

# Design and Implementation of AGV Intelligent Scheduling System in Electronic Devices Manufacturing Workshop of Rail Transportation Industry

Jinguo Xu<sup>1</sup>, Sijun Gao<sup>1</sup>, Honghui Zhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CRRCC Qingdao Sifang Co., Ltd., Qingdao Shandong

<sup>2</sup>HUST-Wuxi Research Institute, Wuxi Jiangsu

Email: mali@hust-wuxi.com

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 7<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 14<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

With the continuous development of automation technology, intelligent logistics system has become an important part of the intelligent workshop. Material handling is an indispensable activity in the production process. The efficiency and quality of logistics handling directly affect production efficiency and production costs. This paper is aimed at the electronic equipment manufacturing workshop, according to the actual situation and work flow of the enterprise, clarifying the functions of the system, analyzing the AGV scheduling requirements, solidifying the business process, designing the scheduling software, realizing the visual interface to supervise the whole system, and developing a corresponding database, in order to modify the system parameters, maps, goods and other information, and provide a convenient task management mechanism for managers to submit task requests.

## Keywords

AGV, Smart Manufacturing, Scheduling, Software

---

# 轨道交通行业电子器件制造车间AGV智能调度系统的设计与实现

许金国<sup>1</sup>, 高思军<sup>1</sup>, 湛红晖<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中车青岛四方机车车辆股份有限公司, 山东 青岛

<sup>2</sup>华中科技大学无锡研究院, 江苏 无锡

Email: mali@hust-wuxi.com

收稿日期: 2019年10月25日; 录用日期: 2019年11月7日; 发布日期: 2019年11月14日

## 摘要

随着自动化技术不断发展, 智能物流系统成为智能车间的重要组成部分。物料搬运是生产过程中必不可少的活动, 物流搬运的效率和质量直接影响生产效益和生产成本。本文针对电子器件制造车间, 根据企业现实状况与工作流程, 明确系统的功能, 分析AGV调度需求, 固化业务流程, 设计调度软件, 以实现可视化界面对整个系统进行监管, 同时开发一套相应数据库, 以便对系统参数、地图、货物等信息修改, 并提供便捷的任务管理机制, 便于管理人员提交任务请求。

## 关键词

AGV, 智能制造, 调度, 软件

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着自动化程度的不断提高, 轨道交通行业电子器件制造过程的高度自动化与仓储物料执行的传统手工作业越来越不相协调, 劳动用工分配不合理[1]。电子器件制造越来越需要物料的仓储、分拣、配送的自动化, 以便做到及时、迅速、准确而又低成本, 这也是在轨道交通行业运用高科技来体现仓储物流自动化、信息化、智能化的需要。据统计, 在现代化制造业中, 物流与仓储产生的费用占整个物流加工费用的30%~40% [2]。自动导引车(Automated Guided Vehicle, AGV)通过自动化的装卸机构和导航装置, 实现物品搬运和装卸过程的全自动化。近年来, 随着智能制造的兴起, 作为一种灵活高效的输送设备, AGV在自动化仓储、智能生产车间和智慧物流系统中的应用日趋广泛[3]。

随着AGV作为物流系统和柔性制造系统中的关键子系统应用越来越广泛, 其应用中出现了亟待解决的问题: 多AGV、多任务的复杂生产环境下, 调度系统如何稳定高效地完成任任务。实际工程应用中的多AGV系统属于动态离散系统, 实现在复杂车间环境中多AGV之间相互协调合作以减少出入库等操作任务执行时发生的冲突[4]。然而, 在我国产业界, AGV管理仍然是薄弱的一环, 尤其是适用于电子器件制造过程中的AGV智能调度系统更为缺少。

本文结合电子器件制造车间多品种小批量的生产特点, 以物流输送线AGV系统为应用背景, 对AGV管理进行需求分析, 对AGV调度系统进行了改进优化, 设计并实现了一种新的AGV智能调度系统, 以满足车间生产的需要。

## 2 系统需求分析

### 2.1. 系统定位

智能调度系统是车间精益管理系统的重要组成模块[5], 主要负责整个系统配送资源的调度。智能调

度系统与精益化管理系统之间关系紧密[6],可作为精益化管理系统的子模块,也可独立作为一个系统。本文提出将智能调度系统作为一个独立系统,通过是精益化管理系统的实时信息交互,结合智能仓储系统的物料信息、电子器件生产线的生产信息、搬运设备的状态信息、现场路径信息等,通过调度系统的分析、优化,得出最优的生产调度方案,最终保证电子器件生产系统的高效化、精益化、准时化生产。智能调度系统与其他系统的关系如图1所示。

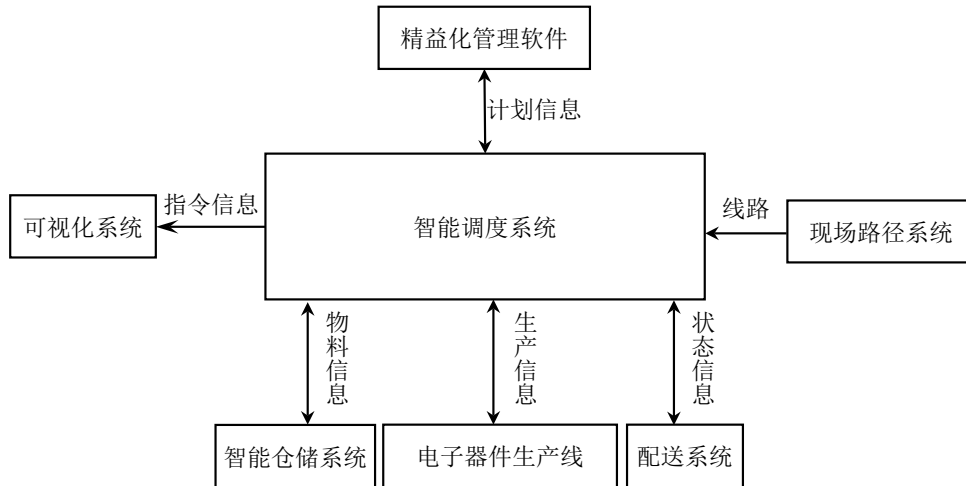


Figure 1. The location of intelligent scheduling system in smart factory  
图1. 智能调度系统在智能工厂中的定位

## 2.2. 需求分析

AGV 智能调度系统的总体功能需求主要有任务与资源分析、动态实时优化、调度指令下达和有效信息集成与共享四个方面。

### 1) 任务与资源分析

电子器件产品属于多品种、小批量生产模式,产品配置多样、制造流程复杂,造成生产任务与资源情况复杂,系统需要对生产任务和实时可用资源进行实时分析,以便得出智能调度的基本条件。

### 2) 动态实时优化

根据生产现场的实时情况,选用合适的调度算法,采用动态调度方法,进行实时调度,最终实现智能调度,保证调度方案的最优化。

### 3) 调度指令下达

根据系统分析得出的最优调度方案,将调度指令下达到相应设备,最终实现系统的高效运转,保证生产的顺利进行。

### 4) 有效信息集成与共享

打通软件与硬件信息通道,实现调度方案、软件系统、硬件设备的信息集成与共享,实现整个调度资源配置最优化、提升企业的经济效益。

## 2.3. 业务流程分析

智能调度系统主要涉及配送系统、智能仓储系统和生产线信息,调度的起点是智能调度系统,通过智能调度系统、智能配送系统、智能物料柜和生产线的协调配合,最终高效完成调度和配送任务,调度的业务流程如图2所示。

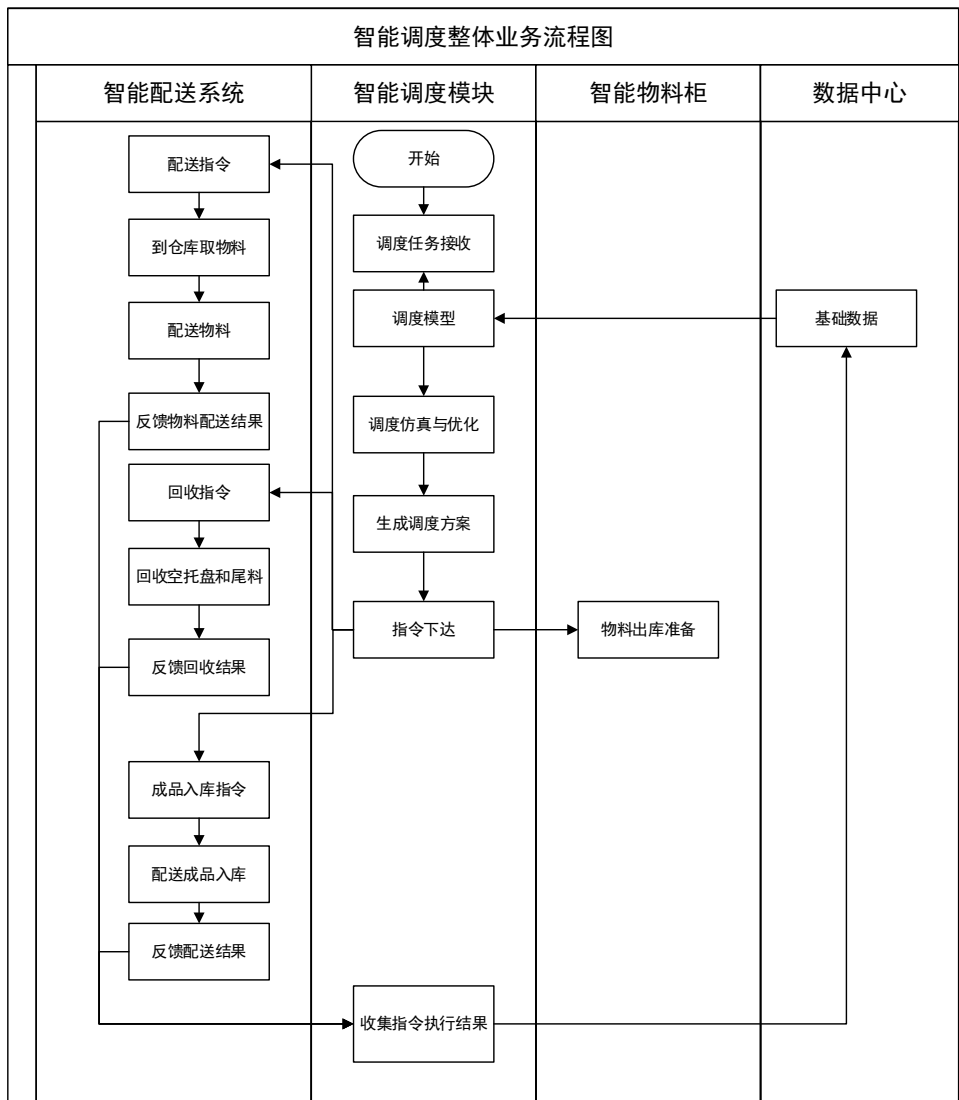


Figure 2. The process of intelligent scheduling system  
图 2. 智能调度的业务流程图

### 2.4. 功能需求分析

智能调度系统是整个电子器件制造物联系统调度控制中心，要求实现：生产调度任务与精益化管理系统、智能仓储系统、智能配送系统、生产线的无缝对接、生产调度任务对配送资源高效分配和运用、生产调度任务的实时动态优化、生产调度任务全过程资源配送高效化管理和以按期完成调度任务。结合对智能调度系统的总体功能需求和业务流程分析得出，系统需任务和资源分析、调度模型构建与优化、调度方案分析与下发、系统接口四个核心模块。

#### 1) 任务和资源分析

任务和资源分析模块是智能调度系统的基础部分，电子器件产品属于多品种、小批量生产模式，产品配置多样、制造流程复杂，造成生产任务与资源情况复杂，系统需要对生产任务和实时可用资源进行实时分析，以便得出智能调度的基本条件[5]。通过与制造物联系统其它功能模块的实时交互，保证任务和资料信息的实时准确性，以便得出最优的生产调度方案。

## 2) 调度模型构建与优化

调度模型构建与优化模块是智能调度系统的核心部分，需要完成调度模型构建和调度方案的优化。在任务和资源分析的基础上，结合生产任务、生产需求、现场路径和可用资源等信息完成调度模型的构建，根据调度模型，选择合适的智能优化算法完成调度方案的优化，最终实现调度的最优化，保证调度任务顺利、高效进行。

## 3) 调度方案分析与下发

调度方案分析与下发模块是智能调度系统的重要组成部分。该模块对方案进行可行性分析，采用仿真技术或数学模型验证方法，保证方案的可行性。调度方案分析完成后，将调度方案下发到配送系统，驱动硬件设备的运行，保证调度的顺利实施。

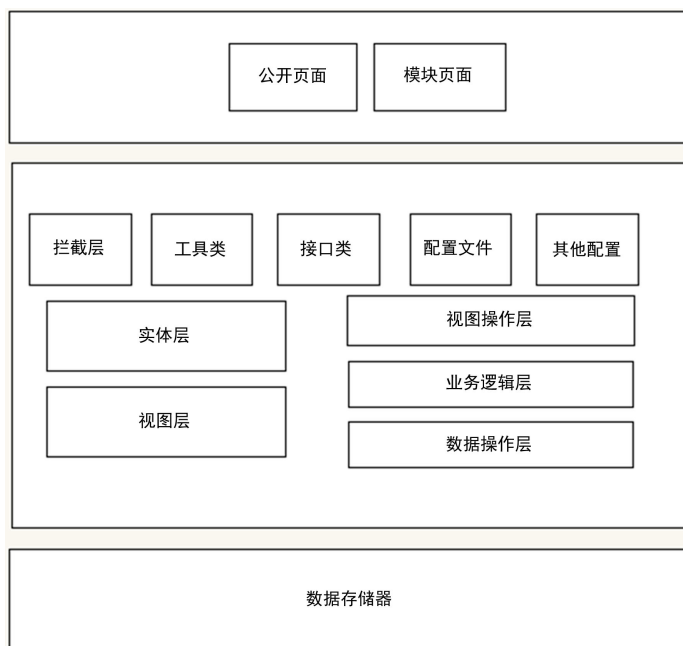
## 4) 系统接口

系统接口是智能调度系统的重要组成部分。它的功能是实现智能调度系统与精益化管理软件、数据采集系统、智能仓储与配送系统、可视化系统的数据交互，保证企业数据流的通畅，提高软件的扩展性和集成性。

# 3. 智能调度系统设计

## 3.1. 技术架构

本文所设计 AGV 智能调度软件全部运用开源语言进行开发，采用 B/S 模式进行架构设计，系统总体分为三层，视图展现层、程序运行层和数据存储层，三层有效的结合运行，可以快速的构建系统框架，有效的提高开发效率和运行效率，并节约项目资源。技术转移平台由开源语言 java 开发，技术转移平台的其他模块技术由 java 的开源技术构架而成，主要组成部份有 Spring3.5、Struts2.3、hibernate4.0。前台页面构架使用 EasyUI，后端数据库采用 Mysql，服务器为 web 标准 war 结构，可在 tomcat、weblogic、jboss 等 java 开源的服务器中稳定运行，共同完成技术架构构建。总体技术架构如图 3 所示。



**Figure 3.** The overall technical architecture  
**图 3.** 总体技术架构

1) 数据层

数据层主要为智能调度算法提供数据支持以及存储调度结果，包括产线产品类型、节拍时间、路段距离、负载能力、运行速度、调度方案等数据。

2) 工具层

工具层主要指多智能调度算法的软件平台，包括 Eclipse、NetBeans、Matlab 等。

3) 界面层

界面层主要体现在智能调度软件的应用过程中的参数输入、调度目标选择、调度算法选择、结果输出等方面的可视化界面。

3.2. 系统框架

系统的总体功能架构如图 4 所示，主要包括系统管理、基础数据管理、调度模型与优化等功能模块。

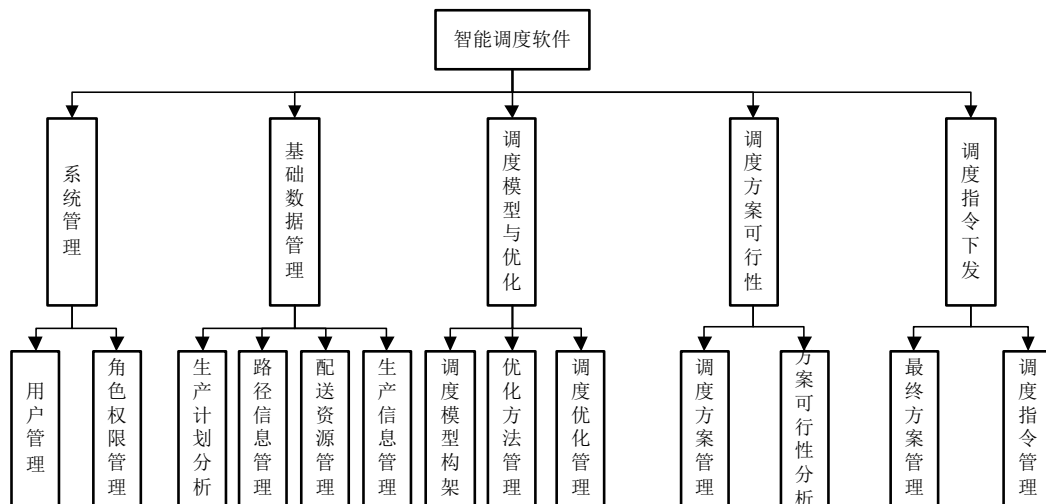


Figure 4. The function modules of intelligent scheduling system  
图 4. 智能调度系统的功能架构

1) 系统管理

系统管理主要包括用户管理和角色与权限管理两部分。角色与权限管理主要用于定于角色，如调度员、审核员、管理员等，并可以为每种角色定义相应的功能权限；角色与权限管理完成后，可进行用户管理，添加用户并为用户分配相应的角色，这种保证各个用户各司其职，也保证了企业的商业机密。

2) 基础数据管理

基础数据管理主要包括生产计划分析、路径信息管理、配送资源管理和生产信息管理模块。生产计划分析主要从精益化管理系统中获取生产计划信息并进行分析，得出调度任务。路径信息管理主要对生产现场的路径信息进行管理，为调度建模提供约束[7]。配送资源管理主要对搬运设备进行管理，为调度建模提供约束。生产信息管理主要是对生产现场的实施情况进行管理，最终实现动态、实时调度。

3) 调度模型与优化

调度模型与优化主要包括调度模型构建、优化方法管理和调度优化管理模块。调度模型构建主要是结合基础数据管理模块，构建生产调度模型。优化方法管理主要是对优化算法进行管理，主要采用启发式优化算法，例如遗传算法等。调度优化管理主要是根据调度模型、选择相应的调度优化算法、设置相关参数，对调度模型进行求解、优化。

#### 4) 调度方案可行性

调度方案可行性主要包括调度方案管理和方案可行性分析模块。调度方案管理主要是对系统得出的优化方案进行管理,包括删除、查询等操作。方案可行性分析模块主要是对得出的优化方案进行仿真、数据验证等操作,保证方案的正确性和可行性。

#### 5) 调度指令下发

调度指令下发主要包括最终方案管理和调度指令下发模块。最终方案管理是对经过优化、可行性分析的调度方案进行管理,包括审核、查询等操作。调度指令下发模块是将最终的调度方案下发到相应的搬运设备、智能仓储系统等,保证调度、配送任务的完成。

### 3.3. 开发与运行环境

本系统采用 Eclipse 作为系统开发工具,开发语言主要以 Java 为主,辅以 JavaScript、Html、CSS、SQL。系统开发环境的数据库运行在 Mysql 上,系统部署到正式环境时可以无缝迁移动 Oracle 数据库。服务端程序运行在 Tomcat7.0 中,客户端程序运行在浏览器上。

## 4. 智能调度系统实现

系统主界面如图 5 所示。

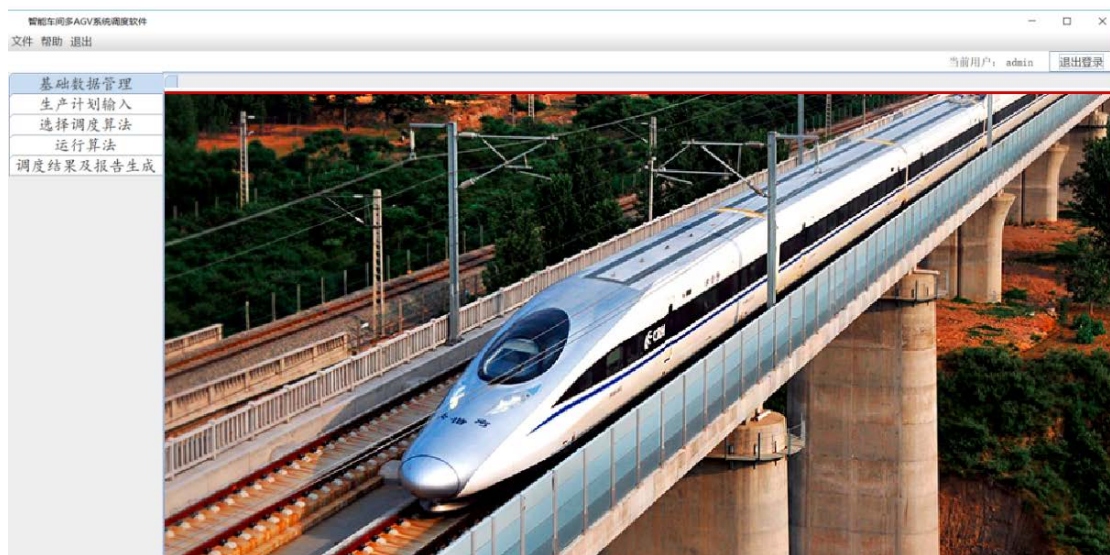


Figure 5. The main interface of software  
图 5. 软件主界面

## 5. 结论

本文基于电子器件制造车间多品种小批量的生产特点,根据以 AGV 为核心的车间生产物料需求,设计了一种穿 AGV 智能调度软件,为生产车间管理人员提供便捷操作的可视化界面,根据操作人员所输入参数,实现对各台 AGV 的合理分配调度、最佳路径选择、安全交通管理等功能,并最终提供可视化结果与分析报表。该系统可以有效地发挥 AGV 运载能力,实现电子器件制造车间智能制造的需求。

## 基金项目

《高速动车组关键零部件智能制造新模式应用》项目。

## 参考文献

- [1] SMT 专用 AGV 组成的 SMT 自动化生产线[EB/OL]. [https://www.sohu.com/a/229378865\\_208207](https://www.sohu.com/a/229378865_208207), 2018-04-25.
- [2] 凌剑. 复杂环境下 AGVS 调度系统设计[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2016.
- [3] Vivaldini, K.C.T., *et al.* (2010) Automatic Routing System for Intelligent Warehouses. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Anchorage, AK, 3-7 May 2010, 93-98.
- [4] 邱歌. 基于多 AGV 的智能仓储调度系统研发[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [5] 刘元. 自动引导运输车安全调度算法研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [6] 万云龙. 混流装配车间物料配送与监控系统研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
- [7] 郭昭. 基于 J2EE 的邮政物流信息系统研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 国防科学技术大学, 2005.