



发动机冷却系统EPDM胶管 性能提升及质量改善

报告人：张运东
作者：张运东、杨丹、
陶骏、张水平
部门：东风商用车有
限公司技术中心
时间：2019
一般资料（√）
部门机密（ ）
公司机密（ ）

- 一. 背景简介
- 二. 现状
- 三. 改进技术方案及措施
- 四. 试验验证及效果检查
- 五. 结论

一、背景介绍

随着商用车动力增强、排放要求趋严，发动机的散热量不断增加，对汽车发动机冷却系统的性能要求越来越高，导致传统冷却系统橡胶软管泄露、开裂及爆破等故障频发。因此，必须针对胶管使用工况的改变对胶管的性能进行全面提升和改进。



变速箱冷却供水
软管卡箍处爆破



高寒地区散热
器胶管渗漏



缓速器胶管
爆破

1、泄露故障分析

泄露故障：不同车型泄露比率分别达到10%~25%，产生的原因包括部品问题（35%）、配合问题（29%）、其它综合问题（25%）等。

漏水主要原因：部品箍拧紧处橡胶不回弹导致箍紧力下降、卡箍可靠性低功能失效、配合过盈量偏小、钢管失圆或胶管内壁不平等等导致的泄露等等。

。

2、工况分析

冷却系统管路温度压力测试：
冷却管路水温范围：100℃~120℃，
压力范围（除水箱水管）：20kPa~
81kPa。



二、现状

3、部品分析



进水胶管



散热器进水胶管



散热器回水胶管



回水胶管



回水胶管



膨胀水箱回水胶管



膨胀水箱回水胶管



燃油箱加热水管

二、现状

3、部品分析

编号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
样品来源		进口1#			进口2#				国产		
名称		散热器 进水胶 管	散热器 回水胶 管	膨胀水 箱回水 胶管	进水胶 管至节 温器	进水 接平衡 水箱	回水 发动机 与副水 箱	回水 散热器 与膨胀 水箱	膨胀水 箱回水 胶管	燃油箱 加热水 管	
材 料	内层	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	
	外层	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	EPDM	
成 分	可挥发 &萃取低 分子有机 物	内层	7.3	7.4	4.9	9.3	12.5	7.7	11.5	24.2	12.8
		外层	7.3	4.7	4.5	9.8	12.9	9.5	11.0	22.3	15.0
	橡胶	内层	50.2	51.2	50.3	52.9	53.3	55.4	52.2	26.7	22.4
		外层	50.3	49.8	40.1	52.9	50.1	54.5	52.4	26.8	24.2
	碳黑	内层	36.5	37.8	41.6	34.8	34	35.5	34.8	38.8	41.7
		外层	36.4	36.4	35.4	35.2	35.5	35	34.8	36.8	34
	杂质& 无机物	内层	7.3	4.7	3.6	3.9	0.8	1.8	1.7	10.3	26.7
		外层	7.2	8.7	20.2	3.8	1.7	1.5	2.0	14.3	23.9
增强材料		AR	AR	AR	AR	AR	AR	AR	PET	PET	

二、现状

3、部品分析

编号		1		2		3		4		5		6		8	
样品来源		进口1#						进口2#						国产	
名称		散热器进水胶管		散热器回水胶管		膨胀水箱回水胶管		进水胶管至节温器		进水接平衡水箱		回水发动机与副水箱		膨胀水箱回水胶管	
		内	外	内	外	内	外	内	外	内	外	内	外	内	外
内径*壁厚		φ60*4.8		φ60*4.8		φ18*5.0		φ48*5.0		φ21*3.5		Φ17.6*3.5		φ29*4.4	
硬度	室温	58	58	60	56	61	68	58	59	60	58	59	58	67	65
	-10℃	68	71	66	65	58	78	65	69	65	68	62	61	80	71
	-25℃	70	76	71	72	66	83	61	63	63	69	65	64	83	78
拉伸强度		16	16	16	14	12	12	16	16	17	17	16	16	8.2	9
断裂伸长率		360	340	380	350	310	280	350	350	400	390	390	380	250	290
层间粘接强度		5700		5700		4700		6400		3900		4300		3300	
压变	100℃×72h	17.6		15.6		15.2		27.2		42.3		50.8		78.8	
	-40℃×24h	83.4		80		82		48		32		46.8		95	
动态模量	室温	15	7	18	6	22	-	18	11	8		10	-	32	13
	-10℃	27	15	31	12	47	-	26	18	12		16	-	79	34
	-25℃	47	27	49	21	85	-	39	28	19		27	-	170	147
Tg℃		-47	-47	-47	-48	-44		-49	-49	-49		-46		-43	-44

4、密封影响因素分析

(1) 卡箍拧紧力矩对密封性的影响:

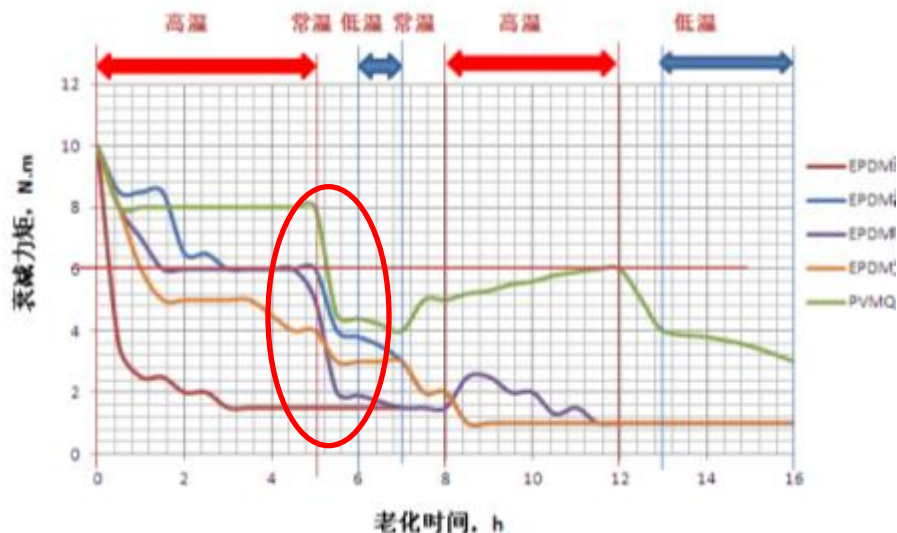
试验方法: 管内压0.3MPa, 初始拧紧力矩10N.m, 力矩每次下降0.5N.m, 记录泄露扭矩;

试验结果: 扭矩3.5N.m以下时, 组合件出现泄漏, 1N.m以下时, 90%产品出现泄露。

(2) 高低温循环条件下卡箍力矩衰减:

试验方法: 120°C/5h → 室温/1h → -40°C/4h → 室温/1h → 为一个循环试验

试验结果: 2小时内力矩衰减40%~80%, 硅胶管相对缓慢。降温后力矩快速下降, 高温时力矩有所恢复。泄露一般发生在向低温转换期间



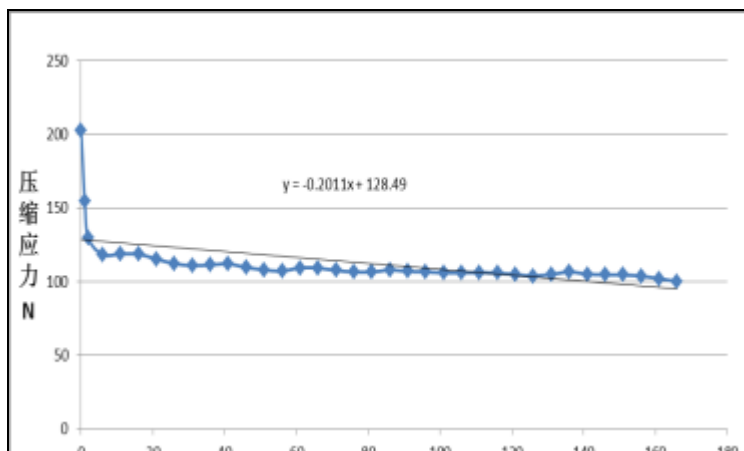
4、密封影响因素分析

(3) 应力松弛的影响:

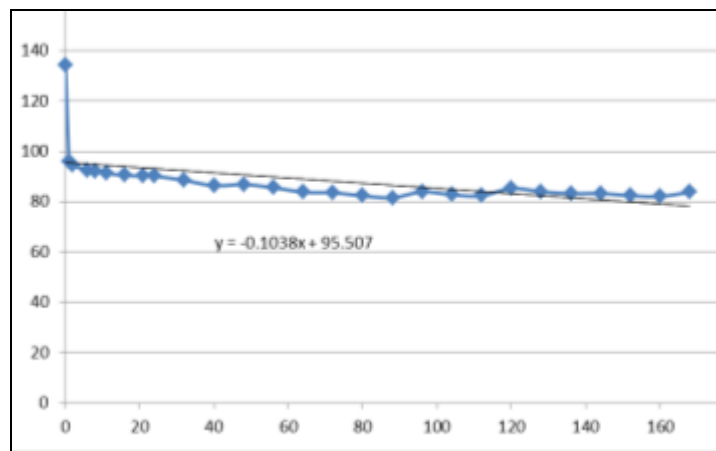
壁厚为单层：初始6个小时内，压缩应力6小时松弛近50%，之后松弛速度下降并趋于稳定

壁厚为双层：应力初始值降低34%，压缩应力6小时松弛近31%，之后松弛速度下降并趋于稳定

说明：1、应力松弛主要发生在初始的6小时之内；2、适度增加壁厚可减少应力松弛速率；3、合适的初始拧紧力矩其衰减速率反而较小。



单层壁厚压缩25%



双层壁厚压缩25%

5、改善技术方向

(1) 胶管产品：

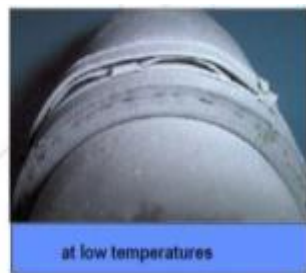
提升橡胶材料抗压缩永久变形的能力；

提升橡胶材料低温性能（低温压缩永久变形）；

提升橡胶材料耐高温性能（高温爆破及高温老化后胶料的硬度变化）；

适度增加胶管壁厚，并保证内、外胶层厚度差异不要过大；

提升产品抗爆及耐温能力，使用高强度、耐高温纤维增强层；



(2) 配合：

合理配置胶管、钢管及卡箍装配标识，保证胶管空间位置的正确无误；

适度增加配合的过盈量；

取消双钢丝卡箍，采用带应力补偿的德式或美式卡箍并确定装配扭矩，外径较小时采用弹性卡箍；

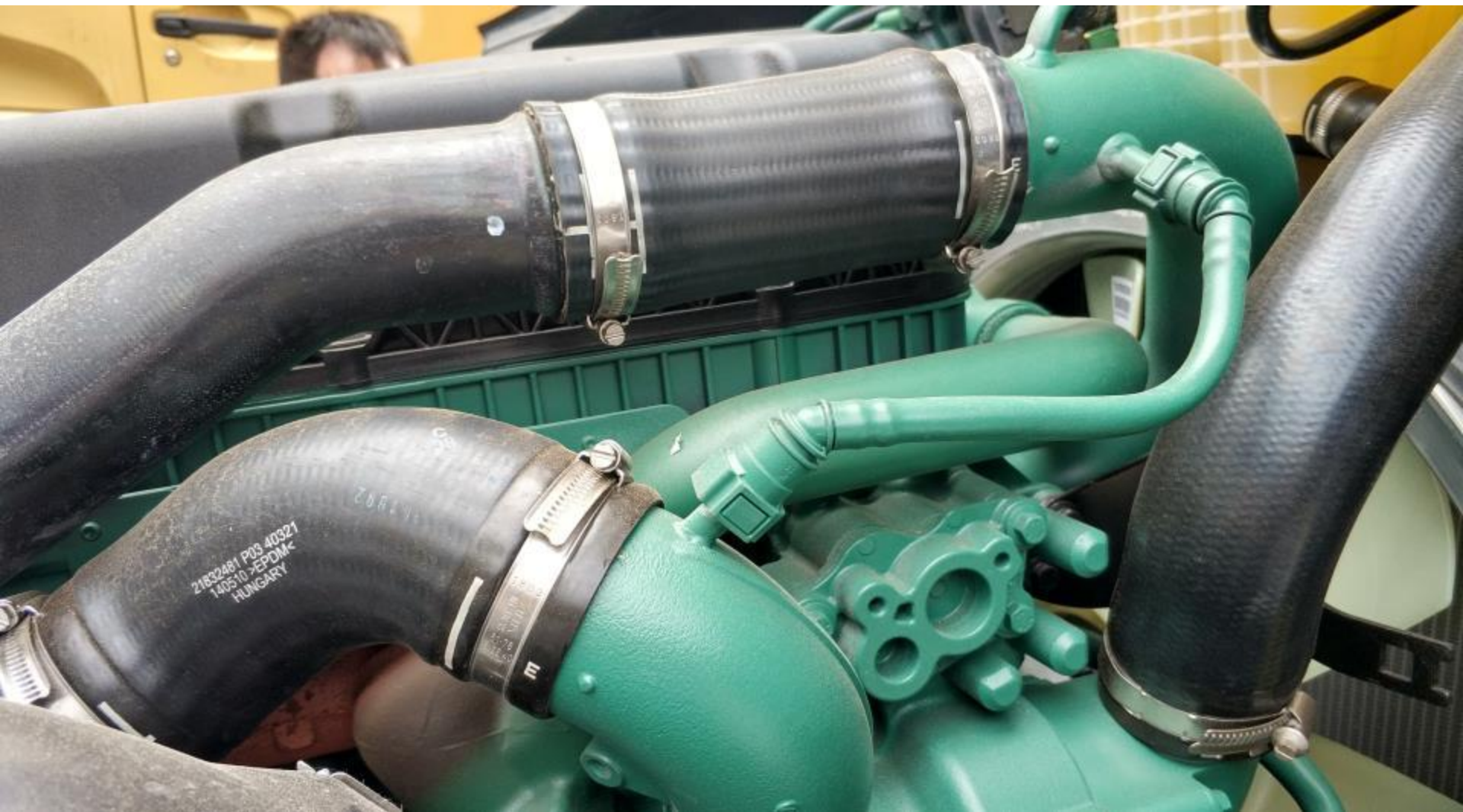
保证胶管内壁平滑，连接钢管无毛刺不失圆；

条件允许时，可考虑对卡箍增加一次力矩调教。



二、现状

5、改善技术方向



1、配方及工艺改善技术方案

➤ 配方改善

- (1) 选用中等乙烯含量EPDM，较大门尼，含胶率 $\geq 45\%$
- (2) 使用过氧化物硫化并作防焦处理，提升材料的耐温性能，胶管的极限使用温度范围提升至 $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ；
- (3) 使用进口加工助剂，利于材料分散，改善挤出，同时消耗过氧化物残余的自由基提升硫化速度；



- (4) 选用中粒子及软质炭黑利于压变性能的提升；
- (5) 增塑剂采用分子量及粘度较大的品种，降低高温环境下增塑剂挥发导致胶料硬度上升过大。

1、配方及工艺改善技术方案

➤ 工艺改善

(1) 硫化工艺条件改善，硫化压力由0.5MPa提高到0.7MPa，硫化温度由150℃提高到170℃，硫化时间缩短为40min；

(2) 专用工装设计，提高定长、裁断及画线标识的准确性及质量。



划线工装



用划线工装定长划线



刀片



2、骨架材料改善技术方案

- (1) 采用高强度、低伸长率的芳纶线替代聚酯线增强，提升产品安全系数；
- (2) 调整编织机编制针数，降低产品压力下的膨胀率，提升产品的可靠性。

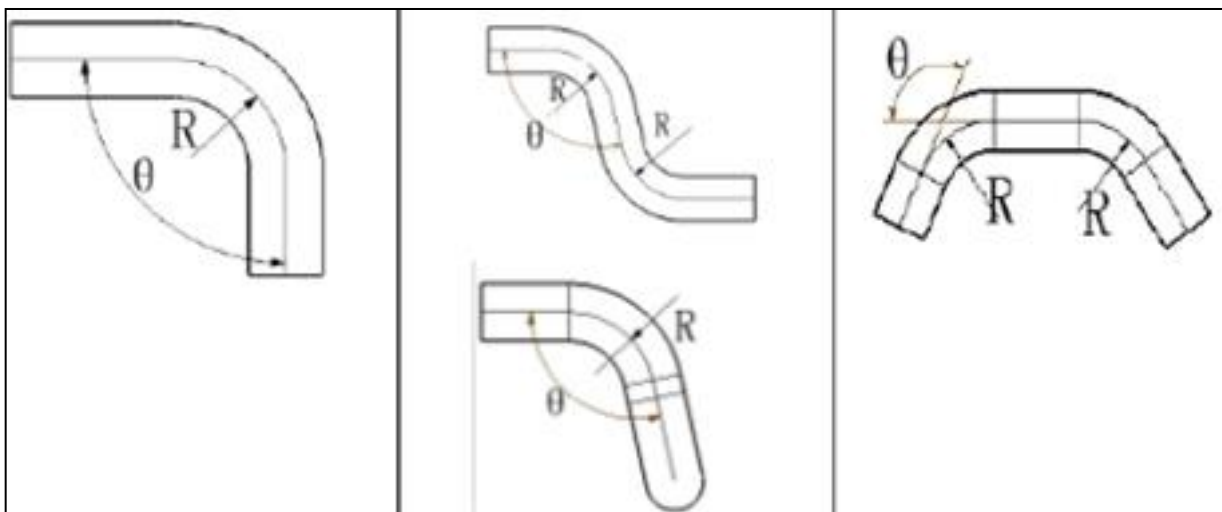


目标：普通冷却水管爆破压力值提升15%~20%，高温爆破压力降低率不超过15%~20%；

针对缓速器胶管，膨胀率较普通胶管低50%，爆破压力值提升50%。

3、结构改善技术方案

优化定型胶管空间结构，避免弯曲半径过小及空间结构过于复杂造成脱模困难或增强层损伤，导致软管安全系数下降。

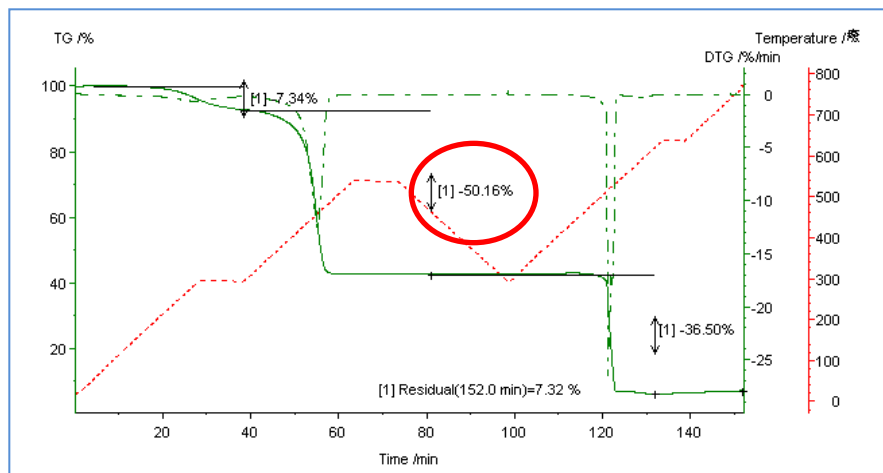


按设计规范，控制好转弯半径 R 、胶管内径 D 及转角 θ 之间的关系

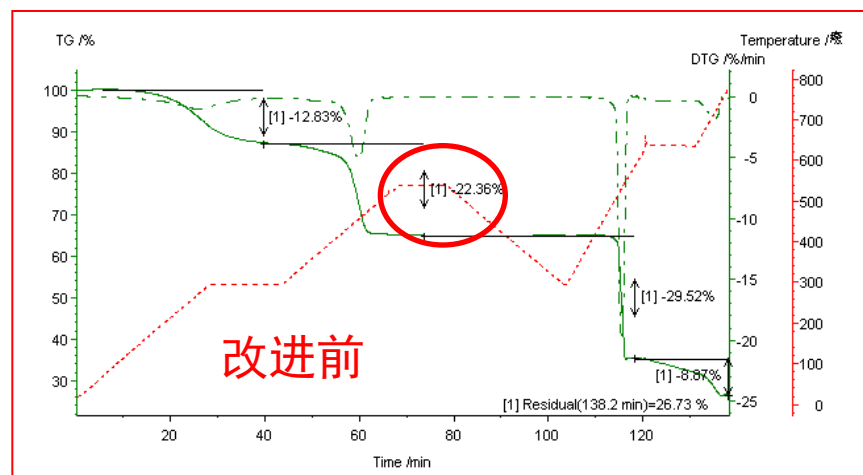
四、试验验证及效果检查

1、试验验证

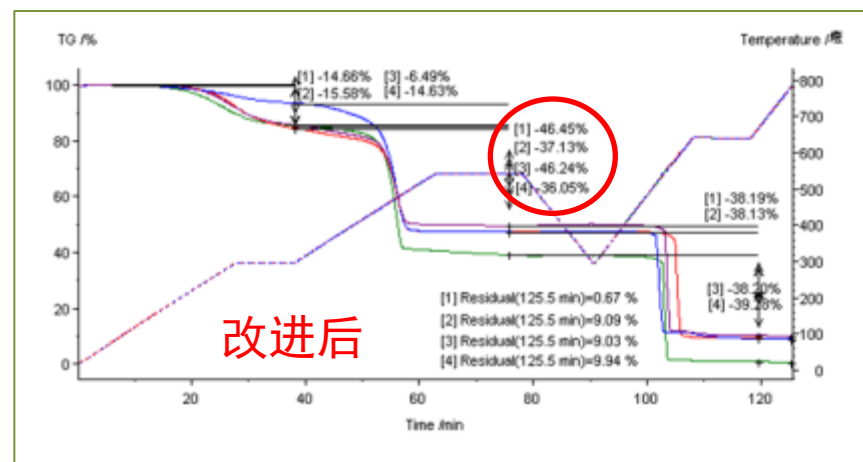
(1) 含胶率的变化



进口件



改进前



改进后

四、试验验证及效果检查

1、试验验证

(2) 物理机械性能的变化

编号	1		2		3		4		5	
样品来源	进口1#		进口2#		国产1#		国产3#		国产改进前	
名称	散热器进水胶管		进水胶管至节温器		散热器出水管		缓速器出水胶管		膨胀水箱回水胶管	
橡胶层	内	外	内	外	内	外	内	外	内	外
内径*壁厚	φ60*4.8		φ48*5.0		φ50*5.0		φ60*5.0		φ29*4.4	
硬度, shoreA	58	58	58	59	71	67	70	66	67	65
拉伸强度,MPa	16	16	16	16	10.5	11.8	12	12.6	8.2	9
断裂伸长率,%	360	340	350	350	290	560	370	450	250	290
层间粘接强度,N/m	5700		6400		3400		4100		3300	

四、试验验证及效果检查

1、试验验证

(3) 耐老化或耐温性能的变化

编号		1	2	3	4	5
样品来源		进口1#	进口2#	国产1#	国产2#	国产改进前
名称		散热器进水胶管	进水胶管至节温器	散热器出水管	缓速器出水胶管	膨胀水箱回水胶管
橡胶层		内 外	内 外	内 外	内 外	内 外
内径*壁厚		φ60*4.8	φ48*5.0	φ50*5.0	φ60*5.0	φ29*4.4
热空气老化 150℃ ×168h	硬度变化, shoreA			+13	+12	+16
	强度变化率, %			+15 +11	+10 +8	-2.3 +5
	伸长率变化率,%			-25 -15	-20 -18	-52 -60
压缩永久变形	100℃×72h, %	17.6	27.2	30	34	78.8
	-40℃×24h, %	83.4	48	66	60	95

改进后产品压缩永久变形性能，高温提升50%，低温提升30%；产品的使用环境温度范围由（-30~120）℃，拓展至（-40~150）℃。

四、试验验证及效果检查

1、试验验证

产品抗爆压力，普通胶管提升70%，缓速器胶管提升130%；缓速器胶管膨胀率下降50%；

(4) 产品性能的变化

编号	3	4	5
样品来源	国产1#	国产2#	国产改进前
名称	散热器出水管	缓速器出水胶管	膨胀水箱回水胶管
内径*壁厚	φ50*5.0	φ60*5.0	φ29*4.4
胶管膨胀率，%	12.5	6.6	14.7
爆破压力，MPa	1.35	2.15	0.9



四、试验验证及效果检查

2、效果检查

寒区



高原

- 1、技术方案及改善措施有效，胶管泄露比率下降至6%以下；
- 2、产品性能大幅提升，满足现阶段整车使用工况要求；
- 3、密封性能影响因素
 - (1) 保持较高比率的含胶率是产品密封性能的基础；
 - (2) 过氧化物硫化及合适的硫化工艺可有效改善材料高、低温环境下的各项性能。而提升高、低温环境下压缩永久变形性能是提升产品密封性能的关键因素之一；
 - (3) 合适的胶管壁厚可提高产品的密封性能；
 - (4) 保证各零部件准确、可靠的配合是产品密封性能的保证。

技术规范：

- 《卡箍选型规范》
- 《冷却系统用胶管技术条件》
- 《冷却系统钢管、胶管匹配设计准则》



Thank you!

Customer
Value
Technology
Cooperation

客户
价值
技术
合作