

# 建筑电气工程设计中的节能技术应用研究

母宇伦

邢台市建筑设计研究院有限公司 河北 邢台 054000

**摘要：**本文系统分析了建筑电气工程的能耗现状，从照明、空调、配电系统等核心环节深入探讨节能技术的应用策略，并结合实际工程案例验证节能效果。同时，对国家正大力发展的智能化、可再生能源等领域，探讨了一系列可应用的具体实践案例。科学应用节能技术可降低建筑能耗，对实现“双碳”目标、推动建筑行业绿色转型具有重要实践价值。

**关键词：**建筑电气工程；节能技术；智能化控制；可再生能源；绿色建筑

## 1 引言

全球能源危机与我国能源紧缺问题日益严峻，建筑行业作为能源消耗大户，其电气系统能耗占比高达40%—60%。在“双碳”目标驱动下，建筑电气工程节能设计成为实现绿色发展的关键环节。通过优化电气系统设计、应用高效节能设备及智能化控制技术，可显著降低建筑运行能耗，减少碳排放，推动建筑行业向低碳化、智能化方向转型。这不仅符合国家可持续发展战略要求，也是企业降低运营成本、提升市场竞争力的重要途径。

## 2 建筑电气工程能耗分析

### 2.1 主要能耗构成

建筑电气工程能耗主要包括照明系统（20%—30%）、空调系统（40%—50%）、动力设备（电梯、水泵等，15%—20%）及配电系统损耗（5%—10%）。以某超高层办公楼为例，其年用电量中，空调系统占比48%，照明系统占比25%，动力设备占比18%，配电损耗占比9%。其中，空调系统能耗受空调形式及气候条件影响显著；照明系统能耗与灯具类型、控制策略密切相关；动力设备能耗则取决于运行时间与负载率；配电系统损耗主要由线路电阻、变压器空载损耗等因素导致。

### 2.2 能耗特点与问题

建筑电气工程能耗呈现时空分布不均、设备效率低下、控制策略粗放、线路损耗严重等特点。公共区域照明与空调能耗集中于日间，住宅夜间能耗占比高，导致电网负荷峰谷差加大；传统变压器空载损耗占比达30%，荧光灯能效仅为LED的50%，设备能效水平亟待提升；人工定时控制导致“长明灯”“空转空调”现象普遍，缺乏动态调节能力；低压配电线路电阻损耗占建筑总损耗的40%以上，而线路布局不合理加剧了能源浪费<sup>[1]</sup>。这些问题制约了建筑电气系统能效提升，亟需通过技术创新与系统优化加以解决。

## 3 建筑电气工程节能技术应用策略

### 3.1 照明系统节能技术

#### 3.1.1 高效光源选型

LED灯具具有光效高、寿命长、显色性好等优点，是照明系统节能的首选。其光效达120—150lm/W，较传统荧光灯提升50%，寿命延长至5万小时以上，且显色指数高、无频闪，可显著改善照明质量。上海中心大厦采用T5高频荧光灯与LED结合方案，通过分区控制实现公共区域照度达标率100%，年节电量达120万kWh。在住宅照明中，LED灯具可结合智能调光系统，根据不同场景（如阅读、休息、会客）自动调节亮度，既满足使用需求又降低能耗。

#### 3.1.2 智能控制策略

分时分区控制根据使用频率划分照明区域，采用红外感应、光照传感器自动调节亮度。例如，深圳平安金融中心通过人体感应技术，使走廊照明能耗降低70%，同时避免因人为疏忽导致的能源浪费。在地下车库，采用雷达感应灯具，车辆进出时自动亮起，延时熄灭，有效减少无效照明时间。光照传感器可根据室外光照强度自动调节室内照明亮度，在白天光照充足时降低人工照明功率，实现自然光与人工照明的有机结合。

#### 3.1.3 自然光利用技术

自然光利用技术通过导光管、反光板等装置引入自然光，结合电动遮阳帘实现光环境动态调节。北京中国尊大厦采用光导管系统，将自然光导入地下车库与办公区，日间人工照明使用时间减少60%，显著降低照明能耗。光导管系统由采光罩、导光管和漫射器组成，采光罩收集室外自然光，通过导光管传输至室内，漫射器将光线均匀分散，提供舒适的照明环境。电动遮阳帘可根据太阳高度角和方位角自动调节角度，阻挡夏季强烈阳光直射，减少室内空调负荷，同时保证冬季阳光充分进

入,提高室内温度。

### 3.1.4 太阳能照明系统

太阳能照明系统在园区道路、景观照明中应用广泛,独立光伏系统满足8—10小时连续供电需求。杭州G20峰会主会场采用太阳能路灯,年减排CO<sub>2</sub>120吨,兼具环保与经济效益。太阳能路灯由太阳能电池板、蓄电池、控制器和LED灯具组成,白天太阳能电池板将太阳能转化为电能储存于蓄电池中,夜晚蓄电池为LED灯具供电,实现照明自给自足<sup>[2]</sup>。此外,太阳能景观灯可结合艺术设计造型设计,提升园区景观品质,同时降低运营成本。

## 3.2 空调系统节能技术

### 3.2.1 高效设备选型

变频技术应用可显著提升空调系统部分负荷效率。离心式冷水机组采用变频驱动后,部分负荷效率提升30%,广州周大福金融中心采用磁悬浮变频离心机,COP值达6.8,较定频机组节能40%。磁悬浮变频离心机采用磁悬浮轴承技术,消除机械摩擦,运行噪音低、振动小,同时具备高效节能、维护简便等优点。此外,高效螺杆式冷水机组、多联机空调系统等也广泛应用于建筑空调领域,通过优化压缩机、换热器等关键部件设计,提高设备能效。

### 3.2.2 热回收系统

热回收系统利用排风余热预热新风,热回收效率达60%—70%,上海环球金融中心通过全热回收装置,冬季新风加热能耗降低55%,同时改善室内空气质量。全热回收装置采用转轮式或板式换热器,实现显热和潜热的交换,在过渡季节可关闭新风阀门,采用全新风运行模式,充分利用室外自然冷源,降低空调能耗。此外,热泵技术也可用于回收低温热源,如地源热泵系统利用地下浅层地热资源,实现建筑供暖/制冷零碳排放。

### 3.2.3 智能控制系统

楼宇自控系统(BAS)集成温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度传感器,实现空调系统动态调节。深圳华润春笋大厦通过BAS系统,根据室内外环境参数自动调整风机转速与水阀开度,空调能耗降低22%。BAS系统可实时监测空调系统运行状态,分析能耗数据,优化控制策略,实现设备高效运行<sup>[3]</sup>。此外,智能温控器可安装在办公区域或住宅房间内,用户可根据个人需求设置温度,系统自动调节空调运行,避免能源浪费。

### 3.2.4 冰蓄冷技术

冰蓄冷技术利用夜间低谷电制冰,日间融冰供冷,转移高峰用电负荷。北京国贸三期采用冰蓄冷系统,年节约电费380万元,同时缓解电网压力。冰蓄冷系统由制

冷机组、蓄冰装置、换热器等组成,夜间制冷机组制冰并将冷量储存于蓄冰装置中,日间融冰释放冷量,通过换热器为空调系统提供冷水。该技术可降低空调系统运行成本,提高电网负荷率,实现电力资源的优化配置。

## 3.3 配电系统节能技术

### 3.3.1 变压器优化配置

节能型变压器选型是降低配电系统损耗的关键。S13及以上型号非晶合金变压器空载损耗较传统变压器降低70%,南京青奥中心选用SH15型变压器,年节电量达45万kWh。非晶合金变压器采用非晶合金铁芯,具有高导磁率、低损耗的特点,可显著降低空载电流和空载损耗。变压器容量合理匹配可避免“大马拉小车”现象,负载率控制在75%—85%时效率最高。成都绿地中心采用3台1600kVA变压器并联运行,根据负荷变化自动投切,实现经济运行。

### 3.3.2 线路损耗降低

优化布线方案可缩短供电半径,降低线路电阻。上海中心大厦将配电室设于设备层,减少低压线路长度,线路损耗降低18%。在建筑电气设计中,应根据设备分布情况合理规划配电室位置,尽量减少低压线路长度和迂回敷设。增大导线截面积是降低电阻的有效手段,采用低电阻率铜芯电缆可减少线路压降。广州东塔主干线采用300mm<sup>2</sup>铜缆,较120mm<sup>2</sup>铝缆损耗降低60%,长期运行经济效益显著。此外,采用无功补偿装置可提高功率因数,减少线路无功功率损耗。

## 3.4 可再生能源利用技术

### 3.4.1 太阳能光伏发电技术

BIPV(建筑光伏一体化)将光伏组件与建筑一体化设计,替代传统建材。雄安市民服务中心采用光伏幕墙,年发电量达50万kWh,同时提升建筑美观性。BIPV系统将光伏电池与建筑玻璃、屋顶瓦片等结合,实现发电与建筑功能的融合。分布式光伏系统在屋顶、停车场等区域铺设光伏板,实现自发自用<sup>[4]</sup>。京东亚洲一号物流园安装5MW光伏系统,满足20%用电需求,年减排CO<sub>2</sub>4.2万吨。分布式光伏系统具有安装灵活、投资回报周期短等优点,可有效降低建筑用电成本。

### 3.4.2 风力发电技术

垂直轴风力发电机适用于城市环境,启动风速低至2m/s。上海中心大厦在121层安装风力发电装置,年发电量119万kWh,满足屋顶观光设备用电需求,展示可再生能源在超高层建筑中的应用潜力。垂直轴风力发电机具有噪音低、抗风能力强等优点,可与建筑外观相结合,实现景观与发电功能的统一。此外,小型水平轴风力发

电机也可应用于园区、乡村等开阔区域,为建筑提供补充电力。

#### 4 工程案例分

##### 4.1 案例一:上海中心大厦电气节能设计

上海中心大厦作为全球第二高楼,其电气节能设计具有示范意义。照明系统采用T5荧光灯与LED混合方案,智能调光覆盖率100%,根据自然光强度自动调节人工照明亮度,公共区域照度均匀度达0.8以上。空调系统采用冰蓄冷+磁悬浮变频离心机组合,COP值达7.2,较传统系统节能45%。配电系统配置3台1600kVA变压器并联运行,负载率82%,通过智能切换装置实现经济运行。可再生能源方面,屋顶光伏与垂直轴风力发电装置年发电量280万kWh,满足部分公共区域用电需求。节能效果显著,年综合能耗降低28%,减少CO<sub>2</sub>排放1.2万吨。其中,空调系统能耗占比从48%降至35%,照明系统从25%降至18%,配电损耗从9%降至6%,验证了多技术协同节能的有效性。

##### 4.2 案例二:深圳平安金融中心智能控制系统应用

深圳平安金融中心通过智能控制系统实现电气节能精细化管理。楼宇自控系统集成2.8万个传感器,实时监测温度、湿度、CO<sub>2</sub>浓度等参数,自动调节空调、照明等设备运行状态。照明控制系统采用人体感应+光照调节技术,走廊、卫生间等区域实现“人来灯亮、人走灯灭”,节能率达75%。电梯能量回馈装置将制动能量转化为电能,回馈电网效率达92%,年节约电量120万kWh。节能效果显著,年运营成本降低3200万元,投资回收期3.8年。项目获得LEED铂金认证,成为全球超高层绿色建筑标杆,证明智能控制系统在提升能效、降低运营成本方面的关键作用。

#### 5 未来发展趋势与挑战

##### 5.1 智能化与数字化融合

未来建筑电气节能将向智能化、数字化方向深度发展。数字孪生技术通过构建电气系统虚拟模型,实现能耗实时监测与优化调度。例如,数字孪生技术结合BIM与IoT技术,可模拟不同控制策略下的能耗变化,为运行优化提供数据支持。人工智能算法在设备运行优化中应用广泛,基于神经网络的空调负荷预测模型可提前调整设备运行参数,避免能源浪费。区块链技术可用于碳交易管理,确保节能数据真实可信,激励企业参与节能改造。

##### 5.2 可再生能源大规模应用

可再生能源在建筑电气中的占比将持续提升。氢能储能技术可解决光伏、风电的间歇性问题,通过电解水制氢储存能量,需时通过燃料电池发电。地源热泵系统利用地下浅层地热资源,实现建筑供暖/制冷零碳排放。光储直柔技术将光伏发电、储能、直流配电与柔性控制结合,提升建筑用电灵活性。例如,雄安新区规划建设“零碳建筑”,通过光伏屋顶、地源热泵与储能系统协同运行,实现能源自给自足。

##### 5.3 挑战与对策

建筑电气节能技术应用面临技术集成、成本投入与标准体系等挑战。技术集成方面,需加强电气、暖通、计算机等多学科协作,突破专业壁垒。例如,光储直柔系统需解决光伏发电与建筑用电的时空匹配问题,需电气工程师与建筑师共同设计。成本投入方面,可通过碳交易、绿色信贷等政策工具降低初始投资门槛。例如,北京推出“绿色建筑信贷贴息政策”,对节能改造项目给予贷款贴息支持。标准体系方面,需加快修订《建筑节能与可再生能源利用通用规范》,强化全生命周期监管。例如,欧盟要求新建建筑2030年实现近零能耗,我国可借鉴其经验,完善节能标准与认证体系。

#### 结语

建筑电气工程节能技术应用发展是实现“双碳”目标的关键路径。通过照明、空调、配电系统优化及可再生能源利用,可显著降低建筑能耗。上海中心大厦、深圳平安金融中心等案例证明,多技术协同节能效果显著,年能耗降低。未来需加强智能化控制技术研发,推动可再生能源与建筑一体化设计,构建绿色、低碳、智能的建筑电气系统。建议行业主管部门完善激励机制,企业加大技术研发投入,共同推动建筑行业绿色转型,为全球能源转型与气候变化应对贡献中国方案。

#### 参考文献

- [1]陈晓云.绿色节能技术在建筑电气设计中的应用[J].城市开发,2025,(13):149-151.
- [2]赵翔.论建筑电气设计中节能技术的应用[J].中国住宅设施,2025,(02):98-100.
- [3]潘纹文.绿色节能技术在建筑电气工程中的优化应用[J].四川建材,2025,51(03):49-51.
- [4]颜闯.建筑电气设计中绿色节能技术的应用与优化[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(03):58-60.