低动静刚度比天然橡胶减震功能配方技术研究及应用

十堰东森汽车密封件有限公司

2021年10月

目 录

CONTENTS

1 背 景

2 方案与结果分析

3 工业化应用

4 结 论

一、背景

下一代商用车动力总成低排放、大马力的特征为橡胶悬置系统的开发带来新挑战

动力总成趋势：

1、低怠速

2、大马力，大扭矩

3、轻量化

对动力总成悬置的要求：

1、动刚度尽可能低

2、但静刚度不能过低

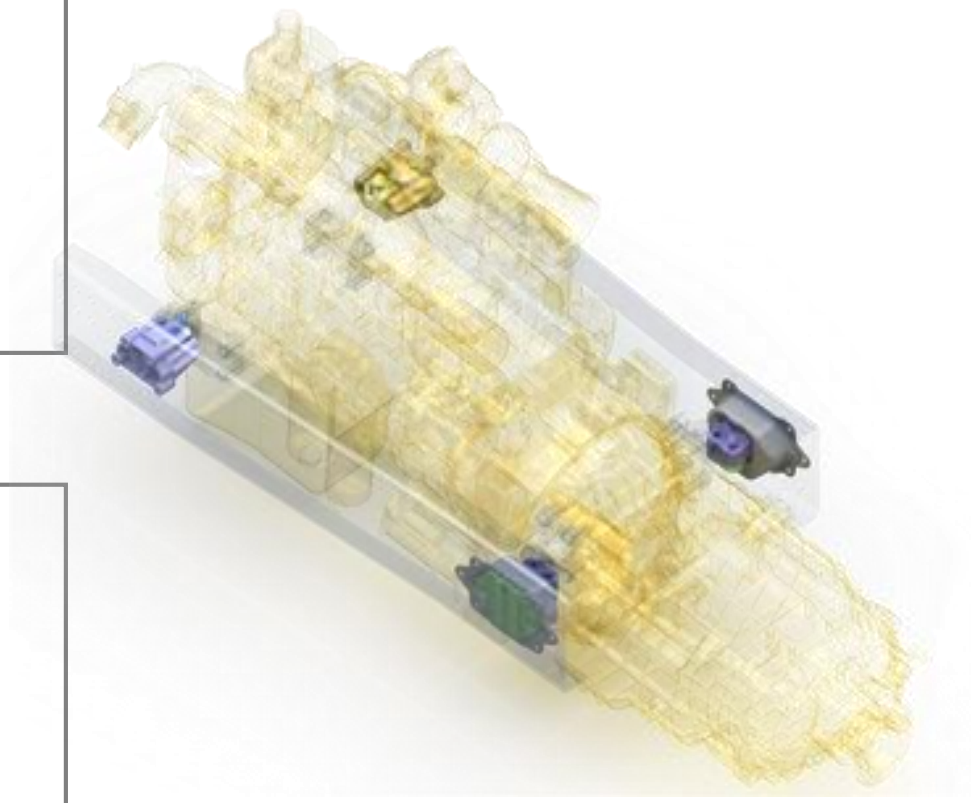
3、成本必须被有效控制

进一步降低橡胶动静比，发展低动静比、高可靠性橡胶悬置迫在眉睫

降低动静比措施：

1、橡胶配方优化

2、悬置结构优化



目 录

CONTENTS

1 背 景

2 方案与结果分析

3 工业化应用

4 结 论

二、方案和结果分析

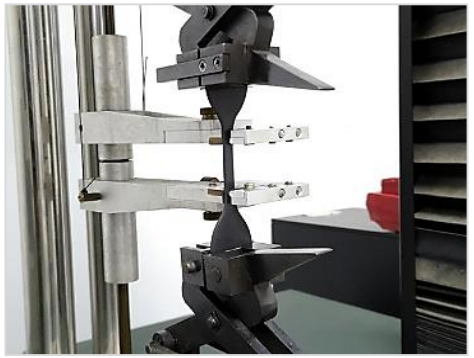
本课题主要目的是通过配方优化，降低材料动静刚度比

考虑到在五大体系中，生胶体系、硫化体系、补强体系和增塑体系对橡胶材料动静刚度比的影响更大，在这里我们主要通过调整生胶体系、硫化体系、补强体系和增塑体系，来降低材料动静刚度比。

二、方案和结果分析

东风实业有限公司
DFI DONGFENG INDUSTRIAL CO., LTD.

东森公司开展了基于4大体系的材料配方研究及大量测试，配方设计、混炼、测试等都在东森公司试验室完成



ilac-MRA CNAS

中国合格评定国家认可委员会

实验室认可证书

（注册号：CNAS L15077）

兹证明：

十堰东森汽车密封件有限公司实验室

（法人：十堰东森汽车密封件有限公司）

湖北省十堰市东风大道 18 号，442012

符合 ISO/IEC 17025：2017《检测和校准实验室能力的通用要求》（CNAS-CL01《检测和校准实验室能力认可准则》）的要求，具备承担本证书附件所列服务能力，予以认可。

获认可的能力范围见标有相同认可注册号的证书附件，证书附件是本证书组成部分。

生效日期：2021-07-14

截止日期：2027-07-13

中国合格评定国家认可委员会授权人

中国合格评定国家认可委员会（CNAS）经国家认证认可监督管理委员会（CNCA）授权，负责实施合格评定国家认可制度。CNAS是国际实验室认可合作组织（ILAC）和亚太认可合作组织（APAC）的互认协议成员。

本证书的有效性可登陆www.cnas.org.cn获认可的机构名录查询。

东森公司试验室具备橡胶材料配方的全套研发、测试能力，并已通过了CNAS认证

1、生胶体系对减震特性的影响

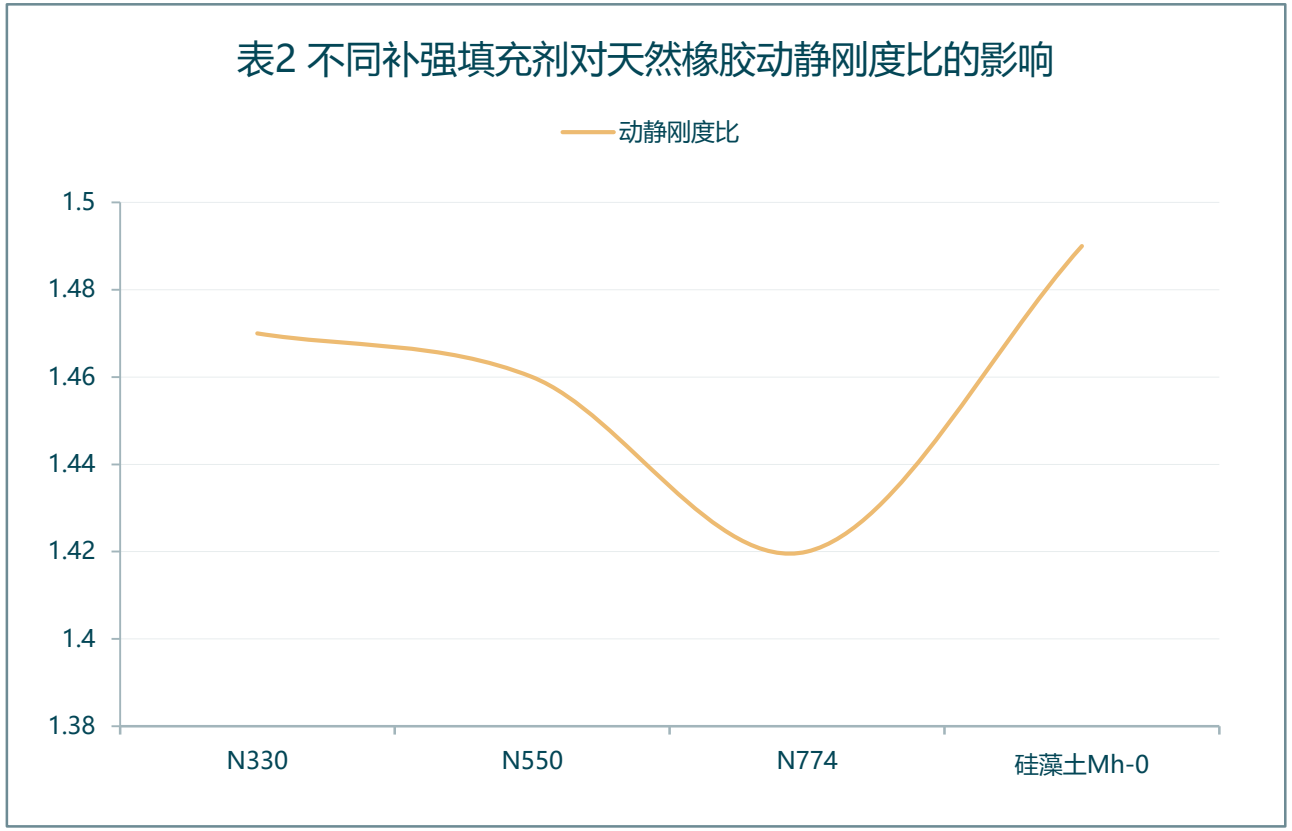
表1 丁苯橡胶、顺丁橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶的滞后损失系数

橡胶名称	天然橡胶	顺丁橡胶	丁苯橡胶	氯丁橡胶
损失系数	0.05~0.15	0.05~0.10	0.15~0.30	0.15~0.30

◆ 制作低动静比天然橡胶材料，在生胶类型选取上尤为关键。由上表1可见，天然橡胶和顺丁橡胶的损失系数较小，所以，本研究主要以天然橡胶为主，并用部分顺丁橡胶。

2、补强填充体系对天然橡胶减震特性的影响

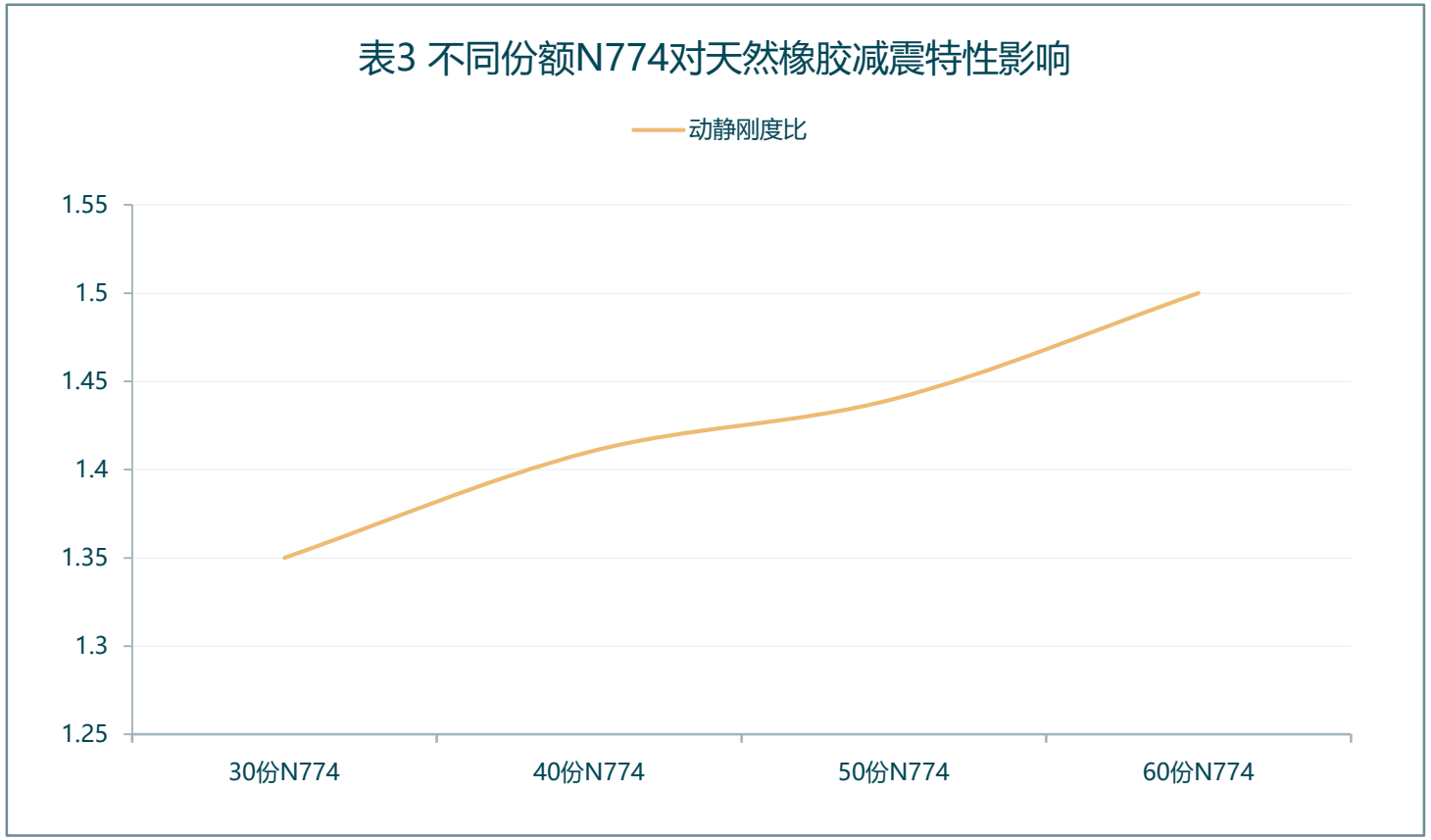
2.1 补强填充剂型号对天然橡胶动静刚度比的影响



由表2可见，用半补强炭黑N774的天然橡胶的动静刚度比最小。

2、补强填充体系对天然橡胶减震特性的影响

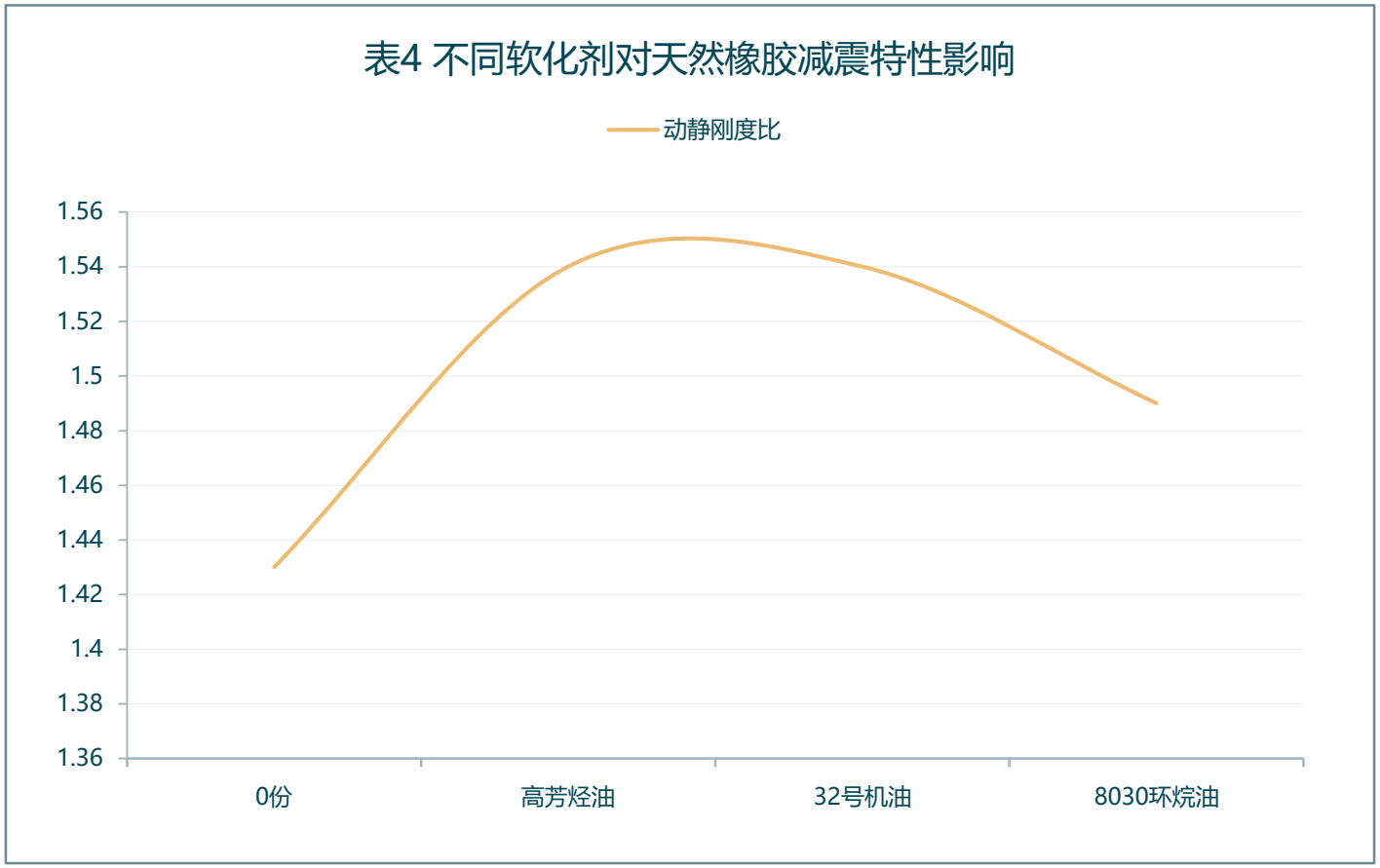
2.2 补强填充剂用量对天然橡胶动静刚度比的影响



由表3可见，随着炭黑N774用量增加，天然橡胶材料标准动静刚度比增大。这主要是因为填充量增加，含胶率相对下降，即高分子弹性体材料比例下降所致。

3、软化剂对天然橡胶减震特性的影响

3.1 软化剂对天然橡胶减震特性的影响



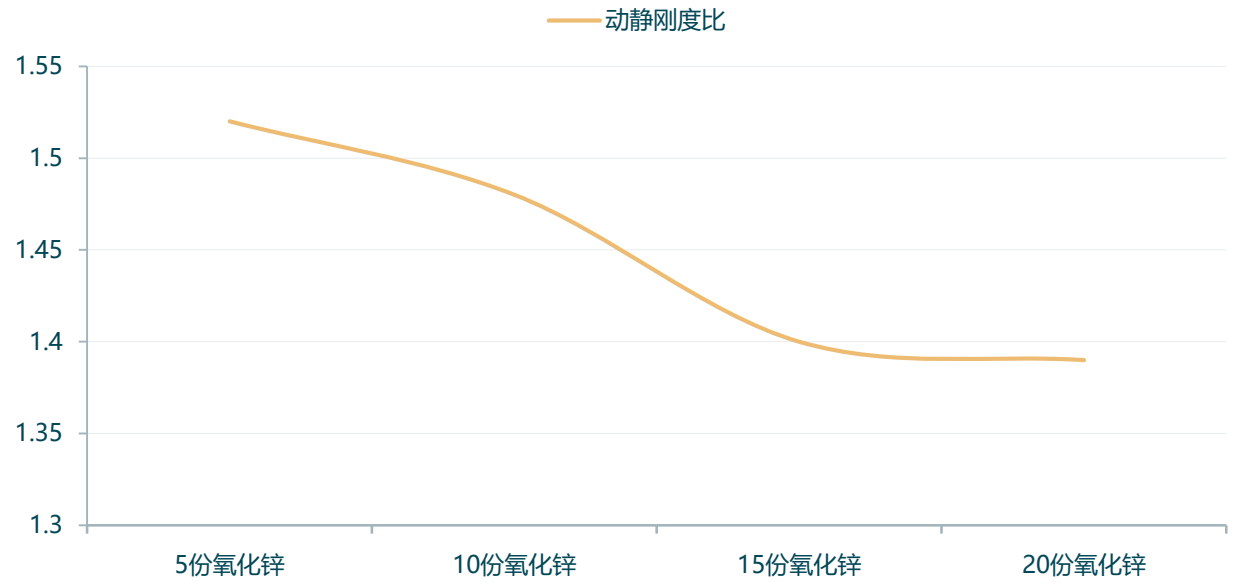
由表4可见，与不加软化剂配方相比，在其它材料相同配比用量下，加入软化剂后会增大天然橡胶材料标准动静刚度比，不同软化剂之间差异不大。在验证的三种不同型号软化剂中，8030环烷油略优于高芳烃油和32号机油。

4、硫化体系对天然橡胶减震特性的影响

4.1 硫化体系中氧化锌对天然橡胶减震特性的影响

氧化锌一方面作为天然橡胶配方中通用的活性剂，往往不被重视。实质上，氧化锌对天然橡胶材料硫化均匀网构程度起着决定性的影响作用。另一方面，氧化锌作为热传导剂，合理进行配方设计，可有效改善天然橡胶材料动静刚度比（参考《橡胶工业手册》）。所以，我们选取99.7%的高纯度氧化锌作为验证材料。验证结果见下表6。

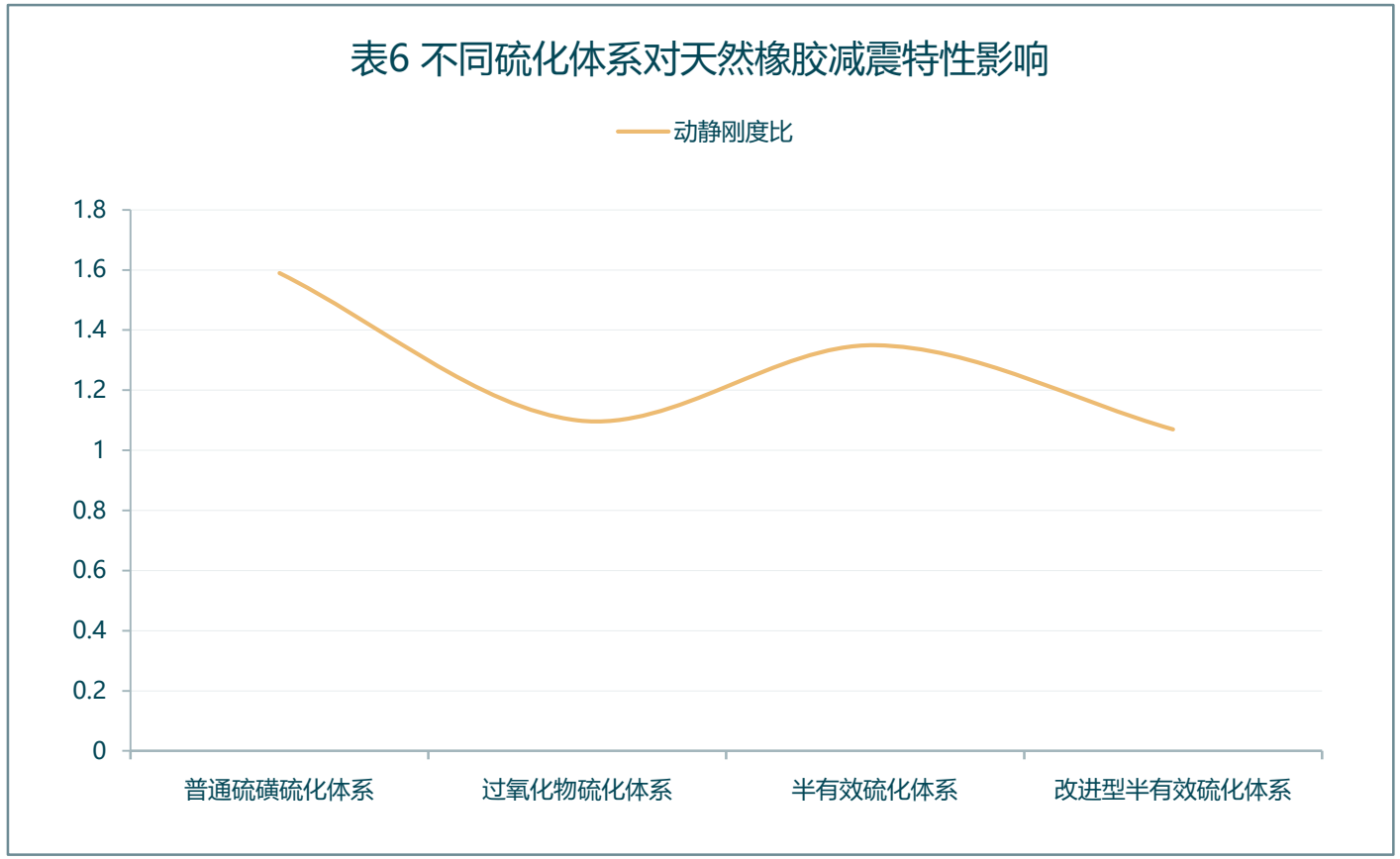
表5 不同份额氧化锌对天然橡胶减震特性影响



由表5可见，随氧化锌用量增加，天然橡胶材料标准动静刚度比越来越低。直到加到15份后，橡胶材料标准动静刚度比变化逐渐平缓，而氧化锌的用量不宜过多，配比量在15份为宜。

4、硫化体系对天然橡胶减震特性的影响

4.2 不同硫化体系对天然橡胶动静刚度比性能的影响



由表6可见，传统硫磺硫化体系硫化的天然橡胶材料动静刚度比最大，半有效硫化体系次之，过氧化物硫化体系较好。而效果最好的是改进型半有效硫化体系。其天然橡胶材料标准动静刚度比达到最低水平。

4、硫化体系对天然橡胶减震特性的影响

4.3 不同硫化体系对天然橡胶减震制品疲劳特性的影响

试验项目	普通硫磺硫化体系	改进型半有效硫化体系	过氧化物硫化体系
	100万次后刚度变化率	100万次后刚度变化率	16万次产品裂口
径向静刚度	15.70%	8.40%	/
轴向静刚度	16.30%	9.20%	/
疲劳试验后产品图片			

表7 不同硫化体系对天然橡胶减震制品疲劳特性的影响

由表7可见，改进型半有效硫化体系加工的天然橡胶制品疲劳性能最好，而过氧化物硫化体系加工的天然橡胶制品疲劳性能最差。

目 录

CONTENTS

1 背 景

2 方案与结果分析

3 工业化应用

4 结 论

三、工业化应用

◆ 以东风商用车下一代新车型为契机，通过大量的试验验证，东森公司成功开发了低动静比橡胶配方系列，并应用于新项目轻量化悬置产品，NVH性能表现实现了超越欧洲对标车型的水平。

减震频率	5Hz动静刚度比	25Hz动静刚度比	150Hz动静刚度比
欧洲进口件	≤1.3	≤1.4	≤1.5
国内水平	≥1.6	≥1.7	≥1.8

表8　　多频率动静刚度比对标结果

1、应用产品

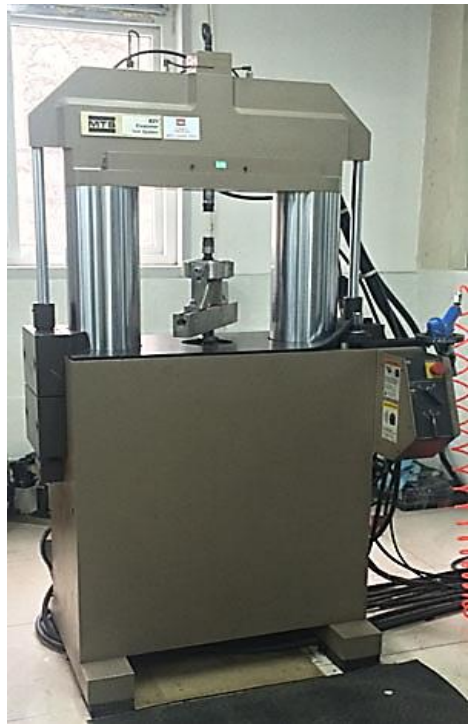
◆ 客户：东风商用车

◆ 产品名称：软垫总成-发动机前悬置

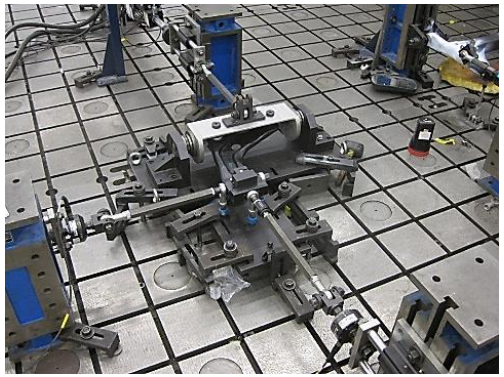
三、工业化应用

◆ 根据上一章的验证结果，我们综合调整生胶体系、硫化体系、补强填充体系、增塑体系这4大体系，最终确定全频率低动静刚度比的配方结构，并将其应用于新项目的实物产品开发和验证。

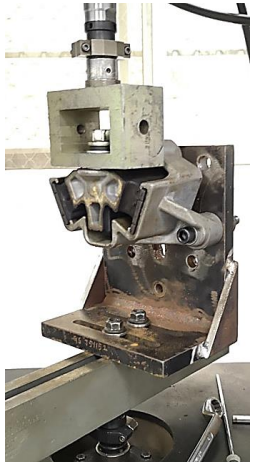
东森公司试验室核心测试能力



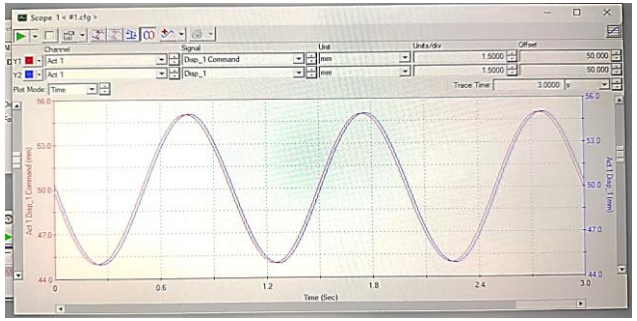
MTS381弹性体测试系统



MTS多通道耐久试验系统



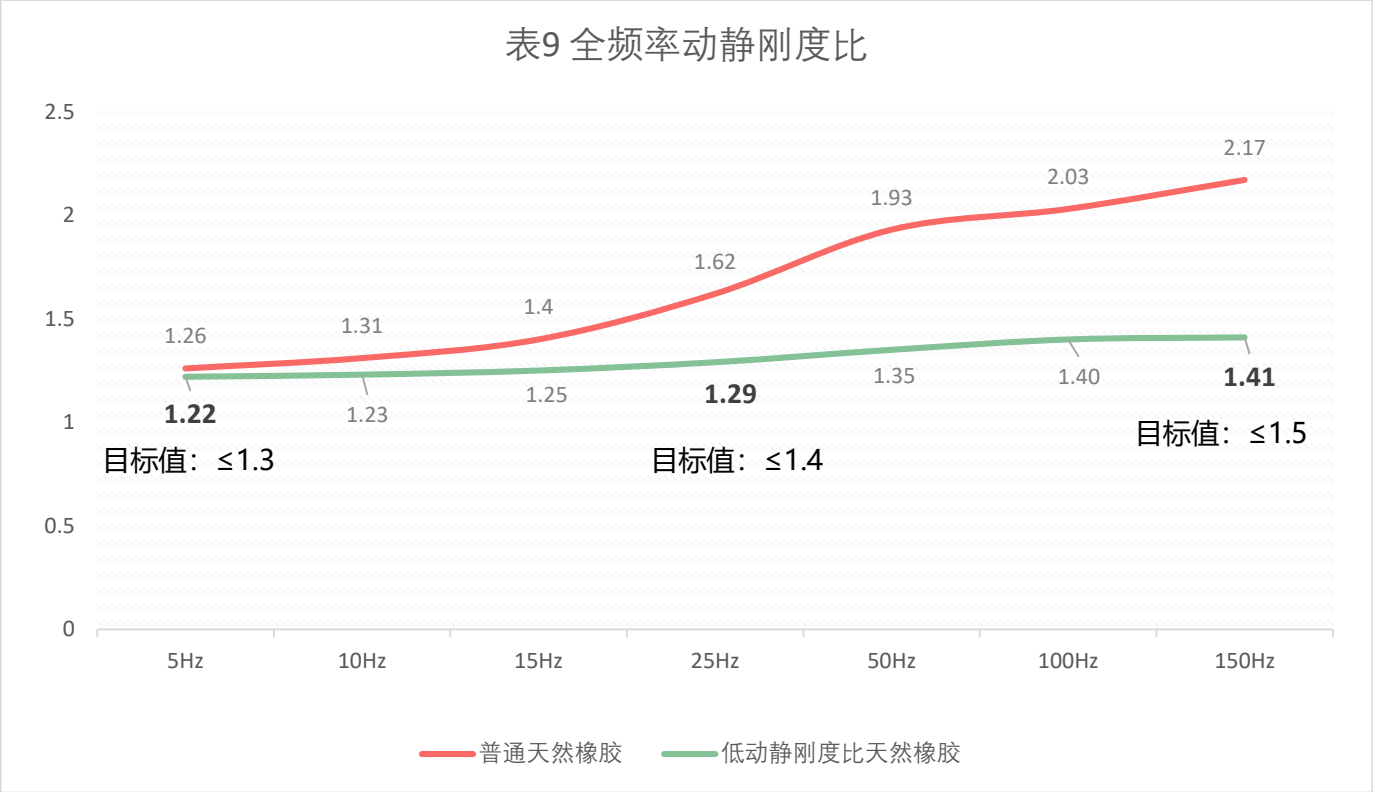
商用车悬置多向刚度测试



商用车悬置耐久试验

2、全频率动静刚度比

◆ 根据生胶体系、硫化体系、补强填充体系、增塑体系分别对天然橡胶材料动静刚度比影响情况的验证结果，综合调整这4大体系，最终确定全频率低动静刚度比的配方结构，其与普通天然橡胶的减震特性对比如下：



由表9可见，改进后达成全频率段（静态~150Hz）橡胶减震制品刚度趋近的目标（即低动静比）。

3、产品刚度特性

试验项目	要求值（N/mm）	范围（N/mm）	实测值（N/mm）	
			前右悬	前左悬
U向静刚度（N/mm）	730±15%	620.5-839.5	831.4	
U向动刚度（25HZ）	870±15%	739.5-1000.5	925.1	
U向动刚度(27.5HZ)	/	/	931.4	
V向静刚度（N/mm）	650±15%	552.5-747.5	731.2	
V向动刚度（25HZ）	770±15%	654.5-885.5	826.1	
V向动刚度(27.5HZ)	/	/	833.5	
W向静刚度（N/mm）	2390±15%	2031.5-2748.5	2375.9	2478.1
W向动刚度（25HZ）	2640±15%	2244-3036	2718	2716
W向动刚度(27.5HZ)	/	/	2709	2711

表10　产品刚度特性

由表10可见，改进后产品的刚度特性满足要求。

4、低动静刚度天然橡胶材料物理机械性能

项目	标准要求	NR514 EQC-260-2006	实测值
常规性能	硬度（邵A）	46~55	49
	拉伸强度（MPa）	≥14	16.2
	扯断伸长率（%）	≥400	459
	撕裂强度KN/M	≥10	38
热空气老化性能	70℃×168h		
	硬度变化（邵A）	≤+7	+5
	强度变化率（%）	≥-30%	-1.4
	伸长率变化率（%）	≥-50%	-19.8
压缩永久变形性能	70℃×22h		
	压缩永久变形率	≤50%	20%

表11 典型天然橡胶低动静刚度配方材料物理机械性能

由表11可见，改进后典型天然橡胶低动静刚度配方材料物理机械性能满足要求。

5、产品疲劳特性

试验要求：W向，预载-2300N,频率3Hz，循环次数不小于100万次。样件结果≥100万次试验后，总成不失败。产品刚度变化不得大于20%。

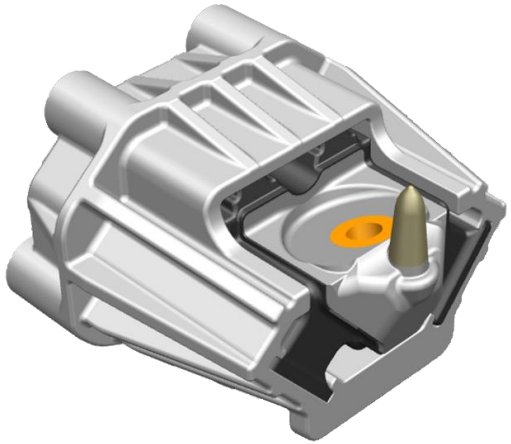
试验项目	实测值（N/mm）		
	疲劳前	100万次	变化率%
W向静刚度（N/mm）	2485.2	2313.2	6.92%
W向动刚度（25HZ）	2723	2587	4.99%

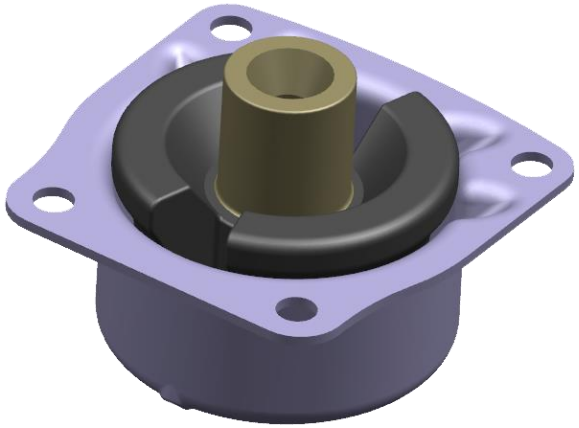
表12 产品疲劳特性

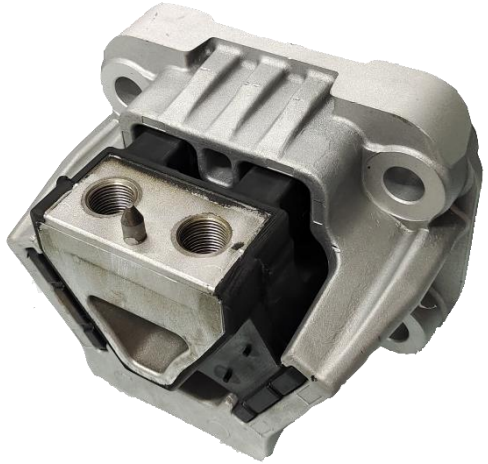
样件经过100万次疲劳试验后，总成未失效。

三、工业化应用

已推广应用于东森公司新型商用车悬置：低动静比、高可靠性







目 录
CONTENTS

1 背 景
2 方案与结果分析
3 工业化应用
4 结 论

四、结论

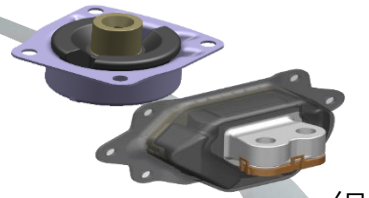
- 1、商用车发动机低怠速低排放趋势要求橡胶悬置同时具备低动静比、高可靠性。
- 2、半有效硫化体系下的合理配方最适于达成低动静比、高可靠性目标。
- 3、动静比会随着橡胶硬度的提升而变高，综合分析45～55（邵尔A）的橡胶硬度最适合于目标的达成。
- 4、橡胶硬度被限制的情况下，更需要轻量化、性能全面覆盖的动力总成悬置产品结构设计。
- 5、掌握从材料配方到产品结构，从整车子系统分析到系统化验证的全面开发能力，是一流橡胶悬置供应商的必备能力。

十堰东森汽车密封件有限公司

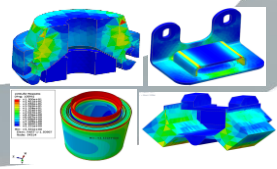
东风实业有限公司
DFI DONGFENG INDUSTRIAL CO., LTD.

动力总成质量和
惯性参数测试

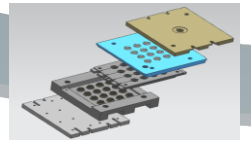
系统匹配计算和28种工况计算



组件设计

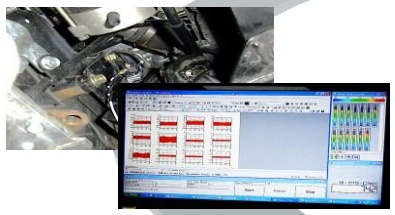


组件有限元计算分析



工艺设计和样品制作

组件测试



整车试装和NVH调试

我们致力于为客户提供全套设计方案

十堰东森致力于为客户提供高性能、长寿命的橡胶减振系统和产品

- 为此，十堰东森建立了全套的商用车动力总成悬置系统开发能力，从动力总成惯性参数测试到有限元分析、NVH调试，提供全套系统设计方案，具备与主机厂开展同步开发的技术实力。
- 与此同时，还可提供七大类五十余种商用车动力总成悬置软垫用于选配。

联系人：李国洪

手机号：13593717545

邮　箱：ligh@dsmfj.com

THE END

东风实业有限公司
DFI DONGFENG INDUSTRIAL CO., LTD.

一流实业 未来实业 美好实业

World class Future-oriented Harmonious

东风实业版权所有 不得擅自对外使用