

## “数字化转型的规则之治”专栏

【编者按】国家“十四五”规划和2035年远景目标纲要明确提出“加快数字化发展”“建设数字中国”。结合数字化发展趋势推动法律法规体系的完善,创制新规则,减少法律漏洞和法律冲突,是法学法律研究的重要使命。《东方法学》《商业经济与管理》《浙江工商大学学报》《浙江社会科学》《现代法学》《法学论坛》等40家核心期刊一致同意,成为智慧法治学术共同体的创始成员,加强智慧法治前瞻性研究,打造智慧法治学术期刊集群,为数字化转型的规则之治提供智力支持,推动数字科技等前沿技术更好地服务人民福祉,推动新时代中国学术高质量发展,推进国家治理体系和治理能力现代化。

2021年7月16日,智慧法治学术共同体发布“数字化转型的规则之治”征文公告,面向全球征文。至2021年10月15日征文截稿,共收到272篇文稿。经初审和查重后,有262篇文稿进入智慧法治学术共同体各刊联合评审选稿程序。2021年11月9日,智慧法治学术共同体各刊线上会议讨论确定了智慧法治学术共同体评审规则。2021年11月12日,智慧法治学术共同体各刊按评审规则实施评审选稿作业,《商业经济与管理》首轮选出1篇文章,第二轮选出1篇文章,分别为《网络平台纵向一体化的反垄断法规制——兼论杠杆理论在平台经济中的新生》《人机共驾事故侵权责任与保险制度的法经济分析》。为服务、推动和引领数字化转型的规则之治,现将上述2篇获奖文章予以刊发,以飨读者。

# 人机共驾事故侵权责任与保险制度的法经济分析

刘 轶

(中央司法警官学院 法学院,河北 保定 071000)

**摘 要:**作为人工智能落地的重点领域,自动驾驶技术未来将大幅减少交通事故,降低保险赔付。但自动驾驶汽车难以快速跨越人机共驾阶段,实现完全无人驾驶。机动车事故侵权损害赔偿与保险赔付具有显著协同效应,人机共驾汽车事故的侵权责任分配影响着未来交通事故的保险应对,而互动良好的事故保险可以强化侵权法效力,降低人机共驾汽车事故侵权责任不确定性。法经济分析具有独特的责任和风险视角,把人机共驾汽车事故成本细化为直接成本、风险分散成本和风险管理成本,为实现驾驶人、生产人和保险人之间的利益均衡提供工具借鉴。针对人机共驾汽车事故,应该以事故成本为目标调整归责原则、以过错为界限定位侵权法与交强险的功能,并利用无过错保险调整交强险。

**关键词:**人工智能;自动驾驶;侵权责任;法经济分析;机动车保险

**中图分类号:**DF522 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-2154(2022)02-0071-13

**DOI:**10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2022.02.006

收稿日期:2021-09-18

基金项目:河北省省级科技计划软科学研究专项“人机共驾事故风险防范与保险制度研究”(21550801D);河北省社会发展研究课题“人工智能侵权的法经济规制与保险路径:以自动驾驶汽车事故为例”(20200102006)

作者简介:刘轶,男,副教授,经济学博士,主要从事保险法、保险科技和法经济学研究。

## Law and Economic Analysis of Tort Liability and Insurance System of Human – computer Driving

LIU Yi

(Law School, The National Police University for Criminal Justice, Baoding 071000, China)

**Abstract:** As a key field of artificial intelligence at work, automatic driving technology will significantly reduce traffic accidents and insurance compensation in the future. However, it is difficult for the automatic driving vehicle to cross the human – computer driving stage and achieve completely unmanned – driving. There is a significant synergistic effect between motor vehicle accident tort damage compensation and insurance compensation. The distribution of tort liability for human – computer driving accidents affects the insurance response to traffic accidents in the future, and the interactive accident insurance can strengthen the effectiveness of tort law and reduce the uncertainty of human – computer driving tort liability. Law and economic analysis is a unique perspective of responsibility and risk, which subdivides the cost of human – computer driving accident into direct cost, risk dispersion cost and risk management cost, so as to provide a tool for equalizing the interests among drivers, producers and insurers. For human – computer driving accidents, we should coordinate tort liability with accident cost, locate the function of tort liability and traffic compulsory insurance with fault as the boundary, and use no fault insurance to adjust compulsory insurance.

**Key words:** artificial intelligence; automatic driving; tort liability; law and economic analysis; motor vehicle insurance

科技失灵系统建立在科学对风险进行研判的制度和方法理路上,科技进步自身的风险正在取代社会可控需求成为商品生产的基准点<sup>[1]</sup>。法律活动关心如何界定科技革新招致的风险,其解读风险的地点、条件及媒介都受到成本约束。汽车安全技术的提升降低了驾驶员的死亡率,但是行人、骑乘人和乘客的死亡率提高在一定程度上抵消了技术进步的正效应。如图1所示,近10年的事故成本曲线并没有随着经济社会发展呈现出总体下降趋势,防范和化解事故风险的制度本身很可能增加了社会成本。从过错责任转化到严格责任可以减少事故数量和诉讼成本,但会增加事故死亡率<sup>[2]</sup>,而保险的强制购买虽然提高了获赔的广泛性<sup>[3]</sup>,但道德风险会拉低驾驶注意水平,在某一区间投保车辆每增加1%,事故死亡人数就增加2%<sup>[4]</sup>。

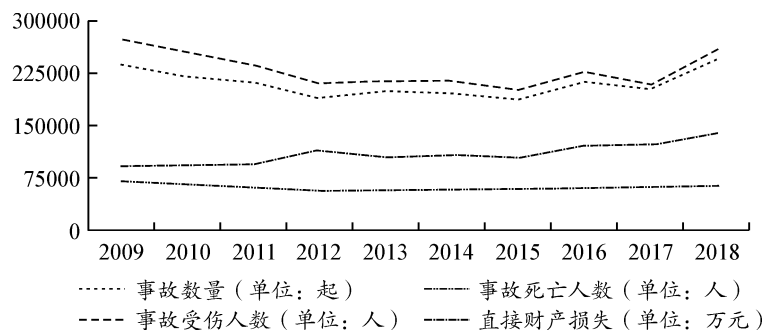


图1 2009—2018年全国交通事故成本曲线

数据来源:2009—2018年中国统计年鉴

科技进步让通行变得更安全,但事故依然无法避免。对于机动车事故而言,93%源于驾驶行为失误,其中41%是识别错误,34%是决策失误,10%来自操作失误<sup>[5]</sup>,自动驾驶替代人类驾驶能高效提升行车安全和通行效率。Waymo公司自动驾驶汽车实现了145万英里的安全驾驶,百度Apollo自动驾驶汽车安全测试里程超过600万公里,尼桑自动驾驶汽车行驶247英里只需要人工介入一次。自动驾驶汽车,是指依靠人工智能、传感器和全球定位系统的配合,无须人类驾驶员主动介入就可以自动行驶的机动车辆。国际汽车工程师协会根据自动化程度将机动车划分为非自动(Level 0)、驾驶员辅助(Level 1)、部分自动(Level 2)、人机共驾(Level 3)、高度自动(Level 4)以及完全自动(Level 5)六个等级,这与我国工业和信息化部2020年3月9日发布的《汽车驾驶自动化分级》标准基本一致。两个标准都明确了从辅助驾驶到完全自动驾驶之间人类驾驶员与智能系统共同操控机动车的人机共驾阶段。

## 一、人机共驾汽车的事故风险与归责困境

### (一) 自动驾驶发展的阶段性境遇

虽然预计到2040年全球将有75%的车辆配备自动驾驶模式,但考虑到交通路况的复杂性、人机互信的渐进性、技术成本的高昂性等问题,从当前L1—L2阶段走向高阶自动驾驶的L4—L5阶段必然经历长期的L3人机共驾阶段。从行驶数据来看,在15个月的测试中,谷歌智能汽车主动脱离自动驾驶状态有272次,驾驶人选择取消自动驾驶状态有69次<sup>[6]</sup>。在人机交互方面,美国加州车辆管理局(Department of Motor Vehicle)2019年年度自动驾驶报告显示,自动化程度最高的百度和Waymo汽车每两次人工干预之间的行驶里程只能达到29.05公里和21.27公里。从单车技术来看,当前几乎所有量产或测试的自动驾驶汽车都是拥有自动驾驶功能的人机共驾智能汽车,即驾驶人须在某些驾驶工况下接管汽车,如特斯拉Model S/X、沃尔沃XC90等仍介于L2级与L3级之间。而在谷歌公司近年来连续申请的多份专利中,人机共驾是自动驾驶汽车产业化过程中非常重视的环节。此外,从保障个人自由角度出发,能够选择关闭自动驾驶系统而亲自驾驶,应被视为车主的一项基本权利<sup>[7]</sup>。立法应着眼于L3层级的人机共驾规则,避免辅助自动驾驶与完全自动驾驶在法律规范上出现割裂。

### (二) 人机共驾引发新型事故风险

自动驾驶技术在为科技强国、交通强国和数字中国建设注入新动能的同时,也将引发新型事故。2018年10月31日,习近平总书记在主持中共中央政治局第九次集体学习时强调,要加强人工智能发展的潜在风险研判和防范。自动驾驶领域的人工智能风险主要表现为人机共驾风险。2014年以来,美国加州车管局共收录了114起自动驾驶汽车事故,其中34起是由驾驶人过错引起的,有72起是无人驾驶事故,剩余8起事故则是由自动驾驶模式下安全员紧急切换到手动驾驶模式引起的<sup>[8]</sup>。现阶段技术框架下,人机共驾可分为单驾双控、双驾单控和双驾双控结构。单驾双控方式中,具有独立驾驶能力的只有驾驶人,但是参与驾驶操作的是驾驶人和系统<sup>[9]</sup>。自动化辅助技术(ABS和EPS等)采用预设的规则对驾驶人的操作控制进行补充或改善,以达到降低驾驶人注意成本和改善驾驶效果的目的。双驾单控结构中,具有独立驾驶能力的驾驶人和智能系统在时间维度上呈现交替上线。在确定时段内,参与驾驶操作的是驾驶人和智能系统中的任意一个。在系统独立驾驶时,驾驶人多处于驾驶任务下发者、引导者和运行监管者的角色。双驾双控结构中,具有独立驾驶能力的驾驶人和智能系统在大部分时间共同参与驾驶操作,驾驶人和智能系统不仅在时间维度上同时存在,还在任务的各个层级都保持相同的重要性。只是同一时刻做出的控制存在权重分配问题,共享策略作为单独模块存在或融入智能系统模块中。在三种结构下,事故诱因有别于基于驾驶行为的传统机动车事故,事故风险表现出异质性。人机共驾需要在自动驾驶和手动驾驶之间相互转换,驾驶人在接管汽车过程中需要一定时间的恢复期。在控制权切换的过程中,驾驶人不一定能及时对当前驾驶状态进行有效认知和评估,容易出现驾驶真空进而引发事故。目前看来,人机共驾汽车的现实表现不尽如人意,根据密歇根大学交通研究所发布的北美地区自动驾驶汽车交通事故统计报告,人机共驾汽车在每百万英里的事故数、每百万英里的受伤人数以及单次事故平均受伤人数等指标上均高于传统汽车<sup>[10]</sup>。

### (三) 人机共驾事故的归责困境

防范与化解事故风险需要高效的责任体系,当前人机共驾汽车事故侵权责任面临不确定性。首先,事故责任理论不能完全适用于人机共驾事故。“机动车一方承担赔偿责任”的理论出发点是危险控制理论、危险分担理论以及报偿理论<sup>[11]</sup>。自动驾驶未来将高度降低事故风险,人工智能系统的介入使驾驶人对危险的控制力减弱、人机共驾将改变危险的分担、运营模式变革将重塑报偿渠道<sup>[12]</sup>。其次,侵权责任构成受到人工智能挑战。现有以过错和因果关系为核心的侵权责任构成蕴含了可预见性规则的思想,对不可预见的事承担责任并不会降低风险活动的数量,因为预见的成本往往超过了避免事故的增益。自动驾驶系统依赖后天的自主学习,即使最审慎的设计者也无法完全预见车辆在脱离他们之后将会经历些什么。法院不应迫使人机共驾汽车

一方将不可能合理预见的事故成本内化,这种成本负担不会形成经济效益,反而会抑制技术创新<sup>[13]</sup>。最后,人机共驾汽车事故的责任主体难以确定。我国现有道路交通侵权责任围绕机动车驾驶人构建,当所有人(管理人)与实际驾驶人分离时,所有人(管理人)只有在有过错的情况下才承担相应的责任。《民法典》第1212条再次确认了以机动车驾驶人为主承担道路交通事故侵权责任的体系。而单驾双控、双驾单控和双驾双控结构下的驾驶人并不明确。除此之外,智慧司法建设的内在逻辑也应反映双重空间、人机混合、算法主导的行为规律和新型法律关系,引领信息时代的司法制度和司法文明<sup>[14]</sup>。

## 二、法经济范式对人机共驾事故侵权与保险制度的理论贡献

人机共驾的法律挑战源于驾驶控制权的分配和人类难以依靠适合自身行为的归责体系判断人工智能的侵权责任,但这并不妨碍机器学习人类的法律以减少事故成本,再配合保险分散事故风险,形成模式化的解决方案。法经济工具通过比较事故成本和事故预防成本量化过错,将法律规范进行数学化表达,形成易于机器学习的法律代码;法经济理论以侵权的相互性为出发点,本着双向利益平衡划定行为界限,指出侵权规则的构建不宜单边坚持加害人或受害人本位,使交通参与者的行为自由和易受侵害者的权益达到均衡;法经济范式下的事故成本理论将侵权法与保险制度的运行效率置于统一的分析框架内,为人机共驾汽车事故的归责难题提供解释途径。本文尝试利用注意水平和事故成本理论作为分析工具,围绕人机共驾汽车的驾驶人责任展开,再进一步拓展到“机动车一方”中的所有人(管理人)责任。

### (一) 法经济范式的理论流变:从交易成本到事故成本

库恩在《科学革命的结构》中把科学视为按照一套共同“范式”所进行的专业活动。当范式作为更加具体的分析工具、规范的语法形式时,突出工具性意义<sup>[15]</sup>。科斯在《社会成本问题》中以奈特、西蒙、哈耶克、斯蒂格勒和阿尔钦的研究为基础,阐明法律制度是影响资源配置的内在因素,使交易成本分析成为核心的法经济研究方法。交易成本理论统一了对法律和经济之间关系的碎片化关注,指明了研究的新方向和新领域,构建了法经济学的科学范式。交易成本遵循理性选择理论,关注同一目标下不同行动方案最大化行为入利益的可能性,这与自动驾驶系统在计算通行效率时,考虑各种道路环境的事故概率,计算诉讼和理赔成本,提供效率最大化出行方案的取舍标准一致。从理性选择角度,人工智能的利益最大化代表着一种理想的均衡状态,实现了最有效率的资源配置,而人机共驾汽车追求最大化降低交易成本,立足点与新古典经济学的信息完全和竞争充分假设相同<sup>[16]</sup>。卡拉布雷西在《关于风险分配和侵权法的一些思考》一文中提出,经济原理能使法律产生整体合理化的力量,并为事故的损失分配提供系统标准。他在《事故的成本》一书中将交易成本引入侵权法,构建了“事故成本理论”,使得法经济范式更容易被法学界接受。在这之后,法经济范式被应用到侵权责任构成的具体环节。斯蒂文·萨维尔在《事故法的经济分析》中指出过错责任适合调整驾驶注意水平,而严格责任适合调控驾驶活动水平。理查德·波斯纳在《法律的经济分析》中利用汉德公式解释事故过错,利用边际分析比较了事故成本与事故预防成本,将交易成本概念和保险成本联系起来<sup>[17]</sup>,把法经济分析的思想进行了一般化归纳。

事故成本与交易成本沿着方法论个人主义路径,把制度选择看作个人追求利益最大化的自然结果<sup>[18]</sup>。交易成本分析实际上是成本—收益方法在制度分析中的应用,而事故成本分析则立足于如何安排制度以达到最小化事故的社会成本。在交易成本理论中,信息不完全和竞争不充分是行为人可以控制的,同样在事故成本理论之下,基于智能网联的自动驾驶系统对其他车辆和行人的行动策略以及事故风险具有完全信息,并以此评估交通事故、保险交易和侵权诉讼等成本。

### (二) 事故成本理论下的人机共驾侵权责任制度

事故成本理论认为,人机共驾汽车事故双方共同增加了社会成本,双方的“交易”关系是在事故之后被迫建立起来的。交通事故侵权使得建立在意思自治之上的权益配置发生混乱,阻碍了对合作剩余的合理预期。为了维护已有的产权秩序,侵权法通过施加责任负担,使加害人的边际成本等于社会边际成本。这个

责任既是对事故成本的弥补,也是驾驶注意水平的对价。侵权法对交通事故的调整使原有的产权配置体系有了自我纠正的能力,而在此之上形成的事故成本是对交易成本的延伸,侵权法对交通事故外部性的克服虽不能直接提高汽车购买量,但它通过降低驾驶风险,间接有助于人机共驾汽车的外部环境。

虽然卡拉布雷西的事故成本不是交易成本这样的社会学范式,<sup>①</sup>但是它把效率分析引入了事故风险分配中,把交通事故的社会成本划分为直接成本、风险分散成本和风险管理成本,点出了科斯未能明确化的交易成本形态,为研判人机共驾侵权责任提供了有价值的分析工具。科斯和卡拉布雷西的分歧代表了现代功能分化社会中学科分野的实例,前者并不关注自己的经济学假设是否完全真实,而后者基于常识的反驳则被大多数经济学家无视<sup>[19]</sup>。法律分析更需要针对特定问题和新兴风险足够适用的理论,并不需要太多与现实相悖的理论假设,但学科的成熟需要统一的理论基础,这一点需要向理论集中度更高的经济学借鉴。科斯在具体案例中阐明,为了达到注意成本和减少伤害的均衡来引致社会可欲的损害水平,当事人的协商是最优的风险预防措施。罗伯特·考特以此为立足点发展出预防模型,核心问题是在给定的驾驶注意水平下评价并选取风险预防效果最优的责任与保险规则。卡拉布雷西并不完全赞成科斯的论断,他认为虽然每个人都可能是事故的当事人,但是就事故风险预先达成协议的成本高昂,侵权责任的任务是使人机共驾汽车一方将事故成本作为驾驶注意的收益考虑,引导其在权衡注意成本和驾驶收益后,采取事故成本最小化的驾驶注意水平和驾驶活动水平<sup>[20]</sup>。

### (三) 事故成本理论下的人机共驾事故保险

过错责任使事故双方都对事故风险进行成本—收益核算,双方都有激励采取成本最小化的注意水平,而严格责任仅针对潜在加害人要求其采取最优的注意水平达到社会成本最小化<sup>[21]</sup>,致使驾驶人忽视额外注意带给受害人的安全福利。为了检验这一理论,美国学者利用实证研究将归责原则和交通事故概率设为变量,再通过回归分析得出两者的统计关系,发现放弃过错主导的侵权责任而选择严格责任和无过错第一方保险的州,其事故死亡率都偏高。其中,采用严格责任和500美元的保险责任限额比过错责任的事故死亡率高出4%,而当保险责任限额增加到1500美元时,事故死亡率会上升10%。

过错责任下当事人对粗心大意负责,保持了较高的注意水平。然而,高注意水平会被法院判决的不确定性消抵,这促使当事人更偏爱保险作为纠纷解决机制。而严格责任下驾驶人只需要承担自己造成的损失,往往放弃能减少事故风险的额外注意,达不到最优注意水平,进而引起更多的保险索赔<sup>[22]</sup>。对驾驶行为的激励差异使得严格责任比过错责任激发更多的道德风险和危险驾驶活动。正如我国《道路交通安全法》第76条第2款的规定缺乏对行人的预防激励,要适当改进<sup>[23]</sup>。相比严格责任,过错责任主导下的事故信息成本和意外保险保费更高,而请求权成本和责任保险费率更低,信息成本下降会使过错责任更有效率<sup>[24]</sup>。在有保险的情况下,允许比较过失的过错责任与融合第一方保险的严格责任的事故成本差异很小,在较低注意成本下过错责任更优,在较高注意成本下严格责任更优<sup>[25]</sup>。鉴于人机共驾将改变事故举证的信息成本和驾驶注意成本,可以比较两种成本来考察事故保险的运行效率。

## 三、人机共驾事故侵权责任的法经济分析

### (一) 事故成本模型构建

依据事故成本理论,人机共驾汽车事故的社会总成本由以下三个部分组成:第一,事故直接成本。体现为事故的数量和事故直接造成的人身、财产损失(如图1所示)。责任和保费负担激励驾驶人保持相应的注意水平以减少直接成本。第二,风险分散成本。风险分散成本是分散事故直接成本形成的社会负担。通过事故成本

<sup>①</sup>托马斯·库恩在《科学革命的结构》中把范式按照层次从高到低分为宏观的哲学意义的范式,即形而上学范式;中观层面的科学习惯,即社会学范式;微观层面的可以解决具体问题的工具性范式,即构造范式。

的转移或者分摊,把损失由风险承担能力较弱一方转移给风险承担能力较强一方会降低风险分散成本。第三,风险管理成本。即管理前两种成本的支出,主要包含损害赔偿引起的诉讼成本和保险理赔成本等解决纠纷、划分责任以及损失分担的程序性费用。事故总成本仅考虑侵权责任成本,未将行政责任和刑事责任等公法成本计算在内。

事故成本模型:

$$TAC = DC + RDC + RMC \quad (1)$$

双方事故模型:

$$DC = P(x, y, z)L + V(x) + T(y) \quad (2)$$

单方事故模型:

$$DC = P(x, y, z)L + T(y) \quad (3)$$

在等式(1)中,事故总成本(*Total accident cost*) = 直接成本(*Direct cost*) + 风险分散成本(*Risk diversification cost*) + 风险管理成本(*Risk management cost*)。直接成本(*DC*) = 事故概率(*Probability*) × 事故损失(*Lost*) + 注意成本(为了避免事故而不得不小心驾驶或出行的成本)。在等式(2)和等式(3)中,*DC*为直接成本,*x*为交通事故受害人的注意水平,*y*为加害人的注意水平。注意水平涵盖行人的注意程度,机动车行驶平均速度、瞬时速度最大值、驾驶不平稳程度等因素。*z*表示机动车和行人的活动水平。<sup>①</sup>*P(x, y, z)*是关于交通事故双方注意水平和活动水平的事故概率函数,注意水平与事故概率负相关,活动水平与事故概率正相关。在法律评价中,仅仅增加自身风险的行为不能成为法律义务的基础,但经济学考虑社会成本时把侵权方自身的损失概率也考虑在内<sup>[26]</sup>。*V(x)*为受害人基于注意水平*x*的注意成本,*T(y)*为加害人基于注意水平*y*的注意成本,事故双方都被看作风险中立。注意成本对注意水平呈现边际递增,并且存在最优的注意水平和活动水平(*x\**, *y\**, *z\**),即注意成本的少量变化能减少同样数量的预期事故成本,使交通事故的直接成本*DC*达到最小值。

传统机动车适用双方事故模型。不论是机动车互撞还是机动车与行人相撞,交通事故双方都可以保持一定的注意水平来降低预期事故成本*P(x, y, z)L*,在活动水平不变的情况下,交通事故风险由双方的注意水平(*x, y*)和注意成本*V(x), T(y)*决定。当适用严格责任并禁止比较过失时,受害人的事故成本确定转移给加害人,受害人并没有采取最优注意水平*x\**的激励。在严格责任下允许比较过失或者适用过错责任时,允许加害人根据受害人的过失减免责任,引导事故双方采取最优注意水平,从而实现直接成本*DC*最小化。

人机共驾汽车在自动驾驶模式下接近单方事故模型。随着技术的进步,人机共驾汽车的注意成本有逐渐下降的趋势,机动车一方对事故风险的影响程度将提高。假设仅有机动车一方的注意水平会影响交通事故概率,只考虑机动车一方作为加害方*T*的情况,适用严格责任会让侵权成本等于直接成本。人机共驾一方必然选择最优的注意水平*y\**和活动水平*z\**,用来降低直接成本*DC*,事故责任的外部性完全内部化,这就是汉德公式指出的要比较事故的预防成本和事故直接成本。在适用过错责任时,加害人会被引导实施最优的注意水平,但并不会被引导实施最优活动水平,因为活动水平*z*不是侵权责任考虑的因素。而保险则可以通过观察年行驶里程、年出行天数、行驶范围和油量消耗等因素,将活动水平与保费联系起来<sup>[27]</sup>。人机共驾在接管模式下接近传统事故责任,严格责任引导最优的直接成本,而在自动驾驶模式下,严格责任促使生产者不断改进自动化技术,及时对操作系统进行线上更新,并不会出现个体加害人因财富不足导致的外部性问题。此外,严格责任还会促使形成最优的活动水平,对治理交通拥堵也有助益。由此可见,过错责任和严格责任都会引导人机共驾一方支出合理的注意成本,采取最优的注意水平。只不过法院判决的注意水平不符合最优注意水平*y\**时,无法引导人机共驾汽车采取最优的注意,直接成本*DC*达不到最小化。只有严格责任下才会达到最优的活动水平。

## (二) 人机共驾侵权因果关系的法经济解释

由汉德法官首创并经过波斯纳改良的汉德公式利用数学语言表达了确定注意义务的过程<sup>[28]</sup>。虽然

①活动水平是指行人出行和驾车出行的频率,人机共驾对传统驾驶行为的替代将影响机动车活动水平。

在因子定值上饱受批评,但是汉德公式为法律算法化提供了实现途径,为算法法治与算法正义构建了理论基础<sup>[29]</sup>。汉德公式把事故概率表示为 $P$ ,预期事故损失表示为 $L$ ,人机共驾汽车避免事故的注意成本为 $T(y)$ 。如果 $T(y) < PL$ 时人机共驾汽车未能避免事故发生,则判定其具有过错<sup>[30]</sup>。由此建立了事故直接成本与算法失误的联系,剩下的问题是机器如何量化事故成本。

汉德公式将注意成本 $T(y)$ 、事故概率 $P$ 和预期事故损失 $L$ 整体考虑,解释了过错责任下的人机共驾汽车事故。假设人机共驾的机动车一方符合理性人标准,将在风险和消除风险的难度之间进行比较。图2和图3分别显示了人机共驾汽车在驾驶人接管模式下和自动驾驶模式下的事故成本变化,横轴为人机共驾汽车一方的注意水平,纵轴为事故直接成本。 $PL$ 曲线描述了人机共驾汽车对事故成本的预期,随着注意水平的提高呈现边际递减趋势, $T(y)$ 是人机共驾汽车的注意成本。注意水平的稀缺性决定了需求的数量越高,注意成本价格越高,因此在图2中 $T(y)$ 呈现边际递增趋势。曲线 $PL$ 和 $T(y)$ 交点代表最优的注意水平 $y^*$ 。在图2中,当驾驶人的注意水平处于 $y^*$ 左边时 $T(y) < PL$ ,驾驶人过错和侵权因果关系成立。当驾驶人的注意水平处于 $y^*$ 右边时,注意成本高于预期事故成本,驾驶人无过错。

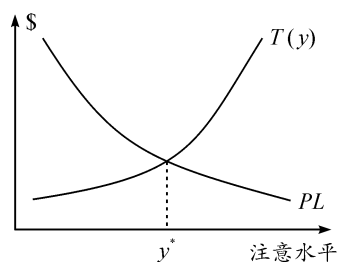


图2 接管模式

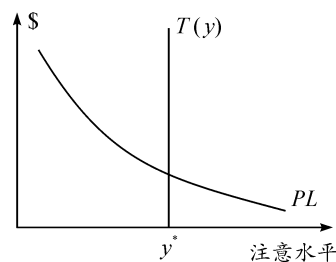


图3 自动模式

图2为单方事故模型下的接管模式,事故概率 $P$ 和注意成本 $T(y)$ 都是注意水平 $y$ 的函数,问题在于如何计算驾驶时的注意成本 $T(y)$ 、事故成本 $PL$ 和最优的注意水平 $y^*$ 。对于法院来说,要得出人机共驾汽车注意成本的细小变化要付出高额成本,没有必要通过计算避免事故的能力而试图衡量原被告的实际成本。这时只需要检视当时情势下,一个正常人(the Average Person)避免事故的成本,即理性人标准(the Reasonable Man Standard)。自动驾驶技术对驾驶活动的优化表现为注意水平不断提高或注意成本不断降低。考虑到人机共驾汽车算法的注意水平在出厂时是固定的,只能通过软件更新提升。除非驾驶人紧急接管机动车,否则其注意成本的变化不会影响人机共驾汽车一方的注意水平。而在一定的技术条件下,通过提高注意成本去优化算法也无法提升注意水平。因此图3自动驾驶模式下注意水平曲线垂直于横轴。法院只需要了解人机共驾汽车算法的注意水平 $y$ 能否最小化事故成本 $PL$ 即可。人机共驾改变了传统机动车注意成本函数 $T(y)$ 的形状,智能技术迭代会促使 $T(y)$ 的位置水平右移。

比较过失带给交通事故加害人有效率的激励,但是当考虑到诉讼的不确定性时,结论就不同了。由于法律是在事故之后介入责任纠纷,对事故的偏见会影响法官对事故近因的判断<sup>[31]</sup>,判决不统一和诉讼不确定性会影响人机共驾汽车一方的注意水平,让驾驶注意水平在比较过失下不能保持合理<sup>[32]</sup>。发达的事故保险会降低过错在侵权法中的重要程度,在一定程度上抵消了法庭判决的不确定性<sup>[33]</sup>。当然,改变合理注意水平标准也可以作为比较过失对人机共驾汽车无效激励的补偿<sup>[34]</sup>。具备深度学习能力的人机共驾汽车超出设计者的预期活动,侵权因果关系认定成本高昂,受害人更愿意用保险理赔替代举证过错和因果关系的诉讼途径<sup>[35]</sup>。解释因果关系不确定可以采取最低概率标准和比例原则<sup>[36]</sup>,这正是保费的含义。

### (三) 人机共驾事故归责原则的法经济解释

相比过错责任,严格责任剔除了过错这一争端,使双方当事人更容易在庭外达成和解。在诉讼数量不变的前提下,严格责任下的诉讼风险管理成本低于过错责任,但在加入比较过失后这一情况会发生变化。虽然剔除过错的严格责任对交通事故受害人起到了保险作用,但成本高于保险产品。此外,由于在生产者内部有更高的信息成本,严格责任下的产业规模和经济纯利也要劣于过错责任。人机共驾汽车不断提高注



意水平,降低注意成本,会改变侵权责任对驾驶行为的影响和归责原则的运行效率。如果人机共驾可以深度降低注意成本,那么过错责任是高效的,但是当人机共驾技术并不成熟,让驾驶人经常提心吊胆时,就会增加注意成本,这时严格责任的效率更高。如果难以通过提高注意水平或减少驾驶活动水平降低人机共驾汽车事故,那么在严格责任下将比在过错责任下产生更多诉讼。

人机共驾汽车事故适用严格责任的一种解释是它被视为高度危险的活动。对于高度危险活动而言,虽然可以尽量防范和最大限度降低损害概率,但除非禁止,否则事故无法完全消除。侵权责任尽管在名义上依赖过错推导,但是越来越多的事故是被告并无实质过错,人机共驾汽车担责并不是因为他们在行驶中有特定过错,而是他们的驾驶活动所固有的危险性会产生不可避免的风险<sup>[37]</sup>。除调节交通参与者的注意水平之外,也要考虑人机共驾汽车活动水平的影响,而行驶里程数是衡量活动水平的主要因素,也是驾驶行为保险的风险因子之一,交通事故概率与行驶里程数之间具有显著的线性关系<sup>[38]</sup>。如果把人机共驾汽车的活动看作是一种新型风险,那么控制事故的最佳方法就是削减该活动的水平,或者在完全了解其风险和安全操作之前放慢普及速度。而最终的问题在于对自动驾驶这类人工智能技术的鼓励程度有没有超过其作为一种危险活动应该被限制的程度。如果人机共驾汽车让整体事故概率降低到某种程度,那么支持适用严格责任的这一理由便会消失。

自动驾驶汽车以其突出的智能性给消费者带来强烈的自我扩展感知,使消费者产生积极的购买意愿和产品评价<sup>[39]</sup>。如图3所示,在自动驾驶模式下,人机共驾汽车的注意成本变化不会影响注意水平,这时的事事故成本只与驾驶活动水平相关,而驾驶活动水平的变化必然影响车辆的购买需求。在图4中,曲线  $MC_p$  代表了汽车行业的私人边际成本曲线,曲线  $MC_s$  代表了包含事故成本的汽车行业社会边际成本曲线。严格责任会将人机共驾汽车的产量从  $q_0$  降低到  $q^*$ ,从而行业边际成本曲线将与私人边际成本曲线重合,化解了交通事故侵权风险的外部性问题,消除了对社会不利的事事故成本(图4阴影部分)。这种分析把事故双方的活动水平考虑在内,只需比较降低哪一方活动水平是降低事故成本更有效的方法。人机共驾汽车在算法决策时,也可以把活动水平的这种影响考虑在内。

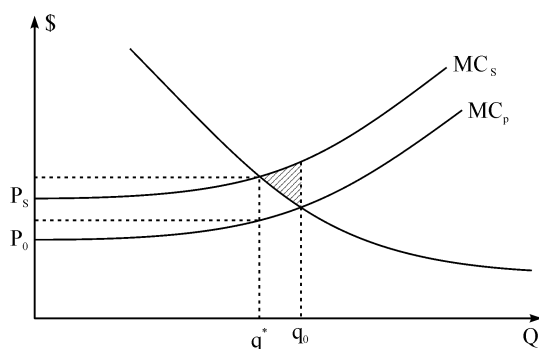


图4 严格责任改变的活动水平

## 四、人机共驾汽车事故保险的法经济分析

### (一) 人机共驾车辆保险的事故成本优势

**1. 事故直接成本优势。**以过错为中心的侵权责任体系倾向于以全有或全无的标准对人机共驾汽车事故做出个案式决定,而保险进行事故成本分配的依据远超出每起事故中牵涉的过错行为及其与损失之间的因果关系。首先,保险使针对肇事者个人的诉讼变为重复参讼者诉讼,保险人根据他们在侵权法规则以及和解准则的发展中所具有的长远利益处理个案,进而使行动中的侵权法从关注被告的主观过错转为关



注事故成本的总量控制<sup>[40]</sup>。其次,为减少事故直接成本而调整特定风险活动产生的分散成本取决于市场的合意,也取决于该风险活动与渴望减少的事故直接成本之间的因果关系,精细化的保费使得这一因果关系更加明确。最后,保险人根据被保险人历史风险增加或减少的保费在平衡保险金之余,同样具有侵权法的威慑功能,源自风险分散成本的威慑会影响投保人的事故直接成本。

**2. 风险分散成本优势。**保险人试图通过精细的保费计算迫使驾驶人在选择各种注意水平时把事故代价考虑在内,在一定程度上内化侵权成本。在没有保险的情况下,只能把成本分配给事故当事人,使其意识到调整注意水平可以改变行为成本。但如果个人高估或者低估事故落到自己身上的可能性,就会做出过度反应或者反应不足,减少常态下的活动水平或者增加风险活动,事故成本分配难以达到最优。保险契约可以有效地降低风险分散成本,增强侵权责任的威慑效应<sup>[41]</sup>。事故成本理论支持风险规避成本更低的一方负担事故直接成本,在不存在保险的情况下,如果事故加害人的风险偏好程度高于受害人,则侵权法采用严格责任更有效;如果受害人的风险偏好程度高于加害人,则侵权法采用过错责任更有效。保险合同可以将承担的风险转化为他人评估的货币条款,量化事故损失带来的痛苦,形成在风险活动与其替代品之间做出比较的风险偏好信息<sup>[42]</sup>。而对风险能够做出理性评价的非个体组织能以更低的成本决定损失分散的合理程度。

**3. 风险管理成本优势。**随着人机共驾汽车的普及,对事故个案的道德评判将进一步淡化,事故责任标准将更加市场化。侵权法通过法定程序和集体判断对驾驶活动形成特殊威慑,它的功能实现依赖相对纯粹的方法,试图禁止高风险的驾驶行为。而保险机制尽可能地以风险因子为基础评估驾驶风险,运用市场机制实施引导。侵权法依赖责任威慑防范事故,风险管理成本高于保险机制。以美国为例,侵权个案的管理费与受害人获得的赔偿数额大体持平,而经由保险的风险管理成本只占被保险人获赔保险金的1%—15%<sup>[43]</sup>。绝大多数汽车事故都是在没有诉讼的情况下经由保险完成赔付的,诉讼成本仅占事故总成本的1.3%<sup>[44]</sup>。在美国地方法院2015年受理的约4000起机动车致人伤害案件中,只有3%的案件进入了实质性审判阶段。反观我国情况,2014—2018年交通事故约1045425起,基层人民法院交通事故民事一审判决总量约837509件,70%以上的交通事故通过诉讼分担损失,风险管理成本应该得到控制。而定型化的保险赔付只需要确认事故概率和损失的近因,绕开了举证人机共驾汽车过错和因果关系的成本障碍。

## (二) 人机共驾车辆保险模式的事故成本比较

全球范围内主要存在两种机动车事故保险:一种是基于侵权责任的第三方责任保险,事故受害人获得加害人保险公司的赔付;另一种是基于严格责任的无过错第一方保险,受害人向自己投保的保险公司索赔。人机共驾汽车适宜哪种保险制度,需要观察、比较两种制度的事故成本。

**1. 事故直接成本比较。**无过错第一方保险在控制事故直接成本方面欠缺效率。第一,行人购买第一方保险使得人机共驾汽车的交易价格中不再包含事故的直接成本。这虽然鼓励了更多的汽车需求量,但会引发侵权外部性问题,严格责任会提高交通事故的死亡率。第二,无过错第一方保险的合理性基于社会责任理念,在赔偿的及时性和风险分散方面占优。但降低风险分散成本和降低事故直接成本的目标存在冲突,如果管理事故直接成本是社会治理的首要目标,那么具有社会保险性质的第一方保险的优越性将下降<sup>[45]</sup>。第三,无过错第一方保险对责任保险的替代虽扩张了赔付范围,但减少平均赔付数额。

侵权责任通过威慑提高驾驶人的注意成本,降低事故直接成本。责任保险有利于修复加害人无力赔付损失的难题,缓解外部性对侵权责任控制事故直接成本的不利影响。无过错第一方保险下,当过错责任原则引起的额外风险分散成本和不适当支出由行人群体承担时,对驾驶行为的特殊威慑效果将大大减弱。从这一点上考量,第三方责任保险对驾驶过错和事故数量的抑制更有效果。不过,随着人机共同驾驶和保险对事故赔偿的不断入侵,侵权责任对驾驶注意水平和活动水平的影响逐渐萎缩<sup>[46]</sup>。虽然以侵权责任为基础的第三方责任保险通过保费调整可以适度影响驾驶行为,但如果人机共驾有效抑制了人类介入的风险,不把驾驶行为作为风险因子考量的无过错第一方保险的合理性将更加明显。

**2. 风险分散成本比较。**把风险分摊给承受损失却最不容易遭受实质性经济或社会地位失落的人群可

以最大限度减少事故的风险分散成本。如果人机共驾仅能增加高收入人群的出行便利,那么“劫富济贫”的损失分散是高效的,把成本留在创造风险的群体中比全部分散更合理地分摊了事故成本。无过错第一方保险更容易将风险划分为风险池,在风险分散和补偿及时性上更具优势。保险人根据年龄、收入、职业、期望的保险范围、历史损失经验以及其他相关的个人特征来甄别被保险人,也可以定义范围更加狭窄的风险池,从而增加低风险者的购买量,最大化保险的可用性<sup>[47]</sup>。无过错第一方保险下,受害人直接向保险机构索赔,不用浪费人际和时间寄希望于加害人保单。美国近20年的保险数据显示,采用无过错第一方保险的州在保险密度和保费增长率上均高于其他州,尤其高于采用第三者责任保险的州,在剔除通货膨胀和事故率差异后这样的结果依然显著。而许多州在不采用无过错第一方保险后其责任保费出现了实质性下降。虽然美国保险业的发达程度和司法体制与我国有很大差异,但足以证明无过错第一方保险鼓励了人身损害赔偿的广泛可用性,在带来高额保费收益的同时可能增加不必要的风险分散成本<sup>[48]</sup>。

无过错第一方保险的被保险人可以是所有交通参与者,保险赔付基于相应的意外,无须证明过错,这一点对人机共驾交通事故的受害方更加有益。但由于交通参与者的范围不易被充分覆盖,车主、车乘人员和行人都可能成为被保险人,事故成本主要还是由社会买单。作为被保险人主体的行人不是有组织的群体,风险特征不明显,被营销的成本高昂。即使考虑到第三者责任保险会将事故风险传递给最不可能撞到行人的低风险人机共驾汽车,销售行人投保的无过错第一方保险也比车主购买的第三者责任保险在风险分散上更为昂贵。

**3. 风险管理成本比较。**即使第三方责任保险始终以责任和过错为前提,而诉讼成本又是政策制定者考虑的主要因素,在风险管理成本上也优于无过错第一方保险。第一,第一方保险涉及双重赔偿。虽然保险公司完全可以将加害人的责任事故排除在保险范围之外,或者要求被保险人事先将因事故可能拥有的法律权利转移给自己。但双重赔偿鼓励更多的受害人从自己的保险人和加害人那里获得重复的赔偿金。第二,追偿权的行使与否会影响到防止此类事故发生的激励。第一方保险的保险人向加害人追偿的成本明显高于第三者责任险保险人向自己客户追偿的成本。新西兰、以色列、澳大利亚澳北区、加拿大魁北克省和美国的15个州都明确选择无过错第一方保险。原因是这种责任体系中的事故受害人可以直接向保险人索赔,无须证明过错,具有更低的诉讼风险管理成本。由于保险业的发展程度差异,其他国家的保险模式并不一定适用于我国,只可引以为鉴。第三,无过错第一方保险的保障范围受限,难以覆盖严重交通事故,可能让受害人丧失诉权后得不到对价。当然,随着我国保险业的发展,这一差异会逐渐缩小,在评估风险管理成本时将更具参考价值<sup>[49]</sup>。人机共驾和车险费率市场化改革的推进可以降低无过错第一方保险在注意水平提升方面的不足,当市场化的费率与算法安全挂钩,无过错第一方保险就能更有效地管理事故成本。

## 五、结论与对策

### (一) 法经济分析结论

事故成本分析从降低事故直接成本、分散事故风险和优化事故管理成本角度,形成了对保险机制与侵权责任机制的统一评价。首先,如果让被告对事故损害负责在未来可以提高注意水平和驾驶安全,他的行为就被视为事故原因。其次,从责任与保险的互动角度,保险人收取的保费是对驾驶行为风险定价,通过市场机制影响人机共驾汽车活动水平,而侵权责任迫使行为人放弃搭乘人机共驾汽车以降低活动水平,本身是一种高额的保费。最后,化解人机共驾汽车事故归责困境的有效途径是改革交强险以适应自动驾驶时代的到来。在当前技术条件下,无论是单驾双控、双驾单控还是双驾双控结构的自动驾驶汽车,人类驾驶者依然掌握控制权,未来一定时间内交强险依然以驾驶行为风险为中心。但我国交强险不能只在坚持第三方责任保险的基本构架下强调对受害人损害的尽快填补,应该从强化交强险给付条件的独立性等方面体现无过错保险在风险分散和风险管理上的优势。

## (二) 以控制事故成本为目标调整归责原则

由《民法通则》到《侵权责任法》再到现在的《民法典》,由《道路交通事故处理办法》到现在的《道路交通安全法》,我国机动车交通事故责任归责原则一直在过错责任与无过错责任之间摇摆,现行法主要体现的是过错责任<sup>[50]</sup>。如果政策制定者把事故直接成本作为首要成本加以控制,那么将《道路交通安全法》第76条的过错责任调整为严格责任更有效率。针对人机共驾汽车,可以将《道路交通安全法》因事故主体不同而设置的复杂归责体系予以简化,统一为严格责任体系,以降低风险管理成本。就归责原则而言,可以无限接近于无过错责任。只有驾驶人能够证明自动驾驶汽车有缺陷,即使尽到高度注意义务仍无法避免发生事故造成损害的情形下,才应当由生产者、设计者、销售者承担产品责任<sup>[51]</sup>。而如果自动驾驶能有效降低事故概率和注意成本,那么风险分散成本和风险管理成本就可能成为首要成本,从而促使过错责任复兴。因为在较高注意成本下严格责任更优,在较低注意成本下过错责任更优。事故保险的目标应是在多大程度上提升过错责任的救济效率,如果人机共驾车辆保险在既有框架下预先对侵权责任的确定不可避免,那么立法者对制度变革的重点就应该集中在如何对侵权责任的构成要件进行妥善设计,使得侵权责任的认定变得相对容易,诸如对过错进行重构、放宽因果关系的认定以及尽量限制对受害人与有过失的抗辩等改革措施<sup>[52]</sup>。

## (三) 以过错为界限定位侵权法与交强险的功能

我国的交强险制度在一定程度上受到了无过错保险思潮的影响,为了尽快填补受害人的损失超越了责任保险定位,并试图让保险给付与侵权损害赔偿分离,因此采纳了无过错赔付规则。但交强险未在制度设计过程中贯彻以权利置换来实现事故成本分散的无过错保险精髓,仍是依照责任保险的模式片面强调保险给付的独立性。交强险未对事故受害人侵权法上的权利设置太多的限制,产生了保费负担沉重和保障程度不高的风险分散不利,事故诉讼的风险管理成本高昂,不利于互联网时代的保险消费者保护<sup>[53]</sup>。人机共驾汽车事故虽然可以适用严格责任原则,但交强险部分不应适用过失相抵,即受害人的故意或过失虽然影响其与被保险人之间的损害赔偿关系,但不应该影响交强险的保险责任范围。交强险虽然不是纯粹补偿性的无过错保险,但也应该与侵权法降低事故直接成本的目标分离,关注事故风险分散成本。我国交强险的功能不取决于事故归责原则和保险法逻辑,而应该与费率水平、赔偿范围、赔偿限额、交通状况和事故率相关<sup>[54]</sup>。

## (四) 利用无过错保险调整交强险

伴随着自动驾驶不断降低注意成本,过错在交通事故责任中的地位不断下降,无过错保险的正当性逐渐显现。相比第三者责任保险,严格责任与无过错第一方保险的配合能更广泛地分散事故成本,在风险管理成本上的优势更被关注。交强险的事故成本评估应从长远考虑自动驾驶降低事故率的能力。

**1. 规定受害人直接请求权以降低风险管理成本。**我国交强险本身具备了无过错第一方保险的特点,但又没有脱离责任保险独立存在。《机动车交通事故责任强制保险条例》第31条第1款规定,“保险公司可以向被保险人赔偿保险金,也可以直接向受害人赔偿保险金”。它并非强制保险人向受害人直接赔偿,也未授权受害人可以直接向保险人索赔,受害人能否直接从保险人处获得赔偿取决于保险人的意愿,交强险实未与侵权责任真正脱钩,还难说是无过错保险<sup>[55]</sup>。从强化交强险的风险分散功能出发,可以规定受害人直接请求权以提高赔付效率,贴近无过错第一方保险。

**2. 拓宽保险责任范围以降低风险分散成本。**人机共驾汽车在自动模式下,所有车乘人员都应当得到保险保障。人类驾驶者可能是事故的纯粹受害者,因为任何人参与交通事故成本分配都有权就人身伤亡和财产损失获得风险对价。抓住自动驾驶的发展机遇,以车险综合改革为抓手,优化交强险费率,使其更好地发挥风险分化和抑制信息不对称的功能,把交强险保障范围扩大到所有车乘人员。

**3. 调整保险人追偿权平衡事故成本。**当前,事故直接成本是各国政策制定者关注的首要成本,责任保险经常在一定程度上牺牲风险管理成本以追求事故直接成本的降低,而追偿权的存在就是最好的例证。《机动车交通事故责任强制保险条例》第22条和《最高人民法院关于审理道路交通事故损害赔偿案件适用

法律若干问题的解释》第18条规定了交强险保险人的追偿权。交强险保险人有权就醉驾、毒驾等恶意肇事行为实施追偿,以抑制道德风险的扩张。但未来自动驾驶将剔除大量危险驾驶行为,使追偿权指向车辆实际控制人在不适宜情形下启动自动模式、随意更换自动驾驶系统或故意不更新软件系统等恶意行为,与汽车生产者的产品警示义务关联。现实中,保险人很有可能放弃追偿,因为证明生产者责任的信息成本远高于对驾驶行为责任的证明。而随着自动驾驶不断降低事故概率,减少事故直接成本,政策制定者对风险分散成本与风险管理成本的偏好将不断上升,保险人的追偿权可以被保费吸收。

#### 参考文献:

- [1] 乌尔里希·贝克. 风险社会——新的现代性之路[M]. 张文杰,何博闻,译. 南京:译林出版社,2018:61.
- [2] LANDES E M. Insurance liability and accidents;a theoretical and empirical investigation of the effect of no-fault accidents[J]. *Journal of Law and Economics*,1982,25(1):49-65.
- [3] GRABOWSKI H,VISCUSI W K,EVANS W N. Price and availability trade offs of automobile insurance regulation[J]. *Journal of Risk and Insurance*,1989,56(6):275-299.
- [4] COHEN A,DEHEJIA R. The effect of automobile insurance and accident liability laws on traffic fatalities[J]. *Journal of Law and Economics*,2004,47(10):357-392.
- [5] NHTSA. National motor vehicle crash causation survey report to congress[R]. Washington, D. C. : National Highway Traffic Safety Administration,2008.
- [6] Tráfico A D. Google self-driving car testing report on disengagements of autonomous mode[R]. Mountain View:Google,2016.
- [7] 冯珏. 自动驾驶汽车致损的民事侵权责任[J]. *中国法学*,2018(6):109-132.
- [8] 宗长富,代昌华,张东. 智能汽车的人机共驾技术研究现状和发展趋势[J]. *中国公路学报*,2021(6):214-237.
- [9] 刘瑞,朱西产,刘霖,等. 基于非合作模型预测控制的人机共驾策略[J]. *同济大学学报(自然科学版)*,2019(7):1037-1045.
- [10] SCHOETTLE B,SIVAK M. A preliminary analysis of real-world crashes involving self-driving vehicles[R]. Ann Arbor:The University of Michigan Transportation Research Institute,2015.
- [11] 张新宝,解娜娜. “机动车一方”:道路交通事故赔偿义务人解析[J]. *法学家*,2008(6):46-52.
- [12] 张新宝. 道路交通事故责任归责原则的演进与《道路交通安全法》第76条[J]. *法学论坛*,2006(2):117-121.
- [13] 司晓,曹建峰. 论人工智能的民事责任:以自动驾驶汽车和智能机器人为切入点[J]. *法律科学(西北政法大学学报)*,2017(5):166-173.
- [14] 帅奕男. 数字时代的司法范式转型[J]. *求是学刊*,2021(6):121-133.
- [15] 魏建. 当代西方法经济学的分析范式研究[D]. 西安:西北大学经济管理学院,2001.
- [16] 何大安. 人工智能经济学的思想端倪及建构路径[J]. *商业经济与管理*,2021(9):5-16.
- [17] 理查德·波斯纳. 法律的经济分析[M]. 蒋兆康,译. 北京:法律出版社,2012:150.
- [18] 诺斯. 西方世界的兴起[M]. 厉以平,蔡磊,译. 北京:华夏出版社,1999:193.
- [19] 郑戈. 功能分化社会的法学与经济学——圭多·卡拉布雷西与《法和经济学的未来》[J]. *中国法律评论*,2019(2):162-174.
- [20] CALABRESI G,MELAMED A D. Property rules,liability rules,and inalienability:one view of the cathedral[J]. *Harvard Law Review*,1972,85(6):1089-1128.
- [21] SHAVELL S. Economic analysis of accident law[M]. Cambridge:Harvard University,1987:47.
- [22] SLOAN F A,REILLY B A,SCHENZLER C. Effects of prices,civil and criminal sanctions,and law enforcement on alcohol-related mortality[J]. *Journal of Studies on Alcohol*,1994,55(4):454-465.
- [23] 余晓莉,魏建. 机动车与行人间交通事故责任的最优配置——与新《道路交通安全法》第76条的归责原则比较[J]. *制度经济学研究*,2006(4):61-72.
- [24] 威廉·兰德斯,理查德·波斯纳. 侵权法经济结构[M]. 王强,杨媛,译. 北京:北京大学出版社,2005:73.
- [25] LIAO Y P,WHITE M J. No-fault for motor vehicles:an economic analysis[J]. *American Law and Economics Review*,2002,4(2):258-294.

- [26] COOTER R, PORAT A. Does risk to oneself increase the care owed to others? law and economics in conflict[J]. The Journal of Legal Studies, 2000, 29(1): 19-34.
- [27] SHAVELL S. On the social function and the regulation of liability insurance[J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance, 2000, 25(2): 166-179.
- [28] 冯珏. 汉德公式的解读与反思[J]. 中外法学, 2008(4): 512-532.
- [29] 蔡星月. 算法正义: 一种经由算法的法治[J]. 北方法学, 2021(2): 137-145.
- [30] 桑本谦. 推定与汉德过失公式[J]. 广东社会科学, 2003(4): 134-138.
- [31] KAMIN K A, RACHLINSKI J J. Ex post  $\neq$  ex ante-determining liability in hindsight[J]. Law and Human Behavior, 1995, 19(1): 89-104.
- [32] 张保生, 郑飞. 世界法治指数对中国法治评估的借鉴意义[J]. 法制与社会发展, 2013(6): 3-13.
- [33] BAKER T. Liability insurance as tort regulation: six ways that liability insurance shapes tort law in action[R]. Storrs: University of Connecticut School of Law Articles and Working Papers, 2006.
- [34] EDLIN A S. Efficient standards of due care: should courts find more parties negligent under comparative negligence? [J]. International Review of Law and Economics, 1994, 14(1): 1-34.
- [35] BATHAEE Y. The artificial intelligence black box and the failure of intent and causation[J]. Harvard Journal of Law and Technology, 2018, 31(2): 890-938.
- [36] 斯蒂文·萨维尔. 事故法的经济分析[M]. 翟继光, 译. 北京: 北京大学出版社, 2004: 136-137.
- [37] 伯纳德·施瓦茨. 美国法律史[M]. 王军, 译. 北京: 法律出版社, 2011: 218.
- [38] 孟生旺, 黄一凡. 驾驶行为保险的风险预测模型研究[J]. 保险研究, 2018(8): 21-34.
- [39] 杨慧, 王舒婷. 人工智能产品对消费者自我扩展感知的影响研究[J]. 江西社会科学, 2021(11): 211-220.
- [40] 汤姆·贝克, 李威娜. 作为侵权法规则的责任保险——责任保险影响行动中的侵权法的六种途径[J]. 人大法律评论, 2012(2): 259-273.
- [41] GERHARD W. Tort law and liability insurance[J]. Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice, 2006, 31(3): 277-292.
- [42] 卡拉布雷西. 事故的成本[M]. 毕竟悦, 陈敏, 宋小维, 译. 北京: 北京大学出版社, 2008: 87.
- [43] 胡伟强. 《侵权责任法》中公平责任的适用——一个法经济学的解释[J]. 清华法学, 2010(5): 94-105.
- [44] NHTSA. The economic and societal impact of motor vehicle crashes[R]. Washington, D. C.: National Highway Traffic Safety Administration, 2014.
- [45] 马宁. 中国交强险立法的完善: 保险模式选择与规范调适[J]. 清华法学, 2019(5): 149-167.
- [46] BAKER T. Liability insurance, moral luck and auto accidents[J]. Theoretical Inquiries in Law, 2008, 9(1): 165-184.
- [47] PRIEST G L. The current insurance crisis and modern tort law[J]. The Yale Law Journal, 1987, 96(6): 1521-1590.
- [48] ANDERSON J M, HEATON P, CARROLL S J. The U. S. experience with no-fault automobile insurance: a retrospective[R]. Santa Monica: RAND Institute for Civil Justice, 2010.
- [49] 刘轶. 保险欺诈及其监管问题的中美比较研究[D]. 保定: 河北大学经济学院, 2017.
- [50] 杨立新. 我国道路交通事故责任归责原则研究[J]. 法学, 2008(10): 109-118.
- [51] 杨立新. 用现行民法规则解决人工智能法律调整问题的尝试[J]. 中州学刊, 2018(7): 40-49.
- [52] 张力毅. 比较、定位与出路: 论我国交强险的立法模式——写在《交强险条例》出台 15 周年之际[J]. 保险研究, 2021(1): 107-122.
- [53] 董捷, 何静, 吕红平. 互联网视角下的保险消费者权益保护[J]. 江淮论坛, 2021(3): 55-60.
- [54] 姜强. 交强险的功能定位及其与侵权责任的关系——审理机动车交通事故损害赔偿案件的制度背景[J]. 法律适用, 2013(1): 51-56.
- [55] 邢海宝. 我国交强险不是无过错保险[J]. 保险研究, 2014(8): 120-127.

