

建筑智能化系统的全生命周期效益与投资决策研究

彭钧

(深圳市建工集团股份有限公司)

【摘要】针对建筑智能化投资领域普遍存在的“重投入、轻收益”问题，本研究基于全生命周期成本理论（LCC），构建兼顾经济效益、环境效益与社会效益的综合评价体系。通过南山智造（红花岭基地）项目实例验证：该体系下单位面积造价控制在79.38元/m²以内；采用物联网照明设备（节能率达84%）及能源管理等技术手段，可在5a~8a内收回增量投资，并实现年减碳约350t。上述分析表明，LCC分析方法兼具科学性与实践指导价值，为智能建筑工程领域精准开展投融资决策提供了量化支撑。

【关键词】建筑电气；智能化系统；全生命周期成本；投资决策；LCC分析

中图分类号：TU855

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.007

A Study on the Life-cycle Benefits and Investment Decision-making of Building Intelligent Systems

PENG Jun

(Shenzhen Construction Engineering Group Co., Ltd.)

【Abstract】To address the prevalent issue of "heavy investment but light returns" in the field of building intelligentization investment, this study constructs a comprehensive evaluation system that balances economic benefits, environmental benefits, and social benefits based on the Life Cycle Cost (LCC) theory. Verification through the case of Nanshan Intelligent Manufacturing (Honghualing Base) project shows that: under this system, the unit area cost is controlled within 79.38 yuan per square meter; by adopting technical measures such as Internet of Things (IoT) lighting equipment (with an energy-saving rate of up to 84%) and energy management methods, the incremental investment can be recovered within 5 to 8 years, and an annual carbon reduction of approximately 350 tons can be achieved. The above analysis indicates that the LCC analysis method has both scientificity and practical guiding value, providing quantitative support for accurate investment and financing decision-making in the field of intelligent building engineering.

【Keywords】building electrical; intelligent systems; life cycle cost; investment decision; LCC analysis

1 引言

在全球绿色低碳转型与数字化升级的背景下，建筑智能化系统作为实现“感知—分析—决策—执行”闭环的关键载体，显著提升了能源利用与运维管理效率，推动建筑行业向可持续发展迈进。在我国“双碳”目标与新型城镇化建设的推进中，建筑智能化系统的规划与应用水平直接影响建筑业的绿色转型进程。

然而，当前电气智能化投资仍普遍存在“重设备轻系统”“重短期轻长期”等认知偏差，忽略了全生命周期内的节能潜力、运维成本下降及管理效率提升等长期价值，导致高性价比方案在决策阶段被排除，

影响建筑整体性能与可持续发展。

现有研究虽逐渐从技术探索转向综合效益评价，但在量化分析与投资决策模型构建方面仍显不足。特别是在多方案比较时，决策者难以准确评估智能化改造的长期价值。

为此，本研究基于全生命周期成本理论，构建涵盖经济、环境与社会多维度效益的评价体系，结合南山智造（红花岭基地）案例进行实证分析，旨在为建筑智能化系统的科学投资提供理论支持与实践参考。

2 全生命周期效益的理论框架与分析

建筑智能化系统的价值实现贯穿其规划、设计、

施工、运维及退役回收的全生命周期。从经济、环境和社会三个维度构建综合效益评价框架,可系统评估其整体价值,为相关决策提供科学依据(见图1)。

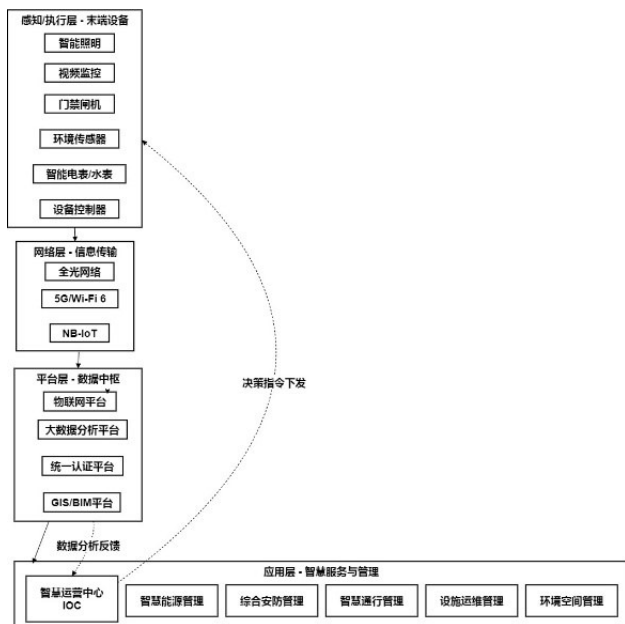


图1 建筑智能化系统总体架构图

2.1 经济效益

建筑智能化系统在运营阶段通过“开源节流”实现核心经济价值。节能方面,智能照明系统依据环境照度与人员活动动态调节,减少无效能耗,可使整体照明能耗降低30%~50%;智能暖通空调系统通过集成室内外环境与人流数据,优化运行策略,在保障舒适度的同时降低冷热源消耗,削减总能源成本20%~35%。运维方面,系统依托远程监测、故障预测与预防性维护,提升运营效率,减少约40%日常巡检工作量,降低60%以上突发故障率,并延长设备使用寿命。以中央空调为例,科学维护可延长使用寿命3a~5a,年均节省折旧成本15万元~25万元。此外,系统还通过提升建筑资产价值间接创造收益,获得绿色认证的智能楼宇租金溢价可达5%~15%,出租率提升8%~12%,显著改善全生命周期投资回报。

2.2 环境效益

建筑智能化系统作为建筑绿色转型的关键支撑,在节能减排方面作用显著。通过构建能耗监测与能效评估平台,系统精准识别高耗能环节,实施动态调控,大幅降低电耗与化石能源依赖。以一座10万 m^2 商务楼为例,部署智能能源管理系统后,年节电

量约150万kW时,相应减碳约1200t。系统还通过资源循环机制提升环境绩效:智能水务系统实现水平衡动态调控与泄漏预警,节水20%~30%;智能垃圾分类回收装置借助图像识别与高效压缩技术,提升资源回收率15%~25%,减少处理过程中的温室气体排放。此外,系统作为建筑与城市电网的接口,通过需求侧响应在用电高峰自动调节负荷,缓解电力供需矛盾,同时利用峰谷电价政策增强经济性,实现生态与经济效益的双赢。

2.3 社会效益

建筑智能化系统的应用在安全、用户体验与行业发展等方面展现出显著社会价值。在安全保障方面,系统通过集成视频监控、门禁管理与入侵检测等模块,构建起全方位安防体系。借助智能视觉分析技术,可实现秒级风险识别与报警,将应急响应时间从传统模式的数分钟缩短至秒级,大幅提升建筑整体安全水平。

在用户体验层面,无感通行、智能停车引导及环境自适应调节等技术有效提升了便捷性与舒适度。研究表明,良好的室内空气质量可使工作效率提高5%~10%,智能停车系统能将寻位时间减少70%以上。这些细致入微的功能设计不仅构成了建筑品质的核心支撑,更体现了现代建筑中的人文关怀理念。

从行业影响角度看,电气智能化技术的广泛应用正推动建筑产业向标准化、数字化方向转型,加速了BIM、数字孪生等前沿技术的落地与推广。同时,这也促进了人才培养体系的完善,为智慧城市建设提供了坚实的技术与人才支撑。典型示范项目的实践成果更提升了社会节能减碳意识,增强了技术创新能力,为智慧城市战略的高效实施奠定了坚实基础。

2.4 效益协同与价值整合分析

建筑智能化系统的经济、环境与社会效益相互关联、协同促进,形成有机整体。

经济效益与环境效益具有天然协同性。节能技术应用在降低运营成本的同时,必然伴随碳排放减少;资源循环利用既节约原材料开支,又减轻生态压力。以红花岭项目为例,物联网照明系统实现84%能耗削减,在节省电费的同时大幅降低污染物排放。

社会效益为经济效益持续实现提供支撑。建筑安全性能与使用舒适度的提升增强市场竞争力,通

过更高出租率与租金水平转化为稳定收益。同时,行业技术进步与规模效应降低系统部署成本,优化投资回报结构。

系统整合实现效益协同放大。各子系统通过统一平台实现数据互通与功能联动,“产生1+1>2”的整体效能。例如,安防系统检测到人员离开后自动关闭照明与空调,同步实现节能降耗、减排降碳与设备保护。

3 基于LCC的投资决策模型构建

在建筑智能化系统推进过程中,科学的投资决策是关键推动力。针对当前普遍存在的“重前期投入、轻后期产出”现象,急需建立覆盖全生命周期的评价体系,将评估范围从建造阶段延伸至运维等各个环节。全生命周期成本效益分析(LCC)为此提供了重要的方法论支撑,通过准确量化各时间段的成本与收益数据,为企业的投资决策提供可靠的量化依据。

3.1 全生命周期成本分析的理论基础

全生命周期成本分析(LCC)基于《绿色建筑评价标准》,旨在通过量化分析建筑从规划至拆除各阶段的成本,实现系统整体价值最大化。该方法在电气智能化设备选型中,科学划分初始投资与运维费用,避免因过度削减前期投入导致后期成本过高,从而全面评估各方案的经济效益与隐性成本结构。

3.2 投资决策的系统化流程

基于全生命周期成本分析的智能化系统投资决策,可分为三个关键环节。

1) 进行全面的成本效益识别

系统梳理智能化系统在全生命周期各阶段(包括初始投资、运营维护及报废处置)的各项成本,并量化其带来的经济效益,如能源节约、运维费用降低及设备寿命延长所产生的价值。在此过程中,需建立标准化的评价框架,确保成本与效益边界清晰、无遗漏。

2) 构建动态经济评价指标体系

除静态投资回收期外,应重点纳入净现值(NPV)、内部收益率(IRR)等动态评价指标,并选用合理的折现率,以实现不同时期现金流的可比性,真实反映资金的时间价值与项目收益水平。通过多维度指标的综合运用,为决策提供系统化的分析框架。

3) 建立多准则综合决策机制

在完成经济效益测算的基础上,构建涵盖环境效益(如碳减排量)与社会效益(如用户满意度提升)的综合评价体系,并采用适当的权重分配模型,将非经济性指标纳入方案比选。由此,可在兼顾经济可行性的前提下,筛选出更具社会责任与环境友好特性的最优方案。

3.3 实施要点与风险控制

数据质量是构成评估研究结论可靠性的关键因素,设备服役周期、维护频率以及能源价格等核心变量应当依据项目的历史资料或者行业规范来获取,并且要按照《民用建筑能耗评价技术导则》等相关标准规定基准值以保证输入信息的真实准确。

折现率的恰当设定属于动态评价体系的关键部分,在实际运用时,要全面考量资金成本、通货膨胀预期以及项目特有的风险等多重层面的因素,并据此选出合适的参数设置方案,就不同类型建筑工程而言,应该依照其独具的风险属性来创建符合自身情况且契合度较高的折现率计算模型。

系统化敏感性分析属于风险管理范畴的关键工具,它的重点在于经由动态仿真和波动评估节能率、能源价格这些核心变量的变动走向,可以准确找出项目潜藏的风险源,并且能够对不同假设情况下的投资回报稳定程度予以量化的判断,在这个过程中不仅给决策者可信度较高的警报消息,而且还能帮助他们形成改良计划。

4 南山智造智慧园区项目实证

按照全生命周期成本效益分析理论,南山智造(红花岭基地)城市更新项目的建筑智能化系统综合价值研究有着很典型的案例特征,这是我国“工业上楼”示范工程之一,整个大楼的总建筑面积达到70万 m^2 ,在完备技术和运行状况之下,相关数据信息被记录下来成为精确量化的基础。

4.1 智能化系统集成架构

这个项目形成了以智慧经营中心为主的综合管控平台,做到不同系统之间的融合。能源管理系统依靠物联网照明装置和冷源群控设备协同工作完成对用能环节的精细管理,设施运维部分借助近三万个监测点的数据支撑创建起覆盖状态监视、故障预报以及工单调度全过程的数字养护体系,各个子系

统之间经由智能化联动机制相互配合起来。如安防系统同照明系统的结合控制办法,既优化了安全保障,又推动了能源资源的有效利用。

4.2 全生命周期成本效益量化

综合效益评估模型显示,项目经济效益已实现全面量化分析。智能系统总投资额5561万元,单位面积造价约79.38元/㎡,具体构成为:硬件购置费用占总投入的45%,集成服务与技术支持费用分别占35%和20%(见图2)。系统运行收益主要体现在三方面:能耗优化上,采用物联网照明及冷源群控技术,年节电费用预计达214万元;运维成本控制上,通过预防性维护减少人工支出,可节约25%的人工成本,年节省费用不低于68万元。

红花岭项目智能化投资构成 (标配)

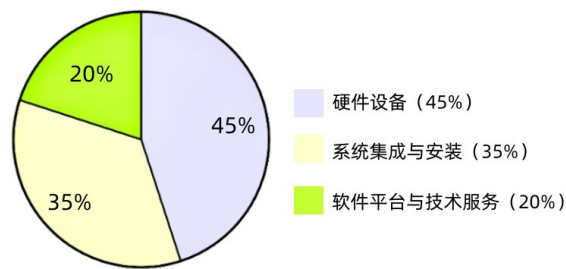


图2 投资构成饼图

本项目有着明显的生态效益,年均碳排放量比基准值低大概350t左右;智能水务系统的水资源损耗率被牢牢控制在了3%以内,远低于行业的平均标准水平,在这样的环境绩效指标之下,既契合绿色发展的大方向,又为它开拓潜在的碳汇交易收益提供了支持。

4.3 投资可行性综合评价

根据动态评估模型的计算结果可知,该项目在8%折现率时净现值约为1850万元、内部收益率为14.5%,静态投资回收期为6.8a,各项指标均远超行业基准水平。敏感性分析显示,在核心参数波动±15%~20%的情况下其内部收益率仍能保持在12%以上,具有较强的抗风险能力。

4.4 案例的示范价值与推广路径

红花岭项目验证了全生命周期分析法的科学性与可靠性。研究表明,建筑智能化系统功能的实现需依托系统的规划设计与持续优化的运维方案支

撑。针对不同功能类型的建筑,可结合其自身特性制定差异化实施方案:商业办公类建筑应重点配置能源管理与智慧办公平台;医疗教育类设施需强化环境监测与安全防护能力建设;工业物流场所应聚焦设备远程监控技术应用与智能仓储方案落地(见图3)。

红花岭项目全生命周期效益与现金流示意图

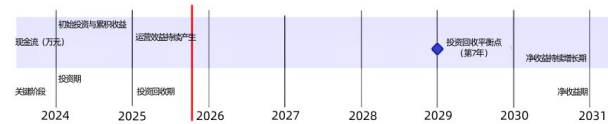


图3 全生命周期效益与现金流示意图

5 结语

建筑智能化系统在全生命周期内呈现显著的经济、环境及社会综合效益。基于全生命周期成本(LCC)理论构建的投资决策模型,能够全面评估系统整体价值,实现初始投入与运营收益的动态平衡。南山智造红花岭基地项目实践表明,尽管智能化改造增加了前期建设投入,但通过节能降耗、运维优化及碳减排等举措产生的长远效益,远优于传统模式,为同类项目推广提供了实践经验与技术支持。