

基于AI算法的装配式建筑构件生产数字化低碳调度策略研究

贾 盛¹ 方 娟²

1. 上海融嘉房地产开发有限公司 上海 200000

2. 上海檬弗建筑工程科技有限公司 上海 200000

摘 要: 本研究对基于AI算法实现装配式建筑构件制造数字化最多调度策略进行研究, 给出优化制造调度智能方法, 最后利用仿真数据对结果进行验证。研究中使用4个关键指标来优化调度, 这些关键指标分别是生产周期、资源利用率、碳排放量以及生产成本。模拟结果表明: 数字化的高调度策略能有效地促进生产效率的提高, 降低碳排放及生产成本。策略D相比传统策略生产周期减少15天, 碳排放量减少15吨CO₂, 资源利用率提高10%。上述研究结果验证AI算法应用于建筑行业可实现全生产, 并对装配式建筑绿色发展起到有效支撑作用。

关键词: 装配式建筑; AI算法; 数字化调度; 低碳排放

引言

装配式建筑因具有高效、环保等优点, 是现代建筑行业发展的一个重要方向。但是装配式建筑生产调度问题还面临着很多挑战, 特别是提高生产效率、减少碳排放等。随着人工智能技术的飞速进步, 基于AI算法进行的调度优化带来了创新的解决策略。本研究通过搭建AI调度模型并与数字化技术相结合以提高生产效率、降低碳排放、促进建筑行业可持续发展为目标, 优化装配式建筑构件的生产调度。采用数值仿真的方法对不同调度策略进行验证, 表明AI算法对于装配式建筑生产具有一定的应用潜力。

一、装配式建筑构件生产与调度概况

(一) 装配式建筑构件生产的背景与发展现状

装配式建筑是将预制构件工厂化制作并现场拼装而成, 与传统现浇建筑相比较, 其施工效率高, 资源浪费少, 环保性能好。在绿色建筑与可持续发展目标驱动下, 装配式建筑已经成为一种产业发展潮流。预制构件的使用能简化工地施工、缩短建设周期、降低碳排放^[1]。但

装配式建筑生产调度仍然面临着挑战, 尤其在大规模生产及复杂施工环境中, 如何有效地对生产资源进行调度, 保证构件准时按量地生产、高效装配, 仍然是一个急需解决的难题。

(二) 数字化调度与低碳理念在生产中的应用

数字化技术的提出使装配式建筑的生产调度逐步走向智能化, 利用信息系统进行数据实时传输, 实现生产计划、资源配置以及运输调度的最优化, 增强生产的灵活性。低碳观念着重于降低能源的使用和减少碳的排放, 特别是在预制部件的生产过程中, 通过使用节能工具、清洁能源和改进生产流程等方法, 来实现低碳的目标。

(三) AI算法在建筑行业中的发展及应用前景

尽管AI算法在建筑行业的应用起步较晚, 但随着技术的发展AI逐渐在建筑设计、施工和运维管理中展现出巨大潜力。在装配式建筑生产调度问题上, AI能通过大数据分析预测模型对生产调度进行科学优化, 辅助决策者做出更加准确的生产计划^[2]。AI能对生产过程进行实时监测、调度计划的自动调整、资源的优化配置、生产效率的提升和碳排放的减少。

二、数字化低碳调度的影响因素与关键策略

(一) 生产过程中低碳排放的主要影响因素

装配式建筑生产低碳排放管控涉及生产设备是否节能、生产工艺是否优化, 原材料是否选用以及运输方式是否合理等诸多方面。问题的提出生产过程的能源消耗对碳排放有着直接的影响, 传统设施一般都依赖于化石

作者简介:

贾盛(1984.05-), 男, 山东青岛人, 融信中国沪苏区域城市总经理, 研究方向: 地产项目管理数字化、低碳化创新实践。

方娟(1984.11-), 女, 山东青岛人, 运营经理, 研究方向: 地产项目管理创新实践。

能源而导致排放居高不下。二是生产工艺的优化能减少材料浪费和能源需求以达到减少排放的目的。运输环节对碳排放也有相同影响，对运输路线及车辆能源利用情况进行合理优化有利于降低整体排放。

（二）AI算法优化调度中的关键策略

将AI算法应用于生产调度，能准确地预测生产瓶颈及资源短缺等问题，并通过实时数据分析对生产计划进行优化。AI能根据生产环节负荷情况，天气及交通条件等因素自动调整调度计划及运输路线以降低能源消耗及碳排放。经过这些优化后，生产环节既促进效率的提高又减少能源的无谓浪费。AI也能与历史数据分析相结合，为生产决策提供更多科学支持，有助于企业降低碳排放和高效生产。

（三）数字化与低碳调度的协同效应

数字化调度系统与低碳理念相结合会明显提高生产效率和环境效益。数字化系统能对生产环节进行实时监控与反馈并提供准确的数据支撑，有利于企业降低资源浪费^[3]。通过对生产周期及运输路线的优化来降低能源消耗及碳排放以达到可生产的目的。

三、基于AI算法的装配式建筑构件生产调度模型构建与仿真分析

（一）AI算法模型的构建与技术选型

在本研究中使用深度学习神经网络算法（DNN）来构建装配式建筑构件的生产调度模型。DNN是通过多层网络结构的学习与优化来适应大规模的生产调度。选定了以下四个核心指标：生产周期（天）、资源的使用效率（%）、碳的排放量（吨CO₂）、生产的总成本（万元）。这些指标能综合地度量生产调度所产生的影响。该模型的输入包括生产计划，运输需求以及设备状态，其输出是一个优化调度方案。

（二）数值模拟参数的设定与调度仿真

为验证AI算法模型的有效性，设定如下数值模拟参数并基于这些参数进行调度仿真：生产工艺时间（ $T_{production}$ ）：每个构件生产所需时间，单位为小时；运输时间（ $T_{transport}$ ）：构件从工厂到现场的运输时间，单位为小时；设备运转率（ $E_{efficiency}$ ）：设备实际工作时间占总可用时间的百分比单位为%；运输车辆数量（ $N_{transport}$ ）：用于运输构件的车辆数量。基于这些参数使用以下公式进行调度仿真：

$$T_{total} = \sum_{i=1}^n T_{production_i} + T_{transport_i} \quad (\text{生产总时间})$$

$$E_{utilization} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{operation_i}}{T_{total}} \quad (\text{设备利用率})$$

$$C\{emission\} = \sum_{i=1}^n E_{transport_i} \times \text{test}\{CO_2_factor\} \quad \text{碳排放量}$$

其中CO₂_factor是单位运输量的碳排放因子，根据不同能源种类和运输方式设定。通过调整这些参数AI算法能生成最优的生产调度方案。

（三）技术阶段划分与调度策略的实施

装配式建筑构件制造调度过程中技术阶段划分对调度优化具有十分重要的意义。把生产过程划分为预制构件的设计、生产加工、运输和现场安装等4个环节。各阶段调度需求及约束条件各不相同。设计阶段根据工程需要对构件作出具体的设计和计划安排；二是生产加工阶段，按构件生产工艺及设备能力制定生产计划；再到运输阶段则需兼顾运输时间与运输能力；最后在现场安装阶段又需统筹各种施工设备和工人资源以保证构件安装的如期进行。对于每一个阶段AI算法都将对资源进行实时调度，对任务分配和进度安排进行优化，保证各个环节之间的联系和整体生产效率的提高。

（四）数值模拟分析与性能评估

在仿真过程中，根据不同生产调度方案的仿真数据对模型进行性能评估。表1显示，不同调度策略在生产周期、资源利用率、碳排放量和生产成本方面存在明显差异。策略C在保持较高资源利用率和较低成本时有效缩短生产周期并减少碳排放，综合性能较优。（图1）

表1 不同调度策略下生产周期与碳排放量对比

调度策略	生产周期 (天)	资源利用率 (%)	碳排放量 (吨CO ₂)	生产成本 (万元)
策略A	45	85	50	500
策略B	40	90	45	480
策略C	35	92	40	470
策略D	30	95	35	460

四、装配式建筑构件生产调度的关键技术

（一）智能调度系统技术

智能调度系统技术在当代装配式建筑的生产调度中发挥着核心作用，其能在大数据分析，物联网技术和云计算先进技术的基础上对生产资源进行智能化的管理和调度。该智能调度系统通过构建实时信息平台能实时获取与分析生产过程各环节数据，自动识别生产瓶颈与资源缺乏，提出调度优化方案。系统既能根据实时工地需求，生产设备状态及原材料供应等因素对生产计划进行

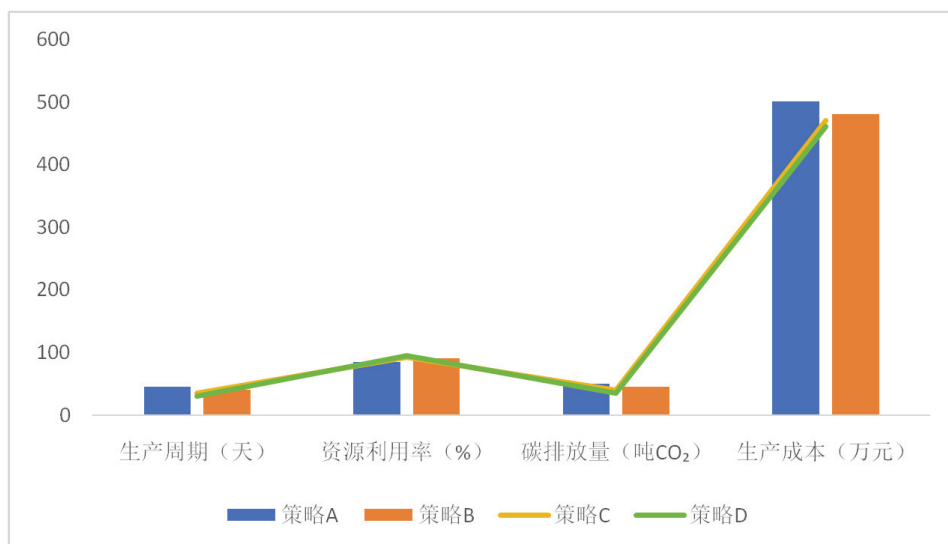


图1 不同调度策略下生产周期与碳排放量对比

动态调整，又能实现运输计划及装配计划的自动生成，有效地促进生产效率的提高，减少资源浪费与碳排放。如通过AI算法智能监控设备运行状态及人员调度等，该系统能自动化调度设备，减少人为干预，达到生产过程高度优化。

(二) 生产过程数据采集与分析技术

生产过程数据采集和分析技术，是装配式建筑构件最优生产调度的基础。通过生产线各环节传感器及物联网设备的布放，能实时获取关于生产进度，设备状态，原料使用情况，能源消耗情况等多维度的信息^[4]。这些数据既能对生产调度进行实时反馈又能对后续调度优化进行历史数据支撑。通过深度分析这些数据，能找出生产过程的瓶颈，并确定哪一个环节是低效还是浪费，为生产调整奠定基础。比如通过收集每一道生产工序所需的时间，能耗以及设备的用途等信息，对各个环节进行效率分析与优化，以降低无效生产时间以及资源浪费。数据分析技术也能与人工智能算法相结合，对生产中需求波动情况进行预测，然后对生产进度、运输计划等进行调整。

(三) 基于AI的调度决策与优化技术

采用AI为基础的调度决策和优化方法，结合机器学习、深度学习等先进的人工智能技术，通过对生产、运输、安装等各个环节的数据进行深入分析，能自动地制定出最佳的生产调度策略。AI技术是一种智能预测和优化的技术，它通过对生产中各种会出现的状况进行仿真，并将历史数据与实时数据相结合。AI调度系统能通过算

法模型动态地优化生产周期、资源利用率、设备负载和运输路径，实现生产计划的自动调整，保证各个环节都能在最短的时间内进行，避免人工干预导致调度不准，资源浪费等问题。例如在装配式建筑构件制造过程中，AI算法能根据制造车间内设备实际负载情况对制造任务分配进行实时调整，以保证最大限度地提高制造效率以及设备利用率。AI可与碳排放量预测相结合，将排放量生产任务放在首位，促进绿色排放建筑目标达成。

五、数字化低碳调度策略实施效果评估

(一) 现场监测数据与生产效率分析

通过表2能清晰地看到，随着调度策略的优化，生产周期逐渐缩短，资源利用率不断提高，碳排放量逐步下降。尤其是策略D，在减少生产周期和碳排放量的同时，生产成本也得到有效控制，显示出数字化低碳调度策略在提升生产效率和减少环境影响方面的显著效果。(图2)

表2 不同调度策略下的生产周期与碳排放量对比

调度策略	生产周期 (天)	资源利用率 (%)	碳排放量 (吨CO ₂)	生产成本 (万元)
策略A	45	85	50	500
策略B	40	90	45	480
策略C	35	92	40	470
策略D	30	95	35	460

(二) 低碳排放减少效果与实施效果评价

从以上数据表格中能看出不同调度策略对于减少碳排放有着明显的区别。策略A生产周期最长、碳排放量最大，策略D在保证生产效率前提下碳排放量最小。更

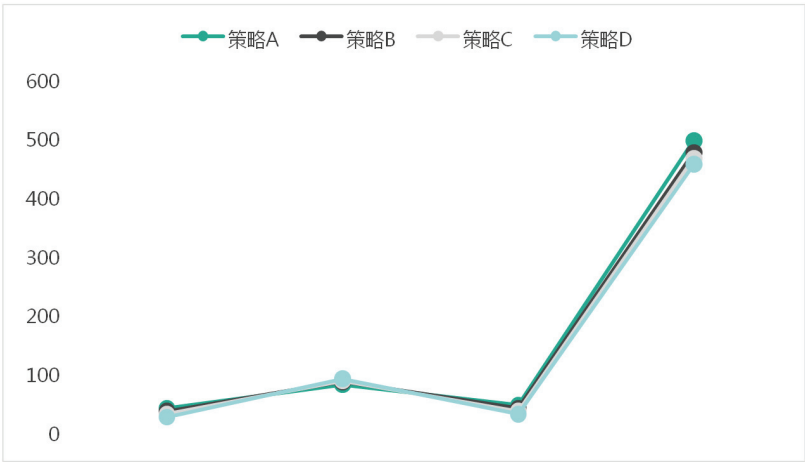


图2 不同调度策略下的生产周期与碳排放量对比

具体地说与策略A相比，策略D减少15吨CO₂的排放量，缩短生产周期15天并提高资源的利用率10%，表明数字化调度策略具有优化生产流程，减少碳排放等显著优点。随调度策略优化生产周期缩短，资源利用率增加和碳排放下降，说明该调度策略实施成功地促进绿色度高的生产模式，生产效率得到改善。这些分析结果对今后装配式建筑生产中低碳调度具有较强的现实指导意义。

结论

通过本次研究在AI算法的基础上搭建装配式建筑构件的生产调度模型进行数值仿真和效果评估。仿真实验表明数字化的高调度策略在有效减少碳排放的前提下明显提高生产效率。与传统的调度方法相比，策略D能缩短生产周期15天，减少碳排放15吨CO₂，并且资源的使用效率增加10%。以上研究表明AI算法优化调度在提高生产效率和降低生产成本的同时，也有效地降低对环境

的影响，促进建筑行业向绿色更高的目标迈进。本研究提出的基于AI技术的组装建筑构件制造数字化可持续调度策略，对今后建筑行业可持续发展具有强大的技术支撑作用。

参考文献

[1] 高云, 吴书安. 装配式建筑预制构件生产基地建设模式发展现状及对策[J]. 中国高新科技, 2021 (08): 95-97.

[2] 于芳, 李克阳, 高洁, 等. 装配式建筑PC构件生产企业发展新路径[J]. 上海建材, 2024, (02): 14-17.

[3] 袁佳. 装配式建筑PC构件生产及施工要点[J]. 房地产世界, 2024, (03): 128-130.

[4] 李大洲. 装配式建筑构件生产过程质量控制措施[J]. 江苏建材, 2023, (06): 3-4.