

序言

◀ 第一部分 综合评估报告 ▶

一	导言	2
	（一）评估范围和目的	2
	（二）评估过程	3
二	汽车产业技术发展方向评估	3
	（一）多重因素影响下汽车电动化发展成为国内外车企的必选项	3
	（二）人工智能、自动驾驶和互联技术在车辆上加速应用	6
	（三）汽车产业朝着全生命周期数字化转型	9
	（四）基于用户体验的移动出行成为汽车制造商和科技公司转型新方向	11
	（五）智能汽车、智能交通、智慧城市融合发展	14
	（六）相关宏观政策环境发生变化	16
	（七）技术路线图确立的发展方向评估	16
三	面向达成路线图目标的技术进展与挑战	17
	（一）节能汽车	17
	（二）纯电动和插电式混合动力汽车	32
	（三）氢燃料电池汽车	49
	（四）智能网联汽车	58
	（五）动力电池	72
	（六）轻量化	81

四	战略支撑和保障措施评估	88
	(一) 节能汽车	88
	(二) 纯电动与插电式混合动力汽车	91
	(三) 智能网联汽车	93
五	结论和建议	94
	(一) 主要结论	94
	(二) 相关建议	96

◀ 第二部分 专题评估报告 ▶

一	导言	100
	(一) 评估范围和目的	100
	(二) 评估过程	100
二	新能源汽车产业技术发展方向和动向	101
	(一) 全球主要汽车企业明显加快电动汽车量产步伐	101
	(二) 汽车电动化、智能化、共享化加速融合发展	102
三	面向达成路线图目标的新能源汽车技术进展与挑战	104
	(一) 新能源汽车整车技术进展评估	105
	(二) 新能源汽车关键零部件技术进展评估	120
	(三) 新能源汽车能源基础设施技术进展评估	145
四	战略支撑和保障措施评估	152
	(一) 新能源汽车产业技术发展宏观环境	152
	(二) 支持政策效果	154
五	结论和建议	158
	(一) 主要结论	158
	(二) 相关建议	160

第三部分 行业发展指引与数据透视趋势

一 行业发展指引

162

- (一) 汽车产业创新体系建设工程实施方案摘要 163
- (二) 关键零部件重点突破工程实施方案摘要 164
- (三) 新能源汽车研发和推广应用工程实施方案摘要 166
- (四) 智能网联汽车推进工程实施方案摘要 167
- (五) 先进节能环保汽车技术提升工程实施方案摘要 169
- (六) “汽车+”跨界融合工程实施方案摘要 171
- (七) 汽车质量品牌建设工程实施方案摘要 173
- (八) 海外发展工程实施方案摘要 175

二 产业发展环境

177

- (一) 石油在我国一次能源消耗中占比为 18.3% 177
- (二) 汽车工业增加值占全国 GDP 1.6% 以上 178
- (三) 我国汽车千人保有量达到世界平均水平 (2015 年) 的 80% 178
- (四) 单车道路资源占有量高于世界平均水平, 东西部汽车保有密度差异明显 179
- (五) 2017 年新公布两项环保标准, 污染物排放控制更加严格 181
- (六) 排放标准升级至国 V, 计划 2020 年实施国 VI 182
- (七) 车用燃油标准同步升级到国 V, 部分地区进入国 VI 184
- (八) 汽车保有量快速增长, 所有主要污染物排放总量继续下降 185
- (九) 乘用车燃料消耗量标准实施进入第四阶段, 双积分并行管理政策已正式实施 186

三 电动化、智能化、共享化技术发展

187

- (一) 乘用车燃料消耗量和整备质量反向变化, 新能源汽车优惠政策成为重要因素之一 187
- (二) 乘用车主流排量区间为 1~1.6L, 大排量和小排量车型继续走低 188
- (三) 国产乘用车企业 CAFC 值整体达标, 2017 年未达标企业数量增加 189
- (四) 乘用车进口经销商企业 CAFC 值整体达标, 但 1/3 的单个企业未达标 190

(五) 由企业平均燃料消耗量和平均整备质量分布看, 4 家企业处于低燃料消耗量区, 13 家企业处于高燃料消耗量区	191
(六) C-NCAP 新车评价规程不断升级, 汽车碰撞安全性稳步提升	192
(七) 纯电动汽车在新能源汽车产量中的占比进一步扩大	193
(八) 典型纯电动乘用车能耗、轻量化、智能化水平与国外产品不相上下	194
(九) 我国汽车市场上市新车型智能化水平逐步提高, 自主品牌 PA 级智能化整车产品已实现量产	195
(十) 手机互联/车载嵌入式网联等汽车网联化功能已成为大势所趋	196
(十一) 我国共享出行市场广阔, 汽车共享出行渗透率达到 15.02%	197

四 汽车产业研发环境

198

(一) 研发投入强度呈上升趋势, 稍高于中低水平	198
(二) 研发人员强度提升 9% 以上, 研发活动增多增强	199
(三) 产业规模迅速扩大, 但支柱产业地位有待提升	200
(四) 劳动生产率近年徘徊不前, 2015 年出现下降	201
(五) 国际化发展处于起步阶段, 出口销售率艰难爬坡	202
(六) 人均发明专利数持续增长	203
(七) 2016 年汽车行业国家重点实验室科研工作成果	205

第一部分
综合评估报告



PART 01

一 引言

(一) 评估范围和目的



《节能与新能源汽车技术路线图》（简称《路线图》）自2016年10月发布以来，得到了汽车产业及相关产业界、科研院所、金融机构等各方面的高度关注，在未来发展方向预判、企业战略制定等方面发挥了重要作用，并在引导社会各类资源向新能源汽车、智能网联汽车等热点领域集聚发挥了重要作用。

在《节能与新能源汽车技术路线图》发布之后，中国汽车工程学会作为《节能与新能源汽车技术路线图》的牵头编制单位，同步启动了节能与新能源汽车技术路线图年度进展评估工作，并于2017年完成了《节能与新能源汽车技术路线图年度进展评估报告2016—2017》。2017—2018年的本项评估报告按照节能与新能源汽车技术路线图的年度评估框架（图1-1），延续了综合评估报告的内容，包括节能汽车、纯电动和插电式混合动

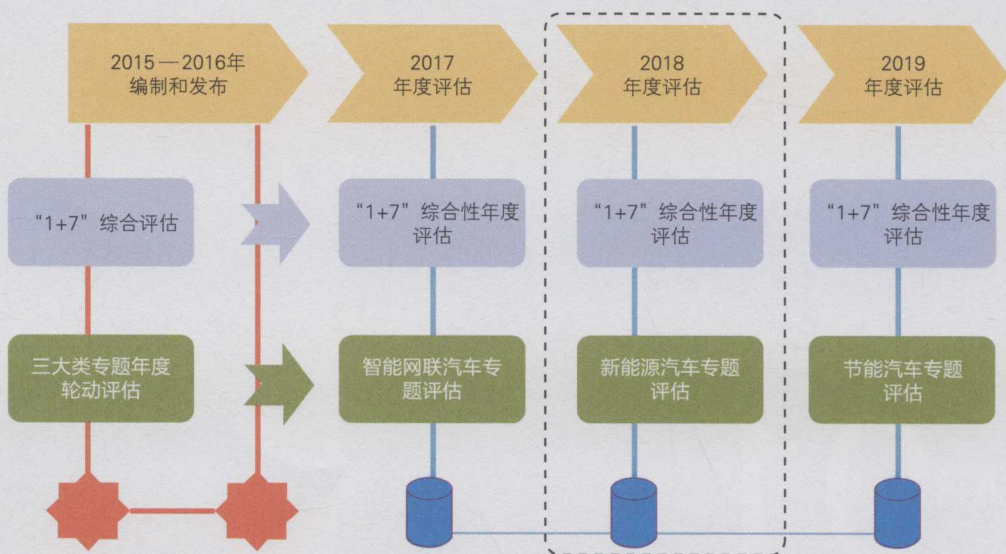


图 1-1 节能与新能源汽车技术路线图年度评估框架

力汽车、氢燃料电池汽车、智能网联汽车、动力电池、汽车轻量化等技术路线图的“1+7”综合性年度进展评估，年度专题评估报告则从2016—2017年的智能网联汽车过渡到新能源汽车。

在《节能与新能源汽车技术路线图》发布之后，随着新一轮科技革命和产业变革步伐的日趋加快，汽车产业发展的外部环境也在发生一些变化，以“电动化、智能化、网联化、共享化”为代表的新技术、新模式、新生态不断涌现，这些都需要对技术路线图进行定期的评估工作，包括主要技术领域的发展方向评估、标志性进展等内容，并根据实际发展需求，在认真评估的基础上，适时对技术路线图进行必要的更新和修订工作，以便保证《节能与新能源汽车技术路线图》的科学性、时效性和引领性。

（二）评估过程



本项评估报告自2018年2月启动，至2018年10月正式完成，其间经历了评估方案论证、实地调研、专家咨询等主要阶段。在充分依托《节能与新能源汽车技术路线图》专家的基础上，研究小组总体上完成了对技术路线图发展方向判断、主要技术领域的标志性进展等方面的评估工作。其中，纯电动和插电式混合动力汽车、智能网联汽车、汽车轻量化等专题技术路线图的进展评估工作还得到了电动汽车产业技术创新战略联盟、中国智能网联汽车产业创新联盟、汽车轻量化技术创新战略联盟等创新联盟的大力支持，“1+7”技术路线图相关专家在评估过程中也提供了重要的专家咨询意见。

二 汽车产业技术发展方向评估

在以信息技术为代表的新一轮科技革命和产业变革的大背景下，汽车产业整体上正向着“低碳化、信息化、智能化”的发展方向前进。而在2016—2018年，汽车产业与移动互联、大数据、云计算、人工智能、新材料等的融合加速发展，在一定程度上来说，全球汽车产业面临的技术变革和产业创新比过去20年还要更多。

（一）多重因素影响下汽车电动化发展成为国内外车企的必选项



国际主要汽车企业发布了全新的新能源汽车发展规划。随着电池等核心技术的不断发展成熟，各主要国家政策导向的驱动，整个社会认知度和接受度的持续提高，充电基础设施的不断完善以及《巴黎协定》的签署和“柴油门”事件等的影响，电动汽车发展的预



期不断增强，一大批新进入的整车企业、电池企业等希望在汽车产业几十年不遇的大转型中谋得大发展，传统汽车企业和能源企业也不得不积极应对、谋求转型。要想在未来汽车产业中占据一席之地，电动化转型已经变成了必选项，全球整车企业关于电动化目标的声明汇总见表 1-1。

表 1-1 全球整车企业关于电动化目标的声明汇总

整车企业	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2025 年	2030 年
宝马	14 万辆						15% ~25%、 25 款	
北汽			80 万辆					
比亚迪			60 万辆					
东风					30%			
福特					40 款			
吉利			100 万辆					
通用		2 款				20 款		
本田								15%
现代起亚			12 款					
马辛德拉			3.6 万辆					
Maruti 铃木			1 款					
马自达			1 款					
梅赛德斯奔驰							15% ~25%、 10 款	
其他中国厂商			700 万辆					
标致雪铁龙					90 万辆	27 款		
雷诺日产					100 万辆、 12 款、20%			
特斯拉	100%、 50 万辆		100 万 辆、1 款					
丰田			10 款					100 万辆
大众			40 万辆				25%、 250 万辆、 80 款	
沃尔沃		1 款		5 款				

注：“××万辆”表示当年销量；“××%”表示当年电动汽车销量占比；“××%”（粗体、斜体）表示多少比例的车型有电动版；“××款”表示有多少款新的电动车型；本表中所指电动化包括纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车，不含变通混合动力汽车。

资料来源于《中国汽车产业发展报告 2018》。

我国新能源汽车产业化的初步成功，以及新能源汽车双积分政策的实施，在推动汽车企业的电动化转型方面也发挥了重要作用。我国新能源汽车的示范推广自2009年实施的“十城千辆”新能源汽车推广应用示范工程开始，顺利实现了新能源汽车从研发向产业化发展阶段的转型。截至2017年底，新能源汽车年产量接近80万辆，保有量达到180万辆，全球占比均达到了50%，在全球范围内来看，我国新能源汽车产业取得了突破性进展（图1-2），这也是国内外加速电动化转型的重要驱动因素。此外，在后补贴时代接续新能源汽车财政补贴政策的新能源汽车双积分政策也成为各主要车企加速电动化转型（图1-3），加快新能源汽车市场化步伐的重要驱动要素之一。

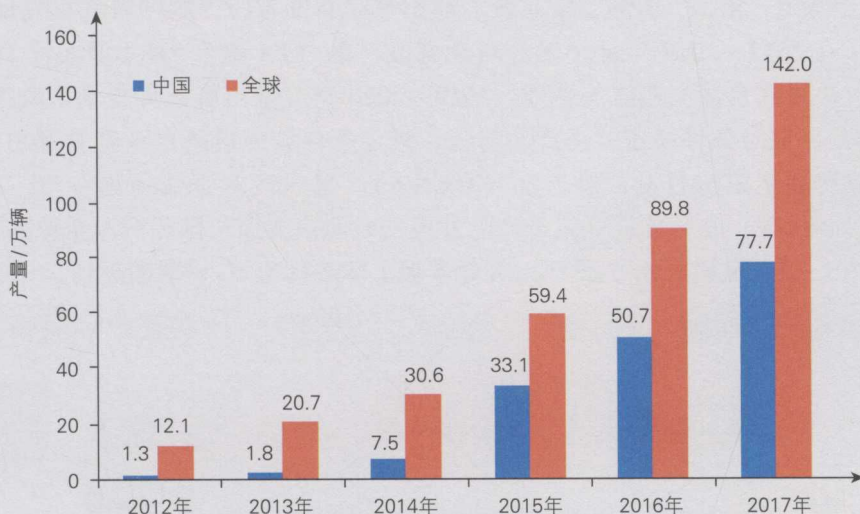


图1-2 中国成为驱动世界汽车产业电动化转型的中坚力量

注：数据来源于中国汽车工业协会、MARKLINES 相关数据。

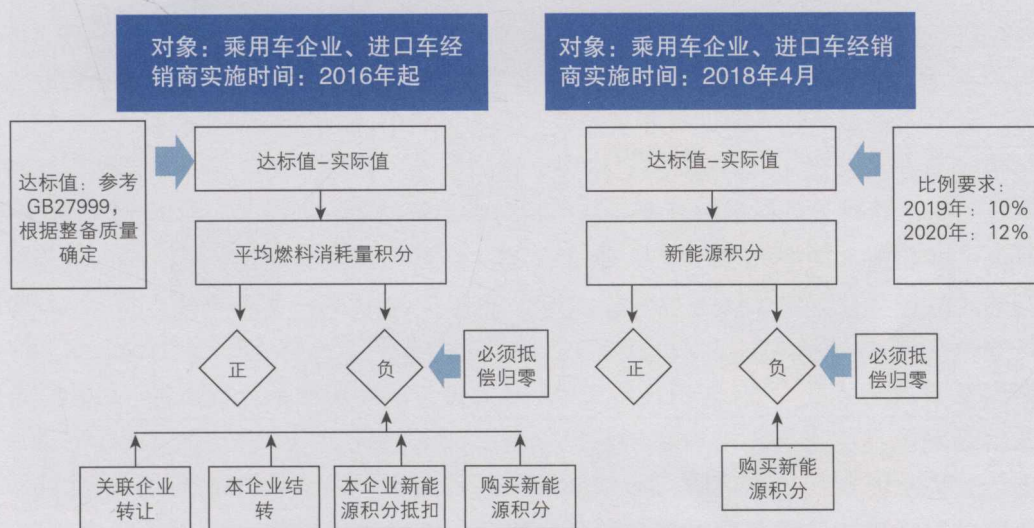


图1-3 新能源汽车双积分政策驱动汽车企业加速电动化转型的步伐



(二) 人工智能、自动驾驶和互联技术在车辆上加速应用

人工智能是未来科技发展的重点方向及各国的发展战略。经过对算法研究的知识准备与硬件计算性能的提升，人工智能正在迎来新一波的发展热潮。人工智能的发展，对自动驾驶领域的车辆智能计算平台体系架构、车载智能芯片、自动驾驶操作系统、车辆智能算法等关键技术以及车辆智能化平台的发展提供了重要支撑，并大大加快了车辆网联化的发展。

传统汽车制造商则纷纷发布智能网联汽车发展规划，加快产品的智能化和网联化转型（图 1-4）。其中，丰田、宝马、沃尔沃、通用等在其发布的智能网联汽车发展规划中，多数选择了在 2017—2018 年推出部分自动驾驶产品（PA 级），基本具备全自动泊车、拥堵跟车、集成式自适应巡航等功能；2019—2020 年，推出有条件自动驾驶产品（CA 级），主要具备限定条件高速公路自动驾驶、限定条件城郊道路自动驾驶等功能；2021 年及其后推出高度或全自动自动驾驶产品（HA/FA）。国内汽车企业（如一汽、上汽、东风、长安、北汽等）在智能网联汽车产品发展的时间表方面与国际汽车企业的时间表基本一致见图 1-5，在网联化方面于 2018 年实现了车载移动 4G 网联的规划。

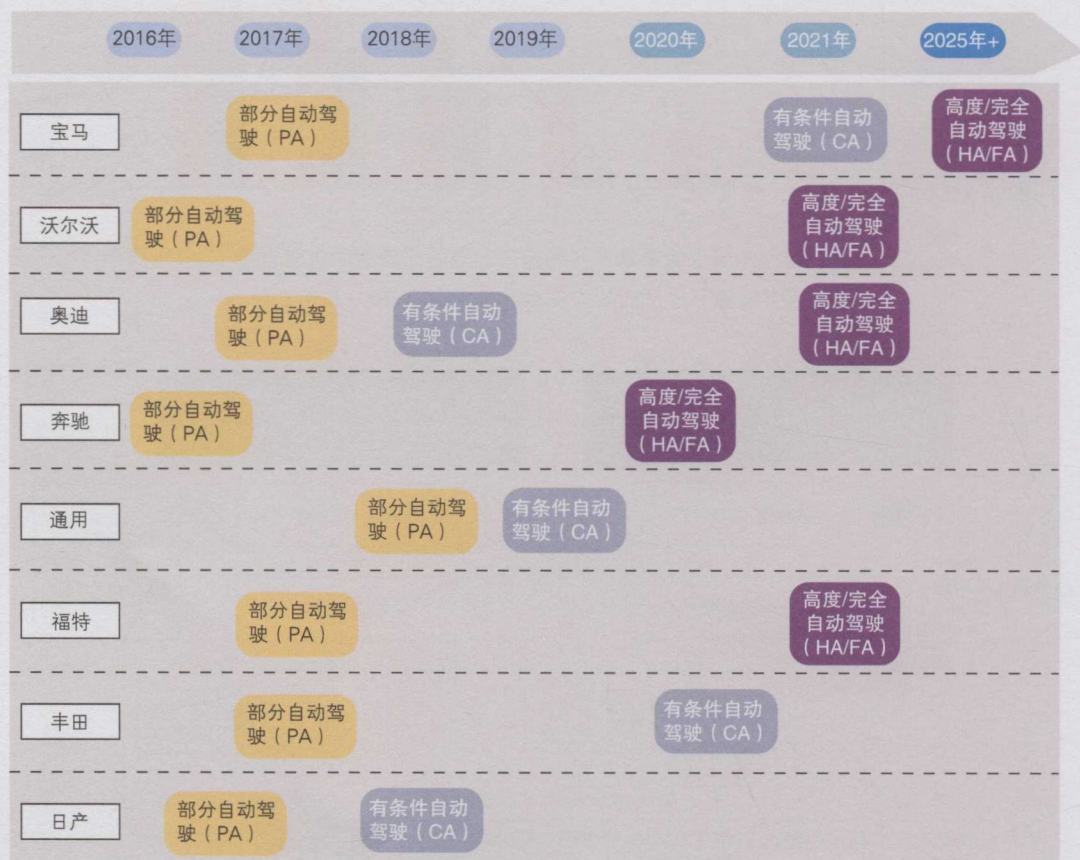


图 1-4 国际主要汽车企业的智能网联汽车发展规划

注：数据来源于中国智能网联汽车产业创新联盟。



图 1-5 国内主要整车企业的智能网联汽车发展规划

注：数据来源于中国智能网联汽车产业创新联盟。

汽车网联化 (V2X) 成为连接“人、车、路、云”等多元素于一体的新一代汽车技术。汽车网联化具有重要的经济和社会效益，特别是在缓解汽车社会问题方面效益显著。相关研究表明，汽车网联化可以带来交通事故下降 90%，交通燃油经济性提高 20%~30%，道路交通效率提高 10%。因此，各国都非常重视汽车网联化的发展。美国支持汽车网联化的特点是“强装+部署指南+大规模测试示范”，交通部强制安装基于 DSRC 的 V2V 通信，并组织大规模城市级测试示范，联邦公路局 V2I 部署指南。日本支持网联化的特点是“政府企业联合推动+将 V2X 纳入战略规划”，日本政府和企业合作推进智能道路计划，日本内阁将 V2X 纳入《SIP (战略性创新创造项目) 自动驾驶系统研究开发计划》。欧洲支持汽车网联化的特点是“C-ITS 战略+平台推动”，欧盟委员会发布欧洲合作式智能交通系统战略，提出在 2019 年商用 C-ITS，并大规模部署网联汽车，搭建 C-ITS 合作平台来指导具体的工作。我国政府也在积极推动汽车网联化的发展，各个部门结合自身业务积极推动，工信部提出明确 LTE-V2X 产业实施路径及未来的 5G 阶段的 V2X 通信整体发展规划，交通运输部开展智慧公路与国家交通控制网试点，公安部建设智能交通综合测试基地，并在无锡开展城市级示范，国家发改委编制了

《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》。

从产业界来看，全球汽车企业、科技公司等也在积极加速发展汽车网联化的发展，并呈现出以下九大趋势：①网联汽车将成为移动大数据终端，网联汽车的数据量已经从 2013 年的 10MB 增加到 2018 年的 5GB，而 2013 年仅有 2% 的汽车数据有货币价值，未来汽车大数据的货币价值潜力巨大；②5G 网络将加快汽车网联化的增长速度，其高速网联数据传输速度可比 LTE 增加 70%，并成为实现高度自动驾驶、无线传输和实现混合 VR 的基础；③信息娱乐 HMI 正在快速演变成整体驾驶舱 HMI，HMI 正成为特征集成、特征体验、驾驶人操作负荷管理等汽车信息物理融合高科技产品，整体智能驾驶舱将是 OEM 信息娱乐系统研发的主要发展趋势；④远程通信技术正在成为汽车网联化核心技术，基于安全和信息隐私的远程通信技术不断嵌入到汽车网联产品中；⑤OEM 开始专注于汽车生活特征集成领域，突破汽车网联服务界限；⑥汽车网联化标准日趋完善，美日欧均基于 DSRC 各自制定了一套完善的汽车网联化 V2X 技术标准，我国也初步形成了一套基于 LTE-V2X 的汽车网联化标准；⑦各国政府规划商用频段支撑汽车网联化发展；⑧各国积极开展汽车网联化应用场景研究；⑨组织了大规模测试评价和示范活动。

全球汽车制造商和供应商都在大力推动网联汽车的商品化发展（图 1-6），并重点放在了安全、出行、销售、售后、新业务等方面。此外，消费电子巨头和无线装备提供商也纷纷进入网联汽车这个未来的大市场（图 1-7），如丰田推出了连接导航仪和智能手机的 SDL（Smart Device Link）服务；法雷奥推出了在视觉上扫除障碍物的网联计算机视觉摄像头“XtraVue”系统，其结合远程信息处理系统天线、激光扫描仪与摄像头的图像识别体系，整合多个摄像头的信息进行图像处理，从而提供超出驾驶人视野范围的所有信息，博世则面向出行服务，推出了车联网服务、组件和云平台。



图 1-6 全球汽车网联化进入商品化发展阶段

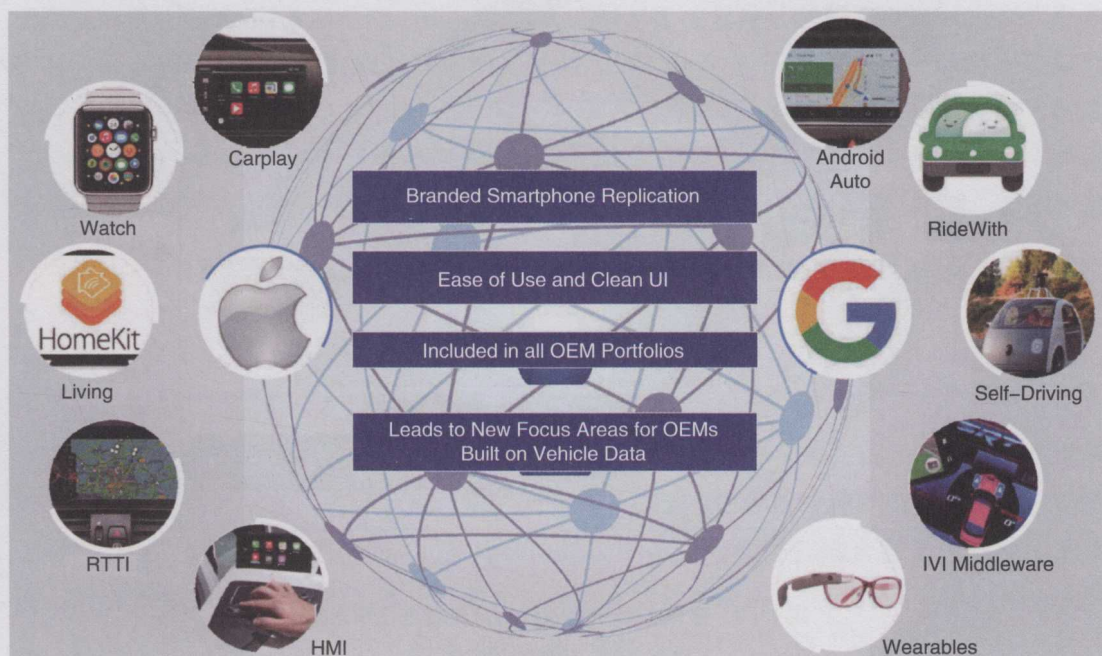


图 1-7 全球消费电子纷纷进入汽车网联化市场

(三) 汽车产业朝着全生命周期数字化转型



在新一代信息技术和制造业深度融合的大背景下，数字化通过借助数字化虚拟和仿真、云计算、大数据、物联网、传感器、控制器等技术对汽车产业的全面渗透和改造，开始推动汽车制造向软硬结合、虚实结合方向发生着根本性变化，这将带来汽车产业的产品、技术、模式、业态的深刻变革，带来汽车产业格局的调整和重构，推动汽车产业进入以数字化为特征的崭新发展阶段。

汽车产业开始向着数字化时代迈进，信息物理系统（Cyber-Physical Systems, CPS）的引入出现了数字零售、互联供应链和车联网的概念。汽车企业可以有效地将核心应用和各个利益相关者结合起来，推动基于网络的研发、设计、制造和服务一体化，如图 1-8 所示。在未来的数字化工厂里，汽车的整个制造过程将尽可能减少人机交互，通过自动排产、智能物流、自主优化等方式，按照客户需求生产定制化产品，最终实现“数字化”时代向“智能化”时代的转变。

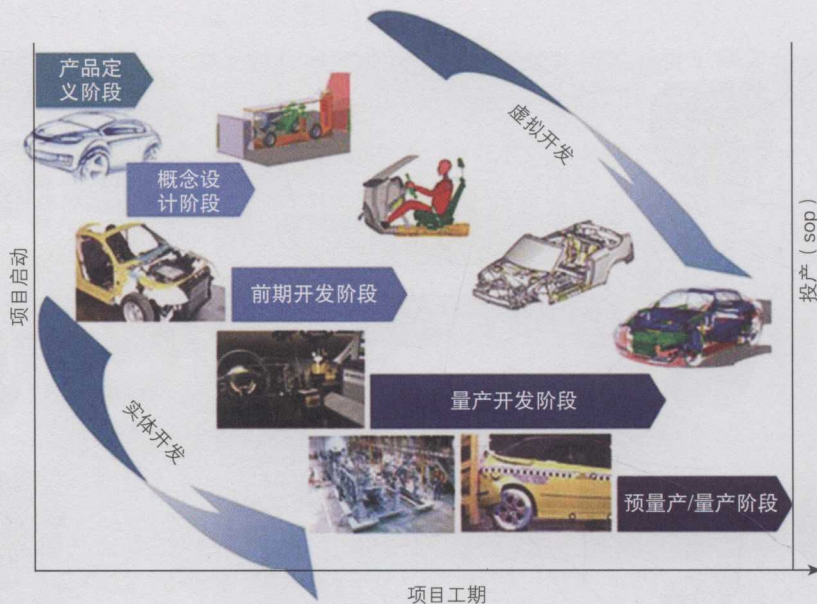


图 1-8 整车工程开发项目的全周期过程示意图

注：资料来源于麦肯锡。

基于数字化技术的汽车设计、制造、服务一体化是以网络与系统为基础，以数据流动和信息交互为特征，通过利用互联网、云计算、数据挖掘、大数据技术、异地协同管理等先进网络支撑技术，将汽车策划、研发、生产、销售、服务等环节有机地联系起来，建立统一的产品生命周期管理及数据集成体系，即形成“设计—制造—销售—服务—设计”闭环一体化工作模式（图 1-9），这对汽车技术水平、产品质量和服务水平的提高都将具有重大意义，也代表了汽车服务数字化的发展趋势。

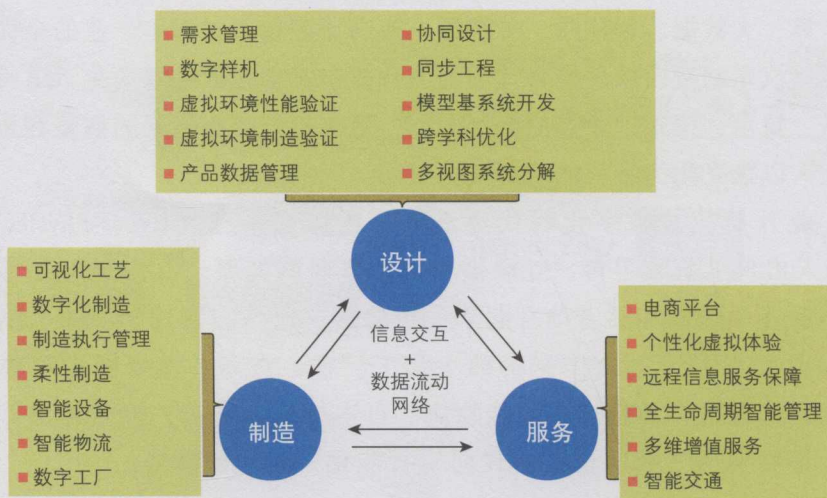


图 1-9 基于数字化技术的汽车研发、制造、服务一体化

注：资料来源于中国工程院《基于网络的设计/制造/服务一体化技术发展战略研究报告》。

在新的数字化竞争时代，汽车产业的数字化需求主要体现在以下几个方面：①通过基于模型的企业（Model Based Enterprise, MBE）的虚拟仿真设计和制造，可以大大提高新产品的研制效率，缩短研发和上市周期；②基于工业大数据平台和相关供应链关系管理（Supply Chain Management, SCM）的集成，实现供应链和整车制造过程的无缝对接；③基于实体工厂和虚拟工厂通过大数据平台交互可提高整车装配和生产的质量和效率；④借助数字化的车联网平台实现产品服务的延伸和价值链的提升；⑤个性化产品定制，实现柔性制造。

（四）基于用户体验的移动出行成为汽车制造商和科技公司转型新方向

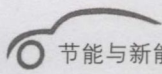


随着科技的发展和消费者消费观念的变化，人们希望始终保持在线状态，并以自然和直观的方式与外界互动，这种生活习惯的变化在智能手机的发展中愈加明显。未来，消费者对汽车拥有的观念将逐步减弱，并且转为按需购买出行服务，随着智能网联技术的发展，消费者将从驾驶中解放出来，并带来一个庞大的乘客经济，特别是在车辆软件、大数据、移动互联、自动驾驶等技术的推动下，从“汽车即资产”到“汽车即服务”的转型将更快到来（图 1-10）。相关研究表明，未来在移动出行服务市场将为汽车产业带来 30% 甚至 100% 的增量。

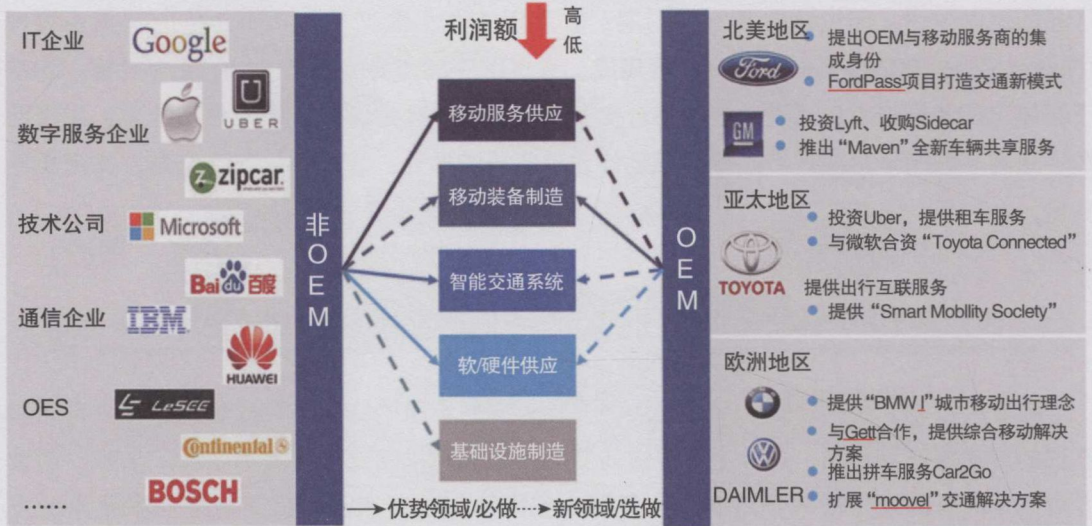


图 1-10 数据驱动的商业模式的变化带来产业价值链变革

汽车企业和科技公司纷纷布局未来移动出行领域。正是看到了这一重大发展机遇，同时也面临新进入者的竞争，2015 年以来，国内外主要的汽车制造商纷纷加快在移动出行服务领域的布局，并将自己从汽车制造商重新定义为出行服务商。随着移动出行服务企业战略的设施，在未来 10 年，移动出行服务将在全球形成一定的市场规模。同时，一大批科技公司也纷纷进入移动出行服务领域，滴滴、优步、Lyft 以及 Zipcar 等网约车服务以及汽车共享服务的普及，强化了人们对车辆的观念从保有车辆转变为按需出行的预期。由此，移动出行领域竞争合作态势已基本形成，如图 1-11 所示。



全球科技创新催生汽车产业链重大变革的新模式



■ 非OEM企业凭借自身技术能力优势向移动出行各环节渗透，OEM向产品与服务融合转型

图 1-11 全球科技创新催生汽车产业链重大变革

丰田汽车在丰田智能中心、大数据中心、金融及计算中心等基础之上，推出了集成出行服务所需主要功能的出行服务平台 MSPF。在合资合作方面，对 Uber 进行了投资。丰田在移动出行战略转型方面的标志性进展是在 2018 年国际消费类电子产品展（CES）上推出了新一代移动服务（MaaS）电动汽车 e-Palette Concept，如图 1-12 所示。应用了电动化、互联化、自动驾驶等先进技术的 MaaS 专用新一代电动汽车，适用于移动、物流、产品销售等各类服务场景，从而为人们的日常生活提供了全新的移动解决方案。



图 1-12 丰田新一代移动服务 e-Palette 概念车

戴姆勒公司在 2008 年开始启动出行解决方案“CAR2GO”。会员可以通过手机应用软件（APP）完成查找、预定、支付等程序。截至目前，“CAR2GO”项目已在全球 30 个城市提供

汽车共享出行服务，拥有了130万会员。宝马集团在其发布的“第一战略”中把出行服务作为传统汽车业务之外的一个发展重点，聚焦科技创新、数字化、可持续出行，推出的“DRIVE NOW”汽车共享计划在国际上取得了初步成功。大众公司在《携手同心——2025战略》中，提出将在2025年致力于成为全球出行服务提供商的领导者。在具体实施层面，大众设立了专注于出行服务的品牌“Moia”（图1-13），将其作为集团第13个品牌进行重点打造。同时，瞄准欧洲最大的出行服务商Gett进行了3亿美元的战略投资。

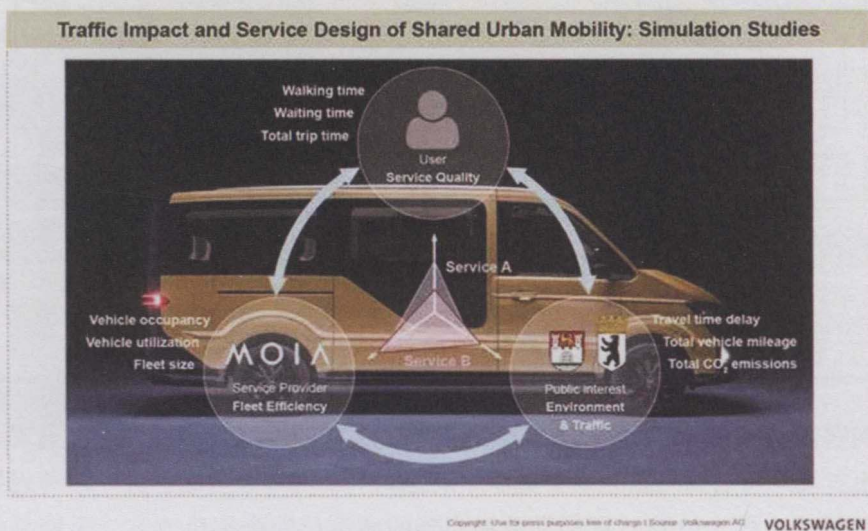


图1-13 大众 Moia 城市共享出行用车

相关政府和机构也在推动与未来移动出行相关的愿景和议程。在政府层面，欧盟发布了《欧盟安全、低碳、高效和经济的移动出行议程》（图1-14），旨在加强欧洲移动出行部门的竞争力，促进就业、经济和投资增长，同时解决移动出行所面临的紧迫社会问题，并将欧洲塑造成为移动出行的全球引领者。日本汽车工业协会在其制定的《出行愿景2030》（图1-15）中，提出了未来出行生态系统的框架，旨在通过行业内外协调举措，打造移动出行的未来。

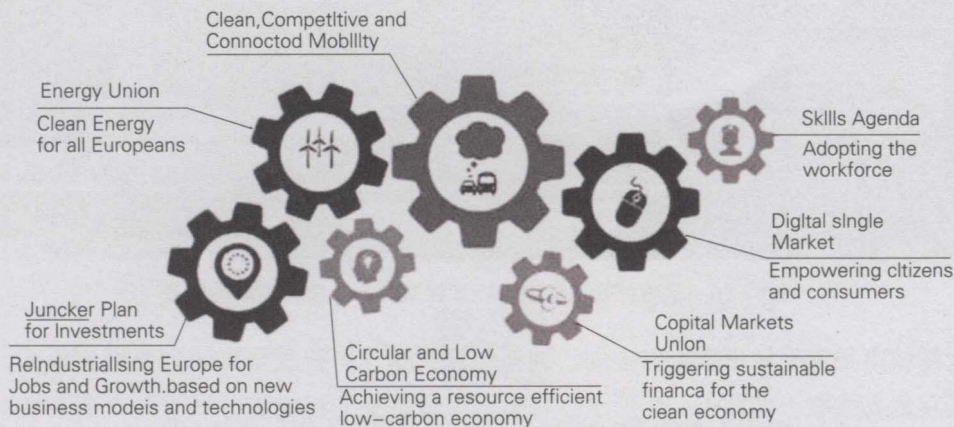


图1-14 《欧盟安全、低碳、高效和经济的移动出行议程》