

车载信息系统与驾驶安全研究综述

王颖, 张伟, 吴璽

清华大学工业工程系, 北京 100084

摘要 作为新的技术和经济增长点, 微型电子计算机、无线电通讯、卫星导航等新技术、新设备和新方法已开始广泛应用于汽车工业中, 汽车的信息化进程正在逐步加速。但根据多资源理论, 以显示查看和信息输入为主要形式的车载信息系统应用任务会分散驾驶员在行驶过程中最重要的视觉注意力, 与主要驾驶任务在视觉和认知等多种有限资源形成竞争, 从而影响驾驶安全。研究发现, 车载信息系统使用任务造成的注视次数和注视时间与汽车的碰撞危险有直接关系, 并降低了驾驶员对关键交通事件的探测识别能力和对车辆的控制能力。因此, 车载信息系统在行车中的安全性设计非常重要, 其研究要点包括人机交互方式、驾驶员行为特征等, 研究方法则包括实际道路测试、仿真环境测试、简单实验室测试等。

关键词 车载信息系统; 驾驶安全; 注意力分散; 次任务

中图分类号 TQ050.4+25

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)13-0105-06

In-Vehicle Information System and Driving Safety

WANG Ying, ZHANG Wei, WU Su

Department of Industrial Engineering, Tsinghua University,
Beijing 100084, China

Abstract As a fresh growth on technology and economy, new solutions of telematics, navigation, internet and entertainment while driving based on In-Vehicle Information System (IVIS) was applied widely in automobile industry recently. The process of automobile-informationization has been accelerated gradually. However, based on Multi-Resource Theory, the application of IVIS during driving in forms of display check and text input distracted drivers visually in certain degrees, which caused threats to driving safety by competing with major driving tasks on visual, cognitive and other resources. Previous research found that the glance frequency and duration from using IVIS related to crashes and traffic dangers directly, meanwhile, decreased driver's ability on detecting key road incidents and controlling vehicles. Thus the safety design of IVIS, which focused on human-machine interactive method and driver's behavioral character, was very important. General methodologies of such research include field test, simulation test and simple laboratory test.

Keywords in-vehicle information system; driving safety; distraction; secondary task

现代汽车具有种类繁多的电子元件, 可与驾驶员进行交互但并不与策略和操纵水平的驾驶任务直接相关的系统被称为车载信息系统 (In-Vehicle Information System, IVIS)^[1]。

20 世纪 30 年代, 收音机被指为第一个使驾驶员注意力分散的 IVIS^[2]。而目前, 卫星导航、电话、无线电通讯设备、先进的 DVD 及可收发电子邮件、漫游互联网的个人数字助理 (PDA) 等设备已进入汽车。中国目前车载娱乐系统市场容量估计达到 500 万~800 万套, 以车载计算机为平台, 将车载通信、导航、视听娱乐、网络控制等集成为一体化多媒体信息系统则是这一领域的市场发展趋势^[3]。

近年来, 汽车制造商将电子信息系统部署到汽车内的步伐正在加速, 扩大和加快 IVIS 和通信系统进入汽车的进程为企业带来的利润增幅预计将从 2006 年的 4% 增长至 2015 年的 35%^[4]。很多以前只适用于豪华车型的 IVIS 正在迅速进入廉价车型, 新的技术革新也将随之而来。然而, 在 IVIS 集成各种通信、娱乐和车辆控制功能, 为驾驶员带来便捷愉悦的驾驶体验的同时, 其潜在的注意力分散亦威胁着驾驶安全, IVIS 对行车安全的影响将是大多数驾驶员共同面对的问题。

1 驾驶中的多资源需求

汽车驾驶通常包含各种各样的驾驶和非驾驶任务, 通常可以把最主要的任务定义为保持车道和监控道路危险, 这两者都需要依赖信息加工过程中的主要视觉注意带 (PVAL, 指前方道路主要关注区域), 驾驶安全研究关心的重点也是那些使视觉注意离开 PVAL 区域的因素^[5]。车内次任务正是那些会导致视觉注意资源分散的其他任务, 既包括视觉的任务,

收稿日期: 2009-06-01

基金项目: 国家自然科学基金项目 (70771057)

作者简介: 王颖, 博士研究生, 研究方向为驾驶安全、驾驶仿真及人机交互, 电子信箱: wang-ying03@mails.thu.edu.cn; 张伟 (通信作者), 副教授, 研究方向为虚拟现实与人机界面技术、人因工程等, 电子信箱: zhangwei@tsinghua.edu.cn

如看地图、收发短信等,也包括非视觉的任务,如打电话、听收音机等。

1.1 多资源理论

由于驾驶具有多任务的特点,一些研究者相继提出了一些理论来研究驾驶行为,其中较为著名的是 Wickens 的多资源理论^[6]。如图 1 所示,该理论将人的加工资源从知觉通道、编码、阶段 3 个维度上假设为一个立方体结构。其中,知觉通道包括视觉和听觉 2 个水平,阶段包括感觉、认知和反应 3 个水平,而编码维度则分为空间编码和言语编码 2 个水平。此外,视觉通道对信息的注意可以区分为焦点的(或称中央的)和外围的(或称边缘的),从而形成第 4 个维度。图 1 中立方体每个面中线两侧的操作使用不同的资源。一般可认为 3 个主要维度在某种程度上是相互独立的;区分听觉和视觉资源的垂直维度仅适用于知觉阶段,而区分言语与空间加工的编码维度则对所有阶段都适用。

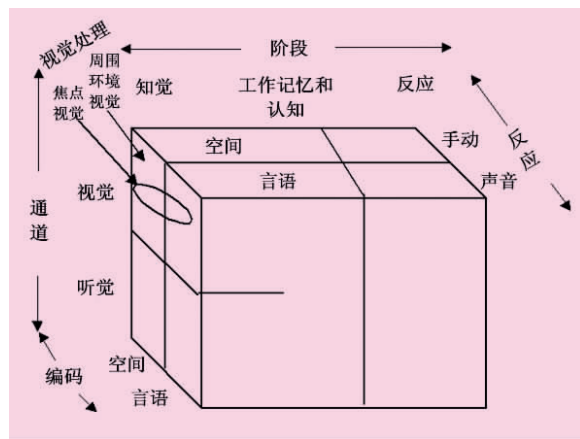


图 1 Wickens 的多资源理论模型

Fig. 1 Wickens's model of multi-resource theory

显然,如果 2 个任务在一个或更多维度上有共同的需求水平,时间共享性就会变得很差,它们的绩效水平都会下降很多^[7]。比如在驾驶过程中,需要占用驾驶员较多视觉资源的次任务为视觉次任务,如看 GPS 显示信息等,这些任务会与驾驶主任务直接竞争视觉通道的资源,因此,一般驾驶操作系统都更倾向于支持听觉呈现,然而,这并不意味着听觉呈现就一定比视觉呈现信息效果更好,因为有时改变信息显示的结构有可能改变资源需求,这是影响双任务作业绩效的首要因素。例如,用听觉传通道达 5~9 个组块的长信息也会引起较高的资源需求,特别是工作记忆资源,而视觉则不会如此。

1.2 注意力分散

注意力分散指驾驶员由于被某些车内或车外的活动、物体或人吸引,将其在视觉、听觉、认知或动作资源上的注意力从基本驾驶任务转移,以至延迟了对保持安全驾驶状态或对危险交通事件所应做出的反应^[8]。驾驶中的车内心任务很容易引起注意力分散,从而对行车安全构成威胁。根据 Neale 等

2005 年对 100 辆车自燃的研究,多达 78% 的事故是由于疏忽所致,包括注意力分散、看到了但没有注意、疲劳困倦等^[9]。根据 NHTSA(美国国家公路交通安全管理局)的估计,美国每年有 25%~30%(约 1 200 万次)事故可归咎于驾驶员的注意力分散^[10]。

NHTSA 曾将会引起驾驶员注意力分散的次任务分为视觉的、听觉的、动作的(或称生物力学的)、认知的次任务^[11]。多数情况下,一项次任务的产生会伴随着多个通道的注意力分散,如使用移动电话通话,就需要同时涉及听觉(听对方声音)、动作(手持电话)、认知(语言编码以完成说话的任务)3 个通道。同时,视觉通道也会由于其他通道被占用而减少总资源的分配,降低对 PVAL 的监测能力。因此,蓝牙、声控拨号等技术只是解放了驾驶员的动作通道,对其他通道的注意力分散毫无帮助。

2 IVIS 与视觉次任务

20 世纪 90 年代中期,看地图、看报纸、换 CD 这样的次任务是分散驾驶员视觉注意的主要形式。而步入 21 世纪,所有的这些任务都在科技的进步下以更智能的形式出现。纸质的地图由 GPS 导航仪代替,报纸可提供的信息由车载计算机和无线网络提供,简单的 CD 已不能满足人们更高的娱乐要求,DVD 进入了汽车。IVIS 成为了视觉次任务最主要的来源。

2.1 视觉资源的重要性

驾驶过程中最需要用到驾驶员的视觉、触觉和听觉 3 种感官。其他感官,如嗅觉,只是偶尔能用到,比如车内有烧焦气味。听觉的主要作用是对车内外各种警报作出响应,许多汽车都会用声音警报来提示驾驶员潜在的危险,如倒车雷达、不系安全带、门窗未关好时的警报等。此外,驾驶员还可以通过听发动机的声音来判断车辆的运行状态。触觉则主要用于对汽车的操作上,包括方向盘、刹车、油门、档位等。随着技术的不断发展,驾驶员的触觉正在越来越多地被解放,比如自适应巡航系统可以在车流密度不太大的高速公路上解放驾驶员的双脚,自动挡汽车也已经使驾驶员的一只手在行驶过程中获得更大自由。

而视觉对于驾驶是最重要的感官,超过 90% 的行驶信息是通过视觉通道传递给驾驶员的^[12]。行驶中驾驶员需要通过视觉信息来保持安全速度、车道位置、监测其他车辆的行驶、选择路线、收集周围交通标识和交通信号的信息等。尤其是在弯道行驶中,有研究表明,驾驶员需要注视弯道曲线内侧的切点 1~2 s 选择调整方向盘至合适的车道位置,注视率越高的弯道事故率越高^[13-14]。人类的感官资源是有限的,因此作为最重要的驾驶信息来源,视觉通道上的多资源竞争是最应当被谨慎对待的,减少视觉次任务并降低其对驾驶员视觉资源的占用,亦是保障驾驶安全的研究重点。

2.2 IVIS 带来的视觉次任务

常见的 IVIS 及其分类如表 1 所示。多数与 IVIS 相关的使用行为都属于可避免的注意力分散。但由于公众的注意力

移,有时甚至会偏出车道。视觉需求与削弱的车道保持能力间有着密切关系^[23-24]。

由次任务视觉需求导致的车道保持错误需要靠驾驶员进行转向操作来修正,但转向操作在平直道路上也许很容易,在弯道中的难度就大得多。Hoffman 等^[25]应用方向盘回转速率来研究次任务对转向行为的影响,结果表明 SRR 不仅受次任务需求影响,其与驾驶主任务需求、驾驶员性格、对不同任务的投入精力等因素都有相当复杂的关系,相对于纯粹的跟踪绩效,SRR 更能反映驾驶员的驾驶控制能力。Liu 等^[26]用 SRR 评估视觉、听觉及混合型 IVIS 显示,结果表明视觉显示的复杂度显著影响 SRR,尤其是对老年人。

研究发现,视觉负荷会使驾驶员主动降低行驶速度,这种现象可以解释为一种补偿效应,即驾驶员主动降低主任务负荷来补偿次任务对资源的占用,以使得整体驾驶绩效保持在可接受水平^[27-28]。

视觉次任务对驾驶绩效的另一重大影响是使驾驶员对交通环境、信号、事件的探测能力受到妨碍。例如,Olsson^[29]研究表明,视觉负荷对于外围探测任务(如对道路上突然出现的物体)有显著影响。Greenberg 等^[23]研究表明,视觉次任务会降低驾驶员对关键交通事件的探测能力。

4 IVIS 设计的安全性研究要点

对 IVIS 的研究可按不同研究主体分为针对驾驶员的研究、设计人员关注的研究、市场营销人员关注的研究、交通管理部门关注的研究(图 2)。其中与使用安全性主要相关的是对驾驶员的研究和设计人员关注的人机交互研究。市场营销人员比较关注 IVIS 用户需求和 IVIS 产生的经济效应方面的

研究,道路交通管理部门则希望全面了解 IVIS 对驾驶安全的影响,从而为制定法律法规和出台设计标准形成参考,技术类设计人员中则专注于网络、通讯、娱乐类 IVIS 和与汽车操作及行驶安全直接相关的各类汽车自动化设备上,设计安全性研究成果亦可为上述各种研究需求提供参考和指导原则。

4.1 研究内容要点

1) 人机交互研究。人机交互研究可分为工作负荷、输入装置、交互方式以及界面整合等几个方面。其中工作负荷是指 IVIS 的操作任务对驾驶员各类注意资源的消耗,工作负荷的多少决定着 IVIS 在行驶中的使用对驾驶员安全和绩效的影响,因此,任何新的 IVIS 都要经过检验确定工作负荷在安全范围内才能投入使用。人机交互研究人员常设计不同复杂度的 IVIS 任务来进行测试,以比较复杂任务与简单任务间工作负荷的差异。

目前的 IVIS 输入装置以触摸屏配合功能按键为主,以导航仪为例,驾驶员可以按功能键选择适当操作,触摸屏则兼备显示与输入功能,可以显示字幕键盘供驾驶员输入地址信息。未来的 IVIS 还会更多地具备上网、收发邮件、信息浏览等计算机具备的功能,因此输入任务会复杂很多。声控输入是另一类正在发展中的输入装置,研究表明,由于相对少的视觉和动作需求,声控输入对驾驶绩效的影响要小于触摸屏,但同时由于计算机对声音和语言识别的精度有限,声控输入的错误次数增加,因此需要 IVIS 显示装置给予信息反馈,同样消耗了驾驶员的视觉资源,且产生了视觉、听觉和认知通道间的交互。因此,还需进一步研究适当的 IVIS 输入装置及其组合应用。

交互方式研究则主要集中在视觉显示、听觉呈现及驾驶

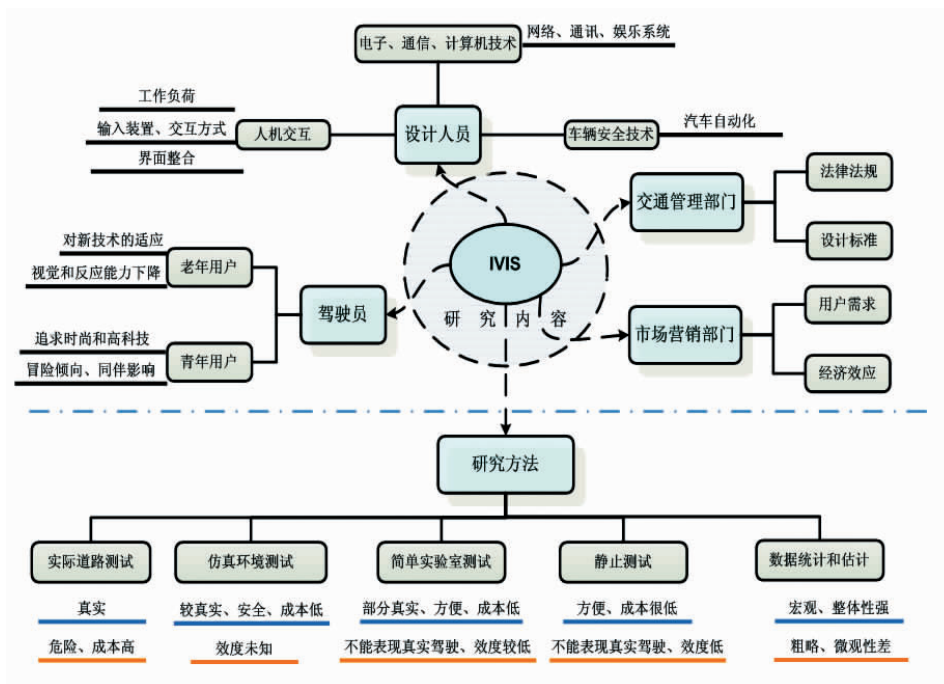


图 2 IVIS 的研究内容与方法

Fig. 2 Research content and method of IVIS

员的认知过程上。一般的 IVIS 选择视觉显示与听觉呈现相结合的交互方式,如导航仪采用视觉显示输入(触摸屏输入地址),听觉呈现和视觉显示结合输出(显示路线信息,并语音提示左转、右转、进入高速公路等信息)的方式。基于驾驶员的认知过程,还有关于字母组合式或语句组合式交互方式的研究。需要注意的是,短促的听觉呈现可以有效帮助驾驶员获得 IVIS 信息并不降低驾驶绩效,如导航仪的行驶提示,但如果听觉呈现持续时间较长,如念一段电话留言(未来还可能包括短信、电子邮件等)时,就会严重消耗驾驶员的认知资源,对安全造成较大威胁,而视觉显示不存在这样的问题,驾驶员可以选择看、间断地看或不看。

界面整合是多种 IVIS 发展并存的必然趋势,目前已经有汽车制造厂商开始将导航仪、车载电话、CD 机、室内温度控制等功能逐渐进行整合,如分布式旋钮控制界面就是这一趋势的产物。但由于不同汽车整合的 IVIS 内容和形式均不同,目前还没有较好的参考和设计标准。

2) 驾驶员研究。针对驾驶员的研究主要集中在老年驾驶员和青年新驾驶员上。随着年龄的增长和生理机能的退化,老年驾驶员的视觉和反应能力下降,IVIS 是很有效地帮助他们补偿能力退化的工具,但如果不能适应老年人的生理特征,则不但没有帮助,反而会加大他们的注意力分散,例如字体大小、颜色显著性等都应适应于老年人的配置。另外,对于大多数老年人来说,科技含量较高的 IVIS 都太“新”了,如何培训他们顺利地使用,并建立他们与 IVIS 间的信任都是设计人员应该考虑的问题。

而青年驾驶员则是完全不同的群体,他们追求时尚和高科技,受同伴影响很大,喜欢冒险。因此,青年驾驶员更容易并乐于接受 IVIS,但也更容易沉溺于 IVIS 的各种娱乐和通讯功能中,设计人员要为他们考虑 IVIS 过度使用的问题,设计相应的提醒功能和引导培训。

4.2 研究方法要点

在对 IVIS 进行的设计安全性研究中,常用的方法包括以下 5 种。

1) 实际道路测试。指在实际道路驾驶中对驾驶员应用 IVIS 的情况进行的测试。这种方法的优点是实验结果真实性好,缺点是实验成本比较高,场景再现性和重复性差,且对驾驶员具有一定危险性,因此只能测试非常简单的 IVIS 操作,无法对复杂度较高的 IVIS 任务进行测量。

2) 仿真环境测试。指在驾驶仿真器中进行的测试。这种方法的优点是比较安全,不存在实际道路驾驶的风险,实验设计性强,可测试各种复杂度的 IVIS 任务,而且由于驾驶员进行了一定逼真度的实际驾驶,所以也具备一定的真实性,因此在实际研究中的应用比较广泛。不过,驾驶仿真系统的配置从高到低有很多种,先进的运动底座式仿真系统成本太高,而人因学研究中一般应用成本较低的中低端固定底座式仿真器,有关这类系统效能的研究目前还很少,不能确定测试结果与实际道路测试的符合程度有多高。

3) 简单实验室测试。指不应用驾驶仿真的简单实验室配置测试,如设计计算机程序,测试驾驶员在应用 IVIS 时对计算机画面中一些交通事件的反应时间等。这类方法的优点是方便、成本低,也可以部分反应驾驶员的真实驾驶状态,如对危险的识别和反应时间等;但缺点是与真实驾驶相差较大,效度太低。

4) 静止测试。指在非运动状态下,驾驶员在真实车辆的驾舱或模拟驾舱中使用 IVIS 的测试。这种方法的优点是方便、成本很低,许多 IVIS 制造厂商都应用这种方法进行设计评估。但由于没有在行驶状态下进行测试,其缺点亦是缺乏真实性、效度低,只能反映 IVIS 的基本工作负荷,不能反映行驶中双任务下的工作负荷。

5) 数据统计和估计。指根据统计或调查数据进行的 IVIS 估计。如应用式(1)估计某一 IVIS 对交通事故数量的影响。该方法的优点是宏观性、整体性强,具有趋势性的统计意义,但亦只能应用于宏观估计,结果较为粗略,不适用于具体的 IVIS 任务细节研究。

综上所述,在 IVIS 的设计安全性研究内容中,人机交互领域的工作负荷、输入装置及其界面整合、针对不同人群适用性和可用性研究都是需要关注的重点,这些研究为行业协会制定设计标准、交管部门制定相关措施都具有重要意义。而在研究方法中,仿真环境测试、简单实验室测试和静止测试的效度亟待被验证,可通过与实际道路测试的对比进行说明。

5 结论

伴随着通信和电子技术的迅速发展,各种便携式、车载式信息系统和智能交通系统终端开始被广泛应用于个人和商用汽车中,亦使得驾驶员的车内次任务种类愈发繁多,容易与主驾驶任务在多种资源(以视觉资源和认知资源为主)上形成竞争,从而影响主任务绩效,并造成驾驶员的注意力分散,降低情境意识,从而降低危险感知能力,威胁驾驶安全。本文基于多资源理论,阐述了由 IVIS 带来的驾驶次任务使驾驶员产生注意力分散的机理,分析了 IVIS 视觉次任务在视觉注意和驾驶绩效两方面如何降低了驾驶员对关键交通事件的探测能力和对车辆的控制能力等影响,归纳了目前 IVIS 安全性设计中应注意的研究内容和研究方法,为未来该领域的研究提供参考。

相对于发达国家,中国的汽车化进程起步较晚,但 20 世纪 90 年代以来,汽车正在快速进入普通居民家庭,原本只与人口比例中占比很小的职业驾驶员相关的驾驶安全问题,已与普通人息息相关,任何一个微小的驾驶安全问题,背后都隐藏着巨大的潜在受害人群。而目前中国对于由 IVIS 引起的驾驶安全问题关注度还不够,因此研究 IVIS 次任务对驾驶员行为绩效的影响,寻找解决次任务潜在危险的有效方案,既对当前的道路交通安全问题具有重要的社会意义,也对未来的车载信息技术发展具有重要的参考意义。

参考文献 (References)

- [1] Johansson E, Engström J, Cherri C, *et al.* Review of existing techniques and metrics for IVIS and ADAS assessment, Deliverable 2.2.1, AIDE Integrated Project, Sub-project 2, IST-1-507674-IP[R]. 2004.
- [2] Brown I D. Effect of a car radio on driving in traffic[J]. *Ergonomics*, 1965 (8): 475-479.
- [3] 殷建红. 国内车载娱乐系统发展现状及趋势 [J]. *汽车与配件*, 2009 (11): 40-42.
Ying Jianhong. *Automobile and Parts*, 2009 (11): 40-42.
- [4] Verband der Automobilindustrie E V Auto annual report [R]. Frankfurt: Verband der Automobilindustrie E V, 2006.
- [5] 威肯斯 C D, 李 J D, 刘乙力, 等. 人因工程学导论[M]. 张侃, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2007.
Wickens C D, Lee J D, Liu Yili, *et al.* An introduction to human factors engineering[M]. Zhang Kan, trans. Shanghai: East China Normal University Press, 2007.
- [6] Wickens C D. Processing resources and attention[G]// Damos D. Multiple Task Performance. London: Taylor and Francis, 1991.
- [7] 孙向红, 郭素梅, 张侃. 次要任务的输入方式对操作工效和心理负荷的影响[J]. *心理学报*, 1998, 30(3): 343-347.
Sun Xianghong, Guo Sumei, Zhang Kan. *Journal of Chinese Psychological Science*, 1998, 30(3): 343-347.
- [8] Pettitt M, Burnett G, Stevens A. Defining driver distraction[C]//Paper Presented at the 12th World Congress on ITS, San Francisco, USA, 2005.
- [9] Neale V L, Dingus T A, Klauer G S, *et al.* An overview of the 100-car naturalistic study and findings[R] Washington D C: NHTSA. 2005.
- [10] Sundeen M. Along for the ride: Reducing driver distractions final report of the driver focus and technology forum [C]// Denver CO: National Conference of State Legislatures, 2002.
- [11] Westat. Driver distraction expert working group meeting summary and proceedings [R/OL]. [2008-10-20]. National highway traffic safety administration. <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-13/GroupProceedings.pdf>.
- [12] Dewar R. In-vehicle information and driver overload [J]. *International Journal of Vehicle Design*, 1998, 9(4/5): 557-564.
- [13] Land M, Lee J D. Where we look when we steer [J]. *Nature*, 1994, 369 (30): 742-744.
- [14] Underwood G, Chapman P, Crundall D, *et al.* The visual control of steering and driving: Where do we look when negotiating curves?[G]// Vision and Vehicles VII. Amsterdam: Elsevier, 1999: 245-252.
- [15] Dingus T, Hulse M, Mollenhauer M, *et al.* Effect of age, system experience, and navigation technique on driving with and advanced traveler information system[J]. *Human Factors*, 1997, 39(2): 177-199.
- [16] Hahn R, Tetlock P. The economics of regulating cellular phones in vehicles [R]. Washington D C: Working Paper, AEI-Brookings Joint Center For Regulatory Studies, 1999.
- [17] Green P. Potential safety impacts of automotive navigation systems[C]// Proceeding of Automotive Land Navigation Conference, 1997.
- [18] Green P. Driver distraction, telematics design, and workload managers: Safety issues and solutions (Paper Number 2004-21-0022)[C]// Proceedings of the 2004 International Congress on Transportation Electronics. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
- [19] Tijerina L, Johnston S, Parmer E, *et al.* Driver distraction with route guidance systems [R]. Washington DC: US Department of Transportation Technical Report, 2000: DOT HS 809-069.
- [20] Foley J. SAE recommended practice navigation and route guidance function accessibility while driving (SAE 2364)[M]. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 2000: 11.
- [21] Green P. Visual and task demands of driver information systems, No. UMTRI-98-16[R]. Ann Arbor, MI: Transportation Research Institute, University of Michigan, 1999.
- [22] Godthelp H, Milgram P, Blaauw J. The development of a time-related measure to describe driving strategy [J]. *Human Factors*, 1984, 26(3): 257-268.
- [23] Greenberg J, Tijerina L, Curry R, *et al.* Evaluation of driver distraction using an event detection paradigm [J]. *Journal of the Transportation Research Board*, 2003(1843): 1-9.
- [24] Zwahlen H T, Adams C C, Bald D P. Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles [G]// Gale A G, *et al.* Vision in Vehicles II. Netherlands: North Holland, 1988: 335-344.
- [25] McDonald W A, Hoffman E R. Review of relationships between steering wheel reversal rate and driving task demand [J]. *Human Factors*, 1980, 22(6): 733-739.
- [26] Liu Y C, Schreiner C S, Dingus T A. Development of human factors guidelines for advanced traveler information systems (ATIS) and commercial vehicle operation (CVO): Human factors evaluation of the effectiveness of multimodality displays in ATIS [R]. NHTSA Report FHWA-RD-96-150, 1999.
- [27] Antin J F, Dingus T A, Hulse M C, *et al.* An evaluation of the effectiveness of an automobile moving-map/navigation display [J]. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1990, 33: 581-594.
- [28] Curry G A, Hieatt D J, Wilde G J S. Task load in the motor vehicle operator: A comparative study of assessment procedures [R]. Ottawa, Ontario: Ministry of Transport, Road and Motor Vehicle Traffic Safety Branch, 1995.
- [29] Olsson S. Measuring driver visual distraction with a peripheral detection task [R]. ISRN LIU-KOGVET-D-0031-SE. Department of Behavioural Science/Volvo Technology AB, Linköping University, 2000.
- [30] 王颖. 基于人机交互仿真的驾驶次任务研究[D]. 北京: 清华大学工业工程系, 2009.
Wang Ying. In-vehicle secondary task study based on human-machine interactive simulation [D]. Beijing: Department of Industrial Engineering, Tsinghua University, 2009.

(责任编辑 陈广仁)

《科技导报》“学术争鸣”栏目征稿

科学研究需要争鸣和探索。《科技导报》设立“学术争鸣”栏目,旨在活跃学术气氛,开展学术讨论,促进学科的深入研究。本栏目欢迎对已发表的学术论文观点进行质疑,也欢迎广大作者对各个领域的科技问题进行开创性的学术探索。本栏目欢迎广大一线科技工作者投稿。投稿网址: www.kjdb.org; 投稿邮箱: kjdbbjb@cast.org.cn。