

新能源汽车全铝电池箱结构分析及优化

杨新钢

宁波光合新材料有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 新能源汽车全铝电池箱作为核心部件,其结构设计与优化直接影响车辆性能。本文通过分析全铝电池箱的结构特点,包括材料选择、框架式设计及内部模组安装与散热通道布局,指出了其在轻量化、强度与散热方面的优势。同时提出了结构优化、材料升级、连接工艺改进及热管理策略优化等方向,旨在进一步提升电池箱的综合性能,满足新能源汽车对高效、安全、可靠的需求。

关键词: 新能源汽车;全铝电池箱;优化

1 电池箱在新能源汽车中的重要性

电池箱在新能源汽车中扮演着至关重要的角色。第一,电池箱作为新能源汽车的能量储存单元,直接决定了车辆的续航里程。一个容量大、能量密度高的电池箱,能够储存更多的电能,从而支持车辆行驶更远的距离。这对于新能源汽车的普及和推广来说至关重要,因为续航里程一直是消费者关注的焦点之一。如果电池箱的储能能力不足,那么新能源汽车的实用性将大打折扣。第二,电池箱的性能直接影响到新能源汽车的动力表现,电池箱的输出功率、响应速度以及稳定性等参数,都直接关系到车辆的加速性能、爬坡能力以及行驶过程中的平稳性。一个性能优异的电池箱,能够确保新能源汽车在各种工况下都能表现出色,满足消费者的驾驶需求。第三,电池箱的安全性也是新能源汽车中不可忽视的一环,由于电池组本身具有一定的危险性,如过充、过放、短路等都可能引发安全事故。电池箱的设计必须充分考虑安全因素,采取有效的防护措施来确保电池组的安全运行。一个设计合理、质量可靠的电池箱,能够有效防止电池组发生安全事故,保障乘客和车辆的安全^[1]。第四,电池箱的耐用性和可靠性也是新能源汽车中非常重要的考量因素,由于新能源汽车的使用寿命较长,电池箱作为其核心部件之一,必须具备良好的耐用性和可靠性,才能确保车辆在长期使用过程中始终保持稳定的性能表现。否则,如果电池箱经常出现故障或损坏,将给车主带来极大的不便和损失。

2 新能源汽车电池箱设计要求

2.1 机械强度要求

新能源汽车电池箱作为承载和保护电池组的关键部件,其机械强度要求极为严格。具体来说,电池箱的设计应满足以下机械强度要求:(1)结构稳定性。电池箱结构应与汽车台架紧密吻合,确保在行驶过程中不会产

生明显的振动与位移现象。测试表明,电池箱在承受相当于车辆自重3倍的静态载荷时,变形量应小于5mm,确保具备良好的整体性和稳定性;(2)材料选择。电池箱应采用高强度、轻量化的材料制造,如铝合金(抗拉强度可达400MPa以上)、镁合金等。这些材料不仅具有足够的强度和刚度,还能有效减轻电池箱的重量,提高车辆的能效和续航里程;(3)连接可靠性。电池箱内部的连接件应采用高质量、高强度的材料制造,如不锈钢螺栓(抗拉强度达800MPa),并经过严格的测试和验证。确保连接件在长时间使用过程中不会松动或断裂,保证电池组的电气连接和机械连接的可靠性;(4)疲劳寿命。电池箱应经过疲劳寿命测试,模拟车辆行驶20万公里的各种工况,如加速、减速、转弯、颠簸等,确保电池箱在这些工况下依然能够保持稳定的性能表现,无裂纹或明显变形。

2.2 碰撞安全要求

新能源汽车在行驶过程中可能会遇到各种碰撞事故,因此电池箱的碰撞安全要求也极为重要。电池箱应设计有有效的碰撞防护结构,如防撞梁(可承受50km/h的正面碰撞冲击)、吸能材料等。这些结构能够在碰撞事故中吸收和分散撞击能量,减轻对电池组的冲击和损害。电池箱应采用可靠的固定方式安装在车辆上,如使用高强度螺栓和支架,确保在碰撞事故中不会因惯性力而脱落或移位。电池箱内部的电池组也应采用可靠的固定方式,如使用专用卡扣和泡沫填充物,防止在碰撞过程中发生散落或损坏。电池箱应设计有短路保护装置,如熔断器和断路器,能够在碰撞事故中迅速切断电池组的电路,防止因短路而引发的火灾或爆炸等安全事故。电池箱应设计有有效的电解液防泄漏措施,如使用密封胶圈和防漏阀,确保在碰撞事故中电解液不会泄漏到车辆内部或外部环境中,造成对人员和环境的危害。

2.3 质量与散热要求

电池箱的质量直接影响到车辆的能效和续航里程,而散热性能则直接影响到电池组的性能和寿命。具体来说,电池箱应采用轻量化设计,如使用铝合金材料,以减轻车辆的整备质量,提高能效和续航里程。轻量化设计还有助于降低电池箱的成本和制造成本,相比传统钢制电池箱,重量可减轻30%以上。电池箱应具备良好的散热性能,以确保电池组在长时间高功率放电和充电过程中能够保持适宜的温度范围。这要求电池箱设计有合理的散热结构,如散热片(散热面积可达 0.5m^2)、散热管等,并采用高效的散热材料制造,如铜合金导热系数可达 $400\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。电池箱应配备完善的热管理系统,包括温度传感器(精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$)、控制器和执行器等部件,能够实时监测电池组的温度状态,并根据需要调整散热系统的工作状态,确保电池组温度控制在 $20\sim 40^\circ\text{C}$ 之间。电池箱应具备良好的密封性能,采用IP67级防水密封圈,以防止水分、灰尘等杂质进入电池箱内部对电池组造成损害。密封性能还有助于提高电池箱的防腐蚀能力和使用寿命^[2]。

2.4 其他要求

除了上述机械强度、碰撞安全、质量与散热要求外,新能源汽车电池箱还应满足以下其他要求;第一、绝缘性能:电池箱应具备良好的绝缘性能,绝缘电阻应大于 $1\text{M}\Omega$,以防止电池组与外部电路之间发生短路或漏电等安全事故。绝缘性能要求电池箱内部的电气连接件应采用绝缘材料制造,并经过严格的绝缘测试和验证。第二、电磁兼容性:电池箱应具备良好的电磁兼容性,电磁干扰抑制能力应达到相关标准要求,以防止电池组产生的电磁干扰对车辆的其他电子设备造成影响。电磁兼容性要求电池箱内部的电气连接件应采用屏蔽材料制造,并经过严格的电磁兼容性测试和验证。第三、易于维护和更换:电池箱应设计有易于维护和更换的结构和部件,如采用快速拆卸连接件,以方便维修人员对电池箱进行检修和更换。这要求电池箱内部的连接件和固定件应采用易于拆卸和安装的设计方式,并配备完善的维修工具和说明书等。第四、环境适应性:电池箱应具备良好的环境适应性,能够在 -40°C 至 85°C 的温度范围内正常工作。这要求电池箱采用耐腐蚀、耐高温、耐低温等材料制造,并经过严格的环境适应性测试和验证。

3 新能源汽车全铝电池箱结构分析

3.1 全铝材料特性

新能源汽车全铝电池箱采用铝合金作为主要材料,这得益于铝合金一系列独特的物理和化学特性。首先,

铝合金具有极低的密度,仅为钢的约三分之一,这使得全铝电池箱相比传统钢制电池箱显著减轻了重量。在新能源汽车领域,减轻车重是提升能效和续航里程的关键因素之一。其次,铝合金具有较高的比强度和比刚度,这意味着它能够在保持较轻重量的同时,提供足够的结构强度和刚度,确保电池箱在复杂路况下的稳定性和安全性。另外,铝合金还具有良好的热稳定性和耐腐蚀性,能够有效抵抗电池工作过程中产生的热量和腐蚀性物质,延长电池箱的使用寿命,铝合金还具备良好的导热性,有助于电池组的热管理,提高电池的工作效率。最后,铝合金材料易于加工成型,可采用多种成型工艺如挤压、铸造、锻造等,便于实现电池箱结构的复杂化和轻量化设计。

3.2 电池箱结构设计

全铝电池箱的结构设计充分考虑了新能源汽车的实际应用需求和电池组的安全保护。电池箱整体采用框架式结构,由底板、边框和顶板等部件组成。底板和边框通常采用铝合金挤压型材,通过高精度加工和拼接形成稳定的框架结构。顶板则采用铝合金板材或复合材料,通过螺栓或焊接等方式与底板和边框连接。这种框架式结构不仅具有足够的强度和刚度,还能够有效分散电池组在工作过程中产生的应力和变形,提高电池箱的整体稳定性和安全性^[3]。在电池箱内部,设计了合理的模组安装结构和散热通道。模组安装结构采用标准化的模组支架和固定件,便于电池模组的快速安装和拆卸。散热通道则通过合理布局和优化设计,确保电池组在工作过程中产生的热量能够及时散出,避免电池过热引发的安全事故,电池箱还设计了有效的防水、防尘和防爆结构,以应对各种恶劣的使用环境。

3.3 连接工艺分析

全铝电池箱的连接工艺对于确保电池箱的整体性能和安全性至关重要。在底板、边框和顶板等部件的连接上,通常采用搅拌摩擦焊、MIG焊、TIG焊等多种焊接工艺。搅拌摩擦焊作为一种固态焊接技术,具有焊缝质量好、残余应力低、变形小等优点,特别适用于铝合金材料的连接。MIG焊和TIG焊则具有焊接效率高、焊缝美观等特点,适用于电池箱内部一些复杂结构的连接。除了焊接工艺外,全铝电池箱还采用了拉铆、压铆等机械连接方式。这些连接方式具有操作简单、连接可靠等优点,适用于一些对焊接敏感或难以焊接的部位。机械连接方式还能够避免焊接过程中产生的热应力和变形,提高电池箱的整体性能和使用寿命。在连接件的选择上,全铝电池箱通常采用高强度、耐腐蚀的铝合金材料或不

锈钢材料。这些材料具有足够的强度和刚度,能够承受电池组在工作过程中产生的各种力和力矩。它们还具备良好的耐腐蚀性能,能够抵抗电池工作过程中产生的腐蚀性物质,确保连接件的长期可靠性和安全性。

4 新能源汽车全铝电池箱优化策略

4.1 结构优化

在结构优化方面,新能源汽车全铝电池箱的设计需要更加精细化和智能化。可以采用拓扑优化技术,对电池箱的结构进行轻量化设计。通过模拟和分析电池箱在实际工作过程中的受力情况,去除不必要的材料,保留关键受力部位,从而在保证结构强度的前提下,最大限度地减轻电池箱的重量。电池箱的内部结构也需要进行优化,可以设计更加合理的电池模组安装结构,提高电池模组的安装效率和稳定性。优化散热通道的布局,确保电池组在工作过程中产生的热量能够迅速、均匀地散出,避免局部过热现象的发生。可以考虑在电池箱的结构设计中融入智能化元素。还可以利用智能化技术实现电池箱的自动化生产和装配,提高生产效率和质量控制水平。

4.2 材料优化

随着材料科学的不断发展,新型铝合金材料不断涌现,具有更高的比强度、比刚度和耐腐蚀性,能够满足电池箱对材料性能的更高要求。同时还可以考虑采用复合材料与铝合金的混合结构,复合材料具有重量轻、强度高、耐腐蚀性好等优点,可以与铝合金形成优势互补,进一步提高电池箱的综合性能。还需要对铝合金材料进行表面处理技术的研究和应用。通过表面处理技术,可以提高铝合金材料的耐腐蚀性和耐磨性,延长电池箱的使用寿命。

4.3 连接工艺优化

在连接工艺优化方面,新能源汽车全铝电池箱需要采用更加先进、可靠的连接技术。首先,可以进一步优化搅拌摩擦焊、MIG焊、TIG焊等焊接工艺的参数和流程,提高焊接质量和效率。还可以探索新的焊接技术和方法,如激光焊、超声波焊等,以满足电池箱对连接性能的更高要求。其次,需要加强对机械连接技术的研究和应用,机械连接具有操作简单、连接可靠等优点,适用于一些对焊接敏感或难以焊接的部位。可以通过优化

拉铆、压铆等机械连接方式的工艺参数和结构设计,提高连接件的强度和稳定性^[4]。另外,还需要对连接件的材料和表面处理进行研究和优化。选用高强度、耐腐蚀的连接件材料,可以提高连接件的可靠性和使用寿命。同时对连接件进行表面处理,如镀锌、镀镍等,可以提高连接件的抗腐蚀性和耐磨性。

4.4 热管理策略优化

在热管理策略优化方面,新能源汽车全铝电池箱需要采用更加高效、智能的热管理系统,可以优化电池箱的散热结构设计,提高散热效率和均匀性。要加强对电池组温度监测和控制的研究和应用,通过安装温度传感器和控制系统,实时监测电池组的温度状态,并根据需要调整散热系统的工作状态。还可以利用智能化技术实现电池组温度的自动调节和控制,提高热管理的智能化水平。还可以考虑采用相变材料、液冷技术等先进的热管理技术和方法,相变材料具有储热和放热的特性,可以在电池组温度过高时吸收热量,降低电池组的温度;在电池组温度过低时释放热量,提高电池组的温度。液冷技术则通过循环冷却液来带走电池组产生的热量,实现高效散热。这些先进技术和方法的应用可以进一步提高全铝电池箱的热管理性能。

结束语

通过对新能源汽车全铝电池箱的结构分析及优化策略探讨,认识到,持续的技术创新与优化是提升电池箱性能的关键。未来,将继续深入研究全铝电池箱的设计原理与制造工艺,不断探索新的优化方向,为新能源汽车产业的发展贡献更多力量。期待通过我们的努力,推动新能源汽车行业迈向更加辉煌的未来。

参考文献

- [1] 王晓娟.中国新能源汽车的发展现状及未来展望[J].时代汽车, 2022, (4): 87-88.
- [2] 朱佳俊,张恒运,徐康迪,等.基于液冷电池模组的结构优化与热蔓延抑制[J].储能科学与技术, 2022, 11(8): 2575-2583.
- [3] 黎元江.新能源汽车电池检测及维护技术探索[J].汽车测试报告, 2022(9):80-82.
- [4] 梁海明,林明松.新能源汽车电池检测与维护技术探讨[J].西部交通科技,2020(09):166-168.