

音乐对驾驶警觉的影响及其理论模型*

马锦飞 常若松 陈晓晨 孙 龙

(辽宁师范大学心理学院, 大连 116029)

摘 要 驾车时听音乐非常普遍。唤醒理论认为, 音乐可以使驾驶员处于最佳唤醒水平, 有利于驾驶警觉的维持。但是, 根据中枢容量有限理论, 音乐也会使驾驶员分心, 危害道路安全。动态模型在已有研究的基础上提出, 音乐对驾驶警觉起到唤醒抑或分心影响, 取决于音乐复杂性、驾驶情境要求及驾驶员个体差异等诸多因素的动态调节。最新的补偿控制理论则强调, 驾驶员自我调控是恢复动态平衡的关键。而未来的研究应关注驾驶员心理负荷的测量、智能车载音乐系统的开发以及驾驶员培训等领域。

关键词 音乐; 驾驶警觉; 唤醒; 分心; 动态模型

分类号 B842.7

1 引言

1929 年, 摩托罗拉公司的创始人 Paul Galvin 在美国推广车载无线电收音机, 人们在驾车时听音乐的历史由此开始。60 年代盒式录音带的发明, 革命性地改变了驾驶员的收听习惯, 驾驶员可以有选择地收听车载音乐。80 年代, 立体声音乐系统实现车载。90 年代, 数字化音响系统操作更加便捷, 驾驶员可以随意地在收音机、录音机和 CD 唱片机之间快速切换。21 世纪, 为驾驶员提供了完善的车载环绕立体声系统, 汽车成了最佳的听觉环境。除此之外, 驾驶员还可以使用 MP3、iPod 等便携式的音乐播放器收听音乐。

在当今社会, 驾车时听音乐已俨然成为汽车文化的时尚符号。Dibben 和 Williamson (2007) 调查了 1780 名英国成年人, 其中 68% 的人承认在驾驶时听音乐或广播; 近一半人报告说在驾车时随着音乐哼唱; 62% 的人感到音乐可以放松心情, 使驾驶任务更加舒适; 还有 25% 的人认为, 音乐帮助他们维持警觉。同时, 驾驶员普遍认为, 与手机通话等其他分心活动相比, 听音乐的事故风险较小(White, Eiser, & Harris, 2004)。但 Patel, Ball 和

Jones (2008) 强调, 听音乐虽然被广泛接受, 但并不意味着安全(Patel et al., 2008)。安全而有效的驾驶需要在持续变化的声音背景中侦测听觉信息, 音乐与公路噪音混合后极有可能掩盖来自车外的听觉警告信号, 从而增加事故发生的潜在风险(Slawinski & MacNeil, 2002)。而且音乐也会掩盖汽车性能的反馈声音(如发动机的运转), 不利于驾驶员对危险的监控(Dibben & Williamson, 2007)。

如何利用音乐的唤醒效果促进驾驶员警觉, 而又能规避分心, 是一个复杂而重要的研究课题(Bellinger, Budde, Machida, Richardson, & Berg, 2009)。Mackworth 将警觉(vigilance)定义为“随时保持警惕, 能够察觉环境中特定而微小的变化, 并相应做出反应的心理状态”(Mackworth, 1957)。据此, 驾驶可以被视作典型的警觉任务, 例如, 在单调的长途客运和货运驾驶环境中, 偶发的危险一旦出现就需要立即反应。实验研究和事故数据都表明, 在单调条件下警觉波动(vigilance fluctuation)以及警觉递减(vigilance decrement)对驾驶安全造成极大的负面影响(Folkard, 1997; Thiffault & Bergeron, 2003a)。

早期研究者提出“唤醒假设”(arousal hypothesis), 预期在单调路况下, 音乐的唤醒效果能缓解疲劳, 长期维持驾驶警觉(Brown, 1965)。而后, 有研究者提出“分心假设”(distraction

收稿日期: 2013-03-02

* 国家自然科学基金项目(71172119)。

通讯作者: 常若松, E-mail: changruosong@163.com

hypothesis), 试图证明音乐刺激对驾驶警觉有急性干扰作用(Turner, Fernandez, & Nelson, 1996)。由于“唤醒”与“分心”假设分别强调音乐的单一作用, 动态理论则将这两种观点加以整合, 认为音乐对驾驶员起到唤醒抑或分心影响, 取决于音乐属性、驾驶情境要求及驾驶员个体差异等因素的动态调节(Oron-Gilad, Ronen, & Shinar, 2008)。动态理论更具包容性, 但依然无法解释驾驶员应对音乐分心、维持警觉的内在机制。Ünal, Platteel, Steg 和 Epstude (2013a)的研究以补偿控制理论为视角, 强调自我调控是驾驶员积极分配注意资源的关键, 弥补了动态理论忽视驾驶员主体作用的不足(Ünal et al., 2013a)。

2 唤醒理论

2.1 唤醒理论的提出

Yerkes 和 Dodson (1908) 提出唤醒理论(arousal theory), 认为唤醒水平呈一个连续体, 完成绝大多数任务都需要一定程度的唤醒水平。个体处于最佳唤醒水平时, 行为绩效最好, 过低唤醒(厌倦、昏昏欲睡或注意力分散)或者过度唤醒(高度兴奋、愤怒或焦虑)时行为绩效最差(Yerkes & Dodson, 1908)。一般而言, “唤醒”(arousal)一词有两个含义, 其一是情绪的状态, 其二是指个体的情境意识活跃状态(Dibben & Williamson, 2007)。持“唤醒假设”的研究者认为, 音乐可以帮助驾驶员改善情绪, 提升意识活跃水平, 有利于维持驾驶警觉。

2.2 音乐对驾驶员情绪唤醒的调节

1965 年, Brown 率先证明, 音乐有利于驾驶员维持最佳情绪唤醒水平。他发现在交通流量较少的情境中, 音乐对驾驶绩效的影响甚微; 但在交通流量较多的情境中, 听音乐的驾驶员车速更低。Brown 解释说, 音乐通过降低情绪唤醒, 转移驾驶员对工作压力的注意, 减少挫折和应激体验, 从而放缓车速(Brown, 1965)。特别是在严重的交通堵塞情境中, 舒缓平和或熟悉的音乐能缓解驾驶员的压力和攻击性(Wiesenthal, Hennessy, & Totten, 2000, 2003)。Wollstädter, Pfister 和 Höger (2013)通过在驾驶模拟器上设置交通堵塞来诱发驾驶员的愤怒情绪, 探讨不同音乐特性对驾驶员愤怒的调节作用, 结果发现, 积极效价的音乐和中低唤醒程度的音乐均能够预防驾驶员超速行

车。Van der Zwaag 等人(2012)认为, 从长远看, 音乐可以改善情绪, 对维持驾驶员的警觉有利。

另一方面, 高度唤醒的音乐会促使驾驶员产生更多的攻击、违规行为, 有损警觉绩效。Dibben 和 Williamson (2007)发现, 18~29 岁的肇事驾驶员回忆事故情境时, 往往报告当时正在听大音量、快速度的迪斯科舞曲。因此建议驾驶员在情绪激动时最好收听舒缓音乐, 只有适当利用音乐的情绪唤醒功能, 才能对驾驶警觉产生积极的调控作用。

2.3 音乐对驾驶员疲劳的调节

长途货运驾驶员往往采取听广播或音乐的策略保持唤醒状态。但 Reyner 和 Horne (1998)的驾驶模拟器研究表明, 这种策略极具风险, 他们让缺乏睡眠的被试驾驶 2.5 小时, 发现听广播(包括音乐节目)比往面部吹冷风的唤醒效果好(驾驶员的车道游移更小), 但这种趋势不具有统计显著性, 而且仅能维持 30 分钟。值得警惕的是, 当脑电和驾驶绩效指标都显示驾驶员已严重困倦, 听广播或音乐的驾驶员却对自身的警觉程度过度自信(overconfidence), 客观测量和主观评价的相悖, 说明音乐因素会干扰驾驶员对自身困倦的主观监控。而年轻驾驶员更加倾向于利用音乐应对困倦, 由此导致更高的事故风险(Reyner & Horne, 1998)。很多驾驶员坦白, 自己曾经有过在开着收音机的情况下打瞌睡的经历(Oron-Gilad & Shinar, 2000)。所以, 驾驶员最好将广播、音乐当作减少困意的权宜之计, 停车休息才是安全之道。

唤醒理论并未考虑到被动疲劳(passive fatigue)和主动疲劳(active fatigue)的区别, 长时间在单调情境中驾驶, 会造成被动疲劳; 长时间在复杂情境中驾驶或睡眠剥夺, 会造成主动疲劳(Thiffault & Bergeron, 2003b)。当驾驶员被动疲劳时, 用音乐克服驾驶员的单调、厌倦感无可厚非(Williamson, 2008), 但是, 在主动疲劳时, 迷信音乐的唤醒功能对驾驶员的自我监控就将非常危险。同时, 唤醒理论片面强调音乐的生理唤醒功能, 淡化了注意资源被音乐刺激过度占用和消耗的分心风险(Furnham & Strbac, 2002)。

3 中枢容量有限理论

3.1 中枢容量有限理论的提出

Kahneman 和 Tversky (1973)提出中枢容量有限理论(central capacity theory), 认为人的认知资

源是有限的,双重任务能否顺利进行,取决于认知资源的需求是否超过中枢执行系统的资源限制,如果资源不够,任务之间就会不可避免地相互干扰,引发分心。驾驶员分心(driver distraction)具体是指驾驶员的注意从首要驾驶任务自发或无意识的偏离到次要任务(与主要驾驶任务无关的客体、事件或个人),与酒精、毒品、疲劳或药物等因素造成的脑功能受损无关,急性干扰驾驶员的警觉侦测、降低驾驶员在碰撞、擦碰或转向行为中对环境的认知能力、驾驶决策的正确率以及表现绩效等(Young, Regan, & Hammer, 2007)。当驾驶员沉浸于音乐之中,其注意便会从驾驶活动偏离到音乐活动上去,例如,听音乐不仅需要处理声音和歌词信息,驾驶员有时还会随着节奏打拍、随旋律哼唱(Dibben & Williamson, 2007),甚至栩栩如生地再现音乐所诱发的往事(DeNora, 2001)。因此,持“分心假设”的研究者认为,音乐及音乐诱发的双重任务情境会导致驾驶员信息加工资源紧张,诱发警觉波动。

3.2 音乐复杂性对驾驶员分心的影响

Brodsky 和 Kizner (2012)认为,驾驶员认知效率受音色频率(tone frequencies)、音域(instrumental ranges)、编曲(arrangements)、织体(voicing textures)、速度(tempo)、强度(intensities)、节奏稳定性(rhythmic activity)等音乐复杂性(music complexity)要素决定。快节奏、结构重复性低、多切分音、不协和的旋律乐旨、多种乐器重奏以及较高的声乐意义会提升音乐复杂性。音乐复杂性越高,情绪唤醒性越强,占用的注意资源也越多,驾驶活动受到的干扰越强。

由于音乐响度(loudness)和速度变量易于控制,所以在音乐影响驾驶警觉的实验中广泛采用。研究者一般以驾驶舱内的公路和发动机噪音为分界线(60~70 dB),将音乐响度评定为三个等级:50 dB 以下为低响度,60~70 dB 为中等响度,80dB 以上为高响度音乐。Turner 等人(1996)的研究表明,男性被试偏好的音乐响度为 72 dB 左右,女性被试偏好为 66 dB 左右;中等响度(70 dB)音乐会缩短被试对随机信号(非预期汽车尾灯)的反应时间,高响度(80 dB)音乐则起到延迟反应的效果,说明高响度音乐会占用更多的注意资源(Turner et al., 1996)。Beh 和 Hirst (1999)发现,高响度音乐会缩小注意广度,对周边信息的注意分

配能力最先受到损害(Beh & Hirst, 1999)。Dalton, Behm 和 Kibele (2007)通过模拟驾驶任务发现,95 dB 的高响度音乐增加信息加工的负荷,导致警觉下降(Dalton et al., 2007)。最近的驾驶模拟器研究表明,在公路和发动机噪音环境下,车内音乐响度设置为中等音量(63 dB),最有利于安全驾驶(Mizoguchi & Tsugawa, 2012)。

在音乐速度研究方面,研究者通常将 40~70 bpm (beats per minute, 每分钟节拍数单位)定义为慢速,85~110 bpm 定义为中速,120 bpm 以上定义为快速。Brodsky (2002)通过驾驶模拟器任务,结合驾驶绩效指标和生理指标(心率及心率变异性)发现,随着音乐节拍速度的加快,驾驶员实际和自我知觉的车速更快,而且风险决策失误增加,碰撞、车道横跨和错过红灯的频率更多,同时,驾驶员的生理指标没有明显变化,这说明音乐节拍速度加快会导致认知分心,音乐的时态变化特征干扰了驾驶员的时间知觉,而对生理唤醒作用不强(Brodsky, 2002)。杨萌、王剑桥、夏裕祁、杨帆和张学民(2011)等人结合驾驶绩效和眼动指标,也发现与慢速(51 bpm)音乐相比,快速(112 bpm)音乐下被试的驾驶速度更快,注意广度更窄,说明单位时间内快速音乐增加的认知负荷更多,使得被试分配给路况的认知资源更少(杨萌等, 2011)。新近的实验表明,在高难度的驾驶任务中,低于 80 bpm 的音乐最有利于驾驶安全(Mizoguchi & Tsugawa, 2012)。歌词也会加重驾驶员信息处理的负荷。杨萌等人(2011)研究发现,母语歌曲信息加工更加复杂,使驾驶员降低水平搜索的有效性,造成驾驶速度减慢、操作错误数增加。

Brodsky 和 Kizner (2012)认为,最适合于驾车时收听的音乐,应该在各个音乐属性上保持适中水平,以平衡音乐复杂性。基于该构想,他开发了一套调节驾驶警觉的车内背景音乐,曲目节拍速度适中、音色优良、和旋富于变化,并伴随着复杂精致的切分音,缺乏具体而明显的旋律。其假设是,这种音乐只限于车内收听,不会诱发驾驶员的联想和回忆;没有歌词内容,不需要语言处理;旋律模糊,无法跟唱。实验结果表明,这种音乐起到了名符其实的“背景”效果,既能维持驾驶警觉和积极情绪,又能防止注意偏移(Brodsky & Kizner, 2012)。

3.3 音乐诱发的双重任务情境

Pêcher, Lemerrier 和 Cellier (2009)认为,“欢

快”的音乐会产生某种“双重任务”情境，诱发驾驶员产生额外的分心活动，实验中，驾驶员经常随着欢快旋律吹口哨、打拍子和跟唱，使他们不能全神贯注地控制汽车，导致减速和不能良好维持车道，而“悲伤”的音乐会使驾驶员感到镇静，虽然也会导致车速降低，但是车道维持状况更好，这表明驾驶员在“悲伤”音乐背景中更加谨慎，试图维持车速和车道稳定(Pêcher et al., 2009)。Hughes, Rudin-Brown 和 Young (2012)利用驾驶模拟器任务考察了跟唱对驾驶警觉的影响，发现跟唱音乐时，驾驶员自我评定的心理负荷更多，导致车速更慢，速度变异更大，车速调节迟钝，外周视野反应时间延长，急性损害驾驶员的危险知觉和警觉(Hughes et al., 2013)。

中枢容量有限理论更加强调音乐对驾驶警觉的消极影响，这是否意味着，分心越少越好，无分心时，驾驶警觉绩效最好呢？有研究者指出，大脑总是活跃的，驾驶员不可能完全抑制无关思绪，事实上，全神贯注于驾驶任务只会导致单调和疲劳，降低警觉(Young, 2012)。同时，研究者发现，与手机通话相比，音乐的分心影响微乎其微，在中枢容量有限理论的框架内无法对该现象进行深入解释(Bellinger et al., 2009)。后期研究者提出了一个与最佳唤醒模型相似的最佳认知负荷模型，更加深入地分析了音乐对驾驶员警觉的调节机制。

4 动态模型

4.1 动态模型的提出

Hancock 和 Warm (1989)认为，最佳唤醒模型的倒 U 型曲线只考虑生理因素对操作者绩效的影响是将问题简单化，由此在中枢容量有限理论的基础上，提出生理和心理的最佳适宜性(maximal adaptability)概念，建构了工作压力和持续注意的动态模型(Dynamic models of stress and sustained attention)，将唤醒和注意概念纳入到统一的模型当中(Hancock & Warm, 1989)。Oron 等人根据动态模型，提出驾驶员心理工作负荷(mental workload)水平是驾驶员适宜性和驾驶情境要求的函数，驾驶员工作负荷可以被大致的分为三个水平：负荷不足、最佳负荷及负荷超载，如图 1 所示(Oron-Gilad et al., 2008)：

纵轴代表驾驶情境要求(situational demands)，

例如交通流量、天气、车速等；横轴代表驾驶员适宜性(driver fitness)，例如驾驶经验、人格、情绪、动机和压力等。当驾驶情境要求适中，驾驶员适宜性良好，驾驶员能够发挥最佳表现。相同的驾驶情境对不同适宜性的驾驶员(如新手和有经验驾驶员)产生的工作负荷有很大差异。在简单路况下，新手驾驶员表现最佳，而经验丰富的营运驾驶员则会表现出负荷不足的状态(Oron-Gilad et al., 2008)。工作负荷会消耗注意资源，由此增加生理唤醒；负荷不足会导致低唤醒状态，同时使警觉降低；如果适当增加警觉维持任务(alertness maintaining tasks)，可能会增进唤醒和警觉绩效，但是，必须要根据驾驶员的工作负荷水平制定警觉干预措施。当睡眠缺乏导致驾驶员主动疲劳，或负荷超载时，增加其它警觉维持任务只会加重疲劳或负荷量，对驾驶警觉有害无益。此时就需要通过增加驾驶员的适宜性水平来维持警觉，例如，让驾驶员停车睡上一觉，如图 2(a)所示；相反，当驾驶员由于负荷不足(例如路况单调)而产生被动疲劳或心智游移(mind-wandering)时，可以给驾驶员施加额外的警觉维持任务，从而增加驾驶任务的要求，如图 2(b)所示。但是，如果驾驶员全神贯注于额外的警觉维持任务，就会引发负荷超载，导致驾驶分心，损害警觉。所以，额外的警觉维持任务必须能提高驾驶员唤醒的同时而又不引起分心，如果控制得当，听音乐似乎可以完美地符合这个前提(Oron-Gilad et al., 2008)。

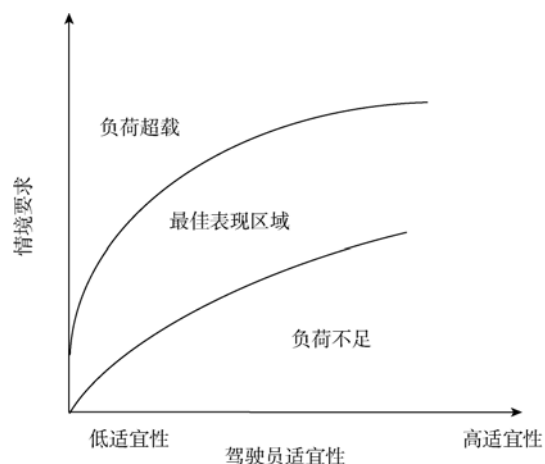


图1 工作负荷水平是驾驶员适宜性和情境要求的函数
(改编自：Oron-Gilad et al., 2008)

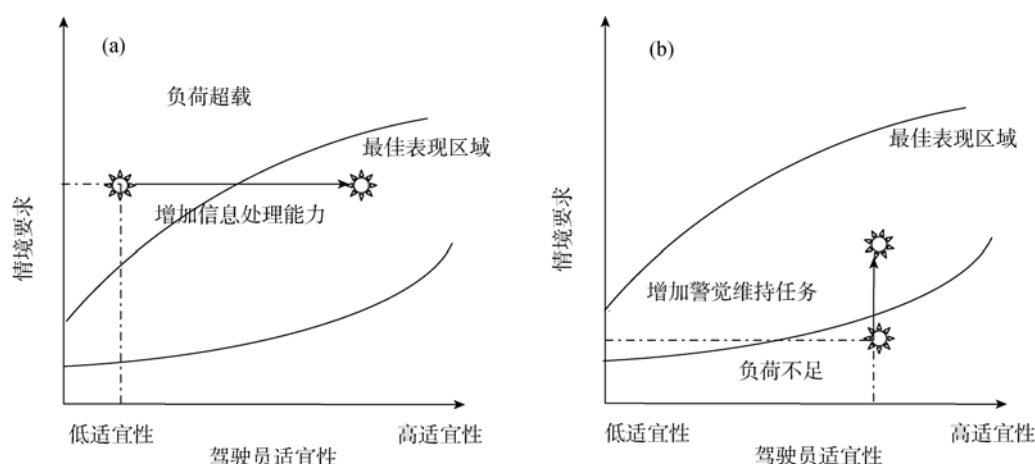


图2 驾驶员负荷超载和负荷不足状态下的警觉干预措施(改编自:Oron-Gilad et al., 2008)

4.2 驾驶情境要求对音乐调节效果的制约

根据动态模型,当驾驶员能够很好地胜任驾驶任务,而驾驶情境要求相对较低时,往往会导致负荷不足状态。Beanland 等人的研究表明,负荷不足时,被试会变得厌烦,导致心智游移,从而增加无意视盲。简单的音乐刺激不会产生干扰,并可阻止心智游移,促进警觉(Beaneland, Allen, & Pammer, 2011)。Oron 等人通过驾驶模拟器研究发现,在长时间的单调路况中,听音乐不会损害驾驶绩效,而且可能是帮助驾驶员应对单调感、维持警觉的有效手段(Oron-Gilad et al., 2008)。近期 Ünal 等人(2013b)的研究证实了这一点,在单调的跟车任务中,听音乐可以加快驾驶员的心率,起到积极的唤醒作用,例如,当前方车辆突然减速时,音乐组驾驶员的反应潜伏期更短,车道横向定位偏差更小(Ünal, Waard, Epstude, & Steg, 2013b)。但是在复杂驾驶任务中,当驾驶员处于负荷超载状态时,音乐的干扰效果就突显出来。North 和 Hargreaves (1999)的研究发现,与控制组相比,当要求驾驶员在听音乐的同时,附加执行倒数任务,驾驶速度最慢(North & Hargreaves, 1999)。还有驾驶模拟器研究表明,被试在听音乐时,在复杂路况中的操作失误比简单路况更多(Faulks, Irwin, & Chekaluk, 2009)。

4.3 驾驶员个体差异对音乐调节效果的制约

动态模型表明,驾驶员个体差异也是影响工作负荷的重要变量。50 岁以下比 50 岁以上的驾驶员更愿意驾车时听音乐,而且更加偏好舞曲、

说唱、摇滚音乐,50 岁以上的驾驶员更喜欢听古典音乐(Dibben & Williamson, 2007)。有研究强调,年轻驾驶员的驾驶经验和驾驶技能都欠缺成熟,这将强化摇滚和说唱音乐的干扰作用(Brodsky & Slor, 2013)。而且,男性在听慢节拍的音乐时操作失误更多,而女性则刚好相反(Faulks et al., 2009)。最近的研究表明,快速或摇滚音乐的干扰效果取决于驾驶员的音乐偏好,对于驾驶员喜欢的音乐曲目,干扰效果就不那么明显了(Mizoguchi & Tsugawa, 2012; Santoso, Maulina, Adystia, & Oei, 2013)。

5 补偿控制理论

5.1 补偿控制理论的提出

Robert 和 Hockey (1997)在动态模型的基础上,提出补偿控制理论(compensatory control theory),强调驾驶员的自我调节是工作负荷实时动态平衡的关键,因此,Robert 和 Hockey 的模型被称为“动态平衡模型”(Dynamic Homeostasis models)。该模型强调,人们为了使首要任务的绩效始终维持在“满意水平”,持续地调控自己的注意和心理努力。心理努力(mental effort)是个体为保障执行任务时处于最佳工作状态,调节心理-生理状态的加工过程。从这个意义上讲,心理努力是预防绩效降低于特定标准的补偿加工过程,心理努力与注意有很强的联系,一个任务的注意要求量越高,个体付出的心理努力也越大。

当存在次要任务、分心物或应激源竞争并消

耗认知资源时,个体就需要付出更多的心理努力,才能满足首要任务的资源需求,Robert 和 Hockey 称这一过程为积极控制框架(energetical-control framework),指出个体对任务绩效的维持是一个积极控制过程,该过程需要动员心理努力来管理认知资源。在控制过程中,人们不断地依据目标的相对重要性、信息处理表征的变化、任务难度和任务意义等因素,调控心理努力的方向。同时,人们依据可供利用的认知资源的剩余反馈,持续地监控自己的任务表现,并且尽力优化资源分配,以满足当前任务的要求(Robert & Hockey, 1997)。

5.2 驾驶员的自我调控策略对音乐调节效果的制约

驾驶模拟器的研究支持了补偿控制理论,当分心物或次要任务导致认知超载时,驾驶员会采取行动调控驾驶模式,补偿分心物或次要任务的干扰(Young, Regan, & Hammer, 2007)。例如,当路况变得复杂时,驾驶员会有意地降低音乐的音量(North & Hargreaves, 1999),减速或增加车距,以适应当前任务要求(Lansdown, Brook-Carter, & Kersloot, 2004; North & Hargreaves, 1999; Strayer & Drews, 2004; Törnros & Bolling, 2006)。

驾驶员不但可以采取操作补偿策略,也可以在不改变驾驶模式的情况下使用认知补偿策略。当打破常规的驾驶习惯模式(强制要求驾驶员低速驾驶),驾驶员付出的认知努力也更多(Lewis-Evans, de Waard, & Brookhuis, 2011)。Ünal 等人的系列研究进一步发现,当车内音乐产生干扰时,驾驶员通常采取两种认知补偿策略来应对。

一种补偿策略是“增加心理努力”(increase mental effort)。Ünal 等人(2012)研究表明,在单调任务(跟车)中,听音乐会使得驾驶员增加心理努力,间接有效的防止注意资源流失,心理努力作为一种中介变量对车距维持起到积极影响(Ünal, Steg, & Epstude, 2012)。另一种认知补偿策略是“充耳不闻”(blocking-out auditory distracters,直译为“抑制听觉分心刺激”)。“充耳不闻”是在多重任务中,通过有意识或者无意识地减少对次要收听任务的注意,抑制听觉刺激的加工,由此保障主要任务绩效。Ünal 等人(2013a)在驾驶任务实验后,要求被试再认驾驶过程中听过的广播内容,发现与简单驾驶环境相比,复杂驾驶环境中的广播再认成绩更低,说明当驾驶任务难度提高,被试会主动

调整认知资源的分配,采取抑制听觉分心内容的策略,以减少次要任务要求,这也就解释了为什么与手机通话相比,听音乐造成的事故风险更小,原因在于:手机通话要求驾驶员做出适当的回应,需要时刻维持注意分配,既要倾听、理解谈话内容,又要思考如何回答,给自我调控增加了难度;而听音乐时,驾驶员可以根据驾驶情境要求进行自我调节,随时转移注意、抑制干扰,所以能够维持良好的驾驶绩效。这两种认知补偿策略互为补充,对首要和次要任务的资源占用量进行协调控制(Ünal, Platteel, Steg, & Epstude, 2013a)。

6 评价及展望

6.1 评价

唤醒理论与中枢容量有限理论已被大量实验研究所证实,分别解释了音乐对驾驶员警觉的生理唤醒和认知分心作用,但是都无法单独解释音乐对驾驶警觉的调节效果。动态模型通过生理和心理的最佳适宜性概念,将唤醒理论与中枢容量有限理论整合到一个更加综合的模型框架中,阐明了音乐复杂性、驾驶情境要求及驾驶员个体差异对驾驶警觉的动态调节作用,并得到后续实证研究的支持。由于动态模型只考虑外部音乐刺激对内部警觉的单方面影响,将驾驶员视为被动的信息处理者,没有解释清楚驾驶员在负荷超载时是如何补偿注意资源流失的。补偿控制理论在此基础上,强调驾驶员主体应对外部音乐刺激的能动性,是恢复动态平衡的关键,所有调节因素都要以驾驶员的自我调控为中介。并得到最新的实验研究的证实,这为驾驶员教育培训和车载音乐系统的开发提供了新视角。

6.2 展望

制定心理工作负荷监控标准。根据动态模型,在驾驶员负荷不足状态下,可以使用音乐打破单调、缓解被动疲劳,达到维持警觉的目的。但是,驾驶员的心理工作负荷是持续变化的,利用音乐提升驾驶员心理负荷的同时,还要警惕负荷超载,预防分心。目前,研究者大都通过脑电和心率变异性(Heart rate variability, HRV)等生理参数测量车载音乐造成的额外心理负荷,虽然具有实时性和灵敏性的优势,但生理指标含义模糊(Liu, Chiang, & Hsu, 2013; Mahachandra, Satalaksana, & Suryadi, 2012),如果不结合驾驶绩效,就无法进

一步对驾驶员负荷状态进行识别、判断和评估,因此未来研究可以结合具体的车辆运行参数,整合出更加统一而综合的监控指标体系,从而制定更加精确的监控标准,对音乐的警觉调节效果进行实时监控。

完善智能车载音乐播放系统。目前,智能车载音乐播放系统的开发主要围绕三个方面展开:一是如何发挥车载音乐的情绪调节功能,如 Van der Zwaag 等人(2013)的模拟器研究表明,在高负荷驾驶任务中,驾驶员情绪波动强烈,事故倾向严重,此时,播放轻柔的音乐往往能够使驾驶员镇定冷静,有趣的是,骤变式播放策略(从驾驶员喜欢的曲目骤变为轻柔曲目)比渐进式播放策略(从驾驶员喜欢的曲目逐渐过渡到轻柔曲目)所起到的镇静效果更好,是智能车载音乐播放系统的首选方案;二是如何保障情境意识唤醒功能,如台湾学者结合驾驶员瞌睡时的脑电信号特征,所开发的个性化音乐推送机制(personalized music recommendation mechanism),以实现通过驾驶员的生理指标输出,激发车内音乐系统播放最适宜的曲目,模拟器实验证明,该音乐推送机制可以有效预防驾驶员在单调路况中瞌睡驾驶(Liu et al., 2013),但也有研究者指出,音乐的唤醒作用极容易被习惯效应所抵消,随着音乐播放时间的延长,驾驶员的心率加快趋势逐渐放缓,未来研究者不仅要探索不同类型音乐的唤醒效果,还应该着重考虑如何设置播放形式来消除习惯效应(Ünal et al., 2013b);三是如何化解车载音乐的认知分心缺陷,Brodsky (2012)认为,车载音乐是一种汽车文化,驾驶员无法割舍,听音乐本身是安全的,听音乐的错误习惯才是危险的。在以色列国家道路安全管理局的资助下,他开发的车内背景音乐有投入市场的意向(Brodsky & Kizner, 2012)。但是,其对音乐复杂性“平衡(balanced)适中(medium)水平”的描述非常模糊,除音乐强度和节拍速度,其他音乐属性还缺乏定量研究。音调、音域、织体、节奏、调式、风格等变量也都可以成为未来研究探索的方向。根据动态模型和补偿控制理论,今后研究者还可以从驾驶员状态(如疲劳、焦虑、醉酒)、音乐偏好、人格、收听音乐意愿、驾驶任务复杂性、自我调控策略等变量入手,深入、系统地考察音乐对驾驶警觉的影响机制,才有可能因时而变、因地制宜、因人而异设计车

载音乐系统,真正实现智能化,帮助驾驶员养成良好的收听习惯。

普及针对驾驶员自我调控策略的培训。目前,国内外的驾驶员培训机构尚未将“如何收听车内音乐”列为培训科目。随着补偿控制理论的提出,研究者开始重视驾驶员自我调控策略对驾驶安全的影响,Ünal 等人(2013a)强调,“可调控意味着可改善、可提高”,今后研究的重点有:驾驶员有哪些自我调控策略,策略结构和关系,是否具有意识,心理资源的消耗程度,自我调控的影响因素,对驾驶绩效和安全的影响等。并以此为驾驶员培训提供科学依据。

参考文献

- 杨萌,王剑桥,夏裕祁,杨帆,张学民. (2011). 背景音乐的节奏与歌词语言熟悉程度对驾驶行为及眼动的影响. *心理科学*, 34(5), 1056-1061.
- Beanland, V., Allen, R. A., & Pammer, K. (2011). Attending to music decreases inattention blindness. *Consciousness and Cognition*, 20(4), 1282-1292.
- Beh, H. C., & Hirst, R. (1999). Performance on driving-related tasks during music. *Ergonomics*, 42(8), 1087-1098.
- Bellinger, D. B., Budde, B. M., Machida, M., Richardson, G. B., & Berg, W. P. (2009). The effect of cellular telephone conversation and music listening on response time in braking. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(6), 441-451.
- Brodsky, W. (2002). The effects of music tempo on simulated driving performance and vehicular control. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4(4), 219-241.
- Brodsky, W., & Kizner, M. (2012). Exploring an alternative in-car music background designed for driver safety. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(2), 162-173.
- Brodsky, W., & Slor, Z. (2013). Background music as a risk factor for distraction among young drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 59(10), 382-393.
- Brown, I. D. (1965). Effect of a car radio on driving in traffic. *Ergonomics*, 8(4), 475-479.
- Dalton, B. H., Behm, D. G., & Kibele, A. (2007). Effects of sound types and volumes on simulated driving, vigilance tasks and heart rate. *Occupational Ergonomics*, 7(3), 153-168.
- DeNora, T. (2001). Aesthetic agency and musical practice: New directions in the sociology of music and emotion. In *Music and emotion: Theory and research* (pp. 161-180).

- Oxford: Oxford University Press.
- Dibben, N., & Williamson, V. J. (2007). An exploratory survey of in-vehicle music listening. *Psychology of Music*, 35(4), 571–589.
- Faulks, I. J., Irwin, J. D., & Chekaluk, E. (2009, January). *Difference in Response of Male and Female Drivers to Everyday Distractions*. Paper presented at the Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washington, DC.
- Folkard, S. (1997). Black times: Temporal determinants of transport safety. *Accident Analysis & Prevention*, 29(4), 417–430.
- Furnham, A., & Strbac, L. (2002). Music is as distracting as noise: The differential distraction of background music and noise on the cognitive test performance of introverts and extraverts. *Ergonomics*, 45(3), 203–217.
- Hancock, P. A., & Warm, J. (1989). A dynamic model of stress and sustained attention. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 31(5), 519–537.
- Hughes, G. M., Rudin-Brown, C. M., & Young, K. L. (2013). A simulator study of the effects of singing on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 50(1), 787–792.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological Review*, 80, 237–251.
- Lansdown, T. C., Brook-Carter, N., & Kersloot, T. (2004). Distraction from multiple in-vehicle secondary tasks: Vehicle performance and mental workload implications. *Ergonomics*, 47(1), 91–104.
- Lewis-Evans, B., de Waard, D., & Brookhuis, K. A. (2011). Speed maintenance under cognitive load—Implications for theories of driver behaviour. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1497–1507.
- Liu, N., Chiang, C., & Hsu, H. (2013). Improving driver alertness through music selection using a mobile EEG to detect brainwaves. *Sensors*, 13(7), 8199–8221.
- Mackworth, N. H. (1957). Vigilance. *The Advancement of Science*, 13(53), 389–393.
- Mahachandra, M., Sitalaksana, I. Z., & Suryadi, K. (2012, April). *Sensitivity of heart rate variability as indicator of driver sleepiness*. Paper presented at the Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES), Langkawi, Malaysia.
- Mizoguchi, K., & Tsugawa, S. (2012). *Influence of In-vehicle Music on Driving: Experimental Results with a Driving Simulator*. Paper presented at the 2012 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, Istanbul, Turkey.
- North, A. C., & Hargreaves, D. J. (1999). Music and driving game performance. *Scandinavian Journal of Psychology*, 40(4), 285–292.
- Oron-Gilad, T., Ronen, A., & Shinar, D. (2008). Alertness maintaining tasks (AMTs) while driving. *Accident Analysis & Prevention*, 40(3), 851–860.
- Oron-Gilad, T., & Shinar, D. (2000). Driver fatigue among military truck drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3(4), 195–209.
- Patel, J., Ball, D. J., & Jones, H. (2008). Factors influencing subjective ranking of driver distractions. *Accident Analysis & Prevention*, 40(1), 392–395.
- Pêcher, C., Lemerrier, C., & Cellier, J. M. (2009). Emotions drive attention: Effects on driver's behaviour. *Safety Science*, 47(9), 1254–1259.
- Reyner, L. A., & Horne, J. A. (1998). Evaluation of "in-car" countermeasures to sleepiness: Cold air and radio. *Sleep*, 21(1), 46.
- Robert, G., & Hockey, J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1), 73–93.
- Santoso, G. A., Maulina, D., Adystia, C., & Oei, T. P. (2013). The influence of number of passengers and music genre on driving speed of young adult angkot drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 18(1), 1–10.
- Slawinski, E. B., & MacNeil, J. F. (2002). Age, music, and driving performance: Detection of external warning sounds in vehicles. *Psychomusicology: Music, Mind & Brain*, 18(1), 123–131.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2004). Profiles in driver distraction: Effects of cell phone conversations on younger and older drivers. *Human Factors*, 46(4), 640–649.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003a). Monotony of road environment and driver fatigue: A simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 35(3), 381–391.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003b). Fatigue and individual differences in monotonous simulated driving. *Personality and Individual Differences*, 34(1), 159–176.
- Törnros, J., & Bolling, A. (2006). Mobile phone use-effects of conversation on mental workload and driving speed in rural and urban environments. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(4), 298–306.
- Turner, M. L., Fernandez, J. E., & Nelson, K. (1996). The effect of music amplitude on the reaction to unexpected visual events. *The Journal of General Psychology*, 123(1), 51–62.
- Ünal, A. B., Platteel, S., Steg, L., & Epstude, K. (2013a). Blocking-out auditory distracters while driving: A

- cognitive strategy to reduce task-demands on the road. *Accident Analysis & Prevention*, 50(1), 934–942.
- Ünal, A. B., Steg, L., & Epstude, K. (2012). The influence of music on mental effort and driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 48(9), 271–278.
- Ünal, A. B., Waard, D., Epstude, K., & Steg, L. (2013b). Driving with music: Effects on arousal and performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 21(5), 52–65.
- Van der Zwaag, M. D., Dijksterhuis, C., de Waard, D., Mulder, B. L. J. M., Westerink, J. H. D. M., & Brookhuis, K. A. (2012). The influence of music on mood and performance while driving. *Ergonomics*, 55(1), 12–22.
- Van der Zwaag, M. D., Janssen, J. H., Nass, C., Westerink, J. H. D. M., Chowdhury, S., & de Waard, D. (2013). Using music to change mood while driving. *Ergonomics*, 56(10), 1504–1514.
- White, M. P., Eiser, J. R., & Harris, P. R. (2004). Risk perceptions of mobile phone use while driving. *Risk Analysis*, 24(2), 323–334.
- Wiesenthal, D. L., Hennessy, D. A., & Totten, B. (2000). The influence of music on driver stress. *Journal of Applied Social Psychology*, 30(8), 1709–1719.
- Wiesenthal, D. L., Hennessy, D. A., & Totten, B. (2003). The influence of music on mild driver aggression. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(2), 125–134.
- Williamson, A. (2008). The Relationship between Driver Fatigue and Driver Distraction. In: M. A. Regan, J. D. Lee, & K. L. Young (Eds.), *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation* (pp. 383–392). Boca Raton, FL, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Wollstädter, S., Pfister, H.-R., & Höger, R. (2013). *The role of music characteristics on drivers' anger regulation*. Paper presented at the Australasian Road Safety Research, Policing & Education Conference 28th – 30th, Brisbane, Australia.
- Yerkes, R., & Dodson, J. (1908). The relation of stimulus strength to rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.
- Young, K., Regan, M., & Hammer, M. (2007). Driver distraction: A review of the literature. *Distracted driving*. Sydney, NSW: Australasian College of Road Safety, 379–405.
- Young, R. (2012). Cognitive distraction while driving: A critical review of definitions and prevalence in crashes. *SAE International Journal of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems*, 5(1), 326–342.

The Effect of Music on Driving Vigilance and Its Theories

MA Jinfei; CHANG Ruosong; CHEN Xiaochen; SUN Long

(School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: Music listening while driving is a popular activity. The arousal theory predicts that music can lead to a more optimal arousal level which could benefit driving vigilance. However, following the central capacity theory, music can also distract the driver and pose danger on the road. Dynamic model, which integrated the existing researches, pointed out that music had an arousal or distractive influence on driving vigilance depending on the complexity of music, the demands of driving situation and the difference between drivers. Later, the compensatory theory highlighted that drivers' self-regulations were the key to restoring the dynamic equilibrium. In the future, researchers need to focus on the studies in the fields of how to measure drivers' mental workload, how to develop smart car music system as well as how to design some training programs for drivers.

Key words: music; driving vigilance; arousal; distraction; dynamic model