

中国电动汽车产业发展现状、问题与未来

赵丹, 马建

(长安大学 电子与控制工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要:为推动中国电动汽车产业与技术的进一步发展,对“十五”到“十三五”期间中国电动汽车的发展历程进行回顾,对20年来中国电动汽车整车技术、动力电池技术、驱动电机技术与燃料电池技术等方面所取得的研究进展进行总结,从产业总体概况、动力电池、驱动电机、充电基础设施以及燃料电池产业等方面分析当前中国电动汽车产业发展现状。研究认为,中国电动汽车产业发展态势良好,在整车及关键零部件方面都培育出一批具有集聚效应的龙头企业,电动汽车产业链已初具规模,但仍存在大而不强的风险,关键核心技术与国际水平具有一定差距;国家应加强政策引导,大力推动核心技术发展,提升现有电池的能量密度,超前部署新型动力电池的研发,并优化电动汽车发展的相关激励政策,制定动力电池和电动汽车残值评估、梯次利用及回收等相关标准和规范,进一步挖掘和探索新型商业模式,建立电动汽车推广与交通体系建设、能源体系升级以及出行结构优化等多领域融合互动的协同发展机制。

关键词:电动汽车;核心技术;新型动力电池;商业模式;交通体系;能源体系;出行结构

中图分类号:U469.72

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2020)04-0051-11

Development status, problems and future of electric vehicles in China

ZHAO Dan, MA Jian

(School of Electronics and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: To further promote the development of the electric vehicle industry and technology in China, this paper reviews the evolution of China's electric vehicles during the period from the "tenth five-year plan" to the thirteenth "five-year plan", summarizes the research progress of electric vehicle technology, power battery technology, driving motor technology and fuel cell technology in China in the

收稿日期:2020-05-07

作者简介:赵丹(1981-),男,陕西西安人,讲师,工学博士。

past two decades, and then analyzes the current development status of China's electric vehicle industry in terms of the general overview of the industry, power battery, driving motor, charging infrastructure, and fuel cell industry, etc. The research finds that in general, the development trend of China's electric vehicle industry is acceptable, while some leading enterprises with agglomeration effects have been cultivated in terms of the whole vehicle and key components. The electric vehicle industry chain has begun to take shape. However, great risk still exists in the industry, but it is not strong. There is a gap in the key core technology compared to the international level. The refore, China should enhance its policy guidance, rigorously boost the development of core technology, increase the energy density of existing batteries, deploy the research and development of new power batteries in advance, optimize relevant incentive policies in the development of electric vehicles, formulate standards and norms related to the residual value evaluation, cascade utilization and recycling of power batteries and electric vehicles, further explore new business models, and establish a collaborative development mechanism involving the integration and interaction of multiple fields such as promotion of electric vehicles, construction of transportation systems, upgrade of energy systems, and optimization of travel structure.

Key words: electric vehicle; core technology; new power battery; business model; transportation system; energy system; travel structure

汽车工业的快速发展引发了一系列社会问题,电动汽车已成为缓解中国能源与环境压力、实现汽车产业与交通运输行业可持续发展的有效举措^[1]。中国电动汽车萌芽于2000年左右,借助于2008年北京奥运会,开始进入市场推广与应用阶段。此后,政府相继出台了多项政策法规来推进电动汽车的研发及产业化进程。在国家产业政策的持续引领以及多项举措并举的前提下,中国电动汽车产业发展迅猛,从2015年开始连续蝉联全球产销第一位^[2]。为推动中国电动汽车产业与技术的良性发展,众多学者对中国电动汽车产业与技术的发展方向进行了分析和探讨。现有电动汽车相关综述文献大体可分为3类:即政策性研究、产业化推广研究以及技术路径研究。

(1)有关政策性研究。文献[3]回顾了中国电动汽车相关产业政策,并基于早期试点推广城市的调研结果,提出了针对当前阶段电动汽车推广应用的解决方案。文献[4]分析了电动汽车产销量快速增长对现有产业政策带来的挑战,提出了可供中国借鉴的创新型产业政策。文献[5]回顾了2017年电动汽车的市场推广情况以及相关产业政策,并

对当前电动汽车产业推广所面临的挑战进行了分析,提出了下一阶段电动汽车的发展展望。文献[6]阐述了产业政策体系的制定方向与原则,分析了后补贴时代电动汽车产业发展所面临的问题,并提出了相应的发展策略与政策建议。

(2)有关产业化推广研究。随着产业政策的日趋完善,中国电动汽车产业化规模逐步壮大,如何进一步加大产业化推广应用也变得尤为重要。文献[7]对中国电动汽车产业进行了系统的概述,并讨论了国家政策在电动汽车产业发展中的作用。文献[8]利用 Logistic 模型对未来中国汽车保有量进行了预测,并从能源和安全两个维度对电动汽车产业的中长期发展路径进行了分析。文献[9]对中国电动汽车产业化进展进行了系统回顾,并通过与国际先进水平的比较,提出了中国电动汽车产业的发展策略。文献[10]总结了电动汽车产业的成长特性与中国电动汽车发展的热点问题,并提出了加快电动汽车产业发展的举措。文献[11]介绍了节能汽车与电动汽车的发展现状,并从多维度分析了不同车型的发展要素,为中国电动汽车产业的发展提出了相关建议。文献[12]基于中国电动汽车的

发展现状与分布状况,分析了电动汽车的节能效应,并结合当前电动汽车发展中存在的机遇和挑战,提出了相应的对策与建议。文献[13]研究了中国电动汽车产业的发展历程,总结了“十二五”期间取得的重大成果,并基于最新发展动态对“十三五”期间电动汽车产业的发展进行了预测。文献[14]对中国“十三五”前电动汽车的推广应用现状进行了回顾,分析了电动汽车推广应用的影响因素,并基于当前电动汽车推广应用存在的问题提出了相关措施及建议。

(3)有关技术路径研究。经过国家政策的引导与多轮推广示范应用,中国电动汽车产业规模已跃居全球首位,但与国际先进水平相比,关键核心技术的差距仍是中国电动汽车健康发展的短板。文献[15]从多视角出发对中国电动汽车产业与技术的优势与劣势进行了综合评价,并针对电动汽车关键零部件与动力总成提出了量化的发展目标,提出了电动汽车技术的发展方向与路径。文献[16]分别梳理了发达国家及中国的电动汽车发展历程,指出了中国电动汽车产业的发展瓶颈,并给出了中国电动汽车关键技术的发展现状与趋势。文献[17]分析了电动汽车的技术现状,并对电动汽车技术的发展趋势进行了研究,提出了未来电动汽车的发展重点。文献[18]围绕整车、动力电池、充电基础设施等关键技术对中国电动汽车的发展现状进行了分析,并指出了电动汽车的发展趋势及方向。文献[19]综述了车用燃料电池在中国及国外发达国家的发展现状,分析了中国外燃料电池汽车的发展进程,并提出了中国燃料电池汽车技术发展的重点方向。文献[20]分析了中国燃料电池汽车产业的发展现状及存在的技术差距,并结合产业与技术特点提出了较为具体的发展战略与措施。文献[21]对中国电动汽车行业的发展现状进行了回顾,总结了驱动电机关键技术与电动汽车电机的发展趋势,并对电动汽车行业的未来发展进行了展望。

总体来看,经过近30年的发展,中国电动汽车发展的优惠政策正逐步由货币型激励政策转向非

货币型引导政策,同时,产业化发展与推广也将由政府主导转变为市场主导,而这一转变过程需要以电动汽车关键核心技术的进步为前提。因此,产业政策、产业推广与技术进步是一个相辅相成的有机整体,在研究电动汽车的发展过程中应同步考虑。2020年既是“十三五”的收官年,也是“十四五”的开局年,发展电动汽车已上升为国家战略性政策,为了继续保持中国电动汽车的良好发展势头,本文首先回顾了“十五”以来,4个关键阶段中国电动汽车的发展历程与当前所取得的技术进步;然后从多角度出发对当前中国电动汽车产业现状展开了系统的分析;最后,针对当前存在的问题为未来中国电动汽车产业与技术的发展提出了针对性建议。

一、中国电动汽车的发展历程

中国电动汽车的发展始于20世纪90年代,政府先后通过多轮专项计划来推进电动汽车的发展进程。从发展历程来看,先后经历了4个关键的发展阶段:“十五”期间的“863”电动汽车专项计划、“十一五”期间的节能与新能源汽车重大专项、“十二五”期间的电动汽车重点科技专项与“十三五”期间的新能源汽车重点专项。

(一)“十五”期间电动汽车重大专项

“十五”期间,中国启动了“863”电动汽车重大专项计划,由于混合动力技术刚刚起步,而纯电动汽车关键技术尚未突破,因此,混合动力汽车与氢燃料电池车的研发被同时列入了科技专项计划,从而形成了以燃料电池汽车、混合动力汽车与纯电动汽车为“三纵”,以动力电池、驱动电机以及多能源动力总成电控等三大关键零部件系统为“三横”的关键技术攻关布局,总体布局如图1所示^[22]。“十五”期间的“三纵三横”,以电动汽车整车技术与关键零部件技术为发展重点,采取整车牵头、零部件配合、产学研相结合的模式,推动了中国电动汽车的技术发展^[23]。



图1 “十五”期间电动汽车重大科技专项总体布局

(二)“十一五”期间节能与新能源汽车重大专项

随着 2006 年国务院《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006 ~ 2020 年)》的发布,“低能耗与电驱动技术”及“氢能与燃料电池技术”分别成为中国优先发展的主题与前沿技术。同时,对电动汽车的发展思路也进行了相应调整,鼓励并推进节能汽车与电动汽车的同步发展。一方面对现有传统内燃机车辆动力源进行优化,发展节能车辆;另一方面寻找替代能源,开发新一代车辆动力系统,发展电动汽车。

如图 2 所示,“十一五”期间的研发布局延续了“三纵三横”的基本框架,并对“三纵”中的发展车型进行了进一步扩展,将基于代用燃料的节能汽车以及基于电驱动系统的纯电动汽车、燃料电池汽车和增程式电动汽车纳入重点发展车型,通过“传统车过渡”与“电动车转型”的双重发展战略来共同推动车辆的节能化与电动化协调发展。

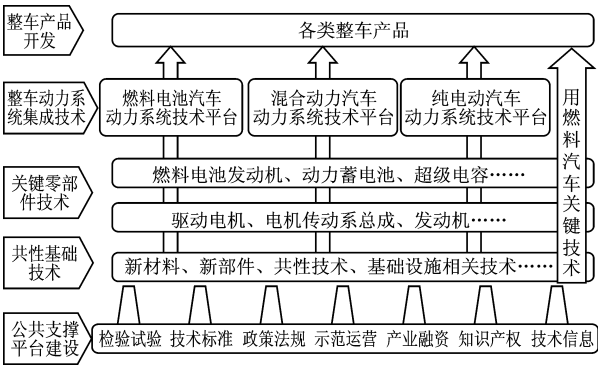


图2 “十一五”期间节能与新能源汽车重大专项总体布局

(三)“十二五”期间电动汽车重点科技专项

随着《节能与新能源汽车产业发展规划(2012 ~ 2020 年)》与《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》的发布,电动汽车产业被确立为国家重点发展的七大战略新兴产业之一,“纯电驱动”化发展也成为中国电动汽车产业发展的战略取向。

在此背景下,科技部制定了《电动汽车科技发展“十二五”专项规划》,并继续以节能与电动汽车“过渡与转型”并行互动双重战略为指导,着重以“纯电驱动”技术转型为战略取向,以电池、电机、电控为基础建立一体化的技术平台。车型开发以大中型纯电驱动城市用车和小型电动车为主,从两个方向进行突破,并逐步向中高级纯电驱动轿车渗透发展。产业推进以大中城市公共服务领域各种电动汽车车型示范为突破口,逐步以电动城市客车、轻/中混合动力汽车以及小型电动轿车为引导,扩大电动汽车的推广,最后实现深混高级别轿车、PHEV 混合动力轿车、FCEV 氢燃料电动汽车的规模化推广与应用。

如图 3 所示,“十二五”期间,中国继续秉承了“三纵三横”的总体布局,结合“纯电驱动”技术转型战略,在电动汽车关键共性技术和重点发展车型等方面进行了扩展与细化。在车型方面,将常规混合动力汽车与燃料电池汽车分别划分为一个大类,将插电式混合动力汽车与纯电动汽车归为一类,形成了新的“三纵”。“三横”方面,将电动汽车关键共性技术划分为三类(即电池、电机与电控),其中,动力电池与燃料电池均属于“电池”;驱动电机及其一体化集成系统统称为“电机”;电动汽车电控系统及电动化附件等统一归为“电控”。此外,还增加了标准测试、基础设施、应用集成等三大支撑平台,形成了“三纵三横三大平台”的战略重点与总体布局,以适应电动汽车的产业化发展需求。

(四)“十三五”期间新能源汽车重点专项

“十三五”期间,为响应《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006 ~ 2020 年)》与《关于加快新

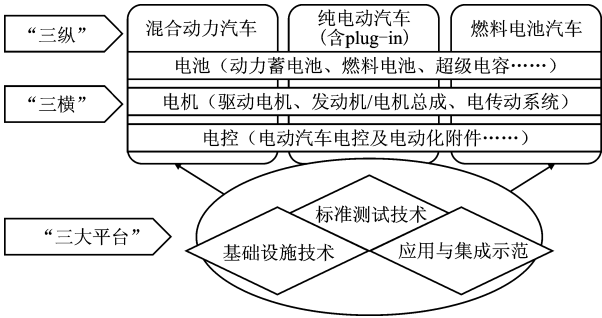


图3 “十二五”电动汽车重点科技专项总体布局

能源汽车推广应用的指导意见》等提出的任务,国家继续加大对电动汽车的投入力度,启动实施了“新能源汽车”重点专项(图4)。该专项以深化“纯电驱动”技术转型战略为目标,同步升级电动汽车动力系统技术平台,抓住新能源、新材料、信息化等科技带来的电动汽车新一轮技术变革机遇,超前部署研发下一代技术。

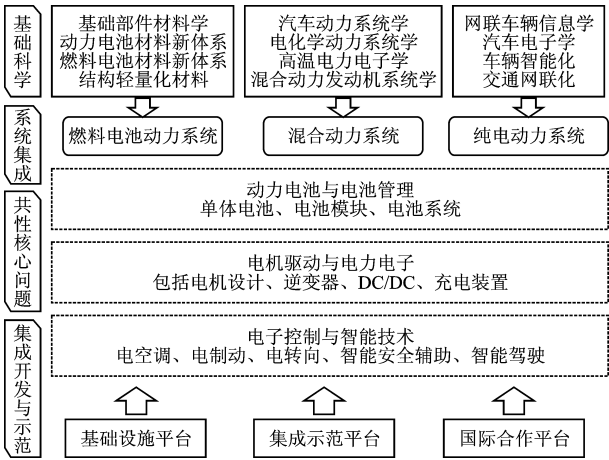


图4 “十三五”期间新能源汽车重点专项总体布局

“十三五”重点专项按照动力电池与电池管理系统、电机驱动与电力电子、电动汽车智能化、燃料电池动力系统、插电/增程式混合动力系统和纯电动力系统6个创新链(技术方向)进行总体布局,并基于全创新链设计原则将专项计划分为基础科学问题、动力系统技术、共性核心技术以及集成开发与示范等4个层次。其中,每个层次又细分为3个模块,囊括了三大基础科学问题、“三横”共性关键技术问题、“三纵”动力系统技术问题以及面向集成开发与示范的三大支撑平台,为电动汽车的规模

化、产业化发展提供了有力的保障。

二、中国电动汽车技术进展

(一) 整车技术

自“十五”以来,国家在电动汽车项目研发中投入力度较大,在产品及技术自主化水平等方面都取得了较大进步。乘用车整车技术水平与国际水平接近,部分产品性能已与国外公司产品并驾齐驱,续驶里程、可靠性、安全性、动力性水平不断提高,经济性和综合效益水平持续优化,已具备规模化推广的能力。在商用车方面,开发出了覆盖6~12m的多种纯电动公交车型,大电池容量长续航里程、使用钛酸锂电池快充、双源无轨以及快速换电等多种能源供给技术独具特色,通过关键部件通用化、总成配置模块化、机电接口标准化实现了新能源客车的共平台技术开发,在高效电驱动系统、动力电源热电集成和管理技术、城市公交示范应用技术等方面取得了重大进展^[13]。

在燃料电池汽车方面,基于燃料电池轿车和客车动力系统技术平台,开发出3款燃料电池客车、5款燃料电池乘用车,已具备了百辆级燃料电池汽车动力系统平台与整车生产能力。试验车辆先后在北京奥运会、上海世博会、SDI 新加坡青奥会、美国加州等活动和区域进行了示范运行^[20]。

(二) 动力电池技术

中国已基本掌握了磷酸铁锂、锰酸锂、三元材料前驱体、石墨负极材料、钛酸锂负极材料、电解液和PP/PE隔膜、电池单体研发及制造等核心技术,技术水平与国外水平基本相当;动力电池正极材料、负极材料、电解液和隔膜实现了国产化,并且开始进入国际动力电池生产企业供应体系;比如正极材料企业杉杉、负极材料生产企业贝特瑞已经为LG、三星SDI等动力电池生产企业供货。

电池单体能量密度持续显著提高,磷酸铁锂电池单体的能量密度从2007年的90Wh/kg提高到2019年的180Wh/kg以上,三元材料混合锰酸锂材料的电池单

体的能量密度达到 200Wh/kg 以上,圆柱形电池的比能量达到 220Wh/kg,与国际水平基本同步。

(三) 驱动电机技术

在驱动电机方面,中国基本掌握了先进的电磁设计技术、多目标高性能车用电机的极限设计与多领域精确分析以及系统集成仿真的技术,实现了电机与变速器在机械、电磁、热管理的高度一体化设计与应用。从产品方面来看,已完成了驱动电机产品的系列化开发,峰值功率密度可达(2.8~3.0) kW/kg,接近国际先进水平,功率范围涵盖了乘用车与大型商用车的需求。此外,驱动电机效率与国际先进水平基本相当^[24]。

在电机控制器方面,中国基本掌握了电机控制器的软硬件集成开发技术,电机控制器的功率密度达到(5~8)kW/L;基本掌握了转速位置传感器、膜电容、电流传感器等电器元件的关键技术并实现国产化。

(四) 燃料电池技术

中国在车用燃料电池技术方面,已基本建立了具有自主知识产权的车用燃料电池技术平台,并同时掌握了燃料电池关键材料、部件及电堆的关键技术。车用燃料电池双极板电堆的功率密度已达 2.0 kW/L,掌握了-20℃低温启动技术,燃料电池轿车道路工况运行寿命超过 2 000h^[19]。在燃料电池动力系统技术方面,攻克了车用燃料电池动力系统集成、控制和适配等关键难点,形成了燃料电池系统、动力电池、DC/DC 变换器、驱动电机、储氢与供氢系统等关键零部件配套研发体系,实现了综合技术的跨越,总体技术接近国际先进水平。

三、中国电动汽车产业现状

(一) 产业总体概况

受国家政策引导与扶持,中国电动汽车产业由导入期向成长期快速发展,市场销量逐年递增,从 2015 年产销量跃居全球首位开始,产销规模已连续蝉联全球首位。2018 年,中国电动汽车销量为 125.6 万辆,占全球总销量的 58.00%;2019 年,中国

销量为 120.6 万辆,同比有所降低,但仍占据全球总销量的半壁江山。中国电动汽车销量持续高速增长的同时,市场渗透率也在逐年提升,已由 2012 年的 0.07% 增长到 4.68% (图 5),但距 2020 年达到 7.00%~10.00% 的目标还有一定差距^[25]。

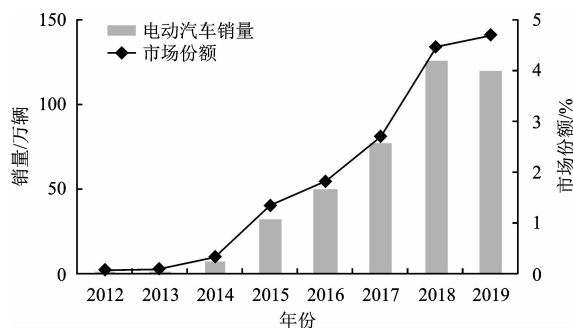


图5 中国历年电动汽车销量

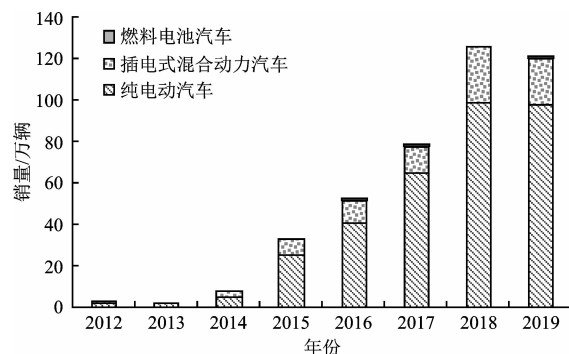


图6 中国电动汽车分车型销量

如图6所示,从历年电动汽车各车型销量来看,纯电动汽车长期处于市场主导。2019年,纯电动汽车销量完成 97.2 万辆,占电动汽车销售总量的 80.60%。随着油耗与排放法规的日益严格,混合动力汽车作为传统内燃机驱动车辆向纯电动汽车过渡的中间产品,占有一定的市场优势,2019年插电式混合动力汽车销量完成 23.2 万辆,占比 19.20%;此外,随着燃料电池技术的不断完善与进步,燃料电池汽车的产销量出现较快增长,2019年完成销量 2 737 辆,同比增长了 79.20%,占销售总量的 0.20%^[26]。总体来看,尽管由于财政补贴政策弱化的影响,2019年电动汽车市场销量略有下滑,但其市场份额仍处于上升阶段,汽车工业“电驱动化”转型升级的趋势不可逆转。

(二) 动力电池产业现状

从产业链角度看,电动汽车产业可分为上游的动力电池制造企业、中游的整车厂和下游的充电桩产业及汽车后市场。驱动电机、动力电池和电控系统作为整个电动汽车产业链中最核心的部分,占据了整车的绝大部分成本。其中,动力电池的占比最高,远超过其他部件的成本,因此,动力电池在整个产业链中属于主导产业^[27]。

如图 7 所示,2019 年中国动力电池的装机总量达到 62.37GWh,同比 2018 年增长了 9.50%。从电池技术路线来看,2019 年动力电池装机量仍以三元动力电池与磷酸铁锂电池为主,分别为 38.75GWh 与 19.98GWh,占比分别达到 62.13% 与 32.00%。

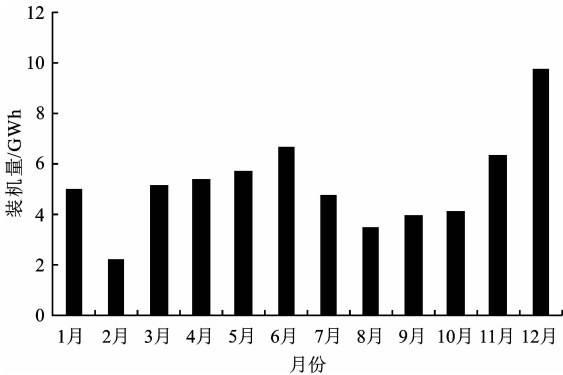


图 7 2019 年中国动力电池装机量

从车型来看,2019 年中国电动乘用车电池装机量为 42.23GWh,占装机总量的 67.71%;电动客车电池装机量为 14.73GWh,占比为 23.62%;专用车动力电池装机量为 5.41GWh,占比为 8.67%。近年来,随着市场对电动乘用车的认可,动力电池装机量需求逐步增加。如图 8 所示,从 2018 年开始的乘用车动力电池装机量就开始反超客车电池装机量,达到 34.33GWh,占比达到 58.10%;到 2019 年乘用车动力电池装机量又提升了 9.6 个百分点。

从市场集中度来看,中国排名前十的动力电池企业装机总量达到 54.88GWh,占装机总量的88.00%,同比增加了 5.0 个百分点。如图 9 所示,2019 年行业排名前三的企业分别为宁德时代、比亚迪与国轩高科,其中,宁德时代 2019 年的动力电池装机量达到 32.31GWh,同比增长 37.00%, 占中国装机总量的

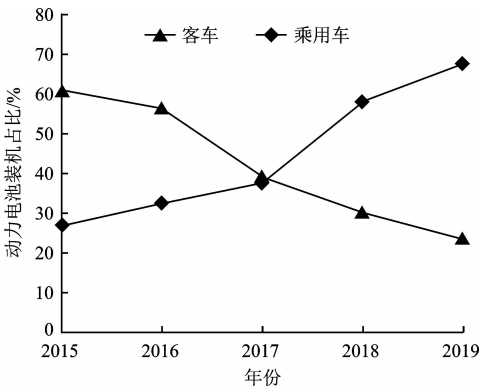


图 8 乘用车与客车动力电池装机量变化

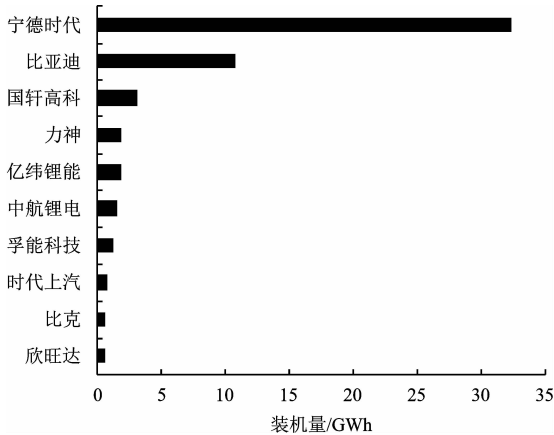


图 9 乘用车与客车动力电池装机量变化

51.80%,行业内呈现出强者恒强的市场格局。

此外,随着电动汽车产保有量的持续增多,前期推广应用的车用动力电池即将进入回收期,废旧动力电池回收量将逐年增长,在 2020 年将达到 30.00GWh,在 2023 年达到 100.00GWh;回收再利用的市场规模在 2020 年将达到 136 亿元,2023 年将超过 300 亿元^[28]。废旧动力电池的回收利用主要有梯次利用和回收利用两种方式。中国目前在动力电池的回收与处理方面仍处于萌芽阶段。尽管在钴、镍等有价值元素提取方面有了较大进展,但在动力电池拆解、梯次利用、电芯破碎/分选、资源高效循环、材料再生及全过程绿化升级等前端预处理过程环节仍有较大的提升空间。另外,中国车用动力电池回收网络及有效回收模式也有待建立和完善。

(三) 驱动电机产业现状

2019 年,中国电动汽车生产总量约为 124.2 万

辆,同比下降了 2.30%。其中,由于 2019 年上半年继续执行 2018 年的补贴政策,因此,在整个过渡期内乘用车受到补贴退坡政策的影响较小,电动汽车产量同比增长了 60.35%,也带动了核心三电系统配套的同步增长。如图 10 所示,2019 年上半年驱动电机装机量接近 65 万台,电控系统装机量超过 60 万套,二者同比增幅超过 60.00%。受产业政策影响,从 2019 年 7 月份开始,电动汽车产量同比开始回落,其降幅逐步增大,因此,整个下半年驱动电机累计装机量约为 59 万台,同比降幅约 40.00%。

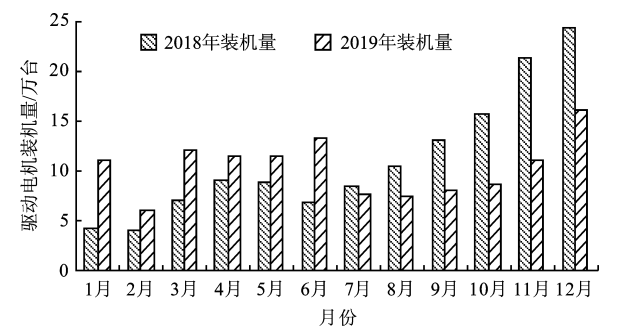


图 10 2019 年电动汽车驱动电机装机量

从配套车辆来看,乘用车作为电动汽车的主力产品,其电机配套量最多,占比高达 87.00%;其次,商用车和专用车的配套占比分别为 7.00%与 6.00%。

从配套电机类型来看,永磁同步电机始终保持主流电机类型地位,市场份额超过 97.00% 以上,交流异步电机仅占不足 3.00%,商用车领域配套情况微乎其微。

从驱动电机企业竞争格局来看,乘用车领域的大多数车企自行生产配套电机,依托自身电动乘用车的产量优势,自主开发并配套驱动电机。尽管中国电机生产企业众多,但是市场集中度相对较高,比亚迪、精进电动、北汽新能源、华域汽车电动、浙江方正等企业基本占据中国乘用车电机配套量的一半以上,如图 11 所示。

(四) 充电基础设施发展现状

目前,中国充电基础设施与电动汽车的发展速度相比,仍具有一定的滞后性。截至 2019 年底,中国公共充电桩与私人充电桩总计保有量为 121.9 万

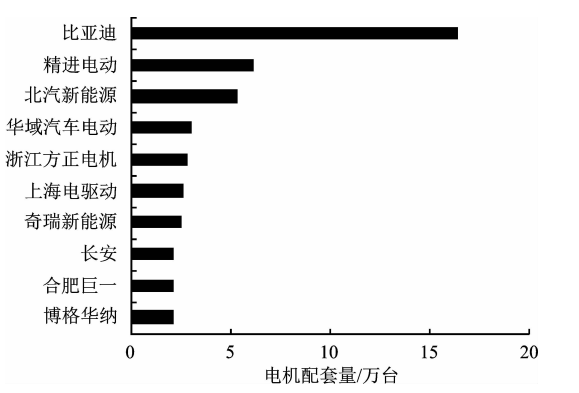


图 11 2019 年上半年驱动电机装机量 TOP10 企业

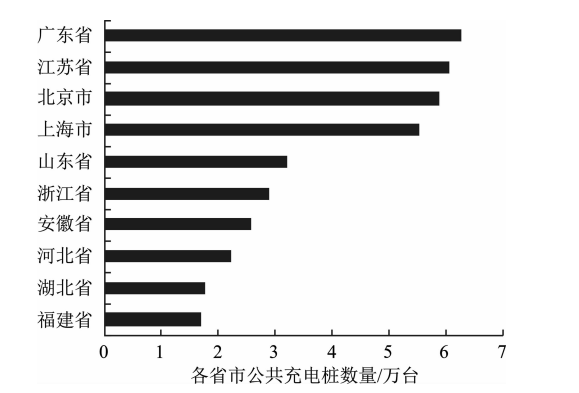


图 12 2019 年公共充电桩总量 TOP10 省市

台,同比增长 50.80%。公共充电桩 51.6 万台,其中,交流充电桩为 30.1 万台、直流充电桩为 21.5 万台、交直流一体充电桩为 488.0 台。如图 12 所示,按照各省市分布情况来看,公共充电基础设施的建设区域较为集中,其中,广东、江苏、北京、上海、山东、浙江、安徽、河北、湖北、福建等地区的公共充电基础设施占比达到 73.90%。

在充电运营商方面,中国充电桩保有量大于 1 000 台的运营商共有 22 家,运营充电桩数量超过 1 万台的企业共有 8 家。其中,特来电运营 14.8 万台、星星充电运营 12.0 万台、国家电网运营 8.8 万台、云快充运营 4.0 万台、依威能源运营 2.5 万台、上汽安悦运营 1.8 万台、中国普天运营 1.4 万台、深圳车电网运营 1.3 万台。

此外,截至 2019 年 12 月,中国换电站保有量总计 306 座,其中,北京以 126 座领先,其次分别为广东省、福建省与浙江省,分别拥有 63 座、17 座与 13 座。换电运营商主要包括奥动新能源与蔚来两家,

分别运营 183 座与 123 座。随着电动汽车的蓬勃发展,中国充电基础设施的建设也将稳步推进。

(五) 燃料电池产业现状

中国燃料电池汽车仍处于市场导入期,市场总量较小,但在 2019 年呈现快速发展的趋势。截至 2019 年 6 月底,中国共有 51 款氢燃料电池汽车投入生产,累计产量达到 2 993 辆。其中,2018 年产量为 1 585 辆,2019 年上半年生产 1 408 辆,车载氢燃料电池总装机量为 97.05MW,单车搭载燃料电池装机量达到 32.43kW,燃料电池产业具有良好的发展势头。

如图 13 所示,从中国各车企的装机功率来看,中通客车、佛山飞驰与郑州宇通在 2018 年氢燃料电池的装机量方面位列前三甲,其中,中通客车的装机量占比为 41.83%、佛山飞驰为 22.06%,二者均大幅领先于其他企业,并于 2019 年上半年继续保持领先优势。

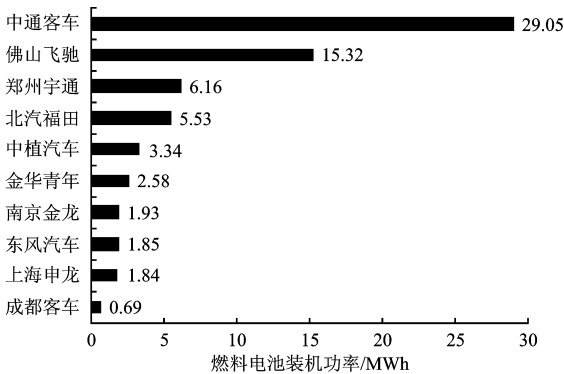


图 13 2018 年车企燃料电池装机量 TOP10

从装机车型来看,燃料电池汽车主要集中于客车与货车。2018 年客车的装机量为 39.81MWh,货车为 29.66MWh,二者的占比分别为 57.31% 与 42.69%。进入 2019 年,由于中国城市逐步开始禁用燃油货车,燃料电池汽车向货车发展的趋势较为明显,上半年客车装机量为 23.82MWh,货车为 29.98MWh,占比分别为 42.69% 与 55.72%。

从燃料电池企业来看,中国已形成上海重塑、上海电驱动、国鸿重塑、北京亿华通等具有较强集聚效应的龙头企业,市场占有率达到 70.55%。在客车方面,国鸿重塑、新源动力、北京亿华通等企业

的装机比例分别为 28.79%、20.68% 与 19.65%,集中度达到 69.15%;在货车方面,上海重塑、上海电驱动和国鸿重塑名列前 3,装机占比分别为 35.50%、33.28% 与 10.11%,市场集中度为 76.89%。无论总体还是细分领域,市场向头部企业集中的趋势都较为明显。

四、中国电动汽车发展
问题与未来建议

目前,中国电动汽车产业的政策体系已基本完善,产业生态链已初步形成,电动汽车产业将由起步阶段进入加速发展阶段。据《汽车产业中长期发展规划》,到 2025 年中国电动汽车销量将达到 700 万辆,保有量超过 2 000 万辆,燃料电池汽车累计销量将达到 5 万辆。到 2030 年中国电动汽车销量将达到汽车总销量的 40.00%,保有量达到 8 000 万辆,中国将成为当之无愧的电动汽车大国。在此过程中,电动汽车的发展仍将面临诸多挑战,需从国家顶层设计方面实现创新与变革。

(一) 适应由政府主导向市场主导
的转变过程,打造核心关键技术

中国电动汽车在初期导入过程中,主要依赖于国家产业政策的引导以及公共领域的推广与应用示范,政府主导与政策支持成为中国电动汽车快速发展的有力推手。2020 年以后,随着补贴政策的退坡,国家产业政策将逐渐向非补贴政策倾斜,电动汽车产业将正式迈入市场驱动的发展阶段。新的补贴政策坚持“扶优扶强”的基本原则,将继续支持电动汽车产业的技术创新,保留对优质产品的补贴支持,取消对落后产品的补贴,这将推动企业积极开展技术创新,提升产品的核心竞争力。对于车企而言,应当快速适应这一转变过程,着力于产品关键核心技术的提升。目前,中国已形成多家骨干企业,并打造出多个具有国际竞争力的知名品牌,随着国家对外资股比限制的放宽,车企将面临更为严峻的考验,打造核心技术将成为车企发展的关键。

（二）进一步深化“纯电驱动”发展战略,加大动力电池技术的研发力度

自2015年以来,中国电动汽车市场超越美国占据全球首位,纯电动汽车一直以来都占据市场主导地位。根据市场规模预测分析,2030年中国纯电动汽车销量将超过1500万辆,占电动汽车总销量的90.00%以上。受产业与燃油法规政策的影响,混合动力汽车将逐步退出市场,电力与氢燃料互补将成为中国电动汽车发展的共同支撑,因此,动力电池技术将直接决定电动汽车未来的发展。目前,中国动力电池供应已逐步向优秀企业集聚,这将有利于电池品质的进一步提升与生产成本的继续下降。从技术路线来看,近期磷酸铁锂电池与三元锂电池仍将是主流产品,但是,随着对电动汽车续驶里程要求的提高,新型动力电池的开发与研究也刻不容缓。特别是在能源短缺与环保压力的推动下,氢燃料电池成为电动汽车产业可持续发展的终极方案。因此,提升现有电池的能量密度,超前部署新型动力电池的研发,是实现电动汽车纯电驱动化发展的前提。

（三）优化电动汽车补贴政策,推动电动汽车产业良性发展

从2009年开始,中国实施了电动汽车补贴政策,推动了电动汽车的产业化进程,使中国成为世界第一的电动汽车产销大国,并培育了一批骨干企业,形成了较为完备的电动汽车产业链布局 and 产业化基础。随着中国电动汽车产业发展期的到来,单一的购买补贴政策已经不能适用于现阶段电动汽车技术推动的发展需求,之前出现的企业“骗补现象”已充分表明了补贴政策相对于产业发展的滞后性。因此,应从顶层设计出发,优化电动汽车发展的相关激励政策,使补贴政策向多元化发展,从而更好地促进电动汽车产业的发展。在推行双积分、用户使用补贴、税费减免等正向鼓励政策的同时,也应鼓励征收拥堵费、排污费等惩罚政策相结合的多元化政策,实现由事前补贴向事后补贴方式的转变。

（四）建立健全电动汽车残值评估与回收规范,保证产业可持续发展

随着电动汽车产业的蓬勃发展,到2025年中国退役的动力电池将达到30t以上。退役电池的梯次利用和回收问题成为后电动汽车市场必须面对的难题。二手电动汽车目前尚没有评估标准,其二次销售和回收利用的技术标准和管理规范缺失。目前,动力电池回收和梯次利用的技术路线和标准尚不明晰,为电动汽车产业化的可持续发展带来了巨大挑战。因此,从国家层面来讲,应尽快出台和制定动力电池和电动汽车残值评估、梯次利用及回收等相关标准和规范,并建立电动汽车产业、可再生能源发展等多领域协调机制和国家、地方联动的管理体系,明确管理归口部门,切实落实电动汽车回收方面的产业布局。

（五）积极引导电动汽车产业与新兴技术的融合,推动模式创新

随着智慧城市、智能交通等技术的兴起,电动化、智能化、网联化、共享化将成为汽车产业未来的发展方向。根据《节能与新能源汽车技术路线图》要求,在未来10年内,中国自动驾驶车辆要实现两个重要目标。第一,2025年实现高度自动驾驶车辆的市场占有率超过10.00%的目标;第二,2030年实现完全自动驾驶车辆的市场占有率接近10.00%的目标。目前,由于中国电动汽车产业的发展具有一定的国际竞争力,因此,以电动汽车为切入点,融合共享理念,发展智能网联汽车是中国汽车工业迈向中高端水平的新引擎,也是制造业升级和弯道超车的新抓手。国家应加强政策引导,鼓励电动汽车多元化融合发展,进一步挖掘和探索新型商业模式。此外,可建立电动汽车推广与交通体系建设、能源体系升级以及出行结构优化等多领域融合互动的协同发展机制,共同推进汽车工业与交通运输行业的协调发展。

五、结语

经过4个“五年计划”的发展,中国电动汽车产

业得到了快速发展,产销规模蝉联全球首位,自主品牌汽车企业的总体技术水平有了较大提升。但是,由于中国汽车产业起步较晚、基础薄弱,距离汽车强国的目标尚有明显距离,电动汽车核心技术与世界先进水平还存在一定差距,电动汽车产业链也尚未完善。本文系统地回顾了中国电动汽车的发展历程,对当前中国电动汽车技术与产业现状进行了总结与分析,并对中国未来电动汽车的发展提出了相关建议,对中国电动汽车产业与技术的进一步发展具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 马建,冯镇,邱军领,等. 改革开放 40 年中国公路交通行业技术变迁及启示[J]. 长安大学学报(社会科学版),2018,20(6):38-67.
- [2] 马建,刘晓东,陈轶嵩,等. 中国新能源汽车产业与技术发展现状及对策[J]. 中国公路学报,2018,31(8):1-19.
- [3] Zheng J, Mehndiratta S, Guo J Y, et al. Strategic policies and demonstration program of electric vehicle in China [J]. Transport Policy, 2012,19(1):1-25.
- [4] Wang Y S, Sperling D, Tal G, et al. China's electric car surge[J]. Energy Policy, 2017,102:486-490.
- [5] 李文策,白雪,齐亮,等. 新能源汽车新时代新征程: 2017 回顾及未来展望[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2018,20(2):1-7.
- [6] 李鲁苗,姚占辉. 后补贴时代新能源汽车支持体系构想[J]. 中国经济报告,2018(10):64-67.
- [7] Liu Y, Kokko A. Who does what in China's new energy vehicle industry? [J]. Energy Policy, 2013,57:21-29.
- [8] Du Z L, Lin B Q, Guan C X. Development path of electric vehicles in China under environmental and energy security constraints[J]. Resources Conservation & Recycling, 2019,143:17-26.
- [9] Du J Y, Ouyang D H. Progress of Chinese electric vehicles industrialization in 2015: a review[J]. Applied Energy, 2017,188:529-546.
- [10] 徐建伟,李金峰,郇环. 当前新能源汽车发展需要关注的热点问题及建议[J]. 经济研究参考,2016(54):5-9.
- [11] 李振宇,任文坡,黄格省,等. 我国新能源汽车产业发展现状及思考[J]. 化工进展,2017,36(7):2337-2343.
- [12] 唐葆君,刘江鹏. 中国新能源汽车产业发展展望[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2015,17(2):1-6.
- [13] 抄佩佩,胡钦高,钟志华,等. 我国新能源汽车“十二五”发展总结及“十三五”展望[J]. 中国工程科学,2016,18(4):61-68.
- [14] 白雪,张祥. 新能源汽车“十三五”开局回顾及未来展望[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2017,19(2):39-44.
- [15] Du J Y, Ouyang M G, Chen J F. Prospects for Chinese electric vehicle technologies in 2016 ~ 2020: ambition and rationality[J]. Energy, 2017, 120:584-596.
- [16] 刘卓然,陈健,林凯,等. 中国外电动汽车发展现状与趋势[J]. 电力建设,2015,36(7):25-32.
- [17] 王高红. 电动汽车技术的现状分析与发展趋势研究[J]. 电网与清洁能源,2017,33(11):97-100.
- [18] 郭向伟,康龙云,张崇超. 我国电动汽车产业关键技术现状发展研究[J]. 电源技术,2018,42(6):915-917.
- [19] 李建秋,方川,徐梁飞. 燃料电池汽车研究现状及发展[J]. 汽车安全与节能学报,2014,5(1):17-29.
- [20] 刘宗巍,史天泽,郝瀚,等. 中国燃料电池汽车发展问题研究[J]. 汽车技术,2018(1):1-9.
- [21] 曲荣海,秦川. 电动汽车及其驱动电机发展现状与展望[J]. 南方电网技术,2016,10(3):82-86,8.
- [22] 欧阳明高. 中国新能源汽车的研发及展望[J]. 科技导报,2016,34(6):13-20.
- [23] 万钢. 中国“十五”电动汽车重大科技专项进展综述[J]. 中国科技产业,2006(2):110-117.
- [24] 中国汽车技术研究中心,日产(中国)投资有限公司,东风汽车有限公司. 新能源汽车蓝皮书:中国新能源汽车产业发展报告(2016)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2017.
- [25] 节能与新能源汽车技术路线战略咨询委员会,中国汽车工程学会. 节能与新能源汽车技术路线图[M]. 北京:机械工业出版社,2016.
- [26] 中国汽车工业协会行业信息部. 2019 年汽车工业经济运行情况[EB/OL]. (2020-01-13)[2020-05-15]. http://www.caam.org.cn/chn/4/cate_39/con_5228367.html.
- [27] 陈吉清,翁楚滨,兰凤崇,等. 政策影响下的动力电池产业发展现状与趋势[J]. 科技管理研究,2019,39(9):148-157.
- [28] 中国汽车技术研究中心. 动力电池蓝皮书:中国新能源汽车动力电池产业发展报告(2017)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2017.