

# 双碳背景下建筑产业数字化绿色发展

付江洪 俸仕文 田子玄 张季东 张方方

中建科技集团有限公司四川分公司

**摘要:** 随着碳达峰、碳中和目标的提出,建筑业减碳、低碳的发展成为当今热点。建筑业要走低碳化发展,首先必须要转型升级,朝着工业化、数字化、智能化发展。以大力发展建筑工业化为载体,以数字化、智能化升级为动力,加大智能建造在工程建设各环节应用,形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系,提升建筑业数字化建造能力,形成数字化建筑产品,从而助力建筑业高质量、绿色、低碳发展。

**关键词:** 碳中和; 建筑工业化; 数字化产品; 绿色建造

Digital and green development of construction industry under the background of double-carbon

Jianghong Fu, Shiwen Feng, Zixuan Tian, Jidong Zhang, Fangfang Zhang, Sichuan Branch of China Construction Technology Group Co., LTD

**Abstract:** With the proposal of carbon peak and carbon neutral goal, the development of carbon reduction and low carbon in the construction industry has become a hot spot today. In order to develop the construction industry, it must first transform and upgrade, and develop towards industrialization, digitalization and intelligence. To develop the building industrialization as the carrier, powered by digital, intelligent upgrade, increase intelligent construction in engineering construction each link application, form covers scientific research, design, production and processing, construction, assembly, operation of the whole industry chain integration of intelligent building industry system, improve construction digital building ability, form digital building products, so as to boost construction of high quality, green, low carbon development.

**Key words:** carbon neutral; building industrialization; digital products; green construction

## 背景

气候变化是人类面临的全球性问题,近年来随着各国二氧化碳的排放和温室气体的猛增,对地球上所有的生命系统都构成了威胁,在此背景下,世界各国以全球协约的方式减排温室气体,我国在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话,首次提出了 2030 年实现碳达峰,2060 年实现碳中和的目标,低碳发展将成为全球未来发展的共同愿景。

改革开放以来我国经济高速增长,一度跃升为世界第二大经济体。我国的碳排放总量也不断攀升,2006 年后,我国成为世界二氧化碳第一排放大国。根据数据显示,2019 年我国碳排放量达 98.26 亿吨,占世界碳排放总量的 28.8%,其中,我国建筑全过程碳排放总量为 49.97 亿吨,占全国能源碳排放总量的比重为 50.8%。其中,在建材生产阶段排放 27.7 亿吨 CO<sub>2</sub>,占建筑全过程碳排放量的 55.4%,建筑施工阶段排放 1.0 亿吨 CO<sub>2</sub>,占建筑全过程碳排放量的 2%,建筑运行阶段排放 21.3 亿吨 CO<sub>2</sub>,占建筑全过程碳排放量的 45.6%。

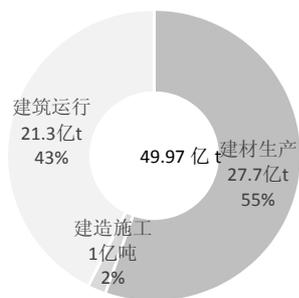


图1 2019年建筑行业碳排放总量及分布

面对国家低碳发展目标,建筑领域的节能减排是助力实现碳达峰、碳中和链条中非常重要的一环。而目前建筑业传统粗放的生产方式已经不能满足国家建筑业高质量发展的需要,应从建筑材料生产、施工建造、运营维护全生命周期推动建筑业全产业链绿色低碳化发展。

## 1 双碳目标下建筑业绿色低碳化发展

建筑业是终端能源消费和二氧化碳排放的重要领域。随着城镇化水平不断提升,我国每年新增建筑面积约 15 亿平方米,对实现“2060 年前实现碳中和”目标构成巨大挑战。鉴于建筑行业在全球应对气候变化挑战的重要性,为了在 2060 年前实现“碳中和”以

更好地应对气候变化,中国必须在未来几十年内大幅减少建筑业的碳排放,中国建筑业必然要走绿色建造之路。

绿色建造就是按照绿色发展的要求,通过科学管理和技术创新,采用有利于节约资源、保护环境、减少排放、提高效率、保障品质的建造方式,实现人与自然和谐共生的工程建造活动。

绿色建造着眼于节能降碳和高质量发展,通过工业化方式、信息化手段,解决现行建造方式中资源消耗大、环境污染严重等突出问题;通过工程总承包、全过程咨询等组织方式,杜绝现行建造方式中粗放式管理、碎片化管理等现象;通过推动技术创新、标准提升,积极引导和推动各种新材料、新技术、新工艺向建筑产品和服务的供给端集聚,为人民提供更为优质的产品和服务;通过绿色建造,资源的利用效率将提高,环境污染将得到有效控制,作业强度也会大大降低,总体建造效率得到更大提升,促进建筑业转型升级。

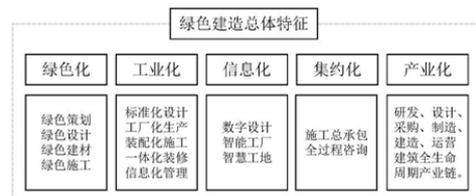


图2 绿色建造主要内涵与实施路径

因此,建筑业要绿色低碳化发展,需要以建筑工业化为载体,以数字化、智能化升级为动力,创新突破相关核心技术,形成涵盖科研、设计、制造、装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系,通过集约化管理,实现建筑业绿色低碳转型升级。

## 2 建筑业工业化与智能建造转型

### 2.1 提升建筑业工业化水平

住房和城乡建设部日前发布《“十四五”建筑业发展规划》。要求以推动智能建造与新型建筑工业化协同发展作为动力,加快建筑业转型升级,实现绿色低碳发展。《规划》明确,“十四五”时期智能建造与新型建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系基本建立,装配式建筑占新建建筑的比例达到 30% 以上,打造一批建筑产业互联网平台,形成一批建筑机器人标志性产品,培育一批智能建造和装配式建筑产业基地。加快智能建造与新型建筑工业化协同发展,形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营维护等全产业链融合一体的智能建造产业体系。

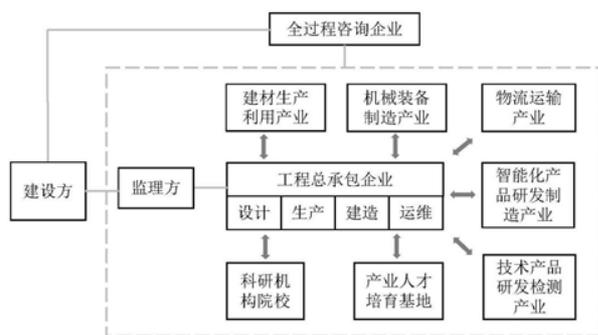


图3 建筑工业化产业体系示意图

## 2.2 建筑业智能化数字化转型

### (1) 智能建造助力建筑业高质量发展

建筑业智能化、数字化转型，就是要通过智能建造技术，提升工程建设效率，提高工程质量，通过整合工程产业链，提升建筑工业化水平，实现工程建造的高质量、低消耗、低排放。

智能建造相较于传统的工程建造，是一种创新模式，它将新一代信息技术和工程建造相融合，通过信息技术对工程建造进行全方位的赋能，并结合设计和管理实现动态配置的生产方式，从而对施工方式进行改造和升级。是一种产业数字化、建筑工业化、全场景智能化、全过程绿色化的综合形态。智能建造技术包括 BIM 技术、物联网技术、大数据、云计算、3D 打印技术、人工智能技术等。

智能建造是基于数字化基础之上的。实现建造过程智能化，它与我们建筑业的数字化转型同频共振，数字化程度越高，智能建造水平也会越高，就是工程建造资源在数字化的基础上，通过网络化、标准化、平台化、智能化实现工程的智能建造。

智能建造，既是一个建造过程，也是一个产品。过程是因为：智能建造就是要面向工程从立项策划、规划设计、施工生产、运维服务全生命周期本身就是建造的动作产品是因为：智能建造交付的是具有智能化特征的一个实体工程，同时，也可以以数字形式交付一项数字产品，数字产品和我们实体工程相互交互，实现我们工程的持续的智能化的运维与服务，也能实现我们以人为本、绿色化的建设目标。

智能建造推动建筑业、制造业和信息产业的密切融合，也是实现建筑业高质量发展的必经之路。

### (2) 建筑产业数字化转型升级

国内建筑业数字化最初开始于 90 年代，计算机取代了图板，将建筑的图纸设计在计算机上进行，历经三十年左右，到目前发展到建筑 BIM (Building Information Modeling, 建筑信息化模型) 技术，将平面图纸转化为空间模型，建筑数据也由二维数字转化为三维数字，为建筑的生产、建造提供了可视化、数据化服务。

建筑建造通过数字化来提效的过程，实际上是对建筑行业赋能了，我们确实也感受到给我们带来的好处，但是它还没有达到一个新的高度。因为目前的数字化仅停留在对人服务的这个环节。目前行业正在推行的设计的数字化、造价的数字化，能够为设计技术人员提供建筑模型、图表，为工程生产建造提供参考，创造了一定的价值，但远没有达到制造业的高度。

建筑产业数字化升级，应将建筑数字化设计与工业化生产装备形成高效联动，将数字化的设计转化为工业生产力，驱动工业设备运转，进行工业制造、建造活动，进而提高效率创造价值。同时利用大数据带来的智能的经验，进一步提升管理效率。

建筑行业的数字化升级，最终形成的也应该是建筑数字化产品。类似于智能手机、新能源汽车、人工智能机器人等，建筑也应成为一个数字化产品面向于市场。在建筑工业化的基础上，建筑被拆分为多个构件、部品部件、模块，这种建筑单元(族)不仅有三维的体型和数据库，更是带有性能的数字模型，从建筑整体产品到它每一个原件、器件、零件、部件都可以做性能化计算，最终形成带性能化的数字孪生。

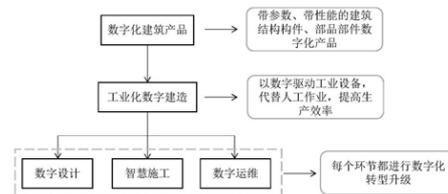


图4 建筑产业数字化升级

另外，建筑业数字化升级有助于碳排放管理。随着人工智能、云计算、大数据、物联网等先进技术在建筑业中的运用发展，建筑能耗、碳排放数据在线监测的硬件基础趋于成熟；碳交易市场的规模逐渐扩大，建筑碳排放的数字化管理是一个必然的发展趋势。而数字技术作为一种流行的、代表未来科技进步主要方向的技术，在这些碳排放路径上都可以发挥直接、有效的作用。其中，数字技术最主要的作用是提高建筑工程建设管理效率、优化工作流程，从而减少不必要的能源、材料浪费。因此，建筑节能领域充分运用数字技术，将对实现“双碳”目标大有裨益。

## 3 建筑业低碳发展转型遇到的问题

### (1) 建筑碳排放量监测困难

建筑业作为碳排放重要组成部分，低碳化转型刻不容缓。但在实施过程中，存在难以核算、缺乏定量支撑决策的困难。一是碳源不清晰：核算边界缺乏统一，碳排放因子数据库不足。二是工具不统一：计算软件不统一，选用的碳排放系数缺乏共识，业主、设计、施工等协同困难。三是路径不明确：缺乏定量数据支撑，减排路径制定依据不足。

### (2) 缺乏设计协同绿色建造的方法

绿色建造离不开设计的协同统筹和贯穿建造全过程的精益配合。但由于长期割裂的行业管理模式，致使设计、施工、采购和运营完全割裂，设计机制无法协同施工建造工艺、技术和材料选择，更谈不上对运营的统筹。

### (3) 智能建造技术研发与应用深度不够

建筑企业自主研发的智能建造软硬件较少，没有形成应用规模，智能建造基础软件研发和投入方面严重不足，核心软件依赖国外。大部分建筑企业缺少对智能建造关键技术、应用方案、应用模式、应用系统和应用环境等方面的系统性研究和集成应用能力。

## 4 结论

碳达峰和碳中和目标既是中国积极应对气候变化的国策，也是基于科学论证的自主承诺。建筑业坚持可持续发展理念，立足于工程项目全生命周期角度，基于立项策划、设计、施工等建筑产品生成的全过程，按照绿色化发展要求，通过绿色建造、数字化升级，实现绿色施工、智能建造，最终建成绿色建筑。

建筑业要低碳化发展、转型升级，首先要加快建筑工业化升级，以建筑工业化为载体，结合新一代信息技术和智能建造技术，并将绿色建造、数字化建造理念融入建筑全产业链，实现设计、生产、装配全过程的信息集成和共享，实现工程建造全过程的成本、进度、合同、物料采购等方面的数字化管理，通过数字化建造形成建筑数字化产品。

## 参考文献：

- [1]肖绪文, 刘星. 关于绿色建造与碳达峰、碳中和的思考[J]. 施工技术(中英文), 2021, 50(13): 1-5.
- [2]关军, 蒋立红, 张智慧, 郭海山等. 中国建筑业碳排放增长的结构分解分析[J]. 工程管理学报, 2016, 30(6): 7-11.
- [3]毛志兵, 李云贵, 黄凯. 关于建筑企业践行新型建造方式的策略研究[J]. 施工技术(中英文), 2021, 50(18): 1-6.
- [4]刘晓龙, 崔磊磊, 李彬, 杜祥琬. 碳中和目标下中国能源高质量发展路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(5): 1-8.
- [5]韩松. 中国能源结构与产业结构发展现状及灰色关联关系研究[J]. 工程建设标准化, 2020, 7: 69-79.
- [6]李丛笑, 张爱民, 薛艳青, 张常杰等. “双碳”战略下绿色建造发展路径研究[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(1): 4-7, 31.
- [7]叶浩文, 樊则森, 苏衍江. 工业化建筑标准化、数字化、一体化建造关键技术[J]. 建设科技, 2021: 38-41.
- [8]叶浩文, 王兵, 田子玄. 装配式混凝土建筑一体化建造关键技术研究与展望[J]. 施工技术, 2018, 47(6): 66-69.
- [9]张仲华, 孙晖, 刘瑛, 冯伟东等. 装配式建筑信息化管理的探索与实践[J]. 工程管理学报, 2018, 32(3): 47-52.
- [10]GB/T 51366-2019, 建筑碳排放计算标准[S].