

跟驰车队流中驾驶员感知能力模型的初步探讨

黎明, 向刚

(昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 在对跟驰车队流基本参数车队队速 V_p , 两车净间距 X_p 的研究基础上, 提出后车驾驶员感知能力模型, 根据此模型提出跟驰车辆驾驶员视觉滞后时间的计算公式, 本文指出后车反应时间 t 应为视觉滞后时间 τ 驾驶员制动时间 $t_{制}$ 和车辆机械反应时间 $t_{机}$ 之和, 根据本模型计算分析, τ 、 $t_{制}$ 、 $t_{机}$ 为同一数量级。

关键词: 汽车驾驶员; 行车距离; 行车速度

中图分类号: U29 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2007)06-0047-04

Initial Study on Driver's Ability Model of Heel Traveling Motorcade

LIMing XIANG Gang

(Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract Based on the basic parameter V_p of motorcade's velocity of the heel traveling motorcars and the distance X_p between two cars, the follow-up driver's visual consciousness ability model is established. A calculation formula of the follow-up driver's sluggish sense of vision is put forward. It is pointed out that the response time t of the follow-up driver should be the time τ of the sluggish sense of vision, which is the sum of the driver's braking time $t_{braking}$ and the motorcar's mechanical reaction time t_{car} . According to the model analysis, both the time t demanded for the follow-up driver to put on the brakes and the time τ for the vehicle machine to respond belong to the same magnitude.

Key words driver; traveling distance; traveling speed

0 引言

随着我国机动车辆数量的迅猛增长, 城市道路扩宽改善, 高速公路里程数速增, 研究车辆跟驰车队流基本规律、分析跟驰车辆驾驶员的生理、心理感知能力的模型日显重要。本文对此进行了初步探讨。

1 跟驰车队流基本参数的研究^[1]

1.1 跟驰车队交通生成模型

某一车道驰驶车量的概率密度函数 $f(t)$

$$f(t) = \frac{(q\alpha)^{\alpha}}{(\alpha-1)!} t^{\alpha-1} e^{-\alpha q t} \quad (1)$$

式中, t 为相邻两车头时距, q 为该车道平均车流量, α 为相关参数。当 $\alpha = 1$ 时为随机分布, 车量稀少, $\alpha \rightarrow \infty$ 时为基本连续分布, 塞车情况。一般道路畅通状况, 高速公路 α 可取 (2~4), 大城市主干道 α 可取 (10~15)。

1.2 跟驰车队队速 V_p 模型

某车道设计自由流车速 $V_f = \sqrt{15R(e+f)}$, R 为车道曲率半径, e 为道路高差变化率, f 为路面摩擦系数。

收稿日期: 2007-03-28

第一作者简介: 黎明 (1973-), 男, 在读硕士研究生, 中级经济师。主要研究方向: 公共交通运输管理。

E-mail: hncslm@21cn.com

$$DAF = 1.0 + \frac{\text{司机类型} - 5.5}{\text{司机类型} + 5.5}$$

司机类型分成 10 级, 从 1 到 10 级数越大, 忍度极限越高, 故车流队速

$$V_p = V_f \cdot DAF \cdot f(t) \tag{2}$$

1.3 跟驰车流中相邻两车的净间距 x_p 模型

$$x_p = x_0 + V_p \cdot t \tag{3}$$

式中 x_0 为两车最小净间距, 大城市主干道, $x_0 = 1.5 \text{ m}$, 高速公路 $x_0 = 50 \text{ m}$.

由此可见, x_p 的大小是由道路状况, 车道车流密度, 司机的心理性格等复杂因素所决定.

2 跟驰车流中后车反应滞后时间说明

设跟驰车队速 V_p , A, B 为车流中前后相邻两车, 其净距为 x_p , 当 A 车变速, B 驾驶员的感知时间过程如图 1 所示.

t 是视觉感知滞后时间, $t_{制}$ 是驾驶员发现 A 速度改变, 采取制动作用时间, 实验^[3]指出, 视觉感知到传至大脑, 再手脚操作制动时间 $t_{制}$, 一般而言, 无交通事故的驾驶员为 0.377 s 出过交通事故的驾驶员为 0.393 s $t_{车}$ 是车辆气缸充气, 滞后响应时间, 因车辆类型、新旧等而有差异, 为 $0.01 \sim 0.1 \text{ s}$ 本文重点研究视觉感知滞后时间模型.

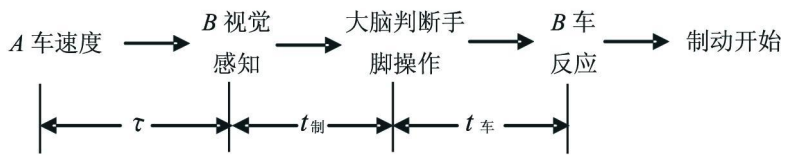


图1 后车反应滞后时间示意图

Fig.1 Response time t of the follow-up driver

为 $0.01 \sim 0.1 \text{ s}$ 本文重点研究视觉感知滞后时间模型.

3 驾驶员的视觉感知阈的探讨

文献 [3] 指出, 在高速跟驰情况下, 驾驶员将更多精力用于观察前车尾灯, 一旦制动灯亮, 驾驶员立刻减速. 低速跟驰情况, 当前车 A 变速, B 车驾驶员 (简称 B) 是通过他视野中 A 车的后宽度 w 在其瞳孔中视角变化 $\Delta\theta$ 以及视角变化率 $\frac{d\theta}{dt}$ 来判断 A 变速的, 而不是直接就能感知其净距离变化 Δx_p 的, 图 2 表示了视角变化及净距离变化示意情况.

文献 [2] 报导: 实验证明, 人的视觉对运动物体运动状态变化达到一定值才有感知效应, 称为感知阈. 对于视角变化有 2 种感知阈, 一个为视角变化感知阈 $g = \lim_{\text{感知}} \frac{\Delta\theta}{\theta}$. 平均而言, $g = 10\%$ (在前车减速时); $g = 12\%$ (在前车加速时). 这是因为人眼对角度增大的变化比缩小变化更敏感. 另一个为视角变化率感知阈 $k = \lim_{\text{感知}} \frac{d\theta}{dt}$. 平均而言, $k = 0.125 \text{ rad/s}$ 这是因为物体的形象落在视网膜上, 再由视神经把成像信息以 500 km/s 的速度传给大脑枕叶皮质中枢, 中枢接到信息后综合分析, 立即判断出物体的大小、形状、颜色等, 这一过程时间 dt 约为 0.002 s 而人眼最小分辨角 $d\theta = 2.5 \times 10^{-4} \text{ rad}$ 两者比值即为 k . 2 个感知阈只需 1 个达到了, 驾驶员就可发现前车车速变化.

4 直道跟驰驾驶员视觉感知滞后时间模型

从图 2 所示, B 跟驰 A 后, 速度 V_p , 净距 x_p , A 尾部在 B 眼中视角 θ

$$\theta = 2 \arctan \frac{w}{2x_p} \tag{4}$$

设 $t = 0$ 时刻, A 以负匀加速度 a 减速, 则 t 时刻: AB 相对速度变化 ΔV

$$\Delta V = -at \tag{5}$$

AB 相对净距离

$$x_j = x_p - \frac{1}{2}at^2 \quad (6)$$

把 (4) 式对时间微分得 A 尾部在 B 视角变化率 $\frac{d\theta}{dt}$

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{4w}{4x_p^2 + w^2} \cdot \Delta V \quad (7)$$

设 $t = t_1$ 时, B 刚能感知 A 速度改变, 即 $(\frac{d\theta}{dt})_{感} = k$

代入 (5), (6), (7) 式得

$$t_1 = \frac{k(4x_p^2 + w^2)}{4aw} \quad (8)$$

$$(\Delta V)_{感} = -\frac{k(4x_p^2 + w^2)}{4w} \quad (9)$$

若设 A 车尾宽 $w = 1.6\text{m}$, 两车净距我们取 (3) 式中极限值 $x_0 = 1.5\text{m}$, 前车减加速度 $a = 4\text{m/s}^2$ 代入 (8) 式、(9) 式, 解得感知滞后时间 $t = 0.056\text{s}$ A 车车速变化 $(\Delta V)_{感} = 0.224\text{m/s} = 0.806\text{km/h}$ 两车间相对净距变化 $\Delta x_p = 3.136 \times 10^{-3}\text{m}$

结论 1 直道跟驰时, 正常状态的驾驶员有很强的视觉感知能力; 感知滞后时间约是反应制动时间 1/7

5 弯道跟驰视觉感知滞后时间模型

城市交通跟驰弯道多为十字路口, T 字路口的左、右转弯. 设车流队以速度 V 沿半径 R 的弯道转弯; $t = 0$ 时, A 以负匀加速度 a 减速. B 视觉感知特点为: 视角变化率 $\frac{d\theta}{dt}$ 还未达到阈值 k 而视角变化 Δ 因弯道附加角 $\Delta\alpha$ 而达到阈值 $g\theta$

图 3 所示, $t = 0$ 时, B 观察 A 尾部视角 $\theta_1 = 2\arctan\frac{w}{2x_p}$, t 时刻视角 $\theta_2 = 2\arctan[\frac{w}{2(x_p - \frac{1}{2}at^2)}]$

同时, A, B 两车对弯道圆心角 α 的相对位置改变造成相对夹角变化 $\Delta\alpha = \frac{1}{2}at^2/R$, $\Delta\alpha$ 作为附加变化角而加入视角变化中, 故

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 + \Delta\alpha = 2\arctan[\frac{w}{2(x_p - \frac{1}{2}at^2)}] - 2\arctan\frac{w}{2x_p} + \frac{at^2}{2R} \quad (10)$$

当 $\Delta\theta$ 达到视觉变化阈 $(\Delta\theta)_{感} = g\theta = 0.1\arctan\frac{w}{2x_p}$ 时, 驾驶员感知滞后时间 τ_2 ; 代入 (10) 式得

$$2\arctan[\frac{w}{2(x_p - \frac{1}{2}a\tau_2^2)}] - 2\arctan\frac{w}{2x_p} + \frac{a\tau_2^2}{2R} = 0.1 \times 2\arctan\frac{w}{2x_p} \quad (11)$$

若设 $w = 1.6\text{m}$, $x_p = 1.5\text{m}$, $a = 4\text{m/s}^2$, $R = 100\text{m}$ 代入 (11) 式, 得弯道感知滞后时间 $\tau_2 = 0.099\text{s}$ $(\Delta V)_{感} = 0.396\text{m/s} = 1.426\text{km/h}$ B 才感知到 A 速变化.

结论 2 弯道跟驰比直道跟驰视觉感知滞后多些, τ_2 约为 τ_1 的 1/4

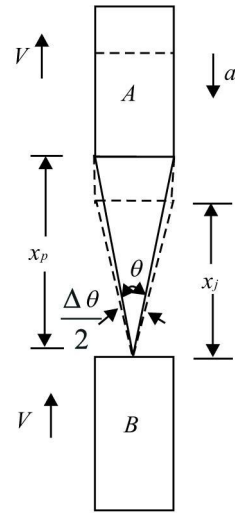


图2 直道, 以B为参照系, A以a减速时视角变化示意图
Fig.2 At straight road, taking B as reference system, A with angle of view variety for a to decelerate

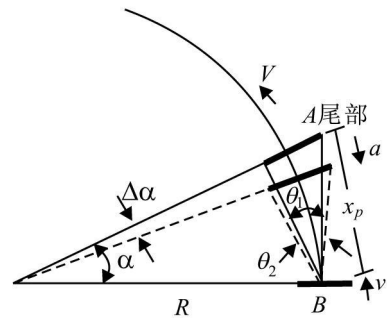


图3 弯道, 以B为参照系, A以a减速时视角变化示意图
Fig.3 At a corner, taking B as reference system, A with angle of view variety for a to decelerate

6 超车视觉感知滞后模型

据统计,城市交通事故中 10% 发生在超车上, B 作为行动变化的主动发动者,但因 AB 间相对运动原因,会因感知阈造成 AB 相对位置视觉偏差。

以 B 参照系看:超车行为是 A 车以负加速度 a_1 减速并右转运动,如图 4 所示 B 的视觉感知滞后时间 $\tau_3 = \min\{\tau_1, \tau_2\}$,视觉感知滞后效应使得 B 相对 A 位置有增大偏移判断,即 t 时刻 AB 真实相对位置为 A_1B ,而因视觉偏差误以为相对位置为 A_2B 。

结论 3 超车时,后车驾驶员因感知滞后效应,使 AB 相对位置偏差视觉感知增大。

7 总结

视觉感知滞后时间 τ_1 制动反应时间 τ_2 和车辆反应时间 τ_3 三者之和才是总反应时间。对正常状态驾驶员,有足够强的视觉感知力,实验证实,若驾驶员喝酒后、疲劳状态、心情混乱等原因可使感知滞后时间 τ 比制动反应时间增加快得多,可达原有 τ 的数百倍, τ 就成为总反应时间的主要成分了。感知滞后时间的研究值得重视。

参考文献:

- [1] 刘小兰. 交通仿真技术在交通事故研究中的应用 [C], //04 湖南道路交通安全学术研讨会论文集, 2004: 105-113
- [2] Mark Brackstone, Mike Donald. Car-following: a historical review [J]. Transportation Research F, 1999, 2: 181-196
- [3] 张伟. 考虑驾驶员的多信息处理和通道判断能力时车辆跟驰模型的改进 [J], 交通运输系统工程与信息, 2004, 4: 104-108
- [4] 黄志军. 驾驶员因素对交通安全的影响及对策 [C], //99 湖南高速公路交通安全学术研讨会论文集, 78-83

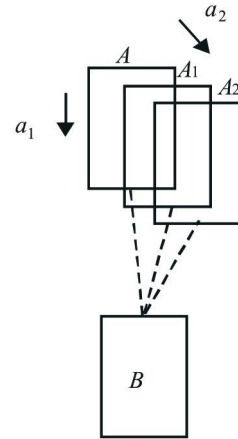


图 4 以 B 为参照系看:感知滞后造成 A 位置偏差示意图
Fig.4 Taking B as reference system: sluggish sense resulting in A position deviation

(上接第 33 页)

参考文献:

- [1] BROCH J, JOHNSON D B, MALTZ D A. The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks. Internet-Draft. IETF. Manet-Dsr-09. txt [EB/OL]. <http://www.ietf.org/proceedings/04mar/I-D/draft-ietf-manet-dsr-09.txt> 2003-04-01.
- [2] PERKINS E, BELDING R OYER E M, DAS S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing RFC 3561 [EB/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt> 2003-06-01.
- [3] NASIPUR I A, DAS S R. On-Demand Multipath Routing for Mobile Ad Hoc Networks [C] // Proc. of the 8th Int'l Conf on Computer Communications and Networks (IC3N). Boston: MA Press, 1999: 64-70.
- [4] LEE S J, GERLAM. AODV-BR: Backup Routing in Ad Hoc Networks [C] // Proc. of the IEEE WNC 2000. Chicago: IEEE Press, 2000: 1311-1316.
- [5] MARINA M K, DAS S R. On-Demand Multipath Distance Vector Routing for Ad Hoc Networks [C] // Proc. of the Int'l Conf for Network Protocols (ICNP). New York: ACM Press, 2001: 14-23.
- [6] ZHANG Linfang, ZHAO Zenghua, SHU Yantai, et al. Load Balancing of Multipath Source Routing in Ad Hoc Networks [C] // Proc. of the IEEE Int'l Conf on Communications IC 2002. Boston: IEEE Press, 2002: 3197-3201.
- [7] PESRIMAN M R, HAAS Z J, SHOLANDER P, et al. On the Impact of Alternate Path Routing for Load Balancing in Mobile Ad Hoc Network [C] // Proc. Mobile and Ad Hoc Networking and Computing (MOHOC). Boston: IEEE Press, 2000: 3-10.
- [8] ASISNASIPUR I, ROBERT CASANEDA, SAM R R, DAS. Performance of Multipath Routing for On-Demand Protocols in Mobile Ad Hoc Networks [J]. Mobile Networks and Applications, 2001, 6(4): 339-349.
- [9] 陈林星. 移动 Ad Hoc 网络—自组织分组无线网络技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 357-360.