

智能制造背景下车间生产调度优化研究

吴季华

格力电器（杭州）有限公司 浙江杭州 311228

摘要：智能制造浪潮推动制造业深度变革，车间生产调度作为制造流程的核心枢纽，亟需革新升级。本文剖析传统调度模式在智能制造环境下的局限，梳理新生产需求带来的挑战，探究调度优化目标、方法及物联网、人工智能等关键技术应用，提出系统构建、资源配置、人机融合等实施策略，并对智能化升级、跨系统协同等趋势进行展望，为制造业生产效率提升提供理论支撑。

关键词：智能制造；车间生产调度；优化研究；智能技术

引言

在数字化转型与工业升级的大背景下，智能制造凭借物联网、大数据、人工智能等技术重塑制造业格局。车间生产调度作为保障生产高效运转、资源合理配置的核心环节，正面临生产任务动态多变、设备互联协同复杂等新问题。传统基于经验规则或简单算法的调度模式已难以适应智能制造需求，开展车间生产调度优化研究，对推动制造业高质量发展、增强企业核心竞争力具有迫切的现实意义。

一、智能制造背景下车间生产调度现状与挑战

（一）传统生产调度模式的局限性

传统车间生产调度多依赖经验规则与固定流程，采用人工排产或简单的数学规划模型。在任务分配上，缺乏对设备状态、物料供应等动态信息的实时感知，易导致生产计划与实际执行脱节。调度决策过程中，过度依赖管理者经验判断，难以应对复杂多变的生产环境，当订单变更、设备故障等突发情况出现时，调整能力不足。同时，传统模式下各生产环节信息传递滞后，部门间协同效率低，无法实现资源的全局优化配置，导致设备利用率低、生产周期长，难以满足市场对产品交付速度与质量的要求。

（二）智能制造带来的新生产需求

智能制造以数字化、网络化、智能化为特征，催生

了个性化定制、柔性生产等新型制造模式，对车间生产调度提出更高要求。生产任务呈现多品种、小批量、交货期严格的特点，需要调度系统能够快速响应订单变化，灵活调整生产计划。设备智能化程度提升，数控机床、工业机器人等智能装备广泛应用，要求调度系统具备对设备健康状态实时监测、故障预警及精准任务匹配能力。此外，智能制造强调全流程数据贯通，需要调度系统整合生产、物流、质量等多维度数据，实现生产过程的透明化管理与智能决策，以支撑企业高效运营。

（三）车间生产调度面临的主要挑战

智能制造背景下，车间生产调度面临多方面挑战。生产系统复杂性显著增加，设备种类繁多、生产工艺交错，导致调度问题的约束条件与变量呈指数级增长，传统优化算法求解效率难以满足实时性要求。动态不确定性因素频发，如原材料供应延迟、订单优先级调整、设备随机故障等，使生产调度成为动态优化难题，需要系统具备快速重调度能力。此外，不同智能设备、信息系统间存在数据标准不统一、接口不兼容问题，阻碍了生产数据的顺畅流通与共享，影响调度决策的准确性与及时性。同时，如何平衡生产效率、成本控制与质量保障等多目标优化，也是当前车间生产调度面临的关键挑战。

二、车间生产调度优化的目标与方法

（一）生产调度优化的核心目标

车间生产调度优化旨在实现生产资源的高效配置与生产过程的有序运行。首要目标是缩短生产周期，通过合理安排任务顺序、优化设备分配，减少工件等待时间与设备闲置时间，提高整体生产效率。降低生产成本也是重要目标，包括减少设备能耗、降低库存积压、避免

作者简介：吴季华（1983-05-15），男，汉族，湖北省咸宁市人，本科，中级工程师，研究方向：机电制造（生产制造）。

生产资源浪费等。同时，保证产品交付准时性，满足客户订单交期要求，有助于提升企业信誉与市场竞争力。此外，提高设备利用率、平衡各设备负载、提升产品质量稳定性等，也是生产调度优化需要兼顾的核心目标，通过多目标协同优化，实现生产效益最大化。

（二）常见的生产调度优化方法

常见的生产调度优化方法包括精确算法、启发式算法与智能优化算法。精确算法如线性规划、整数规划等，通过数学建模对问题进行精确求解，适用于规模较小、约束条件简单的调度问题，但随着问题规模增大，计算复杂度呈指数增长，求解效率急剧下降。启发式算法如遗传算法、模拟退火算法等，基于一定的规则或经验进行搜索，能够在可接受时间内找到较优解，广泛应用于实际生产调度中。智能优化算法如粒子群算法、蚁群算法等，通过模拟生物群体智能行为进行优化搜索，具有较强的全局搜索能力与自适应能力，尤其适用于求解复杂动态的生产调度问题。

（三）优化方法的适应性分析

不同生产调度优化方法各有优劣，其适应性取决于问题特性与应用场景。精确算法适用于确定性、小规模的问题，能够保证得到全局最优解，但在处理大规模、动态复杂问题时存在局限性。启发式算法在求解速度与解的质量上取得一定平衡，适用于大多数实际生产场景，但可能陷入局部最优解。智能优化算法在处理复杂约束、动态变化的调度问题上具有明显优势，能够在复杂解空间中搜索到较优解，但算法参数设置对求解结果影响较大，且计算时间相对较长。实际应用中，需根据生产系统规模、问题复杂度、实时性要求等因素，合理选择或结合多种优化方法，以达到最佳调度效果。

三、车间生产调度优化的关键技术应用

（一）物联网技术在数据采集与监控中的应用

物联网技术通过传感器、RFID等设备实现生产现场设备、物料、人员等要素的全面感知与互联互通。在车间生产调度中，物联网设备实时采集设备运行参数、加工进度、物料位置等数据，为调度决策提供准确、及时的信息支持。基于物联网的监控系统能够对设备状态进行实时监测，通过数据分析预测设备故障，提前调整生产计划，避免因设备停机造成的生产延误。同时，物联网技术实现了物料的精准跟踪与管理，确保物料按时供应，减少因物料短缺导致的生产中断，提升生产过程的连续性与稳定性。

（二）大数据与人工智能算法的优化作用

大数据技术对生产过程中产生的海量数据进行存储、管理与分析，挖掘数据背后的规律与价值，为生产调度优化提供数据驱动的决策依据。通过分析历史生产数据，能够预测订单需求、设备故障概率等，辅助制定更合理的生产计划。人工智能算法如机器学习、深度学习等，能够自动学习生产调度中的模式与规则，实现智能决策。例如，利用强化学习算法对生产调度策略进行优化，通过不断试错与学习，在动态环境中找到最优调度方案。人工智能算法还可应用于生产异常检测与智能诊断，及时发现生产过程中的问题并给出解决方案，提升调度系统的智能化水平。

（三）数字孪生技术的可视化与仿真应用

数字孪生技术通过构建物理车间的虚拟数字模型，实现生产过程的实时映射与可视化展示。在生产调度优化中，数字孪生模型能够直观呈现生产现场设备布局、任务执行进度、资源使用情况等信息，帮助调度人员全面掌握生产状态。通过对数字孪生模型进行仿真模拟，可在虚拟环境中对不同调度方案进行评估与优化，提前预测调度方案的执行效果，避免实际生产中的试错成本。此外，数字孪生技术支持生产过程的动态调整，当实际生产出现变化时，可在虚拟模型中快速验证调整策略，为调度决策提供可靠的仿真依据，提高调度方案的可行性与有效性。

四、车间生产调度优化的实施策略

（一）基于智能技术的调度系统构建

构建基于智能技术的车间生产调度系统，需整合物联网、大数据、人工智能等技术，实现生产调度的智能化升级。系统架构上，分为数据感知层、数据处理层、智能决策层与执行控制层。数据感知层通过物联网设备采集生产数据；数据处理层利用大数据技术对数据进行清洗、存储与分析；智能决策层运用人工智能算法进行调度方案优化；执行控制层将决策结果下达至生产设备并监控执行过程。系统具备实时数据处理、智能决策、动态调度等功能，能够快速响应生产环境变化，实现生产资源的最优配置与生产过程的高效运行。

（二）生产资源的动态配置与协同管理

在智能制造环境下，生产资源动态配置与协同管理是实现调度优化的关键。建立资源动态感知机制，实时掌握设备、物料、人员等资源的状态与可用情况，根据生产任务需求进行灵活调配。通过智能算法实现资源的

合理分配，如基于设备负载均衡的任务分配策略，避免设备过度使用或闲置。加强生产资源间的协同管理，优化生产流程衔接，减少工序间等待时间。同时，建立资源共享平台，实现跨部门、跨车间的资源协同，提高资源利用效率，降低生产成本，保障生产任务高效完成。

（三）人员与技术的融合发展策略

实现车间生产调度优化，需要促进人员与技术的深度融合。一方面，加强对生产管理人员与技术人员的培训，提升其对智能制造技术、生产调度优化方法的理解与应用能力，培养既懂技术又懂管理的复合型人才。另一方面，优化人机协作模式，设计人性化的调度系统操作界面，使技术系统更好地服务于人员决策。鼓励一线员工参与生产调度优化过程，收集员工在实际生产中的经验与建议，将人的经验智慧与智能技术的计算优势相结合，形成互补效应，推动生产调度优化从技术驱动向人机协同驱动转变，提升整体生产管理水平。

五、车间生产调度优化的发展趋势与展望

（一）智能化与自动化程度的进一步提升

未来，车间生产调度将朝着更高水平的智能化与自动化方向发展。随着人工智能技术的不断突破，智能算法的优化能力与学习效率将显著提升，实现生产调度决策的自主化与自适应化。自动化设备与系统的集成度进一步增强，从设备单体自动化向生产线、车间乃至整个工厂的全自动化调度演进。智能机器人、自主移动小车等智能装备将更广泛应用于生产调度环节，实现物料搬运、设备维护等任务的自动化执行，减少人工干预，提高生产效率与稳定性。

（二）跨系统协同与云制造模式的发展

跨系统协同与云制造将成为车间生产调度的重要发展趋势。生产调度系统将与企业资源计划（ERP）、供应链管理（SCM）、客户关系管理（CRM）等系统实现深度集成，打破信息孤岛，实现企业内部与外部供应链的协同运作。云制造模式下，企业可通过云端平台实现生产

资源的共享与优化配置，根据订单需求动态组建虚拟制造单元，实现跨企业间的生产协同调度。这种模式能够整合分散的生产能力，提高资源利用效率，降低企业生产成本，增强企业对市场变化的响应能力。

（三）绿色可持续调度理念的深化应用

在全球倡导绿色发展的背景下，绿色可持续调度理念将在车间生产调度中得到更深入应用。生产调度优化将不再局限于效率与成本目标，而是将节能减排、资源循环利用等环保指标纳入优化体系。通过优化生产流程、合理安排设备运行时间、采用清洁能源等措施，降低生产过程中的能源消耗与污染物排放。同时，加强对生产废弃物的回收与再利用，实现资源的高效循环利用，推动制造业向绿色低碳、可持续方向发展，实现经济效益与环境效益的双赢。

结论

智能制造背景下，车间生产调度优化是制造业转型升级的关键环节。通过剖析现状挑战、明确优化目标方法、应用关键技术、实施有效策略，能够显著提升生产调度的智能化水平与资源配置效率。未来，随着智能化、协同化、绿色化趋势的发展，车间生产调度将不断革新，为制造业高质量发展注入新动力，助力企业在全局竞争中占据优势地位，实现可持续发展目标。

参考文献

- [1] 陈龙. 智能制造车间的数字化孪生建模与应用分析[N]. 企业家日报, 2025-04-08 (006).
- [2] 张林, 袁龙, 张小虎. 智能制造车间电气控制系统的设计与应用[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14 (11): 103-106.
- [3] 肖宏. 基于数字孪生的纺织车间生产调度系统研究[J]. 数字化转型, 2025, 2 (01): 71-80.
- [4] 贺杰, 陈梦洋. 基于数字孪生技术的柔性智能制造车间调度研究[J]. 今日制造与升级, 2024, (08): 44-46.