

# 智能网联汽车的发展现状与对策建议

□文 / 李克强

近年来，随着人工智能等前沿技术的快速发展，智能汽车、自动驾驶汽车成为行业热门话题。当前新型智能网联汽车发展状况如何？未来将朝着怎样的方向前进？针对这些问题，在 2020 世界智能网联汽车大会上，清华大学车辆与运载学院教授、国家智能网联汽车创新中心首席科学家李克强给出了答案，从专业角度阐述了智能网联汽车的发展现状与对策建议。



■ 清华大学车辆与运载学院教授、国家智能网联汽车创新中心首席科学家李克强

## 智能网联汽车的内涵和外延

大家都知道，汽车不仅仅是一个传统的、机械的运载工具，它实际上也是现代科学技术的载体，比如大家当前所谈及的智能汽车、智能网联汽车、移动机器人、移动信息化平台、

电子线控制装置，以及车联网等，都是现代科技与汽车相结合的产物。

1886 年，内燃机汽车的出现宣告了马车时代的结束；1913 年，流水线式的大规模制造技术，使得汽车开始普及；1990 年代末期，新型能源系统的正式大规模应用促进了汽车

的绿色可持续发展；到本世纪，基于新一代的 ICT（移动通信技术）形成了汽车的智能化、网联化系统，由此诞生了新的交通系统。可以发现，汽车领域大的技术变革往往会带来产业革命，然后对社会的发展引起重大影响。如今，现代汽车的智能发展也出现了新的阶段。传统的单车自动驾驶和网联式汽车两者的融合形成了一种新产品、新模式、新生态——智能网联汽车，它是智能汽车发展的新阶段。实际上，智能网联汽车还是信息物理系统（CPS）在汽车交通系统中的一种典型应用。汽车交通技术层的物理层通过标准化的通信实现了实时的数字映射，得到了信息映射层，然后再通过基础数据的加工编排，形成了融合感知、融合控制融为一体的系统，通过数据融合与服务融合，共同实现物理—虚拟双向交互与协同，这也是数字孪生系统的典型应用案例。

智能网联汽车是新一代人工智能技术的典型应用。大家都知道，汽车替代人的操作有感知行为的理解、决策控制，而汽车真正的应用需要单车、多车和交通。在这样的过

程中，单车系统通过新一代的人工智能、自主 / 混合智能、群体智能，以及大数据 / 云端智能这样几个多系统的应用形成了称之为基于新一代人工智能的自动驾驶系统，它对我们未来的出行带来了重大的影响。例如，它具体的使用场景包括城市道路智能驾驶、高速公路智能驾驶、非结构化道路智能驾驶，如果应用新一代的人工智能、群体智能、多媒体智能、混合智能与云控智能，那么它可以实现全要素的联网感知、人车路交互行为认知、大数据驱动的群体决策，以及最终实现人车路协同控制，形成我们称之为基于新一代 AI 的未来智慧出行系统。

另一方面，智能网联汽车与现有的常规汽车相比，它具有两大重要特征。第一大特征是多技术交叉、跨产业融合。常规汽车是机电一体化产品，而智能网联汽车是机电信息一体化产品，需要汽车、交通设施、信息通信基础设施（包括 4G/5G、地图与定位、数据平台）等多个产业跨界融合。第二大特征是区域属性与社会属性增加。我们都知道智能网联汽车行驶过程中需要通信、地图、





数据平台等社会属性的支撑和安全管理，每个国家在使用这样一些通信、地图、数据时都有自己的标准和规范，所以说智能网联汽车的开发不仅仅具有社会属性，还具有很强的区域属性。正因为与常规汽车相比智能网联汽车具有这两大重要特征，所以它的技术路线和产业发展模式与常规比有很大的不同，世界各国都在探索不同的技术路线与产业发展模式。

## 国内外智能网联汽车的发展现状

从国际上几个主要的国家和地区来看，各国正在加速完善智能网联汽车政策法规。

美国从 2016 年开始已经在过去发展自动驾驶的基础上连续发布了自动驾驶、智能交通领域的一些战略规划，并通过豁免机制鼓励智能网联汽车创新发展。例如 2020 年先后发布的《确保美国在自动驾驶汽车技术中的领导地位：自动驾驶汽车 4.0》以及《ITS 战略规划 2020-2025》，发展理念一脉相承，

不断迭代更新，政策体系不断完善。欧盟发布了智能驾驶和智能交通相关的顶层设计规划和技术路线图，指导自动驾驶 / 智能交通在欧洲层面协同发展。日本发布了《自动驾驶汽车安全技术指南》《自动驾驶相关制度整备大纲》《2019 官民 ITS 构想及路线图》。日本在国家战略创新项目中，以及日本 Society 5.0 项目中已经提及智能汽车是个很重要的应用方面，该如何通过网联技术来促进智能汽车发展，构建未来智能社会。我国也高度重视自动驾驶汽车的发展，打造跨部委顶层协调机制，通过产业顶层规划设计，凝聚行业共识，推动产业创新发展。例如国家发改委等 11 部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》等。

在技术发展方面，智能网联汽车技术正进入快速迭代发展阶段。

现在的 L1 级和 L2 级自动驾驶已经规模化量产，L3 级自动驾驶进入产业化前期；限定场景下的高度自动驾驶功能已经成为下一个量产热点，比如说自动泊车、自动叫车等；



面向智慧出行的高等级自动驾驶技术迅速发展，包括像谷歌、通用、福特等这样一些创新公司正在开发基于无人驾驶的出租车等。

智能网联汽车发展的另一个特点是产业协同创新格局已经初步显示出来。

智能网联汽车产业链长，涉及面广，开发难度大，深度的合作创新已成为国际大趋势。传统汽车及零部件产业巨头持续加大在智能汽车领域的投入，利用自身在车辆技术上的优势，以自主研发、产业联盟、投资并购等多种方式，不断完善在自动驾驶领域的技术创新和产业布局。此外，新型产业体系、新型供应商已经开始形成。智能网联汽车的诸多系统在传统汽车行业从未出现过，如高精地图、云控系统等。这样的高集成、深度融合、跨界生产的零部件系统，非单一通信企业或汽车零部件企业能够独立完成。基于过去的一级供应商、二级供应商，现在会出现一些基础平台。比如说日本成立了支撑自动驾驶的动态基础地图平台公司，类似这样的新型产业体系和供应商体系也正在形成。

与此同时，传统的汽车企业也正在加速数字化转型，诸如大众、戴姆勒、通用、丰田、博世等众多整车企业与零部件供应商巨头都在加速转型，聚焦车辆智能化发展，包括布局操作系统与计算平台，进行业务重组，瞄准自动驾驶技术，筹建新事业部，服务智能驾驶等。

此外，当前新型的商业模式不断出现，基于智能网联汽车的“出行 / 配送服务”市场已经成为乘用车市场竞争布局的焦点。而基于高等级自动驾驶的干线物流和特定场景（矿山、港口等）物流已经成为商用车竞争

布局的焦点。对此，众多汽车企业也在探索基于自动驾驶的运营服务新体系，打通 Maas 生态链条，包括日本丰田的 e-Palette 移动平台，我国东风的 Sharing-VAN2.0 平台。

## 智能网联汽车的技术变革与创新

接下来介绍一下智能网联汽车的发展，在技术方面需要出现哪些创新和变革的领域。

汽车技术变革往往会引起汽车领域的颠覆性创新。从工业 1.0 的机械化、2.0 的电气化、3.0 的机电一体化，再到 4.0，这些工业技术的每一次变革都对汽车的发展起到了重大的促进作用。当前，新的智能汽车的发展是基于以信息物理系统（CPS）融合为基础的工业 4.0 时代进行的，它的产品技术性能和模式也将发生重大改变。

从汽车最早的机械时代，到电子时代、软件时代，再到如今基于云计算 / 大数据 / 商业模式的时代，每个时代都是由于新的技术出现，促进了汽车产品的性能、模式发生重大改变。因此，想要实现智能网联汽车，存在一系列的核心关键技术亟待突破。例如环境感知、自主决策控制、高精度定位、高精度地图、AI 芯片、车载计算平台、大数据与云计算、信息安全、智能座舱、智能线控底盘、车联网（V2X），以及人工智能等，只有在这一系列技术上有所突破，才能够真正意义上让智能网联汽车得到大规模的实际应用。

其中，感知是智能驾驶的基础。环境感知技术是智能网联汽车基础关键技术之一，它是通过安装在智能网联汽车及其周边的传

感器及网络，对道路、车辆、行人、交通标志、交通信号灯等进行探测和识别的技术。

决策是智能驾驶的核心。智能驾驶的自主决策能力相当于智能汽车的“大脑”，是其智能性的核心体现。由于我国道路工况存在道路环境构型多样性、人车高度混杂、驾驶员行为随机性高、行车博弈关系强等特点，导致面向复杂城市道路的高级别决策技术开发尤为困难，这些都对智能驾驶的自主决策提出了更高的要求。

控制是智能驾驶的关键。精准、可靠的实时单车、车-人、车-车、车-路协同控制，是车辆智能化实现的重要前提和关键技术，需要通过系统建模、动态分析、控制设计、集成构型等基础理论，以及相关技术来实现不同场景，不同需求下的应用，包括自动驾驶、有条件自动驾驶、高度自动驾驶、最终的完全无人驾驶，这些都需要使用到不同的跟控制系统相关的典型系统，需要在这些方面取得相应的突破，从而实现智能驾驶。

## 我国智能网联汽车产业发展的实践

下面谈一谈我国智能网联汽车产业发展的实践。今年年初，国家发改委等11部委发布了《智能汽车创新发展战略》，提出了我国智能汽车创新发展的远景和目标。《智能汽车创新发展战略》提出，到2025年，中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、基础设施、法规标准、产品监管和网络安全体系基本形成；安全、高效、绿色、文明的智能汽车强国愿景逐步实现，智能汽车充分满足人民日益增长的美好生活需要。

从远景发展目标可以看到，在智能汽车实际应用过程当中，我们需要构建中国方案。

目前，在智能网联汽车发展过程中，迄今为止没有成功的和既定的道路可以借鉴，必须立足高新技术与产业发展需求，并结合我国国情，打造智能网联汽车创新发展中国方案。而对于现在国际上智能网联汽车的渐进式、阶梯式的发展路径，我国在很多方面还存在着一些卡脖子技术，产业基础决定我国难以采用国际上两条以“单车智能”为核心的发展路径。

具体来说，我国之所以要发展中国方案的主要原因有两个。一是汽车在行驶过程中所需的通信、地图和数据具有极强的本地属性，需要国家统一的安全监管，因此难以直接复制引用国外技术。二是智能网联汽车是由新一代信息通信技术、汽车系统技术、集成技术三者融合组成，需要跨界协同、融合创新，但国际上没有成功方案可以借鉴。因此，我们认为智能网联汽车的发展急需具有本地属性的新产品，提出了中国方案的智能网联汽车。

中国方案智能网联汽车的内涵在于要符合中国基础设施标准，包括道路基础设施标准、地图数据标准、V2X通信标准、交通法规等；符合中国联网运营标准，包括智能网联汽车准入、联网运营监管、信息安全等相关标准；符合中国新体系架构汽车产品标准，包括智能终端、通信系统、云平台、网关、驾驶辅助系统、自动驾驶系统等新架构汽车产品标准。关于中国方案智能网联汽车的发展思路，我们认为可以通过建立中国方案的智能网联汽车信息

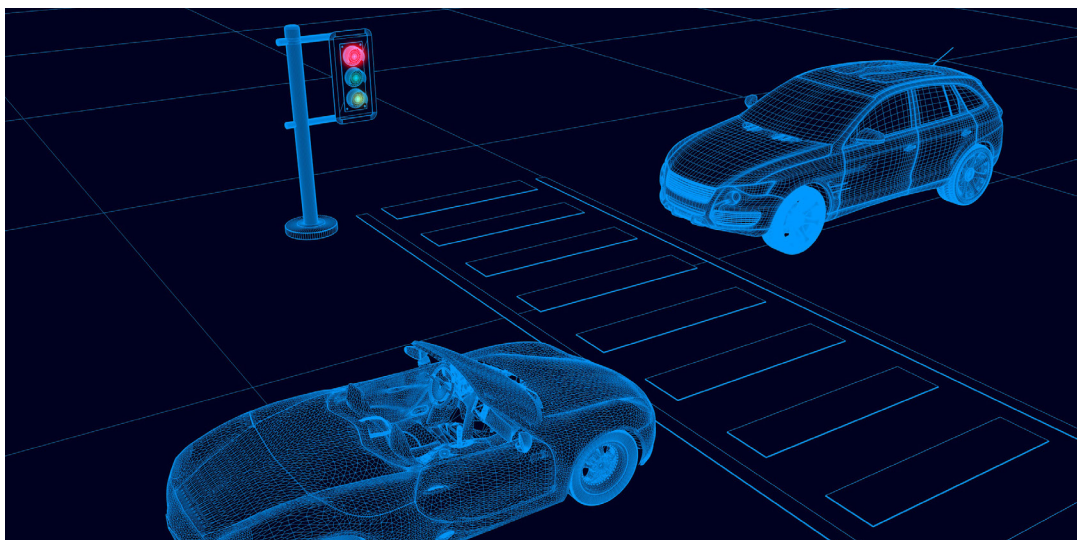
物理系统架构，充分融合智能化与网联化发展特征，以五大基础平台为载体，实现“人-车-路-云”一体化的智能网联汽车系统。

在这一发展过程中，我们要坚持智能化与网联化的融合发展。2016年，我国发布《节能与新能源汽车技术路线图》，明确描述智能化和网联化分级方式，在国际上率先提出网联化分级方式——网联辅助信息交互、网联协同感知、网联协同决策与控制，为产业发展开辟了新思路和新路径。目前，《节能与新能源汽车技术路线图》第二版的修订工作正在进行中，在这一版本中，对车辆智能化、网联化分级和产业化实现路径时间表进行了进一步的修订与完善，深化探索中国方案智能网联汽车技术路线图。

实际上，坚持这样一种网联化的技术融合方案，得到了越来越多的国家和地区的认可，包括欧盟道路交通研究咨询委员会在2019年公布的网联式自动驾驶发展路线图中，

明确提出了基于数字化基础设施支撑的网联式协同自动驾驶（Infrastructure Support levels for Automated Driving, ISAD）。

在探索中国方案智能网联汽车的道路上，新型“零部件”将会出现，或者说在新的网联化方案中，像ICT这样的技术与汽车结合以后会产生一种新的技术，增量部件平台技术，我们将其称之为新型“零部件”，包括计算基础平台、车载终端基础平台、云控基础平台和高精度动态地图基础平台，以及信息安全基础平台，这五大基础平台就是智能网联时代ICT与汽车结合所延伸出的一种新的关键部件。在这五种基础平台的发展过程中，需要有清晰的行业定位及产业化协同发展模式。未来，我们需要从行业发展战略的重大需求出发，将现有的技术公司、高校、科技公司，以及汽车零部件和整车厂协同起来，通过突破交叉与共性技术自身的发展来形成智能网联汽车发展的协同链，支撑中国方案智能网联汽车的快速发展。



## 智能网联汽车产业化发展的对策建议

未来，发展智能网联汽车，应该做到以下几点。

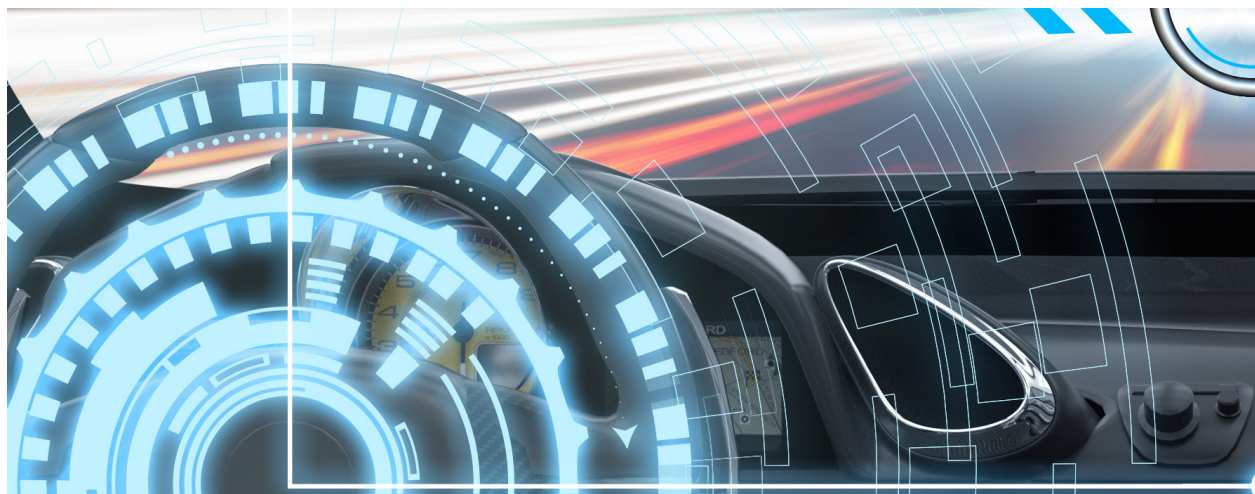
一是要进一步形成发展战略共识，完成顶层设计。依托国家相关政策指导，在中国智能网联汽车行业内形成发展战略、关键技术等层面的共识；加快法律法规完善、基础设施协作建设、技术标准制定、安全测试认证，以及产业应用推广等工作；立足汽车产业创新需求，完成智能网联汽车发展所需要的基础平台的顶层设计、系统体系架构研究、商业模式设计；在国家统筹和行业组织指导下，国家创新中心协同下，发挥市场机制，吸引多行业龙头骨干企业参与共建基础平台公司，并共享平台公司成果；大力推动发展基础性技术的联合研发和项目的实施。

二是构建智能网联汽车自主创新体系，重视和掌握智能网联汽车核心技术，加强关键零部件技术研发，避免核心技术的短缺。把握基于新一代 ICT 的智能化、网联化系统，

掌握智能网联汽车关键零部件的技术和价值链；深刻理解技术革命引发的交通系统及生态变革，重新梳理智能网联汽车时代的核心技术体系；在产品定义、开发流程、系统集成、测试评价、生产制造等传统的 OEM 擅长领域，继续深挖潜力、保持优势；在人工智能、互联网、信息通信、算法开发等非传统领域，通过开放合作，引进团队等方式，加快掌握这方面的核心技术。

三是需要构建适应中国方案的智能网联汽车产业链。上文提到，智能网联汽车产业是一个跨界融合的产业，所以要大力推动技术创新成果的产业化转移，促进相关核心零部件的技术孵化和产业化落地；加快产业链布局，培育关键零部件自主企业；培育具有核心竞争力的自主品牌市场主体，打造跨地域的智能网联汽车产业聚集区，形成真正意义上的智能网联汽车的自主产业集群和市场，完成智能网联汽车产业链的布局。

四是要推进智能基础设施建设，完善智能网联汽车通信环境。智能网联汽车由于是





在移动互联技术诞生以后发展起来的智能化和网联化融为一体的技术，所以在这个过程中，需要完善城市道路规划，推进路面设施信息化升级与智能设施建设的“双同步”；提高路网 V2X 等通信网络覆盖率，实现真正意义上人、路、云平台之间的互联互通；把握 5G 与车联网深度融合的关键时期，加速网联化建设，扩大发展成果；建设大数据云控平台，构建政府监督、企业运营、社会服务等一体化的智能交通体系。

五是要加强监管，保障车辆运行安全 and 国家信息安全。智能网联汽车是一个具有很强社会属性的产品，除了行驶安全以外，信息安全也非常重要。而信息安全除了端-网-云各个环节外，还要优先解决智能网联汽车的运行安全、用户数据安全、跨境数据安全，以及车联网应用数据安全等问题。

六是要统筹推进智能网联汽车测试、示范应用和产业推广。智能网联汽车是一个新的产业形态，过去没有成功的产品、试验的

积累对其进行评价，需要加快推动智能网联汽车测试评价标准体系的建立，同时要建设相关的示范应用区，推进智能网联汽车技术的大规模示范运用，从而形成从技术研发、测试验证、示范应用、最终到商业化探索的完整闭环。

总体来说，智能网联汽车是与智慧移动、智慧工厂、智慧能源、智慧居民、智慧管理、智慧生活紧密相关的，所以需要将智能汽车、移动出行与社会生活的要素融合，为我国智能网联汽车产业的发展建立相关的生态，为智能时代蓄积战略数据资源。只有这样，才能形成共享和谐、绿色环保、互联高效、智能安全的智能网联汽车与智能交通、智慧城市深度融合为一体的生态。

**（本文根据清华大学车辆与运载学院教授、国家智能网联汽车创新中心首席科学家李克强在“2020世界智能网联汽车大会”上的演讲整理而成，未经演讲人审阅）**



手机扫码阅读