

绿胎的发展及其推广应用

国家橡胶与轮胎工程技术研究中心首席科学家、怡维怡橡胶研究院院长

王梦蛟

摘 要

所谓绿胎是过去二十多年来世界上开发的节能、减排、有利于环保的新一代汽车轮胎。其特点是：

1. 生产轮胎所用补强剂是非碳物质二氧化硅。它不需要来自石油或煤炭的原料制造，其生产过程中排出的二氧化碳量比制造传统补强剂低得多；
2. 轮胎本身使用时滚动阻力低，从而节省燃油、降低二氧化碳排放并减少由汽车尾气导致的雾霾，有益于减少大气污染及环境保护；
3. 与传统轮胎相比，由于绿胎的行驶温度低，可减少轮胎的爆破和早期损坏。这在减少车辆行驶事故的同时，也可以大大提高轮胎的翻新率，降低轮胎制造的原材料消耗和减少废旧轮胎产生所带来的“黑色污染”；
4. 轮胎的抗湿滑和操纵性能好，增加行驶安全性；
5. 提高轮胎的耐磨性，这在增加轮胎的使用寿命从而减少废旧轮胎产生的同时，降低因轮胎磨损所形成的微粒物质对人类健康的影响。

本文简要地介绍了绿胎的发展史和讨论了绿胎的经济及社会效益，并在借鉴国外推广绿胎经验的基础上根据我国国情提出了使绿胎在我国迅速推广的想法和建议。

在轮胎发展中，米其林在 1992 年推出了称之为“绿胎”的第一代环保节能胎(“Energy” tires)并标以 GREEN X。此后 GREEN X 商标成为一种招牌标志打在这种轮胎的胎侧上，使人一眼就看出其为节能轮胎。该类轮胎的胎面胶是用细粒子二氧化硅（俗称白炭黑）加偶联剂作填料制造的。与传统的轮胎相比，其特点是滚动阻力低，抗湿滑和抗冰雪滑动性能好，而耐磨性也不差^[1]。绿胎的应用极大地降低了车辆行驶所需的能耗。实际上，白炭黑在轮胎中作为主要填料的深入研究在德国始于上世纪 70 年代初，并因 1973 年的石油危机而加速。因为在制造轮胎胶料中主要填料炭黑的原料主要来自石油，而制造白炭黑的主要原料为石英砂。Wolff 等人^[2]曾报告在胎面胶中使用白炭黑并加偶联剂取代炭黑时，轮胎滚动阻力可以大大降低而无损耐磨性能，具有节油和降低二氧化碳排放的双重优点。之后又发表了白炭黑用于轮胎胎面胶制造绿胎的理论基础^[3]。

据报道，米其林曾在上海花旗集团大厦、柏林 Park Inn 宾馆正门、巴黎埃菲尔铁塔附近及纽约时代广场安装了巨型“绿色计数器”，每晚七点播放米其林 1992 年绿色轮胎上市后减少燃油消耗和降低二氧化碳排放量的实时数据。据统计，至 2008 年，米其林绿胎对全世界汽车总计节省燃油约为 90 亿升，减少二氧化碳排放量为两千三百万吨。即每一秒钟节省燃油约 44 升，减少二氧化碳排放 110 千克以上^[4]。

由于轮胎的滚动阻力、抗湿滑性能及噪音对车辆行驶的节能、减排、环保、安全及使用寿命有直接影响，欧盟带头于 2009 年制定了“欧洲轮胎标签法”，并于 2012 年 11 月 1 日开始执行。标签法对轮胎质量的某些指标，诸如滚动阻力、抗湿滑性能、噪音等的优劣作了分级，要求在轮胎标签上标明某些性能等，这一方面能促进轮胎公司的产品质量的提高，也有助于使用者对轮胎的选择。2016

年我国采用与欧洲相同的标准也制定了相应的标签法（见表 1 和表 2）。

对照标签法规定的指标，由附件 1 可以看到，在绿胎上市 10 余年后在欧洲有 59% 的夏季胎轮胎在 F 及 F 级以上。41% 的轮胎为 G 级。滚动阻力最低的轮胎为 C 级，其数量仅为轮胎总数的 2%。而一〇年代初，G 级的轮胎仍有 38%，而冬季胎 G 级者则有 50% 之多。但 B~C 级的最新节能试验轮胎逐步面市。而个别 A 级胎也有报道，但未上市（见附件 2）。

级别	欧盟标示法	乘用车胎	轻卡胎	卡车与大客车胎
		C1	C2	C3
A		$RRC \leq 6.5$	$RRC \leq 5.5$	$RRC \leq 4.0$
B		$6.6 \leq RRC \leq 7.7$	$5.6 \leq RRC \leq 6.7$	$4.1 \leq RRC \leq 5.0$
C		$7.8 \leq RRC \leq 9.0$	$6.8 \leq RRC \leq 8.0$	$5.1 \leq RRC \leq 6.0$
D		空	空	$6.1 \leq RRC \leq 7.0$
E		$9.1 \leq RRC \leq 10.5$	$8.1 \leq RRC \leq 9.2$	$7.1 \leq RRC \leq 8.0$
F		$10.6 \leq RRC \leq 12.0$	$9.3 \leq RRC \leq 10.5$	$RRC \geq 8.1$
G		$RRC \geq 12.1$	$RRC \geq 10.6$	空

表 1. 欧盟及我国轮胎标签法中的滚动阻力标准，C1-乘用车胎， C2-轻卡， C3-卡车及大客车胎。RRC-滚动阻力系数，单位：N/KN

级别	欧盟标示法	乘用车胎	轻卡胎	卡车与大客车胎
		C1	C2	C3
A		$G \geq 1.55$	$G \geq 1.40$	$G \geq 1.25$
B		$1.40 \leq G \leq 1.54$	$1.25 \leq G \leq 1.39$	$1.10 \leq G \leq 1.24$
C		$1.25 \leq G \leq 1.39$	$1.10 \leq G \leq 1.24$	$0.95 \leq G \leq 1.09$
D		空	空	$0.80 \leq G \leq 0.94$
E		$1.10 \leq G \leq 1.24$	$0.95 \leq G \leq 1.09$	$0.65 \leq G \leq 0.79$
F		$G \leq 1.09$	$G \leq 0.94$	$G \leq 0.64$
G		空	空	空

表 2. 欧盟及我国轮胎标签法中的抗湿滑性能标准，C1-乘用车胎， C2-轻卡， C3-卡车及大客车胎。G-抓着力系数。

如果将过去二十年 C 级以下的绿胎称为普通 “绿胎 (Green tire)” 的话，滚动阻力 B 级以上的轮胎可称之为 “绿胎+ (Green tire plus or Green tire+)”。怡维怡橡胶研究院在其建院初期与赛轮轮胎公司合作于 2011 年冬制造了我国第一批双 B 胎，即滚动阻力和抗湿滑性能均达到 B 级，并于 2012 年初通过了西班牙 Idiada 认证（见附件 3 和 4），其耐磨性能也达到了普通轮胎的水平。该双 B 胎是用普通胎的胎体和花纹设计只改换胎面胶制造的。目前在保持轮胎结构、花纹和胎面胶配方不变的情况下，用 EVEC™(连续液相法制造)作为胎面胶所生产的绿胎+已进行了多次室内、室外及道路试验，并已投入批量生产。如表 3 所示，与绿胎相比，绿胎+的特点是除加工性能好之外，滚动阻力进一步下降，而耐磨性能则大幅度提高^[5~9]。

	普通轮胎	绿胎	绿胎+
胎面胶填料	炭黑	白炭黑	EVEC-白炭黑
滚动阻力指数，%	73	100 (C)	113 (B/A 级)
抗湿滑及操纵性指数，%	68	100 (B 级)	110 (A 级)
抗干滑及操纵性指数，%	NA	100	103
耐磨性能指数，%	115	100	130

表 3. 绿胎+与绿胎及传统炭黑轮胎性能的比较。性能以指数表示,越高越好。

相对于传统轮胎而言，绿色轮胎的优点是显而易见的，而绿胎+又将这些优点加以发展并弥补了其不足。但其在我国的开发应用却十分缓慢。目前虽然在国际上绿胎的出现已有二十多年，但在我国尚处于产品导入阶段。这主要是对绿胎的认知问题。由于绿胎在我国长期知之甚少，国外的产品进入我国市场的时间较晚，绿胎的概念并未普及。一方面轮胎企业对所需制造技术、原材料、生产工艺、和产品性能等所涉及的一些基本原理和知识缺乏研究，制造成本较高，又加之缺乏有效的检测手段和机构进行评价、认证和监管，产品质量较差。而另一方面车主和运输企业对绿胎的性能及其社会经

济效益缺乏了解，且价格又大大高于传统轮胎。因此绿胎在我国的推广应用困难较大。本文试图对绿胎使用的社会经济效益加以讨论，并对绿胎的推广应用提出一些参考意见。

绿胎的社会及经济效益

一、 轮胎原材料的低碳化

填料是橡胶中不可缺少的补强剂。它赋予胶料较高的硬度和模量，提高胶料的机械强度和耐磨性能，并控制着与轮胎滚动阻力、抗滑性能有关的胶料动态性能。

制造传统轮胎的胶料中使用的填料基本上是炭黑，其重量约为整个胶料的 30% 以上。而制造炭黑的原料油皆为来自于石油和煤焦油的烃类物质。对于轮胎胎面胶炭黑而言，每生产一吨填料，大约需要原料油 1.8~2.3 吨。在炭黑制造过程中，注入反应炉中原料油在高温下裂解之后再聚合成为细粒子炭黑，在尾气中存在大量的未裂解或未生成炭黑粒子的烃类物质、一氧化碳、二氧化碳及氮和硫的氧化物。尾气可以进一步的燃烧生成二氧化碳，其热量可用于生产蒸汽和发电。因此，炭黑的制造是一碳化学过程并伴随大量二氧化碳、氮和硫的氧化物产生，对于大气的污染较为严重。

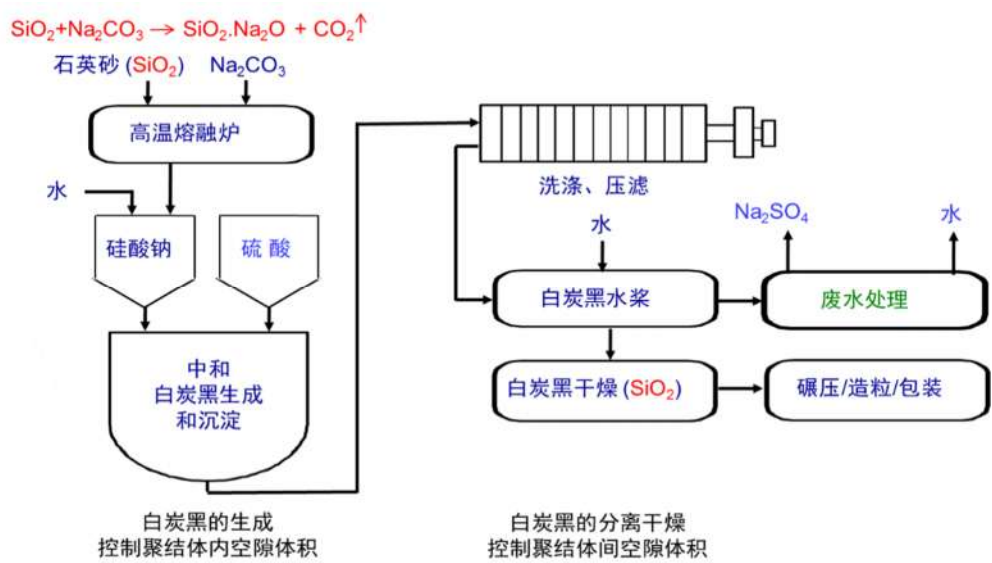


图 1、白炭黑制造工艺流程.

在绿胎的生产中，胎面胶的填料则主要是细粒子沉淀法白炭黑。它是用非碳工艺制造的，其主要原料为石英砂。如图 1 所示，在高温下，石英砂和碳酸钠熔融生成水玻璃，后者溶于水形成硅酸钠水溶液。该溶液加酸（如硫酸）中和后沉淀出细粒子二氧化硅。产品经分离、洗涤、干燥后即为用作胎面胶填料的沉淀法白炭黑。在此过程中，使用的含碳材料只有碳酸钠，并在制造水玻璃的过程中以二氧化碳的形成分解出来。生产一辆乘用车四条轮胎胎面胶所需白炭黑放出的二氧化碳量约为 2.4kg，但当车辆使用滚动阻力为 B 级的绿胎+行驶 10 万公里由于节油而使二氧化碳的排放可减少 1.3 吨。

二、 降低轮胎的滚动阻力

在车辆行驶过程中轮胎滚动阻力的降低的直接好处是节省燃油和降低二氧化碳的排放。

1. 节省燃油

A. 乘用车胎

如前所述，目前我国乘用车胎的滚动阻力水平大部分仍处于 G 级及

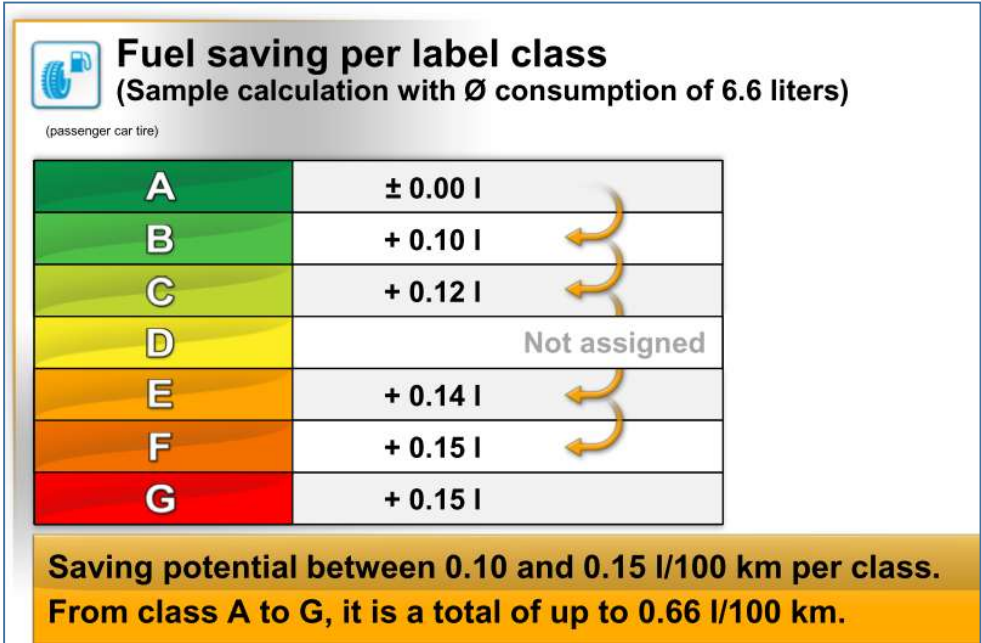


图 2、欧洲标签法中各级耗油的差别。相邻两等级耗油相差 0.1~0.15 升 /100 公里。从 A 级到 G 级多耗燃油 0.66 升/100 公里^[10]。

	减少油耗， 升/百公里	减少油耗， 升/十万公里	燃油价格， 元/升	经济效益， 元/车	经济效益， 元/胎	CO ₂ 减排， 吨/车
由 G 级到 C 级	0.44	440	6	2,640	660	1.1
由 G 级到 B 级	0.56	560	6	3,360	840	1.3

表 4、乘用车胎由 G 级升至 C 级及 B 级时节能减排的经济社会效益。

G 级以下水平。根据欧洲耗油量的测试结果由 G 级升至 B 级油耗每百公里可以降低 0.56 升，而达到 C 级节油则达 0.44 升（图 2）。如表 4 所示，对于寿命达 10 万公里的轮胎来讲，在整个轮胎使用周期内，C 级和 B 级轮胎比 G 级分别节油 440 升和 560 升。汽油价以 6 元/升计，每条轮胎因节油而使用户受益分别有元 660 和 840 元。亦即当使用节能轮胎时，用户每用一条低滚阻轮胎，所省油钱可购 2~2.5 条普通胎。

据报告^[11]，我国 2013 年自产内销及国际品牌在我国的销售的乘用车胎共 2.46 亿条，而 2016 年的年产量比 2013 年的产量增加了近 20%。如果国内销量增加的比例与产量增加的相似，我国 2016 年的轮胎销量即为 2.95 亿条。如果这些轮胎由 G 级升至 C 级，节油量每年为 325 亿升，燃油费节省 1947 亿元。如果由 G 级升至 B 级，每年节油量则为 413 亿升，而油费节省 2478 亿元。

B. 卡车胎

对于卡车胎来讲，降低滚动阻力亦可因节油而使运输成本下降。根据阳冬波的报告^[12]，我国卡车胎的滚动阻力 30%未达到欧盟 E 级要求，70%未达到 D 级要求。也就是说，大部分轮胎的滚动阻力为 E 级或 E 级以下。根据欧洲标签法的规定，如由 E 级升至 B 级，其滚动阻力下降 37.5%。而升至 C 级，滚动阻力则下降 25%。

米其林公司曾报告，卡车及客车行驶中每消耗 100 升燃油中有 25-35 升被轮胎以热能耗散的形式消耗^[13]。对装配 22 条 12R22.5 轮胎之总重 49 吨载重卡车而言，行驶 100 公里大约消耗燃油 40 升，其

中轮胎消耗为 10~14 升（平均为 12 升）。如果轮胎的滚动阻力由 E 级升至 C 级或 B 级，其节油量分别为每百公里 3 升或 4.5 升。当轮胎行驶里程达 20 万公里时，整车节油分别达 6,030 升或 9,000 升。若燃油价以 6 元/升计，每条轮胎节省燃油费分别为 1645 或 2454 元（见表 5），相当于一或一条半轮胎的价钱。此数值随着轮胎行驶里程的增加而上升。

	滚阻降低, %	行驶里程, 公里	减少油耗, 升	经济效益, 元/车	经济效益, 元/胎	CO ₂ 减排, 吨/车
	10	100	1.2	7.2		
由 E 级到 C 级	25	20 万	6,030	36,180	1,645	15.7
由 E 级到 B 级	37.5	20 万	9,000	54,000	2,454	23.4

表 5、卡车胎由 E 级升至 C 级及 B 级的经济社会效益(燃油价格以 6 元/升计)

我国 2013 年自产内销及国际品牌在我国销售的卡车胎共 4700 万条，而 2016 年的年产量比 2013 年的产量也大约增加了 20%。同样，如果国内销量增加的比例与产量增加的比例相似，我国 2016 年卡车胎的销量即为 5640 万条。如果这些轮胎由 E 级升至 C 级，节油量每年为 154 亿升，燃油费节省 924 亿元。若由 E 级升至 B 级，年节油量则为 230 亿升，而燃油费节省 1382 亿元。

2. 有利于环境保护

A. 减少二氧化碳的排放

对于机动车来讲，发动机工作的过程中，燃油的消耗将伴随着二氧化碳、氮氧化物及某些硫氧化物的排放。从表 3 和表 4 可以看到，对于乘用车胎来讲，滚动阻力由 G 级升至 C 级或 B 级，每辆乘用车的二氧化碳排放可以降低 1.1 吨或 1.3 吨。按前面所计算的 2016 年我国内销的轮胎数量，我国每年少排放 7896 万吨或 9594 万吨二氧化碳。卡车胎滚动阻力从 E 级升至 C 级或 B 级时，由于节省柴油，每辆车可少排放 15.7 吨或 23.4 吨二氧化碳。而全国每年二氧化碳的排放分别减少 4012 万吨或 5980 万吨。

B. 减少大气中细颗粒物 (PM2.5) 的污染

据北京市环保局官网消息, 机动车排放污染是北京市 PM2.5 的最大来源。在北京市 PM2.5 本地污染中全年机动车排放贡献比例达 30% 以上, 非供暖季可达到 40% 以上^[14], 在极端不利的气象条件下, 甚至达到 50% 左右^[15]。另据中科院区域大气环境研究卓越创新中心首席科学家贺泓的报告^[16], PM2.5 来源包括直接排放和二次生成, 即一次来源和二次来源。其中 PM2.5 的二次生成是指排放到大气中的气态污染物通过多种化学物理过程转化为硫酸盐、硝酸盐、铵盐和二次气溶胶等细颗粒物。也就是说如汽车排放的污染物本身中的一次颗粒物浓度虽不高, 但在大气中反应后产生大量二次颗粒物将成为城市 PM2.5 的重要来源之一^[17]。这意味着机动车辆尾气排放是“雾霾”的倍增器。因此降低轮胎的滚动阻力, 降低燃油消耗的同时可以大大减少尾气的排放, 从而减少由机动车造成的“灰霾”。

此外, 下面将说明, 降低滚动阻力也可以通过降低轮胎行使温度的机理改善轮胎的耐磨性能, 从而减少大气中的细颗粒物质的产生。

C. 改善轮胎的耐磨性能

轮胎的滚动阻力与胶料在动态应变下的滞后损失有关。滞后损失增加, 将使轮胎的行驶过程中所得的能量更多地以热能的方式消耗。因此, 轮胎的滚动阻力增加的同时, 轮胎的温度也将升高(见图 3)^[18]。轮胎测试表明, 无论是天然胶还是合成胶胎面, 随着轮胎表面温度的升高, 其耐磨性能降低(图 4)^[19]。因此, 低滚阻轮胎的低温行驶, 将有利于耐磨性能的提高。

另外, 耐磨性能的提高也有助于降低细颗粒物质的生成, 据上世纪末美国加利福尼亚和日本医生的研究, 轮胎磨耗产生的细颗粒物质是城市和高速公路附近居民哮喘病增多主要原因。由于车辆行驶中胎面的磨耗导致大量的细颗粒物质的形成。这些物质漂浮在大气中, 当吸入肺中时则难以咳出^[20,21]。有些人对天然胶中存在的异型蛋白质过敏时将导致哮喘病的发生。因此, 低滚阻轮胎使轮胎耐磨性能的提高可减少细颗粒物质的产生。此外, 低滚动阻力轮胎中多

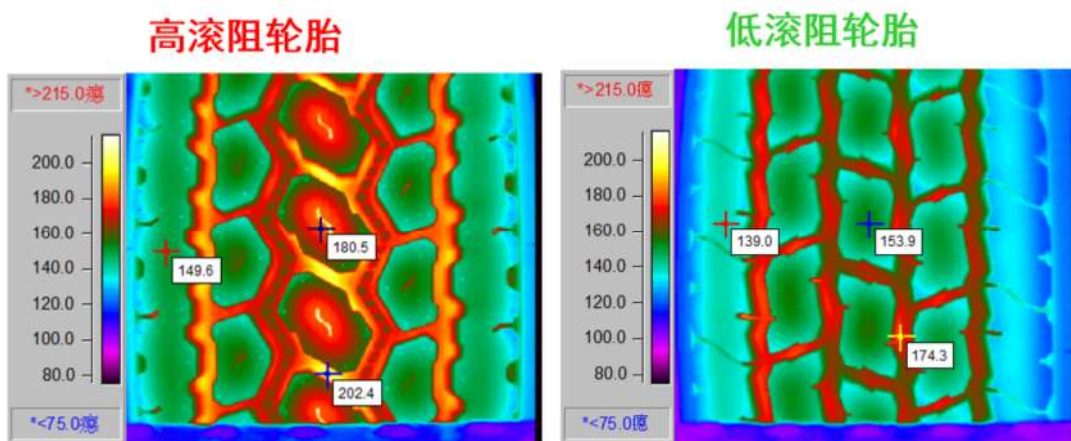


图 3、滚动阻力不同的卡车胎在相同的负荷、速度及充气压力下运行中的温度比较（用红外线相机摄）[18]。

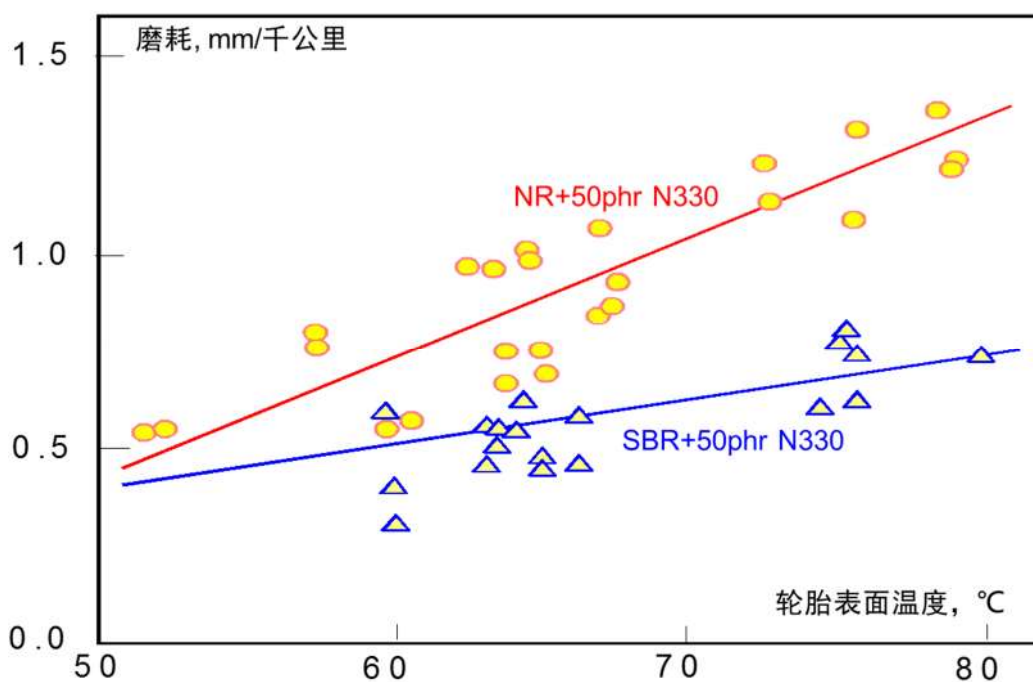


图 4、轮胎表面温度对磨耗性能的影响. 试验条件：相同路面及恒定滑移率，轮胎表面温度是由环境温度控制的[19]。

用合成胶和白炭黑，天然胶的用量相对降低，这将有利于减少细颗粒物中的异型蛋白质，从而降低哮喘病的发病率。

3. 减少轮胎的早期损坏

根据阳冬波的报告^[12]，在我国高速公路交通事故中，爆胎的交通事故占全部交通事故的 34%，我国也时有爆胎造成严重交通事故报

导。低滚动阻力伴随的低生热将防止轮胎肩空肩裂、脱层及冠爆造成的早期损坏,并提高车辆行驶的安全性。据文献称,在车辆行驶过程中肩部温度降低 10℃,肩空肩裂则降低 60~70%^[22]。而爆胎事故也会因为轮胎行驶温度的降低而大大减少。

4. 增加轮胎的翻新率, 延长轮胎使用寿命, 减少废旧轮胎的处理

米其林卡车轮胎的设计保证其具有四次生命:新轮胎的寿命,经刻沟后的轮胎使用寿命,一次和二次翻新胎的寿命。检测资料表明,翻新和刻沟可优化轮胎的里程数,延长轮胎的使用寿命达 2.5 倍,并减少 70%到 75%的原料消耗,同时保证同样的安全性能^[4]。

所谓“刻沟”,即在轮胎花纹沟磨至标记线后,为了保证车辆的在路面上行驶时有足够的抓力和操纵性能,用一简单的工具将花纹沟加深而使即将报废的轮胎重新投入使用。对一般卡车胎来讲,花纹沟加深可提高 25%的轮胎寿命,因此,行驶里程可以再延长 3 万至 5 万公里。此外,刻沟后的轮胎,因其重量较轻,滚动阻力较新胎大大下降,致使轮胎温度进一步降低。

我国生产的卡车胎,包括所谓的“不三包”甚至“割标”轮胎的胎侧上均以大写字体标有“REGROOVABL”字样。它表明,该轮胎的结构是适于刻沟的,但此技术在我国从未使用。除人们对此技术缺乏了解之外,主要是轮胎胎体较弱,行驶温度高,早期损坏较多所致。只要轮胎胎体不损坏,花纹磨至标识线或刻沟使用后的轮胎还可以翻新。即将旧胎面打磨后重新换一个胎面。翻新次数最高可达两次甚至三次,决定于旧胎的胎体强度和损坏状态。轮胎翻新是节约运输成本、降低原材料消耗最有效的方法。以一典型的 12R22.5 卡车胎为例,其胎面重量和成本分别占整胎的 23 和 22%。如翻胎用胎面胶与原胎材料相同时,由于硫化时过硫程度较低,耐磨性能非但不会降低,而其他性能,诸如抗刺伤及崩花掉块性能也会得到改善。

与国外卡车胎翻新行业相比,我国的翻胎工业规模是非常小的。目前我国轮胎的翻新率尚不达 10%^[12],其原因是我国轮胎胎体损坏严

重，大部分旧胎达不到翻胎的要求，这与轮胎使用过程中温度较高导致胎体损坏有很大关系。

应该指出，轮胎的翻新直接影响着废旧轮胎的产生。由于我国汽车销售量和保有量的迅速增加，加之我国轮胎的质量不高，致使大量废旧轮胎的产生，其数量已超过世界的 20%。已成为另类“黑色污染”源。这已引起了国家的重视^[23]，并提出从源头减少废物的产生，实现由末端治理向污染预防和生产全过程控制转变^[24]，开发轮胎翻新再制造先进技术，推行轮胎翻新先进技术保障体系建设，实施产品质量监控管理，确保翻新轮胎的产品质量^[25]等指示。提高轮胎质量，采用绿胎生产技术，降低轮胎滚动阻力的同时降低轮胎生热，减少轮胎的非正常损坏，提高轮胎翻新率，是从源头减少废旧轮胎产生的最有效措施。轮胎翻新一次，就相当于减少一条废轮胎，节省 0.8 条轮胎的原料。我们的试验表明，滚动阻力 B 级的卡车胎在使用过程中很少出现胎体损坏质量问题，可以大大提高轮胎的翻新率。

三、提高抗滑性能的社会效益

1. 抗湿滑性能

车辆在湿滑路上行驶时，由于水的润滑作用，轮胎与路面之间的摩擦力大大下降。轮胎在湿路面上的摩擦力直接影响到车辆的刹车性能及操纵特性。因此提高轮胎的抗湿滑性能是保证行车安全的重要手段。这对乘用车尤为重要，因其负载低、车速高、接地面积小，在雨天容易出事故。在各国乘用车轮胎性能标签法规中均将抗湿滑性能列为质量分级标准。如表 2 所示，欧盟标签法将乘用车胎的抗湿滑性能分为 A 至 G 共 5 级（其中 D 和 G 为空置级），而图 4 则为在标准的湿路上，以 A 级轮胎的刹车距离为参比，车速为 80km/h 的情况下刹车时其余轮胎的刹车距离。可以看到，B 级轮胎刹车距离较 A 级轮胎增加了 3 米。而从普通轮胎的 F 级到 B 级刹车距离缩短了 15 米。因此，高级别抗湿滑轮胎使行车安全性大大提高。

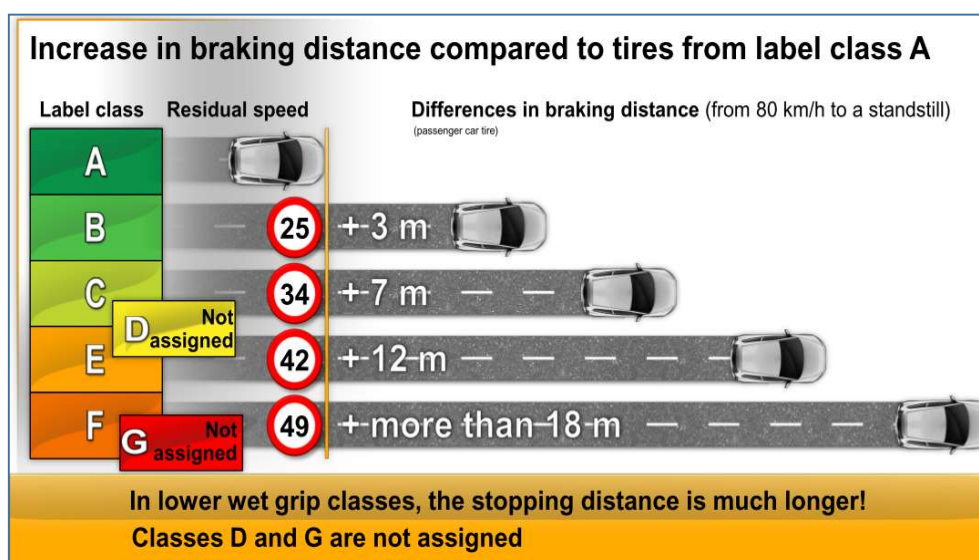


图 5、轮胎欧洲标签法中各级抗湿滑性能的差别。图中圆圈中表明数字是车辆在标准条件下在行驶速度为 80 公里/小时刹车后安装 A 级轮胎车辆停止时，安装其它级别轮胎的车辆尚剩余的速度^[5]。

2. 抗干滑性能

轮胎的抗湿滑性对车辆行驶安全性固然有很大的影响，但干路面上的刹车特性、操纵性、紧急变道、应急反应对行驶安全也是十分重要的。它并未列入标签法中，仍需牢记，行车事故并非只发生在雨天！在这一方面，与普通胎相比，绿胎+的效果更好。

四、改善耐磨性能的社会经济效益

提高耐磨性能可增加轮胎的寿命、降低交通运输成本、降低橡胶原料的消耗、减少废旧轮胎的处理。其经济效益是不言而喻的。

如前所述，耐磨性能的提高也可降低大气中细颗粒物质的形成，改善大气质量。因为轮胎磨损形成的细颗粒物质能在较长时间内漂浮在大气中。

譬如对于 205/55R16 乘用车胎来讲，当 8mm 深的花纹沟磨至 1.6 mm 时，共磨去 1.81kg 胎面胶。假如轮胎寿命为 10 万公里，而每年行驶 2.5 万公里时，每辆乘用车一年向大气中释放的细颗粒物质为 1.81kg。

对于 12R225 卡车胎而言，当 15mm 的花纹沟磨至 2mm 时，共约磨去 6.5kg 的胎面胶。假设车辆每年行驶 12 万公里，而轮胎的寿命为 1 年半，一辆 22 轮集装箱车每年向大气中释放的微尘为 95.3 公斤，而 10.5 辆卡车一年中释放约 1 吨的细颗粒物。因此其对雾霾及人体健康所造成的危害不可低估。

除个别国家对轮胎耐磨性能提出一定的要求外，在各国的标签法规中耐磨性能并未列入分级标准。其主要原因是，到目前为止，室内或实验室内尚未发现任何一种磨耗实验机的测试结果与轮胎实际使用中的耐磨性能有较好的相关性。而在轮胎的实际里程试验中，其结果也受其行驶路面、车辆状况、地区气候及驾驶员个人习惯的影响。较为可靠的轮胎试验场实验则因费时费力而很难用于轮胎的分级评判。在多数情况下，客户使用信息的反馈则成为市场评价轮胎耐磨性能优劣的主要方法。

必须指出，为降低滚动阻力有多种方法，诸如，降低填料用量、采用低比表面积填料和填料并用体系、在天然胶胎面胶中加入大量白炭黑、采用胶乳-白炭黑共沉母胶、加入某些添加剂^[26]等。但这些方法均以牺牲轮胎耐磨性能为代价换取低滚动阻力^[27]。这不但影响轮胎的使用寿命和增加大气污染，也会产生更多的废胎。

五、降低车辆行驶噪音

绿胎的优点之一就是降低轮胎行驶中产生的噪音^[1](与普通轮胎相比降低了 1dB)。绿胎+也保留了这一优点。

如何使绿胎在中国跑起来

综上所述，绿胎在提高轮胎质量、降低滚动阻力、改善轮胎抗湿滑性能等方面的功能是明显的。过去二十余年，在世界上，尤其在欧洲，人们逐步认识到绿胎的发展对于节省能源、减少二氧化碳排放、降低粉尘产生、减缓或者降低大气污染、增加行车安全所起的重要作用，绿胎的制造和市场发展很快。近年来，我国某些轮胎企业迫于国外轮胎标签法和市场的压力开始试制和生产绿胎，但发展

十分缓慢。而个别外国轮胎公司制造的绿胎开始进入中国市场，但产品少人问津。其原因不外是制造商成本和利润的制约和用户对新产品缺乏认识。

从用户角度来看，绿胎的经济效益和社会效益难以短期彰显，而市场价格较普通胎相差较大。譬如，目前固铂（Cooper）公司在市场上有一规格为 205/55R16 的轮胎 ECO-C1，其滚动阻力和抗湿滑性能据称均为 B 级，市场价为 475/条，而同规格的普通胎为 329/条，两者相差 146 元。某代销点的销售纪录表明，前者评价者为 10，后者则为 600（附件 5 和 6）。从经济上讲，前者节省的 840 元燃油费可以再买近两条胎，即用户使用 ECO-C1 胎时不但购胎的费用得以返还，还可赚 365 元。而从行车安全上看，在湿路面上紧急停车时，用 ECO-C1 轮胎的刹车距离较普通胎缩短了 15 米。假若下雨天用普通胎产生的车毁人亡的事故可能由于使用绿胎得以避免，但用户并不知是绿胎救了他的命。也就是说用户对优质胎的社会经济效益并不感知，但他清楚地看到轮胎售价的差别。中国化工报曾报导^[28]，绿色轮胎的单价比传统轮胎要高 10-30%，但由于制造技术和原材料要求比现有轮胎要高，企业生产成本要提高 15%左右，因此生产厂对开发制造绿胎的积极性并不很高。综上所述，可以认为我国目前发展绿胎情况是：

- ◇ 绿胎的低滚动阻力、高抗湿滑性能、节能减排及行车安全的社会经济效益是实实在在的！
- ◇ 用户不会花钱去买一种看不见的社会效益！！
- ◇ 轮胎制造公司也不会降低利润或赔本去研发、制造和推销新产品!!!

作者认为，如何使绿胎跑起来，必须由政府推动。目前在欧洲绿胎推广的速度是全世界最快的。这一方面是欧盟政府和全民对环境保护和绿色运动的重视，另一方面，政府对轮胎准入市场的最低滚阻力做出限定的同时，也规定凡达到 C 类以上等级的轮胎均获得欧盟各国财政奖励。

我们可以效仿欧盟的办法来加速绿胎的发展。但是根据我国轮胎工业的具体情况，设置准入市场销售的最低滚动阻力容易，但由政府财政奖励所需资金筹集则不易。

解决办法之一是国家设立“绿胎奖励基金”。基金的筹集采取“取之于斯，用之于斯”的方法，不动用国家的财政收入。既然绿胎的主要经济效益来自节省燃油，可以用客户节省的燃油支出作为绿胎的财政奖励基金。具体做法如下：

由政府出面，将燃油的价格提高，所得收入专用于“绿胎奖励基金”。譬如，在油价中每升增加 5 分钱(不到油价的 1%)。以一般乘用车为例，每行驶 100 公里消耗 10 升燃油计算，对轮胎使用寿命为 10 万公里的轮胎来讲，在整个轮胎行驶过程中，因燃油的涨价使用者多支出 500 元，即每条轮胎多支出的油费为 125 元。根据表 4 的数据，当使用 B 级或 C 级的轮胎时，用户节省的燃油费则分别从 840 元/条和 660 元/条降至 715 元/条和 535 元/条。如果将 125 元中的 100 元或 60 元分别奖励制造 B 级或 C 级轮胎的公司，而要求轮胎制造商将轮胎的价格降为普通胎的价格出售。在这一方案中，每销售一条 B 级或 C 级胎，奖励基金尚余 25 元或 65 元。而从一条普通胎的销售中可得 125 元作为其浪费燃油及有害环保的惩罚。

对于安装 22 条 12R22.5 轮胎的卡车而言，假若轮胎使用寿命为 20 万公里，每 100 公里耗燃油 40 升，则每辆车的耗油为 80000 升，以每升提价 5 分钱计，用户多支出的燃油费 4000 元。每条轮胎因燃油提价所增加的油费为 182 元，其中 120 元奖励轮胎公司。如果普通胎的售价为 1500 元/条，而允许轮胎厂的售价只增加 10%，即 150 元/条，相对于普通胎，轮胎公司生产每条 B 级轮胎的收益为 270 元。这不仅抵消了绿胎成本的增加（如成本的 15%），利润也有相当的提高。而轮胎用户在这一过程中增加的支出为 332 元。由于每条绿胎节省的燃油费为 2454 元，其净利为 2122 元。即使用 1650 元/条的绿胎，除使用轮胎不花钱外，还净赚 472 元/条。在这一设计中，每销售一条绿胎，奖励基金中还剩 62 元。诚然，C 级轮

胎的奖励和销售价将相应的减少，但奖励基金所得数额将相应地增加。

在上述方案中，关键的问题是市场上轮胎质量的监管问题。为防止乱标级别以次充好，需要设立有权威性的检测机构，定期在市场上购买商品胎进行检测。对于检测数据达不到标定级别者，进行罚款并不准进入相应的市场，同时降低生产者的诚信等级。在确保轮胎的性能符合所标记的级别外，为了减少由轮胎磨损造成的大气污染及保证轮胎的使用寿命，也需要对轮胎耐磨性能进行测验。鉴于室内试验结果与实际车辆行驶中的耐磨性缺乏相关性，必须将抽查的轮胎在试验场内于标准的实验条件下进行磨耗试验，其指标可以参考美国 UTQG 轮胎耐磨性能的标准制定。因此，除了足够的室内实验室以外，还需建立足够的轮胎试验场。因此需成立一非营利性机构负责奖励基金及测试机构的建立和经营管理。所需资金亦从奖励基金支付。

利用上述办法对各方好处有：

轮胎用户：

- ✧ 节省燃油费用；
- ✧ 提高行车的安全性。

轮胎生产企业：

- ✧ 增加销售利润。

国家及社会：

- ✧ 节省能源；
- ✧ 减少二氧化碳的排放；
- ✧ 减少细颗粒物质的产生，降低大气污染，减少雾霾；
- ✧ 降低行车事故；
- ✧ 减少废旧轮胎的处理；
- ✧ 减少橡胶材料的消耗；
- ✧ 增加就业岗位。

因此绿胎的推广使用除使轮胎用户、生产企业和国家实现三赢外，由于轮胎监测及检测机构的建立，也将大大提高我国轮胎的制造水平。而所有这一切均在不增加国家财政支出的情况下实现的。

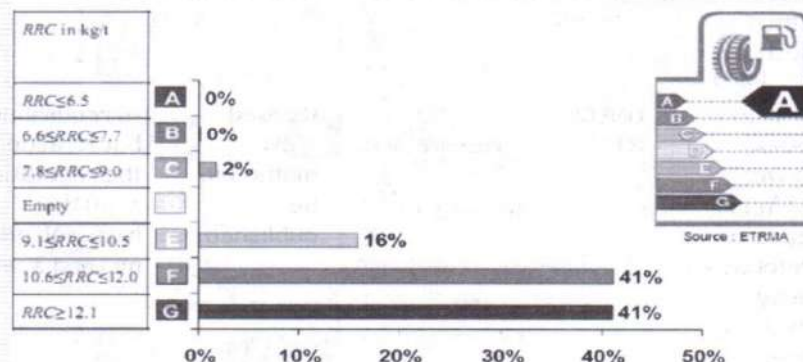
参考资料

1. R. Roland (to Michelin), EP 0 501 227 A1.
2. S. Wolff, paper presented at the International Conference of the Deutsche Kautschuk-Gesellschaft, Minich, Sept, 2-5, 1974.
3. S. Wolff, U. Gori, M. -J. Wang, and W. Wolff, paper presented at the TireTech'93 Conference, Basel/Switzerland, October 28-29, 1993. *European Rubber Journal*, p. 16, January, 1994.
4. 米其林：“绿色轮胎”的环保效应有多大？”，*中亚橡胶*, 2008.9.27.
5. 王梦蛟，“液相混炼”，中国橡胶工业百年纪念大会, 2015年9月17日，广州.
6. 王正、宋建军、和富金、贾维杰、张红霞、张秀彬、刘震、王梦蛟，“EVE胶在乘用车胎面中的应用”，第十届中国橡胶基础研究研讨会, 2015年9月17日，广州.
7. M.-J. Wang, Liquid Phase Mixing, presented at Tire Technology Conference Hannover, Germany, February, 16~18, 2016,
8. M.-J. Wang, Application of EVE Compounds to Passenger Tire Treads, presented at Tire Technology Conference 2016, Hannover, Germany, February, 16~18, 2016,
9. G. Heeps, Liquid Gold, *Tire Technology International*, p.20, March,, 2016.
10. F. Cinaralp, Implementation Progress of European Tyre Labeling and Tire Market Demand, 全球轮胎技术研讨会. 2014年6月17日，杭州
11. D. Shaw, “中国轮胎工业的发展”，全球轮胎技术研讨会，2015年6月15日，大连
12. 阳冬波，“中国道路货运行业绿色轮胎技术推广应用可行性分析”，全球轮胎技术研讨会，2015年6月15日，大连

13. 米其林（中国）投资有限公司,“低滚动阻力轮胎的优点”，橡胶工业自主创新轮胎资料汇编
14. “京六油全面上市”，中国新闻网，2017.03.01
15. 环保部，机动车污染已成为中国空气污染的重要来源，央广网 2017.06.04
16. 中国科学院，“大气质量总体改善，为何公众感受不明显”，中国新闻网，2017.03.02
17. 北大课题组，“北京 PM2.5 下降应重点放在机动车”，中国新闻网, 2017.03.18.
18. R. Clark, Rolling Resistance, Basic Foundation (Michelin).
19. K. A. Grosch and A. Shallamach, *Wear*, 4, 356 (1961).
20. T. F. Dorsey et al., *J. Occup. Environ. Med.*, **48**, 1321 (2006).
21. A. Wik and G. Dave, *Environmental Pollution*, 157, 1 (2009)
22. A. Robert, P. Brown, I. Wallace, T. A. Razak, N. Seitz, H. Gruber, J. Meindl, B. Lawton, J. O’Connell, W. Thom, *Tire Technology International*, P. 34, March, 2002.
23. 国家发展和改革委员会，关于征求“关于严防废旧轮胎成为黑色污染源的报告”意见的函，2016 年 11 月。
24. 国务院，“国务院关于加快发展循环经济的若干意见”，2005 年 7 月 2 日
25. 工业和信息化部、商务部、科技部，“关于加快推进再生资源产业发展的指导意见”，工信部联节〔2016〕440 号
26. M. -J. Wang, *Rubber Chem. Technol.*, **71**, 520 (1998).
27. M. -J. Wang, *Kautsch. Gummi Kunsts.*, **61**, 159 (2008).
28. “绿色轮胎，如何才能跑起来”，中国化工，2015.08.13

EU Tire Situation in 2004 2004年欧洲轮胎现状

- 2004 EU Summer Tire Rolling Resistance 2004年欧洲夏季轮胎滚动阻力



- Only 59% Summer Tires Achieved the Rolling Resistance Regulation 只有59%的夏季轮胎能够达到滚动阻力的最低标准

附件 1、2004 年欧洲轮胎的滚动阻力

EU Tires Situation 当前欧洲轮胎现状

- 38% Summer Tire can not Achieve Rolling Resistance Needs 目前的夏季轮胎**38%** 不能达到滚动阻力的要求
- 50% Winter Tire Can not Achieve Rolling Resistance Needs 50% 的冬季胎不能达到滚动阻力的要求
- No Sales Due to Low Labelling 标识低($\geq D$) 将很难销售
- More and More New Tires is Catching Up 很多新规格轮胎已经或即将面世
- The Rolling Resistance of New Tires from EU is Designed in the Range of B to C 最新的节能轮胎(三大轮胎公司) 滚动阻力在**B到C** 的范围
- No Tire Can Achieve A(B) Labelling 没有滚动阻力达到**A(B)**的轮胎
- Tire Producers will Pay Much More Attention to Silica Tire Technology 轮胎生产厂将非常重视全白黑炭胎面的轮胎

附件 2、2011~2012 年欧洲轮胎的滚动阻力



L'Albornar - Apartado de Correos 20
E - 43710 Santa Oliva (Tarragona)
España

Tel. +34 977 166000
Fax +34 977 166007
e-mail: idiada@idiada.com

Page 1/3

REPORT N° CV12040135

ROLLING RESISTANCE TEST ACCORDING TO UNECE REGULATION No 117.02

Applicant : SAILUN CO., LTD
West of Jiangshan Middle Road
Economic & Technological Development District
266500 QUINGDAO
Quingdao (CHINA)

Manufacturer : SAILUN CO., LTD
West of Jiangshan Middle Road
Economic & Technological Development District
266500 QUINGDAO
Quingdao (CHINA)

Mark : SAILUN

Commercial description : VELOZZA VXZ

Tyre class (C1, C2 o/or C3) : C1

Category of use : Nieve / Snow

Tyre Size : 225/45 ZR17 (94W XL)

Place and date of issue : L'Albornar, Santa Oliva (Tarragona), 16/04/2012

CONCLUSIONS: According to UNECE Regulation No. 117.02, the tyre was tested following the test procedure. The characteristics of the tested sample are detailed in the annex to the test report.

Rolling resistance coefficient: Cr (N/kN) = 7,11

Performed by

Cesar Ruiz Martinez

Ingeniero de ensayos/Test engineer

Revised by:

Ignacio Lafuente Buil

Jefe de Departamento/Department Manager

* THE PRESENTED RESULTS REFER ONLY TO THE TESTED SAMPLE
* THE PARTIAL REPRODUCTION OF THIS REPORT WITHOUT THE PERMISSION OF IDIADA IS COMPLETELY FORBIDDEN
IDIADA Automotive Technology, S.A. N.I.F. A43581610

REPORT N° CV12030269

WET GRIP ADHESION TEST ACCORDING TO UN/ECE REGULATION No 117.02

Name and address of applicant	: SAILUN CO., LTD West of Jiangshan Middle Road Economic & Technological Development District 266500 QUINGDAO Quingdao (CHINA)
Manufacturer	: SAILUN CO., LTD West of Jiangshan Middle Road Economic & Technological Development District 266500 QUINGDAO Quingdao (CHINA)
Brand name	: SAILUN
Trade description	: VELOZZA ZXV (0912)
Tyre class (C1, C2 or C3)	: C1
Category of use	: Standard
Tyre Size	: 225/45R17 XL (94W)
Place and date of issue	: L'Albomar, Santa Oliva (Tarragona), 18/04/2012

CONCLUSIONS:

The tyre was tested following the wet grip test procedure as per UNECE Regulation No 117.02.

The characteristics of the tested sample are detailed in the annex to the test report.

Test result: Wet grip index (G) = 1.49

Performed by



David Gallegos Diez

Ingeniero de ensayos/Test engineer

Revised by:



Ignacio Lafuente Buil

Jefe de Departamento/Department Manager

* THE PRESENTED RESULTS REFER ONLY TO THE TESTED SAMPLE

* THE PARTIAL REPRODUCTION OF THIS REPORT WITHOUT THE PERMISSION OF IDIADA IS COMPLETELY FORBIDDEN
IDIADA Automotive Technology, S.A. N.I.F. A43581610

附件 4、2011 年怡维怡橡胶研究院与赛轮制造的 B 级轮胎抗湿滑性能证书

轿车轮胎产品

适用车型 高档轿车 中级轿车 多用途商务车

zoom

ECO C1

环保卫士

好轮胎，从来不会将力量轻易浪费。固铂C1标准级节能环保轮胎，以创新科技为您打造节能新境界，世界再远亦可轻松到达。

舒适性	★★★★★☆☆☆
静音性	★★★★★☆☆☆
湿地操控	★★★★★☆☆☆
干地性能	★★★★★☆☆☆
磨损性能	★★★★★☆☆☆
节能性	★★★★★☆☆☆

附件 5、固铂（Cooper）ECO C1 轮胎的性能

平穩

¥329.00

固铂(COOPER)轮胎 205/55R16 ZEON ATP 91V **【京东自营】** 轮胎

已有600+人评价

京东自营

☐ 对比 ☐ 关注

平穩

¥399.00

固铂(COOPER)轮胎 205/55R16 XL ZEON ASP 94V奥迪A3(进口)、奔驰B

已有600+人评价

京东自营

☐ 对比 ☐ 关注

平穩

¥348.00

固铂轮胎 ZEON ATP 205/55R16 91V **【固铂官方旗舰店】** 无固铂·不越野，

已有10人评价

券100-30

☐ 对比 ☐ 关注

上涨

¥475.00

固铂轮胎 Zeon ECO C1 205/55R16 91V 途虎正品保障！全国万家门店免

已有10人评价

券999-100

☐ 对比 ☐ 关注

附件 6、固铂（Cooper）ECO C1 轮胎的售价