

公路隧道节能照明设计探讨

涂 耘

(重庆交通科研设计院 重庆 400067)

摘 要:本文通过对影响公路隧道照明质量的几个主要参数入手来探讨隧道照明设计达到高效节能的途径和方法,使广大的设计人员树立起通过充分运用现代科技技术的进步来提高隧道照明的设计水平和隧道照明的质量,而不能通过降低设计标准来达到节能目的的理念。

关键词:隧道照明 参数 亮度 洞外亮度 均匀度 频闪 节能

公路隧道照明有其特殊性,隧道白天也需要照明,白天照明比夜间照明更复杂,因此在隧道照明设计中要在隧道的出入口考虑人的视觉的适应性。照明设计除了保证路面具有一定的亮度水平外还需要考虑隧道墙壁高 1.5m 以下范围内也应有不低于路面亮度的亮度水平。正是由于隧道照明中存在“黑洞效应”、“运动效应”、“墙效应”和眩光现象等一系列特殊问题,使得隧道照明不同于其他道路照明。所以在隧道照明设计中考虑节能问题时,不能采用靠降低照明标准来节能,而是要通过充分运用现代科技手段来提高照明的设计水平来达到节能的目的。为此,本文通过对影响公路隧道照明质量的几个主要参数入手来探讨隧道照明设计达到高效节能的途径和方法。

1 影响隧道照明质量的因素分析

隧道照明中必须考虑某些特殊的视觉现象。而目前运营中为了节能使得隧道照明存在一些问题,因此有必要对一些基本的视觉问题进行分析和探讨,以便在保证行车安全和舒适的前提下提高照明质量和效果,来达到节约能源的目的。

1.1 亮度

从行车安全考虑,较好的隧道照明能增加道路使用者的生理和心理安全感。目前大多数隧道照明设计者和营运管理部门对隧道白天照明中的黑洞、白洞效应都有清楚的认识,也比较一致地对加强照明有较高的认同度。但在中间段照明和夜间照明的认识上有些模糊,主要表现在认为隧道按现行规范设计太亮或中间段照明可少开灯,夜间甚至可不开灯等等。因此,常常采用减少开启灯具数量甚至不开灯等方法来节约能源,这是非常危险的。

实际上,许多营运单位形成按现行规范设计的照明系统太亮的原因在于他们最先接触的是照明系统的初装亮度,而设计单位给出的亮度标准是照明系统的维持亮度,它们之间的关系是初装亮度乘上灯具的维护系数即是维持亮度,《公路隧道通风照明设计规范》规定灯具的维护系数可取 0.6~0.7,可见两者的差别是非常大的。另一个原因就是设计单位在设计照明系统时,没有对隧道所处的地理环境进行调查,洞外亮度值估算偏大,使得隧道入口的各加强照

明设计亮度值偏大,也是造成隧道照明系统亮度太亮的原因之一。

隧道必须设夜间照明,中间段照明也不能太省。因为车辆在隧道内行驶,随着速度的增加眼睛的视界会越来越窄,就像通过管子看东西一样,近处和两侧的东西看不见,这就是“运动效应”,隧道本身也是狭长的管状构造物,这种“运动效应”就更强。如果隧道不设中间段照明和夜间照明,仅靠车灯照明,车灯只能照亮道路路面,隧道壁仅有微弱的反射,形成“墙效应”,在开阔的道路上就没有“墙效应”,这就是《公路隧道通风照明设计规范》规定隧道壁 2m 以下范围的亮度应不低于路面亮度的考虑。如果隧道内没有足够的照明,两种效应的叠加会使驾驶人员感到压迫感,从而造成安全隐患。

随着交通的发展,隧道内的交通特别是夜间的交通也愈加繁忙,出现的问题愈加复杂。隧道作为特殊的构造物,在其中发生事故不同于道路上发生事故,其救援难度会更大,危害和损失也更大。因此,隧道的照明系统设计必须以驾驶人员的视觉特性为出发点和最终的落脚点,必须要有足够的亮度,满足不同层次的驾驶人员的视觉功能和心理需求,以杜绝或减少交通事故的发生。

1.2 路面亮度均匀度

隧道照明质量的好坏,除了要求有一个较好的亮度外,还必须要求路面上的平均亮度和最小亮度之间不能相差太大,其纵向上也要求亮暗变化不能相差太大。因为视场中存在亮度不相同的表面,眼睛从一个表面移到另一个表面要发生适应过程,在适应过程中眼睛的视觉能力是要降低的,适应也需要一定的时间。如果经常交替适应,亮暗的变化会带来一定的频闪效应,路面上连续、反复出现亮带和暗带,即“斑马效应”,会使驾驶人员的视力工作发生困难而导致视觉疲劳,如果再加上亮度不足,就会造成视觉错误而危及道路安全。

目前许多设计人员都采用利用系数法或工程类比法来设计照明系统,二者都没有充分考虑不同灯具具有不同的配光特性。隧道实际采用的照明灯具往往和设计者参照设计的灯具不一致而导致营运照明系统的均匀度值发生偏离,特别是一些营运单位为了节能而减少开启灯具数量时,造成路面均匀度值严重下降,存在一定的安全隐患。因此,隧道内路面亮度均匀度值和路面平均亮度值一样,也是影响隧道照明质量的主要因素之一。它的好坏直接影响驾驶人员的视觉功能。较差的路面亮度均匀度会造成驾驶人员的视觉疲劳甚至视觉错误,从而造成安全事故,这一点必须引起设计者和营运管理部门的重视。

1.3 频闪效应

隧道内的频闪主要来自于隧道照明灯具排列的不连续使驾驶员不断地受到明暗变化的刺激而产生的视觉不适。由于隧道内灯具安装受几何尺寸的限制,特别是灯具在隧道两侧安装时高度偏低,频闪会严重影响驾驶员的视觉功能,使驾驶员产生烦乱而危及行车安全。目前由于许多照明灯具的配光质量不高,受亮度和均匀度要求的限制,其布灯间距较小,特别是中间段照明对称布灯时许多设计间距都不符合频率低于 2.5Hz 的要求。

只有增大布灯间距才能满足规范要求,也才能减少灯具安装数量,从而达到节约能源的目的。因此设计时应当考虑采用配光质量好的高效灯具或采用高效率的布灯方式来满足灯具安装间距的要求。

2 节能途径探讨

通过对影响隧道照明质量的因素分析,亮度、均匀度和频闪分别涉及到设计参数的合理选择、灯具及其布置方式等方面,节能途径必须从这几个方面入手。当然由于科学技术的进步,作为隧道照明的主体光源也发生了巨大的变化,选择节能光源也是最有效的节能途径之一。

2.1 设计参数

现阶段大多的照明设计受技术条件的限制都很粗放,设计出的隧道照明系统设计值偏大、保守。许多设计单位由于缺乏照明灯具的光强表等具体的灯具配光参数,不得已采用利用系数曲线图计算方法,不管什么样的照明灯具,统统采用同样的设计参数,造成有些隧道照明系统浪费,差的隧道照明系统又存在安全隐患。为了使隧道照明系统节能,设计人员必须做到照明系统的精细化设计,必须尽量收集照明灯具的配光参数,采用先进的数值计算方法进行设计,以避免因设计方法粗放使照明亮度值过大带来的能源浪费。

洞外亮度 $L_{20}(S)$ 是照明系统的设计基准之一,洞外亮度 $L_{20}(S)$ 的正确设定,对工程投资和营运电费都有极大的影响,不容忽视。日本东京湾海底隧道曾于设计中做过详细比较:在其他条件(包括车速)相同的情况下,如 $L_{20}(S)$ 分别设定为 $4\ 000\text{cd}/\text{m}^2$ 与 $6\ 000\text{cd}/\text{m}^2$,则设备费相差 34%,年耗电量相差达 30%。在隧道照明设计阶段,隧道洞外亮度 $L_{20}(S)$ 在多数情况下无法实测得到,一般按查表法获取洞外亮度 $L_{20}(S)$ 值。查表获取的洞外亮度 $L_{20}(S)$ 值与实际值存在一定的误差,因此,使设计基准更准确、更符合隧道的实际情况能避免因隧道洞外亮度值取值过大带来的能源浪费。国内目前已研究出比较成熟的手段可对隧道洞外亮度值进行快速准确的测试和估算,这种测试方法的进步使得准确得到洞外亮度值成为可能,它的推广应用可为新建隧道设计提供较为准确的隧道洞外亮度 $L_{20}(S)$ 值,有较好的经济效益。

2.2 高效节能的照明系统

隧道的照明方式直接影响配光特性、照明效果和运行的经济性,一个高效节能的照明系统,必须选用和隧道照明方式相匹配的照明灯具。公路隧道照明质量是通过隧道照明灯具以合理的布置方式,不同的亮度组合达到舒适、适应和经济配光实现的。公路隧道照明质量的好坏与灯具的配光特性直接相关,灯具的布置方式对灯具配光效益有较大影响,采用高效节能灯具和高效率的布灯方式是解决营运电费高低最有效的方法,具有较大的经济效益和社会效益。研究表明:

(1)不同照明布置方式应选用不同配光形式的灯具以提高照明系统的配光效率,达到省电目的。照明系统采用两侧排布置灯具时,宜采用宽光带点光源配光式灯具,若采用中线布置灯具时,宜采用宽光带线光源配光式灯具或逆光照明灯具。逆光照明灯具比常规照明灯具更能充分利用光效来提高路面亮度,降低目标照度,以达到省电目的。

(2)照明装置的照明效率很大程度上取决于灯具本身的配光形式和其布置方式,中线布置比侧面布置效益高。

(3)把布灯方式定在中排布偏置 60cm 处和侧布在一侧布灯高度为 6.3m 处的布灯方案,将有效地解决公路隧道双侧布置能耗较高、中央布灯不便维护的矛盾,是较高效率的布灯方式。

2.3 节能光源

公路隧道照明系统中,出入口段所设的加强照明是解决白天“黑洞”和“白洞”效应的,中间段照明和夜间照明是解决黑暗环境下的照明。众所周知:两种亮度环境下人眼的视觉是分别由锥状细胞和柱状细胞起作用。最近的研究表明人眼还存在有一种由两种细胞在介于明暗两者之间的亮度水平时共同起作用的视觉,称之为“中间视觉”。

国际照明委员会公布的标准视觉反应 $V(\lambda)$ 定义的是一个正常人在“明视觉”条件下对光谱输出的反应,照明技术中的设计与制造包括检测设备均和较高的亮度有关,即针对“明视觉”条件,这一点在照明应用中须引起充分重视。隧道照明中常采用的高压钠灯的光效非常之高,但这只是表面现象,钠灯最大的输出光能集中在黄色区,在明视觉条件下眼睛对它的敏感程度很高,由于光通量是以明视觉条件下眼睛接受到的光的数量来定义的,所以高压钠灯有很高的额定光通量。但它在其他波段只能输出极少的量,因此在暗视觉条件下有效光通量急剧减少,即它的效能在低高度环境中显著减弱。

目前开发的许多节能光源,大多数都发出白光。用现在的检测设备检测它的光输出其有效的光通量是很低的,但在暗视觉和中间视觉条件下,眼睛对它的敏感程度会大幅提升,这就是我们在夜间眼睛看这些节能灯感觉很亮,也能很好地看见物体目标,但测试其照度值很低的根本原因。而隧道的夜间照明和中间段照明恰好处在中间视觉范围内,这就为节能灯具在隧道内的应用提供了广阔的空间。通过科研课题来研究在中间视觉条件下节能灯具在隧道照明设计中具体应用的设计参数值,将会为解决隧道营运电费高的难题提供有效的途径,具有较大的经济效益和社会效益。

3 结束语

公路隧道节能照明设计还有许多研究可做,除本文讨论的合理的设计参数确定、高效节能灯具和高效布灯方式的应用以及节能灯具的大量应用外,开展照明系统的节能控制、节能设备应用的研究等等同样也是隧道照明节能的有效途径,也会带来巨大的经济效益。因此,广大设计人员应该树立通过充分运用现代科技技术的进步来提高隧道照明的设计水平和隧道照明的质量,而不能通过降低设计标准来达到节能目的的理念。