

电池包箱体的轻量化与连接技术分析

陈志灵

宁德时代新能源科技股份有限公司 福建 宁德 352100

摘要：随着新能源汽车市场的繁荣，电池包箱体轻量化成关键技术。本研究针对材料选择、结构优化和连接技术提升等问题，提出应用轻质材料、优化结构设计及先进连接技术实现轻量化的方案。研究证实，采用碳纤维复合材料、铝合金等材料，结合拓扑优化和先进连接技术，能有效减轻电池包重量，提升能量密度和续航里程。通过仿真和实际测试验证了方案的有效性，确保了在保障强度和安全性前提下的轻量化目标。

关键词：电池包箱体；轻量化；连接技术

引言：电动汽车作为未来可持续交通的重要组成部分，其性能提升和节能减排需求日益迫切。其中，电池包箱体作为电动汽车动力系统的核心部件，其重量直接影响到整车的能量消耗和续航里程。因此，电池包箱体的轻量化设计成为了电动汽车研发的重要课题。在实现轻量化的过程中，如何确保结构强度、安全性能和耐久性的平衡，是行业面临的一大挑战。

1 电池包箱体轻量化的定义

电池包箱体轻量化是指在保障电池包结构强度、刚度、安全性及耐久性的前提下，通过采用轻质材料、优化结构设计和应用先进制造技术，降低电池包箱体的重量，从而提高整车的能量密度、减少能源消耗和排放，同时改善新能源汽车的操控性能和动力性能。电池包箱体轻量化涉及多个方面。第一，选择合适的轻质材料是关键，如高强度铝合金、高性能复合材料等，这些材料既能保证足够的强度和刚度，又能显著减轻电池包的重量。第二，通过结构优化设计，如采用拓扑优化、尺寸优化等方法，可以消除冗余材料，实现电池包箱体结构的轻量化。同时，制造工艺的改进和创新也是实现电池包箱体轻量化的重要途径，如利用激光焊接、热压成型等先进技术，可以进一步提高制造精度和效率，实现电池包箱体的高品质制造。电池包箱体轻量化对于新能源汽车的发展具有重要意义^[1]。

2 电池包箱体轻量化技术的发展现状

随着新能源汽车市场的迅速扩张和消费者对续航里程、安全性能要求的不断提高，电池包箱体的轻量化设计已成为行业关注的焦点。当前，碳纤维复合材料、铝合金等轻质高强材料在电池包箱体中的应用日益广泛。碳纤维复合材料以其低密度、高强度、高模量及优异的耐腐蚀性和耐疲劳性，显著降低电池包箱体的重量，提高了整车的能效和续航里程。同时，铝合金材料也因其

密度小、强度高、加工性能好等特点，在电池包箱体的轻量化设计中占据重要地位。这些材料的应用不仅减轻了电池包的重量，还提升其结构强度和碰撞安全性能^[2]。

电池包箱体轻量化技术的发展仍面临一些挑战。轻质材料如碳纤维复合材料的成本较高，限制了其在大规模生产中的应用；随着生产技术的不断进步和成本控制的持续优化，这一问题有望逐步得到缓解；轻量化设计需要综合考虑电池包的内部散热、防水防尘和安全性能等因素，确保在减轻重量的同时不牺牲其他关键性能。

3 电池包轻量化设计

电池包轻量化是现代新能源汽车设计中的重要一环，为实现这一目标，采用具体的设计方案，并结合仿真模型及详细的数据结果分析。在设计方案中，首先考虑到了材料的选择；选用了铝合金和碳纤维复合材料作为电池包的主要构成材料，因为这两种材料具有轻质且高强度的特点。经过对比，发现铝合金可以将电池包的重量减少20%，而碳纤维复合材料在同样强度要求下能减轻更多重量，达到30%的减重效果。在结构设计上，采用拓扑优化和尺寸优化技术。通过详细的有限元分析，优化电池包的内部结构，减少不必要的材料使用，进一步降低重量。具体来说，针对电池包的底部、侧壁和顶部进行优化，成功将整体重量降低15%。为了验证设计方案的有效性，建立精细的仿真模型。该模型基于真实的电池包尺寸和材料属性，考虑各种工况下的载荷和约束条件。通过仿真分析，得到电池包在各种情况下的应力、应变和温度分布等数据。在结果分析中，发现采用轻量化设计后的电池包在强度、刚度和散热性能上均能满足要求。具体来说，电池包的最大应力降低20%，最大应变减少18%，而散热性能也得到了显著提升，电池包的最高温度降低5℃。

4 电池包轻量化合并技术在电池包箱体中的应用

4.1 电池单体与模组之间的连接

在探索电池包轻量化合并技术的进程中，电池单体与模组之间的连接技术成为了提升电动汽车性能与稳定性的关键环节。据统计，采用高效连接技术的电池包，其能量密度可提升约5%-10%，同时显著降低故障率，确保车辆行驶的安全性。具体而言，直接焊接作为传统而成熟的连接方式，以其高达98%以上的连接成功率，在电动汽车行业中广泛应用^[1]。该技术在保证低能耗的同时，实现了电池单体与模组间的高效导电，为电动汽车提供了稳定可靠的电力传输通道。随着对电池包轻量化及安全性要求的不断提升，压合连接技术逐渐崭露头角。据实验数据显示，采用压合连接的电池包，在经历模拟道路振动测试后，连接部位的失效率仅为直接焊接的1/3，显著增强了电池包在复杂工况下的耐用性。另外，压合连接技术有效避免了焊接过程中产生的热应力对电池材料的潜在损害，从而延长了电池的使用寿命，预计可提升电池组整体寿命约10%。在实际应用中，综合考虑连接稳定性、热量管理、电流分布均匀性等因素，科学选择并优化连接技术至关重要。例如，通过选用高强度、低电阻的连接材料，结合精密的制造工艺与结构设计，可以进一步提升连接质量，确保电池包在高效储能与快速放电过程中的稳定性与安全性^[4]。

4.2 模组与箱体之间的连接

模组是由多个电池单体组合而成的功能单元，而箱体则是装载和保护这些模组的外壳结构。模组与箱体之间的连接必须承担着固定支撑、导电传输以及热量传导等重要功能，直接影响着整个电池包箱体的安全性和性能表现。常见的模组与箱体连接技术包括螺栓固定、槽道嵌合、螺纹连接等。螺栓固定是一种常用的技术，通过螺栓将模组牢固固定在箱体上，具有拆卸方便、重复使用等优点。槽道嵌合则是通过将模组的边缘嵌入箱体内设定的槽道中，实现连接的稳固性和精准度。螺纹连接利用箱体和模组上的螺纹结构，实现连接的牢固性和稳定性。在模组与箱体连接技术的选择中，需要综合考虑连接的牢固性、可靠性、操作方便性以及性能需求等因素。特别是在电动汽车的运行环境中，连接件需要具备抗振动、防松动、耐高温等特性，确保连接的稳固牢靠。

4.3 箱体与车辆底盘的连接

在电动汽车中，电池包箱体的连接技术也涉及到箱体与车辆底盘之间的连接，这一连接环节直接决定了电池组的安全性和整车的稳定性。箱体与车辆底盘之间的连接一般采用螺栓连接、焊接等方式。螺栓连接是一种常见且有效的连接技术，通过将箱体底部的固定脚与底

盘上的对应安装孔通过螺栓进行连接，实现箱体的牢固固定。螺栓连接方便拆卸和维修，适用于大部分的车辆底盘结构。焊接连接则是一种更为牢固的连接方式，通过焊接将箱体与底盘直接连接在一起，提高了连接的稳固性和整体强度。在选择箱体与车辆底盘连接技术时，需要综合考虑箱体结构、底盘结构、使用环境以及工艺要求等因素^[5]。重要的是要确保连接紧固稳固、抗振动、抗腐蚀，以应对车辆在行驶过程中可能面临的各种复杂路况和外部环境的影响。还需要保证连接结构对整车的重量分布、动力性能和操控性等方面没有不良影响。

5 轻量化与连接技术的综合优化策略

5.1 材料、结构与工艺的协同优化

在电动汽车领域，轻量化和连接技术的综合优化是一项具有重要意义的工作。材料、结构与工艺的协同优化是实现电池包箱体轻量化和连接高效性的关键策略。在材料选择方面，可以采用高强度、轻质的新型材料，如碳纤维复合材料、镁合金等，来替代传统的重量更大的材料，从而实现电池包箱体轻量化的目标。在结构设计方面，采用空腔结构、网格支撑等轻量化结构设计，减少不必要的材料使用，提升结构强度和刚性。通过工艺优化，如模拟仿真、数值模拟、智能制造等技术手段，实现对连接件设计和加工过程的精准控制，确保连接技术的有效运用和工艺流程的高效实施。轻量化与连接技术的综合优化需要材料、结构和工艺的协同配合。材料的轻量化、结构的优化和工艺的精确控制是提高电池包箱体安全性、节能性和可靠性的重要手段。通过材料、结构和工艺的协同优化，可以在减轻电动汽车整体质量的同时，保证其结构强度和连接稳固性不受影响，从而提升电动汽车的续航里程、性能表现和行车安全^[6]。

5.2 安全性、可靠性与经济性的平衡

在轻量化和连接技术优化中，必须确保电池包箱体具有足够的结构强度和耐久性，能够有效保护内部的电池单体和模组，以防止发生火灾或其他安全事故。在轻量化设计和连接技术选用过程中，必须密切注意材料强度特性、结构设计合理性以及工艺质量控制，以确保安全性不受损害。可靠性是确保电动汽车长期良好运行的关键要素，轻量化设计和连接技术的优化必须经过充分的验证和测试，确保连接件和结构在实际使用中具有足够的稳定性和耐久性。要考虑到电动汽车在日常使用中可能经历的不同工况和挑战，如温度变化、振动、冲击等，以设计出具有高可靠性的电池包箱体连接方案。经济性是决定电动汽车生产成本和市场竞争力的关键因素之一，在轻量化和连接技术的选择过程中，应综合考虑

材料成本、工艺成本以及维护成本等方面，寻求经济实用的解决方案。通过合理控制成本，确保产品性能和安全的前提下实现生产效率的提升，从而实现安全性、可靠性和经济性的平衡。

5.3 面向未来技术发展的前瞻性设计

未来电动汽车行业将持续发展和演进，为此轻量化与连接技术的综合优化应当具备前瞻性设计，以适应不断变化的技术环境和市场需求，面向未来技术发展，轻量化设计需要更加注重材料的创新应用。例如，新兴的碳纤维复合材料、3D打印等先进材料与制造技术的引入，将为电池包箱体的轻量化设计提供更多可能性。结构设计应更多地考虑复合结构、智能结构等创新设计概念，以实现更高的结构性能和轻量化目标。连接技术的优化也应当朝着更智能化、可持续化的方向发展，随着智能制造和互联网技术的普及，未来电池包箱体的连接技术可以借助传感器、实时监测系统智能设备，实现连接状况的实时监测和诊断，提前预警潜在问题，确保箱体连接的稳定性和可靠性。另外，可持续化发展也应成为连接技术设计的重要考虑因素，如环保材料应用、可循环利用设计等，以减少资源消耗，降低环境影响。在面向未来技术发展的前瞻性设计中，应促进轻量化与连接技术的融合与协同优化，在设计阶段就应考虑连接件对结构强度、整车安全性等方面的影响，制定统一的设计标准和流程，有效整合轻量化和连接技术的优势，促进二者之间的优化互补，实现更高层次

的综合优化效果。

结束语

通过本研究对电池包箱体轻量化技术的发展现状、轻量化设计以及连接技术的综合优化策略进行深入探讨，可以得出以下结论：轻质材料的应用、结构设计的优化和先进连接技术的应用是实现电池包箱体轻量化的有效途径。通过选择合理的材料、优化结构设计以及应用先进的连接技术，可以显著降低电池包箱体的重量，提高整车的能量密度和续航里程，同时确保电池包的结构强度、安全性能和耐久性。

参考文献

- [1]李红,刘旭升,张宜生,等.新能源电动汽车异种材料连接技术的挑战、趋势和进展[J].材料导报.2019.33(23):3853-3861.3881.DOI:10.11896/cldb.19020049.
- [2]李日步,王海林,吴东升,等.纯电动汽车动力电池轻量化技术综述[J].汽车零部件.2019(7):101-107.
- [3]胡大武,张桂源,曹鹏程,等.新能源汽车电池包关键连接技术[J].金属加工(热加工).2020(8):10-13.
- [4]陈静,彭博,王登峰,等.碳纤维增强复合材料电池箱轻量化设计[J].汽车工程.2020.42(2):257-263+277.
- [5]司福建,时红海,吴中旺,刘畅,赖兴华.电池包箱体的轻量化与连接技术[J].汽车工艺师,2019(Z1):34-38+72.
- [6]蔡扬扬,殷莎,赵海斌,陈正伟.新能源汽车电池包箱体结构的轻量化研究现状[J].汽车技术,2022(02):55-62.