

·测试、试验与仿真·

汽车照明人眼感受的仿真研究

刘 晨¹, 刘春子¹, 万 宏²

(1.合肥工业大学仪器科学与光电信息工程,安徽 合肥 230009; 2.重庆长安汽车股份有限公司,重庆 401120)

摘要:为了量化分析人们驾驶汽车时的主观感受,以及对视觉舒适度进行定量分析,描述了对汽车前照灯的灯光质量的分析评价方法,及灯光质量对人眼主观感受的影响。在实验中,通过配光机得到汽车前照灯的光强数据,详细介绍了使用配光机得到的光强数据计算光通量、地面照度、地面亮度的方法。通过计算得到汽车前照灯照明质量的优劣分析。在仿真中,很好地验证了计算方法的正确性,同时对地面亮度仿真中加入了人眼亮度的校正,很好的仿真了人眼感受,因此它对于车灯的生产过程有着很好的指导意义。

关键词:照明质量;地面亮度;人眼视觉仿真

中图分类号: O432.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-04-0061-04

Simulation Research on Automotive Lighting and Human Eyes Feeling

LIU Chen¹, LIU Chun-zi¹, WAN Hong²

(1. School of Instrument Science and Opto-electric Information Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China ;

2. Chongqing Changan Automobile Co. Ltd, Chongqing 401120, China)

Abstract: For analyzing quantitatively the subjective feeling of people and vision comfort during driving, the analysis and evaluation method of the lighting quality of automotive headlamps and the impact of light quality on human eyes subjective feeling are described. In the experiment, the light intensity data of automotive headlamps is obtained through light fitting machine. The method of calculating luminous flux, ground illuminance and brightness by using the data is introduced in detail. The advantage and disadvantage analysis of automotive headlamps lighting quality through calculation are obtained. The correctness of the calculation method is verified in simulation. And the brightness correction for human eyes feeling is added to ground brightness simulation to get a better human eyes feeling. So it has an important meaning to automotive lamp production.

Key words: lighting quality; ground luminance; human eyes vision simulation

汽车早已成为人类生活的重要组成部分。在满足了汽车作为运输工具的基本功能后,工程师们一直在安全性和舒适性领域持续创新。汽车前照灯作为安全性和舒适性的重要组成部分,一直是大家关注的焦点。我国的国标GB、欧洲的ECE、美国的SAE等标准中对前照灯的安全性参数做了明确和具体的要求。设计和制造过程中只要满足这些标准的要求,就能很好地保证驾驶照明的安全性,

但是这些标准却没有体现出人们在驾驶汽车时的主观感受。更没有办法对视觉舒适度进行定量分析。

一个可能的办法是通过配光机测量汽车前照灯的光强数据,通过一定的算法计算出决定人眼主观感受的一些数据,例如地面的亮度、照射的范围、照明范围内的照明均匀度。文中试图设计出这种算法,通过这种算法就可以量化分析人眼的主观感

受。

1 灯光质量的评价方法

在照明领域有四个基本的光学度量,光通量、发光强度、光照度和亮度。如果可以通过这些基本的光学度量直接得到关系到人眼感知的照明亮度、照明范围和照明范围内的均匀度,无疑是最优的选择。但是以目前的技术,没有办法直接测量这些数据。

1.1 地面亮度

亮度是所有视觉功能的基础,也是灯光质量的最重要的指标。在晚上,一条道路上,地面亮度越明亮,人眼的视觉感受就越好。从目前对汽车照明亮度的研究中,对于汽车前照灯光给人眼造成的对亮度的主观评价有以下的结论:

(1)照明光束亮度越高,地面越明亮;

(2)汽车照明应该提供的最低的地面亮度是平均亮度 1 cd/m^2 ;

(3)无论是照明的光束模式还是光的颜色,或者均匀性都对人们对亮度的主观感觉有很大的影响。

一般来说,照明范围内的平均亮度的评价标准如表1。

表1 平均亮度的等级

$L/\text{cd/m}^2$	$L < 0.7$	$0.7 < L < 0.9$	$0.9 < L < 1.3$	$1.3 < L < 1.7$	$L > 1.7$
等级	*很暗	**暗	***正常	****明亮	*****很明亮

1.2 照明均匀性

良好的照明均匀度对于良好的灯光质量是非常重要的一个角色,很多人对照明均匀度进行的研究表明,明暗不均匀会导致司机的注意力不断转移,而且照明时的黑斑会导致司机做出错误的反应。一般的照明均匀度可以通过下面的方式求解:将路面分成几个区域,分别计算每个区域的照明均匀度,如图1所示。对每一个区域中的照明均匀度,可以通过这个区域的最大亮度与最小亮度的比值来计算。对照明均匀度还可以通过对亮度的对数来判断。

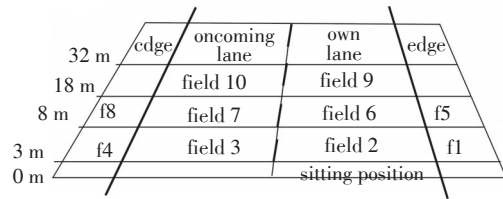


图1 照明均匀度区域的划分

1.3 照明范围

照明范围也同样是一个非常重要的因素,可以清晰识别的范围越大,说明汽车灯光的质量越好。现在虽然还不能把可识别距离放到实际应用之中,但是可清晰识别的照明范围依然有着意义。一般来说,可清晰识别的照明范围的评级标准如表2。

表2 人眼可识别范围对灯光的评级

s/m	$s < 55$	$55 < s < 60$	$60 < s < 65$	$65 < s < 70$	$s > 70$
等级	*	**	***	****	*****

1.4 来车眩光

来车眩光更是灯光质量的重要因素,眩光会降低人眼的视觉性能,并且引起不适。在不影响识别范围的前提下,眩光是不能完全消除的。只能寻找照射范围和来车眩光之前的平衡点,进行优化改善。在国际标准中,25 m的明暗截止线以外的眩光区域,每一个前照灯的照度只能低于 0.7 lx 。通过这个标准可以减少眩光的影响。

2 光通量、地面照度、地面亮度的算法

在实验中,通过配光机可以得到灯光的光强数据。通过这些数据,首先可以计算前照灯的光通量,示意图如图2所示。

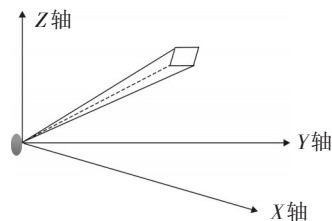


图2 空间示意图

取空间区域中的一小块,通过下面的公式可以计算出这一小块的面积为

$$d_A = (rd\theta)(r \sin \theta d\phi) \tag{1}$$

式中, r 为光源(汽车前照灯)到这点的距离; θ 为 z 轴与 r 所成的角; ϕ 为 y 轴与 r 所成的角。配光机得到的光强数据中 $\Delta\theta$ 和 $\Delta\phi$ 均为 0.2。因此,可以对这一小块立体角进行积分如下

$$d_\Omega = d_A = r^2 \tag{2}$$

$$\Delta\Omega = \int_{\theta_0}^{\theta_1} \int_{\phi_0}^{\phi_1} d_\Omega \tag{3}$$

由上面三个公式可以得到

$$\Delta\Omega = [\cos \theta_0 - \cos \theta_2][\theta_2 - \theta_0] \tag{4}$$

其中, $\phi_1 - \phi_0 = 0.2$, 然后由式(5)、式(6)可以计算出光通量为

$$\Delta F = I \times \Delta\Omega \tag{5}$$

$$F = \int \Delta F \tag{6}$$

如果要计算地面亮度的话,则首先需要将地面照度计算出来,可以通过插值的方法进行拟合。

$$I_1 = \text{interp2}(Angv, Angh, I, angv, angh) \tag{7}$$

式中, $[Angv, Angh]$ 为测量的角度区间, $angv$ 和 $angh$ 为需要的地面位置的点与前照灯成的垂直角度和水平角度。拟合后的光强通过下面的公式求出地面照度为

$$E = I \times \cos(angv) / r^2 \tag{8}$$

式中, $angv$ 为地面位置与前照灯所成的立体角。实验时地面的亮度因子为 0.07, 则可以求出地面亮度为

$$pE = \text{interp2}(y, x, E, py, px) \times 0.07 \tag{9}$$

式中, $[x, y]$ 为地面照度考察范围; px, py 为地面点的位置。这样就可以得到这个区域的地面亮度。

3 实验与仿真

通过上面的研究,用配光机测量了前照灯的光强数据,通过对光强数据的计算和仿真,可以得到一些仿真结果。

3.1 光 强

图3为配光机采集的光强数据绘制的光强图。上面一幅图是前照灯左灯的光强分布图,下面一幅是前照灯右灯的光强分布图。

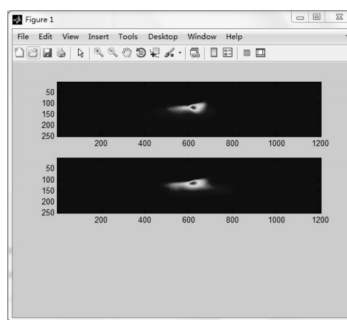


图3 光强分布图

3.2 地面照度

图4是地面照度分布图。左面是前照灯左灯的地面照度分布图,中间的是前照灯右灯的地面照度分布图,右面的一幅图片是左灯和右灯合成的前照灯的地面照度分布图。从图4中可以大致看出前照灯光的照射范围。

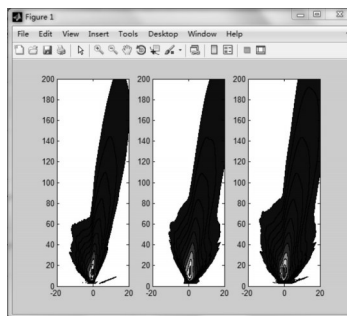


图4 地面照度分布图

3.3 地面亮度和人眼感受

图5是人眼视觉的仿真结果。上面一幅是左灯的仿真,中间是右灯的仿真,下面的是左灯和右灯合成的亮度仿真,这几幅图是不考虑人眼视觉响应校正的。

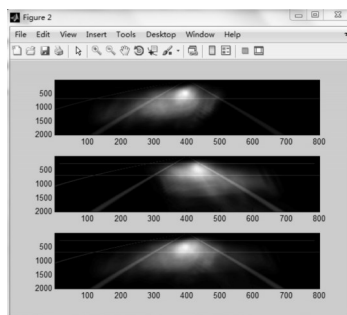


图5 人眼视觉仿真(未加人眼亮度校正)

图6是考虑了人眼视觉亮度响应校正的仿真结果。同样上面一幅图是左灯的仿真,中间是右灯的仿真,下面是左右灯合成的亮度仿真。考虑了人眼视觉之后,通过对人眼视觉亮度响应的研究,可以得到更符合人眼视觉效果仿真。

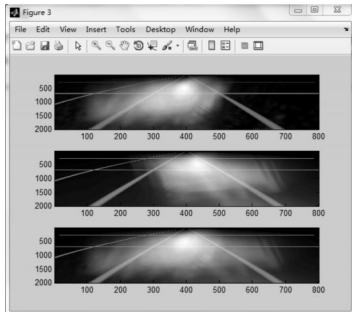


图6 人眼视觉仿真(加入眼亮度校正)

4 结束语

通过对汽车前照灯照明质量的分析评价,提出了通过配光机的光强数据计算光通量、地面照度、地面亮度的方法,并通过仿真很好地验证了这些方法的正确性和可行性,通过光强数据很好地仿真出了地面亮度和人眼视觉感受,同时通过人眼亮度响应的校正,优化了人眼视觉的计算方法,使人眼仿真更接近人眼实际感受,取得了较好的结果。使人眼对汽车照明的主观感受的评价可以客观的量化,

在车灯的生产过程中就可以仿真出人眼感受到的车灯的照明场景,指导车灯的设计和和生产。

参考文献

- [1] 张明利,全书海,黄亮.汽车尾气余热发电控制系统的设计[J].新型工业化,2011,1(5):74-78.
- [2] 宋立权,尹玉明,周建东,等.汽车双质量飞轮转矩特性建模与仿真[J].新型工业化,2013,3(9):53-63.
- [3] Wörden weber, Walla schek, Boyce. Automotive Lighting and Human Vision [M]. Berlin: Springer,2007.
- [4] 大石严.显示技术基础 [M]. 白玉林,王毓仁,译.北京:科学出版社,2003.
- [5] Boyd, Robert W. Radiometry and the detection of optical radiation [M]. New York: John Wiley & Sons. Inc., 1983.
- [6] 曾庆怡,张明武,张金霜.基于GPU的域乘法并行算法的改进研究[J].新型工业化,2012,2(9):43-52.
- [7] 周燕,金伟正,王玲雪,等.基于人眼视觉的光电成像系统性能评价方法研究[J].兵工学报,2002,23(4):504-507.
- [8] 张九红,庄金讯.配光曲线在照明计算中的应用[J].沈阳建筑大学学报,2007,23(6):941-944.
- [9] 中岛龙兴.照明设计入门[M].马俊,译.北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [10] 崔泽英.LED平面光源路灯的配光及道路照度计算[J].照明工程,2011,22(6):100-104.
- [11] 项震,侯民贤.汽车前照灯的检测方法[J].照明工程学报,2002,13(3):6-8.

《光电技术应用》期刊网站简介

《光电技术应用》期刊网站的网址为: <http://www.gdjsyy.com>。网站设有:期刊介绍、资质荣誉、编委会、版权声明、征稿简则、征订启事、联系方式等栏目。通过上述栏目,作者与读者可对期刊的基本情况和编辑部工作有进一步的了解。

为方便作者投稿,网站设立了期刊的投稿指南及论文格式模板。投稿指南从文章的题名、摘要、引言、结语、参考文献等几个部分提出对所投稿件(文章)的要求、编写方法、应注意的问题等,供作者参考。论文格式模板以本刊一篇已发表的文章为例,对刊载文章的体例、格式及部分基本要求进行了较为详细的说明(采用红色说明文字),以节省文章编辑修改时间,提高录用的时效。

为使读者及时了解期刊已发表文章的最新信息,网站增设了在线期刊查询与阅读浏览栏目,可为读者提供《光电技术应用》期刊2009、2010、2011、2012、2013全年已发表文章题目、作者等信息的查询及文章摘要的阅读浏览。

《光电技术应用》期刊的电子邮箱地址为: nloe@vip.163.com,热诚欢迎广大作者投稿。

《光电技术应用》期刊编辑部