

轮胎滚动阻力影响因素及测试方法

何燕¹, 张忠富²

(1. 华中科技大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 青岛石化化工厂, 山东 青岛 266042)

摘要:分析影响轮胎滚动阻力的因素并介绍滚动阻力测试方法。在胎面胶中合理使用 BR、S-SBR、白炭黑和高芳烃油, 骨架材料使用芳纶帘线, 均可降低轮胎滚动阻力。此外, 轮胎的子午化、扁平化和无内胎化的结构变化也可有效降低滚动阻力。滚动阻力测试方法主要有测力法、测扭矩法、测功率法和测减速度法。

关键词:轮胎; 滚动阻力; 材料; 轮胎结构; 测试方法

中图分类号: TQ336.1; TQ330.7+3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2004)04-0238-04

人类活动对生态环境的破坏已成为全球性问题, 减少燃料消耗、降低汽车尾气排放量是节约能源、防止大气污染的重要措施。汽车能量消耗与轮胎滚动阻力有密切关系。对轿车或轻型载重汽车来说, 3.4%~6.6%的燃料消耗用于克服轮胎的滚动阻力; 对装用载重子午线轮胎的汽车来说, 12.4%~14.5%的燃料消耗用于克服轮胎的滚动阻力^[1]。轮胎的滚动阻力降低 10%, 轿车将节约燃料 1.2%, 载重汽车节约 4%。为此, 国内外轮胎生产商纷纷开发新的低能耗轮胎, 以降低滚动阻力、节约燃料^[2]。

本文着重论述轮胎滚动阻力的影响因素及测试方法。

1 轮胎滚动阻力的影响因素

1.1 材料

1.1.1 胎面材料

胎面材料的选用对轮胎滚动阻力影响较大, 其滞后损失占整个轮胎的 50% 甚至更多^[3]。

(1) 理想橡胶

对低滚动阻力轮胎来说, 最理想的橡胶材料要求在 0℃ 时具有较大的损耗因子 $\tan\delta$ (好的湿牵引力), 而在 70℃ 时具有较小的 $\tan\delta$ (较低的滚动阻力)。因此, Nordsiek K H 等^[4]提出了“理想橡胶”的概念。

(2) 低滚动阻力的胎面胶配方

BR 在 -100℃ 时的 $\tan\delta$ 小于 0.01, 滚动阻力极小, 耐磨性却极好, 因此非常适用于冬季轮胎。即使在 30℃ 以上, BR 的 $\tan\delta$ 也不大于 0.1, 是一种低滚动阻力和低生热的最佳原材料, 但其抗湿滑性能较差。

NR 的玻璃化温度约为 -70℃, 低温屈挠性和耐磨性都不如 BR; 但在同样的滚动阻力和生热水平下, 其抗湿滑性能较好^[3]。

溶聚丁苯橡胶 (S-SBR) 的分子特性使其滚动阻力比乳聚丁苯橡胶 (E-SBR) 低^[5], 因而已广泛应用于低滚动阻力轮胎的胎面胶中。

为进一步降低滚动阻力, 可对 S-SBR 进行化学改性, 即在分子链末端接一个改性基团。目前大多数 S-SBR 都是在用四氯化锡链终止剂的基础上, 对分子链的另一端进行改性。目前低滚动阻力轮胎主要用 S-SBR 和 NR 或 BR 并用, 特别是用改性的 S-SBR 得到的胎面胶滚动阻力低, 且抗湿滑性能也得到改善, 但耐磨性有所下降。Suzuki^[6]用 4,4-二(二乙氨)二苯酮对 S-SBR 进行化学改性, 其滞后损失比用四氯化锡改性的 S-SBR 还小。

白炭黑以前主要用于越野轮胎胎面胶中以提高耐刺穿和抗切割能力, 或作为粘合体系的一部分用在钢丝覆胶和胎体帘布胶中。现在白炭黑已被广泛应用于低滚动阻力轮胎的胎面胶中作补强剂。Harlod 等^[7]的研究表明, 在 E-SBR/BR 并用的轿车轮胎胎面胶中掺用占炭黑总量 50% 的经

硅烷偶联剂改性的白炭黑,可以降低滚动阻力25%,而不损失抗湿滑性能和耐磨性;在充油NR/BR并用的轿车轮胎胎面胶中掺用占炭黑总量60%的经硅烷偶联剂改性的白炭黑,可以降低滚动阻力18%,而不损失抗湿滑性能和耐磨性能。Wolff^[8]认为,用硅烷偶联剂改性的白炭黑部分替代炭黑对降低轮胎滚动阻力很有好处,同时有利于提高抗湿滑性能。

由此可以看出,白炭黑虽然可以降低轮胎滚动阻力,但必须配合硅烷偶联剂,才能在保证轮胎耐磨性和湿滑路面上牵引力的前提下降低滚动阻力。为了改变这一状况,国外大公司相继开发出既具有良好牵引性又具有低滚动阻力的炭黑,如卡博特的ECO Black低滚动阻力炭黑和德固萨的“inversion”低滚动阻力炭黑。

操作油品种也对胎面胶的滚动阻力产生一定影响。国外一般使用高芳烃油,它可以有效降低滚动阻力。一般来说,硫化剂用量大,胎面胶的滚动阻力略有改善,但对抗湿滑性能不利。在次磺酰胺硫化体系中并用少量的促进剂TMTD或TBzTD,有利于降低轮胎滚动阻力。

1.1.2 轮胎帘线

试验^[9]表明,同一规格的轮胎使用不同的纤维帘线材料,其滚动阻力有明显差异。芳纶帘线轮胎滚动阻力最低,DSP聚酯帘线轮胎的滚动阻力介于芳纶帘线轮胎和普通聚酯帘线轮胎之间。这主要是由于芳纶帘线的强度较高,在使用过程中轮胎的变形小,而且其质量较小,因此能有效降低滚动阻力。

1.2 轮胎结构^[10,11]

(1)子午化

子午线轮胎的滚动阻力比斜交轮胎低,西欧轮胎子午化率基本达到100%,美国、日本和韩国达到90%以上。子午线轮胎的发展为其带来了显著的经济和社会效益。

(2)扁平化

所谓的扁平化即轮胎断面结构的高宽比越来越小。扁平化首先从轿车子午线轮胎开始,已由80系列发展到55,50系列,甚至出现了35,30系列产品。这主要是因为随着高宽比的不断减小,轮胎的变形越来越小,滞后损失也相应减小,从而

降低了滚动阻力。

(3)无内胎化

轮胎滚动阻力与轮胎质量有直接关系。为此,各大轮胎公司都在积极寻找减小轮胎质量的途径,其中无内胎化是一个发展趋势。由于省去了内胎,使整个轮胎质量减小,更节省燃料。目前,轿车轮胎基本上都是无内胎子午线轮胎,载重轮胎也向无内胎化发展,西欧无内胎载重子午线轮胎已接近100%,美国为90%以上,日本为55%以上。

(4)轮辋直径

轮辋直径对滚动阻力有一定影响。一般情况下,轮辋直径增大后,在相同的垂直载荷下,轮胎的相对变形减小,降低了轮胎滚动过程中产生的滞后损失,从而使轮胎滚动阻力降低。目前汽车轮辋直径的代号已逐渐变大。

(5)带束层结构

带束层宽度大于行驶面宽度可有效控制从胎面到胎圈间的变形,将滞后损失减到最小。大陆公司生产的HT85轮胎就采用了新型带束层结构,其结构为2×2,即有两组交叉排列的钢丝帘线,中间由一层胶片隔开,这种结构设计可有效降低轮胎滚动阻力。

带束层角度也对滚动阻力有一定影响。带束层角度减小,可限制轮胎的变形,从而降低滚动阻力。如大陆公司的Agua Contact轮胎,在两层钢丝带束层上放置两层0°锦纶冠带层。

(6)胎面结构

胎面结构对轮胎的滚动阻力影响较大,因此各大轮胎公司在不影响轮胎抓着力和耐磨性的情况下,纷纷设计新的胎面花纹,以力求降低滚动阻力。如米其林公司生产的XZA(前轴用)轮胎,胎面上有4条纵向花纹沟,沟深是通过轮胎性能函数经计算后确定的,这种花纹块变形极小,因而滚动损失小,节油性好。

1.3 外部因素

(1)气压和载荷

试验证明,随着充气压力的增大,轮胎本身的刚度增大,在轮胎滚动过程中,其整体变形减小,由此产生的滞后损失减小,从而降低了滚动阻力。

轮胎的滚动阻力与载荷成正比,但试验表明,

当达到一定的载荷后,载荷继续增大,滚动阻力的变化量减小。

(2)路面状况

路面越粗糙,摩擦因数越大,滚动阻力越大;路面积水越多,滚动阻力也越大。因此在坑洼或积水多的路面上行驶时,速度要相对减小。

2 滚动阻力测定方法^[12,13]

滚动阻力的测定方法可分为间接测量和直接测量两种。

2.1 间接测量

所谓间接测量就是不直接测量滚动阻力,而是测量材料的损耗因子 $\tan\delta$ 。因为滚动阻力主要是由材料的滞后损失所产生的变形而引起的。而 $\tan\delta$ 是用来表征轮胎能量损失的重要参数之一,它与滚动阻力成正比。 $\tan\delta$ 越小,轮胎滚动阻力越低。 $\tan\delta$ 与轮胎所用材料的性能有关,改善轮胎用材料,可降低 $\tan\delta$ 。

目前测量 $\tan\delta$ 的动态模量仪有多种,如固特异公司的 Vibcotester,前尤尼罗伊尔公司的 Rheovibron 等,执行 ASTM D 2231 标准。

2.2 直接测量

目前主要用到的直接测量方法有以下 4 种。

(1)测力法:测量轮胎旋转轴的反作用力并换算为滚动阻力。

(2)测扭矩法:测量试验机的输入扭矩并换算为滚动阻力。

(3)测减速度法:测量试验转鼓和轮胎总成的减速度并换算为滚动阻力。

(4)测功率法:测量试验机的输入功率并换算为滚动阻力。

2.3 滚动阻力计算

将轮胎旋转轴受力、驱动扭矩、功率或减速度的净值换算成以 N 为单位的滚动阻力 F_r ,具体方法如下。

(1)测力法

$$F_r = F_t[1 + R_L/R]$$

式中 F_r ——滚动阻力,N;

F_t ——轮胎旋转轴受力净值,N;

R_L ——轮胎半径,m;

R ——转鼓半径,m。

(2)测扭矩法

$$F_r = T/R$$

式中, T 为净输入扭矩,N·m。

(3)测功率法

$$F_r = \frac{3.6UI}{v} = \frac{3.6P}{v}$$

式中 U ——加到转鼓驱动装置上的电压,V;

I ——通过的电流,A;

v ——转鼓的转速,km·h⁻¹;

P ——净功率输入,W。

(4)测减速度法

$$F_r = \frac{I_D}{R} \left(\frac{\Delta\omega_v}{\Delta t_v} \right) + \frac{RI_T}{R_r^2} \left(\frac{\Delta\omega_v}{\Delta t_v} \right) + \frac{M}{R_r} - F_p$$

式中 I_D ——试验转鼓的旋转惯量,kg·m²;

$\Delta\omega_v$ ——轮胎承受载荷时的转鼓角速度,rad·s⁻¹;

Δt_v ——测量所用的时间增量,s;

I_T ——轮胎和轮辋旋转时的惯量,kg·m²;

R_r ——轮胎滚动半径,m;

M ——轮胎的空气阻力矩,N·m;

F_p ——附加损失,N。

3 结论

轮胎的破坏大部分是热疲劳破坏,热被认为是轮胎最大的敌人,而滚动阻力又是与热密切相关的。滚动阻力降低的同时,轮胎材料产生的热也会降低,并且还会降低汽车燃料消耗,节约能源。从以上分析可得出如下结论。

(1)轮胎所用橡胶材料是影响滚动阻力的主要因素,应积极改进材料性能,以更大降低滚动阻力。

(2)轮胎结构也是影响滚动阻力的重要因素。轮胎的子午化、扁平化和无内胎化是当今轮胎技术发展的趋势,在发达国家已基本完成,且具备了成熟、系统和配套的生产技术。

(3)轮胎的外部因素,如气压、载荷、路面状况等均对滚动阻力有一定影响。

(4)轮胎温度场的分析与滚动阻力密切相关,可根据实际情况选取适当的滚动阻力测试方法,为轮胎温度场计算打下基础。

参考文献:

- [1] Schuring D J, Futamura S. Rolling loss of pneumatic highway tire in the eighties[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1990, 63(3): 315-367.
- [2] 张士齐. 轮胎技术又面临历史性转折[J]. 中国橡胶, 1998, 14(19): 15-17.
- [3] 刘其林, 董长征. 降低轮胎滚动阻力方法的初步探讨[J]. 轮胎工业, 1999, 19(3): 131-136.
- [4] Nordsiek K H. Model studies for the development of an ideal tire tread rubber[A]. CA, USA, ACS. The 125th meeting of the rubber division[C]. Indianapolis: CA, USA, 1984. 48.
- [5] Yoshimura N, Okuyama M, Yamagishi K. The present status of research on rolling resistance in Japan[A]. CA, USA, ACS. The 151th meeting of rubber division[C]. Anaheim: CA, USA, 1997. 31.
- [6] Suzuki F. Rubbers for low rolling resistance[J]. Tire Technology International'97: 87.

- [7] Harlod H. H-Sil EZ easy dispersity precipitated silica[N]. Rubber and Plastics News, 1995-07-31(12).
- [8] Wolff S. Chemical aspects of rubber reinforcement by fillers[J]. Rubber Chemistry and Technology, 1996, 69(3): 325-346.
- [9] 吴桂忠, 郑光亮, 曲学新. 影响轿车子午线轮胎滚动阻力的因素初探[J]. 轮胎工业, 2001, 21(3): 131-134.
- [10] 陈志宏. 国内外轮胎生产技术与市场前景[J]. 轮胎工业, 2001, 21(7): 387-394.
- [11] 叶可舒, 钟 莹. 国外轮胎新产品信息调研[J]. 轮胎工业, 1998, 18(6): 323-329.
- [12] 佚 名. 载重车和大客车轮胎滚动阻力测试方法[J]. 董秀玲摘译. 轮胎工业, 2001, 21(12): 739-745.
- [13] 佚 名. 轿车、轻型载重车、载重车及大客车轮胎滚动阻力测试方法[J]. 董秀玲摘译. 轮胎工业, 2001, 21(9): 532-536.

收稿日期: 2003-11-25

黎源电力节能公司托管环燕

中图分类号: F271 文献标识码: D

目前, 鹤壁环燕轮胎有限责任公司(以下简称环燕公司)正在实施“国退民进”的产权制度改革, 为了确保企业生产经营的正常运行, 保住“环燕”品牌和销售市场不受损失, 经环燕公司股东会同意、浚县县政府协调, 在环燕公司改制重组期间, 由浚县电业局黎源电力节能公司托管经营。

环燕公司是浚县用电大户, 也是当地财政主要支柱企业之一, 该公司每年的耗电量都在 1 000 万 kW·h 以上。早在 2001 年 8 月, 环燕公司因流动资金短缺而面临停产, 浚县电业局就注入 1 000 万元封闭资金与环燕公司联合经营, 帮助环燕公司渡过了发展路上最为艰难的时期。眼下, 环燕公司实施改制重组, 受该公司股东会和浚县县政府的委托, 浚县电业局再次向环燕公司伸出援助之手, 由该局黎源电力节能公司对环燕公司进行托管经营, 以促进环燕公司早日改制重组成功。

黎源电力节能公司已经组建了企业新的经营班子, 并为环燕公司注入 300 万元生产和技改资金。当前, 企业正开足马力进行生产, 产品日销售额平均达到 50 万元, 运转正常, 产销势头良好。

(鹤壁环燕轮胎有限责任公司

郭红波供稿)

卡博特(中国)投资公司在沪挂牌

中图分类号: F276.6 文献标识码: D

卡博特公司日前在上海举行了卡博特(中国)投资公司的成立揭牌仪式暨上海卡博特化工有限公司合资厂扩产竣工庆典。具有 120 年历史的卡博特公司, 是一家专业生产特殊化工产品和特殊化工材料的全球性跨国公司, 在世界五大洲 23 个国家有 39 家生产企业, 其经营范围包括炭黑、气相法白炭黑、喷墨颜料、纳米胶等。

上海卡博特化工有限公司是卡博特公司与上海焦化有限公司于 1988 年合资成立的新工艺炭黑生产企业。合资公司第 1 条生产线于 1992 年竣工, 1998 年合资双方又兴建了第 2 条炭黑生产线。鉴于中国汽车及轮胎工业的快速发展对高性能炭黑的迫切需求, 上海卡博特化工有限公司在 2003 年年底建成了第 3 条生产线, 新增投资 2 500 万美元, 年产 5 万 t 优质炭黑。该项目建成投产后, 上海卡博特化工有限公司的优质炭黑总生产能力达到 13 万 t, 是目前中国最大的炭黑生产企业。

随着卡博特在中国业务的不断发展, 需要有一个在全国范围内集团管理的组织机构来全面负责和管理所有在华投资。于是, 卡博特(中国)投资公司应运而生。

(摘自《中国化工报》, 2004-02-06)