

# 车架刚度强度评估与结构优化设计方法研究

郭仁辉

康迪电动汽车（海南）有限公司 海南 海口 571157

**摘要：**车架刚度强度评估与结构优化设计方法研究旨在提升汽车车架的力学性能，确保行驶安全。本研究通过有限元分析、试验方法以及多学科优化设计等手段，对车架的刚度强度进行全面评估，并基于评估结果提出结构优化等改进措施。通过对比优化前后的车架性能，验证优化设计方法的有效性。

**关键词：**车架刚度强度评估；结构优化；设计方法

## 1 车架在车辆结构中的重要性

车架作为车辆结构的核心组成部分，其重要性不容忽视。车架的刚性和稳定性对于车辆的操控性和乘坐舒适性有着直接影响，一个坚固且设计合理的车架能够减少车身在行驶过程中的扭曲和变形，提高车辆的操控响应速度和精准度，它还能有效隔绝路面震动和噪音，提升乘坐的舒适性和静谧性。<sup>[1]</sup>

## 2 车架刚度强度评估方法研究

车架作为汽车的主要承载部件，其刚度和强度对汽车的整体性能和安全性至关重要。为确保车架在各种工况下都能保持稳定，需采用多种方法对车架的刚度强度进行评估。

### 2.1 实验测试法

实验测试法是通过实际测量车架在受力后的变形和应力分布来评估其刚度和强度的方法。在实验测试法中，通常需要对车架进行多种工况下的加载试验，如弯曲试验、扭转试验、制动试验和转弯试验等。通过测量车架在这些工况下的变形量和应力分布，可以评估其刚度和强度是否满足设计要求。例如，在弯曲试验中，可以通过测量车架在垂直载荷作用下的变形量来评估其弯曲刚度；在扭转试验中，可以通过测量车架在扭转载荷作用下的变形量来评估其扭转刚度。实验测试法的优点在于能够直接反映车架在实际工况下的性能表现，但其缺点也较为明显。首先，实验测试需要耗费大量的时间和成本，且测试过程复杂繁琐；其次，实验测试的结果受到多种因素的影响，如测试设备的精度、测试人员的操作水平等，因此测试结果的可重复性较差<sup>[2]</sup>。

### 2.2 有限元分析法

有限元分析法是一种基于数值计算的评估方法，通过将车架划分为有限个单元，对每个单元进行受力分析，然后组合各单元的结果来评估整个车架的刚度和强度。这种方法能够模拟车架在各种工况下的受力情况，

具有较高的计算精度和可靠性。有限元分析法能够模拟车架在多种复杂载荷作用下的受力情况，如静态载荷、动态载荷、对称载荷和非对称载荷等。此外，有限元分析法还可以对车架进行结构优化和材料优化，以提高其刚度和强度。有限元分析法的优点在于能够模拟车架在各种工况下的受力情况，具有较高的计算精度和可靠性；有限元分析法还可以对车架进行结构优化和材料优化，以提高其性能。有限元分析法也存在一定的局限性，有限元分析法的计算过程复杂繁琐，需要耗费大量的计算资源和时间；有限元分析法的结果受到多种因素的影响，如网格划分的精度、材料属性的准确性等，因此需要进行充分的验证和校核。

### 2.3 多种评估方法对比与综合应用

在实际应用中，单一的评估方法往往难以满足车架刚度强度评估的需求。需要将多种评估方法相结合，进行综合应用。理论解析法可以为实验测试和有限元分析提供理论基础和参考依据；实验测试法可以验证理论解析法和有限元分析法的准确性和可靠性；有限元分析法可以模拟车架在各种工况下的受力情况，为结构优化和材料优化提供理论依据。通过综合应用多种评估方法，可以更加全面、准确地评估车架的刚度和强度，为汽车的设计和制造提供有力的技术支持。

## 3 车架结构优化设计方法研究

车架作为承载着车辆的主要质量和各种复杂应力，其性能直接影响车辆的行驶安全性、舒适性和经济性。因此，车架结构的优化设计是车辆工程中的关键课题。

### 3.1 结构优化设计基本理论

结构优化设计是一门新发展起来的科学和技术，它根据设计要求，选择合理方案，确定各种参数，以达到最佳的设计目标。优化设计的理论基础是数学规划，采用的工具是电子计算机。在优化设计过程中，设计变量不断改变其取值，以达到目标函数的最小值或最大值，

但设计变量的改变和取值要受到一系列的的限制和约束,如强度、刚度、稳定性等条件,设计变量的取值范围、上下边界也都必须有一定限制<sup>[3]</sup>。这些限制条件构成了对设计变量的约束条件。

### 3.2 车架尺寸优化设计

车架尺寸优化设计是车架结构优化设计的重要组成部分。车架的尺寸参数,如纵梁的高度、宽度、厚度以及横梁的截面尺寸等,都直接影响车架的强度和刚度。在车架尺寸优化设计中,首先需要确定设计变量,即车架的各个尺寸参数。然后根据车架的强度和刚度要求,建立目标函数,通常是以车架的重量最小为目标,同时满足强度和刚度的约束条件。通过有限元分析软件,如ANSYS,可以对车架进行静态分析和模态分析,得到车架在各种工况下的应力分布和变形情况。根据分析结果,可以调整车架的尺寸参数,使车架在满足强度和刚度要求的前提下,重量尽可能小。车架尺寸优化设计的目标是实现车架的轻量化,从而降低汽车的油耗,提高燃油经济性,轻量化还能提高汽车的加速性能和制动性能,提升驾驶体验。

### 3.3 车架形状优化设计

车架形状优化设计是通过调整车架内外边界形状来改善车架性能和达到节省材料的目的。车架的形状参数,如纵梁的截面形状、横梁的连接方式等,都直接影响车架的强度和刚度。在车架形状优化设计中,设计变量通常是车架的各个形状参数,如纵梁的截面形状、横梁的倾斜角度等。目标函数可以是车架的重量最小,也可以是车架的刚度最大。约束条件包括车架的强度和刚度要求,以及制造工艺的限制。通过有限元分析软件,可以对车架进行形状优化分析,得到车架在各种形状参数下的应力分布和变形情况。根据分析结果,可以调整车架的形状参数,使车架在满足强度和刚度要求的前提下,形状更加合理,重量更小。车架形状优化设计的目标是实现车架的轻量化和性能提升,同时考虑制造工艺的可行性和成本。

### 3.4 车架拓扑优化设计

车架拓扑优化设计是在给定设计空间内,通过保留所必备的单元,优化车架的拓扑结构,以达到最佳的性能和重量比。拓扑优化设计方法已经在发动机缸体及悬架下控制臂等铸件的优化过程中得到成功应用。在车架拓扑优化设计中,设计变量是车架在设计空间内的单元分布。目标函数可以是车架的重量最小,也可以是车架的刚度最大。约束条件包括车架的强度和刚度要求,以及制造工艺的限制。通过拓扑优化分析软件,可以对车

架进行拓扑优化分析,得到车架在最优拓扑结构下的应力分布和变形情况<sup>[4]</sup>。根据分析结果,可以确定车架的最优拓扑结构,使车架在满足强度和刚度要求的前提下,重量更小,性能更优。车架拓扑优化设计的目标是实现车架的轻量化和性能最大化,同时考虑制造工艺的可行性和成本。

### 3.5 多学科优化设计在车架中的应用探讨

多学科优化设计是综合考虑车架的性能、重量、成本等多个学科因素,进行协同优化的手段。在车架设计中,多学科优化设计可以同时考察车架的刚度、强度、耐久性等性能,并可以将质量作为设计目标,在满足各项性能的基础上进行最优化轻量化设计。在车架多学科优化设计中,设计变量包括车架的材料、料厚、形状等多个学科因素。目标函数可以是车架的重量最小,也可以是车架的某项性能最优。约束条件包括车架的强度和刚度要求,以及制造工艺的限制。

## 4 车架刚度强度评估与结构优化设计案例

### 4.1 案例分析

在车架的设计过程中,为了确保其满足严格的行驶安全性和舒适性要求,进行详细的刚度强度评估与结构优化设计。这一步骤旨在通过科学的手段,提升车架的力学性能。我们在开发某车型座椅靠背时,在路试过程中发现靠背连接处和上部安装点开裂(如图1所示)。

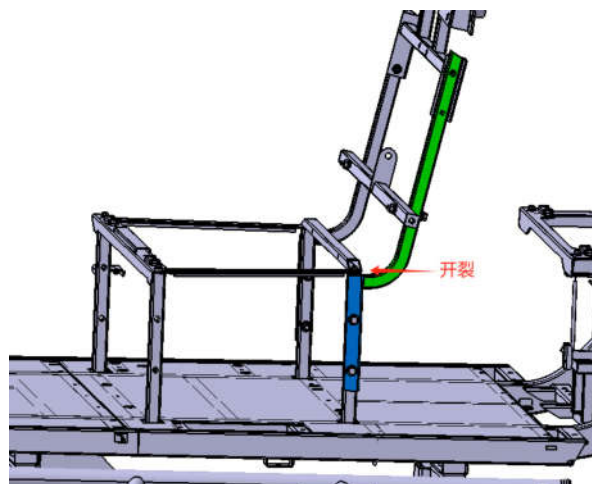


图1

有限元分析发现该位置受力比较大,(如图2所示)。

经做有限元分析在受力的情况下这两个位置点受力较大,而目前这两个位置没有做加强,而后在这两个位置做了加强后。(如图3所示)。

有限元分析发现这两个位置受力得到较大改善。(如图4所示)。

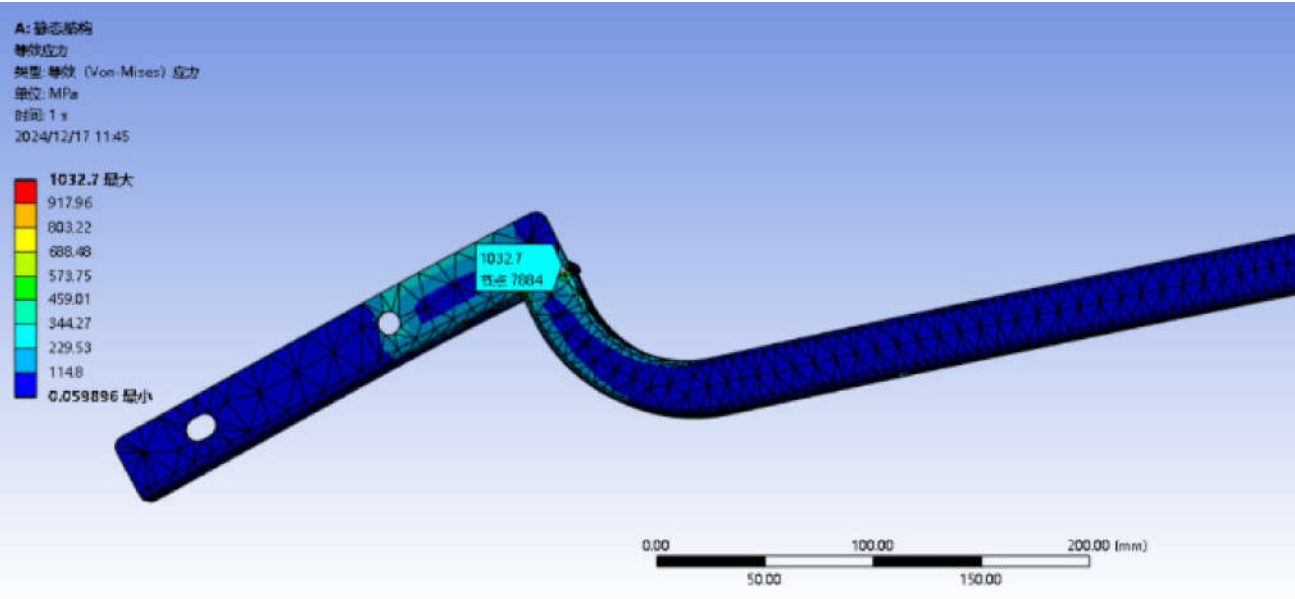


图2

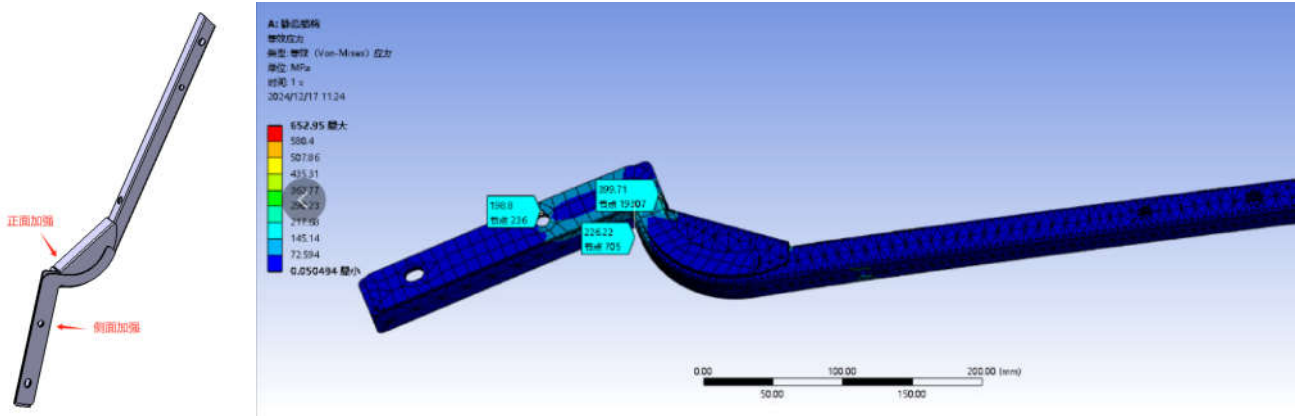


图3

图4

分析满足强度要求后,我们再进行实车路试,后面发现不再开裂。问题得到完美解决。

结合了有限元分析和试验方法。有限元分析能够模拟车架在各种工况下的受力情况,提供详细的应力分布和变形数据;而试验方法则通过实际加载测试,验证有限元分析结果的准确性,并发现潜在的设计缺陷。这种综合评估方法确保车架设计的可靠性和安全性。

### 结束语

通过对车架刚度强度评估与结构优化设计方法的研究,我们深刻认识到,在保障车辆行驶安全的前提下,实现车架的轻量化、高强度化是汽车行业发展的方向。本研究提出的优化设计方法,不仅提高车架的力学性能,也为其他零部件的优化设计提供了借鉴。

### 参考文献

[1]马林春.基于强度与刚度要求的机械结构设计优化[J].中国机械,2023,(34):21-24.

[2]张壮,成建联,马娜.矿用自卸车刚性车架的力学分析与结构优化[J].建筑机械,2017,(8):70-73.

[3]赵娟妮.王青春,陈佳.某载货汽车车架结构改进及仿真分析[J].成都工业学院,2018,21(2):5-11.

[4]张懿,杨旭峰,方修洋.一种考虑车轮多边形的转向架故障诊断深度学习方法[J].机械,2024,51(09):37-44.

[5]关永永,黄祖会,胡伟康.兼容多种动车组转向架分解组装设备的设计与应用[J].机车车辆工艺,2022(01):30-32. DOI:10.14032/j.issn.1007-6034.2022.01.011.