

LED-Based Actively Luminous Traffic Signs

Siyu Wang

College of Automotive and Traffic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu
Email: zhanghaiyann@163.com

Received: Nov. 6th, 2015; accepted: Nov. 20th, 2015; published: Nov. 25th, 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper studies and designs a new type of road traffic signs, which is called LED-Based Actively Luminous Traffic Signs. It uses a LED array as a back light source, and emits light through aluminum extruded sections whose front is hollow and prism-type reflective film. Finally, it will paste the dark reflective film to display font. The signs, with uniform brightness and no glare, can play an active role in the display of traffic information.

Keywords

LED, Self-Light Emitting, Uniform Brightness

LED内照式主动发光交通标志

王思雨

南京林业大学汽车与交通工程学院, 江苏 南京
Email: zhanghaiyann@163.com

收稿日期: 2015年11月6日; 录用日期: 2015年11月20日; 发布日期: 2015年11月25日

摘要

本文研究并设计了一种新型发光道路交通标志——LED内照式主动发光标志。该标志采用LED阵列作为背光源, 并透过正面镂空的铝制型材和棱镜型反光膜发光, 最后粘贴显示字形的深色反光膜。该类标志亮度均匀、无眩光, 能够起到主动显示交通信息的作用。

关键词

LED, 主动发光, 均光

1. 研究背景

1.1. 道路交通标志的使用现状

通过对国内外文献的检索和结合生活实际，国内外使用的交通标志主要有两种，一种是传统逆反射交通标志，另一种是采用 LED 与反光膜结合的点阵式主动发光标志。随着时间的推移和交通产业的发展，这两种交通标志的弊端也逐渐显现出来。

1.2. 现有交通标志的不足

1) 对于 LED 点阵式主动发光交通标志的问题主要有：

- ① LED 闪烁造成眩目，如 图 1 所示；
- ② 由于 LED 部分失效，而导致交通信息的错误，如 图 2 所示。

2) 传统逆反射交通标志的主要缺点有：

① 必须借助车辆的远光灯，会导致灯光区的非机动车和行人处于视觉盲区，而不打开或不具备远光灯条件的交通参与者在黑暗状态下无法识别标志信息内容；

② 遇到暴雨、浓雾、冰雪等恶劣天气，其视认性能远远达不到交通标志的视认要求。

3) 此外，目前的交通标志功能较为单一，不能给交通参与者提供实时的路况信息。

2. 设计方案

2.1. 设计思路

随着时间的推移和交通产业的发展，现存的两种交通标志的弊端也逐渐显现出来，亟待研究一种新型的交通标志来弥补其不足。设计思路如 表 1 所示。



Figure 1. The real product photo of outdated sign
图 1. 旧式标志实物图



Figure 2. The real product photo of outdated sign
图 2. 旧式标志实物图

Table 1. Designing idea table

表 1. 设计思路表

现有问题	理想情形	运用技术	最终产品
LED 闪烁造成的眩目	光线柔和, 发光亮度均匀	内部光源设计, 均光技术的运用	LED 内照式交通标志
LED 部分失效。导致交通信息的错误	LED 部分失效后仍能提供准确信息		
必须借助车辆的远光灯	内部光源, 无需外界光源照射	智能诱导与指示标志相结合	
遇到恶劣天气条件, 其视认性能明显降低	恶劣条件下, 仍能提供有效信息		

2.2. 关键技术研究

2.2.1. 内部光源设计

由于传统反光标识存在的夜间必须使用远光灯照射, 导致灯光区的交通参与者处于视觉盲区以及在恶劣天气条件下其视认性能降低, 而通过采用内照式主动发光, 并针对外界因素对光的亮度进行一番研究, 从而设计出内部光源。

2.2.2. 外界环境亮度与自发光亮度对标志视认距离的影响 [1] [2]

如图 3 所示并不是 LED 亮度增高其视认距离就会随之增加, 而是趋于一个极限值。对于自发光式标志, 交通标志所处的环境亮度是决定交通标志发光亮度的关键因数。在低亮的环境中, 较暗的自发光式交通标志视认性更佳; 在高亮的环境下, 如城市道路、高速公路隧道等环境中, 需要高亮的自发光式交通标志与之相适应。市区, 郊区或乡村等不同环境对交通标志醒目程度, 发现和认读都会产生影响。根据国内外对交通标志对照明效果与最大亮度比之间的关系的研究成果, 环境亮度与被照对象的最大亮度比例为 1.5; 如果需要重点强调, 则环境亮度与被照对象的最大亮度比例为 1:10, 超过 10 倍以上, 容易产生眩光。结合环境亮度的实测平均值, 最佳亮度所处区间以及以上分析结论, 考虑道路使用者在行车下对亮度反应的差异性, 城市内使用自发光式交通标志亮度范围: 背景明亮时, 亮度取为 140~400 cd/m²; 当背景亮度一般时, 亮度取为 50~140 cd/m²; 当暗背景时, 亮度取为 10~50 cd/m²。

2.2.3. 背光源设计亮度分析

本设计选用了三种白色微棱镜反光膜透光率根据前面得出的亮度要求进行测试, 得出设计亮度范围如表 2。

2.2.4. LED 设计亮度与 LED 放光强度与数量的关系

根据行业标准《高速公路 LED 可变信息标志》(GB/T23828-2009) [3] 中的规定设计亮度公式如式(1)。

$$LM = \sum_{K=1}^M iK \quad (1)$$

$$M = LM * S \div iK \quad (2)$$

如果 LED 发光强度一致且已知单颗 LED 的发光强度和发光面积就可以测算出 LED 数量, 如式(2)。

式中: LM ——设计亮度(cd/m²);

M ——测量区域内单粒 LED 的数量;

iK ——单粒 LED 在额定电流下的法向发光强度(cd);

S ——测量区域的有效面积(m²)。

夜间蓝色和绿色亮度与视认距离的关系

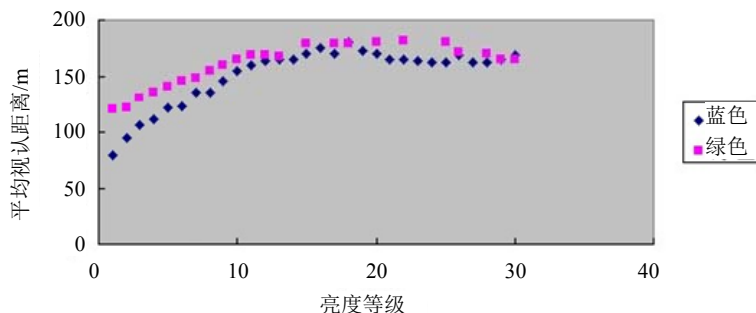


Figure 3. The relationship between night blue and green brightness and recognition distance

图 3. 夜间蓝色和绿色亮度与视认距离的关系

Table 2. Design luminance range table (cd/m²)

表 2. 设计亮度范围表(cd/m²)

背景亮度 \ 反光膜型号	M	T	D
背景明亮	875~2502	1380~3942	1295~3710
背景亮度一般	312~875	492~1380	463~1295
暗背景	62~312	98~492	92~463

2.3. 均光技术的研究

针对 LED 点阵式发光标志存在的 LED 部分失效而导致的交通信息错误以及 LED 闪烁造成眩目的问题，通过运用均光技术来弥补其不足，因此为了满足光的均匀性。

2.3.1. LED 视认角度、间距、LED 与反光膜间距的关系

本设计运用远方光强测试仪对 LED 进行一系列测试并作出 LED 光强分布图。

如图 4 在 LED 法向垂直且间距 L 的平面上各点的光强与此点和 LED 中轴线的角度 θ 有关系，利用回归分析法光强分布与夹角成近似于直线的函数关系如式(3)。

$$q = Q_{\max} - \frac{\theta}{\alpha} Q_{\max} \quad (3)$$

式中： q ——平面上一点的光强；

Q_{\max} ——平面上与 LED 中轴线相交点的光强；

α ——LED 的发光角度；

θ ——平面上一点与中轴线的夹角。

从 LED 光强分布可知(图 5)，两颗 LED 的中心点 B 的光强最弱，不断缩小 LED 间距可以使得中心点 B 光强增加和 LED 中心点 A 点的差距减少，A 点和 B 点的光强差带入式(4)可得：

$$Q_c = \frac{Q_{\max}}{\alpha} \left(2\alpha c \tan \frac{d}{2l} - \alpha c \tan \frac{d}{l} \right) \quad (4)$$

根据设计亮度范围和文字的发光面积可以测算出不同发光强度 LED 的数量范围，从而可以得到 LED 的间距 D 的范围。根据公式 D 与 L 的比值不同，亮度的均匀度就不同，确定 D 和 L 的其中一个值后，

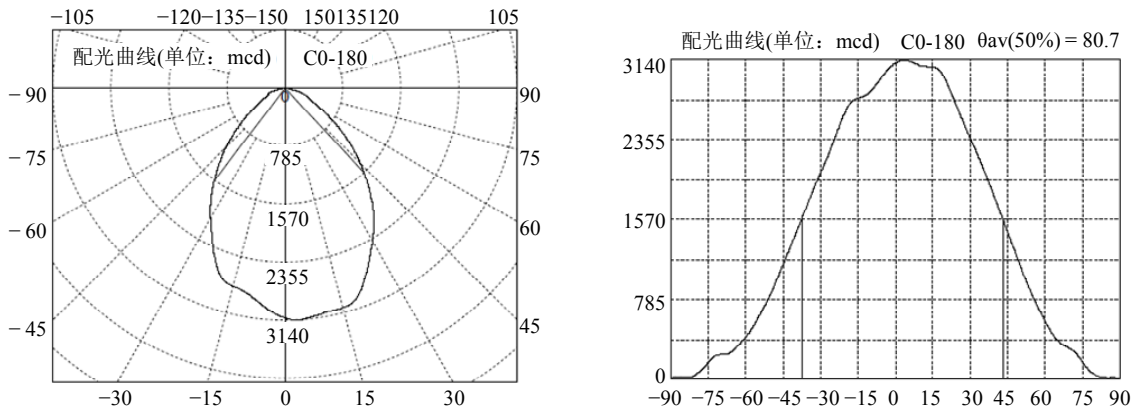


Figure 4. White 90° LED intensity distribution
图 4. 白色 90° LED 光强分布图

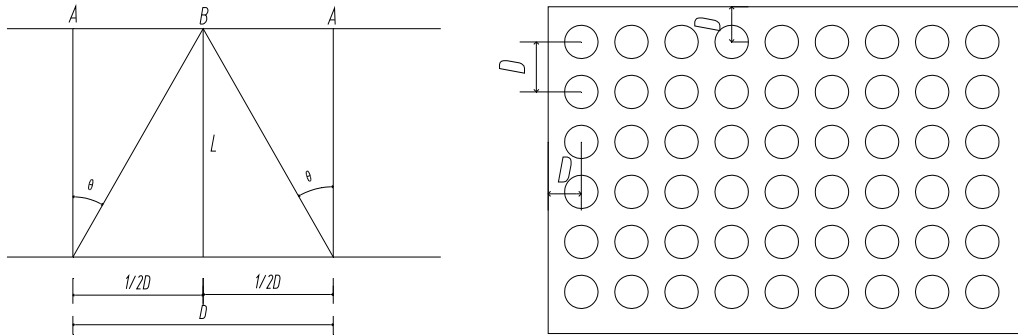


Figure 5. The relationship between the distribution of LED and the distance of retro-reflective sheeting
图 5. LED 分布与反光膜间距关系图

根据公式就可以确定另外一个值。由于 L 的取值直接影响标志的整体厚度，实际设计时应该先确定 L 的值，再确定 D 的值。如果通过公式计算出发光面积后的 LED 数量，无法满足间距 D 的要求，必须增加 LED 数量直到满足均匀度要求。

2.3.2. LED 阵列光学分析与实例验证

当采用 90 度 LED 发光强度为 3140 mcd 的白色 LED，设计间距 L 为 30 mm，可以计算出设计亮度为 2034 (单位为 cd/m^2) 符合背景明亮时设计亮度的要求。带入式(2)可以得到光强差得出均匀度系数，根据表 3 验证了均光的分析。

实际的运用中，均匀度在 80%~90%即可达到交通标志的视认要求，通过采用 30 mm 的 LED 间距实际达到了 91%的效果。

2.4. 智能化设计

2.4.1. 智能化的体现

本设计通过对 LED 发光颜色的控制，来反映路况拥堵信息，显示红色代表拥堵，参见图 6，绿色代表通畅，参见图 7。

2.4.2. 颜色的控制

本设计通过协同通信软件，在交通标志上安装接收器，利用电脑，手机对接收器发出指令，来控制指示灯的颜色。

Table 3. Uniformity verification table

表 3. 均匀性验证表

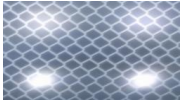

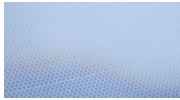
间距 L	均匀性	均匀度	实际效果图
10 mm		54%	
20 mm		82%	
30 mm		91%	



Figure 6. Traffic jam

图 6. 交通拥堵



Figure 7. Smooth traffic

图 7. 交通通畅

3. 创新特色

1) 采用 LED 内照式主动发光

采用高亮 LED 并配以专门的光学透镜，具有极强的光透性和良好的耐候性，在夜间的可视距离是常规标志的两倍，在不良天气状态下是常规标志的 4 倍，能够有效应对雾霾等恶劣气候条件，能够弥补了传统逆反射标志的不足，从而增加了标志的警示性能，降低了交通事故的发生率。LED 主动发光改变了交通标志必须依靠外部光源才能被识别的历史，兼顾到所有的道路使用者 [4]。

2) 运用均光技术

① 目前市场上主要以点阵式主动发光标志为主，其工艺以手工为主且受到像素失效率的影响，有一

定的质量隐患。比如，LED 失效很有可能导致信息的错误。而通过采用均光技术，即使在 LED 部分失效的情况下，显示屏依旧能够正常显示，不受影响。

② 基于背光源的新型主动发光交通标志，改变了现有的发光模式，运用均光技术实现了点发光向面发光的转变，从而使得主动发光应用于以文字为主的大型指路标志成为现实，是主动发光交通标志产业的一大变革。

3) 基于物联网技术的智能控制功能

将交通标志与智能诱导相结合的理念使得交通标志更能适应人们出行的需要，照顾到了交通参与者各方面的要求。

4. 应用前景

1) 成本分析

其使用的反光膜不需要过高追求亮度级别，市场上四级和二级反光膜每平方米的价格差高达 70 到 80 元，和一级的价格差高达 250 元左右，国际市场上单晶硅和多晶硅板的制作工艺成熟，成本大幅下降。LED 和蓄电池的价格也趋于稳定低廉使得太阳能主动发光标志虽然高科技但不再昂贵，如果连接市电主动发光标志的制造成本仅仅等同高亮度逆反射交通标志，而其产生的安全经济效益却是很多倍。

2) 维修方面

主动发光标志在用市电的情况下，主要由 LED 线路板，反光膜，控制器，标志板四个部分组成。在长达十年以上的使用寿命中，维护更换零部件简单容易。

3) 社会效益

由于均光技术的运用和主动发光解决了一系列易造成交通事故的问题，大大提高了交通安全性。

智能诱导的运用对解决堵车问题和缓解不同道路之间的运输压力问题起到了很大作用，因此也节省了维护交通秩序的人力资源，节省了人们的运行时间，提高了社会生产效益，也对于解决由于堵车而造成的噪音尾气等污染问题有了很大提高。

5. 结语

目前，我国交通事故多发，当然大部分原因归结于驾驶者本人，但道路状况也是一个较为重要的原因。本文通过针对路面交通标志对交通事故的影响的评价与分析，综合均光技术与智能交通等运用技术，设计出了创新性的交通标志——LED 内照式主动发光标志，减少了路面交通标志影响下的交通事故频率，这种交通标志的运用将会对于人们出行安全性的提高起到一定的作用。

参考文献 (References)

- [1] 韩文元. 公路 LED 可变信息标志光度指标静态试验研究[J]. 公路交通科技, 2009, 26(7): 109-114.
- [2] 盛莉莉. 自发光时交通标志亮度与对比度的研究[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2008, 9(3): 21-24.
- [3] 交通部公路科学研究院. 高速公路 LED 可变信息标志(GB/T23828-2009)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [4] 尼玛卓玛. 基于视觉功效法的主动发光诱导设施安全性研究[J]. 公路交通科技, 2011, 12(84): 7-9.