

# 建筑电气系统智能化改造中的技术障碍与对策

文 / 汪 敏 安徽弘瑞交通科技有限公司

**摘要:** 为探究建筑电气系统智能化改造中的技术问题,通过分析技术标准与规范不统一、电气设备与信息技术集成难度大、数据安全与隐私存在隐患以及成本高昂与实施难度大等方面,剖析其中的技术障碍。分析认为,应制定统一技术标准与规范、加强设备与信息技术融合、提升数据安全与隐私保护以及降低改造的成本与难度,以有效推动建筑电气系统智能化改造进程。

**关键词:** 建筑电气系统; 智能化改造; 技术障碍; 解决对策; 发展挑战

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.035

## 引言

随着科学技术的快速发展,智能化已经成为建筑业转型升级的重要方向。传统的电力系统已经很难满足现代建筑对节能、管理方便、体验舒适的要求。与此同时,新兴的信息技术如物联网、大数据、人工智能等不断涌现,为建筑电气系统的智能化改造提供了技术支持。然而,在转型过程中,仍存在技术标准缺失、设备与IT融合难度大、数据安全性和成本高等难题,严重制约着智能化转型进程,亟须对其进行深入研究,寻求解决方案。

### 一、建筑电气系统智能化改造中的技术障碍分析

#### (一) 技术标准与规范的不统一

##### 1. 缺乏统一的技术标准和行业规范

在建筑电气系统智能化改造领域,目前尚未形成一套广泛认可且统一的技术标准和行业规范。各企业、研发团队往往依据自身理解和经验开展工作,这使得不同项目间的技术参数、接口标准等存在显著差异。例如,在智能照明系统中,有的企业采用特定的通信协议,导致灯具与控制系统的兼容性仅局限于自身产品体系;在电气设备的安装工艺方面,不同施工团队遵循的标准不一,可能引发设备运行不稳定等问题。这种缺乏统一标准的现状,不仅增加了项目规划与实施的难度,还使得后续维护、系统升级面临诸多阻碍,严重制约了建筑电气系统智能化改造的规模化推进。

##### 2. 不同技术方案间的兼容性问题

由于缺乏统一规范,市场上涌现出多种不同的技术方案用于建筑电气系统智能化改造。这些方案在硬件设备、软件算法以及通信协议等方面各不相同,彼此之间的兼容性问题突出。以消防报警系统与楼宇自动化系统的融合为例,部分消防设备采用的信号传输格式与楼宇自动化系统不匹配,难以实现信息共享与协同工作。在智能安防与门禁系统集成时,不同厂家产品的接口协议差异,使得系统联动功能无法有效实现。不同技术方案兼容性差,导致建筑电气系统智能化改造中,各子系统难以有机整合,无法发挥智能化系统的整体优势,降低了改造项目的综合效益。

#### (二) 电气设备与信息技术的集成难度大

##### 1. 传统电气设备与新型智能设备的技术差距

传统的电力设备设计思想和功能实现都是围绕着供电、配电、照明等基本用电运行需求展开的,技术结构

较为封闭和简单。新的智能设备通过物联网、大数据、云计算等先进的信息技术,具有远程监控、智能调控、数据分析等多种功能,技术更加开放、智能化。如接触器、继电器等传统装置只能用简单的电信号进行通断,缺少数据交互功能;而这种新型的智能开关,不但可以实现远程控制,而且可以采集和上传电力数据到云平台。这种技术上的巨大差异,导致传统电气设备在智能化改造时很难实现与新型智能装备的无缝对接,需要附加变换设备或者复杂的体系结构设计,增加了集成难度和成本。

##### 2. 信息技术在电气系统中的应用局限性

尽管信息技术为建筑电气系统智能化带来了诸多机遇,但在实际应用中仍存在一定局限性。一方面,电气系统运行环境复杂,存在大量电磁干扰,对信息技术中的通信稳定性造成挑战。例如,在工业厂房等强电磁环境下,无线通信信号易受干扰,导致智能设备数据传输中断或错误。另一方面,电气系统对实时性要求极高,部分信息技术在数据处理、响应速度上难以满足。如一些基于云计算的数据分析服务,在处理电气系统突发故障时,由于数据上传、云端处理及反馈的延迟,无法及时做出有效控制决策。

#### (三) 数据安全与隐私问题

##### 1. 数据传输中的安全隐患

在建筑电气系统智能化改造后,大量设备运行数据、用户操作数据等需要在不同设备、系统之间传输。然而,当前数据传输过程存在诸多安全隐患。一方面,无线网络传输广泛应用,但许多智能设备的无线加密协议强度不足,容易被黑客破解,导致数据泄露<sup>[1]</sup>。例如,部分智能电表采用的简易加密方式,可被不法分子利用专业工具轻易截获传输数据,获取用户用电信息。另一方面,在有线网络传输中,网络架构设计不合理、网络边界防护薄弱等问题,使得外部恶意攻击者可通过网络入侵,篡改或窃取传输中的数据,影响电气系统的正常运行,甚至引发安全事故。

##### 2. 系统中敏感数据的保护措施不足

建筑电气系统中存在着大量的敏感数据,如用户的身份信息、用电习惯、室内重要电器设备的运行参数等。目前,很多智能系统都缺乏对敏感数据的保护措施。在数据存储环节,一些系统没有对敏感数据进行有效的加密,一旦受到攻击,数据就会直接暴露出来。在数据存

取权限管理方面，权限划分不够细致，存在越权存取的风险；例如，有些物业管理者可能因为权限设定不当，而获得了不该接触的用户敏感电力数据。此外，由于缺乏对数据使用和共享的严格监管，易造成数据非法滥用，侵犯用户隐私和用户权益，对建筑电气系统的安全稳定运行构成潜在威胁。

#### （四）成本高昂与实施难度

##### 1. 高端设备和技术的投入成本

建筑电气系统智能化改造需要引入一系列高端设备与先进技术，这使得前期投入成本居高不下。智能传感器、智能控制器等设备，相较于传统电气设备价格昂贵，且为保证系统的智能化功能与稳定性，往往需要大规模部署。例如，为实现精准的环境监测与智能调控，一座大型商业建筑可能需要安装成百上千个各类智能传感器，成本投入巨大。同时，先进的数据分析软件、云计算服务等技术，也需要持续的资金投入用于购买许可、租赁服务器等。此外，设备与技术的更新换代快，为保持系统的先进性，后续还需不断投入资金进行升级，这对于许多资金有限的企业和项目来说，成为智能化改造的一大阻碍。

##### 2. 改造过程中的实施难度和管理复杂性

在建筑电气系统智能化改造实施过程中，面临着诸多实际困难与管理挑战。一方面，改造工程需要对既有建筑的电气线路、设备布局等进行调整，而既有建筑结构复杂、电气系统老化，施工空间有限，增加了施工难度。例如，在老旧小区智能化改造中，重新铺设电气线路可能需要拆除部分墙体、地面，对居民生活造成较大影响，且施工过程中易损坏原有建筑结构<sup>[2]</sup>。另一方面，改造涉及多个专业领域，如电气、通信、信息技术等，各专业之间协调配合难度大。不同专业团队在施工进度、技术标准等方面存在差异，容易出现施工冲突，导致工程延误。

## 二、建筑电气系统智能化改造中的技术对策

### （一）制定统一的技术标准与规范

#### 1. 行业内标准化工作的推进

在建筑电气系统智能化改造进程中，行业协会应充分发挥引领作用，联合科研机构与头部企业，组建专业的标准制定小组。小组需深入调研各类建筑场景，像商业综合体、住宅小区、工业厂房等。据统计，商业综合体平均拥有超过 500 个各类电气设备节点，住宅小区每栋楼电气设备节点约 50 - 100 个，工业厂房则因规模和生产需求不同，电气设备节点从几百到上千不等。依据这些不同场景电气系统特性与智能化需求，全面梳理现有的技术参数、接口标准、施工工艺等。以智能照明系统为例，明确规定采用通用的通信协议，如 ZigBee 或蓝牙 Mesh，统一灯具接口形式<sup>[3]</sup>。相关数据显示，采用统一通信协议后，不同厂家灯具、控制器在同一系统内的兼容性从不足 30% 提升至 90% 以上，能确保稳定运行。同时，邀请行业内权威专家对拟定标准进行严谨论证，从技术可行性、经济合理性、未来拓展性等多维度考量，反复修订完善。

#### 2. 促进不同技术方案的兼容性与互操作性

为破解不同技术方案兼容性难题，行业管理部门牵头搭建兼容性测试平台，引入专业的测试设备与软件工具，对市场主流的建筑电气智能化技术方案开展全面评估。鼓励企业在产品研发初期，遵循开放性设计理念，优先选用通用的接口协议，如 Modbus、BACnet 等，统一数据格式，增强产品跨系统协作能力。例如，在消防报警系统与楼宇自动化系统融合时，制定统一的信号传输规范，规定报警信号的编码格式、传输速率等。相关案例表明，实施统一规范后，两者信息共享成功率从 50% 提升至 95%，能保障高效协同工作。对于既有系统存在的兼容性问题，引导科研团队开发适配转换装置或中间软件。如研发一种协议转换器，能将老旧门禁系统的专属协议转换为通用格式，实现与新型智能安防系统的对接。行业管理部门严格监管，要求新推出的技术方案必须通过兼容性测试才可进入市场，并定期公布测试结果，对兼容性出色的产品与技术方案给予政策扶持、行业表彰。

### （二）加强电气设备与信息技术的融合

#### 1. 推动传统电气设备的智能化改造

面对传统电器设备和新型智能电器之间的技术差距，企业应该加大研发投入，建立专业的研发队伍，将重点放在传统电器智能化改造套件的研发上。例如，针对接触器、继电器等常用设备，设计了将微处理器、通讯单元和传感器集成在一起的智能控制模块，经过简单的加装，就可以实现传统的设备数据采集、远程控制和状态监控<sup>[4]</sup>。据实际应用案例，对某工厂 100 台传统接触器进行智能化改造后，设备故障预警准确率达到 90%，通过远程控制实现设备能耗降低 15%。科研院所充分发挥理论研究优势，与企业深度合作，探索一条低成本、易于实现的改造途径，如采用无线供能技术，解决智能模块供电问题，降低改造的复杂性。

#### 2. 强化信息技术与电气系统的深度集成

为突破信息技术在电气系统应用中的局限，从硬件与软件两方面协同发力。在硬件领域，科研团队加大研发力度，开发抗电磁干扰能力强的通信设备与传感器，优化电气系统布线设计，采用屏蔽线缆、合理规划线路走向等方式，降低电磁干扰对通信稳定性的影响。相关实验数据显示，优化布线设计并采用屏蔽线缆后，在强电磁环境下，无线通信信号传输中断次数从平均每小时 10 次降低至 1 次以内。在软件层面，针对电气系统对实时性、可靠性的严苛要求，开发高效的数据处理算法，引入边缘计算技术，在靠近电气设备端部署计算节点，对海量数据进行实时预处理，大幅减少数据上传至云端的延迟。数据表明，引入边缘计算技术后，系统响应突发故障的时间从原来的平均 5 秒缩短至 1 秒以内，确保系统能快速响应突发故障，及时做出精准控制决策。

### （三）提升数据安全性与隐私保护

#### 1. 强化数据加密技术和安全防护措施

在建筑电气系统智能化改造中，数据安全至关重要。首先，在数据传输环节，采用先进的加密算法筑牢安全

防线，如量子加密技术，利用量子力学原理实现绝对安全的密钥分发，从根本上杜绝数据被截获与篡改风险；对于常规应用场景，广泛应用 AES 高级加密标准，对设备运行数据、用户操作数据等进行加密处理，确保数据在传输过程中的机密性。相关数据显示，采用 AES 加密后，数据传输被破解的风险降低至 0.01% 以下。同时，构建完善的网络安全防护体系，部署防火墙、入侵检测系统、防病毒网关等安全设备，对网络边界进行严密监控与防护，阻挡外部恶意攻击者入侵<sup>[5]</sup>。定期组织专业安全团队对系统进行全面漏洞扫描，及时修复安全隐患，持续更新安全防护软件版本，提升系统整体抵御攻击能力。例如，智能电表数据传输采用高强度加密协议，结合多层网络防护，保障用户用电信息安全，避免因数据泄露引发安全事故与用户信任危机（见图一）。



图一：白盾防御系统架构示意图

## 2. 加强隐私保护机制的建设与管理

建立健全隐私保护机制是保障用户权益、维护系统稳定运行的关键。在数据存储方面，对敏感数据采用多层加密存储技术，如先使用对称加密算法对数据加密，再用非对称加密算法加密对称密钥，同时采用分布式存储方式，将数据分散存储于多个节点，降低数据被集中攻击风险。相关数据显示，采用分布式存储和多层加密后，数据被集中攻击泄露的概率降低至 1% 以下。在数据访问权限管理上，运用精细化权限管理模型，依据用户角色、操作需求、数据敏感度等因素，精确划分数据访问权限，通过身份认证、访问授权等手段，杜绝越权访问现象。比如，物业管理人員仅能获取与日常运维相关的非敏感用电数据，用户个人身份信息、详细用电习惯等敏感数据受到严格保护。

### （四）降低智能化改造的成本与难度

#### 1. 政府与企业合作，降低智能化技术的研发成本

政府应积极发挥政策引导与资源整合作用，与企业携手降低智能化技术研发成本。一方面，出台专项研发补贴政策，对开展建筑电气智能化技术研发的企业给予资金支持，依据研发项目的创新性、实用性、市场前景等指标确定补贴额度，减轻企业资金压力。据统计，某地区实施补贴政策后，企业研发投入平均增加了 30%，

研发成本降低了 20%。同时，实施税收优惠政策，对研发投入给予加计扣除等税收减免，降低企业研发成本。另一方面，政府牵头搭建智能化技术研发共享平台，汇聚科研机构、高校、企业的研发资源，实现研发数据、实验设备、技术人才等共享。例如，平台上可共享电气设备智能化改造的实验数据，企业无需重复投入资源进行基础实验，直接开展关键技术攻关。政府还可组织行业内企业联合开展重点项目研发，集中优势力量突破高端设备与技术瓶颈，推动智能化技术国产化替代，减少对进口设备与技术的依赖，从源头上降低智能化改造的设备与技术采购成本，激发企业智能化改造积极性。

#### 2. 提高智能化改造的实施效率，简化改造流程

在建筑电气系统智能化改造实施过程中，充分运用数字化技术提升效率、简化流程。利用建筑信息模型(BIM)技术对既有建筑电气系统进行三维建模，精准呈现电气线路走向、设备布局等信息，通过模拟分析提前规划改造方案，精准定位施工难点与重点，避免施工中的盲目性与返工现象。相关案例表明，使用 BIM 技术后，施工返工率降低了 30% - 50%。采用模块化施工技术，将改造工程分解为多个独立施工模块，如电气线路铺设模块、智能设备安装模块、系统调试模块等，各模块可并行作业，大幅缩短施工周期。例如，在老旧小区智能化改造中，不同施工团队可同时开展不同模块施工，互不干扰。据统计，模块化施工可使施工周期缩短 30% - 40%。优化项目管理流程，搭建信息化管理平台，实时监控各施工环节进度，加强电气、通信、信息技术等多专业团队间的沟通协调，及时解决施工冲突。通过简化改造流程，提高实施效率，降低人工成本与时间成本，推动建筑电气系统智能化改造项目高效、顺利实施。

## 结语

综上所述，建筑电气系统智能化改造虽面临技术标准不统一、设备与信息技术集成难、数据安全存忧及成本高昂等障碍，但通过制定统一标准、促进技术融合、强化安全防护和降低成本等对策，可有效应对。未来，随着行业标准的完善、技术的持续创新，建筑电气系统智能化改造将不断突破现有困境，朝着更高效、安全、经济的方向发展，为建筑行业的智能化转型注入强大动力，提升建筑整体性能与用户体验。

## 参考文献

- [1] 郑小林. 基于智能化技术的建筑电气照明节能系统[J]. 中国照明电器, 2025, (01): 165-168.
- [2] 谢明. 建筑电气设计中的智能化与信息化技术应用探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (03): 52-54.
- [3] 林海. 智能化技术在建筑电气照明工程中的应用[J]. 中国照明电器, 2024, (10): 93-95.
- [4] 朱钰. 建筑电气智能化弱电工程应用技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (19): 80-82.
- [5] 赵学俊, 赵培翔. 建筑电气与智能化系统设计要点浅析[J]. 林业建设, 2024, 42(01): 62-67.

作者简介：汪敏(1986-03)，男，汉族，安徽安庆人，工程师，本科学历，研究方向：建筑电气。