

空间距离判识误差研究

李都厚, 刘浩学

(长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为研究黄昏时段环境照度下降对驾驶员空间距离判识的影响,进行了实际道路试验。试验选用 32 名驾驶员,在实际道路环境的不同照度中,判识不同深度距离红色障碍物的空间“绝对距离”和“相对距离”。对判识特征值和环境照度进行回归分析,建立障碍物判识距离随照度变化的数学模型,定量比较黄昏与白天的距离判识值差异及相关变化规律。结果表明:随着外界环境照度的下降,驾驶员距离判识值逐渐增大,判识距离与照度的对数符合一元三次函数拟和,其拟和度大于 0.9;绝对距离和相对距离的主观判识均大于白天。

关键词:黄昏;交通安全;环境照度;判识距离;判识差异

DOI:10.3969/j.issn.1009-3516.2010.02.018

中图分类号:U49;X951 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2010)02-0081-05

交通安全是人、车、路和环境多因素相协调的结果,任何因素的失衡都可能引发事故。道路交通事故时间分布受地理环境、气候条件、不同时间交通情况及人本身等多种因素影响而不同。但诸多研究和实际统计资料表明,黄昏时段交通事故发生率较白天高^[1]。黄昏时段是事故发生的高峰。形成这一现象的主要原因是驾驶员因素。在车辆行驶过程中,驾驶员需不断感知外界环境信息,为驾驶决策和修正已有行为提供依据。驾驶员所获的外界信息其中 90% 以上来自于视觉^[2-3],其对前方障碍物空间距离正确判识是行为决策的重要基础。黄昏时段驾驶员在环境照度逐渐下降过程中,视觉机能不断降低,直接导致物体视认性变差和空间距离判识变化突出。在此过程中,空间距离判识的数量关系如何变化,以及与白天一般照度下相比存在何种定量差异,现有研究未有明确结论。本文通过实际道路试验来探究驾驶员在黄昏时段的实际道路环境中,随着环境照度变化,驾驶员对空间距离判识的数量变化规律,比较黄昏时段与白天的判识差异。

1 试验设计与被试选择

1.1 试验设计

试验选用红色作为障碍物颜色。因环境照度的时变性,将照度按小区间间隔划分,在进行预备试验的基础上,根据多人判识差异聚类分析,确定正式试验环境照度分别为 3 000 lx、2 000 lx、1 000 lx、500 lx、200 lx、50 lx、10 lx、2 lx、0.6 lx 等 9 个照度值。每个被试在未知实际情况下判识障碍物的空间距离,试验均控制在同一照度下进行。

1) 试验道路为 1 100 m 直线路段,方向为东西走向;试验时间区段为 6:30pm - 8:00pm 时,天气晴或多云。试验基本都控制在初始照度为 4 000 lx 时开始,环境照度为 0 时结束。试验现场设计见图 1。A 为第一障碍物;B 为第二障碍物。

2) 在车辆行驶深度方向,辨识点与第一障碍物的距离,按近距离(25 m)、中等距离(75 m)、远距离(125 m)3 种状况设置,两个障碍物之间的相对距离始终为 40 m 不变,被试分别对 3 组深度不同距离的障碍物进

* 收稿日期:2010-01-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50778023)

作者简介:李都厚(1972-),男,陕西乾县人,副教授,博士生,主要从事交通环境及安全技术研究;

E-mail:lidh@chd.edu.cn

刘浩学(1956-),男,陕西泾阳人,教授,博士生导师,主要从事交通运输安全和人机工程研究。

行判识。

3) 由于黄昏时段环境照度变化较快,仅进行实际道路静态试验(一天仅对1名被试进行实验)。开始时,车辆位于判识标杆处,被试坐入驾驶座,并保持驾驶姿态。被试判识同一环境中的绝对空间距离“ X ”(车头与第一判识点障碍物距离)和障碍物之间的相对距离“ Y ”,分别直接报出“ X ”和“ Y ”的主观判识数值。除直接报出距离数值外,要求每位驾驶员试验结束后,对每组判识过程进行主观描述。

4) 试验车辆为福特全顺 JX6541B-H 型,前风挡玻璃无遮挡物影响,道路障碍物尺寸为 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 1.3\text{ m}$,环境照度用 LX1330B 型数字照度计监测。

1.2 被试选择

被试驾驶员按照随机性原则选取,并注意相关因素的影响,共选取不同行业,不同驾驶经历、不同职业、不同年龄和不同驾龄的 32 名男性驾驶员。要求驾驶年限均超过 5 年,持有 B 照以上驾驶执照资格,技术娴熟,且有良好的驾驶习惯,视觉机能正常无生理缺陷和重、特大事故经历。被试基本情况见表 1。

表 1 被试驾驶员基本情况分类表

Tab. 1 Basal information of tested drivers

| 类别 | 职业 | | | | 执照类型 | | | 年龄区段/岁 | | | |
|----|------|------|----|----|------|----|------|--------|-------|------|--|
| | 职业驾驶 | 驾驶教练 | 业余 | 公交 | A | B | < 30 | 31-40 | 41-50 | > 50 | |
| 人数 | 11 | 6 | 6 | 9 | 16 | 16 | 6 | 12 | 10 | 4 | |

2 试验结果

2.1 驾驶员判识数据

当环境照度随时间变化至设计值时,驾驶员分别对 3 组不同深度距离障碍物进行空间距离判识。对全体样本结果的统计分析显示,在不同深度距离和照度下,全部被试判识结果符合正态分布。取不同判识条件下判识数据平均值,则判识结果见图 2。

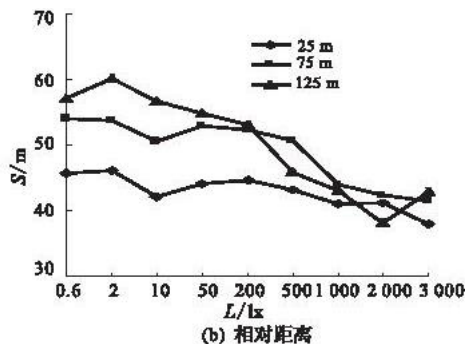
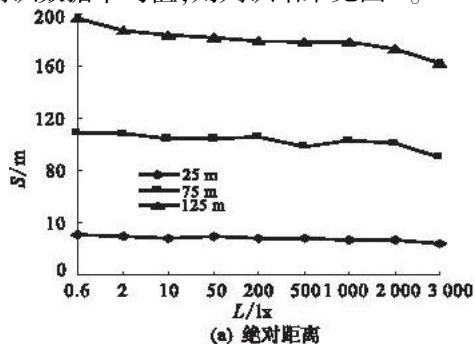


图 2 不同深度距离颜色判识结果

Fig. 2 Cognitive results at different depth distances

由图 2 可见,随着环境照度值增加,空间距离判识值逐渐减小,与绝对距离相比,在较低的环境照度时相对距离差异明显。黄昏环境照度随着时间不断下降,则同一深度的判识距离逐渐增大。

2.2 被试感觉表述

驾驶员普遍反映,在黄昏环境照度较高时,照度对距离判识影响较小,但深度距离增加时,对距离判识影响变大;当环境照度处于黄昏时段中等水平时,同一深度距离的障碍物判识距离变大,但近距离障碍物判识距离增加较少,中、远深度距离增加明显,深度距离的影响显著;当环境照度处于黄昏时段的低水平时,障碍物视认困难,空间距离难以判断,近距离障碍物虽然判识距离较中等照度水平有所增加,但增加有限,中、远距离进一步增大,最远处尤为突出。

驾驶员对于深度距离的影响在近距离 25 m 时,绝对距离和相对距离随着环境照度不断下降,与白天相比有所增加,但差异较小;在中等距离 75 m 时与 25 m 时相似,但距离判识变化程度更大;在远距离 125 m 时,当环境照度不断下降,感觉距离增加更为明显。黄昏与白天相比,同一深度距离的判识距离比白天更大。

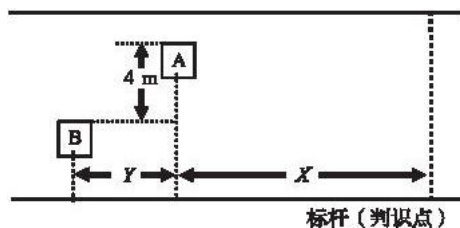


图 1 试验现场设计

Fig. 1 Experiment locale design

3 结果分析

3.1 判别变化模型

考虑到试验环境照度非等间隔变化,且差异较大,将环境照度值取对数,其值分别为 3.48、3.30、3.00、2.70、2.30、1.70、1.00、0.30 和 -0.22。对照度对数值和判别距离进行回归分析表明,一元三次函数可很好地拟和样本数据。经进一步数据处理和推导对比,随着环境照度不断变化,获得驾驶员在实际道路不同距离时对红色障碍物绝对距离 X 判别的变化规律分别为式(1)、式(2)、式(3):

$$S = 29.987 - 2.988\lg(L) + 2.194[\lg(L)]^2 - 0.505[\lg(L)]^3 \quad (1)$$

$$S = 108.119 - 6.576\lg(L) + 4.936[\lg(L)]^2 - 1.204[\lg(L)]^3 \quad (2)$$

$$S = 191.953 - 18.383\lg(L) + 11.632[\lg(L)]^2 - 2.445[\lg(L)]^3 \quad (3)$$

式中: S 为驾驶员判别距离; L 为环境照度。

同理,在实际道路近距离 25 m、中等距离 75 m 和远距离 125 m 时,对红色障碍物相对距离 Y 判别的变化规律分别为式(4)、式(5)、式(6):

$$S = 45.254 - 4.075\lg(L) + 3.252[\lg(L)]^2 - 0.757[\lg(L)]^3 \quad (4)$$

$$S = 53.354 - 3.571\lg(L) + 3.596[\lg(L)]^2 - 1.052[\lg(L)]^3 \quad (5)$$

$$S = 58.432 + 4.174\lg(L) - 4.686[\lg(L)]^2 + 0.562[\lg(L)]^3 \quad (6)$$

上述回归函数拟合度均大于 0.9,可很好地拟合判别距离随照度变化趋势。在不同深度距离,随黄昏环境照度变化,距离判别结果与回归模型比较分别见图 3-5。图中虚线为判别结果曲线,实线为回归模型曲线。

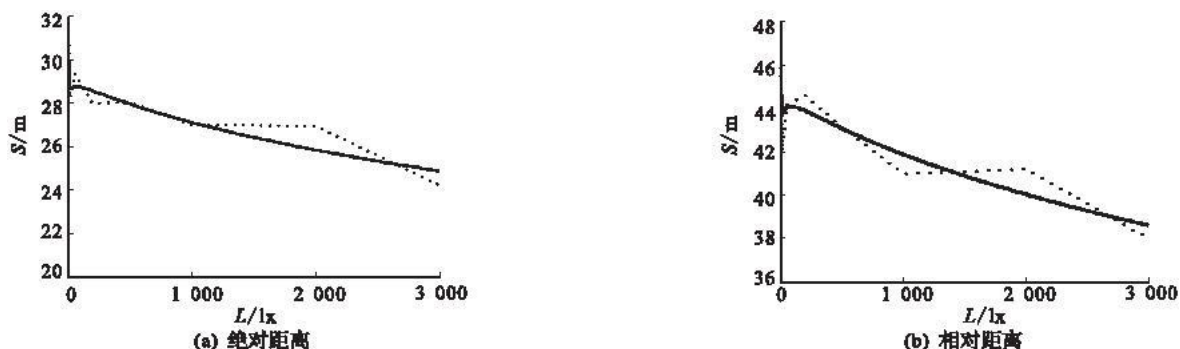


图3 近距离判别结果及回归分析

Fig.3 Cognition and regression results at near space distances

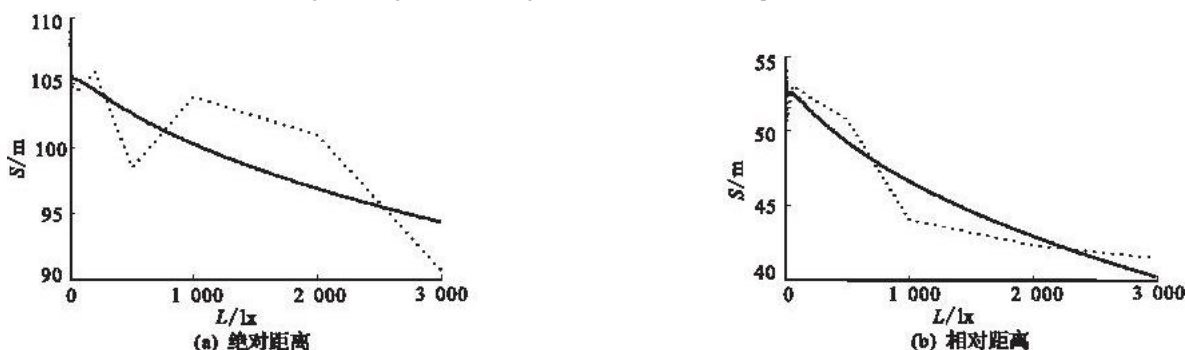


图4 中距离判别结果及回归分析

Fig.4 Cognition and regression results at middle space distance

由图 3-5 可见,回归模型可较好地拟和不同深度距离下的判别变化曲线,数学模型有效。

3.2 试验分析

由统计分析及图 2 可见,在黄昏时段低照度环境中,绝对距离和相对距离判别值大于实际距离;随着深度距离的增加,判别值与实际距离差异逐渐加大;随着环境照度的不断下降,障碍物的判别距离不断增加;在同一照度下,随着实际距离增加,标准差也呈增大趋势。结合文献[2-3]中白天距离判别结果,黄昏时段判别距离大于白天。

为研究方便,定义红色障碍物不同距离下,辨识绝对距离与实际距离差为 Z_r ,辨识相对距离与实际距离差为 D_r 。差值分别见表2和表3。

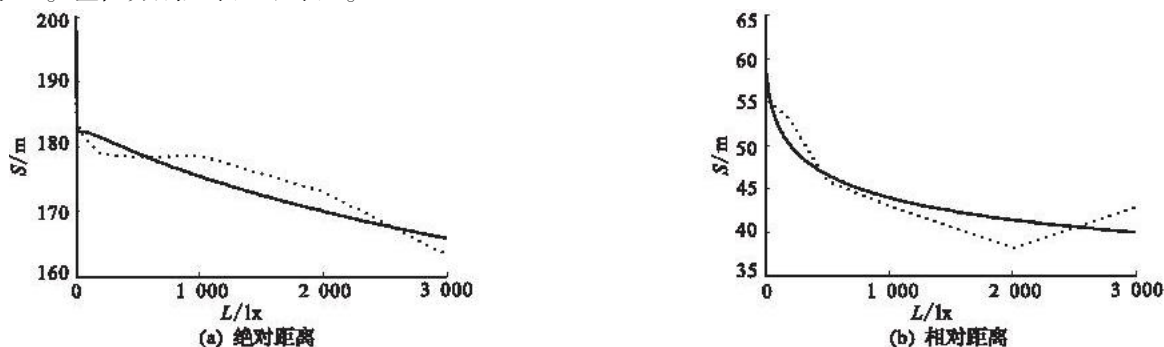


图5 远距离辨识结果及回归分析

Fig. 5 Cognition and regression results at long space distances

表2 红色障碍物绝对距离辨识差异值 Z_r

Tab. 2 Cognitive differences of absolute distances about red obstacles

| L/lx | 3 000 | 2 000 | 1 000 | 500 | 200 | 50 | 10 | 2 | 0.6 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 25 m | -0.80 | 1.92 | 2.00 | 3.03 | 3.00 | 4.36 | 3.23 | 4.61 | 5.64 |
| 75 m | 15.56 | 25.96 | 28.29 | 23.48 | 30.86 | 29.36 | 29.71 | 33.39 | 33.93 |
| 125 m | 37.37 | 48.08 | 53.68 | 53.28 | 53.86 | 56.79 | 59.13 | 62.50 | 71.30 |

表3 红色障碍物相对距离辨识差异值 D_r

Tab. 3 Cognitive differences of relative distances about red obstacles

| L/lx | 3 000 | 2 000 | 1 000 | 500 | 200 | 50 | 10 | 2 | 0.6 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 25 m | -2.06 | 1.19 | 0.96 | 3.10 | 4.57 | 4.14 | 2.03 | 6.11 | 5.64 |
| 75 m | 1.44 | 2.31 | 4.00 | 10.72 | 12.25 | 13.00 | 10.58 | 13.79 | 14.00 |
| 125 m | 2.87 | -1.92 | 3.04 | 5.83 | 13.04 | 14.82 | 16.74 | 20.18 | 17.13 |

从上述表中可以看出,在近距离25 m时,绝对距离辨识准确性最高,即使在最低照度下,与实际距离的差异也在有限范围内;在中等距离75 m时,绝对距离辨识准确性下降,而且数据均大于实际距离,最大值与最小值之间差异增大;在远距离125 m时,绝对距离辨识准确性最低,而且数据远大于实际距离,最大值与最小值之间差异进一步增大。相对距离辨识准确性仍较绝对距离高,但是也呈现出随着实际距离的增加准确性不断下降的规律。尤其在低环境照度时,辨识准确性下降更加突出。

人们对于空间距离的辨识依赖于多种线索,辨识发展变化具有一定规律性,对较近空间距离辨识准确程度最高^[4-6]。随着距离增加,辨识距离与长时间形成的经验难以比较,加上深度知觉线索的变化,所以辨识准确性下降。在较低的环境照度下,由于眼睛的调节作用,更多光线进入眼睛,晶状体曲度变小,光线折射角度变小,成像也就感觉往后。环境照度不断下降,背景与障碍物对比差异变小,障碍物边界模糊不清,同一物体感觉尺寸变小,引起辨识距离逐渐增大^[7-8]。随着环境照度不断下降和深度距离增加,其交互影响导致辨识距离与实际差异不断增大,同样相对距离的辨识准确性变差。

4 黄昏距离辨识对安全的影响

黄昏时段由于环境照度从白天很高值逐渐向黄昏较低值变化,杆细胞发挥作用的时间较长,所以驾驶员有较长时间的暗适应过程。在暗适应过程中,物体识别性变差,驾驶员不容易看清楚前方物体,使得对前方障碍物发现不及时。除暗适应过程外,黄昏时驾驶员对于空间距离辨识也随着环境照度下降不断增大,即同一深度距离的辨识值大于白天,且照度越低,辨识值越大,尤其是对于较远距离的辨识影响更大。在这种情况下,驾驶员感知到的距离信息较实际水平偏于安全,将采取危险的驾驶决策和修正行为,如在较高的车速和较小周边距离驾驶。即使行驶状态不变,驾驶员也会主观放松警惕,易引发事故。加上白天生活及昼夜节律造成的生理机能下降,驾驶员相对处于较疲惫的状态,反应准确性也有一定程度下降。综上所述,黄昏是交通事故高发时间。

5 结束语

随着环境照度不断下降,空间绝对距离和相对距离的判识值不断增大,两者之间为负相关关系。且黄昏时段同一空间距离判识值大于白天。同时,随着环境照度不断降低,驾驶员判识准确性下降,在深度距离增加时,判识差异进一步加大,因此,黄昏时段行车,必须适当增加相互距离和降低行车速度。

目前,笔者仅是研究了黄昏时段判识距离对道路交通安全的影响,在未来的条件允许时,还可以扩展到黄昏时段空中判识距离及空地判识距离研究,当着陆系统出现故障时,该研究对保障黄昏时段目视着陆安全提供帮助和指导作用。

参考文献:

- [1] 黄俊,方守恩,白玉琼. 道路交通事故的时间分布[J]. 公路交通科技,2004,21(9):112-116.
HUANG Jun, FANG Shouen, BAI Yuqiong. Time Distribution of Traffic Accident [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2004, 21(9):112-116. (in Chinese)
- [2] 刘浩学,赵炜华,刘凯峥,等. 驾驶员昼间动态环境暖色调障碍物空间距离判识规律[J]. 交通运输工程学报,2009,9(2):105-109.
LIU Haoxue, ZHAO Weihua, LIU Kaizheng, et al, Cognitive Regulation of Space Distance About Drivers to Genial tone Obstacles in Daytime Dynamic Environment on the Ground[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2009, 9(2):105-109. (in Chinese)
- [3] 赵炜华,刘浩学,董宪元,等. 色调对于昼间动态环境中驾驶员空间辨识的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版,2009,29(5):90-94.
ZHAO Weihua, LIU Haoxue, DONG Xianyuan, et al. Influence of Color tone on Distance Cognition in Dynamic Environment about Drivers in Day[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2009, 29(5):90-94. (in Chinese)
- [4] Abdulhai B, Ritchie S G. Enhancing the Universality and Transferability of Freeway Incident Detection Using A Bayesian Neural Network[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 1999, 7(5):261-280.
- [5] Julesz B. Binocular Depth Perception of Computer Generated Patterns [J]. Bell System Technical Journal, 1960, 39(5):1125-1161.
- [6] Duncan J, Humphreys G W. Visual Search and Stimulus Similarity [J]. Psychological Review, 1989, 96(3):433-458.
- [7] Anderson G J, Kim R D. Perceptual Information and Attentional Constrains in Visual Search of Collision Events[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2001, 27(5):1039-1056.
- [8] Buchner A, Brandt M, Bell R, et al. Car Backlight Position and Fog Density Bias Observer-car Distance Estimates and Time-to-collision Judgments[J]. Human Factors, 2006, 48(2):300-317.

(编辑:徐敏)

Cognitive Error of Space Distance

LI Du-hou, LIU Hao-xue

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

Abstract: In order to study the impact of decreasing illumination on distances cognition in dusk, real road experiments are performed. A certain quantity of randomly selected drivers perceives absolute space distances and relative ones in different environment illumination and depth distance in the real road. The cognition values, acquire distribution mode and character values are analyzed by using the statistical method. A mathematic model of cognition is built by regression and the cognition quantitative differences between day and dusk are compared. The results show that the cognitive values continuously augment with the environment illumination decreasing and there is a cubic expression relation between them. And the distance cognition value in dusk is larger than that in day under the same depth distance.

Key words: dusk; traffic safety; environment illumination; space cognition; cognitive difference