

智能制造技术在轮胎生产中的应用探析

王汇桃

杭州海潮橡胶有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在轮胎生产领域,智能制造技术在原材料处理、轮胎成型、硫化、成检等环节广泛应用,为生产管理提供支持,涵盖生产计划与调度优化、供应链协同管理、设备全生命周期管理。但应用中面临数据安全与隐私保护、技术集成等技术挑战,以及复合型人才短缺、员工技能更新等人才挑战。本文分析这些挑战并提出应对策略,助力智能制造技术在轮胎生产中更好应用。

关键词: 智能制造技术;轮胎生产;应用挑战;应对策略

引言: 轮胎作为交通运输领域的关键部件,其生产质量与效率至关重要。随着科技飞速发展,智能制造技术为轮胎生产带来新的发展契机。从原材料处理到最终产品成型,智能制造技术贯穿轮胎生产各环节,不仅提升了生产精度与产品质量,还优化了生产管理流程。然而,在智能制造技术融入轮胎生产的过程中,一系列挑战也随之浮现。深入剖析这些挑战并探寻有效的应对策略,对推动轮胎生产行业智能化转型具有重大意义。

轮胎工业发展到如今已走过上百年的历程,传统轮胎生产工艺从胶料混炼、部件准备(压延、压出)、成型、硫化到成品质量检验,工艺模式已较为固定。近些年来,轮胎生产模式发展朝着两个方向发展:现有传统工艺的不断完善和全新概念技术的开发应用。目前,国际轮胎巨头基于其各自多年的产品技术积累以及其所在地区的工业发展基础,发展出了其各自独特的制造体系,其主要特点是围绕制造环节高度的集成化和自动化,如米其林 C3M 技术、大陆 MMP 技术、固特异 IMPACT 技术、普利司通 ACTAS 技术和倍耐力 MIRS 技术。与传统的轮胎制造工艺技术相比,巨头拥有的新技术普遍具有节省投资、设备占地面积少、生产效率高、降低成本的优势。

1 智能制造技术在轮胎生产各环节的应用

1.1 半成品区域

在轮胎生产的起始阶段,原材料处理环节至关重要,智能制造技术的应用为这一环节带来了高效与精准。智能物料识别与分类借助先进的机器视觉技术,能够快速且精准地对橡胶、炭黑等各类原材料进行识别。机器视觉系统通过模拟人类视觉功能,对原材料的外观特征进行捕捉和分析,依据预设的算法和标准,迅速判断原材料的种类和品质。识别完成后,系统会根据原材料的特性自动进行分类存储,不同特性的原材料被妥善

安置在相应区域,有效避免了因混放而导致的质量波动,确保了原材料质量的稳定性,为后续生产奠定了坚实基础。智能配料系统同样发挥着关键作用。基于大数据分析的配方优化算法,能够综合考虑不同轮胎产品的性能要求、使用场景等因素,自动调整配料比例。这一算法通过对大量历史生产数据和市场需求数据的深度挖掘,找到最适合的配方组合。智能配料设备则负责精确计量与自动输送,高精度的计量装置确保每种原材料的添加量准确无误,自动输送系统将原材料按照既定顺序和比例输送到混合设备中,大大减少了人为误差,提高了配料的准确性和一致性。

对传统生产线进行改造,实施技改扩能,相继在淘汰原有老旧设备,引进国际先进的先进设备,提升单机工艺水平及制造效率,实施技改扩能。借鉴国际一流设备的设计及应用思路,联合国内厂家研发配套的自动化物流设备、辅助设备实现淘汰原有生产线。自主研发一部分单机自动化检测设备,确保主要生产设备具备自感知自适应能力,实现精准控制,工艺稳定性较强,帮助企业打造世界级的工艺水平。在半制品(胎面、胎侧、内衬、附胶层等)工序,应用视觉检测系统大体人工实现胎侧、帘布、带束(SBC)测宽、测角度,传统带束依靠人工确认规格、宽度、角度以及接头质量问题,存在漏确认、标准不一等大量的问题,自主开发带束(SBC)测宽、测角度视觉系统和主机工控系统,并与 MES 系统联动,可有效防止制造不良,检测数据上传 MES,质量数据可追溯。形成制造过程中防错闭环,提升智能化控制水平。

1.2 成型区域

轮胎成型环节对精度和质量要求极高,智能成型设备控制技术为此提供了有力保障。采用高精度伺服控制系统,能够对成型过程中各个部件的运动进行精确控

制^[1]。伺服系统具有响应速度快、控制精度高的特点,能够根据预设的程序,精确控制部件的运动轨迹、速度和加速度,确保各个部件在成型过程中能够准确配合,实现高质量的成型效果。轮胎成型数字化监控:在传统的成型机上,安装胎体接头监控装置,以高达每秒 30 行的采样速率扫描胎体接头,监控报告胎体开始位置和尾端的位置。

1.3 硫化区域

硫化环节是轮胎生产的关键工序,智能电硫化工艺控制技术至关重要。硫化过程新工艺电硫化技术直接影响轮胎的分压分温等物理性能和使用寿命,因此需要精确控制硫化工艺参数。根据轮胎规格和橡胶配方,利用智能算法能够自动生成最佳硫化工艺曲线。智能算法综合考虑了轮胎的结构特点、橡胶的性能以及硫化过程中的各种因素,通过模拟和优化计算,得出最适合该轮胎的硫化工艺参数,如温度、压力和时间等。在硫化过程中,系统会实时监测这些参数,通过高精度的传感器和先进的控制系统,实现精确的硫化过程控制,确保轮胎能够达到最佳的硫化效果。智能硫化设备维护也是保障硫化环节顺利进行的重要环节。

1.4 成检区域

成检环节中,智能修剪与打磨技术为轮胎的最终质量提供了保障。后整理是轮胎生产的最后一道工序,其质量直接关系到轮胎的外观和性能^[2]。采用机器人技术实现轮胎的自动外观判级和全自动剃机,机器人具有高度的灵活性和精确性,能够按照预设的程序对轮胎进行精准处理。同时,利用机器视觉系统对轮胎表面缺陷进行识别,机器视觉系统能够快速准确地检测出轮胎表面的毛刺、划痕等缺陷,并将缺陷信息传递给机器人控制系统,指导机器人进行精确处理,确保轮胎表面质量符合标准要求。智能质量分拣是后处理环节的最后一道关卡。根据质量检测结果,利用智能分拣系统能够将合格轮胎与不合格轮胎进行自动分类。智能分拣系统通过识别轮胎上的质量标识或直接读取质量检测数据,利用机械臂等设备将轮胎准确地分拣到相应的区域。对不合格轮胎进行详细分类,能够为分析质量问题原因提供依据,以便及时采取改进措施,不断提高轮胎的生产质量。轮胎标识自动识别项目采用机器视觉和新型 3D 传感器检测手段,解决了品质缺陷数据的量化,通过开发模型算法对其进行分析,可实现对硫化胎的字符、活络模检测,胎壁,轮胎侧肩部脱模隔离剂及油污等污渍斑块的检测,活络模边缘橡胶挤出及胎唇闭合面内侧橡胶挤出飞边的检测,并可对品质数据 36 据进行实时传递追溯,

可协助工艺标准的提升。

2 智能制造技术对轮胎生产管理的支持

2.1 生产计划与调度优化

在轮胎生产管理领域,生产计划与调度的科学性和合理性直接影响着生产效率和资源利用水平。借助大数据分析和人工智能算法,能够为生产计划与调度优化提供强大助力。大数据分析技术可以对海量的历史生产数据、市场需求数据、设备运行数据以及原材料供应数据等进行全面收集和深度挖掘。通过对市场需求预测信息的分析,能提前了解不同类型轮胎在未来一段时间内的需求趋势,为生产计划的制定提供方向指引。在生产过程中,实时数据的采集和分析同样关键。通过在生产线上安装各类传感器,能够实时获取设备的运行参数、生产进度等数据。利用这些实时数据,动态调整生产调度。若某台设备出现故障或生产效率下降,可及时将生产任务调整到其他设备上;若某种原材料供应出现延迟,可相应调整生产计划,优先生产对该原材料需求较小的轮胎产品。这种动态调整方式能够有效提高生产效率,避免资源闲置和浪费,实现资源的最优配置。

2.2 供应链协同管理

轮胎生产的供应链涉及原材料供应商、生产企业和物流企业等多个环节,各环节之间的信息流通和协同运作对供应链成本和生产效率有着重要影响^[3]。物联网技术的出现为供应链协同管理提供了新的解决方案。通过物联网技术,能够在原材料供应商、物流企业和轮胎生产企业之间建立信息实时共享的网络。在原材料运输过程中,利用物联网传感器可以实时追踪原材料的位置、运输状态和环境条件等信息,并将这些信息及时反馈给相关企业。轮胎生产企业可以根据原材料的实时到达情况,合理安排生产计划;物流企业能够根据运输状态优化配送路线和时间。建立智能供应链协同平台,将原材料采购、生产计划、物流配送等环节有机整合在一起。在这个平台上,各企业可以实时交流信息,共同制定供应链运作策略。原材料供应商可以根据轮胎生产企业的生产计划,提前准备和供应原材料;物流企业能够根据生产进度和配送需求,精准安排物流配送任务。

2.3 设备全生命周期管理

设备是轮胎生产的重要资产,对设备进行全生命周期管理能够提高设备的可靠性和使用寿命,降低设备维护成本。设备全生命周期管理涵盖了设备从采购、使用到报废的整个过程,能够全面掌握设备的状态和性能。建立设备数字孪生模型是实现设备全生命周期管理的基础。设备数字孪生模型是对实际设备的虚拟映射,通过

在设备上安装各种传感器,实时采集设备的运行状态、性能参数等信息,并将这些信息传输到数字孪生模型中。在数字孪生模型中,可以对设备的运行情况进行模拟和分析,提前发现设备可能存在的潜在问题。对设备的历史数据进行深度分析,能够挖掘设备性能变化的规律和趋势。

3 智能制造技术在轮胎生产中的应用的挑战与应对策略

3.1 技术挑战

3.1.1 数据安全与隐私保护难题

轮胎生产迈向智能化进程中,数据成为关键资产^[4]。生产环节涉及企业核心数据,涵盖独特工艺参数、设备运行状态等,这些数据关乎企业核心竞争力;同时,客户信息如订单详情、使用反馈等也需严格保密。一旦数据泄露,不仅会给企业带来巨大经济损失,还会损害企业声誉。为应对这一挑战,企业应积极采用先进加密技术,对数据进行加密处理,确保数据在传输和存储过程中的安全性。实施严格的访问控制策略,根据员工职责分配不同数据访问权限,防止未经授权的访问。

3.1.2 技术集成困难重重

智能制造融合了物联网、大数据、人工智能等多种前沿技术,每种技术都有其独特的技术体系和应用场景。将这些技术有效集成到轮胎生产中并非易事,不同技术间的数据格式、通信协议等存在差异,导致信息流通不畅。为解决技术集成难题,企业需建立统一的技术架构和标准,为不同技术提供统一的规范和接口。加强不同技术之间的接口设计和兼容性测试,确保各技术能够无缝对接和协同工作。

3.2 人才挑战

3.2.1 复合型人才短缺

智能制造的推进对人才提出了全新且更高的要求,既懂轮胎生产工艺又掌握智能制造技术的复合型人才成为稀缺资源。这类人才需具备跨学科的知识与技能,能够将智能制造技术巧妙应用于轮胎生产的各个环节,实现生产过程的智能化优化。为缓解复合型人才短缺的困境,企业应加强内部人才培养。通过开展内部培训、技术交流、项目实践等活动,为员工提供学习与成长的机会,提升员工对智能制造技术的理解与应用能力。与

高校、科研机构合作开展人才培养项目也是有效途径,借助外部优质教育资源,培养符合企业需求的复合型人才。积极吸引外部优秀人才加入,为企业注入新鲜血液,带来新的思路与技术。

3.2.2 员工技能更新需求

智能制造技术的应用使轮胎生产的工艺和流程发生深刻变化,要求员工具备新的技能与知识。员工需掌握智能设备操作、数据分析、人工智能应用等技能,以适应智能化生产的需求。为满足员工技能更新需求,企业应建立完善的员工培训体系^[5]。根据智能制造技术的应用需求和员工的岗位特点,制定个性化的培训计划,定期组织员工参加智能制造相关培训课程。培训内容可包含理论知识讲解、实际操作演练等,以提高员工的实践能力和解决问题的能力。同时,鼓励员工自主学习和提升,为员工提供学习资源和学习平台,营造良好的学习氛围,促进员工技能的不断更新和提升。

结束语

智能制造技术在轮胎生产中的应用是行业发展的必然趋势。尽管在技术集成、数据安全以及人才方面面临诸多挑战,但通过采取针对性的应对策略,如加强数据安全防护、建立统一技术标准、培养复合型人才等,能够有效克服这些困难。随着各项措施的逐步落实,智能制造技术将在轮胎生产中发挥更大作用,推动轮胎生产行业朝着更高效、更优质、更智能的方向稳步迈进,实现行业的可持续发展。

参考文献

- [1]徐鹏.AI与机器人技术赋能橡胶轮胎生产,以智能制造助力行业可持续发展[J].物流技术与应用,2025,30(z1):55-58.
- [2]肖嵩.数字化工程设计建设智能化轮胎工厂研究[J].中国设备工程,2022(4):35-37.
- [3]虎玉荣.节能减排技术在轮胎动力系统中的应用[J].橡塑技术与装备,2025,51(7):50-54.
- [4]官炳政.我国轮胎装备智能化发展的思考及实践[J].轮胎工业,2021,41(3):190-194.
- [5]赛轮(沈阳)轮胎有限公司.智能轮胎工厂基于精益制造的全面质量管理(上)[J].中国橡胶,2023,39(3):40-43.