

公路反光标志夜间可见性研究^{*}

唐 贾 梅

(交通部公路科学研究所 北京 100088)

摘要 通过野外试验,研究反光标志夜间可见性,确定标志最佳反光亮度比以及驾驶者年龄与视认距离的关系,从而验证和补充了“七五”攻关项目在字高方面的研究。

关键词 野外试验 反光标志 夜间 视认性

Research on the Nighttime Visibility of Highway Retroreflective Signs

Tang Chengcheng Jia Mei

(Research Institute of Highway, Beijing)

Abstract Research on the nighttime visibility of highway retroreflective signs was carried out by means of the field tests. The optimum luminance contrast of signs and the relation between driver's age and the visibility distance were determined, so that the previous research on the height of Chinese characters was verified and complemented.

Key words Field test Retroreflective sign Nighttime Visibility

1 研究目的和意义

交通标志的主要功能是向道路使用者提供警告、禁令、指示、诱导信息,以达到交通顺畅、安全、低公害和节约能源的目的。高速公路上的导向标志系统,是道路使用者获取方向、地点、距离等信息的主要依靠。驾驶人员根据完整的信息系统行驶,可以避免问路而延误时间,不走错路而直达目的地。在高速行驶条件下,如何正确、完整地捕获有效信息,除合理设置标志,重复显示一些重要信息以外,一个非常重要的问题,就是标志的可见性和易读性,特别是夜间反光标志良好的可见性。

影响标志可见性的因素很多:与汽车性能有关的因素,与人有关的因素,与标志本身有关的因素,与气候条件有关的因素,与道路条件有关的因素等等。所有这些因素相互作用,使标志视认性问题变得非常复杂。本文重点研究规定车速下不同类型反光膜组合标志的最佳反

^{*} 本研究自始至终都得到杨久龄、奚必仁的支持与指导,试验中试验场彭思义也给予很多帮助,在此表示感谢!

收稿日期 1997-04-08 第一作者:女,1970年生,工学硕士

光亮度比及标志的合理可读距离,并探讨标志尺寸、反光亮度性能、视认距离等之间的关系

研究成果可为合理选用不同类型反光膜组合及指路标志合理设置提供科学依据,同时为高速公路指路标志夜间合理可读距离的确定和标志板面合理尺寸的确定提供试验验证数据。这为充分发挥高速公路指路标志的作用,提高高速公路夜间的安全服务水平,减少事故发生,提高通行能力作出有益的贡献。因此,本研究的意义非常重大。

2 研究内容和方法

2.1 研究内容

- (1) 不同类型反光膜组合标志的最佳反光亮度比的确定。
- (2) 高速公路指路标志夜间合理可读距离的确定
- (3) 高速公路指路标志汉字高度的验证

2.2 试验条件

(1) 试验场地 试验在交通部公路所综合试验场的摩 B路上进行。试验路直线段全长 2 37km,双向两车道,两车道间用黄线分隔,道路中部有加宽段,加宽段部分路侧有护栏,并有附着式轮廓标。标志置于加宽段道路两侧,朝向行车方向,试验车在起点开始加速,根据试验车的加速性能,大约行驶 600m左右车速可达 120km / h。试验时,试验车在加速到 120km / h后,开始注视标志,在看清标志内容前,车速可稳定相当长一段时间。因此标志设置于加宽段足以满足试验要求。试验车读完标志后,继续往前开并减速,直到回转处调头后,马上加速到 80km / h速度,开始认读另一标志。试验路上除原先设置的几块标志以外,没有其他干扰,路线平直。

(2) 被试 这次试验聘请 39名职业司机参加,其中女司机 3名。司机视力在 1.0以上,文化程度最低初中,年龄分布如表 1

被试年龄分布 表 1

年龄段	被试人数	平均年龄
21~ 30	5	26.8
31~ 40	18	34.8
41~ 50	10	42.7
51~ 60	2	56

(3) 试验标志 试验行驶速度为 80km / h和 120km / h,试验标志的尺寸由汉字个数和字高确定,见表 2

试验标志尺寸

表 2

速度	汉字个数	汉字高	笔划粗	试验标志尺寸
80km /h	3	50cm	5cm	2.4× 1.2m
120km /h	3	70cm	7cm	3.36× 1.68m

试验标志共 26块,每块 3个汉字。汉字使用频率、字的笔画数、结构等对辨认都有影响。在选择汉字时,根据以下几个原则: (1) 选用字频相当的汉字。(2) 所选汉字结构和笔划数一致。同时,还要注意字的词性,字的前后不能组合成词。这样,每块标志的认读难易程度没有明显的差异,在认读时每块标志的难易程度大致相等。

(4)测试仪器 试验中采用的主要仪器为非接触式测速仪 (Non-contact speedometer),测距读数至 0.1m

2.3 试验组织

- (1) 试验标志用反光材料的颜色一律采用绿底白字,以满足高速公路指路标志的要求。
- (2) 试验标志用反光膜的等级包括: 工程级、超工程级、高强级、钻石级。试验标志用反射器为直径 1.5cm的圆形反射器,反射器中心间距约为 5cm

(3) 为测试各种反光膜组合的视认效果,对各种反光膜等级的文字和底色进行组合,见表 3

(4) 试验开始前由主试人员向被试人员讲解试验目的、步骤、注意事项、安全规则

2.4 试验方法

(1) 准备工作

把试验标志拉到指定地点,清查标志,并清洁标志面。立好支架,随机安装标志,试验车安装测速仪。试验由专人统一指挥。

试验指挥与立标志地点之间报话机联络。一组试验完了以后,由总指挥通知更换标志,标志安装完毕即向总指挥报告。被试分甲、乙两车编号,试验按编号依次进行。

(2) 试验步骤

试验车安装非接触式测速仪后,开启电源。被试发动汽车,准备驾车行驶。主试坐在副驾驶位置,手持遥控器,注视测速仪记录设备。试验车停在指定位置。待试验指挥下达试验开始命令后,试验车加速,当车速达到 120km/h 后稳住车速,被试读标志。当被试读出标志内容时,主试用遥控器启动距离感知器,仪器即自动记录距离。主试则同时记录被试编号和标志内容。被试回答正确,则记录试验车通过标志时距离感知器测得的距离。读标志内容不正确则试验无效。试验车继续前行,并开始减速,直到回转处,试验车调头,开始另一块标志的试验。试验车加速到 80km/h 后稳住车速,被试应尽早注视试验标志。当被试读出另一块标志内容时,主试启动距离感知器,直到试验车通过标志时,记录其距离。两辆试验车巧妙安排,依次进行。

3 试验结果及分析

3.1 反光膜组合的视认效果

各试验标志反光膜组合 85% 视认距离表 3

编 号	字 (白) 底 (绿) 反光膜级别	85% 视认距离 (m) (位次)	
		240< 120 (cm)	336< 168 (cm)
1	工程级 /工程级	52.9 (12)	86.7 (11)
2	超工程级 /工程级	53.3 (11)	96.4 (6)
3	二级钻石 /工程级	63.4 (4)	89.7 (8)
4	高强级 /工程级	55.3 (10)	88.6 (10)
5	高强级 /超工程级	58.7 (8)	97.1 (5)
6	高强级 /高强级	62.0 (5)	89.2 (9)
7	二级钻石 /高强级	74.3 (2)	108.0 (2)
8	二级钻石 /二级钻石	59.7 (6)	92.2 (7)
9	一级钻石 /一级钻石	76.4 (1)	98.4 (4)
10	一级钻石 /二级钻石	71.2 (3)	109.8 (1)
11	超工程级 /超工程级	59.0 (7)	102.2 (3)
12	反射器 /工程级	57.3 (9)	74.4 (13)
13	反射器 /绿漆	52.1 (13)	86.7 (12)

夜间, 驾驶者驾车在高速公路上行驶, 由于车灯照射及标志反光膜的逆反射性能, 在很远的地方就能发现标志, 当到达一定距离时, 可以判读标志内容, 这一点叫做始读点。从始读点到标志的距离即为视认距离。

在试验的全部被试中, 有 85% 的人都能够看清标志时的距离, 称为 85% 视认距离。也就是全部被试按其视认距离从大到小排序, 视认距离分布曲线中累积频率为 85% 时相应的视认距离即为 85% 视认距离。试验标志的 85% 视认距离列于表 3

可以看出, 在我们试验的 13 组标志中, 小尺寸标志视认性较好的组合是: 一级钻石 (字) 一级钻石 (底), 二级钻石 高强级, 一级钻石 二级钻石; 大尺寸标志视认性较好的组合是: 一级钻石 二级钻石, 二级钻石 高强级, 超工程级 超工程级 这次试验标志由于字较大, 笔划不很复杂, 未产生光渗现象, 较有利于高亮度反光标志的认读。

3.2 被试年龄与视认距离

参加这次试验的被试中, 21~ 30 岁的有 5 人, 平均年龄 26.8 岁, 45 岁以上有 5 人, 平均年龄 50.2 岁, 将这两个年龄组的视认情况作比较, 见图 1 图 2

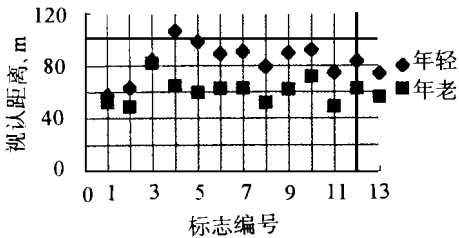


图 1 240×120cm 标志不同年龄组的视认距离

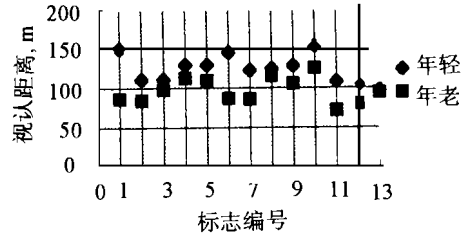


图 2 336×168cm 标志不同年龄组的视认距离

由图可见, 年老组的视认距离明显低于年轻组, 这主要是由于个人视力及认识功能的差异。相同量的光到达不同人眼中由于视力及认识功能的差异会产生不同的亮度接收程度。随年龄的增长, 视力对对比度越来越不敏感, 心理学方面的有关研究表明, 14~ 20 岁这个阶段视敏度最高, 20~ 40 岁视敏度较稳定, 40 岁以后视敏度逐步下降, 65 岁以后发生急剧下降。

Chrysler 收集的野外试验数据表明: 光亮计所测得的试验标志的亮度值相同时, 年老驾驶者的视认距离是年轻驾驶者的 65%。其试验中, 年轻被试的年龄从 19~ 25 岁, 平均年龄为 22.5 岁, 年老被试的年龄从 53~ 75 岁, 平均年龄是 65.6 岁。

这次试验中, 年老和年轻的被试年龄尽管没有这样显著的差别, 但也足以说明由于年龄增大而导致视敏度降低。由于年老驾驶者夜间看东西没有年轻驾驶者看的清楚, 因此, 应该提高标志亮度, 增大标志尺寸等, 以使老年驾驶者在标志认读时不至于感到困难。随着我国交通运输事业的发展及全民健康水平的提高, 我国驾驶者的老龄化问题也会逐步突出, 制定一定的政策辅助和方便老龄驾驶者非常必要的。

3.3 标志的最佳反光亮度比

根据对标志板的逆反射系数的现场测试, (920 型逆反射系数测量仪) 在入射角为 -4° , 观察角为 0.2° 条件下, 测定结果见表 4

试验标志反光膜逆反射系数测定值

表 4

序 号	反光膜	标志尺寸 (cm)	逆反射系数 (cd/lx° m ²)		逆反射系数比
			字 (白)	底 (绿)	
1	工程级 /工程级	240× 120	106. 0	11. 2	9. 5∶ 1
		336× 168	112. 5	12. 0	9. 4∶ 1
2	超工程级 /工程级	240× 120	161. 8	26. 7	6∶ 1
		336× 168	183. 2	27. 8	6. 6∶ 1
3	二级钻石 /工程级	240× 120	493. 0	13. 4	36. 8∶ 1
		336× 168	462. 3	12. 4	37. 3∶ 1
4	高强级 /工程级	240× 120	309. 2	28. 8	10. 7∶ 1
		336× 168	312. 3	30. 5	10. 2∶ 1
5	高强级 /超工程级	240× 120	317. 2	36. 4	8. 7∶ 1
		336× 168	316. 6	41. 3	7. 7∶ 1
6	高强级 /高强级	240× 120	294. 8	66. 0	4. 5∶ 1
		336× 168	318. 7	61. 2	5. 2∶ 1
7	二级钻石 /高强级	240× 120	442. 2	62. 0	7. 1∶ 1
		336× 168	402. 9	65. 0	6. 2∶ 1
8	二级钻石 /二级钻石	240× 120	484. 0	78. 6	6. 2∶ 1
		336× 168	483. 6	76. 2	6. 3∶ 1
9	一级钻石 /一级钻石	240× 120	1148. 5	127. 0	9∶ 1
		336× 168	1235. 6	131. 9	9. 4∶ 1
10	一级钻石 /二级钻石	240× 120	1192. 6	73. 0	16. 3∶ 1
		336× 168	1214. 5	70. 4	17. 2∶ 1
11	超工程级 /超工程级	240× 120	175. 4	41. 0	4. 3∶ 1
		336× 168	172. 5	38. 1	4. 5∶ 1

将本次试验的标志按其“亮度比-视认距离”做为数据点，做出图形见图 3 图 4

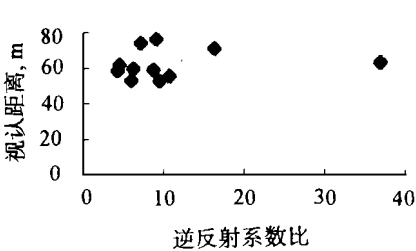


图 3 视认距离与标志亮度比的关系 (小板)

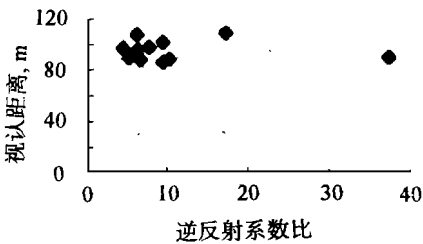


图 4 视认距离与标志亮度比的关系 (大板)

可以看出,标志尺寸无论是小还是大,其对比度在很广的范围内,视认距离差别不大。就本次试验研究结果而言,最佳对比度范围为 4~ 37∶ 1 底板及字的亮度对标志的视认距离也有影响,但规律不明显,这也说明了对比度及字亮度、底板亮度很多因素的共同作用影响了标志的视认效果

3. 4 高速公路指路标志字高的验证

高速公路指路标志上的汉字高度是驾驶者能否正确获取信息的重要参数。“七五”期间,交通部公路科学研究所曾针对标志汉字视认性进行过系统研究,完成了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,以及不同行驶速度、不同汉字高度认读距离的道路试验。获得汉字的字体、字高、笔划粗、高宽比、间隔、行距等主要参数及计算公式,为高速公路标志设计提供了依据。但是,现代公路的交通标志,要求白天和黑夜具有相同的可见性,因此,上述研究未考虑标志的反光性能,明显存在不足之处。根据国外的研究,在夜晚气候条件下,对标志的识别能力将降至其白天的七成左右。另外,我国交通规则规定,机动车驾驶员的视力应在0.7以上,而年老驾驶者的视认性相当于年轻驾驶者的65%。因此,有必要对“七五”期间开展的“高速公路标志汉字视认性研究”项目进行其夜间可见性的验证试验,以确认是否能满足夜间的视认要求。驾驶人员在高速公路上认读指路标志如图5所示。

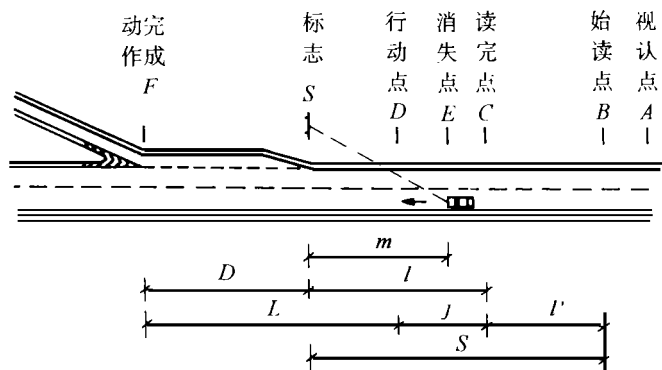


图5 标志的认读过程

图中标志 S 为路侧安装,设置在高速公路出口匝道减速车道的起点附近。通常,行驶中的司机在视认点 A 处已发现标志 S ,在 B 点开始读取标志的信息,到 C 点可以把标志内容完全读完, $B-C$ 两点间距离称为读标志距离(l)。读完标志后,应作出采取行动的判断,这段距离称为判断距离(j)。然后,开始行动。这时,车辆已行驶至点 D ,从行动点 D 到行动完成点 F (该点一般在出口匝道的分岔部、交叉路口或危险点等)的距离称为行动距离(l)。司机在这段距离内必须安全顺畅地完成必要动作,如:变换车道、改变方向、减速或停车等。

从 B 点到标志 S 的距离,称为认读距离(S),从 C 点到标志 S 的距离称为读完后到标志的距离(l')。如果该距离(l')比消失距离(m) (图6)短,这就意味着不能从容读完标志, C 点落到消失距离范围内,司机就不能准确判断标志内容。

根据一般四车道高速公路的横断布设,路侧安装指路标志消失距离 m 为43.7m,门架式安装的指路标志的消失距离 m 为50.5m。这次试验标志都能够满足在到达消失点以前读完标志内容的要求。这次试验标志上只有3个汉字,但实际高速公路上的指路标志(例如出口预告标志)有2~3个地名,读标志的时间比试验标志要长。根据心理学的研究,反应时间随选择数目的不同而变化,选择数目为2~3个时,反应时间需增加129~177ms。这段时间内80km/h车速驶过的距离为3~4m,120km/h车速驶过的距离为4~6m。本次试验70cm字高的标志,在设计速度为120km/h的高速公路上,能够满足视认要求。

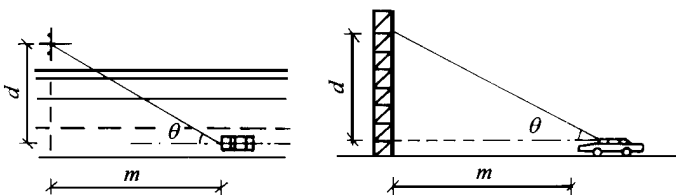


图6 标志的消失距离

4 结论

1. 在考虑各种标志反光膜组合的时候,人们所关心的是它们所表现的视认效果。交通标志的可见性,首先要求其在所处的环境中显示清晰,能在较远的距离吸引驾驶者的注意。随着驾驶者与标志距离的逐步接近,要求标志清晰、易读,能在尽可能短的时间内理解标志的意义。这是一个复杂的问题,影响因素很多。反光亮度及其比值会对夜间反光标志的可见性产生影响。这次试验结果可以看出,最佳反光对比度范围较大。除装反射器的几块试验标志没有测定其发光强度系数外,标志的 Ra 比大部分在 $10:1$ 以下, Ra 比达 $17:1$ 也有很好的视认效果。

2. 老年驾驶者的视敏度随年龄增长而下降,反应变慢。国外的一些试验研究也认为,年老驾驶者的认读距离仅为年轻者的 65% 。随着我国人口老龄化程度的加剧,私人汽车的增多,在标志板面设计上应考虑这些因素的影响。

3. 从这次试验来看,字高 70cm 的指路标志能满足高速公路夜间运行速度 120km/h 时 85% 道路使用者的认读要求。试验在夜间进行,视力适应水平提高到 0.7 ,在一定程度上弥补了“七五”攻关项目《高速公路指路标志汉字视认性研究》的一些不足。

5 进一步研究的建议

1. 标志夜间可见性研究的一个非常重要方面是环境因素的影响。标志设置在繁杂的城市地区、郊区或乡村地区,不同环境对标志醒目程度、发现和认读都会产生影响。这次试验在试验场进行,道路线形缺乏变化,没有其他灯光、车辆的干扰。以后应对试验路段进行环境设计,增加标志认读的难度,使试验条件更接近实际道路。

2. 汉字笔划结构差异很大,这次试验选用的汉字未反映出高亮度膜光渗现象的影响。因此,以后应进一步研究繁简不同的汉字笔划粗细对视认效果的影响。

3. 标志反光膜的反光性能会随使用年限的增长而逐步衰减。这次试验标志全部用新的反光膜制作,反映的是新标志的状况。我们准备把这批标志进行自然暴露试验,经过一年四季较长时间的日晒雨淋,进一步掌握反光膜的性能变化,更好地指导反光膜的正确选择。

4. 由于道路几何线形的影响或标志设置位置的特殊性,有的标志会出现要求大于 30° 入射角情况下认读标志。这种标志对反光膜的广角性有较高要求。今后需考虑有关这方面的试验。

5. 有关含反射器标志的研究与制作,在我国还进行得很少,这次试验仅是一个开始,本次试验标志所选用的反射器直径偏小,间隔偏大,夜间视认效果未得到充分发挥。对于笔划复杂程度不同的汉字,为达到最佳的明亮程度和清晰度,需要用直径多大的反射器,其排列间距又如何,还有待研究。

参考文献

- 1 交通部公路科学研究所,“七五”国家重点科技项目(攻关) 75-24-04-01. 高速公路标志汉字视认性及标志形式的研究.
- 2 JT/T295-1995 中华人民共和国交通行业标准. 公路交通标志板技术条件.