

集聚十二位汽车业界权威专家的汽车产业发展建言书

汽车 技术创新

赵福全 刘宗巍 杨克铨 马青竹◎编著

AUTOMOBILE
TECHNOLOGICAL
INNOVATION

赵福全 / 对话

李 骏 | 欧阳明高 | 李开国 | 李克强 | 王秋景 | 郭孔辉 |
苏万华 | 余卓平 | 廉玉波 | 陈春霖 | 徐向阳

技术战略
决策

国家科技
创新

企业创新
体系

整零协同
创新

人才培育
工程

五个维度构建汽车技术创新方法论

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赵福全研究院·汽车产业战略系列⑤

汽车技术创新

赵福全 刘宗巍 杨克铨 马青竹 编著



机械工业出版社

本书是“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书的第五册，书中集中展现了《赵福全研究院》第十一、十二季的11场高端对话，记载了赵福全院长与李骏、欧阳明高、李开国、李克强、王秋景、郭孔辉、苏万华、余卓平、廉玉波、陈春霖、徐向阳11位汽车技术专家就汽车技术创新开展的高端对话与探讨。

书中对汽车技术创新从产业发展趋势、技术创新价值、自主创新现状和核心技术内涵四方面进行了深入系统的阐述，并对节能汽车技术、新能源汽车技术、智能网联汽车技术的技术创新路径、机遇、潜力和难点等问题进行了剖析，从技术战略决策、国家科技创新、企业创新体系、整零协同创新、人才培养工程五个维度构建了汽车技术创新方法论。

本书适合汽车行业及相关行业的企业管理人员、研究人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车技术创新 / 赵福全等编著. —北京: 机械工业出版社, 2019.7

(赵福全研究院·汽车产业战略系列)

ISBN 978-7-111-63056-2

I. ①汽… II. ①赵… III. ①汽车工程—技术革新 IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 130698 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 赵海青

责任编辑: 赵海青

责任校对: 章琼 陈越

责任印制: 郜敏

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2019年8月第1版第1次印刷

169mm×239mm·24.5印张·2插页·347千字

0 001—3 000册

标准书号: ISBN 978-7-111-63056-2

定价: 89.00元

电话服务

网络服务

客服电话: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

010-88379833

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-68326294

金书网: www.golden-book.com

封底无防伪标均为盗版

机工教育服务网: www.cmpedu.com

有一种对话：酒逢知己，不吐不快

付于武

中国汽车工程学会名誉理事长

作为凤凰网汽车《赵福全研究院》被采访的嘉宾之一，同时也作为一位汽车行业的老兵，我在过去 50 年中一直参与汽车产业的发展，也见证了最近 20 年中国汽车工业的腾飞。今天我有很多感触想和大家分享。

实际上，中国汽车产业从来没有面临像今天这样的历史机遇。同时，也从来没有面临像今天这样的严峻挑战。机遇来自于我们连续稳居汽车产销规模世界第一；机遇来自于中国制造业转型升级正在进行时，机遇更来自于当前席卷全球的新一轮科技革命，整个世界汽车产业都在重塑中。作为后来者，中国确实迎来了千载难逢的赶超机会。

但是与此同时，挑战也是空前的。能源、环境、拥堵、安全四大制约因素日益凸显，对汽车产业的可持续发展构成了现实挑战，尤其对于“跑步”进入汽车社会的中国，更是如此。特别是，尽管中国汽车产业取得了长足的进步，但总体上依然大而不强，集中体现在本土自主品牌汽车企业的弱势地位。

必须清楚：汽车对于中国，意味着国民经济的支柱与先导、制造强国的载体与抓手，汽车强，则制造业必强；意味着 13 亿人民的便利出行和社会资源的顺畅流通，是不可或缺的交通手段，也是新一轮城镇化进程的战略支点；意味着民生福祉的提升和稳定内需的基石，享受汽车生

活是众多百姓心中的“中国梦”。因此，中国汽车人责无旁贷，必须把握机遇、应对挑战，突破制约因素，做强本土企业，让汽车为国家和人民做出更大的贡献。

正在这种情况下，汽车行业内外的众多同仁都在思考应该如何加快做强汽车产业和建成健康汽车社会。总结历史，理清现状，展望未来，寻求突破，可谓正当其时，而且异常紧迫。

然而大家知道，汽车产业实在太过复杂，牵涉广泛，所以各方的观点往往莫衷一是，甚至大相径庭。整个汽车行业可以说不乏各种交流与讨论，像各类论坛、研讨会比比皆是，但是我觉得可能最需要的是，真正由专家提问、专家解答，在深层次碰撞思想、凝聚共识的一个平台，真正轻松自由、充分交流、畅所欲言，类似老友聚会的一种形式。

而凤凰网汽车《赵福全研究院》就找到了这种形式，搭建起了这个平台，应该说这是一种了不起的独创，体现出了凤凰网汽车追求高端的自我定位、前瞻思维的战略眼光。而我也有幸受邀参与其中，在交谈中，确实有深刻的问题和专业的互动，让我把自己心中所想有条理地和盘托出，也让我真正感受到了酒逢知己、不吐不快的畅怀。我觉得这种机会太难得了，这个平台太重要了！

《赵福全研究院》栏目上线后，我得到了很多领导、专家从不同层面的反馈，与我的感受一样，大家都给予了极高的评价，更有很多人建议将这些讨论进一步系统整理成册，发挥指导行业发展的更大作用。令人欣喜的是，凤凰网汽车顺应了大家的需求，在机械工业出版社的大力支持下，开创了网络媒体反向借助书面媒体进行持久传播和记载历史的新纪元。每一年度两到三季的访谈内容，经过作者认真的书面再整理和系统总结，形成了“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书，逐年推出，确实难能可贵。

在此，利用这个机会我想对凤凰网汽车策划和发起这件事情的所有领导、同事表示由衷的感谢和赞赏。感谢凤凰网汽车《赵福全研究院》项目组的全体同志认真策划选题，积极邀约嘉宾，把各项工作进行得井井有条，让这个构思逐渐细化和完善起来。



同时更为受邀担任主持嘉宾的福全院长点赞！福全是我的老朋友了，也是各位受访嘉宾的老朋友。他是有着特殊代表性的行业翘楚，无论海外还是国内，技术还是管理，产业还是学术，都有独特的经历和深厚的积淀，也是大家公认的汽车界金牌主持人。有他的担纲掌舵和亲力亲为，这一场场极具价值的巅峰对话才得以如此精彩纷呈、振聋发聩。还有福全长期栽培的小刘（刘宗巍）博士，他的专业整理和文字功底，让这套丛书如此的饕餮盛宴清晰顺畅地跃然纸上。

也对所有参与访谈的嘉宾、发行本书的机械工业出版社，以及关注支持凤凰网汽车《赵福全研究院》栏目和“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书的全体同仁们表示感谢，大家辛苦了。

我相信，这套集聚汽车业界顶级专家心声的系列丛书，将为国家建言献策、给企业指点迷津，其战略价值将历久弥新、不断彰显。我也希望凤凰网汽车的全体同仁以及福全院长能够百丈竿头更进一步，把《赵福全研究院》这个高端对话栏目持续办下去，并不断总结成书，不仅成为汽车行业深刻思想碰撞的平台、系统战略指导的源泉，也成为中国汽车发展史的宝贵记录，记载中国做强汽车产业的艰辛历程和中国汽车人的拼搏与探索！

谢谢大家。

媒体定位与内容价值

刘 爽

凤凰卫视首席运营官 (COO)

凤凰网首席执行官 (CEO)

高端访谈栏目《赵福全研究院》自2014年4月北京车展正式推出，之后以每年两到三季的速度有序展开，持续得到了海内外众多同仁的广泛关注和积极反馈。

通过这个栏目，各位专家以和赵福全院长对谈的形式，把多年沉淀下来的真知灼见倾囊托出。除了在凤凰新媒体全面推送以外，我们还将每年的访谈内容进行深度加工，编撰形成了“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书，每年向行业奉献这样一册饱含珍贵观点和意见的建言书。

有很多人曾问我，在互联网时代，每天产生的信息数以亿计，辛辛苦苦做一个系列的纸质书籍究竟意义何在？但我觉得这是一件非常严肃，而且很有必要的事，在这件事上我们不曾有一丝的怠慢。

值此全球制造业转型与中国经济调整的关键期，如何加快做强汽车产业和建成健康汽车社会，一直都是备受热议的话题，有过讨论，当然也不乏争执。

作为媒体，凤凰网汽车希望搭建一个具有公信力和影响力的平台，汇聚行业观点，进行思想碰撞，《赵福全研究院》正是顺应了这一重要需求，致力于打造汽车界的“老友记”，努力为汽车行业最核心的疑问寻找



答案。为中国做强实体经济，推动汽车这一支柱性产业的健康发展，贡献我们的力量。

这是一个信息爆炸同时知识碎片化的时代，虽然我们能更快地接触到最新的信息，但在深度关注某一具体领域时，太多的信息和线索反而带来了麻烦。如何串联这些信息，使我们可以面对这个时代时，更清晰地把握脉络。这个时候，证明严谨、观点详实，更专注于内容本身的书籍，成为更好的选择，我想这也是“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书的最大意义。

在这样一个信息多终端的时代，我们当然希望依靠内容差异性和稀缺性抢占先机，但与此同时，凤凰网作为媒体，始终在思考如何让受众可以更专注于好的内容。好内容的意义在于，首先去伪存真，使媒体保持公信力和权威性；其次启人心智，推动社会的发展和产业的进步。我们相信，优质的内容永远是受众最需要的，优质的内容永远是媒体的原点。

最后，值此本系列又一本新书问世之际，我要特别感谢清华大学汽车产业与技术战略研究院院长赵福全教授的倾力付出，感谢每位做客《赵福全研究院》栏目的行业领袖和企业精英的全力配合，正是因为各位的共同努力，才有机会将“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书不断付诸出版。谢谢大家！

凤凰网汽车《赵福全研究院》高端对话栏目自2014年推出以来已走过了五个年头，举办了12季48场对话，先后有51位重量级嘉宾与我在这个车界“老友记”平台上碰撞思想、深度交流，为国家、产业和企业的发展建言献策。同时，基于大家的强烈要求，我们将该栏目的内容进行了深度“加工”，以精心修订的“高端对话”实录和提炼归纳的“论道车界”系统阐述，构成了“赵福全研究院·汽车产业战略系列”专著，按每年一册的速度出版发行、以飨读者，用书面形式沉淀智者心声、指引产业方向、铭记发展历程。迄今已出版了《洞见汽车强国梦》《探索汽车强国路》《践行汽车强国策》和《供应链与汽车强国》四本专著，得到了业界的广泛关注和高度认可。

现在呈现在大家面前的《汽车技术创新》是“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书的第五本专著。为充分做好“汽车技术创新”这个选题，2018年我们精心策划了两季共11场高端对话。应邀参加对话的嘉宾有中国工程院院士、吉林大学汽车学院名誉院长郭孔辉教授，中国工程院院士、中国汽车工程学会理事长、清华大学李骏教授，中国科学院院士、国家电动汽车重点专项总体专家组组长、清华大学欧阳明高教授，中国工程院院士、天津大学苏万华教授，中国智能网联汽车产业创新联盟专家委员会主任、清华大学李克强教授，同济大学校长助理、新能源汽车与动力系统国家工程实验室主任余卓平教授，国家乘用车自动变速器工程技术研究中心常务副主任、北京航空航天大学徐向阳教授，中国汽车工程研究院董事长李开国先生，比亚迪股份有限公司高级副总裁廉玉波先生，广汽研究院院长王秋景博士，德赛西威汽车电子股份有限公司董事长陈春霖先生。所涉及的话题既包括相对传统但始终受到高度关注的底盘及轮胎、内燃机、变速器，也涵盖当前成为发展热点的汽车电

子、电动汽车、燃料电池以及智能网联汽车等诸多关键技术领域的发展方向与创新策略。同时，嘉宾们也与我深入探讨了中国汽车产业进行技术创新的战略意义、实施方法以及人才培育等诸多核心问题。

参与访谈的专家们从各自的专业领域出发，基于多年来的科研积累、产业实践及系统思考，毫无保留地分享了自己的真知灼见。他们对技术原理及基础理论的准确理解与深刻认识，对主流技术发展现状、未来潜力及走向的详细解读与前瞻判断，为广大产业从业者们进行科研方向选题、技术开发目标确定、企业技术路线选择、技术创新体系建设以及科技创新政策制定、技术投资评估等，提供了具有深远意义和现实价值的重要参考！

受访嘉宾们一致认为，要做强汽车产业，最核心的是自主创新以及有效掌控核心技术。展望未来，核心技术的内涵正在发生变化。但不论科技如何变化、挑战多么巨大，企业都必须自己掌控核心技术、形成自主创新能力，这是成为世界顶级企业的必由之路。企业不做这方面的努力是不可能成功的，更不可能拥有未来。事实上，即使是当前已经很成功的世界级车企，面对激烈的竞争和转型的压力，也仍然如履薄冰，在技术创新方面继续进行着积极的探索和实践。对于中国车企而言，我们别无选择，必须不懈努力、不断创新。

技术创新是一项综合性的系统工程，绝不只是某个团队或者某个企业的责任，而是整个社会的责任。在创新链条上，各类不同的参与方必须各司其职、有效协作。尤其是作为创新主体的企业，必须构建起自己行之有效的创新体系，也唯有如此，才能支撑企业持续取得关键技术的突破。

当前，能源、互联和智能三大革命正在驱动全球汽车产业发生全面重构，不同领域的众多技术逐渐成为汽车核心技术。正因如此，新时期汽车技术创新的复合性和交融性将远超从前，汽车技术也比以往更加广泛、更加交织、更加重要。一方面，没有核心技术的突破，产品、服务、产业、生态以及商业模式的创新都是无本之木且不可持续。另一方面，面对产业全面变革的新时代，我们既要坚持深耕细作，同时又要用全新的理念来开展创新。进入互联网时代后，企业可以通过创新的资源组合方式来快速弥补部分技术短板，以加快关键技术的突破。实际上，国外

顶级的传统车企已经纷纷开启转型之路，开始对原有的创新体系和方法进行着全面变革，甚至不惜自我革命。这是其深思熟虑之后做出的战略选择，非常值得中国本土车企深思和借鉴。但必须强调的是，资源整合的前提是企业必须拥有相当的技术能力，这是企业展开合作的基础和博弈的关键。

对于汽车这样集大成的产业，技术创新更是高度复杂的系统工程。汽车技术创新的价值实现首先需要企业内部研产销各个环节的有效协同，同时也需要外部供应链上各相关企业的有效协同。而在线型价值链向网状生态圈转变的产业新形势下，汽车技术创新又和机械、电子、交通、能源、基础设施及城市建设等诸多领域紧密相关。如果说企业曾经可以在某个领域集中力量、埋头苦干、刻苦攻关、实现突破，以局部创新带动整体提升，那么未来企业更要有有效整合内外部资源进行集成式创新，才可能取得重大突破。这也意味着国家整体创新环境和体系的优化完善，变得比任何时候都更加关键和紧迫。

《汽车技术创新》这本书正是上述思想的集中展示和系统描述。从这个意义上讲，本书为中国汽车产业进一步提高技术创新能力，也为国家、产业、企业及科研单位进行技术路线选择，指明了方向、提供了建议。做强汽车产业绝非一日之功，做好汽车产业的技术创新更是必须长期坚持的方向，需要各方的不懈努力和勇敢实践。希望本书的读者们，能够彼此共勉、共同前进！

今后我们将继续努力，不断高质量地推出“赵福全研究院·汽车产业战略系列”丛书的新作品，为产业的健康发展，贡献自己的一份力量。也请大家一如既往地支持我们。让我们共同见证中国汽车产业由大变强的壮丽征程！

清华大学汽车产业与技术战略研究院 院长、教授 赵福全



2019年4月15日 于清华园

序一 有一种对话：酒逢知己，不吐不快 付于武

序二 媒体定位与内容价值 刘 爽

前言

第一部分 高端访谈

- 01 对话李骏
——核心技术的范围将越来越大/002
- 02 对话欧阳明高
——应该强调中国电动车的“得”/021
- 03 对话李开国
——技术创新关乎强国，还关乎产业安全/043
- 04 对话李克强
——智能网联需要跨界融合，是中国的机会所在/063
- 05 对话王秋景
——既要低头拉车，又要抬头看路，功成不必在我/085
- 06 对话郭孔辉
——产业政策不能一刀切/114
- 07 对话苏万华
——舍弃内燃机是根本上的误判/132
- 08 对话余卓平
——燃料电池应与纯电动互为补充/150
- 09 对话廉玉波
——买零件买不来竞争力/166



- 10 对话陈春霖
——未来车载操作系统由谁主导? /188
- 11 对话徐向阳
——变速器是整车电气化及电动化的关键技术/204

第二部分 论道车界

一、汽车技术创新总论 /226

- 01 产业发展趋势 /226
 - 未来汽车价值体系变化带来重大机遇 /226
 - 做强汽车产业要有原始创新 /227
 - 新形势下中国汽车技术亟待突破 /228
 - 汽车产业面临知识体系挑战 /228
 - 未来十年汽车产业必将加速大浪淘沙 /229
 - 院长心声 /230
- 02 技术创新价值 /232
 - 技术创新事关产业做强和产业安全 /232
 - 技术创新必须与成果产业化有效结合 /232
 - 技术创新支撑企业可持续发展 /233
 - 汽车技术创新是复杂的系统工程 /233
 - 汽车行业的创新难度常被低估 /234
 - 院长心声 /235
- 03 自主创新现状 /237
 - 中国汽车技术创新能力进步显著 /237
 - 国内外汽车技术创新能力的差距 /237
 - 中国技术创新链条存在明显短板 /238
 - 中国车企有能力参与全球市场竞争 /239
 - 院长心声 /239
- 04 核心技术内涵 /241



掌控核心技术是关键 /241

核心技术的衡量标准 /242

院长心声 /244

二、节能汽车技术 /246

01 内燃机 /246

油耗法规给内燃机带来巨大压力 /246

排放是内燃机面临的重大挑战 /246

应从全生命周期评估车辆碳排放 /247

中国内燃机技术今非昔比 /248

内燃机技术还有很大潜力 /249

高效内燃机技术产业化的难点 /250

内燃机燃料多元化发展前景广阔 /250

发展替代燃料应考虑地域资源禀赋 /251

内燃机技术未来发展可期 /252

轻易舍弃内燃机将是根本性误判 /253

内燃机和电动汽车的关系 /253

企业需要兼顾内燃机和电动汽车 /255

院长心声 /255

02 变速器 /257

自动变速器的重要性 /257

自动变速器的分类及优缺点 /258

自动变速器的发展前景 /259

中国自动变速器产业现状 /259

国内外自动变速器技术水平的差距 /260

自动变速器技术涉及多个领域 /261

评价变速器优劣的技术指标 /262

专用混动变速器的三个核心问题 /262

专用混动变速器的开发要点 /263

纯电动汽车仍然需要变速器 /264



- 变速器适应动力总成电气化的改变 /265
- 未来 20 年变速器的技术路线 /266
- 整合多方资源加快发展变速器产业 /266
- 院长心声 /267
- 03 混合动力技术 /268
 - 混合动力汽车的比例将逐渐提高 /268
 - 混合动力技术的两个发展方向 /268
 - 混合动力应充分发挥两种动力系统的优势 /269
 - 机电耦合动力技术的未来发展 /270
 - 院长心声 /270
- 04 底盘和轮胎技术 /271
 - 中国汽车底盘和轮胎技术现状 /271
 - 汽车底盘技术正走向智能化 /272
 - 未来轮胎技术的两个发展方向 /272
 - 轮毂电机技术发展趋势 /273
 - 院长心声 /274
- 05 共性节能技术 /275
 - 结构节能与技术节能 /275
 - 汽车网联化智能化的节能减排收益 /276
 - 院长心声 /276
- 三、新能源汽车技术 /277
 - 01 电动汽车 /277
 - 政策驱动中国新能源汽车快速发展 /277
 - 中国电动汽车产业发展的得与失 /278
 - 未来中国新能源汽车市场的竞争格局 /279
 - 中国动力电池处于全球第一梯队 /280
 - 动力电池技术的发展方向 /281
 - 三元锂电池的能量密度及成本极限 /281



电池能量密度和安全性能必须平衡 /283	
中国动力电池技术的国际比较 /284	
磷酸铁锂电池的应用有望回暖 /285	
固态电池最有可能成为下一代动力电池 /286	
动力电池回收利用蕴含巨大商机 /286	
中国电机产业与技术现状 /287	
电控系统尚需进一步优化 /288	
整车集成技术的关键是经济性和安全性 /288	
充电基础设施建设的进展与前景 /289	
电动汽车尚需持续改进 /290	
院长心声 /291	
02 燃料电池汽车 /292	
中国发展氢燃料电池有助于能源转型 /292	
氢气是车用燃料电池的主要能源 /293	
氢能产业链的状况 /294	
氢能社会的概念与前景 /296	
燃料电池汽车的源起 /297	
燃料电池汽车产业化进展 /297	
中国燃料电池汽车的发展现状 /298	
车用燃料电池的工作原理 /298	
燃料电池的成本有很大下降空间 /300	
当前燃料电池技术的主要瓶颈 /301	
燃料电池技术更适用于大型汽车 /303	
燃料电池和电动汽车的关系 /303	
燃料电池汽车未来发展预测 /304	
院长心声 /304	
四、智能网联汽车技术 /306	
01 战略价值 /306	



发展智能网联汽车的社会价值和经济价值 /306

智能网联汽车是产业重大机遇 /307

国内外智能网联汽车技术的差距 /308

中国发展智能网联汽车的优势 /308

统筹规划协同建设智能网联汽车生态 /310

院长心声 /311

02 核心技术 /314

智能网联汽车的概念与内涵 /314

自动驾驶技术将在 2025 年迎来重大突破 /315

智能网联汽车是一个平台系统 /316

智能网联汽车的感知和决策技术 /317

智能网联汽车的执行技术 /318

汽车电子技术的发展方向 /318

汽车电子产品必须稳定和可靠 /319

院长心声 /320

03 关键问题 /321

发展智能网联汽车需要系统规划 /321

未来车载操作系统的主导权 /322

软件开发需适度开放源代码 /322

中国汽车产业发展中的芯片问题 /323

智能网联汽车的法律法规和技术伦理问题 /323

智能网联汽车的标准规范问题 /324

院长心声 /326

五、技术创新方法论 /327

01 技术战略决策 /327

从跟随创新到引领创新的三个支撑 /327

企业战略指引技术创新方向 /327

企业应以“集合”概念规划技术路线 /328