

# 办公空间中智能照明控制系统的应用

姚远, 潘毅群, 黄治钟

(同济大学, 上海 201804)

**摘要:** 为了减少照明系统的电力消耗,最基本的方式是提高光源效率及照明附件的能效,这种方法现今发展已较为成熟,成本较低。如果要进一步提高人工照明效率,则需要配合使用适当的控制系统,充分利用“免费”的自然光,减少人为浪费,从而达到节能目的并介绍了智能控制系统在荧光灯照明的办公空间中的应用。

**关键词:** 照明; 控制; 能耗; 建筑节能

**中图分类号:** TU88 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2011)12-0056-04

## Application of the Intelligent Lighting Control in the Office

YAO Yuan, PAN Yi-qun, HUANG Zhi-zhong

(Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** In order to reduce the electricity consumption of the lighting system, one of the most effective ways is improving the efficiency of lighting sources and relative auxiliaries. This method is already fully developed and costs little. With proper control system, artificial lighting system could work in an even more effective way, because of utilizing “free” daylight and avoiding eventually behavioral wastes, then the aim energy-saving will be reached. The application of intelligent control system in the fluorescent lamps lit office space is introduced.

**Key words:** lighting; control; energy consumption; building energy conservation

## 0 引言

照明能耗在建筑总的运行能耗中所占比例可达20%~40%,尤其是商业楼宇中,该比例更高,因此,照明系统无疑是建筑节能这一大课题中的重要组成部分。有研究证明,在照明系统中采用适当的节能措施,可有效节省40%的建筑用电,远比在其他系统中采取措施更为有效。一般的照明系统节能措施,主要是采用高光效的光源和灯具。为进一步利用照明系统的节能潜力,可以配合使用相应的控制系统。在传感器技术、现场总线技术和数控技术充分发展的当下,智能控制系统不仅可挖掘人工照明节能的巨大潜力,而且不会影响室内人员使用的舒适度,应用价值极高。

### 1 智能型控制系统简介

所谓智能型照明控制系统,在单独的办公室等常见的小型系统中主要指能根据实际监测的环境条件,按照使用者需求自动控制照明设备的系统。而对于智能建筑而言,往往还包括在上位机对现场运行状态进行监控,生成报表等。

#### 1.1 功能及组成

以荧光灯照明为例,整个控制系统由以下几部分组成:操作组件、传感器、控制单元、电子调光镇流器,见图1。

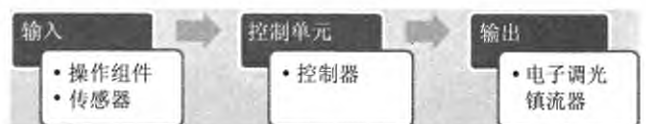


图1 控制系统组成

Fig.1 Composition of the control system

其中,操作组件主要指开关,除通用的有线连接的翘板开关外,也可用遥控器加接收器代替。开关与控制单元一一对应,用于对该回路设备的手动启停和调光,实现可控性,并通过不同操作组合选择该回路控制模式。此外,还可以通过操作开关对照度设定值进行设置。传感器包括光感和人员信号探测,用于感知当前自然光和人工光源共同作用下的照度水平,以及检测所覆盖区域内的人员有无情况,然后发送相应信号给控制器。

控制单元一方面接收传感器发送的信号,另一方面,按照选定的控制模式,比较传感器信号和设定值,计算决定镇流器动作,选择保持、调光、启动或是停止。控制单元是整个控制系统的核心组成部分。

作为输出部分的电子镇流器,可通过频率的调整,改变其对应灯具的输出功率,从而达到照度调节的最终目的。

以上述组成为基础,控制系统具备以下功能:传

收稿日期:2011-08-29; 修回日期:2011-09-13

传感器测量照度并检测人员有无。控制器通过调节人工照明来配合自然采光,使工作面上的照明环境维持在一个固定的值上,该设定值用户可自行调节。若自然光满足要求或无人在检测区域内,则关闭照明设备。此外,用户应具有一定的控制度和自由度。

现在的商业化成套产品已经可以实现所有这些功能,甚至允许用户自行选择启用或停用其中的一部分,组成不同的控制模式,并方便地进行切换。以 DALI Multi 3 控制器为例,预设有 10 种控制模式,详见表 1。

表 1 某控制器预置控制模式详表  
Tab.1 Preset operation modes of a control unit

模式	无人自动关灯	有人自动开灯	自动调光	照度相关自动开灯	照度相关自动关灯	照度设定值设置操作
1	√	√	×	×	×	调光后双击
2	×	×	√	×	√	调光后双击
3	×	×	×	×	×	无
4	√	√	√	√	√	自动记录上次手动调光值
5	√	√	√	√	×	调光后双击
6	×	×	√	√	×	调光后双击
7	√	×	√	√	√	调光后双击
8	√	×	√	√	×	调光后双击
9	√	×	×	×	×	无
10	√	√	√	√	√	调光后双击

## 1.2 节能原理

智能照明控制系统的优势很明显:不仅能保证使用者的舒适度,创造良好的逗留环境,而且能充分利用环境条件,避免可能的浪费。除常见的时间控制,即定时开关灯之外,系统主要通过以下两种方式节约能源:减少运行时间,降低平均功率。

### 1.2.1 及时关灯

通过红外传感器、超声波传感器等反馈部件,智能照明系统可以检测到当前区域内的人员状况。经过一定的延时,便关闭不必要的光源。如果人员密度较小,可以很大程度上减少人不在的区域空闲光源的耗电,并避免下班后忘记关灯、通宵亮灯的情况。总体上降低了照明系统的运行时间。在文献[5]中也指出,使用人员感应来控制照明时,至少可以减少 40% 的电耗。

### 1.2.2 日光利用

室内某固定点的自然采光情况主要取决于朝向、窗墙比、窗户透光率和进深等已经由建筑本身确定的因素。而智能照明控制能够配合不同建筑物的特点,在采光满足要求时,减少人工照明的使用;采光不足时,开启光源或调节光源功率来输出合适的光通量,以便使用最低电耗满足人员对光的需求。根据 Danny H.W. Li 等人的研究,单纯使用调光控制,在工作平面设定照度为 300lux 时,开关模式和调光模式分别可节省照明能耗 30% 和 50% (见图 2)。

## 1.3 实现方式

为了在实际建筑中实现照明系统的智能控制,出

现了多种专用于照明的总线和协议。常见的标准化照明系统总线有 EIB、DMX512、Dyenet、C-Bus、DALI 等等<sup>[2-3]</sup>。其中,DMX512(Digital MultipleXed512)及在其基础上发展的 ACN (Advanced Control Network) 和 Art-net 协议,主要应用于娱乐业调光领域,比如舞台照明,起步较早,发展成熟。EIB(European Installation Bus)是欧洲安装总线的简称,在欧洲智能建筑中占主导地位,在普通家庭照明设计中较为少见。Dyenet 和 C-Bus 是两类典型的封闭协议,控制范围很广,专用于调光网络。DALI(Digital Addressable Lighting Interface)即数字化可寻址接口,专为高频电子镇流器调光而设计,已被纳入 IEC 标准,以其结构简单、调光平稳、电压范围广等优势正受到越来越多厂商的支持。

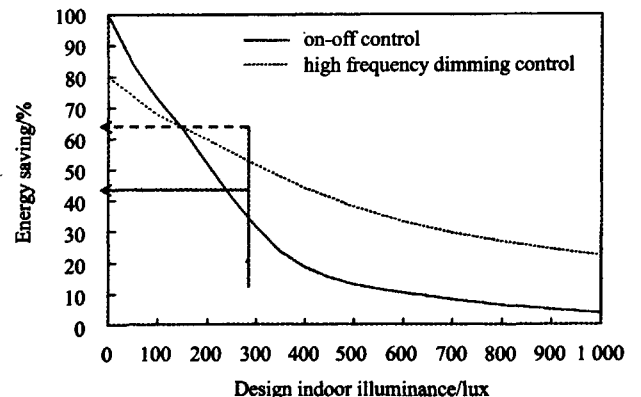


图 2 光感控制中调光模式和开关模式的节能百分比

Fig.2 Percentage of energy-saving by daylight-linkde control system

## 2 在办公空间的应用

由于其自身的特点,智能照明控制系统在自然采

光较充足的建筑中非常实用,尤其在使用率变化较大的场合,比如人员密度低的办公室内,对于建筑节能可以起到显著作用。现就某智能照明控制系统实验平台举例说明其实际效果。

### 2.1 实验台简介

该节能型照明系统实验台由德国某照明公司的资助建成,位于某大学学院办公室内。原照明系统为简单分区开关控制。实验台建成后,则采用新型节能的照明设备进行替换,并增加智能型控制系统。所使用的产品包括 DALI MULTI 3 控制器,可调光荧光灯,相应可调高频电子镇流器和专业型灯盘。同时分区配置人员感应及照度测量二合一的传感器,为控制器提供输入信号,以实现自动控制策略。

#### 2.1.1 原有系统概述

整间办公室由 3 个区域组成:开敞型办公室、会议室和个人办公室。平面图见图 3。其中,开敞型办公室内灯盘吊顶安装,其他两区嵌入式吸顶安装。光源均为飞利浦直管日光型荧光灯,功率 36 W,每个灯盘内装有 3 支灯管;门厅内 4 盏筒灯,各装 2 支 13 W 紧凑型荧光灯。具体灯具分布如图 4 所示。故功率密度为  $12.5 \text{ W/m}^2$ 。中国照明节能标准规定的功率密度是  $11 \text{ W/m}^2$ ,且目标值为  $9 \text{ W/m}^2$ 。可见原照明方案仍有节能潜力。

光源启停通过配电箱内闸刀开关手动控制,共分 7 个回路。经测试,作业面高度各处均满足国家标准,详见表 3。

#### 2.1.2 实验台系统概述

实验台建成后,在会议室内,采用旋钮开关控制两盏灯的亮度。开放式办公区域内,根据进深和功能,

分多个区安装上述控制器,配合使用人员、照度二合一的传感器。若检测到人员在当前区域内,或当前照度低于预定设置值,则自动开灯。当区域内连续 15 min 检测不到人员在场,或照度满足需求时,照明系统自动关闭。人员信号不共享,分散控制,即只有检测到人员信号的区域开启照明,其他区域的光源保持关闭。小办公室也采用同样的控制系统。原有强电线路,除加装测量用电表外,不做改动,仅增加控制、信号用弱电线路。简单的系统原理如图 5 所示。

### 2.2 节能效果分析

在原有系统上,整个办公区域在所有灯开启的情况下,实测照明回路总功率为  $3.1 \sim 3.2 \text{ kW}$ (波动为不同时刻供电电压、频率的差异所致),而其装机功率密度包括门廊的紧凑型荧光灯,为  $12.5 \text{ W/m}^2$ 。经节能改造,功率密度降低至  $9.8 \text{ W/m}^2$ ,远低于现行值  $11 \text{ W}$ ,接近国标节能目标值  $9 \text{ W/m}^2$ 。若控制方法保持不变,则可节能 20%。

除纵向比较实验台搭建前后,同一间办公室的节能量之外,笔者还对上下两层位置相同的房间之间横向进行了为期 1 周的比较实验。实验中测量物理量包括:照明用电量( $\text{kW}\cdot\text{h}$ )和人员数量(个)。在改造过的 8 楼办公室,增加实时功率( $\text{kW}$ )和照度( $\text{lux}$ )两个量。每 0.5 h 记录 1 次数据,实际数据的平均值列于表 2。

实验台位于 8 楼办公室,未经更改的办公室在 7 楼,其照明设备与 8 楼办公室原有系统完全相同。此外,这两个房间朝向、面积完全相同,由自然条件引起的照明能耗差异可完全排除。而两间办公室的不同之处主要在于使用时间和能够正常工作的光源数量。

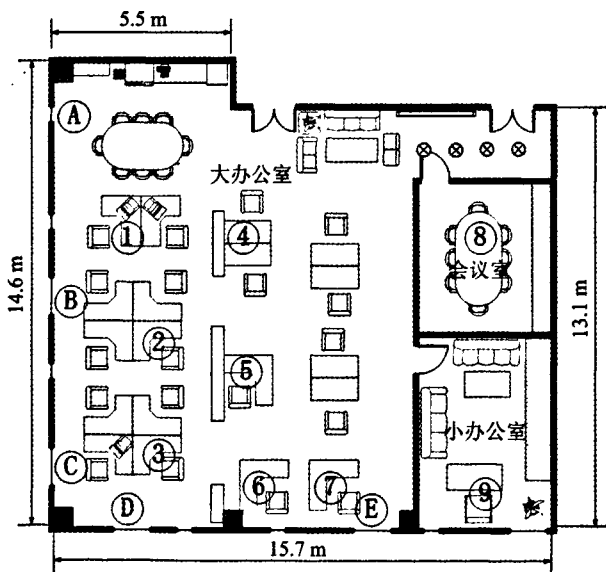


图 3 平面图和照度测试点分布  
Fig.3 Plan and test points distribution

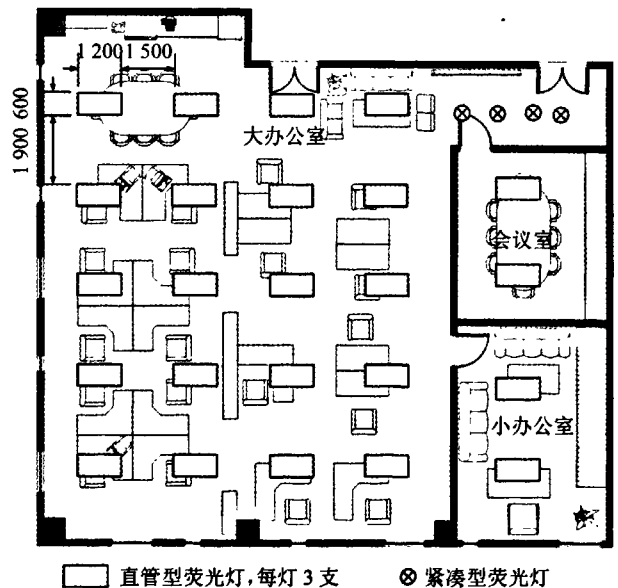


图 4 灯具布置图  
Fig.4 Distribution of the luminaires

通常,7楼白天开始工作时间较早,下午下班时间也早,而灯管有部分损坏。为得到实际的节能量,需要把7楼的用电量,按照使用时长和正常照明安装功率折算后再进行比较见公式(1)。

$$E = E' \cdot (t/t') \cdot (p/p') \quad (1)$$

式中: $E'$ 、 $E$ 分别为实际用电量、对应的折算后用电量, kW·h;

$t'$ 、 $t$ 分别为实际照明使用时长、标准照明使用时长(9 h/d), h;

$p'$ 、 $p$ 分别为实际装机总功率、正常情况下总功率, W。

利用上式计算后得到:7楼当周总用电量可折算为 81.2 kW·h,而8楼实际用电量为 46.2 kW·h,节能率可达 40%以上。实验期间,两个办公室都处于正常使用的状态,而办公性质也相同,都属于学院办公室,所以实验结果具有一定的普适性。

表2 采用和未采用智能照明控制系统的办公室内逐日实际用电量对比

Tab.2 Comparison of daily power consumptions inside the offices with and without intelligent control system

	电能/kW·h		时长/h		平均功率/kW	
	7楼	8楼	7楼	8楼	7楼	8楼
周一	9.72	9.45	8.5	9.0	1.14	1.10
周二	10.92	11.76	6.0	9.0	1.82	1.35
周三	12.60	5.91	8.5	9.0	1.48	0.77
周四	16.20	7.50	9.0	9.0	1.80	0.85
周五	14.34	11.61	9.0	9.0	1.59	1.22

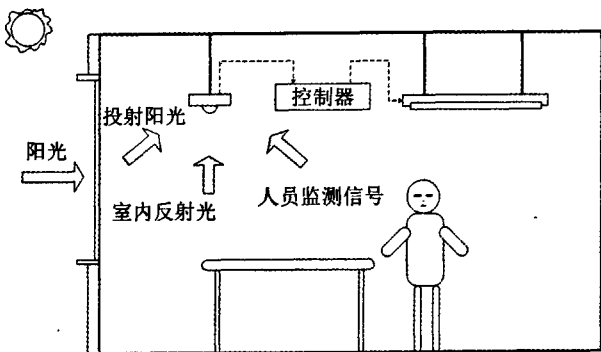


图5 办公室内控制系统简图

Fig.5 Sketch of the control system in an office

所有对节能效果的讨论,都应在满足舒适度的前提下进行。若减少电耗需建立在以舒适性为代价的基础上,则所涉及的系统会失去实用价值。经测试,原有照明系统中只使用人工照明时,作业面各处照度均满足 GB 50034—2004《建筑照明设计标准》对普通办公室照明的要求,即大于 300 lux。某些范围内可达到 500 lux 以上,最低为 325 lux,详见表 3。测试点分布、编号及办公室平面布置如图 3。而更换为节能系统

后,除个别区域照度较低外,绝大部分区域均满足要求。由于两次测试间家具摆设发生过变化,照明情况也有一些改变。至于眩光,经目测和人员走访,未发现因系统变动而产生的新问题。

表3 照度测试结果

Tab.3 Results of illuminance test

测试点	1	2	3	4	5	6	7	8	9
原有系统	387	325	435	354	379	510	520	474	430
现有系统	610	436	902	411	354	624	732	438	294

### 3 结语

随着传感器和现场总线等相关技术的发展,照明控制系统智能化趋势明显。对于在办公室中普遍应用的荧光灯系统,由于其智能控制具备可充分利用自然光和减少运行时间的特点,在自然采光充足,或自然采光情况变化较大的建筑中,调光控制方式可起到充分的节能作用。如果区域内使用率变化较大,基于人员探测的自动控制方式则会潜力巨大。尤其在现在既有建筑节能改造盛行的情况下,将原有简单开关控制的照明系统,参照上述实例进行节能改造,不失为一种简单而直接的方式。此外,由于照明散热还会形成冷负荷,因此,在上海等以制冷为主的夏热冬冷地区更为适用。

#### 参考文献:

[1]GB50034—2004,建筑照明设计标准[S].  
 [2]高小敬.基于智能控制策略的采光与照明技术研究[D].上海:同济大学,2005.  
 [3]林德贤.浅谈灯光控制系统中常见的几种标准总线[J].智能建筑电气技术,2009,3(6):86-87.  
 [4]Danny H.W. Li, Tony N.T. Lam, S.L. Wong. Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls [J]. Energy Conversion and Management,2006,47:1133-1145.  
 [5]T Moore, D J Carter, A I Slater. Long-term patterns of use of occupant controlled office lighting[J]. Lighting Research and Technology,2003(35): 43-59.  
 [6]于志军.基于 DALI 协议的智能照明控制系统[J].智能建筑与城市信息,2007(3):104-105.  
 [7]张岳军,吴明光.智能照明总线主流协议综述[J].中国照明电器:2005 (9):1-5.

作者简介: 姚远(1986),女,山西人,硕士研究生,供热、供燃气、通风及空调工程专业,从事建筑节能方向的研究(Yaoyuan\_1234@126.com)。

指导教师: 潘毅群,1997年毕业于同济大学机械学院供热、供燃气、通风与空调工程专业,获工学博士学位。

作者: [姚远](#), [潘毅群](#), [黄治钟](#), [YAO Yuan](#), [PAN Yi-qun](#), [HUANG Zhi-zhong](#)  
作者单位: [同济大学, 上海, 201804](#)  
刊名: [建筑节能](#)  
英文刊名: [BUILDING ENERGY EFFICIENCY](#)  
年, 卷(期): 2011, 39(12)

## 参考文献(7条)

1. 张岳军; 吴明光 [智能照明总线主流协议综述](#) [期刊论文]-[中国照明电器](#) 2005(09)
2. 于志军 [基于DALI协议的智能照明控制系统](#) [期刊论文]-[智能建筑与城市信息](#) 2007(03)
3. T Moore; D J Carter; A I Slater [Long-term patterns of use of occupant controlled office lighting](#) 2003(35)
4. Danny H. W. Li; Tony N. T. Lam; S. L. Wong [Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls](#) 2006
5. 林德贤 [浅谈灯光控制系统中常见的几种标准总线](#) [期刊论文]-[智能建筑电气技](#) 2009(06)
6. 高小敬 [基于智能控制策略的采光与照明技术研究](#) [学位论文] 2005
7. GB 50034-2004. [建筑照明设计标准](#)

## 本文读者也读过(10条)

1. [蔡宁](#) [房间空调器中使用可燃制冷剂的危险性评估](#) [期刊论文]-[家电科技](#)2003(4)
2. [陈宜明](#) [在中国建筑节能协会2011年会上的讲话](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2011, 39(11)
3. [王会斌](#). [WANG Hui-bin](#) [低温热水地面辐射供暖系统供回水温度的确定](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2011, 39(11)
4. [吴曦](#) [快思聪智能照明控制系统与绿色生活](#) [会议论文]-2008
5. [邵高峰](#). [赵霄龙](#). [高延继](#). [周庆](#). [张孟霞](#). [SHAO Gao-feng](#). [ZHAO Xiao-long](#). [GAO Yan-ji](#). [ZHOU Qing](#). [ZHANG Meng-xia](#) [建筑门窗绿色度评价的研究](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2011, 39(12)
6. [傅旭](#). [FU Xu](#) [节能软件的困惑](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2011, 39(12)
7. [花莉](#). [潘毅群](#). [范蕊](#). [黄治钟](#). [HUA Li](#). [PAN Yi-qun](#). [FAN Rui](#). [HUANG Zhi-zhong](#) [基于TRNSYS的土壤源热泵热平衡问题的影响因素分析](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2012(3)
8. [贾龙志](#) [试论中央空调系统替代制冷剂的选择](#) [期刊论文]-[浙江建筑](#)2006, 23(2)
9. [赵康康](#) [公共建筑照明能耗管理系统控制系统](#) [会议论文]-2011
10. [吴达祥](#). [WU Da-xiang](#) [地源热泵技术在江阴地区的应用分析](#) [期刊论文]-[建筑节能](#)2011, 39(12)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_fcyy201112015.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_fcyy201112015.aspx)