

# 数字建筑发展白皮书

## (2022年)



中国信息通信研究院  
2022年3月

---

## 版权声明

---

本白皮书版权属于中国信息通信研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。



## 编制说明

近年来，建筑信息模型（BIM）等数字技术快速发展，能够有效解决建筑业长期面临的生产方式落后、技术创新不足、跨专业协同不强等实际问题。在此阶段，中国信息通信研究院联合行业代表企业，共同编制发布《数字建筑发展白皮书（2022年）》，希望为业界厂商、政府机构等相关方提供有益参考，共同推进建筑业转型发展，培育数字建筑新业态。当然，白皮书仍有诸多不足，烦请各界批评指正。

### 牵头编写单位：

中国信息通信研究院

### 参与编写单位：（排名不分先后）

中国建筑科学研究院有限公司

广联达科技股份有限公司

中设数字技术股份有限公司

中国移动通信集团设计院有限公司

## 前 言

数字建筑是新一代信息技术、先进制造理念与建筑业全链条全周期全要素间深度融合的产物，是提升建造水平和建筑品质、助推建筑业转型升级的重要引擎。当前，国家高度重视城乡建设绿色发展和高质量发展，加快数字建筑创新布局，对于推动新型建筑工业化、数字化、绿色化发展至关重要。

当前，数字建筑正处于快速起步阶段，主要呈现以下特征：

从总体架构看，数字建筑是以数字平台为关键支撑、标准规范为科学指引、安全防护为重要保障，整体呈现“三横•两纵”的结构特征。总体架构中，能力平台层是整体架构的能力中枢，提供数据使能、图形使能、业务使能、新技术赋能等专业支持。

从典型模式看，数字建筑通过一系列信息技术的集成化创新和协同化应用，以全链条数字化协同、全周期集成化管理、全要素智能化升级为主要模式，最优化配置要素资源，最高效提升生产效率，最大化提高建筑质量，全面赋能智能建造和新型建筑工业化。

从应用场景看，数字建筑利用 BIM、数据管理、智能感知等数字技术，通过在协同设计、智能生产、智慧工地、智慧运维、智能审查、绿色建造等建筑业典型场景中的融合应用，并与智能建造、数字城市等发展需求协同，促进各环节运行提质增效。

从未来发展看，我国数字建筑发展虽已取得一定成效，但总体仍处于发展初期，存在诸多痛点亟待攻克。建议加快推进数字建筑

技术攻关、应用推广、生态完善、人才培养等，营造数字建筑良好发展环境。

本报告系统追踪了数字建筑整体发展态势，研究提出了数字建筑的总体框架和典型模式，梳理剖析了典型应用场景，希望为关注数字建筑发展的政府机构、行业企业以及相关单位提供帮助和引导。



## 目 录

一、 数字建筑整体态势.....	1
(一) 发展态势 .....	1
(二) 发展意义 .....	7
二、 数字建筑总体架构.....	8
三、 数字建筑典型模式.....	11
(一) 全链条数字化协同 .....	12
(二) 全周期集成化管理 .....	15
(三) 全要素智能化升级 .....	16
四、 数字建筑典型应用.....	18
(一) 协同设计 .....	19
(二) 智能生产 .....	21
(三) 智慧工地 .....	23
(四) 智慧运维 .....	28
(五) 智能审查 .....	30
(六) 绿色建造 .....	31
五、 数字建筑发展建议.....	34
附录 缩略语.....	36

## 图 目 录

图 1 中央部委指引建筑数字化发展相关政策.....	2
图 2 全球建筑数字化市场规模.....	3
图 3 国内 BIM 相关标准及指南 .....	6
图 4 数字建筑总体架构.....	9
图 5 数字建筑关键技术和典型模式.....	12
图 6 数字建筑的全链条数字化协同流程.....	13
图 7 数字建筑的全周期集成化管理流程.....	15
图 8 数字建筑的全要素智能化升级体系.....	17
图 9 南京江北新区精神卫生中心多专业协同建模示例.....	20
图 10 北京城市副中心行政办公区多专业协同建模示例.....	21
图 11 深化设计与生产加工的数据共享示例.....	22
图 12 施工劳务人员管理系统示例.....	24
图 13 施工现场物料管理系统示例.....	27
图 14 室内环境模拟分析示例.....	33

数字建筑以 BIM 等新兴技术集成化创新为核心驱动、数字平台为关键支撑、标准规范为科学指引、安全防护为重要保障，覆盖建筑全周期、全产业链、全要素，与智能建造、数字城市等应用场景深度融合，是推动建筑业生产方式、商业模式、产业形态变革的关键动能，也是实现传统建筑行业全面转型升级的重要引擎。

## 一、数字建筑整体态势

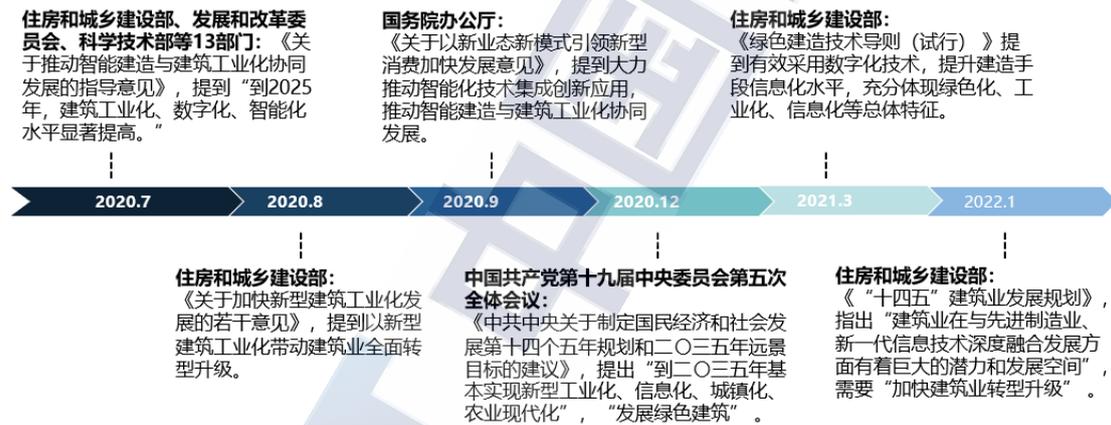
### （一）发展态势

随着第四次工业革命蓬勃兴起，新一代信息技术在制造业迅速扩张并带来颠覆性变革，其引发的产业转型升级正逐渐影响传统建筑行业。建筑业作为我国国民经济的支柱产业之一，长期存在生产方式落后、生产效率低、资源消耗大、跨专业协同不足等痛点。在新冠疫情防控常态化的冲击下，建筑业传统模式已难以满足新时期建筑行业绿色发展和高质量发展的需求，数字建筑迎来发展契机，正成为驱动建筑业转型升级的重要力量。

#### 1. 数字建筑成为政策布局焦点

建筑业转型发展进入国家政策规划体系。2022 年 1 月，住房和城乡建设部发布《“十四五”建筑业发展规划》，指出“建筑业在与先进制造业、新一代信息技术深度融合发展方面有着巨大的潜力和发展空间”，需要“加快建筑业转型升级”。2020 年 7 月，住房和城乡建设部等十三部门联合发布了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，将提升建筑工业化、数字化、智能化水平作

为发展目标，明确到 2035 年，“迈入智能建造世界强国行列”。工业和信息化部、住房和城乡建设部、国家发展和改革委员会等多部委协同推进新一代信息技术与建筑行业深度融合，支持 BIM 等建筑业数字技术创新和应用落地。科学技术部开展“绿色建筑及建筑工业化”等重点专项布局，推动相关核心技术攻关、产业与应用快速发展。从国家政策可以看出，数字化浪潮下建筑行业进入转型升级期，数字建筑作为建筑工业化、数字化发展的重要抓手，在“中国建造”规划布局中具有重要牵引和带动作用，同时也是新型智慧城市、新型城镇化建设任务的重点板块，成为未来产业升级的必然趋势。



来源：中国信息通信研究院

图 1 中央部委指引建筑数字化发展的相关政策

各地方积极探索建筑数字化发展新举措。在中央政府的号召推动下，地方纷纷发布建筑业发展规划，加速传统建筑业转型升级的探索实践。江苏省出台《江苏省建筑业“十四五”发展规划》，明确了以数字建造、绿色建造、精益建造等为主的建造方式变革路径，不断推进建筑业转型升级。福建省发布《福建省建筑业“十四五”

发展规划》，提出“推动 5G、云计算、建筑机器人等技术在设计、施工、运维全过程的研发、集成、应用”。南京、北京城市副中心、广州、厦门、雄安新区等 BIM、CIM 试点城市的建设工作已取得系列阶段性成果，上海、重庆、佛山、深圳积极开展智能建造试点工作，湖南、深圳、常州推进绿色建造试点。

## 2. 数字建筑产业发展正当其时

全球建筑行业数字化需求高速增长。随着工业 4.0 的出现，数字建筑的快速发展推动建筑行业进入数字化时代。据 Allied Market Research 数据显示，2019 年全球建筑数字化市场规模约为 98 亿美元，预计到 2027 年将超过 291 亿美元，年均复合增长率保持 18.2% 的高位增长。随着中国、越南、印度等新兴经济体对基础设施建设需求和投入增加，亚太地区的市场需求将领涨全球，持续大规模新型建设工程将为数字建筑带来巨大的市场前景。



来源：Allied Market Research

图 2 全球建筑数字化市场规模

**BIM 和数字技术双轮驱动数字建筑创新发展。**一是，BIM 技术是数字建筑的核心驱动。BIM 技术正在引领建筑行业信息化变革，利用统一的三维模型贯穿建筑全流程，打破信息孤岛问题，实现建筑多专业协同设计、一体化建造、标准化交付和智能化维护等，推进工程项目提质增效。近年来，国产 BIM 软件快速发展，在造价算量、工程审图等 BIM 施工软件市场形成突破，相关品牌在国内市场份额已经超过 90%，但在高端 BIM 设计软件和三维图形平台领域基础薄弱、竞争力不足。二是，大数据、云计算、工业互联网等新兴数字技术面向建筑行业加速渗透，催生了数字建筑的发展契机。如工业互联网模型化、软件化、封装化的工业技术、经验、知识和实践，弥补了建筑工业化、数字化缺失的环节，为建筑企业规模化、标准化、定制化生产工业级产品提供高效支撑。

**我国数字建筑产业处于快速起步阶段。**当前，一批 BIM 软件企业、传统建筑企业以及行业平台企业纷纷进入数字建筑领域抢滩布局，产业迎来快速成长。中国建筑科学研究院有限公司研发的 PKPM-BIM 平台集成装配式智慧工厂管理、绿色建筑运维等数字化能力，其方案已入选工业和信息化部工业互联网 APP 应用解决方案名单。广联达科技股份有限公司 AECORE 建筑工业互联网平台利用开放 BIM 三维图形平台、BIM 数据微服务、AI 微服务等技术，面向行业提供覆盖设计云、施工云、运维云、构件云等全流程的快速应用开发服务，赋能行业数字化转型。北京建谊集团铯锶平台以建筑模型产品体系为核心，提供智能建造、供应链管理等服务，目前

已赋能 200+工厂、1000+客户和合作伙伴。腾讯云发布微瓴智能建造平台，开放工程建造所需的数据、模型、应用共建共享的一站式平台服务，目前已为深圳腾讯滨海大厦、南京江宁医院等项目提供数字建筑解决方案。

### 3.数字建筑应用创新加速推进

**数字建筑应用赋能传统建筑行业转型升级。**在数字化协同设计方面，通过 BIM 技术整合全专业信息，实现跨学科、多专业的协同建模。如中设数字技术股份有限公司在世园会中国馆项目中，基于绿色设计协同平台集成多专业应用，形成专业间数据流转、协同设计和仿真分析，实现建筑能耗比目标值低 25% 的超低能耗运行。在工地一体化管控方面，围绕建筑工地施工质量、安全、进度等目标进行全方位管控，有效助推工程项目提质增效。广联达科技股份有限公司基于 BIM、物联网、人工智能等信息化技术推出智慧工地解决方案，在天健前海宗地项目中实现质量问题关闭率达到 70% 以上，质量管理水平大幅提高。在 BIM 智能审查方面，住房和城乡建设部大力推动 BIM 技术在工程建设项目设计和审查审批环节的应用，通过机器辅助审图提高信息化监管能力。江苏省建筑设计研究院在玄武区铁北高中新建项目中采用中国建筑科学研究院有限公司 PKPM-BIM 软件，顺利通过施工图 BIM 智能审查，实现人工审查与快速机审的协同配合，显著提高审查质量和效率。

### 4.数字建筑发展环境持续优化

以 BIM 为核心的标准体系持续完善。近年来，住房和城乡建设部等部委加快推进建筑全生命周期 BIM 模型的创建、使用、管理等国家标准体系建设，BIM 地方标准、行业标准及相关指南等也陆续发布，有力推动了 BIM 技术在建筑领域的规范应用。但目前国内 BIM 标准主要聚焦于实施性和应用性，而在 BIM 软件与数据标准技术上尚处于跟随状态，导致建筑工程数据流转困难、行业内测试验证规则不明确等问题。在此阶段，中国信息通信研究院、清华大学等 BIM 软件研究机构共同开展了 BIM 标准体系研究，重点推进 BIM 数据格式、数据安全及软件等方向标准编制，助力数字建筑的标准化发展。



来源：中国信息通信研究院

图 3 国内 BIM 相关标准及指南

相关试验测试环境加快建设。当前，面向数字建筑全链条、全要素的测试验证环境和测试工具需求日益强烈，然而数字建筑测评仍面临诸多难点：一是，平台、安全、应用等测评规范不健全，导

致测试验证规则不明确；二是，数字化发展背景下，BIM、GIS、大数据等新兴技术融合应用快速迭代，缺少针对性的测试验证软件。近年来，中国信息通信研究院一直致力于完善 BIM 标准测试验证环境，联合国内 BIM 软件企业共同推进 BIM 综合测试验证平台及重点行业应用测评能力建设，目前已形成覆盖 BIM 工业互联网测试、BIM 软件安全测试、BIM 软件质量测试等重点领域的测试环境及工具链建设，有效验证软件基础质量、技术创新性、安全性等特性，以及 BIM 软件与云计算、大数据、人工智能等 ICT 新技术融合效果，以评促建、以评促改，为助推 BIM 软件和数字建筑持续健康发展夯实基础。

## （二）发展意义

发展数字建筑是推进智能建造、提升“中国建造”核心竞争力的关键路径。建筑工业化是从建筑业生产方式的角度，以标准化设计、预制化生产、装配式施工等工业化模式，转变传统建造粗放手工作业，提高建筑业劳动生产效率、提升建筑质量品质的深刻变革。数字建筑则是以信息化手段带动新型建筑工业化发展的重大突破，通过协同建筑制造领域新工艺、新设备以及人工智能、物联网、BIM 等新兴技术，借助系统化集成设计、精益化生产施工等方式，进一步提高生产效率和工程质量，解决大规模制造与建筑施工、部品生产与建筑技术脱节等问题，助力实现智能建造与建筑工业化的跨越式发展。

发展数字建筑为加快建筑数字化转型、助推高质量发展注入强

**劲动能。**当前，建筑产业的数字化进程仍处于相对滞后的状态，面临各行业信息不互通、跨专业不协调等问题。通过数字建筑及其核心 BIM 等技术，以信息共享、专业协同等能力对全要素信息进行数字化升级，推动数据信息及资源在建筑工程建设全过程中的流通共享、挖掘利用。数字建筑能有效聚合产业链中供应商、设计方、施工方、运维方、业主方等各环节主体，实现横向端到端全产业链参与的能力协同、纵向打通建筑工程全生命周期的专业间协同，打造空间无边界、企业无边界、业务无边界的跨地域、跨企业协同新模式，带动建筑业全面转型升级。

**发展数字建筑是推行绿色建造、落实“双碳”战略目标的必然要求。**据国际能源研究中心报告，全球约 40% 的碳排放量来自建筑行业，高水平推动建筑业绿色低碳发展，将是实现城乡建设领域“碳达峰、碳中和”目标的重要举措。据 Research And Markets 统计数据显示，2020 年全球净零碳建筑市场规模为 168 亿美元，未来五年复合增长率达 18.7%，大力发展绿色建筑、装配式建筑、超低能耗建筑将成为未来建筑业发展的必然趋势。数字建筑在建筑节能减排方面具有巨大潜力，通过利用大数据、云计算、物联网等新技术赋能，推进绿色设计、绿色生产、绿色施工和一体化装修等新模式推广应用，有效降低建造全过程的资源消耗和环境污染，进一步减少碳排放，有助于提升建筑建造绿色低碳水平。

## 二、数字建筑总体架构

数字建筑的本质是通过融合新一代信息技术和先进制造理念，

聚合建筑行业全要素，构建数字建筑平台，提供贯穿产业全链条、连接工程全参与方的技术、应用和平台服务体系，支撑和赋能建筑行业数字化转型。数字建筑框架体系可总结为“三横·两纵”结构，自底向上分为基础设施层、能力平台层、应用服务层三横平台架构层，以及标准规范、安全防护两纵基础保障体系。



来源：中国信息通信研究院

图 4 数字建筑总体架构

基础设施层提供数字支撑底座。基础设施层为上层平台和应用提供感知、计算、存储、网络等资源。相比于传统基础设施，数字建筑更注重基础设施的泛在感知、混合异构、灵活扩展、实时响应、虚实映射等特性，系统支撑建筑全场景全要素的资源优化配置和业务高效协同。感知基础设施结合射频识别、红外感应器、摄像头等信息传感设备，实现建筑智能化识别、定位、跟踪、监控和管理；

计算基础设施集成 CPU、GPU 等异构系统和混合云架构，提供高效渲染、负载均衡的算力能力；存储基础设施基于超融合和分布式存储、软件定义存储等技术，支撑海量数据访问、数据安全保护等业务需求；网络基础设施借助 5G 移动通信、千兆光纤网络、物联网、工业互联网、虚拟专用网等，搭建高安全性、高灵活、高质量的信息数据传输管道；测绘基础设施通过三维激光扫描、无人机倾斜摄影等，采集更新地理信息、建筑信息等多维度数据，打通物理世界和数字世界。

**能力平台层构建体系能力中枢。**能力平台层汇聚异构数据、多源模型、行业知识、专用技术和业务系统等关键资源要素，提供数据使能、图形使能、业务使能等专业服务，以及人工智能、大数据、机器人、CIM 等新技术融合赋能服务，为上层的应用服务层提供共性技术支持和应用开发服务等。**数据使能平台**是面向建筑信息全面数字化需求，提供全过程、全专业数据分级分类存储管理的主要载体，包括汇聚空间数据、工程数据、住房数据、物联网数据等多渠道多类型数据的数据湖体系，多源数据库访问、跨网段数据通道、数据交易确权等数据开放体系，核心数据全链路监控、数据看板、数据安全等数据管理体系，以及数据检索、数据交换、数据门户等数据服务体系。**图形使能平台**是集成 BIM 平台的几何造型、布尔运算、图形渲染、模型可视化、数据互联互通等三维图形能力，搭建与现实世界精准映射的统一信息模型，实现建筑全生命周期业务协同的关键核心，在支撑 BIM 行业应用软件开发过程中也发挥了重要

作用。**BIM** 三维图形平台正与物联网、**GIS** 等加速融合，为智慧城市建设提供信息整合、空间管理、智能运维、数字孪生等技术支撑。**业务使能平台**是围绕用户差异化业务需求，通过整合各类共性业务组件、搭建统一应用开发环境等，提供多专业模型集成、**BIM** 模型轻量化、跨平台协同管理、计算性能分析、辅助优化设计等服务，实现项目集成化、精细化、专业化管理。

**应用服务层承载各类服务业务。**应用服务层主要聚焦智能建造、装配式建筑、数字城市等场景，提供了覆盖勘察、规划、设计、施工、运维等建筑全生命周期 **BIM** 应用软件，以及面向协同设计、智能生产、智慧工地、智慧运维、智能审查、绿色建造等典型应用场景的数字化应用解决方案。行业服务平台全面支撑和服务建筑工程项目全参与方，形成全产业链、全过程融合一体的数字建筑应用服务体系，高效提升工程品质效益和保障质量安全，加速建筑业数字化发展和转型升级进程。

### 三、数字建筑典型模式

数字建筑是新一代信息技术、先进制造理念与建筑业深度融合的产物，通过智能感知技术、先进计算技术、网络通信技术、共性平台技术等多类型技术的集成化创新和协同化应用，构建技术支撑底座，最终形成全链条数字化协同、全周期集成化管理、全要素智能化升级三大典型模式，促进高质量、高效益、低消耗的新型建筑工业化发展。



来源：中国信息通信研究院

图 5 数字建筑关键技术和典型模式

### （一）全链条数字化协同

全链条数字化协同是以 BIM 三维图形技术为核心，通过采用统一建筑数据模型在各环节间高效流转，进而实现各参与方业务协同。全链条数字化协同主要涉及模型构建、模型流转、模型互操作、模型验证等领域创新发展。



来源：中国信息通信研究院

图 6 数字建筑的全链条数字化协同流程

模型构建是建筑模型全链条数字化协同技术的基础。各类建模技术不断创新，加快建筑建模迭代发展。在数据建模方面，将 BIM 技术与人工智能技术相结合，利用数字化模型智能化完成建筑方案设计、结构优化设计、机电管线智能设计、多专业管线综合、精细化统计算量、自动出图、AI 识图建模、AI 排图等。在仿真建模方面，通过建筑性能分析软件，建立性能化设计所需要的分析模型，并采用有限元、有限体积、热平衡方程等计算分析能力，对建筑不同性能进行仿真模拟，以评价设计项目的综合性能。同时，结合虚拟仿真技术，真实再现从设计到施工过程中各个环节，确保工序的规范化、科学化，在保证质量的同时发现并修正问题，降低后续施工损失。如基于对抗神经网络的深度学习人群仿真算法，对 BIM 模型中的人流的运动路径进行仿真。在业务建模方面，通过建筑多维信息模型的构建和共享，减少模型信息的流失，并为相关业务人员提供交流平台，提高项目综合管理水平，达到降本增效的目的。如基于三维设计模型，通过使用招标辅助工具，方便业主对工程量、

造价及复杂造型种类等进行全面了解和评估。

**模型流转**是将项目设计、深化、采购、生产、运输、施工、验收等各环节全面打通，实现项目构件数据在全生命周期的流转与共享。在模型提取合并方面，根据特定用例的模型标准（如运维标准）生成所需 BIM 子模型；将分专业、系统、楼层模型归并、重构，进行增量化存储。在压缩优化方面，在保持关键特征与网格水密性的前提下，结合几何特征抑制与网格简化方式减少模型非必要细节；基于结构冗余、几何配准、精度归并方式，提高模型存储、传输、渲染效率。如通过将 BIM 模型轻量化，提升数据加载展示性能，以支撑大场景多个 BIM 的加载需求，实现 BIM 模型在 Web 端、移动端的“轻量化”应用模式。在模型可视化方面，通过构建对模型内容要求的描述语言，实现对各类 BIM 应用所需的模型内容进行形式化的定义和可视化展示。如在项目设计阶段和施工阶段，通过模型可视化消除设计分歧，简化工作流程，帮助开发者节省成本，提高团队间协作效率。

**模型互操作**实现不同 BIM 平台之间的数据传输和协同工作。在模型接口方面，通过定义了不同 BIM 软件与协同平台间的统一数据调用方式与信息交互流程，确保不同的 BIM 软件可基于单一协同平台共享 BIM 数据，为 BIM 数据在全生命周期中实现可共享奠定基础条件。在模型翻译方面，由于不同厂商的 BIM 设计平台生成的模型在数据格式、构件完整性规则方面存在较大差异，导致这类异构模型实现互操作难度极高，解决方式是利用模型翻译程序，通过定

义统一的模型格式作为中间过渡，完成不同开发平台模型与通用数据模型间的翻译转换，实现跨平台模型的互操作。

**模型验证主要涵盖合规验证和数据质量验证等。**在合规验证方面，通过对相关领域工程建设进行强制性规范，实现基于数字化规则和语义模型的检查，可检查条款选择、模型可视化、错误定位、结果语义化及其他相关功能。在数据质量与交互性验证方面，通过对 BIM 数据的完整性一致性检查，突出检查结果的语义化表示，或对外提供对模型的简单编辑功能。

## （二）全周期集成化管理

全周期集成化管理是指借鉴标准模块化的设计理念和平台化管理模式，依托数字化设计平台等新技术和新平台协同创新，实现覆盖设计、生产、施工、运维、监管等全周期集成化、信息化、精益化管理。



来源：中国信息通信研究院

图 7 数字建筑的全周期集成化管理流程

在集成设计方面，主要依托 BIM 图形建模技术和平台软件统筹推进建筑、结构、机电、设备、管线、装修等多专业一体化集成规划与设计，并通过模数协调、统一标准接口等集成方法，既避免二

次拆分设计，提升设计环节整体效率，又为实现大规模工业化生产制造提供技术支持。

**在标准生产方面**，依托工业互联网、大数据等技术与智能化生产、网络化协同、规模化定制等模式，将建筑构件、部件生产需求与制造能力、工业知识精准匹配，推进标准化、模块化、集成化发展，增强资源高效配置和产能利用水平，实现工厂制造与现场建造一体化推进。

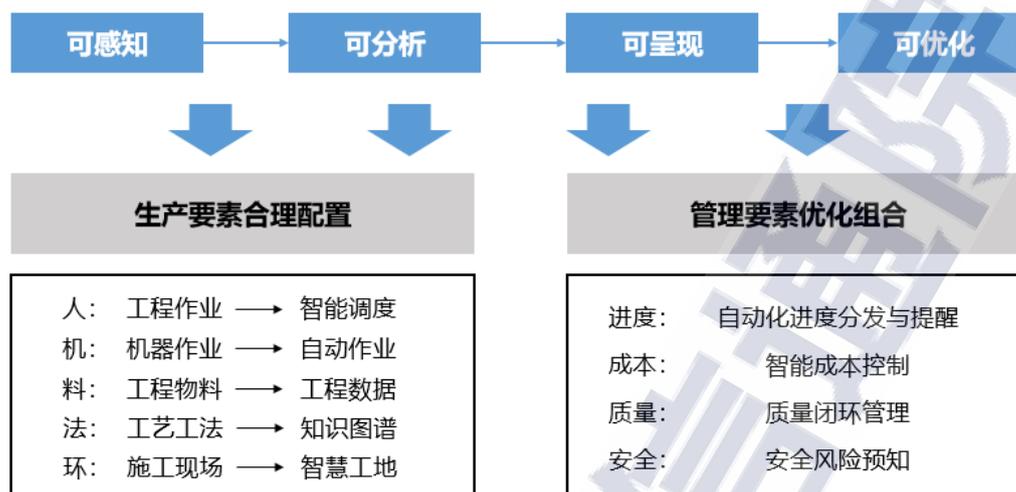
**在精细施工方面**，综合利用物联网等技术、智慧施工管理等系统平台、ERP 等管理软件，完成进场物料的验收调度、集成部件的装配模拟、建筑工人的有序管理、工程设备的安全监测、施工现场的可视化管理等，实现从生产调度、物流调度、施工调度等信息自动化流转和工程项目降本增效。

**在运管监管方面**，依托数字建筑平台搭建数字孪生建筑体，通过链接建筑内广泛分布的智能物联网设备，实施现场设备、环境等数据实时采集、汇聚、分析，提供预测性运维、设备故障诊断、空间异常报警等技术服务，有效降低运维成本。

### （三）全要素智能化升级

全要素智能化升级是指利用物联网、传感器、智能终端等技术产品对“人、机、料、法、环”等生产要素和“进度、成本、质量、安全”等管理要素进行实时、全面、智能的监控和管理，运用 BIM、CIM 等技术搭建虚实结合的数字孪生建筑，实时洞察历史数据及其变化趋势，并结合人工智能、大数据等技术对各要素数据进行分析

诊断，实现全流程全要素可感知、可分析、可呈现及可优化。



来源：中国信息通信研究院

图 8 数字建筑的全要素智能化升级体系

在可感知方面，传统过程数据通过传感器感知、人工采集等方式进行收集，由于建筑工程项目的大规模及高复杂性等特点，导致现场的管理存在较高的难度及复杂性。AI 数字图像、动态识别，物联网、无线定位、移动智能终端等数字建筑相关技术的运用有望持续提升感知能力，实现全面感知、实时互联的目标。目前我国智能感知的应用主要集中在建筑工人身份管理、施工机械运行状态监测、高危重大分部分项工程过程管控、现场环境指标监测等方面，提升要素间互联互通水平、助推要素的优化配置是未来的发展方向。

在可分析方面，建筑工程大数据具有体量大、种类多、速度快、价值密度低等特征，智能分析的应用重点在于将工程决策从经验驱动向数据驱动转变，支撑建筑各项资源最优配置。通过利用 BIM 技术以生产要素数据为基础建立工程模型，并结合人工智能、大数据、

物联网等技术，可完成作业人员行为检测、设备实时精准管控、危险环境识别等任务。对建筑项目的建模需要在工程建造领域进行长期积累，提升我国在复杂工程问题分析能力是下一步的发展重点。

**在可呈现方面**，建筑行业上下游产业链延伸较长、参建方众多，数字孪生动态建筑模型可实现全过程的实时映射和动态更新，提高项目的协作效率和协同效果。依托 CIM 聚合已有 BIM 建筑数据、GIS 数据以及高程数据等信息，搭建数字孪生建筑群，可刻画建筑项目细节。随着数字孪生技术的逐渐成熟，数字建筑模型将进一步实现“全域感知、数据共享、交叉指挥、精准反馈”。

**在可优化方面**，依托数字建筑平台的分析诊断结果，在数字孪生建筑的赋能下，建筑产业将进一步提升管理质量，完成对建筑全要素的智能决策支持。在生产要素的合理配置方面，可实现人员智能调度、机器自动作业、工艺知识图谱生成等，全面提升施工效率；在管理要素的优化组合方面，主要体现在自动化进度分发与提醒、成本与质量的闭环管理、安全风险预知等方面。

#### 四、数字建筑典型应用

当前，数字建筑的典型应用主要涵盖协同设计、智能生产、智慧工地、智慧运维、智能审查、绿色建造六大场景，借助数字建筑领域新技术，不断推动数据资源在规划设计、施工、运维等工程建设全过程中的流通，引领建筑全生命周期项目管理提质增效，赋能建筑行业转型升级。

## （一）协同设计

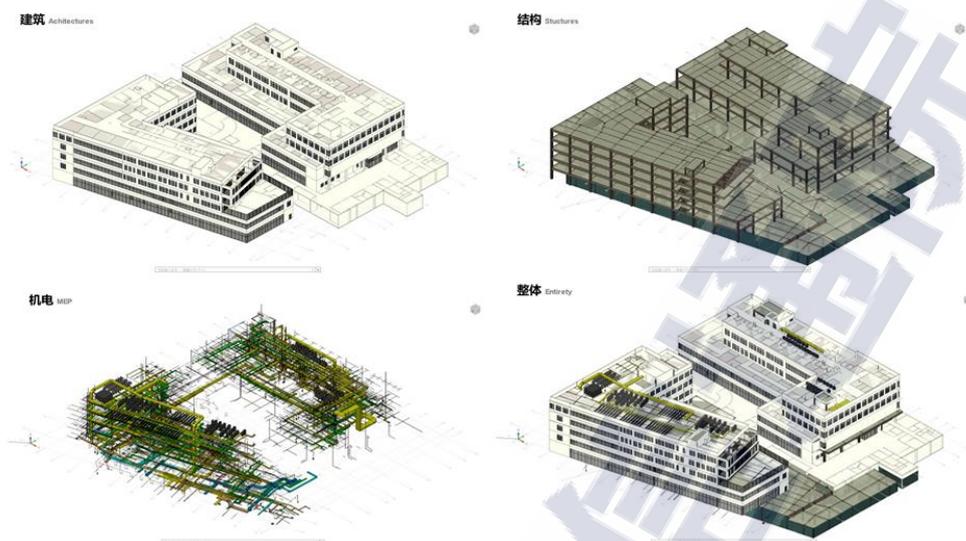
建筑工程设计阶段具有高度跨学科的特点，涉及到建筑、结构、机电等不同专业背景、不同专业视角的协同设计和建筑模型数据集的共享交换。传统设计模式中多方协同主要基于二维图纸和文档的频繁交换，数字建筑则通过构建三维信息模型及环境，实现跨专业数据协同和信息共享。

**基于 BIM 和协同平台实现多专业协同。**数字建筑集成建筑、结构、机电多专业知识，利用 BIM 技术对统一的三维数据模型进行建模仿真，并实时更新模型设计变更动态，实现建筑工程协同工作信息共享。结合当前国内建筑设计企业工作模式现状，可通过底图参照、合并工程、链接模型以及服务器协同等多种工作方式，满足专业内与专业间相互提资，从而有效提升参与者间的交流协作效率和设计质量，避免由于设计冲突产生的施工进度滞后、成本超支等问题，同时也有利于项目设计阶段的规范化管理。伴随国内数字建筑方面政策的加速推进以及 BIM 技术的广泛应用，已有大量工程项目采用全专业协同设计软件进行探索与应用。

### 专栏 1 协同设计案例

**案例 1：**南京江北新区精神卫生中心项目。该项目采用建筑全专业协同设计系统，实现建筑、机电、结构多专业一体化协同设计。其中，土建专业利用智能建模、协同设计、导入外部结构计算模型等，减少结构模型重新创建工作量；机电专业通过进行专业内及专业间的

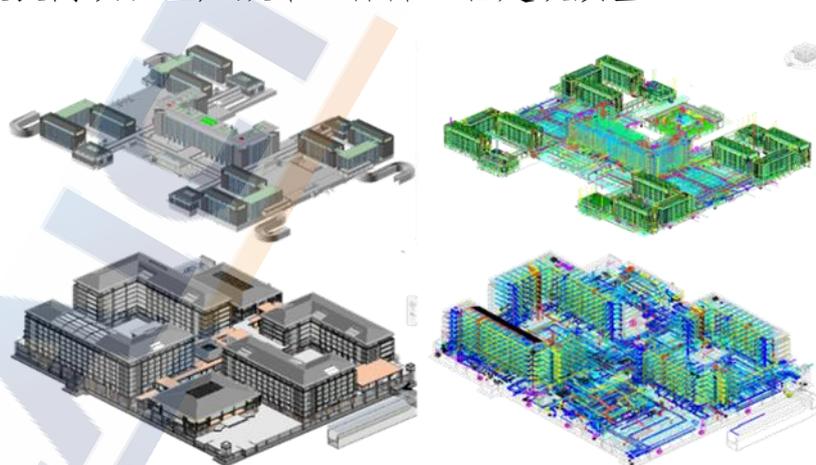
碰撞检查等工作完成全专业模型的创建。



来源：北京构力科技有限公司

图 9 南京江北新区精神卫生中心多专业协同建模示例

案例 2：北京城市副中心行政办公区项目。项目采用基于 BIM+GIS 技术的建设协同管理平台，利用 BIM 数字化设计解决方案，在设计阶段实现以正向 BIM 设计为基础的数字化全专业协同实施体系，有效提高项目生产效率，保障工程建设质量。



来源：中设数字技术股份有限公司

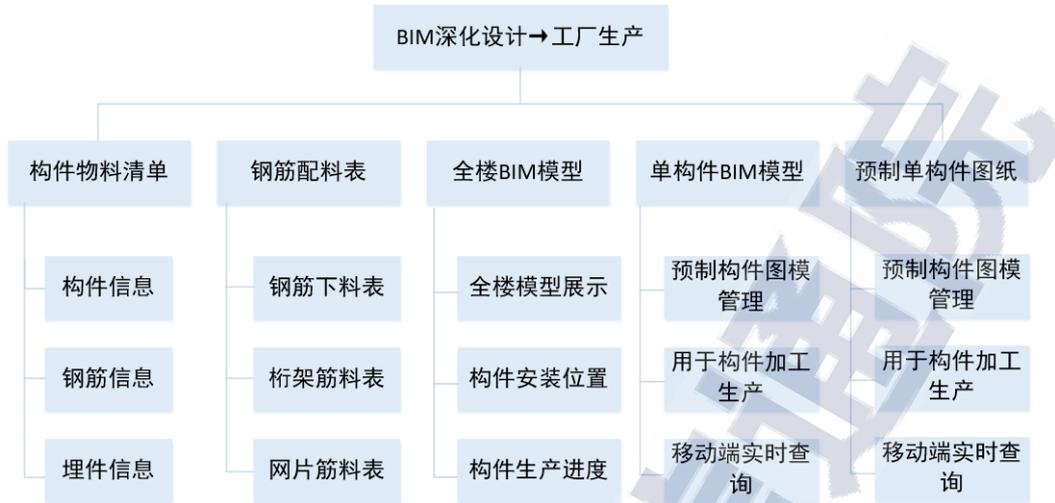
图 10 北京城市副中心行政办公区多专业协同建模示例

**基于标准化数据实现软件之间的互操作性。**数据级协同基于信息数据化、数据模型化、模型通用化的理念，以建筑工程项目的各项信息为数据依托，建立三维建筑信息模型。利用BIM技术，采用标准化模型数据为中心的协同方式，可通过软件间专有数据格式下的直接信息读取或输出中立数据格式进行数据共享交换，实现全专业软件间的数据兼容和流通，有利于重塑全专业设计流程，颠覆传统的文件级设计模式。

## （二）智能生产

新型建筑工业化生产带动传统建筑生产模式向自动化、数字化方向发展，利用数字建筑无缝连接 BIM 设计、工厂生产阶段，使 BIM 设计模型通过数据转换直接驱动各类数控加工设备，实现数据驱动设备自动化生产，推进构件生产管理的标准化和精细化，促进工厂生产线的智慧化升级。

**设计、工厂生产无缝对接。**在建筑工业化、数字化背景下，设计生产一体化是装配式建筑行业转型升级的必经之路。通过基于 BIM 设计数据的数据转换技术，实现工厂生产设备直接读取并识别源自设计端的 BIM 深化设计数据，进行构件生产排产，完成后续生产计划制定、原材料用量计算、生产完成情况更新等，指导工厂构件生产管理，实现从前端深化设计到后端高效精准生产过程中设计信息与加工信息的无缝对接及共享，优化工厂管控流程。



来源：北京构力科技有限公司

图 11 深化设计与生产加工的数据共享示例

**生产物料智能加工管理。**采用数字化加工制造技术，实现自动化钢筋生产线和智能混凝土搅拌站，确保物料的加工质量和生产进度。根据构件生产计划通过算法自动计算钢筋、混凝土等生产物料用量，结合云服务、大数据、物联网、智能控制等核心技术，对物料的生产订单、出入库、废料余料、加工等业务环节进行管理，从而提高原材料利用率，优化物料管理流程，减少管理成本，显著提高物料加工厂的生产效率和可视化、精细化管理水平，为高效、有序生产奠定了坚实的基础。

**工厂自动化生产流程管理。**基于数字建筑相关技术，实现工厂生产线的数字化管理。在底层集成生产线或生产设备的MES系统，顶层集成项目订单和物料供应链的ERP系统，结合PDA、RFID及各种传感器等物联网应用，根据生产任务直接驱动各类数控加工设备完成生产工序和生产质检，实现信息系统与现场设备的无缝对接。

将构件的生产计划、任务排程、工艺管理、生产过程和生产设备的数据采集、监控、计算和信息反馈服务进行整合，达到标准化生产线的无人值守自动生产，实现预制构件生产效率和质量的显著提升，有利于工厂生产线向精细化、规模化方向升级。

**智能堆场管理。**利用 BIM、GPS、无线通信等多技术融合，结合构件信息、堆场情况等因素完成构件出入库引导、构件堆场 BIM 模型展示、构件盘存、定位等智能化管理，实现堆场设备的自动化作业，大幅提高堆场的运作效率，降低运营成本，提升堆场的智能化管理水平。

### （三）智慧工地

智慧工地运用数字建筑相关技术，对施工现场全生产要素进行实时的一体化管控，辅助施工企业的科学分析和决策，全面提升建设施工的效率、质量和安全，助推工程建设管理的精细化、智慧化、高效化。

**施工现场人员管理。**由于施工现场环境复杂，劳务人员众多且流动性强，为现场人员管理带来较大的难度和风险。借助物联网、AI 动态识别、无线定位等技术实现人员基本信息共享、快速考勤和指挥协调等人员综合管理。在人员基本信息共享方面，利用数字建筑技术将分包企业、总承包企业、政府监管部门紧密连接起来，实现工人职业履历、劳动合同、考勤明细、奖惩记录等基本信息的多方数据互通、信息共享。在快速考勤方面，采用广角摄像头全面覆盖进出场通道，远距离抓取面部信息，自动检索人员身份，实现上

班不排队、考勤不作假、访客防擅闯、通行更快捷，有效提高考勤效率，规范考勤秩序。在指挥协调方面，利用基于物联网技术的智能安全帽，集成拍照、录像、GPS 定位、视频通话、视频监控、语音播报及报警联动终端，对佩戴人员的行驶轨迹状态进行监测，实现现场作业实时监控及远程指挥，提升对施工现场人员的综合管理水平。

### 专栏 2 施工现场人员管理案例

深圳（哈尔滨）产业园科创总部项目采用 BIM5D 平台+智慧工地平台，合理协调计划、管理人员，实现领先工期 15 天。平台可实现人员实名制登记、二维码特种人员管理、实名制考勤、出勤统计分析、用工分析等工地人员管理功能，能够协助企业管理人员实时掌握各项目人员分布情况，迅速定位人员异常问题并及时解决，提高对项目人员综合管理效果。



来源：广联达科技股份有限公司

图 12 施工劳务人员管理系统示例

**施工现场设备管理。**数字建筑的出现为塔吊等建筑工程机械设备的高效、科学管理提供了有力的技术支撑，有效减少和预防了安全事故的发生。一是，通过前端摄像头及监控传感器等物联网技术进行数据采集，可对施工现场塔吊运行过程中关键数据进行实时监测，包括起吊重量、高度、幅度、回转、力矩等数据，实时掌控塔吊的运行状态。二是，利用三维群塔防碰撞算法和塔臂区域保护机制，监视塔机的运行状态，防止碰撞发生，并根据实时监测信息自动判断异常，报告相关安全隐患，以便于项目及时处理。三是，通过对施工现场设备的远程监控，便于项目管理人员查看设备的实时数据、报警记录、工效分析等多维度分析数据，随时随地了解现场情况，及时进行远程沟通，实现对设备的实时精准管控，保障工地的安全生产。

### 专栏 3 施工现场设备管理案例

案例 1: 北京城市绿心三大公共建筑共享配套设施 1 标段项目中安装了 12 台塔吊，群塔交叉施工情况较多，并且和其他标段存在塔吊施工交界，碰撞风险较高。项目采用运行塔吊监测系统后，实现施工现场塔吊设备的实时监控和智能化管理。一是，利用塔吊上安装的高空摄像头精确识别违规作业现象，通过数字广播及时提醒工人改正违规作业，达到更有效的实时现场管控效果。二是，运用平台预警信息统计分析功能，对塔吊管理提供塔机循环次数、载重、报警信息等多维度数据分析，及时对塔司和信号工进行针对性的安全教育，避免安全事故的发生。

**案例 2:** 山东潍坊寒亭住房和城乡建设局 5G 智能建造监管平台项目采用智能建造平台，实现施工现场塔吊及吊钩可视化管控。平台综合应用 5G、人工智能、边缘计算各类感知终端等先进技术，对施工设备运行情况进行实时、动态采集，有效支持施工质量、安全、进度管理。

**施工现场物料管理。**借助 AIoT 技术实现对施工现场大宗物资验收的智能管控。通过在施工现场地磅周边及磅房内部安装红外对射仪、摄像头、工控机、高拍仪、UPS 电源、磅单打印机等硬件，对物料进行快速入库验收、验收记录抓拍、一次过磅打印磅单等自动化、智能化管控，实现过磅现场实时情况的可视化、可追溯、可留存，有效避免人为因素造成的材料亏损，提升现场人员的过磅效率，同时通过对业务数据进行准确、实时收集，加强业务单据标准化管理，助力施工现场物资的精细化、高效化管控。

#### 专栏 4 施工现场物料管理案例

武汉市金银湖大厦建设项目中采用智慧工地物料管理系统，实现对地磅材料进场验收及信息录入、移动端材料进场验收及信息录入、车辆皮重情况分析、综合数据分析等功能，对施工现场物料验收进行数字一体化管控，显著提升验收效率。根据项目统计数据分析显示，通过智慧工地物料管理系统，使得该项目材料使用量与其它同类型项目相比节约 20% 左右。



**施工现场质量管理。** 建筑工程项目施工规模较大、工序复杂，借助数字建筑可强化施工关键环节的质量控制，确保施工过程满足质量管理要求。以 BIM 模型为载体，数字化集成质量检查项维护、质量检查计划制定、过程实测实量数据采集、质量问题生成及整改、检查数据统计查询、分析预警等管理内容，贯穿质量问题的检测、分析、整改、复查等环节，对施工全过程质量进行严格监控和可视化展示，严把质量关，做到管理留痕，保证项目可控、在控、受控。

### 专栏 5 施工现场质量管理案例

宜宾市三江口中央商务区一期工程项目中采用数字工地质量检查系统，实现可视化展示项目施工情况和现场信息，记录质量检查过程数据并分析，及时整改相关问题，显著提高施工质量。经项目统计，通过数字工地质量检查系统进行施工质量管理，现场共发起质量问题 866 条以上，整改闭合率达 95%，实现留痕追溯，大幅提

高整改的效率。

**施工现场安全管理。**综合运用数字建筑领域技术手段，实时监控施工现场各监管要素的安全状态，实现快速发现、整改、复查安全隐患信息，有效预防和减少安全事故的发生。通过在施工现场安装鹰眼摄像机、球形摄像机、枪式摄像机等物联网终端进行数据采集，将现场视频数据传输到项目总控中心，实现施工场地实时监控无死角覆盖、远程查看施工实况、记录历史录像进行留存取证等。利用 AI 摄像头监测事件联动，协同智能广播、遥控寻呼话筒等方式有效提醒现场施工人员及时纠正，实现远程生产指挥调度，提高工人安全意识，保障现场施工安全。

#### 专栏 6 施工现场安全管理案例

石家庄市儿童医院项目中采用智慧工地安全管理系统，进行施工现场远程监控、录像回看、广播联动及远程调度，实现对施工场地安全隐患的有效排查、迅速反应、实施决策等。在施工过程未出现一例质量、安全事故，充分提高建设工程的施工安全及现场处置能力，有效实现了安全管理升级。

#### （四）智慧运维

智能物联时代，运用数字建筑中 BIM、云计算、大数据、智能控制等技术，赋能传统设备实现物联网化统一管理运维，实现设备、终端等建筑资产的可视化、精细化、动态化运维管理，提升建筑生态化、绿色化管理和运营水平。

**基于多维度数据在线监测实现全域运营生态可视化。**通过在建筑内外部空间部署各类传感器、监控设备，采集建筑能耗数据、环境数据、水质管理数据、视频监控数据等，进行智能分析，实现全区域环境质量动态可视化。在建筑能耗监测方面，可实时全面地采集水、电、油、燃气等各种能耗数据，动态分析评价能耗状况，辅助制定并不断优化绿色节能方案，控制耗能设备处于最佳运行状态。在环境管理方面，通过抓取传感器信息，实时监测温度、湿度、CO<sub>2</sub>、PM2.5、PM10、CO、甲醛、噪声，对建筑空气、噪声等环境健康状况进行全面监测及管理。在水质管理方面，对影响建筑用水的关键指标水质参数，如浊度、余氯、pH 值、电导率等，进行长期监测和定期检测，全面提高供水水质，保障建筑用水的健康性、安全性，助力建筑以绿色、生态的方式运行，提升建筑品质、延长建筑寿命，打造舒适健康的生活环境，为绿色建筑运营优化提供关键支撑。

### 专栏 7 建筑全域运营在线监测案例

常州市维绿大厦项目中采用绿色智慧运维管理平台，实现建筑环境多维度数据实时在线监测，针对能耗管理、环境管理、水质管理、设备设施、报警记录、安保管理、会议室等模块进行分类展示，各模块相互独立且功能环环相扣，为用户提供全区域动态可视化。通过绿色智慧运维管理平台进行能耗及环境监控，解决维绿大厦室内虽安装多合一空气质量传感器，但未长期监测、无数据的现象；集成能耗管理、环境管理、视频监控等多个子系统，解决运维过程中大量信息孤岛带来的管理问题，同时结合绿色建筑特点实时评价、展示绿色建筑

实际运行数据，实现绿色示范园区的绿色低碳示范效果。

**赋能资产设备物联网化实现一体化运维管理。**建筑进入运维阶段，利用 BIM 和物联网技术对资产设备进行一体化监测管理与反馈，实时呈现建成物细节，并基于虚拟控制现实，实现远程调控和远程维护。针对建筑重要设备建立设备台账、台卡，便于日常的信息查看、录入、维修、保养使用。通过实时监测全面掌控设备整体状况和使用情况，及时进行设备状态跟踪、调控优化方案，简化设备管理工作，优化管理流程，为建筑设备科学管理提供有效的数据支撑。

**基于大数据挖掘分析实现超前预警和实时报警。**对现场设备实时运行数据进行分析和深度挖掘，便于发现潜在故障因素，提前采取相应预防措施。针对系统状态异常情况可进行判断并发起实时报警，通过多维度数据可视化展示告警信息，实现事件的实时监测、故障分析、智能预测，能够有效检测系统异常并追根溯源，为建筑后期运营维护的实时决策和应急处理提供保障。

## （五）智能审查

随着工程规模不断扩大，工程的精细化管理需求越来越迫切，传统基于二维图纸的人工审查模式已无法满足当前工程建设要求。在此背景下智能审查理念应运而生，指将 BIM 技术运用到工程建设项目的设计和审查审批环节，提高信息化监管能力和审查效率，推动建筑工程领域的数字化建设进程。

**BIM 智能审查实现工程建设项目合规性自动审查。**基于 BIM 的智能审查审批应用覆盖规划报建、施工图审查、竣工验收等环节。

聚焦建设项目本身，利用 BIM 技术和图文识别、语义识别、要素抽取等 AI 技术，对建设项目内部涉及的构件级对象进行数字化量化分析。通过机器学习算法可自动化判定模型中的设计信息与国家、行业和地方标准之间的符合情况，根据智能审查结果可以快速地对不同专业的 BIM 模型进行复核，实现建筑、市政、交通等专业的智能审查，显著提高审图人员的工作效率，减少人为因素出现的错漏情况，提高审查质量，带动 BIM 技术在建筑项目全生命周期的全面应用。

### 专栏 8 AI 智能审图案例

科大讯飞股份有限公司研发的基于 BIM+AI 技术研发的 AI 智能审图系统，结合 BIM 技术及自然语言处理技术，通过机器学习算法获取并识别要审查的建筑行业相关标准条文，应用于工程建设项目审查审批。根据审查统计数据显示，完整的审查流程用时约为 4 分 40 秒，一键审查环节用时只需 1 分 50 秒，显著提升审图效率。

**BIM 智能审查实现三维模型设计合规性自检。**在工程建设项目的设计环节，应用 BIM 智能审查能够实现辅助设计、属性自检，使设计人员按照交付标准要求对模型数据进行规整和自检，对缺失必要属性的构件进行汇总和修改，弥补以往 BIM 软件在模型设计和属性挂接方面的不足，保证 BIM 设计模型的完整性和规范性。

## （六）绿色建造

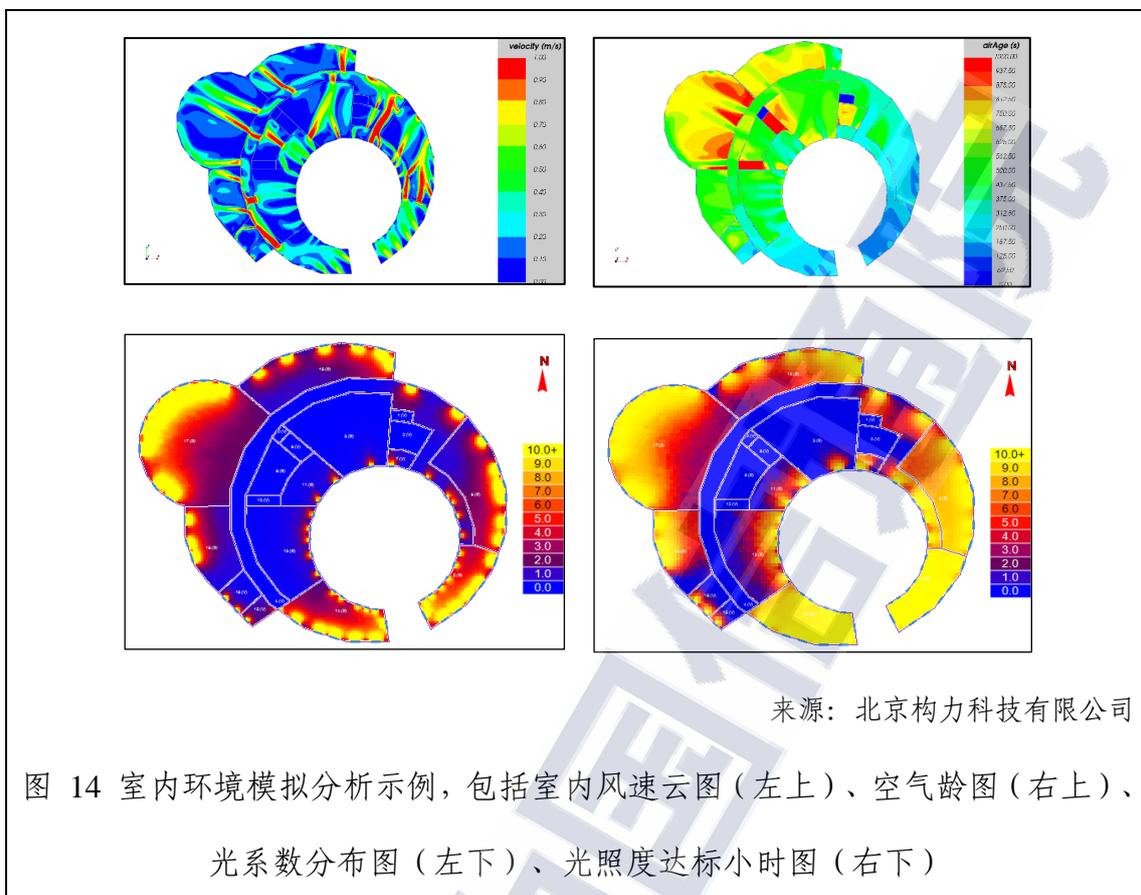
绿色建造应用贯穿建筑项目全生命周期，其中重点体现在绿色

设计阶段，通过建立建筑信息模型，对建筑内部及周围光、声、热、风等环境方面的性能进行仿真模拟，实现绿色建筑综合性能的评价和优化。

**基于 BIM 的室内环境性能化设计分析。**以提升用户体验与提升建筑整体品质为基本目标，基于 BIM 技术建立建筑信息模型，对室内多项环境性能进行模拟计算，调用不同内核开展模拟分析，结果以云图、矢量图、项目效果动图等形式直观呈现，实现建筑环境量化可视化，在此基础上进行性能优化。对于新建建筑，通过室内环境模拟分析可以全面评估建筑设计方案的合理性，便于对方案的优化调整；对于既有建筑、扩建建筑类型，在建筑运行阶段中，通过室内环境模拟分析可对建筑环境状况及时有效摸底、优化调整策略，保障建筑运行过程中定期、分阶段的持续维护、再次评估，提升建筑整体品质和人居环境的舒适度、感知度和幸福度。

### 专栏 9 绿色建筑室内环境模拟分析案例

绿色建筑室内环境模拟分析系统通过建立待建项目的建筑详细模型或直接读取 BIM 模型，对室内多项性能进行模拟计算分析。主要支持建筑综合能耗模拟分析、室内环境性能设计，包括室内气流组织与风环境模拟、室内声环境模拟与构件隔声、室内光环境与空气质量的模拟分析等。从绿色建筑的理念出发，对建筑室内环境进行改善和优化，实现建筑绿色可持续发展。



**基于建筑信息模型的室外环境性能化设计。**针对待建项目的选址、场地设计、建筑布局以及对市政、周边既有建筑的影响，利用建筑信息模型和模拟仿真技术，建立性能化设计所需要的分析模型，对待建项目的室外风、光、声、热环境提前进行模拟，对建筑室外环境的不同性能进行分析优化，包括对建筑项目的节能设计、室外风环境、室外光环境、室外声环境、居住区热环境等方面的性能分析，用于评价设计项目的综合性能，反馈给设计环节进行优化，在保障建筑品质提升的基础上助推节能减碳，体现绿色建筑以人为本、倡导低碳生活的发展理念。

## 五、数字建筑发展建议

我国数字建筑发展态势良好，但整体仍处于发展初期，仍面临关键技术缺失、应用渗透不足、生态建设不完善、高端人才缺失等严峻挑战。“十四五”时期是我国推进建筑业全面转型升级的关键时期，也是数字建筑发展的重大机遇期，应坚持以新一代信息技术为驱动，加快数字建筑技术攻关、应用推广、生态完善、人才培养等，支撑城乡建设绿色发展和高质量发展战略目标。

**补齐技术短板，深化技术融合。**加快建筑业基础研究和创新实践，推动 BIM 平台及软件等技术在规划、勘察、设计、生产、施工和运营维护全过程的集成应用，实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理，为项目方案优化和科学决策提供依据。加大人工智能、大数据分析、数字孪生、虚拟现实、5G 等新兴技术与数字建筑的融合应用，全面提升建筑全流程的智能化水平。

**完善生态体系，营造发展环境。**结合技术应用和产业发展趋势，完善数据格式、数据安全及软件等数字建筑标准体系，分领域推进实施标准化工作。完善数字建筑测试验证体系，支持建设一批面向跨行业跨领域、特定区域和特定行业的试验测试环境，开展技术成熟度、功能完整性、协议兼容性、数据安全性等试验测试。建设数字建筑公共服务平台，为企业提供技术咨询、测试认证、人才培养等服务。

**打造示范项目，深化融合应用。**鼓励企业研发数据采集、仿真分析、设备监测、安全监测、施工现场管理、设备远程运维、质量

检测等数字建筑解决方案，建立优秀解决方案遴选、更新、发布机制，畅通企业选择通道。开展数字建筑应用场景供需精准对接，吸引优质企业参与项目建设，将应用场景供给转化为企业发展的市场机会。

**创新培养体系，加快人才引进。**探索面向 BIM 等数字技术的多学科跨界交叉融合，推动产学研用多主体参与合作，建立以高等院校为主，社会培训机构和企业认证培训为辅的人才培养体系，推动综合性人才培养，提高人才实用性。加大高端技术、管理人才的引进力度，在关键领域精准引进国内外高层次人才。

## 附录 缩略语

AI	Artificial Intelligence 人工智能
AIoT	Artificial Intelligence & Internet of Things 人工智能物联网
AR	Augmented Reality 增强现实
BIM	Building Information Modeling 建筑信息模型
CIM	City Information Modeling 城市信息模型
ERP	Enterprise Resource Planning 企业资源计划
GIS	Geographic Information System 地理信息系统
GPS	Global Positioning System 全球定位系统
IoT	Internet of Things 物联网
MES	Manufacturing Execution System 制造执行系统
PDA	Personal Digital Assistant 个人数字助理
PM	Particulate Matter 颗粒物
RFID	Radio Frequency Identification 射频识别
UPS	Uninterruptible Power System 不间断电源系统
VR	Virtual Reality 虚拟现实

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-62302722

传真：010-62303156

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)

