

# 基于UG的汽车钢板弹簧前支架有限元仿真

Finite element simulation of a front bracket of leaf spring based on UG

陈本军, 王东方, 苏小平

CHEN Ben-jun, WANG Dong-fang, SU Xiao-ping

(南京工业大学 机械与动力工程学院, 南京 210009)

摘要: 本文运用软件UG NX5.0建立某汽车钢板弹簧前支架的三维模型, 并利用UG高级仿真功能对该支架进行了结构受力分析, 得到了该构件的应力、应变及位移分布云图, 在此线性静力分析基础上进一步对该构件进行疲劳分析, 为零件的合理设计提供了有价值的参考。

关键词: UG 弹簧支架; 有限元仿真; 疲劳分析

中图分类号: TG386; TG115

文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2009)06-0093-03

## 0 引言

汽车钢板弹簧前支架是汽车行驶系统中的一个重要构件<sup>[1]</sup>, 它的功用是将汽车在行驶过程中路面作用于车轮上的力传递到车架上, 以保障车辆的正常行驶。设计不合理的支架易于磨损断裂, 对汽车安全行驶构成了极大隐患<sup>[2]</sup>。随着有限元技术的发展, 在产品的设计研发阶段引入有限元分析技术, 对于改进产品的性能是一个行之有效的方法。本文通过UG NX 5.0对某农用汽车钢板弹簧前支架进行了有限元结构分析, 并对它的疲劳性能作了初步研究, 为该产品的研发提供了指导意义。

## 1 理论依据

本文主要采用UG NX5.0对该支架进行有限元分析计算, 除求解器采用MSC.Nastran外, 其余步骤均在UG中完成。流程为: 1) 建立模型; 2) 划分网格; 3) 施加载荷以及约束; 4) 求解; 5) 结果后处理。该分析方法的理论依据是有限元法。有限元法的基本思想是将结构离散化, 用有限个单元来表示复杂的工程结构, 单元之间通过有限元节点相互连接, 根据有限元基本理论建立有限元总体平衡方程, 然后求解<sup>[3]</sup>。应变计算公式为:

$$\{e\} = [B]\{d\}^e$$

式中:  $\{e\}$  为单元内任一点应变列阵;  $[B]$  为单元应变矩阵;  $\{d\}^e$  为单元的节点位移阵列。

应力计算公式为:

$$\{\sigma\} = [D]([B]\{d\}^e - \{e_0\})$$

式中:  $\{\sigma\}$  为单元内任一点应力列阵;  $[D]$  为材料弹性矩阵;  $\{e_0\}$  为单元的初应变列阵。

## 2 仿真计算及结果分析

### 2.1 三维模型建立并划分网格

UG具有强大的三维实体造型功能, 通过参数化建模的方式可以方便的建立支架模型<sup>[4,5]</sup>。将三维模型导入高级仿真模块, 进入有限元分析的前处理阶段。通过观察模型, 发现该模型上存在不少小圆角特征, 这些小的特征在UG中可以通过理想化几何体的方式去除。简化模型之后选用10节点四面体单元对该支架划分网格, 通过属性编辑器对划分好的网格进一步改进, 在关键区域细化网格, 划分好的网格如图1所示, 支架节点数为94971, 单元数55279。

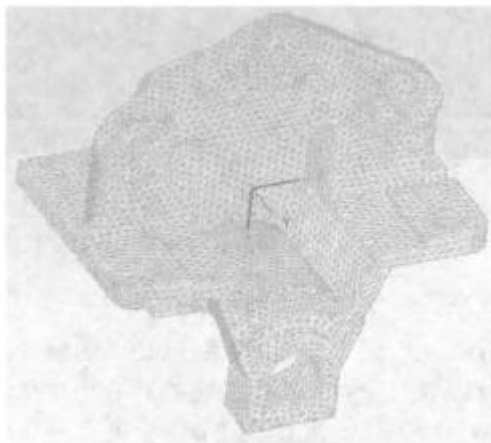


图1 支架的网格划分

收稿日期: 2008-12-03

作者简介: 陈本军(1982 - )男, 江苏南京人, 硕士研究生, 研究方向为复杂结构动力学分析、设计及仿真。

## 2.2 添加材料属性

该支架所用材料为QT500-7。UG自带的材料数据库中并没有QT500-7这种材料,可以通过修改UG的材料属性文件 pbs\_material.dat 的方式来新建所需的材料<sup>[6]</sup>。对支架的疲劳特性作分析,需要输入此材料的疲劳特性,UG疲劳分析所需的材料特性共有8项:1)疲劳强度系数;2)疲劳强度指数;3)疲劳塑性系数;4)疲劳塑性指数;5)弹性模量;6)泊松比;7)极限抗拉强度;8)屈服强度(3)、4)两项对于应力寿命不需要)。

## 2.3 添加约束及载荷

钢板弹簧前支架是与汽车车架通过螺栓固连的,所以支架上的5个螺栓孔处,都添加 Pinned Constraint,另外上部3个螺栓孔外表面以及中部两个螺栓孔外表面所在平面,分别施加YC、ZC方面的固定约束。考虑满载的情况下汽车直线匀速行驶的工况,对该支架施加对最大的垂直反力,UG将这种支撑力处理为 Bearing Load,作用在180°圆弧边缘上的载荷按半周正弦函数变化。对下部大孔处施加 Bearing Load,规定最大载荷方向为-ZC,Force为12300N。施加约束及载荷后的支架如图2所示。

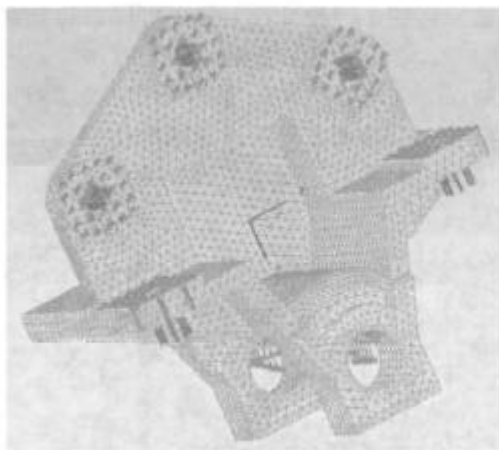


图2 支架所受约束及载荷

## 2.4 线性静态分析及结果评价

有限元模型建立之后,经过必要的模型综合检查就可以进行求解,获得线性静态分析结果。本文使用 MSC.Nastran 求解后在UG后处理模块中查看结果<sup>[7]</sup>。在仿真导航器中,通过云图直观形象地得到位移,应力应变,标记零件中最危险的部位。

应力分布图显示表明该支架上最大的应力发生在中部圆角过渡处,这与实际应力分布状况一致。

该支架受到最大的 Von Mises 应力为 70.42MPa。而 QT500-7 的  $\sigma_b$  500MPa;  $\sigma_s$  320MPa,安全系数  $n_s$  取 1.8,则许用应力为  $[\sigma]=\sigma_s/n_s$ ,即为 177.7MPa,在该工况下零件所受应力均小于许用应力,故满足强度要求。



图3 节点应力云图

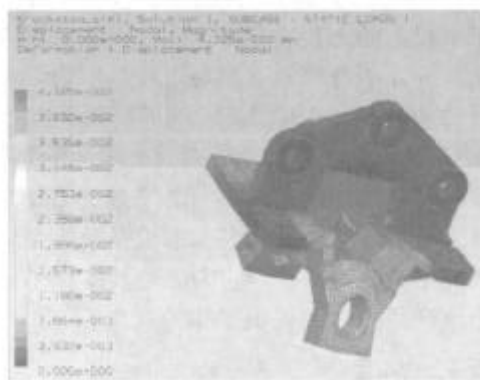


图4 节点位移云图

## 2.5 疲劳分析

疲劳寿命可定义为由于循环载荷导致裂纹产生及扩展,最后因裂纹导致构件最终被破坏<sup>[8]</sup>。疲劳分析使用累积破坏法,根据应力或应变时间关系曲线图来估算疲劳寿命。估算的方法是将数据缩减到峰/谷序列中、对周期进行计数,并计算疲劳寿命。UG根据材料疲劳特性确定材料的应力/疲劳周期(S-N)曲线,并采用半周期或全周期比例函数的方式模拟零件所受到的循环载荷,然后在一定的疲劳寿命准则下得出零件上各个部分的疲劳寿命分布图。相比较以前的疲劳分析只取部分节点进行分析,UG经过疲劳分析生成的寿命云图更加直观,可以看出该零件上所有单元节点的疲劳寿命情况。疲劳寿命表示为一个真实标量结果集,估算在开始出现裂纹之前的疲劳工作周期数目。

在以上线性静态分析完成后,建立一耐久性解

法,采用 1.5 倍正常应力值定义  $10^6$  次循环,比例函数为半周期,解算疲劳寿命分布如图 5 所示。

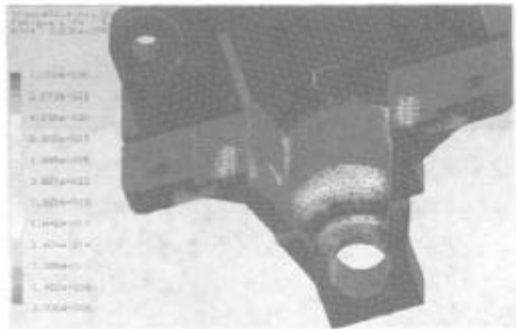


图 5 疲劳分析结果云图

此云图显示,该支架上最薄弱的节点所能经受的循环次数为  $3.030e+006$ ,打开节点标记显示开关,显示最薄弱节点为 92780 号。

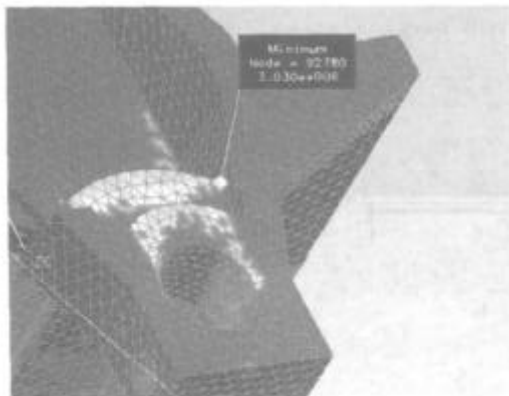


图 6 疲劳寿命最低节点显示

根据材料的 S-N 曲线,在给定的应力比下,应力 S 越小,寿命越长。当应力小于某一极限值时,材料将不会发生疲劳破坏,寿命趋向于无限长<sup>[8]</sup>。将此支架的疲劳分析结果云图与线性静态分析节点应力云图对比,我们可以发现此零件上疲劳寿命的分布是与 S-N 曲线理论是符合的,疲劳寿命最低的部位就是受应力较大的地方,而此零件上大部分区域由于所受应力较小,寿命趋向无限长。

汽车行驶时的振动,是由路面不平以及发动机、传动系和车轮等旋转部件所激发的,其中路面不平是主要因素。车轮受到路面的激励而导致的车身振动也是汽车零部件产生疲劳破坏的主要原因。作为车辆振动输入的路面不平度主要采用路面功率谱密度描述其统计特性。按路面功率谱密度可以把路面不平度分为 8 级。下面以汽车以 50km/h 的车速通过 B 级路面为例来推算此钢板弹簧前支架在发生疲劳破坏之前的汽车行驶安全行驶距离。

通过 MATLAB/SIMULINK 模块模拟的单轮 B 级路面激励时域仿真信号如图 7 所示

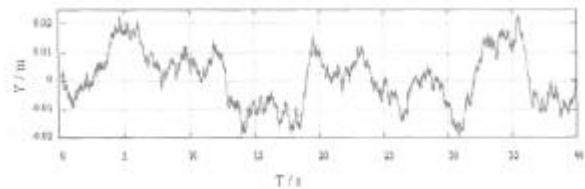


图 7 单轮 B 级路面激励时域仿真信号

通过对此路面激励模型的采样分析,近似的认为车身系统所受较大冲击的周期为 8s,由于支架上疲劳寿命最低的循环次数为  $3.030e+006$ ,支架在发生疲劳破坏之前的汽车行驶安全行驶距离可估算为

$$L = 50 \times \frac{3030000 \times 8}{3600} \text{ km} \approx 336667 \text{ km}$$

通过这种方式,在设计初级阶段就可以对零件的性能有了一定的了解,再比较不同设计方案下的零件疲劳寿命分布,可以观察到更安全的设计趋向,为我们的设计提供参考,从而设计出更为合理的零件结构。

### 3 结论

本文在 UG NX5.0 中建立汽车钢板弹簧前支架的有限元模型,结合 MSC.Nastran 对其进行了线性静态结构分析和疲劳耐久性分析,得到了该支架所受的应力应变状况以及疲劳性能。本文使用的方法对于其它产品结构零部件的有限元分析具有重要的借鉴意义。在设计初步阶段,预估出产品的性能,从而根据要求进一步修改,并且能为以后的实际实验提供很多有价值的参考,从而节约大量的时间及经费,这是非常具有工程应用价值的。

#### 参考文献:

- [1] 陈家瑞.汽车构造[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [2] 余志生.汽车理论[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 张洪武,关振群,等.有限元分析与 CAE 技术基础[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 谢龙汗,钟翠霞.UG NX5 中文版三维设计快速入门[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [5] 于强,魏青周,周京平,等.UG 零件设计技术与实践[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [6] 耿如怡,徐六飞.UG 结构分析培训教程[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [7] 张永昌.MSC.Nastran 有限元分析理论基础与应用 [M].北京:科学出版社,2004.
- [8] 陈传尧.疲劳与断裂 [M].武汉:华中科技大学出版社,2002.