

山岭路段LED道路照明标准以及光衰预补偿技术研究应用

根据道路照明原理和LED灯具的特点,结合南坪快速三期工程,提出山岭路段LED道路照明标准以及光衰预补偿技术研究技术路线,并对其是否经济节能进行了计算验证。

戴文涛/深圳市市政设计研究院有限公司



戴文涛/高级工程师

研究的必要性

CJJ 45—2006《城市道路照明设计标准》规定了机动车交通道路照明标准,如表1所示。该标准基于高强气体放电灯的应用,参照了CIE的亮度评价系统,并根据我国的经济发展水平和城市道路照明状况,提出了高档值与低档值的区分。目前随着LED在道路照明的广泛应用,因LED灯具高显色性、高色温和定向发光等特点,对道路照明标准提出了新的课题。基于SJG 22—2011《深圳市LED道路照明工程技术规范》,考虑深圳市为一线大城市考虑,交通组成复杂、交通量大且交通视觉干扰多,故按CJJ 45—2006高档值执行城市道路照明标准。道路能见度水平与路面平均亮度相关性曲线如图1所示。

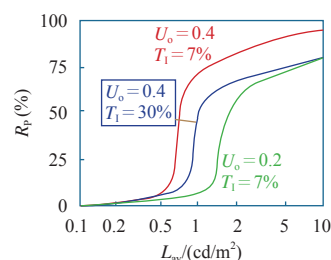


图1 道路能见度水平与路面平均亮度相关性曲线

从道路照明的能见度实验数据进行分析,道路能见度水平除与路面平均亮度关系密切外,与亮度总体均匀度、阈值增量等也紧密相关。图1是三组经典的道路能见度水平与路面平均亮度相关性曲线,从曲线分布可看出以下几点:①路面平均亮度达 2 cd/m^2 后,能见度均处于较为令人满意水平,而且平均亮度的大幅增长对能见度水平提升不大;②路面平均亮度为 1 cd/m^2 时,处于阶跃状态,此时亮度总体均匀度和阈值增量对能见度水平影响很大,在亮度总体均匀度达0.4及以上、阈值增量为10%及以下时,能见度水平也还是满足要求的。

南坪快速路三期部分路段位于山岭区间,环境光较为暗淡,根据CIE的基

关键词/Keywords

阈值增量·
平均亮度·
亮度总体均匀度·

表1 机动车交通道路照明标准

级别	道路类型	路面亮度			路面照度		眩光限制阈	环境比
		平均亮度 $L_{av}/(\text{cd/m}^2)$	总均匀度 $U_o(\text{最小值})$	纵向均匀度 $U_l(\text{最小值})$	平均照度 $E_{av}/\text{lx}(\text{维持值})$	均匀度 $U_e(\text{最小值})$	值增量 $T_l(\%)$ (最大初始值)	SR(最 小值)
I	快速路、主干路(含迎宾路、通向政府机关和大型公共建筑的主要道路,位于市中心或商业中心的道路)	1.5/2.0	0.4	0.7	20/30	0.4	10	0.5
	II 次干路	0.75/1.0	0.4	0.5	10/15	0.35	10	0.5
III	支路	0.5/0.75	0.4	—	8/10	0.3	15	—

础研究,在较低的路面亮度条件下,由于背景对比度低,依然可能获得较好的能见度。目前主流LED道路照明灯具的配光已大幅优化,合理的布置可以获得非常理想的亮度均匀度和眩光控制。而南坪三期山岭路段立交间距较长,交通流变化较小,在此前提下,山岭路段采用照明标准低档值确实是可行的。在低档值标准要求下,对应HID光源设计功率较小,其光效水平较LED灯具更低,采用LED灯具可获得较HID灯具更大的节能空间。因此,开展山岭路段LED道路照明标准研究具有非常重要的意义。

按选定的照度,道路照明设计需考虑维护系数的影响,维护系数为光源光衰系数与灯具因污染、老化后的光衰系数之乘积。SJG 22—2011《深圳市LED道路照明工程技术规范》规定,不准通行货车的路段的维护系数取0.7,准许通行货车的路段的维护系数取0.65。南坪快速路可通行货车,按规范规定维护系数取0.65,意味着在路灯初始安装至光衰稳定的较长时间内,道路都处于过度照明的状态中,最大可达35%。而上述分析表明,路面平均亮度超过 2 cd/m^2 后,照明增加对能见度的改善微乎其微。这造成了极大的能源浪费。

传统的HID道路照明灯具受调光技术的限制,无法有效解决这个问题。LED灯具可以通过调整芯片驱动电流,在现有技术下即可轻松实现无级调光。同时,在额定驱动电流以下,大部分LED芯片单位光效会高于额定光效,而且更为有利于控制结温的上升,从而减小光衰,延长寿命。

本课题的研究将最大限度地挖掘LED道路照明的节能空间,并验证LED路灯在实际应用中的照明效果,从而引发LED道路照明的新一轮应用高潮。

研究内容

在南坪快速山岭路段(低环境光)采用低档值,市区路段(高环境光)采用高档值设置LED道路照明,并对其建成后交通状况进行长期跟踪与回访,通过不同类型的驾驶人员主观感受分析与历年交通事故数据分析,验证采用低标准的合理性。

在以上成果的基础上选定合理照度,按其要求对LED路灯进行合理设计、维护,以保证其照明效果。目前有两种可行的技术手段可进行LED灯具光衰预补偿:

1) 静态补偿。即研究LED芯片光衰曲线,将预补偿曲线固化在LED灯具驱动模块中,沿路的灯具独立运行,按时间进度自动进行补偿。

2) 动态补偿。通过智能照明控制系统将LED灯具联网,可根据LED芯片自有光衰曲线、环境污染曲线和环境温度变化曲线等进行动态预补偿。

静态补偿成本较低,但补偿准确度也较低,对环境变化造成的光衰难以准确预估。动态补偿增加了智能照明控制系统,但更为灵活,而且在光衰预补偿基础上还可实现节日/平时/后半夜灯多种照明模式运行,甚至可以实现根据交通量调节路面亮度的高级节能模式,具有广泛的拓展空间。

本课题主要研究项目包括:①道路照明主流LED芯片光衰情况研究;②南坪快速路已建成路段因环境污染情况导致的路灯光衰研究;③电力载波系统、无线通信系统在智能照明控制的应用;④LED驱动模块与智能照明控制系统接口。

研究方法

国内外技术调研:通过调研广泛搜集国内外各种道路应用的照明标准及工程实例应用情况;走访搜集国内外知名LED生产厂家对光衰控制的数据和方案。

在国内外相关技术调研及各知名LED生产厂家调研的基础上,给出山岭路段LED道路照明标准值及光衰补偿的方案。

针对初步制定出来的照明标准和补偿方案,进行照明设计及补偿系统的搭建,形成智能照明控制系统,对光衰进行智能控制。

基于以上研究,探讨智能光衰补偿系统的传输方式,解决LED模块驱动模块与智能照明控制系统接口。

关键技术包括:①不同环境条件、背景条件、路面结构下照明标准的研究;②照明主流LED芯片光衰情况研究;③电力载波系统、无线通信

系统在智能照明控制的应用；④LED驱动模块与智能照明控制系统接口。

技术路线如图2所示。

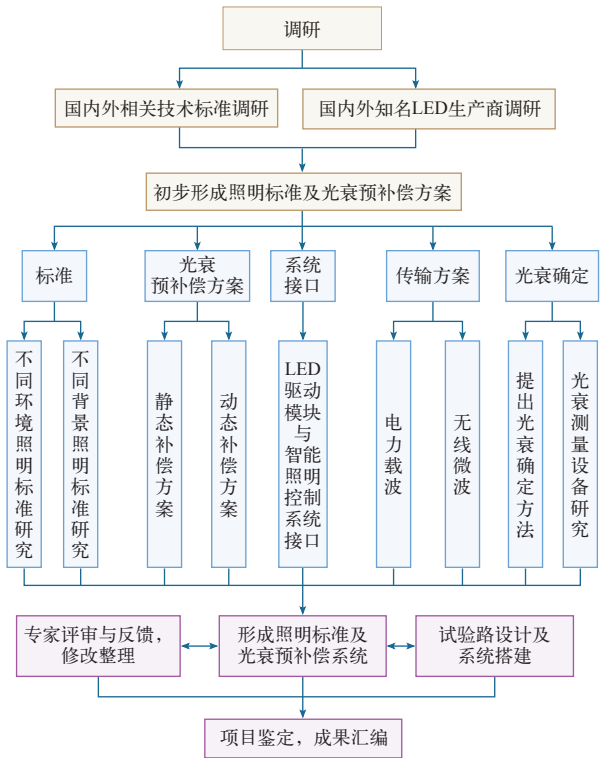


图2 山岭路段LED道路照明标准以及光衰预补偿研究技术路线

经济指标

南坪三期走向位于山岭路段，山岭路段约占整个道路长度的55%，在设计前期确定山岭路段

的照明标准为低档值，可降低灯具的设计安装功率，从而降低灯具初始投资费用。由于安装功率的减少，后期运行的维护费用及照明电费也相应地大幅度减少。节省的费用如表2所示。

表2 LED灯安装功率和节省费用

LED设计	安装灯具 功率/W	灯具 数量/套	安装功率 /kW	总安装 功率/kW	LED路灯 总价/万元	节省费用 /万元
按高标准	340	1 240	421.6	500.8	1 402.2	248.6
	220	360	79.2			
按山岭路段低标准	280	1 240	347.2	412	1 153.6	
	180	360	64.8			

因此，采用低标准时初始造价减少了248.6万元。

根据上述分析，确定了灯具的初装功率之后，再进行LED灯具光衰预补偿设计。按规范规定维护系数取0.65，则LED灯具初始点亮功率可设置在安装功率的65%左右，然后根据光衰测量结果，随着时间的推移，调整LED灯具的点亮功率。由此可见，在安装初期，能节约电费30%左右。

采用低标准及光衰预补偿技术后，在产品生命周期内（如5~6年），总体节能效果如下：山岭路段的光衰补偿按第一年70%安装功率，每年提高LED功率的5%，直到灯具的衰减为70%，最后一年100%运行，一共六年；耗电量按灯具每天开灯时间为12 h、一年按365天计算。具体数据如表3所示。

表3 总体节能效果

LED设计	总安装功率 /kW	第一年耗电量 /万kW·h	第二年耗电量 /万kW·h	第三年耗电量 /万kW·h	第四年耗电量 /万kW·h	第五年耗电量 /万kW·h	第六年耗电量 /万kW·h
按高标准	500.8	219.3	219.3	219.3	219.3	219.3	219.3
按山岭路段低标准	412	126.3 (按功率70%计算)	135.3 (75%计算)	144.4 (80%计算)	153.4 (85%计算)	162.4 (90%计算)	180.5 (100%计算)
节省电能		93	84	74.9	65.9	56.9	38.8
合计/万kW·h				413.5			
折算标准煤/t				413.5 × 1.229 = 508.2			
节省费用/万元				413.5 × 0.68 = 281.2			

综上所述，相对于高标准共节省费用为248.6万元 + 281.2万元 = 529.8万元。

采用LED低标准与传统高压钠灯的比较如表4

所示。高压钠灯功率400 W为1 800元/套，功率250 W为1 600元/套。

采用LED低标准及光衰预补偿技术后，在产品

表4 采用LED与高压钠灯功率对比

灯具	安装灯具 功率/W	灯具 数量/套	安装 功率/kW	总安装 功率/kW	路灯总价 /万元	初期增加 费用/万元
高压 钠灯	400 250	1 240 360	496 90	586	280.8	872.8
按LED	280	1 240	347.2	412	1 153.6	
低标准	180	360	64.8			

生命周期内（如6年）总体节能效果如表5所示。高压钠灯更换灯头400 W为300元/套、250 W为250/套，更换人工费为200元/套；更换周期按每两年更换一次。

高压钠灯在六年内需更换三次灯头，因此更换的费用为： $(1\ 240 \times 500 + 360 \times 450)$ 万元 $\times 3 = 234.6$

表5 总体节能效果

分类	总安装功率 /kW	第一年耗电量 /万kW·h	第二年耗电量 /万kW·h	第三年耗电量 /万kW·h	第四年耗电量 /万kW·h	第五年耗电量 /万kW·h	第六年耗电量 /万kW·h
按LED	412	126.3	135.3	144.4	153.4	162.4	180.5
低标准		(按功率70%计算)	(75%计算)	(80%计算)	(85%计算)	(90%计算)	(100%计算)
高压钠灯	586	256.7	256.7	256.7	256.7	256.7	256.7
节省电能		130.4	121.4	112.3	102.9	91.3	76.2
合计/万kW·h				634.5			
折算标准煤/t				634.5 $\times$ 1.229 = 779.8			
节省费用/万元				634.5 $\times$ 0.68 = 431.5			

万元。

在LED的六年生命周期内，一次性投资增加872.8万元，节省电费431.5万元，高压钠灯需增加更换费用234.6万元。因此，采用LED低标准比传统高压钠灯增加费用为：872.8万元－431.5万元－234.6万元＝206.7万元。

结束语

山岭路段LED道路照明标准以及光衰预补偿技术研究应用在南坪快速路工程中技术可行，经济指标合理，节能减排更优。

(收稿日期：2015－01－10) EA

(上接第33页)

点偏差，产生的测试数据失调现象，提出了一种基于IMA－FPGA的电力传感器失调节点定位方法，其按照改进关联挖掘算法获取电力传感器失调节点间的关联规则。基于该关联规则，通过电力传感器失调节点的DV－Hop定位算法，将未知电力传感器失调节点到信标节点间的距离，用网络中节点平均每跳距离和到信标节点间的跳数乘积表示，采用三角定位获取电力传感器失调节点的位置。为了将最佳电力传感器动态定位器运用于在线检测中，在动态定位器的硬件结构中融入了分布式算法，实现电力传感器动态定位器的高速并行FPGA实现。实验结果说明，所提方法在进电力传感器失调节点定位的系统执行时间与内存使用量方面均优于传统方法。

参考文献

[1] 吴健, 张志杰, 王文廉. 传感器动态误差高速并行修正方法及其FPGA实现 [J]. 传感技术学报, 2012, 25 (1): 55-58.

[2] 张维良, 杨再初, 杨知行. 高速并行FIR滤波器的FPGA实现 [J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31 (8): 1819-1822.

[3] 刘清, 曹国华. 基于微粒子群算法优化的微硅加速度传感器动态补偿研究 [J]. 仪器仪表学报, 2006 (27).

[4] 董辉, 卢建刚, 王智, 等. 传感器网络中的节点关联规则挖掘 [J]. 传感技术学报, 2007, 20 (8): 1875-1880.

[5] 王锡智. 一种冶金腐蚀区域图像分割算法研究 [J]. 科技通报, 2014, 2 (30): 35-37.

(收稿日期：2014－12－10) EA