

# 浅议民用建筑电气设计中的节能措施

马 壮

(安徽五维建筑规划设计有限公司, 安徽 合肥 230001)

**摘要:** 为解决当前我国民用建筑电气高耗能的问题, 本文从变压器的选择、配电线路的节能设计、电动机的节能设计等几个方面简要分析民用建筑电气设计中可以采取的一些方法。

**关键词:** 配电; 电压等级; 照明; 建筑设备监控; BAPV; BIPV

**中图分类号:** TU85 **文献标识码:** A

我国经济快速增长, 建设取得巨大成就, 但是电力供应与我国经济发展需求不适应的矛盾也越来越突出, 2021年全国多地出现了电力短缺的现象。目前我国发电装机容量结构仍以火电为主, 根据中电联相关数据, 2020年火电装机容量占比为56.6%。经济和社会的发展与资源环境之间的矛盾越来越尖锐。目前世界上化石能源正在枯竭, 而且化石能源的大量使用严重恶化了生态环境, 引发全球气候变暖、极端天气出现的频率越来越高。因此, 加强民用建筑电气设计中的节能措施是推进节能、节约型社会建设的必然要求, 是促进我国实现2060年“碳中和”宏伟目标的必要手段。本文简要分析了一些民用建筑电气设计中的节能措施, 希望可以给电气设计师提供一些思路。

## 1 变压器的选择

变压器是电力系统中重要的设备之一。根据国家能源局、工业和信息化部、市场监管总局三部门联合印发的《变压器能效提升计划(2021—2023年)》, 变压器损耗约占输配电电力损耗的40%, 因此变压器有很大的节能潜力可以挖掘<sup>[1]</sup>。

由表1可见, SCB13系列的空载损耗是SCB10系列的80%; SCB13系列负载损耗是SCB10系列的90%, 因此选择的变压器是否节能十分关键。

表1 SCB10、SCB13系列10kV级变压器技术参数对比

变压器	SCB10系列			SCB13系列		
额定容量 (kV·A)	800	1000	1250	800	1000	1250
空载损耗 (W)	1750	2070	2380	1400	1660	1900
负载损耗 (W)	7200	8480	10000	6490	7690	9090

数据来源: 施耐德Trihal系列干式变压器技术样本。

(1) 选用节能型变压器。表1是民用建筑中最常用的10kV级800kV·A、1000kV·A、1250kV·A三种容量的变压器的部分参数。

(2) 选择适合的经济运行方式。变压器的经济运行方式一般分为静态经济运行方式和动态

经济运行方式。静态经济运行方式适合于负载变化不大的场所。负载变化较大的场所, 理论上说采用动态经济运行方式是理想的选择, 但是变压器投切频繁, 并不符合变压器的运行原则, 因此工程实践中很少采用这种运行方式。实际应用中, 一般根据工程负荷曲线, 采取基于临界区间的时段控制法, 既可以解决变压器投切频繁的问题, 又能够降低变压器的自损, 延长变压器的使用寿命。

## 2 配电线路的节能设计

线损也就是线路损耗, 是指电能传输过程中产生的能量损耗。线损是有功功率损耗, 包括导线有功损耗、漏电损耗、电晕损耗, 本节主要讨论的是线路上的有功损耗。

### 2.1 在允许的条件下提高电压等级

当地电网条件允许时应尽量选择20kV。根据公式 $S=UI$ , 当 $S$ 不变时, 提高电压 $U$ , 电流 $I$ 会降低, 故线路的有功损耗 $\Delta P=3I^2R$ 也会降低。

### 2.2 变电所的位置应靠近负荷中心或靠近大功率的用电设备处

负荷中心不一定是几何中心, 而是电力负载集中区。根据电阻计算公式 $R = \rho \frac{l}{S}$ , 电阻与导线长度成正比, 因此当变电所的位置应靠近负荷中心或靠近大功率的用电设备处时, 导线长度 $l$ 小, 则导线电阻也较小, 线路有功损耗 $\Delta P=3I^2R$ 也较小, 同时电缆的用量也会减少, 减少了初期建设投资<sup>[2]</sup>。

### 2.3 两回路电源供电时, 宜选择两回路同时运行并均衡负荷的方式

根据线路损耗计算公式 $\Delta P=3I^2R$ ,  $S=UI$ , 若 $S$ 、 $U$ 不变, 由两路供电且均衡负荷, 则每回路的电流 $I_0 = \frac{1}{2}I$ , 则总的线路损耗

$$\Delta P = 2 \times 3I_0^2R = \frac{3}{2}I^2R = \frac{1}{2}\Delta P。$$

由此可见，两回路同时供电且均衡负荷的情况下，可有效减少线路损耗。

## 2.4 适当提高功率因数

根据三相输电线路的损耗公式：

$$\Delta P = 3I^2R \times 10^{-3} = \frac{P^2R}{U^2 \cos^2\theta} \times 10^3$$

式中， $\Delta P$ 为三相输电线路的功率损耗，单位为kW； $R$ 为输电线路导线每相电阻，单位为 $\Omega$ ； $U$ 为线电压，单位为V； $I$ 为线电流，单位为A； $P$ 为有功功率； $\cos\theta$ 为功率因数。由公式可见，当有功功率、电压不变时，功率损耗的大小与功率因数的平方成反比，因此适当提高功率因数，可降低线路上的功率损耗。

## 3 电动机的节电设计

(1) 电动机的类型选择。直流电动机的效率一般比交流电动机的效率差，因为直流电动机的励磁损耗、铜耗较大，而且因为直流电动机需要励磁，为确保连续长期运行，又必须进行强迫冷却，这又必然带来附加风机的能量损耗。因此工程实践中一般选择交流电动机<sup>[3]</sup>。

(2) 电动机的电压选择。功率在200~1500kW的电动机一般选择660V的电动机。660V相比于380V的电动机主要有以下优势：

①提高送电功率。根据输电能力与电压的关系式 $P_z \propto U^2$ ，输电能力正比于电压的平方，假设线路长度和导线截面面积不变时，当电压由380V提高到660V时，输电能力相应提高3倍。

②降低电能损耗。根据公式

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos\theta}$$

额定电压由380V升高到660V后，电流 $I$ 降低为原来的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ，根据式1，线路损耗为原来的1/3，即可减少线路损耗2/3。

③降低电压损失。根据电压偏差基本公式

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{10 \cdot U_n^2} \%$$

当选择660V供电时的电压降约为380V时电压降的33%，即减少电压降约66.7%。

## 4 照明系统的节能设计

我国建筑照明耗电总量大约占全社会用电量的10%~20%，因此照明系统的节能设计十分重要。照明节能设计的原则是在保证照度、显色性、眩光值等照明质量的前提下，尽可能节约照

明用电。

(1) 正确、合理地选择光源。选择高效的光源是最直接、最简单的节能途径之一。设计中选用的照明光源应符合现行相关标准的要求，并选用符合节能评价要求的高效率光源。除特殊要求的场所外，一般不选用白炽灯作为光源。在满足视觉要求的前提下，扩大LED灯的应用。表2分析了白炽灯、荧光灯、LED灯三种光源在30000h使用周期的节能效果。LED灯的光利用率越来越成熟，价格也在下降，并在许多工程的应用中取得了显著的节能效果<sup>[4]</sup>。

表2 30000小时使用不同电光源的节能效果  
(电费按0.6元/kW·h计)

参数	60W白炽灯	10W紧凑型荧光灯	7W白光LED灯
光通量(lm)	548	600	650
平均寿命(h)	1000	10000	15000
需灯具数量(个)	30	3	2
灯具单价(元)	4	20	25
灯具总价(元)	120	60	50
耗电量(kW·h)	1800	300	210
电费(元)	1080	180	126
周期总费用(元)	1200	240	176
节能效果	——	费用较少，耗电量较少	费用最少，耗电量最少

数据来源：《照明设计手册》(第三版)、飞利浦照明。

(2) 确定合理的照度标准。照明功率密度值是规范中的强制性标准，采用照明功率密度值来评价一个工程的照明系统是否节能是通行做法，在国际上也普遍认可这种评价标准。需要指出的是标准中的LPD值是最高限值，实际应用中，在满足照度的前提下，应尽可能小于此值。

(3) 三相平衡。照明配电设计时，应尽量做到三相平衡。根据《民用建筑电气设计标准》(GB51348—2019)第10.6.4，三相照明线路各相负荷的分配宜保持平衡，最大相负荷电流不宜超过三相负荷平均值的115%，最小相负荷电流不宜小于三相负荷平均值的85%。民用建筑一般采用三相四线制配电。在三相四线制配电中，如果三相负荷分布不均匀，负荷大的某相电压降低，负荷小的某相电压升高，增大了电压偏差。同时，三相负荷分布不均还会导致中性线电流损耗增加、变压器损耗增加和变压器能效下降等。当然绝对的三相平衡是不存在的。

(4) 照明控制。住宅公共部位的照明灯具采用红外感应控制和延时自动熄灭措施，做到人走灯灭。有天然采光的楼梯间的照明应结合时钟控制和感应控制；自然光条件较好时，做到灯不

亮；自然光条件不好时做到人来灯亮，人走灯灭。

公共建筑的走廊、楼梯间、门厅等公共场所的普通照明，按建筑使用条件和天然采光分区采取分时、分组、分区控制，有条件的情况下，可以采用智能照明控制系统<sup>[5]</sup>。

有条件的地下车库设置采光井、光导管。自然光是取之不尽、用之不竭的光源，通过合理的规划设计，可在地下车库项目中合理设置采光井、光导管，在日间利用自然光作为地下车库照明的光源，夜间或日光不足时再利用灯具作为地下车库的照明光源，从而达到节能降耗的目的。

## 5 空调设备的节能

由图1可见，空调是民用建筑中的耗电大户，因此空调系统中的节能潜力也最大。空调能耗高的主要原因：不合理的系统设计、不合理的运行制度、冷热源的选用不合理等。实践中在方案设计阶段应结合市政条件、自然条件合理选择空调冷热源的形式；通过系统内部的温湿度传感器监控系统分析空调系统的运行数据，合理确定空调的运行制度；根据室内外空气的焓值及人员数量自动调节新风量，实现对室外冷热量的有效应用，达到节能效果。

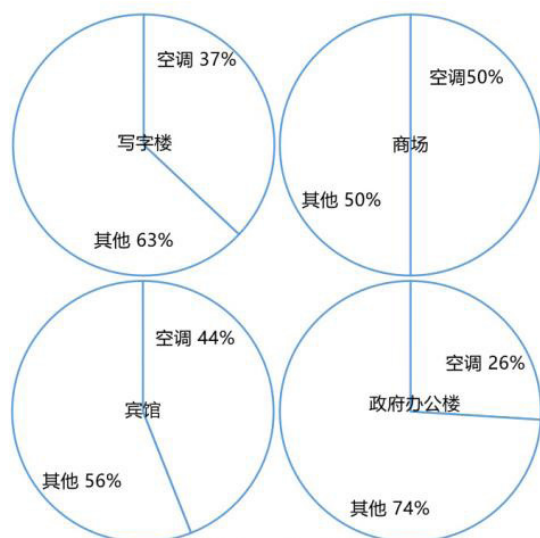


图1 不同建筑中空调的用能占比

数据来源：《建筑电气设计方法与实践》—孙成群

## 6 可再生能源的利用

可再生能源是绿色能源，取之不尽、用之不竭。做好建筑的可再生能源的利用，可以有效降低建筑对电能的消耗。目前建筑电气设计中可再生能源的利用主要是太阳能。

并网光伏发电系统：目前建筑电气设计

中主要分为BAPV和BIPV。BAPV是把封装的光伏设备安装在建筑的屋顶上，主要应用于已经建成的建筑上。BIPV是将光伏组件与建筑材料集成，制作成光伏玻璃幕墙、光伏电池瓦等，即光伏建筑一体化，主要应用于新建建筑物。

独立光伏发电系统是相对并网光伏发电系统而言的，其供电稳定性较差，主要适用于园区内的太阳能路灯、景观灯等。具体应用时一般选用市电互补型光伏发电系统，系统以使用光伏系统产生的电能为主，当遇到阴雨天时，用市电进行能量补充<sup>[6]</sup>。

此外还可结合建筑情况合理利用太阳能光热、地热等资源，减少热水系统、空调系统对电能的消耗。

## 7 结束语

民用建筑电气设计中的节能措施是一项复杂、综合的课题，本文仅结合个人工作经验对其进行简要的论述。就目前情况看，建筑电气的节能设计已经引起设计人员的重视，但是其中还有很多待完善和挖掘的空间。随着社会经济的不断发展，人们对节能降耗的要求也不断提高，因此，设计人员要不断提升自己的专业水平，深入研究建筑电气设计中的节能措施并落实到工程实践中，为建设节能型、节约型社会贡献自己的一份力量。

## 参考文献

- [1] 胡锦涛. 浅谈合理的民用建筑电气设计及节能措施[J]. 建筑工程技术与设计, 2015(21): 1896.
- [2] 邵东伟. 浅议民用建筑电气工程中的照明设计[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(8): 48.
- [3] 赵亚红. 民用建筑设计中电气节能思路经验谈[J]. 建筑·建材·装饰, 2014(7): 104, 115.
- [4] 李景灿. 建筑电气照明节能设计浅析[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(6): 1518-1519.
- [5] 唐小波. 浅谈合理的民用建筑电气设计及节能措施[J]. 科学时代, 2014(13): 67-68.
- [6] 邱宝福. 浅谈合理的民用建筑电气设计及节能措施[J]. 卷宗, 2016, 6(3): 248.