

# 机动车驾驶员驾驶疲劳测评方法的研究状况及发展趋势

郑培 宋正河 周一鸣

(中国农业大学车辆工程学院)

**摘要** 据文献介绍,全世界每年因交通事故而导致的死亡人数达 60 万,直接经济损失约 125 亿美元,这些事故多与驾驶员疲劳驾驶有关。介绍了国内外对于机动车驾驶员驾驶疲劳程度的测评方法,对具代表性的几种方法进行了评述,认为美国公路安全管理局推荐的实时测量驾驶疲劳程度优先选择的 PERCLOS 法是目前较为有效的测评方法,提出我国有关驾驶疲劳程度测评方法的研究应着重于驾驶疲劳的机理和数学模型、检测方法和评价标准等方面,并应开展实时、非接触式预警装置的研制,实现其商品化。

**关键词** 驾驶疲劳; 测评方法; 发展趋势

**中图分类号** U 491.31

## Study Situation and Developing Trend on Detecting and Evaluating Techniques of Motor Driver Fatigue

Zheng Pei Song Zhenghe Zhou Yiming

(College of Vehicle Engineering, CAU)

**Abstract** The study situation on detecting and evaluating techniques of motor driver fatigue in the world (mainly in the U. S. A) is reviewed. There are two kinds of research method for subjective investigating and objective evaluating method of motor driver fatigue. PERCLOS is the percentage of eyelid closure over the pupil over time and reflects slow eyelid closures ("droops") rather than blinks. FHWA and NHTSA consider PERCLOS to be among the most promising known real-time measures of alertness for in-vehicle drowsiness-detection systems. Driving in fatigue state is a serious problem that leads to thousands of vehicle being crashed each year. The drowsiness and fatigue may play an important role in traffic crashes. Based on the analysis of existing detecting and evaluating techniques of motor driver fatigue, several key researching and developing tasks on the detecting and evaluating techniques of motor drivers fatigue in the near future are pointed out as follows: (a) To study the mechanism and model of motor drivers fatigue. (b) To research the detecting technique and corresponding evaluating criterion of motor drivers fatigue. (c) To develop the real-time detecting and warning device of motor driver fatigue that not give any uncomfortable and inconvenient perception to motor driver. (d) To improve the reliability of the detecting and warning device of motor driver fatigue. (e) To commercialize the real-time detecting and warning device of motor driver fatigue. The final outcome is to apply the advanced commercialized real-time detecting and warning device of motor driver fatigue to the vehicles to improve the safety of

收稿日期: 2001-07-12

郑培, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)213 信箱, 100083

drive-vehicle-road system.

**Key words** driver fatigue; detecting and evaluating technique; developing trend

目前, 机动车交通事故每年导致数以万计的车辆碰撞事故和重大的人员伤亡<sup>[1]</sup>, 从某种意义上来说, 驾驶机动车比驾驶火车、轮船和飞机的危险性更大, 由它造成的灾难更多。

美国俄克拉荷马州收费公路局(the Oklahoma Turnpike Authority) 1965年发表了对1953至1964年2 128名机动车驾驶员发生车辆碰撞事故的调查结果: 22%的驾驶员打盹驾驶; 48%的交通事故归结于疲劳驾驶<sup>[2]</sup>。卡耐基梅隆大学在驾驶模拟器上进行的研究表明: 机动车辆重大事故9.1%归因于驾驶员疲劳驾驶, 而夜晚疲劳驾驶的重大事故率约达19.9%<sup>[3]</sup>。英国交通研究实验室(Transport Research Laboratory)认为: 驾驶疲劳导致的道路交通事故占全部交通事故的10%。Loughborough大学的研究人员分别对996名载重汽车和4 621名轿车男驾驶员进行跟踪调查, 发现有29%的驾驶员在开车时打瞌睡, 其中10%的驾驶员由于困倦而导致交通事故<sup>[4]</sup>。M Itler, M iller 和L ip sitz 等人调查了82名不同年龄和性别的驾驶员, 发现在短途(约80 km 内)旅行中发生车辆碰撞事故的几率是0.4%, 而长途(约80.5 km 以外)旅行中是3%<sup>[4]</sup>。据不完全统计, 全世界每年因道路交通事故导致死亡的人数超过60万; 由于驾驶员疲劳造成的交通事故至少有10万起, 其中1 500起重大事故, 71 000人受伤; 直接经济损失达125亿美元<sup>[5]</sup>。1986至2000年的道路交通事故中, 全世界有650万人死于公路交通事故, 3.5亿人受伤。有专家预测, 2001年全世界道路交通事故死亡人数可能达到110万人。美国联邦公路管理局FHWA (Federal Highway Administration) 和国家公路交通安全管理局NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) 对拖挂车驾驶员紧张、疲劳状况进行的研究表明, 驾驶疲劳与行驶路线、持续作业时间和生理素质有关, 认为大约连续行驶3 200 km, 拖挂车驾驶员将处于疲劳状态。1995年美国国家交通安全委员会NTSB (The National Transportation Safety Board) 检查了107起由驾驶员造成的卡车交通事故, 其中58%与驾驶员打盹驾驶有关<sup>[6]</sup>。

## 1 机动车驾驶员驾驶疲劳问题的国内外研究状况

### 1.1 国外研究状况

早期的驾驶疲劳测评主要是从医学角度出发, 借助医疗器件进行的。这些研究可以追溯到1935年美国交通部管辖的洲际商业协会ICC (the Interstate Commerce Commission) 要求美国公共卫生服务署USPHS (the United States Public Health Service) 对城市商业机动车驾驶员服务时间(the hours of service)管理条例的合理性所进行的调查, 但是对驾驶疲劳的实质性的研究工作是从20世纪80年代由美国国会批准交通部实施驾驶服务时间(HOS)改革, 研究商业机动车驾驶和交通安全的关系, 并健全卡车和公共汽车安全管理条例开始的。这样美国把驾驶疲劳的研究提到立法高度, 保证了开展驾驶疲劳研究的合法性、有效性和持续性。

驾驶疲劳的研究分为主观和客观2种方法。主观的方法主要依据主观调查表、驾驶员自我记录表、睡眠习惯调查表和斯坦福睡眠尺度表等来测评驾驶员的疲劳程度。最有代表性的主观调查是皮尔逊疲劳量表, 分为13级<sup>[7]</sup>。驾驶员自我记录表对驾驶任务、驾驶习惯和驾驶时间等进行自我测评, 这些因素因人而异, 因此不能作为测评驾驶疲劳的标准尺度。睡眠习惯调查表用来检查驾驶员是否有失眠的情况, 对疲劳程度和情绪进行自我评价。以上这些主观方面的调

查表使用方法简单,但很难量化疲劳的等级和程度,又因各人的理解有明显的差异,其结果往往不能令人满意<sup>[8]</sup>。

客观的方法有脑电图、眼电图、肌电图、呼吸气流(用鼻声传感器测量)、呼吸效果(用胸部传感器测量)、动脉血液氧饱和(用手指探针测量)时的体温(用红外线耳朵探针获取)、心电图(开车或睡眠时)等测量方法,尽管这些方法测量结果比较准确,但一般在驾驶前后测量,结果是超前或滞后的;而在驾驶室内安装上述仪器也是不现实的。因此,寻求一种车载、实时、客观的疲劳测量装置成为国内外研究者的研究方向。

20世纪90年代,疲劳程度测量方法的研究有了很大的进展,许多国家已开始了驾驶疲劳车载电子测量装置的开发研究工作,尤以美国的研究发展较快。现有的研究成果中具代表性的产品有:1)美国研制的打瞌睡驾驶员侦探系统DDDS(The Drowsy Driver Detection System)。采用多普勒雷达和复杂的信号处理方法,可获取驾驶员烦躁不安的情绪活动、眨眼频率和持续时间等疲劳数据,用以判断驾驶员是否打瞌睡或睡着。该系统可制成体积较小的仪器,安装在驾驶室内驾驶员头顶上方,完全不影响驾驶员正常的驾驶活动。2)方向盘监视装置S.A.M.(steering attention monitor)。一种监测方向盘非正常运动的传感器装置,适用于各种车辆。方向盘正常运动时传感器装置不报警,若方向盘4s不运动,S.A.M.就会发出报警声直到方向盘继续正常运动为止。S.A.M.被固定在车内录音机旁,方向盘下面的杆上装有一条磁性带,用以监测方向盘的运动。使用S.A.M.并不意味延长驾驶时间,而是要提醒驾驶员驾车时不要打瞌睡。另外,S.A.M.与录像机配合使用可以为保险公司提供证据。3)DA S 2000型路面警告系统(The DA S 2000 Road Alert System)。一种设置在高速公路上用计算机控制的红外线监测装置,当行驶车辆摆过道路中线或路肩时,向驾驶员发出警告。4)反应时测试仪PV T(The psychomotor vigilance test)。根据驾驶员对仪器屏幕上随机出现的光点的反映(光点出现时敲击键盘)速度测试驾驶员的反应时,用以判断其疲劳程度。5)日本成功研制了电子“清醒带”。使用时固定在驾驶员头部,将“清醒带”一端的插头插入车内点烟器的插座,装在带子里的半导体温差电偶使平展在前额部位的铝片变凉,使驾驶员睡意消除,精神振作。据说戴上这种“清醒带”,可以24h无睡意。“清醒带”使用电压12~14V,电流500mA,十分安全。这种装置国内已开始生产和销售。

自2000年以来,随着计算机和集成电路制造技术的提高,使机动车驾驶员驾驶疲劳的研究有了进一步的发展。美国华盛顿大学的John Stern博士是世界上研究眼部动态和驾驶疲劳的权威人士之一,他领导的由美国联邦公路管理局和汽车联合会资助的研究所,通过自行开发的专用照相机、脑电图仪和其他仪器来精确测量头部运动、瞳孔直径变化和眨眼频率,用以研究驾驶行为等问题。研究结果表明:一般情况下人们眼睛闭合的时间在0.2~0.3s之间,驾驶时若眼睛闭合时间达到0.5s就很容易发生交通事故。宾夕法尼亚大学智能交通实验室和NHTSA采用PERCLOS<sup>[2]</sup>(眼睛闭合时间占特定时间的百分率)作为精神生理疲劳程度的测量指标。精神生理疲劳程度的测量还采用脑电图仪electroencephalograph(EEG)、头动探测器等,但是公认最有效的方法是PERCLOS法。2000年1月明尼苏达大学计算机科学与工程系的Nikolaos P. Papanikolaou教授成功开发了一套驾驶员眼睛的追踪和定位系统<sup>[9]</sup>,通过安置在车内的一个CCD摄像头监视驾驶员的脸部,实现以下功能:1)用快速简单的算法确定驾驶员眼睛在脸部图像中的确切位置和其他脸部特征;2)通过追踪多幅正面脸部特征图像来

监控驾驶员是否驾驶疲劳; 3) 追踪多幅侧面脸部特征图像来估算驾驶员是否驾驶疲劳。2000年3月, Nikolaos P. Papanikolopoulos 对上述系统进行了改进, 改用红外线彩色摄像头并加滤波器滤除图像的噪声和非脸部的图像, 使搜索脸部图像的次数减少, 加快了系统处理图像的速度。采用灰度模式匹配方法追踪输入图像序列来搜寻并确定眼睛区域, 然后用同样的模式匹配方法来确定眼睛是睁开还是闭合<sup>[10, 11]</sup>, 若搜索失败, 系统可自动重新开始搜索。

## 1.2 国内研究状况

我国从20世纪60年代开始对驾驶疲劳进行实验性的研究工作。中国军事医学科学研究所陈信等人用脑电分析器对117名飞行员进行研究, 发现人体疲劳与脑电波的 $\alpha$ 节律(1~4 Hz)有关。认为正常人脑电波的 $\alpha$ 节律是有规律而且丰富多彩的,  $\alpha$ 节律变化缓慢说明产生了飞行疲劳。1991年哈尔滨工业大学的郭德文指出疲劳是一种自然性保护反应, 它不但与劳动强度有关, 而且还与心情、健康程度、环境、兴趣和工作绩效有关。从生理角度看, 疲劳可分为体力疲劳和脑力疲劳。脑力疲劳的测量用诱发电位的方法: 在肌肉表面固定好表面电极, 肌电信号经表面电极传至肌电图记录仪, 可以看出, 肌电图的频率随着疲劳的产生和疲劳程度的加深呈现下降趋势, 而肌电图的幅值增大则表明疲劳程度增大。1998年深圳长途汽车公司的周鹏应用人体生理学, 现代神经学, 电子工程学分析了驾驶员疲劳事故隐患的起因, 提出消除疲劳事故隐患必须消除司机开车时的异常疲劳和大脑麻痹。根据这一思想他研究了佩戴于司机小腿部和手腕部的“司机疲劳事故预防器”, 该仪器能在十几分钟至一二小时内消除司机已有的疲劳状况, 清醒大脑。他还认为目前国内外项目研究进展缓慢的根本原因是仅单纯从工程角度研究开发机动车辆驾驶员驾驶疲劳检测装置<sup>[12]</sup>。对交通事故统计资料的研究结果表明, 80%的交通事故与驾驶员的主动安全性因素有关。但是驾驶员的主动安全性因素包括许多复杂、多变和不确定性因素, 或具有时滞、非线性等复杂关系, 难以用通常的控制理论进行分析和控制。2000年, 石坚、吴远鹏、卓斌(上海交通大学动力与能源工程学院)和马勇、许晓鸣(上海交通大学自动化系)通过传感器测量驾驶员驾驶时方向盘、踏板等的运动参数来判别驾驶员的安全因素, 发现方向盘的操纵情况与驾驶员的疲劳程度具有一定的联系, 方向盘较长时间不动, 说明驾驶员在打瞌睡。我国现已有几种结构简单、使用方便且价格低廉的疲劳程度报警器, 如郑州机务南段工程师董世衍采用近红外线光电技术研制成功的一种防止驾驶员打瞌睡的警报装置。这套装置分2部分, 一部分是主机, 另一部分是眼镜框架。戴上这副眼镜框架, 打瞌睡或眼毛运动变化, 传感器就迅速将信息报告给主机, 发出警报。当驾驶员昏昏欲睡, 眼睛刚闭合时, 小铁盒就发出“滴滴滴”的报警声; 若驾驶员继续瞌睡, 小铁盒就“通知”相联装置采取自动停车措施<sup>[13]</sup>。总体来看, 我国对于机动车辆驾驶中驾驶疲劳测评方法的研究, 同发达国家相比, 还有很大的差距。

## 2 对驾驶疲劳测评方法研究的建议

综合分析国内外关于机动车驾驶疲劳测评方法的研究状况, 笔者认为, 今后驾驶疲劳测评方法的研究, 应当主要在如下几方面展开:

1) 驾驶疲劳机理和模型的研究。从生理学、心理学和行为科学的角度深入研究机动车驾驶员驾驶疲劳的机理, 建立驾驶与疲劳之间关系的数学模型, 这种数学模型应当描述疲劳与驾驶行为的本质联系, 所选取的测评参数应当是实时的、非接触式的, 获取参数的方式不应对驾驶

员的驾驶操作行为产生干扰影响。

2) 驾驶疲劳检测方法和评价标准的研究。基于驾驶疲劳的机理和相应的数学模型, 研究确定驾驶疲劳的检测方法, 研制相应的检测仪器, 通过大量的实验研究确定驾驶疲劳的评价标准, 以量化的阈值加以表示。

3) 实时、非接触式驾驶疲劳预警装置的研制。应当充分利用计算机图形图像处理技术, 高灵敏传感器和智能控制技术等手段, 研制实用的驾驶员疲劳预警及探测装置, 这些装置能够实时、非接触式地检测驾驶员驾驶疲劳强度的本质参数, 以此来预测驾驶员是否处于疲劳状态, 同时适时给出预警信号。

4) 融合多种方法提高驾驶疲劳预警装置的可靠性。由于驾驶环境不同, 不同驾驶员个人差异很大, 且每一种疲劳测评方法侧重点不同, 因此融合多种技术更适合不同的个人环境, 也可使驾驶疲劳预警装置更加可靠有效。

5) 车载机动车驾驶员驾驶疲劳预警装置的商品化和普及应用。当前实用的车载、非接触式、实时的驾驶疲劳预警装置还没有到实用化的程度, 应当争取早日实现其商品化, 并积极推广应用以增强机动车的安全性能。

## 参 考 文 献

- 1 DrivAlert Systems Inc. Fatigue facts [http: www. zzzzalert. com](http://www.zzzzalert.com), 1999. 9
- 2 FHWA report number: FHWA MC-97-001. [http: fhwa. dot. gov](http://fhwa.dot.gov), 1997. 10
- 3 Randell N. A tool to improve driving safety. Society of Automotive Engineers, 1998(7): 45~ 70
- 4 Transport Research Laboratory. Driver fatigue—a killer on the roads [http: www. ntsb. gov/itsal-private. htm](http://www. ntsb. gov/itsal-private. htm), 1998. 10
- 5 Gerry E. Warning system for fatigued drivers nearing reality with new eye data. Science Daily Magazine, 1999(7): 25~ 30
- 6 FHWA. Drowsy driving and automobile crashes [http: www. fmcsa. dot. gov/safetyprogs/research/driverfatigue. htm](http://www. fmcsa. dot. gov/safetyprogs/research/driverfatigue. htm), 1996. 9
- 7 Carroll R J. FHWA Technical Report No. FHWA MC-99-136 [http: fhwa. dot. gov](http://fhwa. dot. gov), 1999
- 8 丁玉兰 人机工程学 北京: 北京理工大学出版社, 1991. 125~ 129
- 9 Nikolaos P. Vision-based detection of driver fatigue. IEEE International Conference on Intelligent Transportation. [http: www. fmcsn. dot. gov/1997. 9](http://www. fmcsn. dot. gov/1997. 9)
- 10 Laurence H, Nick M. Review of fatigue detection and prediction technologies [http: www. nrtc. gov. au](http://www. nrtc. gov. au), 2001. 1
- 11 Driver Fatigue: Concepts, measurement and crash count measures [http: www. general. monash. edu. au/muarc/rptsum/escr72. htm](http://www. general. monash. edu.au/muarc/rptsum/escr72. htm), 1997
- 12 周 鹏 疲劳事故隐患消除技术与方法 汽车电器, 1998(8): 27~ 30
- 13 何存道, 欣兆生 道路交通心理学 合肥: 安徽人民出版社, 1989. 32~ 40