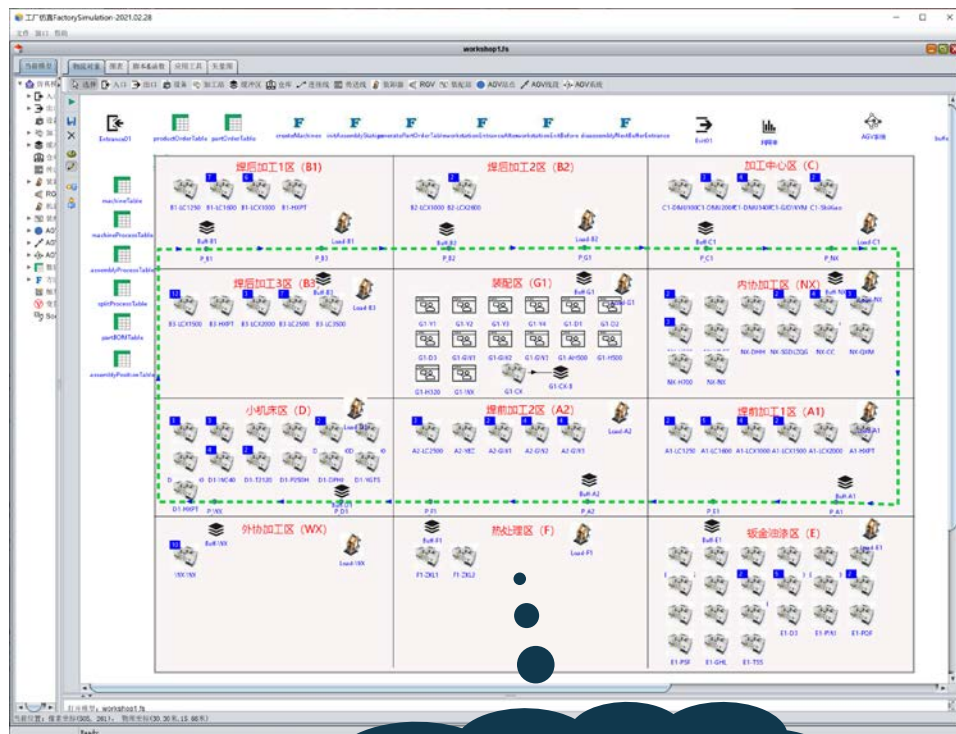
序号	原材料 (外购/外协)	每关键零件的需求量	年总需求量
1	筒段-壁板	4	272
2	短壳-壁板	4	208
3	单底-瓜瓣	6	450
4	单底-顶盖	1	75
5	单底-型材框	1	75

# 生产系统仿真的意义

□ 基于离散事件动态系统原理，**模拟生产过程运行**（工艺、物流、资源...）**并进行定量分析**

- ◆ 产能分析
- ◆ 资源利用率及瓶颈分析
- ◆ 物流效率分析
- ◆ 人员效率分析
- ◆ .....

□ 仿真嵌入算法，**实现生产系统优化**（试验设计、遗传算法等）

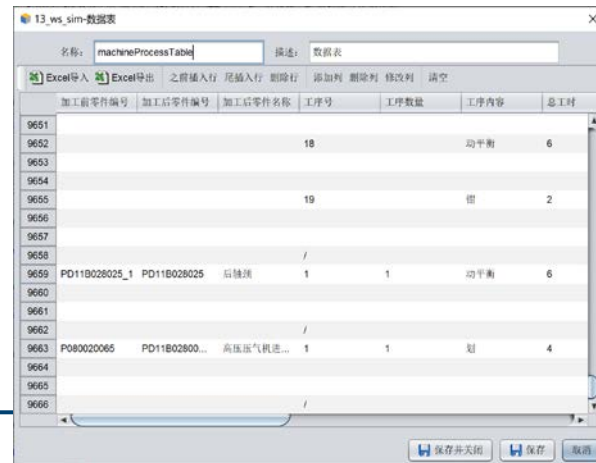
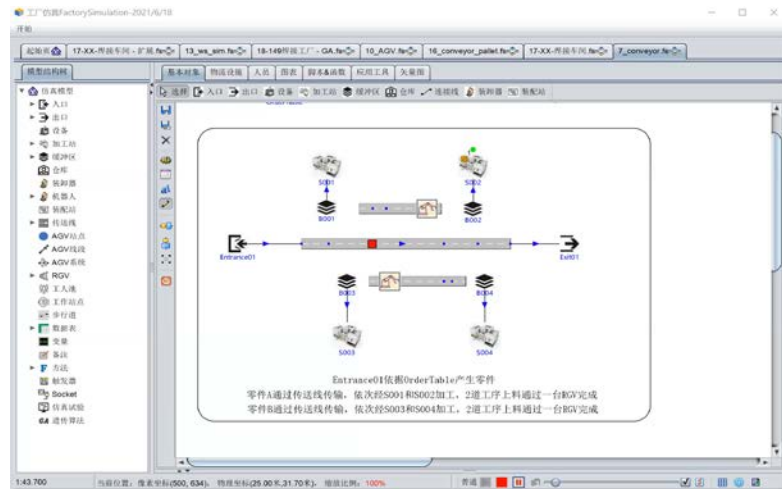
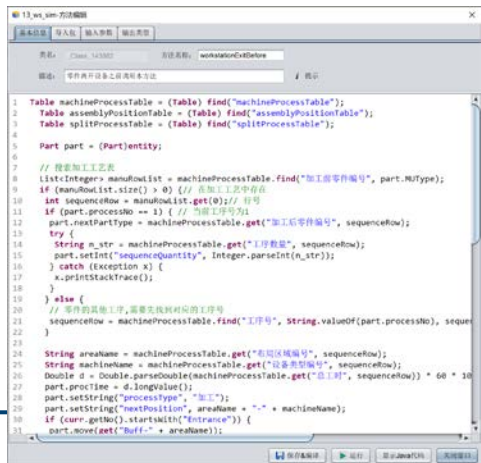
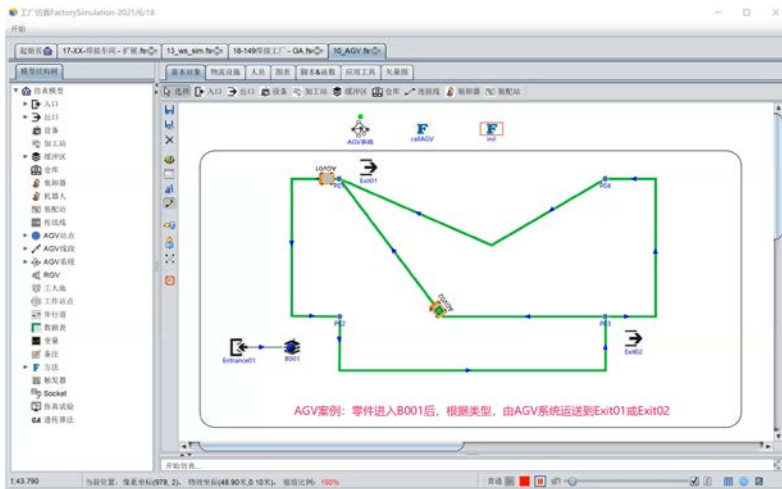


上百台设备，几千道工序，  
生产几十类零件，要考虑  
计划调度、设备故障、物  
流调度、人员调度

**仿真 (Simulation) 是对复杂系统的动态行为和性能进行定量分析的基本方法**

# 仿真平台——FactorySimulation

## □ 本课题自主研发



# FactorySimulation的基本特征

- **建模能力强：** 设备、缓冲区/仓库、AGV/RGV/天车/传送线/道路、机器人、生产线、并行加工站、装配站、人.....
- **仿真精度高：** 可以模拟物理工厂绝大多数因素，包括随机因素
- **运行效率高：** 秒级时间可完成一年生产过程的仿真
- **极强灵活性：** 脚本方法、数据表、Socket通信
- **分析与优化能力强：** 通过模拟仿真、试验设计和GA优化算法，实现效率分析与提升
- **自主可控、开放性：** 可以从底层进行深度定制开发，包括算法嵌入



# 贮箱焊接车间仿真的前提和假设

- 工艺路线、年生产订单等数据完全遵循物理车间实际
- 通过小车进行物料转序，车辆数为2
- 工序操作需要工人支持，工人安排（工种、数量）已知，工人操作时间=工序加工时间
- 工序工时是截尾正态分布随机数，均值 $X$ （已知），标准差假定为 $X/10$ ，界限为 $[X-X/5, X+X/5]$ ，即正负两个标准差
- 无损检测结果，约5%需要返工，返工时间=原来工序时长
- 不考虑设备故障、物料短缺等影响