



# 中美智能交通白皮书

CAICT 中国信通院

B | Center for  
Technology Innovation  
at BROOKINGS

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路52号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304839

传真：010-62304980

网址：[www.caict.ac.cn](http://www.caict.ac.cn)



2017年12月15日

# 中美智能交通白皮书

美国布鲁金斯学会 Darrell M. West  
中国信息通信研究院 葛雨明 刘晓曼 汤立波

随着社会经济的快速发展，汽车保有量持续增加，以及人口向城市迁移，城市地区人口密度不断增加，许多国家都饱受交通问题的困扰<sup>1-3</sup>。交通拥堵、环境污染、交通事故、道路基础设施面临升级换代等问题层出不穷，在导致财产损失和人身伤害的同时也严重影响了整个交通系统的生产效率和社会经济的增长<sup>4-9</sup>。

新一代信息通信技术为交通的智能化发展带来新契机，能够更全面地获取交通状态并分析多维交通信息数据、及时地侦测道路交通异常、更准确地协调车辆和基础设施的运行情况、更有效地为出行者和货物运输提供交通信息与出行手段，大大提高交通的安全性、经济性和可操作性<sup>10-14</sup>。

本白皮书总结介绍了新一代信息通信技术的优势特点，透过中国和美国智能交通的发展现状，探讨智能交通未来发展趋势和重点任务，提出发展智能交通的措施建议，并寻求深化中美智能交通合作。

## 一、当前交通面临的重要问题

### （一）交通拥堵

交通拥堵直接影响人们生活质量和出行效率，造成大量时间浪费和经济损失，制约社会经济快速发展<sup>15-17</sup>。据统计，行车延误浪费了超过30亿加仑的燃料和近70亿小时的时间<sup>18</sup>。交通拥堵不仅

与汽车保有量的快速增长有关，也与道路基础设施的发展水平相关，当前道路的承载量已远远不能满足城市交通发展需要<sup>19</sup>。由于美国道路基础设施部署相对较早，当前许多美国道路都处于不符合标准的状态，每五公里的公路路面就有一公里状况不佳，需要修复的道路数量极大且在持续增长<sup>20</sup>。

## （二）空气污染

城市道路交通运输已成为城市空气污染的主要来源之一，汽车在城市交通运输体系中扮演着重要的角色<sup>21-22</sup>。由于内燃机的运行，汽车会排放污染空气的有害气体，一定程度造成城市的雾霾<sup>23</sup>。汽车尾气污染加重的原因有两个方面：一是汽车总量的增加，二是道路交通堵塞和低速行驶<sup>24</sup>。2016年的一项研究估计，红灯或交通拥堵时，汽车排放的有害气体比正常行驶时高出40%之多<sup>25</sup>。

## （三）交通事故

城市道路交通快速发展的同时，道路交通事故伤亡是中美共同面对的一大公共健康难题。交通事故是造成15-29岁年龄段人群意外死亡的首要因素<sup>25</sup>。在美国每年约有3.5万人死于交通事故，在中国每年约有26万人死于交通事故<sup>25-28</sup>；每年交通事故死亡造成的经济损失达2600亿美元，事故伤害造成经济损失高达3650亿美元，这代表每年道路交通事故伤亡费用总额达6250亿美元<sup>29</sup>，严重影响着社会经济的发展 and 稳定<sup>30-32</sup>。

## 二、新一代信息通信技术为智能交通发展带来新契机

新一代信息通信技术时时刻刻影响着交通的智能化发展，成为交通更全面获取交通状态、更及时侦测道路交通异常、更准确掌握车辆和基础设施运行状况、更有效提供出行者和货物运输交通信息的有力工具。

### （一）泛在互联能力

城域光网和高速无线移动接入技术的发展为实现“无处不在的智能交通”提供了基础条件。当前，智能交通服务借助成熟的宽带无线网络部署，能够为出行者和物流配送提供任意地点、任意时间、任何设备的及时可信交通信息咨询。未来，LTE-V2X、5G-V2X等车用无线通信技术，将具备超低时延、超高可靠、超大带宽的无线通信能力，一方面可以把“人-车-路-云”等交通参与要素有机地联系在一起，提供比单车感知更多的感知信息，支撑实现远程遥控、高级阶段自动驾驶等创新应用；另一方面，有助于构建“一张网”的智能交通体系，促进汽车和交通服务的新模式新业态发展，对提高交通效率、节省资源、减少污染、降低交通事故发生率、改善交通管理等具有重要意义。

### （二）智能处理能力

人工智能超越了传统的基于规则的算法，呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新的发展特征。应用人工智能和高级机器学习技术，将衍生出一系列创新的智能设备，并对现有的设备、应用和服务提供嵌入式的智能处理能力<sup>33</sup>。嵌入道路中的智能传感器可以帮助动态交通信号灯确定灯光跳转的频率，协助在发生拥堵和道路交通事故时的操控，以便车流以最有效的方式通行，提高交通流的效率<sup>34</sup>。同时，加快人工智能技术在智能交通领域应用，加强车载感知、自动驾驶等技术集成和配套，开发智能交通感知系统，有利于促进自动驾驶汽车在交通运输领域内的发展与应用。

### （三）大数据分析能力

道路管理越来越离不开数据的支持。基于大数据和云计算处理能力，可以建立复杂场景下的多维交通信息综合大数据应用平台<sup>35</sup>，有助于建立城市交通运行风险预警与应急处理体系，避免公共交通以及危险品运输车辆的恶性事故发生，并实现智能化交通疏导和综合运行协调指挥，建成覆盖地面、轨道、低空和海上的智能交通监管和服务系统<sup>36</sup>。阿里的城市大脑、滴滴出行的智慧交通平台等大数据产品已经在多个城市投入使用，海量交通大数据反映城市道路运行情况以及相关民生态势，为城市管理者提供新的决策支持。

## 三、中国与美国的智能交通发展现状

### 1、中国发展现状

交通是中国高速公路安全和智慧城市应用的前沿。根据英特尔公司阿莎·凯迪的说法，部署的规模令人难以置信，中国仅一个城市的规模可与世界其他地区的整个国家相媲美<sup>37</sup>。中国政府积极出台相关政策，为智能交通发展创造良好环境。政府、行业和企业共同发力，产品研发和标准制定取得积极进展。同时开展了一系列示范项目，加快智能交通发展。

#### （一）政府积极出台政策，营造智能交通发展环境

国务院于2015年先后发布了《中国制造2025》<sup>38</sup>及《“互联网+”发展战略》<sup>39</sup>，将新一代信息技术与制造业深度融合作为重点发展领域，提出发展智能汽车等智能终端产品，不断拓展制造业新领域；此外，提出了包括统筹布局和推动智能交通工具等产品研发和产业化在内的5项重大工程。

2016年8月，国家发展和改革委员会、交通运输部联合发布《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》<sup>40</sup>，提出加快车联网、船联网建设，发展车联网和自动驾驶技术，构建国家级车联网无线技术验证平台等，推动构建下一代交通信息基础网络。

2017年2月，国务院发布《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》<sup>41</sup>，提出加快推进智慧交通建设，不断提高信息化发展水平，充分发挥信息化对促进现代综合交通运输体系建设的支撑和引领作用。到2020年，基本建成安全、便捷、高效、绿色的现代综合交通运输体系，部分地区和领域率先基本实现交通运输现代化。

2017年4月，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部联合发布《汽车产业中长期发展规划》<sup>42</sup>，提出智能网联汽车推进工程，到2020年，汽车DA（驾驶辅助）、PA（部分自动驾驶）、CA（有条件自动驾驶）系统新车装配率超过50%，网联式驾驶辅助系统装配率达到10%，满足智慧交通城市建设需求。到2025年，汽车DA、PA、CA新车装配率达80%，其中PA、CA级新车装配率达25%，高度和完全自动驾驶汽车开始进入市场。

为更好地解决智能交通行业发展面临的跨部门协调问题，工业和信息化部作为召集人组织成立了车联网产业发展专项委员会，合力推动相关产业发展<sup>43</sup>。专项委员会于2017年9月7日召开第一次全体会议，提出做好国家层面的顶层设计和统筹规划，务实推动产业发展；加快关键技术标准研制，促进多领域协同创新；促进LTE-V2X车联网无线通信技术等新技术的部署和应用，推动5G与车联网融合发展；强化安全管理，保障关键环节的信息和网络安全；积极开展国际交流，促进国内外产业合作。

## （二）政府、行业、企业共同推动，标准、研发取得积极进展

在标准方面，政府积极引导，充分调动行业、企业的积极性。工业和信息化部以促进汽车产业、通信产业创新融合，支持智能交通应用发展为导向，联合国家标准化管理委员会于2017年编制了《国家车联网产业标准体系建设指南》<sup>44</sup>系列文件，包括总体要求、智能网联汽车、信息通信、电子产品和服务部分。

全国智能运输系统标准化技术委员会已发布90余项智能交通国家和行业标准，覆盖交通信息服务、交通与紧急事件管理、综合运输及运输管理、车辆辅助驾驶与自动公路等内容，为智能交通系统的示范和应用提供了有力支撑。同时，启动了智能驾驶分类分级、自动紧急制动、倒车安全预警、换道决策辅助、弯道速度预警、车路交互信息集、高精度电子地图等标准的研制工作。

在工业和信息化部、交通运输部等主管部门的积极指导下，面向交通安全预警和效率提升的LTE-V2X车联网无线通信技术系列标准将于2017年底完成制编，包括《基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求》、《基于LTE的车联网无线通信技术 空中接口技术要求》、《基于LTE的车联网无线通信技术 安全总体技术要求》等行业标准，以及《合作式智能交通运输系统 专用短程通信 网络层与应用层规范》等国家标准。

在研发方面，相关企业积极进行技术储备，呈现产业融合发展态势。一是交通运输行业北斗卫星导航系统前装率和使用率显著提高，定位精度显著提高，覆盖区域快速拓展，对车联网以及自动驾驶等起到基础支撑作用。二是传统汽车企业、零部件厂商和科研机构已开始研发并量产辅助驾驶装备，积极进行更高级自动驾驶技术及产品的开发。三是华为、大唐等通信企业积极开展LTE-V2X通信技术研究，并计划发布LTE-V2X测试芯片，为构建“人-车-路-云”协同的无线通信网络奠定基础。四是百度、驭势科技、智行者等互联网企业或初创企业积极开展自动驾驶决策规划、多源信息融合等关键技术研究，并与传统汽车制造商携手合作开发自动驾驶系统。五是滴滴出行、阿里巴巴等信息服务提供商，以操作系统、大数据、云计算平台为优势，助力全新智能交通生态圈的建立。目前，中国共享出行用户服务规模已突破4亿，阿里与上汽也已联合推出了“互联网汽车”。

与此同时，为更好地加强跨行业企业的沟通协作，众多跨行业的联合组织、联盟协会相继成立。如IMT-2020（5G）推进组成立蜂窝车联（C-V2X）工作组，开展LTE-V2X的技术研究、试验验证和产业与应用推广，以及5G-V2X的业务需求及关键技术研究<sup>45</sup>；中国智能交通产业联盟，旨在进一步推动智能交通系统产业化、标准化、检测服务和应用等方面的工作；中国智能网联汽车产业创新联盟，跨行业开展技术、业务、人才等全方位的合作，加快共性技术的科研攻关和产业化，共同推动中国智能网联汽车健康有序发展。

## （三）应用示范，促进技术成熟和产业化发展

中国政府通过批复试验频段和组织开展测试示范等工作积极推动智能交通相关行业的技术研发和产业化。

一是工业和信息化部于2016年11月批复IMT-2020（5G）推进组和车载信息服务产业应用联盟将5.905-5.925GHz（20MHz带宽）作为LTE-V2X直接通信技术的测试频段，开展通信性能和互操作测试。

二是工业和信息化部与北京-保定、重庆、浙江、吉林、湖北等地方政府签署了“基于宽带移动互联网的智能汽车、智慧交通应用示范合作框架协议”示范合作框架协议；与公安部、江苏省人民政府签署“国家智能交通综合测试基地共建合作协议”；通过智能制造试点示范项目支持上海市建设智能网联驾驶示范区，开展智能交通、车联网、智能网联汽车、自动驾驶技术创新和标准制定、促进产业融合创新、培育发展新型业态。

三是交通运输部依托公路综合试验场，建设了智能驾驶测试基地，设计了模拟城市道路、车路通信基础设施、交通信号设施、各种路侧智能化设备、气象及隧道模拟专用设备，支持自动驾驶和车路协同测试；2017年8月交通运输部启动新一代控制网及智慧公路示范应用，“十三五”期间选取7个示范省市进行新一代智能交通应用示范。

四是跨行业企业合作开展应用示范。中国移动、上海汽车集团、华为等在杭州云栖小镇、上海嘉定开展智能交通LTE-V2X主动安全预警应用示范；中国汽车工程研究院股份有限公司、大唐电信、长安汽车等在重庆I-VISTA（智能汽车集成系统试验区）开展LTE-V2X技术测试及示范，支持车-车交互的安全预警、道路施工预警、交叉路口行人检测等应用；公安部交通管理科学研究所、中国移动、华为和一汽集团等在无锡开展红绿灯诱导通行、路口交通冲突预警等应用示范<sup>46</sup>；交通部公路科学研究院、华为在交通运输部公路交通试验场开展LTE-V2X主动安全、自动驾驶应用示范；滴滴出行和济南、武汉、成都、苏州、贵阳等城市的交通管理部门合作，以浮动车轨迹数据为基础优化“智慧信号灯”、潮汐车道以及智慧公交，取得显著效果<sup>47</sup>。

## 2、美国的发展现状

为了加快建设智能交通系统，美国的汽车制造商、高科技公司和通信运营商共同开发车联网无线通信技术和相关标准，并与政府部门合作，克服分散的监管体制，制定有利于道路测试、自动驾驶软件系统开发和乘客保护的政策法规。

### （一）政府监管系统分散，法规政策环境逐步构建

在美国的交通管理系统中，联邦公路管理局管理州际公路，各州和地方的政府管理其他大多数道路。这种分散的管理系统容易暴露融资、投资、创新等问题，对于交通管理系统中出现的各类问题应该由哪些监管部门负责，经常得不到确切答案。根据前谷歌公司Chris Urmson的说法，近两年美国23个州引入了53条涉及自动驾驶汽车的立法，其中5个州已经通过了相关立法，但目前还缺少共同的定义、认证认可等<sup>48</sup>。

为了简化监管机构，美国国家公路交通安全管理局制定了旨在促进产业创新，同时保护乘客安全的规则，主要包括各州统一规定的指导方针、新增的安全法规、新功能的操作指南和鼓励使用自动驾驶汽车等内容<sup>49</sup>。对于汽车制造商来说不乐观的地方在于美国政府目前仍然要求自动驾驶汽车必须保留车里的方向盘和刹车系统。在分阶段实施自动驾驶汽车过程中，与过去引入前装安全气囊等其他汽车功能相类似，汽车制造商通常会在5到10年内达到新的安全标准<sup>50</sup>。

### （二）汽车制造商结合自身优势创新技术合作，开展道路测试

美国许多领先的汽车制造商和高科技公司通过引入高精度定位导航系统和摄像头，使得汽车具备了变道预警、防碰撞等功能。随着远程传感器、人工智能、大数据分析和低时延无线通信技术的出现，很多企业加速研发和部署相关工具，努力为实现半自动和全自动驾驶汽车的商业化铺平未来之路。

美国福特、特斯拉、通用汽车、克莱斯勒等汽车制造商纷纷开展道路测试，获得了自动驾驶软件系统改进和汽车上路操作的宝贵经验。谷歌Waymo已经开展300万英里的测试道路，并记录下了整个过程的数据信息<sup>51</sup>。此外，英特尔和福特正在合作探索将摄像头与远程传感器技术集成的有效途径。

### （三）形成科技创新集聚效应，推动产业创新发展

美国的大部分交通行业创新发生在地方一级。比如，洛杉矶市拥有约七百万日常上班族，面临着严重的交通拥堵问题，为了提高公路运输效率，该市同步了4500个交通信号灯，同时，规划人员部署了测量交通流量的道路磁传感器、智能摄像头和中央计算机系统，可进行不间断的调整，尽可能保持汽车顺畅通行<sup>52</sup>。传感器收集的数据实时发送到城市信息网络系统，可基于交通流量对红灯时间进行即时调整，这一措施取得了积极成效，采用这套系统后穿越城市的平均交通速度提高了16%，主要十字路口的延误降低了12%。此外，与之前的城市道路上的平均速度每小时只有15英里相比，同步信号灯后提高到了每小时17.3英里<sup>53</sup>。

美国的其他城市也在同步部署动态智能交通信号灯。动态智能交通信号灯是根据交通流量来即时调整时间的，佛罗里达州圣彼得堡正处于部署此类系统的早期阶段。目前，该州依靠交通协调员来监控视频，并使用无线信号来切换交通信号灯，若协调员监测到主要街道出现交通堵塞状况或者接到驾驶员的拥堵投诉，便可迅速调整信号时间。从2018年开始该市将使用智能交通信号灯系统，通过远程传感器测量的交通流量信息来自动切换信号灯。德克萨斯州泰勒市推出了这种智能交通系统，发现减少了22%的交通延误<sup>54</sup>。匹兹堡市在市区50个交叉路口进行了实际测试，并表示减少了25%的出行时间<sup>55</sup>。

#### （四）获得乘客信任成为扩大自动驾驶汽车接受度的关键

在美国，获得乘客信任是在公众中扩大接受自动驾驶汽车的关键要素<sup>56</sup>。在向半自动或全自动驾驶转变的过程中获得乘客对汽车相关软件和硬件的信任尤为重要。在美国，乘客需要相当大的勇气和信心才能接受将车辆的操作权交给智能化的设备。

英特尔自动驾驶解决方案总监 Jack Weast 表示，当把人们信任体现到人机交互体验中时，人们对机器安全性和信赖就会发生显著变化<sup>57</sup>。行为学家 Nicholas Epley、Joy Heafner 和 Adam Waytz 在一项研究中发现，当被给予女性声音时乘客更可能信任汽车。通过在自动驾驶汽车中使用一个名为 Iris 的软件，发现使用 Iris 软件的乘客舒适度大约是未使用情况的四倍。Epley 指出，声音的存在对于思维推断是至关重要的，当听到有人讲话时，就会被认为是更有思想、更体贴和更合理的。

## 四、下一步重点工作

建立完善的智能交通发展体系，需要将信息化、智能化贯穿于交通建设、运行、服务、监管等全链条各环节，全面推动无线通信、云计算、大数据、物联网、移动互联网、人工智能等新一代信息通信技术与交通行业的深度融合和创新发展。

### （一）加快道路交通基础设施的信息化建设与改造

道路交通基础设施的信息化建设是实现智能交通的基础，亟需加大对道路交通基础设施的信息化投资来实现基础设施的新建和升级改造。包括将交通标识/标线等各种设施都“通上电”，给充电桩、摄像头、交通雷达等各种设施都“连上网”，给道路、桥梁、隧道等设施安装传感器，建立交通基础设施综合信息数据库，形成多维监测能力。推动道路交通基础设施运行数据开放，例如信号灯限速指示、交通雷达以及交通摄像头等，实现交通流、路况拥堵、气象等信息的实时监测，提高车辆对道路交通环境的感知能力。

### （二）构建“人-车-路-云”协同的无线通信网络

充分利用现有的不停车电子收费系统（ETC）及通信运营商的LTE无线通信网络，逐步实现LTE-V2X无线通信网络部署，同时探索在重点地区、重点路段建设提供超低时延、超高可靠、超大带宽的5G-V2X无线通信网络，将道路交通基础设施、车辆、出行者、服务提供者等交通要素连接起来，支撑构建“一张网”的公路智能交通体系。

### （三）推动定位导航系统在交通运输行业的应用

研究厘米级高精度定位技术以及基于低成本传感器的众包高精度地图采集技术，加强全天候、全天时、高精度的定位、导航等服务对自动驾驶及车路协同的基础支撑作用，全面满足未来自动驾驶汽车的地图需求。拓宽导航和地图在车辆监管等方面的应用，更好地服务于旅客出行、现代物流和旅游休闲等。

## （四）推进云计算与大数据技术应用

强化交通运输大数据采集、挖掘和应用，促进交通行业各领域数据资源的综合开发利用和跨部门共享共用，实现智能化交通疏导和综合运行协调指挥，为出行者随时随地提供所需的出行计划和实时出行信息，支撑开展智能化枢纽管理、多式联运、分时租赁/汽车共享等典型智能交通试点应用，推动智慧城市的建设和发展。

## （五）推进自动驾驶汽车研发、测试及应用示范

突破车辆先进传感器、芯片、控制及执行单元等设备研发，开发车载操作系统、中间件及重要应用软件，研究多源信息融合、路径规划、智能决策、人机交互等算法，设计开发面向智能交通环境下的汽车产品及相关硬件装置，推进高等级自动驾驶汽车的研发和应用。推进封闭试验场、半开放和开放测试环境建设，实例验证辅助驾驶、客货车编队协同行驶等不同阶段的自动驾驶应用。

## 五、实施保障举措

智能交通的发展是一项长期性、高难度、高复杂性的系统工程。因此，必须集聚汽车、信息通信、电子、交通等方面的优势资源，从加快战略统筹部署、完善法规和标准、关注隐私保护、保障交通系统安全、加强国际合作交流等方面共同发力。

### （一）加快战略统筹部署

从国家层面加强智能交通的战略规划和统筹部署，明确智能交通发展战略目标和任务。加强组织实施，汇聚政府部门、研究机构、重点企业、行业组织等多方力量，推动智能交通领域的重大战略研究、核心技术研发、产业生态培育、基础设施建设、法规标准修订、车网运行管理、信息安全监管等。

### （二）完善法规和标准

梳理并研究制约智能交通发展的法律规范问题，针对当前面临的监管缺失，开展前瞻性的法律储备研究，营造保障安全、促进发展的法制环境。同时，加快智能交通技术标准体系的建立和完善，制定智能交通领域共性基础、跨界融合的技术标准规范，建立覆盖基础通信、复杂环境感知、决策控制、信息安全、应用服务等多种技术、多个维度的综合标准体系。

### （三）关注数据和隐私保护

加强智能交通数据保护管理，建立数据全生命周期的管理机制，提高数据在采集、处理、存储和传输过程中的机密性、完整性和可用性。对重要数据进行分类分级，对涉及用户个人信息、车辆信息等的重要数据加强隐私保护。

### （四）保障智能交通系统安全

构建智能交通系统安全信任体系，基本实现重要信息系统和关键基础设施的安全，保障智能交通系统的运行安全，智能车辆及交通流系统的运行安全。建立覆盖交通系统的风险评估、监测发现、应急响应等多环节的安全防护能力，防范各种非法入侵攻击和安全事件。

## （五）加强国际合作交流

加强国际层面的合作协同，共同探讨智能交通相关法律法规、标准、伦理等重点关注的问题，协同开展智能交通重点技术领域的研发与应用。深化国际智能交通产业相关合作，建立产业合作整体框架，共同推动智能交通的快速发展。

## 六、总结

新一代信息通信技术在智能交通领域的广泛应用，表现出的泛在互联能力、智能处理能力和大数据分析能力可有效提升交通的智能化水平，带来显著的社会效益、经济效益和安全效益。据统计，自动驾驶汽车在2035年至2045年之间可以挽救58.5万人的生命<sup>58</sup>，减少全球每年通勤时间2.5亿小时<sup>59-60</sup>。到2050年，预计自动驾驶技术将增加7万亿美元收益，移动出行服务将产生2.5万亿美元的潜在经济影响<sup>61</sup>。智能交通还可为老年人和残疾人等弱势交通群体提供极大的出行便利，随着年龄的增长，有些人不能再驾驶汽车，而自动驾驶汽车可有效解决此类问题，创造一种安全便捷的出行方式，让人们融入社会，积极参与当地的社区活动。

总的来说，发展智能交通不仅能提高人们出行服务和货运服务的效率和便捷性、节约能源和减少有害气体排放量，还能大幅度降低道路交通事故的发生。从更长远和更宽泛的视角来看，发展智能交通将促进形成新型现代交通运输服务体系，改变人们使用汽车模式和汽车社会发展形态，引领交通系统商业模式的全面升级，对全世界的社会经济发展具有十分突出的战略意义。与此同时，智能交通集多项对全球经济和人类生活产生重大影响的技术于一身，将推动相关产业协同创新，并在新型智慧城市建设中发挥关键作用。

## 参考文献

1. Li Shufu, "Paving the Way for Autonomous Cars in China," Wall Street Journal, April 21, 2016.
2. Chris Buckley, "Beijing's Electric Bikes, the Wheels of E-Commerce, Face Traffic Backlash," New York Times, May 30, 2016.
3. Huawei, "Smart Transportation," 2016, p. 1.
4. Interview with Baidu experts, July 12, 2016. Paul Kishimoto, Eri Saikawa, and Xiliang Zhang, "The Impact of Coordinated Policies on Air Pollution Emissions from Road Transportation in China," ResearchGate, July, 2017, p.30.
5. Paul Kishimoto, Eri Saikawa, and Xiliang Zhang, "The Impact of Coordinated Policies on Air Pollution Emissions from Road Transportation in China," ResearchGate, July, 2017, p.30.
6. Shuanglin Lin, "Urban Infrastructure Financing in China," United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, March, 2016, p.4.
7. Texas A&M Transportation Institute, "Urban Mobility Scorecard," August, 2015.
8. Bruce Weindelt, "Digital Transformation of Industries: Automotive Industry," World Economic Forum in collaboration with Accenture, January, 2016, p.4.
9. The Economist, "The Cost of Traffic Jams," November 3, 2014.
10. ABI Research, "The Role of 5G in Automotove," May 18, 2016.
11. Interview with Ashwini Chabra of Uber, June 30, 2016.
12. James Anderson, Nidhi Kalra, Karlyn Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras, Oluwatobi Oluwatola, "Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers," RAND Corporation, 2016, p. xvi.
13. Changzhi Bian, Changwei Yuan, Wenbo Kuang, and Dayong Wu, "Evaluation, Classification, and Influential Factors Analysis of Traffic Congestion in Chinese Cities Using the Online Map Data," Mathematical Problems in Engineering, 2016, pp 4-5.
14. Bosch, "Bosch Launches Its Automated Driving Initiative in China," April 19, 2017.
15. Morgan Stanley Blue Paper, "Autonomous Cars: The Future Is Now," January 23, 2015.
16. Daniel Shoup, "Cruising for Parking," Access, Volume 30, 2007, pp. 16-22.
17. Darrell M. West, "Self-Driving Cars," Brookings Institution Policy Report, September, 2016.
18. 德克萨斯A&M交通研究所和INRIX, 《2015年城市交通记分卡》, 2015年8月。
19. Robert Krol, "America's Infrastructure Isn't Crumbling: Some Facts on Highway, Road, and Bridge Conditions in the United States," Mercatus Center, George Mason University, May, 2017, p.3.
20. Robert Krol, 《美国的基础设施不在崩裂: 美国公路、道路和桥梁状况的一些事实》, 乔治·梅森大学, 莫卡特斯中心, 2017年5月, 第3页。
21. Organization for Economic Cooperation and Development, "The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution," June, 2016.
22. Bruce Weindelt, "Digital Transformation of Industries: Automotive Industry," World Economic Forum in collaboration with Accenture, January, 2016, p.4.
23. Paul Kishimoto, Eri Saikawa 和张西亮, 《中国道路运输造成的空气污染排放协调政策的影响》, 研究之门, 2017年7月, 第30页。
24. Tatiana Schlossberg, 《堵在路上, 污染汽车内部》, 纽约时报, 2016年8月29日。
25. World Health Organization (2015). Global Status Report on Road Safety 2015. Geneva, Switzerland. [http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)
26. Ian Gillott, "The Economic and Societal Impact of Motor Vehicle Crashes", IGR Research, forthcoming, 2018.

27. Nathaniel Beuse Testimony Before the House Committee on Oversight and Government Reform, November 18, 2015, p. 1. Also see Alyssa Abkowitz, “Baidu Plans to Mass Produce Autonomous Cars in Five Years,” Wall Street Journal, June 2, 2016.
28. 马杰,《日本汽车制造商谨慎推进自动驾驶汽车》, 彭博科技, 2015年10月28日。
29. 摩根士丹利研究机构,《尼古拉的复仇: 特斯拉的新瓦解之路》, 2014年2月25日, 第24-26页。
30. Cited in testimony by Glen De Vos of Delphi in hearing for the Senate Committee on Commerce, Science and Technology, March 15, 2016, p.4.
31. James Anderson, Nidhi Kalra, Karlyn Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras, Oluwatobi Oluwatola, “Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers,” RAND Corporation, 2016.
32. Chris Buckley, “Beijing’ s Electric Bikes, the Wheels of E-Commerce, Face Traffic Backlash,” New York Times, May 30, 2016.
33. Ming-wei Li, Jun Yun, and Na Liu, “Calculating the Contribution Rate of Intelligent Transportation System in Improving Urban Traffic Smooth Based on Advanced DID Model,” Mathematical Problems in Engineering, 2015.
34. Personal interview with Prakash Kartha, August 1, 2017.
35. Xiaoming Li, Zhihan Lv, Jinxing Hu, Baoyun Zhang, Ling Yin, Chen Zhong, Weixi Wang, and Shengzhong Feng, “Traffic Management and Forecasting System Based on 3D GIS,” IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, 2015, p.996.
36. Miao Song, Jyh-Hone Wang, Sam Cheung, and Merve Keceli, “Assessing and Mitigating the Impacts of Dynamic Message Signs on Highway Traffic,” International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2016, p.2.
37. Personal interview with Asha Keddy, August 30, 2017.
38. 国务院关于印发《中国制造2025》的通知, 国发〔2015〕28号。
39. 国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见, 国发〔2015〕40号。
40. 国家发展改革委 交通运输部关于印发《推进“互联网+”便捷交通 促进智能交通发展的实施方案》的通知, 发改基础〔2016〕1681号。
41. 国务院关于印发“十三五”现代综合交通运输体系发展规划的通知, 国发〔2017〕11号。
42. 工业和信息化部 国家发展改革委 科技部关于印发《汽车产业中长期发展规划》的通知, 工业和信息化部联装〔2017〕53号。
43. 国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会第一次全体会议召开, 2017.09.
44. 关于征求《国家车联网产业标准体系建设指南》意见的通知, 2017.09.
45. IMT-2020 (5G) 推进组C-V2X工作组发布LTE-V2X测试规范, 2017.09.
46. LTE-V商用进入快车道 移动、华为、奥迪等六方打造无锡样板, 2017.09.
47. 《人民日报》: 滴滴智慧信号灯帮助城市治堵。
48. Chris Urmson, Testimony Before the Senate Committee on Commerce, Science and Technology, March 15, 2016, p.4.
49. Michael Wayland, “Feds to Release New Autonomous Car Guidelines in July,” Detroit News, June 8, 2016.
50. Xavier Mosquet, Thomas Dauner, Nikolaus Lang, Michael Rubmann, Antonella Mei-Pochtler, Rakshita Agrawal, and Florian Schmieg, “Revolution in the Driver’ s Seat: The Road to Autonomous Vehicles,” Boston Consulting Group, April, 2015, p.20.
51. Ashley Halsey, “A Glimpse Inside the Secret Site Where Driverless Cars Undergo 20,000 Tests,” Washington Post, November 4, 2017.
52. Ian Lovett, “To Fight Gridlock, Los Angeles Synchronizes Every Red Light,” New York Times, April 1, 2013.
53. Chris Urmson, Testimony Before the Senate Committee on Commerce, Science and Technology, March 15, 2016, p.4.
54. David Morris, “Smart Cars, Meet Smart Signals,” Fortune, August 20, 2015.
55. Prachi Patel, “Pittsburgh’ s AI Traffic Signals Will Make Driving Less

Boring,” IEEE Spectrum, October 17, 2016.

56. Ashley Halsey, “Iris Can’ t Hold Your Hand, But She May East Your Mind as You Step Into a Driverless Car,” Washington Post, October 3, 2017.

57. Ashley Halsey, “Iris Can’ t Hold Your Hand, But She May East Your Mind as You Step Into a Driverless Car,” Washington Post, October 3, 2017.

58. Roger Lanctot, “Accelerating the Future: The Economic Impact of the Emerging Passenger Economy,” Strategy Analytics, June, 2017, p.5.

59. Roger Lanctot, “Accelerating the Future: The Economic Impact of the Emerging Passenger Economy,” Strategy Analytics, June, 2017, p.6.

60. IHS Technology, “Vehicle Sales Forecast,” June, 2016.

61. McKinsey, “Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity” December, 2016.