

高速公路隧道照明系统节能技术研究与应用

刘靖华

(广西龙光广贺高速公路有限公司 广西 贺州 542800)

摘要:在能源紧张和照明运营开支居高不下的形势下,公路隧道照明节能技术研究越来越受到相关部门关注,已成为公路隧道工程上的一个重要课题。

关键词:隧道照明;节能减排;安全环保

引言

随着高速公路的迅速发展,大量以桥隧为主的山区高速公路里程也逐年增加,隧道照明运营开支居高不下,部分路段隧道运营电费高达数千万元。我国是个能源稀缺的国家,隧道的“安全和节能”问题已成为管理部门亟待解决的重要课题。国外公路隧道的照明技术研究开始较早,技术相对成熟,许多发达国家的公路系统发展较完善,各国相继出台了隧道照明规范。我国隧道照明技术起步较晚,隧道照明技术规范不完善,没有具体的规定。

在能源紧张和照明运营开支居高不下的形势下,公路隧道照明节能技术研究越来越受到关注,已成为公路隧道工程上的一个重要课题。采用隧道照明节能技术,可减少煤炭、石油等能源的消耗,减少有害气体和烟尘的排放。同时,还可降低运营维护成本。另外,节能技术还为司机提供舒适的良好视觉效果,避免事故的发生,从而取得良好的社会效益。

1 广贺高速隧道照明系统背景

广贺高速有四条隧道,分别为花坟洞隧道长 362m、漚田隧道长 430m,石板尾隧道 3180m,大桂山隧道 1860m。根据《公路

隧道通风照明设计规范》规定,长度大于 100m 的公路隧道应设置照明设施,且每延公里隧道照明负荷应不小于 60kW,按每日平均开通 10h 计,平均年耗电量达 21.6 万度(折合 72t 标准煤),能耗巨大,对广贺高速隧道照明系统的“安全和节能”提出了巨大挑战。

2 广贺高速隧道照明系统项目设计方案

2.1 隧道照明技术要求

本项目隧道照明全部采用 LED 灯具,按照《公路隧道通风照明设计规范》(JTJ026.1-1999)的要求,按开通 5 年交通量,对隧道 LED 照明方案的亮度指标要求及隧道照度分布要求,见表 1。

表 1 隧道照明标准要求技术指标表(5 年)

序号	隧道名称	中间段亮度 (cd/m ²)	入口段亮度 (cd/m ²)	过渡 I 段亮度 (cd/m ²)	过渡 II 段亮度 (cd/m ²)	出口段亮度 (cd/m ²)	备注
1	花坟洞隧道	2.5	87.5	26.25	8.75	12.5	
2	石板尾隧道	2.5	87.5	26.25	8.75	12.5	
3	大桂山隧道	2.5	87.5	26.25	8.75	12.5	
4	漚田隧道	2.5	87.5	26.25	8.75	12.5	
5	照明综合均匀度 ≥ 0.4 纵向亮度均匀度 ≥ 0.7						

2.2 项目节能技术原理——LED 的基本原理及光效比

层,采用粒径 7mm 的集料、11%残留沥青和石灰拌和成稀浆,铺设厚度 10mm。Ⅲ类型稀浆封层有效地处治该路段的轻微线裂、块裂、松密封散和水损坏,以及路面抗滑性能不足的问题。

3.2.3 雾封层

雾封层无需集料覆盖,乳化沥青的,利用沥青喷洒车直接将稀释后的慢凝乳化沥青撒于公路表面,用材耗费低,改善原路面的材料活性,防止松散危害,保护早期使用的路面,延长路面的使用寿命。雾封层最适用于处治轻微疲劳龟裂、细骨料损失少路面的养护,恢复路表氧化、硬化沥青的粘附力,填补微小缝隙,防止路表水下渗破坏深层公路路基,减少或避免低温环境损害公路上表面,防止升级配路面松散等作用。而且材料成本比较低,养护常年累月使用的城市市政道路具有较高的经济效率。雾封层可以加深路面颜色,使路面和行车车道的分界分明,为激动行车提供安全保障。雾封层会降低道路上表面的纹理,使道路上表面平整光滑的平面,给行车造成安全隐患,所以,雾封层不适用于维修和养护交通量大、行车高速的道路和用密级配混合料覆盖的沥青路面。

OGFC 面层的路面,使用雾封层会减小甚至消除原路面结构的排水功能。在雾封层施工中要注意沥青用量,以免沥青过多形成路表油膜,降低路面的抗滑能力。雾封层可以有效地处理轻微的水损坏,最能处理路况较好和胶结料老化的路面。城市定期实施雾封层处理可以强化路面的使用效果。采用雾封层处理设计

值偏低的油石比混合料路面,可以快速、有效地修复路面。秋冬季节不宜雾封层施工,否则会因施工期降雨少而影响,也会造成乳化沥青破乳前遭遇冰冻,很大程度上减缓乳化沥青凝结速度。

该条市政公路中段靠北路的受损路段适用于雾封层施工,养护轻微疲劳龟裂、细骨料损失小的路面,恢复路表氧化,硬化沥青的粘附力,填补路面裂纹和缝隙,维护低温给路面带来的损害、阻止升级配路面松散,还可以加深路面颜色以提高车行道行的安全性,且它的费用较低。

4 结语

该条城市道路的维护保证了良好的效果,从设计沥青混凝土、控制原材料、组合施工机械到现场施工等诸多环节经过了核查检验,合理调配施工人员、配置材料和设备,引进新技术、新材料和新设备精心施工,实施高效的施工技术管理,创造出更优质的城市道路。

参考资料

- [1]胡玉国.关于城市道路工程的维护技术探讨[J].黑龙江交通科技,2012,9(23):64-65.
- [2]史京晶.泡沫沥青就地冷再生技术在城市道路改造中的应用[J].中国科技,2011,9(16):87-88.

与传统的照明灯具相比,LED 灯具有光指向性好、寿命长、体积小、重量轻、低电压、响应快、无红外辐射且无汞污染等优点,在同样亮度下,耗电仅为普通白炽灯的 1/10,寿命却可以延长百倍。下表是一组 100W 高压钠灯与 60WLED 隧道灯的实测参数比较表(见表 2)。

表 2 100W 高压钠灯与 60WLED 隧道灯光效比较表

参数	100W 高压钠灯	60WLED 隧道灯
光源功率	100W	60W
整机功率	130W	60W
有效光通量	3900Lm	3975Lm
利用系数	65%	75%
光源效率	100Lm/W	105Lm/W

2.3 依据设计亮度要求,选择 LED 照明灯具及配套设备

(1)LED 照明灯具的配光要求

透镜原理,通过建模和修模手段,得到精确的产品配光图,使得灯具的配光有较大的分配自由度,达到既可提高光效,又能使照度分布均匀的效果。

(2)大功率 LED 照明光源散热器设计

解决散热问题是保证 LED 灯具正常工作的重要条件,项目实施单位结合隧道通风的特点,把 LED 焊接在铝基板上,再黏在铝合金这种导热系数高的金属材料做的散热器上,LED 芯片至灯具外壳的整体热阻不高于 13℃/w。整灯采用平板式散热,散热面积足够并在鳍片形状和方向方面考虑充分利用活塞风,在有限的空间里极大地增加散热面积,取得较好的散热效果。良好的散热将大大减慢 LED 的光衰速度,从而延长 LED 的寿命。

(3)电源设计的安全及易维护性

本项目应用的开关电源,采用隔离分体式电源设计,散热好,性能稳定可靠。插头采用航空插头,需更换电源时徒手即可更换,适应了便于现场维护的需要,并且达到保护灯体和使用者人身安全要求。

(4)智能控制系统

根据车流量变化和洞外环境亮度,开发适应不同场合的 LED 照明智能控制系统,也是节能的有效途径。在供电线路设计时注意做到每盏灯都可独立控制关闭和开启,为依车流或亮度控制提供物理条件,做到了自动调节 LED 照明灯具的亮度以降低能耗。

2.4 项目所用灯具的主要技术指标

- (1)光源组成:大功率白色 LED 发光管,单颗额定功率约 1W;
- (2)光源效率:>100lm/W@350mA;
- (3)显色指数:不小于 70;
- (4)色温:5000K<Tc<6000K,色温一致性≤500K、功率因数:>0.95;
- (5)整体光衰:10000h 不超过 10%;
- (6)光源寿命:≥50000h 时,光衰小于初始值的 30%。

3 项目节能量测算

广贺高速自通车以来,隧道 LED 照明系统亮度指标已在通车前完成相关检测,并与初始值相比较,并未发现亮度有衰减,通过智能控制系统进行亮度调整,达到很好的节能效果。

功耗比较:

- (1)原设计照明方案功耗及数量见表 3。
- (2)LED 功耗及数量见表 4。

上述表中结果表明:电能消耗量节约比例达 62%。

4 项目维护与运营费用比较

4.1 营运期电费支出情况比较

加强段照明,按 12h/日,全日、白日基本照明、应急照明按

表 3

序号	规格	规格	单位	数量	备注
1	高压钠灯	400W	套	1280	加强灯
2	高压钠灯	250W	套	512	加强灯
3	高压钠灯	150W	套	609	加强灯
4	高压钠灯	100W	套	2706	基本照明
5	LED 灯	60W	套	80	应急照明
6	光源功率		kW	1006.6	
7	消耗功率		kW	1289.14	
备注	其中,加强段 950.56kW,全日基本段 109.98kW,白日基本段 163.8kW,应急照明 64.8kW。(损耗按高压钠灯灯具功率的 30%计)				

表 4

序号	规格	规格	单位	数量	备注
1	LED 灯	170W	套	1456	加强照明
2	LED 灯	120W	套	880	加强照明
3	LED 灯	40W	套	1408	基本照明(沥青路面)
4	LED 灯	30W	套	2560	基本照明(水泥路面)
5	小计		套	6304	
6	消耗功率		kW	486.24	
备注	其中,加强段 353.12kW,全日基本段 42.48kW,白日基本段 61.65kW,应急照明 28.99kW。				

24h/d 计算,电费按 0.8905 元/度计算,具体计算结果如下:

(1)高压钠灯方案年电能消耗量:

$$[(950.56+163.8) \times 12 + (109.98+64.8) \times 24] \times 365 = 6411969.6 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

高压钠灯方案年电费 = (6411969.6kW·h) × 0.8905 元/度 = 5709858.929 元

(2)LED 灯方案年电能消耗量:

$$[(353.12+61.65) \times 12 + (42.48+28.99) \times 24] \times 365 = 2442769.8 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

LED 灯方案年电费 = 2442769.8 (kW·h) × 0.8905 元/度 = 2175286.5 元

(3)年支出电费比较:

每年节约电费 = 570.99 万元(钠灯) - 217.53 万元(变更设计) = 353.46 万元。

(4)营运期节约电费:

按 30 年运营期计算,预计营运费共节约 10603.8 万元。

4.2 维护成本比较

以寿命结束平均需要更换的费用计算维护费用,不包括日常维护费,则高压钠灯维护费用平均约 150 元/年/盏,高压钠灯:2 年维护费用:4498 盏 × 150 元/盏/年 × 2 年 = 1349400 元,LED 灯为 0(厂家 2 年内包修包换)。

5 LED 灯项目实施后的节能效益

年节省用电量为:396.24 万度、年节省标准煤为:1307.58t 与原有高压钠灯方案相比,综合节电率可达 62%。

6 隧道 LED 项目获得交通运输节能减排专项资金支持

由于广贺高速隧道 LED 灯照明系统节能效果显著,获得 2013 年度交通运输节能减排专项资金支持,同时也是广西区首个获此支持的隧道照明项目。

作者简介:刘靖华(1973-),男,大专,工程师,主要从事高速公路机电设备设计与施工工作。