

白炭黑用于降低轮胎滚动阻力的研究

Bomal Y¹, Touzet S¹, Barruel R², Cochet Ph², Dejean B²

(1. Aubervilliers France; 2. Collonges France)

摘要: 轮胎材料的设计者在轮胎胎面中使用了沉淀法白炭黑和溶聚聚合物似乎成功地得到了低的滚动阻力和高的湿路面行驶性能。但滚动阻力仍需要进一步改善,而沉淀法白炭黑可能还是解决这个问题的要素之一。配合沉淀法白炭黑的胶料,尤其是配合高分散性白炭黑,可以改进轮胎的滚动阻力和许多轮胎部件的其它性能。我们认为它不但有助于满足轿车轮胎,而且也有助于满足其它种类轮胎新的低滚动阻力要求。

关键词: 轮胎;沉淀法白炭黑;滚动阻力;溶聚丁苯橡胶

中图分类号: TQ330.38⁺1; TQ336.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2002)06-0358-06

现在欧洲汽车制造商已经在轮胎性能技术规范中包含了对滚动阻力的要求。因此,轮胎制造商将花大量精力致力于改善轿车轮胎的滚动阻力。不同的选择可能是:降低断面高宽比,提高充气压力,减小质量,采用新结构、新材料等。在这些措施中,轮胎配方设计者通过在轮胎胎面胶中使用沉淀法白炭黑和溶聚聚合物似乎是得到了低滚动阻力和高的湿路面行驶性能。

滚动阻力仍需要改善。轮胎制造商不得不精心设计他们的轮胎,以便能满足新的低滚动阻力的要求。精心设计意味着要为所有的轮胎部件提供最少量且最适宜的材料,而沉淀法白炭黑可能是解决这一问题的要素之一。其它种类的轮胎,如冬季轮胎和全天候轮胎、载重子午线轮胎或推土机轮胎,也是全部使用白炭黑配合的潜在用户。

1 滚动阻力

滚动阻力占一辆轿车向前运动阻力的 18%~30%(见表 1)。据 Hueda 计算,如果一辆汽车的发动机损耗占能量消耗的 40.6%,那么滚动阻力就占燃料消耗的 14.4%。同样,Trono 认为滚动阻力占燃料消耗的 14%~17%,也就是 30%的滚动阻力可以引起大约 4.5%,甚至可以高达 6%左右的燃料消耗。发动机效率的任何改进都会增加滚动阻力对燃料消耗的影响。

粘弹性的帘线和橡胶内的滞后损失是滚动阻力的最大贡献者,85%~95%的滚动阻力是它们

表 1 轿车向前运动的阻力 %

项 目	滚动阻力	车体空气动力阻力	内摩擦阻力	惯性阻力
城内速度				
(19 km·h ⁻¹)	30	10	13	47
综合速度	24	10	18	48
城外速度				
(63 km·h ⁻¹)	24	47	8	21
主干道速度	24	37	18	20
稳定速度				
90 km·h ⁻¹	27	58	15	0
120 km·h ⁻¹	18	74	8	0

引起的。因此改善轮胎材料的粘弹性能是降低滚动阻力的有效途径。由胎面在路表面的滑动引起的损耗占总损耗的 5%~10%,由于空气动力学的原因造成的轮胎摩擦阻力占总损耗的 0~5%。胎面花纹对空气动力学的损耗有影响。

汽车轮胎能量损耗的主要部分发生在胎面区域(60%~75%),主要来自于胎面本身(±50%)。子午线轮胎每个部件的滚动阻力贡献值分别为:胎面 49;带束层 8;胎体 11;胎侧 14;胎圈 11;其它 7。轮胎胎侧区占轮胎滚动阻力的 10%~25%,胎圈区占 10%~20%。这些区域的影响大小取决于轮胎的断面高宽比。因此为什么首先吸引轮胎设计者注意力的是减少在胎面胶中的滞后损失是显而易见的。

2 轿车轮胎胎面

为了减小滞后损失,改进了胎面胶的配方。通常,如果胎面胶的滞后损失降低,那么湿抓着力

能也降低。然而,据发现使用高分散性沉淀法白炭黑、专用的溶聚聚合物、硅烷偶联剂和最佳的混炼工艺,配方设计者能够解决这个问题。按照 Rauline 专利,胎面胶填料全部使用白炭黑的轮胎滚动阻力降低,湿抓着力性能提高,胎面的耐磨性稍有改善。这种全部白炭黑配合的胎面可以使轮胎的滚动阻力降低 20%,这说明胎面的滞后损失降低 50%左右,燃料消耗可减少 3%以上,这与从专业杂志上得到的信息一致。

使用正确配方和加工工艺的普通沉淀法白炭黑能够降低滚动阻力。使用以沉淀法白炭黑为主的胎面胶也可以改善湿路面牵引性能。尽管如此,正如 Agostini 等解释的,新的胎面配合技术的一个主要特点是使用了罗纳·普朗克高分散性沉淀法白炭黑。沉淀法白炭黑的分散性取决于其生产方法:首先是沉淀工艺,其次是干燥和成型工艺。微粒技术可以使在沉淀阶段得到的高分散性保存下来。

沉淀法白炭黑主要通过表面积进行补强。分散性的提高增大了白炭黑与橡胶间的实际接触面积。新型高分散性的白炭黑 Zeosil1165MP 由于改善了分散性能,其主要优点赋予了胎面耐磨性。实验室的结果说明了这一点。高分散性沉淀法白炭黑 Z1165MP 与炭黑 N347 和普通的商业用沉淀法白炭黑相比有大致相同的比表面积。

对于任何给定的轮胎结构,其胶料模量都有一个满足轮胎要求,特别是操纵性能要求的限制

范围。因此,应该研究填料变化的影响以便使胶料模量保持基本不变。

为了使填充炭黑 N347 与填充沉淀法白炭黑的胶料具有相同的硬度和 70 °C 下相同的复合模量 E^* ,调整了填料的用量(见表 2)。在促进剂体系不变的情况下,对 70 份的沉淀法白炭黑[加 5.6 份炭黑(X50S)]配方与 85 份炭黑配方进行比较,60 份沉淀法白炭黑(加 5.6 份炭黑)配方与 70 份炭黑配方进行了比较。这种填料用量的变化类似于实际轿车轮胎胎面(H 级)。显然使用沉淀法白炭黑的配方便轮胎设计者能够减小填料的用量,这就意味着胎面质量的减小,它是减小滚动损失的一种方法。

表 3 显示的是在一台英斯特朗 VE. 1342 试验机上,固特里奇屈挠试验机圆柱体试样在恒定频率(10 Hz)和形变(4 %DSA)下的动态压缩性能,用以评价轮胎胎面的性能。记录数据采用 10 %的预应变,得到的结果不太理想,但能用来预测轮胎胎面的性能。

在轮胎胎面中,使用沉淀法白炭黑的一般优点显而易见:滚动阻力减小(70 °C 的 $\tan\delta$ 为 -50 %),而且冰面上的牵引力提高(表 3 中试样 3, 4 和 5 与试样 1 和 2 比较)。不过,在这些配方中,与普通白炭黑相比,高分散性沉淀法白炭黑的主要优点显然不在于滚动阻力的改善。为了得到低的胎面磨损和高湿牵引力必须使用高分散性的沉淀法白炭黑(表 3 中试样 4 与试样 2 和 5 对

表 2 用于鉴定的典型配方						份
项 目	配方编号					
	1	2	3	4	5	
S-SBR(Buna VSL1955S25)	103	103	103	103	103	
BR(Buna VI1969)	25	25	25	25	25	
炭黑 N347	70	85	0.8	0	0	
白炭黑	0	0	60	70	70	
偶联剂 X50S(TESPT/ N330 并用比为 1/ 1)	0	0	9.6	11.2	11.2	
氧化锌	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
硬脂酸	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
防老剂 6PPD	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
促进剂 CBS	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	
促进剂 DPG	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	

注:填料:1—炭黑 N347;2—炭黑 N347;3—白炭黑 Z1165MP;4—白炭黑 Z1165MP;5—普通白炭黑 A。

表 3 轮胎胎面的实验室性能

项 目	配方编号				
	1	2	3	4	5
邵尔 A 型硬度/度	64	72	64	73	71
$\tan \delta$					
0 (湿牵引力)	0.774	0.720	0.838	0.731	0.651
70 (滚动阻力)	0.232	0.262	0.092	0.129	0.120
$E^*(70^\circ, \text{转弯因数})/\text{MPa}$	8.0	11.8	7.8	11.9	12.8
$E''/E^*{}^{1.8}$ (0, 干牵引力)	0.036	0.029	0.049	0.034	0.033
$1/E^*(0, \text{冰面牵引力})$	0.029	0.023	0.040	0.028	0.030
DIN 磨耗量/ mm^3	135	137	114	124	135

注:同表 2。

比或试样 3 与 1 对比)。此外,这种高耐磨配方可以使得胎面体积减小,也就意味着滚动阻力再一次降低,而不影响轮胎的寿命。

3 子午线轮胎的其它部件

典型轮胎中 50 % 的能量损耗发生在胎面(如胎面的贡献值为 49),因此,通过降低子午线轮胎其它部件的滞后损失仍有可能降低滚动阻力。轮胎制造商已经在着手解决这个问题,重新设计了胎肩区和胎圈区来减小它们的体积,修改轮胎的结构,并尝试低滞后损失的配合。另外,如果为了能够同时改善滚动阻力和轮胎的其它性能,那么使用沉淀法白炭黑的配合也是解决这个问题的方法之一。

3.1 胎侧

一条轮胎 10 % ~ 25 % 的滚动阻力产生在胎侧区。在这个区域中使用低滞后损失的配方不失为一个简单明了的改善方法。Waddell 报告中阐述,使用高达 16 份的沉淀法白炭黑可以提高耐久性能(抗臭氧老化)并降低 NR/BR 黑胎侧配方的滞后损失,它是部分白炭黑的配合。

为评价使用沉淀法白炭黑替代炭黑带来的影响,使用了一个典型的胎侧胶配方(见表 4)。在对胎侧配方做了必要的调整之后,考虑到白炭黑的性能(配合剂的表面吸附)、白炭黑的比表面积和偶联剂对耐久性的影响,评价了 NR/BR 胎侧配方的滞后损失。

通过比较表 5 中的数据得出,用 10 份沉淀法白炭黑 Z1165MP(BET 比表面积为 $165 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$)或 15 份的沉淀法白炭黑 Z85(BET 比表面积为 $70 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$)等量替代炭黑 N326,在配方调整之后

表 4 用于评估的典型胎侧的配方 份

组 分	配方编号				
	6	7	8	9	10
NR	50	50	50	50	50
BR1220	50	50	50	50	50
炭黑 N326	50	40	40	40	40
白炭黑(Z1165MP)	0	10	10	10	0
白炭黑(Z85)	0	0	0	0	15
偶联剂(Si69)	0	0	0.5	0.5	0.3
油(Somil B)	7	7	7	10	7
防老剂 6PPD	3	3	3	3	3
防老剂 TQ	1	1	1	1	1
石蜡(Cerelux 120)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
硬脂酸	1.5	1.7	1.7	1.7	1.6
氧化锌	3	3	3	3	3
促进剂 NS	1.0	1.2	1.2	1.2	1.1
硫黄	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75

表 5 老化前 NR/BR 胎侧胶料的物理性能

项 目	配方编号				
	6	7	8	9	10
邵尔 A 型硬度/度	59	58	60	59	60
100 %定伸应力/ MPa	2.0	1.9	2.1	2.0	2.0
300 %定伸应力/ MPa	8.5	7.9	8.6	7.8	7.7
拉伸强度/MPa	19.4	20.2	21.2	18.5	19.2
粘合强度(ASTM B 切口 1.5 mm)/MPa	29.3	34.6	33.4	32.9	35.1
在 70 °, 15 Hz 下 $\tan \delta$	0.080	0.076	0.074	0.068	0.072
E''/MPa	0.61	0.58	0.57	0.48	0.58
E^*/MPa	7.67	7.67	7.69	7.04	8.09

(油、促进剂 NS 和偶联剂)未改变胶料的硬度和 100 %定伸应力。沉淀法白炭黑部分替代炭黑,提高了撕裂强度,减小了滞后损失,拉伸性能保持不

变,第一个目标实现了。黑白胎侧配方低的滞后损失 ($\tan\delta$ 减小 15 %, E' 减小 21 %) 达到了预期的节油目的。

拉伸硫化胶并放入恒温恒湿箱中老化。选择 20 % 的拉伸,箱内温度为 55 进行紫外线老化和 40 的臭氧老化。选择的臭氧质量分数为 50×10^{-8} 。臭氧老化的试样按日本工业标准目测等级体系 JIS K6301 (见表 6) 进行评价。

用沉淀法白炭黑部分代替炭黑提高了 NR/BR 胎侧胶的动态抗臭氧老化性能 (见表 7),偶联剂似乎常有一些负面影响,沉淀法白炭黑替代炭黑仅对紫外线老化有轻微的影响。由此得出结论:用沉淀法白炭黑部分替代炭黑可以降低 NR/

BR 胎侧的滚动阻力,同时改善抗臭氧和紫外线老化性能。配方 9 是调节硅烷偶联剂和油的用量后,使用 10 份沉淀法白炭黑 Z1165MP 的综合性能最好的。

3.2 带束层

白炭黑很久以前就用于镀铜钢丝帘线的隔离胶的配合,特别是在间苯二酚甲醛给与体系中。沉淀法白炭黑也可以用于无树脂的硼酰化钴络合增粘体系,以减小胶料的滞后损失。在含有硼酰化钴络合物的配方中,用低比表面积的沉淀法白炭黑,如 Zeosil 85 (BET 比表面积为 $70 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) 和 Zeosil 125 (BET 比表面积为 $125 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) 部分代替炭黑,与硅烷偶联剂一起可以降低滚动阻力 ($\tan\delta$ 为 - 20 %/ 25 %) ,同时改善老化后 (主要是盐水老化) 的粘合强度保持率。这一点可从白炭黑急剧降低胶料的导电性的事实得到解释。若使用全部白炭黑的配方,将会进一步得到改善。

3.3 内衬层

在内衬层的胎冠和胎侧部位的材料以往复屈挠的形式损耗着能量。为减少 BIIR 内衬层胶料的滞后损失,可用属于高分散性沉淀法白炭黑家族的新成员——低比表面积白炭黑 (Z85) 来替代所有的炭黑。

在改善滚动阻力的同时,也得到了较高的耐疲劳性能和较好的 100 % 定伸应力老化稳定性 (见表 8)。

4 NR 的配合

冬季轮胎、载重子午线轮胎和推土机轮胎经研究是全部使用白炭黑配合的潜在用途。节省燃料是载重车,特别是在快车道上行驶的载重车最关心的问题。业内人士通常认为 3 % ~ 4 % 的滚动阻力变化会引起 1 % 的燃料消耗变化。载重子午线轮胎胎面产生了 20 % ~ 42 % 的滚动阻力。

载重子午线轮胎中 NR 的使用一直占主导地位。NR 是低滚动阻力的橡胶,因此,掌握高分散性白炭黑的概念如何应用于 NR 胎面配方中是很有意义的。Wolff 等用普通沉淀法白炭黑和 TESPT 偶联剂取得了很好的效果:滚动阻力降低,湿牵引力保持不变,胎面磨耗指数只降低了 5 %。

表 6 臭氧老化日本工业标准等级

等 级	指 标
A	少量裂纹 许多裂纹
1	龟裂尺寸借助于透镜(放大 10 倍)
B	无数裂纹
2	龟裂尺寸肉眼可见
C	
3	龟裂尺寸小于 1 mm
4	龟裂尺寸为 1 ~ 3 mm
5	龟裂尺寸大于 3 mm

表 7 NR/BR 胎侧配方的抗老化性能

项 目	配方编号				
	6	7	8	9	10
7 d 紫外线老化后					
邵尔 A 型硬度/度	62	59	62	62	62
拉伸强度/ MPa	18.8	18.8	22.0	19.4	18.9
邵尔 A 型硬度变化率/ %	+ 5.1	+ 1.7	+ 3.3	+ 5.1	+ 3.3
拉伸强度变化率/ %	- 3.1	- 7.0	+ 3.7	+ 0.5	- 1.5
72 h 臭氧老化后					
拉伸强度/ MPa	13.8	18.4	17.3	16.9	16.1
300 %定伸应力/ MPa	7.9	7.5	8.1	7.8	7.2
拉伸强度变化率/ %	- 28.8	- 8.3	- 18.4	- 8.7	- 16.2
300 %定伸应力变化率/ %	- 7.1	- 4.8	- 6.0	0	- 6.0
臭氧老化 (JIS K6301 等级)	C3	无龟裂	C2	A2	B3

表 8 BIIR 内衬层配方性能

项 目	配方编号					
	11	12	13	14	15	16
填料用量/份	60	60	60	60	60	60
偶联剂用量/份	0	0	0	1	2	3
100 %定伸应力/MPa	1.33	1.22	1.00	1.10	1.20	1.38
120 空气老化 2 w 后						
100 %定伸应力/MPa	—	—	1.65	—	—	1.25
固特里奇生热(芯层)/	96	87	80	58	57	58
$E''(50, 20 \text{ Hz})/\text{MPa}$	1.4	1.12	1.0	0.8	0.8	0.8
孟山都疲劳破坏						
(60 %拉伸比)/Mc	—	10	—	14	17	20

注:填料:11—炭黑 N550;12—炭黑 N660;13—炭黑 N762;14—白炭黑 Z85;15—白炭黑 Z85;16—白炭黑 Z85。

为了对炭黑、高分散性沉淀法白炭黑和普通沉淀法白炭黑进行比较,选择了一个很简单的 NR 配方(见表 9)。因为助剂吸附在没有与 NR 偶联的白炭黑上,所以在硫化橡胶所需要的助剂的基本用量的基础上,添加偶联剂和更多的促进剂和硬脂酸进行调节。为得到大致相同的邵尔 A 型硬度,尝试了两种不同的调节。像 Mouri 等一样,我们也认为 $\tan\delta$ 将是轿车轮胎胎面的滚动阻力、载重轮胎胎面的损耗柔量(D')良好的预测因子(见表 10)。

在 NR 配方中(表 10 中配方 21 和 22)使用普通白炭黑和高分散性白炭黑得到结果的差异与在 S-SBR/BR 配方中(见表 3)所看到的结果是一致的。两种沉淀法白炭黑都改善了滚动阻力、生热、干路面牵引力和冰面牵引力。为了得到高的湿牵引力和低的胎面磨损——低磨损量、80 的高裤

型撕裂强度和较高的花纹块抗疲劳撕裂性能,需要使用高分散性沉淀法白炭黑。在 NR 配方中,使用白炭黑 Z1165MP 转弯因数较高。当用于调节配方的偶联剂量增大,促进剂 CBS 减小(配方 20 与 21 比较)时,可以提高裤型撕裂强度和花纹块抗疲劳撕裂性能。

同炭黑相比,NR 配方中的沉淀法白炭黑可以大大改善滚动阻力、冰面牵引力、高温下(80)的裤型撕裂强度和花纹块抗疲劳撕裂性能。根据实验室结果预测湿牵引力和耐磨性估计稍有降低。全部使用高分散性沉淀法白炭黑的推土机轮胎胎面配方看起来非常有吸引力:生热低、抗撕裂性能高、花纹块抗疲劳撕裂性能高。

对于载重子午线轮胎胎面,这个结论有所降低。据 Wolff 等观察,全部使用白炭黑的胎面胶料滚动阻力明显改善。然而与它们的轮胎结果相

表 9 用于评估的典型 NR 配方

项 目	配方编号					
	17	18	19	20	21	22
NR(SMR L)	100	100	100	100	100	100
炭黑 N347	67	39.1	28	0	1.3	1.3
白炭黑	0	25	35	60	60	60
偶联剂 X50S *	0	5.8	8.1	14.0	11.4	11.4
芳烃油	10	10	10	10	10	10
氧化锌	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
硬脂酸	3.0	3.4	3.6	4.0	4.0	4.0
防老剂 6PPD	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
防老剂 TQ	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
硫黄	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
促进剂 CBS	1.25	1.75	1.94	2.44	3.05	3.05
防焦剂 PVI	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

注: * Si69/ 炭黑 N330 并用比为 1/1。填料:17—炭黑 N347;18—白炭黑 Z1165MP;19—白炭黑 Z1165MP;20—白炭黑 Z1165MP;21—白炭黑 Z1165MP;22—普通白炭黑 A。

表 10 实验室轮胎胎面的性能

项 目	配方编号					
	17	18	19	20	21	22
邵尔 A 型硬度/度	70	70	70	71	69	67
固特里奇生热 (芯层)/	74	62	58	56	57	55
$D''(70^\circ)$,滚动阻力)	0.012	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006
$E''(70^\circ)$,转弯因数)/MPa	13.8	13.9	14.1	14.1	14.2	12.6
$\tan\delta(0^\circ)$,湿牵引力)	0.294	—	—	—	0.235	0.206
$E''/E''^{1.8}(0^\circ)$,干牵引力)	0.028	—	—	—	0.026	0.026
$1/E''(0^\circ)$,冰面牵引力)	0.056	—	—	—	0.065	0.075
DIN 磨耗量/mm ³	99	101	101	114	117	126
裤型撕裂强度(80 $^\circ$)/ (kN·m ⁻¹)	35	39	43	66	58	48
花纹块抗疲劳撕裂 (200 kc 后的撕裂)/%	68	55	33	14	22	40

注:填料:17—炭黑 N347;18—白炭黑 Z1165MP;19—白炭黑 Z1165MP;20—白炭黑 Z1165MP;21—白炭黑 Z1165MP;22—普通白炭黑 A。

反,我们的实验室结果表明湿牵引力和耐磨性降低。轮胎测试和实验室结果间的差异可以通过磨耗、撕裂和疲劳综合起来得出的胎面磨耗结果来解释。若果真如此,那么实际上沉淀法白炭黑能够改善载重子午线轮胎胎面的耐磨性,因为它改善了撕裂和花纹块抗疲劳撕裂性。尽管如此,为下结论需做车队试验。

确定湿牵引力正确的预测因子是一个相当困难的工作。一些人认为, $\tan\delta$ 和弹性模量 E' (或邵尔 A 型硬度)的组合是实验室湿牵引力的正确表征。良好的湿牵引力需要低的弹性模量和 0 时高的 $\tan\delta$ 。在配方 21 和 22 中,沉淀法白炭黑的硬度较低,但不幸的是 0 时的 $\tan\delta$ 也较低。

沉淀法白炭黑具有高的冰面牵引力、低滚动阻力并可改善撕裂强度。这个结果使我们确信,冬季轮胎能够得益于主要由沉淀法白炭黑配合的

胎面胶。Derham 等进行了旨在比较白炭黑与炭黑补强的胎面在冰面上抓着性的轮胎试验。他们注意到含有白炭黑的胎面具有优异的冰面抓着性和满意的湿牵引力。高分散性白炭黑尤其提高了特殊胎面花纹所需的撕裂强度,并使湿牵引力和耐磨性的降低尽可能地减至最低程度。

5 结论

沉淀法白炭黑的配合,特别是高分散性沉淀法白炭黑,能够改善滚动阻力和轮胎许多部件的其它性能。我们认为它能用于大部分轮胎部件,有助于轿车轮胎和其它品种轮胎达到新的滚动阻力要求。

(王 军摘译 涂学忠校)
译自德国“Kautschuk Gummi Kunststoffe”,
50[6],434~441(1997)

载重轮胎气压监控器

中国分类号:U463.341+.3 文献标识码:D
英国《欧洲橡胶杂志》2002 年 184 卷 2 期 15 页报道:

米其林和 WABCO 刹车装置公司联合推出了一种载重汽车轮胎气压监控器——车载轮胎监控器(IVTM),它可探测轮胎慢撒气并向司机发出警报。

IVTM 首先将在欧洲市场出售,用于拖拉机、载重汽车和公共汽车原配胎和替换胎。IVTM 有

一个与轮辋外侧相连的测压模块,它将所测数据传递到汽车底盘上的电子控制装置上,然后在仪表盘上显示气压数据。

除了保障安全性以外,IVTM 还使轮胎气压保持最佳水平,从而降低了滚动阻力和耗油量,延长了轮胎使用寿命。该装置也很容易安装到现有汽车上。

约有 85%有缺陷的轮胎始于慢撒气,有 1/4 以上的轮胎损坏是慢撒气造成的。

(涂学忠摘译)