

照明节能技术在建筑电气设计中的应用

陈是泉¹ 李腾²

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]随着国家对建筑节能减排的要求越来越高, 照明节电技术也越来越被建筑电气的设计中所重视。文章全面介绍了照明节电设计的基本原则, 从符合视觉舒适效果及降低整个生命周期成本的角度详细说明设计的主要内容有哪些, 重点介绍的是如何选取高效的光源和灯具, 智能化照明控制系统, 怎样利用自然光及如何运用导光系统等关键技术的问题, 在照明供电系统的优化, 控制回路与场景设定, 能耗监控与信息管理及与楼宇自动化的联动方面展开电气设计综合应用的途径。光节能技术有效应用离不开设计师之间相互配合, 严格按照规范进行, 运维过程中节能维护等方方面面的支持。

[关键词]照明节能; 建筑电气; 智能控制

DOI: 10.33142/aem.v8i3.19447 中图分类号: TU85 文献标识码: A

Application of Energy-saving Lighting Technology in Building Electrical Design

CHEN Shiquan¹, LI Teng²

1. Huashang International Engineering Co., Ltd., Beijing, 100010, China
2. Beijing Forever Technology Co., Ltd., Beijing, 100010, China

Abstract: With the increasing demand of the country for building energy conservation and emission reduction, lighting energy-saving technology is also increasingly valued in the design of building electrical systems. The article comprehensively introduces the basic principles of lighting energy-saving design, and elaborates on the key contents of the design from the perspective of meeting visual comfort effects and reducing the entire life cycle cost. The focus is on how to select efficient light sources and lamps, intelligent lighting control systems, how to utilize natural light, and how to use light guiding systems and other key technologies. It also explores the comprehensive application of electrical design in the optimization of lighting power supply systems, control circuits and scene settings, energy consumption monitoring and information management, and linkage with building automation. The effective application of energy-saving technology relies on the cooperation between designers, strict adherence to standards, and support in various aspects such as energy-saving maintenance during operation and maintenance.

Keywords: energy-saving lighting; building electrical; intelligent control

建筑能耗占整个社会能源消费的比例较大, 其中照明能耗是建筑运营中的一部分, 因此节能空间受到重视, 随着我国绿色建筑政策的不断发展及“双碳”的确定, 对建筑弱电工程进行照明系统的节能设计有了新的要求, 现阶段照明节能技术已经不再是简单的替换新型高效照明设备来达到节能效果, 而是集智能调光、充分利用自然光、整体系统设计的一体化方案设计, 照明节能设计应当在保证视觉工作的需求及改善光环境的情况下使照明系统以最小的能源消耗来进行工作。目前建筑电气设计中怎样才能有效地利用节能照明新技术而做到既具有先进的技术水平又符合经济效益的要求成为了电气工程师亟待解决

的问题。

1 照明节能设计的基本原则

1.1 满足视觉需求与舒适度

照明系统的首要任务是提供给建筑物内的使用者良好的光照条件, 所以进行照明节能设计首先要保证各个区域的照明可以达到相应的视觉任务要求, 功能不同的建筑室内对于照明的需求有很大差别, 设计师在进行照明设计时需要针对具体的用途选取合适的照度值大小, 照度均匀度以及眩光控制系数等。照明水平的好坏直接影响着人们是否能够在舒适的环境中工作或学习, 所以在照明节能设计上绝不可为了节能的目的而忽视照明的质量问题。当代

照明设计思想是以人为本的理念,在考虑照明的效果的同时更要注重其对人的生理作用和其他生物影响等问题的研究。设计师应科学确定光源色温及光色指数,创造节能环保舒适光氛,防止一味提高照度或者过分压低照明功率密度的做法,而在照明效果以及耗电量参数这两方面找到一个良好的均衡位置。

1.2 优化能效与全生命周期成本

照明节电设计的重要原则之一就是要做到有效利用能源和整个寿命周期的成本最低,在进行照明的设计时要从系统的观点出发,对所选用的灯具的一次性投入、运营费、维修保养以及更换所需要的时间进行综合考量并对相关技术经济学进行对比,全寿命周期的成本核算则包括设备购置、安装调试、日常使用、维护检修还有最后的处理等。因此在进行照明系统的造价中必须要把设备的购买价格、安装调试费用、使用过程中的电费消耗、维修保养和报废处理等一系列的费用计算进去。虽然选择高效节能型电器产品会使最初投入增大,但从降低总的能耗和延长使用寿命的角度来看,其长远的实际收益还是十分可观的。设计师应当帮助项目建设单位建立综合成本观念,不要单纯只比较投入资金大小来决定选取哪一设计方案,还要考虑系统的扩展改造便利程度和技术进步的可能性,留有将来提高能效余地。

2 照明节能关键技术

2.1 高效光源与灯具的选择

照明灯具及光源的选择是照明节能设计的第一步影响着整个照明系统能量利用的程度。目前常见的高效光源主要有 LED 灯、三基色荧光灯以及小功率金属卤化物灯等。LED 灯具发展较快,发光效率不断提高,显色指数也逐渐提高,使用也越来越普及。对高效光源的选择不仅要注重其发光效率、寿命、显色性、发光的持续性等还要考虑它们之间的电气匹配问题,使光源长时间工作都能有良好的工作状态;而灯具本身的效率也很重要,设计者需要重视灯具的设计尤其是光学部分的设计,选择配光均匀、反射率高、遮光能力强的产品最好能在不影响眩光的前提下尽可能增大出光率。针对工业厂房、体育馆类的大体量建筑要考虑到灯具安装高度及检修问题,选择易于清洁、易更换的造型,以减少后期维护的工作量及维护费用。

2.2 智能照明控制系统

智能照明控制系统为照明节能探索新方向,在感知环境和负载的变化情况下可实时调整照明输出。目前智能照明系统包含了红外探头,光敏电阻以及定时模块,能够根据不同空间的人数多少以及自然光照强度来判断开启或

者关闭灯光以及调节灯光亮度,^[1]智能照明控制系统以做到真正的“按需照明”,彻底杜绝了无谓的电力浪费,同时也方便用户的控制操作以及给予其不同的环境感受。人体感应探测仪也已由早期的红外向微波与超声波转变并得到了相应的提升,使其更适用于不同类型的建筑物。光敏开关和调光驱动设备协作完成恒定光强控制功能,在有阳光的情况下自动减少灯光投射力度,尽可能多地使用自然光源;智能化控制平台能够设置场景模式,安排时间表以及进行统一化管理等操作,给照明系统科学化管理带来技术支持。

2.3 自然采光与导光技术

充分利用自然光源是最直接有效的照明节电方法,建筑的设计应该在结构上充分利用自然采光,来节约人工照明明电时间与强度。自然采光技术主要有侧窗采光、天窗采光以及中庭采光这几种传统的技术方案,设计师要根据不同的建筑的功能分布以及结构型式来进行合理的布置采光口的位置大小和形状,使室内能接收到足够的均匀的自然光。导光管技术的出现打破了天然光传输距离有限的问题,在采集后能够将自然光通过高反光率的管道传导入地下空间或者是比较深的空间内,大大增强了自然光的使用范围。采光系统一般包括采光罩、导光管及漫射器等三个组成部分,采光罩负责吸收阳光,导光管负责传输,漫射器负责扩散光线。自然采光还需要采取相应的遮阳及防眩功能,防止强烈的阳光对眼睛造成刺激性伤害以及产生热量过多。为了配合建筑电气布置,在自然采光明亮的地方需要单独设立一相线路或者安装感应开关,让灯光可以自动随日光强弱程度进行调整,从而达到两者之间的和谐统一。

3 电气设计中的集成应用

3.1 照明配电系统优化

照明配电系统的设计优化是保证照明节能技术可靠运用的前提条件。科学合理的配线方案可以节约线路损耗、提升电力供给水平,从而为节能灯具、智能化控制系统提供良好的运行条件,进行设计时要依据照明负载种类及大小合理地进行电路分区,避免过多的导线布置以及环状供电造成的压降过大,提高线路传输效率。另一方面也要对供电变压器的选择、提高照明负载功率因素,抑制无功电流在导线上产生的额外损失等方面做出优化设计。针对一些较大的工程项目而言,可以考虑采用照明专用变压器的方式以防止动力设备产生谐振影响到照明系统的工作状态。直流配电技术越来越受重视,LED 灯用直流供电,在交流转直流的过程中会有能量损失,如果建筑物中有直流配电网络的话,可以直接给 LED 供给直流电能从而降

低转换环节的能量消耗;另外在设计配电系统时还要注意三相负载平衡问题以免造成零线电流过大以及变压器功率降低的问题。

3.2 控制回路与场景设计

照明控制系统分区场景的设计直接影响到整个智能化照明系统的运行质量和节能水平,设计师在设计时要结合室内空间的功能特性和使用习惯来确定控制分区以及调控方式,在进行控制区域划分的同时也要结合建筑空间的天然分隔来进行考虑,还要注意光照情况、用途以及人员的走动状况等,做到精确的控制;而场景的设计就是为了满足不同的应用要求所设定的一套灯光组合配置,只需要一个按键就可以快速切换到对应的工作状态,便于操控同时节约了电力资源。办公室照明场景一般有:办公、开会、打扫、夜班四种情形,在不同的工作状态下灯组开的数量与亮度不同等。走道、电梯厅等公共区域能采用分区分控加就地控制方式,在平时由自动控制系统进行管理,在发生突发事件时可以手动干预;卫生间的、茶水间等停留时间较短的空间使用感应控制比较合适,做到入室灯开、离室灯熄或者延时动作;同时控制回路的设计也需兼顾与消防应急照明系统的连锁功能,保证一旦出现异常情况,应急照明系统能够顺利启动工作。

3.3 能效监测与数据管理

照明系统的耗能监控及信息管理是开展精准化节电管理的一种方式,采取安装电表、采集模块等方式对灯具支路用能情况进行即时检测跟踪计算,并建立照明节能监控系统,采用分区分类的方法来分别统计各个功能空间或者各类负载下的照明耗电量,为照明节能诊断以及节能效益评价提供基础的数据保障。通过照明节电的数据收集整理可以帮助运维人员找到异常节点问题所在,挖掘出潜在的节电机会,检验节能方案的效果,从而指导后续的节能改造及运行改进。而照明系统节电信息的记录整理应该要有对历史能耗数据的保存,有趋势走势分析以及报表打印输出等能力,可以以多种形式来展示相关信息,方便查看调阅利用。设计时要留足必要的检测节点以及通信口,防止后期对灯具进行改造带来施工上的麻烦和增加额外费用,能源监测系统的监测还可以接入到建筑能耗管理系统内,把照明用电的相关信息集成到总的监控平台上,使能源利用可以实时可视化^[2]。而随着物联网技术的发展,无线传感网也逐渐应用于照明能效监测当中去,减少了系统布线复杂程度以及改造费用等。

3.4 与建筑自动化系统的协同

照明系统是建筑物设备自动化的部分组成之一,在与

其他子系统配合控制上对于完成整个系统的节能指标有着很大的帮助作用。在新型智能化公共建筑内,照明系统需要能够同供热通风供冷、电动窗帘、安全防护、火灾报警等系统之间相互传递信息并联动以获取最佳的整体系统工作策略。而当照明系统和建筑自动化集成一体后也能达到跨系统优化的效果,比如依据房间占用情况同步开启或者关闭照明以及空调开关;或者是通过感知光线强度自动调整遮阳帘与人工光源的工作亮度等。从技术层面讲照明系统应当遵守开放式通信标准,提供统一的数据接口方便与其他厂家楼宇控制系统对接使用。在大型公建里,照明系统根据不同区域以及不同的管辖部分被划分成多个控制系统,各个控制系统既可以独立工作也可以由中心控制系统对它们进行统一的操作,但是与消防报警系统间的连锁是必需的,在紧急情况下,照明系统需要根据消防信号进入到相应的应急模式以保证疏散人群的安全,照明系统与楼宇自控系统的集成设计应该在一开始就考虑进去,不能因为各自为阵带来的重复投入及相互干扰。

4 实施要点

4.1 设计阶段的协同整合

照明节能设计并不是电气专业的独立任务,而是在整个建筑的设计过程中各个相关部门相互协作才能达到的目标,方案设计阶段,电气工程师需与建筑师做好沟通交流工作,掌握建筑的功能分区及空间形态等相关信息,针对利于使用自然光源提出的电气配合意见,在照明节能设计中的综合集成还包括电气专业同结构、暖通、装修专业的协作配合,明确灯具悬挂处所、管路走向及开关布置等具体的技术节点,在施工图设计阶段,则应对照明系统节能指标进行全面的核算校验工作,保证所有区域的灯具功率密度都不超出规定限额。设计变更管理也是协同整合的一个方面,在涉及到照明系统的设计上都应该进行判断它对节能效果是否影响很大,防止之后因为擅自变更而导致节能降级。设计方应该对整个照明系统节能指标作出保证,以此作为日后工程建设验收以及运行考核的标准依据。

4.2 标准与规范的遵循

按照国家和行业有关标准和规范进行设计,是照明节能设计的根本原则,同时又是工程的质量保证。目前建筑设计中常用的照明设计依据主要有《建筑照明设计标准》GB/T50034 以及其他各类建筑电气设计规范等,标准对灯具的数量指标以及质量指标、功率密度限制等方面都做了详细规定。标准规范既是照明设计的技术依据,也是检验设计是否符合规范的一个重要标准,因此设计人员要经常了解并熟悉新的标准信息,做到设计满足最新的标准要求。

2024 年执行版《建筑照明设计标准》GB/T50034 对照明节能提出了更高的规定,增加健康照明的要求并完善了智能照明控制、直流配电等相关技术规定^[3]。设计时也应对各专项规范里的照明设计提出的要求予以重视,例如教育培训类、医疗卫生类、展览展示类建筑设计都有相应的专门的照明设计规范;对于使用新的照明系统的产品,比如智能照明控制系统和导光照明系统,应该根据相关的技术规范和技术标准来进行选择配置,在选用的时候还要考虑系统的稳定性以及系统间是否能相互兼容的问题。

4.3 运维阶段的能效维护

照明系统真正实现能耗水平高低不但与设计水平息息相关还受运营管理的影响因素很大,所以在设计方案的时候就应该考虑到后期运营管理的需求,给后期运营管理工作做好准备。对灯体进行定期清洁,及时更换损坏的灯具和控制面板的定期检修以及调节参数等都是保证照明系统高效工作的基本措施,在设计时应注明灯具定期维护的要求及时间间隔等事项,对于使用智能照明控制系统建筑还需要为物业管理人员提供相关技术和说明书等使他们能够熟悉其基本的操作方式以及一些简单的故障排除办法。照明系统的能源消耗检测结果应及时整理总结、同设计预期比较,发现问题及时查明原因并解决。建筑物的用途有变化的时候需要对照明系统做出相应的改进来满足新用途的需求。而设计师也可提供照明系统的运行保养指导服务帮助业主制定合理的照明管理规定最大程度上

实现节电技术的效果。

5 结束语

照明节能技术的应用是建筑电气设计的一个综合性项目,包括设计思路和技术方案的选择、系统的整合及管控等各个环节。伴随着照明技术创新日新月异、智能化程度不断升级,照明节能方案越来越多,采用方式也愈加灵活多样,使建筑电气设计有更多的可能性可探索。将来照明节能的设计会更加重视以人为本的设计宗旨,在满足良好的视觉环境和身体健康要求的基础上寻求效能不断提升的目标,在保证照明质量的同时达到节电的效果。设计师要及时掌握新技术的发展动态,熟悉各种类型的照明节电措施的特点及适用范围,在具体工程中加以选择性地运用或者集成应用并及时与业主方、施工方及维护单位交流,使项目整体的节电设计理念得以落实。

[参考文献]

- [1]陈冠东.节能技术在民用建筑电气照明中的应用[J].低碳世界,2025,15(12):88-90.
 - [2]黄育伟.绿色节能技术在民用建筑电气设计中的应用分析[J].工程建设标准化,2025(12):113-116.
 - [3]韩浩学,王进林,谢斌,等.照明节能技术在建筑电气工程中的应用[J].电子元器件与信息技术,2025,9(4):257-259.
- 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。