

文章编号:1671-8879(2018)04-0080-07

驾驶人次任务转换特性研究

王磊¹, 杨明焯¹, 孙宇¹, 朱彤¹, 周育名²

(1. 长安大学汽车学院, 陕西西安 710064; 2. 长沙理工大学交通运输工程学院, 湖南长沙 410114)

摘要:为探究驾驶人次任务完成后对速度判断的影响,以及次任务难度和任务间隔时间 2 个因素对任务转换代价的具体影响,利用 E-Prime 软件设计了典型的包含主次任务的试验场景,其中替代型主任务为判断车速,替代型次任务为判断箭头方向。共有 87 位被试者参与了试验,根据要求做出判断并按键反应;试验将次任务的难度和任务间隔时间作为 2 个因变量,每个因变量取 2 种水平,共设计了 4 组试验,每组试验还包括连续执行主任务和执行次任务之后再执行主任务 2 种情况。研究表明:由次任务转换到主任务后的平均反应时间比持续执行主任务情况下的平均反应时间更长,且二者有显著性差异($p < 0.01$);次任务难度对驾驶人的反应时间有显著影响($p = 0.003$);任务间隔时间对驾驶人反应时间的影响不显著,并且次任务难度和任务间隔 2 个因素没有显著的交互作用;驾驶人在次任务结束之后执行主任务时仍然会受到影响,此外性别、年龄等因素对反应时间也有显著影响。研究结论可用于车载信息系统的优化设计。

关键词:交通工程;交通安全;驾驶人分心;任务转换;反应时间

中图分类号:U491.25 文献标志码:A

Research on characteristics of driver task conversion

WANG Lei¹, YANG Ming-xuan¹, SUN Yu¹, ZHU Tong¹, ZHOU Yu-ming²

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, Hunan, China)

Abstract: In order to study the factors that influencing the speed judgment after finishing a secondary task, and to study how the difficulty of the secondary task and respond clue interval influences the switching cost, a typical experiment scenario based on E-Prime was developed. In the experiment, the driving speed judgment task was selected as the main task, and a typical alternative driving distraction task (arrow direction selection task) was selected as the secondary task. Eighty-seven participants participated in this experiment and made judgments according to the quality. For the experiment, secondary task complexity and task interval were considered as two independent variables, and each variable had two experimental levels. There were four groups of experiments, and each group included two situations, doing two adjacent main tasks and switching to the main task after finishing the secondary task. The results show that the driver's reponse time for the main task is more after switching from the secondary task to the main task, compared to performing two adjacent main tasks, and there are significant differences

收稿日期:2018-03-20

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目(16C0054);中央高校基本科研业务费专项资金项目(30010228109)

作者简介:王磊(1980-),男,湖北十堰人,工学博士研究生,E-mail:76589444@qq.com。

通讯作者:周育名(1985-),女,山东威海人,讲师,工学博士,E-mail:zhouyuming0503@163.com。

($p < 0.01$). The driver's reponse time for the primary task increased when the secondary task became complex, and there are significant differences ($p < 0.001$). When the task interval changed from 200 ms to 2 000 ms, there is no significant effect on the average reponse time for the primary task. There is no significant interaction between the two factors. It still has an influence on the main task after finishing the secondary task. Besides these factors, gender and age also have an impact on the reponse time. The conclusions of this study can provide a reference for the optimal design of in-vehicle information systems. 5 tabs, 7 figs, 30 refs.

Key words: traffic engineering; traffic safety; driver distraction; task conversion; response time

0 引言

驾驶是一项复杂的任务^[1],但驾驶人普遍有程度由轻到重且范围很广的次活动,这些次活动通常伴随着驾驶分心^[2]。比如在驾驶汽车的同时受到一系列的干扰,包括使用手机打电话、玩微信,与乘客交谈,运行导航设备等^[3]。驾驶分心可以被定义为驾驶人将注意力从对安全驾驶相关活动转移到另一个竞争活动中^[4-5]。

相关研究表明,由100辆车的自然驾驶研究数据和美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)的一个约32 km的数据集分析可知,注意力分散和分心是造成临界碰撞和道路事故的主要原因^[6-7]。NHTSA的另一个研究指出,70%的单个车辆或追尾碰撞事故均涉及到注意力分散的问题,此外,在实车驾驶道路试验中还发现,近80%的碰撞和65%的临界碰撞与驾驶分心有关。

为了研究驾驶分心对驾驶绩效的影响,研究人员将分心分为视觉分心、认知分心、操作分心。通过对各类分心的研究对比发现,每种分心对驾驶绩效的影响不同^[8-11],而对驾驶绩效的负面影响主要包括影响车辆纵向控制^[12-13]和横向控制^[14],降低情景意识^[15],削弱对道路风险的反应时间^[16]等。数据表明,与有大量认知资源需求的任务相比,有高度视觉-操作资源需求的分心活动与碰撞风险的相关性更高^[9,11]。

以往的研究经验表明,可以利用干扰任务来模拟驾驶分心对驾驶主任务的影响^[17-18]。有学者用任务干扰示意图来表征一个干扰过程,即一个正在进行的任务被一个干扰任务中断,当干扰任务完成后,注意力重新转回到之前正在进行的任务,这就形成了一个典型的干扰过程^[19-20]。例如在驾驶汽车过程中,驾驶人在数秒内低头设置导航设备,完全放弃了必须查看道路状况的主要驾驶任务,之后注意力再重新转回到驾驶任务上来。

试验证明,一个干扰过程中,对正在进行的任务的重复干扰会对后一个任务产生不利的影[21]。将这个结论应用于驾驶过程中,则驾驶人很有可能在完成次任务后,对继续执行的主任务产生一定的影响。一般情况下驾驶次任务对主任务的影响分为2种类型:一种是次任务执行时对主任务造成的影响,例如驾驶时打电话,与周围人攀谈等^[22];另一种是次任务结束后对主任务的影响,这又称之为次任务转换代价。以往的研究主要集中在前者,而对次任务的转换代价研究较少^[23]。因此,本文利用干扰任务模拟驾驶次任务,探究次任务完成之后对驾驶人主任务的影响,以及在次任务难度和任务间隔时间变化的条件下,驾驶人反应时间的变化规律。

1 试验对象及系统

1.1 试验对象

共有87名被试者参与试验,其中50名来自在校本科生或研究生,37名来自某市公共交通公司的驾驶人,具体信息见表1。所有被试者均持有C1及以上驾驶证,视力正常或矫正后正常,身体健康,均为右利手,每位被试者的试验报酬为50元。

表1 被试者情况

Tab. 1 Characteristic of subjects

项目	年龄				按驾驶经验分类/人		按性别分类/人	
	平均数	标准差	最大值	最小值	丰富	不足	男性	女性
数值	32.02	10.41	58	22	37	50	62	25

1.2 试验系统

本文采用的软件系统主要为UC-win/Road以及心理学软件E-Prime。前者用于设计驾驶仿真场景,制作驾驶任务的仿真场景图片;后者将这些图片与设计的干扰任务按照一定的顺序和不同的间隔方式呈现给被试并采集其反应数据^[24]。

试验需要提取毫秒级的驾驶人反应时间数据,对试验条件控制精度的要求较高,一般情况下,驾驶

模拟系统难以达到其要求。因此,采用心理学软件 E-Prime 进行试验,与相关研究采用的试验方法一致^[23-25]。试验设备具体包括计算机、17 寸显示屏和试验按键盘等反应时间的测试设备。

2 试验设计

2.1 任务类别及变量设置

本文以速度判断任务作为主任务,即判断车速大于限速值还是小于等于限速值,如图 1 所示;以方向判断任务作为次任务,即判断哪个方向与指定的方向匹配,如图 2 所示。方向判断任务改编自 HASTE 项目中的箭头次任务,来模拟使用车载导航系统的导航帮助路线的视觉需求^[26-27]。参考 Cepeda 等的研究成果,以照片或视频的形式对电脑屏幕中的交通事件进行反应时间测试,本文的试验中主要采用图片的形式呈现驾驶场景^[28]。



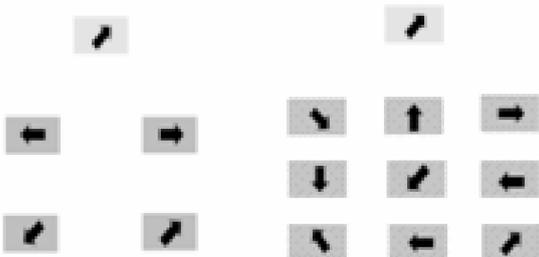
(a) 车速大于限速值



(b) 车速小于限速值

图 1 主任务示例

Fig. 1 Example of main task



(a) 低难度(4选1)

(b) 高难度(9选1)

图 2 次任务示例

Fig. 2 Example of sub task

为了研究次任务执行完成后对主任务的影响,试验共研究 2 个自变量。第 1 个自变量是次任务难度,有低难度和高难度 2 个水平,低难度为从 4 个方

向中找出已给定方向并匹配(4 选 1),高难度为从 9 个方向中找出已给定方向并匹配(9 选 1),以此来探究次任务难度对驾驶任务的影响规律。第 2 个自变量是任务间隔时间,本文选 200、2 000 ms 两个水平。模拟驾驶人分心次任务结束之后立即进入驾驶任务和缓慢进入驾驶任务的情况,以此来研究任务转换中前一相关任务的时间衰减影响。该任务间隔时间又可称为反应-刺激间距(response stimulus interval, RSI),一般可分为反应-线索间距(response cue interval, RCI)和线索-目标间距(cue target interval, CTI),本文考察 RCI 对任务转换的影响^[29]。

2.2 试验内容

根据次任务难度和任务间隔情况,采用 2×2 的组间试验设计,共分成 4 组,每组有 24 个序列^[30],具体分组情况如表 2 所示。每个分组内包括 2 种任务:一种是持续执行相同的主任务;另一种是由次任务向主任务转换的任务。要求被试者进行 4 轮试验,为平衡分组的顺序效应,每轮的分组顺序不同,分别是 1234、2341、3412、4123。因此,1 种次任务难度和 1 种任务间隔组总共有 96 个(24×4)序列,4 轮共有 384 个($24 \times 4 \times 4$)序列。

表 2 试验分组情况

Tab. 2 Experimental grouping

组别	次任务难度	RCI 值/ms
1	4 选 1	2 000
2	4 选 1	200
3	9 选 1	2 000
4	9 选 1	200

对于每个序列(trial)来说,具体呈现顺序和时间如图 3 所示,共分为 3 个阶段。

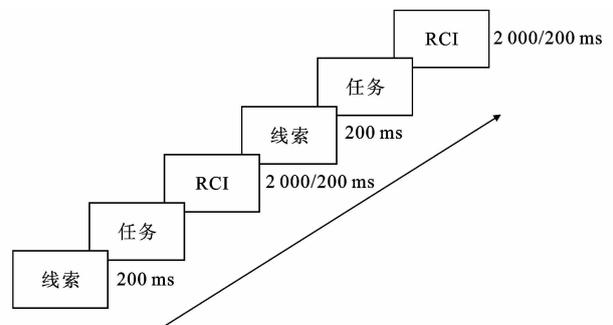


图 3 刺激呈现顺序和间隔时间

Fig. 3 Order and interval time of stimulation

(1)线索提示阶段。在每个序列开始时,呈现一种线索刺激提示,接下来要执行的任务是判断车速还是判断方向,该提示持续时间为 200 ms。

(2)反应阶段。线索消失的同时出现试验刺激,

被试观看相应的任务,根据要求做出判断并按键反应,反应没有时间限制。对于主任务而言,被试需要判断车速是否超过当前道路限速值,超速按 \uparrow ,没超速按 \downarrow 。对于次任务而言,被试需要判断方向并找出匹配,对应键盘上数字键1~9。该反应时间通过E-Prime软件采集并记录,用于试验结果分析。

(3)白屏阶段。前一任务结束后的间隔时间,呈现白屏200 ms或2 000 ms,之后再继续进行下一任务。

2.3 试验过程

在正式试验之前安排被试进行练习,练习包括5个分组,共50个序列(与正式试验任务类型相同、内容类似),大约持续5 min,期间试验人员为被试介绍任务类型,要求被试在保证正确率的前提下尽快做出反应,并回答被试的疑问。被试则应充分熟悉键位,确保判断结果和相应按键的一致性。

在正式试验中,每个分组之间安排被试进行适当的休息,每轮试验完成后,被试自行选择休息时间长度,最长不超过5 min。

3 数据处理及分析

3.1 统计方法

在Excel中对数据进行初步处理,主要得到2组数据,分别是由次任务转换到主任务和持续执行主任务。对由次任务转换到主任务和持续执行主任务的平均反应时间进行单因素方差分析(one-way ANOVA),以期得到任务转换与否对反应时间的影响;对由次任务转换到主任务的平均反应时间进行2(次任务难度) \times 2(RCI值)的重复测量方差分析(repeated-measure ANOVA),以期得到任务难度和RCI值在任务转换完成后对反应时间的影响。

本文的方差分析采用统计分析软件SPSS20.0进行。在检验过程中,首先利用球形检验判断重复测量的不同组之间的结果是否存在相关性。由于持续执行相同任务与次任务转换到主任务的反应时间数据的球形检验值均大于0.05,故可采用单因素方差分析。不同变量对由次任务转换到主任务的反应时间数据球形检验值为 $0.000 < 0.05$,故采用重复测量方差分析。

3.2 重复任务与转换任务的对比

3.2.1 反应时间的数字特征

在2种次任务难度和2种RCI值组成的4种情况下,持续执行主任务(重复任务)和由次任务转换为主任务(转换任务)的反应时间(RT)均值、标准

差、最大值和最小值见表3。

表3 重复任务与转换任务的驾驶人反应时间对比

Tab.3 Comparisons of driver response time between repetitive tasks and conversion tasks ms

组别	持续执行主任务				由次任务转换为主任务			
	平均RT	最大RT	最小RT	标准差	平均RT	最大RT	最小RT	标准差
1	1 996	4 054	1 053	693	2 104	4 657	1 055	745
2	1 925	4 964	1 023	714	2 224	4 932	1 102	761
3	1 966	4 613	970	756	2 134	4 890	1 052	841
4	2 111	5 898	1 026	793	2 302	6 242	1 186	875

87个被试在4种情况下的主任务反应时间均值如图4所示。由图4可知,4组由次任务转换到主任务的反应时间均值都比持续执行主任务的反应时间大,即比起持续执行主任务,驾驶人执行次任务后反应变慢了。

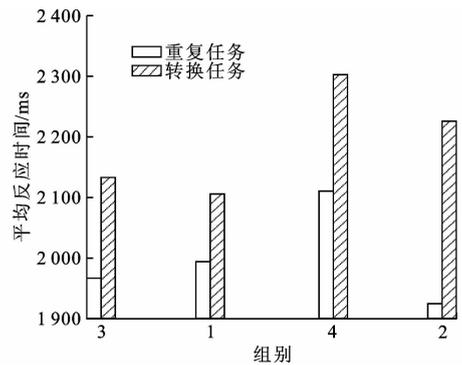


图4 主任务均值

Fig.4 Mean values of main task

3.2.2 反应时间差异性

为了进一步得到持续执行主任务的反应时间与由次任务转换到主任务的反应时间之间的关系,利用SPSS软件进行单因素方差分析,得到4组数据的平均反应时间之间的差异,如表4所示。由表4可知,4组试验的平均反应时间均有显著性差异,说明任务转换时存在转换代价且对主任务有影响。

表4 单因素方差分析4组重复任务与转换任务均值显著性

Tab.4 Analysis of four groups of repetitive tasks and conversion task mean significant variance

组别	F值	p值
1	10.631	0.002
3	69.697	0.000
2	18.529	0.000
4	13.278	0.000

3.3 次任务难度和任务间隔对任务转换的影响

对由次任务转换到主任务的平均反应时间进行2 \times 2的重复测量方差分析,分别研究了不同次任务

难度以及不同任务间隔时间对任务转换后执行主任任务反应时间的影响,结果见表5。

表5 重复测量方差分析

Tab.5 Variance analysis of repeated measurement

对比组	F 值	p 值
次任务难度	10.301	0.003
任务间隔	0.132	0.719
二者交互作用	0.999	0.320

3.3.1 次任务难度对任务转换的影响

由表5可知,由次任务转换到主任务时,次任务难度变化时(4选1,或9选1),2组反应时间重复测量方差分析结果有显著性差异($F=10.301, p=0.003$),说明次任务难度对任务转换后驾驶人执行主任任务的反应时间有显著影响,任务难度越大,被试反应时间越长。

3.3.2 任务间隔对任务转换的影响

由表5还可知,由次任务转换到主任务时,任务间隔变化时,200 ms或2000 ms两组反应时间重复测量方差分析结果无显著性差异($F=0.132, p=0.719$),说明任务间隔时间变化对任务转换后驾驶人执行主任任务的反应时间有显著影响。

3.3.3 2种因素的交互作用

统计结果还显示,在不同难度下,驾驶人在2000 ms任务间隔下比200 ms时的反应时间长,这2种反应的差值在9选1(即难度较大)情况下相对较大,如图5所示。此外,统计结果还表明,任务难度和任务时间间隔2个因素之间没有显著的交互作用(sig.值为0.320, $F=0.999$)。

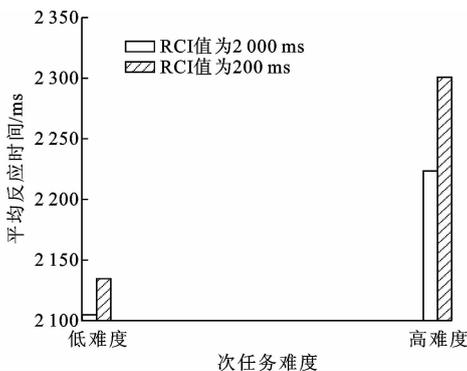


图5 任务转换情况下主任任务的平均反应时间

Fig.5 Average response time of main task in conversion tasks

3.4 性别对任务转换的影响

在50位年轻驾驶人(20~29岁)中,统计29名男性和21名女性由次任务转换到主任务时的速度判断反应时间,如图6所示。数据表明,在4种情况下,女性驾驶人由次任务转换到主任务的反应时间

均比男性驾驶人的反应时间更长;并且在次任务难度大、任务间隔短的情况下,男性和女性驾驶人的反应时间均值的差异最大。

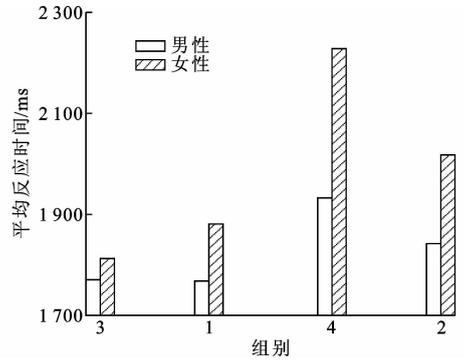


图6 任务转换中男女驾驶人平均反应时间

Fig.6 Average response time of male and female drivers in conversion tasks

3.5 年龄对任务转换的影响

将87位驾驶人按年龄划分为4组,分别是20~29岁(50人)、30~39岁(13人)、40~49岁(15人)、50~59岁(9人),统计其在各任务组的平均反应时间,每个年龄段驾驶人由次任务转换到主任务时的速度判断反应时间的平均值,如图7所示。数据表明,随着年龄的增长,驾驶人由次任务转换到主任务的反应时间在4种情况下均越来越长;且与年轻的驾驶人群相比,年龄大的驾驶人群的反应时间曲线的波动更大,受到次任务难度和任务间隔的影响更大,即年龄大的驾驶人对次任务难度和任务间隔的变化更加敏感。

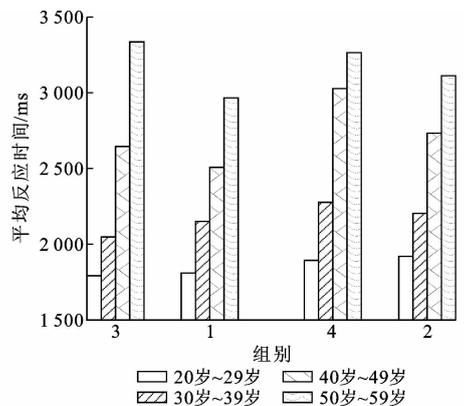


图7 任务转换中不同年龄段驾驶人平均反应时间

Fig.7 Average response time of drivers at different ages in conversion tasks

4 结 语

(1)由次任务转换至主任任务的反应时间比持续执行主任任务的反应时间更长,表明在驾驶任务中也

存在任务转换中的转换代价,任务转换对驾驶任务存在影响。这也再次验证了其他领域的研究结果,任务转换中存在转换代价现象。

(2)驾驶人次任务难度高时相对难度低时的反应时间更长,说明驾驶分心次任务的难度水平对驾驶任务有很大影响,驾驶人转换代价随着任务复杂性的增加而增加,前一任务的复杂程度会影响后一任务的反应时间。此外,即使在任务转换间隔时间较长的情况下,驾驶人执行主任务的反应时间仍比重复任务时慢。这说明即使有较长的延时情况下,前一任务和当前任务之间的转换代价并未完全消失。

(3)性别和年龄对反应时间存在影响。男性驾驶人的平均反应时间比女性驾驶人要快,不同性别之间驾驶任务转换活动中存在差异。值得注意的是,这种差异会受到试验变量次任务难度和任务间隔时间的影响。随着年龄的增长,驾驶人的任务转换反应时间越来越长;与年轻的驾驶人相比,年龄大的驾驶人更容易受到次任务难度和任务间隔时间的影响。换言之,年龄的增长使得驾驶人对任务条件的包容性变差,驾驶人的判断反应更容易受到干扰。

参考文献:

References:

- [1] HUGHES G M, RUDIN-BROWN C M, YOUNG K L. A simulator study of the effects of singing on driving performance[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2013, 50:787-792.
- [2] 金立生,李科勇,咸化彩,等.次任务驾驶对行车安全性影响研究综述[J]. *交通信息与安全*, 2014, 32(5):7-12.
JIN Li-sheng, LI Ke-yong, XIAN Hua-cai, et al. A study of the impact of secondary driving tasks on safety[J]. *Journal of Transport Information and Safety*, 2014, 32(5):7-12.
- [3] LEE J, YOUNG K, REGAN M. Defining driver distraction[C]//CRC Press. *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. Boca Raton: CRC Press, 2009:31-40.
- [4] LEE J D, CAVEN B, HAAKE S, et al. Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway[J]. *Human Factors*, 2001, 43(4):631-640.
- [5] 刘卓凡,付 锐,程文冬,等.驾驶人视觉分心与认知分心研究综述[J]. *中国安全科学学报*, 2015, 25(7):29-34.
- [6] LIU Zhuo-fan, FU Rui, CHENG Wen-dong, et al. Overview of researches on drivers' visual distraction and cognitive distraction[J]. *China Safety Science Journal*, 2015, 25(7):29-34.
- [7] KLAUER S G, DINGUS T A, NEALE T V, et al. The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: An analysis using the 100-car naturalistic driving study data[R]. Washington DC: US Department of Transportation, 2006.
- [8] RANNEY T A. Driver distraction: A review of the current state-of-knowledge [R]. Washington DC: Transportation Research Board, 2008.
- [9] ENGSTRÖM J, JOHANSSON E, ÖSTLUND J. Effects of visual and cognitive load in real and simulated motorway driving[J]. *Transportation Research Part F*, 2005, 8(2):97-120.
- [10] YOUNG K L, SALMON P M. Examining the relationship between driver distraction and driving errors: A discussion of theory, studies and methods[J]. *Safety Science*, 2012, 50(2):165-174.
- [11] 王 抢,朱 彤,朱可宁,等.视觉与听觉次任务对驾驶人视觉的影响及差异[J]. *安全与环境学报*, 2014, 14(4):49-52.
WANG Qiang, ZHU Tong, ZHU Ke-ning, et al. Effects and differences of auditory and visual secondary tasks on drivers' visual[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2014, 14(4):49-52.
- [12] 张 辉,钱大琳,邵春福,等.模拟驾驶环境下驾驶人分心状态判别[J]. *中国公路学报*, 2018, 31(4):43-51.
ZHANG Hui, QIAN Da-lin, SHAO Chun-fu, et al. Driver's distraction states identification in simulating driving environment [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2018, 31(4):43-51.
- [13] RAKAUSKAS M E, GUGERTY L J, WARD N J. Effects of naturalistic cell phone conversations on driving performance[J]. *Journal of Safety Research*, 2004, 35(4):453-464.
- [14] STRAYER D L, DREW F A. Profiles in driver distraction: Effects of cell phone conversations on younger and older drivers[J]. *Human Factors*, 2004, 46(4):640-649.
- [15] REED M P, GREEN P A. Comparison of driving performance on-road and in a low-cost simulator using a concurrent telephone dialling task[J]. *Ergonomics*, 1999, 42(8):1015-1037.
- [16] KASS S J, COLE K S, STANNY C J. Effects of dis-

- traction and experience on situation awareness and simulated driving[J]. *Transportation Research Part F*, 2007, 10(4): 321-329.
- [16] BURNS P C, PARKES A, BURTON S, et al. How dangerous is driving with a mobile phone? Benchmarking the impairment to alcohol[R]. Wokingham: TRL Report, 2002.
- [17] 王 颖. 基于人机交互仿真的驾驶次任务研究[D]. 北京:清华大学, 2009.
WANG Ying. In-vehicle secondary task study based on human-machine interactive simulation[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009.
- [18] 金奔奔. 驾驶次任务调查与仿真实验研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
JIN Ben-ben. Driving secondary task investigation and simulation experimental research [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2012.
- [19] WICKENS C, MCCARLEY J, STEELMAN-ALLEN K. NT-SEEV: A model of attention capture and noticing on the flight deck[J]. *Human Factors & Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 2009, 53(12): 769-773.
- [20] 李 丽, 袁 玫. 使用车载导航系统下驾驶员脑力负荷影响因素分析[J]. *安全与环境学报*, 2011, 11(6): 202-204.
LI Li, YUAN Mei. Influential factors analysis of drivers' mental workload with the use of vehicle navigation system[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2011, 11(6): 202-204.
- [21] LOUKOPOULOS L D, DISMUKES R K, BARSHI I. The multitasking myth: Handling complexity in real-world operations[J]. *Collegiate Aviation Review*, 2016, 34(2): 106.
- [22] 李宏汀, 刘彦宇, 李文书. 驾驶中使用手机对驾驶员行为安全绩效影响综述[J]. *中国安全科学学报*, 2013, 23(1): 16-21.
LI Hong-ting, LIU Yan-yu, LI Wen-shu. A review: Effects of cell phone use on driving performance[J]. *China Safety Science Journal*, 2013, 23(1): 16-21.
- [23] 鲁光泉, 赵鹏云, 王兆杰, 等. 自动驾驶中视觉次任务对年轻驾驶人接管时间的影响[J]. *中国公路学报*, 2018, 31(4): 165-171.
LU Guang-quan, ZHAO Peng-yun, WANG Zhao-jie, et al. Impact of visual secondary task on young drivers' take-over time in automated driving[J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2018, 31(4): 165-171.
- [24] 王 磊, 杨晨焯, 路巧珍, 等. 信息刺激条件下驾驶人警觉性改善规律[J]. *中国公路学报*, 2018, 31(4): 52-58.
WANG Lei, YANG Chen-xuan, LU Qiao-zhen, et al. Effect of information stimulus on driver's vigilance improvement [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2018, 31(4): 52-58.
- [25] ROCA J, CASTRO C, BUENO M, et al. A driving-emulation task to study the integration of goals with obligatory and prohibitory traffic signs[J]. *Applied Ergonomics*, 2012, 43(1): 81-88.
- [26] LIANG Y, LEE J D. Combining cognitive and visual distraction: Less than the sum of its parts[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2010, 42(3): 881-890.
- [27] KABER D B, LIANG Y, ZHANG Y, et al. Driver performance effects of simultaneous visual and cognitive distraction and adaptation behavior[J]. *Transportation Research Part F*, 2012, 15(5): 491-501.
- [28] CEPEDA N J, KRAMER A F, DE SATHER G J. Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance[J]. *Developmental Psychology*, 2001, 37(5): 715-730.
- [29] BÖFFEL C, MÜSSELER J. Adjust your view! Wing-mirror settings influence distance estimations and lane-change decisions [J]. *Transportation Research Part F*, 2015, 35: 112-118.
- [30] MONSELL S, MIZON G A. Can the task-cuing paradigm measure an endogenous task-set reconfiguration process? [J]. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006, 32(3): 493-516.