

新能源材料在新能源汽车领域的应用研究

周加仁 周登华

吉利汽车研究院(宁波)有限公司 浙江 宁波 315336

摘要: 本文聚焦新能源材料在新能源汽车领域的应用,系统梳理动力电池、轻量化、智能热管理三类核心材料的性能特性与应用场景,分析各类材料在续航提升、车身减重、智能电控及整车安全中的应用成效。研究指出当前高端材料量产成本高、部分材料稳定性不足、回收体系不完善等产业痛点,并结合技术迭代趋势,从技术研发、工艺优化、资源循环三方面提出针对性优化对策,助力新能源汽车产业高质量、可持续发展。

关键词: 新能源材料;新能源汽车领域;应用

引言: 在双碳战略与汽车电动化、智能化转型的推动下,新能源材料成为突破新能源汽车性能瓶颈、提升整车核心竞争力的关键支撑。动力电池、轻量化及智能车载材料的技术革新,直接决定车辆续航、安全、能耗及智能驾驶水平。为厘清各类新能源材料的应用价值与产业短板,本文系统探究其核心特性、落地应用现状,剖析产业化现存问题,预判行业发展趋势并给出优化路径,为材料技术迭代与产业规模化发展提供参考。

1 新能源汽车核心新能源材料类型及特性

1.1 动力电池关键材料

(1) 正极材料:三元材料(NCM/NCA)凭借高比容量与工作电压优势,主导长续航车型,但热稳定性相对较弱;磷酸铁锂(LFP)以优异安全性和超长循环寿命见长,成本低廉,能量密度偏低但已通过结构创新大幅提升;新型高镍材料($Ni \geq 80\%$)进一步挖掘比容量潜力,同时通过单晶化、包覆改性改善结构稳定与热安全,是高比能路线的核心方向^[1]。(2) 负极材料:人造石墨仍是主流,循环稳定、工艺成熟,比容量已近理论极限;硅基负极(Si/C、SiO/C)具有极高理论比容量($\sim 4200\text{mAh/g}$),可显著提升能量密度,但需应对体积膨胀($> 300\%$)与SEI膜不稳定问题,通过纳米化、预锂化等策略逐步走向应用;锂金属负极具备最高理论比容量(3860mAh/g)与最低电位,是下一代全固态电池的理想选择,但锂枝晶生长与库仑效率提升仍是产业化关键挑战。(3) 电解液与隔膜材料:电解液需兼顾宽电化学窗口、高离子电导率与热稳定性,新型氟化溶剂、阻燃添加剂可有效提升安全性;隔膜则要求优异的热关断性能、高机械强度与良好浸润性,陶瓷涂覆(Al_2O_3 、勃姆石)显著增强耐高温收缩能力。两者适配性直接影响电池倍率、寿命及热失控防护能力。

1.2 汽车轻量化新材料

(1) 铝合金(铸造、变形)以低密度、良好耐蚀与可回收性广泛用于车身结构件,减重效果显著;镁合金密度更低($\sim 1.8\text{g/cm}^3$),比强度高,但耐蚀与成形性需特殊处理,常用于仪表板支架、壳体等部件。(2) 碳纤维复合材料(CFRP)具有极高比强度和比模量,可实现减重40%-60%同时保证碰撞安全性,但成本高、回收难;高分子轻量化材料(如长玻纤增强PP、尼龙)兼顾低成本与可设计性,适用于内外饰及半结构件。(3) 轻量化通过降低整车质量,直接减少行驶滚动阻力与加速需求,尤其对城市工况能耗改善明显;同时质量减轻可降低制动能量回收损耗,并允许采用更小容量电池满足同等续航,形成“减重-降耗-减电池”正反馈,对纯电和燃料电池汽车能效提升贡献率达8%-15%。

1.3 智能车载与热管理新材料

(1) 车载传感及毫米波通信专用功能材料包括:压电/热电敏感材料用于压力、振动传感;低介电常数、低损耗高分子基板材料(如改性PTFE、LCP)保障毫米波雷达高频信号传输,兼具耐候性以保证全天候感知可靠性。(2) 电池热管理方面,导热材料(导热硅胶垫、石墨烯导热膜)实现电芯间高效均温;相变材料(石蜡/膨胀石墨复合)可缓冲短时产热峰值;隔热材料(气凝胶毡、陶瓷纤维)用于电芯间及模组上盖阻隔热量蔓延,防止热失控扩散。(3) 阻燃、绝缘安全防护材料:无卤阻燃聚碳酸酯、聚酰胺及有机硅材料具备高阻燃等级(UL94V-0)与优异电绝缘性,用于高压连接器、母排覆盖件;陶瓷化硅橡胶在高温下形成致密陶瓷层,兼具耐火与绝缘自支撑功能,为高压安全提供多重保障。

2 新能源材料在新能源汽车各领域的具体应用

2.1 动力电池系统中的应用

(1) 锂电材料在续航提升、循环寿命优化中的应用:高镍三元正极($\text{Ni}88/90$)搭配硅碳负极,已使量产

电芯比能量达到300Wh/kg以上,对应整车NEDC续航突破700km;磷酸铁锂通过"刀片电池"结构创新,体积利用率提升,续航达500km级。循环寿命方面,单晶三元材料减少颗粒开裂,电解液功能添加剂(FEC、VC)优化SEI膜稳定性,使动力电池常温循环寿命普遍超过2000次,满足整车10年以上使用要求。(2)固态电池新材料的技术落地与应用优势:氧化物(LLZO、LATP)和硫化物(Li₆PS₄Cl)固态电解质已进入中试及装车验证阶段,半固态电池率先量产(如蔚来ET7150kWh版),能量密度达360Wh/kg。其核心优势在于:固态电解质不可燃,彻底消除电解液泄漏及燃烧风险;宽电化学窗口支持高电压正极(>4.5V)和锂金属负极,理论能量密度可突破500Wh/kg;同时简化热管理系统,模组结构更紧凑,成组效率提升至80%以上^[2]。(3)电池材料升级对整车安全性的提升作用:正极材料通过Al/Mg掺杂和表面包覆(Al₂O₃、Li₃PO₄)提高热分解温度;隔膜采用陶瓷涂层+PI基膜,热收缩率(150℃/30min)由10%降至2%以下;电解液添加阻燃剂(磷酸酯类)使自熄时间缩短。三者协同将热失控触发温度提升30-50℃,通过针刺、过充等安全测试的比例大幅提高。

2.2 车身与底盘轻量化中的应用

(1)复合材料在车身覆盖件、结构件的应用实践:碳纤维增强环氧树脂已用于宝马i3乘员舱、蔚来ES6尾门等部件,减重幅度达40%-50%;玻璃纤维增强复合材料(SMC、LFT-D)广泛应用于引擎盖、底护板,成本可控且耐腐蚀;连续玻璃纤维/聚丙烯热塑性复合材料(GMT)用于前端模块、座椅骨架,可实现复杂结构一次成型,生产效率显著提升。(2)轻质合金在底盘、悬挂系统的适配应用:铝合金锻造成型控制臂、副车架已在中高端车型广泛应用(如奥迪A8、特斯拉Model Y),相较钢制件减重约35%-40%;镁合金压铸仪表板横梁(CCB)和方向盘骨架,减重效果达45%以上,但需通过表面微弧氧化或化学镀解决腐蚀问题;部分高性能车型采用铝镁混合结构,兼顾刚度与轻量化^[3]。(3)轻量化材料应用对整车能耗与续航的改善效果:整车每减重100kg, NEDC工况百公里电耗降低约0.5-0.8kWh,续航里程提升约6-8km。以碳纤维车身为例,减重150kg可使续航增加10-12km;簧下质量每减轻1kg,等效于簧上减重5-8kg,悬挂响应与舒适性同步优化,能量回收效率亦提高3%-5%。

2.3 电控与智能驾驶系统中的应用

(1)高导热、高绝缘材料在电控模块的应用:氮化铝(AlN)、氮化硅陶瓷基板导热系数达170-230W/(m·

K),配合环氧树脂灌封胶,用于IGBT/SiC功率模块,有效降低结温10-15℃,延长器件寿命;高绝缘聚酰亚胺薄膜(PI)和耐高温PET用作母线绝缘层,耐受电压达4kV以上,保障高压安全。(2)感知、通信新材料对智能驾驶的支撑作用:毫米波雷达天线基板采用低损耗液晶聚合物(LCP)或改性PTFE,介电常数稳定($D_k \approx 3.0$, $D_f \leq 0.002$),确保77GHz频段信号低衰减传输;光电传感用硫化铅(PbS)/铟镓砷(InGaAs)红外探测材料提升夜间及恶劣天气感知距离;压电聚偏氟乙烯(PVDF)薄膜用于触觉传感与振动监测,增强驾驶状态识别精度。(3)新型封装材料对车载电子设备的防护优化:有机硅凝胶、聚氨酯三防漆涂覆ECU及传感器PCB板,防潮防盐雾等级达IP67以上;低应力环氧模塑料用于芯片级封装,热循环可靠性提升,满足-40℃~125℃宽温域要求;纳米复合镀层(Ni-PTFE)应用于连接器端子,接触电阻稳定,插拔寿命超万次。

2.4 整车安全与节能配套应用

(1)阻燃、耐高温材料在电池包防护中的应用:电池包上盖采用云母板/陶瓷纤维复合层,在800℃火焰下可保持30min完整性,阻止火焰向上乘员舱蔓延;模组间气凝胶隔热垫(导热系数 $\leq 0.02\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)在电芯热失控时有效延缓热量传递,相邻电芯温升延迟超60s,为BMS启动热失控预警争取宝贵时间^[4]。(2)新型密封、减震材料的整车配套应用:发泡硅胶、聚氨酯泡沫用于电池包壳体密封,具备IP68防水等级,同时吸收振动能量;悬挂及动力总成悬置采用液压衬套(填充乙二醇/硅油)和聚氨酯缓冲块,降低高频振动传递,提升整车NVH性能;车门、风窗采用丁基橡胶/三元乙丙(EPDM)复合密封条,有效降低风噪并防止水汽侵入。(3)回收再生材料在整车零部件的循环应用:物理法回收的聚丙烯(PP)经改性后用于轮拱内衬、后备箱饰板,再生料添加比例可达30%-50%;化学法回收PET制成的再生纤维用于顶棚、座椅面套;部分车企已建立"材料-制造-回收"闭环体系,铝制车身部件再生铝利用率达50%,单车碳排放可降低15%-20%,符合全生命周期绿色制造趋势。

3 新能源材料在新能源汽车领域应用现存问题、发展趋势与优化对策

3.1 新能源材料产业化应用现存问题

(1)高端材料生产成本低、量产难度大:高镍三元前驱体合成条件苛刻,固态电解质需极低露点环境生产,设备投资与能耗成本显著偏高;碳纤维原丝及高端隔膜核心装备长期依赖进口,材料成本高企,制约了经济型车型的规模化推广。(2)部分材料稳定性、适

配性存在技术短板：硅基负极循环过程体积膨胀率超过300%，易导致电极结构失效，循环寿命不足；高镍正极热稳定性欠佳，高温下释氧并引发副反应；固态电解质固-固界面阻抗高，与现有电极体系兼容性差，全电池性能远低于理论预期。（3）材料回收体系不完善、资源利用率偏低：退役动力电池规范化回收率仅约30%，大量磷酸铁锂电池因回收经济性差被降级或废弃；锂、钴资源对外依存度分别超过70%和95%；碳纤维复合材料热解回收后纤维强度损失30%-50%，难以实现高价值循环利用。

3.2 新能源汽车材料技术发展趋势

（1）高能量密度、高安全性电池材料迭代升级：全固态电池加速从半固态向全固态演进，目标能量密度突破500Wh/kg；同时开发本征阻燃电解质、热响应隔膜等主动安全材料，从材料本征层面降低热失控风险。（2）低成本、可循环轻量化材料规模化应用：大丝束碳纤维与快速成型热塑性复合材料技术日趋成熟，成本有望降低30%-50%；再生铝合金、生物基高分子在内外饰及结构件中应用比例持续提升，推动轻量化与低碳化深度协同。（3）多功能、集成化智能车载材料创新发展：开发集传感、导热、电磁屏蔽于一体的功能复合材料，以及具备自修复、自适应调节能力的智能蒙皮材料，满足智能网联汽车对感知交互与集成化设计的升级需求。

3.3 材料应用优化与产业发展对策

（1）加强核心材料技术研发，突破技术瓶颈：设立国家级材料科技专项，重点攻关固态电解质离子电导率提升、硅基负极预锂化工艺、碳纤维低成本原丝制备等关键共性技术，加速实验室成果向工程化转化。（2）优化生产工艺，降低材料量产成本：推广连续式烧结、卷对卷涂布等规模化制造技术，提升产品良率至92%以上；

推动大丝束碳纤维国产化替代与装备自主化，降低原材料采购成本，增强产业链自主可控能力^[5]。（3）完善材料回收体系，推动产业绿色发展：构建动力电池全生命周期大数据追溯平台，推广短流程湿法回收工艺，将锂综合回收率提升至92%以上；实施生产者责任延伸制度，培育专业化回收网络，实现关键资源高效循环利用。

结束语

综上，新能源材料是新能源汽车产业升级的核心基石，各类新材料的迭代应用有效实现了车辆续航提升、能耗降低与安全升级，推动汽车产业绿色智能化转型。当前行业仍面临成本、技术、资源循环等多重难题，未来需聚焦核心技术攻关、量产工艺优化与回收体系完善。通过多维度产业升级，可充分释放新能源材料的应用价值，助力新能源汽车产业实现高效、安全、低碳的可持续发展。

参考文献

- [1] 欧阳明高. 新能源汽车动力与储能材料技术发展趋势与展望[J]. 机械工程学报, 2023, 59(10): 113-118.
- [2] 张睿, 王震. 磷酸铁锂与三元正极材料在新能源汽车动力电池中的应用对比研究[J]. 电源技术, 2024, 48(6): 721-725.
- [3] 王浩, 周宇, 吴佳伟. 新能源汽车轻量化复合材料应用现状与关键技术[J]. 汽车工程学报, 2024, 14(2): 56-64.
- [4] 刘思远, 陈俊宇. 石墨烯改性负极材料在新能源汽车快充电池中的应用性能研究[J]. 材料科学与工艺, 2023, 31(4): 89-96.
- [5] 李铭轩, 张建军. 固态电池关键材料技术及新能源汽车产业化应用前景[J]. 中国有色金属学报, 2025, 35(3): 789-802.