

# 智能工业工程管理实训实验指导书

## 一、实验目的

1. 了解智能工业工程管理的基本认知、管理方式。掌握智能工业工程管理的智能制造系统的基本构成和运行流程。
2. 掌握智能制造系统模拟，进行生产线优化方案设计，设计并实施生产线优化方案，全面提升智能工业工程管理的实践能力和创新能力。

## 二、实验设备和材料

1. 计算机
  - 配置较高的台式机或笔记本电脑，用于安装工业工程管理软件、进行数据分析和模拟仿真等操作。
  - 具备良好的图形处理能力，以便更好地展示实验结果和模型。
2. 工业工程管理软件
  - 如生产计划与排程软件、供应链管理软件、设施布局设计软件等，用于进行生产流程优化、物流规划和工厂布局设计等实验。
  - 可能包括一些专业的仿真软件，如 FlexSim，用于模拟生产系统的运行和分析性能指标。
3. 数据采集设备
  - 传感器（如温度传感器、压力传感器、位移传感器等），用于采集生产过程中的实时数据。
  - 数据采集卡或模块，将传感器采集到的数据传输到计算机进行处理和分析。

## 三、实验原理

### 系统优化原理

智能工业工程管理旨在通过对工业生产系统的各个环节进行分析和优化，提高生产效率、降低成本、提升质量。这一过程基于系统优化原理，即把整个工业生产系统看作一个有机整体，各个组成部分相互关联、相互影响。通过对生产流程、设备布局、物流配送、人员安排等方面进行综合考虑和优化，实现系统整体性能的提升。例如，在生产流程优化中，分析各个工序之间的衔接关系，消除不必要的等待时间和搬运环节，使生产过程更加顺畅高效。在设备布局优化中，根据生产流程和物流路径，合理安排设备位置，减少物料搬运距离和时间，提高设备利用率。

### 数据分析与决策支持原理

智能工业工程管理实验依赖大量的数据采集和分析。通过传感器、数据采集设备等手段，收集生产过程中的各种数据，如生产进度、设备运行状态、质量指标等。运用数据分析技术，对这些数据进行挖掘和处理，提取有价值的信息，为决策提供支持。例如，通过对生产数据的分析，可以发现生产过程中的瓶颈环节、质量问题的根源等，从而有针对性地采取措施进行改进。同时，利用数据分析还可以进行预测和预警，提前发现潜在的问题，采取预防措施，避免生产中断和质量事故的发生。

## 人机工程学原理

在智能工业工程管理中，充分考虑人的因素也是非常重要的。人机工程学原理强调人与机器、环境的协调配合，以提高工作效率和舒适度。在工作岗位设计中，考虑人体工程学要求，合理安排工作空间、操作界面和工具，减少操作人员的疲劳和错误。同时，通过培训和激励机制，提高员工的技能和积极性，充分发挥人的主观能动性。

## 四、实验内容、方法及步骤

### 智能制造生产线模拟搭建

#### 1. 确定生产场景和需求

- 小组讨论并确定具体的生产场景。高产量需求场景、多品种小批量生产场景、紧急订单处理场景。

- 根据生产场景明确生产线的需求。产品类型、生产数量、质量要求、交货时间。

#### 2. 生产线规划与布局

- 利用软件 FlexSim 工具，在虚拟空间中进行生产线的规划和布局设计。

- 考虑设备的类型、数量、位置以及物流通道的设置，确保生产线的流畅性和高效性。

- 参考实际的智能制造工厂布局案例，结合实验需求进行创新设计。

### 观察与记录系统响应和调整过程

#### 1. 模拟运行生产线

- 启动智能制造系统模拟软件，让生产线在设定的生产场景下运行。

- 观察生产线的运行状态，包括设备的工作情况、物料的流动、生产进度。

#### 2. 记录系统响应

- 当生产场景发生变化时，如订单数量增加、设备故障，记录系统的响应过程。

- 包括生产线的自动调整策略、设备的重新调度、生产计划的变更。

#### 3. 数据采集与分析

- 利用软件提供的数据采集功能，收集生产线运行过程中的各种数据，生产效率、设备利用率、质量指标。

- 对采集到的数据进行分析，了解生产线的性能表现和存在的问题。

## 一、实验准备

### 1. 确定实验目标

目标是评估引入智能生产调度系统对某产品生产线生产效率的影响。希望将产品的生产周期缩短 15%，减少库存积压量 30%

### 2. 选择实验对象（生产线或生产单元）

假设选择某电子产品制造企业的某条主板装配生产线。该生产线包含 10 个工序，从插件、焊接到检测等环节。

### 3. 收集基础数据

- 工序时间数据

- 通过时间研究法，对每个工序的操作时间进行多次测量（例如，每个工序测量 10 次）。插件工序的平均操作时间为 30 秒，标准差为 3 秒；焊接工序平均操作时间为 45 秒，标准差为 5 秒等。

- 设备性能数据

- 收集设备的生产能力、故障率等数据。焊接设备的理论最大生产能力为每小时 60 个产品，过去一个月的故障率为 2%。

- 设备的维护周期和维护时间数据，例如，焊接设备每运行 200 小时需要进行一次 2 - 小时的维护。
- 库存数据
- 统计原材料、在制品和成品的库存水平。如原材料库存平均为 500 件，在制品库存平均为 200 件（分布在各工序间），成品库存平均为 100 件。
- 库存的周转率数据，例如，原材料的月周转率为 1.5 次。
- 人员数据
- 记录生产线工人的数量、技能水平和工作效率。该生产线共有 20 名工人，熟练工占 60%，熟练工人的平均工作效率为 90%，非熟练工平均工作效率为 70%。
- 物流数据
- 物料搬运设备（如 AGV）的速度、载重量和搬运路线等。AGV 的速度为 1 米/秒，载重量为 10 千克，其搬运路线覆盖生产线各个工序间的物料供应点。
- 物料的供应频率和批量大小，原材料每 30 分钟供应一批，每批 50 件。

## 二、实验设计

### 1. 设计实验组和对照组

- 实验组：引入智能工业工程管理技术，如智能生产调度系统、智能质量检测系统。
- 对照组：保持原有的工业工程管理模式不变。

### 2. 确定实验变量和控制变量

- 实验变量
- 在实验组中，智能生产调度系统的参数设置为优化生产顺序、动态分配任务等功能。例如，根据实时订单需求和设备、人员状态，动态调整工序的生产顺序。
- 控制变量
- 保持生产线的设备、人员数量、原材料供应等基本条件不变（除了因智能管理系统带来的必要改变）。例如，不增加新的设备或工人，原材料供应的供应商和供应频率在实验期间保持稳定。

## 三、实验实施

### 1. 在实验组实施智能工业工程管理措施

- 安装和配置智能生产调度系统，将生产线各工序、设备、人员等信息录入模拟仿真系统。
- 系统根据预设算法开始优化生产调度。例如，根据工序时间的统计数据和设备状态，合理安排插件工序和焊接工序的生产顺序，避免设备闲置和在制品积压。

### 2. 运行生产并持续记录数据

- 设定实验周期，如持续运行生产 1 个月（20 个工作日）。
- 在运行过程中，记录以下数据：  
生产效率数据

每个工作日记录产品的产量。例如，第一天实验组产量为 300 件，对照组产量为 250 件。

计算每个工序的实际操作时间，对比与基础数据的差异。如插件工序在智能调度下平均操作时间变为 28 秒。

- 质量数据

记录产品的合格率。如实验组产品合格率从原来的 90% 提升到 93%，通过智能质量检测系统及时发现和纠正生产中的质量问题。

- 库存数据

每天统计原材料、在制品和成品库存数量。如实验组在制品库存经过 10 个工作日后从 200 件下降到 150 件。

- 设备利用率数据

监测设备的运行时间和停机时间，计算设备利用率。例如，焊接设备在实验组中的利用率从 70% 提升到 75%，因为智能调度减少了设备等待时间。

#### 四、实验分析

##### 1. 生产效率分析

- 计算实验组和对照组在实验期间的平均日产量。例如，实验组平均日产量为 320 件，对照组平均日产量为 260 件。

- 计算生产周期的变化，通过对比每个产品从投入生产到成品入库的时间。如实验组产品生产周期从原来的平均 2 小时缩短到 1.7 小时。

- 采用统计分析方法（如 t- 检验）判断实验组和对照组产量差异是否显著。假设经过 t- 检验， $p < 0.05$ ，表明实验组产量的提升是显著的。

##### 2. 质量分析

- 对比实验组和对照组的产品合格率。计算合格率提升的幅度，如实验组合合格率提升幅度  $= (93\% - 90\%) / 90\% = 3.33\%$ 。

- 分析质量数据与智能质量检测系统的关联，例如，通过智能检测系统及时反馈，返工率从 5% 下降到 3%。

##### 3. 库存分析

- 计算原材料、在制品和成品库存的平均水平在实验前后的变化。如在制品库存减少量  $= (200 - 150) / 200 = 25\%$ ，接近预期的 30% 目标。

- 分析库存周转率的变化，例如，实验组原材料库存周转率从 1.5 次/月提升到 1.8 次/月。

##### 4. 设备利用率分析

- 对比实验组和对照组设备利用率的平均值。如实验组设备利用率平均提升了 5 个百分点，分析设备利用率提升对生产效率的贡献。

#### 五、分析模拟结果与讨论优化方案

##### 1. 小组讨论与分析

- 小组成员共同讨论模拟结果，分析生产线在不同生产场景下的优势和不足。

- 结合数据分析结果，找出影响生产效率和质量的关键因素，如瓶颈设备、物流拥堵、控制策略不合理。

##### 2. 优化方案提出

- 针对分析出的问题，提出具体的优化方案。优化方案可以包括设备升级、布局调整、控制策略改进、引入新的智能技术等。

- 对每个优化方案进行可行性分析，评估其对生产效率和质量的提升效果。

##### 3. 方案比较与选择

- 对提出的多个优化方案进行比较，综合考虑实施难度、成本投入、预期收益等因素。

- 选择一个最优的优化方案，作为后续产线优化方案设计的基础。

#### 六、产线优化方案设计与实施

##### 1. 详细设计优化方案

- 根据选择的优化方案，进行详细的设计和规划。

- 包括制定具体的实施步骤、所需的资源和时间安排、预期的效果。

##### 2. 软件模拟验证

- 在智能制造系统模拟软件中，对优化后的生产线进行再次模拟运行，验证优化方案的有效性。
  - 根据模拟结果进行调整和完善，确保优化方案能够达到预期的目标。
3. 实际实施与监控
- 如果条件允许，可以在实际的智能制造实验平台上实施优化方案。
  - 在实施过程中，密切监控生产线的运行状态，及时解决出现的问题。

## 五、实验结果分析

### 1. 得出结论

- 根据实验分析结果，判断智能工业工程管理措施是否达到预期目标。在本实验中，实验组在生产效率、质量提升、库存减少和设备利用率提高等方面均有明显改善，基本达到了将生产周期缩短 15%、减少库存积压量 30%的预期目标。

### 2. 总结经验与不足

- 总结在实验过程中智能工业工程管理措施实施的成功经验，如智能生产调度系统对工序优化的有效性。

- 分析存在的不足之处，例如，智能质量检测系统可能存在误判的情况，需要进一步优化算法；或者智能调度系统在应对紧急订单时的灵活性还不够，需要调整相关参数。

### 3. 提出改进建议

- 针对不足之处提出改进建议，如改进智能检测系统的算法，增加智能调度系统应对紧急订单的规则等，为进一步完善智能工业工程管理提供参考。

## 六、思考题

当生产场景发生变化时，如订单紧急增加或设备故障，系统应如何快速响应并做出调整？有哪些策略可以提高系统的灵活性和适应性？

设计生产线优化方案时，应从哪些方面入手？如何平衡生产效率、质量和成本之间的关系？