

先进的汽车雨刮器胶条测试分析

本次评估随机选择了三个商用雨刮器胶条品牌。这三个品牌都使用以天然橡胶为基础聚合物的雨刮器胶条配方。

本次评估使用了2022年福特F150挡风玻璃。挡风玻璃按照OEM角度和规格安装在通用雨刮器测试台中（图1）。挡风玻璃配备有匹配的联动系统，并连接到受控电机和动力系统。福特F150挡风玻璃系统需要一套22英寸的雨刮器胶条。

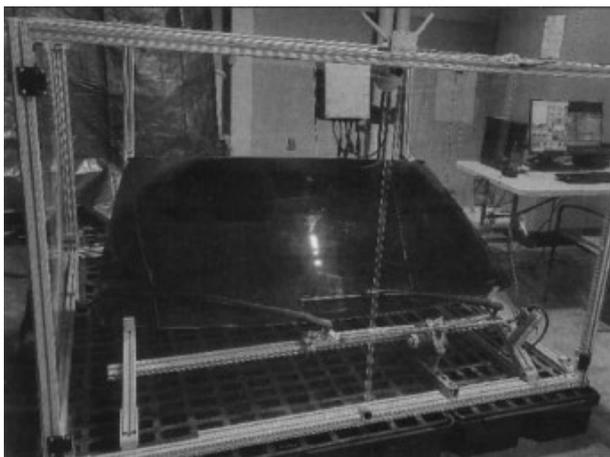


图1 根据原始设备制造商，挡风玻璃安装在通用雨刮器测试台上的角度和规格

耐久性测试按照 sAEJ903标准进行。以预定的时间间隔对雨刮器性能进行目视检查。根据以下标准分配了雨刮器性能排名。雨刮器接受了使用快速和慢速雨刮器速度的测试序列。在这项研究中，每个测试序列包括360 s的雨刮，然后是60 s的无雨刮，最后是20 s的无雨刮（雨刮器处于驻车模式）。第一个测试序列以每分钟55次循环的快速完成。接下来的四个序列以每分钟40~45次周期的慢速完成。然后在测试期间重复一个快速序列和四个慢速序列的程序，直到雨刮器经历了所需的循环次数。

耐久性测试按照 sAEJ903标准进行。按照预定的时间间隔对雨刮性能进行目测。根据下列标准对雨刮性能进行排名。对雨刮进行了快慢两种速度的测试序列。在这项研究中，每个测试序列包括360 s有雨擦拭，然后是60 s无雨擦拭，最后是20 s无雨无擦拭（雨

刮处于驻车模式）。第一个测试序列以每分钟55次的快速速度进行。接下来的四个测试序列以慢速进行，即每分钟40~45次。在整个测试过程中，重复进行一次快速测试和四次慢速测试，直到雨刮达到所需的循环次数。

雨刮性能排名标准如下：

(1) 10: 擦拭图案中无可见残留水；无可见条纹或颤动线。

(2) 9: 一条或两条细小的条纹（每条宽度小于3 mm）；刮水器通过3 s后仍看不到条纹；看不到颤动线。

(3) 8: 三条或更多细小条纹（每条宽度小于3 mm）；刮水器通过后3 s内无可见条纹；或涂抹物在1 s内蒸发；无可见颤动线。

(4) 7: 擦拭图案的涂抹时间在1~3 s之间，和/或一条细小条纹（<3 mm）停留3 s以上；无明显颤动。

(5) 6: 轻微的径向线（每条<6 mm宽）作为颤振的证据，或一条持续3 s以上的条纹（3~6 mm宽的）。

(6) 5: 带状（<25 mm宽）或条纹（3~6 mm宽）持续3 s以上；轻微的径向线（每条<6 mm宽）作为颤振的证据，或单条条纹（3~6 mm宽）持续超过3 s。

(7) 4: 刮水器通过后，一条宽大的条纹或涂抹带（宽度大于25 mm）持续3 s以上，和/或主要径向颤动线（每条宽度大于6 mm）。

(8) 3: 主要条纹（每条宽度大于6 mm）在刮水器通过后保持3 s，以及主要径向颤动线（每条宽度大于6 mm）。

(9) 2: 未擦拭区域或完整图案条纹或完整图案颤动线。

(10) 1: 大部分未擦拭图案和主要条纹。

1 雨刮器胶条调试

本次评估中使用了六种不同的雨刮器胶条条件。在测试之前，将三个选定品牌的雨刮器胶条在23 °C和

50%相对湿度 (Rh) 下静置24 h。这些雨刮器胶条将被称为每个品牌的对照雨刮器胶条。

测试雨刮器液兼容性的雨刮器胶条在室温下, 在额定保护温度为-29 °C的冬季配方挡风玻璃洗涤液中调试72 h。

测试盐水兼容性的雨刮器胶条在室温下在5%盐度的盐水溶液中调试168 h。

测试耐臭氧性的雨刮器胶条在40 °C下暴露于50 ppm的臭氧中72 h。在调试过程中, 雨刮器胶条没有受到应变。

测试热性能的雨刮器胶条在54 °C下调试4 h, 然后立即进行测试。

测试冷性能的雨刮器胶条在-29 °C下调试4 h, 然后立即进行测试。

2 雨刮器雨刮器胶条测试

本次评估使用了六种不同的雨刮器胶条状态。测试前, 三个选定品牌的雨刮器胶条在23 °C和50%相对湿度 (Rh) 条件下放置24 h。这些雨刮器胶条将被称为各品牌的对照雨刮器胶条。

雨刮器液兼容性测试的雨刮器胶条在室温下在额定保护温度为-29 °C的冬季配方挡风玻璃清洗液中浸泡72 h。

盐水兼容性测试的雨刮器胶条在含盐量为5%的盐水中室温下放置168 h。

耐臭氧测试的雨刮器胶条在40 °C、50 ppm的臭氧中暴露72 h。在调试过程中, 雨刮器胶条没有受到任何压力。

热性能测试的雨刮器胶条在54 °C下放置4 h, 然后立即进行测试。

进行低温性能测试的雨刮器胶条在-29 °C条件下放置4 h, 然后立即进行测试。

3 对照组结果

所有三个品牌的对照雨刮器胶条 (在标准实验室环境中进行调试) 在耐用性排名 (表1) 和能耗 (图2) 方面的测试结果都在很小的范围内。

品牌A和品牌C在测试过程中更快出现条纹问题, 导致耐用性得分随着循环次数的增加而降低。品牌B在大部分测试过程中都保持了较高的能耗, 但在耐久性条纹测试中表现最好。

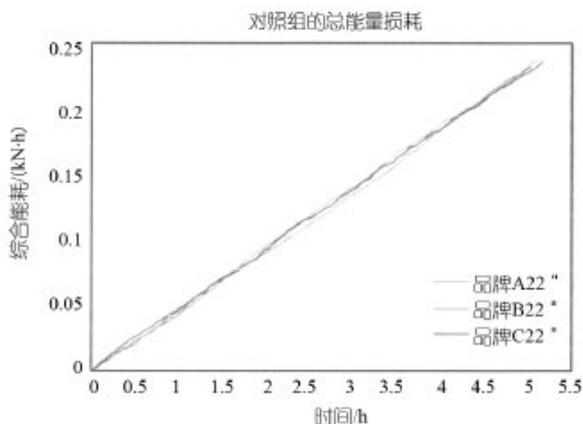


图2 对照雨刮器胶条的能耗

表1 对比刮片耐久性等级

周期计数	未老化雨刮性能排名		
	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	10	10	10
1 000下降	9	10	10
1 000次上升	9	10	9
2 000次下降	9	10	9
2 000次上升	9	10	9
5 000下降	9	9	8
5 000上升	8	9	8
10 000下降	8	9	8
10 000上升	8	9	8

4 雨刮器清洗液的调试结果

当风挡清洗液在23 °C下暴露24 h后, 所有三种品牌的体积都略有减少 (表2)。

表2 雨刷片液产生的体积膨胀

体积膨胀/%	在23 °C的雨刮器胶条液中预处理24 h		
	品牌A	品牌B	品牌C
	-2.57	-3.45	-5.06

表3 雨刷液的条件耐久性排名

周期计数	室温下在清洗液中预处理72 h		
	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	10	10	10
5 000次下降	9	10	9
5 000次上升	8	9	8
10 000次下降	8	9	8
10 000次上升	8	9	8

三个品牌的雨刮性能差异与对照测试结果相似, 排名见表3。品牌B的性能仍然略好于品牌A和品牌C。

同样, 在整个测试过程中, 品牌B再次保持了较高的能耗 (图3)。与对照组相比, 雨刮器液老化样本的能耗差距更大, 尽管最终的总能耗与对照组相似。

5 盐水预处理结果

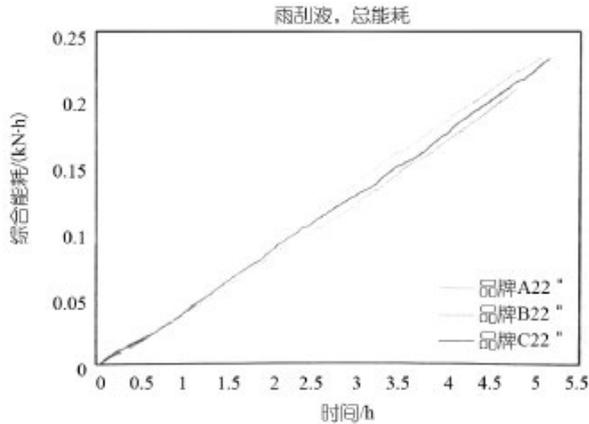


图3 雨刮液能耗调试

在含盐量为5%的盐水溶液中进行预处理的雨刮器胶条在耐久性能方面表现出更大的差异。性能排名见表4。在这些条件下，C品牌的性能优于A品牌和B品牌。

同样，在这些条件下，耐久性能领先的雨刮器胶条耗能也最快（能耗曲线的斜率最陡）。盐水老化雨刮器胶条的能耗曲线（图4）比雨刮器液老化试品的能耗曲线更接近。总能耗仍在与对照雨刮器胶条相同的范围内。

表4 盐水条件下的耐久性排名

在盐水中室温预处理168 h			
周期计数	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	10	10	10
5 000次下降	9	9	10
5 000次上升	8	9	9
10 000次下降	8	8	9
10 000次上升	7	8	9

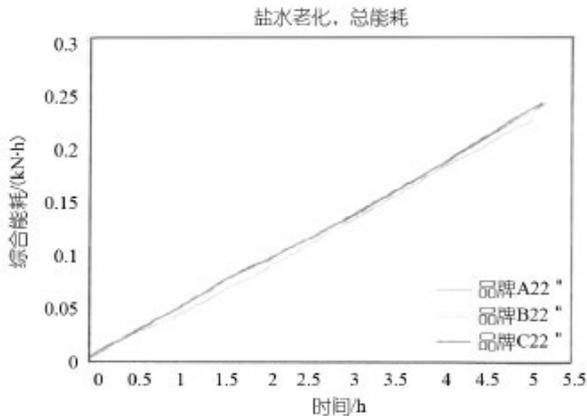


图4 盐水调试能耗

6 臭氧处理结果

臭氧条件下的雨刮器胶条系列是第一个耐久性

排名最高而能耗不是最高的方案。从耐用性和条纹性能的角度来看，C品牌的累计得分略高于B品牌（表5）。

表5 臭氧条件下的耐久性排名

在50pp hm臭氧条件下于104F温度下预处理72 h			
周期计数	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	9	9	9
5 000次下降	8	9	9
5 000次上升	8	8	9
10 000次下降	7	8	8
10 000次上升	7	8	8

只有A品牌雨刮器胶条在臭氧处理后雨刮器胶条边缘出现微裂纹。所有三个品牌的变色程度相同。A品牌雨刮器雨刮器胶条出现微裂纹，耐久性排名最低，但能量消耗最快，能耗最高。B品牌的耐久性排名居中，能耗最慢，能耗最低（图5）。所有三个品牌的总能耗都略高于对照雨刮器胶条。

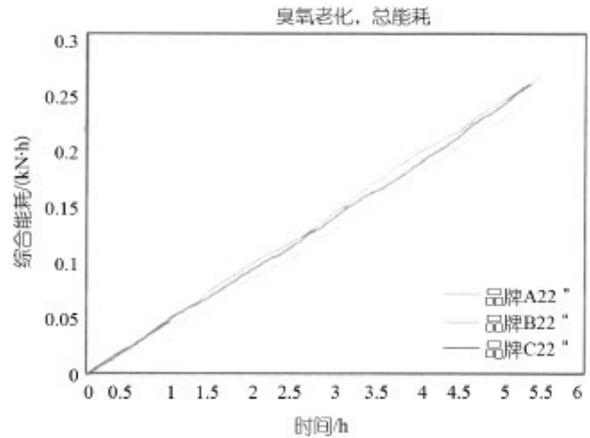


图5 臭氧调试能耗

7 热雨刮测试结果

热雨刮测试表明，三种品牌的能耗差异较大。在54℃下预处理4 h后，立即将热雨刮器胶条放在测试台上，开始循环测试。在耐用性排名中，B品牌略胜于C品牌（表6）。

在热雨刮分析中，能耗排名正好相反。耐用性得分最低的品牌A的能耗最快也最高。耐用性排名第一的B品牌能耗最低（图6）。品牌A和品牌B之间的差距是本研究中观察到的最大差距。

表6 热雨刷耐用性排名

在54℃预处理4 h			
周期计数	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	10	10	10
1 000次下降	9	10	10
1 000次上升	9	10	9
2 000次下降	9	10	9
2 000次上升	8	10	9

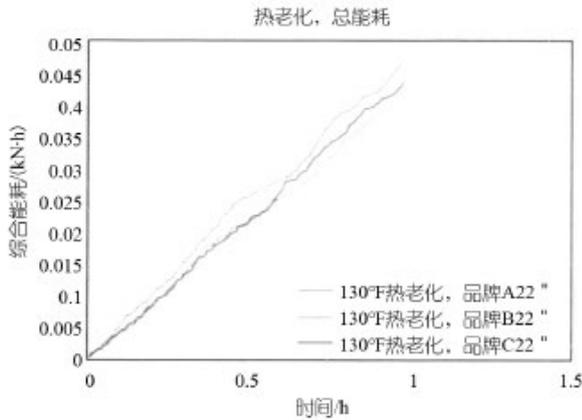


图6 热雨刮器能耗

8 冷雨刮测试结果

与热雨刮测试雨刮器胶条类似，冷雨刮测试将雨刮器胶条在-29℃条件下放置4 h后立即进行安装和测试。结果表明，耐用性与能耗之间的相关性与热刮结果类似。耐用性排名见表7，能耗数据图表见图7。

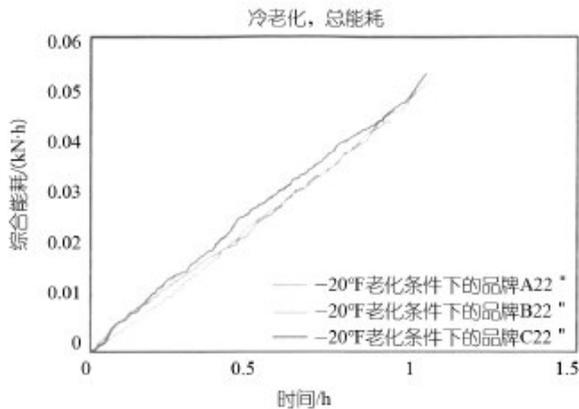


图7 冷雨刮器能耗

表7 冷雨刷耐用性排名

在-29℃下预处理4 h			
周期计数	品牌A	品牌B	品牌C
0个周期	10	10	9
1 000次下降	9	9	9
1 000次上升	9	9	9
2 000次下降	9	9	9
2 000次上升	9	8	8

在耐久性分析中，品牌A的表现优于其他两个品牌；然而，三个品牌的结果非常相似。A品牌消耗的能量最少，但在耐用性方面表现最好，这与B品牌消耗的能量最少，但在热雨刮测试中表现最好的情况类似。

9 比较结果

在所有条件下，B品牌的平均累计耐用性得分最高。品牌A和品牌C的累计得分相近（表8）。与对照组相比，热雨刮条件对能耗的影响最大（表9）。与对照组相比，臭氧对平均能耗结果的影响次之。

表8 所有条件下擦拭性能排名的耐久性比较

测试	品牌A	品牌B	品牌C
对照组 (2 000次循环)	9	10	9
对照组 (10 000次)	8	9	8
臭氧老化 (10 000次)	7	8	8
冷老化 (-29℃) (2 000次)	9	8	8
热老化 (54℃) (2 000次)	8	10	9
盐水老化 (10 000次)	7	8	9
雨刮液老化 (10 000次)	8	9	8

表9 能源消耗总量 (kW·h) 比较

测试	品牌A	品牌B	品牌C
对照组(2 000次循环)	0.041	0.045	0.046
(10 000次)	0.231	0.237	0.235
臭氧老化 (10 000次)	0.265	0.241	0.257
与对照组相比的变化百分比变化/%	14.9	1.8	9.5
冷老化 (-29℃) (2 000次)	0.041	0.048	0.050
与对照组相比的百分比变化/%	0.6	6.3	8.9
热老化 (54℃) (2 000个循环)	0.046	0.037	0.043
与对照组相比的百分比变化/%	11.0	-17.4	-6.7
盐水老化 (10 000次)	0.224	0.241	0.239
与对照组相比的百分比变化/%	-2.8	1.8	1.8
雨刮液老化 (10 000次循环)	0.214	0.237	0.237
与对照组相比的百分比变化/%	-7.1	0.1	1.0

在热雨刮分析中，有一种趋势是耐用性越低，能耗越高。对于经过臭氧处理的试品，耐久性能和能耗之间的相关性没有那么强；但性能最差的试品能耗仍然最高。

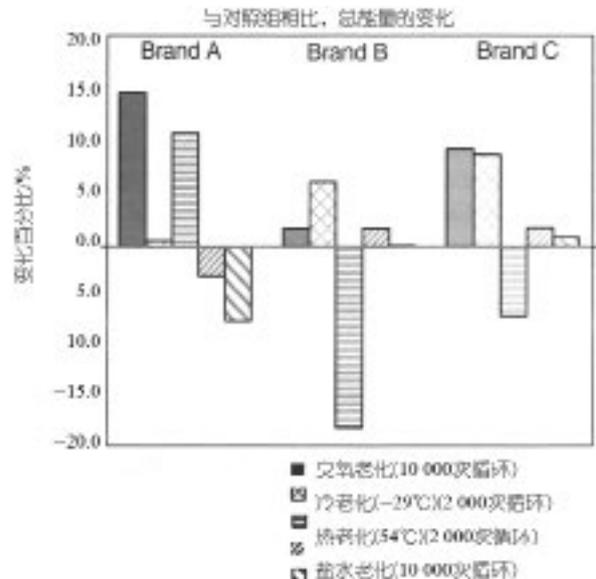


图8 能源消耗变化与对照组对比

如果不考虑热雨刮测试的结果，品牌B在所有调试方法中与对照组的能耗偏差最小，这是因为热擦拭会产生额外的变化。如果将所有调试方法都包括在内，品牌C的能耗与对照组的累计偏差最小（图8）。

项研究，耐久性和能耗之间的相关性在冷热条件下都最佳。另外，还需要进一步分析以确定雨刮器胶条从长期循环到失效的过程中能耗是如何相互关联的。

译者：章羽

原文：RUBBER WORLD No.4/2024,by Erick Sharp,Rodney Armstrong and Ashley Timms,ACE Laboratories

10 结论

雨刮性能/耐用性与能耗之间的相关性因雨刮器胶条的调试而异。摩擦系数可能是这种相关性的第三个重要组成部分，应在今后的研究中进行评估。根据这



（上接第 8 页）

表6 根据ASTMAA-59588B标准，70硬度片状成型材料中标准尺寸的霞石和研磨结晶二氧化硅扩展剂的比较

规格 ASTM方法	硬度为70的片状成型材料			限制
	AA-59588B 测试	GCS15	NS15	
	外观	通过	通过	通过/未通过 报告
D792	SG (g/cc)	1.42	1.41	65至75
2240	硬度 (A)	67	68	650最低
D412	拉伸 (psi)	860	894	最低80
D412	伸长率 (%)	352	340	报告
D412	模量100%	442	486	报告
D624	撕裂强度, PPI模具B	116	112	报告
D395方法B, 150 °C70 h	压缩永久变形 (%)	13.4	13.1	最高25
		D573, 225 °C70 h		
	耐干热性, 硬度变化(点)	0.4	+2.6	最大+10
	拉伸变化(%)	+5.5	+4.0	最大-20
	伸长率变化(%)	-49.9	-44	最多-40
D2137, 62.2 °C时	耐低温性			
	脆性	通过	通过	通过/未通过
D471, 100 °C70 h	水浸泡			
	体积变化	-0.32	0.0	最高+5

用中的使用已有三十多年的历史。新产品优势在于霞石在弹性体和填充聚合物系统中的性能优势，这些优势正在得到更充分的发掘。

合对加工磨损敏感的挤出和注塑应用，这些应用通常无法用于填充，但可以使用正确的材料解决方案。

译者：章羽

原文：RUBBER WORLD No.4/2024,by Erick Sharp, Rodney Armstrong and Ashley Timms, ACE Laboratories

未来的工作将考虑霞石烯增塑剂的化学纯度特性，以确保其在铂催化体系中的可靠性；并扩大现有牌号和新牌号的应用测试范围。更细的表层尺寸可改善物理特性，从而提供超低磨损特性，该材料非常适

