

doi: 10.7690/bgzdh.2025.08.003

某装配车间智能管控系统设计与实现

孙科星¹, 徐培², 蒋军², 王继潘¹, 赵智聪¹, 石义官¹, 赵一鸣¹, 张军娜¹, 梁海洋¹

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;

2. 重庆红宇精密工业集团有限公司, 重庆 404000)

摘要: 为了提升车间装配效率, 减少工人工作负荷, 实现产品质量数据的准确采集与高效管理, 提出设计一种基于数字化、物联网、数据采集等技术的装配车间智能管控系统。车间智能管控系统从上层制造执行系统中接收生产计划, 解析后将关键信息下发至生产线、AGV、立体库等底层系统中, 并通过内部与外部接口实现物料配送、任务状态监控、数据感知等功能, 从而高效地完成车间产品装配, 同时能准确、可靠地获取其质量数据, 实现装配过程的智能管控。结果表明: 该系统的成功应用, 促进了车间数字化管理水平的进一步发展, 为上层管理系统提供了可靠、简洁、安全的数据源, 提高了该类型产品装配过程的信息化水平。

关键词: 数字化; 信息化; 数据感知; 智能管控

中图分类号: TP311 **文献标志码:** A

Design and Implementation of Intelligent Control System for a Certain Assembly Workshop

Sun Kexing¹, Xu Pei², Jiang Jun², Wang Jipan¹, Zhao Zhicong¹, Shi Yiguan¹,
Zhao Yiming¹, Zhang Junna¹, Liang Haiyang¹

(1. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China; 2. Chongqing Hongyu Precision Industry Group Co., Ltd., Chongqing 404000, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of assembly workshop, reduce the workload of workers, and realize the accurate collection and efficient management of product quality data, an intelligent management and control system of assembly workshop based on digitalization, Internet of Things and data acquisition technology is proposed. The workshop intelligent management and control system receives the production plan from the upper manufacturing execution system, parses it and sends the key information to the production line, AGV, warehouse and other underlying systems, and realizes the functions of material distribution, task status monitoring, data perception and so on through the internal and external interfaces, so as to efficiently complete the workshop product assembly. At the same time, the quality data can be obtained accurately and reliably, and the intelligent control of the assembly process can be realized. The results show that the successful application of the system promotes the further development of the workshop digital management level, provides a reliable, concise and safe data source for the upper management system, and improves the information level of the assembly process of this type of product.

Keywords: digitalization; informatization; data perception; intelligent management and control

0 引言

数字化、网络化、物联网、信息化等技术的蓬勃发展, 催生了以制造业技术为中心的新一轮的工业革命—“工业 4.0”。该工业革命以网络化互联为基础, 以数字化为“灵魂”, 以智能化为最终目标, 它不仅将设备、工厂、生产线、供应商、产品以及客户紧密连接起来, 而且深入整个产业链, 将一个产业体系的传感器、控制系统、终端系统等整个产品脉络都互联在一起, 从而实现横向和纵向的高度集成^[1-3]。传统车间中设备采集与生产组织系统、工艺流程设计控制系统和其他企业系统的信息通过数字化车间这一技术进行整合, 最终重塑为以综合信

息流驱动的数字智能化车间生产管控系统^[4]。

笔者针对某弹药装配车间存在人员密集、零散式生产、数字化程度低等问题, 基于数字化与信息化技术, 构建生产线数字化管控系统, 实现产品生产过程“人机料法环测(5M1E)”等要素的数字化管理。管控系统与自动化生产线配套使用, 提高了产品制造过程的自动化及数字化水平, 促进生产模式的精益化及标准化, 增强产品可靠性, 提升了车间总体产能。建立单发弹药类产品全生命周期档案, 实现从投料到下线的工艺数据、质量数据以及各工位实际操作视频数据的管理, 从而实现制造现场数据可视化、设备监控、产品监控、物流监控和产线

监控。

1 系统架构

该装配车间管控系统存在生产管理、质量管理、物料管理、设备管理、生产线监控等多种需求, 为了满足车间的多种需求, 提高生产线产品装配效率, 提升车间数字化与信息化能力, 设计了车间智能管控架构。如图 1 所示, 智能管控系统架构分为控制执行层、数据采集层、车间管控层、分析展示层 4 层。

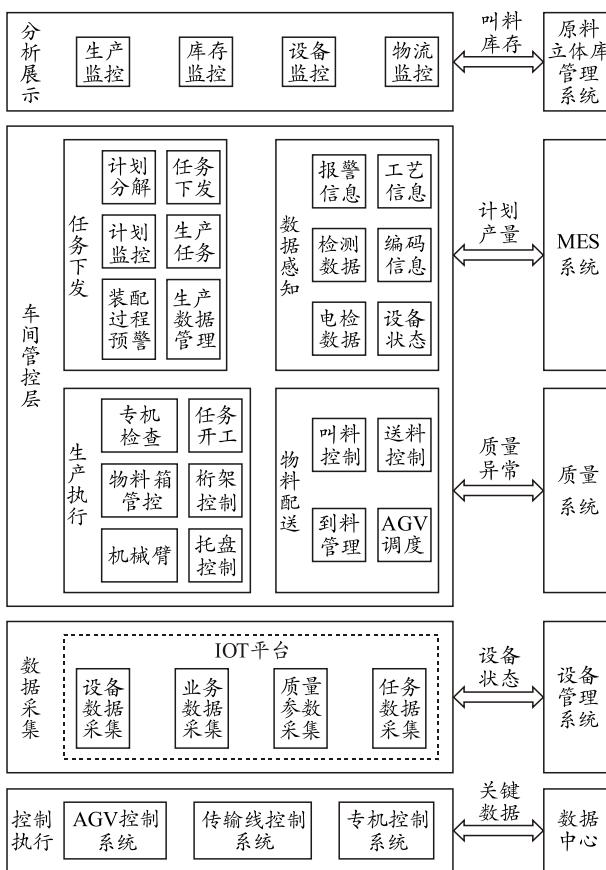


图 1 智能管控系统架构

1) 控制执行层是车间装配过程中上层控制信息下发的执行机构, AGV、传输线、专机等底层控制系统在生产过程中所需的管控指令均由该模块下发到相应控制器的指定地址中。

2) 数据采集层主要是将装配过程中的设备状态数据、检测数据、任务状态数据等进行采集、处理, 再以接口或者事件形式发送给 MES 等上层系统或者供管控系统内部使用, 从而使各系统能实时监控任务状态、产线状态、设备状态, 并且能够管理产品质量数据。

3) 车间管控层是该智能管控系统的主要模块, 该层的功能是接收上层 MES 系统下发的任务信息

并将任务进行分解, 进而下发给控制执行层。除了解析与下发任务外, 车间管控层还负责车间各类数据的感知, 该功能主要是将来自底层的数据进行抽取, 并按业务逻辑进行封装、存储等处理。在产线控制方面, 车间管控层根据立体库、AGV、MES、线边库等系统反馈的物料信息生成控制指令, 下发给控制执行层。物料配送模块负责工位叫料、物料到料后处理、AGV 调度等有关物料配送的相关功能。

4) 分析展示层属于车间上层应用系统, 本文中所述管控系统以接口形式为生产监控、库存监控、设备监控、物料监控等模块提供封装好的各类数据, 供上层系统分析与展示使用。

车间的各个生产环节是不可分割的, 因此必须考虑信息集成和把车间的现有资源进行整合、重组来达到信息系统的数据交换、资源共享、互连互控。实现车间信息的集成和共享, 把不同系统、不同应用间的信息进行集成整合, 实现车间数据共享^[5]。

2 系统设计与实现

车间智能管控系统主要有任务下发、数据感知、生产执行、物料配送 4 个功能模块, 各模块相互协调, 共同完成车间生产任务。车间生产时, 管控系统从上层 MES 中获取任务信息, 按相关规则进行解析, 从而将得到的产品型号、数量、工艺模式等信息下发给生产线控制系统。生产线收到相关信息后开始启动传输线, 各工位根据工艺模式向物料配送模块发送叫料命令, 管控系统收到叫料命令后请求库房管理系统, 得到物料信息, 并根据物料类型选择 AGV 配送或者人工配送。产品在被装配过程中, 数据感知模块会实时获取物料到位信息、工位完工信息、产品电性能检测参数、尺寸检测参数等信息, 从而将产品质量信息与产品进行绑定, 实现信息与产品同步与可追溯。产线在生产过程中需要实时接收托盘运行指令、桁架拍照、桁架取放料位置、机械臂运行指令等, 该类信号均由生产执行模块计算生成, 最后发送给控制执行模块, 实现生产线的有序管控。

2.1 产品工艺流程

该装配车间共有 4 个生产单元, 3 个固化间, 1 个线边库, 1 个立体库。车间能够生产 K 系列、A 系列、B 系列 3 类产品, 共用各单元与库存区域。每种产品包含多种生产工艺, 产品与工艺及单元对应关系如表 1 所示。

表 1 产品与工艺模式对照表

产品名称	工艺单元	工艺编号	工艺内容
K 系列	2 单元	1221	DD 部件生产
		1222	DD 部件/HH 部件生产
		1223	DD 部件/HH 部件/主装部件生产
	4 单元	1226	主 D 装配引信/电性能检验
A 系列	2 单元	1242	QQ 部件生产/电性能检验
		1243	QQ 部件电性能检验
		6121	HH 部件生产
	4 单元	6122	HH 部件/主装部件生产
		6123	主装部件生产
	6 单元	6142	BBQQ 部件固化/检验生产
		6143	BBQQ 装部件检验生产
B 系列	3 单元	6161	TT 部件固化生产
		6162	TT 部件固化/检验生产
		6163	TT 部件检验生产
	2 单元	6131	SS 部件固化生产
		6133	SS 部件固化/去湿/检验生产
		6135	SS 部件检验生产
	4 单元	8121	DD 部件生产
		8122	DD 部件/HH 部件生产
		8123	DD 部件/HH 部件/二级部件生产
3 单元	6 单元	8141	YYBB 生产
		8163	GG 装配/YYBB 装配/YYBB 检验
	3 单元	8164	YYBB 装配/YYBB 检验
		8131	CC 部件固化生产
	2 单元	8132	CC 部件固化/检验
		8133	CC 部件检验

从表 1 可以看出：每类产品的装配要经过多个工艺与单元，其中 A 系列与 B 系列 2 种产品工艺模式最为复杂，生产时涉及 4 个单元 11 种工艺；K 系

列工艺模式相对简单，涉及 2 个单元 6 种工艺。笔者以 K 系列产品为例，对产品的工艺流程进行介绍，工艺流程如图 2 所示。

从图 2 可知：该系列产品的装配须经过 2 个单元，15 个工位，同一单元的物料流传借助于传输线上的专用托盘实现，上料则使用 AGV 与桁架，各检验工位完工后，数据感知模块将产品数据记录在内存中，由接口发送给上层 MES，从而实现产品数据的存储、查询与追溯。

2.2 任务下发

2.2.1 计划分解与下发

车间生产时，除了 2 单元与 3 单元不能同时生产外，其余各单元均可同时装配产品；因此，上层系统可同时下发多个生产工艺，管控系统在接收到计划信息后，将信息格式化，从而获取各单元的工艺模式、产品型号、生产数量等信息。计划解析完成后，管控系统根据计划内容完成各模块的初始化，同时将获取的主要信息发送给控制执行模块，该模块负责与生产线控制系统建立通讯连接，从而将关键数据写入，使底层系统能够接收到生产任务。完成系统内部初始化与信息下发后，管控系统下发生产开始指令，并允许传输线托盘进入流转模式，开始进行产品装配。

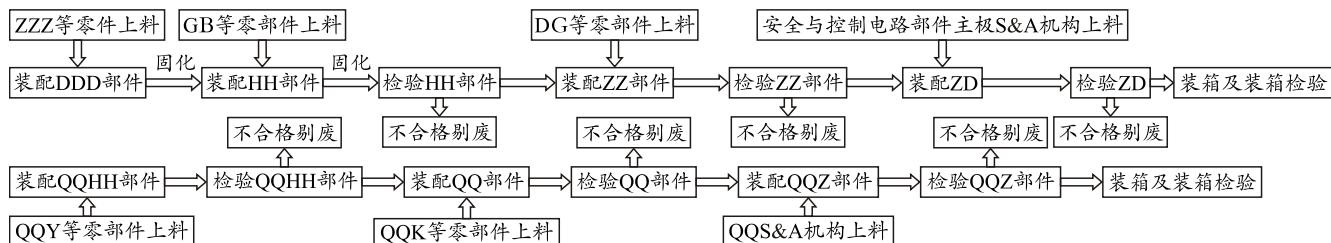


图 2 K 系列产品工艺流程

2.2.2 任务状态监控

生产任务启动后，车间智能管控系统要实时监控任务状态与进度，并将各单元任务进度、车间环境信息等反馈给上层管理系统与可视化界面。

除了任务进度监控之外，该模块还负责任务的完工处理。车间智能管控系统判断任务结束有 2 个条件：1) 工艺所涉及的工位生产结束；2) 物料运输到位。管控系统在初始化时会将各单元生产总数下发到各工位，生产线每装配 1 发，相应工位计数模块就减少 1 发，当工位完成当前装配任务时，该工位即为任务结束状态。带罩部件、合装部件、主

部件生产结束时须由 AGV 运送到固化间进行固化；因此，当所有物料运送到位且各工位处于完工状态，车间智能管控系统将任务结束状态发送给上层 MES，同时通知底层系统任务结束，停止生产线。

2.3 数据感知

装配车间智能管控系统数据感知模块有 3 个主要功能：1) 实时感知底层控制系统关键信号，并将信号改变结果实时反馈到生产执行模块；2) 当工位完成 1 发产品装配时，完成对尺寸检验数据、装配合格与否信号、电性能检测参数等的采集，并将采集结果进行处理，发送给车间 MES 统一管理；3)

实时感知设备状态信号, 一旦设备发生报警, 立即向报警信息反馈给车间可视化系统, 提醒工人报警内容, 同时将设备开关机等状态进行统计, 形成原始数据, 为效能统计提供原始数据。

2.4 生产执行

2.4.1 产线管控

生产线每个装配工位均有托盘到位信号、操作完成信号, 任务启动时, 车间智能管控系统向生产线管控系统下发允许上托盘信号。当托盘到达装配工位, 且该工位物料准备完毕时, 管控系统向该工位发送允许装配信号, 装配完成时控制系统向管控系统发送相应信号, 此时数据感知模块对该工位质量进行采集, 采集完成后, 向生产线发送允许托盘放行信号, 托盘到达下一个工位时, 其控制逻辑相同。产线管控流程如图 3 所示。

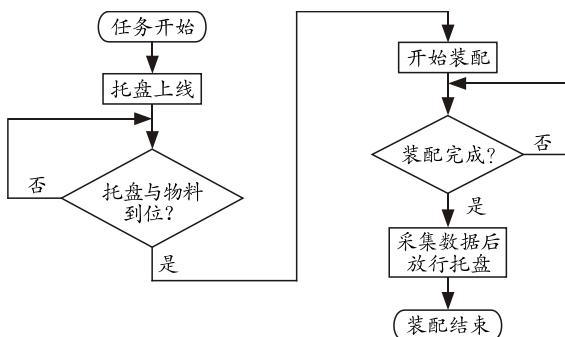


图 3 产线管控流程

2.4.2 转运机械臂控制

2 单元与 3 单元部分物料需要借助转运机械臂上料, 管控系统主要通过工作模式、物料种类、抓料位置、放料位置来实现对转运机械臂的管控。物料到达转运机械臂抓料地点后, 管控系统首先通知转运机械臂对取料位置与放料位置进行拍照, 从而确定其相对位置, 拍照完成后, 管控系统再向转运机械臂发送所需控制信息进行物料转运, 同时将物料对应数据与托盘进行绑定。

2.4.3 桁架控制

为了实现物料的自动化转运, 该装配车间共 4 处用到了桁架, 其中 2 单元是在带罩、合装、主装部件下线工位, 3 单元是在主装部件上料处。桁架管控流程与转运机械臂类似, 转运前都需要经过拍照, 然后再进行转运操作, 不同点是桁架是对物料进行交换操作, 即线上物料(下线固化)与物料箱中物料(固化完成再上线)进行交换, 同时 2 个产品的数据也要进行重新绑定。

2.5 物料配送

2.5.1 配送流程

该装配车间具备传输线、AGV、人工 3 种物料运送方式, 物料配送流程如图 4 所示。

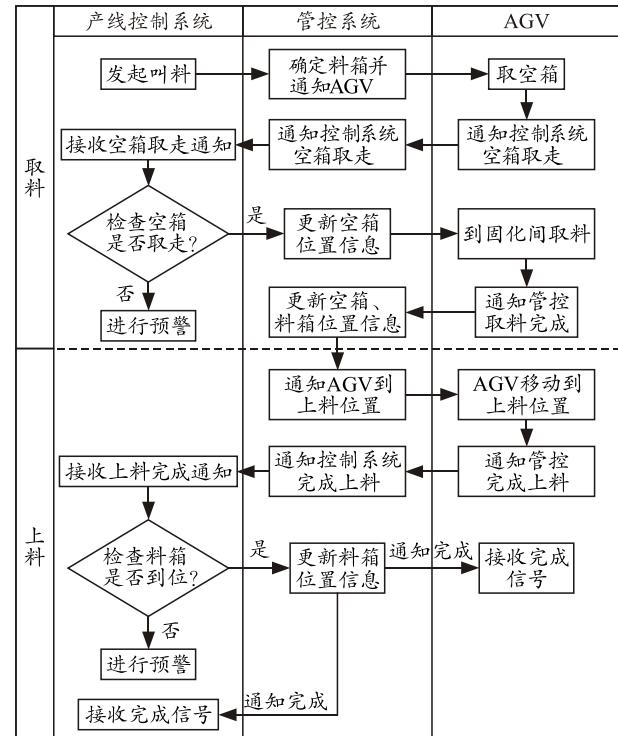


图 4 物料配送流程

从图 4 中得知: 各工位根据生产工艺向管控系统发送叫料请求, 管控系统接收叫料命令后, 根据所需物料与叫料工位向上层系统发送物料配送请求, 待返回物料位置与数量等信息后, 管控系统通知传输线、AGV 等系统进行物料运输。

2.5.2 传输线配送

立体库作为车间的主要物料存放处, 其物料上线主要基于转运机械臂。生产线任务启动时, 管控系统根据工艺模式经上层 MES 向立体库发出叫料请求后, 立体库将物料出库, 待其到达指定位置后, 管控系统根据托盘状态, 借助于转运机械臂将物料放置传输线上。

2.5.3 AGV 配送

该车间需要由 AGV 进行物料配送的工位有 4 处, 分别是 2 单元的带罩部件、合装部件、主装部件上下线工位和 3 单元主装部件上线工位。AGV 物料配送功能需要借助于桁架来完成上线与下线, 是一个相对复杂的模块。

当生产任务开始后,各单元各工位根据工艺模式及当前物料剩余个数判断是否需要 AGV 送料,若需要,管控系统首先将 AGV 送料任务保存在 AGV 任务调度列表中,该任务调度列表系统每隔 5 s 定时轮询一次,判断任务是否下发成功,若成功则将其从任务列表中移除,反之则标记“任务失败”,通知上层系统,下次轮询时再进行下发。

2.5.4 人工配送

对于人工物料配送模式,车间各个单元均有使用。物料来源可能是立体库也可能是线边库和去湿润间。人工配送物料除了在 3 单元某工位需要人工叫料外,其余各工位均自动叫料。管控系统收到叫料命令后,经上层 MES 向立体库或者线边库发送出料请求,待物料出库以后,在对应工位操作界面弹出物料是否到位按钮,当操作人员点击该按钮时,即表示物料到位,可以进入下一步操作。

3 结束语

从提升该装配车间数字化、信息化、智能化水平的角度触发,结合立体库、自动化生产线、AGV、机械臂、桁架等底层控制系统优点与特点,设计并实现了装配车间一体化智能管控系统。该系统的成

功应用,促进了车间数字化管理水平的进一步发展,同时基于产品的装配特点,完成了其整个装配周期的质量数据准确追踪,为上层管理系统提供了可靠、简洁、安全的数据源,促进了该类型产品装配过程的信息化水平。

该装配车间每个产品数据字段众多,每班生产产品数量大,考虑到 PLC 记录数据量小的问题,本系统将产品过程数据存储在上位机中,结合调度模块有效地保证了数据与生产线实物对应,且为后续生产提供历史数据,实现了产品数据的可靠采集与管理。

参考文献:

- [1] 宋铭涛. 面向数字化车间设备状态的监控技术研究与实现[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [2] 蒋龙宁. 面向数字化装配过程的质量信息管控系统开发[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2023.
- [3] 刘成义. 液压泵装配过程智能管控系统设计与开发[D]. 南京: 南京理工大学, 2022.
- [4] 李志东. 数字化制造车间系统构建[J]. 一重技术, 2011(1): 66-68.
- [5] 陈永平. 数字化制造车间管理系统的集成研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2014.