 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i12.8463

A workstation-level lean material distribution model for rapid response to production tasks

Jiaqi Yan Yuan Yuan Zhe Wang Jun Zhan Bowen Tian Zhenying Wang

Beijing Institute of Remote Sensing Equipment, Beijing, 100854, China

Abstract

The production of aerospace products is a typical multi-variety and variable batch production mode, involving the control and distribution of multiple types, models and batches of materials. The efficiency of material sorting and completeness is difficult to meet the supporting requirements of each production station. This paper builds a warehousing and logistics management system, applies automated equipment such as stacker cranes and AGVs, and interacts with the superior manufacturing operation management system to obtain production plans. Based on the material completeness status, control AGVs and other automated distribution equipment to perform completeness tasks, achieving functions such as material attribute association, material completeness status monitoring, and completeness distribution, and build a workstation-level material lean distribution model for rapid response to various types of aerospace product production tasks.

Keywords

Production scheduling; stereoscopic warehouse; AGV; material completeness

面向生产任务快速响应的工位级物料精益配送模式

严嘉祺 袁媛 王喆 詹俊 田博文 王振营

北京遥感设备研究所，中国 · 北京 100854

摘 要

航天产品生产为典型的多品种、变批量生产模式，涉及多型号、多类型、多批次物料管控及分发，物料分拣齐套效率难以满足各生产工位配套需求，本文通过建设仓储物流管理系统，应用堆垛机、AGV等自动化设备，通过与上级制造运营管理系统交互，获取生产计划，并基于物料齐套状态，控制AGV等自动化配送设备执行齐套任务，实现物料属性关联、物料齐套状态监控、齐套配送等功能，构建面向多型航天产品生产任务快速响应的工位级物料精益配送模式。

关键词

生产调度；立体库；AGV；物料齐套

1 引言

航天产品生产为典型的多品种、变批量生产模式，物料管控存在以下难点：物料种类数量多、价值高；物料之间存在电气参数配合关系，配套关系严格；涉及供货厂家较多、供货不稳定，难以实现周期性齐套；物料状态多，涉及多型号多批次多工序，管理难度大。原有的人工物料管理及齐套配送模式存在以下问题：库房的物料信息以手工盘点为主，易出错，效率低；物料位置、状态、匹配性等信息难以记录，导致出入库不便；齐套任务依赖人工调度，与生产计划的实时同步性差；生产任务逐年增长，依赖人工记录和追踪物料的人力成本随之增长。

为满足多型号产品齐套快速响应需求，通过引入立体库、AGV等自动化设备，同时构建仓储物流管理系统（WMS）系统实现与制造运营管理系统（MOM）系统的生产计划互联，同时针对航天产品生产特点，开发型号工序物料清单（BOM）齐套数据、齐套计划关联、齐套任务分发、齐套载具配送等功能模块，通过立体库、AGV 实现基于生产计划和物料状态的工位级物料精益配送[1]。

2 总体设计方案

2.1 车间布局与物流路径规划

生产车间由立体库、AGV、装配流水线组成，为实现产品的串行生产，缩短生产“动线”，采用由西向东的生产布局，立体库由北侧入库存储后，进行分拣齐套及按计划生产齐套出库，由 AGV 将齐套物料按产品对应生产工序，自动化配送至装配区相应工位，由装配流水线按产品工艺规程要求的工序进行装配。

【作者简介】严嘉祺（1996–），男，中国吉林长春人，硕士，工程师，从事航天产品智能制造研究。

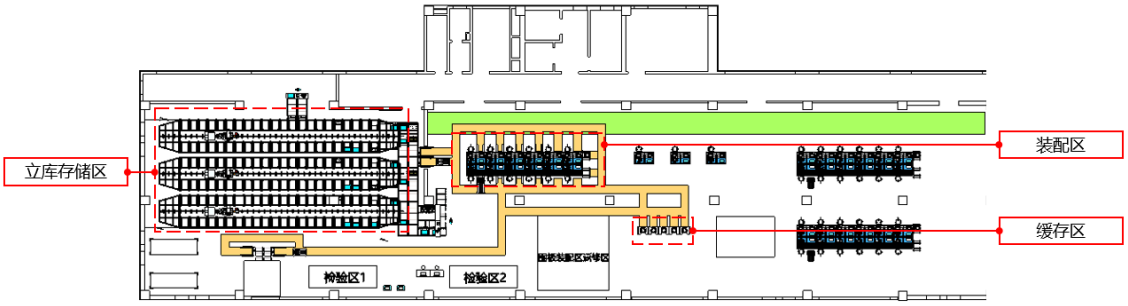


图 1 车间整体布局及物流路线

2.2 仓储物流管理系统总体架构

精益物料管理配送系统实现从物料扫码入库、自动入库、齐套拣配、领料出库、AGV 配送、等全业务管控及自动化配送流程。通过业务的打通及存储过程的精细化管控达到优化制造资源分配、提高物流利用效率的目标；通过对物流调度过程、状态的实时监控、动态追踪与信息回传、执行任务数据采集满足智能调度实时可控[2]。

3 物料齐套配送流程设计与执行

物送料齐套配送是通过数据管理配置将自动化立体库、AGV、生产工位联动起来，实现产品装配所需要的物料自动从立体库出库运送至生产工位。

3.1 生产计划关联

基于企业资源计划系统（ERP 系统）、制造执行系统（MES 系统）、物联网设备及各类传感器（如二维码标签等），建立信息数据模型，构建智能感知网络和设备架构，实现生产计划关联。根据订单生成的排产结果以及各个产品的 BOM 表，物料齐套配送系统能生成各种物料的需求计划。物料需求计划以天为周期，展示了各种物料在当天所需要的数量，包含了订单编号，产品型号，产品名称，产品编号，批次号，物料名称，型号规格，位号，需求数量以及需求时间等信息。

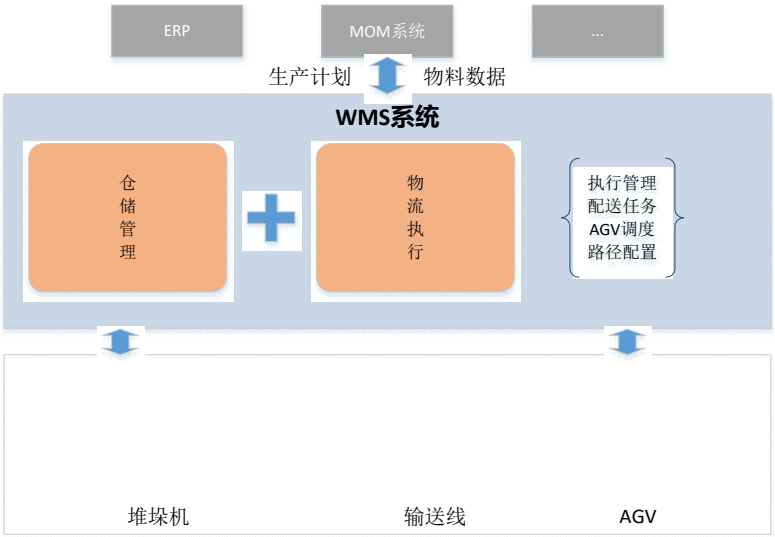


图 2 物料管理配送系统总体架构图

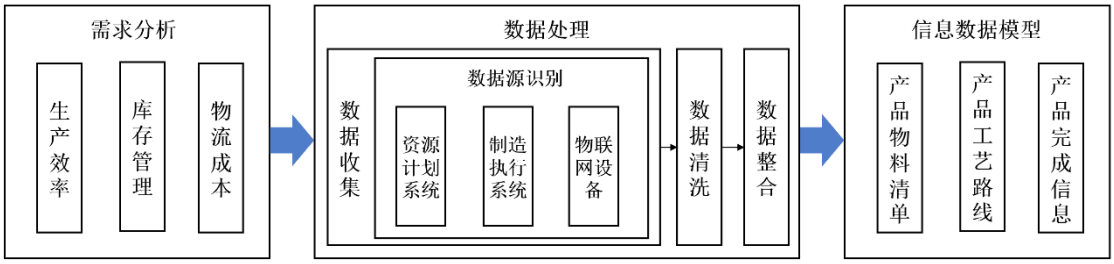


图 3 生产计划关联流程图

3.2 基础数据管理

基础数据管理包含物料数据管理、库位数据管理、料箱数据管理等。

3.2.1 物料数据管理

物料数据用于区分不同型号和不同层级的物料。如下表所示，包含物料名称、物料编号、型号名称、型号代码、所属类型等信息。

表 1 物料数据

物料名称	物料编号	型号名称	型号代码	所属类型

3.2.2 料箱数据管理

料箱数据用于区分不同规格的料箱，针对不同的出入库需求配置不同的料箱。主要包含料箱规格参数，本立体库料箱规格主要分为高库位料箱、低库位料箱和齐套库位料箱。高库位料箱、低库位料箱用于装不同高低尺寸的物料，齐套库位料箱则是通过专门设计的用于装某工序级装配所使用的全部物料的料箱，如下图所示，为某个产品的齐套料箱示意图。

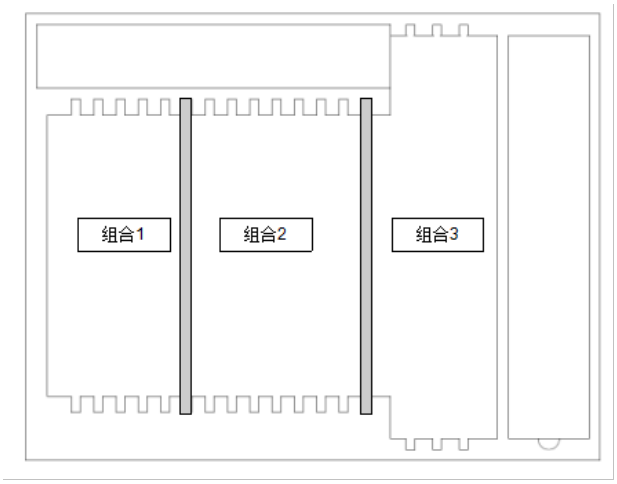


图 4 齐套料箱示意图

3.2.3 库位数据管理

库位数据用于区分不同库位，确定料箱的存储位置、出库位置、配送位置等。如下表所示，包含库房编号、库房名称、库位编号、库位名称、库位类型。库位的类型主要分为立体库库位和接驳库位，立体库库位用于存储入库的料箱，接驳库位主用用于与 AGV 进行接驳交互实现料箱出入库和工位接收料箱。

表 2 库位数据

库位名称	库位编号	库房名称	库房编号	库位类型

3.3 齐套 BOM 建立

齐套 BOM 是针对产品装配工序构建的工序级物料 BOM，齐套 BOM 可用于计算立体库内产品齐套数和进行物料齐套依次出库的依据。

齐套 BOM 由父子表构成，父表为产品物料的主要信息，包括物料名称、物料编号、型号代号、型号名称、工序、料箱规格、版本、批次、频点等，子表为具体物料需求，包含物料名称、物料编号、型号代号、型号名称、基本用量、频点、批次号等。

3.3.1 物料齐套计算

物料齐套方法根据产品的齐套 BOM 遍历立体库内的入库产品数据，得到子级产品的全部数量，通过和预设的构成父级产品的单套数量计算出可配套的数量，最终取其中的最小值为满足产品装配的可齐套数量，具体步骤如下：

步骤 1，设父级产品为 A，子级产品为 ai, 产品数量为 bi，单套数量为 ci，配套数量 di;

步骤 2，根据齐套 BOM 关联表，获取产品 A 所需的全部子级产品 {a1,a2...，an};

步骤 3, 使用深度遍历方式对产品入库管理数据进行遍历和汇总，得到全部子级产品的入库数量 {b1,b2...，bn};

步骤 4, 计算子级产品的配套数量 $di = \frac{bi}{ci}$（向下取整数）;

步骤 5，计算产品物料齐套数 =min{d1，d2，...，dn}。

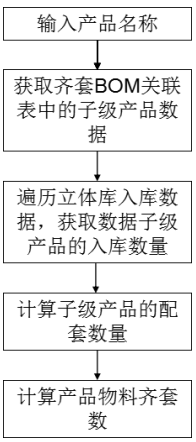


图 5 物料齐套计算方法流程图

物料齐套计算表，如下表所示。

表 3 物料齐套计算表

父级产品名称	子级产品名称	产品代号	产品型号	产品类型	单套数量	入库数量	配套数	齐套数
产品 A	组合 1	XXX	XXX	组合	1	XXX	XXX	XXX
产品 A	组合 2	XXX	XXX	组合	1	XXX	XXX	XXX
产品 A	组合 3	XXX	XXX	组合	1	XXX	XXX	XXX
产品 A	结构件 1	XXX	XXX	结构件	2	XXX	XXX	XXX
产品 A	结构件 2	XXX	XXX	结构件	3	XXX	XXX	XXX
...	...	...	...	...	...	...	...	...

3.3.2 物料齐套出库和齐套拣配

操作人员在确认物料齐套后，可以通过立体库系统中的齐套出库功能，将齐套 BOM 中用到的物料和匹配的齐套料箱一次性出库到齐套分拣区，在齐套分拣区将不同的物料绑定到齐套料箱中，并完成入库操作，实现物料的齐套拣配。

3.4 齐套配送

齐套配送流程如图所示，在完成前期的基础数据维护、齐套 BOM 建立后，主要包含 5 个步骤：①查询齐套情况②齐套配送任务建立③齐套料箱出库④ AGV 配送。

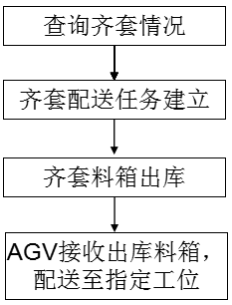


图 6 齐套配送流程

3.4.1 查询齐套情况

在齐套任务管理中可以对齐套任务的详细情况进行查询，确定产品的齐套情况，包含任务数量、已齐套数量、库存套数、已出库数量：任务数量表示该批次需要完成的产品数量，已齐套数表示完成齐套准备的数量，库存套数表示立体库内可以进行齐套准备的数量，已出库数量则表示配送至工位的出库套数[3]。

3.4.2 齐套配送任务建立

操作人员在系统可以根据建立的齐套任务，通过齐套下架功能建立齐套配送任务。

3.4.3 齐套料箱出库

建立配送任务后，立体库会自动将完成齐套的齐套料箱出库至出库接驳位。

3.4.4 AGV 配送

建立齐套配送任务后，立体库会自动生成 AGV 的行为任务，在齐套料箱完成出库后，AGV 自动前往立体库接驳位，完成齐套料箱的接收，并根据规划好的路径配送至指定工位。

4 结论

本文针对航天产品装配车间物料管控难度大、配送不及时等问题，基于产品制造流程，通过车间布局与物流路径规划对配送路径进行了优化，并构建了物料管理配送系统的架构，实现了与上级制造运营管理系统、AGV、立体库的集成，基于物料管理配送系统，实现了生产计划关联、基础数据管理、齐套 BOM 建立、齐套配送功能的实现，提升了车间的物料配送效率和准确率降低了配送成本。

参考文献

[1] 边浩.航天产品自动仓储物流系统调度优化研究[D].哈尔滨工业大学.2020

[2] 王吉寅.基于AGV智能调度算法的航空物流虚拟制造系统驱动研究[J].自动化与仪器仪表.2025

[3] 董亮.船体分段小组立精益生产总体方案设计[J].造船技术.2025