

不同天气状况下驾驶员驾驶工作负荷分析

胡江碧, 李 安, 王维利

(北京工业大学 北京市交通工程重点实验室, 北京 100124)

摘 要: 为有效提高驾驶员在不良天气条件下的运行安全, 针对晴天、中雨、中雨 + 雾(能见度 100 m) 和中雨 + 雾(能见度 50 m) 4 种不同驾驶条件, 利用心率变异性(HRV) 指标, 对驾驶员驾驶工作负荷特性进行研究. 通过随机抽取 3 名驾驶员, 在室内进行对于高速公路不同天气场景的仿真实验, 对获得的数据进行统计分析发现, 驾驶员在不同天气条件下驾驶工作负荷是有差异的, 驾驶工作负荷随天气条件的恶劣程度增加, 驾驶环境的能见度对驾驶员驾驶工作负荷影响最大.

关键词: 交通安全; 驾驶工作负荷; 不良天气; 心率变异性

中图分类号: U 491. 25

文献标志码: A

文章编号: 0254 - 0037(2011) 04 - 0529 - 04

不良天气是指雨天、雪天、大雾及沙尘暴天气等相对于晴天、阴天等正常天气而言的天气情况. 随着我国公路的迅猛发展, 不良天气对道路交通安全的影响越来越受到人们的关注. 国内外大量交通事故统计分析资料表明: 在雨、雾、冰、雪、强风等恶劣天气条件下, 交通事故发生率高.

驾驶员在道路上行车时, 由于沿途包括道路、交通、环境等各种行车条件的影响, 驾驶工作负荷会受到影响. 驾驶工作负荷是指驾驶员在道路上驾驶机动车时, 由于道路、交通和环境条件对驾驶员施加的工作任务和频率而产生的精神压力. 在此压力下, 驾驶员支撑工作的信息道能力反映了驾驶员所能承载的负荷^[1]. 信息道是指驾驶员驾驶操作和行驶所处理信息的精神通道. 这种精神通道是有阈限的, 这种精神通道的阈限称为信息道能力. 如果驾驶员处理道路交通信息量过大, 会造成驾驶工作负荷升高. 当高驾驶工作负荷持续存在就容易使驾驶员判断、决策或操纵失误的机率增加.

英国的 Edwards^[2] 于 1996 年针对英格兰和威尔士的不同天气和道路交通事故进行了相关分析, 吴建平^[3] 根据上海地区交通事故数据分析得出不同雨量与交通事故发生的关系等. 综合国内外此类研究发现, 对驾驶员在不同天气状况下的驾驶行为特征研究并不多见.

因此, 本文研究在不良天气状况下的驾驶员驾驶行为和驾驶工作负荷特性, 以便寻找降低驾驶工作负荷的有效途径和验证方法, 为最大程度地保障在不良天气条件下的交通安全提供“人性化”理论依据.

1 理论支撑

研究发现, 一个人的精神负荷变化时, 与之相关的生理心理指标也会发生变化. 对操纵者的认知活动进行生理心理测量是一个实时、客观的方式, 其优势在于能从低工作负荷到高工作负荷的较宽范围内提供敏感性高的总体评价^[4]. 其中, 心率是一个有效评定驾驶员工作负荷的敏感指标, 心率增加与工作负荷的增加有关^[5].

正常人的心率是窦性心率, 心率变异性(Heart Rate Variability, 简称 HRV) 是指连续窦性心跳间期之间的微小涨落. 在这种微小涨落的心率信号中蕴含着有关心血管调节的大量信息. 许多研究表明, 健康人的心率即使在安静状态下也有涨落, 而不是恒定不变. 在一连串的心搏中, 频率有时快有时慢, 心脏每搏间

收稿日期: 2009-07-13.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60972125).

作者简介: 胡江碧(1965—), 女, 贵州毕节人, 教授.

期(RR 间期) 一般有几十毫秒的差异 构成一定的节律变化 ,这就构成了 HRV 的基本内容. 通常情况下 ,产生心率变异的因素非常复杂 ,但最终原因在于心脏交感神经和迷走神经的综合调节作用. 因此 ,HRV 可以作为研究交感神经及迷走神经之间张力及平衡状态的一种简单、有效的检测指标^[6-7]. 已有医学研究表明 ,HRV 的低频段功率值(*LF*) 反映了交感神经的活性 ,*LF* 值的变化反映了交感神经兴奋程度 ,可以作为正常人精神负荷的评价指标^[8].

根据 Rienzo、Mancia^[9]等的研究表明 ,在加载精神负荷时 ,HRV 将减少; 精神负荷越大 ,HRV 越低. 根据以上结论 ,心率变异性(HRV) 可应用于工作负荷的测量 ,用 HRV 的波动情况反映交感神经的活动强弱 ,从而定量评估驾驶员工作负荷.

2 实验方案设计

2.1 实验对象

本次实验随机抽取了 3 名职业驾驶员. 被试者均无心血管病史. 被测试驾驶员的驾龄为 7 ~ 10 a ,熟悉驾驶环境 ,因此可以排除驾驶的紧张感对实验数据的影响. 在驾驶员进行实验之前 ,对驾驶员的基本信息和安全态度进行调查. 结果如表 1 所示.

表 1 被试驾驶员基本信息表
Table 1 Basic information of the tested drivers

编号	性别	年龄/岁	驾龄/a	教育程度	病史(心脏病、高血压)	性格自我介绍	安全态度
A	男	31	10	高中	无	内外兼有	良好
B	女	44	8	高中	无	偏外	良好
C	男	25	7	初中	无	偏内向	良好

2.2 实验设备

实验在可以模拟道路交通和环境条件的驾驶模拟舱 AYTOSTIM 中进行 ,驾驶员在实验过程中佩戴 KF2 型动态多参数生理检测仪. KF2 型动态多参数生理检测仪通过系在驾驶员胸部 ,可以方便、准确、实时地记录驾驶员的实时心率、体表温度、呼吸、体位(体动) 等生理指标 ,并可同时生成驾驶员心电图和驾驶员心率变异性等多项生理参数指标. 驾驶员佩戴该实验仪器对驾驶员的安全驾驶无任何影响. 如图 1 所示.

通过驾驶模拟舱能模拟实现道路交通和环境场景 ,实验车型为 Toyota Yaris ,道路场景为中国南方某一双向 8 车道高速公路 ,交通流为自由流. 驾驶模拟舱系统可以使驾驶员获得与真实道路上驾驶时一样的视觉效果和驾驶感受 ,同时被试安全也能得到保障^[10]. 如图 2 所示.



图 1 KF2 型动态多参数生理检测仪
Fig. 1 KF2 dynamic physiology and psychology recorder



图 2 驾驶模拟舱 AYTOSTIM
Fig. 2 Simulator cabin AYTOSTIM

2.3 实验方案

实验开发了长 8 km、设计时速 100 km/h、双向六车道的高速公路实验场景. 在实验路段上设定了 4 种

天气状况进行实验: 晴天、中雨、中雨 + 雾(能见度 50 m)、中雨 + 雾(能见度 100 m)。

实验时保证驾驶员在非疲劳且精力充沛的条件下进行, 避免驾驶员食用烟、酒、茶和咖啡等任何可能影响心率的食物和药物。实验前, 要求驾驶员安静休息 10 min 左右, 然后佩戴好实验仪器进行实验。每个驾驶员在实验路段上分别在 4 种不同天气情况下进行驾驶操作, 运行速度均保持 100 km/h。实验期间要求保持安静的环境, 并禁止同被试者讲话。实验数据通过电脑记录下来, 以便进一步处理^[11]。

3 实验结果分析

本次实验对驾驶员采用 5 min 短时程快速 HRV 分析方法, 比较驾驶员行驶于实验路段不同天气情况下的 HRV 频域指标。通过分析实验数据, 对统计结果进行 *t* 检验, 将在不良天气状况下驾驶员行车时的 HRV 数据与在晴天状况下的 HRV 数据进行比较分析得到箱线图, 如图 3 所示。

由图 3 可以看出, 驾驶员的 HRV 频域指标 *LF* 在不同天气状况下的变化范围是不同的。另外根据个体差异, 3 名驾驶员在不同天气状况下 HRV 频域变化指标 *LF* 变化的范围也各不相同。随着天气条件的恶化, 其变化的范围显著增加。当中雨环境下, 驾驶员能见度降低时, *LF* 的变化范围增大得尤为显著。

在晴天、中雨、中雨 + 雾(能见度 100 m) 和中雨 + 雾(能见度 50 m) 4 种不同天气状况下 3 名驾驶员的 HRV 低功率率 *LF* 的变化如图 4 所示。

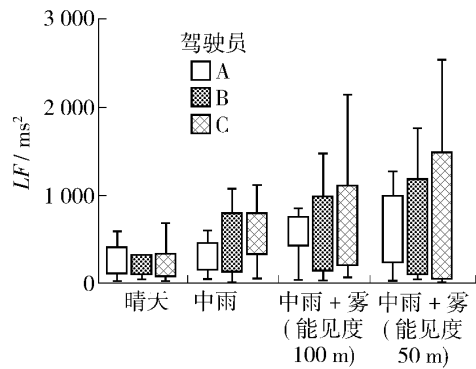


图 3 3 名驾驶员在不同天气状况下行驶时的 HRV 频域指标 *LF* 的变化范围

Fig. 3 Range of three drivers' *LF* under different weather conditions

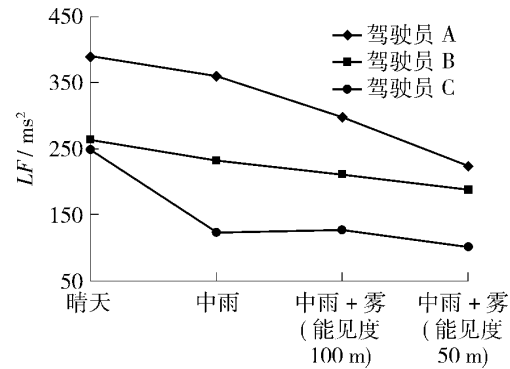


图 4 不同天气状况下各驾驶员行驶时的 HRV 频域指标 *LF* 的变化

Fig. 4 Change of drivers' *LF* under different weather conditions

从图 4 可以看出, 3 名驾驶员随着行车条件的恶化(能见度降低, 道路湿滑程度加重), 低频段功率值 *LF* 相对于晴天条件均明显降低, 具体数值如表 2 所示。尤其当道路能见度从 100 m 降低至 50 m 时, 驾驶员 *LF* 指标的下降是非常显著的。在同样中雨 + 雾(能见度 50 m) 的行车条件下, 驾驶员 A、驾驶员 B、驾驶员 C 的 *LF* 指标比晴天条件下分别降低 31.19%、59.90% 和 41.45%, 变化尤为显著。同时, 对各种不良天气下驾驶员频域指标 *LF* 实验数据进行 *t* 检验, 检验结果显著 ($P < 0.05$), 且中雨 + 雾(能见度 50 m) 时的 HRV 频域指标 *LF* 尤为显著 ($P < 0.01$)。

表 2 不良天气条件下驾驶员心率变异性指标 *LF* 相对于晴天条件的下降比例

Table 2 Decline proportion of drivers' <i>LF</i> under bad weather conditions based on clear days				%
驾驶员	中雨	中雨 + 雾(能见度 100 m)	中雨 + 雾(能见度 50 m)	
驾驶员 A	11.77	19.21	31.19	
驾驶员 B	50.67	47.52	59.90	
驾驶员 C	6.39	22.45	41.45	

4 结论

随着驾驶环境的天气条件恶化, 驾驶员的 HRV 频域指标 LF 下降, 驾驶负荷增加, 容易增加驾驶员判断、决策或操纵失误的机率。另外, 驾驶员长时间处于高工作负荷状况行车容易导致驾驶疲劳, 都会使得交通事故危险性增加, 交通安全隐患增大。

中雨条件下, 驾驶员的驾驶工作负荷评价指标 LF 比晴天条件下的减小。在雾天, 驾驶员的驾驶工作负荷评价指标 LF 降低得尤为显著。在同样中雨的道路环境中, 当能见度从 100 m 下降到 50 m 之后, 驾驶员的 HRV 频域指标 LF 也同样显著下降, 驾驶负荷增加相当明显。驾驶员的驾驶对于天气状况, 特别是能见度的要求较高。

针对不同天气状况要采取不同措施来调节驾驶员驾驶工作负荷。由于不同天气状况给驾驶员带来驾驶工作负荷不同, 为使驾驶员保持在正常天气状况下的最佳驾驶工作负荷, 有必要根据不同的天气状况, 采取不同的交通安全管制措施, 约束驾驶员的驾驶行为, 以降低不良天气带给驾驶员的过高工作负荷。如在一条限速 100 km/h 的高速公路上, 在中雨、中雨 + 雾(能见度 100 m) 和中雨 + 雾(能见度 50 m) 3 种不同天气状况下的限速值应逐级降低。

参考文献:

- [1] 胡江碧. 事故多发地点形成机理及分析方法的研究[D]. 北京: 北京工业大学建筑工程学院, 2004.
HU Jiang-bi. Research on forming mechanics and method for hazardous location of highway [D]. Beijing: College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, 2004. (in Chinese)
- [2] EDWARDS J B. Weather-related road accidents in England and Wales: a spatial analysis [J]. Journal of Transport Geography, 1996, 4(3): 201-212.
- [3] 吴建平. 交通事故与天气气候关系分析[J]. 交通与运输, 2008, 1: 20-22.
WU Jian-ping. Analysis of traffic accidents and climate [J]. Traffic & Transportation, 2008, 1: 20-22. (in Chinese)
- [4] 姚永杰. 军机飞行员空中脑力负荷的生理心理评定[D]. 西安: 第四军医大学航空航天医学系, 2007.
YAO Yong-jie. Mental workload assessment in military pilots using psycho physiological measures in flight [D]. Xi'an: School of Aerospace medicine, Fourth Military Medical University, 2007. (in Chinese)
- [5] WILSON G. Air-to-ground training missions: a psycho physiological workload analysis [J]. Ergonomics, 1993, 36(9): 1071-87.
- [6] 刘灵. 心率变异性在汽车司机驾驶疲劳监测中应用的研究[D]. 重庆: 重庆大学生物工程学院, 2007.
LIU Ling. Study on application of heart rate variability in vehicle driver fatigue detecting [D]. Chongqing: College of Bioengineering, Chongqing University, 2007. (in Chinese)
- [7] 李增勇, 焦昆, 陈铭, 等. 汽车驾驶员驾驶过程中的心率变异性功率谱分析[J]. 中国生物医学工程学报, 2003, 22(6): 574-576.
LI Zeng-yong, JIAO Kun, CHEN Ming, et al. Power spectrum analysis of heart rate variability of driver during simulated driving [J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2003, 22(6): 574-576. (in Chinese)
- [8] 唐焱. 心率变异性研究进展[J]. 国外医学: 生理、病理科学与临床分册, 2001, 21: 305-308.
TANG Yan. Advances in HRV research [J]. Foreign Medical Sciences: Path physiology and Clinical Medicine, 2001, 21: 305-308. (in Chinese)
- [9] RIENZO M D, MANCIA G, PARATI G, et al. Blood pressure and heart variability-computer analysis, Modeling and clinical applications [M]. Amsterdam: IOS Press, 1993.
- [10] 李德慧, 胡江碧, 荣建, 等. 驾驶行为研究模拟舱实验整体方案[J]. 交通与计算机, 2006, 24(132): 9-15.
LI De-hui, HU Jiang-bi, RONG Jian, et al. Comprehensive experimental scheme using AutoSim simulator in driving behavior research [J]. Computer and Communications, 2006, 24(132): 9-15. (in Chinese)
- [11] 杨渝书, 姚振强, 李增勇, 等. 心电图时频域指标在驾驶疲劳评价中的有效性研究[J]. 机械设计与制造, 2002, 5: 94-95.
YANG Yu-shu, YAO Zhen-qiang, LI Zeng-yong, et al. Investigation on correlation between ECG indexes and driving fatigue [J]. Machinery Design & Manufacture, 2002, 5: 94-95. (in Chinese)

- [13] 北京地铁. 北京现有地铁线路图[EB/OL]. [2009-08-25]. <http://www.bjsubway.com/cczn/dtxlt.asp>
- [14] 北京市交通发展研究中心. 奥运交通需求预测[R]. 北京: 北京市交通发展研究中心, 2008.
Beijing Transportation Research Center. Traffic demand forecast for olympic games [R]. Beijing: Beijing Transportation Research Center, 2008. (in Chinese)
- [15] 北京工业大学交通研究中心. 奥运地面公交仿真系统研究[R]. 北京: 北京工业大学建筑工程学院, 2009.
Transportation Research Center of Beijing University of Technology. Research on olympic simulation system of ground transit [R]. Beijing: Beijing University of Technology, The College of Architecture and Civil Engineering, 2009. (in Chinese)

Study on Transit Assignment in Special Event

WU Yong-yan, WEI Zhong-hua, RONG Jian, LIU Xiao-ming

(Beijing Key Laboratory of Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: According to transit flow characteristics in special event and city size, urban transit route set to study is defined. Based on the defined stop service radius, stop service areas are obtained by geometric partitioning and they in every traffic zone are known by overlapping. Considered that passenger traffic flow is in direct proportion with service areas, transit assignment model is built. Regarding the relations between stops and lines, and transfer flow and background volume, a passenger flow model is built. Finally, transit assignment in Wukesong Gymnasium is taken for example. Transit flow is assigned and compared with the true transit flow. The minimum error is 3% which can satisfy transit operation demand.

Key words: special event; transit assignment; service area; geometric partitioning; traffic zone

(责任编辑 郑筱梅)

(上接第 532 页)

Analysis on Driver's Driving Workload in Different Weather Conditions

HU Jiang-bi¹, LI An¹, WANG Wei-li¹

(Beijing Key Lab of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Weather conditions affect driving safety. Study on the characteristics of the driver workload in bad weather conditions, which can improve the driving safety. A random sample of 3 drivers was tested in a simulator cabin that simulated driving on a freeway under four scenery of weather conditions which are clear day, moderate rain, moderate rain-fog (Visibility 100 m) and moderate rain-fog (Visibility 50 m). Index of heart rate variability (HRV) is adapted to measure driver workload. We found the driver workload varies in different weather conditions and it is higher with the worse of the bad weather condition. Visibility of the driving environment has the most influence on the driver workload.

Key words: traffic safety; driver workload; bad weather; heart rate variability (HRV)

(责任编辑 郑筱梅)