

# 商用车零部件智能化制造与生产线优化

闫鑫 王亮亮 郝锦悦 连鑫琦

陕西华臻汽车零部件有限公司 陕西 西安 710200

**摘要:** 本文深入探讨了商用车零部件智能化制造的关键技术,包括数字化设计与仿真、智能装备与机器人技术、传感器与在线检测技术以及工业互联网与大数据技术。分析了商用车零部件生产线的优化策略,如生产线平衡优化、模块化设计与柔性制造系统。文章阐述了智能化制造与生产线优化之间的协同效应,这些协同作用显著提高了生产效率、产品质量,并降低了生产成本。

**关键词:** 商用车; 零部件; 智能化制造; 生产线优化

## 引言

随着科技的飞速发展,商用车零部件制造行业正经历着从传统制造向智能制造的深刻转型。智能化制造技术的引入不仅提升了生产效率和产品质量,还为企业带来了更强的市场竞争力和可持续发展能力。本文旨在全面分析商用车零部件智能化制造的关键技术和生产线优化策略,探讨二者之间的协同效应,为行业内的企业提供理论支持和实践指导,共同推动商用车零部件制造行业的智能化进程。

## 1 商用车零部件智能化制造的关键技术

### 1.1 数字化设计与仿真

数字化设计与仿真技术,以CAD和CAPP软件为核心,彻底改变了传统设计方式。设计师能够利用这些工具,以三维模型为基础,对商用车零部件的每个细节进行精确设计,包括尺寸、形状、材料选择及连接方式等。这不仅提高了设计的准确性和效率,还使设计过程更加直观和易于修改。通过集成有限元分析、计算流体动力学(等高级仿真技术,设计师能够在产品制造前,就对其在各种工况下的性能进行模拟测试。这些模拟可以预测零部件的强度、刚度、耐久性、热性能等关键指标,从而在设计阶段就发现并解决潜在问题,减少后期设计变更和成本浪费。数字孪生作为智能制造的“神经中枢”,通过创建产品、生产过程和整个工厂的虚拟镜像,实现了物理世界与数字世界的无缝连接。企业可以实时监控生产状态,预测设备故障,优化生产计划,通过虚拟调试来验证新的生产方案,极大地提高了生产管理的智能化水平和响应速度。

### 1.2 智能装备与机器人技术

作为智能制造生产线上的“工作母机”,智能数控机床集成了高精度传感器、智能控制系统和先进加工算法,能够自动调整加工参数,实现复杂曲面的高精度加

工。通过物联网技术,这些机床还能与生产管理系统实时通信,实现生产数据的自动采集和分析,为生产决策提供有力支持。在商用车零部件生产中,智能机器人已成为不可或缺的一部分。它们能够执行自动化上下料、精密装配、质量检测等任务,既提高了生产效率和一致性,还减轻了工人的劳动强度,降低了人为错误的风险。随着人工智能技术的发展,机器人正逐渐具备自主学习的能力,能够根据生产需求进行自我优化和调整。为确保商用车零部件的质量,智能测量仪器和检测技术同样重要。这些设备能够自动完成尺寸测量、形位公差检测、表面质量检测等任务,并通过数据分析软件,对测量结果进行快速处理和评估。一旦发现质量问题,系统能立即发出警报,并自动追溯问题源头,为质量改进提供有力支持。

### 1.3 传感器与在线检测技术

在商用车零部件的智能化制造过程中,高精度传感器的广泛应用为加工质量的精准控制提供了可能。这些传感器能够实时监测加工过程中的关键参数,如切削力、温度分布、振动状况等,确保加工过程始终处于最优状态<sup>[1]</sup>。通过实时数据分析,系统能够迅速响应并调整加工参数,有效避免因参数不当导致的质量问题,从而提升零部件的成品率和一致性。在线检测技术中,机器视觉系统以其高效、精确、非接触的优势脱颖而出。该系统通过高清摄像头捕捉零部件图像,利用先进的图像处理算法和深度学习技术,对零部件的尺寸、形状、表面缺陷等进行自动检测。若发现异常,系统能立即发出警报,并自动标记缺陷位置,为后续的修复或返工提供准确指引。机器视觉系统的应用,既提高了质量检测的速度和精度,还降低了人工检测的劳动强度和错误率。

### 1.4 工业互联网与大数据技术

工业互联网技术通过构建开放、协同、智能的网络

体系,将商用车零部件制造企业内部的各个生产环节、外部供应商、客户以及合作伙伴紧密连接起来。这种互联互通不仅促进了信息的自由流动和共享,还使企业能够基于实时数据进行快速响应和灵活调整。通过工业互联网平台,企业可以实现协同设计、供应链优化、远程运维等功能,提升生产效率和客户满意度。大数据技术为商用车零部件制造企业的智能化升级提供了强大的数据支持。通过收集、存储和分析生产过程中的海量数据,企业能够挖掘出隐藏的价值信息,如生产瓶颈、质量趋势、市场需求等。这些数据经过智能算法的处理和分析,可以转化为有价值的洞察和预测,为企业制定科学合理的生产计划、优化资源配置、改进产品质量提供有力依据。大数据技术的应用还促进了企业的智能化决策,使企业能够基于数据做出更加精准、高效的决策,推动企业的可持续发展。

## 2 商用车零部件生产线的优化

### 2.1 生产线平衡优化

(1) 作业分析法是生产线平衡优化的基础,它要求深入细致地分析每个工序的操作细节,包括操作内容、所需工具、材料流转、人员技能要求及作业时间等。通过数据收集与对比分析,识别出瓶颈工序——即作业时间最长或效率最低的环节。针对瓶颈工序,可以采取工艺改进、设备升级、人员培训或作业流程重组等措施,以减少其作业时间或提高其作业效率,从而带动整个生产线的平衡。还需关注并消除非增值作业,提高生产效率。(2) 秒表时间研究法是一种直接而精确的方法,用于确定各工序的标准作业时间。它要求观测员使用秒表或高精度电子计时器,对工人在实际工作环境下的作业进行多次测量,并考虑正常的工作节奏、疲劳因素及合理的宽放时间,以计算出每个工序的标准作业时间。这些数据为后续的生产线布局调整、人员配置及产能规划提供了科学依据。通过不断调整和优化,确保各工序的作业时间尽可能接近,实现生产线的平衡。(3) 模特排程法结合了工人的作业技能与生产线需求,通过将工人按照其技能水平和作业效率划分为不同的“模特”,并根据生产需求进行灵活排程。通过合理配置工人资源,确保每个工序都能得到最佳的人力支持,从而提升生产线的整体效能。(4) 线性规划法是一种数学优化技术,它通过建立一系列线性等式或不等式来描述生产线的平衡问题,并寻求在满足各种约束条件下的最优解<sup>[2]</sup>。在商用车零部件生产线的优化中,线性规划法可用于确定最优的生产计划、资源分配及工序排程方案。通过求解线性规划模型,可以得到既满足生产需求又实现成本最小

化的生产线平衡方案。(5) 仿真模拟法利用计算机技术建立生产线的虚拟模型,通过模拟实际生产过程中的各种情况,来预测和评估生产线的运行效果。通过仿真模拟,可以发现并解决潜在的生产瓶颈和效率问题,为生产线的持续优化提供有力支持。

例如,某商用车零部件制造企业,其生产线存在明显的不平衡现象,导致部分工序成为瓶颈,严重影响整体生产效率。为提升产能和降低成本,企业决定对生产线进行全面优化。首先,通过深入现场观察与记录,收集了10个关键工序的详细操作数据,包括操作内容、所需工具、材料流转时间、人员技能要求及平均作业时间。通过数据分析发现,第5工序(组装环节)作业时间最长,平均达到120秒,成为瓶颈工序。针对第5工序,实施了工艺改进和设备升级,引入自动化组装设备,将作业时间缩短至80秒,效率提升33.3%。使用秒表对优化后的各工序进行10次实际测量,考虑工作节奏、疲劳因素及宽放时间后,确定了新的标准作业时间。例如,第5工序的标准时间设定为85秒。通过数据对比,确认各工序时间更趋均衡,整体生产线效率提升约20%。将生产线上的工人根据其技能水平和作业效率划分为“高效模特”、“标准模特”和“培训模特”三类。根据生产需求,将“高效模特”优先安排在瓶颈工序,确保关键环节的作业效率。通过此策略,第5工序的产能进一步提升至原瓶颈时的120%。构建线性规划模型,以最小化生产成本为目标,同时满足产能、资源限制等约束条件。通过求解模型,得到了新的生产计划、资源分配及工序排程方案。结果显示,在保证生产需求的前提下,生产成本降低了15%。利用仿真软件建立生产线的虚拟模型,模拟优化后的生产流程。通过多次模拟运行,预测生产线的运行效果,发现潜在问题并及时调整。最终确认,优化后的生产线在连续运行24小时内,产能提升了25%,且未出现新的瓶颈工序。通过上述五种方法的综合运用,该商用车零部件制造企业成功实现了生产线的全面优化。不仅显著提升了生产效率和产能,还有效降低了生产成本,为企业的持续发展和市场竞争力的提升奠定了坚实基础。

### 2.2 模块化与柔性生产

#### 2.2.1 模块化设计

模块化设计作为一种先进的系统设计方法,其核心在于将复杂的生产系统拆解成若干个易于管理、功能明确且相互独立的模块。这些模块通过精心设计的标准化接口进行连接,形成高度灵活且可重构的生产系统。在商用车零部件生产领域,通过模块化设计,生产线可

以根据产品类型、生产规模及工艺流程的不同需求，快速调整布局，实现资源的优化配置。这不仅提高了生产线的灵活性，还降低了因产品更新换代而带来的生产线改造成本。工装夹具是零部件加工过程中不可或缺的工具。采用模块化设计后，工装夹具可以根据不同零部件的形状、尺寸和加工要求，快速更换或组合模块，以适应多样化的生产需求。这极大地缩短了工装准备时间，提高了生产效率和产品质量。物流系统是生产线高效运转的重要保障。模块化物流系统能够根据生产节拍、库存水平及订单需求，灵活调整物料搬运路径和存储方式，确保物料及时、准确地送达生产工位。

### 2.2.2 柔性制造系统

柔性制造系统作为现代制造业的标志性技术之一，其核心价值在于能够灵活应对市场需求的快速变化。在商用车零部件生产中，FMS集成了先进的数控机床、工业机器人及自动化物料搬运系统等设备，通过计算机控制系统实现生产过程的自动化和智能化。这些设备能够根据预设的程序或实时数据，自动调整加工参数和生产路径，确保产品质量的一致性和稳定性。针对商用车零部件市场多样化的需求特点，FMS能够快速适应不同产品的生产要求。通过灵活配置生产线资源和生产计划，FMS能够实现多品种、小批量的高效生产，有效降低了生产成本和交货周期。FMS具备高度的灵活性和可重构性，能够迅速调整生产计划和生产参数以应对市场需求的突然变化。

## 3 智能化制造与生产线优化的协同效应

(1) 智能化制造技术与生产线优化策略的结合，如同为生产线装上了“智能引擎”，极大地推动了生产效率的飞跃。自动化设备的引入和智能机器人的广泛应用，实现了生产流程的自动化和智能化，显著减少了人工干预和人为错误，提高了生产线的连续性和稳定性。通过生产线平衡优化、精益生产等策略，对生产流程进行精细梳理和持续优化，消除了瓶颈工序，减少了等待时间和浪费，使整个生产系统更加高效、流畅。(2) 智能化制造技术的应用为产品质量控制提供了前所未有

的精准度和可靠性。通过集成多种传感器和在线检测技术，对生产过程中的关键参数进行实时监测和数据分析，能够及时发现并处理潜在的质量问题。利用机器视觉系统等先进检测手段，对零部件的尺寸、形状、表面质量等进行高精度检测，确保每一件产品都符合设计要求和质量标准。而生产线优化策略的实施，则减少了生产过程中的缺陷和不合格品，通过优化工艺流程、改进生产设备、提升工人技能等措施，全面提升了产品的合格率和可靠性。(3) 智能化制造技术与生产线优化策略的结合，在降低生产成本方面同样表现出色。一方面，通过提高生产效率和产品质量，减少了废品和返工率，直接降低了原材料和能源的消耗成本。另一方面，通过优化生产线布局和工艺流程，减少了物料搬运和等待时间，降低了人力成本和设备折旧成本<sup>[1]</sup>。智能化制造技术的应用还使生产过程更加透明化和可控化，便于企业进行精细化管理和成本控制。通过数据分析和智能决策支持系统，企业能够实时掌握生产过程中的各项成本指标，及时发现并纠正成本浪费现象，制定科学合理的成本控制策略。

### 结束语

综上，通过数字化设计与仿真、智能装备与机器人技术、传感器与在线检测技术以及工业互联网与大数据技术的综合应用，实现了生产过程的智能化升级。生产线平衡优化、模块化设计与柔性制造系统的实施，提升了生产效率和灵活性。智能化制造与生产线优化的协同效应显著，为商用车零部件制造行业的高质量发展注入了强劲动力。

### 参考文献

- [1] 陈小强, 王维, 顾锦祥. 基于FMEA的汽车零部件质量追溯过程分析[J]. 专用汽车, 2018, 000(005): 64-70.
- [2] 符永杰, 李晓冬. 商用车纵梁柔性化制造技术研究[J]. 锻造与冲压, 2020(14): 25-28.
- [3] 沈锦礼. 关于汽车零部件质量管理的多方面分析[J]. 百科论坛电子杂志, 2018, 000(001): 259.