

工作模式对公共汽车驾驶员疲劳程度的影响

王连震, 裴玉龙

(东北林业大学交通学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: 疲劳驾驶对公共汽车行车安全具有很高的风险。为制定合理的公共汽车驾驶员工作时间安排, 采用对照试验的方法研究不同工作模式对驾驶员疲劳程度的影响。选择哈尔滨市1条公交线路开展驾驶实验研究, 以14名公共汽车驾驶员为研究对象, 根据工作模式的不同分为实验组和对照组。采用斯坦福嗜睡量表记录驾驶员的主观疲劳程度, 选择反应时和PERCLOS表征驾驶员的警觉性水平。采用单因素方差分析法分析各个指标随驾驶时间变化的显著性。实验结果表明, 连续驾驶时间对公共汽车驾驶员的疲劳程度和警觉性水平有显著影响, 两种工作模式对驾驶员疲劳测评指标的影响显著不同。

关键词: 交通工程; 公共汽车驾驶员; 驾驶疲劳; 工作模式; 单因素方差分析

Impacts of Working Time Arrangements on the Fatigue Levels of Bus Drivers

Wang Lianzhen, Pei Yulong

(Traffic College, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang 150040, China)

Abstract: Fatigue driving brings high risks to bus operational safety. In order to make reasonable schedules for bus drivers, this paper investigates the impacts of different working time arrangements on the fatigue levels of bus drivers using the comparison experiment method. By dividing 14 bus drivers on a bus line into experiment and comparison groups with different working time arrangements, the paper conducts an experiment in Harbin. The experiment records the subjective fatigue level of drivers using the Stanford Sleepiness Scale (SSS), while measures the level of driver alertness using two indicators: reaction time and Percentage of Eyelid Closure over the Pupil over Time (PERCLOS). Based on one-way ANOVA, the paper analyzes the significance of individual indicators' change with driving time. Results show that continuous driving time has significant impact on the level of fatigue and alertness for bus drivers and the influence of the two working time arrangements on the fatigue levels of drivers are significantly different.

Keywords: traffic engineering; bus drivers; fatigue driving; working time arrangements; one-way ANOVA

收稿日期: 2014-01-19

基金项目: 国家自然科学基金项目“营运汽车驾驶员驾驶疲劳累积及预防政策研究”(51178149)

作者简介: 王连震(1985—), 男, 山东禹城人, 博士, 讲师, 主要研究方向: 交通规划、交通安全。E-mail: rock510@163.com

0 引言

公共汽车驾驶员每天按照固定的路线进行长时间的重复驾驶, 具有工作时间长、劳动强度大、风险责任高和精神压力大的工作特点, 因此, 在日常的驾驶任务中特别容易产生驾驶疲劳。受驾驶员和公共汽车数量的限制, 调度人员会对驾驶员一天内的驾驶任务进行统一安排。一般情况下, 驾驶员在完成一个周期的驾驶任务(即连续驾驶车辆从起点到终点然后再回到起点)后会有一定的休息时间, 然后开始下一周期的任务, 这是

公共汽车驾驶员普遍采用的工作时间安排, 即工作模式。受公交线路长度的影响, 驾驶员单程驾驶时间一般为1h左右, 遇到交通拥堵或者不良天气, 驾驶时间会大大延长, 加上频繁的换挡、刹车等操作, 驾驶员很快会产生疲劳感。这种疲劳感如果得不到及时缓解, 势必会造成累积, 影响后续的驾驶任务。合理的工作模式可以抑制驾驶疲劳的累积效应、有效缓解公共汽车驾驶员在连续驾驶任务中产生的疲劳。

已有研究表明, 影响驾驶疲劳的因素众多, 其中长时间驾驶是主要的因素之一。国

内外学者对此进行了深入研究。文献[1]通过模拟驾驶实验证明驾驶时间与疲劳程度之间具有明显的相关性。文献[2]研究发现, 驾驶频率和时间是导致驾驶疲劳产生的重要因素。文献[3]以卡罗林斯卡嗜睡量表(Karolinska Sleepiness Scale, KSS)、脑电波功率、车辆横向位置标准差等作为度量指标, 通过实验分析验证了驾驶时间对驾驶行为有显著影响。文献[4]指出对货车驾驶员来说连续驾驶8~9 h后操作能力受到严重影响。文献[5]指出长时间单调环境的白天驾驶通常会导致驾驶员警觉性水平的降低。

针对如何通过不同的工作时间安排抑制长时间驾驶对疲劳的影响, 国内外学者也开展了相关研究。文献[6]通过采集北京市公共汽车驾驶员的临界闪光融合频率、注意力分配值和反应时等指标数据, 发现不同的驾驶过程和时间对这些指标的影响有差异。文献[7]根据休息时间长短和间隔的不同将4 h的驾驶任务分为三种驾驶模式, 每种模式的总驾驶时间和总休息时间均相同, 结果表明: 对于长时间的驾驶任务, 合理分配驾驶时间和休息时间可以有效缓解驾驶疲劳。文献[8]指出, 德国对长时间驾驶任务中的连续驾驶时间、休息时间间隔和长度进行了详细规定。文献[9]研究发现对长时间的驾驶任务而言, 配备两名驾驶员轮流驾驶是缓解疲劳最有效的措施。

本文以公共汽车驾驶员为研究对象, 采用对照实验的方法, 将驾驶员的工作模式分为两种, 以不同工作模式下的实车驾驶为实验场景, 分析不同驾驶阶段驾驶疲劳测评指标的变化规律, 旨在揭示连续驾驶时间和不同工作模式对公共汽车驾驶员警觉性水平和驾驶疲劳的影响程度, 从而为制定合理的工作模式提供理论依据。

1 实验方案设计

1.1 实验对象选择

本文选择哈尔滨市常规公交线网中的1条

线路作为实验场景, 该线路途经路段基本无交通拥堵状况, 各车站客流量分布较均衡, 线路全长14.1 km, 共设置21个车站, 驾驶员从起点至终点完成1次驾驶任务平均时间为55 min, 从起点至终点再返回起点的驾驶过程称为一圈。该线路车队共配备驾驶员14名, 平均年龄为 37.6 ± 3.73 (平均值 \pm 标准差, 以下同)岁, 均为已婚, 均具有5年以上的驾驶经验, 且从事公交驾驶工作均在2年以上, 平均驾龄 12.9 ± 3.58 年。所有驾驶员均身体健康, 视力良好。在实验开始前一天, 驾驶员的平均睡眠时间为7.5 h, 睡眠质量自述均为良好以上。实验将驾驶员随机分成两组, 分别为实验组和对照组, 每组各7名。

1.2 实验设备应用

实验时调查员使用斯坦福嗜睡量表(Stanford Sleepiness Scale, SSS)进行主观疲劳询问^[10]。同时, 采用BD-II-501A声光反应时测定仪对公共汽车驾驶员进行测试, 获取其反应时数据。在驾驶过程中将摄像机安装在正对驾驶员眼睛的位置上(不妨碍驾驶员驾驶), 利用视频记录驾驶员的眼睛状态, 并采用文献[11]提出的人眼状态识别方法进行数据处理, 得到眼动指标数据(Percentage of Eyelid Closure over the Pupil over Time, PERCLOS), 即单位时间内眼睛闭合时间所占的百分比^[12]。

1.3 实验过程组织

本次实验采用两组对照进行。对照组和实验组分别采用两种工作模式(见图1): 实验组驾驶员在完成半圈驾驶任务后先休息15 min, 然后开始后半圈的驾驶任务, 整圈任务完成后再休息15 min, 然后开始下一圈的任务; 对照组驾驶员在完成半圈(由起点到终点)驾驶任务后, 不经过休息直接开始后半圈的驾驶任务, 待一圈任务完成后休息30 min, 然后开始下一圈的任务。两组驾驶员每半圈驾驶任务结束后分别采用斯坦福嗜



图1 实验组和对照组工作时间安排

Fig.1 Working time arrangements for the experiment group and the comparison group

睡量表和声光反应时测定仪进行一次测试。每名驾驶员当天的驾驶任务为5圈，实验时间跨度为6:00—19:00，驾驶员平均工作时间为10.75 h(含休息时间)。本实验共进行两次，每次实验均以驾驶员一天内的工作任务为实验环境，共采集28组实验数据，采用每组实验数据的平均值进行分析。

2 实验数据分析

本文采用单因素方差分析法对实验组和对照组的3个指标分别进行分析，显著性水平为0.05。分析结果见表1和表2， F 值和 p 值分别为单因素方差分析的两个指标，代表了显著性程度，当 $p < 0.05$ 时说明不同数据组之间有显著差异。

由表1可知，在完成各自驾驶任务后，对照组和实验组的反应时和眼动指标PERCLOS均呈现出显著性差异($F=4.856$ ， $p=0.039$ ； $F=4.713$ ， $p=0.044$)，而主观疲劳量表值并没有表现出显著差异($F=0.377$ ， $p=0.546$)，说明不同工作模式对反应时和PERCLOS的影响显著，而对主观疲劳量表值的影响不明显。

由表2可知，随着驾驶时间的增加，同组内不同驾驶阶段的反应时、PERCLOS和主观疲劳量表值均表现出显著性变化，说明驾驶时间的增加对反应时、PERCLOS和主观疲劳量表值的影响均显著。

表1 驾驶疲劳测评指标随驾驶时间变化的组间分析结果

Tab.1 Inter-group analyses of the change of drivers' fatigue evaluation indicators with driving time

指标	F 值	p 值
反应时	4.856	0.039
PERCLOS	4.713	0.044
主观疲劳量表值	0.377	0.546

表2 驾驶疲劳测评指标随驾驶时间变化的组内分析结果

Tab.2 Intra-group analyses of the change of drivers' fatigue evaluation indicators with driving time

指标	实验组		对照组	
	F 值	p 值	F 值	p 值
反应时	5.213	0.001	26.938	<0.001
PERCLOS	3.054	0.007	2.149	0.047
主观疲劳量表值	17.917	<0.001	14.685	<0.001

3 实验结果讨论

1) 主观疲劳量表值。

主观疲劳量表值在整个驾驶任务完成过程中总体呈现明显的上升趋势，见图2。实验组的主观疲劳分数平均值为 3.44 ± 1.31 ，对照组的主观疲劳分数平均值为 3.80 ± 1.46 ，意味着随着驾驶时间的增加，公共汽车驾驶员的主观疲劳感觉加重，警觉性水平逐渐恶化。在经过同样数量的驾驶阶段后，两组驾驶员主观上均感到疲劳程度增加，然而不同的工作时间安排对两组的影响差异不明显，表明这两种工作时间安排对两组驾驶员主观疲劳感受的影响一致，并无明显区别。

2) 反应时。

反应时在整个驾驶任务完成过程中呈现明显上升趋势，见图3。实验组的反应时平均值为 0.86 ± 0.255 s，对照组的反应时平均值为 1.28 ± 0.569 s。在前2.5圈驾驶任务完成后，对照组公共汽车驾驶员的反应时缓慢增加，并且基本上与实验组的反应时水平保持一致。从第三圈驾驶任务开始，对照组驾驶员反应时急剧增加，根据工作时间表的安排，该阶段的驾驶任务处于12:30—14:30，此阶段为日间人最困倦的时期，因而在该阶段驾驶任务完成后，驾驶员的反应时增加明显，驾驶员在该阶段处理突发事件的时间明显延长，容易导致交通事故。而对于实验组驾驶员而言，在整个驾驶任务完成的过程中，反应时虽有增加，但过渡比较平稳，且在后半段的驾驶任务过程中，反应时明显低于对照组驾驶员，表明不同工作模式对两组驾驶员的反应时影响差异明显，在相同强度的驾驶任务下，实验组的驾驶时间安排对反应时产生的影响小于对照组。实验表明，实验组驾驶员的工作时间安排可以较为有效地抑制反应时的迅速增加，有利于驾驶员对自身疲劳状态的控制、降低驾驶风险。

3) PERCLOS。

在整个驾驶任务过程中，PERCLOS指标呈现先增加后略有降低的趋势，见图4。实验组的PERCLOS平均值为 0.228 ± 0.047 ，对照组的PERCLOS平均值为 0.296 ± 0.088 。对两组驾驶员来说，PERCLOS指标在第四圈的驾驶过程中达到最高值，此后，PERCLOS指标略有降低，但仍保持较高疲劳水平；且在整个驾驶任务过程中，对照组驾驶员的PERCLOS指标一直高于实验组驾

驶员。由分析结果可知,两种不同的工作时间安排对PERCLOS指标的影响区别显著,对照组驾驶员的PERCLOS指标恶化程度大于实验组驾驶员。

4 结语

本文以公共汽车驾驶员为研究对象,采用对照试验的方法分析两种工作模式对驾驶员疲劳程度的影响,通过单因素方差分析法对实验数据进行分析,得到以下结论:1)驾驶时间的长短对于实验组和对照组驾驶员的疲劳程度均具有明显影响。随着驾驶时间的增加,驾驶员的主观疲劳感觉、反应时和眼动指标均出现不同程度的恶化。2)对于不同的工作时间安排,实验组和对照组驾驶员的疲劳程度呈现不同变化,表明这两种工作时间安排对于驾驶员疲劳水平的影响显著不同。3)从指标的变化情况可以看出,实验组驾驶员的疲劳水平总体上低于对照组驾驶员,表明与对照组相比,实验组驾驶员的工作时间安排对驾驶疲劳的抑制效果更为明显,此种工作模式对公共汽车驾驶员更为合理。

本文实验中选取的公共交通线路沿线交通条件良好,实验中未考虑交通拥堵等因素带来的时间延误影响,在后续研究中需同时考虑更为复杂的交通条件对驾驶疲劳的影响,如交通拥堵、行驶速度等,为合理制定工作模式提供更为充分的依据。

参考文献:

References:

- [1] Der Hulst M V, Meijman T, Rothengatter T. Maintaining Task Set under Fatigue: A Study of Time-on-Task Effects in Simulated Driving [J]. Transportation Research Part F, 2001, 4 (2): 103-118.
- [2] Wylie C D, Shultz T, Mitler M M, et al. Commercial Motor Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study[R]. Ottawa: Transport Canada, 1996.
- [3] Sarah Otmami, Thierry Pebayle, Joceline Roge, Alain Muzet. Effect of Driving Duration and Partial Sleep Deprivation on Subsequent Alertness and Performance of Car Drivers[J]. Physiology & Behavior, 2005, 84(5): 715-724.

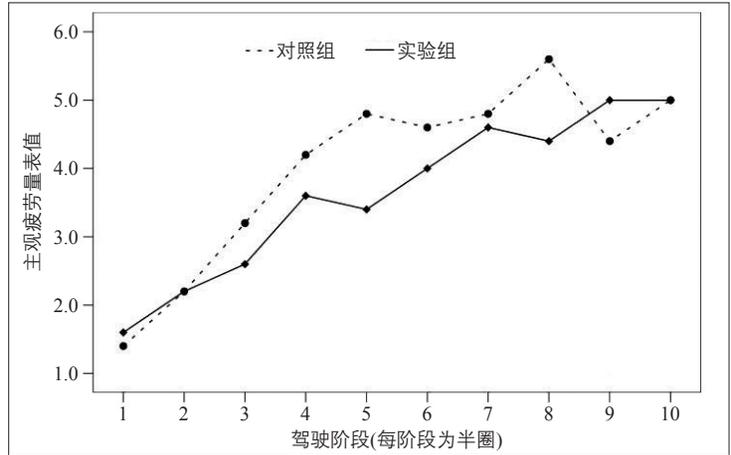


图2 主观疲劳量表值随驾驶阶段的变化

Fig.2 Change of subjective fatigue scale with driving stages

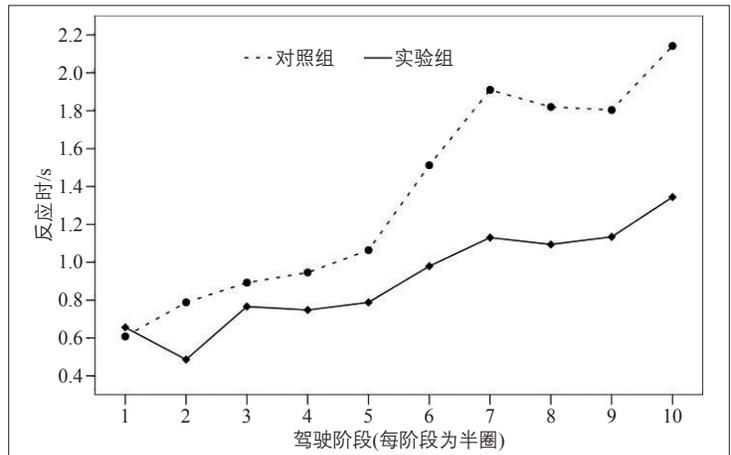


图3 反应时随驾驶阶段的变化

Fig.3 Change of reaction time with driving stages

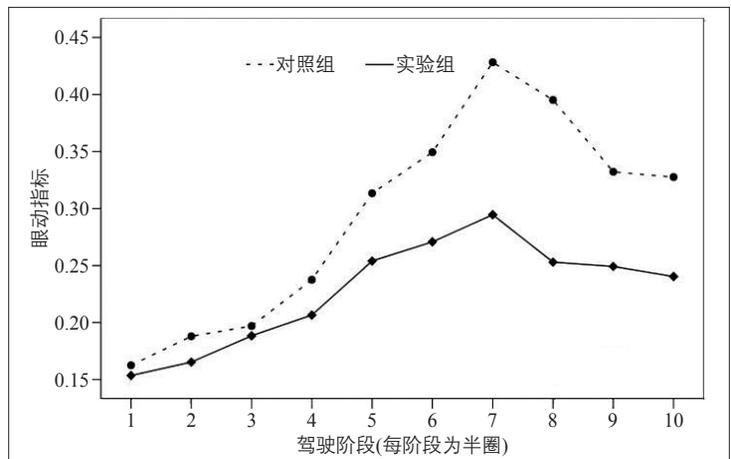


图4 眼动指标随驾驶阶段的变化

Fig.4 Change of PERCLOS with driving stages

- [4] Mackie R R, Miller J C. Effects of Hours of Service Regularity of Schedules, and Cargo Loading on Truck and Bus Driver Fatigue[R]. Washington DC: U.S. Department of Transport, 1978.