



集瑞联合重工有限公司  
汽车工程研究院

# FEMFAT振动疲劳模块的应用

# 目 录

- 一、FEMFAT的spectral模块
- 二、案例介绍

## 一、FEMFAT的spectral模块

在产品的实际开发过程中，以前我们经常会遇到很多零部件的破坏出现在分析的应力值较低区域。采用模态分析等方法来单独进行考察时，一般均满足要求。很多时候知道该区域的破坏可能是振动疲劳引起的，但苦于一直没有一个很好的方法来进行解决。今年4月份在听说FEMFAT有振动疲劳分析功能后，在王博士的大力帮助下，试用了FEMFAT的最新版本5.0。通过试用，感觉femfat软件相对与目前其它的同类分析软件操作界面简单实用，能够更加贴近的解决实际工程的运用。

下面简单的介绍一下振动疲劳及我们在试用femfat软件的spectral模块解决的问题。因初次采用该软件分析，研究报告的内容见解不深，甚至有些不足之处，欢迎各位同仁指正指点。

## 振动疲劳简介：

疲劳作为结构失效的主要形式，它是指材料、零件和构件在交变载荷作用下，在某点或某些点产生局部的永久性损伤，并在一定循环次数后形成裂纹、并使裂纹进一步扩展直到完全断裂的现象。另外，我们很容易发现在结构疲劳破坏问题中包含了一类重要的现象，那就是当交变载荷的频率与结构的某一阶（甚至某几阶）固有频率一致或比较接近时，结构将会发生共振，这时一定的激励将会产生更大的响应，使结构更加易于产生破坏。这类振动疲劳问题，说明结构的疲劳失效与结构的振动响应密切相关。在工程实际中，结构受到外部激励总会产生不同的振动响应，因此，绝大部分结构的疲劳失效都与振动有关，实际上可以归结为振动疲劳问题。

“振动疲劳是结构所受动态交变载荷(如振动、冲击、噪声载荷等)的频率分布与结构固有频率分布具有交集或相接近,从而使结构产生共振所导致的疲劳破坏现象,也可以直接说成是结构受到重复载荷作用激起结构共振所导致的疲劳破坏。所以只有结构在共振带宽内或其附近受到激励导致的共振破坏才属于振动疲劳破坏,否则都属于静态疲劳问题。”

“振动疲劳是指结构的疲劳破坏与结构的振动响应(包括结构固有频率、交变载荷变化频率、振动幅值、振动相位和结构的振型等模态)密切相关的失效现象,其破坏机理与静态疲劳破坏一致,它包括低频振动疲劳、共振振动疲劳和高频振动疲劳。”

## 静态疲劳与振动疲劳的差异

	静态疲劳	振动疲劳
考虑因素 I	不考虑阻尼、模态等响应。	阻尼力分布是决定结构响应大小的重要因素，结构振动破坏取决于起主要贡献作用的应变模态分布特征。
考虑因素 II	只考虑应力集中一项因素。	与振动特性有关，一些动态载荷激励常常引起局部模态与载荷的振动耦合作用，破坏的部位往往是局部振动中应变大且有缺陷或应力集中的部位，破坏起因于局部振动与应力集中两种因素的共同作用。
疲劳曲线制定	要求按一定应力，用非共振频率进行试验。	要求在一定应力下跟踪共振频率发生共振破坏来进行试验。
裂纹扩展特性	应用经验公式和断裂力学方法研究疲劳规律。	趋向共振和离开共振的疲劳裂纹具有不同的扩展速率。如果裂纹扩展使结构固有频率远离载荷频率，则裂纹扩展是收敛的，否则是发散的。
工程应用方面	只考虑材料、结构形式、工艺以及消除缺陷和降低应力集中等问题。	主要是降低结构振动水平特别是局部振动水平，方法是进行结构动力学设计、附加阻尼处理和其它一些振动控制设计技术，并考虑材料、构造形式、工艺以及消除缺陷和降低应力集中等问题。

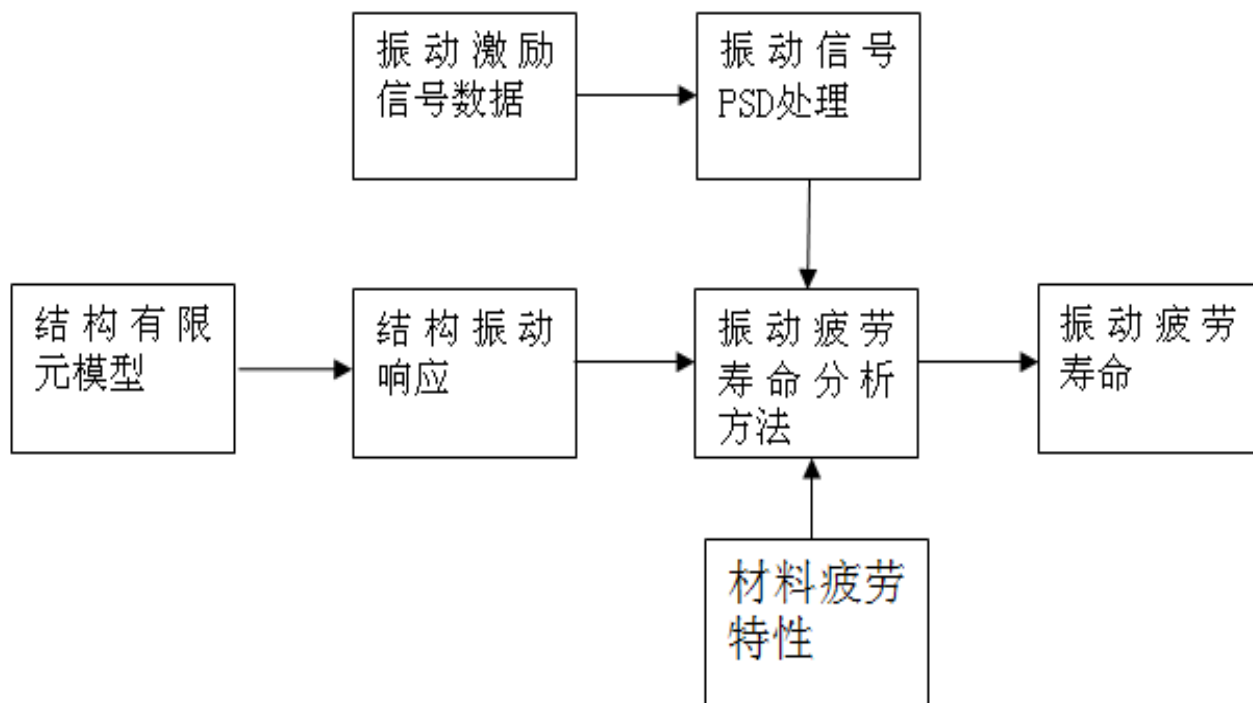
通常，我们比较习惯按照结构固有频率 $f_0$  和交变载荷 $f$  的变化频率进行分类，它可以把振动疲劳分为三类：

1) 低频振动疲劳：指结构所受的交变载荷的变化频率远低于结构的固有频率，一般而言 $f < 0.8f_0$ ，这种载荷作用下引起的振动疲劳通常称为低频振动疲劳。

2) 共振振动疲劳：指结构所受的交变载荷的变化频率接近于结构的固有频率，一般而言 $0.8 f_0 < f < 1.2 f_0$ ，这种载荷作用下的振动疲劳通常称为共振振动疲劳。

3) 高频振动疲劳：指结构所受的交变载荷的变化频率远高于结构的固有频率，一般而言 $f > 1.2 f_0$ ，这种载荷作用下的振动疲劳通常称为高频振动疲劳。

低频载荷下，一般可以按照分析载荷的应力应变与振动频率的影响。共振频率载荷下，一般主要研究结构发生共振时的振幅对结构的破坏。而高频主要研究每次振动损伤产生的累积效果。



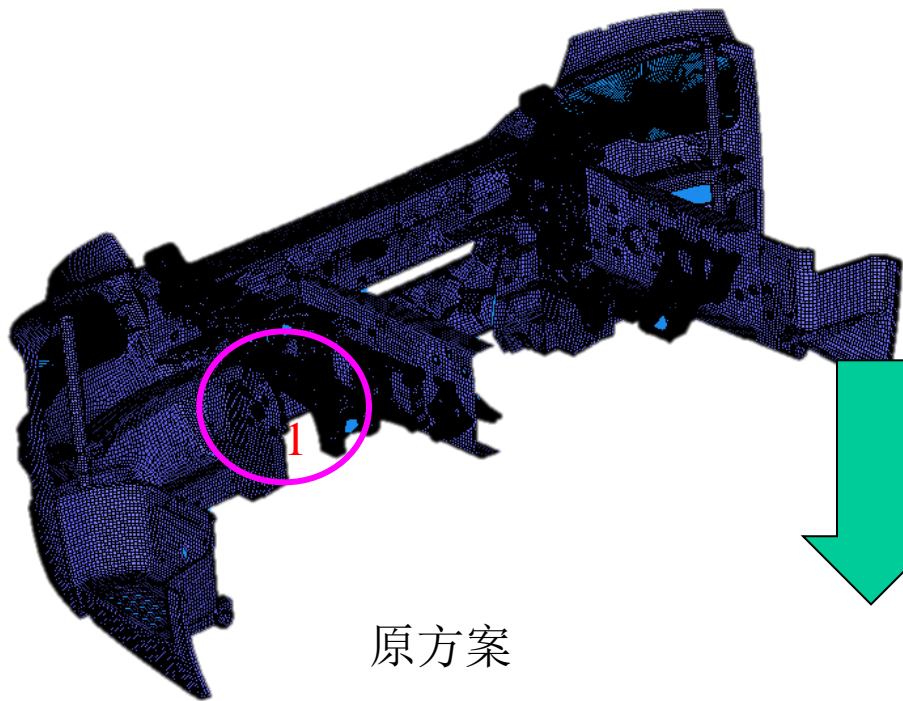
结构振动疲劳寿命分析流程



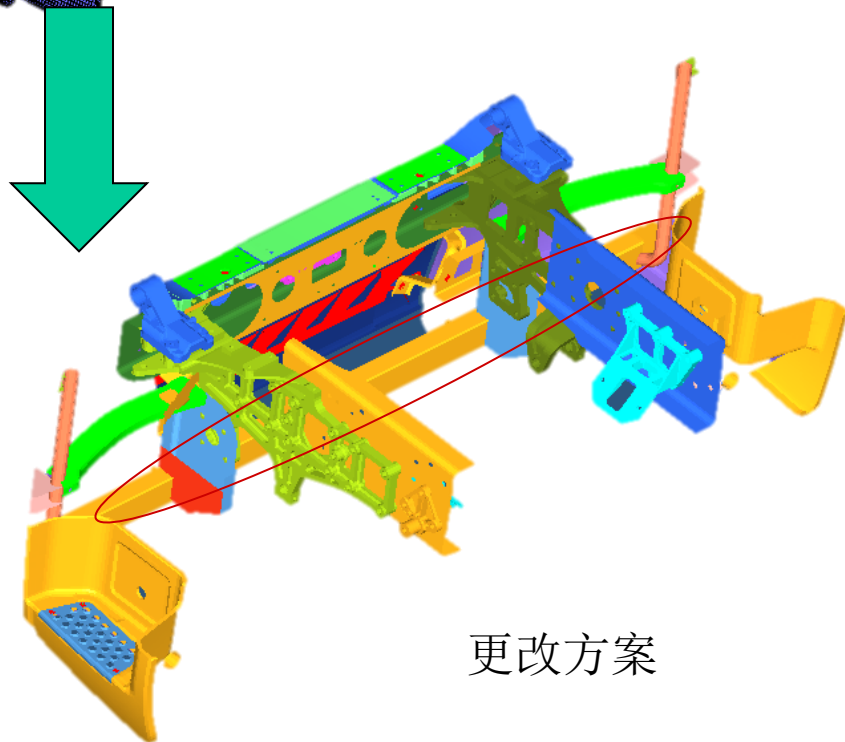
## 二、案例介绍

我公司在前期的产品开发过程中，某款车型的前保与车架连接处发生开裂现象。（图示1区域）在静强度分析及系统的模态分析中，该区域均未体现问题。后期采用了多种分析方法进行了论证确认，发现引起该问题可能为振动疲劳引起的。因前期没有一个很好的工具进行论证，更改了多种方案并进行了实车试验，目前该问题基本给予解决。

在获得FEMFAT软件的试用后和王博士的大力支持下，对该问题从新进行了初步解析，发现在前期的方案中该开裂区域为一个风险区域，对后期更改方案也进行了初步验证，其效果均比较理想。

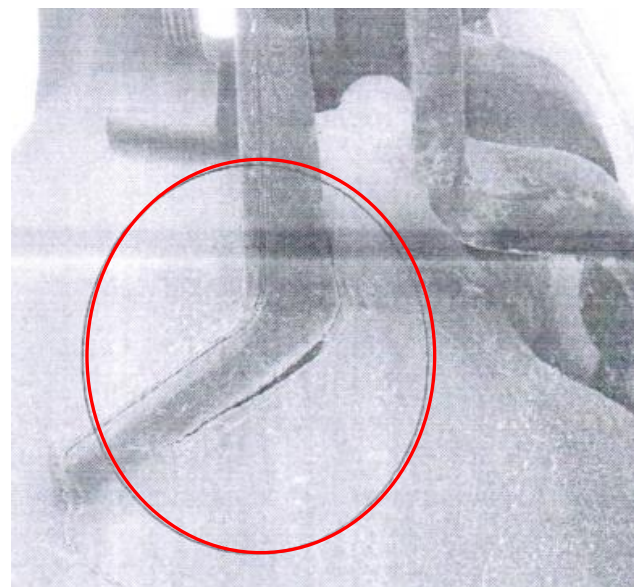
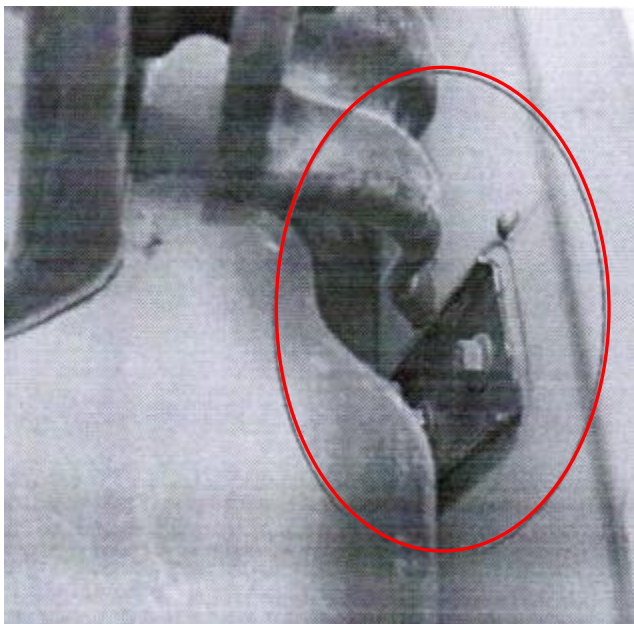


原方案



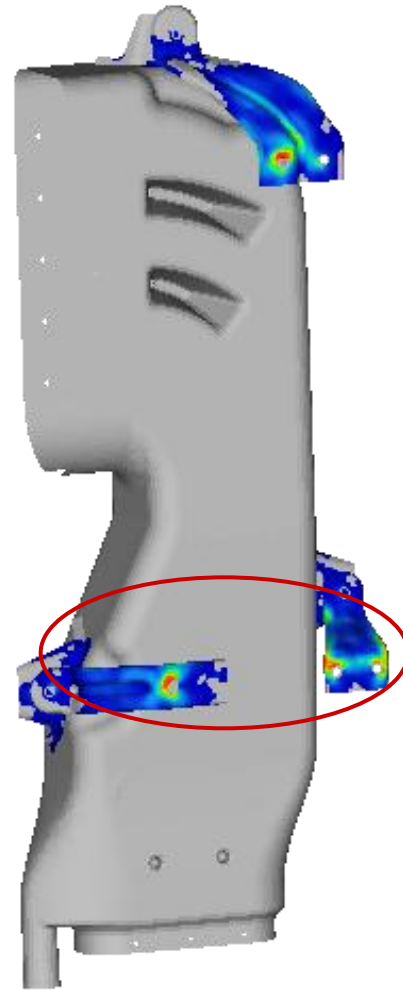
更改方案

某款车型的高位引气管固定支架和高位引气管固定点在路试实验中断裂及破损，通过分析发现该支架的模态值偏低引起的振动破坏，通过分析和设计更改，目前已经优化的该处结构，问题已经的得到解决。此次运用femfat软件的spectral模块进行了从新验证分析，也得到了很好的论证。





Mode 1 23.73Hz

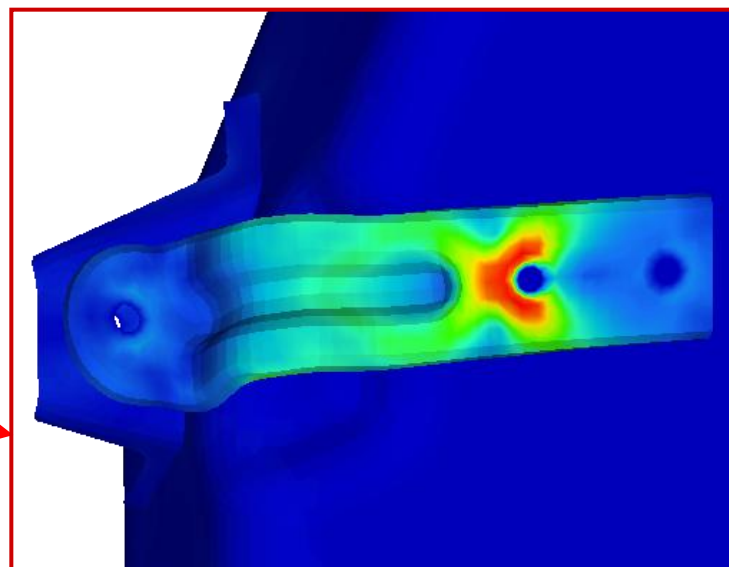
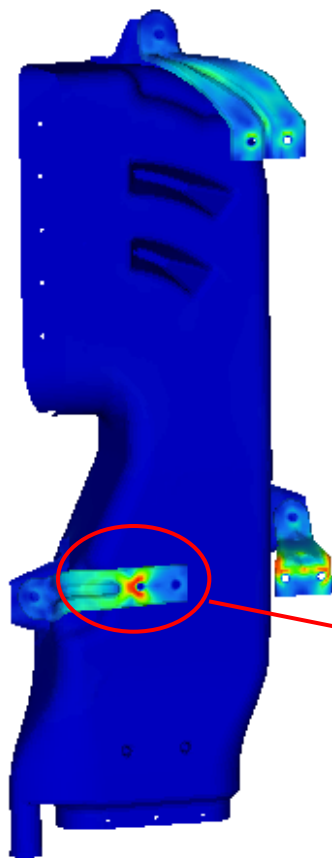


应变能云图

Contour Plot  
Stress(vonMises, Max)  
Analysis system  
Simple Average

5.570E+01
3.000E+01
2.625E+01
2.250E+01
1.875E+01
1.500E+01
1.125E+01
7.502E+00
3.752E+00
2.196E-03
No result

Max = 5.570E+01  
Node 6457  
Min = 2.196E-03  
Node 10493



总成最大应力: 55.7Mpa

此次只是运用femfat软件的spectral模块对我们前期的一些问题进行初步和简单的论证分析。个人感觉该软件还是能够很好的解决和反映实际工程的问题。因初次采用该软件分析，研究报告的内容见解不深，甚至有些不足之处，欢迎各位同仁指正指点。

谢谢！