

# 照明节能技术在建筑电气设计中的应用

李 静

石家庄圣帝建筑工程设计咨询有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**照明系统能耗占建筑总能耗较大比例,在建筑节能工作中合理使用照明节能技术对于实现建筑碳减排目标起到良好促进作用。本文首先介绍了建筑照明系统的能耗特点,然后总结了照明节能设计的基本原则,最后详细讨论了如何选取高效的光源、优化灯具配光、实行智能化照明控制、结合自然采光与采用物联网新技术等方面的技术措施。研究表明,采用上述一系列技术措施可以有效节约照明用电量的同时保证人们的正常视觉需求。本文主要目的是为建筑电气照明节能设计提供相关技术指导。

**[关键词]**照明节能; 建筑电气设计; 智能照明控制

DOI: 10.64635/ja.2026.1189

中图分类号: TU113.6

文献标识码: A

## Application of Lighting Energy-Saving Technology in Building Electrical Design

Li Jing

Shijiazhuang Shengdi Architectural Engineering Design Consulting Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

**Abstract:** The energy consumption of lighting systems accounts for a relatively large proportion of total building energy consumption. In building energy conservation, the rational application of lighting energy-saving technology plays a positive role in achieving carbon reduction targets for buildings. This paper first introduces the energy consumption characteristics of building lighting systems, then summarizes the basic principles of lighting energy-saving design, and finally discusses in detail technical measures such as selecting efficient light sources, optimizing luminaire light distribution, implementing intelligent lighting control, integrating natural daylighting, and adopting new Internet of Things technologies. The results show that the above technical measures can effectively reduce lighting electricity consumption while meeting people's normal visual requirements. The main purpose of this paper is to provide relevant technical guidance for energy-saving design of building electrical lighting.

**Keywords:** lighting energy conservation; building electrical design; intelligent lighting control

### 引言

伴随着我国“双碳”战略不断推进,在整个社会范围内节能减排成为重中之重任务。而照明耗电占到全国总用电量约 12%,并且还在逐年上升的趋势。因此,在建筑电气设计时充分考虑照明节电问题,不仅可以大大减少建筑运营期间所消耗的能量,还可以促进绿色建筑的发展。照明节电理念也由最初的单纯提高灯具发光效率发展到现在的全方位、全过程、全系统的节电思想。即照明节电不仅仅是单个灯具的问题,而且包括了灯具本身、灯具、控制开关以及自然光等多个方面综合协调工作的整体项目。本论文首先对能耗进行分析,进而介绍照明节能技术在建筑电气中应用。

### 1 建筑照明系统能耗特征与节能设计原则

#### 1.1 建筑电气照明系统构成

建筑电气照明主要由光源、灯具附件(镇流器、驱动器等)、配光装置以及控制装置四个部分组成。而光源是进行电光转化,镇流器或者驱动器效率影响灯具总耗电量,配光装置决定光通量有效利用程度,控制装置实现按需照明。这四个方面互相联系,任何一个方面存在不足都会降低整个系统节能水平。

#### 1.2 照明能耗影响因素分析

照明能耗的影响因素有以下几个方面:光源光效高低、灯具配光效率、照明功率密度设定值、控制系统智能化水平及自然采光应用情况等。研究表明,照明节能的根

本在于以提高光源光效为基础，实现由“局部效率”到“系统效能”的转变，也就是说，虽然高光效光源是节能的基础条件，但是最终起作用的是光效利用率——即发出光通量有多少真正到达需要照明的工作面上。上述各类影响因素也直接决定了后续照明节能设计原则的制定方向。

1.3 照明节能设计基本原则

照明节能设计应坚持三个原则：首先，功能性第一的原则，即节能不能降低人们的视觉舒适度以及作业照度的要求；其次，整体性原则，在灯光明暗调节的基础上，还要考虑光源、灯具、控制甚至自然光照等各方面的配合使用；最后是经济性原则，即在保证以上两个条件的前提下，要考虑到初期投入和后期运营产生的效益，在整个寿命周

期内使花费最少。

1.4 相关设计标准与规范

GB 50034—2013《建筑照明设计标准》是我国建筑照明设计的基本准则，该标准规定不同类型的建筑物应达到的照度水平、照明功率密度限制以及显色性等方面的内容。同时，在绿色建筑评价体系中也有关于照明系统效率的规定，因此照明节能设计要符合多个标准的要求。

2 照明节能核心技术与应用

2.1 高效光源选型与性能对比（LED 等）

高效光源是照明节电的基础，目前常用的高效光源有 LED、三基色荧光灯、金属卤化物灯等，各种光源比较如表 1 所示。

表 1 常见高效光源性能对比

| 光源类型       | 光效范围（lm/W） | 显色指数（Ra） | 平均寿命（h）     | 主要优点         | 主要不足       |
|------------|------------|----------|-------------|--------------|------------|
| LED        | 80~200     | 70~95    | 30000~50000 | 光效高、寿命长、可控性好 | 初始成本较高     |
| 三基色荧光灯（T5） | 70~100     | 80~85    | 10000~20000 | 技术成熟、性价比高    | 含汞、频闪      |
| 金属卤化物灯     | 70~100     | 65~95    | 8000~15000  | 显色性好、光色丰富    | 启动慢、再启动时间长 |
| 高压钠灯       | 80~140     | 20~25    | 20000~30000 | 光效高、透雾性强     | 显色性差       |

LED 是目前最具有发展前景的高效光源，商品化的 LED 产品发光效率已经可以达到 100~130lm/W，寿命可达 50000 小时以上，是荧光灯的十倍、白炽灯的百倍。由于 LED 固有的固体发光特点决定了它体积小、抗震性强、便于调节亮度等功能，在与太阳能、风能等新能源结合后表现良好。而且随着价格不断降低，LED 已经成为建筑设计首选的照明光源。而在公共建筑上使用 LED 相比于传统的照明设备更有利。有研究显示，在大量使用照明设施的情况下，使用 LED 的日光灯比普通的日光灯有更好的经济性，更低的一次性投入以及更短的使用寿命。在保证同样亮度情况下，16W LED 灯管可以代替 40W 普通日光灯管，节电超过 60%。

2.2 灯具配光特性与效率优化

灯具配光特性影响着光通量在空间内分布形式，也是决定照明质量和能耗的重要因素。光效利用率是照明节电最有效、最突出的一项指标，它就是一种“精准控光”。如果配光不合理，即使使用发光效率最高的光源，也会有大量的光通量投射到不需要的地方或者被灯具自身所吸收而造成不必要的损失。蝙蝠翼配光以及侧向偏光方法可以得到均匀矩形光斑，适合用于道路、广场等大面积照明场所，在室内照明中，根据不同的场所所需的照度均匀性和眩光等级来选取合适的配光类型。窄配光用于重点照明；中配光用于办公室、商店等一般场合；宽配光用于走

廊、车库等处。理解配光曲线是进行配光优化的前提。在 IES 或者 LDT 文件中的配光曲线可以导入到相应的照明设计软件中，进行模拟得到工作面上的光照情况、统一眩光值等重要参数。设计师需要关注灯具有关半峰光束角以及光束效率这两方面的内容：半峰光束角越小表示光线越集中，适合较高空间或者是重点照明；而光束效率则是指灯具发出总的光通量中有多少能照射到需要的地方上，是评价一个配光好坏的重要定量标准。现代照明节能的基本思路已经不是以前单纯的提高光源光效，而是一种全方位、系统的节能理念，其中配光对于节能所起的作用占到 65%，远远大于光源本身所占比例约 20%。

3 智能照明控制系统设计

3.1 基于传感器的自适应控制技术

智能照明控制系统主要是实现“按需供光”，即只在需要时提供适当照明而不浪费电能。智能照明控制系统利用各种传感器检测周围环境变化情况从而可以做到预先设定场景、场景间相互连接、手动/自动控制以及集中控制等多种方式来操作。常用的传感器有红外移动传感器、微波雷达传感器和光照度传感器。红外传感器能够探测到人或者物体的存在，适合用于有人的地方如办公室、会议室等；微波传感器穿透力强并且很灵敏，可用于走廊、洗手间等地方；而光照度传感器用来测量自然光线强度以便进行调光控制。利用智能照明系统连接到智慧园区平台可

以做到照明与会议室预约系统联动,在未预约的情况下,自动熄灭灯光,节约能源。

### 3.2 分区控制、定时控制与调光策略

分区控制根据空间的功能区或者采光的不同,把照明回路划分成若干个可以分别进行操作的区域以防止“一人需光、满屋皆亮”造成的能源浪费。分区的原则有三个:一是依据自然采光情况进行分区,靠近窗户的部分与内部分开控制;二是依据使用功能进行分区,例如办公室中的工位与走道分开控制;三是依据人流量大小进行分区,人多的地方与人少的地方分开控制,这样就可以在不增加系统的复杂程度的情况下达到 15%~25%的节电效果。而定时控制适合那些有固定时间的工作环境,比如办公楼白天上班时开灯晚上下班后关灯,或者车库根据早晚高峰不同时间段分级控制等。定时控制一般采取分段法:高峰时全部开启,平峰时隔一亮一,低谷时维持最低亮度或者关闭,可以达到约 20%节电;调光控制是精细化节电的一种有效方法,利用 0~10V、DALI 或者 PWM 调光来让灯具发出的光符合实际需要<sup>[1]</sup>。三种调光方式各有利弊:0~10V 调光价格便宜、性价比高,适合小规模的应用场合;PWM 调光准确度高、无闪烁,适合有较高视觉要求的地方;而 DALI 调光有双工通信以及寻址功能,是大中型商业及办公建筑的最佳选择。DALI 智能照明由于其标准接口、精确控制、易于扩展的优点,在各类场所如商场、写字楼等成为首选。DALI 系统可以集中控制、监控用电量并且可以进行区域划分调节亮度,每一个灯都可以单独寻址从而达到一对一控制的效果。而根据相关研究,调整灯光亮度可以节省 20%~40%能源消耗比简单的分区或者定时更加有效。

### 3.3 智能照明系统与楼宇自动化的联动

智能照明系统是楼宇自动化系统一个重要组成部分,在整个系统联动下可以发挥最大节能效果<sup>[2]</sup>。以中国移动信息港园区为例,照明系统和空调末端控制系统进行联动,实现照明、空调以及会议室预约系统联动,大大减少楼内照明、空调用电量以及产生的二氧化碳排放量。联动方式有:根据 occupancy 状态对灯光和空调同时进行控制、根据自然光照强度调整人工照明亮度、通过监控能耗数据调整相应措施等,这都是从整体上进行协调配合从而达到节能减排的目的。

## 4 自然采光与人工照明协同设计

### 4.1 自然采光原理与设计方法

自然采光是清洁、经济照明方式。合理利用自然光可

以大大减少人工照明消耗并提高室内外光环境质量。自然采光需要结合建筑物方位角、窗户面积比例、采光开口位置以及室内表面等进行分析计算<sup>[3]</sup>。有学者研究发现,使用照明模拟软件对住宅建筑进行优化设计后可以使住宅建筑照明用电量下降 15.3%,而且平均照度由原来的 165.86lux 提高到 205.14lux。这就证明自然采光与人工照明相结合不仅可以达到节能减排目的,还可以提高照明效果。导光管、光反射板、棱镜窗等辅助采光设施可以很好地把自然光引入建筑物内部深处,扩大采光面积。

### 4.2 日光感应调光技术

日光感应调光是根据布置于工作面上或靠近窗户的位置处的照度传感器监测到的自然光照度大小来调节,有充足的自然光时,使临近窗户的人工照明回路降低或者关闭,在不足的情况下增加亮度。而选择什么样的照度传感器及放置何处也会影响其效果。一般而言,应采用具有对数响应特性的光敏电阻作为照度传感器,同时要避开直射阳光以及人工照明的影响,一般放在窗户旁边墙壁上或者是天花板上,面向窗口。这样就可以做到所谓的“恒照度控制”,即保持工作面上的照度在一定的范围内波动而不是过高或过低。而恒照度控制的关键就是比例积分调节中比例系数和积分时间的选择,选择合适的比例系数以及积分时间可以防止灯光变化过于剧烈。利用日光感应调光以及分段百叶遮阳进行联合控制可以有效节省空调以及照明用电量。因为减少人工照明可以节省电能同时也可以减少由于照明发出热量而需要使用的空调制冷量从而达到“光-热”双重节能效果。

### 4.3 综合采光节能设计策略

综合采光设计应融入整个建筑设计过程中,在初步设计时要合理布置建筑物方位以及体型系数,尽可能选择南北方向以便于侧面采光;在方案设计中改善窗墙比及采光口形状,利用反光板或者导光管等设施;在施工图设计时设置日光感应调光设备,使自然光与人工光源良好配合。建立建筑室内的热湿光环境综合评估标准可以对房间内热湿光环境舒适度以及工作效率进行量化分析,有利于采光与照明的有效结合。

## 5 照明节能新技术与工程应用

### 5.1 物联网技术在照明系统中的应用

物联网技术将照明系统中的每一盏灯、每一个传感器、每一个开关等连接在一起,组成一个“照明物联网”。在该网络里,灯不再是单纯耗电工具,而是一个有感知力、有通信能力和边缘计算能力智能设备。一般而言,物联网

照明系统分为三层结构：感知层由智能灯以及各种传感器构成，用于收集信息；网络层基于 Zigbee 或者蓝牙 Mesh 实现设备之间的连接以及数据交互；应用层部署在云端，进行设备管控、策略优化以及展示等功能。物联网照明平台可以及时获取用能情况、设备运行情况、环境条件等，并利用云上算法对出现的问题进行判断、节能优化等。基于 Zigbee 协议的物联网照明系统具有低功耗、自组网、高可靠的特点，一个网关可以连接超过一百个节点，适用于小型到中型办公楼。而智能照明系统利用智能网关、雷达传感器以及智能灯具相互配合，结合智能物联网设备管理系统实现智能化照明控制的功能，管理者可以在网页上查看每盏灯的工作情况以及消耗电量，根据需要发送相关命令，大大提高工作效率并且节约能源，为下一代新型光源与智能照明技术落地奠定了硬件基础。

## 5.2 照明节能发展趋势

照明节能技术向着更高光效、更智能调控以及更深度配合方向发展。从光源来看，Micro LED、OLED 等新型固体光源有可能把光效提高到一个新台阶；从控制来看，以 AI 为基础的学习型控制方法可以使得照明设备可以预测人们的行为方式从而提前进行调节；从系统角度来看，照明将会和空调、遮阳、通风等结合起来构成建筑物综合能源管理系统。而当代照明节能最终目的是做到“精准用光全到位”，即让每一瓦电所发出光线尽量都用到需要地方以及要完成的任务上，把整个系统的耗电量降到

最低限度。

## 6 结语

照明节能技术在建筑电气设计中是个多方面结合的工作。从灯具选择到配光，从智能化控制到利用自然光，甚至包括最新的物联网技术等方方面面都会影响到最后的效果。而本文研究结果表明：LED 灯因发光效率高、寿命长以及良好的可控性而成为首选；合理地进行配光对于提高发光效率作用最大，应该是重点；智能照明系统可以通过自适应、分区调节以及建筑物之间的联动来达到按需照明的目的从而节约能源；而自然光与人工光结合的设计既能够起到节能减排的作用同时又能改善室内环境质量。将来，在物联网、人工智能等技术广泛应用情况下，照明节能将上升到一个新的高度即系统的、智能的照明节能，从而对建筑碳减排起到更大的作用。

## 【参考文献】

- [1]宋纪果.建筑电气照明节能技术的研究[J].科学技术创新,2024(12):156-159.
- [2]刘秋明.基于深度学习的建筑电气照明节能控制分析[J].光源与照明,2025(10):12-14.
- [3]杨雪.基于物联网技术的建筑电气工程智能照明系统研究[J].价值工程,2024,43(25):148-151.

作者简介：李静（1993.12—），毕业院校：河北建筑工程学院，所学专业：楼宇智能化工程技术，当前就职单位：石家庄圣帝建筑工程设计咨询有限公司。