

Research and Application of Intelligent Unmanned Operation Mode for Rubber Extrusion

Haibin Liu Han Jiang Chao Sheng Jinyun Yin

Zhuzhou Times New Materials Technology Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan, 412000, China

Abstract

The rubber preform manufacturing process for primary springs in rail transit vibration damping products has transformed traditional manual workflows through digital and intelligent production systems. Leveraging information technology, smart automation, and AI-driven solutions, the system achieves automated cutting, weighing, material transfer, mechanism integration, and AGV delivery systems. An upper-level extruder control system serves as the central hub, interfacing with Manufacturing Execution System (MES), Automated Guided Vehicle (AGV) Scheduling System (RCS), extruder PLCs, and feeding mechanism PLCs. Industrial Wi-Fi enables real-time data exchange across interconnected systems, allowing MES to initiate rubber material demand commands while the extruder control system coordinates PLCs and RCS to synchronize automated equipment operations. This establishes a fully intelligent unmanned production model for extrusion rubber materials. The smart unmanned extrusion facility exemplifies innovative “digital transformation and intelligent upgrading” strategies, integrating IT/OT/CT technologies to enhance new productivity capabilities, strengthen manufacturing platform competitiveness, and create cutting-edge digital application scenarios.

Keywords

preform molding of rubber compounds; automatic extrusion; automatic coupling; automatic distribution; intelligent unmanned operation

胶料挤出智能无人化作业模式研究与应用

刘海斌 蒋寒 盛超 尹金云

株洲时代新材料科技股份有限公司, 中国·湖南 株洲 412000

摘要

轨道交通减振产品一系簧用胶料预成型工序通过推行数智化生产改变传统手工作业模式, 利用信息化、智能化、自动化等技术, 实现自动裁断、自动称量、自动过账、自动接驳机构、自动AGV配送系统等, 建立挤出机上位系统并以此系统为中枢, 对接制造执行系统(MES)、AGV调度系统(RCS)、挤出机PLC、推料机构PLC, 通过工业WIFI各系统互联, 实时交互信息, 形成MES系统发起胶料需求指令, 挤出机上位系统作为中枢指挥PLC、RCS, 调度各自动化设备及机构协调联动作业, 实现全流程的挤出胶料智能无人化生产模式。该挤出智能无人化工站是深入探索“智改数转”新模式、高度集成IT/OT/CT技术, 聚焦新质生产力、持续提升制造平台核心竞争力, 打造数字化应用场景新高地的典型案例。

关键词

胶料预成型; 自动挤出; 自动接驳; 自动配送; 智能无人化

1 引言

胶料是橡胶加工领域中的重要材料, 可以通过各种加工方式(如挤出、硫化、注射等)制成各种形状的半成品或成品。这些制品在硫化后具有优异的物理性能和化学性能, 如耐寒性、耐热性、耐老化性、防水性、防潮性等, 广泛应用于汽车、轨道交通、桥梁、建筑、电子、家电、医疗器械等领域。其性能对橡胶制品的加工和最终质量有着至关重要的影响。随着科技的不断进步和工艺的不断改进, 胶料的种

类和性能也在不断丰富和提高。

胶料预成型工艺有回炼和挤出, 胶料先预成型和制品相似形状的料坯半成品, 放在加热的模具的型腔中, 然后闭模加压, 使其成型并固化或硫化, 脱模后得橡胶制品。经过预成型的胶料质量更致密、均匀, 能改善硫化产品的性能和质量, 缩短硫化周期, 是橡胶加工中的重要环节。回炼和挤出各自具有一些优劣势, 在实际应用中, 需要根据具体情况选择合适的工艺和设备, 并加强过程控制和管理, 以确保产品质量和生产效率。

【作者简介】刘海斌(1983-), 女, 中国湖南株洲人, 本科, 工程师, 从事制造工艺研究。

预成型工艺	优点	缺点
回炼	<ul style="list-style-type: none"> ●换型快, 适用多胶种生产 ●料坯可制作成各种形状 ●设备简单, 投资少 	<ul style="list-style-type: none"> ●人工操作, 质量依赖操作者技术和经验 ●设备能耗高, 噪音大 ●设备辊筒旋转, 有操作安全隐患
挤出	<ul style="list-style-type: none"> ●挤出过程自动化, 质量更稳定 ●生产效率高, 适用大规模连续生产 ●设备能耗较低, 噪音小, 无操作安全隐患 	<ul style="list-style-type: none"> ●换型慢, 不适用多胶种生产 ●设备高性能, 价格较高 ●料坯依据口型, 生产过程中形状单一

2 背景

本文介绍一种轨道交通橡胶减振产品用胶料挤出智能无人化生产方案, 轨道交通橡胶减振产品应用于高铁车辆转向架与车厢之间, 起承载及减振作用。该产品由胶料和铁件经过高温硫化组合而成, 具有优异的物理性能和化学性能, 其制造工艺复杂, 包含铁件前处理、胶料预成型、硫化等主要工序。

现有橡胶减振产品胶料预成型工艺采用挤出逐步代替回炼, 提高生产效率降低制造成本。挤出可将胶料塑化成质量更致密、均匀的卷状, 后人工拿取挤出料配送至硫化机台硫化。现有挤出靠人工传递胶料的挤出信息, 再依胶种人工选择机台挤出, 人工挤出取料及配送料, 效率低, 走动浪费大, 有供料不及时及用错胶料的风险。很有必要应用数智化技术, 对现有挤出作业模式进行升级, 提高制造核心竞争力。

3 挤出智能无人化实施方案

该方案利用信息化、智能化、自动化等技术, 建立自动挤出、自动裁断、自动称量、自动过账、自动接驳机构、自动 AGV 配送等代替人工繁杂作业, 建立挤出机上位系统并以此系统为中枢, 对接制造执行系统 (MES)、AGV 调度系统 (RCS)、挤出机 PLC、推料机构 PLC, 通过工业 WIFI 各系统互联, 实时交互信息, 形成 MES 系统发起胶料需求指令, 挤出机上位系统作为中枢指挥 PLC、RCS, 调度各自动化设备及机构协调联动作业, 实现全流程的挤出胶料智能无人化生产模式。并围绕公司数字化建设要求, 建立挤出数字化工位, 实时展示工位六要素 (人/机/料/法/环/测), 实时洞察异常, 敏捷响应。实时呈现停机、缺料、安全隐患、重量、温度、胶料有效期等异常及胶料库存、设备效率等, 自动锁止设备动作及异常工单。

3.1 多系统集成互联互通

该工站以制造执行系统 (MES) 为业务端, 依据 MES 排程工单、硫化机台、模腔、物料信息及胶料 BOM, 自动触发胶料需求指令给挤出上位机系统, 指令包含胶料牌号、重量、模具腔数、接料位、配送目的地信息。挤出上位机系统收到胶料需求指令, 分发给 AGV 调度系统 (RCS)、挤出机 PLC, 依据各挤出上料位库存胶料种类指派对应挤出机。RCS 调度 AGV 背负料架至对应挤出机接驳位, 反馈信息给挤出机 PLC 及自动推料机构 PLC, 自动推料机构升降到位, 自动挤出启动, 自动称量、自动裁断料、自动过账配合联动,

完成每模腔重量精度 $\pm 5g$ 的胶料挤出, 推料机构自动推送每模腔胶料至 AGV 料架, 依据 MES 需求指令, 挤出上位机系统自动识别模腔数, 多腔胶料需求情况下, 自动推料机构 PLC 与 AGV 调度系统 (RCS) 实时交互信息, 控制推料机构行程、AGV 背负料架步进移动实现多腔胶料在料架上 X、Y 方向的均匀摆布。胶料推送完毕, 自动推料机构 PLC 发送推料完毕信号给 AGV 调度系统 (RCS), AGV 按需求指令配送至目的地, 智能料架安灯亮起提示取料, 硫化操作者取完胶料, 并按下智能料架上安灯键, 物料解除, 安灯键灭, 智能料架反馈信号给 AGV 调度系统 (RCS), AGV 背负料架回等待区, 配送指令执行完毕, 反馈给挤出上位机系统, 挤出上位机系统反馈给 MES, 以此循环往复。系统构架如图 1 所示。

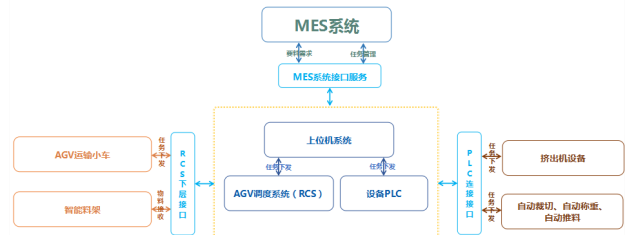


图 1 胶料挤出智能无人化作业系统构架

3.2 自动挤出接驳配送

自动推料杆采用伺服电机驱动 + 直线导轨组合, 由于推送距离超过 1m, 采用伺服电机 + 导轨的方式进行物料的推送, 保证推送过程稳定、快速的同时, 伺服电机也可根据现场情况调整推送速度。此机构可调整步进行程, 在 X 轴上对胶料进行设定位置的推进。滚筒平台采用 S45C 材质 $\Phi 50$ 滚筒, 针对胶料粘连问题, 在胶料挤出 10 秒内, 自动推料杆可将胶料从滚筒平台顺利推动至智能料架上; 且为防止胶料落入滚筒间缝隙, 将滚筒间间距设置为 2mm, 小于胶料挤出直径 4mm, 消除胶料推送受阻风险。称量装置设立在滚筒平台下, 可对挤出胶料实时称重, 把胶料重量反馈至挤出机 PLC, 在称重重量与需求重量误差小于 5g 时, 方可进行下一步骤, 否则发出异常报警停止挤出作业。自动裁断装置使用气缸驱动剪切装置, 在接收到挤出机单次挤出完毕指令后, 将胶料自动裁断。气缸自动伸缩翻转机构使用气缸、轴承等与滚筒平台相结合, 未使用时收缩于挤出机外壁, 降低占用空间, 在接受到上位机料架到达信号后, 自动翻转伸出, 作为桥梁接驳智能料架与滚筒平台。料架无动力滚筒

S45C 材质 $\Phi 90$ 滚筒，规格、功能与滚筒平台相同。在 Y 轴上分为多列，可在 Y 轴上承载多道胶料。通过 AGV 的步进与自动推料杆结合可实现 X、Y 轴上的均匀摆布。自动挤出接驳装置结构如图 2 所示。接驳完毕，通过 AGV 自动配送至目的地。

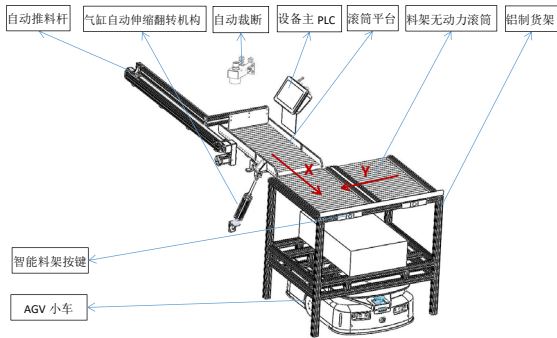


图 2 自动挤出接驳装置

3.3 数字化工位建设

围绕公司数字化建设对“工位六要素”的要求，完成标准作业流程、标准作业内容、标准作业动作、标准作业时间等内容制定，实现工位制造全过程数字化管理。内容标准如表 1 所示：

表 1 工位六要素

要素类别	要素编码	属性定义
人	员工编号	工种资质、技能水平、经验、绩效要求、数量要求
机	设备编码	类型、型号、性能、数量要求
料	物料编码	物流编码、定额、配送周期、配送工具
法	动作编码	尺寸、参数、时间 ...
	工序编码	动作组合、资质要求、“工位六要素”配置、作业时间
	岗位编码	动作组合、资质要求、“工位六要素”配置、作业时间
	工位编码	岗位组合、工序组合、“工位六要素”配置、节拍时间
环	危险源编码	危险源类型、危险源状态参数、防护资源型号及数量
	环境要素编码	环境类型编码、环境要素参数
测	检测项点编码	标准类型、参数

建立挤出数字化工位，用于实时洞察异常、快速处理，实现工位六要素（人 / 机 / 料 / 法 / 环 / 测）实时展示。实时呈现停机、缺料、安全隐患、重量、温度、有效期等异常，及胶料库存、设备效率，并自动锁止。实现胶料挤出智能化

无人化作业工站实时监控。设计内容如图 3 所示：



图 3 挤出数字化工位

4 结语

通过运用工业 WIFI，实现挤出上位机系统、挤出机 PLC、自动推料 PLC、AGV 控制系统（RCS）、制造执行系统（MES）多系统互联互通，信息实时交互，实现 MES 作为业务层发起要料需求，挤出上位机系统作为调度层接受和安排任务，指挥执行层 PLC、RCS、PLC、RCS 指挥挤出机、自动称量机构、自动推料机构及 AGV 联动实现自动化作业，高效无人化生产。该工站高度集成了 IT/OT/CT 技术，实现物料的精准取料及配送，杜绝胶料用错的质量隐患。

该工站建立了挤出数字化工位，实现工位六要素（人 / 机 / 料 / 法 / 环 / 测）实时识别异常，图表化呈现指标的趋势和规律，实时评价管理效果，实时监控和预警，牵引管理者改进。

该工站为聚焦新质生产力，深入摸索“智改数转”新模式，通过集成先进的信息技术、自动化技术和智能技术，实现生产过程的自动化、智能化和数字化，持续提升制造平台核心竞争力，是打造数字化应用场景新高地的典型案例。为橡胶制品行业建设智能无人化作业工站提供实践经验。

参考文献

- [1] 薛中华,王伟,肖春峰,等.一种摩擦卷曲恒张力自动调节装置[P].山东省:CN202320343670.8,2023-08-01.
- [2] 史锋,刘飞,刘娟,等.挤出机自动接断条装置[P].湖北省:CN202020637251.1,2020-12-18.
- [3] 闫微.基于改进模糊PID算法的炼胶挤出设备压力-温度协同控制研究[J].制造业自动化,2025,47(11):109-113