

中国汽车技术的现状、发展需求与未来方向*

刘宗巍 史天泽 郝瀚 赵福全

(清华大学, 汽车产业与技术战略研究院 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要 梳理了中国汽车技术的现状, 重点理清了与世界先进水平的主要差距及其原因, 全面分析了中国经济社会发展和科技变革对汽车技术提出的发展需求。在此基础上, 结合全球汽车技术“低碳化、信息化、智能化”的发展趋势, 提出了中国汽车技术的发展愿景及阶段性目标, 并对关键技术领域进行了识别, 阐明了各领域的重要性及其相互关系, 明确了中国汽车技术的未来方向和发展路径。

关键词: 汽车产业 汽车技术 技术路线 发展需求 发展路径

中图分类号: U461.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3703(2017)01-0001-06

Current Situation, Development Demand and Future Trend of Automotive Technologies in China

Liu Zongwei, Shi Tianze, Hao Han, Zhao Fuquan

(Tsinghua Automotive Strategy Research Institute, State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy,
Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract In this paper, current situation of China automotive technologies is sorted out clearly. Major gaps between China and developed countries in automobile technologies and cause of these gaps are analyzed, and the development demand of China economic and social development and technological transformation on automobile technologies is analyzed. Based on this, in combination with the global development trend of automobile technologies, featuring low carbon, informatization, intelligentization, we propose the development vision of China automobile technologies and periodical targets, and identify key technology fields, illustrate the importance of each fields and their correlations, classify the future direction and development path of China automobile technologies.

Key words: Automotive industry, Automotive technology, Technology route, Development demand, Development path

1 前言

当前,新一轮科技和产业变革方兴未艾,引发新一代信息技术与制造技术的深度融合。在此过程中,汽车正由百余年前典型的机械产品,逐步演变为机电一体化、智能网联化的高科技产品,呈现出与能源、材料、电子、信息等相关产业紧密相连、协同发展的趋势。未来汽车产业和技术将发生深刻变革,其中低碳化、信息化、智能化技术的不断进步,将催生全新的产品形态与商业模式,进而推动整个汽车产业格局和生态的重构^[1-2]。

汽车产业和产品涉及的技术种类繁多、异常复杂,且各种技术相互交织、彼此影响,必须通过综合研究和深入分析,进行系统梳理和准确识别,以确定具体的关

键技术领域,明确细分技术的发展目标和优先级,为汽车技术的发展指明方向,进而形成集中优势资源重点攻关、加快推进核心技术的良好态势。本文对汽车关键技术领域进行了识别和辨析,指明了技术发展路径,为中国汽车产业的发展提供参考。

2 中国汽车技术发展现状

2.1 中国汽车技术现状总览

近20年来,我国汽车产业发展迅猛,总体技术水平有了很大的提升,同时仍有明显的不足^[3-12]。

a. 整体技术水平显著提升。经过多年发展,中国汽车产业的整体技术水平显著提升,自主研发能力不断提高,集中体现在汽车产品取得了长足的进步。总体

*基金项目:中国工程院“制造强国战略研究”项目第一期(2013-ZD-4);中国工程院“制造强国战略研究”项目第二期(2015-ZD-07)。

上,我国汽车技术水平呈现稳步提升的态势,业已基本形成了自主研发能力,不断取得各领域的重点突破,初步掌控了部分关键技术,对前沿技术也有所布局。当然,与世界先进水平相比,我国汽车技术仍有不足,如自动变速器技术尚在攻关、汽车电子电气技术还有很大提升空间、整车集成优化能力需要进一步提升、新能源汽车技术也无国际优势等。

b. 关键技术领域取得重大突破。整体技术水平的提升,与各关键技术领域的进步密不可分。其中,在先进动力总成、动力电池及驱动电机、燃料电池动力系统和整车轻量化等关键技术领域,近年来我国都在不同程度上取得了重大突破,部分技术接近或达到了国际先进水平。当然,我国仍在诸多核心技术领域或单项关键技术上相对落后,如发动机新型燃烧技术应用不足、能量管理技术尚待突破,自动变速器尚待大规模产业化检验,电子电气关键零部件与核心技术多为外资掌控,混合动力技术尚需系统性整体提升,三元电池先进技术多由日韩企业把持,智能网联技术有待实质性突破且关键部件还受制于人等。

2.2 中外主要差距分析

由于我国汽车工业起步较晚、基础薄弱,我国尚不是汽车强国,其中汽车技术与世界先进水平相比还有明显差距是重要因素之一,具体体现在研发能力、创新体系和工业基础等方面。

2.2.1 技术研发能力明显进步但仍存差距

经过几十年的努力,特别是改革开放以来的快速发展,我国汽车技术的自主研发能力已有明显提升,但是总体来看与国外先进水平相比仍有一定差距,表现在科技人才、研发投入、知识积累等方面。

从科技人才方面来看,随着汽车产业的蓬勃发展,国家及行业对汽车科技人才培养的重视程度日益提升,我国汽车科技人才的数量和质量都有很大进步,汽车行业工程技术人员的人数及其在行业从业者总数中的占比连年增长。但是,由于汽车人才培育周期长、中国汽车产业起步晚,目前中国汽车产业的科研人员和工程师仍然以中青年为中坚力量。与国外相比,经验丰富的资深工程师数量严重不足,整体人才结构偏向年轻化,经验普遍欠缺。科技人才的差距仍是制约行业整体研发能力的突出问题之一。

从研发投入方面来看,中国汽车产业的研发投入总量连年提高,研发投入在营收中的占比总体上呈增长态势,但无论从研发投入总量还是其占营收的比例上看,中国与汽车强国相比都还有一定差距。上市公司年

报数据显示,全球主要汽车制造企业的研发投入占比大都在4%以上,投入额度折合人民币300亿元以上,如2015年大众汽车集团研发投入折合人民币高达990亿元以上^[3],占比超过6%。显然,作为后发者,中国在研发投入方面还需要进一步加强。

从知识积累方面来看,目前多数主流自主品牌车企已经初步建立较为完善的汽车技术基础数据库,既包括大量的技术参数与数据,也包括丰富的技术标准与规范等,同时也基本形成了较为完整的产品开发流程。但必须清醒地看到,自中国汽车产业第一轮合资起,我国现代化汽车技术积累不过20年,而西方汽车产业发展自工业革命以来已经有100多年的历史 and 积累,双方的差距仍很明显。

2.2.2 技术创新体系初步形成但有待完善

汽车技术需要前瞻性的创新研究,更需要面向产业化的开发应用,因此,多领域、多学科和多方面的协同创新至关重要,而分工明确、环环相扣的技术创新体系是支撑核心技术不断突破的动力源泉,也是把握历史机遇、实现后来居上的关键因素。

目前,中国汽车产业初步形成了包括政府、行业、企业以及高校等研究机构在内的技术创新体系。在国家层面,以“中国制造2025”及相关落实文件为指导纲领,以不断完善中的汽车产业标准法规与政策体系为保障,以“互联网+”和“大众创新、万众创业”营造创新环境,以国家科技计划和产业技术创新工程为支撑,围绕重大战略需求,逐渐形成创新体系;在行业层面,多行业的跨界合作与行业内的交流协同也呈现日趋紧密的态势,产业技术创新联盟和共性技术研发平台等创新机制正在发挥越来越大的作用;在企业层面,创新主体地位得到充分肯定,加强技术攻关成为多数主流企业的共识;在研究机构层面,高等院校和科研院所的学术成果数量也明显增加。

然而,汽车强国的技术创新体系更为完善,整体上仍领先于我国。例如:美国汽车研究理事会(United States Council for Automotive Research, USCAR)创新平台分为公共、行业和企业三级,通过合理的管理架构有效联通产、学、研、用各方力量;德国的国家科技创新体系通过政府的有效引导和行业组织、科技中介的纽带作用,广泛联通了科研系统、企业、高校等各方面资源,使技术从基础研究、应用研究到产业化研究真正连接成为一个完整的链条。

相比之下,我国技术创新与成果转化还存在一些较为突出的问题。主要包括:“产”“学”“研”创新主体定位

不突出,创新资源分散重复,未形成稳定创新链;产业技术转化价值链的各个环节相对薄弱,甚至存在相互割裂、断档的情况,尤其是从基础研究到产业化之间的工程转化能力不强;专业化程度高、种类齐全的工程公司在技术创新中的作用被严重低估;缺乏具备核心零部件、模块、总成开发能力的供应商;各环节对自己的工作定位及分工认识不够清晰,彼此之间互动不足。为此,我国应积极借鉴汽车强国的先进经验,构建并不断完善新型技术创新平台,真正打通产、学、研、用之间的藩篱,有效支撑汽车技术的突破与应用。

2.2.3 技术升级受制于整体工业基础薄弱

工业基础是一个国家制造业发展的共性基础,也是产业做强的基石和技术创新的支柱。汽车产业关联性强、涉及面广,是最为复杂的产业之一,其能否做强在很大程度上受制于整个工业的基础技术水平^[4]。工业基础主要包括基础材料、基础零部件、基础工艺和技术基础,即“四基”。

目前,我国在车用高强度钢、超高强度钢、轻质合金、车身用复合材料、高品质底盘橡胶件用材料、后处理催化材料等方面尚与国外存在差距。以高强度钢为例,国内已有车用高强度钢产品推出,但尚不能覆盖车用需求全部强度级别,成形性等关键指标也尚显不足。现阶段,国内车用高强度钢屈服强度主要集中在210~340 MPa,屈服强度大于550 MPa的超高强度钢用量较少,相比之下,国外一些车型上,780 MPa及以上强度钢的整车应用比例已达到30%以上。未来汽车轻量化等技术不断发展,将对基础材料提出更高要求。

当前,我国基础工艺水平不足,关键高端装备缺乏,工艺装备主要集中在粗加工,加工稳定性低、可靠性差,虽然也有部分精加工和自动化程度高的加工中心,但加工质量与国外先进水平相比仍有差距。这一劣势集中体现在液压成型及焊接、高精度切削加工、大型铝/镁合金精密真空压铸、高强度薄壁铸铁结构精密铸造、碳纤维材料成型及连接、内高压成型、精密冷温挤压成型等技术以及相应的高端制造装备都有欠缺,对包括汽车产业在内的高端制造业形成了严重制约。

我国汽车技术发展受制于基础零部件制造技术薄弱的现象非常明显。中国本土零部件企业普遍规模小、技术差,竞争力不足,绝大多数处于产业链下游,而附加值高的关键零部件仍几乎全部依靠进口或外资独资在华生产,如动力总成电控系统、底盘电控系统、超低摩擦关键零部件、可变配气机构、发动机后处理器、双离合总成、高效作动器、高品质底盘橡胶元件、高精度电流传感

器等都存在较大的自主缺失。

我国的技术基础还有较大欠缺:在标准与数据积累方面,标准制度化和汽车技术数据库建设还处于落后位置,同时中国特色不明显,技术标准系统性不强;在检测配套方面,检测设备多为引进,自主配套能力不强,汽车检测设备品种不全、技术更新较慢、技术含量偏低;在共性技术创新体系建设方面,自主创新的产业体系尚存在明显短板。

反观各大汽车强国,其工业基础都较为雄厚。其中,作为一直高度重视实体经济的老牌工业强国,德国的总体工业基础实力最强,与汽车相关的基础产业发展最为全面。相比之下,美国在基础材料领域具有较强实力,日本的优势则主要体现在基础工艺领域。而中国无论在基础材料、基础工艺,还是在基础零部件、技术基础方面,与上述汽车强国相比都还存在着较大的差距。

由此可知,建设汽车强国是一项艰巨的系统工程,不仅需要汽车产业自身理清发展战略、加强自主创新、提升技术水平,也需要我国整体工业能力的不断提升和工业基础的持续完善。

3 中国汽车技术发展需求分析

3.1 经济社会可持续发展要求汽车技术协调发展

当前,汽车产业在中国经济社会发展中的地位越来越重要,建设汽车强国的需求日益迫切,亟需汽车技术的有力支撑。同时,汽车保有量的增长也带来了能源、环境、交通、安全等问题,这些问题又倒逼汽车技术必须加快发展^[14-15]。

首先,汽车产业在我国经济社会发展中具有重要地位,这一战略定位要求汽车技术必须加速发展,以支撑产业的可持续发展,具体体现在四个方面。第一,汽车产业是中国国民经济的重要支柱产业。如果汽车技术始终滞后,我国无法建成汽车强国,难以实现汽车产业的可持续发展,势必动摇汽车产业的支柱地位,对国民经济发展造成严重影响。第二,汽车产业是中国工业化与信息化深度融合的重要交汇点。规模庞大的汽车产业涉及面广,集成度高,资金、技术、人才高度密集,是未来我国两化深度融合的最强需求、最佳载体和最大平台,也是我国推进“中国制造2025”、建设制造强国的龙头和抓手,具有带动、引领整个制造业抢占未来战略制高点的核心地位。信息化技术的全面介入及其与工业化技术的深度融合使汽车技术有了全新内涵,也给汽车技术的发展提出了新的需求。第三,汽车是未来中国高端制造业输出的重要支点。中国未来的工业产品输出

将从劳动密集型的轻工业制品逐渐向技术密集型的高端制造业产品转变。在不断进步的汽车技术支撑下,日益增强的汽车产业有望成为中国输出高端制造业的又一战略选项。第四,汽车是中国城镇化进程的重要战略支撑。汽车作为可以自由移动的交通运载工具,能够真正实现全“面”联通,这与未来中小城镇星罗棋布于若干中心大都市周围的城市集群规划相得益彰。在此前景下,汽车技术亟需加快发展,持续完善产品性能和质量,并不断提升信息化、智能化程度,方能适应未来智能交通体系和智慧城市规划的需求,有效发挥自身在城镇化进程中的重要作用。

其次,日益严峻的能源、环境、交通、安全等问题提出汽车技术的绿色、融合发展要求。当前,影响汽车产业可持续发展的多种制约因素日益凸显,对汽车技术的进步形成了倒逼作用。在能源与环境方面,随着现代化进程的不断深入,我国整体的能源需求和环境压力也持续增大,而汽车产业既是化石能源消耗的“大户”,也是城市环境污染的重要贡献者之一。汽车产业规模的井喷式增长,使我国“跑步”迈入汽车社会,也使交通拥堵与行车安全两大汽车社会问题尤为凸显,因此,升级交通体系,提高交通效率和安全性,成为城市规划与建设的紧迫需求。

3.2 科技变革与产业重构要求汽车技术创新发展

以万物互联、大数据、云计算、增材制造和人工智能等为代表技术的新一轮科技变革正在到来,与此前历次科技变革主要以某个领域的技术突破为标志进而带动整体进步不同,本次科技变革的广度和深度都前所未有,不仅是在多个重要领域同时发生突破,而且各个领域之间又紧密联系、相互影响,波及到人类社会的方方面面^[16]。对于汽车技术来说,其主要影响集中在三个方面。

第一,新一轮科技变革指明汽车技术发展方向。与一般产业的情况不同,汽车产业的升级将是汽车“智能制造”与智能汽车产品的双向并行、共同发展。一方面,未来汽车产品将向网联、智能和新能源的方向持续发展,并以智能网联汽车作为必然的产品体现形式;另一方面,汽车智能制造则是工业体系整体升级到“智能制造”的先导、基础和载体。两者相互影响、相互促进,引发汽车产业、产品与技术内涵和范畴的重新定义,并形成汽车产业的新变局。

第二,产业全生态重构创造汽车技术全新可能。新一轮科技变革将引发汽车产业向充分互联协作的智能制造体系演进,促使汽车的生产方式、产品形态、合作模

式和商业模式等各个方面都发生根本改变,带来产业全生态的重构。这个转变过程,是以相关技术的进步为基础和支撑的,特别有赖于网联技术与汽车移动属性的有效结合。反过来讲,新的产业生态又将促进相关技术的深度融合和加速发展。

第三,核心技术成为把握重大历史机遇的关键。全球新一轮科技变革引发的产业重构期和我国建设制造强国的关键攻关期形成了历史性交汇,未来汽车产业和产品也将与现在大不相同,从而为后来居上创造了更大的机遇。巨大的机遇同时也意味着巨大的挑战,如何应对挑战、把握机遇成为中国建设汽车强国乃至制造强国的关键。而掌控核心技术无疑是重中之重,未来,汽车产业的竞争归根到底还是核心技术的竞争,如果不能加快弥补在核心技术水平与自主研发能力方面与国外的差距,我国汽车产业的整体竞争力将不可能进入世界先进行列。同时,在转型时期,大量“新”技术将与“旧”技术发生交融和组合,产生各种不同变化。这就需要我们既加强对传统技术的持续追赶,也关注对新兴技术的不断开拓。最终,通过汽车核心技术的有效掌控、有效融合,把握最大历史机遇,占据未来的战略制高点。

4 中国汽车技术未来方向与发展路径

4.1 未来发展愿景

未来,以节能汽车、新能源汽车和智能网联汽车为产品方向和集成载体,汽车技术向低碳化、信息化和智能化发展的趋势将日趋明显^[17-21],而随着汽车技术的不断进步,最终期待在社会和产业两个维度实现发展愿景。

在社会愿景方面:

a. 实现能源、环境的友好发展。持续提升汽车低碳化技术水平,使汽车产业的发展能够与中国能源、环境战略目标相适应,为建设绿色、低碳社会作出应有的贡献。

b. 实现安全高效的智能交通。以智能网联汽车为核心枢纽环节,促进智能交通体系的有效应用和加快完善,以大幅度减少交通事故、提升交通效率,同时助力降低整个交通系统的能耗和排放。

c. 实现社会资源的顺畅移动。通过充分网联、高度智能的汽车产品,提高车辆的运输能力与效率,满足包括人在内的各种社会资源自由移动和顺畅流通的战略需求。

d. 实现和谐健康的汽车社会。通过节能环保水平、交通运载能力的提升,综合解决汽车社会的能耗、污染、拥堵和行车安全问题,确保汽车与人员、其他交通工

具、道路设施及城市规划与建筑的协调发展,构建和谐、健康的汽车社会。

在产业愿景方面:

a. 实现产品品质的不断提高。持续提升汽车产品的安全性、经济性、动力性、可靠性及耐久性,使我国汽车产品质量控制能力逐步达到世界先进水平,全面提高消费者对汽车产品的综合感受和满意程度。

b. 实现产业生态的全面升级。引导并构建适应新一轮科技变革的汽车产品形态、使用方式、商业模式及全产业链,以产业转型升级与核心竞争力提升为目标,重构汽车产业生态。

c. 实现汽车产业的持续发展。推动汽车制造、使用直至报废回收全生命周期的低碳化,确保汽车产业能够在能源、环境承载范围内实现绿色发展。同时,通过实现更高效、节约的汽车使用模式提高车辆利用率,确保产业发展对资源消耗的总可控制。保持汽车产业稳步发展,销量在2020年达到3 000万辆、2025年达到3 500万辆、2030年达到3 800万辆。

d. 实现汽车强国的成功建成。以自主品牌逐步掌控重点核心技术为依托,培育2~3家具有国际竞争力和品牌知名度的自主整车企业,把我国成功建设成为汽车强国。

4.2 总体发展目标

未来发展愿景为我国汽车技术提出了明确需求,也指出了前进方向。以此为出发点,在制造强国战略的指引下,结合全球汽车技术“低碳化、信息化、智能化”的发展趋势,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,对我国汽车技术未来15年的发展进行了系统梳理,选取了最能体现主要领域持续进步的表征性指标,提出了中国汽车技术总体发展目标。

4.2.1 节能汽车技术

推动汽车低碳化方向发展进程,通过技术进步和重点产品的推广,汽车产业碳排放总量先于产业规模,在2028年提前达到峰值。新车油耗水平达到国际先进水平,形成自主、可控、完整的节能汽车产业链,具有知识产权的自主产品份额不断提升。掌控包括先进动力系统、高效传动系统、多种混合动力以及轻量化、低阻等共性技术在内的节能汽车关键技术。至2020年,乘用车新车平均油耗达到5 L/100 km,商用车新车油耗接近国际先进水平;2025年,乘用车新车平均油耗达到4 L/100 km,商用车新车油耗达到国际先进水平;2030年,乘用车新车平均油耗达到3.2 L/100 km,商用

车新车油耗与国际领先水平同步。

4.2.2 新能源汽车技术

在稳步提升的新能源汽车技术支撑下,新能源汽车逐渐成为市场上的主流产品,汽车产业初步实现电动化转型。全面掌握高能量密度动力电池、高效驱动电机、先进电控系统、全新整车平台以及低成本燃料电池等新能源汽车关键技术,并达到国际先进水平。以技术突破为支撑,推动新能源汽车销量不断提升,助力中国汽车产业低碳化进程。至2020年,新能源汽车销量占总销量7%以上;2025年,新能源汽车销量占比15%以上;2030年,新能源汽车销量占比达到40%以上。

4.2.3 智能网联汽车技术

智能网联汽车技术不断发展,产生一系列原创性科技成果,并有效普及应用,使我国在该领域能够逐渐引领全球趋势。逐步掌握智能网联汽车领域内的车辆感知、决策及控制关键技术,信息交互关键技术以及高精度地图与定位等基础支撑关键技术。依托我国较为强大的信息产业实力和全球翘楚的汽车产业规模,加速在汽车领域实现信息化与工业化的深度融合,有效形成发展合力,推动汽车技术信息化、智能化发展。至2020年,实现以自主环境感知为主,网联信息服务为辅的部分自动驾驶,驾驶辅助/部分自动驾驶车辆市场占有率达到约50%;2025年,实现V2X协同控制、高度/完全自动驾驶功能,实现高度自动驾驶车辆市场占有率达到约15%;2030年,完全自动驾驶车辆市场占有率接近10%。

4.2.4 技术创新体系

培育并完善完整的汽车技术创新价值链,使技术创新体系基本成熟,持续创新能力具备国际竞争力。建成支撑汽车技术自主研发与持续创新的完整体系,全面覆盖汽车技术的各个领域。包括国家层面的顶层设计、企业层面的有效实施以及研究机构层面的有力支持,通过搭建自主研发共性关键技术的公共平台、持续完善科技创新的管理机制、构建科技创新的支撑服务体系,实现政、产、学、研的各司其职、协力发展,使我国汽车产业科技创新能力和持续创新能力具备国际竞争力。

4.3 重点发展方向

汽车技术涉及要素广、关键领域多、相互影响强、发展变数大,准确识别关键技术领域及其相互关系至关重要。根据汽车各项技术的内涵、特点及相互关联,将低碳化、信息化、智能化技术予以综合分析分解,明确我国汽车技术重点发展方向,如图1所示。

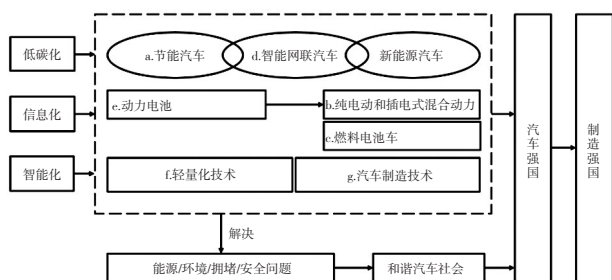


图1 我国汽车技术重点发展方向

当前,节能汽车、新能源汽车以及智能网联汽车已被确定为我国汽车产业的发展重点。新能源汽车包括纯电动、插电式混合动力及燃料电池汽车,其中,动力电池又处于关键地位。同时,汽车制造技术和轻量化技术作为共性基础技术,也具有重要价值。由此确定了汽车技术的7个重点发展方向。

a. 节能汽车技术。在可预期的未来,传统内燃机汽车仍将占据汽车产品的主要份额,因此节能汽车是未来汽车产品的重要形态之一,提高节能汽车在传统动力汽车中所占比例,推广先进节能技术在节能汽车上的应用,推动其不断向低碳化方向发展,也是汽车产业降低能源消耗、减轻环境污染、最终实现低碳目标的重要保障。

b. 纯电动和插电式混合动力技术。新能源汽车有助于国家能源结构调整,最终确保汽车产业的绿色、和谐发展,代表了汽车的发展方向。当前,纯电动和插电式混合动力汽车是已经产业化推广的重要产品,也是未来10~15年内新能源汽车逐渐成为汽车产品主流的关键所在。

c. 燃料电池汽车技术。燃料电池汽车具有零排放、零污染的特点,是氢能清洁能源应用的重要领域之一,代表着人类能源结构“脱碳入氢”的发展方向。

d. 智能网联汽车技术。智能网联汽车是新一轮技术变革和产业重构前景下,打造全新智能汽车生态圈的核心,也是实现汽车产业与技术转型升级的重要支撑。

e. 动力电池技术。支撑电动汽车和插电式混合动力汽车的核心是动力电池,其技术进步和性能水平直接决定新能源汽车的续驶里程、使用寿命、成本等关键指标,是新能源汽车普及的关键要素。

f. 汽车轻量化技术。减轻车辆质量意味着在汽车行驶过程中可直接节省大量能量,同时,汽车行驶过程中所受到的阻力也与车辆质量相关。作为共性基础技术之一,汽车轻量化是有效降低能耗及排放的重要领域。

g. 汽车制造技术。作为节能汽车、新能源汽车、智能网联汽车的共性基础,汽车制造技术是有效打造未来汽车产品的前提。同时,汽车制造过程中的低碳化、信息化、智能化技术应用,也是汽车技术发展的重要方向。

上述重点技术领域共同体现了汽车技术低碳化、信息化、智能化的发展方向,同时彼此之间又紧密关联、相互影响。

其中,节能汽车、新能源汽车和智能网联汽车是汽车技术发展与应用的表现形式和最终载体。三者之间不是割裂的,节能与新能源汽车共同面对节能、环保等严峻挑战,而智能网联汽车不仅直接关系到交通拥堵、行车安全等问题的最终解决,也与节能汽车、新能源汽车彼此作用、相互促进。一方面,节能汽车和新能源汽车最终都可以也必须成为智能网联汽车;另一方面,充分网联与高度智能将大幅提升车辆的节能环保效果、运行效率以及安全性能。

汽车轻量化和先进制造等,是节能汽车、新能源汽车与智能网联汽车的共性基础技术,将为未来所有的汽车产品提供有效支撑。面向新一轮科技变革及其引发的产业重构,共性基础技术的重要性并未下降,而是具有了全新内涵与发展空间。例如,与应用于传统的节能汽车不同,轻量化技术对于新能源汽车而言,意味着大量节约高成本动力电池的可能性;又如,作为高度复杂的民用工业品,智能汽车是与汽车“智能制造”相向并行、同步升级的,前者为后者提出了最高的发展需求,后者则确保前者能够真正被制造出来。

因此,我国应沿着上述7个重点发展方向,加快推进相关关键技术的不断进步,以最终解决能源、环境、拥堵与安全问题,支撑中国汽车产业向着强国目标不断迈进。

参 考 文 献

- 1 中国汽车技术研究中心,中国汽车工业协会.中国汽车工业年鉴,2015.
- 2 周济.智能制造——“中国制造2025”的主攻方向.中国机械工程,2015(17):2273~2284.
- 3 GB 27999—2011 乘用车燃料消耗量评价方法及指标.
- 4 发展和改革委员会.节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020年).2012.
- 5 EPA, NHTSA. EPA and NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017–2025 Cars and Light Trucks. 2012.
- 6 中国汽车工业协会.中国汽车工业产销快讯,2000~2015.

(下转第47页)

温度仅降低了1.70℃。同时,两种包覆方式的电池内外最大温差均未超过5℃,满足电池正常工作温差要求。

b. 增加复合相变材料厚度和对流换热系数以及降低环境温度,电池表面温度将降低;当电池表面温度处于复合相变材料的相变温度区间时,继续增加厚度和对流换热系数数值对改善电池表面散热效果不显著。

c. 当复合相变材料用量不足时,放电过程中,在其出现完全融化前,相变潜热是影响电池表面最高温度的关键因素,完全融化后,热传导对电池表面散热起主导作用。

参 考 文 献

- 1 石运才,吕彩琴,张鹏程.电动汽车用镍氢电池的水冷却设计方案.电池,2016,46(1):35~37.
- 2 裴锋,符兴锋.基于风冷模式的18650动力电池系统安全性设计研究.汽车技术,2015,8:48~58.
- 3 Al-Hallaj S, Selman J R. A novel thermal management system for electric vehicle batteries using phase-change material. J. Electrochem. Soc., 2000, 147(9):3231~3236.
- 4 Mills A, Al Hallaj S. Simulation of passive thermal management system for lithium-ion battery packs. Journal of Power Sources, 2005, 141(2):307~315.
- 5 Kizilel R, Sabbah R, Selman J R, et al. An alternative cooling system to enhance the safety of Li-ion battery packs. Journal of Power Sources, 2009, 194(2):1105~1112.
- 6 Ramandi M Y, Dincer I, Naterer G F. Heat transfer and thermal management of electric vehicle batteries with phase change materials. Heat Mass Transfer, 2011, 47(7):777~788.
- 7 Javani N, Dincer I, Naterer G F, et al. Heat transfer and thermal management with PCMs in a Li-ion battery cell for electric vehicles. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014, 72:690~703.
- 8 Zhonghao Rao, Shuangfeng Wang, Guoqing Zhang. Simulation and experiment of thermal energy management with phase change material for ageing LiFePO₄ power battery. Energy Conversion and Management, 2011, 52:3408~3414.
- 9 赵佳腾,饶中浩,李意民.基于相变材料的动力电池热管理数值模拟.工程热物理学报,2016,37(6):1275~1280.
- 10 Bernadi D, Pawlikowski E, Newman J T. A general energy balance for battery system. Journal of Electrochem Society, 1985, 132(1):5~12.

(责任编辑 文 楫)

修改稿收到日期为2016年7月14日。

(上接第6页)

- 7 国务院发展研究中心产业经济研究部,中国汽车工程学会,大众汽车集团(中国).中国汽车产业发展报告.北京:社会科学文献出版社,2011~2015.
- 8 中国与世界社会发展数据库.中国交通领域碳排放现状、低碳政策与行动.北京:社会科学文献出版社,2011.
- 9 NRC. Cost, Effectiveness and Deployment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles. 2015.
- 10 EPA. Joint Technical Support Document: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. 2012.
- 11 IEA. Energy Technology Perspectives 2012. 2012.
- 12 ICCT. Hybrid Vehicles Technology Development and Cost Reduction. 2015.
- 13 搜狐汽车.最新全球车企研发投入排行榜[EB/OL]. (2016-02-22)[2016-12-23]. <http://auto.sohu.com/20160222/n438062179.shtml>.
- 14 赵福全,刘宗巍.我国建设汽车强国的战略判断.汽车工程学报,2014(5):313~318.
- 15 赵福全,刘宗巍.汽车强国战略视角下的本土企业定位分析.汽车科技,2014(6):1~5.
- 16 赵福全,刘宗巍.我国建设汽车强国的行动方向.汽车工业研究,2014(10):4~7.
- 17 李骏.汽车发动机节能减排先进技术.北京:北京理工大学出版社,2011.
- 18 中国汽车工程学会,丰田汽车公司(中国).中国汽车技术发展报告.北京:北京理工大学出版社,2015.
- 19 中国汽车技术研究中心.节能与新能源汽车年鉴.北京:中国经济出版社,2015.
- 20 国家制造强国建设战略咨询委员会.中国制造2025重点领域技术路线图. 2015.
- 21 制造强国战略研究项目组.制造强国战略研究:领域卷.北京:电子工业出版社,2015.

(责任编辑 斛 畔)

修改稿收到日期为2016年10月9日。