

引用格式: 柏兴应,高一盼,蔡军,等.纯电动汽车热管理系统标准体系研究[J].标准科学,2025(12):41–50.
 BAI Xingying, GAO Yipan, CAI Jun, et al. Research on the Standards System for Thermal Management System of Electric Vehicles [J]. Standard Science, 2025(12):41–50.

纯电动汽车热管理系统标准体系研究

柏兴应^{1,2} 高一盼^{1,2*} 蔡军^{1,2} 杨贤飞^{1,2,3} 陈赵斌^{1,2,3}

[1. 中国电器科学研究院股份有限公司; 2. 威凯检测技术有限公司; 3. 威凯(上海)检测技术有限公司]

摘要: 【目的】随着新能源汽车产业的高速发展,热管理系统作为纯电动汽车保障动力电池安全、优化能耗与提升续航、保证驾乘舒适性的关键子系统,其标准化建设已成为产业高质量发展的技术基石。【方法】通过分析纯电动汽车热管理系统的国内外标准化研究进展,系统剖析热管理系统新型技术演进对标准体系的挑战,梳理并构建了包含基础标准、设备标准、系统集成与接口标准、测试与评价标准、安全运维标准、回收利用标准及相关标准7个类别的热管理系统标准体系框架。【结果】研究表明,当前标准体系呈现设备部件标准集中、系统集成及整车维度覆盖不足等特征。【结论】需通过强化典型应用场景标准制定、加强从部件到整车的多维协同、分层梳理标准体系、提高国际标准化参与主导力度等路径完善体系建设,为新能源汽车产业高质量发展、增强全球化竞争力提供支撑。

关键词: 新能源汽车; 纯电动汽车; 热管理系统; 标准体系; 标准化

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.12.006

Research on the Standards System for Thermal Management System of Electric Vehicles

BAI Xingying^{1,2} GAO Yipan^{1,2*} CAI Jun^{1,2} YANG Xianfei^{1,2,3} CHEN Zhaobin^{1,2,3}

[1. China National Electric Apparatus Research Institute Co., Ltd.; 2. Certification & Testing Co., Ltd.;
 3. Certification & Testing (Shanghai) Co., Ltd.]

Abstract: [Objective] With the rapid development of new energy vehicle industry, thermal management system has become a critical subsystem to electric vehicles for ensuring battery safety, optimizing energy consumption, improving driving distance, and ensuring driving comfort, the standardization of which has become the technical cornerstone for the high-quality development of the industry. [Methods] Through an analysis of domestic and international research progress in the standardization of thermal management system for electric vehicles, this study systematically examines the challenges posed by the new technology evolution in thermal management system to the standardization framework. It then organizes and constructs a framework for the thermal management system standardization framework, which includes seven categories: basic standards, device standards, system integration and interface standards, testing and evaluation standards, safety operation and maintenance standards, recycling and utilization standards, and related standards. [Results] Research indicates

基金项目: 本文受威凯检测技术有限公司资助项目“典型应用场景下新能源汽车电动压缩机可靠性评定技术研究”(项目编号: SCRV2025026)资助。

作者简介: 柏兴应,博士,研究方向为新能源汽车热管理。

高一盼,通信作者,硕士,高级工程师,研究方向为新能源汽车标准化。

that the current standardization system is characterized by a concentration of standards on individual components and insufficient coverage of the levels at system-integration and whole-vehicle. [Conclusion] To improve the system, it is necessary to strengthen the development of standards for typical application scenarios, enhance multi-dimensional coordination from components to vehicles, systematically organize the standardization system, and increase participation in international standardization activities. These measures will support the high-quality development of the new energy vehicle industry and enhance its global competitiveness.

Keywords: new energy vehicle; electric vehicle; thermal management system; standards system; standardization

0 引言

新能源汽车是全球汽车行业的重要发展方向,也是我国汽车产业转型升级的重要发展战略,对于调整能源消费结构、缓解环境污染、提升汽车产业制造水平均具有重要战略意义。从“十四五”到“十五五”,新能源汽车作为我国“十大产业振兴规划”的重点支持产业,多次被写入政府工作文件^[1]。在政策支持和产业链协同攻关的共同努力下,我国新能源汽车产业迅猛发展。其中,纯电动汽车2025年上半年产销量分别达448.8万辆和441.5万辆,同比分别增长50.1%和46.2%^[2],领跑全球新能源汽车市场。

纯电动汽车热管理系统是从系统集成和整体角度出发,统筹整车内部各系统冷热需求之间的关系,采用综合手段控制和优化热量传递的系统^[3],是调控动力电池、电机电控及乘员舱冷热特性的关键技术,直接关系着车辆的安全、动力能耗与驾乘体验。随着快充超充、固态电池、新型冷媒等技术演进,热管理系统复杂性与安全要求同步提升,亟须建立统一完备又兼具前瞻性的标准体系。国务院发布的《国家标准化发展纲要》提出要加快新能源汽车关键技术标准研究制定^[4]。2025年工业和信息化部发布的《汽车标准化工作要点》已将热管理系统列为新能源汽车核心标准之一,要求不断优化完善重点领域标准体系建设,推动零部件、集成模块、系统及整车的标准体系迭代更新^[5]。

在此背景下,本文分析纯电动汽车热管理系统的国内外标准研究现状,阐明热管理系统标准体系发展所面临的挑战,构建多层次、多维度热管

理系统标准体系框架,结合技术趋势提出优化发展建议,为新能源汽车产业高质量、规范化发展提供参考。

1 国内外纯电动汽车热管理系统标准化现状

1.1 纯电动汽车热管理系统国际标准化动态

纯电动汽车热管理系统领域的国际标准主要由国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)、国际自动机工程师学会(SAE International)和联合国世界车辆法规协调论坛(UN/WP.29)四大体系构成,覆盖从零部件到整车系统的全链条要求。这些标准体系既相互补充,又在部分领域存在交叉,所发布的标准共同构成了全球热管理技术发展的规范基础。

作为全球最具影响力的标准组织,ISO下设TC 22/SC 37道路车辆技术委员会/电动汽车分技术委员会,主导电动汽车相关标准的制定。在热管理领域,ISO汽车标准侧重于整车级安全与系统级测试方法。2025年,ISO新立项《电动道路车辆 动力电池包和系统热管理系统测试方法 第1部分:通用测试》(ISO/AWI TS 25344-1)及《电动道路车辆 动力电池包及系统热管理系统测试方法 第2部分:液冷/热系统》(ISO/AWI TR 25344-2),构建了热管理系统通用测试框架与液冷系统专项要求相结合的整体体系,预计2026年进入国际标准草案阶段。ISO/AWI TS 25344-1首次规范定义了温度均匀性、冷却效率、加热速率及能耗占比等热管理系统性能基础评价指标,引入动态充放电加

热、保温性能试验，模拟实际驾驶中的高低温环境快充、爬坡等场景，使结果更贴近真实使用条件。ISO/AWI TR 25344-2则聚焦应用占比超80%的液冷/热技术，规定了冷板流阻测试、密封性试验和极端温度循环耐久性测试。此外，ISO 6469《电动道路车辆 安全规范》系列标准和ISO 12405《电动道路车辆 锂离子牵引电池组和系统的试验规范》系列标准也涉及热管理要求，分别从整车和系统层级规定了热安全性能测试。

IEC标准体系更聚焦于电气组件与电池单体层级的技术规范。IEC TS 62196-3-1:2020《插头、插座、车辆连接器和车辆插座—电动汽车传导充电—第3-1部分：带有热管理系统直流充电用车辆连接器、车辆输入插座及电缆组件》要求车辆连接器、车辆插孔和电缆组件必须具备热管理系统，以确保充电过程中的安全性和可靠性。此外，该标准还规定了电气组件热管理系统的要求和试验方法。IEC 62660《用于电动道路车辆推进的次级锂离子电池》系列标准详细规定了电池单体在热滥用、过充等测试中的安全阈值，是热管理系统设计的底层依据。IEC 61982《电动道路车辆推进用二次电池（锂除外）》系列标准规定了用于电池电动汽车和混合动力电动汽车的铅酸蓄电池、镍镉电池、镍氢电池和钠基电池在使用时的电压、电流和温度范围等基本安全性能要求。

SAE标准以设计导向性和实践指导性见长。SAE J2344—202010《电动汽车安全指引》确定并定义了不同动力类型电动汽车在正常运行和充电期间的安全技术要求，包含电气系统、电池管理、热管理的安全性能评估方法及紧急情况下的应对措施。同时，该标准还说明了车辆可能遇到的各类风险，并提出了相应的防范策略。SAE J2929《使用锂基充电电池的电动和混合动力车推进电池系统的安全标准》将热管理系统安全要求细分为4个维度即热失控防扩散设计、多冗余温控策略、异常诊断响应时间、极端环境适应性，并规定了电池系统的安全要求。SAE J2464_202108《电动和混合动力车辆可充电储能系统安全和滥用测试》规定

了电池系统的热滥用测试要求，定义了高温危害测试、热稳定性测试、无热管理循环测试、热冲击循环测试和被动传热阻抗测试，分别明确了单体电池热稳定性和电池模组/电池包内相邻电池影响的参数指标。

近年来，标准体系的融合趋势日益显著。ISO 25344系列标准部分引用了SAE J2929的热扩散防护要求，并参考IEC 62660的单体测试方法，形成“测试—设计—材料”三级衔接的标准链。这种融合降低了企业的合规成本，但也带来技术协调的复杂性。例如，ISO 25344-1要求热管理系统在单体电池热失控后5 min内相邻单体电池不能发生热失控，而SAE J2929要求热管理系统在热失控后5 min内发出报警信号。这种差异导致制造商需开发不同防护方案，不同体系的热管理技术相关标准需明确适用范围并推动进一步的协调统一。

1.2 纯电动汽车热管理系统国内标准化进展

我国新能源汽车新车销量在汽车新车总销量中占比逐年攀升，连续十年位居全球第一，且占世界比重超60%。得益于国内新能源汽车技术的快速发展和庞大的市场规模，中国在汽车热管理标准化领域实现了跨越式发展。2025年，中国专家获批担任燃料电池汽车工作组（ISO/TC 22/SC 37/WG 7）、换电车辆工作组（ISO/TC 22/SC 37/WG 8）召集人，主导制定包括动力电池包及系统热管理在内的7项国际标准。我国纯电动汽车标准体系在国家标准化管理委员会及工业和信息化部的领导下，由全国汽车标准化技术委员会电动汽车分技术委员会（TC 114/SC 27）牵头组织起草审查，由中国汽车工程学会推动团体标准的发布建设作为补充，呈现“强制性国家安全标准+系统性行业标准+先行性团体补充标准”的三层架构，覆盖零部件设计、制造、系统集成、试验全链条。

国家标准坚守热管理系统安全基线，聚焦系统部件的安全性、通用性和国际兼容性要求。2025年3月发布的强制性国家标准GB 38031—2025《电动汽车用动力蓄电池安全要求》增加电池内部加热引起的热扩散测试，明确了热管理系统在

电池热失控后不起火、不爆炸且烟气不对乘员造成伤害的技术要求,首次将底部撞击、快充循环后安全、交流电路绝缘电阻等工况纳入强制测试序列,提高了电池热管理系统在极端滥用场景下的可靠性要求。由于该标准为强制实施,2026年7月起所有新申报车型必须满足,这意味着整车企业必须把电池液冷板、冷媒直冷、热泵、防火隔热毡等热管理零部件的安全裕度全部重新校核,产业链技术标准都将迎来新一轮技术迭代。即将实施的GB 29743.2—2025《机动车冷却液 第2部分:电动汽车冷却液》明确了独立热管理回路中冷却液的技术要求和试验方法。此外,正在起草的国家标准《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 电动汽车》将热管理系统能耗纳入核算边界,给热管理系统标准体系带来了新的要求。

纯电动汽车热管理系统行业标准目前构成了热管理系统技术要求的主体框架。2024年,工业和信息化部发布了QC/T 1206系列行业标准,全面覆盖动力电池热管理的主要技术路线(液冷、风冷、直冷直热)和关键部件(加热器),标志着我国纯电动汽车热管理系统标准化工作进入实质落地阶段。QC/T 1206.1—2024《电动汽车动力蓄电池热管理系统 第1部分:通用要求》作为该领域的重要标准^[6],首次系统定义了热管理系统的技术边界与一般性要求。明确定义电池热管理系统为“通过冷却、加热、保温等方式对电池进行温度控制的装置总成”,涵盖风冷、液冷、直冷和膜加热、PTC加热等多元技术路线,明确了不同工况系统响应时间、均温性、温差控制精度等关键指标。第2部分QC/T 1206.2—2024^[7]针对液冷技术路线提供了更细化的技术规范。值得关注的是,该标准起草单位涵盖外资企业(梅赛德斯—奔驰、本田技研),表明电池热管理领域中国标准制定已具备国际开放性。但整体来看,整车级热管理架构、热泵+余热回收协同控制、冷媒—冷却液—油液三流体耦合等系统性、高层级要求仍然缺少统一的行业标准,导致不同主机厂、零部件企业在接口尺寸、通信协议、控制策略上各自为政,

规模化降本和二次开发效率受限。

团体标准能够快速响应纯电动汽车热管理系统技术创新和市场需求,有效填补了行业标准在系统级和整车层级试验方法上的空白。2025年5月发布的《新能源车热管理系统技术要求》^[8]快速响应技术迭代,首次把高温热安全、乘员冷热舒适、高低温适应性、除霜除雾四大场景拆分成可量化的21项性能指标,并给出对应的试验工况和判定阈值,填补了国内外“整车级热管理性能评价”空白。T/CIET 1306—2025《新能源汽车热管理系统安全性能要求》^[9]规定了电机系统、电机控制器系统和动力电池系统的热管理安全要求。T/CIET 973—2025《新能源汽车R290热泵空调系统技术要求》^[10]和T/CIET 1029—2025《新能源汽车R290冷媒热管理系统技术要求》^[11]及时跟进新型冷媒开发进展,明确了以R290(丙烷)作制冷剂的热管理系统的要求、控制系统、试验方法和检验规则。T/TMAC 217—2025《新能源汽车热管理集成模块技术要求》^[12]关注热管理系统轻量化、小型化和集成化发展,提出了集成模块的热管理、系统响应时间、城市驾驶与高速驾驶两种工况的系统效率与能耗的要求及试验方法。

纯电动热管理领域国内标准呈现“安全底线国家强制、主体框架行业支撑、技术创新团体先行”的三级梯度:国家标准用安全红线倒逼技术升级;行业标准在部件台架测试、能耗评价方面形成统一标尺,但系统层级仍待完善;团体标准则凭借灵活机制,成为新技术落地和产业协同的“加速器”。三级标准体系有望在互补迭代中共同支撑我国纯电动汽车热管理技术持续领先。然而,随着高压快充超充、新型冷媒、能效优化等新型技术不断涌现,热管理系统标准体系相关的技术要求持续迭代,应用场景也趋于多元化,这都迫切需要制定相关的测试评价技术标准。为了推进纯电动汽车热管理系统的发展和完善,亟须制定一套完整、科学、开放、统一的关键技术标准体系,为新能源汽车热管理产业的高质量发展指明方向。

2 热管理系统技术演进对标准体系的挑战

2.1 快充技术引发热管理革新

随着纯电动汽车补能向高能量密度、短时快速充电方向演进,以高倍率(≥ 4 C)充电为代表的快充技术已成为产业发展的核心趋势。该技术通过提升电池内部锂离子迁移速率与界面反应动力学,显著缩短能量补给时间,但同时导致了电池系统产热功率呈几何级数增长^[13]。这一变革性需求催生了相变材料^[14]、微通道液冷^[15]、喷射冷却^[16]等新型热管理技术的快速发展,进而对现有热管理系统标准体系构成系统性挑战。

快充工况下电池内部非线性温升加剧了局部热点生成风险,而现行标准GB 38031—2020基于稳态热环境采用周期性恒电流充放电工况模拟热负载的滥用测试条件,难以有效模拟动态快充过程中的局部热点失效机制,直接削弱了热失控预警阈值 $\Delta T/\Delta t \geq 1^\circ\text{C}$ 且持续时间3 s以上的工程有效性。随着电池系统散热功率的快速增长,新型热管理系统需协同解决电化学—热—力—流体的强耦合问题。但现有标准体系仍以单一独立的热参数(如电池单体间最大温差、最大温升等)为核心指标,缺乏对热管理部件与电芯膨胀应力、冷却液流动特性的交互作用评价框架。此外,新型热管理技术相变材料及高导热复合材料在快充场景的加速老化行为尚未纳入标准验证体系。传统温度循环测试无法表征快充特有的高频次、大梯度热冲击(温升速率 $\geq 10^\circ\text{C}/\text{min}$)导致的材料性能衰减。智能热管理系统需依据实时充电功率调整冷却策略,而当前通信协议标准未定义热管理系统与电池管理系统间的动态数据交互机制,制约了基于模型预测控制的主动热安全管理技术应用。

2.2 新型冷媒应用要求系统升级

自《蒙特利尔议定书》基加利修正案将R134a列为温室气体减排受控物质后,各国汽车企业大力研究开发满足冷热性能、环保和安全性要求的新型冷媒。近年来,R1234yf、R290、R744等低GWP(Global

Warming Potential)值新型冷媒在汽车空调系统中逐渐应用^[3],随着新型冷媒在整车热管理系统中的快速渗透,工质迁移所诱发的热—流—物性变化已超出现行标准体系的预设边界。总体而言,新型冷媒在材料物性、安全性、环保性和工况适应性4个维度上与现行冷媒的差异,给现有热管理系统设计、安全控制及测试评价标准提出了新的要求。

新型冷媒中R1234yf属于轻微可燃制冷剂,R290易燃易爆,R744跨临界循环导致系统工作压力较高,现有标准体系在泄漏防护、电气安全间距、压力容器规范及碰撞安全设计等方面的要求亟待升级^[17]。ISO 6469系列标准需针对可燃性冷媒的浓度探测阈值、紧急排放机制和防火隔离措施建立专项条款,SAE J639等高压系统安全标准则需扩展对R744超临界工况的耐压等级与失效模式验证要求。GB/T 22068—2025和GB/T 21360—2018对压缩机低压侧壳体耐压要求基于R134a的2.8 MPa耐压强度试验,而R744系统需28.2 MPa级耐压。同时,新型冷媒与系统部件、管件材料的化学相容性、润滑油匹配性及电控阀件可靠性等关键问题,尚未在现行标准中形成系统化验证流程^[18]。因此,亟须建立涵盖材料老化试验、长期耐久性测试及故障注入评估的综合性验证标准,以保障热管理系统全生命周期可靠性。此外,现有整车能效测试标准主要基于固定工况的制冷量/制热量测试,难以反映变环境温度、动态负荷下采用新型冷媒系统的真实效率,需开发耦合冷媒物性的多维度评价指标,并纳入热管理系统热泵循环的瞬态响应特性与低温适应性测试场景。

2.3 系统集成与能效优化矛盾

随着纯电动汽车向高集成度、智能化方向演进,热管理系统的工作逐渐从分立式架构转向高度集成的多域协同模式^[19]。这种集成化趋势在提升系统紧凑性与功能协同性的同时,引发了与能效优化目标之间的矛盾。一方面,电池—电机—车室3个子系统热管理功能融合与热泵—液冷—相变储热一体化多热源集成可提升整车低温动力续航表现;但另一方面,集成度提高带来的流道压降激

增、热短路风险与寄生功耗升高会导致系统能效边际收益递减^[20]。这一矛盾对现有热管理系统标准体系带来了新的考验。

系统集成要求标准体系覆盖多个热管理子系统(如电池、电机、电控、车室)的耦合接口与协同逻辑,强调功能兼容性与动态响应能力,而能效优化则需聚焦于单一部件的效率阈值、能耗分级及动态工况下的最优控制策略,两者的矛盾本质上是多目标协同优化问题在标准层面的映射,现有标准尚未建立跨域能量流协同效率的普适性评价框架。GB/T 37123—2018与QC/T 1206.1—2024分别独立规定了车室空调和电池热管理的性能测试边界,未覆盖集成系统在多源负荷瞬态叠加下的能效拐点。例如在低温环境下,电池快充+车室空调除霜联合工况中,电池冷却与车室制热功能的复用可降低部件级能效,但能提升系统级能量利用率,而标准中缺乏对应的“联合测试矩阵”,致使实验室能效评级与整车实测存在偏差。

高度集成系统需通过实时算法动态分配冷热负荷,其能效表现依赖于多工况下的控制策略优化。然而,当前标准体系对控制逻辑的泛化性、可移植性及鲁棒性缺乏统一约束,导致各大厂商自定义策略与标准兼容性之间存在鸿沟,加剧了能效验证的复杂性。目前机械/电气接口的标准化虽已初步完善,但多个热管理子系统耦合时的热力接口(如制冷剂流路切换阀、载冷剂多通阀)与信息接口的规范仍滞后于技术迭代。此外,集成系统后为保障故障模式下的安全性,常需增设并联阀组、备用循环路径等冗余保障备份,不可避免地将增加寄生能耗。现行安全标准T/CIET 1306—2025侧重失效保护机制,却未对冗余设计引入的能效损耗设定容限阈值,导致标准执行中安全性与能效的对立难以调和。

3 纯电动汽车热管理系统标准体系框架构建分析

3.1 编制目标

根据新能源汽车热管理系统技术演进与规模

化应用的需求,确保标准体系的分类科学、层级清晰、结构合理,能够完整准确地反映电池、电机电控及车室空调等热管理子系统的耦合特征与协同优化需求,并前瞻性地覆盖智能化、集成化、环保低碳化的未来发展趋势,以科学性原则、全面性原则和适用性原则为依据,构建纯电动汽车热管理系统标准体系,为热管理关键技术的研发验证、性能评价及产业落地提供系统性支撑。

3.2 标准体系框架

基于纯电动汽车热管理系统在安全底线保障、能效优化提升、多系统协同控制等方面的核心需求,分析热管理系统在整车性能、电池安全、驾乘舒适性及能量效率等维度的关键作用,构建其标准体系框架。本框架构建遵循系统性原则、协调性原则、适用性原则与前瞻性原则,依据国家及行业对纯电动汽车关键系统标准化的战略部署要求,遵循GB/T 13016—2018《标准体系构建原则和要求》,结合纯电动汽车热管理系统快充超充、新型冷媒、系统集成与能效优化等新型技术演进,将纯电动汽车热管理系统标准体系框架划分为100基础标准、200设备标准、300系统集成与接口标准、400测试与评价标准、500安全运维标准、600回收利用标准、900相关标准。标准体系框架如图1所示。

纯电动汽车热管理系统标准体系的一级子体系共划分为7个类别,分别为100基础标准,包括术语、分类与标识编码和一般要求3个体系类别;200设备标准,包括车室空调系统设备、动力舱热管理系统设备和电机电控热管理系统设备3个体系类别;300系统集成与接口标准,包括集成装置、感知监测、通信传输和协同管控4个体系类别;400测试与评价标准,包括部件测试评价、系统测试评价、整车测试评价3个体系类别;500安全运维标准,包括安全防护、运行维护和维修规范3个体系类别;600回收利用标准,包括热管理系统部件回收再造、制冷剂充注与回收规范和冷却液更换处置要求3个体系类别;900相关标准,包括电池相关标准、整车相关标准、碳排放相关标准和其他相关

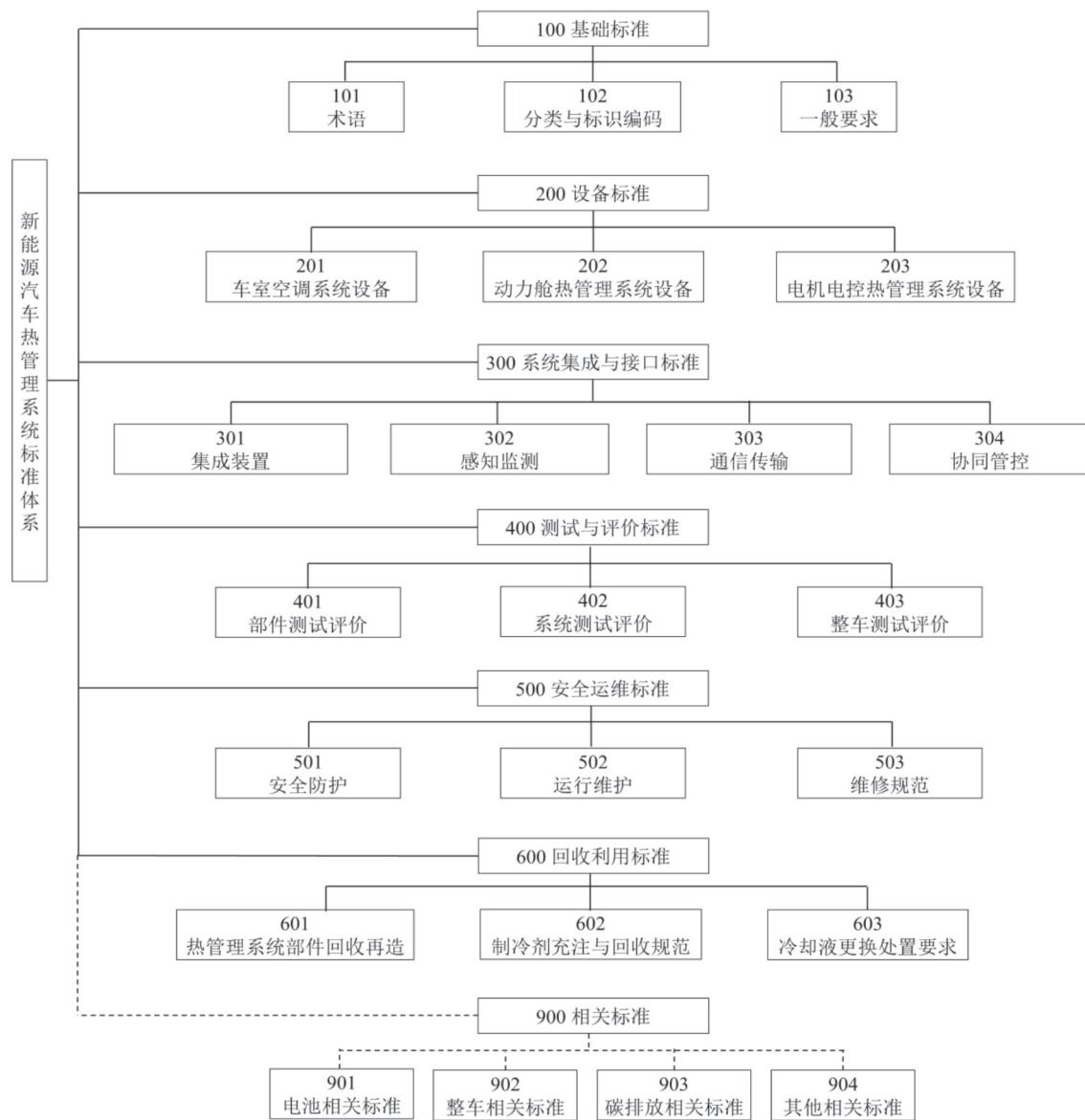


图1 纯电动汽车热管理标准体系框架图

标准。标准体系类别内容详细说明见表1至表7。

3.3 标准统计表

通过查阅全国标准信息公共服务平台和全国团体标准信息平台,根据7个一级子体系类别对我国现有标准及拟增标准进行统计,如图2所示。现阶段纯电动汽车热管理标准体系已发布实施的国家标准、行业标准、团体标准共计146项,拟增标准18项。现行实施标准中与系统设备部件有关的标准数量最多,其次是测试与评价相关标准,系统集成与接口和安全运维标准数量基本相当。与

纯电动汽车热管理系统直接相关的电池、整车、碳排放等领域的拟增标准最多,但热管理设备和系统集成、测试方面的拟增标准较少。这表明,在纯电动汽车热管理功能模块化、结构一体化发展的趋势下,系统层面的标准发展相对滞后,应加快推进热管理系统的相关标准制修订工作。

4 标准体系发展建议

在碳达峰碳中和目标日益紧迫,纯电动汽车

表1 100基础标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
101	术语	纯电动汽车热管理系统领域涉及的基础术语标准。
102	分类与标识编码	纯电动汽车热管理系统领域涉及的分类和编码规则。
103	一般要求	纯电动汽车热管理系统领域具有一般性特征的共性要求标准。

表2 200设备标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
201	车室空调系统设备	车室空调系统制冷剂、压缩机、换热器、加热器、阀件、管件及其他相关设备标准。
202	动力舱热管理系统设备	动力舱热管理系统冷板、阀件、冷却液、泵、管件及其他相关设备标准。
203	电机电控热管理系统设备	电机电控热管理系统换热器、泵、管件及其他相关设备标准。

表3 300系统集成与接口标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
301	集成装置	纯电动汽车热管理系统多个设备部件集成的技术要求和规范。
302	感知监测	纯电动汽车热管理系统的部件设备、环境、运行状态等信息采集、状态感知技术和监测指标要求。
303	通信传输	纯电动汽车热管理系统内不同设备、系统、模式及其与整车其他系统间的数据传输、信息交换技术要求。
304	协同管控	纯电动汽车热管理系统不同设备、系统的协同及管控策略技术要求。

表4 400测试与评价标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
401	部件测试评价	纯电动汽车热管理系统中各部件的性能检测技术和评价方法。
402	系统测试评价	纯电动汽车热管理系统中车室空调、动力舱、电机电控各热管理子系统的性能检测技术和评价方法。
403	整车测试评价	纯电动汽车热管理系统整车搭载时的性能检测技术和评价方法。

表5 500安全运维标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
501	安全防护	纯电动汽车热管理系统热失控预警、碰撞后泄漏等安全防护技术要求。
502	运行维护	纯电动汽车热管理系统远程监控、通信维护等技术要求。
503	维修规范	纯电动汽车热管理系统故障诊断和维修安全规范相关标准。

表6 600回收利用标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
601	热管理系统部件回收再造	纯电动汽车热管理系统各部件回收再制造的方法和技术要求相关标准。
602	制冷剂充注与回收规范	纯电动汽车热管理系统车室空调制冷剂充注和回收的技术规范。
603	冷却液更换处置要求	纯电动汽车热管理系统冷却液更换及后处理的技术要求相关标准。

表7 900相关标准体系类别内容

体系编号	体系类别	标准内容说明
901	电池相关标准	与纯电动汽车热管理系统标准体系关系密切但属于电池领域的标准。
902	整车相关标准	与纯电动汽车热管理系统标准体系关系密切但属于整车领域的标准。
903	碳排放相关标准	与纯电动汽车热管理系统标准体系关系密切但属于碳排放领域的标准。
904	其他相关标准	与纯电动汽车热管理系统标准体系关系密切且需直接采用的其他领域标准。

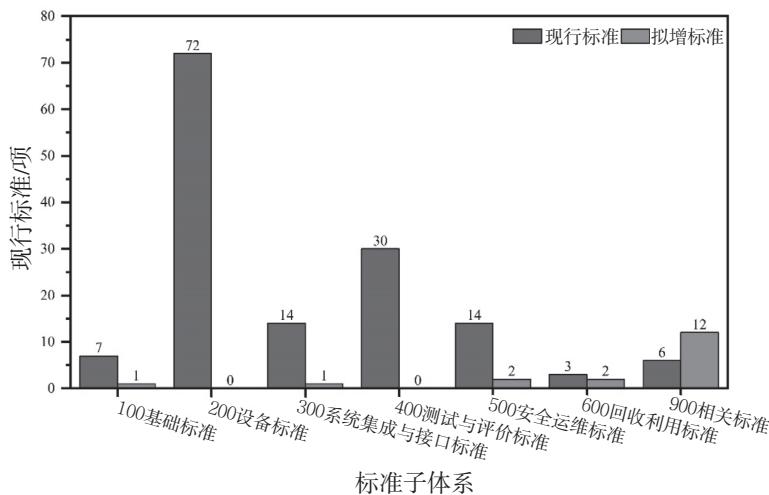


图2 纯电动汽车热管理系统标准体系统计图

市场渗透率持续攀升的双重驱动下,实现高效、可靠、低碳的纯电动汽车热管理系统离不开标准化的系统牵引。为了构建面向未来的纯电动汽车热管理系统标准体系,提出以下标准制修订相关建议。

(1) 充分结合应用现场痛点,配套制定场景化标准。应聚焦整车热管理、电池温控、大功率充电、车室舒适性与能耗耦合等应用场景中反复出现的共性难题,以问题为导向,对试验数据、故障案例、用户反馈进行系统采集、加工、分析与再研究,形成“问题—技术—标准—验证”闭环。例如,针对“高寒环境下热泵空调制热性能快速衰减”这一工程瓶颈,可制定《-30℃及以下环境纯电动汽车热泵系统性能保持与评价方法》;针对“快充超充工况下电池升温失控”问题,可制定《高倍率充电桩电池包均温设计与验证规范》。

(2) 部件—系统—整车多维度协同,标准制定互为一体。纯电动汽车热管理不仅是零部件在空间上的叠加,更是整车能耗、乘员体验、动力续航、材料循环的多目标耦合。因此,标准制定需同步考虑热管理系统与系统集成、整车架构、环境适应性的多向适配。既要制定面向部件级的精细化标准,如《低GWP制冷剂换热器耐腐设计规范》,也要制定面向系统和整车级的耦合标准,如《电池冷却器/冷媒集成组件设计规范与技术要

求》和《V2G场景下热管理系统与电网互动安全要求》等。同时兼顾材料与回收环节,制定《纯电动汽车热管理冷媒及关键零部件可回收设计规范》,实现全链路标准化覆盖。

(3) 标准体系分层拟编,避免交叉重复。当前热管理领域标准主要分散在汽车、制冷、电气、化工等多个行业,层级混杂、边界模糊。应对现有国家标准、行业标准、团体标准、企业标准进行图谱式梳理,对重复条款进行合并修订,对空缺领域进行补位立项,形成“基础通用—关键技术—测试评价—场景应用”四级架构。由国家标准化管理委员会牵头,发布《纯电动汽车热管理系统标准体系建设指南》,行业学会跟进制定共性测试方法,地方及团体标准聚焦高原、湿热、高寒等区域气候特征与细分场景,实现层级清晰、互补协同。

(4) 深度参与国际标准制定,抢占热管理标准先发优势。纯电动汽车热管理技术迭代迅速,欧美日等汽车产业强国已在制冷剂替代、热泵集成、低温性能评价等方向展开布局。我国应依托超大规模市场和复杂气候环境运营大数据的优势,主动输出中国方案:1)联合ISO、IEC、SAE等组织发起《新能源汽车热泵系统全球统一测试循环》国际标准提案;2)推动“一带一路”共建国家共同制定《高寒地区纯电动汽车热管理适应性评价》区域标准;3)鼓励龙头企业牵头成立国际热管理标

准联盟,共享测试平台与工况数据库,以技术实践支撑标准输出,最终形成“中国技术—中国标准—全球市场”的正向循环^[21]。

5 结论

随着纯电动汽车的快速发展以及快充技术、新型冷媒应用和系统集成与能效优化矛盾等新型技术的发展演进,现有热管理系统标准体系面临较大挑战。通过分析国内外纯电动汽车热管理系统标准化进展,本研究梳理构建了纯电动汽车

热管理系统标准体系框架。发现现行标准主要集中在设备部件单体领域,热管理系统集成及其测试技术方面的标准较少,技术标准发展难以满足纯电动汽车热管理系统功能模块化、结构一体化的发展要求。建议未来基于行业应用痛点,从制定场景化标准、加强“部件—系统—整车”多维协同、分层梳理标准体系等方面开展建设工作,健全纯电动汽车热管理系统标准化体系,主导和参与国际标准制修订,夯实我国新能源汽车产业高质量引领发展的基础。

参考文献

- [1] 国务院.中国制造2025[Z].2015.
- [2] 麦柯莱依斯信息咨询(上海)有限公司.中国汽车产量2025年按品牌、车型、车种[EB/OL].[2025-09-05].
https://www.marklines.com/cn/statistics/flash_prod/automotive-production-in-china-by-month.
- [3] 中国制冷学会,中国汽车工程学会.中国新能源汽车热管理技术发展[M].北京:北京航空航天大学出版社,2022.
- [4] 新华社.国家标准化发展纲要[Z].2021.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部.2025年汽车标准化工作要点[Z].2025.
- [6] 全国汽车标准化技术委员会(Sac/Tc114).电动汽车动力蓄电池热管理系统 第1部分:通用要求:QC/T 1206.1—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [7] 全国汽车标准化技术委员会(Sac/Tc114).电动汽车动力蓄电池热管理系统 第2部分:液冷系统:QC/T 1206.2—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [8] 中国中小商业企业协会.新能源汽车热管理系统技术要求:T/CASME 1982—2025[S].2025.
- [9] 中国国际经济技术合作促进会.新能源汽车热管理系统安全性能要求:T/CIET 1306—2025[S].2025.
- [10] 中国国际经济技术合作促进会.新能源汽车R290热泵空调系统技术要求:T/CIET 973—2025[S].2025.
- [11] 中国国际经济技术合作促进会.新能源汽车R290冷媒热管理系统技术要求:T/CIET 1029—2025[S].2025.
- [12] 中国技术市场协会.新能源汽车热管理集成模块技术要求:T/TMAC 217—2025[S].2025.
- [13] 邓林旺,冯天宇,舒时伟,等.锂离子电池快充策略技术研究进展[J].储能科学与技术,2022,11(9):2879—2890.
- [14] 眭晓君,尹少武,李纤纤,等.基于复合相变材料的电动汽车热储能供热系统蓄放热特性研究[J/OL].化工进展,1-15[2025-11-11].<https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2025.0223>.
- [15] 杜先锋.电动车动力电池热管理系统设计测试与仿真分析[D].成都:电子科技大学,2025.
- [16] 刘玉彬.动力电池过热应急冷却热管理系统研究[D].长春:吉林大学,2021.
- [17] 朱腾飞,刘晔.低GWP制冷剂在新能源汽车空调应用性能分析[J].化工学报,2025,76(S1): 343—350.
- [18] 李甜,安逸,索娇.汽车空调制冷剂替代路径发展研究浅析[J].中国汽车(中英文对照),2025,35(1):28—31.
- [19] 阮先轸,孙玲玲,姚孟良,等.电动汽车热管理系统集成技术研究进展[J].新能源进展,2024,12(3):303—312.
- [20] 王伟民,王小碧,徐人鹤,等.纯电动汽车热泵型整车热管理系统开发技术研究[J].汽车工程学报,2021,11(6):434—441.
- [21] 刘殿国,郑亚男.治理嵌入与经济增长要素效率:基于多层统计模型的分析[J].成都理工大学学报(社会科学版),2024,32(2):47—68.