

用 HIIR 气密层提高轮胎耐久性

Donald S. Tracey, Walter H. Waddell

(埃克森美孚化工公司, 美国)

中图分类号: TQ333.6; TQ336.1⁺4

文献标识码: B

文章编号: 1006-8171(2006)06-0333-06

轮胎是一种高度巧妙设计的聚合物复合体, 它包括许多橡胶部件, 如胎面、胎面基部、钢丝带束层、纤维胎体、胎侧、胎圈部件和气密层胶料。轮胎的使用性能取决于每个部件以及与其它部件的相互作用, 也取决于使用条件。

气密层是一薄胶片, 往往由两层叠合在一起贴合在无内胎轮胎的内表面上。其主要功能是防止气体和水分渗透到轮胎的部件里。通常 HIIR 气密层具有优异的不透气性、不透水性、耐屈挠疲劳性、良好的耐老化性和与胎体帘布胶料的粘合性。在轮胎成型作业中, 将气密层制成平胶片贴合到成型鼓上, 但是胎坯在定型和硫化过程中需要经受膨胀, 气密层胶料可能要渗透到胎体帘布里, 如图 1 所示。

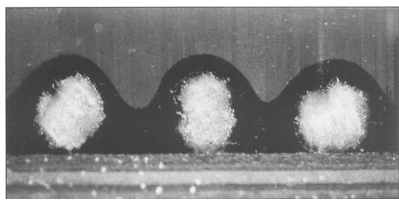


图 1 轮胎气密层

气压保持率(IPR)是轮胎使用性能中一项关键性能。轮胎滚动阻力、转弯因数、胎面磨损、耐久性和乘客安全性均与能否适当地保持轮胎气压有密切关系。

(1) 轮胎滚动阻力直接受其充气压力影响, 高压产生的接地印痕较小, 阻力也较低, 其关系如图 2 所示。据估算, 欠压 20% 的轮胎行驶时油耗将增加 10%。据美国能源部估计, 在全美国, 轮胎每欠压 6.89 kPa, 每天将浪费 1 514 万 L

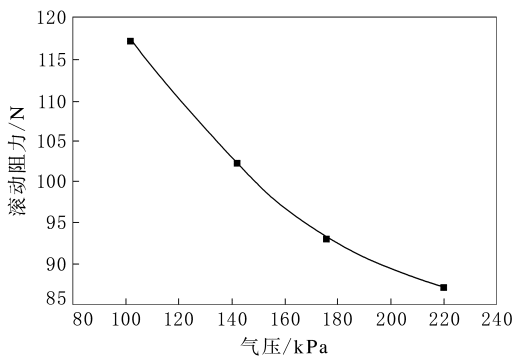


图 2 滚动阻力与气压的关系

汽油。

(2) 轮胎转弯因数随气压的降低而减小, 如图 3 所示。车辆的道路行驶特性取决于轮胎气压是否保持在推荐水平。气压决定了轮胎胎侧屈挠幅度。

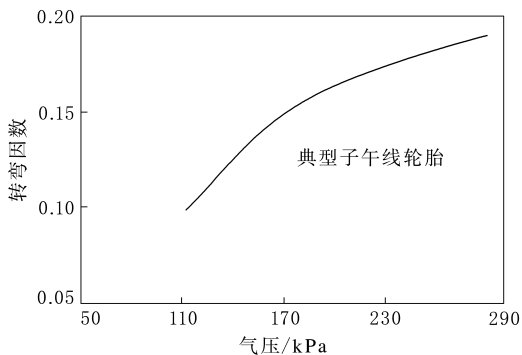
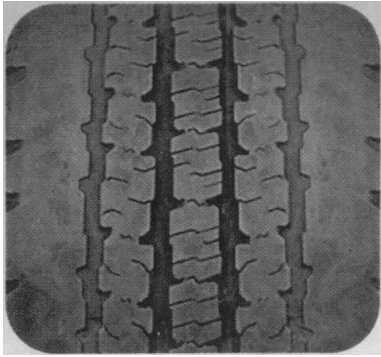
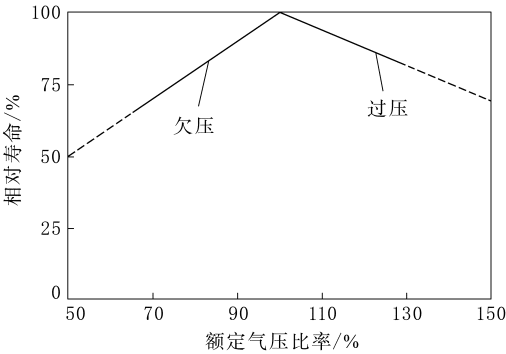


图 3 转弯因数与气压的关系

(3) 气压对胎面磨损的影响如图 4 所示[图 4 (b)中相对寿命为不同气压下胎面使用寿命与额定气压下胎面使用寿命的比率; 额定气压比率为轮胎实际气压与额定气压的比率——编者注]。均匀磨损需要优化印痕, 欠压轮胎会产生胎侧过



(a) 充气不足的轮胎印痕



(b) 胎面使用寿命与气压的关系

图4 气压对胎面磨损的影响

度磨损,而过压轮胎会加快中心花纹条的磨损。据估计,欠压25%的轮胎,胎面使用寿命将降低25%。

(4) 轮胎耐久性与气压的关系如表1所示[表1中轮胎气压率表示轮胎欠压(—)或过压(+)值与额定气压的比率;耐久性为轮胎欠压或过压下耐久性与额定气压下耐久性的比率——编者注]。从表1可以看出,当轮胎未保持合适气压时,由于欠压使轮胎过度生热和受到过大压力,从而使轮胎耐久性能降低。

表1 轮胎耐久性与气压的关系			
轮胎气压率/%	耐久性/%	轮胎气压率/%	耐久性/%
合适	100	-20	80
+20	80	-40	40

空气透过气密层会引起胎体帘布层内压力(ICP)增高,使帘布层间粘合力下降甚至发生脱层。高ICP还可能引起带束层胶料等橡胶部件加快氧化。

只有当轮胎充入适当气压时,才能达到设计

目标,向司机提供充分的牵引性能和操纵控制性能。轮胎安全性与气压的关系如图5所示(图5中虚线对应轮胎的额定气压,其相应制动性能对应纵坐标为0——编者注)。由此可见,轮胎气压不足是安全隐患。据美国国家交通安全管理局统计,如果汽车轮胎的气压都符合标准,则全美国每年可避免50~80起死亡交通事故。

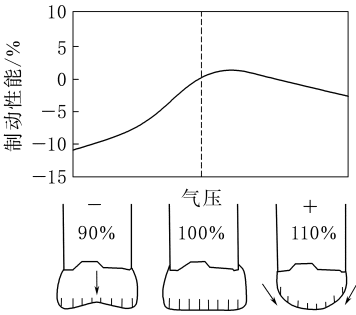


图5 轮胎安全性与气压的关系

1 漏气途径

Coddington研究了轮胎的漏气途径。将装配好的充气轮胎浸入恒温室的水槽中,用肉眼观测漏气情况。轮胎在水平和垂直方向都被固定,浸入水下2~3 cm。达到平衡后,将一张透明的Mylar薄膜覆盖在水面上,以捕捉形成的新气泡。结果表明,大量的气泡从胎面部位逸出,同时胎侧和胎圈部位也有漏气发生。此外,空气还能从气门嘴和轮辋部位漏出。漏气途径(见图6)包括:

- (1)通过气密层渗出;
- (2)通过薄而且透气率较高的胎体帘布胶料渗出;
- (3)通过和沿着胎体帘线至其端头渗出(据报道,空气沿帘线渗出速度比通过胶料快200倍);
- (4)通过带束层胶料和沿带束层帘线渗出;
- (5)通过帘布反包端胎侧、胎面花纹沟以及刀槽花纹等薄部位渗出。

用全HRR制造气密层的轮胎,其漏气速度显著低于采用通用橡胶气密层的轮胎。

2 气压保持率

子午线轮胎的气压保持率对于其长期使用

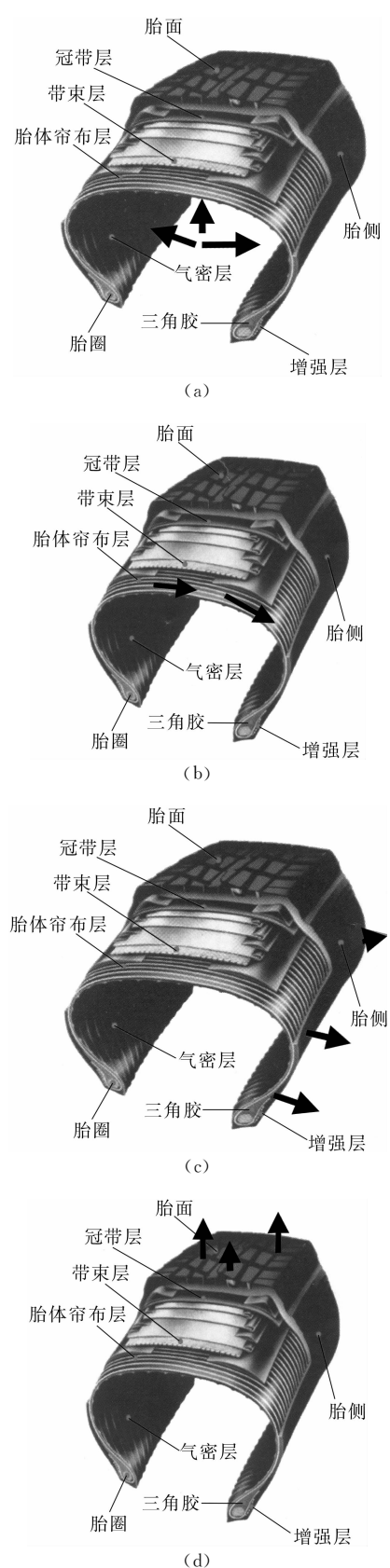


图 6 漏气途径

性能和结构耐久性是极其重要的。测定轮胎气压保持率采用 ASTM 标准试验法。

气压下降和(或)在低气压下行驶产生下述结构缺陷：

- (1)胎体和带束层胶料过度氧化降解引起粘合强度下降和脱层。
- (2)由于下胎侧过度屈挠,导致胎圈上方断裂破坏。
- (3)气密层和中胎侧的屈挠裂口最终将导致轮胎破坏。
- (4)轮胎结构内各部件间压力过度增高导致脱层。

轮胎气密性能主要取决于轮胎规格、气密层厚度和气密层胶料透气常数(Q),气压保持率与气密层厚度的关系如图 7 所示。

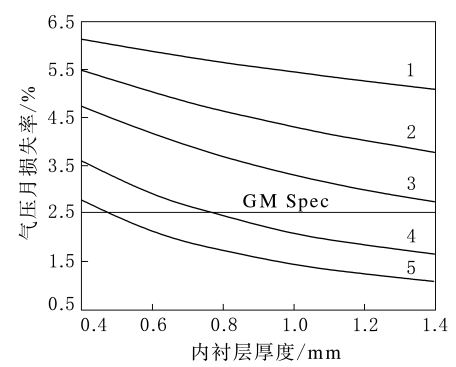


图 7 气压保持率与气密层厚度的关系

NR/Hiir 并用比:1—100/0,2—60/40,3—40/60,4—20/80,5—0/100;175/70TR14 轮胎。

3 HIIR

为了获得良好的不透气性、不透水性、耐屈挠疲劳性和耐久性能,轮胎气密层通常采用 HIIR 配合。

IIR 是异丁烯和异戊二烯共聚物(结构式如图 8 所示),1937 年申请了专利,1943 年首次实现了工业化生产。IIR 的主要优点是具有优异的气密性和良好的耐屈挠疲劳性能。这些性能来源于聚异丁烯长链段的低不饱和度。开始 IIR 主要用于轮胎内胎,而且到今天内胎仍然是 IIR 的主要用途之一。

HIIR (结构式如图 9 所示)提高了聚合物

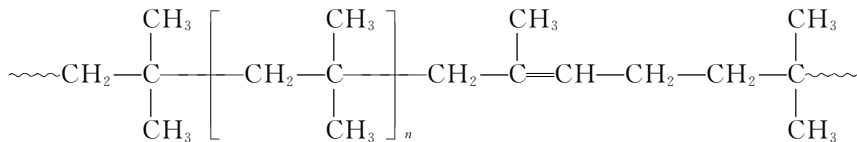


图8 IIR 结构式

的极性,加快了硫化速度,其发展大大扩展了IIR的用途。提高极性使得HIIR能够与轮胎胶料中常用的通用橡胶如NR,BR和SBR共硫化,提高硫化性能而不影响所需要的气密性(如图10所示)和疲劳性能,因此可以开发出耐久性能更好的无内胎轮胎,其气密层是一层与胎体帘布化学结合的胶料。轮胎气密层是HIIR最大的用途。CIIR和BIIR都已经投入了工业化生产。

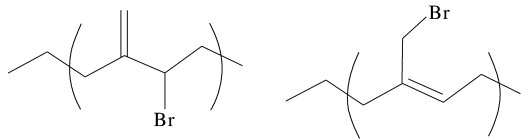


图9 HIIR 结构式

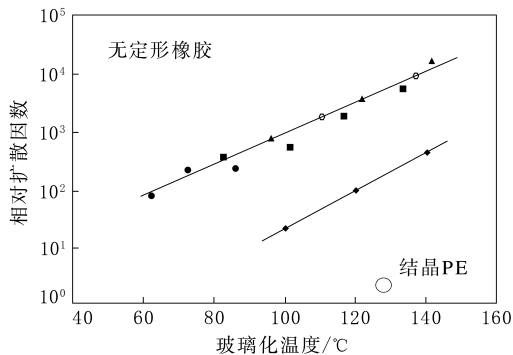


图10 橡胶中的气体扩散因数

●—CR, ■—NBR, ▲—NR, ○—SBR, ◆—IIR。

聚异丁烯的不透气性被认为是由于双-二甲基侧基沿聚合物主链紧密填充,使链运动缓慢造成的,如图11所示。

4 胎体帘布层内压力

HIIR 气密层良好的气密性减少了帘布内局部压力造成的帘布(带束层)脱层。气密层使用HIIR改善了轮胎的整体性,因为HIIR能使ICP生成减至最小和防止轮胎钢丝帘线生锈。ICP会

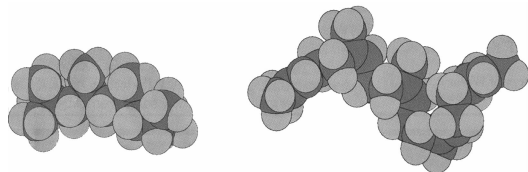
聚异丁烯
(4个单元)NR
(3个单元)

图11 有效填充和低透气率

导致带束层边部脱空和粘合破坏。

用胎体帘布层内压力试验测量胎体帘布层内的蓄压,测量时将一个皮下注射针头直接与气压表相连,把针头通过胎侧插入胎体帘布层。不同轮胎的ICP差别很大,采用100%的HIIR气密层的轮胎ICP值很低,较为理想(如图12所示)。

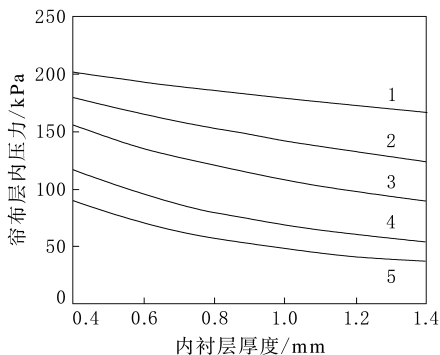


图12 不同胶料气密层对帘布层内压力的影响(21℃)

注同图7。

5 耐久性

用4种气密层配方(如表2所示)进行了轮胎耐久性试验,这些配方中分别采用100份BIIR、并用比为80/20的BIIR/NR、并用比为60/40的BIIR/NR和并用比为80/20的CIIR/NR,其余组分均相同。母炼胶混炼用GK400型密炼机进行,用GK160型密炼机进行终炼。混炼胶的实验室试验结果如图13所示,表明HIIR在不透气和

表 2 气密层胶料配方 份

组 分	配方编号			
	1	2	3	4
BIIR2222	100	80	60	0
NR(SMR20)	0	20	40	20
CIIR1068	0	0	0	80
炭黑 N660	60	60	60	60
树脂(SP-1068)	4	4	4	4
操作油(Calsol 810)	8	8	8	8
硬脂酸	1	1	1	1
氧化锌(Kadox 911)	1	1	1	1
硫黄	0.5	0.5	0.5	0.5
促进剂 DM	1.25	1.25	1.25	1.25

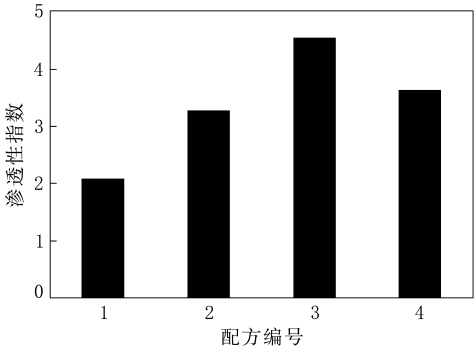


图 13 透气透水性

不透水方面均有优越性。

轮胎耐久性在 28.4 cm 转鼓上进行,轮胎下沉量为 30%,速度为 $80\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,充入 50/50 的氧气/氮气混合气体。ICP 和 IPR 的测试方法如前所述。

IPR 试验结果如图 14 所示,表明 HIIR 用量决定了轮胎的 IPR,而 BIIR 和 CIIR 使用性能相当。

ICP 试验结果如图 15 所示,表明 HIIR 用量

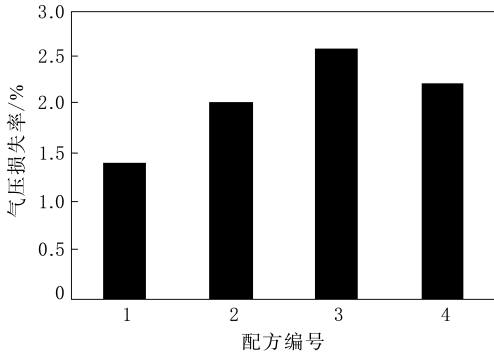


图 14 IPR 试验结果

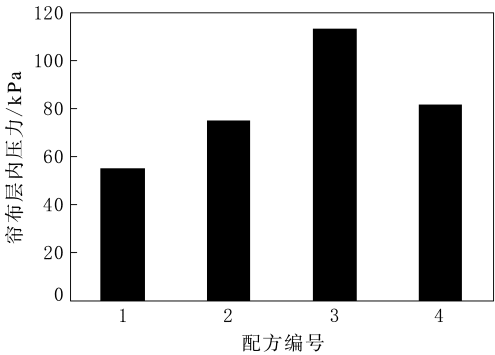


图 15 ICP 试验结果

决定了 ICP,而 BIIR 和 CIIR 的使用性能相当。采用前面所述的方法进行了胎面脱层和耐久性试验,结果如图 16 所示。数据表明,HIIR 用量反映了胎面耐脱层性。数据还出人预料地表明,CIIR 的性能不如 BIIR。这一结果不但出人预料,而且与许多其它研究结果不符,所有轮胎都因带束层边部脱层而破坏。

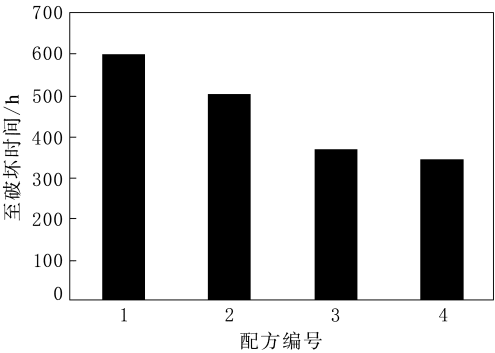
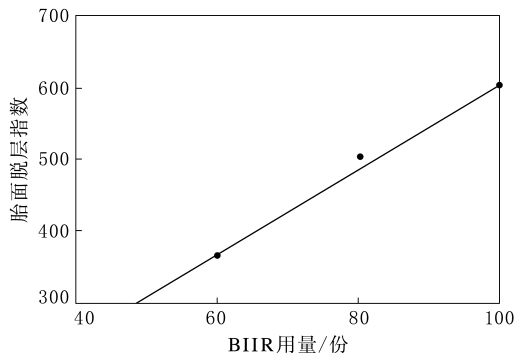


图 16 胎面脱层试验结果

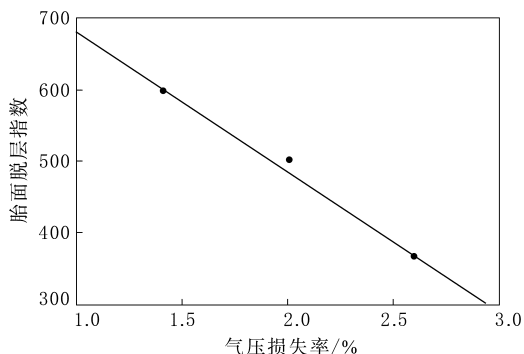
这些数据的分析表明,胎面脱层与 IPR($r^2=0.99$)和 ICP($r^2=0.99$)有统计学上显著的相关性,如图 17 所示。此外,由于轮胎中的唯一变化是 BIIR 与 NR 的比例,其它因素都不变,因此也获得了胎面脱层与 BIIR($r^2=0.99$)和实验室透过性($r^2=0.99$)统计学上显著的相关性,如图 18 所示。

6 结语

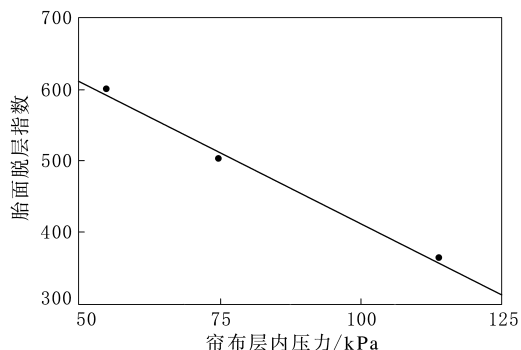
轮胎气压保持率对于使用性能来说是非常重要的。轮胎滚动阻力、操纵性能、胎面磨损和耐久性能都取决于轮胎是否保持适当的充气压



(a) BIIR 用量与胎面脱层指数双变量拟合



(b) 气压损失率与胎面脱层指数双变量拟合



(c) 帘布层内压力与胎面脱层指数双变量拟合

图 17 胎面脱层与 IPR 和 ICP 的相关性

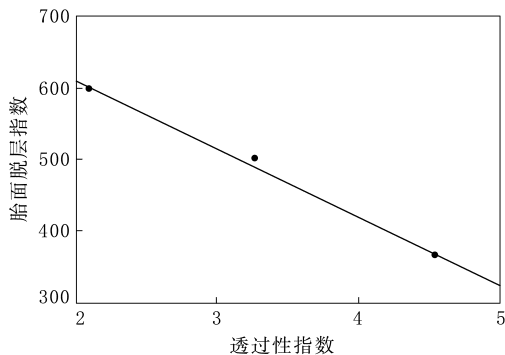


图 18 胎面脱层与透过性的相关性

力,保持适当的充气压力提高了轮胎和车辆的安全性。

轮胎漏气第一步是通过气密层渗透,因为气密层胶料具有优异的气密性,所以其漏气率有限。因此,为气密层选择的聚合物气密性是制定配方时最重要的因素。HIIR 是首选聚合物。然后空气通过比较透气的薄胎体帘布胶扩散到胎体帘布中,沿胎体帘布渗出,同时通过带束层胶料沿带束层钢丝帘线渗出。空气也能通过帘布反包端胎侧处、胎面花纹沟和刀槽花纹等薄部位逸出。

影响气密层透气性的主要因素是聚合物品种。HIIR 气密层的气压保持率最高,而且对温度的依赖性最低。

采用仅气密层配方不同的相同轮胎进行的研究表明,测量的轮胎耐久性与胎体帘布层内压力和轮胎气压保持率均有统计学意义的重要相关性。

(涂学忠摘译)

译自美国“Rubber & Plastics News”,

2005-05-30, P14~19

米其林载重轮胎新进展

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

美国《橡胶与塑料新闻》2006年1月9日7页报道:

米其林的载重轮胎设计采用了一系列的发明,从而加快了先进的更低断面轮胎的开发。

米其林说,这种轮胎提高了胎面尺寸稳定性和湿牵引性,同时可提高车辆净负荷。

未来5年米其林将投资4.8亿美元在其各载

重轮胎厂推广其“米其林耐久技术”。同时米其林还将研究如何将新技术应用到各种轮胎中。

“耐久技术”的关键包括缠绕在轮胎周面上称作“Infincoil”的无接头钢丝帘线以及三维刀槽花纹。Infincoil 帘线缠绕前长度为402.34 m,将其沿轮胎周向缠绕到标准钢丝带束层上面。米其林称,这种新结构优化了滚动周向刚度,从而可以制造出宽度增大和直径减小到超乎想象的轮胎。

(涂学忠摘译)