

融合规范与智能技术的装饰电气绿色节能设计体系研究

朱荣杰

江苏宏志梦建筑装饰科技有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i1.19026

[摘要] 在“双碳”战略目标与建筑行业高质量发展的双重驱动下,装饰电气设计必须从美学功能导向,转向以强制性通用规范为基准、以智能化技术为抓手的精细化节能设计。文章深入解读了新版规范中对照明功率密度(LPD)限值、照度标准值、健康照明(非视觉效应)以及智能化系统强制性要求的核心要义,并提出了以智能照明控制系统为中枢,协同高效灯具、可再生能源、智慧能源管理的综合实现路径,为高级装饰电气设计师在严苛的规范约束下实现技术创新与卓越性能提供了系统化解决方案。

[关键词] 装饰电气设计; 照明功率密度; 健康照明; 智能照明控制

中图分类号: TS107.7 文献标识码: A

Research on the Green Energy-Efficient Design System of Decorative Electrical Appliances Integrating Standards and Intelligent Technologies

Rongjie Zhu

Jiangsu Hongzhi Meng Building Decoration Technology Co., Ltd.

[Abstract] Driven by the "dual carbon" strategic goal and the high-quality development of the construction industry, the decoration electrical design must shift from an aesthetic function-oriented approach to a refined energy-saving design based on mandatory general norms and with intelligent technology as the core. This article deeply interprets the core meanings of the new version of the regulations regarding the limit values of lighting power density (LPD), illuminance standard values, healthy lighting (non-visual effects), and mandatory requirements for intelligent systems, and proposes a comprehensive implementation path centered on intelligent lighting control systems, in coordination with efficient lamps, renewable energy, and intelligent energy management. This provides a systematic solution for senior decoration electrical designers to achieve technological innovation and excellent performance under strict regulatory constraints.

[Key words] Decorative electrical design; Lighting power density; Healthy lighting; Intelligent lighting control

引言

当前,我国建筑电气设计已进入以“GB 550xx”系列全文强制性通用规范为核心的新时代。当代高级装饰电气设计师的核心使命,是成为“新版规范的精准解读”与“跨领域技术的创新整合者”。本文旨在深入剖析三大最新规范对装饰电气设计的关键约束与导向,并以此为基础,构建一套以数据为驱动、以智能控制为牵引的绿色节能设计体系,确保设计成果在安全、合规的前提下,达到行业领先的能效与健康标准。

1 核心规范解读与装饰电气设计的关键约束

1.1 《建筑照明设计标准》(GB/T 50034-2024)——迈向健康与超低能耗的照明新标尺

2024版标准进行了全面革新,其核心约束与导向体现在:更严格的照明功率密度(LPD)限值:新版标准对各类建筑的LPD限值进行了整体下调,部分场所降幅达10%-20%。例如,办公建筑普

通办公室的LPD现行值从2013版的 $\leq 9.0 \text{ W/m}^2$ 降至 $\leq 7.0 \text{ W/m}^2$ 。这要求装饰电气设计必须采用光效更高的光源(如 $>140 \text{ lm/W}$ 的LED)和光学效率更优的灯具,进行正向精细化的计算,确保结果优于新限值。

健康照明成为强制性考量:标准新增“非视觉效应”章节(第4.6节),对人员长期工作的场所,提出了利用天然光、调节色温与亮度分布以维护人体生理节律的建议性要求。

智能照明与直流配电的明确指引:标准补充和完善了智能照明控制系统的技术内容,并增加了照明直流配电的技术章节,为光伏直流直供、低压直流照明系统等前沿应用提供了标准依据。

照度偏差要求的改变:设计照度计算值与标准值的偏差允许范围调整为不超过+20%,且不允许负偏差,强调了保障最低照度需求的刚性。

1.2《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB 55015-2021)——节能与碳减排的强制引擎

作为全文强制规范,其对装饰电气设计提出了更高层次的要求:

系统性节能目标:规范强制要求新建居住建筑和公共建筑的平均设计能耗水平应在2016年标准基础上分别降低30%和20%,公共建筑平均节能率应达到72%。这要求照明系统节能必须与建筑整体节能协同设计。

分项计量与碳排放计算:规范强制要求对建筑用电进行分项计量,为装饰区域的独立能耗审计提供依据。同时,首次强制要求进行建筑碳排放强度计算和报告,照明系统的能耗与所用电力碳强度直接关联此项指标。

可再生能源利用的强制条款:规范明确“新建建筑应安装太阳能系统”,驱动装饰设计必须将光伏组件(BIPV)作为建筑表皮或遮阳构件进行一体化考虑。

1.3《建筑电气与智能化通用规范》(GB 55024-2022)——安全与智能化的基石

该规范为智能化系统建设和电能质量保障提供了强制性框架:

智能化系统的基本功能要求:规范要求设置建筑设备管理系统,并对照明、空调等实施监控与管理,为智能照明控制系统在项目中的普遍应用提供了法规层面的强制依据。

照明控制的细化规定:明确公共区域的照明宜采用集中控制,并按需采用自动感应控制。这直接指导了走廊、车库、会议室等空间的照明控制设计策略。

电能质量与安全防护:强调对谐波发射的限制,装饰设计中大量LED驱动电源必须进行谐波评估与治理(如配置有源滤波器)。同时,强制要求安装高度低于2.5米的灯具设置剩余电流动作保护,提升了装饰照明的人身安全保障等级。

2 以智能控制为枢纽的合规性节能设计体系构建

2.1 合规性照明设计优化策略

基于新版LPD限值的正向设计:采用“目标值逆推法”。根据装饰平面确定功能区及对应新版照度标准值,选用高光效、低眩光、无频闪的健康照明灯具,通过专业软件(如DIALux)进行仿真,在确保照度、均匀度、UGR达标的前提下,反复优化,使计算LPD值低于GB/T 50034-2024限值。

健康照明设计实践:在办公室、学校、养老设施等场所,优先选用色温可调、光谱适宜的LED灯具,设计可模拟自然光节律的动态照明场景,并确保工作面、墙面、顶棚的照度比符合标准要求,营造舒适的视觉环境^[1]。

2.2 智能照明控制系统:规范条文的工程实现

智能控制系统是满足GB 55024-2022“监控管理”和GB 55015-2021“节能控制”强制性要求的关键技术手段。

分区、定时、感应控制的深化融合:严格按功能区划分回路,编制时间表。在车库、走廊采用多技术融合传感器(雷达+红外),实现精准的“人到灯亮,人离灯缓灭”。在靠窗区域,设置照度传感器实现恒照度控制,充分利用自然光。

数据集成与性能验证:系统需具备开放接口,将回路状态、能耗数据实时上传至建筑设备管理系统(BMS)。在验收阶段,必须按照GB 55015-2021第6.3.13条要求,对照度和照明功率密度进行现场检测,确保实测值不低于设计值的90%且LPD不超标。

2.3 可再生能源与电气系统的装饰一体化集成

遵循GB 55015-2021的强制要求,将能源生产融入装饰:

BIPV作为装饰性构件:采用透光、彩色的薄膜光伏组件(CIGS/CdTe),作为幕墙单元、遮阳百叶或雨篷面板。电气设计需与建筑、结构专业紧密协同,解决直流汇流、逆变与并网问题。

探索直流微网应用:响应GB/T 50034-2024对直流配电的指引,在局部区域(如展厅、数据中心)试点建立直流微网,将屋顶光伏产生的直流电直接供给兼容的LED照明和设备,减少交直流转换损耗,提升系统能效。

2.4 基于数据的智慧能源与碳管理

依托强制性的分项计量数据,构建管理平台:

能耗对标与诊断:将实时监测的LPD运行数据与新版国家标准限值动态对标。

支撑碳排放计算:精确的照明分项能耗数据是计算建筑碳排放强度不可或缺的基础,直接服务于规范强制要求的碳排放分析报告。

3 工程案例实证:日立仪器(苏州)有限公司办公改造项目内装修工程

3.1 项目概况与核心挑战

该项目为苏州工业园区日立办公区的照明改造,总面积约3000平方米。改造前,办公区采用老式T5荧光灯盘,存在以下突出问题:

能耗超标:经实测,工作面平均照度约为450lx,但照明功率密度(LPD)高达10.5 W/m²,远超《建筑照明设计标准》(GB/T 50034-2024)中普通办公室≤7.0 W/m²的现行值限值。

光环境品质差:灯具眩光严重(UGR>22),显色指数低(Ra<80),存在可感知的频闪,员工普遍反映视觉疲劳。

控制方式落后:采用传统分区手动开关,无法利用自然光,公共区域长明灯现象普遍,管理粗放。

3.2 基于最新规范的合规性设计策略

本次改造的核心目标是:在确保完全符合GB/T 50034-2024、GB 55024-2022及GB 55015-2021等强制性规范的前提下,实现能效与光品质的跨越式提升。

策略一:以新版LPD限值为目标的灯具选型与布灯优化

灯具选型:摒弃单纯追求低价的普通LED灯具,选用光效≥150 lm/W、UGR<19、显色指数Ra≥90、频闪满足新标(SVM≤1.3, Pst LM≤1)的健康护眼LED平板灯。此举直接响应了GB/T 50034-2024对光效与健康光生物效应的新要求。

正向设计计算:使用DIALux evo软件建立三维模型,根据办公桌布局,精确计算照度分布。通过调整灯具间距和配光角度,确保工作面(0.75m水平面)平均照度达到520lx,照度均匀度

>0.7, 同时将计算LPD值控制在 5.5 W/m^2 , 优于国家标准限值, 为施工与测量留出合理裕量^[2]。

策略二：部署满足规范强制要求的智能照明控制系统

系统架构：采用基于DALI-2标准的数字可调光系统, 每个灯具内置可寻址的驱动电源, 通过网关接入楼宇自控系统(BMS), 满足GB 55024-2022对“集中监控”的强制要求。

核心控制场景：

靠窗区域恒照度控制：在距离外窗4米范围内, 每间隔6米设置一个照度传感器。系统自动调节该区域灯具亮度, 使桌面维持设定值 $5001x$, 充分利用自然光, 节能率预计达35%。

公共区域雷达感应控制：在走廊、茶水间、打印区安装雷达+红外双鉴传感器。实现“人来灯渐亮至100%, 人走30秒后灯渐暗至10%”的柔性无感节能, 杜绝长明灯。

场景化模式管理：设置“上班”、“午休”、“会议”、“保洁”四种一键式场景模式, 并通过时间表自动切换。

策略三：实施分项计量与数据集成

在楼层照明配电箱内, 为开放式办公区、独立办公室、公共区域分别加装智能电表, 实现照明能耗的独立、精确计量。所有能耗数据通过网关上传至BMS及独立的能源管理平台, 完全满足GB 55015-2021第3.1.5条对分项计量的强制性规定, 并为后续的碳排放强度计算提供数据支撑。

3.3实施效果与规范符合性验证

项目于2025年第四季度完成改造并投入运行。经第三方检测机构依据相关规范进行现场检测, 结果如下：

光环境性能：工作面平均照度 $5251x$, 照度均匀度0.72, UGR实测值18.5, 所有指标均优于GB/T 50034-2024规定值。

核心能效指标：现场实测照明功率密度(LPD)为 5.8 W/m^2 , 不仅远低于改造前的 10.5 W/m^2 , 且显著优于国家标准 $\leq 7.0 \text{ W/m}^2$ 的限值, 节能效果显著。

系统合规性：智能控制系统运行稳定, 成功实现与BMS的数据对接, 照明回路状态、能耗数据可实时监控与记录, 满足了GB

55024-2022的监控要求。分项计量数据完整准确, 符合GB 55015-2021要求。

综合效益：根据为期三个月的运行数据统计, 该办公区照明系统年综合节电率达到65%, 预计投资回收期约为3.2年。同时, 员工对光环境舒适度的满意度调查得分提升了40%。

3.4案例总结

该案例成功地将新版强制性规范条文转化为具体、可落地的工程技术措施。它证明, 通过精准的规范解读、正向的精细化设计, 以及以智能控制为核心的系统集成, 装饰电气改造项目完全能够在满足甚至超越最新国家规范硬性要求的同时, 实现卓越的经济效益与环境效益, 为同类项目的设计与实施提供了可复制的范本。

4 结论

本文通过理论构建与案例实证论证了以智能照明控制系统为技术枢纽, 向上衔接BMS满足监控要求, 向下实现健康光环境与精细节能控制, 同时为能源与碳管理提供数据支撑, 是系统性满足并超越最新规范要求的最有效路径^[3]。苏州办公楼的改造实践表明, 通过“规范解读-正向设计-智能实现-数据验证”的闭环 workflow, 装饰电气设计能够从根本上提升建筑品质, 在保障“双碳”目标达成的同时, 创造出更健康、更舒适、更高效的人居光环境, 彰显其不可或缺的专业价值。

[参考文献]

[1]住房和城乡建设部.关于发布国家标准《建筑照明设计标准》的公告[EB/OL].(2024-04-11).

[2]今日头条.国家标准《建筑照明设计标准》GB/T50034-2024正式发布[EB/OL].(2024-04-15).

[3]电气设计圈.关于《建筑照明设计标准》GB/T50034-2024, 你想知道的都在这儿[EB/OL].(2024-09-17).

作者简介：

朱荣杰(1992--),男,汉族,江苏省启东市人,中级工程师,本科,主要从事装饰电气绿色节能设计体系研究。