

基于专利分析的新能源整车智能热管理技术发展现状研究

马天舒¹ 叶晓雪¹ 郑锐² 王亮亮¹ 王静¹

(1. 中国汽车技术研究中心有限公司, 天津 300300; 2. 东风商用车有限公司, 武汉 430056)

【欢迎引用】马天舒, 叶晓雪, 郑锐, 等. 基于专利分析的新能源整车智能热管理技术发展现状研究[J]. 汽车文摘, 2024(12): 21-26.

【Cite this paper】MA T S, YE X X, ZHENG R, et al. Research on Intelligent Thermal Management Technologies for New Energy Vehicles Based on Patent Analysis[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(12): 21-26.

【摘要】整车智能热管理是新能源汽车的关键技术之一,但与燃油车相比,新能源汽车的热管理系统更为复杂,对电池、电机和充电系统均提出了更为苛刻的要求。为了探究现阶段新能源汽车整车智能热管理领域的专利布局和研发重点,本文从宏观和微观的角度对我国新能源整车智能热管理技术的专利进行了系统分析,梳理了热管理模块、热管理架构等方面的关键技术,并剖析了技术方案的发展方向。未来随着热泵空调、液冷技术以及热管理集成化等技术的持续进步,热管理系统将具有更高的精度和效率。

关键词: 新能源汽车; 整车智能热管理; 专利分析

中图分类号: U463.4; G255.53 文献标志码: A DOI: 10.19822/j.cnki.1671-6329.20240071

Research on Intelligent Thermal Management Technologies for New Energy Vehicles Based on Patent Analysis

Ma Tianshu¹, Ye Xiaoxue¹, Zheng Rui², Wang Liangliang¹, Wang Jing¹

(1.China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin 300300; 2.Dongfeng Commercial Vehicle Co., Ltd., Wuhan 430056)

【Abstract】The intelligent thermal management of the whole vehicle is one of the key technologies of new energy vehicles. However, compared with fuel vehicles, the thermal management system of new energy vehicles is more complex and imposes stricter requirements on batteries, motors, and charging systems. To explore the current patent layout and research and development focus in the field of intelligent thermal management for new energy vehicles, this article systematically analyzes the patents of China's new energy vehicle intelligent thermal management technologies. It sorts out key technologies in thermal management modules and thermal management architectures, and dissects the development direction of technical solutions. In the future, with the continuous evolution of technologies such as heat pump air conditioning, liquid cooling technology, and integrated thermal management, the thermal management system will have higher precision and efficiency.

Key words: New energy vehicles, Vehicle intelligent thermal management, Patent analysis

0 引言

随着全球环保意识的不断提升和能源问题不断加剧,新能源汽车已成为全球汽车工业转型、走向绿色发展的核心趋势,同时也是中国汽车产业实现高品质发展的战略举措^[1]。然而,新能源汽车在运行过程中,电池、电机、充电系统等关键部件的热管理问题尤

为关键,直接影响到车辆的性能和安全,因此对整车智能热管理系统提出了更加精细、严格的要求。热管理系统在新能源汽车中的核心功能是保障车辆各关键部件在理想的温度范围内运行,通过系统软件并结合多个信息对整车所产生的热量进行统一管理。其智能化主要体现在高度集成化的设计、多源信息的综合运用、智能控制策略的应用以及系统的功能一体化

和结构模块化等方面,不仅提高了能效和续航能力,还增强了用户的驾驶体验和车辆的安全性能^[2]。

本文通过对新能源汽车的整车智能热管理系统进行专利分析,详细探讨了其专利布局和研发重点。通过对核心技术专利进行深入剖析,旨在为相关领域研发团队和企业提供信息,为其在技术开发和战略部署方面提供参考。

1 整车智能热管理技术专利申请趋势分析

本文使用的专利检索数据库为中国汽车技术研究中心有限公司自主研发的全球汽车专利大数据平台,专利选取范围以公开日为入口,自2004年7月1日起,截至2023年6月30日,对近20年的中国专利数据进行了统计分析。

新能源整车智能热管理技术的中国专利申请-公开趋势见图1。截至2023年6月30日,我国新能源整车智能热管理技术相关专利申请量为21 273件。虽然相关研发起步较早,但直到2008年,随着《新能源汽车生产准入管理规则》^[3]正式开始实施,我国新能源汽车才进入了全新的发展阶段,整车智能热管理技术的专利申请量也进入了第一次快速发展阶段;2015年,国家对纯电动汽车补贴力度的进一步加大,国内外各大整车集团,如大众、丰田、通用、宝马等纷纷发布新能源战略规划,新能源整车智能热管理技术专利申请量进入第二次发展期,并在2018年达到顶峰;2020年专利申请量虽略有下降,但新能源整车智能热管理在液体温控、仿真建模、座舱热管理等方面还存在很多需要提升的技术和性能指标,在当前大力发展汽车集成化、智能化背景下有望迎来进一步发展。

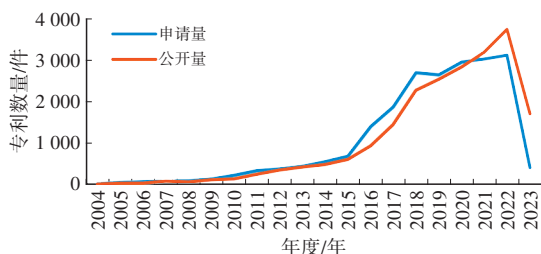


图1 我国新能源整车智能热管理技术专利年度申请-公开趋势

2 整车智能热管理技术创新主体分析

我国新能源整车智能热管理技术专利申请前10位申请人的分布情况见图2。其中,整车企业有8家,仅有现代和福特2家国外企业,说明我国新能源整车智能热管理技术发展势头迅猛,经过多年的努力,在

整车智能热管理相关技术方面占据主导地位。国内企业专利申请量方面,比亚迪以624件位居第一,吉利、一汽紧随其后。零部件企业华霆动力和宁德时代排名靠前,专利布局均集中在电池温度控制领域。

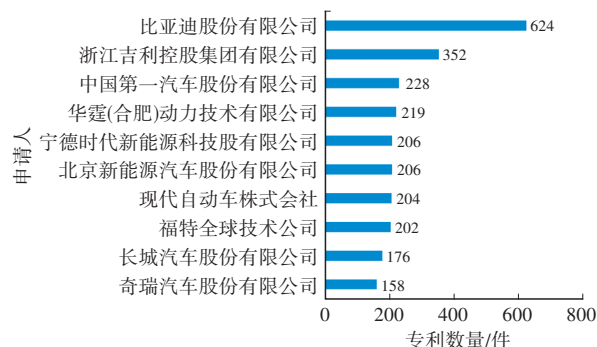


图2 我国新能源整车智能热管理头部申请人分布

3 整车智能热管理技术重要技术分支专利分析

3.1 各分支专利申请情况

本文将新能源整车智能热管理技术分为整车热管理架构、座舱热管理模块、动力系统热管理模块以及非纯电动汽车温控方案4个技术分支。其中,整车热管理架构是指车辆在运行过程中对热量进行控制和管理,目前多采用液体温控方案,实现对电池、电机等核心部件的冷却。座舱热管理模块是指对座舱内温度的控制,目前普遍使用正温度系数(Positive Temperature Coefficient, PTC)空调和热泵空调系统,在提高续航里程的同时,提升座舱舒适性。动力系统热管理模块具体包括电池温度控制、电机温度控制和充电系统温度控制,非纯电动汽车温控方案则以混动汽车和增程式汽车的温控方案为主^[4]。

从表1可以看出,动力系统热管理模块的专利申请量最大,占比高达73.83%,说明申请人在该领域的研发投入最大,这可能是因为“三电”系统是新能源汽车最核心的部件,对动力系统的热管理直接影响着整车智能热管理的能效。其次为整车热管理架构,占比12.67%,说明企业也在积极开展针对此领域的研究,推动整车热管理架构的集成化和智能化研究,将是今后电动汽车的研发热点。座舱热管理模块和非纯电动汽车温控方案的占比较少,均不足10%;其原因可能与热泵空调的高成本以及开发难度大有关,阻碍了其在电动汽车上的发展,而混动汽车和增程式汽车与纯电动汽车的热管理架构类似,申请人并未在该领域进行过多的单独专利布局。

3.2 动力系统热管理模块专利分析

新能源汽车的动力系统核心为“三电”系统,因此

对动力系统热管理的研究也围绕着“三电”系统的温度控制展开。动力电池的最佳工作温度应维持在 25~40℃,因此它既需要适当的保温措施,又需进行有效散热来保持其温度稳定。电机的运行效率和寿命也同样受到温度影响,高温环境可能会缩短其使用寿命^[5]。

表1 我国新能源整车智能热管理技术专利技术构成

技术分支	专利申请量/件	占比/%
动力系统热管理模块	15 705	73.83
整车热管理架构	2 695	12.67
非纯电动汽车温控方案	1 659	7.80
座舱热管理模块	1 214	5.71

3.2.1 电池温度控制

如图3所示,电池温度控制领域的中国专利申请整体处于稳定上升区间,随着2016年以及2019年新能源汽车受政策与市场端双重刺激,该领域的专利布局也呈现出相应的陡增态势。电池温度控制领域的专利申请中,纯机械结构的发明构思逐渐增多,涉及实现方法、软件、策略的技术方案占比略少,但随着电动控制技术的飞速发展,涉及控制方法类的发明专利申请量有望进一步提高。

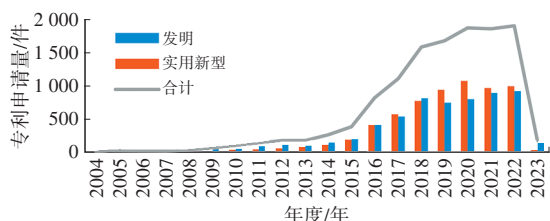


图3 电池温度控制领域专利申请态势

如图4所示,电池温度控制领域专利申请数量前10的企业中,比亚迪处于绝对领先地位,华霆动力技术优势明显。传统供应商企业宁德时代、蜂巢、国轩高科、亿纬动力在该领域的专利布局较为突出。国内整车企业北汽新能源、吉利、一汽在该领域具有优势专利地位;国外仅有福特一家企业上榜,位居第10。

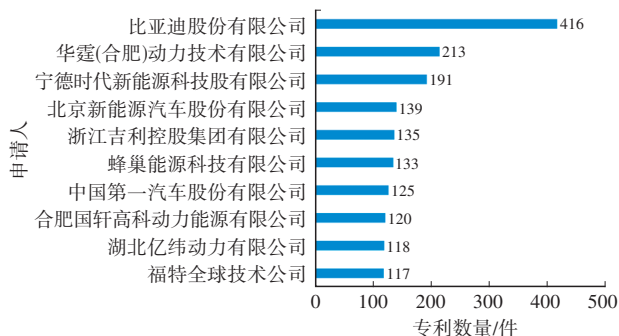


图4 电池温度控制领域头部申请人分布

在电池温度控制领域,冷却技术主要分为风

冷、液冷和直冷3种类型。风冷技术通过自然风或车辆空调系统中的冷风在电池表面流动来实现散热;液冷技术则依靠一套独立的冷却系统,利用冷却液来调节动力电池的温度,这种方法目前被广泛采用;而直冷系统则简化了冷却过程,无需使用冷却管道,直接应用制冷剂对电池进行冷却处理^[6]。例如,赛力斯专利CN116353287A^[7]在热泵制热时,利用第一预设安全阈值且冷却液初始温度较低判断室外换热器表面是否结霜,开启电机加热冷却液措施快速加热冷却液温度,以防止热泵制热时出现室外换热器表面结霜,并通过不同结霜温度值对应的电机加热功率快速加热冷却液温度,当达到第二预设安全阈值或冷却液加热后温度较高时,退出电机加热,由此可提前预防室外换热器表面结霜,适用于怠速及行驶过程中,保证系统正常运行。北汽新能源专利CN219286504U^[8]的电池包能够利用液冷板直接对电池配电盒内的电器组件进行降温,使电池配电盒的温度能控制在均衡范围内,从而提升电池包的整体安全性和电池包性能。

3.2.2 电机温度控制

从图5所示的专利申请趋势来看,新能源汽车的电机温度控制技术仍处于发展期。该技术自2004年开始在中国有少量专利申请,申请量于2016年呈现快速上升趋势,每年申请量保持在200件左右。预计未来专利申请量会进一步增长。

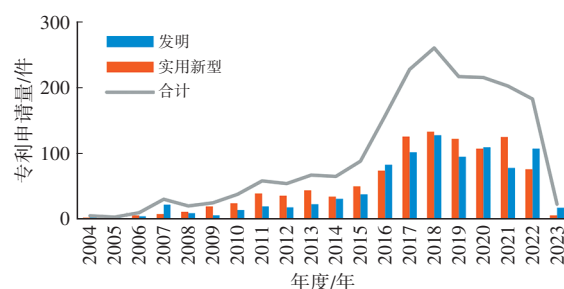


图5 电机温度控制领域专利申请态势

如图6所示,在电机温度控制领域专利申请数量前10的企业中,珠海格力电器股份有限公司位列第一,整车企业有8家,全部为国内自主整车企业,说明电机温度控制已成为国内整车企业关注的重点技术领域,投入了较多的研发成本。从整体专利申请情况来看,企业在该领域的专利布局不多,专利申请量还有进一步上升的空间。

电机温度控制目前主要采取的冷却策略包括主动风冷和液冷2大类。风冷方式成本较低并且易于实施,但其散热效能存在一定限制。相比之下,液冷是

目前更为流行的选择,它通过在电机控制器的底部设计水道,并让冷却液在其中循环流动,有效地吸收和转移热量,以此降低电机控制器的工作温度^[9]。例如,天津大学专利CN114389405A^[10]的定子通风道由机壳和定子铁心的焊口组成,焊口在定子铁心圆周上均匀分布,不仅起到了固定定子冲片的作用,还在不影响电机电磁效果的同时,起到了通风冷却的效果,避免了设计单独的通风道而导致电机体积过大,并且冷却效果较好。金龙汽车专利CN217469648U^[11]采用第一水道和第二水道的组合设计方式,使得冷却液在冷却水道中实现分流-合流-分流的动态变化过程,符合电机的热量分布特点,有效地提高了冷却液的流速和换热面积,使得冷却液的换热效率和换热效果得到显著提升,更有利于电机的散热冷却。

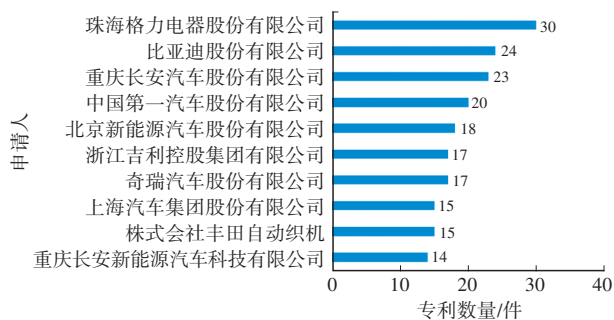


图6 电机温度控制技术专利申请数量前10企业

3.2.3 充电系统温度控制

充电系统温度控制领域的专利申请态势如图7所示。该领域的专利申请量自2015年开始高速增长,在2018年申请量达到顶峰之后,近几年呈现波动下降趋势,未来专利申请量走势有待进一步关注。同时,发明专利占比近几年有所提高,随着新能源汽车相关技术的发展,该领域技术研发投入将持续提高,专利布局也将得到进一步优化。

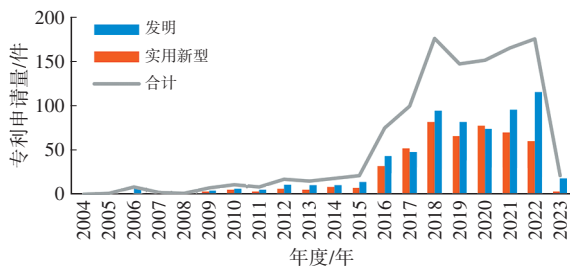


图7 充电系统温度控制领域专利申请态势

从申请人来看,专利申请人前10名中,洛阳正奇机械有限公司位列第一,但是具专利申请量并不大。除此之外,比亚迪、一汽和通用3家整车企业上榜,其余均为供应商企业。同时,国外企业占比较高,说明中国企业在该领域的技术研发还有上升的空间,见图8。

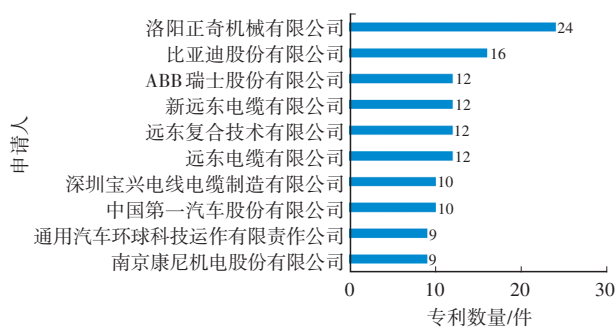


图8 充电系统温控技术专利申请数量前10企业

充电过程中,连接充电桩和汽车的接口系统都会暴露于高温环境下。因此,为了确保能够安全地监控汽车的温度并防止过热,对充电枪、充电桩的接线端口以及充电桩内部的绝缘栅双极型晶体管(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)模块进行温度监测非常关键^[12]。从专利来看,充电系统温控技术在充电座、充电用线缆、充电枪、充电桩等方面均进行了专利布局,分别从结构和控制方法2个方面进行技术的改进。例如,北京理工大学专利CN219286092U^[13]通过设置绝缘分隔层,将无需冷却的导线隔开,并让制冷剂从液腔直接流过,同时对DC+与DC-电源线路进行直接冷却,避免换热不均的问题,同时设置在电源线路中间的回流管也能对电源线路进行二次冷却,进一步增强对充电线缆的冷却效果。长安汽车专利CN103427137A^[14]在充电时,如果动力电池的温度 $T \leq 5^{\circ}\text{C}$,且温度极低的时候只进行加热,温度较低时,进行边加热边小电流充电;如果动力电池温度 $T > 5^{\circ}\text{C}$,则退出低温加热,进入正常充电模式;其能缩短低温充电加热时间,保证动力电池的正常充电,同时不影响动力电池的使用寿命。

3.3 整车热管理架构技术专利分析

目前,整车热管理主要包括:自然冷却、风冷、液冷、直冷。其中,风冷一致性差,冷却效果难以控制,冷媒直冷技术难度较高。随着集成式整车智能热管理系统成为主导趋势,液冷技术由于其较高的比热容和更佳的冷却效能,持续保持其在车辆热管理领域的核心技术地位^[15]。

整车热管理架构技术专利申请趋势如图9所示。该领域专利数量前期发展缓慢,直至2015年才实现稳步快速增长。经过3年的快速增长,于2018年达到第一个申请量高峰。随后虽然有所回落,但整体依然呈现上升趋势,预计未来几年将迎来快速发展。

整车热管理架构的专利技术路线图如图10所示。对于整车热管理架构技术整体发展而言,该领域始终

以提高热管理效率、降低能耗作为主要目标。2017年及以前的专利布局以简单的结构优化为主,专利申请主要集中在对于整车热管理系统的结构布置优化和液体温控部件的结构优化设计,涉及热管理系统控制方法的专利数量较少。近些年,随着智能化技术的不断发展,专利布局逐渐从单纯的结构优化向热管理系统整体改进的方向发展,在结构改进的基础上,引入了对于热管理系统控制策略的调整,以期实现最佳的热管理性能。

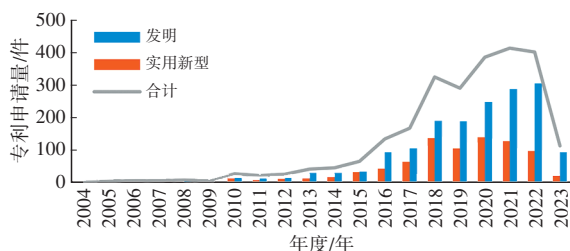


图9 整车热管理架构技术专利申请趋势

对于整车智能热管理系统的结构布置优化,为解决整车智能热管理系统的现有问题,一体化整车智能热管理新框架及策略的构想应运而生,该框架旨在开发一套既能确保乘客舱内热舒适度,又能同时管理好驱动电机、电池和充电系统温度的热管理系统,这对于新能源汽车的高效与安全运作至关重要^[16]。例如,中通客车专利CN116613344A^[17]提出利用水在真空下低沸点和溴化锂溶液在不同温度下吸收和释放水蒸气来实现制冷,循环过程利用燃料电池及驱动电机等发热部件提供的低温热源即可高效实现,通过利用整车废热制冷和高效低温加热,实现了整车集成化、节能化的热管理。吉利汽车专利CN213472754U^[18]将冷凝器与发动机冷却装置并排设置在壳体的下部,电池

散热器与驱动系统冷却装置并排设置在壳体的上部,使得整个冷却模块总成的占用面积小,且不会出现挤压重叠导致冷却模块总成的冷却效果差,提升整个冷却模块总成的冷却效果。

对于热管理系统的控制方法,纯电动汽车的综合智能热管理系统需要配备能够调节乘客舱和电池组温度的加热和制冷功能,同时需要利用电机产生的废热并具备去除车厢湿气的能力^[19]。此外,整车热管理控制系统还需确保各种功能模式之间的顺畅切换以及各零部件的正常运行。例如,清华大学专利CN116203839A^[20]通过数据尺度规范化与向量级联与能量与热管理集成控制系统的神经网络参数更新建立能量与热管理集成控制的神经网络模型,生成热管理系统和能量管理系统的控制信号,将控制信号分别传送到热管理系统部件和能量管理系统部件进行动作执行,解决了现有车辆的制热管理和能力管理难以协同优化导致能量损失大的问题。长城汽车专利CN112158047A^[21]实现了对整车热管理系统中的多条换热回路的协调控制,以防止整车热管理系统出现错误的控制方式与切换方式,进而提升整车热管理系统运行的安全性。

对于液体温控部件的优化设计,专利技术主要对热交换器、流体控制组件、蒸发器、压缩机、水路部件等关键液体温控部件进行优化设计,以尽可能小的能量间接地满足客户对整车系统各方面的直接需求,从而实现整车智能热管理系统的结构布置优化,以达到集成化、节能化的技术效果。例如,国轩高科专利CN116130831A^[22]在传统的模组侧板结构的基础上,将模组侧板设计成带有液冷流道的液冷侧板,

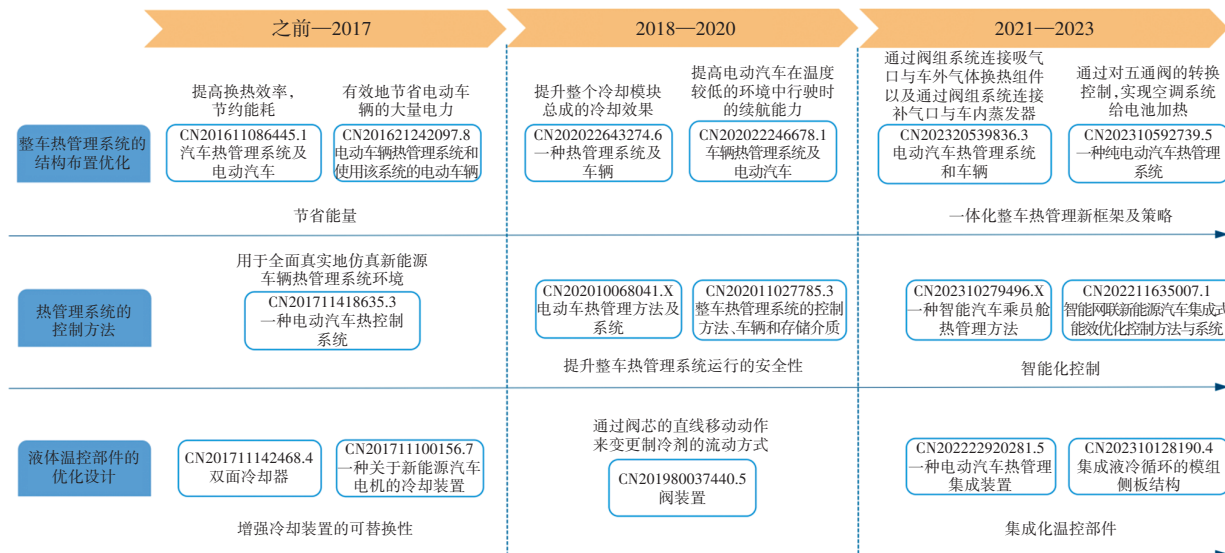


图10 整车热管理架构专利技术路线

并且2块液冷侧板内的液冷流道通过管道相连通从而形成循环液冷流道系统,能更加高效地控制电芯的温度,增加电芯的使用寿命和运作的稳定性。丰田专利CN108091618A^[23]在分割流路配置有将其内部空间区划为第一空间和第二空间的第二中板,在第二中板设置有从第二空间向第一冷却板喷出制冷剂的第二喷嘴,第一中板和第二中板在流路宽度方向上排列,能够实现制冷剂温度的均匀化。

4 结束语

随着新能源汽车行业不断发展,新能源整车智能热管理技术将进入一个加速提升的新阶段。在专利申请层面,整车智能热管理系统的结构布置优化是目前专利布局最多的技术领域;在提高能量利用率和节约能量的基础上,推动热管理系统的集成化和智能化研究,将是今后电动汽车的研究热点。当前,国内专注于热管理解决方案的新兴企业正展现出强劲的发展势头。在新能源整车热管理市场中,主要参与者可以划分为2大阵营:一方是电装、法雷奥这样的国际大公司,它们将传统汽车热管理业务扩展到新能源汽车领域;另一方则是随着电动汽车行业的快速发展而进行业务升级的零部件供应商,它们正抓住行业转型的机遇,比如三花智控和银轮股份等^[24]。新能源整车热管理行业的生产商正积极通过技术革新和伙伴关系的建立,努力增强新能源汽车的性能,同时对全球新能源汽车行业的可持续增长做出了显著的贡献。整体来看,整车智能热管理技术正迎来新的浪潮,其中产品的更新换代速度迅猛,热泵空调和液冷技术将成为主流技术。此外,热管理集成化、电池的直接冷却与加热、以及智能温度控制等技术点,成为了专利申请和战略部署的焦点。随着这些技术的持续演进,未来的智能热管理系统将趋向更高的精度和效率,从而进一步加速新能源汽车产业的发展。

参考文献

- [1] 王从飞,曹锋,李明佳,等.碳中和背景下新能源汽车热管理系统研究现状及发展趋势[J].科学通报,2021,66(32):4112-4128.
- [2] 詹振飞,毛青,孙博文.汽车热管理系统的未来之路[C]//重庆汽车工程学会.重庆汽车工程学会2023年论文汇编,2024:4.
- [3] 汪前元,张全红.汽车大考—《新能源汽车生产准入规则》对我国汽车行业发展的影响及应对策略[J].中国外资,2008(1):12-14.
- [4] 陈永红,何林键.新能源汽车动力电池热管理技术浅析[J].时代汽车,2023(19):76-78.
- [5] 马浩然,李佳辉,毕壹.新能源汽车热管理研究综述[J].汽车实用技术,2023,48(8):1-9.
- [6] 丛昊天,秦妍,陈聪,等.电动汽车动力电池热管理系统设计[J].制冷与空调,2024,24(6):34-42.
- [7] 孔鹏,郑登磊,文浩懿,等.电动汽车热泵空调系统控制方法、装置、设备及存储介质:CN116353287A[P].2023-04-13.
- [8] 薛志强,黄荣,袁文静.电池包和车辆:CN219286504U[P].2022-08-23.
- [9] 郝刘丹,尹欣欣,范浩.电动汽车电机控制器IGBT温度控制装置和策略[J].汽车电器,2022(10):12-15.
- [10] 王晓远,梁慧静,李娜.带有定转子一体化通风冷却结构的电动汽车永磁电机:CN114389405A[P].2021-12-17.
- [11] 林庆刘,黄国坪,吴秋生,等.一种水冷电机的冷却水道:CN217469648U[P].2022-06-24.
- [12] 肖伟,姚腾飞,吕晓荣,等.电动汽车充电系统建模与安全性分析研究[J].自动化与仪器仪表,2024(1):104-107.
- [13] 丹聘,孙继贤,魏名山.一种电动汽车快速充电用液冷线缆:CN219286092U[P].2022-11-08.
- [14] 冯超,陈平,陆中奎,等.纯电动汽车动力电池的低温充电加热系统及加热方法:CN103427137A[P].2013-08-20.
- [15] 张跃明.纯电动汽车整车热管理系统研究[J].汽车测试报告,2023(3):143-145.
- [16] 张振华,李志卫,叶欣晨,等.整车热管理技术研究[J].重型汽车,2023(4):3-5.
- [17] 王钦普,薛守飞,刘雷,等.一种燃料电池汽车集成化热管理系统及控制方法:CN116613344A[P].2023-07-03.
- [18] 孟建华,唐瑞,王洋,等.一种热管理系统及车辆:CN213472754U[P].2020-11-16.
- [19] 吕然.新能源汽车热管理系统能量梯级管理策略研究[D].长春:吉林大学,2023.
- [20] 王志,张昊,雷诺,等.智能网联新能源汽车集成式能效优化控制方法与系统:CN116203839A[P].2022-12-19.
- [21] 魏文菲,李超,孙明,等.整车热管理系统的控制方法、车辆和存储介质:CN112158047A[P].2020-09-25.
- [22] 李军,陈林嵩.集成液冷循环的模组侧板结构:CN116130831A[P].2023-02-17.
- [23] 出口昌孝.双面冷却器:CN108091618A[P/OL].2017-11-17.
- [24] 王小林,陈沛.新能源技术在汽车领域的应用与发展[J].时代汽车,2024(4):135-137.

(责任编辑 明慧)