

# 装配式建筑智能制造和智能建造的创新需求分析

张文瀛

中国交通信息科技集团有限公司

**摘要：**随着科技的不断进步，建筑行业也在不断的创新。装配式建筑作为一种新型建筑方式，在工程质量与工作效率提升、应对建筑行业劳动力下滑、适应人口红利淡出等方面具有重要意义，因此得到了广泛的关注，国家也大力推进装配式建筑的发展。然而当前状况下受建筑行业发展水平限制，装配式建筑的发展仍然存在一些不完善之处，尤其是在数字化、信息化、智能化方面仍需进一步迈进，在这一背景下，智能制造和智能建造成了装配式建筑的重要创新需求。本文就针对装配式建筑智能制造和智能建造的创新需求进行研究与分析。

**关键词：**装配式建筑；智能制造；智能建造；创新需求

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.035

## 引言

随着时代的进步与城市建设的深入，建筑行业取得了很大程度的发展，并取得一定的成绩。然而，现阶段建筑行业也面临着一些困境。首先，我国目前的建筑行业发展水平仍然不高，在先进技术与设备应用方面表现不足，使得建筑手工效率不高，且建筑质量无法得到充分的保障；其次，我国现阶段的建筑行业仍然属于劳动密集型行业，一线施工作业人员绝大部分为农民工，在人口增长率下降与人口老龄化的背景之下，建筑行业劳动力的供需矛盾逐渐凸显，年轻劳动力参与到建筑行业中的意愿不足。基于上述这些原因，改革建筑行业生产建造方式势在必行。近年来，国家大力推进装配式建筑发展，已经取得突破性进展，但在时代背景之下，装配式建筑的数字化、信息化与智能化仍然欠缺，智能制造与智能建造成为装配式建筑的重要创新需求。

## 一、装配式建筑智能制造概述

装配式建筑是指有预制构件在工地装配而成的建筑，即先在工程进行预制化生产，再将构件运输至工地进行配置与安装。近年来，我国大力发展装配式建筑，2016年国务院先后出台《关于大力发展装配式建筑的指导意见》与《国务院办公厅关于大力发展装配式建筑的指导意见》，明确了装配式建筑的发展方向与重点，2020年多部门联合印发《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》，意见中提出要大力发展钢结构建筑、推广装配式混凝土建筑、培养新型建筑工业化专业人才，以新型建筑工业化带动建筑行业的全面转型升级。可以说，装配式建筑是建筑业工业化的重要产物，是建筑行业顺应时代发展的必然趋势。相比于传统建筑方式，装配式建筑在施工效率与质量提升、节能环保新、资源合理利用方面具有巨大优势。智能化是装配式发展的重要

方向，它要在时代潮流中完成机械化、智能化制造方式逐步代替人工制造的历史使命，并由此满足城市化发展的工程建设需求。装配式建筑智能化发展的方向主要体现在两个方面：

一方面，满足建筑行业的发展需求。新的时代背景下，各行各业为了实现产业升级与可持续发展，正紧锣密鼓开展数字化转型，建筑行业也不例外。现如今大数据、物联网、AI、云计算、5G等新兴技术发展迅速，催化了建筑行业的变革，逐渐形成工业化转型、数字化转型、绿色化转型三大趋势，工业化转型即由原先的施工现场建造方式向“工厂+现场”的方式转型；数字化转型即利用数字化技术实现消费者的个性化定制需求；绿色化转型即利用绿色建筑施工技术实现节能环保，向着绿色低碳的方向转型。

另一方面，满足装配式建筑本身的发展需求。装配式建筑具有设计标准化、生产工厂化、施工装配化、装修一体化、管理信息化、应用智能化特性。其智能化、数字化的实现表现为如下两点：首先在设计过程中，利用BIM技术等现代化技术进行设计建模，并综合应用新能源系统、可视化展示系统、智能监测系统等，以提升建筑的建设与应用的智能化水平，对建筑安全性、舒适性等方面做出保障；其次在建设过程中，利用BIM技术、GIS技术、VR技术、AR技术、物联网监测技术等实现对于现场的实时监控与管理，保障建筑工程的施工进度与施工质量。

## 二、基于EPC工程的智能制造面对的问题及创新诉求

### （一）面临的问题

①数字设计与实际应用的匹配度不高。在很多EPC工程中，项目设计已经初步实现智能化，具备一定的数字设计水平，但在实际的施工作业过程中，仍然依靠传统的建筑施工方式予以实现。以现浇抹灰为例，在已有数字设计的前提下，受各种因素影响施工仍然通过传统方式完成，即使引入了机器人，但也仅仅是简单的模仿，应用深度不足，与数字化控制系统的连接性较差，设计与实际施工无法匹配。

②PC构件采购环节应用不足。具体表现为无法借助智能化技术从整体角度出发，对所需采购的产品与设备进行科学合理规划。

③大型设备的联动性不足。诸如起重设备、混凝土搅拌设备、钢筋加工设备、PC生产设备等缺乏联动性，且与生产工艺之间的配合也存在一定缺陷。

④生产设备自动化程度有待提升。在构件生产过程中，很多设备仍然存在比例不小的人工控制环节，自动化与信息化程度欠缺。

⑤标准化程度不高。对于PC构件而言，其生产工艺具有较高的复杂性，整体的标准化程度不高。

### （二）创新需求

①建立与完善智能建造体系，通过对智能化技术、数字化技术、信息化技术的引入与充分利用，实现设计、科研、施工、生产加工一体化。

②致力于集成设计，实现零部件产品、装配设施、机电设备一体化；利用BIM技术构建集成化系统与数字设计平台，对装配零部件的智能化与数字化进行有效提升。

③在PC构件生产方面，加快摆模机器人及其相关配套的研发，并将之应用于实际生产过程中，通过控制系统、传动系统与机械结构的有机配合，实现机器人的高精度控制；同时搭建与摆模机器人的交互平台，注重高效性、开放度、兼容性设计。

④在构件组装方面，加速研发智能组装设备，注重多功能特性的开发，实现对于钢筋笼与模具的自动识别、运输与存储，以对安装精度与安装效率进行有效提升；同时利用智能组装设备的数据存储功能对PC构件进行自动识别，并在此基础之上建立完整精细的信息化档案。

⑤在布料方面，研发与完善对于复杂预制构件的智能化混凝土布料技术，实现布料设备开关控制、布料速度控制自动化。注重布料设备适用性研发，使其能够适应不同坍落度混凝土，并在运行过程中确保落料的均匀性与振动的高效性。

⑥在运输方面，研发多场景应用的运输车辆。例如在运输PC构件时，通过装配的托盘免去吊装作业，且实现自动化装卸；在负载大、工况复杂的运输场景中，车辆能够满足减震需求，提升运输过程的稳定性，防止因颠簸对构件造成损害；除此之外，多场景运输车辆应该支持超高构件的运输，且需朝着尽量减少道路限制约束的方向开展研发工作。

⑦在数据处理方面，加大对于二维码识别技术、无线射频识别技术、高速移动通信技术等利用程度。

## 二、装配式智能建造面临的问题、对策与创新

### （一）面临的问题

就目前情况而言，装配式建筑中的智能化建造应用比较有限，所采用的施工机械与现浇结构没有太大差别，所体现的优势并不是十分明显。在装配式智能建造上面临的问题主要体现在人工作业的短板方面，具体有如下几点的体现：

①构件吊装设备的智能化与自动化程度不足，作业过程中无法对精度做出严格控制。

②灌浆过程中，仍然是通过人工操作灌浆设备的方式来完成，无法对过程质量做出有效保证；

③在对临时支撑调整时存在较大的困难，精度不足的问题较为明显；

④从全局角度来看，建造过程中的绝大部分工作依然是人工作业方式，仍未形成标准化体系，由此导致施工效率相对较低，进而增加了工程施工周期，且在成本

控制方面也不具备明显优势。

### （二）解决的对策

①现阶段的装配式施工现场，构件的抓取、安放与微调等操作主要是利用吊钩、斜拉支撑、水平尺等实现，施工时间长，精度控制不理想。基于这一情况，可以研发智能设备，例如高精度自适应斜撑系统，系统可对墙体角度等数据进行自动测量，然后根据测量结果进行自动化调整，如此一来，一方面可以减少施工时间，另一方面也可以提升安装的精度，具有更强的适应性。

②混凝土灌浆是建筑施工的重要工序，灌浆质量的优劣将会对建筑整体质量造成很大程度的影响，而现在的灌浆设备操作较为繁琐，功能性单一，无法对实时了解灌浆过程中的具体情况。基于此，研发集上料、计量、制浆、注浆、控制系统于一体的智能灌浆设备，开发自动规划、自动配浆、自动注浆、自动计量、自动清洗、数据交互功能，提升灌浆过程中的决策与执行能力，同时实现注浆过程的可视化，以便于对注浆质量进行精准把控。

③PC构件为大型构件，现阶段在施工现场的吊装主要通过汽车吊或者塔式起重机予以实现，操作过程具有一定复杂性，且易受机械设备运行状态的影响。基于此，研发现场构件吊装智能化设备，开发智能操控系统、参数监控系统与故障诊断系统，对吊装的操作便利性与智能化进行有效的提升，且能够对设备的运行状态进行实时监控，保证设备处于最佳运行状态。当设备发生故障时，故障诊断系统会进行自我诊断，并及时预警，操作人员收到预警后根据实际情况采取有效措施予以及时处理，减少因设备故障造成的工期影响。

### （三）创新方向

①研发通用性自动铺地机器人系统，该系统由控制中心、数据处理中心、自动化操作机器人三部分共同组成。首先通过控制中心将作业区域、作业面积、瓷砖尺寸等数据载入，数据处理中心在接收到相关数据之后会进行自动计算与分析，并根据数据处理结果进行工作程序的规划与调整；然后数据处理中心会生成数据处理结果与操作建议，并将其传送至控制中心，管理人员在审核通过之后，由控制中心向自动化操作机器人发出指令，机器人会预先在作业区域完成砂浆或者黏合剂的自动涂抹，其搭载的机械臂具备吸附、搬运瓷砖等功能，机器人会根据处审核通过之后的操作方案自动调整瓷砖位置、自动扫描与切割瓷砖的大小与形状。

②研发建筑3D打印设备。首先，需要加强设计软件开发，增强与打印硬件设备之间的兼容性；其次，重点研究材料输送系统与打印喷头形式的设计，这是确保混凝土布料精度的关键；再次，研发新型打印材料，要求在力学性能、保温隔热性能、抗裂性能、凝结硬化时间等方面具有较大的优势，以保证建筑质量与相关功能的实现；最后，考虑到在高层建筑中的应用，还应该解决结构中的配筋问题。

## 三、实例分析——装配式建筑企业智能化、数字化转型建设框架

某装配式建筑企业为响应国家号召，顺应时代发展趋势，实现生产质量、效率、经济效益提升，增强企业核心竞争力，促进可持续发展，立足于行业与企业自身存在的痛点与难点，决定开展智能化、数字化、信息化转型。

### （一）智能化转型目标

#### 1. 开拓市场空间，实现高利润率

①技术创新：公司持续加大技术研发投入，开发出具有自主知识产权的装配式建筑构件生产设备和技术，提高了构件的质量和生产效率，降低了生产成本。

②智能化生产：采用先进的智能化生产技术，通过信息化手段优化生产流程，实现生产过程的自动化和信息化，提高生产效率和产品质量。

③质量控制：注重产品质量控制，建立了一套完善的质量管理体系，利用智能化技术从原材料采购、生产过程到产品交付进行全程监控，确保产品质量的稳定和可靠性。

④整合产业链：整合上下游产业链，实现从构件生产到建筑组装的全程控制和优化，提高生产效率和市场竞争力。

⑤品牌营销：注重品牌建设和营销推广，提供数据运营和与数字营销等增值服务，通过多种渠道宣传和推广企业品牌，提高企业的知名度和美誉度，进一步提升了市场份额和利润率。

#### 2. 重视服务质量，实现高附加值

①数据驱动的决策：组建数据服务中心，建设数据标准体系，通过数据分析和挖掘，发现市场和客户需求的变化趋势，制定更加精准的市场策略和产品研发方向，提高产品和服务的匹配度和市场竞争力。

②智能化服务：通过人工智能、物联网等技术，为客户提供智能化的服务，提高客户的满意度和产品的附加值。

③高效的供应链管理与物流控制：建设综合型数据库，提供数据分析与处理功能，为供应链管理与物流控制提供数据支持，提高产品的质量和交付效率，降低成本，提高企业的附加值和利润。

### （二）智能化转型框架设计

#### 1. 一个大数据服务中心

企业要想推进智能化转型，实现智能化生产，需要有数字化基础的支撑，因此组建大数据服务中心十分重要，具体需要做好如下几个方面的工作：

①从装配式建筑行业的角度出发，编制一套完善、系统的数据标准体系，由此形成数据标准库；

②搭建大数据服务平台，实现对于工程数据的全过程处理，通过决策支持系统为工程项目数字化交付赋能；

③优化构件生产过程，提升其与BIM模型的匹配度，通过大数据平台采集构件的生产属性，生成唯一二维码；

④在生产创新与构件生产平台迭代的环境下，通过

数字化技术手段，推动产业升级和转型，提高生产效率和质量，促进创新和增长。

#### 2. 四大平台

①全过程管理平台：助力精细化管理，提升企业综合管理能力。建立贯穿项目全生命周期的BIM模型，实现设计、生产、施工等各环节的信息传递和协同管理；加强协同管理，确保构件的生产质量、数量和供应时间；通过精细化管理对各环节的操作流程和资源利用效率进行有效提升；赋能核心主业，保障好装配式建筑公司总部到项目的穿透式监管。

②业务一体化平台：立足于项目的整个生命周期，实现资源的优化配置与集约化管理。通过设计模块优化建筑、结构、机电等专业的BIM设计；通过生产模块建立数字化工厂，对构件进行数字化预生产；通过协同管理模块加强各环节的协同管理和信息共享；通过数据交互模块实现各环节的数据交互和集成，包括BIM模型、构件信息等数据的交互和共享。

③信息服务平台：为了满足市场发展需求，进一步拓宽市场，基于信息服务平台，面向产品体系与一体化解决方案提供全方位的增值服务，有效解决跨越式增长阶段的性能调优问题，形成新的市场推动力，激发行业转轨，提升数字产业化水平。

④大数据服务平台：实现对于工程数据的全过程处理，为制造、物流、施工提供精准的数据支持，通过决策支持系统为工程项目数字化交付赋能。

#### 3. 三个数据库

通过对数据全过程的控制与处理形成基于生产、工程与管理数据的标准库、模型库与资产库。随着这三个数据库内容的积累、优化与沉淀，可以进一步丰富数据库划分，提升数据治理能力；促进各环节之间的信息共享和协同作业，推进项目数字化移交，逐步实现“高利润率、高附加值、高科技”的目标。

### 结束语

装配式建筑的智能制造与智能建造任重道远，装配式建筑企业应当结合行业发展态势，立足企业实际情况与战略规划，加强智能化、数字化、信息化技术的应用，开发更为丰富的应用场景，以创新理念不断突破技术壁垒。除此之外，相关领域应当一起努力，共同推进装配式建筑智能化产业链的发展，撬动行业升级与良性提升。

### 参考文献

[1]唐玉娇.我国装配式建筑发展及前景分析[J].陶瓷,2020(09).

[2]孙永庆,张燕.基于装配式建筑智能建造的思考与创新研究[J].中国住宅设施,2021(08).

[3]周冲,董作见,黄轶群.装配式建筑智能制造和智能建造的创新需求[J].建设科技,2018(23).

[4]杨柳.《装配式建筑BIM工程管理》与大数据时代下装配式建筑智能技术在工程管理中的应用研究[J].工业建筑,2020(11).