

车内手机交互对驾驶安全性的影响

景春晖¹, 支锦亦¹, 杨随先², 王美娜³

(1.西南交通大学, 成都 611756; 2.四川大学, 成都 610065; 3.四川大学锦江学院, 成都 620860)

摘要: **目的** 手机在车内的使用已经成为了一种社会现象, 并引起了公众和研究学者的关注。通过对车内手机交互对驾驶安全性的影响进行综述, 了解研究方法、热点与动态, 从而为车载手机端交互设计和汽车交互设计研究与设计实践, 提供指导。**方法** 以理论研究综述和案例交叉的方式, 介绍了车内手机交互驾驶安全性研究的背景和意义、研究现状、研究手段与设备以及常用研究方法, 讨论了研究前沿与发展趋势。**结论** 对车内手机交互对驾驶安全性的影响进行了整体性的综述, 指出了车内手机交互研究需要在多功能和多交互模态的组合分析方面, 开展深入研究。结果对于车载手机端交互设计和汽车交互设计, 具有指导性和参考价值。

关键词: 车内手机交互; 汽车交互; 驾驶安全; 驾驶员

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)16-0032-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.16.005

Influence of In-car Mobile Phone Interaction on Driving Safety

JING Chun-hui¹, ZHI Jin-yi¹, YANG Sui-xian², WANG Mei-na³

(1.Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China; 2.Sichuan University, Chengdu 610065, China;
3.Sichuan University Jinjiang College, Chengdu 620860, China)

ABSTRACT: The use of mobile phones in cars has become a social phenomenon and aroused the attention of the public and researchers. The work aims to review the influence of mobile phone interaction on driving safety and comprehend research methods, hotspots and dynamics, so as to provide guidance for the research and design practice of in-car mobile terminal interaction design and vehicle interaction design. The background, significance, research status, research means and equipment and common research methods of driving safety of in-car mobile phone interaction were introduced by combining theoretical research review and case study, and the research frontier and development trend were discussed. The influence of in-car mobile phone interaction on the driving safety is integrally reviewed. This review shows that in-car mobile phone interaction needs to be further studied in combination analysis of multi-function and multi-mode interaction. The conclusions could be a guidance and reference for in-car mobile terminal interaction design and vehicle interaction design.

KEY WORDS: in-car mobile phone interaction; vehicle interaction; driving safety; driver

手机在驾驶中的使用是一种普遍现象^[1]。尽管目前在车内使用手机被各国法规禁止, 但根据 Fitch 等人的研究, 大约 28%的电话和 10%的短信任务是司机在驾驶过程中完成的, 美国司机平均花费 10.6%的驾驶时间通过电话进行交谈^[2]。此外, Christoph 等人还

发现, 相对于使用车载互动系统 (IVIS), 驾驶员更喜欢使用手机^[3]。在中国, 虽然禁止开车时使用手机的法规已实施多年, 但是开车使用手机的现象仍普遍存在^[4], 因此, 既然车内使用手机已经成为了普遍现象, 有必要通过对在驾驶时使用手机对安全性的影响

收稿日期: 2019-06-14

基金项目: 国家重点研发计划子项目 (2017YFB1201103-10, 2017YFB1201103-9); 四川省哲学社会科学重点研究基地现代设计与文化研究中心 (MD18E004)

作者简介: 景春晖 (1986—), 男, 河北人, 博士, 西南交通大学讲师, 主要研究方向为人因工程、用户体验和交互设计。

进行探讨,以便从设计方面给予一些可行的解决方案,以提升驾驶安全性。

手机在车内交互中融合了导航、电话、发送信息、查看路线等多种任务和交互模式,使得驾驶员在驾驶时与手机交互的复杂程度大大增加,具体体现为驾驶过程中同时进行多项汽车交互任务,并且和驾驶任务并行。然而,驾驶是一项高度可视化的任务,司机需要“监控车辆信息的连续流动”^[5]。根据 Wickens 的多重资源理论,如果同时执行两项任务,则会产生双任务干扰^[6],这可能会导致使用手机而影响驾驶的问题^[7]。研究表明,与设备进行手动和视觉-手动交互,会对驾驶任务造成操作和认知干扰。据统计,有 42% 的通过应用程序获取工作的驾驶员,在工作中发生碰撞而损坏了车辆,有 47% 的驾驶员承认,由于工作中的“时间压力”而违反速度限制^[8]。目前,由于相关研究和评测系统的缺乏,手机在车内的交互设计更多地依赖主观经验,并没有经过严格的驾驶安全性绩效测试,这就带来了严重的驾驶安全隐患。反之,驾驶负荷和分心的作用,也会导致交互绩效的降低。由此可见,研究车内手机交互对驾驶安全性的影响,对于汽车应用设计和汽车设计研究,具有重要的理论和现实意义。

1 主要研究方向

在驾驶时使用手机,无疑会增加驾驶员的认知负荷,以及导致驾驶分心。目前,车内手机交互的主要研究方向包括:(1)车内手机交互对驾驶安全性影响的因素研究;(2)影响因素作用机制研究;(3)使用者的影响研究。

1.1 车内手机交互对驾驶安全性影响的因素研究

目的是确定可能影响驾驶安全性的原因(即自变量)。一般是设定一些具体因素,再通过实验的方法,分别测试车内手机交互过程中影响驾驶安全性的各因素的影响程度,以及这些因素对交互效果的影响程度差异。如 Reimer 等人曾针对车内使用按键式手机和触摸屏手机的驾驶性能差异性进行了研究,发现键盘式手机对驾驶安全的影响较小,反之,触摸屏手机影响较大,这主要是因为键盘交互具有触觉反馈,相比触摸交互占用视觉资源较少^[9]。也有可能不同的车内手机使用方式,会造成不同程度的驾驶分心,如 Haque 等人发现,在驾驶的同时直接采用手持的方式进行电话通话,相比采用免提方式,显著影响驾驶员的制动行为等^[10]。

1.2 影响因素作用机制研究

目的是为提高车内手机交互的安全性和手机交互模式设计提供参考依据。

手机任务是影响驾驶的一个重要因素。在关于车

内手机交互对驾驶安全性的影响研究中,打电话任务是所有常见手机交互任务中被研究得最多的^[11]。研究发现,在车辆行驶过程中打电话,会影响几乎所有的系统指标^[12—14],但也有研究认为,在驾驶时打电话并不会对驾驶员的速度保持能力产生显著影响^[15]。

研究者分别对车内打电话的两种情形进行了研究。一种情形是一只手脱离方向盘持握手机拨打电话,另一种情形是借助蓝牙耳机或者车载语音等外部设备,采用免提的方式拨打电话。Zhao 等人发现,与使用免提方式拨打电话相比,使用持握方式拨打电话的驾驶员,在驾驶过程中往往会更频繁地刹车^[1]。

发短信任务是车内手机交互的另一种任务。Choi 等人发现,当驾驶员在驾驶的同时发短信,保持速度稳定的能力会明显降低^[16],并且发短信会显著造成制动时间的增加^[17—19]。

微信的广泛使用使得车内手机交互变得十分普遍,现在在大街上随处可见驾驶员在行驶中使用手机进行语音或文字交流的情况。毋庸置疑,车内微信交互对驾驶安全性造成的影响十分巨大,但迄今还没有研究者对此展开深入研究。

研究发现,驾驶员在驾驶的同时进行打电话任务时,速度会显著降低,但与打电话任务相比,驾驶员在驾驶的同时进行发短信任务时,对车速的影响是不确定的^[11]。此外,电话铃声、拨号、导航、阅读等任务和功能,也是车内手机交互中经常被考察的对象。

驾驶环境是另一个可能影响车内使用手机绩效的因素。对于这一因素,学者们也进行了一些有益的研究尝试。Liu 等人的研究发现,在较为狭窄的道路条件下,或者在路边高频出现建筑物的驾驶条件下,或者在人流量和车流量较多的交叉路口处,在驾驶的同时正在使用电话功能的驾驶员会采取较低的车速行驶,并采用更多次的方向调节来控制车辆^[20],这可以视作驾驶员受到驾驶环境影响走神后,所采用的一种风险补偿行为^[21—22]。根据 Oviedo-Trespalacios 等人的研究,在汽车-手机交互研究中,最常用的道路环境为城市道路(46%)和高速公路(43%)。在车道的选择上,大约有 62% 的研究选择双车道道路作为实验道路^[11]。

1.3 使用者的影响研究

人的因素(使用者)对车内手机交互安全性有着十分突出的影响。在与车内使用手机情境相关的角色中,由于驾驶员的驾驶分心是引发驾驶安全问题的主要因素,所以驾驶员是车内使用手机中最多被研究的用户角色。对于驾驶员样本数量,根据 McCartt 等人的研究,驾驶模拟器研究样本量偏差较大,为 8~350 个,其中平均值为 46 个,中位数为 30 个^[23]。根据 Oviedo-Trespalacios 等人的研究,驾驶模拟器研究的样本量均值为 39 人^[11]。相应的,自然主义研究的样本平均值为 27 个,中位数为 21 个。可见,驾驶模拟

器研究的样本数量,整体上大于自然主义研究的样本数量。

2 研究手段与设备

对于车内手机交互对驾驶安全性的影响研究,主要通过驾驶员驾驶的同时,进行手机交互任务实验的方式来进行实验,然后在实验过程中观测驾驶员在安全性相关绩效参数上的表现。采用的实验方式主要有两种:一种为利用驾驶模拟器进行实验模拟研究,另一种为在现实场景中进行真车驾驶研究,这种方式被称为“自然主义”研究(Naturalistic Research)^[11]。

驾驶模拟器模拟研究的优势在于,容易控制驾驶参数(如速度的测试和限定等)^[14]和驾驶场景参数(如道路行人多少、建筑物类型和密度等)等。相对真车驾驶研究,驾驶模拟器使用成本较为经济^[12]。最重要

的是,驾驶模拟器可以无成本地模拟事故,因此较为安全^[24]。此外,驾驶模拟器使用环境和方法较为灵活,可以比较容易地对车内环境进行改造(如添加屏幕交互设备等),可以让驾驶员比较方便地进行各种次要交互任务^[25]。丰田、通用等国际公司,都拥有一比一的大型真车模拟驾驶器,但由于建设和使用成本高昂,在普通的研究中大都采用自行搭建的小型模拟器,国际研究中常见的小型驾驶模拟器搭建形式见图1。然而,驾驶模拟器也存在一些缺陷,如有研究认为其缺乏现实主义^[11]。由于模拟驾驶与真实驾驶的误差,驾驶模拟器会影响驾驶员的真实驾驶习惯,进而影响研究成果的可靠性和有效性^[13];有的研究认为驾驶员在驾驶模拟器中进行驾驶时,由于不用承担安全风险,会做出一些在真实驾驶中不敢做出的行为,这也影响了研究结果的可信性。



图1 国际研究中常见的小型驾驶模拟器搭建形式

Fig.1 Construction of small driving simulators in international studies

自然主义驾驶研究是利用真车在真实的驾驶场景中进行实验,实验成本较高,因此,自然主义研究的样本量普遍小于驾驶模拟器的研究样本量^[11],这种小样本量会影响研究结果的普适性^[23]。由于现实场景中的干扰因素过多,在进行自然主义研究时,对道路交通环境、行人以及突发事件等因素难以控制。Metz等人认为,这些因素也会影响研究结果的准确性,因此,驾驶模拟器研究和自然主义研究各有优势,拥有各自适合的使用场景。

3 驾驶安全性度量方法研究

3.1 交互行为绩效指标

目前,对驾驶安全性影响程度的度量,主要通过

采集生理数据、观察驾驶员驾驶和交互行为绩效指标的方式来进行。常用的驾驶员驾驶和交互行为绩效指标有以下几种。

1) 速度变化^[9],即车速在一定时间内的变化程度,可以通过与正常的速度曲线拟合分析获得。

2) 响应时间,即从任务信号发出,到驾驶员作出执行任务行为之间所需的时间差^[22]。

3) 跟车情况,即在实验过程中安排一辆导引车在被试车前方驾驶,按照对驾驶员跟车情况的测试,判断驾驶员是否分心,期间可能会测量车辆跟随距离和车辆横向控制能力(如保持在车道上的横向位置)等指标^[26]。

4) 制动行为,即在驾驶过程中随机发出制动信号(如红灯、语音指令等),测试从信号发出到驾驶

员做出制动行为的时间差,或者从信号发出到驾驶员通过制动将车停下的时间差^[10]等。

尽管目前已知在车内使用手机可以用于交互行为绩效指标来进行衡量,但对于手机使用导致驾驶分心从而引起的指标的变化规律,目前在不同的研究中还存在不同的看法。如在驾驶时执行打电话或者发短信任务时,有的研究认为,会导致车辆发生偏移乃至车祸的几率增大^[25]。Backer 等人认为,使用手持电话导致的事故风险,高于使用免提技术^[27],但有的研究认为,驾驶时使用手机功能对事故发生并没有显著影响^[23]。也有一些影响已经形成共识,比如在驾驶的同时使用手机应用,会导致驾驶速度降低,制动响应时间增加^[17],跟随前车距离的增加^[11],方向盘调节幅度的增加^[12,24]。Becic 等人的研究发现,对于在驾驶的同时打电话的司机,他的话语量会随着驾驶难度和认知负荷的增加而降低^[21]。Atchley 等人则认为,即使是在驾驶难度和认知负荷较低的环境中驾驶,打电话的司机依然会提高警惕^[28]等。

3.2 生理指标

车内手机交互安全性评估指标,还可以采用生理指标。驾驶人在驾驶过程中处于不同安全状态时,其生理指标可能会发生改变。常用的生理指标有眼动指标、脑电指标、心率血压等。生理指标具有获取指标较为直接、数据客观、易于分析等优点,但也具有获取数据依赖仪器设备、获取数据较为杂乱、分析前需要降噪处理等缺点。

由于眼动仪较为容易携带和使用,眼动指标经常被驾驶安全性研究采用来作为生理指标,在自然主义和实验室研究中都有应用。其中,眨眼频率、凝视比例、注视点、扫视顺序等指标,都是经常被使用的指标。Reimer 等人就发现,驾驶员在驾驶的同时使用手机拨打电话以及交谈时,会导致注视点更为集中,这就导致了对周围环境和道路场景的关注度以及敏感度下降^[29]。Simons-Morton 等人发现,在驾驶的同时执行手机交互相关任务,如拨打电话、发短信时,交互行为的发生和产生较长的离开道路的眼动视线的情况相关^[30]。Owens 等人发现,在驾驶的同时利用手机发短信时,会产生更为频繁和更长时间的离开道路的视线浏览^[31]。而 Hickman 等人的研究发现,所有需要驾驶员的注视视线脱离道路的任务和功能,都会导致车祸的可能性增加^[32]。驾驶员的注视视线脱离道路的时间越长,发生事故风险的概率就越高^[33]。Briggs 等人发现,驾驶时使用手机会造成垂直和水平扫视的减少等^[34]。Haque 等人还发现,驾驶员在驾驶时进行手机通话,视觉判断斑马线上行人情况的能力会降低,耗时会增加^[10]等。

对于脑电指标、心率指标等生理指标的研究,由于受测试仪器和测试环境的制约较大,目前研究不多,但随着测试仪器与测试方法的进步,相信未来人

们会对此予以更多关注,研究结果也将对未来汽车驾驶交互设计提供重要参考。

4 结语

随着车载软件和智能汽车的发展,手机作为与用户关系极为密切的终端设备,与另一个用户终端设备——汽车的结合,是时代发展的必然。开展手机在车内交互使用时的驾驶安全性研究,变得日益迫切。本文通过手机在车内交互的驾驶安全性研究领域的综述,归纳总结了手机车内交互驾驶安全性研究的现状、研究方法、研究设备等内容,勾画了手机车内交互研究全景图,为车载手机端交互设计和汽车交互设计的未来方向,提供参考。

结果表明,车内手机交互的驾驶安全性研究,主要集中在针对单一功能和单一交互模式的研究上,但在现实使用情境中,驾驶员在驾驶的同时操作手机,会同时涉及多个交互任务(如打电话的时候来短信),甚至存在多个交互模式的并行(如触摸操作的同时听到语音提示)。在这种多任务多交互模态(Multi-mode Interaction)的共同影响下,驾驶员的认知负荷和信息处理能力,会受到比单一任务和单一模态更严重的影响。未来研究的一个重要方向,应该是对于多任务多交互模态进行组合分析与研究,充分而且客观地认知车内手机交互模式对驾驶安全性的影响规律,并将研究结果应用于未来车内手机交互模式与交互界面的设计实践中。

随着5G应用的推广以及物联网(IoT)的普及,手机与车载系统的信息交互的智能化,将大大降低车内手机交互对驾驶安全性的影响。

参考文献:

- [1] ZHAO N, REIMER B, MEHLER B, et al. Self-reported and Observed Risky Driving Behaviors among Frequent and Infrequent Cell Phone Users[J]. Accident Analysis & Prevention, 2013, 61: 71—77.
- [2] FITCH G M, SOCCOLICH S A, GUO F, et al. The Impact of Hand-held and Hands-free Cell Phone Use on Driving Performance and Safety-critical Event Risk[R]. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, 2013.
- [3] CHRISTOPH M, VAN N N, KNAPPER A. Naturalistic Driving Observations of Manual and Visual-manual Interactions with Navigation Systems and Mobile Phones While Driving[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2013(2365): 31—38.
- [4] 郭羽熙, 吴昊, 付锐, 等. 驾驶人智能手机使用行为与风险感知分析[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2018, 38(5): 129—136.
GUO Yu-xi, WU Hao, FU Rui, et al. Analysis of Driver's Use of Smartphone and Risk Perception[J]. Journal of

- Chang'an University(Natural Science), 2018, 38(5): 129—136.
- [5] MOURANT R R, ROCKWELL T H. Mapping Eye-movement Patterns to the Visual Scene in Driving: an Exploratory Study[J]. *Human Factors*, 1970, 12(1): 81—87.
 - [6] WICKENS C D. Multiple Resources and Performance Prediction[J]. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2002, 3(2): 159—177.
 - [7] OVIEDO T O, HAQUE M M, KING M, et al. Understanding the Impacts of Mobile Phone Distraction on Driving Performance: a Systematic Review[J]. *Transportation Research Part C*, 2016, 72(C): 360—380.
 - [8] COOK C, DIAMOND R, HALL J, et al. The Gender Earnings Gap in the Gig Economy: Evidence from Over a Million Rideshare Drivers[R]. *Natural Field Experiments*, 2018.
 - [9] REIMER B, MEHLER B, DONMEZ B. A Study of Young Adults Examining Phone Dialing While Driving Using a Touchscreen vs a Button Style Flip-phone[J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2014, 23: 57—68.
 - [10] HAQUE M M, WASHINGTON S. The Impact of Mobile Phone Distraction on the Braking Behaviour of Young Drivers: a Hazard-based Duration Model[J]. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*, 2014, 50: 13—27.
 - [11] OVIEDO T O, HAQUE M M, KING M, et al. Understanding the Impacts of Mobile Phone Distraction on Driving Performance: a Systematic Review[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2016, 72: 360—380.
 - [12] BRACE C L, YOUNG K L, REGAN M A. Analysis of the Literature: the Use of Mobile Phones While Driving[J]. *Health*, 2007, 27: 112—113.
 - [13] CAIRD J K, WILLNESS C R, STEEL P, et al. A Meta-Analysis of the Effects of Cell Phones on Driver Performance[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2008, 40(4): 1282—1293.
 - [14] SVENSON O, PATTEN C J D. Mobile Phones and Driving: a Review of Contemporary Research[J]. *Cognition Technology & Work*, 2005, 7(3): 182—197.
 - [15] CAO S, LIU Y. Concurrent Processing of Vehicle Lane Keeping and Speech Comprehension Tasks[J]. *Accid Anal Prev*, 2013, 59(5): 46—54.
 - [16] CHOI J S, KIM H S, KANG D W, et al. The Effects of Disruption in Attention on Driving Performance Patterns: Analysis of Jerk-cost Function and Vehicle Control Data[J]. *Applied Ergonomics*, 2013, 44(4): 538—543.
 - [17] HE J, CHAPARRO A, NGUYEN B, et al. Texting While Driving: is Speech-Based Text Entry Less Risky Than Handheld Text Entry?[J]. *Accid Anal Prev*, 2014, 72: 287—295.
 - [18] LEUNG S, CROFT R J, JACKSON M L, et al. A Comparison of the Effect of Mobile Phone Use and Alcohol Consumption on Driving Simulation Performance[J]. *Traffic Injury Prevention*, 2012, 13(6): 566—574.
 - [19] LONG B L, GILLESPIE A I, TANAKA M L. Mathematical Model to Predict Drivers' Reaction Speeds[J]. *Journal of Applied Biomechanics*, 2012, 28(1): 48.
 - [20] LIU Y C, OU Y K. Effects of Age and the Use of Hands-free Cellular Phones on Driving Behavior and Task Performance[J]. *Traffic Injury Prevention*, 2011, 12(6): 550—558.
 - [21] BECIC E, DELL G S, BOCK K, et al. Driving Impairs Talking[J]. *Psychon Bull Rev*, 2010, 17(1): 15—21.
 - [22] TRACTINSKY N, RAM E S, SHINAR D. To Call or Not to Call: That is the Question(While Driving)[J]. *Accid Anal Prev*, 2013, 56(4): 59—70.
 - [23] MCCARTT A T, HELLINGA L A, BRATIMAN K A. Cell Phones and Driving: Review of Research[J]. *Traffic Injury Prevention*, 2006, 7(2): 89—106.
 - [24] COLLET C, GUILLOT A, PETIT C. Phoning While Driving II: a Review of Driving Conditions Influence[J]. *Ergonomics*, 2010, 53(5): 602—616.
 - [25] CAIRD J K, JOHNSTON K A, WILLNESS C R, et al. A Meta-analysis of the Effects of Texting on Driving[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2014, 71(10): 311—318.
 - [26] KASS S J, BEEDE K E, VODANOVICH S J. Self-report Measures of Distractibility as Correlates of Simulated Driving Performance[J]. *Accid Anal Prev*, 2010, 42(3): 874—880.
 - [27] BACKERGRØNDAHL A, SAGBERG F. Driving and Telephoning: Relative Accident Risk When Using Hand-held and Hands-free Mobile Phones[J]. *Safety Science*, 2011, 49(2): 324—330.
 - [28] ATCHLEY P, DRESSEL J, JONES T C, et al. Talking and Driving: Applications of Crossmodal Action Reveal a Special Role for Spatial Language[J]. *Psychological Research*, 2011, 75(6): 525—534.
 - [29] REIMER B, MEHLER B, WANG Y, et al. A Field Study on the Impact of Variations in Short-Term Memory Demands on Drivers, Visual Attention and Driving Performance across Three Age Groups[J]. *Human Factors: the Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 2012, 54(3): 454—468.
 - [30] SIMONSMORTON B G, GUO F, KLAUER S G, et al. Keep Your Eyes on the Road: Young Driver Crash Risk Increases According to Duration of Distraction[J]. *Journal of Adolescent Health*, 2014, 54(5): 61—67.
 - [31] OWENS J M, MCLAUGHLIN S B, SUDWEEKS J. Driver Performance While Text Messaging Using Handheld and In-vehicle Systems[J]. *Accident Analysis&Prevention*, 2011, 43(3): 939—947.
 - [32] HICKMAN J S, HANOWSKI R J. An Assessment of Commercial Motor Vehicle Driver Distraction Using Naturalistic Driving Data[J]. *Journal of Crash Prevention&Injury Control*, 2012, 13(6): 612—619.
 - [33] ALOSCO M L, SPITZNAGEL M B, FISCHER K H, et al. Both Texting and Eating Are Associated with Impaired Simulated Driving Performance[J]. *Traffic Injury Prevention*, 2012, 13(5): 468—475.
 - [34] BRIGGS G F, HOLE G J, LAND M F. Emotionally Involving Telephone Conversations Lead to Driver Error and Visual Tunnelling[J]. *Transportation Research Part F Traffic Psychology&Behaviour*, 2011, 14(4): 313—323.