

新能源汽车产业及其技术发展现状与展望

洪吉超^{1,2}, 梁峰伟^{1,2}, 杨京松^{1,2}, 李克瑞^{1,2}

1. 北京科技大学机械工程学院, 北京 100083

2. 北京科技大学顺德创新学院, 佛山 528000

摘要 发展新能源汽车、推进新能源汽车产业化,对解决传统燃油汽车高污染、高耗能、高排放问题具有重要意义。以新能源汽车为研究对象,从新能源汽车发展背景、整车和三电系统综合分析了中国新能源汽车目前的产业与技术发展现状;提出了中国新能源汽车目前存在基础设施建设尚不完善、电池回收利用率低、基础器件关键技术未掌握等问题,探讨了新能源汽车技术与产业未来的发展方向和规划。

关键词 新能源汽车;产业发展;技术趋势

在当前环境污染和温室效应的背景下,新能源汽车由于其环保与节能的特点,受到了发达工业国家的广泛重视^[1]。中国作为世界上首批将新能源汽车作为战略发展产业的国家之一,已经成功引领了

世界新能源发展的潮流^[2-3]。如图1所示,自2015年起,中国新能源汽车销量连续7年位居世界第一,新能源汽车的产量也从2013年的1.8万辆跃升至2022年的近700万辆。随着国内新能源汽车的

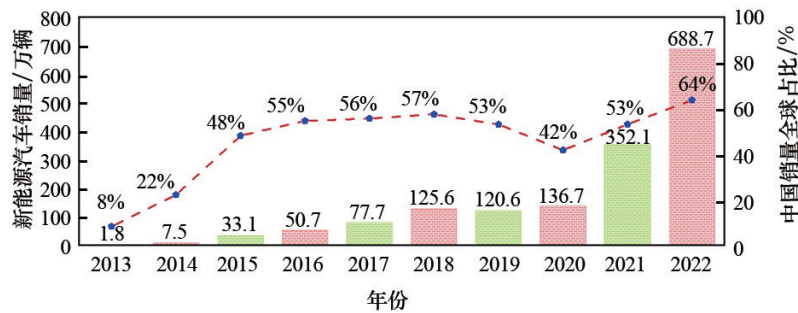


图1 2013—2022年中国新能源汽车销量

收稿日期:2022-12-05;修回日期:2023-02-10

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(52107220);中国博士后科学基金项目(2021M690353)

作者简介:洪吉超,副教授,研究方向为新能源汽车动力系统集成与智能安全控制,电子信箱:hongjichao@ustb.edu.cn

引用格式:洪吉超,梁峰伟,杨京松,等. 新能源汽车产业及其技术发展现状与展望[J]. 科技导报, 2023, 41(5): 49-59; doi:10.3981/j.

issn.1000-7857.2023.05.005

技术不断发展,新能源汽车产业扩张不断加速,配套产业逐步完善,规模持续扩大,综合竞争力明显地提升^[4-5]。

1 新能源汽车发展背景

随着能源危机愈演愈烈,新能源取代传统化石燃料已经成为了一种不可避免的趋势。在2021年全国两会中,中国首次将“碳达峰、碳中和”写入政府工作报告中,明确指出中国要在2030年前达到二氧化碳排放峰值,力争在2060年前实现碳中和,实现全球碳排放承诺^[6]。但是目前中国仍处于工业化进程中,资源能源消耗总量和碳排放总量仍处高位,绿色低碳的工业生产结构尚未有效形成,迫切需要对能源结构、产业结构进行改造与转型。而新能源汽车作为低碳环保的重要产品,对于中国汽车产业的转型升级、实现高质量发展,具有重要的指导意义和重要的推动作用。

1.1 环境保护

节能与环保是当今时代主题,节能减排和绿色可持续发展已成为当今社会发展的方向。随着人类工业化进程的推进,对能源的需求也越来越大,能源的过度消耗带来的资源枯竭和环境问题日益突出,能源问题已成为制约经济增长和社会发展的重要因素。现阶段,社会汽车保有量大,且大多数汽车仍在使用传统化石燃料,消耗了大量资源的同时也增加了碳排放。2021年全球各领域资源消耗与排放情况如图2所示。据统计,汽车1年消耗的石油资源占据全球石油消耗总量的25.5%,公路汽车碳排放占交通领域碳排放总量的80%以上^[7]。解决汽车产业高资源消耗与高碳排放问题、发展新

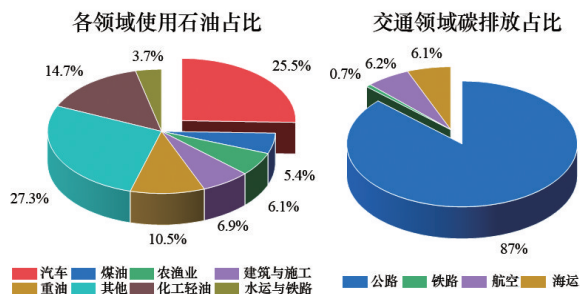


图2 2021年全球各领域资源消耗与排放状况

能源汽车、推进新型清洁能源与可再生能源的普及,在当今节能与环保的时代背景下极为重要。

1.2 产业升级

中国正处于“后工业时代”的大发展阶段,大多数产业都在向着节能减排的方向迈进,对材料和能源产业的发展提出了更高的要求。但是,从能源结构来看,中国依然是全球第一大煤炭生产国、第二大石油消耗国,对传统化石燃料依赖性依然很高,工业仍存在高消耗、高排放的问题,迫切需要产业革新。打破资源环境瓶颈的约束在于转变发展模式,汽车产业作为中国国民经济支柱产业之一,是调整产业结构和优化产业结构的主战场。促使汽车工业向电气化的方向转型升级,是有效降低碳排放、减少化石燃料依赖度,逐步实现碳中和及碳达峰的重要举措。新能源汽车作为中国七大战略性新兴产业之一,已成为汽车工业转型升级的重要推动者,是中国汽车产业发展的重要动力。

2 新能源汽车产业发展现状

2.1 整体产业概述

在政府补贴与政策扶持的驱动下,中国新能源汽车销量连年增长,连续7年保持世界销量第一^[8-9]。随着新能源汽车产业的不断完善,政府新能源补贴不断下降,国家工业和信息化部更是宣布在2023年1月1日起将取消对新能源汽车的补贴。新能源补贴不断退坡,在一定程度上对中国产业造成了消极影响,例如2019年中国新能源汽车销量增长率首次转为负数,直接引发了市场对新能源汽车“确定性”增长的担忧,并传导至二级市场^[10]。但随后1年,中国新能源汽车销量再度实现增长便彻底消除了这种担忧,也表明新能源汽车产业已经由补贴驱动转为市场驱动,进入了相对稳定的发展阶段。

目前中国新能源汽车产业主要围绕着“三纵三横”政策发展,即以纯电动汽车、燃料电池汽车、插电式混合动力汽车为主要发展对象,以动力电池与管理系统、驱动电机与电力电子、网联化与智能化技术为关键研究技术,提高中国汽车产业创新能力,不断完善中国新能源汽车产业结构。新能源汽

车整体产业结构和一般的汽车产业结构相比要更加复杂,拥有数百个相关产业,其主要是在传统汽车行业的基础上扩展延伸出来的,从而诞生了一种新式的庞大产业链,如图3所示。新能源汽车产业

链上游包括各类矿石以及稀土等材料生产企业,而中游产业链包括新能源汽车的核心零件加工以及整车部分,包括电控系统、电机系统以及动力电池等,下游产业链则包括各类新能源汽车等。

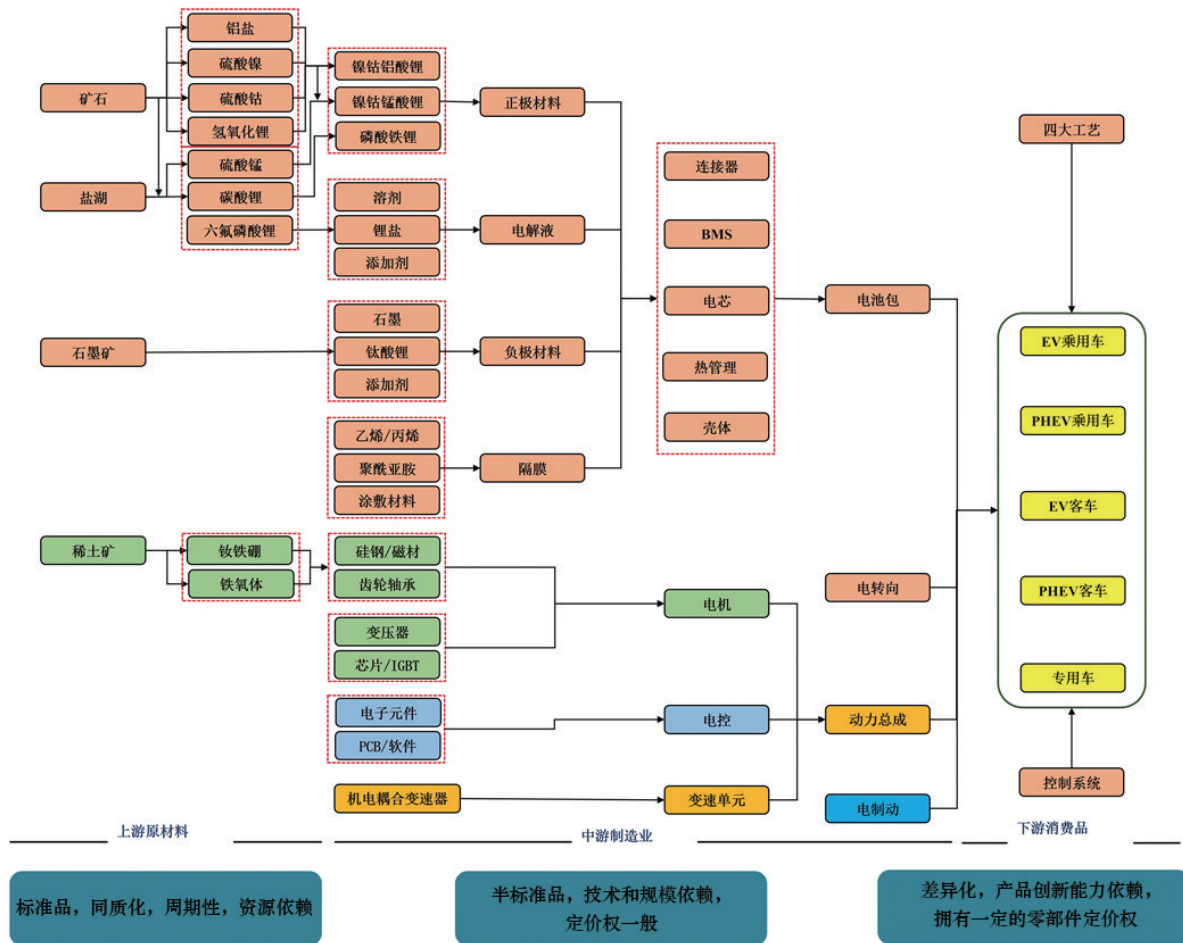


图3 新能源汽车产业链

2.2 关键零部件产业现状

中国新能源汽车生产能够实现完全国产化,与其关键零部件产业结构的不断完善与发展密不可分。新能源汽车技术的核心是电驱、电控和电池技术,只有突破这3大领域关键部件的技术关卡,才能生产具有核心竞争力的产品,实现新能源汽车的完全国产化。

在动力电池产业,中国在世界电池市场中占据主流地位,单是宁德时代就占据了全球动力电池55.6%的市场份额^[11]。目前中国市场上主要为锂电池与燃料电池动力系统,其中锂电池占据主要地位。锂电池具备高能量密度、高安全性等特点,发

展起步较早,产业已经较为成熟,已经形成了规范化、规模化的产业集群。锂电池主要包括钴酸锂、锰酸锂、三元锂以及磷酸铁锂等种类,其中三元锂和磷酸铁锂分别凭靠能量密度高以及正极材料稳定性好、循环寿命高等特点占据了主要市场,并广泛应用于比亚迪、蔚来等多款车型。经过长时间发展,中国动力电池产业水平明显提升、电池成本逐渐下降,电池能量密度明显提升。目前中国三元锂电池主流产品能量密度已经达到250 W·h/kg,远超行业要求的210 W·h/kg,但磷酸铁锂电池目前大多数产品集中在160 W·h/kg,距离行业标准180 W·h/kg仍有一段距离^[12]。

在电驱和电控产业,随着中国新能源汽车各个产业链的推进发展,电驱及电控系统产业逐渐成熟,开始由分立化向集成化、一体化发展。电驱及电控系统上流产业主要有功率转换芯片、传感器和控制软件等。据统计,2022年上半年中国乘用车电机控制器装机量已达231.6万套,预计市场规模为80亿元左右^[13]。目前中国电控及电驱产业主要由以比亚迪为代表的整车生产商、博格华纳等外国强势企业以及近几年内崛起的上海电驱动、汇川技术等国内自主企业组成。国内由于芯片等基础器件的技术瓶颈,与国外企业还存在一定的差距,2021年就因为芯片短缺导致国内近150万辆汽车的生产需求无法被满足。但随着芯片国产化的趋势以及政府、企业等各界的努力,芯片生产技术有望突破,相信届时新能源汽车会再次迎来发展热潮。

2.3 基础设施发展现状

新能源汽车充电设施和加油站的功能一致,但在中国目前其规模与数量远低于加油站。中国电动汽车充电基础设施促进联盟最新数据显示,截至2022年7月,全国充电设施累计达到398.0万台,各省市充电设施分布数目如图4所示,全国71.7%的充电桩分布在广东省、上海市、江苏省、浙江省、北京市、湖北省、山东省、安徽省、河南省、福建省等10个地区,7月全国充电总电量约21.9亿度^[14]。虽然中国充电基础设施数量逐年增长,在全国范围内不断普及扩张。但是,中国充电设施目前依然无法满足国内新能源汽车巨大的保有量,再加上新能源

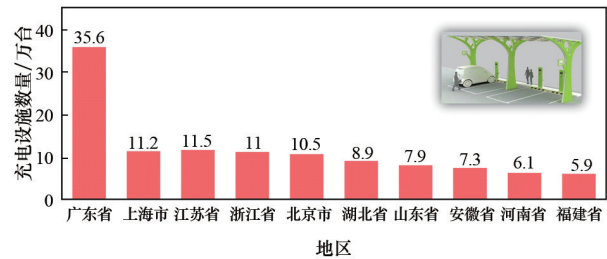


图4 2022年国内各地区充电设施

汽车销量连年增长,目前的基础充电设施远远不够。此外中国电动汽车基础设施存在分布不均的缺点,广东省、北京市等发达地区充电设施保有量远远高于国内发展相对落后的区域。目前充电设施按照配电形式可分为直流充电桩和交流充电桩。直流充电桩与交流电网连接,采用三相四线的形式输入交流电压,输出可调直流电,可以提供较大的输出电压和输出电流,满足高功率的充电要求,所以直流充电桩又被称为“快充”;交流充电桩直接与交流电网连接输出交流电,功率一般较小,充电速度相对较慢。

3 新能源汽车技术发展现状

近年来,中国对新能源汽车行业的重视程度不断提升,新能源汽车已经进入了发展中的关键时刻,相关技术越来越成熟。新能源汽车发展关键技术如图5所示,主要包括整车技术、动力电池技术、电驱动系统技术、智能控制技术、燃料电池技术等。

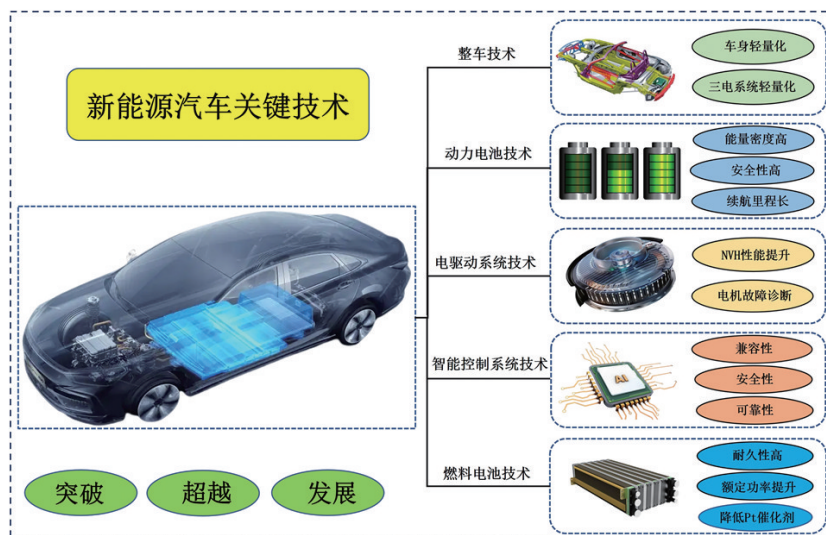


图5 新能源汽车关键技术

每种技术部分目前都位于世界前列,并且还有一定的发展空间。

3.1 整车技术

就整车技术而言,整车质量对车辆续航里程和行驶制动等整车性能有非常大的影响。电动化、智能化、网联化的需求发展使得汽车质量有所提升,这对于车体及车体部件轻量化的要求越来越高,同时这也促使新能源汽车轻量化也变得更加迫切。在新能源汽车轻量化关键技术当中,车身轻量化和三电系统轻量化已经逐渐成为高校和企业关注的核心问题。

新能源汽车车身轻量化的技术路径目前主要包括4个方面,即轻量化结构设计、车身刚度提升、高强度钢应用及先进成形工艺应用。随着技术进步,车身轻量化结构设计的仿真优化手段得到了快速提升,近些年安全功能评估(secure function evaluation, SFE)、多学科设计优化(multidisciplinary design optimization, MDO)等多学科优化设计的应用逐渐增多。从整车的碰撞性能以及成本等多方面角度来看,钢铝混合车身的应用逐步成为主流,例如特斯拉 Model3、宝马 ix3 等^[15-16],其车身用材比例如图6所示。

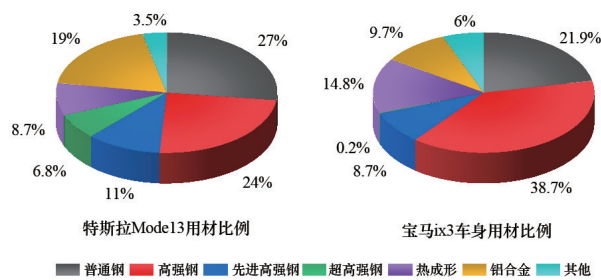


图6 钢铝混合车身用材比例示意

纯电动汽车三电系统包括电池、电机和电控。其中三电系统质量占整车质量的25%~40%,是整车质量最大的系统。三电系统轻量化技术研究一般是从集成化设计、电池壳体轻质材料应用、电机壳体轻质材料应用等方面开展。最终目标是实现车身、底盘和三电系统的一体化和集成化设计^[15]。对于电池系统而言,动力电池包壳体的承载和性能要求较低。需要满足的要求有高强度、高硬度、低密度和低成本等。但是随着续航里程的增加,动力

电池的数量会逐渐增加,这导致了电池包整体的质量逐渐增加。因此,为了进一步提升电动汽车的行驶里程,减小电池系统对车辆动态性能和加速性能的影响,对电池外壳进行轻量化设计是至关重要的。Pan等^[17]提出了一种新能源汽车电池包外壳在负载条件下轻量化设计方案,该方案通过建立非线性有限元电池组外壳模型并开展模态实验进行验证。最后通过碰撞和挤压模拟实验验证了该方案优化的外壳模型具有10.41%的轻量化增益。

3.2 动力电池技术

新能源汽车是汽车工业发展的重要方向之一,基于电化学储能的动力电池作为新能源汽车的核心部件之一,对于新能源汽车的性能、安全性和寿命有很大影响。在电动汽车领域,锂离子电池技术的先进性和在新兴市场的应用,已成为全球范围内的研发热点,因此锂离子电池势必将在电动汽车和新能源领域占据重要地位。

动力电池技术日新月异,在动力电池续航里程、寿命以及电池安全方面,国内外都取得了一定的突破。在续航里程方面,东风公司自主研发的新款电池具有超长续航的能力。该电池的能量密度突破了230 W·h/kg,续航里程突破1000 km。2022年举办的国轩高科第11届科技大会中指出,中国将能够量产360 W·h/kg能量密度的三元半固态电池。在电池寿命方面,Aiken等^[18]实验发现将双氟磺酰亚胺锂(LiFSI)作为电解质盐的电芯,可以有效减缓电池在极端工况下的容量衰减问题。该团队还指出,在特定使用工况下,新型电池的使用寿命高达100年之久。在电池安全方面,针对动力电池的研究也逐渐受到各大高校的重视,以“电池安全”为关键词在知网平台检索发现,2019年有关电池安全文章仅有99篇,到了2022年,有关电池安全的文章已经上升到了139篇,增长了40%。从高校论文也可以看出中国在“热失控”“高温预警”等有关电池安全方面取得的重大突破。

中国在锂离子动力电池专利数量方面取得较大优势。图7展示了2000—2021年锂离子动力电池专利分布,全球共计申请相关专利19801件,其中中国大陆地区专利申请就高达15501件,全球其

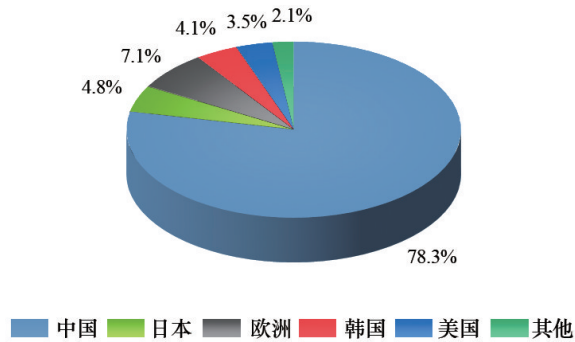


图7 锂离子动力电池专利申请量国家(地区)分布

其他地区专利申请4300件^[19]。比亚迪和宁德时代等中国公司,早在2003年就已经开始在锂离子动力电池领域投入大量的研发力量,布局大批的专利,极大地推动了锂离子动力电池技术的产业化发展。同时,2009年以后,全球相关专利的申请量呈现出爆发式增长,这与新能源汽车的大力发展息息相关,由于电动汽车发展,各大厂商都加大了对动力电池的研发力度,加快了相关领域的专利布局,锂离子电池技术的发展也由萌芽期逐渐进入了成长期。然而,动力电池受温度影响很大,如何确保动力电池在低温行驶过程中电化学性能不受影响是亟待解决的关键难题。赖玉军等从专利研发布局的角度针对动力电池低温加热技术进行了现状分析^[20],目前低温加热技术已成为动力电池热管理的核心技术。其中,动力电池低温内部加热技术专利申请量在2002—2021年仅占低温加热技术专利申请量的14.8%。但是由于内部加热技术的加热效率和安全性均优于外部加热技术,其专利申请量比重逐年上升。因此可以看出动力电池低温内部加热技术将是未来动力电池低温加热技术的主要发展方向。

目前国内动力电池技术发展较快企业的有蜂巢能源和比亚迪汽车等。为提升电池能量密度及安全性能,蜂巢能源短刀电池采用叠片工艺。通过极片热复合与多片叠加融合技术在效率方面实现了极大的突破。对比传统叠片路线,每亿瓦时(GW·h)投资成本节省30%,单位占地节省40%以上。同时,叠片法相比卷绕法,在循环使用后膨胀力预计低40%以上,电池寿命提升10%。比亚迪的

代表产品短刀电池是将电芯做成“刀片”状的细长形状,长度可以根据电池包的尺寸进行定制。刀片电池在装配时可以直接跳过“模组”这一层级,从而直接装配成电池包,该设计可以在空间利用率上提升50%。刀片电池能量密度可达到180 W·h/kg,比有模电池组提升大约9%^[21]。虽然中国新能源汽车的动力电池发展已经逐步完善,但是如表1和图8所示的由于电池爆炸而造成电池热失控和火灾事故的问题依然存在。如何进一步提高动力电池的安全问题显得尤为重要。

表1 近年部分电动汽车起火事故

编号	年月	事故描述
1	2021年8月	知豆D2纯电起火
2	2022年3月	比亚迪新能源e5纯电型汽车充电起火
3	2022年5月	比亚迪秦Pro纯电型起火
4	2022年6月	比亚迪元Pro静止放电自燃
5	2022年7月	特斯拉Model3电动汽车起火
6	2022年7月	赛力斯问届M5静止放电起火
7	2022年8月	保时捷行驶过程中起火
8	2023年1月	三亚机场67辆新能源客车发生火灾
9	2023年1月	力帆电动汽车充电起火
10	2023年2月	奇瑞小蚂蚁纯电动汽车充电起火

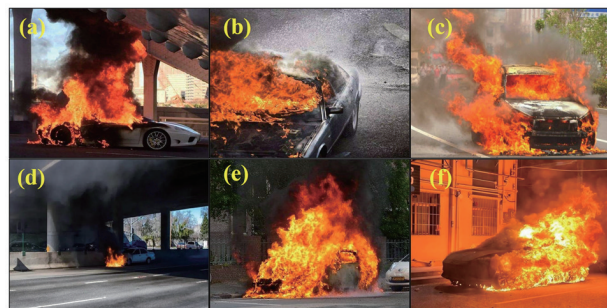


图8 近年部分电动汽车起火事故照片

3.3 电驱动系统技术

当前新能源汽车的主要动力部件是电机、减速器和电机控制器相互连接而成的三合一电驱动总成。由于电机高速运转而形成的巨大噪声越来越成为新能源汽车的噪声、震动与声振粗糙度(noise vibrate and harshness, NVH)性能研究的关注的重点问题。同济大学张友国等^[22]对车用电机的NVH性能提出了更高的要求,研究分析了三合一电驱动总成噪声源和传递路径,揭示了电机控制器盖板模

态频率及刚度和电驱动总成噪声的关联性,并且建立电控盖板的模态优化求解模型,得到最优的拓扑形态。为了改善 NVH 性能,通过在电控盖板结构上增加环向筋和径向筋来提升模态频率和刚度。研究表明经过“加筋”优化后,电机的 NVH 性能得到了极大的改善。Wang 等^[23]针对车用永磁同步电机的转子开槽优化问题,提供了一个新的 NVH 优化方法。通过永磁同步电机径向电磁力的理论公式,对 6 极 36 槽的车用永磁同步电机的径向力的空间阶和频率特性进行分析,并通过实验验证了理论仿真的准确性,为快速定位 NVH 的根本问题位置提供了全新思路,提高了 NVH 的优化效率。在电机控制器方面,唐琳等^[24]针对 300 V 直流高压电池的永磁同步电机控制器(permanent magnet synchronous motor, PMSM)进行研究,提出了新能源 PMSM 电机控制器的整体框架,低压通信电路以及隔离电路方面的设计。张友国等^[25]对新能源汽车电机控制器的盖板进行了优化和降噪处理,文章通过建立盖板相关模型,并对其进行模态拓扑形态优化,通过增加电控盖板环向筋及和安装孔连接的径向筋减弱盖板的共振和受迫振动,从而降低电机驱动过程中的噪音。

现代信号处理方法和人工智能技术被广泛应用于电机故障诊断,然而在强噪声干扰情况下如何精确识别电机故障类型仍是一个挑战。近年来,深度神经网络故障诊断和预测方面被广泛研究应用。然而在强噪声干扰情况下如何精确识别电机故障类型仍是一个挑战,针对该问题,汪文龙等^[26]提出了基于多尺度信号调节自编码器的永磁电机故障诊断研究,通过采集电机的震动信号并通过小波分析分解得到信号的多尺度特征,随后根据多尺度特征对应的精度进行原信号的调节和重构,再将调节信号输入自编码器中,最终提升电机故障类型识别的精度。相比于传统方法,该方法具有良好的抗噪性和稳定性。

3.4 智能控制系统技术

现阶段新能源汽车整车控制系统需要利用人工智能技术、监控设备、全球定位系统、视觉计算和大数据等多种技术设备进行协同来实现整车控制。

新能源汽车整车控制系统的研发阶段主要包括虚拟仿真、硬件仿真、台架测试和三高实验。通过科学分析和实验测试保证新能源汽车整车控制系统能将动力表现、能源消耗和安全可靠综合调整进而实现性能最大程度的发掘。相较于传统汽车,新能源汽车具有更高的电气化水平,其电子电气架构也更复杂,可能发生故障的问题点也越来越多,故障出现后其诊断也变得愈加困难。因此,薛云鸿等^[27]提出了一种统一故障诊断系统,从制定协议规范、软件实现、诊断测试及实车测试 4 个角度着手,提高了控制系统的兼容性和安全性。

在智能控制系统中,电池管理系统(battery management system, BMS)对于维持动力电池的健康状态和安全性起着至关重要的作用。在大多数情况下,控制器可以执行各种控制,例如过充、过流和短路保护。由于每个电池组都具有不同的特性,因此还需要使用一系列不同类型的技术以支持特定车型的电池管理系统^[28]。在电池控制系统中,荷电状态(state of charge, SOC)的估计是电池管理系统状态估计模块的核心^[29-30]。

除了 BMS 技术的发展,新能源汽车的能量管理系统控制优化精度问题也逐步得到改善。能量管理系统具有从电动汽车各子系统采集运行数据,控制完成电池的充电、显示蓄电池的 SOC、预测剩余行驶里程、监控电池的状态、调节车内温度、调节车灯亮度以及回收再生制动能量为蓄电池充电等功能。徐毓辰等^[31]研究了混合动力电动汽车能量管理策略,分别基于模糊 Q 学习的能量管理策略、深度强化学习的能量管理策略、深度确定性策略梯度的能力管理策略 3 个角度入手,探讨了提升混合动力汽车的能量利用效率的措施。

3.5 燃料电池技术

国家发展改革委员会、国家能源局联合印发《氢能产业发展中长期规划(2021—2035)年》是中国首个氢能产业的中长期规划。2022 年上半年中国氢燃料电池汽车市场高速增长,6 月产销数据再创年内新高。单月实现产量 527 辆,销量 455 辆,在 2021 年 6 月高基数下,同比依然增长 18.7%、67.3%,环比更是大涨 117%、342%,2022 年全年氢

燃料电池汽车销量共计 3367 辆, 相比去年 1586 辆增长 112.8%^[32]。

随着氢燃料燃料电池技术不断发展, 车用燃料电池系统耐久性始终是制约燃料电池汽车商业化发展瓶颈之一。燃料电池系统耐久性是指燃料电池部件的使用寿命, 通常指其在整个使用寿命期间, 电池寿命约占整个使用寿命的 80%。王亚雄等^[33]立足车用燃料电池系统电控技术分析不同的运行工况和运行参数波动对燃料电池性能衰退的影响, 并结合基于模型的燃料电池系统控制方法可更好地实现温度、湿度、压力等运行参数的管控, 保证燃料电池处于合适工作条件, 延长使用寿命。

目前中国燃料电池汽车电堆额定功率以 50~70 kW 为主, 而国外应用在燃料电池汽车上的电堆功率已超过 100 kW, 中国燃料电池汽车的电堆功率等级普遍低于国际同类燃料电池汽车电堆功率等级。国内大部分厂家生产的电堆, 其性能指标虽然基本达到了国家燃料电池汽车技术路线图在 2020 年所设定的目标值, 即功率密度 ≥ 3.0 kW/L、使用寿命 ≥ 5000 h、电堆功率 ≥ 70 kW 等参数^[34], 但是相比于国外还存在一定的差距。

同时, 目前燃料电池汽车售价仍高居不下。影响燃料电池汽车售价远高于其他电动汽车的主要原因之一是中国的电堆制造工艺不完善, 电堆研发制造大约占整车成本的 40% 以上, 远高于其他组件。造成电堆成本较高的主要原因是由于电堆中的催化剂所含有贵金属 Pt 较高。同时, 电堆的核心组件膜电极制备工艺缺陷较多, 使得催化剂得不到较好的利用。在燃料电池电堆成本中膜电极和双极板是电堆的两大核心部件, 决定了电堆的性能和成本。关键部件方面, 膜电极是最为核心的部

件, 占据整个电堆超过 60% 的成本。目前, 中国在降低 Pt 用量方面取得了显著突破^[35], 国际先进水平 Pt 载量已经降至 0.125~0.15 g/kW, 距离美国能源部的目标 0.1 g/kW 已经不远, 性能方面要求膜电极的功率密度达到 300 mW/cm²@0.8 V, 并且催化剂的质量活性在循环 3 万次后损失不超过 40%。因此, 未来进一步提高 Pt 的利用率, 降低催化剂中 Pt 载量是最为重要的关键技术问题。

4 新能源汽车未来发展趋势

4.1 产业基础设施建设

新能源汽车充电基础设施包括充电桩、充电站和换电站等, 这是推广应用电动汽车的基本保障。中国 2022 年充电基础设施呈上升趋势, 直到 2022 年 7 月已经达到 157.5 万台(图 9)。但是, 大多数充电站建设均在中国中部、北部和沿海等地区, 中国西北、西南地区和乡村的充电桩基础设施极不完善, 当地新能源基础设施建设发展缓慢, 这种情况降低了西北、西南地区和农村用户购买新能源汽车的欲望, 减缓了中国新能源汽车的发展^[36]。

目前, 乡村地区的新能源基础设施面临许多困难、设施不完善, 农村地区新能源汽车基础设施遭到破坏, 新能源汽车充电桩建设陷入困境, 缺乏资金和技术支持是阻碍乡村新能源汽车发展的关键问题。针对上述情况, 2022 年 5 月 16 日, 工业和信息化部联合商务部、农业农村部、国家能源局发布的《关于开展 2022 新能源汽车下乡活动的通知》, 要求改善新能源汽车使用环境, 推动农村充换电基础设施建设。通过完善乡村产业基础设施建设引导农村居民绿色出行, 促进乡村全面振兴, 主力实

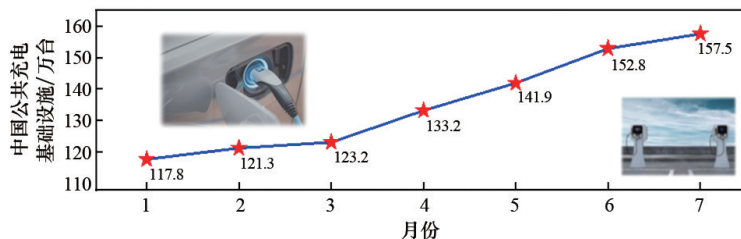


图9 2022年中国公共充电基础设施

现“双碳”目标。

4.2 加强“四化”发展

新能源汽车“新四化”指的是智能化、电动化、网联化、共享化。在智能化方面,随着科技的不断发展,对于整车制造、模块化平台的建设都有了很高的技术发展,在基础设施方面5G通信、北斗导航已经位于世界前列,为智能化汽车的发展提供了坚实的基础保障,大数据平台的搭建以及越来越多的优秀算法应用在新能源汽车的故障诊断上,无疑使汽车更加智能化。

电动化是指新能源动力系统领域以电动化为基础,以互联化为纽带实现大数据的收集,逐渐达到智能化出行。智能化的快速发展也推动了电动化技术革新。车用电子产品数量的提高和精密仪器的广泛使用大力推动了智能化的发展。同时,由于智能化的高速发展,传统汽车的电子电气系统又不能满足于未来智能出行的需求。因此智能化和电动化会相互推动相互促进。崔久萍等^[37]立足于国内外研究成果,针对新能源汽车智能化发展趋势进行了论述。论述指出,随着人工智能技术的不断发展,未来会有越来越多的先进技术与传统汽车产业相融合,汽车产业会向更好的方向发展。同时,企业的发展也会更加符合绿色发展的口号,在让出行更加便利的同时也会让出行变得更加环保。

新能源汽车网联化指的是车联网布局,即利用车载无线通信设备和云端平台实现车辆与车辆、环境与车辆之间的动态信息交流,提高交通运行效率。目前中国对于车联网的布局为推进以数据为纽带的“人-车-路-云”高效协同。基于汽车感知、交通管控、城市管理等信息,构建“人-车-路-云”多层数据融合与计算处理平台,开展特定场景、区域及道路的示范应用。除此之外,新能源汽车的共享化是未来汽车的发展另一大趋势。但目前新能源汽车共享市场并不大,共享模式很难形成规模效应,而且市场还在不断细分。未来形成以特斯拉为代表的新能源汽车共享市场会非常巨大。同时,随着中国“移动互联网+”共享经济的兴起,“互联网+”汽车已经从概念走向实践。汽车租赁作为“互联网+”汽车出行最后一公里领域,具有十分广

阔的市场前景。因此,汽车共享将成为未来新的汽车消费增长点。

但是随着新能源汽车的“新四化”的快速发展,越来越多的法律问题暴露出来^[37],尤其是涉及到无人驾驶的安全问题,无人驾驶汽车技术由于其“自动”地切断了驾驶员和事故之间的关系,导致中国目前还没有明确的法律条文对其进行规定,同时“滴滴打车”“共享汽车”“网约车”相关平台的管理制度也有待完善,这些平台往往掌握大量的用户数据,但是却缺少相应的监管措施,时常导致用户数据外泄的情况,想要让中国新能源汽车发展得更加健康,相关的法律法规问题必须得到重视和完善。

4.3 突破关键技术封锁

新能源汽车行业持久健康的发展关键要素就是突破国外的技术封锁,其中车用芯片已经成为阻碍新能源汽车发展的关键难题。工业和信息化部近期指出,中国汽车芯片供应短缺正在逐步缓解,下一步也会加强供需对接,在过去的工作基础上,搭建汽车在线供需对接平台,畅通芯片产供信息渠道,完善产业链上下游合作机制。未来,汽车芯片行业的发展趋势仍然是向着高能效、低能耗方向进行^[38]。汽车芯片技术存在较强的技术壁垒,意味着汽车芯片制造并不是单一的企业可以完成,政策帮助也成为不可或缺的一环。随着政府对芯片制造研发提供越来越多的优惠政策,使得相关企业也加大了汽车芯片的开发力度。未来汽车芯片行业的蓬勃发展将会不断完善中国的新能源汽车芯片产业链,推动中国新能源汽车产业进入高质量快速发展的新阶段。

新能源汽车当前发展面临着诸多挑战。一是新能源汽车区域发展不平衡,目前的主要市场集中在东部和中部,西部和北部的市场潜力尚未得到充分挖掘。二是新能源商用车发展缓慢。截至2022年,新能源商用车全年渗透率为10.2%,与新能源乘用车27.6%的渗透率相比仍有差距。三是新能源汽车高速发展的同时,充电基础设施和加氢网络等基础设施建设仍相对滞后。四是电池安全技术有待新突破。近几年,随着新能源汽车大力推广,新能源汽车火灾事故层出不穷,这严重打击了新能源汽车用户的消费信心。

5 结论

中国新能源汽车产业已建立了良好的产业基础,占据了全球较大的市场份额。作为中国七大新兴产业之一的新能源汽车产业,受到了国家的高度重视,中国政府已经出台了一系列优惠政策推动我国新能源汽车发展。新能源汽车产业作为战略性新兴产业,具有很强的辐射带动能力,许多城市纷纷出台政策,加快对新能源汽车产业的投资和培育。除了政策扶持之外,科学技术的发展,使得与新能源汽车相关的新技术、新工艺、新方法的研究和应用也大量出现。在多方努力下,新能源汽车的产业链也越加完善,除了加强了产业链韧性以外,从宏观上也为新能源汽车产业的发展奠定了坚实的基础。未来中国的新能源汽车的发展趋势将会进一步向好的方向发展,相关的建设工作也会取得更佳的功效。

参考文献(References)

- [1] 王震坡, 黎小慧, 孙逢春. 产业融合背景下的新能源汽车技术发展趋势[J]. 北京理工大学学报, 2020, 40(1): 1-10.
- [2] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)的通知[EB/OL]. (2022-10-20) [2022-11-12]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-11/02/content_5556716.htm.
- [3] 车帅, 时玉正. 中国新能源汽车产业发展现状与建议[J]. 汽车电器, 2022(10): 16-19.
- [4] 袁博. 碳中和目标下中国新能源汽车产业发展[J]. 管理工程师, 2022, 27(5): 5-10.
- [5] 罗桂成, 盛春龙. 浅析新能源汽车的未来发展趋势[J]. 时代汽车, 2022(21): 105-107.
- [6] 冯浩, 熊兆钦. “双碳”背景下新能源汽车产业机遇及发展战略思考[J]. 决策与信息, 2022(5): 68-76.
- [7] Zou G N, Zhao Q, Zhang G S, et al. Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era[J]. Natural Gas Industry B, 2016, 3(1): 2352-8540.
- [8] 王姝骐. 低碳环保背景下我国新能源汽车的发展现状及发展前景[J]. 时代汽车, 2022(8): 110-112.
- [9] 张子哈. 新能源汽车补贴对空气质量的影响[J]. 可持续发展, 2021, 11(4): 412-415.
- [10] 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): 1-12.
- [11] 高运胜, 孙露, 张玉连. 新冠疫情全球蔓延对我国汽车产业链的冲击与机遇[J]. 国际贸易, 2020(11): 36-44.
- [12] 张薇. 新能源汽车电池技术发展瓶颈分析及对策研究[J]. 金属功能材料, 2021, 28(1): 78-84.
- [13] 赵丹, 马建. 中国电动汽车产业发展现状、问题与未来[J]. 长安大学学报, 2020, 22(4): 51-61.
- [14] 郑雪芹. 截至7月充电基础设施累计398.0万台[J]. 汽车纵横, 2022(9): 116-117.
- [15] 王智文, 冯昌川. 新能源汽车轻量化技术路径及开发策略[J]. 汽车工艺与材料, 2021(6): 1-12.
- [16] BMW iX3 car body benchmarking data summary[C]// 22th Global Car Body Benchmarking Conference. 2020. <https://max.book118.com/html/2020/1111/70231061600-03015.shtm>.
- [17] Pan Y J, Xiong Y, Wu L, et al. Lightweight design of an automotive battery-pack enclosure via advanced high-strength steels and size optimization[J]. International Journal of Automotive Technology, 2021, 22(5): 1279-1290.
- [18] Aiken C P, Logan E R, Eldesoky A, et al. Li_{0.5}Mn_{0.3}Co_{0.2}O₂ as a superior alternative to LiFePO₄ for long-lived low voltage li-ion cells[J]. Journal of the Electrochemical Society, 2022, 169(5): 050512.
- [19] 周志忠, 姚航. 电动汽车锂离子动力电池技术专利发展现状分析[J]. 中国发明与专利, 2022, 19(10): 26-32.
- [20] 赖玉军, 陈益苞. 专利视域下的动力电池低温加热技术现状分析[J]. 汽车与新动力, 2022, 5(4): 23-26.
- [21] 温俊. 刀片电池: 新能源汽车的动力升级[J]. 中国工业和信息化, 2021(1): 16-22.
- [22] 张友国, 马天才, 卢昕夕. 新能源汽车电机控制器盖板模态优化与振动噪声[J]. 振动与冲击, 2022, 41(14): 271-279.
- [23] Wang Y C, Gao H, Wang H Y, et al. NVH optimization analysis of permanent magnet synchronous motor by rotor slotting[J]. Vehicles, 2020, 2(2): 287-302.
- [24] 唐琳, 石海兵. 新能源汽车高压PMSM电机控制器的研究[J]. 电子测试, 2022, 36(23): 26-30.
- [25] 张友国, 马天才, 卢昕夕. 新能源汽车电机控制器盖板模态优化与振动噪声[J]. 振动与冲击, 2022, 41(14): 271-279.
- [26] 汪文龙, 贺长波, 王骁贤, 等. 基于多尺度信号调节自编码器的永磁电机故障诊断研究[J]. 振动与冲击, 2022, 41(14): 164-171.

- [27] 薛云鸿, 张甜甜, 田光烁, 等. 新能源汽车整车控制系统 UDS 故障诊断开发[J]. 重型汽车, 2022(4): 32-33.
- [28] 陈琦龙, 孙建国, 陈凯, 等. 纯电动汽车电池管理系统国内外研究现状和发展趋势[J]. 现代车用动力, 2022(1): 1-6.
- [29] 李军, 李虎林. 电动汽车锂离子电池荷电状态估算方法综述[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(6): 2147-2158.
- [30] Li R Z, Wang H F, Dai H, et al. Accurate state of charge prediction for real-world battery systems using a novel dual-dropout-based neural network[J]. Energy, 2022, 250: 123853.
- [31] 徐毓辰. 混合动力电动汽车能量管理系统的有效控制措施[J]. 中国高新科技, 2022(3): 111-112.
- [32] 凌文, 李全生, 张凯. 我国氢能产业发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(3): 26-32.
- [33] 王亚雄, 王轲轲, 钟顺彬, 等. 面向耐久性提升的车用燃料电池系统电控技术研究进展[J]. 汽车工程, 2022, 44(4): 545-559.
- [34] 许德超, 赵子亮, 赵洪辉, 等. 国内燃料电池电堆技术进展综述[J]. 汽车文摘, 2020(1): 8-13.
- [35] 章俊良, 程明, 罗夏爽, 等. 车用燃料电池电堆关键技术研究现状[J]. 汽车安全与节能学报, 2022, 13(1): 1-28.
- [36] 朱玉龙. 图解新能源 | 中国充电基础设施情况[EB/OL]. (2022-08-16)[2022-11-13]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1741327250588069219&wfr=spider&for=pc>.
- [37] 崔久萍, 何家海. 新能源汽车的智能化发展与趋势[J]. 内燃机与配件, 2022(6): 182-184.
- [38] 李先军, 刘建丽, 闫梅. 产业链优势重塑: 各国破解汽车芯片短缺的举措及中国对策[J]. 当代经济管理, 2022, 40(7): 64-71.

New energy vehicle industry and technology development status

HONG Jichao^{1,2}, LIANG Fengwei^{1,2}, YANG Jingsong^{1,2}, LI Kerui^{1,2}

1. School of Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China

2. Shunde Innovation School, University of Science and Technology Beijing, Foshan 528000, China

Abstract Developing new energy vehicles and promoting industrialization of new energy vehicles are of great significance for solving the problems of high pollution, high energy consumption, and high emissions of traditional fuel vehicles. Taking new energy vehicle as the research object this paper comprehensively analyzes the current industrial and technological development status of new energy vehicles from the development background of new energy vehicles, the whole vehicle, and the three-electric system. It is pointed out that China's new energy vehicles have issues such as imperfect infrastructure construction, low battery recycling rate, and lack of mastery of key technologies of basic devices. Therefore, this paper aims to provide reference for the future development direction and planning of new energy vehicle technology and industry.

Keywords new energy vehicle; industry development; technology trend ●



(责任编辑 卫夏雯)