

## 建筑电气照明系统的智能控制设计与人体舒适度适配研究

张冠泽

九易庄宸科技（集团）股份有限公司，河北 石家庄 050000

**[摘要]**随着智能建筑与绿色建筑理念的发展，电气照明系统的设计逐渐从单一的照明功能扩展到节能控制与人体舒适度的平衡。传统照明设计在节能与舒适性之间往往难以兼顾，无法满足不同场景下对光照强度、色温、分布均匀性以及动态调节的多样化需求。智能控制系统的引入为照明设计提供了新路径，它通过传感器、控制算法和人机交互界面，实现对照度、色温和光分布的精确调节，并能够依据人的生理节律和视觉心理进行适配。文中通过分析建筑电气照明系统的智能控制设计思路，探讨其在提升能源利用效率与人体舒适度方面的作用，研究多维度调控机制与适配策略，提出优化方案与发展方向。研究结果表明，基于智能控制的电气照明系统不仅能够有效降低能耗，还能改善工作与生活环境，促进人机和谐与建筑功能价值的提升。

**[关键词]**建筑电气；照明系统；智能控制；人体舒适度；适配研究

DOI: 10.33142/aem.v7i11.18402 中图分类号: TU5 文献标识码: A

## Research on Intelligent Control Design and Human Comfort Adaptation of Building Electrical Lighting System

ZHANG Guanze

Jiuyi Zhuangchen Technology (Group) Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the development of intelligent and green building concepts, the design of electrical lighting systems has gradually expanded from a single lighting function to a balance between energy-saving control and human comfort. Traditional lighting design often struggles to balance energy efficiency and comfort, and cannot meet the diverse needs of lighting intensity, color temperature, distribution uniformity, and dynamic adjustment in different scenarios. The introduction of intelligent control systems provides a new path for lighting design, which achieves precise adjustment of illuminance, color temperature, and light distribution through sensors, control algorithms, and human-computer interaction interfaces, and can adapt according to human physiological rhythms and visual psychology. The article analyzes the intelligent control design ideas of building electrical lighting systems, explores their role in improving energy efficiency and human comfort, studies multidimensional regulation mechanisms and adaptation strategies, and proposes optimization solutions and development directions. The research results indicate that electrical lighting systems based on intelligent control can not only effectively reduce energy consumption, but also improve the working and living environment, promote human-machine harmony, and enhance the functional value of buildings.

**Keywords:** building electrical; lighting system; intelligent control; human comfort; adaptation research

### 引言

建筑电气照明系统是建筑功能的重要组成部分，其设计直接影响建筑使用者的舒适体验与能耗水平。在现代社会，随着智能化与绿色化趋势的增强，照明系统的目标已不再局限于“点亮空间”，而是转向“智能适配”。这意味着系统不仅要保障照度达标，还需结合使用者的生理节律、视觉需求与心理感受，实现多维度的人本化设计。传统照明系统多以人工开关和固定光源为主，缺乏灵活性与适应性，容易造成能耗浪费或舒适度不足。智能控制的引入为照明系统提供了革新思路，它将信息技术、传感技术与控制技术相结合，实现照明环境与人体需求的动态匹配，提升了节能与舒适的双重效果。本文将围绕建筑电气照明系统的智能控制与人体舒适度适配展开研究，分析现有问题，总结关键设计原则，探讨优化与发展路径。

### 1 建筑电气照明系统的功能定位与发展趋势

#### 1.1 照明系统的基本功能定位

建筑照明系统的功能并不仅仅局限于“点亮空间”，其核心目标在于为人类活动提供适宜的光环境。光环境的优劣直接影响到人的视觉清晰度、工作效率与心理舒适度。在居住建筑中，照明系统需要营造温馨宜人的氛围，保障生活活动的便利与安全；在办公建筑中，照明应突出清晰与高效的特点，以减少视觉疲劳，提高工作专注度；在商业建筑中，照明则兼具展示功能与心理引导作用，对消费行为具有直接影响。因此，建筑电气照明系统的基本功能定位应包括满足照度、亮度、显色性和分布均匀性等基本要求，并在不同建筑空间中形成差异化的光环境。

#### 1.2 节能与绿色理念的推动

随着能源紧张与可持续发展战略的提出，照明能耗逐渐成为建筑节能的重要组成部分。据研究数据表明，在大

型公共建筑中，照明用电占总能耗的比例可高达 30% 以上。为实现节能减排目标，照明系统设计必须顺应绿色理念，采用高效节能光源，推广 LED 照明，优化电气布置，降低运行能耗。除了光源的节能，控制方式也是影响能耗的关键。通过智能调光、分区控制和感应控制，照明能耗可实现进一步下降。节能目标推动照明设计从“以满足需求为主”逐步转向“兼顾需求与节能”，形成绿色照明的发展趋势。

### 1.3 智能化与人本化的融合趋势

智能化与人本化已成为照明系统发展的两大核心趋势。智能化体现在照明系统能够通过传感器、算法与远程控制实现动态调节，从而避免传统照明的僵化与浪费。人本化则强调照明系统应从人的感知需求出发，不仅考虑物理指标，还关注心理体验和生理健康。例如，动态调节色温和亮度以符合人体生理节律，减少视觉不适；通过场景控制为使用者提供不同光环境，满足学习、休息、会议、娱乐等多样化需求。智能化与人本化的融合，使照明系统不再是附属功能，而是成为影响生活质量和健康水平的重要因素。

## 2 智能控制设计的核心要素

### 2.1 感知与数据采集技术

智能照明系统的运行离不开精准的感知与数据采集。光照传感器可实时采集室内外的光照强度，保证人工光源与自然光合理匹配；红外或超声波传感器用于识别人员位置与活动状态，实现“人来灯亮、人走灯灭”的动态控制；温湿度传感器与空气质量传感器则为光环境调节提供间接参考。数据采集层的全面性与准确性，直接影响到后续控制的有效性。随着物联网技术的发展，传感器的布设更加智能化与网络化，实现了多源数据的实时融合与上传，增强了照明系统对环境的感知深度与广度。

### 2.2 控制算法与逻辑优化

在感知与采集的基础上，控制算法成为智能照明系统的核心。传统照明控制以定时或人工调节为主，而智能控制则通过复杂的逻辑运算实现对光环境的动态调节。控制逻辑需兼顾能效与舒适度，采用模糊控制、PID 控制以及人工智能算法等实现精细化调节。例如，系统能够根据不同时间段自动匹配适宜的照度与色温，保障学习与工作时的清晰光环境，同时在休息时提供柔和光线，减少视觉负担。逻辑优化的重点在于减少不必要的能耗，避免频繁的开关操作造成能量浪费或用户干扰，实现节能与舒适度的平衡。

### 2.3 人机交互与多场景切换

智能照明不仅是自动化的结果，还需要与使用者形成有效交互。人机交互设计包括触控面板、移动终端应用、语音控制等多样化方式，使使用者能够根据自身需求进行个性化设置。多场景切换功能进一步丰富了照明系统的灵活性，通过预设学习、会议、观影、休憩等场景模式，用

户可一键实现光环境的快速调整。优秀的人机交互不仅提升使用体验，还能促进用户参与，使照明系统真正从“自动控制”迈向“智能伴随”。

## 3 人体舒适度适配的评价维度

### 3.1 视觉生理需求

视觉生理舒适度是照明适配的首要维度。照度水平直接决定了人眼对物体的识别清晰度。过低照度会导致视物模糊、注意力下降，而过高照度则可能造成视觉疲劳甚至眩光伤害。光分布的均匀性同样影响视觉体验，如果区域差异过大，容易产生视觉不平衡与不适。显色性是另一关键指标，良好的显色性能保证颜色辨识准确，特别在医疗、教育与商业环境中至关重要。因此，智能照明系统在设计时应依据相关标准，确保照度、均匀性与显色性满足人体视觉生理需求。

### 3.2 心理感受与情绪影响

光对心理的作用已得到广泛证实。不同色温、亮度和分布的光环境，会对人的情绪与心理状态产生直接影响。例如，冷色光能增强专注与效率，适用于工作与学习环境；暖色光则有助于放松和情绪稳定，更适合休闲与居住空间。光的分布形式亦能影响空间感受，均匀照明强调功能性，而局部照明更能营造氛围与层次感。智能照明通过对光色与亮度的动态调控，为用户营造心理适配的环境，提升幸福感与满意度。

### 3.3 生理节律与健康适配

人体的生物节律对光极为敏感，光照是调节昼夜节律的主要外部因素。长期处于与生理节律不匹配的光环境中，容易引发睡眠障碍、注意力下降和免疫力减弱。智能照明可通过模拟自然光的变化，促进人体生理节律的健康运行。例如在清晨提供逐渐增强且色温偏冷的光照，帮助人体快速进入清醒状态；在夜间提供柔和且色温偏暖的光照，促进褪黑素分泌，帮助放松与入睡。这种健康适配不仅提升舒适度，还对人体健康产生积极作用。

## 4 智能照明系统的节能与运行优化

### 4.1 自然光与人工光的协同利用

在节能优化的设计理念中，智能照明系统尤为强调对自然光的高效利用。通过在室内外布设光照传感器，系统能够实时监测环境光的强度变化，并自动调整人工光源的输出水平，以维持稳定舒适的光环境。例如，在采光条件优越的区域，系统会自动降低人工照明的照度，既满足使用需求，又避免不必要的能耗；在光照不足的区域，则会适当增加人工光源的输出，使空间光环境保持均衡。自然光与人工光的协同调控，使室内光环境更加符合人体视觉舒适度要求，同时显著降低电能消耗。长期运行中，这种模式能够有效减少能源浪费，延长照明设备的使用寿命，降低维护成本。自然光的充分利用不仅体现了节能理念，也符合绿色建筑的发展方向，为建筑照明系统实现可持续

发展提供了重要支撑。

#### 4.2 负荷管理与能耗优化

负荷管理作为智能照明系统的重要功能，在提升运行效率和节能效果方面发挥着关键作用。通过对人员分布与活动规律的实时分析，系统能够实施精细化的分区控制与时间调度。例如，在人员密集的会议室保持适宜的高照度，为使用者提供良好的视觉环境；在空置的走廊或房间则自动调低亮度或关闭照明，从而减少能源浪费。借助大数据分析，系统还能对负荷变化趋势进行预测，根据建筑日常运行特征合理安排电力分配，避免在高峰时段对电网造成过大冲击。这样的管理方式不仅优化了电能的使用结构，也延长了照明设备的使用寿命，减少了维护与更换频率。负荷管理使照明系统能够在保障舒适与安全的前提下，实现能效水平的大幅提升，为建筑整体运行创造经济与环保双重价值，同时推动智慧化能源管理向更高层次发展。

#### 4.3 维护与寿命管理

在智能控制的支持下，照明系统的维护与寿命管理变得更加高效和科学。系统能够对灯具的运行时间、电流波动和亮度变化进行实时监测，通过数据分析判断光源的老化程度，并在出现性能下降迹象时提前发出维护提示。这种方式有效避免了因大面积故障而导致的使用中断，确保照明环境的稳定性与可靠性。智能寿命管理不仅延长了灯具和相关设备的使用年限，还显著降低了维护频率和人工成本，为管理方节约了大量资源。与此同时，长期积累的运行数据能够为后续设计优化提供参考，使照明系统在全生命周期内都能保持高效运转。通过这种动态化与前瞻性的管理模式，照明系统逐渐从传统的被动维护转向主动管理，实现了安全、节能与经济效益的统一，为智慧建筑和绿色城市的发展提供了有力支撑。

### 5 未来发展方向与适配策略

#### 5.1 人工智能驱动的自学习系统

未来的照明系统将更加注重自学习与自适应能力，通过人工智能算法不断提升运行的智能化水平。系统能够在长期使用中积累用户的行为数据，分析其使用习惯与偏好，从而自动生成最符合个体需求的照明模式。例如，当用户即将进入某一特定空间时，系统可以根据以往的使用规律提前完成光环境的调整，使照明显亮度、色温和分布与场景需求高度契合，让用户获得最佳体验。自学习功能的引入使照明系统不再依赖固定的控制逻辑，而是具备了动态变化与个性化适配的能力。在办公场所，系统能够根据员工的作息和工作强度调整光环境；在居住空间，系统则会根据家庭成员的生活习惯提供更舒适的光照氛围。这种个性化和智能化的调控方式，不仅提升了用户的舒适度，也进一步推动了照明系统从传统控制走向智能交互的发展方向。

#### 5.2 多技术融合的综合平台

智能照明的未来发展将与物联网、云计算和大数据技术深度结合，形成更加完善和高效的应用模式。通过物联网，照明设备之间能够实现互联互通，构建灵活的网络体系，使控制更为精准。云平台的引入则赋予系统远程控制与集中管理的能力，管理者可以在任何地点对照明状态进行调节与优化，提升管理效率。大数据分析在其中发挥关键作用，通过对用电行为和环境数据的深度挖掘，为照明策略的动态优化提供科学依据，使光环境能够更好地适应不同场景与需求。在多种技术融合的背景下，智能照明将不再只是建筑中的独立子系统，而是与暖通、安防、能源管理等系统协同运行，形成统一的智能管理平台。这样的协同模式不仅推动智慧建筑整体水平的提升，也为节能降耗、舒适体验和安全保障提供坚实支撑，展现出广阔的发展前景。

#### 5.3 人本健康照明的深化

未来的照明设计将更加关注健康适配功能，把光环境与人体生理和心理需求紧密结合。研究工作将持续深入光照对人体内分泌调节、情绪状态和认知水平的作用机制，为科学制定光环境标准提供理论支撑。在实践层面，照明方案将不再仅仅追求亮度与能效，而是更加重视光的色温、亮度变化规律以及与自然节律的协调，使人们在居住和工作环境中获得更舒适与健康的体验。健康照明的发展不仅有助于提升家庭和办公场所的环境质量，还将在教育、医疗等公共领域发挥重要作用。例如，合理的光环境能够帮助学生保持专注，提高学习效率，也能改善医疗空间的舒适度，减轻患者焦虑。

### 6 结论

建筑电气照明系统正在经历由传统静态设计向智能化、人本化的转型。通过智能控制技术的应用，照明系统能够实现照度、色温和分布的动态调节，在满足基本照明需求的同时，提升节能水平与人体舒适度。研究表明，智能照明不仅能降低能耗，还能改善用户的视觉体验与心理健康，推动建筑功能价值的提升。未来，应加强人工智能、大数据与物联网的融合应用，构建更高水平的人本健康照明系统，为建筑智能化与可持续发展提供动力。

#### 【参考文献】

- [1] 王伟.智能照明控制系统在建筑电气中的应用研究[J].建筑电气,2021(5):56-61.
  - [2] 李芳.人本照明理念下的建筑照明设计优化探讨[J].照明工程学报,2022(4):44-50.
  - [3] 张强.建筑照明系统的智能控制与节能策略研究[J].中国建筑科学,2023(2):73-80.
- 作者简介：张冠泽（1998.3—），男，汉族，毕业学校：河北科技师范学院，现工作单位：九易庄宸科技（集团）股份有限公司。