

文章编号: 1002-0268 (2009) 07-0115-06

交通指路标志字高与视认性关系研究

蒋海峰, 韩文元, 张智勇

(交通部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 采取理论分析和大量现场试验相结合的研究方法, 分析了指路标志汉字字高与视认性的定量关系。基于视觉生理学理论和非线性回归分析的方法, 建立了交通标志汉字字高通用模型, 该模型与实测数据之间具有较好的拟合性。研究结果一方面验证了我国现有指路标志字高标准的合理性和科学性, 另一方面为交通指路标志字高的科学设计提供了理论依据。

关键词: 交通工程; 交通标志; 指路标志; 字高; 视认性; 交通安全

中图分类号: U491

文献标识码: A

Study of Relationship between Word Height and Recognition for Traffic Guide Signs

JIANG Haifeng, HAN Wenyuan, ZHANG Zhiyong

(Research Institute of Highway, Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: Combined theoretical analysis with large number of field tests, the quantitative relationship between word height of Chinese characters on traffic guide signs and their visual recognition was analyzed. Based on vision physiological theory and non-linear regression analysis method, a general word height model of Chinese characters of traffic guide signs was established. Compared with correlative domestic models, this model has better-fitting with measured data. On the one hand, the research result validated the reasonably and scientificness of current National Standard for word height of traffic guide signs; on the other hand, the research result provided a theoretical basis and data support for scientifically design word height of traffic guide signs.

Key words: traffic engineering; traffic sign; guide sign; word height; visual recognition; traffic safety

0 引言

指路标志是传递道路前进方向、地点和距离信息的标志, 是帮助道路使用者快速、准确到达目的地和减少交通延误的重要交通设施, 在现代道路交通管理中发挥着重要的作用。指路标志上的汉字作为信息交换的第一要素, 如何准确、快速地传递给快速移动的道路使用者, 汉字本身的质量起决定因素。相关专家学者对汉字的结构与其视认性进行了深入研究, 并取得了许多实用研究成果和结论^[1-6]。

当前在我国有一种观点认为, GB5768-1999 中规定的汉字字高已不适应现代交通和道路发展的要求,

应加大字高, 有一些地区的高速公路将指路标志上的汉字字高做到了 80 cm 以上, 再加上近年来, 交通参与者对交通信息量需求的不断增加, 交通标志需提供的信息量也越来越多, 这直接导致指路标志版面越做越大。不仅造成不必要的经济浪费, 而且占用了道路空间, 影响了景观, 对司机产生压抑感, 甚至导致标志结构存在安全隐患, 直接威胁交通安全。因此, 有必要对现代交通条件下, 汉字的字高的适用性问题作进一步的验证和分析, 回答社会质疑, 为科学设计道路交通标志提供理论依据。同时达到即保障交通安全, 又节约交通资源投入的双重目的。

收稿日期: 2008-12-03

基金项目: 交通部西部交通建设科技资助项目 (200431822333-10)

作者简介: 蒋海峰 (1978-), 男, 河南永城人, 助理研究员, 博士, 研究方向为交通安全、检测技术及标准化. (hf.jiang@rioh.cn)

1 国内外现有研究基础

国外很多国家都针对其使用的交通文字开展研究,理论相对比较成熟和完善,并制定了本国交通标志使用文字的标准。前联邦德国学者研究认为:正常视力能看到 70 m 处标准交通标志信息的驾驶员,其视认距离大小是字母高度的 300~ 500 倍,英国交通工程界学者普遍认为,这个倍数应等于 600。英国的相关研究成果表明:道路标志牌上字母的必要高度,高度表达式为^[1]:

$$H = \frac{(N + 6) \times V}{64} + \frac{3}{4}S \tag{1}$$

其中, H 为标志板字母高度; N 为标志牌上的单词数; V 为行车速度; S 为汽车距离标志设置地点的距离。

Forbes 和 Moscowitz(1939)进行了交通标志大小写英文字母视认性的对比研究,发现宽度固定时小写字母更易读;Kuntz(1950)针对数字的视认性开展了研究,得出视认效果最佳时汉字字高与笔划宽度比应该为 5 : 1 的结论;加拿大、德国等从人的视觉生理学角度考虑,构建了标志文字设置高度的数学模型^[2]。日本标志文字基本尺寸规定如表 1。

表 1 日本交通标志文字高度

Tab. 1 Character heights of Japanese traffic signs

设计车速/(km·h ⁻¹)	文字大小/cm
车速 ≤30	10
40 ≤车速 ≤60	20
车速 ≥70	30

以上国外的研究成果除日本的研究外,大都基于拉丁字母和阿拉伯数字体系,对我国指路标志字高的研究没有实质性的参考价值,更不能直接引用。可借鉴的只是一些科学、合理和有效的研究方法和手段。

汉字体系很复杂,不同字高、不同笔画和不同字体结构的指路标志,其视认性有明显差异。我国对指路标志字高模型的研究成果具有代表性的有:华中科技大学交通科学与工程学院的胡光明教授(2006)研究了指路标志牌的版面设计方法,通过与驾驶员视认距离有关的因素来确定指路标志的文字高度和尺寸。对交通标志内容的规范化也提出了一些建议,同时探讨了不同层次路网结构下驾驶员对指路标志信息的需求^[3]。文献[3]给出的已有研究成果表明,黑体汉字的视认效果最好,汉字的笔画多少、汉字结构等对其视认性都有显著的影响;笔画越多、结构越复杂就越难辨认,反之则越容易辨认^[3]。但是,该研究成果只对指路标志的设计设置进行了简单的论述,没有相关的试验数据给以支持和验证。在实际中还有许多问

题需要研究验证。

文献[4]研究了影响了标志汉字视认性的因素,主要包括:字体的影响、汉字使用频率对辨认的影响、汉字笔画数对辨认的影响、汉字高度的确定、汉字高度与视认距离的定量关系等。文中给出驾驶员视认距离与汉字字高的关系式^[4]:

$$D = 687.6 \cdot h \cdot A_{\text{绝对}} / C, \tag{2}$$

其中, D 为驾驶员的视认距离; $A_{\text{绝对}}$ 为驾驶员的视力; C 为汉字与字标的换算系数; h 为汉字高度。

1998 年,交通部公路科学研究院承担国家“七五”攻关项目“高速公路标志汉字视认性及标志形式的研究”,但主要是从技术角度,位置设计和结构设计,针对我国道路交通条件和驾驶员的实际水平,采用室内试验和室外道路试验相结合的方法,对交通标志的颜色、汉字结构、版面大小进行了较为系统的研究,包括与司机视力有关的试验与汉字本身结构特征有关的试验与标志板面布设有关的试验。研究了汉字的字体、字高、笔划粗、高宽比、字间距、行间距等对标志的易读性和可见性的影响。其中完成的最重要的研究内容是根据几何原理建立了字高计算模型为:

$$h = \frac{vt \cdot 5c}{A_{\text{绝对}} A_{\text{相对}} (57.3 \times 60)} \cdot \frac{1}{p_1 p_2 p_3 p_4}, \tag{3}$$

其中, h 为汉字高度; v 为车速; c 为汉字与视标的转换常数; t 为对汉字感知、理解时间; $p_1 \sim p_4$ 为汉字宽高比、汉字字高笔划粗比、汉字使用频率、汉字笔画数的相对正确辨认率; $A_{\text{绝对}}$ 为绝对视力即人的生理视力; $A_{\text{相对}}$ 为相对视力呈现时间为 0.2 s, 偏角为 0 时的相对视力。

式(3)中汉字与视标的转换常数是由实验与理论推导得出,汉字感知、理解时间通过室内静态试验标定约为 2.6 s。通过此公式可以计算不同设计速度下汉字字高,然后根据消失距离大小确定最终字高。该研究成果为 GB5768-1999《道路交通标志标线》的制订提供了依据。

文献[6]论述影响交通标志中汉字认读的一些主要因素:汉字字体、高宽比、笔画数、字频、字间距及行间距等,提出了利用标准视标 E 与汉字两者认读之间的相互转换关系来计算标志中汉字的字高公式,通过测定认读时间来确定最小认读距离,为高速公路交通标志中的汉字设计提供理论依据^[6]。

国内其他相关研究成果普遍认为视力为 0.9 的驾驶员认读标志上汉字内容所需距离 S 约为汉字高度 h 的 200 倍,即:

$$S = 200 \cdot h, \tag{4}$$

其中, h 为标志板字母高度; S 为驾驶员的视认距离。

我国在 1986 年颁布实施的《道路交通标志和标线》(GB5768-1968) 中指路标志所采用的汉字高度是参考日本标准制定的, 实际使用过程中普遍反映汉字偏小^[7]。为此, 在“七五”科技攻关项目中列入了关于汉字视认性的研究课题, 并于 1999 年颁布实施了国标《道路交通标志和标线》(GB5768-1999), 对指路标志字高进行了详细的规定, 如表 2。

表 2 车速与交通标志汉字高度关系

Tab 2 Relationship between vehicle speed and word height of Chinese characters on traffic signs				
行车速度/(km·h ⁻¹)	100~ 120	71~ 99	40~ 70	< 40
汉字高度/cm	60~ 70	50~ 60	40~ 50	25~ 30

2 研究方法及理论依据

标志的视认性不仅与标志汉字字高有关, 而且与汉字的笔画粗细、字体、结构、笔画多少和使用频率等因素有关。文献 [8] 给出了标志视认性与汉字笔画粗细的研究成果和结论, 其他相关文献已对汉字字体、结构和使用频率等给出了较为详细的研究结论, 这里就不再研究^[8]。本次试验是在笔画粗细、字体、结构、笔画多少等因素确定后进行的单因素多水平试验, 即驾驶员视认距离由字高唯一确定, 二者是一一对应的函数关系。

2.1 试验假设

交通部西部交通建设科技项目 (200431822333-10) 的研究成果表明, 当车速在 120 km/h 以内时, 运动对驾驶员的视认距离没有显著影响, 即动视力可近似认为与静视力相同。因此, 以驾驶员的静态视认距离为基础, 以静态试验代替动态试验, 以静视力代替动视力来研究指路标志汉字字高与视认性之间的数理关系, 可节约试验时间和成本。

2.2 试验方案

本次试验汉字字体为黑体, 笔画粗细为 $\frac{1}{14}h$ (h 是字高), 试验变量因素暂定为: 汉字的选取 (考虑到我国地名汉字的使用频率、笔画繁简、字体结构等)、字高和驾驶员静态视认距离。结合我国县、地、市名和现有交通标志字库, 试验选取“鼓楼”、“华硕”、“青莲”、“南阳”、“紫霞”和“国家”6 组指路标志信息组合, 将指路标志汉字信息分为 6 个试验水平。同时参考现有国标 GB5768-1999, 将每一组试验标志汉字组合的字高分 7 个试验水平。汉字选取和汉字字高试验水平如表 3 所示。

表 3 因素及水平

Tab 3 Factors and levels							
因素	水平						
标志用汉字	“国家”、“华硕”、“紫霞”、“鼓楼”、“南阳”、“青莲”						
汉字字高/cm	30	35	40	45	50	60	65

试验前制作的指路标志实物如图 1 所示。现场试验时的效果如图 2 所示。

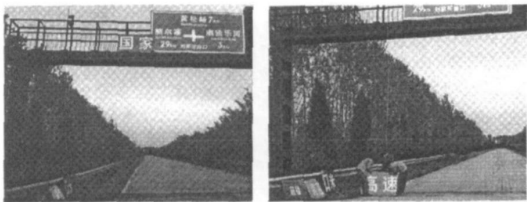


图 1 试验现场 图 2 结果试验验证现场

Fig 1 Test field Fig 2 Verification field for test result

2.3 试验设备

PVC 标志底板, 模仿铝板作为交通标志底板; 定滑轮, 升降标志板用; 全站仪 1 套, 测量驾驶员的静态视认距离; 机动车辆 (桑塔纳 2000), 模拟驾驶员行车时的视角和视高。

2.4 试验人员

视觉生理学研究成果表明: 年龄、性别及裸视力等因素对驾驶员的视认性有显著的关系。根据影响标志视认性的主要生理指标对驾驶员的选取进行了分类, 分类的主要依据是年龄与性别。原则上要求被试人员具有一定的代表性, 以确保试验的真实性和有效性。本次试验被试驾驶员 20 名: 老年 (50 岁以上) 5 人, 中年 (35 至 50 岁) 10 人, 青年 (20 至 35 岁) 5 人; 女性驾驶员 6 人, 其中青年 2 人、中年 3 人, 老年 1 人; 所有被试者的矫正视力均在 1.0 以上 (与 $A_{绝对}$ 取 1.0 一致), 另外, 所有被试者没有在视觉生理上有明显个体差异的情况; 试验车驾驶员 1 名, 驾龄 10 年左右。

2.5 理论依据

人类视角的大小取决于物体的大小及物体与眼睛的距离。人眼的视敏度 (或视力) 的定义: 人在 5 m 距离处能辨认视角 1 分细节的视敏度定为 1.0; 若 1 个人在 5 m 处能辨认出视角为 0.5 分的细节, 其视敏度就是 2.0。也就说, 当视角 $\alpha = 1$ 分时, 视力为 1.0; 视角 $\alpha = 0.67$ 分时, 视力为 1.5; 视角 $\alpha = 1.43$ 分时, 视力为 0.5。一般把 0.7、1.0 和 1.5 称为绝对视力^[9]。一般人眼睛视网膜分辨力为 50 μm , 如图 3 所示, 人眼的视认距离 S 与视角和物体高度 H 存在关系:

$$H = 2 \cdot S \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} = 2 \text{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot S = k \cdot S \Rightarrow S = \frac{1}{k} \cdot H,$$

在视角 α 不变的情况下, $k = 2 \text{tg} \frac{\alpha}{2}$ 是一常数, 即视认

距离 S 与物体高度 H 是成正比的, 理论上, 物体高度 H 增加时, 人眼的视认距离 S 是逐渐增加的。也就是说在车型不变、驾驶员视角 α 不变的情况下, 指路标志信息的视认距离与信息汉字字高是成正比的。本试验设计方案正是基于人眼视觉生理学的这一理论。

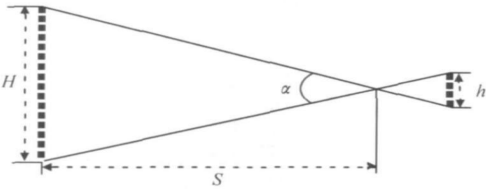


图 3 视觉过程简图

Fig. 3 Schematic diagram of vision process

3 数据分析

数据分析的目是根据试验数据确定自变量与因变量之间的数理关系及其关联程度, 并探索出其内在的规律性。标志的视认性不仅与标志汉字字高有关, 而且与汉字的笔画粗细、字体结构、笔画多少和使用频率等因素有关。本次试验是在笔画粗细、字体结构、笔画多少等因素确定后进行的单因素多水平试验, 驾驶员的静态视认距离可由字高唯一确定, 二者存在一一对应的函数关系。数据分析时, 并不需要对所有试验数据都进行分析处理。在考虑到试验数据的完整性、代表性及数据分析的简洁性的情况下, 从以上 6 组试验数据中随机选取 3 组不同汉字的实测数据进行分析。如表 4、表 5 和表 6。

表 4 “鼓楼” 试验数据

Tab. 4 Test data of characters “Gu Lou”

标志汉字	“鼓楼”						
字高/cm	30	35	40	45	50	60	65
视认距离/m	72.3	84.4	92.6	102.1	110.9	120.1	122.3

表 5 “紫霞” 试验数据

Tab. 5 Test data of characters “Zi Xia”

标志汉字	“紫霞”						
字高/cm	30	35	40	45	50	60	65
视认距离/m	67.9	79.6	88.3	98.5	105.5	114.6	119.8

表 6 “华硕” 试验数据

Tab. 6 Test data of characters “Hua Shuo”

标志汉字	“华硕”						
字高/cm	30	35	40	45	50	60	65
视认距离/m	78.2	86.8	96.7	110.1	117.9	126.6	132.5

采用一元非线性回归分析方法对数据进行分析处理, 定量分析汉字字高的变化对驾驶员视认距离的影响。非线性回归分析方法是从小组试验样本数据出发, 确定出变量之间的数学关系模型, 描述一个或几

个变量 (自变量) 的变化对另一个特定变量 (因变量) 的影响程度。

表 4、表 5 和表 6 的数据散点趋势图分别如图 4、图 5 和图 6 所示。

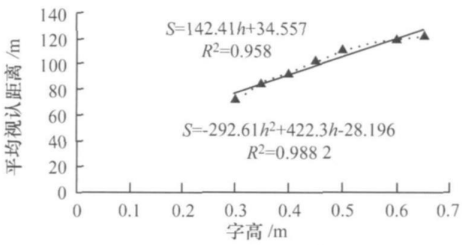


图 4 “鼓楼” 数据分析结果

Fig. 4 Data analysis results of characters “Gu Lou”

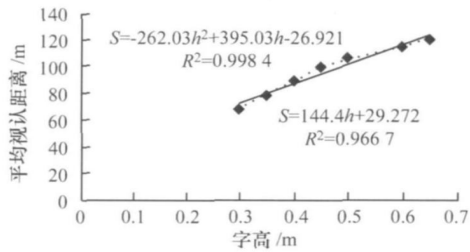


图 5 “紫霞” 数据分析结果

Fig. 5 Data analysis result of characters “Zi Xia”

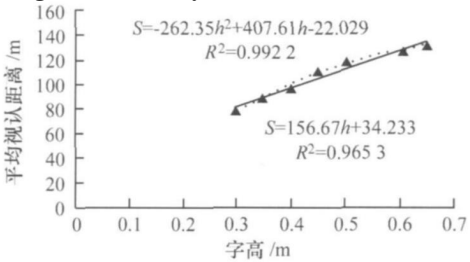


图 6 “华硕” 数据分析结果

Fig. 6 Data analysis result of characters “Hua Shuo”

对“鼓楼”的实测数据进行回归分析结果如图 4 所示。可以明显看出, 二次非线性拟合优度 (虚线) 要大于一次线性拟合优度 (实线)。图 4 中的二次非线性表达式为:

$$S = -292.61h^2 + 422.3h - 28.20, \quad (5)$$

其中, S 为驾驶员的平均视认距离; $h \in (0, 1]$ 为字高。

对回归拟合效果进行方差分析和统计分析, 结果如表 7 和表 8。表 7 中: Multiple R 是相关系数; R Square 是判定系数; Adjusted R Square 是调整的判定系数。表 8 中的 df 是自由度; SS 是总平方和; MS 是回归和参差的均方; F 是检验统计量; Significance F 是 F 检验的显著性水平。方差分析的主要作用是对回归方程的线性关系进行显著性检验。其中, 表 7 中的判定系数 R Square (简称 R^2) 测度了回归直线对观测数据的

拟合优度。 R^2 数值越大表明回归方程拟合实际数据的性能越好。如图 4~ 图 6 中所示, $R^2 = 0.96$, 表明字高与驾驶员静态视认距离之间有 96% 可以由线性关系来解释。也就是说该回归模型能很好地表示字高与驾驶员视认距离之间的数理关系。

表 7 回归统计分析

Tab 7 Regression statistical analysis	
Multiple R	0.978 750 384
R Square	0.957 952 315
Adjusted R Square	- 1.4
标准误差	4.189 310 491
观测值	7

表 8 回归方差分析

Tab 8 Regression analysis of variance					
	df	SS	MS	F	Significance F
回归分析	1	1 999.203	285.600 4	113.912 6	6.944 82E-05
残差	5	87.751 61	17.550 32		
总计	6	2 086.955			

同理图 5 中的非线性表达式为:

$$S = - 262.03h^2 + 395.03h - 26.92。$$
 (6)

图 6 中的非线性表达式为:

$$S = - 262.35h^2 + 407.61h - 22.03。$$
 (7)

以上试验数据分析结果表明: 不同结构、不同笔画数目的汉字在以上 7 种字高情况下, 其视认距离的远近和关系模型表达式是不同的, 这一方面说明了选取不同字体结构、不同笔画数目的汉字进行试验是非常有必要的。但是以上 3 组汉字的关系模型的类型是一致的, 都为二次非线性多项式。

由于汉字体系比较复杂, 无法根据字体结构、笔画多少等影响因素进行一一区分和试验分析。所以在有限的试验数据基础上, 建立一个能够统一描述汉字字高与其视认距离关系的通用关系模型是本次试验的主要研究内容。由于式 (5)、式 (6) 和式 (7) 都含有非线性二次项, 不能进行简单的叠加来得到通用关系模型, 需要从原始试验数据入手, 建立一个通用的模型关系式。

首先, 将以上 3 个标志汉字的试验数据 (视认距离) 按同一字高相加, 然后取均值, 得到的数据如表 9 所示。数据回归分析结果如图 7 所示。

表 9 通用试验数据

Tab 9 General test data							
字高/cm	30	35	40	45	50	60	65
视认距离/m	72.8	83.6	92.5	103.6	111.4	120.4	124.9

从表 9 中可以看出, 现行国家标准规定在 120 km/h 条件下, 交通标志汉字字高 60~ 70 cm 的视认距离为 120.4 m。对表中的数据作回归分析后, 汉字字

高与驾驶员视认距离之间的通用关系模型表达式如式 (8) 所示。 $R^2 = 0.998$, 表明该通用模型关系式的拟合效果还是比较令人满意的。

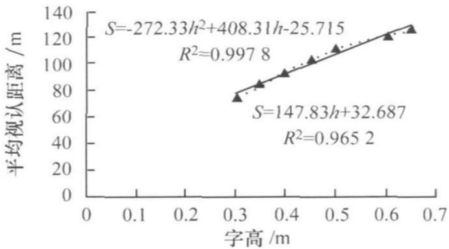


图 7 综合数据分析结果

Fig 7 Data comprehensive analysis result

将图 7 中的非线性表达式中的字母表示为:

$$S = - 272.33h^2 + 408.31h - 25.72 + \varepsilon, \quad (8)$$

式中, ε 是根据具体的汉字笔画繁简和字体结构进行相应变化的修正系数。

相关的试验研究成果表明: 汉字的组成结构和笔画多少是影响驾驶员视认距离的两个显著性因素。

ε 的具体修正原则是: 如果标志汉字的笔画简单、结构易视性强, 如简单的上下结构、左右结构和独体字等, ε 取正值, 并相应增大 ε 的取值范围; 如果标志汉字的笔画复杂、结构不容易视认, 如上中下结构、左中右结构和半包围结构等, 取正值时可相应减小 ε 的取值范围, 甚至把 ε 取为负值, 以减少设计误差, 达到与实际视认效果一致的目的。

在参考《中国国家地理》2007 年第 10 期给出的中国地名的基础上, 本课题组针对同一字高、不同笔画多少、不同字体结构的标志常用汉字地名进行了室内和室外试验, 总结出 ε 的参考取值范围, 见表 10。

表 10 参考取值范围

Tab 10 Reference value range of ε		
笔画数 N	字体结构	ε 参考值 m
$N \leq 6$	差异不显著	20~ 30
$6 < N \leq 10$	差异不显著	10~ 20
$10 < N \leq 14$	左右、上下	- 5~ 10
	左中右、上中下	- 10~ - 15
$14 < N \leq 16$	左右、上下	- 15~ - 20
	左中右、上中下	- 20~ - 25

制作“高速”标志板 (字高 60 cm × 60 cm), 对研究成果进行试验验证。取值介于 10~ 20 m, 按式 (8) 计算出的理论视认距离为: 131.232 2 ~ 141.232 2 m, 6 个不同试验人员的实测平均距离为 146.8 m。最小相对误差为:

$$\frac{141.232\ 2 - 146.8}{146.8} \times 100 = 3.79\%,$$

即该模型产生的相对误差很小在 4 m 以内。

按“七五”攻关的字高模型计算结果为 134 m(绝对视力取为 1.0), 相对误差为:

$$\frac{134-146.8}{134} \times 100 = 8.72\%,$$

误差明显偏大, 这表明本文所建立的模型与七五攻关研究的模型成果相比, 与实测数据有更好的拟合性。

4 结论

从定性和定量两个方面分析标志汉字字高与驾驶员视认性之间的关系, 并基于视觉生理学理论通过试验和非线性回归分析的方法建立了交通标志汉字字高通用模型。该模型证明了现行国标中给出的汉字高标准是合理的, 工程设计中如果再放宽标准一方面没有必要, 另一方面也使得标志板面尺寸更大, 导致设置和维护成本大幅度增加, 造成了不必要的经济浪费。

参考文献:

References:

- [1] [苏] B·Φ巴布可夫. 道路条件与交通安全 [M]. 景天然, 译. 上海: 同济大学出版社, 1990.
BABUKOV B Φ Road Conditions and Traffic Safety [M]. JING Tianran, translated. Shanghai: Tongji University Press, 1990.
- [2] 王惠萍, 张积家, 张厚粲. 汉字整体和笔画频率对笔画认知的影响 [J]. 心理学报, 2003, 35 (1): 17-22.
WANG Huiping, ZHANG Jijia, ZHANG Houcan. Effects of the Whole Chinese Character and the Frequencies of the Strokes on the Cognition of the Strokes [J]. Journal of Chinese Psychology Acta Psychologica Sinica, 2003, 35 (1): 17-22.
- [3] 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 Xiaodong, FANG Shouen. Relationship between Information Quantum of Traffic Guide Sign and Its Cognition [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2005, 3 (3): 73-77.

- [4] 曹鹏, 吴文静, 隗志才. 基于信息度量的交通标志视认性研究 [J]. 公路交通科技, 2006, 23 (9): 118-120, 130.
CAO Peng, WU Wenjing, JUAN Zhicai. Study on Drivers Comprehension of Traffic Signs Based on Information Measurement [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23 (9): 118-120, 130.
- [5] 张玉珍, 张伯明, 孟庆茂. 指路标志汉字视认及版面设计 [J]. 公路, 1993 (3): 34-35.
ZHANG Yuzhen, ZHANG Baiming, MENG Qingmao. Visibility of Chinese Character and Layout Design for Guide Signs [J]. Highway, 1993 (3): 34-35.
- [6] 张伯明. 交通标志汉字视认性的研究 [J]. 公路交通科技, 1993, 10 (2): 40-46.
ZHANG Baiming. The Identification of the Chinese Characters in Traffic Signs [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 1993, 10 (2): 40-46.
- [7] 交通部公路科学研究院. 高速公路交通安全设施设计及施工技术规范 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
Research Institute of Highway of Ministry of Communications Highway Traffic Safety Facility Design and Construction Specifications [M]. Beijing: China Communications Press, 1994.
- [8] 李伟, 姜明, 唐. 公路指路标志系统的改进研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (12): 117-122, 143.
LI Wei, JIANG Ming, TANG Chengcheng. Study on the Improvement of Highway Guide Sign System [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (12): 117-122, 143.
- [9] 朱祖祥. 工业心理学 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2004.
ZHU Zuxiang. Industrial Psychology [M]. Hangzhou: Zhejiang Education Publishing House, 2004.

(上接第 114 页)

- [8] 朱祖祥. 工业心理学 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 2004.
ZHU Zuxiang. Industrial Psychology [M]. Hangzhou: Zhejiang Education Publishing Press, 2004.
- [9] 交通部公路科学研究院. 太阳能在低能耗交通安全设施中应用研究 [R]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2007.
Research Institute of Highway of Ministry of Communications. Research on Solar Energy Technology Applied in Low Energy Road Traffic Safety Facilities [R]. Beijing: Research Institute

of Highway of Ministry of Communications, 2007.

- [10] 陈光武, 舒刚. 公路 LED 可变信息标志光学性能检测技术 [J]. 公路交通科技, 2003, 20 (增刊): 171-173.
CHEN Guangwu, SHU Gang. Optical Performance Testing Technique for LED Alterable Information Sign on Highway [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2003 (Sup): 171-173.
- [11] 张学民, 舒华. 试验心理学纲要 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2004.
ZHANG Xuemin, SHU Hua. Outline for Testing Psychology [M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing Group, 2004.