

驾驶员视觉注意对危险识别的影响及作用机制*

孙 龙 常若松 高 远 马 伶

(辽宁师范大学心理学院, 大连 116029)

摘 要 驾驶中, 有效的视觉注意模式是驾驶员搜索与识别潜在道路危险的先决条件。通过分析驾驶员视觉注意对危险识别的影响, 提出情境意识假设与心理负荷假设。情境意识假设认为, 情境意识的质量决定了驾驶员视觉注意模式的灵活性, 进而影响危险识别。心理负荷假设认为, 心理负荷水平提高, 驾驶员视觉注意趋于集中, 不利于危险识别。建议未来研究可以在比较不同驾驶员情境意识的认知兼容性, 应用汽车驾驶自动化技术降低心理负荷以及检测并区分情境意识与心理负荷的影响等方面加以深入。

关键词 驾驶员; 视觉注意; 危险识别; 情境意识; 心理负荷

分类号 U471.3; B842

1 引言

一般而言, 交通环境中的“危险”主要由道路使用者引起。道路使用者(road user), 是指静态或动态的行人、汽车、骑自行车者和骑摩托车者等。研究发现, 在复杂的驾驶环境中, 新手驾驶员发生交通事故的主要原因有 3 个: 对潜在危险的视觉扫描失败(43.6%), 注意不集中(23%)及速度控制不当(20.8%) (McKnight & McKnight, 2003)。因此, 有效的视觉注意模式(visual attention), 对驾驶员及时获取潜在道路危险的相关信息, 保证危险识别顺利进行至关重要。驾驶员视觉注意模式主要是指驾驶过程中的视觉扫描模式。它以视觉注视点的空间分布, 表征了驾驶员对交通环境的扫描范围及信息获取的有效性 (Underwood, 2007)。

关于驾驶员对潜在危险的视觉扫描失败的原因, 研究者提出两种主要观点。第一种观点, 驾驶员没有在正确的时间注视正确的位置和目标 (Crundall & Underwood, 2011)。例如, 19 岁以下的驾驶员对交通情境中, 危险可能出现的关键区域

的水平视觉扫描范围为 35.1%, 19~29 岁的驾驶员为 50.3%, 60~75 岁的驾驶员为 66.2% (Fisher et al., 2002)。第二种观点, 驾驶员对潜在危险“视而不见”。视而不见(look-but-fail-to-see), 是指驾驶员确实搜索了适当的方向和区域, 并且看到了引起危险的相关道路使用者, 但他们对道路使用者的平均注视时间过于短暂, 视觉注视“提前”终止而看不到潜在危险 (Crundall, Crundall, Clarke, & Shahar, 2012)。

Underwood (2007)指出, 驾驶员之所以对潜在道路危险视觉扫描失败, 主要受情境意识(situation awareness)与心理负荷(mental workload)影响。概括来说, 情境意识是否完善, 决定了驾驶员视觉注意模式的灵活性及识别潜在危险的速度 (Hosking, Liu, & Bayly, 2010; Underwood, Crundall, & Chapman, 2011; Underwood, Ngai, & Underwood, 2013)。驾驶员心理负荷增加, 他们的视觉注意趋于集中, 不利于危险识别 (Cooper, Medeiros-Ward, & Strayer, 2013; Savage, Potter, & Tatler, 2013)。据此, 本文首先分析了驾驶员视觉注意对危险识别的影响, 然后提出情境意识假设和心理负荷假设, 并进一步分析情境意识与心理负荷在驾驶员识别潜在道路危险时的作用机制。

2 驾驶员视觉注意对危险识别的影响

Mourant 和 Rockwell (1972)最早在实况道路

收稿日期: 2013-09-27

* 国家自然科学基金项目(71172119)、2013 年度辽宁省社会科学规划基金青年项目(L13CSH018)。

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

上,研究了驾驶员视觉注意对危险识别的影响。研究发现,与有经验驾驶员相比,新手驾驶员在搜索潜在道路危险时的经验明显不足,而且获取视觉加工信息时的心理负荷较高,以至于降低了他们成功识别潜在危险的可能性。以此研究为基础,后续研究者开始使用电脑呈现真实的驾驶视频片段,通过记录和分析眼动指标,评估驾驶员视觉扫描模式对危险识别的影响。

大量实证研究发现,新手与有经验驾驶员在对危险的首次注视时间、注视次数和平均注视时间,以及对交通环境的视觉扫描范围和扫描次数等方面都存在显著差异。新手驾驶员在所有类型的道路环境中都采用相似的视觉扫描模式;有经验驾驶员的中央视觉与周围视觉的协调性较好,在不同道路环境中的视觉扫描模式相对灵活。新手驾驶员的视觉注意大多集中于道路正前方的中央,对道路周围环境的水平视觉扫描范围相对狭窄、扫描次数较少,对易引发危险的道路使用者的注视次数较少,对潜在危险的首次注视较慢;有经验驾驶员对整个道路环境的水平视觉扫描范围相对宽阔、扫描次数较多,对易引发危险的道路使用者的注视次数较多,对潜在危险的首次注视较快(Chapman & Underwood, 1998; Crundall & Underwood, 1998; Underwood, Chapman, Bowden, & Crundall, 2002; Underwood, Chapman, Brocklehurst, Underwood, & Crundall, 2003; Underwood, Crundall, & Chapman, 2002)。

以往研究揭示了在一般道路环境中,新手与有经验驾驶员视觉扫描模式的基本特点与差异。但是,研究也存在一些不足。第一,研究者对视频片段中危险的定义不够具体化,没有给出驾驶员需要搜索哪种类型的危险。这会增加新手驾驶员获取相关危险信息的难度,因为他们习惯于将注意力集中在正在注视的刺激上。此时,新手驾驶员注意资源的分配模型不理想,危险识别较差。第二,单个测试视频片段的持续时间有限,视频往往遗漏了很多重要的危险预期线索。这会限制驾驶员的危险预期能力,增加他们搜索潜在危险的时间。此外,驾驶员很可能会混淆对危险预期线索与对真正危险的反应。这造成一部分危险识别眼动研究效果不理想。第三,危险识别眼动测量很少同具体的驾驶操作行为(如,踩刹车)相结合,很难评估驾驶员危险识别与其他驾驶操作行

为之间的协调性。

在新近危险识别研究中,一方面,研究者对潜在危险的定义更加具体化,重视危险的类型及其与危险预期线索之间的关系,并论证了结合驾驶模拟器来开展驾驶员危险识别眼动测量的信效度(Borowsky, Oron-Gilad, Meir, & Parmet, 2012; Borowsky, Shinar, & Oron-Gilad, 2010; Crundall, Chapman et al., 2012; Underwood et al., 2011)。

结合驾驶模拟器和头戴式眼动追踪仪, Crundall 和 Chapman 等人(2012)在研究中,根据危险预期线索的不同,将潜在危险划分为行为性危险、环境性危险、注意集中与分散性危险三种。例如,环境性危险的预期线索是货车停靠在路边,真正的危险是儿童突然从货车后面跑到行车道上。结果发现,在危险预期线索方面:有经验驾驶员对行为性危险预期线索的首次注视比新手驾驶员快,注视次数比新手驾驶员多;两组驾驶员对其他两种危险预期线索的首次注视和注视次数差异不显著。虽然新手驾驶员对环境性危险预期线索的注视次数较多,但他们识别真正环境性危险的次数却很少。在危险类型方面:相比新手驾驶员,有经验驾驶员对所有危险类型的首次注视均比新手快,注视次数比新手多,平均注视时间比新手长。此外,新手驾驶员在识别真正的危险后,对汽车速度的操作控制不及时,危险识别与安全行为反应之间的协调性较差。该研究区分了不同驾驶员搜索、识别危险预期线索与真正危险的差异,强调危险识别测量中危险预期线索的重要性。

另一方面,新近研究非常重视探索事故多发路段,驾驶员视觉扫描模式对危险识别的影响;重视分析和比较不同驾驶员视觉扫描模式的整体性差异,而不只测量个别眼动指标;重视测量在实施具体驾驶操作行为时,驾驶员视觉扫描模式的变化(Crundall, Crundall et al., 2012; Konstantopoulos, Chapman, & Crundall, 2012; Scott, Hall, Litchfield, & Westwood, 2013)。

Scott 等人(2013)研究了年轻新手与年轻有经验驾驶员,在 T 型交叉路口进行右转弯时的视觉扫描模式。根据不同视觉区域与驾驶员的距离,研究者将视觉区域分为中间、左、右侧近、左、右侧中间和左、右侧远,共 7 个兴趣区。统计分析驾驶员在到达路口和即将驶离路口时的视觉扫描

模式。结果发现,在到达路口时,年轻新手驾驶员会从右侧中间区域一直搜索到左侧远区域,并重复地搜索中间到左侧远区域,搜索次数少,搜索时间长。年轻有经验驾驶员会从右侧中间区域一直搜索到左侧中间区域,再回到右侧中间区域,搜索次数多,搜索时间短。在即将驶离路口时:年轻新手驾驶员的视觉扫描区域基本没有变化,但他们对左侧视觉区域的搜索次数增加,搜索时间变短。他们几乎不会监控右侧视觉区域的车辆可能带来的危险。年轻有经验驾驶员会交替对左侧和右侧的视觉区域进行搜索,搜索次数少,搜索时间变长。他们更加注意观察、判断左右两侧视觉区域内其他车辆的速度与相对距离。该研究指出,年轻新手驾驶员在做出执行关键驾驶操作行为的决策时,视觉扫描模式没有进行相应的转变,易发生交通事故。

综上所述,新近危险识别眼动研究不仅重视测量驾驶员是否看到了潜在危险,而且更加重视测量驾驶员是否在正确的时间看到了潜在危险,厘清了危险识别与其他驾驶操作行为之间的关系,为开发驾驶员危险识别训练与测试提供了新的思路(Mackenzie & Harris, 2014; 孙龙, 常若松, 2014)。此外,随着便携式眼动测量技术的不断发展与成熟,研究者也强调危险识别眼动研究,应逐步回归到以真实道路测试为主(Taylor et al., 2013),以更好地分析驾驶员识别潜在危险时的视觉扫描模式及实时影响因素的潜在作用机制。

3 视觉注意影响危险识别的作用机制

3.1 情境意识假设

情境意识,是指驾驶员对交通环境中的事件进行知觉,理解事件的意义并预测事件未来的发展状态(Endsley, 1995)。从道路使用者的视角来看:情境意识,是指驾驶员对他们的驾驶目标,其他道路使用者的驾驶行为,汽车状态及道路环境之间的相互关系的理解(Salmon, Young, & Cornelissen, 2013)。早在 1998 年,Crundall 和 Underwood 就指出,新手驾驶员对交通环境中危险可能出现的关键区域的水平视觉扫描范围狭窄,是由于他们的情境意识不健全造成的。相反,在不同的道路情境中,驾驶员视觉扫描模式的灵活变化及识别潜在危险的速度加快,则是他们的情境意识不断得到强化的结果(Hosking et al., 2010;

Underwood et al., 2011)。

关于新手与有经验驾驶员危险识别的具体差异,可以用情境意识三水平模型进行解释(Endsley, 1995)。情境意识第 1 个水平:驾驶员对交通情境的整体知觉,如对行人及车辆的感知等。第 2 个水平:驾驶员对交通情境中的各个信息进行整合并理解它们之间的相互关系,如行人的运动方向及其与自身车辆的相对位置等。第 3 个水平:驾驶员对接下来交通情境中会发生什么进行预期,如评估行人的行为是否会引发危险,并做出采取相应行为反应的驾驶决策。

在大多数情况下,情境意识水平 1 往往是自动完成的。水平 2 是情境意识最关键的阶段,可以很好地区分新手与有经验驾驶员。如果驾驶员缺乏一定的信息整合能力,对来自驾驶环境的信息反馈不敏感,那么他们很难将视觉注意集中在即将出现的危险上。另外,如果需要整合的交通信息的复杂程度较高,驾驶员的心理负荷增加,他们的视觉扫描范围将缩小。水平 3 依赖于水平 1 层面上的持续感知和水平 2 层面上的理解程度。而且,有经验驾驶员对交通情境的一般化信息储备(长时记忆)比新手驾驶员好。这使得有经验驾驶员可以在有限的交通信息的支持下,预测并识别潜在危险。在这种情况下,新手驾驶员则不太可能顺利完成对潜在危险的识别(Borowsky et al., 2010)。

完善的情境意识对道路危险类型与道路复杂度的变化比较敏感,可以实时调节驾驶员的视觉扫描模式。Kaber, Zhang, Jin, Mosaly 和 Garner (2012)发现,当道路复杂度增加时,新手驾驶员对当前道路环境的整体理解水平迅速下降(水平 2),识别潜在危险的速度变慢。Underwood 等(2013)指出,驾驶员对道路环境中突然出现的危险的搜索与识别是即时的、迅速的,因为这类危险很容易获得驾驶员的视觉注意捕获。相反,缓慢呈现的危险会诱发驾驶员的情境意识,他们需要对即将发生的事件进行预期,以采取适当的驾驶行为进行反应。驾驶员会不断地扫描危险可能出现的关键区域,一旦事件形成危险,便会迅速注视那个危险。

在真实驾驶中,随着驾驶员与其他道路使用者之间的互动增多,他们不断地观察其他道路使用者的行为,逐渐积累了不同交通情境中可能会

发生什么事件的相关经验。与此同时,驾驶员获得了在不同交通情境中该往哪儿看,什么时候看等经验。Underwood (2007)指出,随着驾驶经验的不断增加,驾驶员最终形成了一种比较完善的情境意识——建立了一个预测其他道路使用者接下来会做什么或交通情境中可能会发生什么事件的心理模型。

3.2 心理负荷假设

驾驶员心理负荷是不同驾驶任务需求的产物,反映了大脑信息加工和控制系统的运行状态。心理负荷对驾驶绩效和视觉注意有直接影响(Vidulich & Tsang, 2012)。驾驶中,驾驶任务难度、道路复杂度及天气状况等因素会增加驾驶员的心理负荷,导致他们的视觉注意趋于集中,不利于识别潜在危险(Konstantopoulos, Chapman, & Crundall, 2010; Recarte & Nunes, 2003; Savage et al., 2013)。例如, Konstantopoulos 等人(2010)研究发现,相比晴朗的白天,在夜晚和下雨天驾驶时,新手驾驶员的心理负荷明显增加。他们的水平视觉扫描范围变窄,对汽车后视镜的注视次数减少,对潜在危险的反应时间增加。

Young 和 Stanton (2007)指出,在高心理负荷条件下,驾驶员的注意资源大部分被首要驾驶任务占据;在低心理负荷条件下,首要驾驶任务占据的注意资源明显减少,驾驶员有更多的注意资源来关注次要驾驶任务(如,危险识别)。一般来说,驾驶时,驾驶员主要面临3种驾驶任务:汽车控制、方向盘操作(汽车控制的一部分)和注意其他交通信息(Crundall & Underwood, 2011)。为了有效地控制汽车,驾驶员需要注意各种道路交通标志,进而操作方向盘以维持汽车的相对车道位置。然而,新手驾驶员驾驶技能的自动化程度较低。驾驶时,汽车控制与方向盘操作便成了他们驾驶的“全部”任务。这时,新手驾驶员的视觉搜索策略较差,他们很少关注其他交通信息,识别危险的效率较低(郭应时, 马勇, 付锐, 孟妮, 袁伟, 2012)。

汽车控制任务,需要驾驶员协调中央视觉和周围视觉之间的关系。即:驾驶员使用中央视觉来评估道路的通畅性,使用周围视觉来识别危险及评估其他驾驶操作行为的准确性(Reimer, Mehler, Wang, & Coughlin, 2012)。然而,在驾驶中,驾驶员的视觉注视方向与方向盘操作方向基本一致。这极大地限制了驾驶员的周围视觉,影响危

险识别(Rogers, Kadar, & Costall, 2005)。最近, Cooper 等人(2013)建立了一个心理负荷、视觉注意和驾驶绩效之间的关系模型(如图1)。心理负荷使得驾驶员视觉注视点朝向并集中分布于前方道路中央(a),心理负荷直接影响当前驾驶绩效的效果(c)。视觉注意与驾驶绩效紧密耦合(b),同时心理负荷调解视觉注意对具体驾驶行为的影响。

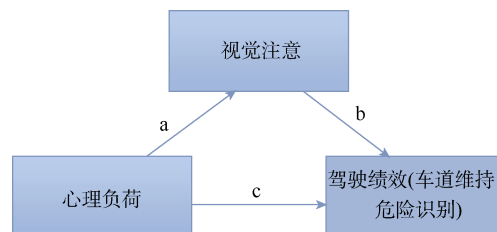


图1 心理负荷、视觉注意与驾驶绩效之间的关系模型
(改编自: Cooper et al., 2013)

在真实驾驶中,心理负荷的改变会调节驾驶员的视觉扫描模式。随着驾驶技能自动化程度的提高,驾驶员心理负荷达到理想水平,注意资源可以逐渐分配到其他驾驶任务上。驾驶员可以更好地观察其他道路使用者的行为以监测潜在危险,进而优化他们的视觉扫描模式,以适应新异的和复杂的驾驶环境。

4 进一步研究展望

4.1 比较不同驾驶员情境意识的认知兼容性

情境意识的认知兼容性(cognitive compatibility),是指不同驾驶员对相同道路情境的理解的相同程度。情境意识的认知兼容性主要体现在两个方面:视觉注意的集中方向;对车辆右侧危险的视觉搜索(左侧行驶)。研究发现,汽车驾驶员、摩托车驾驶员与骑自行车者在城市主干道和快速道路上,情境意识的认知兼容性程度较高;在农村、郊区道路和城市交叉路口,情境意识的认知兼容性程度较低,易发生交通事故(Walker, Stanton, & Salmon, 2011)。例如,在城市交叉路口,摩托车驾驶员与骑自行车者会快速地观察路口所有车辆的相对位置及路口标志,寻求快速通过的路线;汽车驾驶员会观察信号灯及自己与前方车辆的相对位置,他们很少搜索车辆右侧道路使用者可能带来的潜在危险(Salmon et al., 2013)。

由此, 情境意识的认知兼容性影响不同驾驶员对易引发危险的道路使用者的视觉搜索, 并决定了驾驶互动行为的安全性。因此, 比较不同驾驶员情境意识的认知兼容性, 探索情境意识的形成、发展及保持机制, 对改进基础道路设计工作及开发系统的情境意识测试与培训具有深远意义。

4.2 应用汽车驾驶自动化技术

随着汽车驾驶自动化技术的发展, 自适应巡航控制系统(adaptive cruise control, ACC)和自动转向系统(active steering, AS)等自动化技术的应用范围越来越广泛。研究发现, 汽车驾驶自动化技术的应用, 可以有效地降低驾驶员的心理负荷。这有利于驾驶员释放更多的注意资源来识别潜在道路危险(Ma & Kaber, 2005)。

Young 和 Stanton (2007)研究了新手(novice), 学习者(learner), 专家(expert)和高级(advanced)驾驶员在手动操作, ACC, AS 和 ACC+AS 等 4 种不同自动化条件下的心理负荷和驾驶行为。结果发现: ACC 只对新手驾驶员的心理负荷有影响, AS 和 ACC+AS 可以有效地降低所有驾驶员的心理负荷。在车道维持, 速度控制及对次要驾驶任务的正确反应次数三个方面, 汽车自动化和驾驶技能的影响是独立的, 并且二者存在交互作用。该研究厘清了不同驾驶技能的驾驶员之间, 心理负荷与驾驶行为之间的具体关系; 强调在应用汽车驾驶自动化技术的同时, 要加强对驾驶员驾驶技能的训练。Di Stasi, Contreras, Cándido, Cañas 和 Catena (2011)支持这一观点。他们指出, 驾驶技能训练不仅可以提高新手驾驶员的整体汽车控制能力, 而且可以优化他们识别潜在危险时的视觉搜索模式。这说明, 虽然应用汽车驾驶自动化技术可以提高驾驶安全性, 但是驾驶技能的发展与成熟在危险识别中却有着不可替代的作用。

4.3 检测并区分情境意识与心理负荷的影响

驾驶员情境意识与心理负荷是两个既相互独立又紧密联系的概念。情境意识与心理负荷不仅受到很多外部因素(如, 道路复杂度)和内部因素(如, 驾驶技能)的共同影响, 而且它们的很多认知加工过程相似(Vidulich & Tsang, 2012)。在真实驾驶中, 情境意识强调驾驶员对当前驾驶情境的理解“质量”, 心理负荷则强调其动态变化的实时影响。

驾驶员心理负荷增加, 情境意识的质量可能提高, 也可能降低(Endsley, 1995)。驾驶任务难度越大, 交通情境越复杂, 驾驶员的心理负荷越高。此时, 驾驶员需要分配更多的注意资源来维持驾驶的安全性, 他们用以评估当前情境的注意资源减少, 情境意识的质量下降。然而, 驾驶员也可以通过系统的强化训练来提高情境意识。这说明, 高心理负荷有时也是获得完善的情境意识的必备条件。在这种情况下, 研究者对情境意识与心理负荷的检测以及它们对危险识别的影响的解释容易出现混淆。因此, 如何同时检测并区分情境意识与心理负荷对驾驶员搜索与识别潜在危险的影响, 是未来研究的一个主要目标。

参考文献

- 郭应时, 马勇, 付锐, 孟妮, 袁伟. (2012). 汽车驾驶人驾驶经验对注视行为特性的影响. *交通运输工程学报*, 12(5), 91-99.
- 孙龙, 常若松. (2014). 汽车驾驶员危险知觉测试研究进展. *中国安全科学学报*, 24(1), 10-14.
- Borowsky, A., Oron-Gilad, T., Meir, A., & Parmet, Y. (2012). Drivers' perception of vulnerable road users: A hazard perception approach. *Accident Analysis and Prevention*, 44(1), 160-166.
- Borowsky, A., Shinar, D., & Oron-Gilad, T. (2010). Age, skill, and hazard perception in driving. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1240-1249.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, 27(8), 951-964.
- Cooper, J. M., Medeiros-Ward, N., & Strayer, D. L. (2013). The impact of eye movements and cognitive workload on lateral position variability in driving. *Human Factors*, 55(5), 1001-1014.
- Crundall, D. E., & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41(4), 448-458.
- Crundall, D., Chapman, P., Trawley, S., Collins, L., Van Loon, E., Andrews, B., & Underwood, G. (2012). Some hazards are more attractive than others: Drivers of varying experience respond differently to different types of hazard. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 600-609.
- Crundall, D., Crundall, E., Clarke, D., & Shahar, A. (2012). Why do car drivers fail to give way to motorcycles at t-junctions? *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 88-96.
- Crundall, D., & Underwood, G. (2011). Visual attention while driving. In B. E. Porter (Eds.), *Handbook of traffic*

- psychology (pp. 243–273). New York: Academic Press.
- Di Stasi, L. L., Contreras, D., Cándido, A., Cañas, J. J., & Catena, A. (2011). Behavioral and eye-movement measures to track improvements in driving skills of vulnerable road users: First-time motorcycle riders. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(1), 26–35.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64.
- Fisher, D. L., Laurie, N. E., Glaser, R., Connerney, K., Pollatsek, A., Duffy, S. A., & Brock, J. (2002). Use of a fixed-base driving simulator to evaluate the effects of experience and PC-based risk awareness training on drivers' decisions. *Human Factors*, 44(2), 287–302.
- Hosking, S. G., Liu, C. C., & Bayly, M. (2010). The visual search patterns and hazard responses of experienced and inexperienced motorcycle riders. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 196–202.
- Kaber, D., Zhang, Y., Jin, S., Mosaly, P., & Garner, M. (2012). Effects of hazard exposure and roadway complexity on young and older driver situation awareness and performance. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(5), 600–611.
- Konstantopoulos, P., Chapman, P., & Crundall, D. (2010). Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident Analysis & Prevention*, 42(3), 827–834.
- Konstantopoulos, P., Chapman, P., & Crundall, D. (2012). Exploring the ability to identify visual search differences when observing drivers' eye movements. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(3), 378–386.
- Ma, R., & Kaber, D. B. (2005). Situation awareness and workload in driving while using adaptive cruise control and a cell phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(10), 939–953.
- Mackenzie, A. K., & Harris, J. M. (2014, March). *Characterizing visual attention during driving and non-driving hazard perception tasks in a simulated environment*. In Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications (pp. 127–130), New York, USA.
- McKnight, A. J., & McKnight, A. S. (2003). Young novice drivers: Careless or clueless? *Accident Analysis & Prevention*, 35(6), 921–925.
- Mourant, R. R., & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors*, 14(4), 325–335.
- Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: effects on visual search, discrimination, and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(2), 119–137.
- Reimer, B., Mehler, B., Wang, Y., & Coughlin, J. F. (2012). A field study on the impact of variations in short-term memory demands on drivers' visual attention and driving performance across three age groups. *Human Factors*, 54(3), 454–468.
- Rogers, S. D., Kadar, E. E., & Costall, A. (2005). Gaze patterns in the visual control of straight-road driving and braking as a function of speed and expertise. *Ecological Psychology*, 17(1), 19–38.
- Salmon, P. M., Young, K. L., & Cornelissen, M. (2013). Compatible cognition amongst road users: The compatibility of driver, motorcyclist, and cyclist situation awareness. *Safety Science*, 56, 6–17.
- Savage, S. W., Potter, D. D., & Tatler, B. W. (2013). Does preoccupation impair hazard perception? A simultaneous EEG and Eye Tracking study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 17, 52–62.
- Scott, H., Hall, L., Litchfield, D., & Westwood, D. (2013). Visual information search in simulated junction negotiation: Gaze transitions of young novice, young experienced and older experienced drivers. *Journal of Safety Research*, 45, 111–116.
- Taylor, T., Pradhan, A. K., Divekar, G., Romoser, M., Muttart, J., Gomez, R., ...Fisher, D. L. (2013). The view from the road: The contribution of on-road glance-monitoring technologies to understanding driver behavior. *Accident Analysis & Prevention*, 58, 175–186.
- Underwood, G. (2007). Visual attention and the transition from novice to advanced driver. *Ergonomics*, 50(8), 1235–1249.
- Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: Skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 87–97.
- Underwood, G., Chapman, P., Brocklehurst, N., Underwood, J., & Crundall, D. (2003). Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers. *Ergonomics*, 46(6), 629–646.
- Underwood, G., Crundall, D., & Chapman, P. (2002). Selective searching while driving: The role of experience in hazard detection and general surveillance. *Ergonomics*, 45(1), 1–12.
- Underwood, G., Crundall, D., & Chapman, P. (2011). Driving simulator validation with hazard perception. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(6), 435–446.
- Underwood, G., Ngai, A., & Underwood, J. (2013). Driving

- experience and situation awareness in hazard detection. *Safety Science*, 56, 29–35.
- Vidulich, M. A., & Tsang, P. S. (2012). Mental workload and situation awareness. In G. Salvendy (Eds.), *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 243–273). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Walker, G. H., Stanton, N. A., & Salmon, P. M. (2011). Cognitive compatibility of motorcyclists and car drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 878–888.
- Young, M. S., & Stanton, N. A. (2007). What's skill got to do with it? Vehicle automation and driver mental workload. *Ergonomics*, 50(8), 1324–1339.

Effect of Visual Attention on Hazard Detection and Its Influencing Mechanism

SUN Long; CHANG Ruosong; GAO Yuan; MA Ling

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

Abstract: Effective visual attention is crucial for drivers to search and detect the potential hazard in driving. By analyzing the effect of visual attention on hazard detection, we proposed situation awareness hypothesis and mental workload hypothesis. The former hypothesis pointed out that the quality of situation awareness determined the flexibility of drivers' visual scanning pattern, thereby affecting hazard detection. While the later hypothesis highlighted that when the drivers' mental workload increased, their visual attention tended to concentrate, reducing the possibility of detecting a hazard. In the future, more attention should be paid to comparing the difference of cognitive compatibility of situation awareness among different road users, and applying vehicle automation technology to reduce drivers' mental workload as well as how to distinguish the effect of situation awareness and mental workload at the same time.

Key words: driver; visual attention; hazard detection; situation awareness; mental workload