

新能源汽车锂离子动力电池安全性分析

闫茗薇

天津力神电池股份有限公司 天津 300384

摘要: 文章深入分析新能源汽车锂离子动力电池的安全性,从电池管理系统(BMS)的智能监控、电池健康状态的实时监测、充放电管理策略的优化,到电池材料与结构的创新设计,全面探讨提升电池安全性的关键技术和措施。研究指出,通过综合运用先进监测技术、优化材料性能、完善管理策略等手段,可以有效降低电池安全事故风险,确保新能源汽车的安全稳定运行。

关键词: 新能源汽车;锂离子动力电池;安全性分析

1 锂离子动力电池在新能源汽车中的重要性

锂离子动力电池作为新能源汽车的心脏,其重要性不言而喻。在推动全球汽车行业向绿色、低碳、智能化转型的浪潮中,锂离子动力电池扮演着核心驱动力的角色。第一,锂离子动力电池以其高能量密度、长循环寿命和较宽的工作温度范围,显著提升了新能源汽车的续航能力。相比传统燃油车,新能源汽车的续航里程一直是消费者关注的焦点。而锂离子动力电池技术的不断进步,使得单次充电后的行驶距离大幅增加,有效缓解了用户的里程焦虑,促进了新能源汽车的普及和应用。第二,锂离子动力电池的环保特性符合全球可持续发展的需求,它不含铅、镉等有毒重金属,且在全生命周期中,通过科学的回收处理机制,可以实现资源的循环利用,减少环境污染。这与传统燃油车尾气排放造成的空气污染形成鲜明对比,展现了新能源汽车在环境保护方面的巨大优势^[1]。第三,锂离子动力电池技术的发展还促进了新能源汽车产业链的延伸和升级,从原材料开采、电池制造、整车组装到电池回收再利用,形成了一个庞大的绿色产业链,带动了相关行业的快速发展和就业增长,技术创新和产业升级也推动了新能源汽车性能的不断优化,如加速性能、操控稳定性、智能化水平等方面的提升,为用户提供了更加安全、便捷、舒适的驾乘体验。

2 新能源汽车锂离子动力电池安全性分析

2.1 锂离子动力电池的工作原理和结构特点

锂离子动力电池作为新能源汽车的核心动力源,其工作原理基于锂离子在正负极之间的迁移与嵌入/脱出过程。在充电时,外部电源提供能量,使得正极材料中的锂离子脱嵌,并通过电解液和隔膜的传导,最终嵌入到负极材料中,同时电子通过外部电路从正极流向负极,实现电能的储存。放电时,过程相反,负极中的锂离子脱出,经过电解液和隔膜回到正极,电子则通过外部电

路从负极流向正极,为车辆提供动力。锂离子动力电池的结构特点主要体现在其精细的构造上。它主要由正极、负极、隔膜、电解液以及电池壳体等部分组成。正极通常采用锂的氧化物,如钴酸锂、镍钴锰酸锂等,负极则多为石墨材料。隔膜作为正负极之间的屏障,既要允许锂离子通过,又要防止电子直接传导,避免短路。电解液则是锂离子迁移的介质,通常由有机溶剂和锂盐组成。整个电池结构紧凑,各部件协同工作,确保了电池的高效、稳定运行。

2.2 锂离子动力电池的安全性问题及分析

尽管锂离子动力电池在新能源汽车中发挥着至关重要的作用,但其安全性问题也不容忽视。近年来,新能源汽车在充电、行驶甚至停放过程中发生的电池自燃或起火事件,引发了公众对电池安全性的广泛关注。这些问题不仅可能导致财产损失,更可能危及人身安全,成为制约新能源汽车发展的瓶颈之一。锂离子动力电池的安全性问题主要表现在几个方面:(1)当电池内部温度急剧上升,超过一定阈值时,可能引发电池热失控。这主要是由于电池内部短路、过充、过放或外部热源等因素导致的。热失控会导致电池内部产生大量热量和气体,进而可能引发燃烧或爆炸。(2)电池内部的短路可能是由制造缺陷、材料杂质、使用不当等原因引起的。短路会导致电池内部电流急剧增大,产生大量热量,进而引发热失控。(3)过度充电或放电会导致电池内部化学反应失控,产生大量热量和气体,增加电池热失控的风险,过充还会加速电池老化,缩短电池寿命。

2.3 影响锂离子动力电池安全性的因素

影响锂离子动力电池安全性的因素众多,电池的设计缺陷和制造工艺问题都可能影响其安全性。例如,设计不合理的电池结构、材料选择不当、制造工艺不严格等都可能导致电池内部短路或热失控。电池在使用过程

中可能受到高温、低温、潮湿、振动等外部环境因素的影响。这些因素可能导致电池内部结构受损或化学反应异常，从而引发安全问题。电池的管理和维护水平也直接影响其安全性。例如，电池管理系统的故障或操作不当可能导致电池过充、过放；电池组的均衡性不好也可能导致部分电池单体性能下降，增加热失控的风险。不当使用或滥用电池也是导致安全问题的重要原因。

3 新能源汽车锂离子动力电池安全性提升方案

3.1 电池管理系统（BMS）在安全性中的作用

电池管理系统（BMS）作为新能源汽车锂离子动力电池的“大脑”，在保障电池安全性方面发挥着至关重要的作用。BMS能够精确监测电池的各项关键参数，包括电压、电流、温度以及SOC（剩余电量）等，这些参数是评估电池健康状态和安全性的的重要依据。通过实时监测，BMS能够及时发现电池异常状态，如过充、过放、高温等，为采取相应的安全措施提供数据支持^[2]。BMS通过智能控制算法，对电池的充放电过程进行精细化管理，在充电过程中，BMS会根据电池的实际状态调整充电电流和电压，避免过充现象的发生；在放电过程中，则会根据车辆的动力需求合理分配电量，防止电池过度放电。这种精细化管理不仅延长了电池的使用寿命，还显著提高了电池的安全性。BMS还具备故障诊断和预警功能，当电池系统出现故障或潜在安全隐患时，BMS能够迅速诊断问题所在，并通过车载显示屏或手机APP等方式向驾驶员发出预警信息，提醒其及时采取应对措施。这种主动预警机制有助于减少安全事故的发生，保障驾乘人员的安全。

3.2 电池结构设计及材料选择对安全性的影响

电池结构设计及材料选择是影响锂离子动力电池安全性的关键因素之一。在电池结构设计方面，应注重提高电池包的强度和刚度，以抵御外部冲击和振动。同时，还应优化电池单体之间的布局 and 连接方式，确保电池组在充放电过程中能够均匀散热，避免局部过热现象的发生，还应设置有效的隔热层和防爆阀等安全装置，以在电池热失控时迅速隔离火源并释放内部压力，防止火势蔓延和爆炸事故的发生。在材料选择方面，应优先考虑具有高安全性、高稳定性和长寿命的材料。正极材料应选用热稳定性好、不易分解的物质；负极材料则应具有良好的嵌锂/脱锂性能和循环稳定性；电解液则应选用不易燃、不易挥发的有机溶剂，并添加适量的阻燃剂和过充保护剂以提高电池的安全性，还应注重材料的环保性和可持续性发展，推动新能源汽车产业向绿色、低碳方向转型。

3.3 锂离子动力电池充放电管理策略

合理的充放电管理策略是保障锂离子动力电池安全性的重要手段之一。在充电管理方面，应采用恒流恒压充电法或智能充电算法等先进充电技术，这些技术能够根据电池的实际状态自动调整充电电流和电压，确保电池在充电过程中始终处于安全状态。还应设置充电保护机制，如过流保护、过压保护等，以防止充电过程中发生安全事故。在放电管理方面，应根据车辆的实际动力需求合理分配电量。在车辆行驶过程中，BMS应实时监测电池的SOC值，并根据剩余电量和车辆行驶里程等因素智能调整放电功率和速度，还应设置放电保护机制，如低电量保护、过流保护等，以防止电池过度放电而损坏电池或引发安全事故。还应注重电池的均衡性管理，由于电池单体之间可能存在性能差异，长时间使用后可能导致部分电池单体性能下降而影响整个电池组的安全性。应定期对电池组进行均衡性检测和维护，通过均衡充电或均衡放电等方式使各电池单体之间的性能保持一致，从而提高整个电池组的安全性和可靠性。

4 安全性改进措施与技术发展

4.1 电池管理系统（BMS）的作用与优势

电池管理系统（BMS）作为新能源汽车锂离子动力电池的核心控制单元，其重要性不言而喻。BMS的主要作用体现在几个方面：首先，通过精准的数据采集与分析，BMS能够实时监测电池组的健康状态，及时发现潜在的故障隐患；其次，通过智能控制策略，BMS能够优化电池的充放电过程，防止过充、过放等有害现象的发生，延长电池使用寿命；再者，BMS还具备均衡管理功能，能够调节电池单体之间的性能差异，提高电池组的整体性能；最后，BMS还承担着热管理的重要职责，通过合理的散热与保温措施，确保电池组在适宜的温度范围内工作，避免热失控等安全风险^[3]。BMS的优势在于其高度的集成化、智能化与自适应性，随着技术的不断进步，现代BMS系统已经能够实现多层次的保护与控制，从硬件层面到软件算法，都经过精心设计与优化，以确保电池组在各种工况下都能安全、高效地运行，BMS还具备强大的数据处理与通信能力，能够与其他车载系统无缝对接，实现信息共享与协同控制，进一步提升新能源汽车的整体性能与安全性。

4.2 监测电池健康状况、防止过充过放

为了确保锂离子动力电池的安全运行，对其健康状况进行持续监测并有效防止过充过放是至关重要的。通过集成高精度传感器与先进的数据处理算法，BMS能够实时获取电池的电压、电流、温度等关键参数，并基

于这些参数对电池的健康状况进行评估。一旦发现电池存在过充或过放的迹象，BMS会立即采取相应的保护措施，如调整充电电流、限制放电功率或触发故障报警等，以防止电池受损并降低安全事故的风险。为了进一步提高电池的健康管理水平，一些先进的BMS系统还引入了机器学习与人工智能技术。通过不断学习电池的使用模式与老化规律，这些系统能够更准确地预测电池的剩余寿命与潜在故障点，为车主提供更加精准的维护建议与更换预警。这种智能化的健康管理方式不仅提高电池的安全性，还降低维护成本并延长电池的使用寿命。

4.3 电池材料与结构的优化

电池材料与结构的优化是提升锂离子动力电池安全性的重要途径之一。在材料方面，研究人员致力于开发具有更高热稳定性、更好机械强度以及更低内阻的新型正负极材料与电解液。这些新材料的应用不仅提高了电池的能量密度与循环寿命，还显著增强了电池在高温、过充等极端条件下的安全性能。在结构方面，优化电池单体与模块的设计同样对提升安全性具有重要意义。通过合理设计电池单体的形状、尺寸与内部结构可以提高电池的抗冲击能力与热稳定性；而采用更加坚固的电池包外壳与有效的散热系统则可以进一步降低电池在极端工况下的安全风险，模块化设计也使得电池组的维修与更换变得更加便捷与高效。

4.4 远程监控与故障预警系统

远程监控与故障预警系统是提升新能源汽车锂离子动力电池安全性的重要保障之一。通过集成物联网、云计算与大数据等先进技术这些系统能够实现对车辆电池组的远程实时监控与数据分析。远程监控与故障预警系统的优势在于其能够实现对车辆电池组的全面覆盖与实时跟踪，无论车辆处于何种状态或位置系统都能够准确获取其电池组的实时数据并进行深入分析^[4]。同时借助云计算与大数据技术系统还能够对海量数据进行快速处理与挖掘以发现潜在的安全隐患与故障模式为后续的维

护与改进提供有力支持。此外这些系统还具备高度的可扩展性与灵活性，能够随着新能源汽车技术的不断发展而持续升级和优化。远程监控与故障预警系统通常包括几个关键组成部分：（1）是数据采集模块，它负责从车辆电池组中收集各种关键参数，如电压、电流、温度、SOC等，并将这些数据实时传输至云端服务器；（2）是数据处理与分析模块，该模块利用先进的算法对收集到的数据进行深度挖掘和分析，以识别电池组的健康状态、预测潜在故障，并评估安全风险；（3）是预警与通知模块，一旦系统检测到异常情况或预测到潜在风险，该模块会立即触发预警机制，通过短信、APP推送、电子邮件等多种方式向车主或相关部门发送预警信息，提醒其及时采取措施；（4）是维护与服务模块，该模块为车主提供便捷的电池维护服务，包括故障诊断、维修建议、预约维修等，确保电池组始终处于最佳状态。

结束语

新能源汽车锂离子动力电池的安全性是制约其广泛应用的重要因素之一。通过不断探索和创新，已在电池管理系统、材料选择、结构设计及远程监控等方面取得了显著进展。未来，随着技术的进一步成熟和应用场景的不断拓展，有理由相信，新能源汽车锂离子动力电池的安全性将得到全面提升，为新能源汽车产业的蓬勃发展注入强大动力。

参考文献

- [1]敖翔.以新能源汽车为例探讨燃料电池的研究现状及发展前景[J].现代工业经济和信息化,2018,8(15):50-52.
- [2]马建,刘晓东,陈轶嵩,汪贵平,赵轩,贺伊琳,许世维,张凯,张一西.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(08):1-19.
- [3]赵世佳,徐楠,乔英俊,杨波.加快我国新能源汽车动力电池回收利用的建议[J].中国工程科学,2018,20(01):144-148.
- [4]王毅,李墨男.新能源汽车故障检修技术的探究[J].内燃机与配件,2018,000(018):178-179.