

文章编号:1671-8879(2016)04-0071-08

# 基于驾驶人视认特性的高速公路作业区 文字类交通标志尺寸

彭余华,吕纪娜

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

**摘要:**针对高速公路作业区文字类交通标志在不同行驶速度、道路条件及标志的多信息量条件下对驾驶人视认特性的影响,及其尺寸规格不统一对驾驶人形成的非一致性视觉感受,基于《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009,简称“国标”)的文字高度模型,结合高速公路作业区文字类交通标志信息特性,以驾驶人的视认特性为出发点构建车辆行驶模型,设计了多文字标志信息视认试验;通过改进传统文字高度算法,提出了综合考虑行车速度、驾驶人视认特性以及标志牌信息量等因素的汉字高度优化模型。研究表明:“国标”对汉字的感知、阅读理解时间的取值是以单个汉字的视认时间为基础的,通过多文字标志信息视认试验发现,当标志牌字数  $m \geq 6$  时,难以反映当前作业区多字数标志信息视认特性;优化的文字高度模型充分考虑了标志牌多信息量时驾驶人的视认特性,文字高度取值比“国标”更合理全面;在此基础上对标志尺寸进行了优化设计,即先采用优化的文字高度算法计算汉字高度,再利用“国标”的汉字排版方式设计,这样既能保证视认性的要求,又能最大限度地利用标志牌版面,进而给出了高速公路作业区文字类标志尺寸的设计标准。

**关键词:**交通工程;高速公路;养护作业区;交通标志;文字高度

**中图分类号:**U491.52 **文献标志码:**A

## Text traffic signs size in expressway work zone based on driver's visual characteristics

PENG Yu-hua, LU Ji-na

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** Text traffic signs in expressway work zone have effects on the characteristics of driver's visibility under the conditions of different speed, road conditions and the sign's multi-information, and different traffic signs sizes will cause the dimensions of freeway work zone driver's visual experience of non-conformance. Therefore, this paper combined with freeway work zone traffic sign writing class message feature and took visibility characteristics of driver as a starting point to build the vehicle model based on the text height model of "road traffic signs and markings", and designed the multi-word mark information visibility tests. By improving the algorithm of traditional text height, this paper proposed an optimization model which took the driving speed, the driver's visibility features, information signs and other factors into

收稿日期:2016-03-10

基金项目:河南交通投资集团有限公司科技项目(220000120094)

作者简介:彭余华(1973-),男,安徽池州人,教授,工学博士,E-mail:332639358@qq.com。

consideration. The results show that the perception of Chinese characters and the value of time reading comprehension in reading traffic signs and markings are both based on the time visibility of a single Chinese character. Through multi-word mark information visibility tests, it is found that when the number of characters  $m$  is 6 and above, it is difficult to reflect the visibility characteristics of multi-word mark information in current work zone. Optimized text height model fully considers driver's visible characteristics for traffic signs' multi-information, and the text height value is more reasonable and comprehensive than national standard. On this basis, the design for signs size is optimized. Optimized text height algorithm is used to calculate the Chinese characters height, and then the design of Chinese characters typesetting in national standard is adopted. It can not only meet the visibility requirements, but also maximize the use of sign layout. The design standards of freeway work zone traffic sign writing class size is proposed.

7 tabs, 3 figs, 22 refs.

**Key words:** traffic engineering; expressway; work zone; traffic sign; text height

## 0 引言

文字类交通标志作为道路的基础设施,为道路使用者提供指示、警告、禁令等信息,提高了道路服务水平和行车安全性。高速公路作业区一般在正常行驶路段上封闭部分车道,使作业区内交通秩序紊乱,服务水平严重下降,降低了道路的通畅水平,增加了道路的安全隐患,因此高速公路作业区交通标志的设置显得更加重要<sup>[1-5]</sup>。如何科学合理地设计高速公路作业区交通标志尺寸,给驾驶人提供准确、醒目的施工作业信息,确保道路施工安全,已成为必须解决的一个重要问题。

目前国内外学者对道路交通标志进行了较深入的研究,建立了比较完善和有效的技术标准。欧美的研究主要针对的是字母类的无方块文字,而日本对汉字高度进行了研究,但其交通环境及驾驶人特性与中国有较大差别,不能直接应用于中国的实际交通<sup>[6-13]</sup>。中国对高速公路交通标志牌尺寸的研究起步较晚,针对目前运营当中暴露出的问题,中国专家学者也逐渐给予了较多的关注,但是对于高速公路作业区文字类交通标志尺寸设计的研究相对较少<sup>[14-21]</sup>。中国高速公路作业区文字类交通标志尺寸设计主要依据《道路交通标志和标线》(GB 5768—2009,简称“国标”)中文字高度及标志牌版面尺寸算法,计算出标志牌的文字高度及标志牌版面尺寸,但是该算法是以驾驶人对单个汉字的视认时间为基础,难以兼顾当前作业区多文字标志信息特性及复杂的行车环境<sup>[22]</sup>。而在实际养护施工过程中,交通标志尺寸的设计大多依赖已有的施工经验,也较少考虑不同限速条件下驾驶人的视认特性和标

志牌的多信息量特性。有些作业区为了更醒目地提醒驾驶人注意道路信息,交通标志汉字高度的设计往往过大,使驾驶人在视觉上产生压抑感;有些作业区在标志信息量较大时采用“国标”的最低设计要求,汉字高度设计仅为 25 cm,不能满足作业区复杂交通环境下的视认性要求;有些作业区在同一路段上的标志牌尺寸不统一,使驾驶人视觉上产生了不适应的消极影响。综上所述,简单地套用“国标”来设计交通标志尺寸出现了许多技术缺陷,严重影响作业区的行车安全。为此,本文在充分研究中国相关技术标准和规范的基础上,针对高速公路作业区行车环境的复杂性和车辆运行的特殊性,以驾驶人视认特性为出发点构建车辆行驶模型,综合考虑作业区行车速度、道路条件及标志信息量等因素的影响,推导出文字类交通标志牌的字高优化模型,并对标志牌尺寸进行优化设计和标准化研究,为科学合理地制定高速公路作业区交通标志尺寸提供依据。

## 1 作业区文字类交通标志信息特性

高速公路作业区的交通标志主要设置于工作区或工作区前方,起提示和管理交通的作用。作业区需要设置的交通标志一般包括:道路施工安全标志、警告标志、禁令标志和指示标志等。

由于高速公路养护施工过程中需要设置限速并封闭部分车道,作业区路段与正常路段交通条件差异较大,驾驶人更加依赖设置于作业区路段的交通标志来调整车辆行驶状态,因此高速公路作业区文字类交通标志的设置更加复杂、重要。《公路养护安全作业规程》(JTJ H30—2015)、“国标”以及实际高速公路施工作业区常见的文字类交通标志见下页表 1。

表 1 作业区文字类标志牌信息内容与文字数

Tab. 1 Work zone text traffic signs content and numbers of characters

作业区路段	标志信息	文字数 $m$
警告区	①前方施工 300 m;②道路封闭 300 m; ③右道封闭 300 m;④左道封闭 300 m; ⑤中间封闭 300 m	6
	①前方施工车辆慢行;②前方 500 m 靠右行驶;③前方 500 m 靠左行驶;④前方 500 m 向右改道;⑤前方 200 m 向右改道;⑥前方 500 m 向左改道;⑦前方 200 m 向左改道	8
上游过渡区、工作区	①道路施工;②道路封闭;③左道封闭; ④右道封闭;⑤向左改道;⑥向右改道; ⑦车辆慢行	4
	①前方施工靠左行驶;②前方施工靠右行驶;③半幅封闭向左改道;④半幅封闭向右改道;⑤前方施工减速慢行	8

由表 1 可知:①作业区路段文字类交通标志信息量较大,标志牌文字数最少为 4 个,且大部分为 6~8 个;②警告区内的交通标志由于需要对距离进行提示,比过渡区和工作区内的交通标志文字数多,标志牌文字数  $m \geq 6$ 。

## 2 汉字高度确定方法

### 2.1 “国标”文字高度模型

中国 1986 年、1999 年、2009 年颁布的“国标”规定了交通标志中汉字高度与行车速度之间的关系,见表 2。

表 2 “国标”中汉字高度的取值

Tab. 2 Character height values in national standard

行车速度/ ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	“国标” (GB 5768—1986) 汉字高度/cm	“国标” (GB 5768—1999) 汉字高度/cm	“国标” (GB 5768—2009) 汉字高度/cm
100~120		60~70	60~70
71~99	30	50~60	50~60
40~70	20	40~50	35~50
<40	10	25~30	25~30

表 2 中汉字高度取值为交通部公路科学研究院“七五”攻关时的研究成果,根据几何原理,文字类标志汉字高度  $h$  的计算式为<sup>[14]</sup>

$$h = \alpha D \quad (1)$$

式中: $\alpha$  为视角; $D$  为视认距离。

因为视力表标志(E)的尺寸是其最小细节尺寸的 5 倍,所以需乘以 5,即

$$\alpha = \frac{1}{A_{\text{XD}} A_{\text{JD}}} \times 5 \quad (2)$$

式中: $A_{\text{XD}}$  为相对视力,根据辨认试验,取 0.672; $A_{\text{JD}}$  为绝对视力,取 0.9。

视认距离为

$$D = Vt \quad (3)$$

式中: $V$  为行驶速度(m/s); $t$  为驾驶人对汉字的感知、阅读理解时间,根据试验,取 2.6 s。

另外,根据试验测定,设黑体字宽高比为 1:1 时,其相对正确辨认率( $P_1$ )为 1.0;10:1 笔画粗细的相对正确辨认率( $P_2$ )为 1.0;根据词频词典分布数据中对 153 个汉字地名的辨认测试结果,中频地名汉字的相对分辨率( $P_3$ )为 1.0;汉字笔画在 5~10 画时,其相对辨认率( $P_4$ )为 1.0,因此汉字高度  $h$  的计算式为

$$h = \frac{VtC}{687.55A_{\text{XD}}A_{\text{JD}}P_1P_2P_3P_4} \quad (4)$$

式中: $C$  为汉字与视标转换常数,阅读汉字需要的视角大于阅读视力表标志需要的视角,一般前者为后者的 3.073 5 倍; $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_4$  为汉字不同特点的相对正确辨认率。

将式(4)简化为

$$h = \frac{VtC}{687.55A_{\text{XD}}A_{\text{JD}}} \quad (5)$$

由以上标志牌文字高度模型可知:“国标”中文字高度计算模型是以驾驶人对单个汉字视认时间为基础推导得出的,仅考虑了行车速度,未考虑驾驶人对多文字整条信息理解的特性及行车环境的复杂性;驾驶人对汉字的感知、阅读理解时间  $t$  取固定值 2.6 s,是否适用于作业区多文字标志特性有待验证。

### 2.2 多文字标志信息视认试验

根据高速公路作业区文字类交通标志信息量较大的特性,本文基于驾驶人对作业区多文字标志信息的理解特性设计了视认试验。

#### 2.2.1 试验材料

计算机 1 台,投影仪 1 台,刻绘大师软件(处理汉字的笔画粗细),词频词典分布数据的中频地名汉字 153 个。其中,汉字设为黑体,字的宽高比为 1:1,笔画粗细为 10:1。

#### 2.2.2 试验者

影响试验者视认汉字的因素很多,包括视力、年龄、性别等,因此在样本选择时,综合考虑各方面因素,样本量取 30,其中 20 人具有驾驶经验。

#### 2.2.3 试验方法

设计制作完成的汉字图片采用 PPT 随机放映,

试验者坐在离屏幕 4 m 远的地方,当看清文字后读出,试验员记录试验者判断的正误及读出不同字数所用的时间。

#### 2.2.4 试验结果

试验后对试验数据进行统计分析,将每条信息含不同字数的图片分别归为一类,计算每类图片的平均认知时间,试验结果见表 3、图 1。

表 3 不同汉字字数的认知时间

Tab. 3 Cognitive time of different numbers of characters

汉字字数	1	2	3	4	6	8	10	12
认知时间/s	1.104	1.291	1.423	1.912	2.681	3.667	4.541	5.449

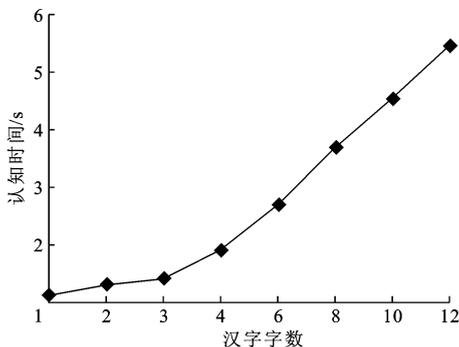


图 1 汉字字数与认知时间的关系曲线

Fig. 1 Relationship between numbers of characters and cognitive time

由表 3 可知:①在标志汉字数量较少( $m \leq 3$ )时,认知时间相差不大,但是当汉字数量较多( $m \geq 4$ )时,认知时间将随着汉字数量的增加有较大的增长,当  $m=8$  时,认知时间约为 3.7 s;②“国标”是以对单个汉字的视认时间为基础进行研究,驾驶人对汉字的感知、阅读理解时间  $t$  取固定值 2.6 s,由上述试验结果可知,在标志牌信息量较大的情况下,“国标”中汉字高度模型适用性较差,因此对于作业区多文字标志( $m \geq 6$ ),其存在一定的不合理性。

### 3 文字高度优化

针对“国标”中标志牌文字高度计算模型是以驾驶人对单个汉字的视认时间为基础推导得出,对驾驶人视认特性和多信息理解特性考虑较少,本文以驾驶人视认特性为出发点构建车辆行驶模型,对“国标”中标志牌文字高度算法进行优化,优化后的算法综合考虑了作业区行车速度、道路条件以及标志牌信息量,理论更加全面充分。

视认距离的大小不仅与汉字的高度有关,还与行车速度、标志本身的可读性有关。目前中国在该方面还没有成熟可靠的计算理论,普遍认为在一般

情况下,视力为 0.9 的驾驶人认读标志上的汉字内容所需距离  $S$  约为汉字高度的 200 倍<sup>[22]</sup>,即

$$S = 200h \quad (6)$$

由式(6)可知,当视认距离  $S$  取最小时,汉字高度  $h$  最小,要使  $S$  最小,则需使标志读完点与消失点重合,以此几何关系构建车辆行驶模型,有

$$S = M + l \quad (7)$$

式中: $l$  为认读距离,标志认读点与读完点之间的距离(m); $M$  为消失距离,标志消失点与交通标志之间的距离(m)。

对于  $M$  与  $l$  的计算可以通过图 2 的几何分析来考虑。

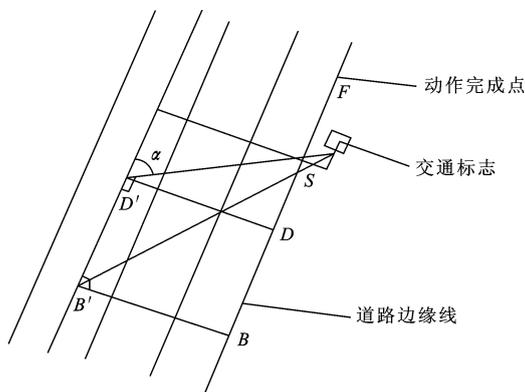


图 2 车辆行驶模型

Fig. 2 Vehicle traveling model

对驾驶人视野分析可知,驾驶人对路侧标志的能见度以  $15^\circ$  为准,大于  $15^\circ$  时认读能力降低很快<sup>[14]</sup>,因此,汽车驶过位置  $D'$  时(此时  $\alpha$  取  $15^\circ$ ),驾驶人的认读能力开始迅速下降,对应图中的  $D$  点为消失点,则由  $D'D$  和  $\alpha$  可计算出

$$M = DS = T \tan(90^\circ - \alpha) \quad (8)$$

式中: $T$  为内侧车道中心线  $B'D'$  至道路边缘线  $BD$  之间的距离。

一般来说,驾驶人从认读标志开始到读完为止,所需要的认读时间  $t$  与驾驶人的视力反应、车速、文字复杂程度以及气候条件有关,这段时间很难定量确定。根据多文字标志信息理解试验结果可知,辨读所需时间可以用文字字数来计算,参考相关文献可知,对于含有  $m$  个汉字的标志,认读所需时间大约为  $m/2$ <sup>[15]</sup>。

在这段时间内汽车行驶的认读距离  $l$  为

$$l = \frac{V}{3.6} t = \frac{mV}{7.2} \quad (9)$$

由式(8)、式(9)可得

$$S = M + l = T \tan(90^\circ - \alpha) + \frac{mV}{7.2} \quad (10)$$

由式(6)得出汉字的最小高度为

$$h = \frac{S}{200} = \frac{T \tan(90^\circ - \alpha)}{200} + \frac{mV}{1440} \quad (11)$$

式中: $V$ 为汽车行驶速度(km/h); $\alpha$ 取 $15^\circ$ 。

参考高速公路的各种断面形式,选取一定的断面尺寸即可得出 $T$ 值,双向4车道取9.9 m,双向6车道取13.1 m。根据式(11)可计算出不同车速、不同信息量和不同道路断面条件下的汉字高度,计算结果见表4。

表4 不同速度、信息量和车道环境下的汉字高度理论值

Tab. 4 Character height theoretical values in different speeds, sign's information and road conditions

行车速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	优化模型汉字高度理论值/cm					
	双向4车道(T=9.9 m)			双向6车道(T=13.1 m)		
	m=4	m=6	m=8	m=4	m=6	m=8
120	51.8	68.5	85.1	57.8	74.4	91.1
110	49.0	64.3	79.6	55.0	70.3	85.6
100	46.2	60.1	74.0	52.2	66.1	80.0
90	43.5	56.0	68.5	49.4	61.9	74.4
80	40.7	51.8	62.9	46.7	57.8	68.9
70	37.9	47.6	57.4	43.9	53.6	63.3
60	35.1	43.5	51.8	41.1	49.4	57.8
50	32.4	39.3	46.2	38.3	45.3	52.2
40	29.6	35.1	40.7	35.6	41.1	46.7

“国标”中文字高度的计算只考虑了行车速度,取值范围为25~70 cm,而表4计算结果为29.6~91.1 cm,在车速较高、道路较宽、标志牌文字数量较多的情况下与“国标”相差较大。这主要是由于改进算法不但考虑了行车速度,还考虑了道路条件以及标志牌的信息量,理论更加全面充分,因此在进行作业区多车道(6车道)或高信息量( $m \geq 6$ )标志牌汉字高度设计时,建议采用改进算法计算的汉字高度值,根据汉字高度理论值给出的建议值见表5。

表5 文字类标志牌汉字高度建议值

Tab. 5 Character highly recommended values of text signs

行车速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	“国标”规定值	优化模型汉字高度建议值/cm			
		双向4车道		双向6车道	
		m=6	m=8	m=6	m=8
100~120	60~70	60~70	75~85	65~75	80~90
71~99	50~60	50~60	60~75	55~65	60~80
40~70	35~50	40~50	40~60	40~55	50~60
<40	25~30				

## 4 标志牌尺寸确定方法

文字类标志牌版面的设计要对所反映的文字信息进行最优排列组合,但目前中国还没有对高速公

路作业区文字类标志牌的尺寸进行统一规定,因此很难定量确定版面尺寸。若设计尺寸过大,会造成材料浪费,且在道路空间上使驾驶人产生压抑感;若设计尺寸过小,则驾驶人很难对信息进行清晰辨认,且与整个道路环境不协调,因此有必要给出合理的标志牌尺寸算法。

### 4.1 标志牌尺寸合理性研究

“国标”指出,道路标志尺寸根据汉字字高和排版确定,排版方式见表6,作业区文字类标志牌的尺寸可参照此规定。

表6 “国标”中标志牌文字排版的规定

Tab. 6 Provisions of the national standard signs typography

文字设置	与汉字高度 $h$ 的关系
字间隔	$>h/10$
笔画粗细	$h/14 \sim h/10$
字行距	$h/5 \sim h/3$
距标志边缘最小尺寸	$2h/5$

“国标”的算法充分考虑了版面尺寸与文字高度的对应关系,但“国标”的文字高度算法是以驾驶人对单个汉字的视认时间为基础推导得出,对作业区多文字标志信息的特性考虑相对较少,因此合理的文字高度算法显得尤为重要。优化的标志牌文字高度模型综合考虑了驾驶人视认特性、道路条件及标志信息量等因素,建议先采用文字高度优化算法计算出汉字高度,再用“国标”的汉字排版方式设计标志牌尺寸,这样既能保证视认要求,又能最大限度地利用标志牌版面。

以郑开大道(郑州—开封)及京港澳高速公路互通式立交工程下穿施工保通方案的典型标志牌为例进行试算,如图3所示,其中 $T$ 取13.1 m,字数 $m$ 取8,行车速度取120 km/h。



图3 标志牌示例

Fig. 3 Signs example

采取文字高度优化算法与标志牌版面尺寸“国标”算法相结合进行标志牌尺寸设计。首先,由式(11)计算标志牌文字高度 $h$

$$h = \frac{S}{200} = \frac{T \tan(90^\circ - \alpha)}{200} + \frac{mV}{1440} = 0.911 \text{ m}$$

然后由表6“国标”标志牌文字排版规定,计算得到标志牌的长度和高度为

$$a = 4h + \frac{h}{10} \times 3 + \frac{2h}{5} \times 2 = 4 \times 0.911 +$$

$$\frac{0.911}{10} \times 3 + \frac{2 \times 0.911}{5} \times 2 = 4.6$$

$$b = 2h + \frac{h}{3} + \frac{2h}{5} \times 2 = 2 \times 0.911 +$$

$$\frac{0.911}{3} + \frac{2 \times 0.911}{5} \times 2 = 2.85$$

式中: $a$ 为标志牌长度(长边,m); $b$ 为标志牌高度(短边,m)。

#### 4.2 标志牌尺寸标准化研究

为加快推行现代工程管理,把精细、规范、统一的科学管理应用到高速公路作业区施工过程中,应推进作业区文字类标志牌的标准化生产。根据高速公路作业区交通标志多文字信息的特点,本文给出了双向4车道、6车道高速公路作业区标志牌尺寸的建议值,见表7( $T$ 分别取9.9、13.1 m,字数 $m=6$ 、 $m=8$ ,双行文字排版)。

表7 高速公路作业区标志牌尺寸标准化建议值

Tab.7 Freeway work zone traffic signs size standard recommended values

计算行车速度/(km·h <sup>-1</sup> )			120	100	80	60	40	
汉字高度国标值/m			0.70	0.60	0.53	0.46	0.30	
双向4车道	$m=6$	汉字高度	理论值/m	0.685	0.601	0.518	0.435	0.351
			建议值/m	0.70	0.60	0.55	0.45	0.35
		标志牌尺寸 (长,高)	理论值/m	2.74,2.15	2.4,1.88	2.07,1.62	1.74,1.36	1.4,1.1
			建议值/m	2.7,2.2	2.4,1.9	2.1,1.6	1.7,1.4	1.4,1.1
	$m=8$	汉字高度	理论值/m	0.851	0.740	0.629	0.518	0.407
			建议值/m	0.85	0.75	0.65	0.50	0.40
标志牌尺寸 (长,高)		理论值/m	4.34,2.67	3.77,2.32	3.21,1.97	2.64,1.62	2.08,1.28	
		建议值/m	4.3,2.7	3.8,2.4	3.2,2.0	2.6,1.7	2.0,1.3	
双向6车道	$m=6$	汉字高度	理论值/m	0.744	0.661	0.578	0.494	0.411
			建议值/m	0.75	0.65	0.60	0.50	0.40
		标志牌尺寸 (长,高)	理论值/m	2.98,2.33	2.64,2.07	2.31,1.81	1.98,1.55	1.64,1.29
			建议值/m	3.0,2.4	2.6,2	2.3,1.8	2.0,1.6	1.6,1.3
	$m=8$	汉字高度	理论值/m	0.911	0.800	0.689	0.578	0.467
			建议值/m	0.90	0.80	0.70	0.60	0.45
		标志牌尺寸 (长,高)	理论值/m	3.64,2.85	3.20,2.51	2.76,2.16	2.31,1.81	1.87,1.46
			建议值/m	3.6,2.9	3.2,2.5	2.8,2.2	2.3,1.8	1.9,1.5

表7给出了不同行车速度、不同标志信息量条件下高速公路作业区文字类标志牌尺寸设计的建议值,能满足驾驶人的视认特性要求,综合考虑了行车速度、标志牌信息量和不同道路条件等因素的影响,解决了“国标”算法中影响因素考虑单一的问题,实现了高速公路作业区文字类标志牌尺寸设计的优化和统一。

由此得出:

(1)在设计作业区文字类标志牌时,先采用本文优化的文字高度算法计算出汉字高度,再用“国标”规定的汉字排版方式设计,这样既能保证驾驶人视认特性要求,又能最大限度地利用标志牌版面;

(2)本文在作业区文字类标志牌尺寸合理性研究的基础上,对标志牌尺寸进行标准化研究,实现了作业区文字类标志牌尺寸的统一。实际生产中可采

用本文给出的标志牌尺寸建议值进行标志牌尺寸设计,推进了作业区文字类标志牌的标准化生产。

## 5 结语

(1)分析了高速公路作业区文字类交通标志信息特性,发现作业区标志信息量明显高于正常路段,“国标”的文字高度模型是以驾驶人对单个汉字的视认时间为基础推导得出,驾驶人对汉字的感知、阅读理解时间 $t$ 取2.6 s,对驾驶人多文字整条信息理解特性考虑得较少,因此该模型是否适用于作业区多文字标志特性还有待验证。

(2)针对“国标”中文字高度模型存在的不足,本文以驾驶人的视认特性为出发点构建车辆行驶模型,进行多文字标志信息视认试验研究,发现当作业区标志牌字数 $m \geq 6$ 时,“国标”对汉字的感知、阅读

理解时间取 2.6 s,存在不合理性;本文推导出综合考虑作业区行车速度、道路条件以及标志信息量等因素影响下的汉字高度优化模型,进而能指导实际施工时作业区标志牌的尺寸设计。

(3)在道路较宽、标志牌信息量较大的情况下,汉字高度优化模型与“国标”中汉字高度模型相差较大,建议在作业区多车道(6车道)或高信息量( $m \geq 6$ )标志牌汉字高度设计时采用优化算法计算汉字高度值,再用“国标”中规定的排版方式进行标志牌尺寸设计,这样既能保证视认性要求,又能最大限度利用标志牌版面。

(4)以汉字高度优化模型为基础,实施了作业区文字类标志牌尺寸标准化研究,以双向4车道高速公路作业区常用标志牌为例给出了建议值,对于其他多车道高速公路作业区可参照本文方法给出相应建议值。该标准化研究实现了高速公路作业区文字类标志牌尺寸的统一,对于高速公路作业区行车安全性和服务水平的提高具有重要作用。

(5)本文主要针对高速公路双向4车道、6车道的多文字信息特性给出标志牌尺寸的建议值,当车道数更多、标志信息量更大、标志牌信息为非汉字时,还需根据驾驶人的视认特性及行为特性进行更深入的研究。

## 参考文献:

## References:

- [1] 于仁杰,马荣国,韩海,等.高速公路施工区限速标志位置确定方法[J].交通运输工程学报,2013,13(5):91-98.  
YU Ren-jie, MA Rong-guo, HAN Hai, et al. Determination method of speed-limit sign position in expressway work zone[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2013, 13(5): 91-98. (in Chinese)
- [2] 于仁杰,马荣国,王皓,等.公路施工作业区层级限速方案实施效果评价[J].长安大学学报:自然科学版,2014,34(3):106-112.  
YU Ren-jie, MA Rong-guo, WANG Hao, et al. Evaluation of implementation effects of level speed limit programs in highway work zone [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2014, 34(3): 106-112. (in Chinese)
- [3] 韦勇球,赵利苹,袁春建,等.高速公路改扩建交通组织仿真[J].长安大学学报:自然科学版,2012,32(4):38-43.  
WEI Yong-qiu, ZHAO Li-ping, YUAN Chun-jian, et al. Traffic organization simulation of expressway rebuilding project[J]. Journal of Chang'an University:

Natural Science Edition, 2012, 32(4): 38-43. (in Chinese)

- [4] 贾兴利,富志鹏,许金良,等.高速公路半幅封闭施工区限速标志效能试验[J].交通运输工程学报,2015,15(4):93-100.  
JIA Xing-li, FU Zhi-peng, XU Jin-liang, et al. Effectiveness test of speed-limit sign in one-way closed work zone for expressway[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2015, 15(4): 93-100. (in Chinese)
- [5] 彭余华,王晓玉,吕纪娜,等.基于服务水平的高速公路养护作业工作区长度确定方法[J].中国公路学报,2016,29(5):130-136.  
PENG Yu-hua, WANG Xiao-yu, LU Ji-na, et al. Length determination method for expressway maintenance work zone based on service level [J]. China Journal of Highway and Transport, 2016, 29(5): 130-136. (in Chinese)
- [6] ZELTNER K, RATANAPROEKSA P, GOLDSTEIN S, et al. Selected abstracts and reviews of the legibility literature [R]. Ann Arbor: University of Michigan Transportation Research Institute, 1988.
- [7] CHRYSLER S, CARLSON P, HAWKINS H. Night time legibility of ground-mounted traffic signs as a function of font, color and retroreflective sheeting type [R]. Arlington: Texas Transportation Institute, 2002.
- [8] MARTENS M H, FOX M. Does road familiarity change eye fixations? a comparison between watching a video and real driving [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology & Behaviour, 2007, 10(1): 33-47.
- [9] KIM T, LOVELL D J, HALL M, et al. A new methodology to estimate capacity for freeway work zones [R]. Washington DC: Transportation Research Board Annual Meeting, 2001.
- [10] AL-MADANI H, AL-JANAHI A R. Assessment of drivers' comprehension of traffic signs based on their traffic, personal and social characteristics [J]. Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, 2002, 5(1): 63-76.
- [11] OU Y K, LIU Y C. Effects of sign design features and training on comprehension of traffic signs in Taiwanese and Vietnamese user groups [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012, 42(1): 1-7.
- [12] HARASTHY T, OVSENIK L', TURÁN J. Detector of traffic signs with using hue-saturation-value color model [J]. Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering, 2013, 6(2): 21-25.
- [13] NG A, CHAN A H S. Investigation of the effectiveness of traffic sign training in terms of training meth-

- ods and sign characteristics[J]. Traffic Injury Prevention, 2011, 12(3): 283-295.
- [14] 郑安文, 牛倬民. 高速公路静态交通标志设置科学性分析[J]. 交通运输工程学报, 2002, 2(4): 49-53.  
ZHENG An-wen, NIU Zhuo-min. Scientific installation of static traffic signs on expressway[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2002, 2(4): 49-53. (in Chinese)
- [15] 黄凯. 指路标志极限信息量及汉字字高模型研究[D]. 北京: 交通部公路科学研究院, 2008.  
HUANG Kai. Study on ultimate information and the model of the height of the Chinese character in guide signs[D]. Beijing: Research Institute of Highway of Ministry of Transport, 2008. (in Chinese)
- [16] 熊燕, 魏中华, 郭瑞利, 等. 中外道路交通标志设置的差异性研究[J]. 交通标准化, 2013(4): 82-85.  
XIONG Yan, WEI Zhong-hua, GUO Rui-li, et al. Research on differences of road traffic signs setting between China and foreign[J]. Transportation Standardization, 2013(4): 82-85. (in Chinese)
- [17] 王建军, 王娟, 吴海刚. 道路交通标志信息过载阈值研究[J]. 公路, 2009(4): 174-180.  
WANG Jian-jun, WANG Juan, WU Hai-gang. A study on threshold value of traffic sign information overload[J]. Highway, 2009(4): 174-180. (in Chinese)
- [18] 马勇, 付锐. 驾驶人视觉特性与行车安全研究进展[J]. 中国公路学报, 2015, 28(6): 82-94.  
MA Yong, FU Rui. Research and development of drivers visual behavior and driving safety[J]. China Journal of Highway and Transport, 2015, 28(6): 82-94. (in Chinese)
- [19] 侯德藻, 黄凯, 韩文元. 基于驾驶员认知特性的汉字指路标志字高模型研究[J]. 公路交通科技, 2010, 27(3): 142-146.  
HOU De-zao, HUANG Kai, HAN Wen-yuan. Study on Chinese character height model for traffic guide signs based on perceive characteristics of Chinese drivers[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2010, 27(3): 142-146. (in Chinese)
- [20] 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. (in Chinese)
- [21] 姜军, 陆建, 李娅. 基于驾驶人视认特性的城市道路指路标志设置[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2010, 40(5): 1089-1092.  
JIANG Jun, LU Jian, LI Ya. Setting of road guide signs based on driver's recognition characteristics[J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2010, 40(5): 1089-1092. (in Chinese)
- [22] GB 5768—2009, 道路交通标志和标线[S].  
GB 5768—2009, Road traffic signs and markings[S]. (in Chinese)

(上接第 70 页)

- [11] 王洪欣, 查晓雄, 宋瑞强. 集成房屋的抗火性能及不同板材对其抗火性能的影响[J]. 工业建筑, 2009, 39(5): 106-109, 127.  
WANG Hong-xin, ZHA Xiao-xiong, SONG Rui-qiang. Fire resistance performance of modular house and the effect of different sandwich panels[J]. Industrial Construction, 2009, 39(5): 106-109, 127. (in Chinese)
- [12] GUO J L, DU Q, LU L. Application of rock-wool in outer-wall external thermal insulation system[J]. Advanced Materials Research, 2013, 753/755: 512-515.
- [13] 谭丹君, 王莹, 王鹏起, 等. 我国岩棉不燃型外墙外保温材料的应用与存在问题[J]. 新型建筑材料, 2011(11): 35-37.  
TAN Dan-jun, WANG Ying, WANG Peng-qi, et al. The application and problem of rock wool used in exterior wall external insulation system in China[J]. New Building Materials, 2011(11): 35-37. (in Chinese)
- [14] 杜强, 姚星皓, 吕晶. SIPs 中 EPS 芯材的力学性能试验研究[J]. 重庆大学学报, 2014, 37(7): 90-97.  
DU Qiang, YAO Xing-hao, LU Jing. An experimental study on mechanical properties of EPS in SIPs[J]. Journal of Chongqing University, 2014, 37(7): 90-97. (in Chinese)
- [15] GB/T 11835—2007, 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品[S].  
GB/T 11835—2007, Rock wool, slag wool and its products for thermal insulation[S]. (in Chinese)
- [16] BS EN 1607—1997, Thermal insulating products for building applications; determination of tensile strength perpendicular to faces[S].
- [17] BS EN 826—1996, Thermal insulating products for building applications; determination of compression behavior[S].
- [18] BS EN 12090—1997, Thermal insulating products for building applications; determination of shear behavior[S].