

低碳背景下老旧建筑电气系统改造设计研究

宋胜达

广东力中建设发展有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i5.4452

[摘要] 为推动绿色建筑发展,实现低碳节能的目标;结合中国存量老旧建筑体量大,原有电气系统舒适性低、不节能、效率低等现状。本文以老旧建筑电气系统为改造基础,从电器能效提升、可再生能源利用、智能化改造等方面出发;探讨了老旧建筑电气改造设计要点,通过用能系统改造、照明节能设计、增加智能化等方法,有效控制老旧建筑的碳排放量,提升使用节能效果、舒适性、安全性;以某老旧小区为实例,探讨低碳电气改造的实际可行方法;为建筑领域力争提前实现碳达峰、碳中和目标,起到理论指导和技术实践的作用,促进行业绿色发展。

[关键词] 低碳发展;既有建筑;电气系统;节能改造

中图分类号: TE08 **文献标识码:** A

Research on the Electrical System Renovation Design of Old Buildings under a Low-Carbon Background

Shengda Song

Guangdong Lizhong Construction Development Co., Ltd.

[Abstract] In response to the global imperative for low-carbon development and energy conservation, and in view of the substantial number of existing buildings in China whose original electrical systems suffer from poor energy efficiency, inadequate comfort levels, and operational inefficiencies, this study focuses on the renovation of electrical systems in aging building infrastructure. The research investigates key aspects of electrical system retrofitting, including improvements in energy efficiency, integration of renewable energy sources, and intelligent system upgrades. By implementing comprehensive strategies such as energy system optimization, energy-efficient lighting design, and the incorporation of smart technologies, the proposed approach effectively reduces carbon emissions while enhancing energy performance, occupant comfort, and electrical safety. A case study of an old residential community is presented to demonstrate practical and scalable solutions for low-carbon electrical retrofits. This work aims to provide both theoretical insights and technical guidance to support the construction industry in achieving early realization of carbon peak and carbon neutrality goals, thereby advancing sustainable and green development across the sector.

[Key words] Low-carbon development; Existing buildings; Electrical systems; Energy-saving renovation

引言

随着全球温室效应加剧,节能减排成为共识,越来越多国家提出了“碳中和”目标,我国提出2030年“碳达峰”和2060年“碳中和”的双碳战略目标,绿色、低碳、节能成为各行业可持续发展的基本导向。据2025年1月住建部发布的《全国建筑存量调查报告》,截至2024年底,中国建筑总量达到6.02亿栋,总建筑面积1070亿平方米。我国2000年前建成的老旧小区约有22万个,这些小区内居住着上亿的居民。

《将推进城镇老旧小区整治改造、开展完整社区建设作为持续推进城市更新行动的重要任务。下一步,住房城乡建设部将

指导地方切实抓好组织实施。在完成城镇老旧小区改造任务的基础上,重点做好小区内老旧管线改造,消除安全隐患。开展建筑物屋面、外墙、楼梯等公共部位维修,小区环境及配套设施改造建设、小区内建筑节能改造,支持有条件的楼栋加装电梯,改善群众居住条件和生活环境。

本文从既有老旧建筑电气的照明、插座、电梯、光伏发电、空调等能源使用方向出发,通过控制设计阶段的数据,降低建筑产生的碳排放因子以及碳排放量,进一步降低建筑的使用能耗,提高建筑节能效率。

1 老旧建筑使用年限及现状

在中国城镇化的快速进程中,建于20世纪80至90年代的老旧住宅、办公楼、厂房及公共建筑,至今仍承载着大量居民生活和生产活动。老旧建筑中的电气系统大多沿用初建时期的设计标准,在现代化用电需求与安全规范的双重压力下,已无法满足现代生活及生产的需要,逐渐显露出系统性隐患。多数老旧建筑的电气线路以铝芯线为主,绝缘层因长期氧化出现脆化、剥落现象。

表1 常用电器设备的使用年限

设备名称	使用年限(年)	设备名称	使用年限(年)
空调设备	10~20	供电设备	15~20
通信设备	8~10	供暖设备	11~18
电梯	10	电缆设备	10~20

据消防部门统计,约30%的老旧小区火灾由电气故障引发,其中线路老化短路、接触不良是主因。配电容量不足的问题更为普遍:早期住宅每户设计负荷通常为2~4千瓦,如今空调、热水器、智能家居等设备并行使用,实际负荷常超设计值3倍以上。

某北方城市2022年夏季用电高峰期间,近四成30年以上房龄的住宅,配电断路器频繁跳闸,暴露出断路器规格落后、主干线径过细的结构性缺陷。面对供电瓶颈,住户常采用私拉飞线、加装劣质插座等临时措施。某中部城市棚户区调研显示,83%的家庭存在“一插多接”现象,超负荷接线点表面温度可达70℃以上。楼道电表箱锈蚀、线路杂乱交织的场景在老旧小区随处可见,部分区域甚至保留着早已淘汰的闸刀开关,尽管国家自2019年起将老旧小区改造纳入重点民生工程,但电气系统升级常面临多重阻碍。建筑结构限制导致新管线难以敷设,密集居住区停电改造可能引发居民抵触。

某地电网公司测算显示,彻底更换20世纪住宅楼的电气系统,户均成本约1.2万元,远超多数地方政府补贴额度。产权复杂的老厂房改造更为棘手,企业往往选择局部修补维持基本运作,少数完成电气改造的建筑虽配置了智能电表、漏电保护装置,物业缺乏专业电工团队的情况普遍存在。居民安全用电意识薄弱的问题突出。

2 通过碳排放数据进行节能分析与计算

碳排放因子,也称为排放系数或碳足迹因子,是用于量化某一活动、过程或产品在其生命周期内直接或间接产生的温室气体(主要是二氧化碳)排放量的一个关键参数。它通常以单位产量或单位活动的温室气体排放量来表示,是评估减排效果、制定气候政策以及进行环境影响评价的重要依据。

表2 2012年中国区域电网平均CO2排放因子

电网名称	排放因子	覆盖省市
南方区域电网	0.5271	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省

排放因子法(Emission-Factor Approach)是依照碳排放清单列表,针对每一种排放源构造其活动数据与排放因子(Emission-Factor),以活动数据和排放因子的乘积作为该排放项目的碳

排放量估算值。在满足国家标准GB/T 51366-2019《建筑碳排放计算标准》的前提下,对老旧建筑小区的碳排放进行分析与计算,其中电气系统碳排放计算范围包括照明、插座、电梯、可再生能源发电等系统。可以从电气专业角度出发,着重分析电气系统的碳排放计算。作为一个重要的参考数据,对老旧建筑是否节能进行衡量。

3 电气系统改造技术方向

根据相关政策,老旧小区改造内容可分为基础类、完善类、提升类3类。其中,基础类改造包括市政配套基础设施的改造提升,如供水、排水、供电、弱电等,这直接涉及到电气设施的改造和升级。

基础类改造:主要包括小区内部及与小区联系的供电等基础设施的改造提升,以及光纤入户、架空线规整(入地)等,以满足居民安全需要和 basic 生活需求。

完善类改造:虽然不直接涉及电气设施,但包括环境及配套设施的改造建设,如停车库(场)、电动自行车及汽车充电设施等,这些设施的改造和增设也间接与电气设施相关,如充电设施需要电力支持。

提升类改造:主要涉及公共服务设施配套建设及其智慧化改造,包括智能系统、感知设施等,这些设施的引入也需要电气设施的支持和配套。

4 电气系统节能改造设计研究

整个电气系统改造是系统的、综合的、整体的,分别从以下方面对老旧建筑进行改造。

4.1 原有家用电器升级

老旧建筑的电器通常都采用较老的电气技术,住户家里使用的电器不少为老电器,需要对这些设备进行淘汰更换。例如:空调、照明灯具等,新空调通常配备了先进的变频技术和更高效的制冷剂。可以根据室内温度的变化自动调整运行功率,实现更精确的温度控制和更低的能耗。在实际使用中,老、新空调的耗电量差异显著。数据显示,一台十年前制造的老空调在满负荷运行时,单日耗电可能达到10~14度,而同样制冷能力的新空调在运行时的耗电量一般在5~7度左右。经过使用对比,可以明显发现,老空调的电费支出远高于新空调。这就意味着,虽然购置新空调的费用较高,但长期来看,其节能效果能够有效抵消初期投资。

4.2 智能化改造

老旧建筑改造应把智能化技术放在重点,如智能照明、智能开关、智能电表、智能充电桩、门禁、监控、报警等设备。智能化重点体现在首层出入口的控制、生活缴费的便利性、安全用电的预警、出入口的安全监控。

4.3 电气节能改造

结合绿色电气技术,能充分降低老旧建筑的能耗和碳排放,如太阳能光伏发电、节能灯具等,对高功率的用电设备采取能耗监控技术,实时监控用电情况,提高能源利用效率,同时减少碳排放,促进可持续发展;引进可再生的清洁能源,利用国家光伏政策,在建筑屋顶安装太阳能光伏发电技术。

4.4 引进BIM技术

相比现在而言,大部分老旧建筑规划空间不好,建筑利用率不高,可以采用BIM管综技术对机电部分的管线重新进行梳理,对楼层净高进行重新调整确定,重新规划机电管线走向和吊顶结构高度,对不必要的孔洞设备,在不破坏结构的情况下,进行空间改造,提高空间利用效率。

5 既有老旧小区改造实例

下面以某老旧住宅小区为例,来说明建筑电气改造设计的要点,建筑位于广东省东莞市,建于1999年,总建筑面积1516.5m²,地下0层,地上7层,无电梯,每层两户,为多层住宅建筑,此次电气改造的范围是1~7层;改造内容包括供配电系统、照明系统、智能化系统、消防系统等。综合分析此老旧小区的实际情况,从节能、舒适性等方面出发,采取以下措施:

下面以照明系统为例,采用绿建斯维尔软件对该老旧建筑小区的碳排放数据进行计算。

表3 常见家用电器耗电量数据

房间类型	单位面积耗电量	碳排放因子	碳排放量
	(kwh/ m ² . a)	(kgCO ₂ /KWh)	(tCO ₂ /a)
卧室	3.29	0.581	5.078
卫生间	12.78		5.433
厨房	12.78		4.165
空房间	0		0
起居室	10.04		18.251

从上图数据可知,该老旧建筑碳排放因子已达0.581,已超过该区域平均排放水平,属于应改造范围内,对该老旧小区进行以下改造。

(1)改造照明系统。原有楼梯、大堂、走廊等公共区域的灯具均为老式灯具,不节能,且因老旧小区原有电气设计未考虑,现有公共区域的电费由各楼层住户均摊,平时容易因电费问题邻里之间容易产生矛盾、纠纷,影响邻里和气,现在屋面增加太阳能光伏储能设备,对公共区域的照明系统进行改造的同时,也对公共区域的照明用电进行供电,公共楼梯、大堂、走廊等区域采用高精度感应器,能提供很好的照明效果,此外公共区域的用电均为光伏系统供电,在较低的经济情况下,大幅提升了小区的使用舒适性。对小区住宅用户内的老旧灯具也进行替换,减少了居民电费支出。(2)改造供配电系统。原有供配电系统采用放射性供电模式,原有配电电缆均老化严重,开关、配电箱、用电负荷均无法满足现有电气设备的使用需求,时常发生跳闸、断路、电缆发热等情况,不少用户的家用电器设备,因时常跳闸等情况而损坏,因此,本老旧小区还发生过两起电气火灾,导致不小的经济损失,本次改造更换所有电气开关,进户电线也从每户3*4m²调整为3*10m²,每户配置功率也从4KW提升到8KW,大幅提升了住户的用电功率,充分满足用户的用电需求,对应增大整栋进户电缆和配套开关,大幅提升了用电性能,和整栋用户的用电要求。

(3)增加门禁控制、监控系统。原有小区既没有门禁系统,也没有监控系统,曾发生过多入室盗窃的情况,导致用户体验感不好,部分用户因此搬离本栋小区,现在小区大门增加门禁和安防监控摄像头,录入整个小区的用户的人脸和指纹信息,可以有效的控制进出人员,提高安全性。(4)增加应急用电及应急照明系统。原有小区参照旧标准设计,并未设计应急照明系统,本次改造综合考虑安全性,根据《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》GB 51309—2018要求,增加一套集中控制型应急照明系统,楼梯、走廊、大堂增加应急照明灯具及出入口疏散指示。确保老旧建筑在发生应急情况时,可以有效保证住户的安全通道,提升了本小区的安全性,降低消防隐患。

改造完成后,重新采用绿建斯维尔软件对该老旧建筑小区的碳排放数据进行计算,本老旧小区碳排放因子降低至0.525,低于地区平均水平。

表4 均摊到户改造成本

改造总成本	户数	户均成本
50000元	14	3571.43元

本栋老旧小区,总改造成本5万元,均摊在每个住户3571.43元,通过改造照明系统、供配电系统、智能化系统大幅提升了使用舒适性,改造完成后,本老旧小区入住率、出租率、房价均有显著提高,得到一致好评,在经济上也达到了比较好的投资效果,本次改造达到预期效果。

6 结论

综上所述,老旧建筑可以通过低碳改造,降低使用能耗,提高舒适性,通过对电气照明、供配电、智能化系统的改造,可以提高供电质量和安全性,改善居民用电体验,同时促进可持续发展,结合政府发布的相关绿色发展政策,中国体量巨大的老旧建筑,可通过此类方法改造,大幅提升使用舒适性和经济性,为解决老旧建筑问题提供新思路,也为社会低碳发展提供理论指导。

【参考文献】

- [1]熊小俊.“双碳”目标战略下的既有改造设计—电能质量提升与保护电器设置[J].智能建筑电气技术,2021(6):15-16.
- [2]王海新,王岩.某老旧小区改造工程电气系统设计[J].低温建筑技术,2022,44(3):31-34.
- [3]张志杰,李颜颐,狄海燕,等.“双碳”目标下既有建筑绿色化改造新趋势[J].建筑,2022(3):56-58.
- [4]王琛.老旧小区用电安全改造探讨[J].住宅与房地产,2024(4):136-138.
- [5]张时聪.建筑碳排放标准化计算的电力碳排放因子取值研究[J].建筑科学,2023,39(2):46-57.

作者简介:

宋胜达(1994--),男,汉族,广东五华人,本科,工程师,研究方向为建筑电气与智能化设计、施工。