

数智融合背景下建筑环境智能系统的架构设计与实践路径研究

于红

青岛市社会科学院 山东 青岛 266071

摘要：数智融合背景下，建筑环境智能系统成为建筑行业转型关键。本文阐述其核心内涵，从架构设计原则、总体设计（含四层架构与反馈闭环）及关键技术适配等方面构建系统架构，剖析现存技术、实践落地、人才与管理问题，提出技术融合优化、标准体系构建、人才队伍建设、试点示范与推广等实践路径，旨在为建筑环境智能系统发展提供理论支撑与实践指导，推动建筑行业高质量发展。

关键词：数智融合；建筑环境智能系统；架构设计；实践路径

引言：在数智时代浪潮下，建筑行业面临从传统粗放型向智能精细化转型的迫切需求。建筑环境智能系统作为融合数智技术与建筑环境工程的关键产物，对于实现建筑高效管控、低碳节能、舒适便捷意义重大。然而，当前该系统在架构设计与实践应用中仍面临诸多挑战。基于此，深入探究其架构设计与实践路径，成为推动建筑行业智能化发展、助力绿色建筑与智慧城市建设的重点课题。

1 建筑环境智能系统核心内涵

建筑环境智能系统是依托数智技术与建筑环境工程深度融合，以实现建筑环境高效管控、低碳节能、舒适便捷为核心目标的综合性系统。其核心内涵涵盖“感知-分析-决策-执行-反馈”全流程智能化，打破传统建筑环境管控中设备孤立、数据割裂、决策滞后的痛点，整合建筑内温度、湿度、空气质量、能耗等多维度环境参数，结合人工智能、大数据、物联网等技术，实现环境调节、能耗管理、安全防控的协同优化^[1]。该系统既兼顾建筑使用者的舒适体验需求，又聚焦建筑低碳减排的行业要求，将技术赋能与场景需求深度绑定，本质是通过数智化手段重构建筑环境管控模式，推动建筑行业从“传统粗放型”向“智能精细化”转型，同时为绿色建筑、智慧城市提供重要的技术支持，彰显数智时代建筑行业高质量发展的核心导向。

2 数智融合背景下建筑环境智能系统架构设计

2.1 架构设计原则

数智融合背景下，建筑环境智能系统架构设计需遵循四大核心原则，确保系统的科学性、实用性与可扩展性。一是系统性原则，架构设计需统筹感知、网络、平台、应用全层级，实现各模块协同联动，避免出现数据

孤岛或功能脱节，保障全流程管控的顺畅性。二是数智化原则，深度融入大数据、人工智能、物联网等核心技术，突出数据驱动决策，提升系统的自主分析、智能调控能力，打破传统人工管控的局限。三是实用性与适配性原则，结合不同建筑类型（住宅、商业、工业建筑）的环境管控需求，优化架构模块配置，确保功能落地贴合实际场景，同时兼顾现有建筑设备的改造适配，降低落地成本^[2]。四是安全性与可扩展性原则，强化数据传输、存储、使用全流程安全防护，抵御网络攻击与数据泄露风险；预留技术升级接口，适配未来数智技术迭代与建筑环境管控需求的拓展，保障系统长期稳定运行。

2.2 架构总体设计（四层架构+反馈闭环）

2.2.1 感知层：数据采集核心

感知层作为建筑环境智能系统的数据采集核心与架构基础，负责全面、实时、精准捕捉建筑内外部环境参数和设备运行状态，为后续环节提供可靠数据支撑。它部署各类智能化感知设备，分为环境、设备状态、人员行为感知设备三类。环境感知设备如温湿度传感器等，采集室内外温度、湿度等核心参数；设备状态感知设备监测空调等设备的启停状态、能耗等信息；人员行为感知设备通过红外传感器等捕捉人员流动情况。这些设备采用分布式部署，覆盖建筑各区域，支持数据实时采集与初步预处理，能过滤无效、校准偏差数据，确保采集数据准确、完整、实时，为网络层数据传输和平台层智能决策奠定基础。

2.2.2 网络层：数据传输通道

网络层是建筑环境智能系统的数据传输通道，承担着感知层数据向平台层传输、平台层指令向应用层下发的关键职责，是连接各层级的关键纽带，影响系统响应

速度与管控效率。结合数智融合需求,它采用“有线+无线”融合传输模式,有线网络用以太网、光纤等技术传输大量高频、大容量数据,保障高速稳定;无线网络用WiFi、LoRa等技术降低偏远区域布线成本,提升部署灵活性。同时网络层集成数据加密、身份认证等安全防护技术,设置数据缓存模块,应对网络波动,避免数据丢失,确保感知数据实时上传、指令及时下发,保障系统全流程管控顺畅。

2.2.3 平台层:智能决策中枢

平台层处于建筑环境智能系统架构核心位置,是智能决策中枢,负责对感知层传输的数据处理、分析,结合预设模型与场景需求生成精准智能决策指令,指导应用层完成环境管控。它整合大数据处理、人工智能算法、云计算三大核心技术构建一体化平台。大数据处理模块清洗、整合、存储、挖掘海量感知数据,提取核心信息;人工智能算法模块部署机器学习等算法构建决策模型,提升决策精准度与自主性;云计算模块提供算力支撑,实现决策指令快速生成。平台层支持人机交互,管理人员可远程管控与人工干预,兼顾智能决策与人工管控协同性。

2.2.4 应用层:功能落地载体

应用层是建筑环境智能系统功能落地载体,依托平台层指令将数智化管控功能转化为实际应用场景,满足不同建筑和用户群体的环境管控需求,直接体现系统价值。它围绕建筑环境管控核心需求构建多元化应用模块,包括环境智能调节、能耗智能管理、安全防控、设备运维四大类。环境智能调节模块自动调节设备维持室内舒适;能耗智能管理模块实时监测能耗,实现低碳节能;安全防控模块及时预警安全隐患并应急处置;设备运维模块预测故障隐患,降低运维成本。应用层支持模块化定制,可根据不同场景灵活配置,提升系统适配性与实用性。

2.2.5 反馈闭环机制

反馈闭环机制是建筑环境智能系统实现动态优化、持续提升的核心保障,贯穿感知层、网络层、平台层、应用层全流程,打破传统系统“采集-决策-执行”的单向链路,构建“采集-传输-决策-执行-反馈-优化”的完整循环。反馈闭环机制主要分为三个核心环节:一是反馈数据采集,应用层在执行决策指令后,通过感知层实时采集环境参数调整效果、设备运行状态、能耗变化等反馈数据,捕捉决策执行过程中的偏差与不足;二是反馈数据传输与分析,网络层将反馈数据实时传输至平台层,平台层结合预设标准与历史数据,对反馈数据进行对比分析,识别决策指令与实际需求的差距,明确优化方向;三是指令优化与下发,平台层根据分析结果,优化决策模

型与管控参数,生成调整后的决策指令,通过网络层下发至应用层,指导设备调整运行状态,同时校准感知层的采集参数,确保后续数据采集的精准度。

2.3 架构关键技术适配

数智融合背景下,建筑环境智能系统架构稳定运行与功能落地,要靠关键技术精准适配。需结合架构各层级功能需求,选适配性强、成熟度高的数智技术,实现深度融合以提升智能化水平。感知层重点适配物联网与传感器技术,选高精度、低功耗、抗干扰强的感知设备,用IoT实现设备互联,确保数据采集实时准确;同时适配边缘计算,本地初步处理感知数据,减轻网络传输压力^[3]。网络层重点适配5G、LoRa、光纤通信等传输技术,依数据量、距离、场景灵活选传输方式,还适配数据加密、身份认证等网络安全技术,保障数据传输安全。平台层重点适配大数据处理、人工智能算法、云计算技术,构建高效算力与数据处理平台,实现数据挖掘和智能决策;同时适配区块链技术,提升数据存储安全与可追溯性。应用层重点适配智能控制、人机交互技术,实现设备精准控制与管理便捷操作;适配模块化开发技术,提升应用模块可扩展性与适配性。

3 建筑环境智能系统应用现存问题分析

3.1 技术层面问题

当前建筑环境智能系统在技术层面存在短板,制约智能化与运行效能提升,主要体现在三方面。一是技术融合不深入,多数系统“重硬件、轻融合”,数智技术与建筑环境工程仅表面融合,数据无法互通、协同不足,出现数据割裂、决策滞后问题,难以发挥数智融合优势。二是核心技术有瓶颈,自主研发的高精度感知设备、智能决策算法成熟度低,多依赖进口,增加成本且有技术卡脖子风险;数据处理与算力支撑能力不足,影响系统响应速度。三是技术适配性不足,现有技术多为通用型,未结合不同建筑类型和场景需求个性化适配,与老旧设备兼容性差,改造难度大、成本高,技术落地效果欠佳,难以满足实际管控需求。

3.2 实践落地问题

建筑环境智能系统实践落地受多重因素影响,存在诸多问题,未充分发挥实际价值。建设与改造成本偏高,数智化设备、研发、部署等投入大,老旧建筑改造还需拆除原有设备,成本进一步增加,产权方和运营方投入意愿不足,制约系统推广。场景适配性不足,系统部署多照搬通用方案,未结合不同场景差异化需求优化功能配置与管控模式,导致功能与实际需求脱节,难以精准管控。运维管理体系不完善,系统落地后缺乏专业运维

团队和标准化流程,运维人员专业能力不足,难以应对故障排查等需求,系统频繁故障且处置不及时,影响稳定运行与应用效果。

3.3 人才与管理问题

人才短缺与管理体制不完善,制约建筑环境智能系统推广应用与持续优化,难以支撑长期稳定运行与数智化升级。一是复合型人才严重短缺,系统涉及多领域,需要既懂建筑环境又熟悉数智技术的复合型人才,但当前行业此类人才供给不足,现有从业人员难以胜任相关工作,技术优势难发挥。二是人才培养体系不完善,高校、职业院校培养方案与行业需求脱节,课程设置缺乏针对性;企业内部培训不足,难以提升从业人员专业能力。三是管理体系不健全,缺乏统一制度与标准规范,数据、设备、运维管理等环节责任不明、标准缺失,问题频发;各相关主体协同不畅,沟通机制缺失,影响系统统筹推进与持续优化。

4 数智融合背景下建筑环境智能系统实践路径

4.1 技术融合优化路径

数智融合下建筑环境智能系统技术融合,要聚焦“深度融合、突破瓶颈、精准适配”。推动数智技术与建筑环境工程深度融合,打破壁垒,构建一体化技术体系,实现数据互通共享,推动智能决策落地,发挥协同效能。突破核心技术瓶颈,加大自主研发投入,重点研发关键设备、算法与平台,降低对进口技术依赖;加强与科研机构、高校合作,推动成果转化;优化数据处理流程,引入边缘与云计算融合技术,提升数据处理与算力支撑水平。提升技术适配性,结合不同建筑类型和场景需求定制方案,优化设备配置与管控模式;研发适配老旧建筑的改造技术,降低难度与成本,推动智能化升级,扩大应用范围。

4.2 标准体系构建路径

标准体系不完善制约建筑环境智能系统发展,需构建科学标准体系。明确构建方向,围绕系统架构、技术应用等关键环节,构建涵盖国标、行标、地标、企标四个层级的全方位标准体系。加快核心标准制定完善,优先制定架构设计、数据采集传输等核心标准,明确技术要求与操作规范;结合技术迭代和行业需求及时更新。强化标准落地执行与监督,建立健全监督机制,明确主体责任,加强各环节监督检查;加强宣传培训,提升从业

人员标准意识,规范行业发展秩序。

4.3 人才队伍建设路径

针对人才问题,需构建“培养-引进-激励”三位一体路径。一是完善培养体系,高校、职业院校优化方案,增设融合课程;企业加强合作,开展订单式培养和各类培训,提升从业人员能力。二是加大引进力度,出台政策重点引进高端复合型人才,吸引跨领域人才,优化队伍结构^[4]。三是健全激励机制,完善薪酬福利、职称评定、绩效考核制度,表彰优秀人才;搭建发展平台,提供技术、技能和职业发展空间,留住人才,推动队伍可持续发展。

4.4 试点示范与推广路径

试点示范与推广是系统广泛应用关键,要遵循“试点先行、总结经验、逐步推广”原则。一是科学选试点项目,优先选新建、重点区域及不同类型代表性建筑,定制个性化方案,给予政策资金支持。二是总结试点经验,跟踪监测评估试点项目,分析运行效能等问题,总结可复制经验,优化方案路径,提升实用性与可推广性。三是有序推进规模化推广,结合不同需求制定差异化方案;加强政策引导宣传,提升产权方、运营方投入意愿;搭建交流合作平台,推动各方协同,扩大应用范围,实现规模化、规范化发展。

结束语

数智融合为建筑环境智能系统发展带来新契机与挑战。通过合理架构设计与实践路径探索,虽能解决现存诸多问题,推动系统发展与应用,但建筑行业复杂多变,系统发展仍需持续创新。未来,需不断优化技术融合、完善标准体系、加强人才培养、扩大试点推广,以适应行业发展新需求,让建筑环境智能系统在建筑行业数智化转型中发挥更大作用,创造更多价值。

参考文献

- [1]王力.智能建筑电气设备对室内环境舒适度的影响[J].建筑·建材·装饰,2025(11):166-168.
- [2]雷屹.智能建筑技术在绿色建筑中的应用前景研究[J].江西建材,2025(8):10-12.
- [3]吕浩,杨从政.BIM技术与智能系统在建筑工程全生命周期中的应用[J].石材,2025(11):119-121.
- [4]薛文婕.基于智能系统支持的建筑空调智能化设计方案[J].智能建筑与智慧城市,2025(7):151-153.