

智能建造技术在预制构件生产企业的应用

孙金龙 王晟伊 徐浩

台州市国华远合建筑工业科技有限公司 浙江省台州市 317000

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10891

[摘要] 在国家大力推进智能建造转型升级的背景下, 预制构件作为装配式建筑的基本要素, 其生产制造的智能化逐渐成为研究的热点。建筑行业预制构件生产企业的转型升级迫在眉睫。国华远合利用大数据、物联网、人工智能等新一代数字技术, 建成迄今为止国内领先、浙江省单体厂房面积最大的智能建造预制构件厂, 基于远大住工环形生产线, 搭建起智慧 BOM 自动识别技术和数据驱动的智能构件生产管理系统, 实现了预制构件生产智能化及全过程数字化管理, 为预制构件的智能生产提供了可借鉴的样本。

[关键词] 智能建造; 预制构件; 装配式建筑

Application of Intelligent Construction Technology in Prefabricated Component Production Enterprises

Sun Jinlong, Wang Shengyi, Xu Hao

Taizhou Guohua Yuanhe Construction Industry Technology Co. Ltd. Taizhou City, Zhejiang Province 317000

[Abstract] the backdrop of the country's vigorous promotion of intelligent construction transformation and upgrading, prefabricated components, as the basic elements of prefabricated buildings, have gradually become a hot research topic in terms of intelligent production and manufacturing. The transformation and upgrading of prefabricated component production enterprises in the construction industry is urgently needed. Guohua Yuanhe has utilized new generation digital technologies such as big data, the Internet of Things, and artificial intelligence to build the leading intelligent prefabricated component factory in China and the largest single factory area in Zhejiang Province. Based on the Yuanda Residential and Industrial Circular Production Line, a smart BOM automatic recognition technology and data-driven intelligent component production management system have been established to achieve intelligent production and full process digital management of prefabricated components, providing a reference sample for intelligent production of prefabricated components.

[Keywords] intelligent construction; prefabricated component; Prefabricated building

引言

随着科技的不断发展, 智能建造技术在装配式建筑模式中的应用越来越广泛^[1]。台州市国华远合建筑工业科技有限公司, 业务范围涵盖混凝土预制构件的生产、销售, 以及装配式建筑技术咨询。为了应对企业快速发展壮大带来的变化(多业态、营业扩大、项目增多, 管理目标、组织、制度、流程、数据不断变化), 当前管理系统部署难以支撑企业未来发展和内部精细化管理要求。智能建造技术在预制构件自动化生产中的应用现状进行了涵盖构件制造和生产管理两大方面的全面而系统的综述^[2]; 而预制构件^[3]的智能生产与制造, 作为智能建造技术^[4]的重要组成部分, 具备巨大的发展潜力。要依据相应的结构体系预先进行参数分析, 并基于施工特征做好对软件的程序与流程管理, 总结与归纳出软件系统的主次结构内容, 从而为软件智能化应用研究做出铺垫^[5]。

1 背景

台州市国华远合建筑工业科技有限公司, 成立于2018年7月30日, 是一家致力于建筑产业现代化的技术型企业。由国强建设集团有限公司独立出资建成, 注册资金1.3亿元, 占地174.5亩, 采用了装配式建筑领域领先企业远大住工的尖端住宅产业化技术, 专注于装配式建筑结构部件的生产制造, 以及相关工艺与施工技术的研发。2019年, 公司引进了远大住工的8+1条国内领先的柔性制造智能生产流水线。2020年3月至今, 引入并应用数字装配生产管理系统, 目前已经应用的项目达到90多个。并且导入了新的智能建造模式, 包括创新式流水线翻转台、流水线模台5G自动跟踪系统、5G自动线边显示屏、5G智能安防、RFID质量追溯等独有的设备、技术和管理优势。针对企业业务发展和生产管理需要, 通过中国电信5G信号工厂全覆盖, 制定数字化规划, 实施面向装配式建筑生产业务的管理系统, 打通生产业务前中后端, 实现运营数据透明化、实时化, 支撑企业快速增长和精细化

管理。

2 技术方案要点和创新点

2.1 柔性生产方式：在企业实施大规模定制化生产策略的过程中，生产线需频繁进行模具调整。柔性生产线能够实现快速换模，从而提升产能释放率。

2.2 立体养护窑系统：在蒸养过程中，实现对温度、湿度及养护时间的精确实时监控，提升了蒸养环节的效率 and 可靠性。

2.3 创新式流水线翻转台：该设备有效解决了大体积墙板及异形件在出窑口脱模时的问题，确保了产品质量和脱模过程的安全性。

2.4 基于 5G 技术的流水线线边显示屏，与产线线边阅读桩相结合，利用 5G 信号传输技术，显示屏能够自动展示产品图纸信号。

2.5 基于 5G 技术的全自动移动模台跟踪系统，与装配式生产管理软件相结合，利用 5G 信号的全面覆盖技术，实时监测流水线的生产进度，并自动完成报工流程。

3 5G+智慧工厂改造实施情况

目前台州 PC 构件生产企业，采用 PC 生产线总体来讲各自具有特点，设备性能存在差异，例如智能化、稳定性、设备无故障时长等方面。远大建筑行业积累较深，前期做过不少装配式建筑项目的施工，再加上现阶段智能化改造的加持，实用性、推广性更强。通过实施 PCMOM 系统的加持，电信 5G 信号工厂全覆盖，结合工厂实际业务、管理流程，经专业项目团队及技术沉淀，打造符合国华远合 5G+智慧工厂项目管理要求的整体解决方案。投入成本合计 184.45 万元；

3.1 建设目标：通过实施中国电信 5G 信号工厂全覆盖，结合 MES 系统达成以下管理目标：

3.1.1 生产过程信息的可视化与透明化：利用 5G 技术实现对产品及在制品生产与质量状况的实时查询和全程监控，以及设备运行状态的监测。

3.1.2 生产计划调度与执行：基于项目需求，综合考量生产能力及生产周期等关键因素，实施科学的调度策略，保障生产计划同时减少库存量并缩短生产周期。

3.1.3 产量统计：通过系统记录各班次的工作时间及工时产量，为员工绩效管理提供数据支持。

3.1.4 构建数据可视化平台：通过对产出、效率、品质等关键指标进行统计分析，为决策制定和绩效管理提供数据支撑。

3.1.5 建立生产管理部门的统一协调平台，强化生产相关部门之间的协同合作，提升工作效率。

3.1.6 构建全生产流程数据管理平台，实现生产信息的实时记录，对检验、生产等关键环节进行实时监控。通过深入的数据分析，达到降低生产成本、提高生产效率的目标。

3.2 建设内容：

关键环节：通过 EPC 设备与线边屏交互，实现 5G 连接下根据 PCMOM 智能生产系统每日下发计划进行指定工位图纸自动投放，在构件生产至关键工序时系统自动匹配图纸信息并投放至线边屏，同时当构件完成进入养护仓时，线边屏自动投放模台关联仓位及养护时长等重要信息，当构件完成最后工序时自动汇总每条产线的实时生产总量。

3.2.1 PCMOM 系统背景：引入 EPC 设备、线边屏与 5G 连接的智能生产方案。依托 PCMOM 智能生产系统，实现生产自动化与信息实时传递。

3.2.2 每日生产计划自动下发：PCMOM 系统通过 5G 网络每日下发生产计划。系统依据计划将指定工位的生产图纸自动推送至线边屏。

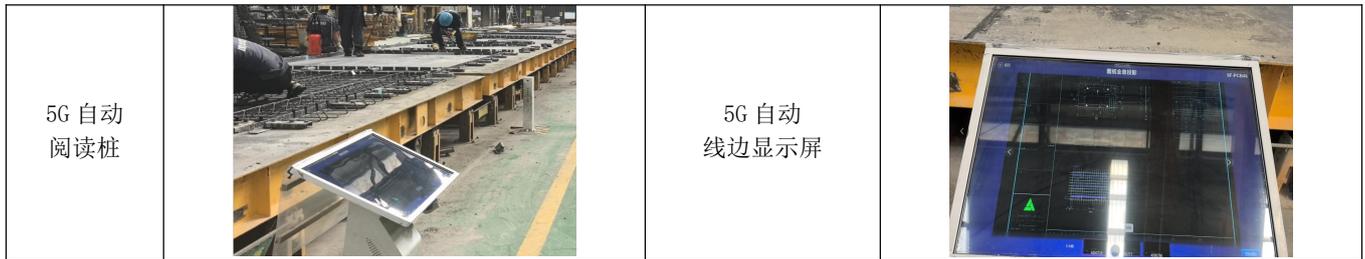
3.2.3 生产过程中的图纸自动匹配：构件生产至关键工序时，系统自动匹配相关图纸信息。通过线边屏实时展示图纸，辅助工位操作。

3.2.4 养护阶段的关键信息自动展示：构件完成初步生产并进入养护仓时，线边屏自动显示：模台关联仓位信息；养护时长及相关参数。

3.2.5 生产总量的实时汇总：构件完成最后工序时，系统自动汇总各产线的生产数据；实时显示每条生产线的总产量，提升生产管理效率。

3.2.6 系统集成与智能监控：EPC 设备、线边屏与 PCMOM 系统的无缝对接；通过 5G 实现信息快速传递与设备互联。

流水线		布料机	
立体养护窑		堆垛机	



4 5G+智慧工厂项目实施成效

4.1 解决的实际问题

4.1.1 应用场景一

场景痛点: BOM 计算人员 5 人, 计划和统计人员有 6 人, 分别负责 BOM 核算、生产计划、生产数据统计; 生产过程中打印纸制图纸, 构件生产时来回翻找构件图纸, 构件生产时纸制图纸无法做到细节放大, 需要跨部门去查找详图等。

5G 改造内容: 自动智慧 BOM 识别, 导入 PCMO 系统, 通过 5G 链接实现线边屏自动投放图纸, 通过提前录入电子档图纸的形式, 根据计划构件与模台的自动关联, 当模台到达指定工位时, 模台绑定的芯片会通过 EPC 向云端服务器发送信号并获取到指定构件的生产图纸以节省人工资源。通过 5G 链接实现模台 RFID 检测及实时位置追踪, 自动匹配生产计划中排模数据, 保障生产计划实时下达及生产过程实时追踪。通过 5G 链接线边屏自动展示养护信息, 以可视化的形式详细记录构件的养护仓位。

改造成效: 计划和统计人员由原来的 6 人减少至 2 人, 人员减少 66%; BOM 计算人员由 5 人减少至 3 人, 人员减少 40%; 以上措施预计每年可节省约 33 万元。线边显示屏则便于生产线各工位快速查阅详图, 从而确保了工序的合格率, 降低了质量风险。

4.1.2 应用场景二

场景痛点: 生产线扎丝工人人员技能不统一, 产品质量无法保持一致。生产线叫料人员数据不准确, 导致混凝土损耗增加。

5G 改造内容: 自动智慧 BOM 识别, 通过 5G 链接实现生产计划自动排产, BOM 数据系统共享, 提高生产线叫料的准确率, 降低混凝土损耗; 引入第一代自动钢筋绑扎机, 提升产品品质、提升绑扎效率。

改造成效: 采用第一代自动绑扎机后, 生产线扎丝工人由 5 人减少至每线 4 人, 人员减少 20%。自动智慧 BOM 识别确保了数据的精确性并提高了叫料需求的准确度, 混凝土损耗率从原来的 1.61% 降低至 0.07%, 以上预计每年可节省约 52 万元。

4.2 工程应用效果及价值

流水线生产方式采用智能设备取代传统制造方式, 使得设备更加先进、人工成本更低、品质更有保障。这一转变不仅提高了企业的生产效率和产品质量, 还降低了生产成本和人力投入。具体而言, 流水线生产方式的应用使得企业能够更好地应对市场变化和客户需求, 提高了企业的市场竞争力, 企业还实现了可持续发展和环保生产的目标。流水线生产方式采用钢台车在流水线上循环运行, 配备的立体式养护窑能够实现对产品的快速养护, 进一步提高了生产效率。在该项目的实施过程中, 智能流水线生产方式发挥了重要作用, 确保项目的顺利进行和供货的及时性。同时, 取得了如下成绩:

建立全国首条 5G 智能追踪装配式混凝土预制构件产线、全国首例 5G 线边屏图纸同步系统、起草申报两项相关专利。

4.3 5G+智慧工厂项目实施对行业的影响和带动作用

4.3.1 5G 智能产线对装配式建筑行业的影响和带动作用主要体现在提升生产效率、增强个性化水平、优化管理流程和推动产业升级等方面。我司的智能制造 5G 示范产线先后吸引浙江省住建厅、台州市住建局等各政府单位, 湖南大学、浙江工业大学、台州学院院等各大高校, 台州东部建材科技有限公司、浙江大经住工科技有限公司等各大企业来访参观。

4.3.2 5G 智能产线通过提升自动化和远程控制能力, 显著提高了 PC 构件的生产效率。5G 网络的高带宽和低延迟特性, 使得设备能够实时收集和传输传感器数据、视频和图像等信息, 远程监控设备性能, 并及时识别和解决问题。此外, 5G 网络还支持远程设备控制, 提高了作业效率和安全性。

4.3.3 5G 智能产线通过优化管理流程, 提高了项目管理的效率和精度。5G 技术可以帮助实现工地的精细化管理, 利用海量数据进行智能感知和数据分析, 为企业打造数据采集、数据分析、数据应用的创新模式, 提高决策的科学性和有效性。

结语

智能流水线生产方式在该项目中的应用取得了显著的实际效果和价值。它不仅提高了生产效率和产品质量, 还降低了生产成本和人力投入, 为企业带来了长远的发展机遇和竞争优势。随着技术的不断进步和市场的不断拓展, 智能建造将在更多领域得到广泛应用和推广。

【参考文献】

- [1] 孟祥强, 王磊. 智能建造技术在装配式建筑模式中的应用研究[J]. 住宅产业, 2024, (4): 71-73.
- [2] 黄宇昂, 吴环宇, 陈坤阳, 等. 预制构件自动化生产中智能建造技术应用综述[J]. 土木工程与管理学报, 2023, 40 (4): 156-165.
- [3] 包若涵. 预制装配式建筑施工工艺探讨与研究[J]. 建筑施工, 2023, 45 (5): 979-981, 985 .
- [4] 高文江, 兰晶晶, 曹鸿昂. 建设工程管理中智能建造技术的创新应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024 (3): 97-99.
- [5] 赵成恭. 装配式建筑施工智能建造技术与应用研究[J]. 中国建设信息化, 2023 (22): 66-69.

作者简介: 孙金龙, 硕士研究生, 全面负责 PC 工厂的日常管理工作, 公司战略规划的具体落实实施, 包括 PC 构件产品的生产过程规划、智能建造设备改造升级实施等。

王晟伊, 本科, 全面负责公司的行政工作, 包括智能建造项目战略规划、改造研究、实施策划等。

徐浩, 本科, 公司技术总工, 主要负责智能建造升级过程中, PC 生产管理软件、构件产品的工艺设计、产品质量管控等。