

交通标志汉字视认性的研究

张伯明^①

(交通部公路科学研究所 北京 100088)

提要 本文论述了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。

关键词 交通标志 汉字 视认性

The Identification of the Chinese Characters in Traffic Signs

Zhang Boming

(Research Institute of Highway, the Ministry of Communications, Beijing)

Abstract Some primary factors affecting the identification of the Chinese character in traffic signs, such as: the style of Chinese character, the height to-width ratio of characters, the number of strokes, the utilization frequency, space between characters, a row spacing and so on are described in the article. A formula is proposed to calculate the height of Chinese characters in the traffic signs by means of the correlation between the identification of standard visual target chart E and the identification of Chinese character; the minimum distance of identification is also determined by the measurement of the minimum identification time. The results will provide a theoretical basis for the design of freeway traffic signs with Chinese Characters.

Key Words Traffic signs Chinese character Identification

1 概述

随着道路交通的飞速发展,我国正大规模地兴建高速公路,因此道路交通标志越来越受到重视。使用道路交通标志的目的是为了告知道路使用者注意交通规则、道路危险地段、识别道路特性,并为选择道路提供必要信息。

高速公路上的指路标志主要是引导驾驶员按传递的信息(方向、地点、距离)正确行驶。因

^① 参与该项研究工作的还有:交通部公路科学研究所张玉珍,北京师范大学心理学系孟庆茂。

此交通标志必须根据信息长度、字形大小及正确认读所需的时间来进行设计。其中字形的大小直接影响标志的易读性,对驾驶员的安全行驶至关重要。

虽然国外有关研究人员曾对交通标志的可见性和易读性作过广泛研究,并提出了相应的标准,但是,由于国外的文字以拼音文字为主,与汉字的认读有着本质的不同,因此,在制定我国交通标志技术标准的过程中,国外的标准只能作为参考,还必须研究我国驾驶员在高速行驶时对交通标志汉字的视认性,尤其是汉字字体、字高、笔画粗细、高宽比等对易读性的影响,行驶速度与视认距离之间的关系,为交通标志的设计提供理论依据。

2 汉字特性对视认性的影响

在高速行驶的条件下,如何正确地完整地获取交通标志所提供的信息,直接关系到行车的安全性。

2.1 汉字字体对视认性的影响

汉字字体有很多种,我们生活中常见的汉字字体有宋体、仿宋体、黑体、楷体等。不同的字体对汉字的认读性有着明显的影响。

国内心理学家根据不同字体的细节尺寸和视觉系统对其分辨的能力进行过认读试验,其结果是黑体字的认读效果较好。为此,我们选择了三种不同宽高比的黑体汉字进行正确辨认率试验,其结果见表1。

不同宽高比汉字的正确辨认率 表1

宽 高 比	1 : 1	1 : 1.36	1 : 1.62
正确辨认率 (%)	89.8	76.6	70
相对正确辨认率 (P_1)	1	0.853	0.781

从表1中可以看出,当字高一定时,文字的宽度越窄,它的辨认率即认读性越差。

2.2 汉字笔画数对视认性的影响

汉字的笔画数对其正确认读有着显著影响,笔画越多,字结构越复杂,对其字的各部分辨认也就越难;反之,笔画越简洁,则比较容易辨认。我们把所选的153个汉字分类,以5~10笔画数的汉字为基准进行认读试验,其结果见表2。

汉字笔画数对正确辨认的影响 表2

笔 画 数	2~4 画	5~10 画	10 画以上
正确辨认率 (%)	83.3	55.4	39.2
相对正确辨认率 (P_2)	1.5	1.0	0.71

从试验可知,汉字的笔画越少,其认读的正确性越高。

2.3 汉字的笔画粗细对视认性的影响

汉字的笔画粗细对汉字认读也是十分重要的,这里所指的笔画粗细是相对于汉字的高度而言。由于一定字高的汉字,相对应一定的笔画粗细,因此我们人为地使汉字的笔画加粗或变细,使其与字高成10:0.8,10:1和10:1.2的比例。通过试验证明这一变化对汉字的认读也产生一定的影响。结果见表3。

不同笔画粗细对正确辨认率的影响 表3

字高,笔画宽度	10 : 0.8	10 : 1.0	10 : 1.2
正确辨认率 (%)	51.6	56.7	55.8
相对正确辨认率 (P_3)	0.91	1.0	0.98

试验表明,其差异并不十分明显,我们选取10:1.0为基准。

2.4 汉字使用频率对视认性的影响

通常人们对一些大中城市的名称比较熟悉,而对高速公路沿线的一些地名却很少知道,这主要是这些地名的字频较低,因此这些地名出现在交通标志牌上必然影响驾驶员的认读。

我们以“词频词典”公布的数据为依据选取了 153 个汉字,按使用频率进行分类,并进行正确辨认率测试,其结果见表 4。

不同使用频率对正确辨认率的影响 表 4

字频	高频	中频	低频
	0.09 以上	0.01~ 0.001	0.001 以下
正确辨认率(%)	68.68	55.86	48.40
相对正确辨认率(P_r)	1.23	1.0	0.87

3 汉字高度的确定

驾驶员对指路标志中汉字的认读,

除了受汉字本身的特性影响之外,还应考虑以下一些因素:

3.1 驾驶员的视力(含矫正视力)

根据国外有关交通规则,驾驶员的视力不得低于 0.7,否则不发给驾驶执照。因为视力低于 0.7,容易造成驾驶员判断失误而引起交通事故。

根据医学上的规定,0.7 视力意味着能看清 5 m 远处视力表上 0.7 这一行上的视标(视标有两种:C 字与 E 字),其视标细节(缺口)为整个视标的 1/5,在视网膜上成象的视角大小为 $1.43'$,实际大小为 2.08 (mm),而整个视标大小为 $5 \times 2.08 = 10.4$ (mm)。同理,当视力为 1.0 与 1.5 时,其对应的视角、视标大小见表 5。

不同视力在 5m 远处认读视标

所对应的视角、视标 表 5

视 力	0.7	1.0	1.5
视角($'$)	1.43	1	0.67
视标缺口 (mm)	2.08	1.46	0.97
视标(mm)	10.4	7.3	4.85

3.2 行驶车速

上面所论述的是被试在静止状态下的视力。然而,驾驶员在高速公路上行驶时的注视点往往在道路前方距离较远处,且随着行驶速度的增加,此距离有所增大,因而驾驶员对交通标志中汉字的注视时间也随之变短。我们在室内试验时,通过变化视标呈现时间来达到这一要求。实验设计了五种呈现时间:0.1 s;0.2 s;0.5 s;1.0 s;2.0 s。要求被试在 5 m 远处注视“速示器”中出现的 E 字标。视标的亮度背景为 2 尼特。视标 E 按 1.5~0.1 的顺序呈现,同一种视力水平的视标缺口按四个方向随机呈现,如果 4 次中有 3 次以上答对,即正确辨认率达 75% 以上,可认为被试具有该水平的视力,

测试结果见表 6。参加测试的人数为 18 人,年龄在 17~54 岁,男女人数相近,文化程度为初中、高中及大学。视力为 1.5 者 10 人,1.2 者 6 人,1.0 者 2 人,平均视力 1.34。视力为 1.5 的被试中有 5 人为矫正视力。

不同呈现时间对视力的影响

表 6

呈现时间(s)	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
平均视力	0.73	0.894	1.057	1.194	1.33
相对视力	0.541	0.672	0.795	0.898	1.00

在呈现时间为 2 s 的情况下,各被试均达到了自己的最高视力水平。

3.3 汉字认读与视标辨认之间的关系

由于汉字结构的复杂性,对它的认读要比辨认 E 视标困难得多。为了寻求在一定视力水平条件下,汉字认读与视标认读之间的数量关系,我们进行了以下试验。

在视标 E 呈现 0.2 s,2 s 的条件下,让被试在 5 m 远处辨认,另在呈现时间为 0.2 s 的

条件下辨认汉字(采用的汉字仍是前面试验中所选的 153 个)。每个汉字各有三种宽高比 (1:1, 1:1.36, 1:1.62), 1:1 汉字的实际高度为 20 mm, 汉字为绿底白字, 亮度为 2 尼特, 用速示器显示, 各种系统误差通过平衡循环法来消除。采用被试内设计, 为控制汉字在被试视网膜上的成象, 使其所成的视角相同。其视角大小分别为 17.2' ($\alpha=0.005\text{ rad}$), 13.8' ($\alpha=0.004\text{ rad}$), 11.46' ($\alpha=0.0033\text{ rad}$)。因此, 对应三种比例的汉字, 在某一视角条件下就有三种对应的观测距离, 其试验结果见表 7。

不同视角对 153 个汉字的正确辨认率 表 7

视角	17.2'			13.8'			11.46'		
汉字宽高比	1:1	1:1.36	1:1.62	1:1	1:1.36	1:1.62	1:1	1:1.36	1:1.62
观测距离 (m)	4	5	6	4.7	5.9	7.1	5.5	6.9	8.3
正确辨认率 (%)	89.8	76.6	70.5	56.2	48.8	34.1	30.5	27.1	18.4

从表 7 中可以看出, 只有当汉字所形成的视角为 17.2', 宽高比为 1:1 及 1:1.36 两种字形的正确辨认率达到 75%, 而且, 正确辨认率随着视角的变小而变小。宽高比为 1:1 的正确辨认率相对较高。

此外, 被试对视标 E 的辨认结果与上述呈现时间对视力影响的试验所得结果基本相同。即在呈现时间 2 s 时被试均达到最佳视力水平, 在呈现时间为 0.2 s 时, 相对视力为 0.675。因此, 该试验进一步验证了前面试验的正确性。

根据表 6, 当呈现时间为 0.2 s 时, 绝对视力相当于 0.894, 被试是在 5m 远处进行辨认的, 此时整个视标的大小为 $h=\alpha \cdot D=\alpha \times 5000 \times 5=8.134(\text{mm})$, 其视角

$$\alpha=\frac{1}{A}=\frac{1}{0.894} \times \frac{1}{60} \times \frac{\pi}{180}.$$

由于 $\alpha=17.2'$, 宽高比为 1:1 时的汉字辨认率达 89.9%, 因此, 可认为它与视标辨认基本相似。因为视标辨认规定: 75% 以上正确辨别的视标所对应的视力为被试的绝对视力。所以在 4 m 处能分辨 20 mm 高的汉字, 在 5 m 处能辨认字高为 $20/4000 \times 5000=25(\text{mm})$ 的汉字。这就是说, 在 5 m 远处辨认 8.134 mm 高的视标 E 与辨认 25 mm 高的汉字具有相同效果。因此, 汉字辨认与视标辨认换算常数 $C=25/8.134=3.0735$ 。

3.4 汉字认读的感知、理解时间

驾驶员对汉字的认读, 除了与汉字高度有关外, 还与认读标志的时间有关。只当有足够的感知和阅读时间, 才能保证正确辨认交通标志, 达到安全行驶的目的。

对汉字的辨认反应时间要比只对一个简单的光刺激的反时间长得多, 它除了感知之外, 还有一个理解过程, 其内部历程加长, 反应时间也随之加长。此外, 汉字的其它特点也影响其认读。因此, 为了控制这些因素, 我们仍选前面试验的 153 个不同结构、不同笔画数、不同使用频率的汉字。通过试验发现, 其辨认反应时不受呈现时间的影响, 也就是说, 为了得到感知, 呈现时间达到 0.2 s 即可提供足够的信息量。对这些汉字的平均辨认反应时间为 $\bar{x}=1320(\text{ms})$, 标准差为 $S=590(\text{ms})$ 。若取 95% 的置信度, 则对汉字的辨认时间为: $1320+1.96 \times 590=2\ 476(\text{ms})$ 。

为了进一步验证上述结果的可靠性, 我们还进行了不同笔画粗细的汉字对辨认反应的影响试验。试验发现: 不同笔画粗细的汉字对辨认反应时间无显著差异。综合考虑这两个试验,

得到平均辨认反应时间为 $\bar{x}=1\,342(\text{ms})$, $S=615(\text{ms})$ 。考虑 95% 的置信度, 则对汉字的辨认反应时间为 $1\,342+1.96\times 615=2\,542(\text{ms})$, 这一反应时间包括: 对汉字的感知、阅读、理解、语音的反应时间。

通过专门的试验可知, 手动反应时间与语言反应时间相差 115(ms) 左右, 感知信号和手动反应时间为 211(ms), 感知信号和语言反应时间为 326(ms)。因此, 对汉字的理解时间为:

$$2\,542 - (326 - 100) = 2\,316$$

(ms)。其中 100 ms 为语言反应时间中包含的感知时间。

又根据实验心理学的研究, 反应时间随选择的对象数目的不同而变化, 其变化见表 8。

选择数目与反应时间的关系 表 8

选 择 数 目	1	2	3	4	5	6	7	8
反应时间 (ms)	187	316	364	434	487	532	570	603
需增加时间 (ms)	0	129	177	247	300	345	383	416

通常道路交通标志上有好几个地名, 驾驶员只能选择其中之一进行加工分析, 因此驾驶员对指路标志上地名的选择不是简单反应时间。根据驾驶员辨认反应时间的研究, 驾驶员对路面状况的辨认反应相当于对 5 个选择数目的辨别反应时间, 因此驾驶员除对标志中若干地名的选择之外, 还必须注意道路上复杂的交通情况。选择数目增多, 反应时间增长。通常需在对一个汉字的简单辨认时间的基础上, 再加选择反应数目 5 个时所需要的时间 300 ms。故对指路标志牌上汉字的感知理解时间应为 $2\,316+300=2616\text{ ms}$ 。

3.5 汉字绝对大小的计算

根据几何原理, 汉字大小可根据公式: $h=\alpha \cdot D$ 来得到。式中: α 为视角, 以 rad 表示; D 为视认距离, $D=v \cdot t$, 式中: v 为汽车行驶速度, t 为标志汉字认读的感知时间。因此, 汉字高度的计算公式为:

$$h = \frac{1}{A_{\text{绝对}} \times A_{\text{相对}}} \times \frac{\pi}{180 \times 60} \times v \times t \times 5 \times C \quad (1)$$

如考虑汉字特性对交通标志的认读的影响, 则汉字高度的计算式应为:

$$H = P \cdot h \quad (2)$$

式中: $P=P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4$, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 分别表示不同宽高比、笔画数、笔画粗细、使用频率对

汉字认读的影响系数, 其取值分别见表 1、表 2、表 3、表 4;

h ——修正前的汉字高度(m)

v ——车速(km/h);

C ——汉字与视标的转换系数;

t ——认读、理解所需时间(s);

$A_{\text{绝对}}$ ——认读汉字时的绝对视力;

$A_{\text{相对}}$ ——认读汉字时的相对视力。

将式(2)简化得:
$$H = \frac{v \cdot t \cdot C}{687 \cdot 55 \times A_{\text{绝对}} \times A_{\text{相对}}} \quad (3)$$

根据上式, 计算得不同速度下的汉字高度, 其结果见表 9。与之相反, 若我们假设汉字字高分别为 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 则根据公式

$$h=\alpha \cdot D, \text{ 可得 } D=h/\alpha, \text{ 因此, } D=h \times 687.55 \times A_{\text{绝对}} \times A_{\text{相对}}/C。$$

其计算果见表 10。

不同速度与视力条件下交通标志中

汉字字高(m) 表 9

速度(km/h)	120	100	80	60
视力(绝对)				
1.5	0.385	0.321	0.257	0.193
1.0	0.576	0.48	0.384	0.288
0.7	0.824	0.686	0.549	0.412

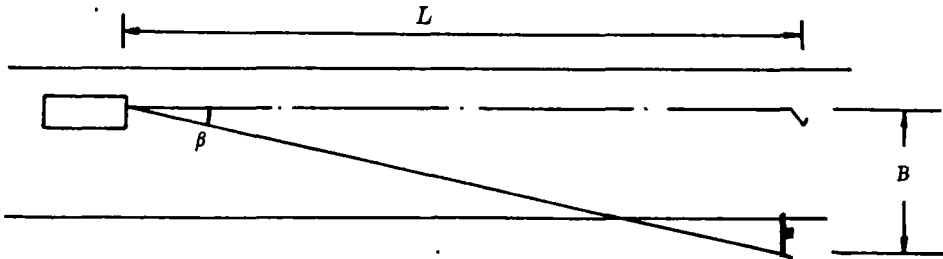
不同字高所对应的视认距离

(m) 表 10

字高(cm)	40	50	60	70	80
视力(绝对)					
1.5	134.2	167.7	201.3	234.9	268
1.0	89.5	114.4	133.7	156.6	179
0.7	62.6	78.2	94	109.6	125.3

根据人类工效学及心理学的研究,若眼球不同,视力有效范围为 6°,若允许眼球运动,则视力的有效范围为 18°,如果允许头部也动,视力有效范围可达 36°。而驾驶员在高速行驶时,往往通过眼睛一瞥来认读交通标志中的内容,而不是通过头部移动来实现的。因此,我们取视力的有效范围为 2×18°。则标志的消失距离应为:

$$L=B/\text{tg}\beta$$



其中 $\beta=18^\circ$, B 的取值与标志牌的大小、车道数有关,在进行野外试验时,我们取 B 值为 14.2m。因此, $L=14.2/\text{tg}18^\circ=43.7\text{m}$ 。根据表 10 中的视认距离减去消失距离,即为有效视认距离。其结果见表 11。

不同字高的有效视认距离(m) 表 11

字高(cm)	40	50	60	70	80
视力(绝对)					
1.5	90.5	124.4	157.5	191.2	224.3
1.0	45.8	70.7	90.0	112.9	135.3
0.7	18.9	34.5	50.3	65.9	81.6

要使驾驶员在有效距离内看清标志上的内容,必须保证其行驶时间在 2.6 s 以上,才能满足要求。

在表 11 所列的有效视认距离中,当标志字高为 60 cm 时,视力为 1.0 以上的驾驶员都可在时速 120 km/h 时运行 2.6 s 以上,这一时间完全可以使驾驶员对标志上的汉字进行感知、理解并能开始执行标志所示内容。只有在驾驶员视力为 0.7 时,运行时间为 1.6 s。根据驾驶员反应时的试验,呈现时间为 0.2 s~2 s,对其辨认反应时间没有显著差异,故在视力为 0.7 时,在有效视认距离内能发现多个 0.2 s。因此是可以对信息进行加工处理的。

4 交通标志汉字设计的应用

由于道路交通标志在野外使用时不仅受到自然环境因素的影响,还受到交通条件的制约,因此,通过室内试验模拟得到的汉字设计方法必须经过实际应用来验证,进一步修正室内试验所得结果。

为此我们仍采用室内试验中所用的汉字,从中选取 36 个汉字组成 16 个地名,其中有四个地名由 3 字组成,其余地名由 2 字组成。并将这些地名分成四组,每组包含三个 2 字地名,一个 3 字地名。四组地名的字高分别为 40 cm,50 cm,60 cm,70 cm。

试验在京石公路的内测车道进行,外侧车道照常开放交通,交通标志设置在路侧。试验时,京石路的交通量较大,时常有汽车遮挡被试的视线,影响认读,所以这种条件下所获得的试验结果与实际情况更为接近。不利的是行驶速度难于严格按照预先安排的速度(60 km/h、80 km/h、100 km/h、120 km/h)进行,其试验结果见表 12。

认读距离与字高、速度之间的关系

表 12

车速(km/h) 字高(cm) 认读距离(m)	60	80	100	120	$\bar{X}$	标准差 S	$\bar{X}-1.96 \times S$
40	124.0	116.0	109.0	94.0	112.1	37.9	39.8
50	150.0	127.0	121.0	116.0	128.0	43.6	42
60	179.0	142.6	130.0	130.0	140.0	38.0	66
70	149.0	144.0	188.0	142.0	152.1	35.7	82

表中的认读距离为被试读完标志内容时到交通标志的距离。在统计时考虑 95% 的置信度。从表中可以看出,标志上的字高为 40 cm 和 50 cm 时认读距离为 39.8 m 和 42 m,均小于消失距离 43.7 m。并且参加试验的驾驶员的平均视力为 1.3。因此,从试验可以看出,当标志中的汉字高度在 40~50 cm 时,至少有 5% 以上的驾驶员辨认不清。另一方面,我们对速度为 120 km/h 条件下所测得的数据进行单独分析发现,其结果与表 12 的趋势相符,因此,对高速公路,指路标志的汉字采用 60 cm 是合适的。

5 结论

本文根据几何学原理,通过室内和室外试验,利用汉字认读与视标认读之间的转换关系,得到高速公路交通标志中汉字字高的计算公式,为高速公路指路标志设计提供理论依据,可使道路使用者在高速行驶的情况下,能迅速、正确地认读标志上的各种信息,从而减少不必要的停车、绕行和错向行驶问题,缩短行驶时间,节省能源,同时也提高了高速公路的通行能力,减少交通事故。由于影响交通标志认读的因素很多,除了上面论述的一些因素以外,还有其它一些影响因素,例如:亮度、对比度等,并且这些因素有综合作用,有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 任福田. 交通工程导论. 北京:中国建筑工程出版社,1987.
- [2] 郝保源. 实验心理学. 北京大学出版社,1987.
- [3] 喻桐林. 汉字知觉. 心理科学,1984(5).
- [4] TRRL, RESEARCH REPORT 167, Comprehension of traffic Signs by drivers & Non-drivers.
- [5] FHWA/RD-86/111 • Motorist's Comprehension of Regulatory, Warning & Symbol signs.
- [6] ARRB Proceedings Visual Aspects of Road Engineering volume 6, Part 1.