

# 绿色轮胎研究的发展

刘力 张立群 冯予星 田明 吴友平 金日光

(北京化工大学材料科学与工程学院 100029)

**摘要** 从生胶品种、补强体系及填充材料的选择上讨论了绿色轮胎研究的发展。认为集成橡胶等新型胎面用生胶、特殊结构的炭黑、白炭黑、短纤维、玻璃微珠、胶粉以及双层胎面、发泡胎面是绿色轮胎研究的发展方向。

**关键词** 绿色轮胎, 胎面胶, 集成橡胶, 短纤维

从1991年法国米其林公司宣布大力开展绿色轮胎的研究开始, 欧洲、美国和日本等各大轮胎公司相继加快了绿色轮胎的研制步伐。所谓绿色轮胎是指可降低油耗并减少汽车废气排放量的轮胎, 它已成为90年代轮胎工业发展的主流。

从理论上讲, 降低汽车油耗的途径有轻量化、减小轮胎滚动阻力及采用稀混合气发动机和可变气门正时技术等。实际上, 只有减小轮胎滚动阻力才是最切实可行的。

研究结果表明, 克服轮胎滚动阻力消耗的燃油占汽车总油耗的14.4%, 而仅由胎面产生的滚动阻力就占轮胎滚动阻力的49%, 其它部件的影响比例分别为: 胎侧 14%; 胎体 11%; 胎圈 11%; 带束层 8%; 其余部件 7%。因此, 由胎面直接造成的油耗约占7.1%。降低胎面的滚动阻力并保证抗湿滑性能良好将是绿色轮胎最基本的要求。

## 1 新型胎面胶

日本普利司通公司<sup>[1]</sup>的轮胎胎面是用由苯乙烯和丁二烯在丁基锂引发剂作用下聚合而成的SBR, 与IR或NR共混制成的。其中苯乙烯和丁二烯的质量分数有严格的要求, 如1,2-丁二烯质量分数宜为0.15~0.70, 苯乙烯质量分数宜 $\leq$ 0.50。另外, 聚合后期还需用甲苯二异氰酸酯进行偶合处理, 扩链之后再混入抗氧化剂。实验表明, 这种方法制得的生胶具有良好的耐磨和耐热性能, 是理想的胎面用生胶。

据有关专利<sup>[2]</sup>报道, 用乳液聚合制得的无规共聚物异戊二烯/丙烯腈橡胶(IAR)作胎面胶, 可使轮胎具有良好的抗湿滑能力及较低的滚动阻力, 这可从胎面混炼胶的滞后损失( $\tan \delta$ )与温度的关系曲线中得到证明, 见图1。

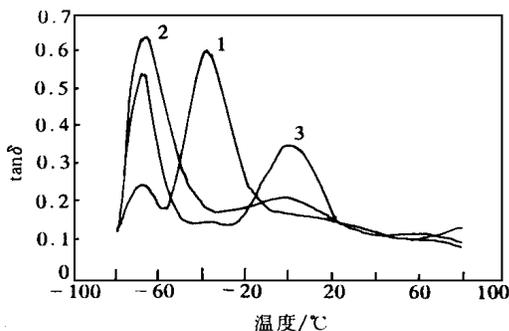


图1 不同IAR用量混炼胶的 $\tan \delta$ 与温度的关系曲线

1—NR/SBR并用比为50/50; 2—NR/IAR并用比为80/20; 3—NR/IAR并用比为90/10

从图1可以看出, 在 $-10 \sim 20$  °C的范围内, 曲线2和3有较大的 $\tan \delta$ 值, 从而可预知并用IAR的胶料具有较大的湿牵引力; 而在 $40 \sim 60$  °C范围内, 胎面胶的 $\tan \delta$ 值较小, 说明此胎面胶又具有较低的滚动阻力。该专利还给出了轮胎实际性能测试结果, 见表1。

表1 轮胎实际性能测试结果

项 目	对比轮胎	试验轮胎
滚动阻力	100	100
抗湿滑能力( $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	100	105
抗干滑能力( $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	100	120
胎面磨损(目测)	100	有改善

注: 对比轮胎胎面胶为SBR/NR/BR(并用比为70/20/10); 试验轮胎胎面胶为SBR/NR/IAR(并用比为40/50/10); 以对比轮胎指标为100作为对比。

此外,有关研究人员<sup>[3]</sup>使用卤化丁基橡胶如星形支化卤化丁基橡胶作胎面胶时,也获得了类似的性能。

集成橡胶(SIBR)<sup>[4]</sup>是一种新型的胎面用生胶,它的显著特点是分子链由多种链段结构组成,柔性高的链段可使橡胶具有优异的耐低温性能,同时可降低滚动阻力,提高轮胎的耐磨性能,刚性链段则可增大橡胶湿抓着力,提高轮胎在湿滑路面上行驶的安全性。

与其它通用橡胶相比,SIBR的 $\lg(\tan \delta)$ -温度曲线有一宽峰,见图2。

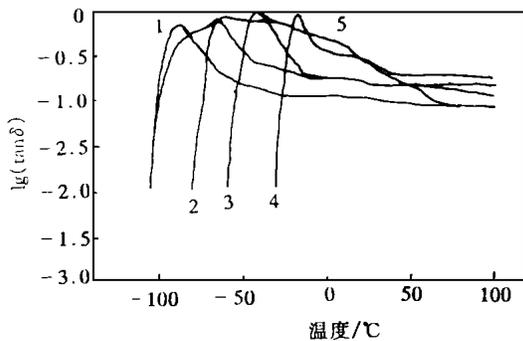


图2 几种橡胶的 $\lg(\tan \delta)$ -温度曲线

1—BR; 2—NR; 3—SBR1500; 4—SBR1516; 5—SIBR

从图2可以看出,在 $-60 \sim 20$  °C的范围内SIBR的 $\tan \delta$ 值达到峰值,说明在此温度范围内,橡胶的抓着力和牵引力较大;在所研究的温度范围内,随着温度的升高,BR和NR等通用橡胶的 $\tan \delta$ 值急剧下降,而SIBR的 $\tan \delta$ 下降不大,尤其在 $-30 \sim 0$  °C范围内(即我国东北严寒地带常见室外温度),其 $\tan \delta$ 值较NR和BR等高,这一特性对保持胎面胶在低温下的牵引性能具有重要意义。

在 $60 \sim 80$  °C时,SIBR的 $\tan \delta$ 值均比其它橡胶(除BR外)低,从而体现了SIBR胎面轮胎在高温行驶下具有较低的滚动阻力。由此可知,在不同使用温度下,SIBR有效地平衡了轮胎行驶过程中牵引力与滚动阻力之间的矛盾。

在传统载重轮胎胎面胶并用类型的基础上,人们开始研究更加新型的并用胶种,以使轮胎获得良好的抗湿滑性能及较低的滚动阻力。

现在人们普遍采用的多为通用生胶的并用,如:NR/SBR/IR/IIR;聚丁二烯-异戊二烯共聚橡胶/顺式-1,4-聚异戊二烯橡胶/SBR<sup>[5]</sup>;不同聚合方式制得的具有不同玻璃化温度的SBR

的并用<sup>[6]</sup>;中等苯乙烯质量分数的溶聚丁苯橡胶/聚丁二烯-异戊二烯/顺式-1,4-聚丁二烯橡胶/NR,NR/IR/含苯乙烯的热塑性弹性体<sup>[7]</sup>,胎面基质胶/结晶型间同立构-1,2-聚丁二烯树脂等<sup>[8]</sup>。

## 2 新型补强体系

固特异公司的Shingo Futamura<sup>[9]</sup>研究认为,在 $-20 \sim 0$  °C范围内,轮胎在冰面上的抗湿滑性能与轮胎胎面生胶滞后损失的相关性较小,而与整个胎面胶的柔量相关性很好,即说明回弹性越好,越柔软的胎面胶在冰面上的摩擦力就越大。这说明在使用玻璃化温度较低的生胶如BR和NR时,如果考虑将补强体系和软化体系等配合体系进行合理的搭配,是同样可以满足绿色轮胎胎面胶料的使用要求的。

### (1)特殊结构的炭黑<sup>[10]</sup>

在制备高耐磨、低生热的胎面胶料时,应十分注意使用具有特殊结构的炭黑。制备绿色轮胎胎面胶时,对炭黑的CTAB吸附值和DBP吸收值等均有很多特殊要求。

### (2)白炭黑<sup>[11~13]</sup>

实验表明,在胎面胶中若使用白炭黑替代炭黑N220,则耐磨性将下降20%~40%,而采用有机硅烷表面处理剂TESPT对白炭黑进行改性,替代炭黑N220后,使轮胎在湿路面上的牵引性能不变,耐磨性仅下降5%,而滚动阻力降低30%,见图3。

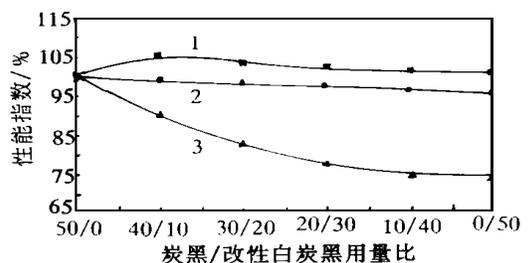


图3 填充剂用量对载重轮胎性能的影响

1—湿路面牵引力; 2—胎面磨损; 3—滚动阻力

另外, TESPT的用量对胶料在0和60 °C时 $\tan \delta$ 值的影响见图4。

因此,用TESPT改性后的白炭黑完全有可能替代炭黑用于载重轮胎的NR胎面胶中。

### (3)短纤维增强材料<sup>[14,15]</sup>

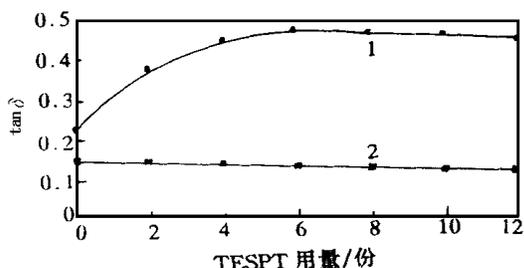


图4 TESPT用量对胶料在0或60℃下  
tan δ值的影响

1—温度为0℃;2—温度为60℃

对于轿车和重型载重汽车轮胎而言,在胎面由动态压缩而导致的热损失中40%以上是滚动阻力引起的,而在胎面胶中使用短纤维(包括废短纤维)是提高胎面胶模量的有效方法。

试验表明,纤维取向方向与路面的角度很大程度上影响着胎面的生热。纤维取向方向为垂直于路面,则其硫化胶的生热最小,见图5。

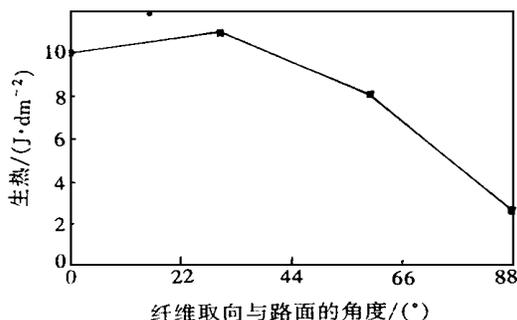


图5 聚酯短纤维的取向方向对生热的影响

另外,短纤维沿垂直于路面方向取向,其胎面胶的磨耗量与无短纤维补强橡胶相同或稍低,即使在短纤维与路面夹角偏离90°时,所产生的磨耗量不会大幅度增大,甚至在夹角为30°时保持与无短纤维补强橡胶一样的磨耗水平。

只有夹角为15°时,胎面胶的磨耗量才大约与纤维夹角为0°的短纤维橡胶复合材料相当,即磨耗量比短纤维沿垂直路面取向的胎面胶大得多。另有报道认为,纤维的适当取向,可使胎面胶生热减小80%,且对其耐磨性能无不利影响。

#### (4) 胶粉

据报道,在胎面胶中应用30份粒径为20 μm的超细胶粉,轮胎的耐疲劳性能、滚动阻力及与路面的抓着力均与不含胶粉的同类轮胎相当,如果适当调整配方,可将此胶粉用量提高到100~150份,且能保持硫化胶良好的物理性能。

目前,为增大胶粉用量并减少胶料性能的下落,改性胶粉已普遍采用,常用的改性剂有环氧预聚物(包括以顺式-1,4-聚丁二烯为基础的环氧预聚物)、6-硝基芳香胺衍生物、卤素硅有机化合物。其改性体系建议使用硫黄及次磺酰胺类促进剂体系。

以定长纤维与超细胶粉并用以及超细胶粉与玻璃微珠(粒径为40 μm)并用来制备胎面胶的方法也有报道<sup>[16,17]</sup>。

### 3 双层胎面及发泡橡胶的应用

双层胎面轮胎<sup>[18,19]</sup>具有高速、稳定、耐磨及生热低等优点,一般是由胎冠和底面两部分构成,其胎冠与底面具有不同的动态模量及tan δ。有关文献指出,胎冠动态模量大于底面动态模量(≥8.5 MPa);tan δ大于0.12,底面厚度与胎面厚度之比为0.25~0.70。此双层胎面胶料是用NR混入不同种类及用量的炭黑制得的。

发泡胎面<sup>[20]</sup>是由发泡橡胶制成的,除胎面胶的一般组分外,还含有结晶型间同立构1,2-聚丁二烯(粉末状,平均粒径为60 nm),再配合发泡剂、抗氧化剂等其它助剂。试验表明,使用发泡胎面制备的轮胎在干、湿路面上特别是在冰面上具有良好的制动和牵引性能,即使在炎热的夏季也完全能够保持驾驶稳定性、耐久性和低油耗,因此是绿色轮胎胎面胶的发展方向。

### 参考文献

- 1 Hanada Tatsure, Yokoyama Rubber compositions for tire treads with low hysteresis loss and excellent abrasion and wet skid resistance. JPN, JP 0 707 188 462. 1995
- 2 Scriver, Richard M. Rubber blends for skid-resistant tire treads. USA, US 4 894 420. 1996
- 3 Araki Shunji. Abrasion-resistant pneumatic tires for radial tires of trucks and buses. JPN, JP 06 263 920. 1994
- 4 张华 张兴英, 金关泰. 理想的胎面材料——集成橡胶 SIBR(I). 弹性体, 1997, 7(7): 34
- 5 Thise, Ghiskin, Adolphe L. Butadiene-isoprene rubber in tread compositions for truck tires. Eur. EP 654 499. 1995
- 6 Kikuchi, Yasushi, Shirokawa. SBR blend compositions for tire treads. JPN, JP 06 278 405. 1994
- 7 Tokamatsu, Hideo, Yamada. Rubber compositions with good workability for tires. JPN, JP 06 220 256. 1994
- 8 Aoyama Masanori, Yomanaka. All-season pneumatic tires with

- good braking properties and abrasion resistance. JPN, JP 06 306 207. 1994
- 9 Shingo Futamura. Analysis of ice and snow traction of tread Rubber Chemistry and Technology, 1996, 69(4): 648
- 10 Misono, Shinji. Carbon black for rubber compositions for tires. USA, US 5 321 072. 1994
- 11 Segatta, Thomas J. Sandstrom Sulfur-cured rubber composition containing epoxidized natural rubber and silica filler. Eur, EP 644 235. 1995
- 12 Wideman, Lawson, Gibson Silica-reinforced rubber compositions for tire treads. Eur, EP 682 067. 1995
- 13 Wolff, S. Gorl, U., Wang, M. J. Silica-based tread compounds. European Rubber Journal, 1994, 176(1): 16
- 14 Midonikawa, Shingo, Kando Short fiber-containing pneumatic tires. JPN, JP 06 328 905. 1994
- 15 Benko David Obermaier. Graphite fiber-reinforced tires and their incorporation method. CAN, CA 2 125 203. 1995
- 16 Midonikawa, Shingo, Harada Abrasion and ice/snow skid-resistant pneumatic tires. JPN, JP 06 328 908. 1994
- 17 Midonikawa, Shingo, Harada Short fiber-containing pneumatic tires. JPN, JP 06 328 906. 1994
- 18 Saito, Juichi, Kikuchi. Bilayered tread-containing radial tires. JPN, JP 06 200 076. 1994
- 19 Nomura, Yoshiki, Matsumoto Pneumatic tires with bilayered treads. JPN, JP 06 157 829. 1994
- 20 Teratani, Hiroyuko, Aoyama Pneumatic tires for all seasons with foamed rubber tread. Eur, EP 654 363. 1995

收稿日期 1998-11-06

## IRSG 预测橡胶供大于求

英国《欧洲橡胶杂志》1998 年 180 卷 12 期 6 页报道:

据国际橡胶研究组织 (IRSG) 预测, 1998 和 1999 年全球 NR 和 SR 都将供大于求 (见表 1)。

就 SR 而言, 产、耗量基本相适应, 而 NR 的剩余量将增长。

- 以每打高尔夫球平均售价为 18 美元计算, 高尔夫球中每磅橡胶的价值为 14.90 美元;
- 以每筒网球平均售价为 3 美元计算, 网球中每磅橡胶的价值为 7.88 美元;
- 以每条轿车轮胎平均售价为 70 美元计算, 轿车轮胎中每磅橡胶的价值为 3.50 美元。

(涂学忠摘译)

表 1 世界橡胶生产和消耗量 万 t

年份	产 量		消耗量		剩余量	
	SR	NR	SR	NR	SR	NR
1997	1 005	642	999	648	6	6
1998	1 036	661	1 007	656	19	5
1999	10 310	680	1 022	670	9	10

(涂学忠摘译)

## 橡胶价值知多少

美国《橡胶和塑料新闻》1998 年 9 月 21 日 24 页报道:

一磅橡胶价值多少要取决于其用途。用橡胶制造体育用品比制造轿车轮胎获利丰厚得多, 它们在各种不同制品中的价值分别为:

- 以每只篮球平均售价为 31.50 美元计算, 篮球中每磅橡胶的价值为 24.70 美元;

## 韩国经济将复苏

美国《橡胶和塑料新闻》1998 年 9 月 21 日 10 页报道:

韩国橡胶工业研究院院长 Paik P K 先生说, 到 1999 年年底, 亚洲经济将逐渐复苏, 而韩国将比亚洲其它国家更快地摆脱经济困境。在亚洲金融危机中, 印度尼西亚、泰国、马来西亚、香港、中国和日本均遭受了很大损失。

Paik 说, 韩国工业基础雄厚, 因而有利于很快恢复。韩国有 3 家公司在世界轮胎 50 强中榜上有名: 锦湖排名第 10, 韩国排名第 11, 宇成排名第 41。韩国橡胶和轮胎工业保持了较高的出口率, 产品遍布世界各地。韩国是世界上第 4 大耗胶国, 耗胶量仅次于美国、中国和日本。亚洲国家年生胶消耗量为 74.2 万 t。

(涂学忠摘译)