



**基于FEMFAT的轿车后副车架
焊缝寿命预测与结构改进**



中国第一汽车集团公司技术中心
CHINA FAW GROUP CORPORATION R&D CENTER

程稳正



1 问题背景

2 有限元模型验证

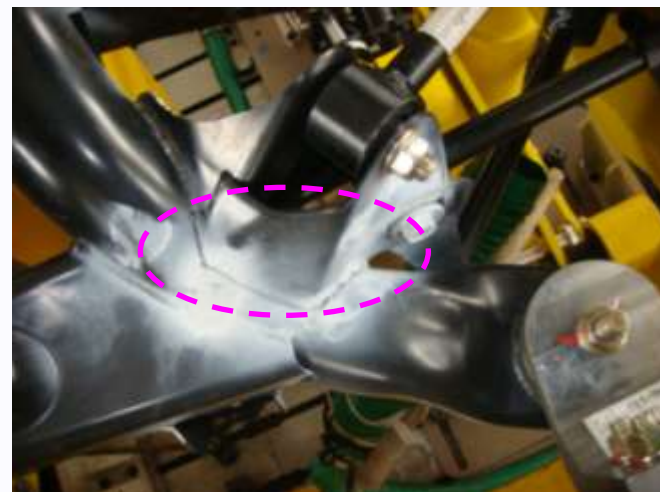
3 寿命预测与结构改进

4 结论

1.1 问题背景



8 通道随机载荷谱台架试验

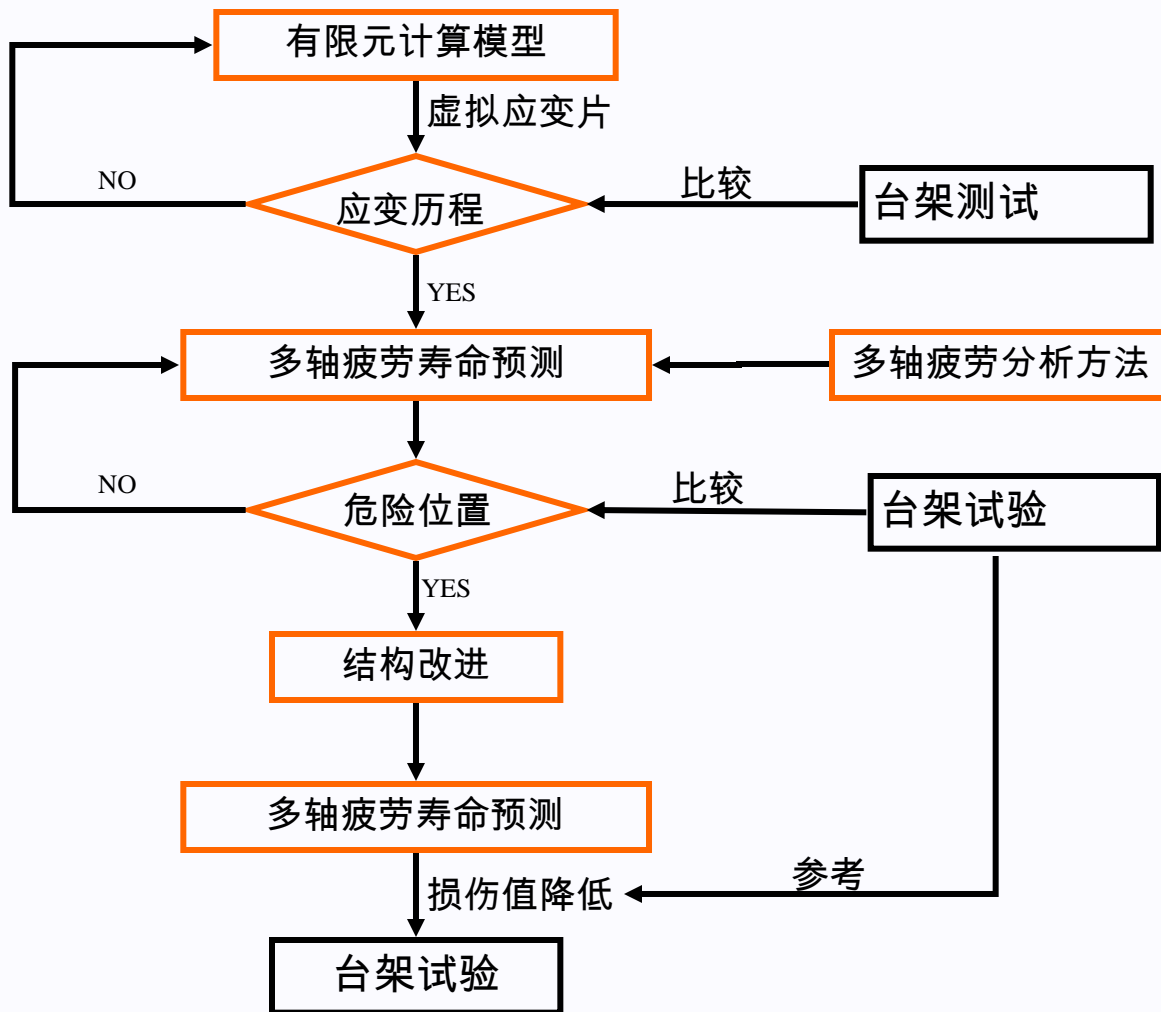


台架试验裂纹位置

- ❖ 后悬架8通道随机载荷谱耐久性试验时，在前上控制臂支架与管梁焊接位置出现裂纹。
- ❖ 需要解决的问题：通过多轴疲劳寿命预测分析，为结构改进提供依据，解决后副车架台架试验开裂问题。

◆ 通过多轴疲劳分析，解决后副车架耐久性问题。

1.2 后副车架结构改进路线



◆ 确定危险位置，降低损伤值。

1.3 本文的主要工作

- ❖ ABAQUS计算得到各通道单位载荷的应力场；
- ❖ FEMFAT-STRAIN得到裂纹位置的应变历程；
- ❖ 应变历程与台架测试结果比较，验证模型有效性；
- ❖ FEMAFAT-MAX寿命预测，得到危险位置的损伤值；
- ❖ FEMAFAT-MAX结构改进寿命预测，降低裂纹位置的损伤值直至达到可接受的范围。

◆ ABAQUS求解单位载荷应力，FEMFAT求解载荷谱作用损伤值。



1 问题背景

2 有限元模型验证

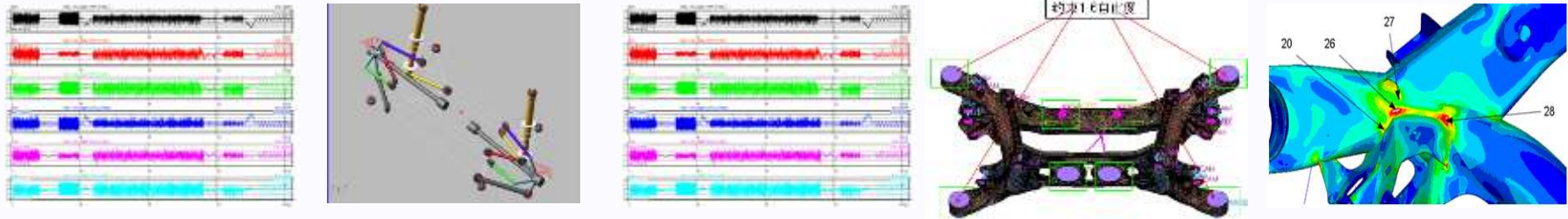
3 寿命预测与结构改进

4 结论

2.1 单位载荷应力计算方法

单位载荷应力计算的目的是为多通道载荷谱作用下应力张量的线性叠加提供输入条件，通常有两种计算方法。

方法一：将轮心力分解到关注零件，再进行计算。

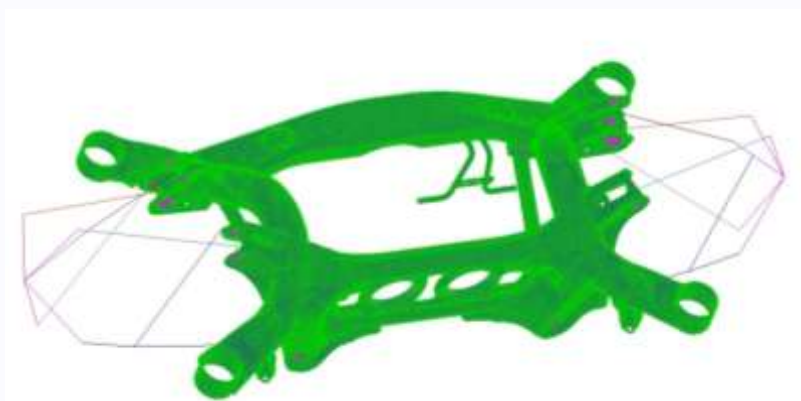


方法二：搭建系统模型，直接施加轮心力进行计算。

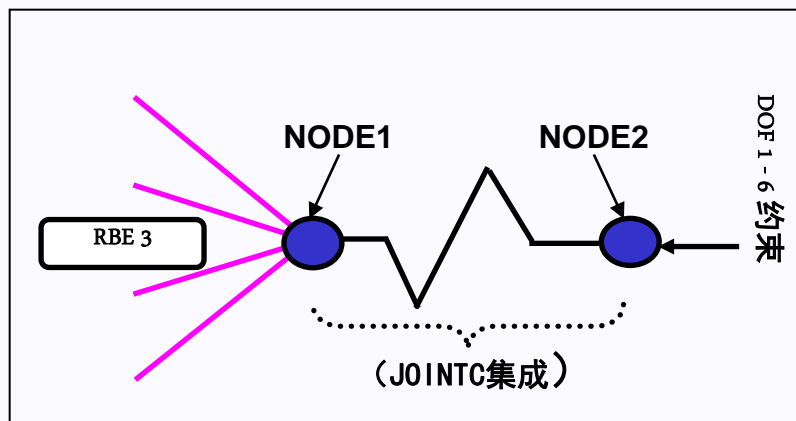


◆ 副车架受力点多，采用第二种方法。

2.2 后副车架系统计算模型



后副车架系统模型



车身连接点简化

约束条件

减振器上支点约束 1 - 3 自由度，副车架与车身连接的四个安装点考虑衬套刚度后完全约束。

载荷条件

轮心施加台架试验各通道单位载荷。分别为前后方向、上下方向、左右方向及制动载荷，悬架两侧各四个通道

◆ 系统简化模型以副车架为研究对象，其它部件进行简化。

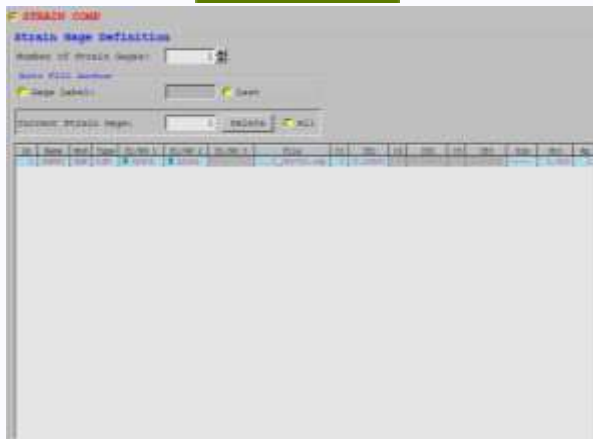
2.3 应变片布置与虚拟应变片



台架试验



应变片布置



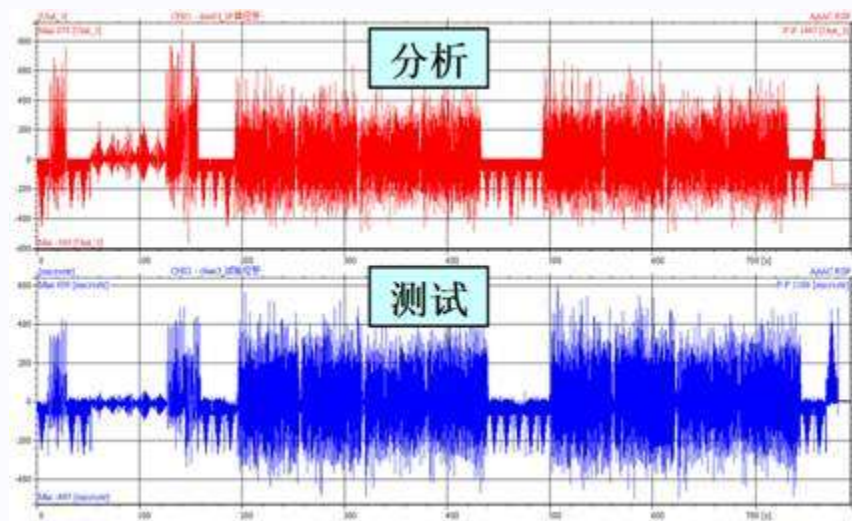
两点法定义



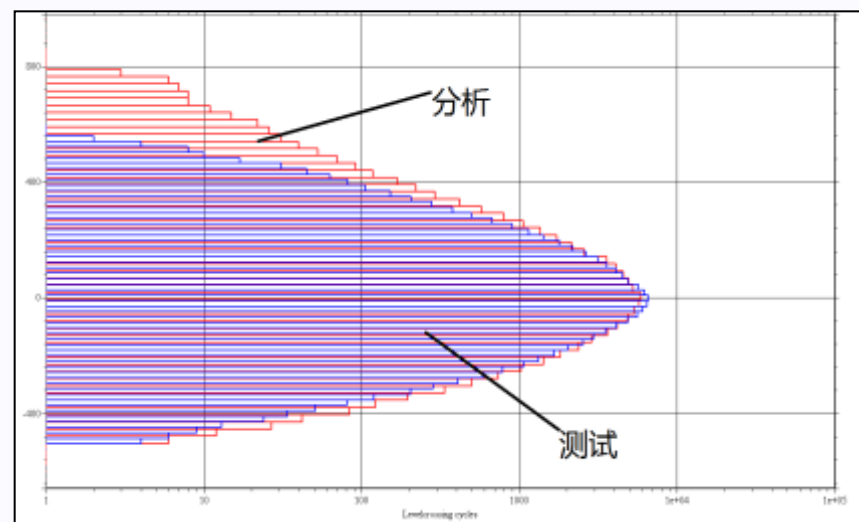
虚拟应变片布置

◆ 虚拟应变片得到有限元计算测点位置应变历程。

2.4 应变比较



应变历程比较

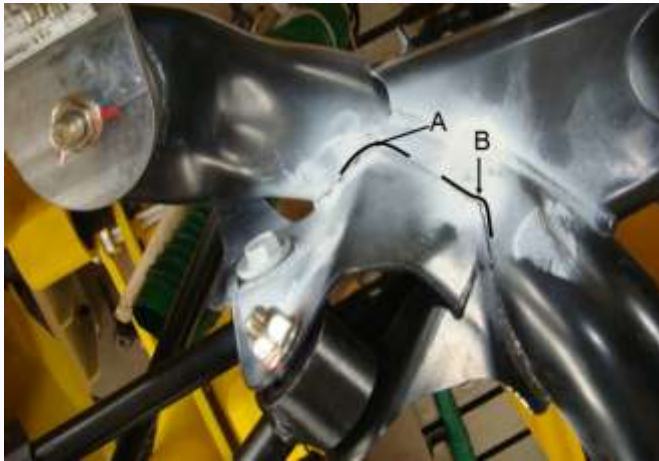


应变穿级计数比较

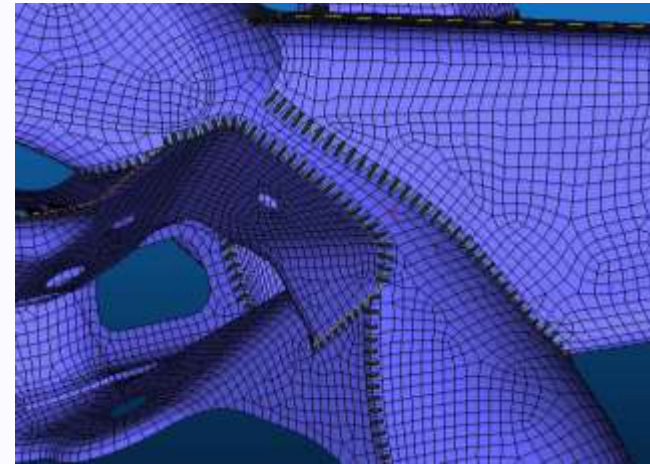
❖ 应变历程分析与测试结果应变历程相似，计算分析结果获得的应变响应历程能再现台架试验；应变穿级计数比较表明，两种信号对结构造成的损伤是相当的。从比较分析说明，有限元计算获得的结构应力是准确的。

◆ 分析与测试结果基本吻合，有限元计算模型有效。

2.5 危险位置比较



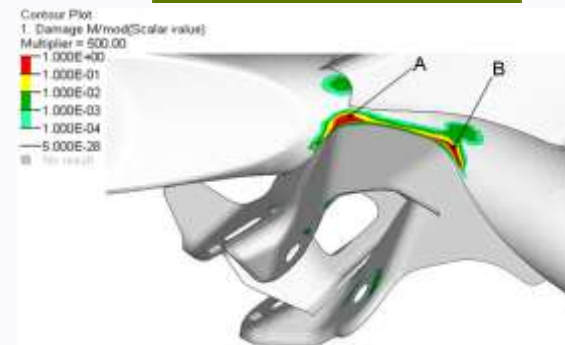
台架裂纹位置



计算模型焊缝定义

Chl	Stress	Stress File	LC	Factor	L.HIST	Load History File	Row	Col	SKB	Scratch File	
1	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	2	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			1	ASC	fenfat_1.fno
2	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	3	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			2	ASC	fenfat_2.fno
3	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	4	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			3	ASC	fenfat_3.fno
4	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	5	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			4	ASC	fenfat_4.fno
5	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	6	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			5	ASC	fenfat_5.fno
6	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	7	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			6	ASC	fenfat_6.fno
7	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	8	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			7	ASC	fenfat_7.fno
8	03B AS...	...S_FSA-0606-1.odt	9	1.00000	RPC Bi...	...SA_FSA_280718.rsp			8	ASC	fenfat_8.fno

8 通道多轴疲劳分析



寿命分析危险位置

◆ 裂纹位置确实存在较大的损伤值，多轴寿命预测方法能找出危险位置。



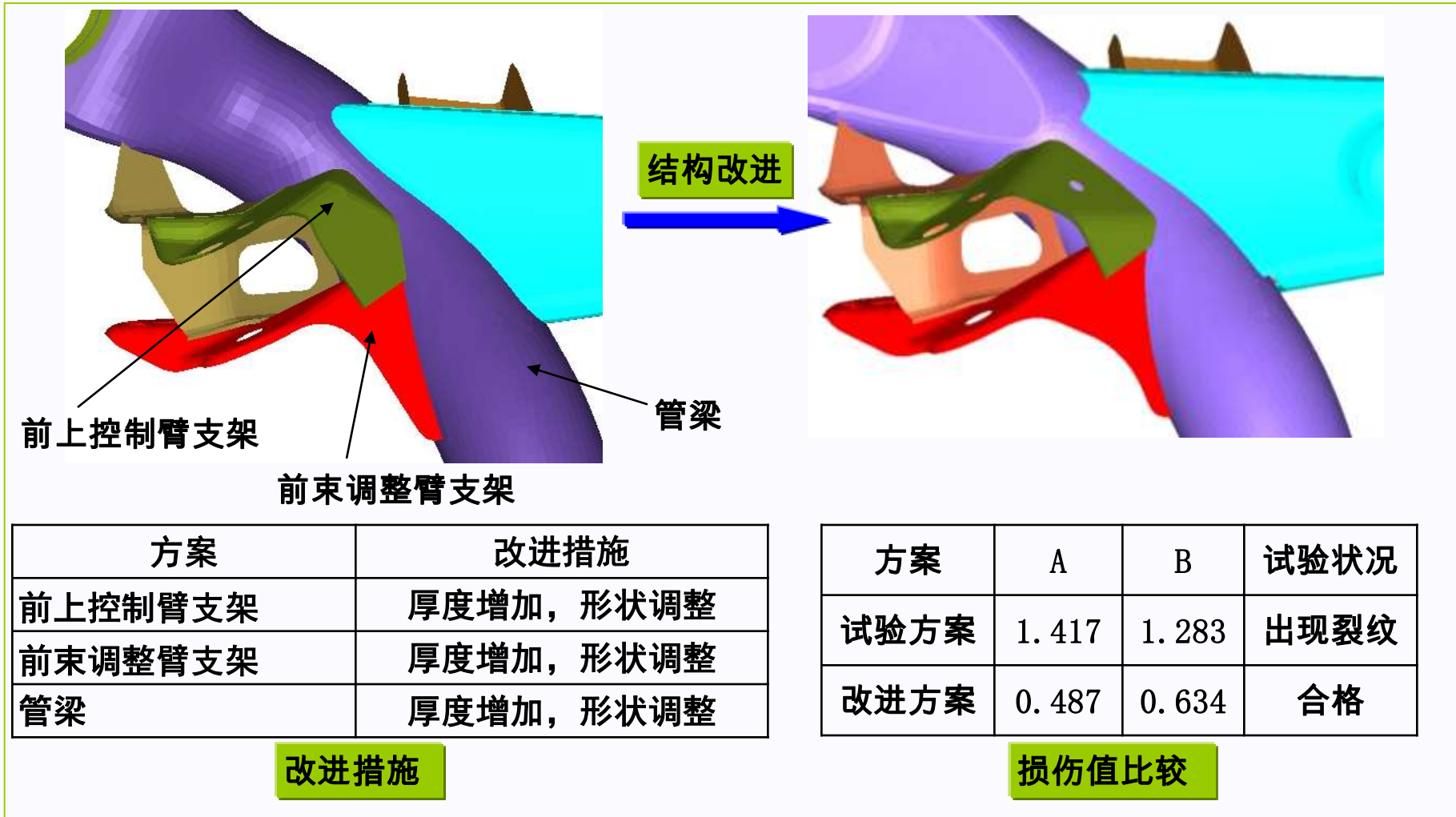
1 问题背景

2 有限元模型验证

3 寿命预测与结构改进

4 结论

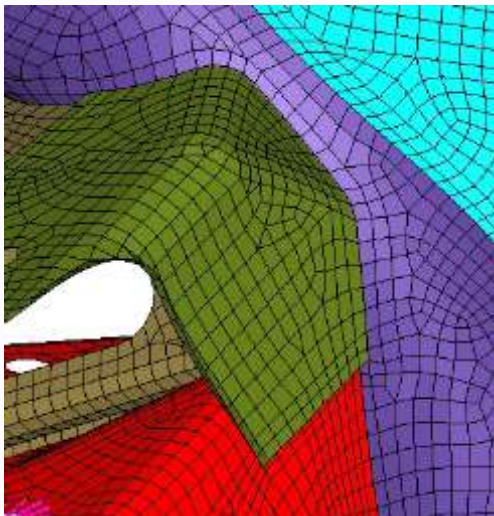
3.1 结构改进寿命预测



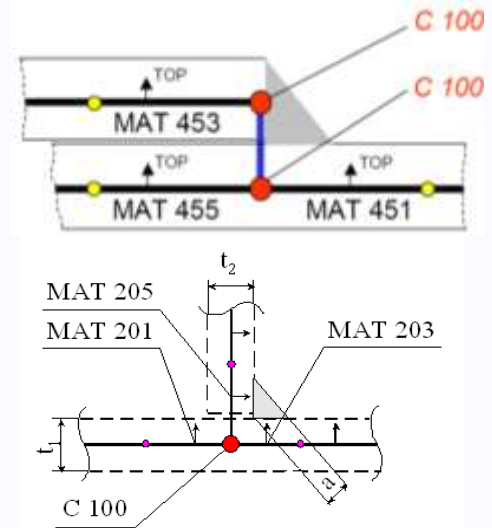
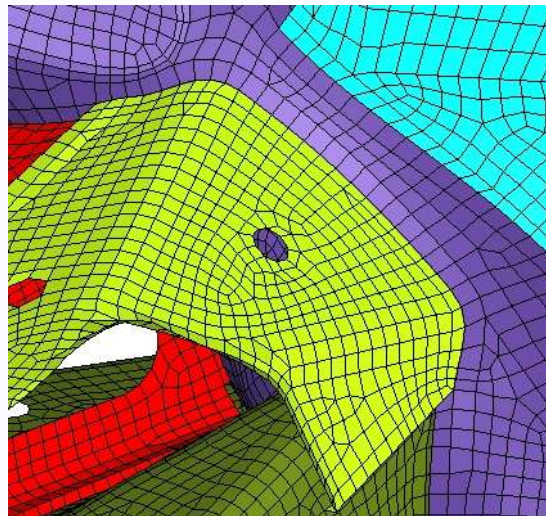
◆ 改进结构降低了裂纹位置的损伤致，改进结构通过了台架试验。

3.2 注意事项与局限性

- ❖ 对比分析过程中，不同模型严格保证焊接位置网格的质量，并保持相似性，避免有限元网格质量对计算结果的影响。
- ❖ FEMFAT软件中定义的焊缝属性（90度焊接、45度焊接、搭接）与实际情况不一定相符，这会造成一定的误差。
- ❖ 焊缝位置台架试验结果存在较大的离散性，寿命预测结果和台架试验结果并不成直接比例关系，但趋势是正确的。



网格保持相似性



焊缝网格连接方法

◆ 保证焊接位置建模质量、避免有限元网格质量对计算结果的影响。



1 问题背景

2 有限元模型验证

3 寿命预测与结构改进

4 结论

利用FEMFAT软件的CHANNEL-MAX模块进行焊缝寿命预测，解决了后副车架台架试验出现裂纹的问题。

- ❖ 台架试验测试应变片历程和有限元计算结果吻合良好，证明了有限元模型是有效的。
- ❖ 通过台架试验工况的寿命预测分析，找到了台架试验的危险位置和损伤值，为结构改进提供了目标参考。
- ❖ 采用CAE分析和台架试验相结合的方法能有效预测结构的寿命并指导结构优化设计，缩短产品开发周期。



谢谢各位!

