

光导照明系统在教室的应用研究

针对南京某高校的教室,根据建筑采光设计标准,运用Ecotect模拟出光导漫射器的分布,结合系数法得出人工照明分布情况,确定最终的布局策略。通过仿真分析,验证光导照明在教室的可行性,最后对其节能效益进行分析和评估,表明光导照明系统可实现节能。

成荣荣 马小军 章澜岚/南京工业大学自动化与电气工程学院

0 引言

近年来随着我国经济迅猛发展,能源和环境问题日益突出,节能和环保已成为当前的热点。用电量紧张已受到社会各界的关注,照明用电在电能消耗中占有相当比重,相关统计表明我国照明用电占全国总用电量的12%。光导照明系统是一种天然采光装置,其能够降低照明用电量,减少管理运营成本,提高室内光环境质量,得到了广泛的关注与应用。将光导照明系统合理应用于教室空间照明,对实现节能环保照明、降低建筑室内热负荷与温室气体排放^[1]、维持人体健康及提高学习效率等都有重要意义。文章介绍光导照明系统的工作原理,分析得出教室中光导系统与人工照明相结合的布置,运用Ecotect仿真说明光导照明系统的可行性,再通过技术经济比较得出光导照明比电力照明更具优势。

1 光导照明系统的原理

光导照明利用独特的聚光装置采集室外的自然光,然后经过导光管高效传输到管道底部,再由高透光、高扩散的漫射器将自然光均匀照射到室内需要光线的任何地方,得到由自然光带来的

特殊照明效果。光导照明系统从整体结构上可以分为三个区域,分别是采光区域、光传输区域和漫射区域^[2]。

采光区域是通过采光罩采集自然光,采光罩一般由PC聚碳酸酯及少量的UV材料注塑而成,外表面经过抛光处理,透光率高。采光罩外表面有防紫外线的涂层,一方面能过滤90%以上的有害紫外线^[3],有利于人的健康;另一方面也能延缓采光罩的老化过程,使装置经久耐用。采光罩的外型主要为半球形或钻石形,表面平滑,灰尘不易存留,具有自洁功能。

传输区域的光导管输送渗透所采集的自然光,传输的整个过程其实就是光线的反射过程,为了实现自然光的高效传输,光导管材料的反射率都高达98%以上。光导管外形可分为圆形、方形。

光线经过光导管传输的最终目的是供给室内照明,漫射区域是将光导管内不均匀的自然光均匀地分布到室内所需区域。漫射器根据涅菲尔透镜、晶体颗粒和棱镜等物质透光强以及物理散射性好的特点选用需要的材质,保证光线进入室内的均匀度。

2 工程案例

以南京地区某高校的普通教室作为研究对象,分析光导照明在教室的应用,教室的面积为59 m²,南北朝向。

2.1 光导漫射器数量的确定

首先根据室内天然光的照度计算公式^[4],求解光导漫射器的数量,计算公



成荣荣/硕士研究生

关键词/Keywords

漫射器·
光导照明·
仿真分析·

式为

$$n = \frac{E_{av} S}{\Phi \cdot CU \cdot MF} \quad (1)$$

式中, E_{av} 为平均水平照度, lx, 按照教室照度标准, E_{av} 取300 lx^[5]; S 为教室面积, m^2 , $S=59 m^2$; 利用系数 CU 是灯具光强分布、灯具效率、房间形状和室内表面反射比的函数^[6], 根据该教室顶棚、墙面和地面材料, 导光管系数总效率, 参考同类均匀满投射灯具利用系数, 取得 $CU=0.61$; Φ 为光导照明漫射器输出光通量, lm; MF 为光导系统的维护系数, 通常光导照明系统的 MF 取值为0.7。光导照明系统的漫射器输出的光通量计算公式为

$$\Phi = E_s A = 5961.6 \text{ lm} \quad (2)$$

式中, E_s 为室外天然光设计照度值, lx, 根据该地区所属的光气候分区, $E_s=13\ 500$ lx; A 为光导管系统的有效采光面积, m^2 , $A=(\pi \cdot D^2)/4=0.441\ 6 m^2$, D 为采光罩的直径, m。

计算得到教室内光导照明系统漫射器的数量 $n=6$ 。

2.2 漫射器的布置

为了使室内照度分布均匀并且合理利用光导系统, 应合理安排教室中漫射器的间距。根据建筑采光设计标准和成熟的人工照明理论计算体系的方法确定光导漫射器的分布^[7]。漫射器的数量为6, 整体的大致分布是教室纵向一排3个漫射器, 横向一排2个漫射器。

教室纵向: 根据相邻漫射器下方及间距中点正下方这3个位置点对应工作面照度等值的原则, 用Ecotect模拟的漫射器纵向间距 l 为2 m的最佳照度效果如图1所示。图1中漫射器正下方和中点处的照度值位于同一照度线内, 等照度线的间距分布也可以看出漫射器四周的照明效果相对比较均匀。

教室横向: 设定教室横向进深为 L , 内墙侧漫射器与内墙间的距离为 $0.5l$ ^[8], 图2为光导漫射器横向间距为 $L/3$ 的照明效果, 由图2可知光导照明系统的横向照明效果均匀, 且距离南侧窗户所产生的照明效果也相对均匀。由此看出纵向两排漫射器间距 l 为2 m, 横向两排漫射器间距为 $L/3$ 时, 教室

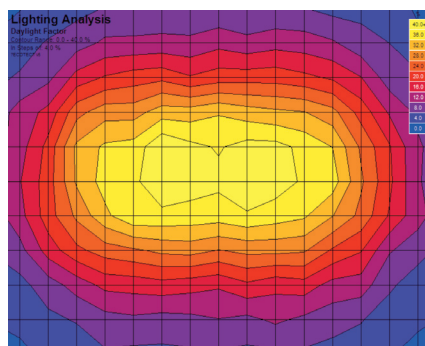


图1 漫射器纵向间距为2 m时照度

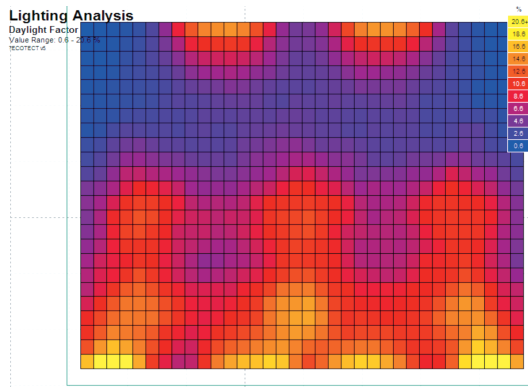


图2 漫射器间横向间距为 $L/3$ 时照度

可获得最佳照度效果。

由于自然光是随时间与天气不停变化的, 尤其是晚上无法获取自然光, 因此考虑通过设计光导照明与人工电力照明相结合的策略方案, 从而完善整个教室的照度情况。利用系数法^[9]计算出人工照明灯具的布置策略, 计算得到12盏荧光灯均匀分布, 确定最终的光导照明系统和人工照明系统相结合的布置如图3所示。

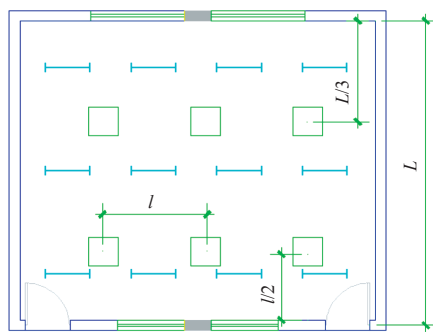


图3 光导系统与人工照明相结合的布置示意图

2.3 仿真分析

首先通过Ecotect软件对未使用任何照明系

统的教室内天然光的侧窗采光特性进行了模拟分析,如图4所示。由图4可以看出,采光系数的值为2.4%~22.4%,根据实际情况分析,北侧的窗户位于走廊内侧,因此天然光的采光率明显低于南侧的两扇窗户。越往教室内部天然光采光率越弱,无法满足教室中间学生的照度要求,需要采用照明系统使教室整体的照度分布均匀。

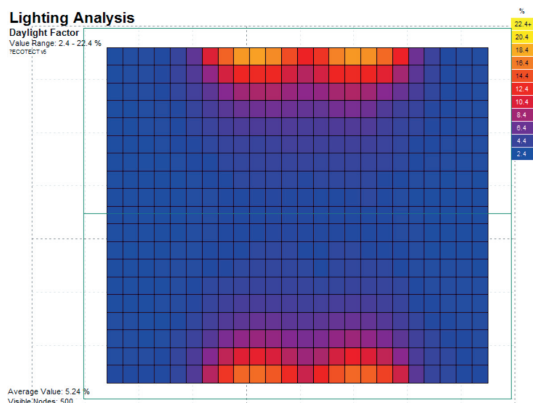


图4 未采用照明系统采光系数分布

采用光导照明系统的照度分析如图5所示。室内的平均照度达到了299.30 lx,教室中大部分侧窗无法涉及到的工作区域的照度都可以达到300 lx,特别是教室中间区域,足以看到光导照明系统弥补了侧窗采光不均以及区域范围狭小的缺点。说明光导照明系统在教室的应用是可行的。

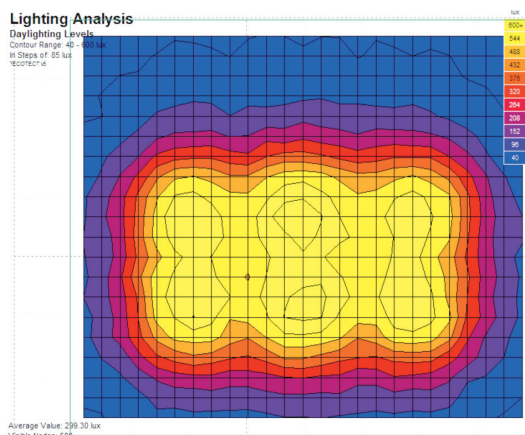


图5 光导照明系统照度分析

2.4 光导照明系统的优越性

(1) 经济性

根据规范要求,单位面积用电量大约为12 W/m²,

教室的面积为59 m²,电费以0.7 元/kW·h计。一年上课天数为280天,其中80个阴雨天,按晴天每天需2 h照明,阴雨天每天需6 h照明。教室一年的照明用电费为:59 m²×12 W/m²×0.7 元/kW·h×(2×200+6×80)÷1 000=436.128元,镇流器也会产生25%左右的用电量,即荧光灯镇流器的年用电费为109.032元。每年设备的维护费以及更换费分别为60元和30元。因此教室全年电力照明系统运行的费用约为635.16元,即使用光导照明系统年度总节省费用为635.16元。

教室6套光导照明系统总投入费用约为15 600元。项目静态投资回收期约为15 600÷635.16=24.5,即约25年。虽然光导照明技术应用于教室的成本回收效率无法与商业及工业建筑的2~3年相比,但是光导照明技术的应用所产生的生态效益以及对学生的积极影响是难以用金钱衡量的。

(2) 健康分析

导光管照明系统是利用光学全反射原理进行设计的照明,能量来自于天然光,具备了阳光中对人、动物及植物的有益光谱。相比目前大量应用的荧光灯光源中波段光谱能量比例失调问题,导光管照明系统的强度可以随时进行调整,确保全频谱,避免了眩光和频闪对人眼的损伤,能最大程度地保护和增强人体健康,提高学习效率。

(3) 光控照明节能分析

光控照明节能分析是通过天然光采光总时间段内,人工照明设备不需要工作的时间所占的百分比来评估节能效果的。实现光控照明的过程中需要用到光电感应器,通过感应器测得室内的天然光照度,随后将其结果与设定的最低照度对比,继而在无法达到设定照度的情况下启动人工照明设备。

图6的分析结果表明对于南京某高校的该教室年平均有89%的天然采光时间可以关闭人工照明设备。只有11%左右的时间需要使用人工照明,说明光导照明系统是节能的。

3 结束语

综上所述,光导照明用于教室是可行的,

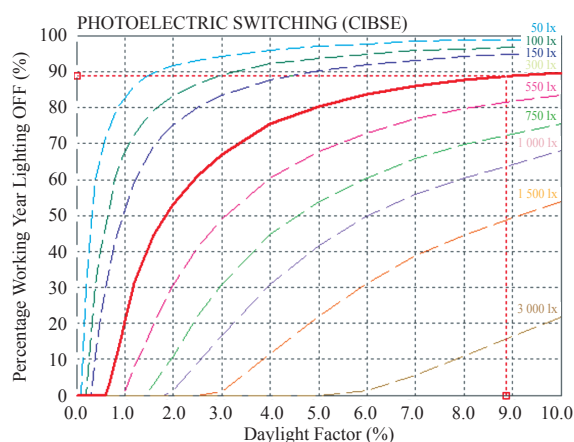


图6 使用光导系统后的光控照明节能分析

它能合理有效地利用天然光，降低人工照明耗电量，给学生提供更舒适和谐的照明环境，响应绿色建筑的环保理念。当然，如何在降低成本并提高效益的前提下，将光导照明技术利用于教室照明中，将成为研究的重要内容。

参考文献

[1] 孙德亮. 光导照明设计在短隧道洞口中的应用 [J].

交通标准化, 2013 (12): 69-71.

[2] 马新慧. 自然光光导照明在建筑采光中的应用 [J].

建筑电气, 2007 (4): 15-18.

[3] 王志强. 地铁工程采用光导照明系统的可行性研究 [J]. 铁道工程学报, 2011 (9): 101-104.

[4] 丁力行, 欧旭峰, 卢海峰, 等. 光导管技术及其在建筑领域中的应用 [J]. 建筑节能, 2011 (1): 64-67.

[5] 中华人民共和国建设部. GB 50034—2013 建筑照明设计标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

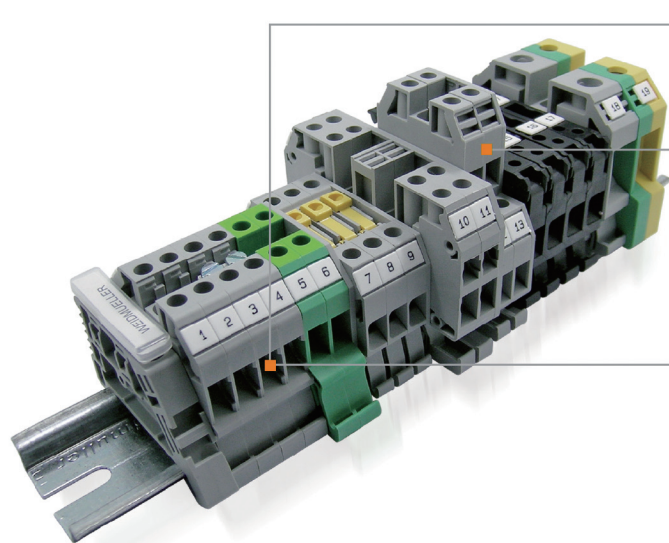
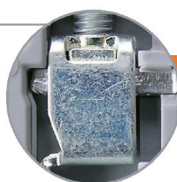
[6] 马小军. 智能照明控制系统 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2009.

[7] 利岚, 张滨, 王书晓. 导光管节能分析研究 [J]. 建筑科学, 2013 (8): 16-18.

[8] 詹庆旋. 建筑光环境 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[9] 孙建民, 等. 电气照明技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.

(收稿日期: 2015-01-20) EA



接触可靠

- 由于温度造成的导线直径改变由压线框本身的弹性作用来抵消
- 具有免维护功能, 无需再次拧紧螺钉
- 所有接线技术中压接力较高



绝缘材料

- 改型的PA66材料
- 相比漏电流起痕指数CTI 600
- 阻燃等级为V0, 根据UL 94
- 最高工作温度120°C
- 不含磷和卤素



接线技术

电气功能和机械功能相分离

- 硬化的钢质的压线框可以保证很高的拔出力
- 铜导电片可以保证很低的电压降, 铜表面镀锡可以保证较低的接触阻抗

Weidmüller

魏德米勒SAKDU系列接线端子 —卓越品质与高性价比

魏德米勒SAK系列接线端子经过60多年的市场考验, 已经成为了接线技术、可靠联接及产品种类丰富的代名词。SAKDU系列正是在这一经典系列的基础上进行产品优化和技术突破, 满足了联接技术市场对产品不断升级及高性价比的要求。

魏德米勒电联接(上海)有限公司

电话: 86 21-22195908 网址: www.weidmueller.com.cn

扫一扫, 关注魏德米勒官方微信



Let's connect.