

基于安全人机工程学的驾驶疲劳因素及其产生机理分析

段振伟, 景国勋, 杨书召

(河南理工大学 安全科学与工程学院, 河南 焦作 454003)

摘要: 在当今各种重大伤亡事故中, 交通事故所占比例最大。其中驾驶疲劳已经成为引发交通事故的主要原因, 但驾驶疲劳的产生受交通标志、环境、驾驶员自身素质等诸多因素交互作用, 成因复杂, 表现特征呈现出多维度、多侧面。基于安全人机工程学的原理分析了驾驶疲劳的各种影响因素及其相互关系, 归纳出其形成过程分为感知、判断决策和动作3个阶段, 提出疲劳驾驶的行为模式, 并探讨其内在机理, 这对于预防驾驶疲劳, 保障车辆安全畅行具有十分重要的理论及现实意义。

关键词: 安全人机工程; 驾驶疲劳; 产生机理

中图分类号: X9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9798(2008)01-0021-07

Analysis of driving fatigue factors and mechanism based on safety drgonomics

DUAN Zhen-wei, JING Guo-xun, YANG Shu-zhao

(School of Safety Science & Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Nowadays, traffic accident occupies the largest scale among all the fatal accidents. Driving fatigue has become the main factor traffic accidents. Driving fatigue, formed by interactions of complex reasons, such as traffic marks, environment, drivers etc. It shows the multiple dimensionality and the multiple profile characters. Based on safety ergonomics principle, the paper analyzes these interactive factors, which induces three processing steps: knowing, judging and acting, concludes the behavior mode of driving fatigue and analyzes the mechanism. It is very important on theory and practice to prevent driving fatigue and ensure vehicle safety.

Key words: safety ergonomics; driving fatigue; mechanism

0 引言

车祸是致使人类非正常死亡的重要因素, 据 WHO 专家推算, 到 2020 年车祸致人死伤的排名将居人类伤亡的第 3 位, 远远高于艾滋病、疟疾等传染性疾病。治理交通事故, 降低死伤人数也是一个世界难题。

近年来, 我国道路交通运输事业发展迅猛, 汽车保有量超过 2 500 万辆, 但是恶性事故的增长趋势也十分明显。中华人民共和国交通部副部长冯正霖在全国公路安全保障工程实施工作座谈会上讲到: 全国每年因交通事故死亡 10 余万人, 受伤 50 余万人, 高居世界第一。交通伤亡事故的伤亡人数

收稿日期: 2007-09-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50674041)

作者简介: 段振伟(1979-), 男, 河南襄城县人, 讲师, 在读博士研究生, 从事安全系统工程、安全人机工程、瓦斯与煤尘治理等领域研究。

E-mail: Hellohpu@hpu.edu.cn

占全国各种事故伤亡人数总和的75%~80%，已经成为各种事故中的“头号杀手”。我国道路交通安全形势严峻。从2001年开始，我国连续4年每年的交通事故死亡人数超过10万人，是世界上交通事故死亡人数最多的国家，交通伤亡事故的万车死亡率仅次于印度，约为发达国家的10倍左右^[1]。世界卫生组织的事故调查显示，大约30%~40%的交通事故与酒后驾驶有关，而由驾驶疲劳造成的事故占事故总数的20%左右，占特大交通事故的20%以上。由此可见，驾驶员疲劳和酒后驾驶一样，已经成为交通事故的主要隐患。所不同的是，酒后驾驶可以通过简单仪器轻易测出，而驾驶疲劳则具有相当的隐蔽性。随着针对性宣传教育的不断推进，驾驶员的安全意识逐渐提高及社会责任感逐渐增强，由此而产生的事故概率逐渐降低，而随着市场经济机制的不断推进，受到经济利益的驱使，由疲劳驾驶而产生的事故概率正在逐渐升高。

汽车驾驶属于操作复杂的机械类作业，人-汽车-环境系统是一个典型的人机系统。在这个系统中，驾驶员要不断地接受外部信息，监视车辆运行和道路状况，并根据需要操作汽车，使汽车安全地行驶。因此，在人-汽车-环境系统中，积极探索驾驶疲劳产生的机理，对于预防疲劳驾驶，提高道路交通安全性，确保人民的生命和财产安全具有很重要的意义^[2]。

1 驾驶疲劳的行为表现

驾驶疲劳是指驾驶员在较长时间连续行车后所产生的生理、心理机能以及驾驶操作效能下降的现象，即驾驶员长时间驾驶会引起精神疲劳和肌肉疲劳，精神疲劳会使驾驶员的警觉度降低，甚至进入睡眠状态，肌肉疲劳会使驾驶员肌肉酸痛，反应不灵敏。按照驾驶疲劳产生的方式可分为：主观疲劳（主观上的感受）和客观的疲劳（在任务执行过程中反应机能的下降）；按照产生的内容可分为：生理的疲劳（身体的变化，主要指肌肉和神经的疲劳）和心理的疲劳（心理反应机能的下降）。驾驶员在较长时间的驾驶过程中，其疲劳程度可以分成3种水平：清醒阶段，这时驾驶员基本没有疲劳；轻度疲劳阶段，这时驾驶员感到较困，从而减少了对安全的注意，眼光是随意的移动而不是注意特别的点。汽车不是随着路况的不同而改变速度，而是保持恒定不变；重度疲劳阶段，此时驾驶员意识水平非常低，驾驶操作比第二阶段显得更加不慌不忙，但驾驶员对汽车的控制极其困难，并且他们所驾驶的汽车往往会横过道路的中线，甚至会冲出路面^[3-4]。人处于不同的觉醒状态时，其意识水平、工作效率有很明显的区别。当驾驶员处于最佳觉醒水平时，意识就处于正常的清醒状态，思维活跃，注意力集中，心理、生理以及操作活动都处于积极状态之中，在此状态下，驾驶员很少发生事故。如果处于疲劳状态，驾驶员反应迟钝或注意力不集中，驾驶效能会受到一定的影响，如处于过度疲劳阶段，即由于深度困倦，注意力丧失，则很容易发生交通事故，这是一种极其危险的状态。在产生重度疲劳的过程中驾驶员不能及时回避瞬间所出现的意外情况，因而所产生的交通事故往往比较严重，典型的表现有：正面相撞、汽车冲出路面，碰撞前没有紧急刹车的痕迹。驾驶员产生重度疲劳的表现主要为10个方面：哈欠连天，脸发木；头越来越沉，不自觉的频频点头（打瞌睡），很难保持抬头的姿态；肌肉放松，眼睑下垂，甚至闭眼；视线模糊，眼睛发红、发干；视野变窄，常漏看错看信息；反应迟钝，判断迟缓；注意力无法集中，思维能力下降；动作僵硬，节奏缓慢；失去方向感，驾车左右摇摆；在公路上；随意变换车速，行驶速率不定^[5]。

疲劳的过程是渐进的，因而驾驶的效能也是渐渐地下降。当驾驶员在驾驶过程中出现上述疲劳征兆时，由于驾驶员的感知能力、反应能力、动作协调性、操作能力大幅度下降，近乎于“无人驾驶”，就容易发生碰撞、冲出路面、闯红灯等交通事故，这极大地增加了事故发生的可能性。

2 驾驶疲劳的因素分析

2.1 交通标志的物理因素

在有些重要的交通路口，交通标志使用周期过长，颜色褪变，对比度降低，不能够很好地被辨识。由于驾驶员在驾驶的过程中，还要同时进行信号信息的辨识，这是要花费一定精力的，因而，在一定程度上会加快驾驶员的疲劳过程。

2.2 环境的因素

2.2.1 交通环境

交通环境对驾驶员的疲劳影响主要体现在路面状况、过路行人、车辆的多少、新手驾驶员上路以及交通公路的时间分布等因素上。

路面状况 道路的曲率半径过小、直线距离过长、视距过小、纵坡过大, 平纵线形不协调等线形设计与驾驶员疲劳的关系较大。如果道路坡长弯多, 容易导致驾驶员精力衰竭疲倦; 如果道路过于平直, 驾驶员则容易因为单调而瞌睡。此外, 路面的强度稳定性、平整度和抗滑性也是影响驾驶员是否疲劳的原因。诸如路面隔离装置、水泥构造物、矗立构造物、路边堆放物、路面散落物及人为开挖的沟坎等路面障碍对驾驶员的疲劳程度有很大的影响, 大多数驾驶员会在路面平整、视线良好的路段比较容易放松心情; 大多数驾驶员尤其是驾龄较小的驾驶员通常会在路面崎岖、视线较差的路段心里紧张, 导致脑力及技术性的疲劳。同样, 人口密集的程度和汽车密集的程度在很大程度上影响着驾驶员的疲劳, 特别是在街道复杂、路上行人与车辆来往频繁、堵塞严重的城市中, 驾驶员需要频繁地变档换位、刹车等, 操作车辆以应对各种车况、路况, 精神高度集中容易引起驾驶疲劳^[6]。

新手驾驶员上路 汽车自100多年前问世以来, 就成为人们生活中必不可少的交通工具和人类社会物质文明的标志。随着人们生活水平的提高, 越来越多的汽车走进了千家万户, 汽车驾驶培训学校供不应求, 他们为了多抓培训收入, 不惜“偷工减料”, 更有甚者, 根本就是给了钱就可以给“准驾驶员”发证照。这种不负责任的培训把驾驶技术水平低劣的驾驶员放进道路, 他们有的根本就是不懂车, 在路上横冲直撞, 致使一些老驾驶员不得不额外操一份心, 增加疲劳的程度; 而一般情况下, 驾驶人员的年龄如果超过40岁, 反应较为迟钝, 体力恢复得也慢, 更容易出现驾驶疲劳。

交通事故的时间分布 国内外很多学者已经对交通的环境问题进行了细致的研究, 如1998年韩凤春等对沈大高速公路交通事故的时间分布进行了研究, 2003年莫耀祖等对我国道路交通事故的时间分布进行了研究, 2005年学者李文权教授^[7]对交通事故的时间分布规律进行了研究。

在汽车使用初期, 交通事故随时间的增加而上升。交通事故的不断增加, 引起了社会各界人士的关注, 继而实行综合治理交通和减少交通事故的措施, 使交通事故上升的势头得以减缓。此后, 随着各国汽车保有量和车辆行驶里程都有较大幅度的增长, 交通事故出现振荡变化(有增有减变化), 随着人们对交通事故问题研究的不断深入, 使得交通事故持续下降, 最终处于一定的平稳趋势。交通事故的年分布规律图呈波峰线型, 即由逐渐上升达到波峰, 然后出现振荡, 逐渐下降而趋于平稳, 如图1所示。我国自20世纪60年代以来, 国内的道路交通事故次数、交通事故死亡人数、交通事故伤亡人数持续增长。据近34年的交通事故数据统计, 我国交通事故死亡人数总体呈上升趋势。70年代初, 死亡人数为10000余人; 到80年代中期, 已达40000余人, 上升幅度比较均匀。根据国外事故时间分布规律, 事故演变过程一般呈波峰线型, 即由逐渐上升达到高峰, 然后逐渐下降, 并趋于平稳, 而车辆的增长近似呈直线型。就是说事故变化与车辆发展的关系不是一成不变的, 分歧点在事故高发年。从1970~2007年情况来看, 随着经济、车辆及运输量的增长, 事故总体发展趋势呈上升势头, 2003年开始出现下降现象^[7]。2006年道路交通事故死亡人数回落到90000人以下, 比2005年下降了9.4%, 2007年道路交通事故死亡人数比2006年下降了8.7%^[8]。因此, 我国交通事故将可能持续减少, 交通事故次数、伤亡人数年分布曲线可能开始出现振荡现象^[7]。

受气候、环境、人们生活规律的影响, 道路上的交通事故特征量在每年的12个月、每月、每天的24小时中各不相同。一旦掌握了某一条路或某地区的交通事故特征量的月分布、日分布、周分布规律就可以在不同的时段内采用不同的管理、教育、工程措施, 减少交通事故的发生。如同交通量有高峰小时和非高峰小时之分一样, 交通事故的小时分布也有明显的交通事故高峰小时和非高峰小时。道路交通事故的分布随时段不同有着明显的区别, 这种差别随不同国家, 同一国家的不同地区, 同一地区的不同年代而各有不同^[7]。

2.2.2 车内外环境

车内的环境主要是指汽车内部的工作条件, 比如温度、噪声、操作是否适宜、车内各种仪器表盘

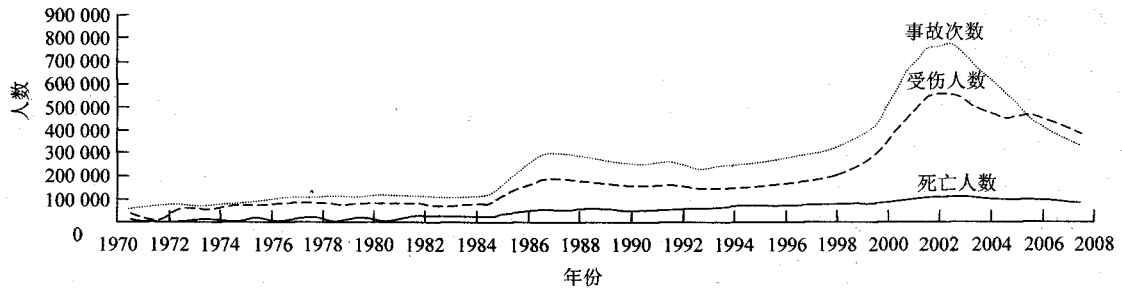


图1 中国交通事故年分布图

Fig.1 Traffic distributing per year in China

的指示状况、各种交互界面设计等等。车外环境只要是指在汽车周围能够直接影响到驾驶员的环境,譬如其他车辆的噪声、警报声音等。

汽车的设计过程是一个科学的人机工程学规律设计的过程,从而保证了驾驶员最高限度的舒适灵活和最低限度的疲劳。在各种小汽车的设计中,根据人体的生理特征设计驾驶员的座椅、方向盘、整体环境等条件,能够较好地恰当选取色彩、造型、材料、味道、人机界面等各个细节,从而保证了视觉、触觉、嗅觉能够达到令人满意的效果,从本质安全的角度减少或者避免了因驾驶疲劳而导致交通事故的发生。如汽车中的座椅是影响驾驶和乘坐舒适程度的重要设施,而司机的座椅更为重要。舒适而操作方便的驾驶座椅,可以减少司机的疲劳程度,降低事故的发生率。驾驶座椅的靠背与座面的夹角及座面与水平面的夹角是影响司机驾驶作业的关键。驾驶员在行驶中的视线垂直于视觉目标,观察效果最好,如果靠背倾角太大,就不得不使颈部向前弯曲,这样会造成颈部的疲劳。通常,司机在作业中,上身近于直立而稍后倾,保持胸部挺起,两肩微垂,肌肉放松,有利于操纵方向盘。汽车座椅设计中,考虑到不同体形驾驶员作业的需要,一般设计成可调活动式,即座椅可前后左右调节,靠背可调节角度。在小型车辆设计实践中,甚至采用了方向盘全方位可调^[8]。相反,对于一些以挣钱为直接目的的运营中的大、中巴客车以及火车等,有的车辆已经破旧不堪却仍在运营,有的甚至连基本的安全条件都保证不了,驾驶员开车提心吊胆,这种情况下往往会使驾驶员因为精力的透支而提前进入疲劳状态。

2.2.3 天气状况

天气状况的好坏直接影响着驾驶员操作的准确程度。如盛夏行车时气温高,驾驶室内缺氧,阴雨连绵则易使人的心情变坏,情绪紊乱,精神压抑,心烦意乱等,从而造成疲劳。

雨中行车,特别是经过可能结冰的桥涵路段时,路面与轮胎间的附着系数减小,很容易发生横滑或溜滑的现象,为保证行车安全,必须根据车辆和道路情况,为了能够稳定行驶,驾驶员要多加留心控制车速;在雾天或黑夜里,驾驶员的视觉会受到严重影响,这些情况都会加重驾驶员的心里负荷。

2.3 驾驶员自身因素

2.3.1 驾驶员个人对信号的识别的差异性

巴林大学的研究员运用问卷调查的方法对28个交通标志进行了视认性的评价。将驾驶员按驾驶经验分类,那些年轻的没有受过很好教育的且收入较低的驾驶员,与那些中等年龄或者年龄较大的受过较好教育且收入较高的驾驶员相比,前者对标志的理解能力明显低于后者。

巴林大学的研究结果^[9]表明,驾驶员对现存的交通标志的识别具有严重的问题。驾驶员能够正确识别的标志占总标志的50%~60%。研究数据表明,年龄在35~44岁的驾驶员对交通标志的识别与其驾驶的经历有着密切的关系。但对于女性驾驶员,其驾驶经历的不同与她们对标志的理解关系不是很大;对于男性驾驶员,驾龄在10a以上者,对交通标志的理解明显优于驾驶经历少的驾驶员。总的来说,在性别方面,男性驾驶员对标志的理解要优于女性驾驶员。

2.3.2 驾驶员个人的生活习惯

有的驾驶员喜欢晚上看电视、小说等,休息不好,特别是一些男性驾驶员,在一些情况下,真正

用于睡眠的时间不足 4.5 h, 从而造成一次性或者积蓄性疲劳. 一次性疲劳通过适当的休息就可以恢复, 而积蓄性疲劳通过短时间的休息则不容易恢复. 统计数据表明: 高速公路上所发生的重大交通事故大都是因为驾驶员的积蓄性疲劳造成的^[10].

还有的驾驶员因为赶车有时候饮食不合理, 随意进食一些难以消化、营养价值不高的食物, 在工作时段则因为饥饿而引发体力疲劳, 进而刺激中枢神经系统引发精神疲劳.

3 驾驶疲劳的阶段化分析

驾驶汽车行为可分为 3 个阶段, 即感知阶段、判断决策阶段和动作阶段^[11].

感知阶段指驾驶员通过视觉、听觉和触觉感知汽车的运行环境条件, 如交通信号、行人的动静位置、路面状况以及汽车运行工况等信息, 这一阶段主要由感觉器官完成. 判断决策阶段是驾驶员在感知信息的基础上, 结合驾驶经验和技能, 经过分析, 做出判断, 确定有利于汽车安全行驶的措施, 这一阶段主要由中枢神经系统来完成. 而动作阶段是指驾驶员依据判断决策所做出的实际反应和行动, 具体指手脚对汽车实施的的控制, 如加速、制动、转向等, 这一阶段主要由运动器官完成. 驾驶行为由信息感知、判断决策和动作三阶段构成, 这不仅是三者不间断的多次串联组合, 同时也是三者连锁反应的综合^[12]. 交通事故致因分析表明, 在驾驶疲劳引发的事故中, 感知疲劳占总体事故的 52%, 信息处理疲劳为 38%, 而操作疲劳及其它仅为 10%^[13]. 驾驶行为的各阶段要求精力高度集中而且动作随机多变, 使得大脑神经细胞处于持续兴奋状态, 进而容易导致疲劳的出现并加深^[12].

4 驾驶疲劳的行为模式

行为过程的通则是: 首先感知, 然后判断, 最后动作, 将结果反馈到以上各个环节不断循环的动态实时过程. 感知疲劳: 在 S-O-R (刺激-判断-反应) 的响应过程中, 感知阶段是输入的起始期, 当感知系统出现感知障碍时, 如由于疲劳因子的联合作用, 造成感知第一阶段的问题, 这样对于 S-O-R 的过程产生串联式影响. 判断疲劳: 在 S-O-R 的响应过程中, 判断阶段是输入后继感知后的第二阶段, 分 2 种情况, 首先是当感知系统出现感知障碍时, 判断系统出现问题的概率增加, 另一种是判断阶段自身出现障碍. 动作疲劳: 在 S-O-R 的响应过程中, 继感知、判断后的第三阶段, 当感知、判断系统出现障碍时, 动作系统出现问题的概率增加, 另一种是动作阶段自身出现障碍. 动作疲劳是指在疲劳状态下未能予以纠正的疲劳动作^[10].

根据驾驶行为 S-O-R 理论, 建立驾驶行为模式如图 2 所示^[10]. 该模式是一闭环反馈控制系统, 它考虑了人-车一体性, 驾驶员和车辆构成了系统的环节, 外界道路交通条件作为信息输入, 驾驶员-车辆的整体协调行驶作为系统输出, 驾驶员感知道路交通系统中的各种交通信息, 并对这些刺激信息进行判断处理, 最后采取相应的驾驶措施. 同时, 驾驶员还需要根据自身车辆的运行状况不断进行反馈调节^[10].

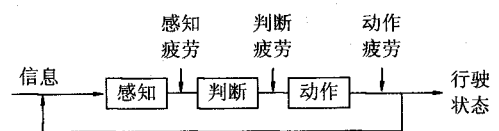


图 2 疲劳驾驶行为模式

Fig. 2 Behavior mode of driving fatigue

在驾驶行为模式基础上, 分析驾驶疲劳对驾驶行为的影响. 动态连续的驾驶作业, 要求驾驶员集中精力感知信息、判断处理信息和操纵汽车, 感知疲劳、信息处理疲劳和动作疲劳却制约驾驶作业, 他们作为干扰因素削弱了驾驶能力.

交通信息首先经过驾驶员的感知阶段, 在该阶段驾驶员对道路环境中各种信息进行感知, 感应的器官为视觉器官、听觉器官、味觉器官等, 由于受感知行为形成致疲劳因子的制约, 往往会出现感知误感现象、减弱现象、不感现象, 驾驶员以抗疲劳能力对误感进行抗挣, 如果得以成功则使之通过感知阶段到达判断阶段.

同样, 因信息处理阶段行为致疲劳因素的影响, 仍会出现误判现象, 判断的器官为中枢神经系

统,包括大脑、小脑等,由于受判断行为形成致疲劳因子的制约,往往会出现误判断、判断能力弱、不判断现象,驾驶员以抗疲劳能力对误判断抗争,如果得以成功使之通过判断阶段到达动作阶段。

因动作阶段行为形成致疲劳因子的影响,驾驶员亦会出现误动现象,如果对误动抗争成功,即可实现对车辆的驾驶,最后,车辆运行状况和后续道路再反馈给驾驶员。整个驾驶作业过程,驾驶员不断进行感知-信息处理-动作,而感知疲劳、信息处理疲劳和动作疲劳这些时刻存在的干扰因素随时都影响着驾驶员正常作业,直至驾驶结束,任何疲劳因素单独或共同所产生的疲劳都存在导致驾驶失败的危险^[10]。

5 驾驶疲劳的产生机理

驾驶疲劳的产生与时间、背景、环境、社会、驾驶员体力、驾驶员的心理负荷、道路负荷、车辆等因素密切相关。在这些因素的基础上,驾驶员在驾驶过程中的作业模式从理论上可以分为以下 5 种:肌肉作业、感知作业、信息处理作业、思维作业和创造性作业模式。

以此为基础将疲劳划分为 5 种模式:肌肉疲劳、感知疲劳、信息处理疲劳、思维疲劳和创造性疲劳。其中感知疲劳和信息处理疲劳是驾驶作业疲劳的核心疲劳形式^[10]。

图 3 所示为人-汽车-环境系统疲劳产生机理流程:

首先,部分环境信息(仪表盘显示、道路状况、路旁标识等)由人的感觉器官(眼、耳等)感知,进而反应到人的中枢神经系统,由于通常刺激时间过长,引起大脑皮层贮存的能源供应迅速消耗,引起中枢变化,造成感知疲劳;接着中枢神经系统对信号做出分析、判断,并对人的行动器官(手、脚等)发出指令信号,做出处理,这种由于经过大脑加工处理信号所造成的疲劳成为思维疲劳;信号经过人的行动器官转化为操作动作,并通过汽车的操作部分(方向盘、制动器等)控制汽车的运动情况。这种准静态下的长时间作业容易使驾驶员肌肉收缩,肌肉变得坚硬,内压增大,引起肌肉疲劳(体力疲劳);而且整个活动过程在驾驶员的意识控制下完成,需要驾驶员精力集中,保持高度警惕,并尽可能快速做出反应,再次引起感知疲劳;整个驾驶过程必须保持固定的姿势,手扶方向盘,脚踩加速踏板。这就造成驾驶员神经兴奋,局部肌肉紧张,长时间维持这种状态就会造成综合精神疲劳和体力疲劳的驾驶疲劳^[14-15]。

其次,另外一些环境信息(如车的振动、驾驶室内的温度、空气的质量、车外景物的闪现、车内外的噪声等)被人体被动地接收,对人体的心理、生理产生影响,引起头晕目眩,内分泌紊乱等身体不适,加重了疲劳程度,严重的甚至危害健康。

6 结论

从安全人机工程学的角度分析疲劳驾驶,探讨其形成的因素,对驾驶疲劳产生的机理作了具体的分析,为制定交通安全策略以及人机界面设计提供依据。对于驾驶疲劳的致因因素以及驾驶疲劳产生的机理总结以下几点:

(1) 致因因素. 交通标识的醒目程度对驾驶员的视觉有一定的影响;道路交通中存在各种环境因素,特别是道路交通的流量、车内外的环境对驾驶员的生理和心理都产生很重要的影响;驾驶员对道路标识的识别的努力,驾驶员个人的生活习惯以及自身的生理条件对驾驶疲劳影响很大。

(2) 疲劳机理. 以感知疲劳、信息处理疲劳、思维疲劳和创造性疲劳为基础的精神性疲劳和以肌肉疲劳为基础的体力疲劳构成了全过程的驾驶疲劳;驾驶精神疲劳主要体现为中枢神经系统的疲劳,中枢神经系统的疲劳主要与驾驶员驾驶时的精神负荷及处理的信息量有关,其中视觉信息、噪

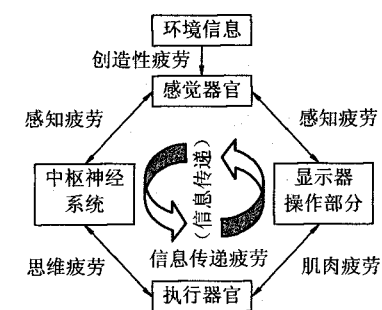


图 3 人-汽车-环境系统疲劳产生机理流程

Fig.3 Process of fatigue mechanism in man-vehicle-environment system

音、振动等外界信息的输入也会导致产生精神疲劳。驾驶体力疲劳主要体现为局部肌肉组织的疲劳, 驾驶员的坐姿、坐压分布、座椅的倾角、振动、操纵器的设计不当都会促使驾驶员体力疲劳的产生。

参考文献:

- [1] 吴超仲, 张晖, 毛喆, 等. 基于驾驶操作行为的驾驶员疲劳状态识别模型研究 [J]. 中国安全科学学报, 2007, 7 (14): 162 - 165.
- [2] 王海勇, 梁锋. 基于人机工程学的驾驶疲劳模型 [J]. 工业安全与环保, 2005, 31 (2): 45 - 46.
- [3] HATFORI H, MATSUURA Y, NARUMIYA K, et al. Fatigue and fatigue research: the Australian experience (1987) [R]. Paper presented to 7th Biennial Australasian Traffic Education Conference, Speed, Alcohol, Fatigue, Effects. Brisbane, February 1998.
- [4] 张灵聪, 王正国, 朱佩芳, 等. 汽车驾驶疲劳研究综述 [J]. 人类工效学, 2003, 9 (1): 39 - 42.
- [5] 毛喆, 初秀民, 严新平, 等. 汽车驾驶员驾驶疲劳监测技术研究进展 [J]. 中国安全科学学报, 2005, 15 (3): 108 - 112.
- [6] 廖鹏宇. 驾驶疲劳的成因及其预防方法 [J]. 汽车与安全, 2007 (6): 70 - 71.
- [7] 李文权, 王炜. 交通事故的时间分布规律 [J]. 中国安全科学学报, 2005, 15 (4): 56 - 61.
- [8] 中国汽车工业信息网 [EB/OL]. [2007 - 09 - 12]. http://www.catarc.ac.cn/autoinfo_cn/index.htm.
- [9] HASHIM Al - MADANI, ABDUL - RAHMAN Al - JANAHI. Assessment of driver's comprehension of traffic signs based on their traffic, personal and social characteristics [J]. Transportation Research, 2002, F(5): 360 - 374.
- [10] 金健, 杜文. 驾驶疲劳机理及馈选模式研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2002.
- [11] 张开冉, 陈刚. 道路边缘线对驾驶行为影响的研究 [J]. 人类工效学, 2001 (3): 15 - 17.
- [12] 黄雄健, 谭国良. 机动车驾驶员疲劳问题研究 [J]. 广西工学院学报, 2005, 16 (4): 88 - 91.
- [13] 牟致忠, 李泉生. 人的可靠性研究综述 [J]. 上海工业大学学报, 1991, (6): 52 - 59.
- [14] 马全亮, 黄康. 关于疲劳驾驶行为的研究和建模 [J]. 微计算机信息, 2007, 23 (8): 272 - 274.
- [15] 熊静, 王小飞, 金志良. 驾驶员的疲劳生理心理分析 [J]. 中国道路运输, 2007, (1): 52 - 53.

(责任编辑 李文清)