**小型六轮全地形车轻量化设计**

机械：班级2016250403 学生姓名：武星

指导教师：封硕

**摘要：**本次主要研究任务为小型六轮全地形车的轻量化设计，根据全地形车复杂的行驶条件选择双叉臂独立悬架与边梁式车架作为悬架与车架的选型。为了实现轻量化的目的，对车架模型与上、下叉臂进行拓扑优化分析。并用ABAQUS对车架与悬架的关键零部件进行静力学分析与动力学分析，其次利用ADAMS仿真软件对悬架进行仿真分析与硬点坐标优化。

**关键词：**双叉臂独立悬架；拓扑优化；静力学分析；动力学分析

**Abstract:** The main research topic for this time is the lightweight design of the small six-wheeled all-terrain vehicle. According to the complex driving conditions of the all-terrain vehicle, the double-wishbone independent suspension and side beam type frame are selected as the suspension and frame selection. In order to achieve the purpose of lightweighting, topological optimization analysis is carried out on the frame model and the upper and lower fork arms. At the same time, ABAQUS is used to carry out static analysis and dynamic analysis on the key parts of the frame and suspension. Secondly, the ADAMS simulation software is used to simulate and analyze the suspension and optimize the hard point coordinates.

**Key words:** Double-wishbone independent suspension; Topological optimization; Statics analysis; Dynamic analysis

**一、绪论**

普通的车辆通常在行驶过程中会受到复杂地形条件的限制而失去工作能力，而全地形车可以很好的去适应较为复杂的地形并且具有很强的攀爬能力。对六轮全地形车轻量化设计主要是通过拓扑优化实现的。拓扑优化即是寻求材料的最优分布的一种优化方法[1]。由于六轮车的结构比较简单、越野性强、机动性好，在各种地形条件下均能较好地执行与完成任务，所以本文采用六轮结构。

**二、车架结构的优化设计与校核分析**

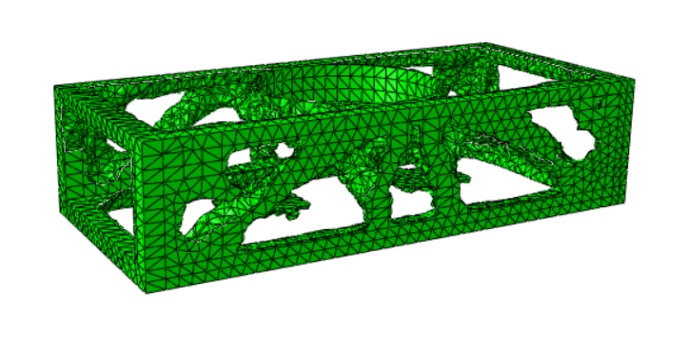
**2.1 车架结构的选型**

六轮全地形小车的行驶环境对车架的强度与刚度性能要求较高。边梁式车架强度刚度基本满足使用需求，且其通过性好，改装空间较大，所以，本文选用边梁式车架，即梯形车架。

**2.2 车架结构拓扑优化**

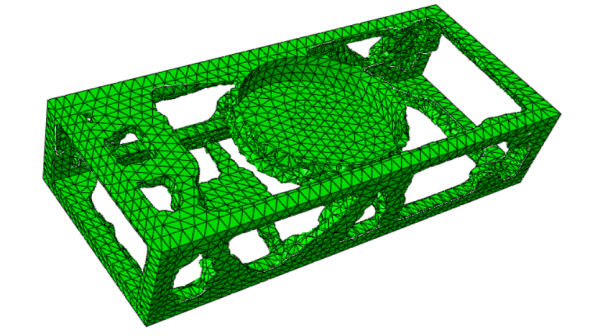
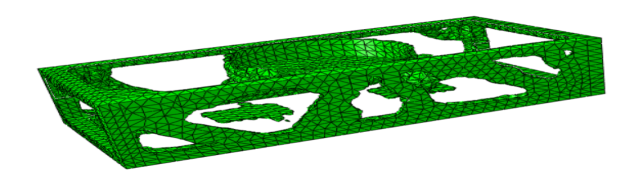
根据ABAQUS中的优化模块，依次对车架基础模型进行优化任务、设计响应、目标函数、约束条件的创建。设置约束体积为18%，创建作业并提交。

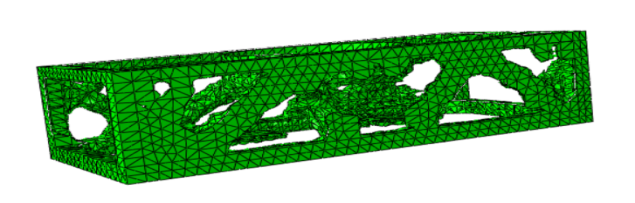
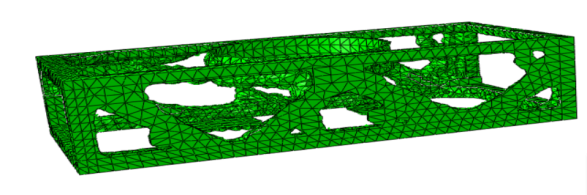
（1）满载转向时车架的拓扑优化



**图1拓扑优化结果**

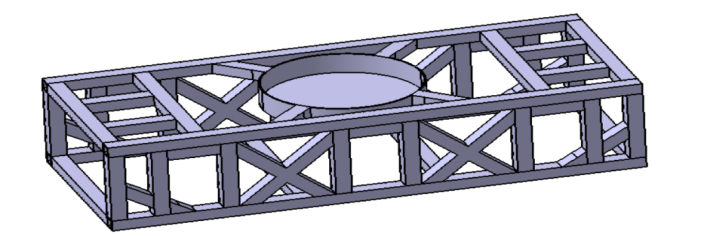
（2）满载转向基础上，对车架进行各向扭矩的叠加





**图2拓扑优化结果**

对优化后的车架进行布尔运算，将各种加强肋进行组合，以保证车架在各个方向上都有足够的抗扭能力。



**图3 车架模型图**

**2.3 车架静力分析**

将在CATIA中建模完成的车架导入ABAQUS中进行分析。通过分析车架其最大应力未超过材料的屈服强度，应变值比较小，所以车架的强度刚度符合要求。

**2.4车架动力学分析**

**2.4.1 模态分析**

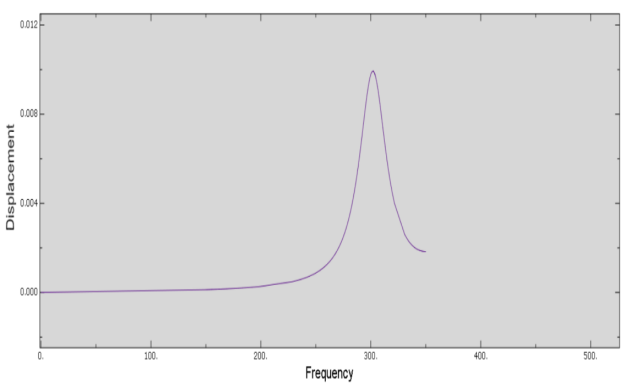
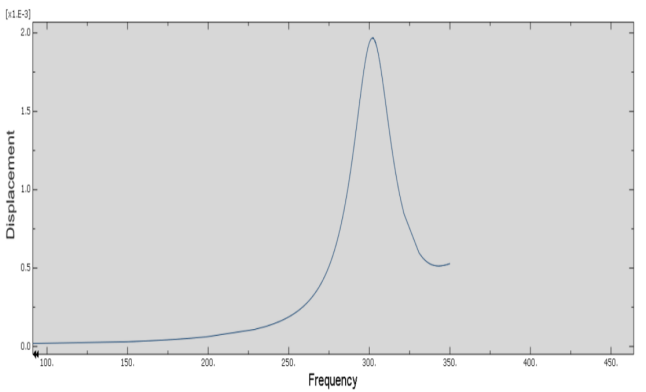
通过对结构进行模态分析可以使车架的低阶固有频率稳定在一定的取值范围内，以避免车架与来自地面的激励频率以及电动机频率发生共振。前六阶均为刚体模态，所以取有效的前4阶模态进行分析其振型与频率如表1所示：

**表1 车架的模态与振型**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 阶数 | 频率/HZ | 振型描述 |
| 1 | 155.92 | 整体扭转 |
| 2 | 273.91 | 沿X轴的扭转 |
| 3 | 289.40 | 沿Y轴的弯曲 |
| 4 | 291.68 | 沿Y轴的弯曲+扭转 |

小车在行驶过程中主要受到电机的激振以及来自地面的激励作用[2]。小车受到来自地面的激励频率为20HZ以下，驱动电机所产生的激励频率通常为7HZ左右。车架的低阶频率均远离电机的激励频率与地面的激励频率，所以车架可以有效避共振的发生。

**2.4.2谐响应分析**



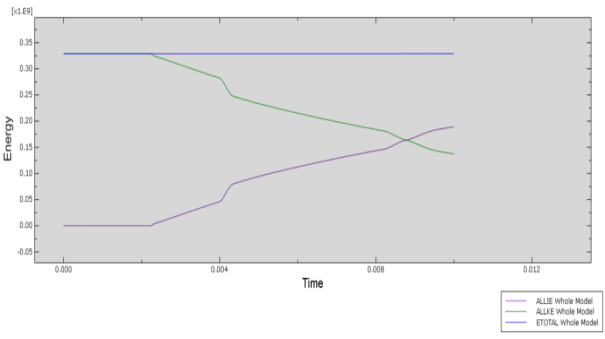
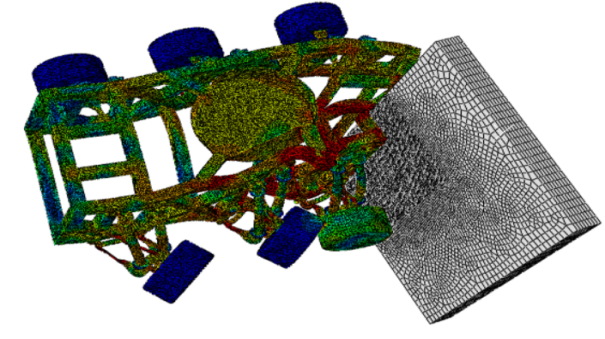
**(a)前横梁纵梁连接点幅频图 (b)支承梁与纵梁连接点幅频图**

**图4 幅频结果图**

由图4可知，在频率为302HZ时响应达到最大值，考虑到模态分析中低阶频率均未超过300HZ，所以在低阶频率范围内不会产生共振。而为了降低车架振动位移，可在车架上安装悬架系统以起到缓冲作用。

**2.4.3车辆碰撞试验**

汽车的碰撞形式最普遍的为正面碰撞，并且车辆100%正面相撞的概率不大，大多数汽车都是偏置碰撞[3]，紧急情况下方向盘会出现逃逸现象，所以对车架进行25%的偏置碰撞。

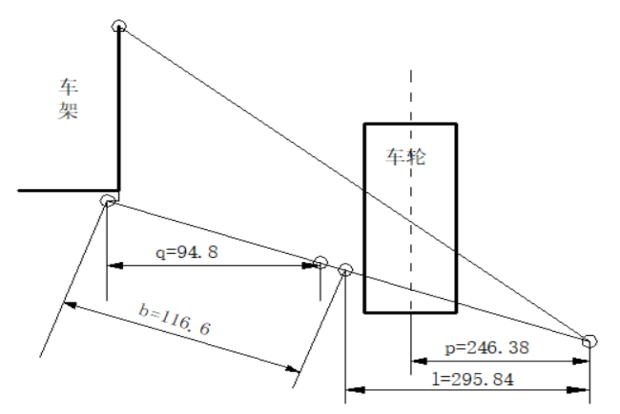


**图5 车辆碰撞结果图**

通过分析可知在整个碰撞过程中系统的能量守恒，并且车架的前横梁与纵梁可以吸收部分能量，冲击力对于车身后部会有延迟的作用。但车架的前部结构会较多的侵入车身内部，存在一定的安全问题，所以后续可对车架模型进行优化，

**三、悬架结构的优化设计与校核分析**

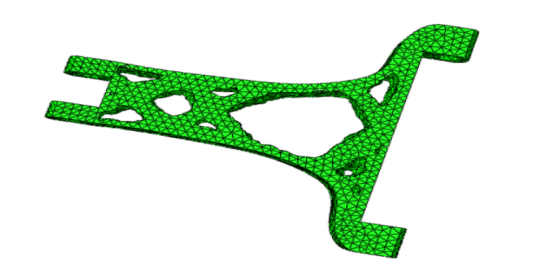
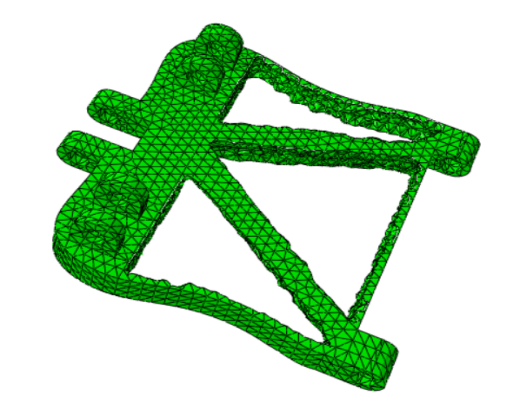
悬架进行对称布置有利于减小悬架的受力变化，提高车辆转弯时的抓地力[4]提升操作的稳定性。所以经过综合考虑认为双叉臂式独立悬架符合本文的要求。



**图6悬架平面图**

悬架的设计主要包括弹性元件的设计，减震器的设计与选型，上、下叉臂的设计。

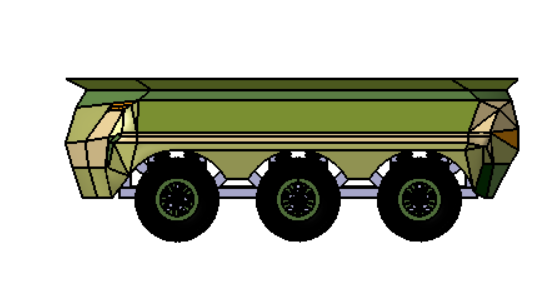
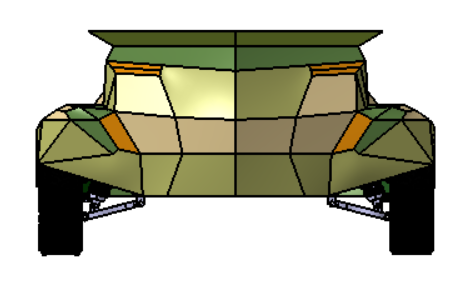
为了满足轻量化的需要将上、下叉臂经过设计后需对其进行拓扑优化分析。

****

**图7下叉臂拓扑优化结果**

为保证优化后的叉臂能够满足刚度强度要求，需对其进行有限元静力分析。通过对优化后叉臂进行有限元分析，叉臂应力应变值均在合理范围内，所以上、下叉臂的强度均符合要求。

为了保护在车架内部安装的电子设备及其他零部件以及使车架的外形具有高观赏性，本文对车架的外壳进行设计，并在CATIA中对六轮车进行了总装最终六轮小车总装模型如图8所示：

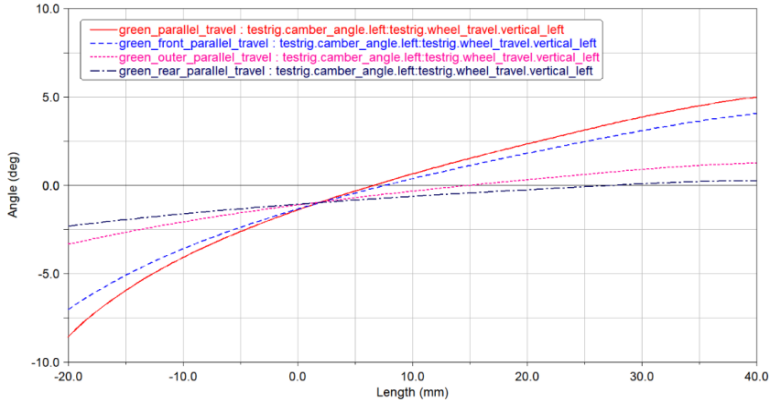


**图8汽车总装图**

**四、基于ADAMS/Car的悬架仿真与硬点优化**

车辆在行驶过程中，由于车轮的跳动，悬架易发生变形，车轮的定位参数会随着车轮的跳动而发生改变[5]，从而导致车辆的可操作性下降。因此，利用ADAMS/Car软件对六轮全地形车进行运动学仿真。

对悬架进行双轮同向跳动仿真分析。通过分析可以得出，侧倾中心高度与前束角的变化均在合理范围之内，而外倾角超出了合理范围，需对其进行优化。

****

**图9外倾角优化前后变化曲线**

在进行优化后，车轮向下跳动20mm时外倾角为-1.83度，上跳动40mm时，外倾角接近0度，满足外倾角的合理变化区间。

**五、结论与展望**

通过对六轮车进行拓扑优化实现了轻量化的目的，通过有限元分析与仿真分析找出了车架悬架设计中的薄弱环节并提出了改进方案，控制模块可以作为后续研究的重点，可通过Arduino对整个控制系统进行搭建，实现对小车的远程操控。

**参考文献**

[1]ZHOU M, SHYY Y K, THOMAS H L. Checkerboard and minimum member size control in topology optimization [J]. Structural & Multidisciplinary Optimization, 2001, 21(2): 152-158.

[2]尹安东, 徐俊波, 龚来智, et al. 基于HyperWorks某电动汽车车架的有限元建模及模态分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2014, 52(04): 1-4.

[3]亓文果, 金先龙, 张晓云, et al. 汽车车身碰撞性能的有限元仿真与改进[J]. 上海交通大学学报, 2005, 09): 1452-1456.

[4]鲁细晓, 周岳斌, 李飞. FASE赛车双叉臂悬架系统设计[J]. 机械管理开发, 2016, 31(10): 17-19.

[5]宋年秀, 许津, 刘鹏, et al. 双叉臂悬架定位参数仿真分析及优化[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2017, 31(03): 256-260.