

## 谈绿色建筑节能技术在建筑电气设计中的应用

陈是泉<sup>1</sup> 李腾<sup>2</sup>

1. 华商国际工程有限公司, 北京 100010

2. 北京恒华伟业科技股份有限公司, 北京 100010

**[摘要]**针对当前世界的能源紧张形势以及“双碳”的发展目标,绿色节能技术的应用对于建筑电气的设计至关重要。文章从多个方面展开论述了绿色节能技术在建筑电气设计的应用:介绍了绿色节能技术可以减小建筑物耗能的作用,讨论了建筑电气系统中供电系统与照明系统的节能设计方案,研究了LED节能照明、智能化的照明控制系统、光伏太阳能发电系统、新能源管理系统等核心技术的应用以及相关技术参数比较等,在此基础上从系统、设备选择、管控机制三个方面给出了优化方案。研究发现,把绿色节能技术和建筑电气工程紧密结合在一起的话能够大大减少建筑物在运转过程中的消耗的能量消耗,可以做到对再生资源进行就地消化运用,智能化运维管理,从而促进建筑领域低碳发展进程。

**[关键词]**绿色建筑;建筑电气;节能设计

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19192

中图分类号: TU201.5

文献标识码: A

### Application of Green Building Energy-saving Technology in Building Electrical Design

CHEN Shiquan<sup>1</sup>, LI Teng<sup>2</sup>

1. Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100010, China

2. Beijing Forever Technology Co., Ltd., Beijing, 100010, China

**Abstract:** In response to the current global energy crisis and the development goal of "dual carbon", the application of green and energy-saving technologies is crucial for the design of building electrical systems. The article discusses the application of green energy-saving technology in building electrical design from multiple aspects: it introduces the role of green energy-saving technology in reducing building energy consumption, discusses energy-saving design schemes for power supply and distribution systems and lighting systems in building electrical systems, studies the application of core technologies such as LED energy-saving lighting, intelligent lighting control systems, photovoltaic solar power generation systems, and new energy management systems, and compares related technical parameters. Based on this, optimization schemes are proposed from three aspects: system, equipment selection, and control mechanisms. Research has found that closely integrating green energy-saving technology with building electrical engineering can greatly reduce the energy consumption of buildings during operation, enable on-site digestion and utilization of renewable resources, intelligent operation and maintenance management, and promote low-carbon development in the construction industry.

**Keywords:** green building; building electrical; energy-saving design

### 引言

面对全球变暖、能源短缺的双重挑战,在所有的能源消费中,建筑行业的用能巨大,建筑能效引起了人们的重视。有数据显示,建筑能耗占全社会总能耗比重为46.5%,建筑运行能耗占21.7%。在这样的情况下,节能环保的绿色建筑概念随之而生,而建筑电气系统相当于建筑运行中的“血液”,它的节能设计决定着整个绿色建筑是否能够成功。绿色节能环保技术是以可持续发展为目标的一种先进技术,具有很大的经济效益。在建筑电气设计方面,绿色节能环保技术的应用包括了供电系统的合理设计,节能照明系统的运用,太阳能风能等清洁能源的使用,以及楼宇自动化控制系统等。这些技术不仅可以大大减少建筑物运营过程中所消耗的能源,同时也可以改善用电质量、提高设备使用寿命,从而达到经济利益和生态效益双赢的效果,在建筑机电工程的设计方面引入绿色设计的理念可以

既遵守合理开发的原则又做到资源充分利用,在一定程度上满足了低碳环保的要求,也给民众带来了一个绿色生活的环境。

### 1 绿色节能技术在建筑电气设计中的应用意义

绿色节能技术应用于建筑工程电气设计方面主要表现在对于能源利用率的根本提高方面。传统的建筑工程电气工程普遍采取的是粗放型的设计理念,供电配电系统冗余量较大、变压器长时间处于轻载运行状况之下,照明设备缺少精细化的投光设计,造成巨大的能源浪费现象。供电配电系统是建筑工程电气构成的主要部分之一,其可靠程度以及效能好坏会对建筑整体运营效率以及未来的持续发展产生至关重要的影响。采用绿色节能技术可以在满足基本使用需求的基础上,最大程度地降低电气系统在输送、转化及消费过程中所损失掉的能量。再者,使用绿色节能技术也是践行国家战略目标的有力举措。减少建筑耗

能是达成碳中和的一个重要途径,建筑碳排已经成为整个行业完成“双碳”任务的重大障碍,在建筑中应用太阳能光电板等新能源技术能够使建筑改变角色从“用能者”变成“产能者”,直接降低对化石燃料的需求量从而达到碳中和的目的。同时绿色节能技术和措施还可以改善建筑的品质以及节约开支。以照明装置为例,一味强调高发光效率而不考虑光线的影响,就会引发光污染、炫光等问题,还会造成光能浪费。采用合理的光分配方案加智能化管理可以做到“按需应变”的亮灯模式,营造更好的光环境。从经济角度考量,虽然绿色节能技术一次性投入较大,但是经过整个生命周期的成本核算,在节能技术上节省下来的电费能够在3~5年的期间内补偿新增成本,之后的每年都可以变为净收益。

## 2 建筑电气设计中节能技术应用的关键环节

### 2.1 供配电系统节能设计

供配电系统是建筑物电气工程的基础支撑骨架,它的节能设计直接影响了整座建筑的电能输送及分配效果。供配电系统不仅要保证适用性和系统的可靠性还要对不同供配电方案的技术经济性进行对比选择最高效的供配电系统。而供配电系统节能设计方案应注意以下几点:变电站的位置设置是最先要注意的问题,变电站要靠近负荷中心或者是大型用电设备的地方来降低供电距离、节省电能损失。负荷中心的选择可以利用加权计算的方法得出,即以各个用电器的位置坐标以及每年用电量或者计算出的负载电流来进行加权求平均值从而得到负荷中心的位置点。对超高建筑或者综合体来说,常常有好几个负荷点,在这种情况下需要做技术和经济效益分析,科学布置变配电所的位置与数量,变压器的级数控制及变压器的选择都是很重要的,建筑电气工程首先要合理规划配电系统电压等级来降低变压器的级数,当用户的负荷容量大于250kW·h,应该选择高压进线。通常来说一栋建筑变压器不应该超过两台,每增加一台变压器就代表会损失一次能量。在变压器选择上,当变压器铜损和铁损相等的时候变压器最省电,在这个情况下变压器负载率为40%~65%,这是变压器最佳工作状态下的区间。对冷水机、冷冻泵等较大容量季节性负荷,应单独使用一台专用变压器来供电,以防在淡季造成容量较大的变压器长期轻载运行的现象出现。无功补偿及谐波治理也不能忽视。除采取提高自然功率因数外,在负荷端还要设置集中、分散两种型式的无功补偿。而对于那些功率因数偏低而又远离变电站的大功率用电设备可就近装设无功补偿。另外,大型用电设备、大型晶闸管调光设备等非线性负载会造成大量的畸变电流谐波引起电压波动,进而使电能质量降低产生附加损失等现象的发生,应在负荷端装设相应的谐波抑制装置。

### 2.2 照明系统节能设计

照明系统是建筑电气中能耗较大的末端系统,在节能

设计上涉及到光源种类、灯具配光、控制方式等方面的问题,而现代建筑电气照明设计的节能研究应以节能的技术和手段为基础来进行,即以LED技术与光控技术为代表的节能技术的应用问题。照明功率密度(LPD)控制是最基本的要求,现行国家标准《建筑照明设计标准》为不同的楼宇类别及不同的功能空间规定了相应的LPD限值,设计师应该根据照度标准,使用高效率的光源以及合理的布置灯具等来使得LPD不超出限制。但是仅仅以“光效值”为衡量节电标准是有缺陷之处的,制造商可以采用高光效而配光极差的设计方法,在达到LPD规定要求的基础上会大量浪费能量产生“表象达标,实质损耗严重”的现象。“光效利用率”是对照明节能很重要的一个参数,核心就是“精准控光”的能力。基于照明系统的“发光-控光-用光”的能量传递过程特点,研发重点应当由原来的“单一光源光效”转到“系统光效”,配光系统应该占研发比例的65%是节能的主要环节,发光效率占比20%,是节能的基础部分,智能化控制系统占比10%,是节能的调节器。设计过程中采用蝙蝠翼配光、TIR自由曲面等光学设计使得矩形光斑、均匀照度,使有效光通利用率大于等于90%。

## 3 绿色建筑节能技术在电气系统中的具体应用

### 3.1 LED节能照明技术应用

LED照明技术在具有高效、长寿、可控性好的特点下已经成为绿色建筑照明的主要手段,LED发光源光效已经达到较高的水平,由140lm/W升至160lm/W,研发难度以及价格大大提高,但是获得的整体系统的节能效果远远不及将光效使用提高由70%达到90%,所以LED节能照明技术的应用需要在考虑光源光效的同时也要注意灯具的设计,从而使得整体系统得到最佳节能效果。

表1 不同类型LED灯具能效对比及应用场景

灯具类型	系统光效 (lm/W)	显色指数 (Ra)	配光特点	适用场景
LED直管灯	120~150	80~85	朗伯体配光,光线分布均匀	办公室、学校、医院
LED面板灯	100~130	80~90	面光源,出光柔和和无眩光	写字楼、会议室
LED筒灯	90~120	80~95	聚焦配光,可调角度	商业空间、酒店
智能调光型LED	110~140	85~95	可控配光,支持调光	需场景切换的智能建筑
高棚工矿灯	130~160	70~80	蝙蝠翼配光+偏光设计	工业厂房、仓储

由表1可知不同种类的LED灯具有不同的性能及使用场所大相径庭,在绿色建筑设计之中要依据各功能区的照明要求来挑选相应的灯具。比如:工业厂区建议采用高棚工矿灯,通过蝙蝠翼配光+侧向偏光方式达到矩形光斑、均布照度效果,节约灯柱以及用电量;

### 3.2 智能照明控制技术应用

智能照明控制系统是达到“随变而发”的关键措施，它根据周围环境以及人的活动情况的变化及时改变照明发出的状态，去掉不必要的照明时间段及地区。在精确配光（降低“空间浪费”）的基础上再加上智能控制系统（降低“时间浪费”），可以做到二次节电，有很大的空间。自适应调光算法是智能化照明控制系统中最为关键的部分，已经从最初的线性映射阶段发展到了神经网络及预判式调控的智能化阶段。以前的调光算法使用的是简单线性映射的方式，但是存在过度调节的问题还有场景不符的问题等。现在的智能算法采用了滞后控制的方法，在设定上下限幅值的情况下使亮度逐渐变化来防止由于光照强度的变化造成的反复调节。再进一步，基于百万级场景数据进行神经网络训练，系统可以预判用户的喜好并且自动调整。而在实际的应用当中，智能家居照明控制也是具有多样化的场景匹配，在商业综合体里面用的是 uwb 定位系统跟自主调节灯光相配合，当顾客进入到货架区域之后对应的区域 led 灯光就会自动升高到百分之百加强产品展示的效果，而在淡季的时候可以全部降低到六十度左右，同时配合着人体红外感应做到人来灯开人走灯灭。而智慧道路照明里面使用的是 loRaWAN 大范围灯控，可以通过天气联动跟车辆探测实时调节亮度，可以省电达到百分之四十左右的程度。

### 3.3 太阳能光伏发电系统应用

光伏建筑一体化是建筑应用可再生能源的一种方式，通过光伏建筑一体化（BIPV）将光伏组件同建筑围护结构相结合，使建筑具有发电能力。电气工程作为民用建筑光伏一体化系统的核心支柱，在整个系统的规划、选择材料、能效管理和运维方面都起到主导性的作用（如表 2 所示）。

表 2 不同类型光伏系统技术参数与应用对比

系统类型	装机容量 (kWp)	年发电量 (kWh/kWp)	系统效率 (%)	适用建筑类型
屋顶分布式光伏	50~500	900~1200	75~82	工业厂房、大型公建
光伏幕墙	20~200	700~1000	70~78	写字楼、商业综合体
光伏采光顶	10~100	800~1100	68~75	交通枢纽、会展中心
光伏车棚	30~300	850~1150	75~80	园区、公共停车场

分布式能源系统是太阳能光伏板，风力发电机，燃料电池这种规模较小的发电单元，可以在建筑场地现场产生电能，减少了对大型电网系统的依赖，同时减少了输电过程中的损失，在实际的建设中某大数据中心在其楼顶安装了众多太阳能光伏板，大量建设光伏发电装置，运用太阳能发电，减少对于常规能源的使用。在应用之后，太阳

能发电量从 0 变为 15%，年用电量总数由原来的 5000000kW·h 变为 4200000kW·h，电费开支从 30000000 元变为 22000000 元。

### 3.4 能源管理与智能化控制技术

能源管理和自动化控制系统是对上述各种节能技术进行融合的应用中心，在此基础上建立建筑物能耗监控系统，能够做到对整个电路系统进行实时地监测，分析以及最优控制。通过对电路系统的合理布局，智能化控制以及进行电力调配等方式可以提高建筑物的能量利用率的同时还能够很好地做到电量负荷均衡以及并网的安全操作<sup>[1]</sup>。建筑能耗监控系统的主体构架为“感，算，控，管”。其中感应部分就相当于园区里面的“碳感知神经系统”，能对房间内的温湿度、电耗等一系列隐形碳排放量进行实时的观测，然后反馈给智慧化平台。在感知层面，传感器采集得到的数据经由 AI 算法进行处理，精确绘制出碳排放曲线图，把看不见摸不到的碳排放变成看得见摸得着的“可知可控”。在处理层面，智能平台根据处理的结果对用能情况进行预估并据此安排设备启停计划，调整节能目标。

## 4 提升建筑电气节能设计效果的实施策略

### 4.1 加强节能设备与新技术应用

积极选择高效率节能电器产品就是提高电力系统的电能质量的有效途径，在变压器的选择上可以采用 1000kW 与 2000kW 变压器两种规格，其效率可以达到 98% 左右与 97.5%，通过使用低损耗的硅钢片以及自冷方式降低能耗损失；在照明设备中需要优先考虑采用光效率较高照明器具而不是只看其发光光源光效是否高；新技术的应用要关注智能化控制、可再生能源技术等结合；自适应调光与环境感应技术结合后可以使照明系统由“给定照明”变为“智能照明”。太阳能发电、电池储能联合起来可以做到“自发自用，多余电量卖给电网”，提高利用率<sup>[2]</sup>。

### 4.2 统筹规划与运行保障机制

建筑工程电气节能设计要以项目开始就介入其中，在整个建筑的功能性要求、负荷分布特性以及可利用的可再生能源方面都要统筹规划，首先必须树立全过程费用核算理念并不仅仅只是考虑初始投资还要计算好设备运转中的电费消耗以及后期的维修保养费用<sup>[3]</sup>，其次要针对不同类型的建筑物来选择合适的供电方式防止出现超大的供电范围并且还要与其他专业的如建筑、暖通等进行密切联系以保障系统的布置得当。节能措施能否真正得以实现也依赖于运行期间的操作管理情况。当前很多建筑能源设施都处于失控的状态下“节能靠经验，降费靠关机”的情况比较常见。因此要健全三个方面的制度：一是能耗分类计量制度，对总的功率、区域间的使用和主要设备都做到实时监控；二是动态运行方案，在使用不同时间段及不同的季节进行调节；三是不断完善的措施，随时对耗能的数

只有做到“事前整体协调”“事后有效监管”，才能达到整个建筑物电气工程系统全生命周期内的节能要求。

## 5 结语

绿色低碳技术应用于建筑物电气的设计中，是落实低碳发展理念，响应国家的“双碳”政策的具体体现。本文以电力供应与照明系统两大方面为出发点，在文中全面介绍了 LED 照明、智能控制系统、太阳能发电系统以及能源管理系统的技术手段。经研究得出，在供应配电系统节能技术和照明设备节电技术相结合之下可以保证满足相应需求，在此基础上实现了对能源的有效合理利用。在发展的过程中，建筑电气节能技术也会朝着更加智能化与集成化阶段前进。当机器学习技术逐渐完善，“算法”具备了“预见性”从而可以根据之前的数据自动调整其运行模式等。光通讯技术的发展将会使得 LED 灯由传统的“照

明器”演变成为“信息传递器”，从而达到照明与通信一体化的目的，“太阳能光伏板+储能+直流供电+柔性负荷+有序上网”的新型电力能源系统的建设，也必然是绿色建筑电气技术的一个重要发展点。

## [参考文献]

- [1]杨健伟.绿色建筑节能理念与技术在建筑电气设计中应用研究[J].电气技术与经济,2024(6):135-138.
- [2]汪海忠.绿色建筑节能技术在建筑电气设计中的应用[J].住宅与房地产,2024(4):102-104.
- [3]陈立庆.绿色建筑节能技术在建筑电气设计的研究应用[J].绿色建造与智能建筑,2023(8):27-29.

作者简介：陈是泉（1980.2—），男，汉，华商国际工程有限公司，籍贯：天津市武清区，研究方向：物流园区、食品加工建筑电气设计。