

高速公路隧道照明智能节电技术研究

曹佳宝

(湖南省交通科学研究院有限公司, 湖南 长沙 410015)

摘要: 近年来,随着中国经济水平的不断提高,高速公路建设得到长足发展,高速公路照明相关设施建设数量和规模不断增大。但受各方面因素影响,隧道照明的高能耗问题一直存在,如何降低隧道照明的电能消耗成为高速公路运营部门急需解决的问题。文中在分析当前隧道照明存在的问题及电能浪费原因的基础上,提出隧道照明智能节电综合措施,在保障高速公路隧道安全运营的前提下尽可能降低隧道照明电能消耗。

关键词: 高速公路;隧道照明;节能减排;智能节电

中图分类号:U491.5

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)06-0039-03

高速公路隧道是交通堵塞及交通事故频发的特殊地段,确保隧道内部光线强度及均匀度是保障高速公路隧道交通安全的重要途径。隧道的长期照明势必产生较大电能消耗,有悖于当前国家大力倡导的节能减排理念。隧道照明节能的难点在于怎样在确保隧道交通安全的前提下实现照明相关设施电能的低消耗。该文探讨高速公路隧道照明智能节电技术,以进一步提高隧道照明的电能资源利用率,增强其环保效益、经济效益及社会效益。

1 高速公路隧道照明概述

1.1 高速公路隧道照明目的

高速公路隧道结构的特殊性决定其内需要长期照明,避免车辆在隧道行驶时因为光照不足而发生阻塞、车祸等,确保行车安全、舒适。另外,当驾驶员驾驶车辆快速驶入或驶出隧道时,由于隧道内外照明强度反差较大,驾驶员很易产生炫光效应、黑洞效应,会增大发生交通事故的几率。隧道内外照明强度反差较大是隧道照明设计需重点解决的问题,力争营造较好的光照环境,帮助车辆驾驶人员更好地适应隧道内外照明条件的快速变化,降低交通安全事故发生率。

1.2 高速公路隧道各区域照明布设

正常情况下,高速公路隧道照明主要分为 4 个区域:1) 入口段。洞口注视点与过渡段之间的路段称为入口段,划分为 th_1 和 th_2 2 个照明段。进行照明设计时需综合考虑洞外亮度和设计速度,其中洞外亮度取决于天空面积百分比、洞外环境及隧道口朝向等,设计速度取决于道路等级。选用的亮度直

接关乎隧道照明运营费,影响隧道照明节能情况。2) 过渡段。划分为 tr_1 、 tr_2 、 tr_3 3 个照明段。为降低驾驶员从入口段驶入过渡段的视觉差异,该段照明设计需满足视觉认知的安全舒适性和照明经济性要求。3) 中间段。中间段的亮度取决于设计速度、交通量等,通常为 $2.0 \sim 4.0 \text{ cd/m}^2$,最大不能超过 10 cd/m^2 。4) 出口段。划分为 ex_1 和 ex_2 2 个照明段。该段亮度受洞外亮度的影响,亮度设计中需注意缓和白洞现象对驾驶员的不利影响。单向交通隧道照明系统分段见图 1。

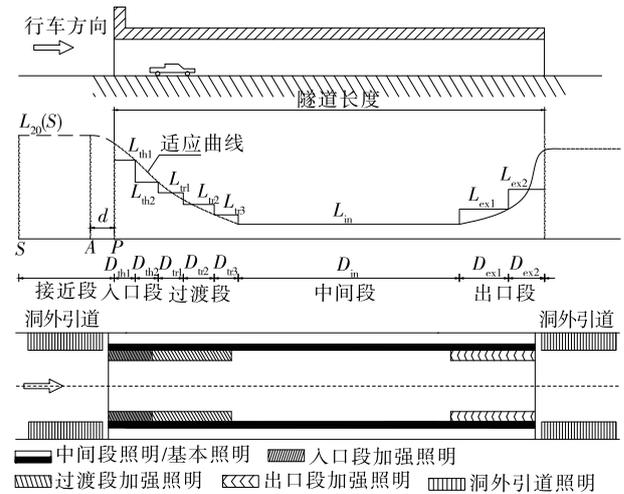


图 1 单向交通隧道照明系统的分段

1.3 高速公路隧道照明控制

隧道照明控制设计一般采用以智能控制或自动控制为主、手动控制为辅的方式。其中:手动控制为隧道管理人员结合洞外亮度、交通量等进行的控制,其优先级最高;自动控制通过对照明控制系统相应

参数的采集和自动调节,自动控制隧道照明亮度;智能控制方式主要通过自动控制,参考短时交通流预测对隧道中照明亮度进行动态控制,保障行车安全,最大限度节省用电成本,使节能控制、绿色照明的理念得以凸显,真正做到按需照明。照明控制方式选择需考虑的因素较多,包括设计速度、交通量、洞外亮度、天气条件等。

2 高速公路隧道照明现状及存在的问题

2.1 高速公路隧道照明现状

近些年来,高速公路建设得到长足发展,隧道照明相关设施建设数量和建设规模不断增大,隧道照明的电能消耗不断增大。按照相关规范,高速公路隧道照明分为入口段、过渡段、中间段和出口段,对各段长度及照度应进行针对性设计,根据全年洞外天气情况、最大行车速度、最大行车流量、最大光照亮度等参数计算隧道内部最大照度,根据各段长度和照明需要选择相应的照明灯具、确定照明灯具分布间距。受制于电路布线回路原因,一般情况下仅能做到2~3级人工或自动控制,完全实现自动控制隧道照明存在一定难度,而采用传统照明设计,普遍存在电能浪费问题。

2.2 高速公路隧道照明存在的问题

(1) 照明设计参数有待完善。2014年以前通车的高速公路隧道照明基本上参照JTJ 026.1—1999《公路隧道通风照明设计规范》进行设计,多按照低交通量设计,随着交通量的快速增长及驾乘人员对隧道照明需求的增加,这部分隧道照明设计参数需修正及完善。

(2) 智能照明控制未普遍实现。大部分高速公路隧道照明只实现远程控制,由于存在技术上的缺陷难以实现智能控制,只能控制3~6级照明等级,隧道过度照明及无效照明情况普遍存在。

(3) 存在照明节能误区。不少高速公路隧道照明设计中片面地将节能理解为开关隧道照明灯具,而忽视隧道的照明需要,虽然表面上达到了节能降耗目的,但实际上这是以牺牲隧道安全通行为代价,存在非常大的安全隐患。

(4) 隧道照明设施养护不力。受各种因素影响,高速公路管理中存在隧道照明设施养护重视程度不足、养护不力的情况,对隧道交通安全不利。

3 高速公路隧道照明电能浪费原因

高速公路隧道照明系统的运营费用(包括电费、

维护费、管理成本等)是高速公路运营中的主要支出。部分照明电费能通过采取科学的智能节电技术及相关措施予以规避,但由于多种因素的存在,不少隧道照明系统存在电能浪费情况。其原因如下:

(1) 为确保隧道行车安全,不少设计人员图省事,直接选择最高车速、隧道洞口最大亮度作为设计参数进行照明灯具选择和布置。因各隧道情况不同,对照明的强度要求也不同,导致部分隧道的设计照明强度远大于实际照明需要,造成电能浪费。

(2) 隧道照明多数按时序进行控制,没有实现真正的智能控制或按需分配,在夜间或交通量不大的路段,存在照明灯具全开现象,造成电能浪费。

(3) 因送电过程中存在线路损耗,加上在用电高峰为满足用电需要,不少隧道照明系统直接以较高电压进行电能传输,这是一种电能的极大浪费,而且电压较高会加速灯具损耗,缩短其使用寿命。

4 高速公路隧道照明智能节电综合措施

4.1 科学设计照明控制系统

洞外亮度是高速公路隧道照明设计中的重要基准参数。目前,国内不少设计单位未考虑隧道洞口的实际特点及具体条件,直接采用规范中的上限值,造成一定的电能浪费。隧道交通量大小也一定程度上决定照明需求大小,如设计速度为80 km/h时,与小交通量相比,大交通量理论上会多用40%以上电量。另外,许多设计单位在优化隧道照明设计参数时没有设定具体的灯具配光参数,而是借助系数曲线图进行计算,不论选择何种照明灯具,由于采取的设计参数相似,带来隧道照明系统的电能浪费及运营安全隐患。对照明灯灯具配光参数进行适当收集整理,形成完整的数据库,在此基础上设计的照明控制系统才更具有科学性,从而实现节能目标。

4.2 合理优化照明供配电系统

首先,供配电系统一定要设计得科学合理,既要满足高速公路隧道照明的需求,又不能因为变压器负荷率过低而造成不必要的浪费。其次,尽可能使用节能的照明设备,如LED灯具。如果已安装高压钠灯,为降低电能损耗,建议搭配节能镇流器。在综合考虑隧道结构的基础上,通过对线路的科学计算,优化灯具和线路铺设方式,从而起到节能效果。最后,尽量采用节能变压器,提高隧道照明系统的节能效果。

例如,对于高压钠灯可利用照明节电控制设备,

综合考量钠灯启动特征,应用全压启动方式,在点亮10 min后,可看到放电管冷端温度趋于平稳,灯泡的各种参数也能正常运行。照明节电设备借助慢斜坡降压法进行输出电压调整且不会产生冲击电流,依靠时控电路对供电电压与照明负载运行时间进行自动编程,降低隧道照明灯具的温度和电能消耗量。照明节电设备控制见图2。

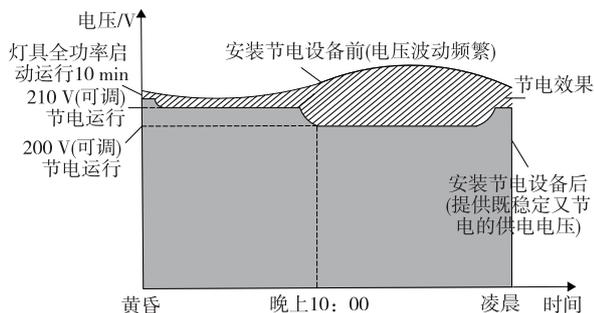


图2 安装节电设备前后的效果

4.3 采用钠灯和LED灯结合方式

高压钠灯是以前多数高速公路隧道主要使用的照明灯具,其有着较长的使用寿命和较高的色温,能给人提供舒适的光照。但其比较耗电,且损坏或过了使用寿命后只能更换,导致运营费用增加。而LED灯有着较好的显色性,散发的灯光非常接近自然光,能使进出隧道的司机尽快适应,从而大大增强隧道行车安全性;其工作电压低,且输出光通量不会因为电压出现较大波动;有着高达90%以上的效率,额外功效消耗较少,节能效果好。高速公路隧道出入口因安全需要,对照明亮度有着较高要求,可将高压钠灯和LED灯结合起来,通过组合照明,既满足隧道出入口照明亮度要求,优化照明效果,又提高照明效率,达到节能目的。

4.4 采用智能照明控制模式

由于技术要求上的差异,目前隧道照明控制方法主要采用时序控制和手动控制,这两种方法均无法实现有效节能。伴随照明技术的不断发展,LED照明灯凭借其可实现无极控制的优势为隧道照明智能控制的实现提供了可能。隧道照明智能控制系统通过自动监测隧道内外亮度和车流量,自动调节隧道LED灯等照明灯具,既满足隧道内车辆行驶所需亮度,同时大大避免进出隧道时出现黑洞效应和白洞效应,还能起到良好的节能效果。

4.5 导入自然光照明隧道

自然光照明是一种天然的绿色照明能源,若将

其予以有效利用,不但能帮助隧道照明系统实现用电节约,还有助于生态环境保护。自然光照明隧道设计思路:光照强度充足(晴天)时,照明系统自动检测并优先采用全自然光照明;光照强度不足(阴天或晚上)时,照明系统采用LED节能灯智能控制系统照明。借助光纤导入这一采光新技术,将绿色太阳光引入隧道内部,再辅以蓄能发光多功能材料,将技术与材料的优势、特点结合起来,照明效果还能得到进一步增强。利用自然光进行隧道照明,是对国家大力倡导的节能理念的积极响应,助力隧道运营“零能耗、零排放”及绿色公路建设目标的实现。

5 结语

中国高速公路隧道照明存在日益突显的能耗问题,不仅导致其运营成本增高,也有违国家大力倡导的节能减排理念。该文针对当前高速公路隧道照明存在的问题及电能浪费原因,从科学设计照明控制系统、合理优化照明供配电系统、采用钠灯和LED灯结合方式、采用智能照明控制模式、导入自然光照明隧道等方面提出隧道照明智能节电综合措施,希望能对提高高速公路隧道照明系统的经济和环保效益起到积极促进作用。

参考文献:

- [1] 潘国兵,刘圳,李灵爱.公路隧道节能照明研究现状与展望[J].照明工程学报,2017,28(1).
- [2] 赵炜华,刘浩学.我国高速公路隧道照明问题研究[J].公路,2013(4).
- [3] 沙欣.LED光源在黄延高速公路隧道照明中的节能技术研究[J].公路工程,2018,43(6).
- [4] 崔璐璐.高速公路隧道漫反射材料照明节能仿真[J].计算机仿真,2018,35(10).
- [5] 张伟刚,瞿少成,秦天柱,等.高速公路隧道照明节能模糊控制系统[J].电子测量与仪器学报,2017,31(12).
- [6] 高阳.忻阜高速公路隧道节能照明技术的研究和推广[J].公路交通科技:应用技术版,2011(7).
- [7] 丁磊,李震,田海东,等.“低碳经济”下高速公路隧道照明控制系统研究[J].照明工程学报,2013,24(4).
- [8] 杨翠,余波,胡国辉,等.山区高速公路隧道照明节能新思路[J].公路,2018(2).
- [9] 窦辉.甘肃省高速公路隧道智能照明综合节能技术研究[J].科技视界,2018(31).