

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.02.016

冰雪环境公路弯道线形诱导标志色彩视认特性研究

徐良杰¹, 陈东², 奚少新¹, 应聃¹

(1. 武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430063; 2. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海 200092)

摘要: 为了提高冰雪公路弯道行车安全, 研究冰雪环境中驾驶员对不同线形诱导标志的视认效果, 通过分析驾驶员色彩视觉效应, 采用3ds Max软件建立了冰雪公路弯道仿真模型。基于E-prime软件分别进行了不同速度下反应时间的色彩视认心理物理试验, 根据试验结果采用回归分析法确定了行驶速度与视认距离之间的定量关系。对比结果表明: 不同的色彩对冰雪环境中视认距离表现出较大差异; 蓝色和红色标志拥有最佳视认效果, 表现为在20~50 km/h速度中, 视认距离介于33 m和41 m之间, 并拥有良好的稳定性, 其中蓝色标志的视认效果略优于红色标志; 绿色标志视认距离稳定性较差, 黄色标志视认距离整体最低, 二者均不利于行车安全性。

关键词: 交通工程; 视认距离; 仿真; 线形诱导标志; 色彩

中图分类号: U491.5⁺2; X951

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2017)02-0100-06

Study on Color Visual Recognition Characteristics of Chevron Alignment Sign on Road Curve in Ice and Snow environment

XU Liang-jie¹, CHEN Dong², XI Shao-xin¹, YING Dan¹

(1. School of Transportation, Wuhan University of Technology, Wuhan Hubei 430063, China;

2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to improve the driving safety on ice and snow curve, driver's visual recognition effect of different chevron alignment signs is studied. The simulation model of ice and snow road curve is built by using 3DS Max software with analyzing drivers' color vision effect. Based on the E-prime software, the color on the reaction time of physical experiment for visual recognition at different speeds is conducted. The quantitative relationship between driving speed and recognition distance is determined by regression analysis method according to the experimental result. The contrast result shows that (1) there is a significant difference of visual recognition distance in different colors of snow and ice; (2) blue and red signs have the best visual recognition effect which have ideal stability, the performance as the visual recognition distance is between 33 m to 41 m at 20~50 km/h, and the visual cognition effect of blue signs is slightly better than that of red signs; (3) the stability of green signs visual distance is unstable, while the visual recognition distance of yellow signs is the minimum, both colors are harmful to road safety.

Key words: traffic engineering; distance of visual cognition; simulation; chevron alignment sign; color

0 引言

在北方大部分地区, 冬季多雪天气造成道路和

周边环境长时间处于积雪覆盖状态, 降低了道路通行能力^[1], 模糊了道路轮廓。长期行驶在颜色单一的冰雪环境中会使驾驶员产生视觉疲劳等不良反

收稿日期: 2015-12-30

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金项目([2013] 1792); 吉林省交通运输科技计划项目(2014-1-8); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2015-zy-024)

作者简介: 徐良杰(1968-), 女, 湖北武汉人, 博士, 教授。(laurrie119@163.com)

应^[2],且冰雪反射阳光强度通常达到12 000 ~ 30 000 lx,超出人眼视觉舒适范畴,长时间注视会影响驾驶员视觉,降低对前方道路情况的辨别能力^[3]。冰雪环境的单调、高亮度、暗色调特点不仅容易引起驾驶员疲劳,还会降低驾驶员的正常视认能力,影响冰雪弯道行车安全。线形诱导标志作为指示标志,由代表行驶方向的简易箭头和轮廓色彩条组成,广泛应用于难以辨识道路轮廓的特殊弯道。

目前,国内外关于线形诱导标志的研究较少。在减速效果方面,以蓝色线形诱导标志为对象,发现在高速公路弯道上线形诱导标志对车辆减速和车道保持具有显著效果^[4]。在标志布设数量方面,通过在弯道布设线形诱导标志,发现线形诱导标志数量超过2个时,能够对车辆起到降速效果,其中,夜晚效果优于白天,数量为4个时效果最佳^[5-6]。在驾驶员心理作用方面,在普通弯道设置蓝色线形诱导标志后,驾驶员的生理、心理压力总体处于较低值,但随着弯道曲率的增加,对驾驶员的作用效果降低^[7]。在冰雪弯道合理设置红、蓝、绿3种色彩的线形诱导标志,能够有效提高驾驶员的心理效应^[8]。

国家标准《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)中仅对线形诱导标志的尺寸大小、设置最大间隔和可使用颜色作了规定,但是缺乏对冰雪环境下线形诱导标志的视认特性研究和不同色彩线形诱导标志的视认距离特性研究。线形诱导标志在引导车辆行驶方向和提示驾驶员道路线形变化上具有显著作用,利用标志色彩创造良好的冰雪环境视认条件,可使驾驶员及其他交通参与者集中注意力,及时获取前方道路轮廓信息,提高冰雪公路弯道行车安全。

因此,研究冰雪公路驾驶员对不同色彩的标志视认效果,为冰雪环境交通标志设置提供指导及理论支撑,对提高冰雪公路安全性具有重大意义。

本文通过分析驾驶员对标志色彩的视认特性,建立冰雪环境公路弯道仿真模型,开展冰雪环境驾驶员视认特性试验,对线形诱导标志色彩视认距离与行车速度的关系进行回归分析,研究驾驶员对冰雪环境下不同色彩线形诱导标志的视认特性。

1 冰雪弯道环境中驾驶员的视认特性分析

1.1 冰雪环境色彩信息

冰雪天气中,路侧植被受季节影响呈现暗色调,在驾驶员视野中形成暗色的色带。较为高大的植被(如行道树)还会影响驾驶员视野,限制对道路外侧

景观的视觉获取;积雪也会覆盖部分道路和周边景观,减少环境色相来源,并使整体呈现亮白色;环境中天空部分主要呈现蓝白两色,其长时间的不可变性难以对驾驶员形成良好的刺激。总体上,冰雪视觉环境中色相种类相对单一,缺乏暖色调,难以对驾驶员形成良好刺激。驾驶员视野中的主要色彩信息如表1所示。

表1 冰雪弯道驾驶员视野色彩信息

Tab. 1 Color information of driver visual field on ice and snow curve

色相来源	占视野比例/%	色相种类
道路路面	15 ~ 40	黄色
道路路侧景观	20 ~ 50	暗棕色、暗绿色、标志色彩
天空	20 ~ 40	蓝色
远方景观	5 ~ 20	暗棕色、暗绿色

注:黑色和白色不属于色相种类。其中路侧景观为驾驶员200 m范围内的景观,超过此范围则定义为远方景观。

驾驶员行驶在冰雪弯道时,视野主要集中在前方路面上,因此道路部分比例较高,道路部分色相来源主要依靠道路中央的黄色标线;路侧景观和天空比例受路侧植被影响,例如行道树会增加路侧景观比例,降低天空部分比例,其色相来源于自身及植被色彩;远方景观通常作为路侧景观的补充及驾驶员视野环境的背景,色相主要依靠植被和其他地貌,因距离驾驶员较远,细节通常难以辨识,且所占比例较小。

1.2 线形诱导标志视认过程

驾驶员对弯道交通标志的视认过程大致分为:刺激、认读、决策、行动4个步骤。其中与视认过程相对应的位置为:视认点A、给读点B、决策点C和行动点D,图1可以清晰表达视认线形诱导标志的过程^[9]。行驶中的驾驶员在视认点A处发现标志E,在B点开始读取标志信息,AB段取决于驾驶员的反应时间,通常取值范围为0.4 ~ 1.0 s。在C点完全获取标志信息,其中BC段为驾驶员视认时间行驶距离,其值为行驶速度对视认时间的积分值。由于线

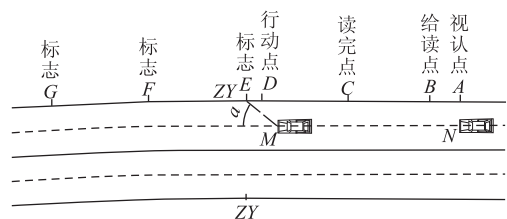


图1 驾驶员视认过程

Fig. 1 Driver's visual recognition process

注:ZY为直圆点,下同。

形诱导标志通常采取连续设置,针对下一个标志的视认点和给读点通常落在上一个标志视认过程的 C 、 E 两点之间,具体位置由标志设置间距和行驶速度决定,其中 CE 为本文研究的视认效果区间。

在实际视认过程中,驾驶员对标志的视认距离可通过视认角、标志高度和各折减系数等参数进行理论计算^[10],其公式为:

$$L' = \prod f_i \sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2}, \quad (1)$$

$$l_x = l_z / \tan \theta_z, \quad (2)$$

$$l_y = l_z / \tan \theta_y, \quad (3)$$

$$l_z = H - h, \quad (4)$$

式中, l_x 为横向垂直视认距离; l_y 为纵向垂直视认距离; l_z 为竖向垂直视认距离; L' 为实际视认距离; f_i 为在冰雪环境下能见度、行驶速度、驾驶员视力、驾驶员视野等条件对视认距离的修正系数; H 为标志高度; h 为驾驶员眼睛高度; θ_z 为竖向视认角; θ_y 为纵向视认角。

1.3 冰雪环境驾驶员色彩视觉效应

车辆行驶在冰雪环境中,驾驶员对交通标志色彩的视认效果受到车辆行驶速度、环境照度、标志自身色彩及驾驶员自身生理机能、心理特征等因素的影响。冰雪环境中色彩单一,植被和景观色彩间属于类似色组合,长时间注视容易降低驾驶员的注意力,造成驾驶员视觉疲劳,减弱驾驶员自身的视认能力。

冰雪表面会反射太阳光,整体提升视觉环境亮度,对驾驶员视觉生理造成刺激作用,长时间作用后会出现畏光、刺痛等情况,影响驾驶员对前方道路的判断。

在冰雪弯道中设置线形诱导标志,能够有效提示前方道路轮廓信息,标志色彩会对驾驶员产生不同的心理效应,能影响驾驶员视认点的位置,如绿色能减轻大脑疲劳度,提升驾驶员视觉状态^[11]。标志色彩在背景色彩中形成对比色组合,能增强驾驶员对标志色彩的视认能力,提高标志辨认效果。

2 冰雪弯道色彩视认仿真试验

2.1 仿真试验前提

(1) 公路几何设计依据设计车速体系进行,其核心思想是假定驾驶员在公路上以设计者预先设定的车速来操作车辆行驶,同时假定驾驶员严格按照公路中心线来控制车辆的行驶轨迹,且不考虑其他车辆和行人等因素的影响。

(2) 在实际冰雪环境中,周边景物在冰雪覆盖下,轮廓、纹理及色彩对比等难以辨识,细小物体则完全被冰雪覆盖无法辨认,远距离景物对驾驶员视觉影响较弱,对本试验的影响可以忽略不计,故仅考虑道路两侧近距离和中等距离对驾驶员视认造成影响的宏观景物^[12]。

2.2 冰雪弯道仿真模型设计

依照现有公路设计规范要求设计冰雪公路弯道仿真模型,模型及标志设置参数见图2,其余道路纵坡、横坡、超高等未列出参数依照相关公路设计规范要求进行设置。同时,参考实际冰雪环境,为公路模型添加冰雪覆盖效果,并调整模型整体照度值,使模型效果尽可能接近实际环境,仿真环境效果如图3所示。考虑到冰雪环境中对车辆行驶速度有严格限制,将试验速度设计为20,30,40,50 km/h。

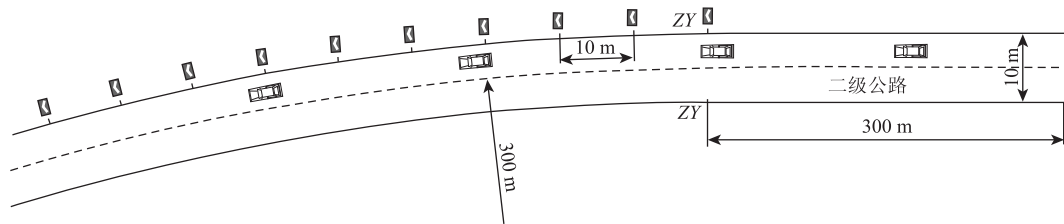


图2 冰雪环境公路弯道模型设计

Fig. 2 Design of road curve model in snow and ice environment

注:公路为二级公路,双向两车道。

参照现有规范设计标准,线形诱导标志模型尺寸设计为400 mm × 220 mm,设置角度为30°,设置高度为150 cm。标志色彩采用规范规定的蓝、绿、红以及规范外但在交通标志中常用的黄色。通常线形诱导标志在弯道外侧能更好地发挥作用,因此本

试验仅将标志设置在弯道外侧。

2.3 仿真试验流程

选取20名试验者,男13人,女7人,正常视力或矫正视力在1.0以上,且均无色弱,其中15人有驾驶经验,剩余5人无驾驶经验。



图3 冰雪环境公路弯道模型效果

Fig.3 Effect of road curve model in snow and ice environment

采用 3dmax 软件制作和输出仿真视频,运用 E-prime2.0 软件编写试验程序。以 20, 30, 40, 50 km/h 作为标准的刺激速度,将各试验刺激设为随机序列,并利用双盲试验法进行不同速度下的线形诱导标志色彩视认试验。

试验内容如下:试验者按照指示开始试验,首先进行一段练习试验,保证试验者能够清楚理解试验目的,练习试验数据不作记录,然后进行正式试验。要求试验者按照正常行驶情况观察前方道路,当线形诱导标志进入视野并能够清晰观察时,按下操作键,系统自动记录试验者视认线形诱导标志所需的总时间。

对试验获取的总时间数据进行转换计算,依据式(5)计算得到驾驶员读完点至标志位置(CE段)的视认距离:

$$S_{CE} = S - (T - t)V, \quad (5)$$

式中, S_{CE} 为驾驶员视认过程中 C 点至 E 点的距离值,即视认距离值; S 为试验起点至视认 E 点距离值,为 300 m; T 为试验获取时间; t 为驾驶员反应时间,取 $0.8 \text{ s}^{[13]}$; V 为试验速度,分别取 20, 30, 40, 50 km/h。

2.4 仿真模型有效性检验

为了检验仿真模拟试验对真实场景中标志色彩视认效果的精度,对真实冰雪公路场景视频采用上述试验方法进行模型有效性检验。真实冰雪场景车辆行驶速度为 40 km/h,标志色彩为红色,标志间距为 10 m。

针对同一色彩同一速度的视认距离样本可近似认为属于正态分布,符合 T 检验适用条件。基于仿真模型的有效性检验,采用 SPSS22.0 软件对真实场景和仿真场景中 40 km/h 速度下红色标志的视认距离进行独立样本 T 检验,得到模型精度检验表(表3)。

表3 模型精度检验 ($\alpha=0.05$)Tab.3 Model accuracy test ($\alpha=0.05$)

场景	视认距离/ m	样本数/ 个	标准偏差	齐性检验		平均值是否相等的 T 测试 (齐性方差)			
				F	显著性	T	显著性	95% 置信区间 (双侧)	
								下限	上限
真实场景	29.93	15	5.21	3.883	0.057	-1.592	0.121	-9.624	1.175
仿真场景	34.15	20	9.21						

由表3可见,模型精度检验中,双侧显著性值为 0.121,大于显著水平 0.05,表明真实场景和仿真场景中的视认距离并无显著性差异,即认为使用仿真场景可以有效模拟出真实场景的实际情况。但真实场景试验数据值较低,初步分析表明,在真实场景中除了速度和标志色彩外,还有其他因素(例如环境亮度、车头间距等)影响驾驶员的视认距离。

3 试验数据的分析与处理

3.1 试验数据离散性处理

在数据导出整理过程中发现,样本数据存在着很大的离散性,即对于同一速度同一标志下的不同试验者视认距离离散性很明显,其原因有以下两点:

(1) 试验者视力水平不同。尽管所有试验者的动视力或矫正视力均在 1.0 以上,试验车速对被试者动视力带来的影响仍不一样,这主要是由试验者的生理特征差异造成的。

(2) 试验者的心理水平不同。不同的试验者心理上对于交通标志的视认标准不一致,导致在判断视认点时存在较大离散性。

在试验粗差不可避免的情况下,采用稳健估计中的 M 估计法减少粗差对未知量估计值的影响,得出在正常模式下的最佳估计值^[14-15]。在 M 估计中,根据 Huber 法确定各试验数据样本的权重值,如式(6)所示。经试算比较,数据样本的权重选取能够满足试验数据精度需求。

样本权重:

$$\omega(u_{ijk}) = \begin{cases} 1 & |u_{ijk}| < c \\ \frac{k}{u_{ijk}} & |u_{ijk}| > c \end{cases}, \quad (6)$$

稳健估计视认距离修正值:

$$x_{ij} = \frac{\sum [\omega(u_{ijk})x_{ijk}]}{\sum \omega(u_{ijk})}, \quad (7)$$

式中, $\omega(u_{ijk})$ 为数据样本对应的权重值; u_{ijk} 为数据个案与平均值之差 ($i=1,2,3,4; j=1,2,3,4; k=1,$

2,3,...,20); i 为试验方案色彩编号; j 为试验方案中速度编号; k 为试验参与者编号; c 为权重系数, 通常取 1.339; x_{ij} 为修正后对应色彩、速度下的视认值; x_{ijk} 为数据个案值。

依照式 (7) 对数据进行处理后, 获得 4 种色彩在不同车速下的视认距离, 试验数据如表 4 所示。

表 4 交通标志视认距离 (单位: m)

Tab. 4 Traffic sign recognition distance (unit: m)

车速/(km·h ⁻¹)	蓝色	绿色	红色	黄色
20	41.47	39.30	39.82	29.91
30	40.95	33.52	37.56	25.63
40	37.72	28.35	34.45	21.40
50	36.73	26.68	33.42	19.78

3.2 标志色彩视认距离回归分析

根据表 4 中数据, 对线形诱导标志色彩视认距离与行车速度的关系进行回归分析, 并建立检验线性回归方程, 回归结果见图 4。

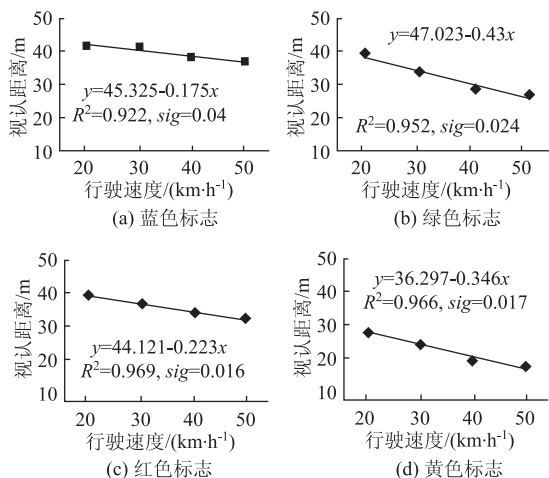


图 4 标志色彩视认距离拟合

Fig. 4 Fitting of sign color visual recognition distance

从回归结果中可看出, 在显著水平为 0.05 的条件下, 各色彩拟合方程显著性的 sig 值均大于 0.05, 认为两变量之间具有显著的线性关系; R^2 为方程的确定性系数, 表示方程中变量 x 对变量 y 的解释程度, 结果显示各拟合方程的 R^2 位于 0.922 ~ 0.969 之间, 该拟合方程能够有效解释速度与视认距离之间的关系。

3.3 视认效果分析

车辆行驶在冰雪环境中, 不同的标志色彩会对驾驶员视认效果产生不同的影响, 视认距离与回归方程的对比如图 5 所示。

从图 5 可看出, 相同色彩情况下, 驾驶员对标志视认距离总体上随着速度的增加而降低, 验证了在冰雪环境中驾驶员动视力随行驶速度增加而降低

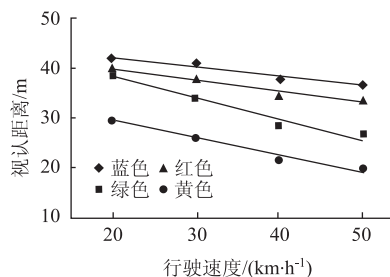


图 5 标志色彩视认距离对比

Fig. 5 Contrast of sign color visual recognition distance

的理论。

蓝色视认距离在 4 个试验组中效果最好, 其次是红色, 表现为拥有较高视认距离和较低的递减比率 (每升高 1 km/h 速度, 视认距离的降低值), 可认为在冰雪环境中, 蓝色和红色在冰雪环境作用中均能够有效吸引驾驶员注意力, 达到提前预知前方道路信息的效果; 绿色效果较差, 表现为绿色的递减比率值 0.43 最大, 虽然在 20 km/h 的速度下绿色视认距离值已经非常接近红色视认距离值, 但在 50 km/h 速度下, 已经降低到 26.68 m, 表明在高速行驶下绿色难以吸引驾驶员的注意力; 黄色在整组试验中视认距离最低, 在 50 km/h 速度下, 视认距离仅为 19.78 m, 驾驶员难以及时获取前方弯道信息, 不利于冰雪环境的行车安全。

在冰雪环境下, 黄色标志与路侧的暗棕色行道树色彩相似, 使得黄色难以被驾驶员及时识别; 绿色标志与环境中暗棕色的行道树存在对比色组合, 但与周边植被的暗绿色形成类似色, 所以在低速度时有良好视认效果, 当速度增加后, 在持续变化的环境景观中难以突显标示色彩, 致使驾驶员需要近距离才能识别标志; 蓝色、红色与环境中行道树和植被色彩均为对比色组合, 标志突显度更强, 使驾驶员能够在较远处发现并识别前方路侧标志。

4 结论

本文通过建立冰雪公路弯道仿真模型, 研究了不同色彩下驾驶员的视认距离与行驶速度的关系及驾驶员对标志色彩的视认距离, 得出以下结论:

(1) 通过仿真试验发现, 线形诱导标志能够提高驾驶员在冰雪环境弯道中的视认性。

(2) 通过对冰雪环境中蓝、绿、红、黄 4 种标志色彩的视认距离与速度进行回归分析, 获取了有效的线性回归方程, 实现了视认距离与速度关系的量化。

(3) 在冰雪环境中, 不同色彩对驾驶员视认距

离的影响效果表现出较大差异,蓝色和红色在20~50 km/h速度范围内对应的负相关视认区间为(36.73, 41.47), (33.42, 39.82), 拥有较高的视认距离值,其递减比例分别为17.5%和22.3%,表现出良好的视认稳定性;黄色和绿色因为递减比率较大和视认距离较小,其视认效果较差。

参考文献:

References:

- [1] 谢荣发, 杨俊恒, 王伊立. 冰雪环境下道路通行能力研究[J]. 交通科技与经济, 2014, 16(5): 50-52, 57.
XIE Rong-fa, YANG Jun-heng, WANG Yi-li. Research on Highway Capacity under Snow Disaster[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2014, 16(5): 50-52, 57.
- [2] 相文森. 城市冰雪道路交通事故成因及发生机理研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.
XIANG Wen-sen. Research on Traffic Accidents Causes & Occurrence Mechanism on Urban Ice and Snow Road[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [3] YILMAZ H, YILDIZ N D, YILMAZ S. Effects of Snow-reflected Light Levels on Human Visual Comfort[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2008, 144(1/2/3): 367-75.
- [4] ZHAO X, WU Y, RONG J, et al. The Effect of Chevron Alignment Signs on Driver Performance on Horizontal Curves with Different Roadway Geometries[J]. Accident Analysis & Prevention, 2014, 75: 226-235.
- [5] ROSE E, CARLSON P. Spacing Chevrons on Horizontal Curves[J]. Transportation Research Record, 2005, 1918: 84-91.
- [6] 毛慧. 线形诱导标设置[J]. 公路交通科技, 2001, 18(5): 90-92.
MAO Hui. Chevron Alignment Sign Placing[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2001, 18(5): 90-92.
- [7] ZHAO X, CHI J, WU Y, et al. Impact of Chevron Alignment Sign on Driver Stress on Horizontal Curves: A Simulator Study[C]//14th COTA International Conference of Transportation Professionals. Changsha: ASCE, 2014: 2494-2505.
- [8] 徐良杰, 奚少新, 王志军, 等. 冰雪条件下弯道标志对驾驶员心理效应研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(5): 14-19.
XU Liang-jie, XI Shao-xin, WANG Zhi-jun, et al. Research on Effect of Icy Curved Road Signs on Drivers' Psychology[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(5): 14-19.
- [9] 戴权, 王芳, 倪安宁. 认知过程中交通标志视认有效性影响因素分析[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(12): 57-60, 201.
DAI Quan, WANG Fang, NI An-ning. Influence Factors of Traffic Sign Comprehension Effectiveness in Cognitive Process[J]. China Safety Science Journal, 2009, 19(12): 57-60, 201.
- [10] 刘爱群, 廖可兵, 夏钰, 等. 驾驶员交通标志视认性的影响因素研究[J]. 道路与安全, 2016(2): 33-37.
LIU Ai-qun, LIAO Ke-bing, XIA Yu, et al. The Influence Factors of the Traffic Sign Visibility[J]. Road Traffic & Safety, 2016(2): 33-37.
- [11] 杜志刚, 万红亮, 郑展骥, 等. 城市路侧冗余信息对指路标志视觉干扰试验[J]. 公路交通科技, 2014, 31(3): 119-124.
DU Zhi-gang, WAN Hong-liang, ZHENG Zhan-ji, et al. Experiment of Visual Interference of Urban Roadside Redundant Information to Guide Sign[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2014, 31(3): 119-124.
- [12] HARUHIKO H, KEITAROU I, KATSUKI H, et al. A Study of the Green Color Effect to Refresh Drivers While Driving[C]//Proceedings of the 12th World Congress on Intelligent Transport Systems. San Francisco: ITS America, 2005.
- [13] 于广鹏, 谭德荣, 田厚杰, 等. 基于模糊推理的驾驶员反应时间修正研究[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2014, 39(6): 1234-1239.
YU Guang-peng, TAN De-rong, TIAN Hou-jie, et al. Research of the Drivers' Reaction Time Modification Based on Fuzzy Inference[J]. Journal of Guangxi University: Natural Science Edition, 2014, 39(6): 1234-1239.
- [14] 潘晓东, 林雨, 郭雪斌, 等. 逆光条件下交通标志的可视距离研究[J]. 公路交通科技, 2006, 23(5): 118-120, 137.
PAN Xiao-dong, LIN Yu, GUO Xue-bin, et al. Research on Traffic Sign Discernible Visual Range under Backlighting Condition[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23(5): 118-120, 137.
- [15] 蔡凝露, 么莉, 林济铿, 等. 基于指数权函数的抗差状态估计算法[J]. 中国电力, 2013, 46(4): 69-73.
CAI Ning-lu, YAO Li, LIN Ji-keng, et al. A Robust State Estimation Method Based on Exponential Weight Functions[J]. Electric Power, 2013, 46(4): 69-73.