



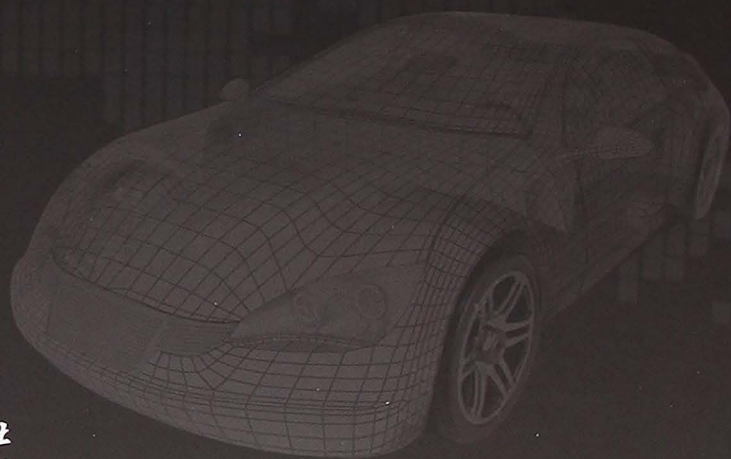
中国汽车工程学会
Society of Automotive Engineers of China



3D打印与汽车行业 技术发展报告

3D Printing in Automotive Industry
Technology Development Report

中国汽车工程学会 编著
3D 科学谷



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

3D 打印与汽车行业 技术发展报告

中国汽车工程学会 编著
3D Science Valley (3D 科学谷)

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

3D 打印与汽车行业技术发展报告 / 中国汽车工程学会, 3D 科学谷编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2017.9

ISBN 978 - 7 - 5682 - 4907 - 2

I. ①3… II. ①中… ②3… III. ①立体印刷 - 印刷术 - 应用 - 汽车工业 - 研究
IV. ①F407.471

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 241996 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15.25

字 数 / 254 千字

版 次 / 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 198.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

序 言

从德国人发明汽车到现在已逾一百三十年，这种为人们出行提供快捷和方便的交通工具被称为改变世界的机器。一百年前福特的流水线使汽车以大批量的生产方式走进千家万户。汽车技术的不断进步，更是为世界科技和经济的发展做出突出贡献。我国汽车产业已经数年保持产量和销量世界第一的位置，从而成为世界关注的焦点，从目前的发展趋势来看我国汽车市场仍然具有发展潜力。

目前全球在能源和环境等方面的关注，使人们对汽车的发展提出越来越高的要求。应该看到最近三十年来汽车技术已经得到很大提高，汽车正在变得越来越节能、环保和安全。而纵观现在相对传统的设计和制造方式，如何使用多种更适合科技发展的新材料，使汽车产品中那些为满足性能而采用的复杂设计能够容易地得以实现，从而使汽车愈加轻量化，在汽车某些关键精巧零部件的制造方面更加方便、快速和高效？3D 打印技术应运而生。这项技术的高速发展使我有理由认为一个对于汽车产品的需求更加个性化的时代已经到来。

汽车的发展离不开科技进步，中国汽车工程学会始终是技术创新的倡导者。有人说汽车行业经过这么长时间的演变，曾经经历辉煌，现在已经很好了，怎么能像苹果公司那样给智能手机来一场华丽的革命？也有人说汽车行业因为发展太久了，容易故步自封，对于诸如采用新材料、新工艺和新的制造方式，形成了一种固有的“汽车思维”，阻碍了围绕着用户体验所进行的开发和创新。

如果把汽车当成一个代步的工具，也许可以将主要精力投入到动力系统、传动系统和行车系统的升级换代方面。但是如果我们把汽车当成一个与人类交流的“机器人”，这个机器人不仅可以实现自动驾驶，还熟悉我们的个人喜好，丰富我们的精神世界，那么汽车要承载的功能则趋向于向多个维度的发展。

3D 打印在汽车领域的应用从简单的概念模型到功能型原型朝着更多的功能部件方向发展，渗透到发动机等核心零部件领域的设计。3D 打印技术能够带给汽车制造业的好处也是显而易见的。尤其是 3D 打印所能达到的一体化结构，即用最少的部件配置满足最多的技术性能要求，以及其带来的附加值，可以为汽车行业带来可观收益。

中国汽车工程学会与 3D 科学谷合作编著的《3D 打印与汽车行业技术发展报告》，以翔实的资料和明晰的案例详细介绍 3D 打印在汽车设计与制造过程中从造型评审、概念车、原型与设计验证、车身制造、零部件创新、模具与铸造、工装以及后市场备品备件等方面如何发挥作用。把握世界汽车发展轻量化、新能源

利用和智能化等发展趋势，3D 打印在这些方面表现出独特的价值。

我希望通过《3D 打印与汽车行业技术发展报告》来阐述一种趋势，那就是新的制造技术带来的突破想象的变革，而这种变革将围绕着满足汽车用户的需求，汽车产业的研发与制造方式正在发生改变。希望这本书能够对广大汽车生产企业有所启迪，从而增加对 3D 打印带来的一系列变化的感知能力。审视 3D 打印技术对汽车行业高速发展所给予的动力，才能充分挖掘 3D 打印技术的潜力。

汽车产业历来注重生产效益和制造成本，3D 打印同时也为自动化、数字化、智能制造生产和汽车产品的轻量化注入了新的活力。毫无疑问，3D 打印技术的诸多优势将逐渐在汽车行业中显现出来。相信《3D 打印与汽车行业技术发展报告》的出版将有力推动这一突破性的技术革命在汽车行业的应用进程。

中国汽车工程学会理事长
中国汽车制造装备创新联盟理事长



代序一

3D 打印在汽车领域关于附加值的创造之路

——上汽大众汽车有限公司高级经理

教授级高级工程师

沈卫东

1999 年，我还在德国大众汽车研发中心进行为期三年的汽车开发全过程技术培训，第一次近距离接触到 3D 打印技术，当时就深深地为之震撼，增材制造技术的魅力在于 3D 打印带来的是前所未有的颠覆性的技术革命！我的 3D 打印技术梦由此开始。2003 年，上海大众购置了第一台 3D 打印设备，很快就应用于汽车试制研发领域。从第一次接触到如今，我们已逐步形成了较完善的 3D 打印技术体系，经过了无数个新产品研发项目的实践，我们已把 3D 打印技术熟练地应用于汽车研发、工装夹具制造及质量检测等领域，通过 3D 打印技术不仅顺利完成了各项研发任务，提高了新产品研发成熟度，还大大降低了开发成本。

从中国制造到中国创造，当今中国的市场和国际化的需求迫切呼唤技术的不断进步，自 2013 年以来，3D 打印技术正成为中国市场最大热点之一，正走进人们的日常生活与制造业。同时，2016 年我国汽车产业继续高歌猛进，销量重现两位数增长，全年共销售汽车 2 802.8 万辆，同比增长 13.7%，连续八年蝉联全球第一并再创历史新高。不过，我国汽车工业对 3D 打印技术的应用还远远不够，与年产近 3 000 万辆汽车的汽车大国相比，我们在挖掘 3D 打印技术的应用价值方面还有很大的空间。

3D 打印技术的颠覆性在哪里？3D 打印技术的一大价值在于为产品创造附加值，不论在研发阶段，还是在生产领域。因此，以增材制造的思维而设计，如何还原 3D 打印技术真实的面貌，如何以切实可行的技术方案引导 3D 打印技术在中国汽车业真正地快速发展，是摆在每个汽车界 3D 打印技术从业人面前的一个新挑战。

目前，国内 3D 打印零件还局限于汽车研发阶段，小部分零件用于装车试验或用于批量汽车的检具制作。国际上，以惠普、Carbon 为代表的 3D 打印企业直接将市场定位于用 3D 打印技术实现小批量零件制造。西门子推出了终端到终端的 PLM 增材制造软件系统，覆盖设计、仿真和生产的解决方案。这一切都意味

着，3D 打印技术在汽车领域的应用，不仅仅在研发阶段，而且将更加深入，在生产阶段也将发挥举足轻重的作用。今后，随着材料技术的进一步发展，各种金属、代替轻金属的工程塑料、碳纤维复合材料会在 3D 打印中得到成熟的应用，这将进一步加强汽车制造业迎来的轻量化、电动化、智能化、物联网趋势。

随着中国 3D 打印技术近年来的迅猛发展，3D 打印技术的机遇远远大于挑战。未来可以拓宽材料选用范围，降低成本，优化机械性能，趋于批量化生产；实现个性化定制，提升产品附加值；金属打印与铣削加工以及热等静压、X 光检测相结合完成闭环加工；充分发挥其复杂形状快速成型的功能，强化并行工程，提高产品成熟度，3D 打印技术在中国汽车工业会发挥越来越重要的作用。

中国汽车工程学会与 3D Science Valley（3D 科学谷）联合编著的《3D 打印与汽车行业技术发展报告》是一本串联汽车行业用户、3D 打印设备制造商、设备经销商、软件供应商和材料供应商纽带的专业报告。“长风破浪会有时，直挂云帆济沧海”，通过这样的努力，我坚信可以不断地完善我们 3D 打印技术的生态体系，通过《3D 打印与汽车行业技术发展报告》这样有现实指导意义的工具，各方可以齐头并进，协同合作，把中国的 3D 打印技术不断提高，力争超越欧美发达国家，实现 3D 打印技术的中国梦。

目 录

第 1 章 汽车制造业技术现状与发展趋势

1.1 我国汽车产业现状及市场规模	(1)
1.2 世界汽车发展趋势	(2)
1.3 中国汽车产业发展目标	(4)
1.4 节能与新能源汽车制造技术路线图	(5)

第 2 章 各国政府对 3D 打印的支持政策及企业调查

2.1 引入 3D 打印技术需要考虑的因素	(8)
2.2 中国出台的 3D 打印支持政策	(8)
2.2.1 国家增材制造产业发展推进计划（2015—2016 年） ^[9]	(10)
2.2.2 增材制造与激光制造重点专项 ^[10]	(10)
2.2.3 “十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划 ^[11]	(11)
2.3 美国对 3D 打印的支持	(12)
2.4 欧洲对 3D 打印的支持 ^[13]	(15)
2.5 国内汽车制造企业 3D 打印调查	(16)

第 3 章 3D 打印在汽车制造领域的应用与发展

3.1 3D 打印开始迈入万亿级制造业市场	(20)
3.2 理解 3D 打印的价值	(23)
3.3 走向生产的 3D 打印技术	(26)
3.3.1 宝马车间里的 3D 打印 ^[21]	(28)
3.3.2 福特生产车间里的 3D 快速原型制作	(30)
3.3.3 奥迪智能工厂中的金属 3D 打印	(31)
3.3.4 戴姆勒——迎接 3D 打印新时代	(33)
3.4 3D 打印技术与生产线的结合	(34)
3.4.1 3D 打印与机加工结合成就复杂零件	(34)
3.4.2 3D 打印与模具制造机加工技术的结合	(36)
3.4.3 3D 打印柔性生产线	(37)

第 4 章 汽车行业 3D 打印应用案例

4.1	造型评审	(39)
4.2	概念车	(40)
4.3	原型与设计验证	(42)
4.4	颠覆性的车身制造技术	(42)
4.5	3D 打印与汽车零部件创新	(44)
4.5.1	柴油发动机	(44)
4.5.2	高效能热交换器	(46)
4.5.3	轻量化汽车座椅	(47)
4.5.4	汽车内饰	(47)
4.6	模具	(48)
4.6.1	提升随形冷却模具的价值	(48)
4.6.2	热冲压模具随形冷却通道制造	(51)
4.7	铸造	(52)
4.7.1	仿真优化与 3D 打印技术激发铸造活力	(55)
4.7.2	3D 打印砂模助力发动机铸件的快速铸造	(56)
4.7.3	3D 打印熔模在汽车发动机铸造中的应用	(59)
4.8	工装	(60)
4.9	汽车后市场	(62)

第 5 章 3D 打印对汽车设计和制造思维的影响

5.1	研发加速器	(65)
5.1.1	涡轮增压器零件试制	(65)
5.1.2	汽车零部件的快速试制	(66)
5.2	3D 打印与汽车轻量化	(68)
5.2.1	快速发展的碳纤维 3D 打印	(69)
5.2.2	轻量化结构与 3D 打印	(70)
5.3	3D 打印与新能源汽车	(74)
5.4	3D 打印与智能汽车	(75)
5.5	3D 打印带来的颠覆性汽车设计思路	(79)
5.6	3D 打印与赛车零部件制造	(81)

第 6 章 中国汽车制造业 3D 打印专利分析

6.1 专利技术的应用方向	(84)
6.2 具有代表性的专利技术	(86)
6.2.1 铸造	(86)
6.2.2 模具	(89)
6.2.3 汽车零部件	(91)

第 7 章 用于汽车制造领域的 3D 打印材料

7.1 3D 打印材料市场	(93)
7.2 塑料 3D 打印材料	(97)
7.2.1 尼龙材料	(101)
7.2.2 光敏树脂材料	(104)
7.2.3 ABS 和 PLA 丝材	(108)
7.2.4 碳纤维材料	(110)
7.2.5 可替代金属的聚醚醚酮	(113)
7.2.6 TPU 材料	(120)
7.3 金属 3D 打印粉末	(120)
7.3.1 粉末市场	(120)
7.3.2 粉末热潮	(122)
7.3.3 材料解决方案	(123)

第 8 章 3D 打印的核心竞争力：设计与软件

8.1 为增材制造而设计	(128)
8.2 软件	(130)
8.2.1 仿真软件	(130)
8.2.2 拓扑优化软件	(134)
8.2.3 点阵建模软件	(139)
8.2.4 超材料设计软件	(142)
8.2.5 多材料设计软件	(143)

第 9 章 成功打印金属零件的要素

9.1 后处理技术	(146)
-----------------	---------

9.2 质量控制技术	(147)
9.2.1 金属打印过程中的质量控制	(147)
9.2.2 X 射线断层成像是 3D 打印质量检测的利器	(149)
9.3 增材制造的国际标准	(150)
9.4 关于 3D 打印的安全生产	(164)

第 10 章 创新的商业模式

10.1 宝马投资 3D 打印	(167)
10.2 米其林发力轮胎模具制造	(169)
10.3 亚创打印超级跑车	(171)
10.4 标致雪铁龙的 3D 打印战略	(171)

第 11 章 各具特色的 3D 打印服务

11.1 全：一站式 3D 打印服务能力	(174)
11.2 大：7 000 多平方米的大型工厂	(175)
11.3 精：从材料到成品的精益生产	(176)
11.4 高：轻量化零件的 3D 打印	(178)
11.5 智：3D 打印服务商的运营思路	(179)

第 12 章 跨界借鉴：走向产业化的 3D 打印

12.1 GE 推进增材制造的四大宣言	(181)
12.2 空客推进 3D 打印结构件的规模化生产	(182)
12.3 3D 打印技术在飞机发动机领域的应用	(184)
12.4 3D 打印火箭发动机状况及进展	(188)
12.5 西门子推进 3D 打印与工业生产的融合	(193)
12.6 惠普强化 3D 打印技术与注塑工艺竞争	(196)

第 13 章 飞速发展的 3D 打印技术

13.1 设备：跳跃式的创新技术	(199)
13.2 材料：用于批次鉴定材料的机器视觉	(200)
13.3 应用：需求引领行业发展	(202)

附录 1 技术名词注释	(208)
附录 2 主要 3D 打印设备厂商名录 (排名不分先后)	(212)
附录 3 一张图了解金属 3D 打印	(216)
附录 4 跨界到 3D 打印领域的机床制造商	(217)
参考文献	(221)
后记	(229)

第1章 汽车制造业技术现状与发展趋势

1.1 我国汽车产业现状及市场规模

汽车产业是我国国民经济重要的支柱产业，而其中的汽车制造行业产业链长、关联度高、就业面广、消费拉动力大，反映了国家的综合工业水平。汽车制造行业包括汽车整车制造、改装汽车制造、低速载货汽车制造、电车制造、汽车车身挂车制造和汽车零部件及配件制造 6 个子行业^[1]。

其中，汽车整车制造是指由动力装置驱动，具有四个以上车轮的非轨道、无架线的车辆，主要用于载送人员和（或）货物、输送人员和（或）货物的车辆制造。汽车车身挂车制造是指需要由汽车进行牵引才能行驶的无动力车辆的制造。汽车零部件及配件制造则是指机动车辆及其车身的各种零配件的制造。

从制造的产品角度来看，汽车整车产品主要包括乘用车、商用车（9 座以上客车、载货汽车、半挂牵引车）、工程车辆。汽车零部件产品主要包括动力总成（发动机、变速器、驱动轴、差速器、离合器及其零件）、底盘（转向系统、制动系统及其零件）、车身（壳体、车门、发动机盖、顶盖、行李箱盖及其零件）、内外饰（座椅、仪表盘、天窗、车灯、保险杠及其零件）等。

2011—2016 年期间，我国汽车年产量呈现逐渐增长趋势，由 2011 年的 1 841.64 万辆，增长至 2016 年的 2 811.88 万辆。其中，轿车的产量在 2011—2015 年期间也呈现逐年增长趋势，而载货汽车的产量在 2015 年开始下降，客车的产量在 2014 年开始下降。如图 1.1 所示为 2011—2016 年我国汽车产销量。

2016 年是“十三五”开局之年，在改革创新深入推进和宏观政策效应不断释放的共同推动下，国民经济保持了总体平稳、稳中有进、稳中向好的发展态势。受此影响，汽车行业加大供给侧改革力度，产品结构调整和更新步伐持续加快，产销量呈现逐月增高态势，尤其是 6 月后同比更是实现快速增长。2016 年汽车产量为 2 811.88 万辆，销量为 2 802.82 万辆，产销同比增速重回两位数较快增长，分别达到 14.46% 和 13.65%，增幅分别比去年提高了 11.21 个百分点和 8.97 个百分点。其中，乘用车产量 2 442.07 万辆，销量 2 437.69 万辆；商用车产

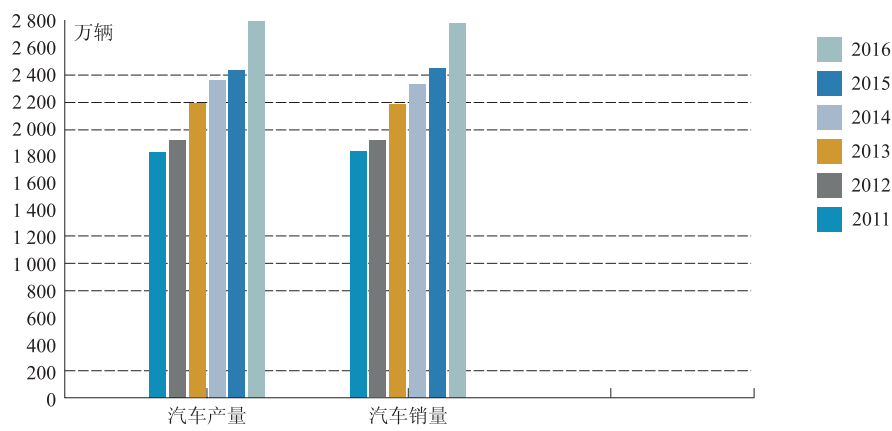


图 1.1 2011—2016 年我国汽车产销量 [2]

量 369.81 万辆，销量 365.13 万辆，同比增长 8.01% 和 5.8%，结束了 2014 年以来的下降趋势 [3]。

2016 年汽车产量和销量的快速增长，主要驱动因素是 1.6 L 及以下小排量乘用车购置税减半政策，在此政策的刺激下，2016 年，1.6 L 及以下小排量乘用车共销售 1 760.70 万辆，占乘用车销售总量的 72.23%，对于乘用车销量增长贡献度达 97.85%。汽车企业也进一步加大产品创新和研发投入，发动机及变速器等关键零部件均取得了技术上的突破 [4]。

从 2016 年的汽车乘用车和商用车产销量中可以看出，乘用车占有主导地位，乘用车总销量为 2 437.69 万辆，而其中销量排名前十位的乘用车生产企业的总销量就高达 1 382.22 万辆，占乘用车总销量的 56.7%。2016 年排名前十位的乘用车生产企业分别是：上汽大众、上汽通用、上汽通用五菱、一汽大众、长安汽车、北京现代、东风日产、长城汽车、长安福特和吉利控股。以上生产企业的乘用车销量分别为：200.02 万辆、188 万辆、187.82 万辆、187.24 万辆、121.96 万辆、117.79 万辆、114.20 万辆、96.89 万辆、94.38 万辆、79.92 万辆 [5]。如图 1.2 所示为 2016 年前十家乘用车生产企业销量占有率。

1.2 世界汽车发展趋势 [6]

汽车制造业在国民经济中占有重要地位，以我国为例，《中国汽车工业年鉴》对规模以上汽车企业的统计数据显示，我国汽车工业总产值由 2001 年的 4 433.2

亿元增加到 2014 年的 42 324.2 亿元，在全国工业总产值中占比超过 4%；汽车工业增加值则由 2001 年的 1 055.6 亿元增加到 2014 年的 9 174.3 亿元，在全国国内生产总值（GDP）总量中占比达到 1.44%。与此同时，汽车产业对于众多的相关产业都具有巨大的拉动效应，业界公认的保守估计也在 1:5 以上，也就是说由汽车产业拉动的产值和增加值至少五倍于汽车产业的自身规模。正是如此，很多国家和地区在经济发展中都倾向于首选汽车产业作为主要突破口，汽车制造业也同样成为多国制造技术转型升级的突破口。

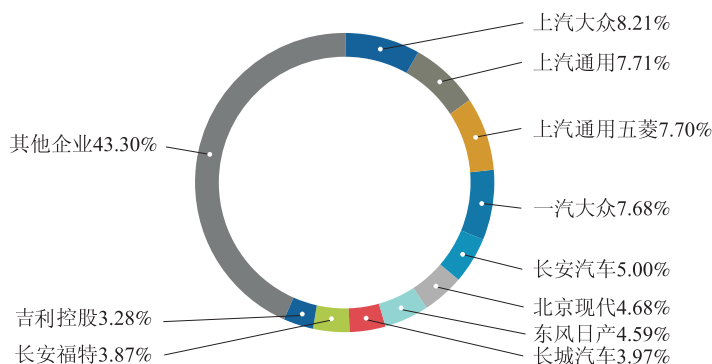


图 1.2 2016 年前十家乘用车生产企业销量占有率

当前，以万物互联、大数据、云计算、3D 打印和人工智能技术为代表的新一轮科技变革，正在引领全球制造业全面转型升级，世界各工业强国都制定了相应的应对策略，加大科技创新力度，推动前沿技术发展，欲抢先建立智能制造体系，占得制造业未来发展的战略先机。例如，德国的“工业 4.0”、美国的“工业互联网”和日本的“机器人革命”。汽车产业正是各国作为制造业整体升级的突破口，这推动了全球汽车技术进入加速进步和融合发展的新时期，并呈现出低碳化、信息化、智能化三大发展趋势。

针对未来汽车技术低碳化、信息化、智能化的发展趋势和升级方向，世界各主要汽车强国纷纷出台了相应的指导性纲领文件，如美国制定了《电动汽车普及大挑战蓝图》和《智能交通系统战略计划 2015—2019》发展战略，将汽车技术的发展方向定位于新能源、智能化和智能交通体系领域；欧洲国家制定了《欧盟 2020 年战略创新计划》和《智能交通系统发展行动计划》，旨在发展低 CO₂ 排放和智能交通体系；日本制定的《下一代汽车战略 2010》和《日本汽车战略 2014》汽车发展战略也是将发展方向定位于新能源、低能耗、自动驾驶与智能交通体系

这三个方向。

1.3 中国汽车产业发展目标^[7]

我国的社会发展愿景和汽车产业的发展愿景共同为汽车技术指出了前进方向。一方面我国能源、环境战略要求汽车产业为建设绿色、低碳社会做出应有的贡献，社会对提升交通效率、提高出行安全、绿色出行、环保出行的需求，推动了汽车技术向节能、低碳、智能化方向发展。另一方面，汽车产业希望提高汽车品质，促进产业生态全面升级和汽车产业的持续发展，最终将我国由汽车产业大国建设成为汽车强国。

我国汽车产业以这些愿景为出发点，结合全球汽车技术“低碳化、信息化、智能化”发展趋势，依据“创新驱动、质量为先、绿色发展、两化融合”的基本方针，按照“重点突破、全面推进”的指导思想，通过对我国汽车技术未来 15 年发展的系统梳理，选取最能体现主要领域持续进步的表征性指标，提出了我国汽车技术四大总体发展目标和与这四大目标相关的七个领域的重点发展任务。

四大总体发展目标包括节能汽车技术、新能源汽车技术、智能网联汽车技术和技术创新体系。节能汽车技术的具体目标是汽车产业碳排放总量先于国家碳减排承诺和产业规模在 2028 年提前达到峰值；新能源汽车技术的目标是使新能源汽车逐渐成为主流产品，汽车产业初步实现电动化转型；在智能网联汽车技术领域产生一系列原创性科技成果，并有普及应用；在技术创新方面，目标是技术创新体系基本成熟，持续创新能力和零部件产业具有国际竞争力。

七个领域的重点发展任务包括节能汽车技术、纯电动和插电式混合动力汽车技术、氢燃料电池汽车技术、智能网联汽车技术、汽车动力电池技术、汽车轻量化技术和汽车制造技术。汽车轻量化技术和汽车制造技术是节能汽车、新能源汽车与智能网联汽车的共性基础技术，将为所有未来的汽车产品提供有效支撑。

近 20 年来，我国汽车产业发展迅猛，自主品牌汽车企业的总体技术水平有了很大提升，自主研发能力不断提高，在节能汽车、新能源汽车、智能网联汽车研发领域都取得了突破和进步，初步掌控了部分关键技术，对前沿技术也有所布局。汽车整体技术水平的提升与各关键技术领域的进步密不可分，我国在先进动力总成、动力电池及驱动电机、氢燃料电池动力系统和整车轻量化等关键技术领域都取得了不同程度的突破。例如，在发动机技术领域，可变气门正时、涡轮增压、缸内直喷等先进汽油机技术的应用比例不断提高，国内先进的乘用车用汽油

发动机热效率已达到 36% 甚至更高，逐步接近国际先进水平；在轻量化技术领域，我国在轻量化材料、制造工艺、优化设计等方面，都取得了一定成果，包括高强度钢、轻质合金、复合材料在内的轻量化材料已实现应用并逐渐扩大比例，轻量化结构优化技术已在设计阶段大量普及。

目前，我国已建立起较完整的工业体系，骨干车企新建厂制造技术应用水平接近国际先进水平，自主品牌新建厂制造技术应用水平接近合资公司水平，但整体水平极不均衡，如老工厂制造技术普遍落后于新工厂，自主品牌汽车制造技术平均水平低于合资企业品牌汽车水平。制造技术自主开发能力薄弱，基础工艺研究滞后，工艺技术创新体系不健全，关键制造装备仍然依赖合资企业或进口，先进汽车制造装备、生产线重复引进的现象严重。

我国汽车制造业将围绕三个方面实现转型升级，包括实现新能源汽车关键装备的突破发展、促进现有汽车制造技术和装备的优化升级和推动汽车产业向智能制造全面转型。在国家总体制造规划《中国制造 2025》的指引下，汽车制造业提出了四个发展目标：

（1）大幅提升我国汽车制造整体水平，显著提升制造效率，持续降低制造成本和资源能源消耗。

（2）2020 年前，汽车制造技术国际竞争力及“中国制造”品牌价值进一步提升；实现后工程不良品率比 2015 年下降 25%，全员劳动生产率年均增长 7.5%，单位生产总值能耗水平比 2015 年下降 20%。

（3）2025 年前，汽车制造技术自主创新能力大幅提高，节能与新能源汽车制造技术进入世界汽车制造先进行列；实现后工程不良品率比 2015 年下降 45%，全员劳动生产率年均增长 6.5%，单位生产总值能耗水平比 2015 年下降 35%。

（4）2030 年前，汽车制造技术总体达到国际先进水平；初步进入世界汽车制造强国阵营；实现后工程不良品率比 2015 年下降 65%，全员劳动生产率年均增长 6.5%，单位生产总值能耗水平比 2015 年下降 50%。

1.4 节能与新能源汽车制造技术路线图^[8]

中国汽车工程学会受国家制造强国建设战略咨询委员会及工业和信息化部委托，组织行业力量在《中国制造 2025》重点领域技术路线图基础上发布了《节能与新能源汽车技术路线图》，该路线图包括节能与新能源汽车总体技术路线图，以及节能汽车、纯电动和插电式混合动力汽车、氢燃料电池汽车、智能网联