

关于轮胎制造工序中物流全自动配送的应用

万 祥

杭州海潮橡胶有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要：本文围绕轮胎制造密炼、半制品、成型、硫化等核心工序，阐述物流全自动配送的相关理论与技术基础，分析当前行业应用现状、典型场景及现存技术、管理、成本、适配层面的问题，结合轮胎制造工艺特点，从技术升级、管理优化、成本控制、适配提升四个维度提出针对性优化策略，旨在为轮胎企业实现物流全自动配送落地、提升生产连续性、降低成本损耗提供实践参考，助力行业智能制造转型升级。

关键词：轮胎制造工序；物流全自动配送；应用

引言：随着轮胎制造行业竞争日趋激烈，智能制造成为企业提升核心竞争力的关键，物流配送作为各生产工序的衔接纽带，其自动化水平直接影响生产效率与产品质量。当前，AGV、智能仓储、EMS输送等技术的普及为物流全自动配送提供了支撑，但行业应用仍存在两极分化、适配不足等问题。基于此，本文聚焦轮胎制造各工序，深入探讨物流全自动配送的应用与优化，为行业高质量发展提供思路。

1 相关理论与技术基础

1.1 轮胎制造核心工序概述

（1）轮胎制造全流程梳理：核心工序涵盖密炼、压延、压出、裁断、成型、硫化、检测五大环节，密炼是将橡胶与配合剂混合制成胶料的基础，压延负责将胶料与骨架材料复合出轮胎骨架材料，压出负责将胶料加工成规定厚度的胶片，裁断负责将压延好的材料进行精准裁切满足角度和宽度要求，成型是将各部件组装成轮胎胎坯，硫化是让胎坯成型为合格轮胎的关键，检测则保障成品质量达标。（2）各工序物流需求分析：物料类型包括橡胶、配合剂、胶片、半成品、胎坯等，密炼、压延、压出、裁断工序需即时配送原料，成型、硫化工序对胎坯转运时效要求高，且所有物料转运需满足防错规则，避免碰撞、损耗影响产品质量。（3）物流配送在轮胎制造中的核心作用：作为各工序的衔接纽带，保障物料及时供应，避免工序停滞；通过精准配送提升生产连续性，保障产能稳定；优化转运路径，降低物料损耗和人力成本，预防物料规格送错造成质量事故，实现降本增效。

1.2 物流全自动配送核心技术

（1）自动导引车（AGV）技术：采用激光SLAM导航技术+5G技术，无需预设轨道，可灵活适应轮胎车间复杂环境，实现自主避障、路径优化；针对轮胎物料重载

特性，定制重载AGV，提升物料承载能力，适配胶料、半制品等重型物料的转运需求。（2）智能仓储技术：立体仓库充分利用车间空间，提升物料存储容量；堆垛机实现物料的自动化存取，配合WMS仓库管理系统，实现仓储物料的精准管控、库存实时更新，减少人工干预。（3）信息协同技术：MES、WCS、RFID系统实现数据互通与闭环管理，MES获取生产计划，WCS调度物流设备，RFID实现物料全程溯源，确保物流配送与生产节奏精准匹配。（4）辅助技术：数字孪生技术构建车间物流虚拟模型，模拟配送流程，优化路径规划；EMS空中悬挂小车系统用于胎坯转运，弥补地面AGV的转运盲区，提升物流覆盖度^[1]。

1.3 轮胎制造与物流全自动配送的融合逻辑

（1）工序节奏与配送效率的匹配原则：遵循“按需配送、精准时效”原则，根据各工序生产周期、物料消耗速度，MES设定配送频次和时效，避免配送滞后导致工序停滞或配送过早造成物料积压。（2）物流全自动配送对轮胎制造提质增效的作用机制：通过自动化配送减少人工操作误差，提升物料转运精度，降低产品不合格率；缩短物料转运时间，提升生产连续性，助力产能提升；减少人工成本和物料损耗，实现提质、增效、降本的目标。（3）融合过程中的核心适配要点：需实现物流设备与生产设备的协同适配，确保配送节点与工序衔接顺畅；做好信息系统的数据同步，保障生产计划与物流调度精准匹配；兼顾物料特性，针对不同类型物料优化配送方式，提升融合适配性。

2 轮胎制造工序中物流全自动配送的应用现状与问题

2.1 轮胎制造物流全自动配送应用现状

（1）行业整体应用概况：轮胎制造行业物流全自动配送应用呈现两极分化态势，头部企业凭借资金和技术优势，已实现物流配送的规模化、自动化应用，搭建了

完善的智能物流体系；而中小规模企业受资金、技术、产能限制，多采用半自动配送模式，仅在核心工序局部引入自动化设备，应用范围较窄、智能化水平偏低。

（2）典型应用场景：密炼车间实现生胶、小粉料等原材料的自动调取、配比与配送，减少人工搬运误差；成型-硫化工序通过AGV或EMS小车与缓存库配合，完成胎胚的精准转运、有序缓存及硫化后成品的自动搬运，衔接两道核心工序；检测-成品工序利用智能分拣设备，完成合格轮胎的分类、码垛，并由AGV转运至立体仓库入库，实现成品管控全自动化。（3）现有应用模式分类：主要分为三类，全流程自动化模式，覆盖从原材料入库到成品出库的全环节，依赖智能仓储、AGV集群、信息协同系统联动；局部工序自动化模式，仅在物料转运量大、劳动强度高的单一工序（如密炼、成品入库）引入自动化设备；地空联运模式，结合地面AGV与EMS空中悬挂小车，实现轻重物料分区转运，弥补地面配送盲区。

2.2 物流全自动配送在各核心工序的具体应用

（1）密炼工序：通过WMS系统精准管控生胶、小粉料等原材料库存，AGV根据生产工单自动到仓库调取原料，按配比精准配送至密炼机进料口，全程实现原料配送、用量管控的自动化，减少人工操作，避免原料浪费和配比误差。（2）半制品-成型：半制品所有生产合格的原料经AGV送入立库，立库通过WCS调度确保先进先出原则，MES根据成型需求分配半制品原料通过AGV送到各成型机。（3）成型-硫化工序：成型车间生产的胎胚由物流线转运至胎胚立库，系统根据硫化机需求状态，调度堆垛机经输送线通过EMS小车将胎胚精准送至硫化机工位；硫化完成后，自动物流线将成品轮胎搬运至检测工位，实现胎胚缓存、转运及成品搬运的无缝衔接，提升工序衔接效率^[2]。（4）检测-成品工序：检测合格的轮胎经智能分拣设备按规格、型号分类，由码垛机器人自动码垛，AGV同步将码垛后的轮胎转运至立体仓库指定货位，完成入库流程，同时系统实时更新库存数据，实现成品配送、存储的全流程可追溯。

2.3 当前应用中存在的主要问题

（1）技术层面：车间内胶料粉尘、设备遮挡等复杂环境，导致AGV激光SLAM导航稳定性不足，易出现定位偏差；多台AGV同时作业时，集群调度算法不够优化，存在路径冲突、配送效率不均等问题，影响整体转运节奏。（2）管理层面：物流系统与生产系统、仓储系统数据互通不畅，存在信息孤岛，导致生产进度与物流配送衔接脱节；各系统协同性差，调度指令响应滞后，且缺乏专业的运维团队，设备故障处理不及时，影响自

动化配送连续性；运维体系不完善，未形成常态化的设备检修、算法优化机制。（3）成本层面：物流全自动配送设备、系统搭建前期投入高昂，包括AGV、立体仓库、信息系统等，对中小轮胎企业造成较大资金压力，落地难度大；同时设备运维、技术升级需持续投入，导致投资回报周期长，进一步制约了中小企业的应用积极性。（4）适配层面：当前多数全自动配送系统针对大批量、单一品种生产模式设计，面对轮胎行业多品种、小批量的生产需求，难以快速调整配送方案，存在物料调度不灵活、配送效率下降等问题，适配性有待提升。

3 轮胎制造工序物流全自动配送应用优化策略

3.1 技术优化策略

（1）导航与调度技术升级：针对轮胎制造车间高温、粉尘多、设备遮挡的复杂环境，采用激光SLAM与视觉、5G技术、红外传感器融合导航，弥补单一导航短板，提升AGV定位精度与稳定性，避免环境干扰导致的偏差。同时优化AGV集群调度算法，引入动态路径规划技术，实时规避路径冲突，根据物料需求优先级分配任务，平衡设备负荷，确保转运节奏与生产节拍同步，提升整体配送效率。（2）设备定制化适配：结合各工序环境与转运需求，对重载AGV进行针对性改造，优化车身密封结构，加装防尘耐高温装置，防止粉尘侵入影响运行，同时提升承载能力与平顺性，适配胶料、半制品原料等重物转运。升级EMS空中悬挂小车系统，优化轨道布局，提升运行速度与稳定性，适配轻量物料跨工序转运，弥补地面AGV盲区，实现地空协同。（3）数字孪生技术应用：构建物流全自动配送系统虚拟模型，全面映射AGV、立体仓库、生产设备等元素，实现全流程可视化管控。通过虚拟仿真模拟不同工况，提前发现路径、调度隐患并优化；同步虚拟与实际生产数据，实时监控物料转运、设备运行及库存状态，便于快速处置异常，提升配送可控性^[3]。

3.2 管理体系优化策略

（1）打通信息壁垒：建立统一的信息协同平台，实现MES（制造执行系统）、WMS（仓库管理系统）、WCS（仓库控制系统）及RFID射频识别系统的数据互通与无缝协同，打破各系统之间的信息孤岛。通过平台实时同步生产工单、物料库存、配送进度、设备运行状态等数据，确保生产环节与物流配送环节信息同步，实现物料需求精准预判、配送任务智能调度，避免因信息脱节导致的物料积压、供应不足或配送延误等问题。（2）建立专业化运维团队：组建由设备运维、软件技术、物流调度等领域专业人员组成的运维团队，明确各岗位职

责,完善设备日常检修机制,定期对AGV、立体仓库、信息系统等进行全面排查和维护,及时清理设备粉尘、检修零部件,降低设备故障发生率^[4]。(3)构建标准化作业流程:结合轮胎制造各工序的物流配送需求,制定统一的标准化作业流程,明确物料配送的节点要求、操作规范、安全标准和责任分工。规范物料入库、出库、转运、缓存等各环节的操作流程,明确物料追溯的具体要求,实现物料从原材料入库到成品出库的全流程可追溯。

3.3 成本控制与落地优化策略

(1)分阶段落地模式:针对不同规模轮胎企业的资金、技术和产能特点,制定差异化的分阶段实施路径。头部企业可采用“全流程分步升级”模式,先优化核心工序的物流配送自动化,再逐步拓展至全流程;中小规模企业可采用“局部突破、逐步推广”模式,优先在物料转运量大、劳动强度高的工序(如密炼、成品入库)引入自动化设备,降低前期投入压力,待效益显现后再逐步扩大应用范围,避免盲目投入。(2)成本分摊与效益最大化:优化物流设备配置,根据各工序物料转运需求合理搭配AGV、立体仓库、EMS系统等设备,避免设备闲置,提升设备利用率。建立成本核算体系,精准核算设备投入、运维、能耗等各项成本,通过提升配送效率、减少人工投入、降低损耗等方式,缩短投资回报周期,实现成本分摊与效益最大化^[5]。(3)政策与技术合作:密切关注国家及地方智能制造、绿色制造相关政策,积极申报政策补贴和扶持资金,缓解前期投入压力。加强与物流设备厂商、软件企业的协同创新,联合开展针对性技术研发,定制适配轮胎制造场景的物流自动化设备和系统,降低技术引进和升级成本;同时,借助厂商的技术优势,提升设备和系统的稳定性,减少运维成本,推动物流全自动配送技术在轮胎制造行业的规模化落地。

3.4 适配性优化策略

(1)柔性配送系统构建:针对轮胎行业多品种、小批量的生产趋势,构建柔性化物流配送系统,优化AGV

调度算法和物料缓存方案,实现配送任务的动态调整。通过信息协同平台实时获取各工序的生产计划和物料需求,快速调整AGV的配送路线、配送频次和物料配比,适配不同规格、不同批次轮胎的生产需求;同时,优化物料缓存区设计,实现多品种胎胚、物料的有序存放和快速调取,提升配送灵活性。(2)工序协同优化:深入分析轮胎制造各核心工序的生产节拍,建立工序节拍与配送节奏的联动机制,根据密炼、成型、硫化、检测等各工序的生产速度和物料需求,动态调整物流配送节奏。针对生产节拍较快的工序,增加配送频次、优化转运路径,确保物料及时供应;针对生产节拍较慢的工序,合理控制配送量,避免物料积压,实现物流配送与各工序生产的精准适配,提升整体生产效率。

结束语

物流全自动配送是轮胎制造行业实现提质增效、智能化升级的重要路径,其应用契合行业发展趋势与企业核心需求。本文通过梳理应用现状、剖析现存问题、提出优化策略,明确了物流全自动配送与轮胎制造工序的融合要点。未来,需持续推动技术创新与管理升级,破解成本与适配难题,推动物流全自动配送技术在行业内规模化、规范化应用,助力轮胎制造产业迈向高质量发展新阶段。

参考文献

- [1]赵娟娟.基于精益物流的制造企业生产物流系统优化[J].物流工程与管理,2022,12(4):58-62
- [2]夏金芳.全钢子午线轮胎自动输送系统的设计与研究[J].青岛科技大学,2023,17(14):95-97.
- [3]施政敏,吕炜帅.轮胎物流自动化系统的设计与应用[J].轮胎工业,2024,36(2):110-114.
- [4]宋纪恩,韩飞,薛劭节等.现代智慧仓库建设研究[J].物流工程与管理,2023,11(1):102-103
- [5]陈柳钦.智慧低空经济的创新机制——新兴技术与城市空域资源的高效整合[J].中国名城,2025,39(3):137-139.