

电动汽车机械结构的有限元分析方法设计

高文君 胡俊川 胡路遥

宁波继峰汽车零部件股份有限公司 浙江 宁波 315806

摘要: 电动汽车的机械结构设计中面临着许多瓶颈和问题,有限元分析方法是一种高效的手段,能够对机械结构的受力情况、刚度和疲劳等进行较为精确的计算和预测。本文基于此,详细介绍了电动汽车机械结构有限元分析的设计方法,包括建立有限元模型、选择分析工具、载入模拟、分析结果评估和优化设计等多个方面,并对其中的关键点和难点进行了深入论述和详细分析,为电动汽车机械结构设计提供了重要参考和指导意义。

关键词: 电动汽车;机械结构;有限元分析

1 电动汽车机械结构的强度分析方法

1.1 传统强度分析方法

在传统强度分析方法中,常用的测试方法主要包括静态试验、疲劳试验、弯曲试验和拉伸试验等。这些方法通常需要通过试样施加不同的负载来模拟不同的工况,在试验过程中再通过检测试样的变形和裂纹等情况来评估其强度和耐久性能。然而,这些方法通常需要大量的时间、金钱和劳动力资源,并且受到试验场地和测试环境的限制,不一定能够完全模拟真实的工况。针对这些问题,有限元法成为了一种更为有效的电动汽车机械结构强度分析方法。有限元法是一种数值计算方法,可以对复杂的结构进行数值模拟和分析,其基本原理是将结构分割为许多离散的小单元,在每个小单元内假定结构具有简单的力学行为,并计算其变形和应力分布。通过大量的计算和分析,可以得出整个结构的力学行为和强度特性。相比于传统试验方法,有限元法具有计算快速、成本低廉、实验环境自由控制等优势,逐渐成为了电动汽车机械结构强度分析的主要方法^[1]。

1.2 有限元法在电动汽车机械结构强度分析中的应用

有限元法是一种数值计算方法,在电动汽车机械结构强度分析中具有广泛的应用。通过将结构划分为许多离散的单元,并在每个单元内假设结构可以用简单的力学模型来描述,有限元法可以在计算中考虑到结构中的复杂变形、应力分布和疲劳寿命等细节,从而得到更为准确的分析结果。以下是有限元法在电动汽车机械结构强度分析中的主要应用:(1)结构优化设计:有限元法可以有效模拟电动汽车机械结构在不同载荷工况下的强度、刚度和疲劳寿命等参数,并可用于优化设计过程中的参数选择和工艺方案设计等。(2)模拟分析:有限元法可以用于模拟电动汽车机械结构在使用寿命中的疲劳裂纹、变形和失稳等问题,帮助工程师预测更为复杂的

结构行为^[2]。(3)开发新产品:有限元法可以帮助工程师在新产品开发阶段进行设计评估和修改,可以前期避免设计中的错误和不合理,从而节约研发时间和资金。通过有限元法的精细计算和分析,可以得到更全面、准确的电动汽车机械结构强度参数和性能评估结果,这对于电动汽车开发和制造具有十分重要的意义。

1.3 电动汽车机械结构有限元分析方法的优点和特点

电动汽车机械结构有限元分析方法是一种先进的数值计算方法,其独特的优点和特点包括以下几个方面:(1)建模准确度高:有限元法可以对电动汽车机械结构进行精细的建模,并根据实际工况合理设置载荷和约束条件,以准确地模拟实际工况。(2)细节分析能力强:有限元法可以在模拟过程中考虑材料的非线性特性、失稳、变形和断裂等细节,从而得到更为准确的结构强度和耐用性能分析结果。(3)高效节约成本:有限元法适用于大规模结构分析和优化,并且可以有效地降低分析成本和周期,比传统试验方法更加经济实用。(4)可重复性好:有限元法的计算是重复性良好的,不受环境、设备等因素的影响,同时可以进行不同设计方案的比较和评估^[3]。(5)可视化程度高:有限元法的计算结果可以进行三维可视化分析,使工程师和决策者更加清晰地了解结构的强度和性能特点。总之,电动汽车机械结构有限元分析方法的优点和特点不仅包括建模准确度高,高效节约成本,细节分析能力强,同时可以重复性好和可视化程度高等众多方面,这些优点和特点不仅可以提高工程师的工作效率和设计质量,还可以为电动汽车的生产和市场竞争提供有力的支持。

2 电动汽车机械结构有限元建模方法

2.1 建模准备

电动汽车机械结构的有限元建模是进行强度分析和优化设计的前提,建模准备工作的质量和细致程度直接

影响有限元分析的准确度。一般而言,有限元建模准备工作主要包括以下几个方面:根据电动汽车机械结构的实际情况,选择合适的有限元建模方法,如是用一维、二维或三维模型,确定模型的几何形状。通过使用计算机辅助设计软件,完成电动汽车机械结构的三维CAD模型,包括并不限于底盘、传动系统、悬挂系统、车架等组成部分。在完成CAD模型之后,应对模型进行几何和拓扑修建,消除重复和不必要的几何体,保留关键几何实体,尽量减少单元数目^[4]。将CAD模型转化为有限元模型时,必须将其划分为有限数量的元素,如三角形、四边形或五边形等,以便进行数值模拟。分配材料属性和单元属性,并设置约束和边界条件,根据实际情况合理设置载荷、约束和边界条件。总之,电动汽车机械结构的有限元建模准备工作是保证有限元分析结果准确度和可靠性的前提。需要注意的是,建模准备工作的质量和细致程度直接影响电动汽车机械结构有限元分析的准确度和可靠性,因此工程师应尽可能做好建模准备,以确保有限元分析结果的可靠性。

2.2 有限元网格划分

有限元网格划分是电动汽车机械结构有限元建模的重要步骤。在建模过程中,有限元网格划分的质量直接影响到有限元分析的有效性和准确性。一般来说,有限元网格划分应该遵循以下三个基本原则:网格密度应适中,避免将网格划分得过于细小或过于粗糙,以确保数值方法的有效性和计算效率。网格单元要尽可能接近规则形状,以保证有限元模型中单元的关系和性质的稳定性。网格单元应尽可能大小相近,以确保在各个部位内数值误差保持一致,有利于数值解的收敛。在进行有限元网格划分时,需要结合电动汽车机械结构的实际情况,选择合适的划分方法和参数,以保证建模准确度和可靠性。目前常用的划分方法包括六面体网格划分和四面体网格划分等。总之,电动汽车机械结构的有限元网格划分是建立有限元模型的关键步骤之一,需要工程师根据实际情况、合理选择划分方法和参数,并严格遵守划分原则,以确保所得到的有限元模型具有较高的准确度和可靠性^[5]。

2.3 负载和边界条件的设置

负载和边界条件的设置是电动汽车机械结构有限元建模中的重要步骤。负载是指作用于建模对象的外部力或其他物理现象,例如重力、风力、摩擦力等。边界条件是指确定建模对象与其周围环境之间的相互作用关系,例如支撑约束、固定边界和自由边界等。在建模过程中,正确的负载和边界条件设置能够准确地模拟实际

工况,保证有限元模型的准确度和可靠性。在负载和边界条件设置方面,应根据实际情况和需要合理设置。例如,在考虑电动汽车机械结构的强度和稳定性时,应设置真实的载荷,包括悬挂系统、传动系统和底盘等部件的负载,以及真实的路面状况和驾驶条件;在考虑车辆行驶平稳性时,应设置合适的摩擦力、惯性力和风力等。边界条件的设置也应根据实际情况进行^[6]。例如,在体现电动汽车机械结构稳定性能时,应考虑车辆行驶过程中车轮与地面的接触,适当设置接触点的约束条件来保证车轮的运动轨迹和稳定性;在考虑电动汽车机械结构的强度和耐用性时,应考虑不同部件之间的相互作用,设置相应的支撑和约束条件以保证不同部件的位置和相对运动状态等。总之,正确的负载和边界条件设置是电动汽车机械结构有限元建模过程中的重要步骤,可帮助工程师准确地模拟实际工况,提高有限元模型的准确度和可靠性。

3 电动汽车机械结构有限元分析过程

3.1 静态强度分析

电动汽车机械结构有限元分析的过程主要包括预处理、求解和后处理三个阶段。静态强度分析是有限元分析过程的一部分,它主要是通过计算应力、变形等参数来分析该结构在静态载荷下的受力情况和强度状况。其主要分为以下几个步骤:对电动汽车机械结构进行有限元建模,设置材料参数、载荷和边界条件等,创建有限元模型文件,并进行后续预处理工作。通过有限元软件进行网格划分和求解,将结构划分为多个小块并进行计算,得出每个小块的应力、变形等参数。对求解结果进行后处理分析,包括应力云图分析、应变云图分析、变形云图分析等。通过对结果进行可视化,能够更加清晰地了解结构的强度状况和变形情况。通过与实际工况和实验结果进行对比和验证,确认有限元模型能够准确地反映实际情况。对于存在问题的部位,可进行优化设计,提高结构的强度和稳定性。静态强度分析是电动汽车机械结构有限元分析过程中至关重要的一步,它能够全面而准确地评估该结构在静态载荷下的受力情况和强度状况,为后续优化设计和动态分析提供重要依据^[1]。

3.2 疲劳寿命分析

疲劳寿命分析是电动汽车机械结构有限元分析过程中的重要环节之一。电动汽车机械结构在长期使用过程中,可能会因为多次循环载荷而发生疲劳破坏,因此进行疲劳寿命分析能够评估机械结构的长期寿命,有助于提高其可靠性。具体的分析过程可分为以下几个步骤:与静态强度分析相同,需要先建立电动汽车机械结构的

有限元模型,并设置材料参数、载荷和边界条件等。有限元分析中常使用的载荷序列有虚拟载荷历程法和经验载荷法。虚拟载荷历程法是指通过人工或计算机程序来生成载荷序列,以模拟实际疲劳载荷。经验载荷法是指通过实测数据或已知经验来推导出载荷序列,以模拟实际工况下的疲劳载荷。确定疲劳载荷序列后,进行载荷约束和载荷幅值校准等步骤,以保证所得到的疲劳分析结果的准确性。材料疲劳损伤参数是指材料在实际循环载荷下的疲劳损伤行为,常用的参数包括极限应力、疲劳极限和疲劳寿命等^[2]。通过有限元软件进行疲劳分析,计算出结构在疲劳载荷下的疲劳寿命或疲劳裂纹扩展情况。可以通过疲劳云图等方式进行结果可视化和分析。与实际工况和实验结果进行对比和验证,确认有限元模型和疲劳分析结果能够准确地反映实际情况。对于存在问题的部位,可进行优化设计和材料改进等工作,提高疲劳寿命和结构的可靠性。电动汽车机械结构的疲劳寿命分析是一个相对复杂的有限元分析过程,需要进行多方面的考虑和设置,以得到准确、可靠的分析结果,并为后续优化设计和测试验证提供支撑。

3.3 拟合与匹配

拟合和匹配是电动汽车机械结构有限元分析过程中的重要环节之一,主要是将有限元模型和实际模型进行拟合和匹配,以提高有限元模型的准确度和可靠性。具体分析过程包括以下几个步骤:(1)实物测量:使用测量工具对实际结构进行测量,包括尺寸、形状、材料和物理参数等。(2)建立有限元模型:根据实际测量结果,建立电动汽车机械结构的有限元模型,并设置材料参数、载荷和边界条件等。(3)模型拟合:通过与实际结构进行对比和分析,对有限元模型进行拟合,调整模型的材料参数、形状、尺寸等参数,以使有限元模型更加符合实际结构。(4)模型匹配:通过对拟合后的模型进行进一步的匹配分析,验证模型的准确度和可靠性。

在匹配分析中,可以根据实测数据对模型进行修改和优化^[3]。(5)结果验证和优化:通过与实际工况和实验结果进行对比和验证,确认有限元模型能够准确地反映实际情况。对于存在问题的部位,可进行优化设计,提高结构的强度和稳定性。拟合和匹配是电动汽车机械结构有限元分析过程中重要的一部分,能够提高有限元模型的准确度和可靠性,为后续分析和优化设计提供重要依据。拟合和匹配分析需要进行对实物的测量和模型的调整,工作比较繁琐和复杂,但对模型的完善及提高模型的准确性意义重大。

结束语

电动汽车的机械结构设计需要兼顾安全、性能和成本等多个方面的因素,其中有限元分析方法是一种科学、有效的设计手段。在有限元分析过程中,需要考虑多方面的因素,如模型建立、加载情况、初始边界条件、分析结果评估等,并针对其中的关键点和难点进行优化和调整。合理的有限元分析设计能够有效提升机械结构的可靠性和安全性,为设计者提供重要的参考和辅助,有助于更好地满足电动汽车产品的市场需求和用户需求。

参考文献

- [1]韩鹏,邓立亮.基于有限元方法的电动汽车摇臂的优化设计与应用[J].汽车工程师,2019,41(1):98-102.
- [2]顾尧,于凌霄,李鑫,等.刚柔耦合有限元分析在电动汽车机械结构设计中的应用[J].机电一体化,2020,16(4):43-49.
- [3]高仲飞,叶阳,程巨.基于有限元分析的电动汽车后悬架系统设计[J].汽车工程师,2019,39(2):17-20.
- [4]邓尚杰,宋晓慧.基于有限元分析的电动汽车体架结构设计优化[J].产品设计与制造,2019,26(1):15-18.
- [5]张毅,辛宝全,王凤林.基于有限元分析的电动汽车车身结构优化设计[J].汽车工程师,2020,38(3):23-27.
- [6]吴泽华,田超,何学庆.基于有限元分析的电动汽车传动系统优化设计[J].汽车工程师,2020,39(4):129-133.