

文章编号:1671-1637(2016)01-0141-08

组合交通标志信息量阈值研究

刘小明¹, 王蔚¹, 姜明², 魏中华¹

(1. 北京工业大学 北京市交通工程重点实验室, 北京 100124;

2. 交通运输部公路科学研究院 道路安全重点实验室, 北京 100088)

摘要:针对组合交通标志信息量阈值缺乏量化依据的问题,设计了包含指路标志与车道行驶方向标志的组合标志,测定了被试者视认组合标志的正确率及反应时间,得到组合标志的信息量阈值,并通过试验对模拟结果进行了验证。分析结果表明:车道数为3~7时,被试者对组合标志视认的正确率分别为94.17%、93.13%、93.50%、87.50%、86.07%,反应时间分别为2 437.54、2 514.01、2 634.18、3 600.75、3 836.21 ms;指路标志中一条路名信息的视认反应时间相当于组合标志中5个箭头的视认反应时间,均为0.5 s;指引图形较简单的组合标志信息量阈值为6条路名信息,指引图形较复杂的组合标志信息量阈值为5条路名信息,指路标志若与车道行驶方向标志组合设置则应相应减少路名信息。

关键词:交通工程;组合标志;信息量阈值;指路标志;车道行驶方向标志;模拟试验

中图分类号:U491.52 **文献标志码:**A

Investigation of information quantity threshold on combined traffic signs

LIU Xiao-ming¹, WANG Wei¹, JIANG Ming², WEI Zhong-hua¹

(1. Beijing Key Laboratory of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Key Laboratory of Road Safety, Research Institute of Highway Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: Aiming at lacking quantitative basis for information quantity threshold of combined traffic signs, combined signs containing guide sign and lane directional sign were designed. The subjects' visual cognition accuracy and reaction time of combined signs were measured. The information quantity threshold of combined signs was obtained and tests were carried out to verify simulation results. Analysis result shows that when lane numbers are 3-7, the subjects' visual cognition accuracies of combined signs are 94.17%, 93.13%, 93.50%, 87.50%, 86.07% respectively, and reaction times are 2 437.54, 2 514.01, 2 634.18, 3 600.75, 3 836.21 ms respectively. The visual cognition reaction time of information for one road name in guide sign is equal to that of five arrows in combined signs, both are 0.5 s. The information quantity threshold of combined signs is equal to information quantity for six road names when guide picture is simple, and the information quantity threshold of combined signs is equal to information quantity for five road names when guide picture is complex. If guide sign and lane directional sign are combined, the information of road name should be decreased correspondingly. 5 tabs, 15 figs, 20 refs.

Key words: traffic engineering; combined sign; information quantity threshold; guide sign; lane

收稿日期:2015-09-10

基金项目:国家自然科学基金项目(51208008);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(20159030);交通运输部科技项目(2015 439 223 040)

作者简介:刘小明(1964-),男,江苏扬中人,北京工业大学教授,从事交通运输与安全研究。

directional sign; simulation test

Author resume: LIU Xiao-ming(1964-), male, professor, +86-10-65292298, liuxm@mot.gov.cn.

0 引 言

指路标志与车道行驶方向标志组合设置的交通标志(以下称组合标志),包含目的地指路信息和车道行驶方向箭头,通常以单悬臂的方式设置在城市道路交叉口入口前一定距离。组合标志的设计形式见图 1。组合标志占用空间小,已被广泛采用,但相关标准^[1-2]对这种组合标志中信息量阈值缺乏明确规定,在一块标志版面上信息过载会引起驾驶人使用过长的时间去理解标志,导致城市道路交叉口秩序混乱、通行能力降低,因此,对组合标志信息量阈值的研究十分必要。



图 1 组合标志设计形式

Fig. 1 Design form of combined signs

对于城市道路指路标志的研究主要集中在理解性与反应时间等方面^[3-4]。最初往往单纯研究指路标志的版面设计^[5-7],随着交通安全意识的不断提高,交通标志的视认性、理解性需求逐步增加,交通标志信息量与视认性的关系研究引起人们的重视,主要通过试验手段^[8-10]并运用眼动仪^[11-12]等设备研究指路标志的信息量。Chapman 等研究了驾驶人的视觉搜索模式^[13];林雨等基于驾驶人的心理特征对指路标志信息量与认知能力的关系进行了研究^[14]。

对于车道行驶方向标志学者曾进行过较多研究。Chrysler 等对高速公路条件下驾驶人对图形标志的理解程度进行了测定,结果显示标准的文字信息与箭头指示的标志视认性最好^[15];Gordon 基于速度和正确率对传统标志以及带图形的标志进行了测定,结果显示大型箭头指示标志在准确度以及指向性方面表现突出^[16]。

综上所述,车道行驶方向标志在交通导向性方面具有优势,对其合理的设计及组合将有助于道路交通标志系统的充分利用及更新。但是并没有学

者对指路标志与车道行驶方向标志的组合设计进行研究。本文通过科学的方法对组合标志进行设计,招募被试者进行模拟试验,采用数据统计方法对试验结果进行分析,提出组合标志的信息量阈值,结合现有研究成果进行建模,提出组合标志的设计方案,最终采用实地验证的方法,对模拟试验结果进行验证。

1 标志视认模拟试验

1.1 试验总体步骤

研究分为 2 个阶段,试验流程见图 2。在进行车道行驶方向标志与指路标志合并设置之前,对单个车道行驶方向标志进行视认试验,研究被试者对单个箭头标志的理解是否存在差异。数据分析结果用于指导组合标志的设计,之后再组合标志的视认试验。

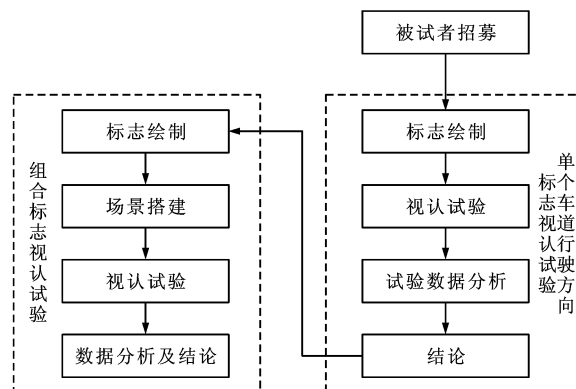


图 2 试验流程

Fig. 2 Test process

1.2 被试人员

采用随机抽样方法,根据中心极限定理选取 40 名被试者,其中男性与女性各 20 名,具体统计数据见表 1。对被试者的年龄、驾龄分别进行显著性分析,结果表明男女组间的年龄、驾龄均不存在显著性差异。

表 1 被试者数据

Tab. 1 Subjects' data

| 类别 | 人数 | 占比/% | 年龄均值 | 年龄偏差 | 驾龄均值 | 驾龄偏差 |
|----|----|------|-------|-------|------|-------|
| 男 | 20 | 50 | 29.30 | ±1.98 | 6.85 | ±1.15 |
| 女 | 20 | 50 | 29.45 | ±1.95 | 7.95 | ±1.34 |

1.3 车道行驶方向标志视认试验

依据《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009)

简称《国标》,设计试验场景中所用标志(图 3)。采用 E-Prime 心理试验平台进行试验,平台呈现预先搭建好的试验场景图片,通过投影仪投射在幕布上供被试者观看,软件后台记录被试者对试验场景图片的反应,如反应时间、视认正确率等。试验仅探测

被试者对于标志的理解差异,无需在交通场景中仅投影单个标志图像。为避免被试者由于紧张或注意力不集中而出现试验误差,每种标志在程序中随机出现 3 次,7 种标志共计出现 21 次。试验具体流程见图 4。



图 3 车道行驶方向标志
Fig. 3 Lane directional signs

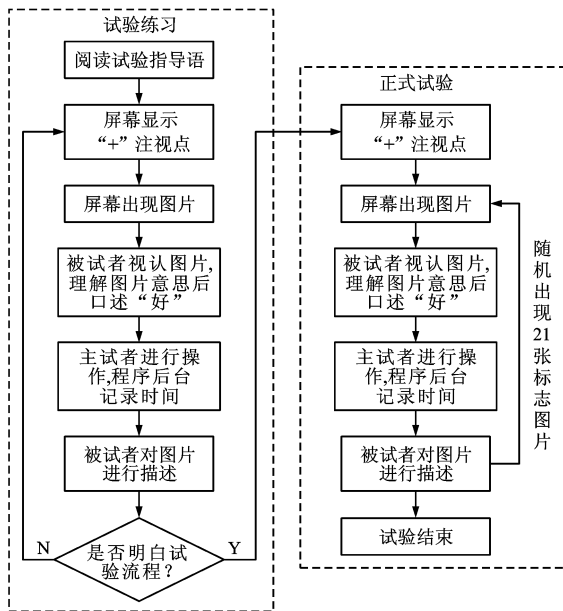


图 4 车道行驶方向标志视认试验

Fig. 4 Visual cognition test of lane directional signs

对 40 名被试者每人进行 21 次视认试验,得到共计 840 个试验结果。结果显示正确率为 100%,反应时间数据服从正态分布,具备重复测量检验前提,重复测量数据之间不存在相关性,符合 Huynh-Feldt 条件。使用单因素方差分析法对数据进行检验,发现被试者对 7 个标志的理解程度、反应时间不具有显著性差异,后续试验无需考虑不同的指示箭头对驾驶人视认时间的影响。

1.4 组合标志视认试验

组合标志中指路标志的信息量应适当小于极限信息量^[17-18],因此,采用指引图形为十字交叉,包含 5 条路名信息的指路标志作为组合标志的上半部分,路名信息使用模拟路名 AAA、BBB、CCC、DDD、EEE 以规避路名熟练程度对试验结果的影响,包含 3~7 条车道的车道行驶方向标志作为组合标志的下半部分。组合标志见图 5。

利用 UC-win/Road 软件搭建模拟道路场景,将

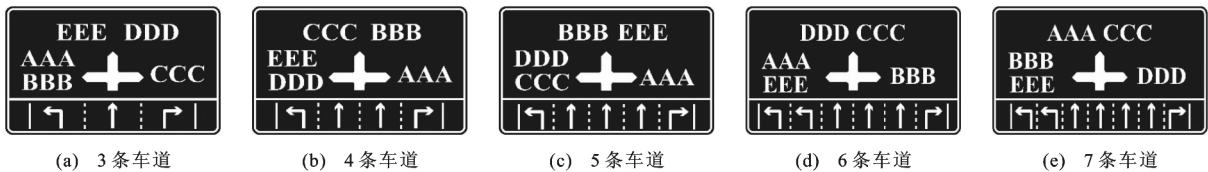


图 5 组合标志

Fig. 5 Combined signs

上述 5 种组合标志按照实际设置要求放置在模拟场景中。依据《国标》中城市道路 40~70 km·h⁻¹的设计时速设置标志版面尺寸及字高,字高为 50 cm,版面尺寸按照字高推算,组合箭头标志高度为 80 cm。场景中悬臂高度为 3.0 m,车道宽度为 3.5 m,标线宽度为 15 cm,车道数量为 3~7 条。模拟场景见图 6,带标志的场景以图片形式出现在视认程序中。

为保证被试者在各个角度对标志进行充分视认,将被试者的视线放在场景下的每条车道上,被

试者在给定车道条件下进行至少 0 次、至多 6 次换道,试验设计中考虑了每一种换道情况,车辆换道见图 7。

试验程序在电脑上运行,电脑屏幕上的试验程序通过投影仪投射在幕布上。被试者坐在屏幕正前方,根据人机工程学理论离投影屏幕的距离 l 为

$$l = h / \tan(\theta) \tag{1}$$

式中: h 为被试者视点高度与屏幕影像上边缘的高度差; θ 为被试者屏幕影像上边缘视线与水平线的



图 6 模拟场景
Fig. 6 Simulation scenario

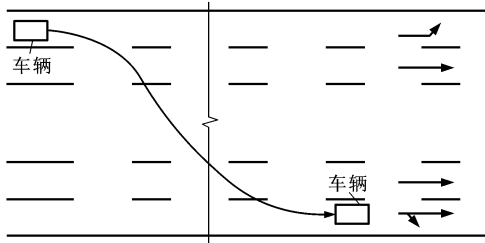


图 7 车辆换道
Fig. 7 Lane changing of vehicle

夹角,当 $\theta \leq 8^\circ$ 时,驾驶人可以准确认读标志上的文字,故 θ 取值为 8° 。

试验现场见图 8,试验具体流程见图 9。

2 模拟试验数据分析

每次试验进行 25 组测试,试验人员为 40 人,试验数据共计 1 000 条,经过数据统计分析后所得结果见表 2。

2.1 视认正确率

根据试验设计的逻辑,每一组地名与场景的对

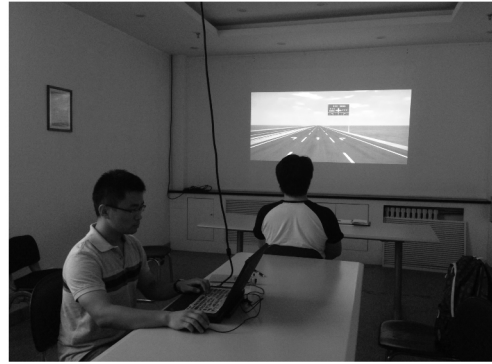


图 8 试验现场
Fig. 8 Test field

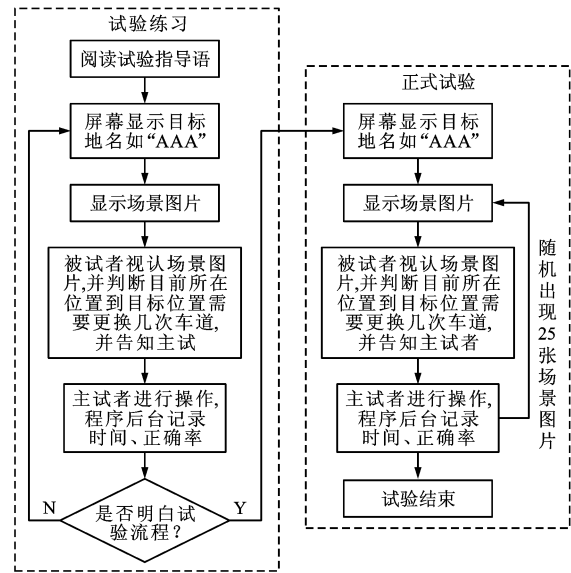


图 9 组合标志视认试验

Fig. 9 Visual cognition test of combined signs

表 2 数据统计分析

Tab. 2 Statistical analysis of data

| 车道数 | 样本数量 | 错误数据数量 | 正确率/% | 异常数据数量 | 可用样本量 | 反应时间均值/ms | 反应时间标准差/ms |
|-----|------|--------|-------|--------|-------|-----------|------------|
| 3 | 120 | 7 | 94.17 | 5 | 108 | 2 437.54 | 662.75 |
| 4 | 160 | 11 | 93.13 | 8 | 141 | 2 514.01 | 791.88 |
| 5 | 200 | 13 | 93.50 | 12 | 175 | 2 634.18 | 925.76 |
| 6 | 240 | 30 | 87.50 | 4 | 206 | 3 600.75 | 1 686.03 |
| 7 | 280 | 39 | 86.07 | 7 | 234 | 3 836.21 | 1 742.50 |

应关系都是固定的,即有唯一正确答案,因此,试验数据的正确率也可以反映出被试者对标志视认的结果。数据结果显示 3~7 个车道条件下被试者对标志视认的正确率分别为 94.17%、93.13%、93.50%、87.50%、86.07%。结果表明车道数为 3、4、5 时,被试者对标志视认的正确率相似,也相对稳定;车道数为 6、7 时,被试者对标志视认的正确率明显降低。

2.2 错误数据与异常数据探测与剔除

利用 SPSS 统计软件对反应时间数据进行分

析,采用统计箱图判别的方法进行错误数据与异常数据的探测及剔除^[19],探测结果见图 10。车道数为 3~7 时,共剔除错误数据 100 条,异常数据 36 条。

2.3 视认反应时间

视认反应时间为从场景图片出现在被试者视线中到被试者对图片做出反应即口头告知主试者的时间,不同车道条件下被试者视认反应时间的均值和标准差见表 2、图 11。可以看出:车道数为 3、4、5 时,被试者对标志的视认反应时间相似,增长趋势平稳;车道数为 6、7 时,被试者对标志的视认反应时间

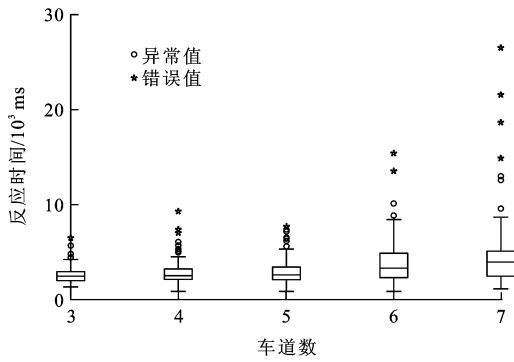


图 10 SPSS 软件探测的异常值

Fig. 10 Outliers detected by SPSS software

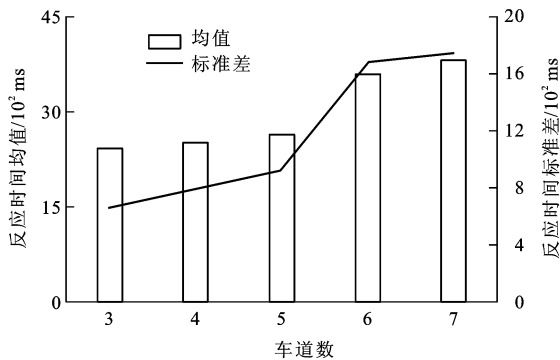


图 11 反应时间的均值及标准差

Fig. 11 Mean values and standard deviations of reaction times

明显增加。

将不同车道条件下被试者对相应标志的视认时间数据进行方差分析。结果显示在 5 种车道条件下,被试者的视认反应时间在 95% 的置信区间内表现出显著性差异。多重比较分析结果显示,车道数为 3、4、5 时的视认时间与车道数为 6、7 时的视认时间的均值差具有显著性。

车道数为 6、7 时,被试者识读并判断标志所表达的信息需要更长的时间,其时间增长规律已经突破了车道数为 3、4、5 时的平均增长规律。因此,可以将车道数为 5 时的相应标志信息量作为此类标志信息量的阈值,即指路标志中央为十字交叉、车道数为 5 条、车道行驶方向箭头的数量为 5 个是此类组合标志的信息量阈值。

被试者从理解图片到操作电脑所需时间为 211 ms^[17],去除这一因素后,可得到被试者在车道数为 3、4、5 时的视认反应时间分别为 2 226.54、2 303.01、2 423.18 ms。

Jiang 等采用相同的试验方法及样本量对指路标志版面信息的信息量阈值进行了测定,试验结果显示标志版面信息为 6 条时,反应时间均值为 2 430 ms^[18],版面信息中每个路名信息的平均视

认时间是 0.5 s^[17]。该研究中 6 条指路标志的视认时间与本文中 5 条路名与 5 个行驶方向箭头组成的组合标志的视认时间基本相同,根据等效原则,认为 5 个箭头组成的车道行驶方向标志的视认反应时间与指路标志中一条路名的视认反应时间相同,为 0.5 s。

可得组合标志路名个数的设计模型为

$$Y = (y_1, y_2) \tag{2}$$

$$y_1 = \begin{cases} 6 & x = 0 \\ 5 & x = 1 \sim 5 \\ 4 & x = 6 \sim 10 \end{cases} \tag{3}$$

$$y_2 = \begin{cases} 5 & x = 0 \\ 4 & x = 1 \sim 5 \\ 3 & x = 6 \sim 10 \end{cases} \tag{4}$$

式中:Y 为路名信息的个数; y_1 为在指引图形为十字交叉、T 形、环岛、斜交条件下标志中路名的个数; y_2 为在指引图形为上跨桥、立体交叉条件下标志中路名的个数; x 为车道行驶方向标志中箭头的个数。

3 实地验证试验

3.1 试验对象选取

在实地试验中,驾驶人驾驶车辆对真实标志进行视认,对标志的视认反应距离进行测定,得到不同标志视认距离的数据关系,从而对模拟试验结果进行说明。试验对象选取中央为十字交叉的标志,具体为:指路信息为 6 条的指路标志,指路信息为 5 条的指路标志,以及指路信息为 5 条、车道行驶方向箭头为 5 个的组合标志。

3.2 试验准备

为了避免路名熟悉程度所造成的试验数据误差,试验标志中的路名不采用全国范围内常见的固定式路名,而采用常用汉字进行随机组合形成路名,笔画适中,文字结构常见,字体以及字高按照《国标》设计。试验共需要 3 块标志版面,为了避免重复视认所造成的记忆行为影响视认结果,3 块版面采用不同的道路以及地点名称,标志尺寸分别为 755 cm×315 cm、755 cm×315 cm、755 cm×420 cm,字高为 50 cm,具体标志示例见图 12。

车道行驶方向标志多设置在城市道路交叉口,城市内部道路大型货车较少,故试验车辆使用普通小轿车。具体车型为桑塔纳 2000,手动挡轿车。采用带有 GPS 模块的行车记录仪作为数据记录装置,可记录车辆地理信息、即时速度、加速力等数值。



(a) 示例 1



(b) 示例 2



(c) 示例 3

图 12 标志示例

Fig. 12 Sign samples

试验在带有门架装置的专用试验道路上进行,场地位于交通运输部公路交通试验场。将试验标志悬挂于距离地面 3 m 的门架上,试验路面进行粘贴标线带工作,实际布景与传统城市道路无异。试验时进行清场,以避免其他车辆干扰对试验数据带来的影响。试验场景见图 13。

试验共计招募 15 名职业驾驶人,均为男性,年龄均值为 39.80 岁,偏差为 ±2.05 岁,驾龄均值为 10.73 年,偏差为 ±1.30 年。

驾驶人对右方路名所需视认时间相对较长^[20],试验中选用右侧路名为目标地名。试验 1 选用芬华湖、技五路;试验 2 选用鼎极北、晋泰隆;试验 3 选用特荣路、空门路。

3.3 试验过程

被试者坐在驾驶席上负责行车及视认,主试者坐在副驾驶席上。首先主试者打开行车记录仪,之后向被试者说明试验流程及目标地点,被试者理解后即可发动车辆,并加速至 60 km · h⁻¹ 后匀速行驶。被试者需在行驶过程中对标志进行视认,并在理解的瞬间告知主试者到达目标地点需要进行左转、右转或直行,或者到达目标地点需要进行几次换道。行车记录仪记录行车数据。



(a) 场景 1



(b) 场景 2

图 13 试验场景

Fig. 13 Test scenarios

4 试验数据分析

4.1 描述性分析

GPS 模块记录了行车过程中每一时刻的地理信息坐标,录音功能记录了被试者的反应点。通过对反应点以及标志点经纬度的提取,试验对驾驶人反应点至门架之间的距离进行描述性分析,视认节点见图 14。方差齐性检验结果见表 3,可知,3 组试验的数据方差不显著。

4.2 方差分析

试验数据通过方差齐性检验后进行均值比较,

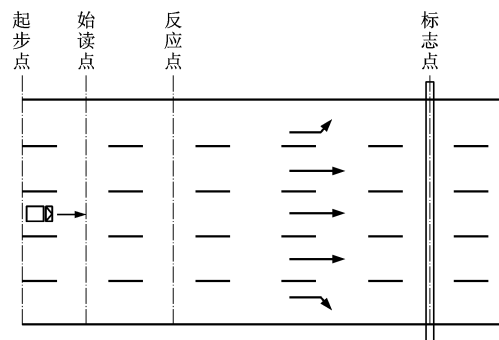


图 14 视认节点

Fig. 14 Visual cognition nodes

表 3 方差齐性检验

Tab. 3 Homogeneity of variance test

| Levene 统计量 | 自由度 1 | 自由度 2 | 显著性 |
|------------|-------|-------|-------|
| 2.467 | 2 | 42 | 0.097 |

单因素方差分析结果见表 4。可知,3 组试验的数据不具有显著性,即包含 6 条及以下路名信息的指路标志视认反应时间不具有显著性。

对 3 组试验进行多重比较分析,结果见表 5。可知,试验 2、3 的距离均值与试验 1 的距离均值具

表 5 多重比较分析

Tab. 5 Multiple comparative analysis

| 试验组别 1 | 试验组别 2 | 均值差 | 标准误差 | 显著性 | 95%置信区间下限 | 95%置信区间上限 |
|--------|--------|----------|--------------|-------|--------------|--------------|
| 1 | 2 | 0.006 6 | 0.002 655 63 | 0.017 | 0.001 240 7 | 0.011 959 3 |
| 1 | 3 | 0.008 4 | 0.002 655 63 | 0.003 | 0.003 040 7 | 0.013 759 3 |
| 2 | 1 | -0.006 6 | 0.002 655 63 | 0.017 | -0.011 959 3 | -0.001 240 7 |
| 2 | 3 | 0.001 8 | 0.002 655 63 | 0.502 | -0.003 559 3 | 0.007 159 3 |
| 3 | 1 | -0.008 4 | 0.002 655 63 | 0.003 | -0.013 759 3 | -0.003 040 7 |
| 3 | 2 | -0.001 8 | 0.002 655 63 | 0.502 | -0.007 159 3 | 0.003 559 3 |

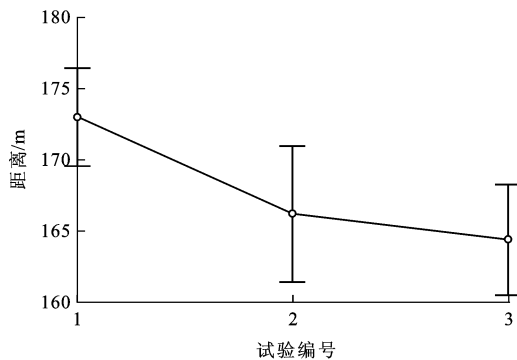


图 15 距离误差

Fig. 15 Distance error

4.3 均值分析

指路标志中一条路名信息的视认反应时间相当于组合标志中 5 个箭头组合的视认反应时间,均为 0.5 s。验证试验中,3 组试验的距离均值分别为 0.172 8、0.166 2、0.164 4 km。试验 2、3 均值与试验 1 均值的差分别为 0.006 6、0.008 4 km,再除以速度 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,所得时间差均约为 0.5 s,从而验证了模拟视认试验中的结论。

5 结 语

设计了包含指路标志与车道行驶方向标志的组合标志,利用 E-Prime 软件测定了 40 位驾驶人对组合标志的视认正确率及反应时间等数据,利用统计学知识进行数据分析,得到组合标志的信息量阈值,并通过实地试验对模拟结果进行验证,最终提出最

有显著性差异,驾驶人对试验 2、3 中所用标志的视认反应相似,而与试验 1 不同。距离误差见图 15。

表 4 单因素方差分析

Tab. 4 Analysis of single factor variance

| 类别 | 平方和 | 自由度 | 均方 | 检验值 | 显著性 |
|----|-------|-----|-------|-------|-------|
| 组间 | 0.001 | 2 | 0.000 | 5.547 | 0.007 |
| 组内 | 0.002 | 42 | 0.000 | | |
| 总和 | 0.003 | 44 | | | |

优设计方案。

车道数为 3~7 时,被试者对组合标志视认的正确率分别为 94.17%、93.13%、93.50%、87.50%、86.07%,去除错误数据和异常数据后,被试者的反应时间分别为 2 437.54、2 514.01、2 634.18、3 600.75、3 836.21 ms,反应时间标准差分别为 662.75、791.88、925.76、1 686.03、1 742.50 ms。车道数为 3、4、5 时,被试者对标志的视认反应时间相似,增长趋势平稳;车道数为 6、7 时,被试者对标志的视认反应时间明显增加。

指路标志中央为十字交叉时组合标志的信息量阈值为 5 条道路信息、5 个车道行驶方向箭头。指路标志中一条路名信息的视认反应时间相当于组合标志中 5 个箭头的视认反应时间,均为 0.5 s。在指引图形为十字交叉、环岛、T 形交叉、斜交的条件下:当路名的数量为 6 个时,不推荐与车道行驶方向标志合并设置;当路名的数量为 5 个时,最多可组合 5 条车道行驶方向标志;如果车道数大于 5 条且小于 10 条,应减少一个路名信息。在指引图形为上跨桥、立体交叉的条件下:路名的数量最多为 5 个,且不与车道行驶方向标志合并设置;当路名的数量为 4 个时,最多可组合 5 条车道行驶方向标志;如果车道数大于 5 条且小于 10 条,应减少一个路名信息。在没有指引图形的条件下:路名的数量最多为 6 个,且不与车道行驶方向标志合并设置;当路名的数量为 5 个时,最多可组合 5 条车道行驶方向标志;如果车

道数大于 5 条且小于 10 条,应减少一个路名信息。

参 考 文 献 :

References :

- [1] Federal Highway Administration. Manual on uniform traffic control devices for streets and highways[R]. Washington DC: Federal Highway Administration, 2009.
- [2] GB 5768.2—2009, 道路交通标志和标线第 2 部分: 道路交通标志[S].
GB 5768.2—2009, road traffic signs and markings—Part 2: road traffic signs[S]. (in Chinese)
- [3] AL-MADANI H. Influence of drivers' comprehension of posted signs on their safety related characteristics[J]. Accident Analysis and Prevention, 2000, 32(4): 575-581.
- [4] PURDUSKI J M, RYS M J. Evaluations of a new Advance Flagger traffic sign[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1999, 24(1): 107-114.
- [5] 邓兴栋. 城市道路指路标志信息选取方法研究[J]. 交通科学与工程, 2010, 26(1): 97-102.
DENG Xing-dong. Research on selection method of the urban road directional sign information[J]. Journal of Transport Science and Engineering, 2010, 26(1): 97-102. (in Chinese)
- [6] 杨曼娟, 吴玲涛, 唐铮铮. 指路标志中外文字对视认性的影响研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(9): 117-120, 126.
YANG Man-juan, WU Ling-tao, TANG Cheng-cheng. Study of influence of foreign characters in guide signs on legibility[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27(9): 117-120, 126. (in Chinese)
- [7] 蒋海峰, 韩文元, 张智勇. 交通指路标志字高与视认性关系研究[J]. 公路交通科技, 2009, 26(7): 115-120.
JIANG Hai-feng, HAN Wen-yuan, ZHANG Zhi-yong. Study of relationship between word height and recognition for traffic guide signs[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2009, 26(7): 115-120. (in Chinese)
- [8] 祖永昶, 李 娅, 王运霞, 等. 城市道路指路标志信息量限值研究[J]. 交通信息与安全, 2012, 30(6): 38-42.
ZU Yong-chang, LI Ya, WANG Yun-xia, et al. An approach to limit value of information amount for urban guide signs[J]. Journal of Transportation Information and Safety, 2012, 30(6): 38-42. (in Chinese)
- [9] GORDON D A. The assessment of guide sign informational load[J]. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 1981, 23(4): 453-466.
- [10] LIU Y C. A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2005, 35(12): 1147-1158.
- [11] 杜志刚, 潘晓东, 郭雪斌. 交通指路标志信息量与视认性关系[J]. 交通运输工程学报, 2008, 8(1): 118-122.
DU Zhi-gang, PAN Xiao-dong, GUO Xue-bin. Relationship between information quantity and visual cognition of traffic guide sign[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2008, 8(1): 118-122. (in Chinese)
- [12] 袁 伟, 付 锐, 马 勇, 等. 车速与标志文字高度对驾驶人视觉搜索模式的影响[J]. 交通运输工程学报, 2011, 11(1): 119-126.
YUAN Wei, FU Rui, MA Yong, et al. Effects of vehicle speed and traffic sign text height on drivers' visual search patterns[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2011, 11(1): 119-126. (in Chinese)
- [13] CHAPMAN P, UNDERWOOD J, ROBERTS K. Visual search patterns in trained and untrained novice drivers[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2002, 5(2): 157-167.
- [14] 林 雨, 潘晓东, 方守恩. 指路标志信息量与认知性关系研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2005, 3(3): 73-77.
LIN Yu, PAN Xiao-dong, FANG Shou-en. Relationship between information quantum of traffic guide sign and its cognition[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2005, 3(3): 73-77. (in Chinese)
- [15] CHRYSLER S T, WILLIAMS A A, FUNKHOUSER D S, et al. Driver comprehension of diagrammatic freeway signs[R]. Austin: Texas Department of Transportation, 2007.
- [16] GORDON D A. Evaluation of diagrammatic guide signs[J]. Highway Research Record, 1972(414): 30-41.
- [17] JIANG Ming, ZHOU Rui. The research of the information quantity checking standard of the guide symbols in the Chinese traffic guide signs based on the apperceive characteristics of Chinese drivers[C]// ASCE. ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems. Reston: ASCE, 2011: 1881-1887.
- [18] 交通部公路科学研究院. 交通标志视认性关键特征参数及数学模型[R]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2008.
Research Institute of Highway Ministry of Transport. Key parameters and mathematical models of traffic signs visibility[R]. Beijing: Research Institute of Highway Ministry of Transport, 2008. (in Chinese)
- [19] 米子川. 基于图形分析方法的函数型数据异常值检验实证研究[J]. 统计与信息论坛, 2014, 29(6): 18-24.
MI Zi-chuan. An empirical study on outliers test of functional data based on graph description tools [J]. Statistics and Information Forum, 2014, 29(6): 18-24. (in Chinese)
- [20] 程 利, 杜 巍. 眼动仪在广告心理学的应用研究[J]. 商业经济, 2008(2): 51-52, 84.
CHENG Li, DU Wei. Application on eye-movement apparatus in advertisement psychology[J]. Business Economy, 2008(2): 51-52, 84. (in Chinese)