

轮胎性能的发展和要求

陈士朝
(化工部北京橡胶工业研究设计院 100039)

随着汽车工业的进步,对轮胎不断提出了新的要求。而交通安全法规、燃料消耗及环境污染等则更是当前和未来汽车与轮胎开发目标的决定性因素。

轮胎使用性能的限度决定车辆的有效利用。安全性日渐重要,它已被强调为轮胎的关键性功能要素,因而对于轮胎来说将会不断出现新的概念和趋势。通过轮胎结构、胎面花纹和胶料配方的设计及橡胶材料的研究开发应用,近年来先后出现了诸如跑气保用轮胎、节能轮胎、非镶钉型冬季轮胎和全天候轮胎、高性能轮胎等新型轮胎,最近又出现了环保轮胎^[1]。

1 轮胎技术最近发展趋势

在过去 10—20 年中,随着汽车工业的发展,轮胎工业发展迅速。从国外橡胶工业结构看,轮胎约占 50%,工业橡胶制品约占 50%,而在工业橡胶制品中,汽车用橡胶制品又占 50%。可见轮胎工业在橡胶工业中的重要地位。而橡胶工业的发展与汽车工业的发展更是息息相关,相互促进,轮胎工业的发展和对轮胎性能的要求完全取决于汽车工业的发展和需求。

当前轮胎工业的特点是:
(1)进行了大的调整^[2]。最明显的趋势是

作者简介 陈士朝,男,74岁。教授级高级工程师。系中国石油化工总公司合成橡胶技术开发中心委员会顾问、中国合成橡胶工业协会咨询委员会专家。已发表论文及译文数十篇。参与《合成橡胶工业手册》、《橡胶原材料手册》两书的编著,并是前专著副主编之一,该书获第七届全国优秀科技图书二等奖。

大轮胎公司兼并和实现全球化。经过大联合、大调整后,轮胎工业进一步走向国际化。

(2)子午线轮胎成为标准汽车轮胎。子午线轮胎优越的里程特性和燃料经济性,如今已使它成为标准汽车轮胎。同时,轿车轮胎有继续扁平化的趋势,以提高操纵稳定性、牵引性和乘坐舒适性^[3]。载重子午线轮胎也在不断降低高宽比。

(3)轮胎进一步轻量化。为了提高车辆的燃料效率,在减轻车辆重量的同时要求减轻轮胎的重量,甚至要求取消备用胎^[3]。

(4)轮胎中 NR 用量增大。随着子午线轮胎的发展,胶料要求:①改进生胶强度;②提高部件、部件间的粘合强度;③提高撕裂强度。因而 NR 用量有所提高。有报道说^[4],子午化后,轿车轮胎 NR 的使用比例从 18% 增至 38%,载重轮胎从 60% 增至 70% 以上。中型载重轮胎各部件使用 NR 的比例如表 1 所示。

部件	斜交轮胎	子午线轮胎
胎面胶	47	82
胎体胶	70	100
胎侧胶	43	58

(5)有利于环境保护。这是近年才提出的,就是要求轮胎具有自然保护和环境保护作用^[3],且提出环境保护作用要作为轮胎性能的目标之一来考虑,并要与对社会负责联系起来。为使轮胎对环境的不利作用减至最小,对轮胎提出 10 项技术目标^[1]:①滚动阻力低;②在使用寿命期间保持规定的气压;③在使用中避免过早弃去不用;④耐磨损;⑤利

用有利于环境的材料制造;⑥降低制造能耗;⑦噪声最低;⑧按规格定制;⑨接地印痕压力最小;⑩可回收。由此提出环保轮胎,即保护环境的轮胎的概念。

最近 Yoshimura指出,将来轮胎技术的发展方向是:①保护环境,降低噪声,废胎利用;②轻量化和降低滚动阻力;③提高安全性;④开发轮胎用新型原材料和聚合物等。

2 对轮胎性能的要求

由于汽车需求的增长和环境等其它因素的改变,对轮胎提出的要求愈来愈严苛。

Dunn等^[3]最近分别提出了对轿车轮胎和载重轮胎(包括公共汽车轮胎、越野轮胎和农业轮胎)的要求。对轿车轮胎的要求是:①改进牵引、操纵、抗滑性;②改进冬季使用性能;③降低滚动阻力;④减少规则磨损;⑤消除不规则磨损;⑥取消备用胎;⑦开发低成本轮胎气压监测装置;⑧提高均匀性;⑨在一定温度范围内使用性能一致;⑩降低高宽比;⑪降低噪声;⑫废胎再利用。对载重轮胎和公共汽车轮胎的要求是:①改进耐久性和可翻新性;②减小轮胎和车轮直径;③减轻轮胎重量;④减少规则磨损;⑤消除不规则磨损;⑥降低滚动阻力;⑦降低生热;⑧保持胎侧外形;⑨降低内衬层透水性;⑩改进内衬层的耐老化性;⑪降低噪声。对越野轮胎的要求是提高抗损坏性(抗撕裂、抗碎裂、掉块)。对农业轮胎的要求是:①提高胎侧寿命;②提高标称速度。他们进而将轮胎性能归纳为:①安全性、舒适性。安全性最重要的依据是抗滑性能(也称牵引性或抓着力),特别是抗湿滑性,以及抗水滑性、耐热性和耐老化性。舒适性主要关系到传声功能和机械阻尼。②经济性。主要取决于耐磨性、滚动阻力、耐久性、可翻新性和全天候性。③环境保护和自然保护。取决于滚动阻力、噪声、耐久性、废胎回收利用、能耗等。

近年来西欧在轿车轮胎中发展高性能轮胎,其比例已从1986年的1%增至1991年

的44%^[4]。对高性能轮胎的要求,首先是安全性,而安全性又要与轮胎良好的使用性能相结合。对高性能轮胎性能的要求依次为:高速能力,良好的干、湿抓着力及抗水滑性和稳定性,精确的转向性,低滚动阻力和高里程。也就是要求这类轮胎于高速下在干湿路面上具有适宜的操纵和转向性能,并使其它使用性能得以保持。

综上所述,对轮胎性能总的要求主要是:

- ° 牵引性。关系到决定安全性的干、湿及冰、雪路面上的抓着力。

- ° 滚动阻力。关系到节省燃料的经济问题。对轿车轮胎而言,滚动阻力降低5%—7%,燃料节省1%;对载重轮胎而言,滚动阻力降低2%—4%,燃料节省1%,且对汽车有减少排废气量的环保优点^[1]。

- ° 胎面磨损。要求有良好的耐磨性和高的里程。

- ° 耐久性。提高可翻新性,改进均匀性、耐老化性和气压保持性等,以延长轮胎的平均使用寿命。

因此,性能要求的目标已不是过去仅考虑湿滑、滚动阻力和磨损间的平衡,而是要求上述各个性能都得以改进,而又不牺牲其它性能。这是对轮胎工业的重大挑战,要求对轮胎在结构和性能上进行更广泛深入的研究,同时也要求开发和应用新型材料。

在汽车驱动的能量损失中,由轮胎滚动阻力引起的损失占14.8%(见图1)。从中等

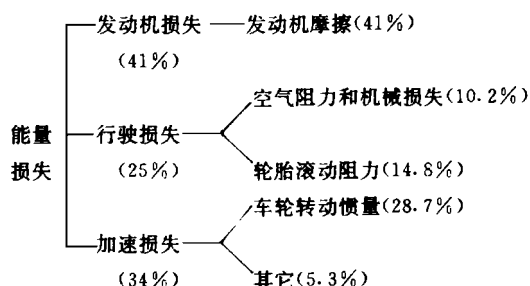


图1 汽车驱动的能量损失

规格汽车的燃料能耗分配看,与轮胎相关的

能耗为 6.6% (见图 2), 其中轮胎滞后损失占 5.7%, 影响最大. 因此, 从图 1 和 2 可以明显看出, 轮胎在车辆的能耗中占据相当重要的地位.

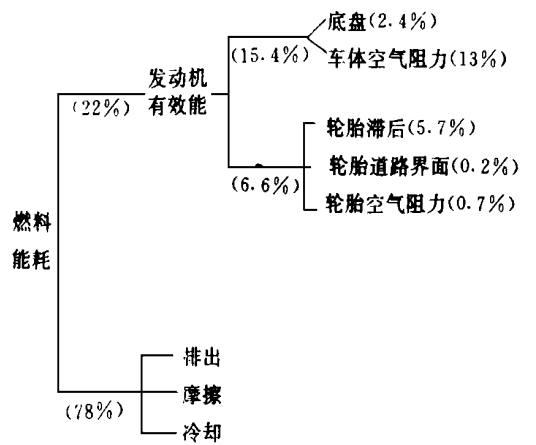


图 2 汽车燃料能耗分配 (车速 $80\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

有报道指出, 165SR13 轿车轮胎各部位所占能耗比例为: 胎面 49%, 胎侧 14%, 胎体 11%, 胎圈 11%, 带束层 8%, 其它 7%, 其中胎冠区 (胎面、带束层) 占近 60%。而在滚动阻力构成中, 轮胎各部位所占比例 (%) 如下:

部位	A ^[2]	B ^[1]
胎面	42	75
带束层	43	
胎侧	13	10
胎圈	2	5
胎肩	—	10

由上可以清楚地看出, 在滚动阻力构成中胎面部位所占比例最大, 因而能耗最大. 也就是说胎面部位对降低滚动阻力起支配作用. 因此改进胎面胶料的性能对降低滚动阻力进而减少能耗是最有效的. 这就促使人们近年来致力于胎面橡胶的改性和研究开发, 以及补强填充剂的改进和应用.

关于抗滑性, 由于车速提高, 在车辆紧急刹车下, 要求轮胎滑行距离越短越好, 特别是在湿路面上. 有文献报道, 不同车速下不同橡胶的平均滑行距离如表 2 所示. 由表 2 可以看出轮胎抗滑性的重要性, 它直接关系着车

辆的行驶安全

表 2 不同车速下不同橡胶的平均滑行距离

路面构造	行驶速度 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	平均滑行距离, m			
		NR	充油 SBR	溶聚 SBR (S-1215)*	
细密沥青路面	40.2	35.0	31.1	32.8	
	56.4	67.7	59.3	63.1	
	80.5	157.4	140.0	140.2	

注: * 荷兰壳牌公司与英国登录普公司联合开发, 壳牌公司生产的溶聚 SBR

轮胎胎面的耐磨性影响着轮胎的使用寿命, 耐磨性好则行驶寿命长、耐久, 它直接关系到轮胎的经济性.

显然, 耐磨性、滚动阻力和抗滑性 (或抓着力) 是目前轮胎使用性能中最为突出的性能, 也是汽车工业对轮胎制造者最强调的性能.

要求轮胎既降低滚动阻力又不损害其牵引性和耐磨性是轮胎工业一重大课题. 十几年来, 在这方面已进行了很多研究, 发表了大量文章. 已有研究指出, 影响滚动阻力的因素有变形、在接触表面的滑行、空气阻力和道路表面的构造, 其中变形对滚动阻力的影响最大, 而且在这些因素中也是最可控制的. 影响轮胎变形的因素则是应变能 (U)、损耗角正切 $\text{tg}\delta$ 和体积变化 (dV), 因此提出了降低滚动阻力的途径 (见图 3).

上述降低滚动阻力的途径若使用不当, 也会使一些使用性能变得更差 (见图 4), 因此要注意适度使用.

随着研究的深入, 又进一步从各个方面提出了降低滚动阻力的其它途径和方法, 这包括轮胎设计、轮胎/车轮设计、改变使用条件 (负荷、速度和气压)、配方技术 (调整油和炭黑的用量和用量比及硫化程度)、混炼工艺、开发和应用新型补强填充剂、聚合物并用 (如高 T_g 的聚合物与低 T_g 的聚合物并用), 研制具有特制微观结构的新型聚合物. 重点则是放在高分子的分子设计技术方面, 以解

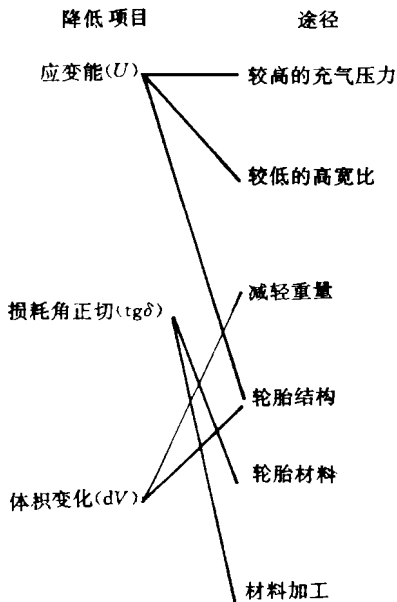


图3 降低滚动阻力的途径

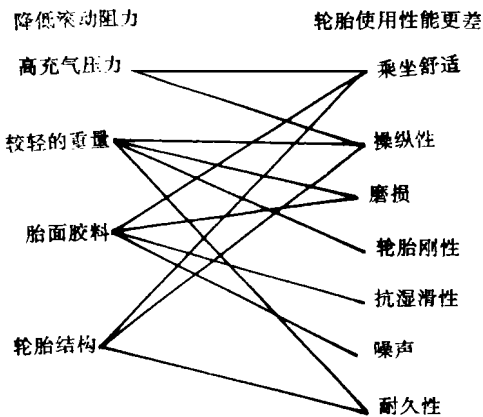


图4 降低滚动阻力与相关性能间的问题

决抗湿滑性(要求在高频率变形下有高滞后性)和低滚动阻力(要求在相对低的频率变形下有低滞后性)间的平衡问题

从上面可以了解到现今对轮胎性能的要求是更加多样化了,且这些性能要求之间有些又是相互矛盾的,必须审慎对待,研究并采取相应的途径和措施

关于轮胎设计和改变使用条件对滚动阻力的影响,已有许多研究报道。在混炼工艺方面采用多段混炼,目的是既改进橡胶相的形

态,也改善炭黑的分散等。为降低滚动阻力,最近有人^[5]也从聚合物、炭黑、硫化体系、添加剂与混炼工艺等5个方面进行了论述。应当指出,单纯通过胶料配方和工艺技术来改进这些相互矛盾的性能是有限的。近年来国外一方面致力于改进和应用新型补强填充剂,另一方面则将重点放在胎面橡胶的改进和开发上,以满足轮胎使用性能的变化要求。

关于新型补强填充剂的开发,近年也多有报道。例如,PPG公司开发出新一代可降低滚动阻力的沉淀法无定形白炭黑 Hi-sil EZ和 Hi-sil 2000,前者为高分散白炭黑,后者为高分散性和超高补强白炭黑^[6]。在炭黑方面,有迪高莎公司开发的超高表面积炭黑 EB 095、超高结构炭黑 EB 109和转化炭黑(inversion black),后者是新一类胎面炭黑,可改变表面形态和60℃时胶料的 $\text{tg}\delta$ 值,从而可显著降低滚动阻力而不影响其它性能,已生产有EB118、EB122、EB111和EB123四种^[7];有大陆炭黑公司研制的低滞后炭黑 Continex LH-10、LH-20和LH-30, LH-10属高结构N100系列, LH-20属高结构N200系列, LH-30属高结构N300系列,它们可以降低滚动阻力,提高干、湿、冰上牵引力;还有哥伦比亚公司开发的载重汽车和公共汽车子午线轮胎用改进胎面炭黑 ITB,商品名为CD-2041,它可改进抗撕裂性,降低滚动阻力和生热。此外,将短纤维补强橡胶(SFRR)用于不同轮胎部件也可以减轻轮胎重量和降低滚动阻力。

将3,4-IR与BR和SBR或与BR和NR并用于胎面胶料中,有利于提高抗湿滑性能,并能与其它轮胎性能达到良好的平衡^[8]。还有报道说,3,4-IR与溶聚苯乙烯-异戊二烯共聚物(SIR)或与乳聚SBR并用,可获得微不相容聚合物的并用物,由于它在宽的温度范围内具有优异的抗干滑性,且打破了抗湿滑性与耐磨性间的相互制约关系,适用于高性能轮胎。

至于胎面橡胶,既有对现有胎面橡胶进行改性的,也有利用高分子化学的分子设计技术研制具有特制微观结构的聚合物的。有关这方面的发展情况在国内^[9]曾有过简要报道。近年来研究出一些改性溶聚 SBR,除已生产的锡改性的以外,还有用异氰酸酯、胺基二苯甲酮(ABP)改性的,主要是通过聚合物链末端基与炭黑作用,以使胎面胶料获得低滞后性而降低滚动阻力。还有氢化溶聚 SBR(SAV-1)^[10],它是在溶聚 SBR 聚合物中引进新结构单元(即在丁二烯链段 1,2 单元中进行氢化作用),在高温下有极小的滞后损失,在低温下有大的 $t_g W$ 值,被认为是用来降低滚动阻力最有希望的胶种。

总之,近年来国外在新型补强填充剂的开发应用、新型聚合物并用,以及轮胎橡胶的改性、研制和应用等方面进行了研究,并且取得了可喜的进展,应当引起我们关注。

3 结语和建议

目前汽车工业已作为我国的支柱产业之一来发展,而且轿车工业的发展被列为重点,因此对轮胎的需求必然是多种多样,对轮胎性能的要求更是越来越高。另一方面,国内高速公路建设飞速发展,原有公路构造已经改进,路面大大改善,而且仍在不断改善之中,行驶速度可以得到充分提高,轮胎结构和性能必须改进和提高,以与之相适应。在使用中安全性将会变得更加突出,同时节省燃料也必然要提到日程上来,因此抗滑性,特别是抗湿滑性和降低滚动阻力更应引起足够重视。过去单纯追求耐磨性已不能满足汽车工业和用户的需要了。其次,我国的轮胎结构也正处在变化之中,子午线轮胎所占比例逐步在扩大。另外,随着改革开放的深入和国际贸易的发展,轮胎也将扩大出口,这就要求我们要大力、稳步提高轮胎质量,使之符合国际轮胎的性能要求。显然,这一切都要求我国轮胎工业

必须根据汽车工业的发展要求,结合当前轮胎性能的发展,加大力度,从轮胎结构、配方设计、制造工艺技术、橡胶和其它原材料开发应用、橡胶性能检测等诸多方面进行深入系统的研究,发挥研究院所、高等院校和轮胎企业以及橡胶、助剂研制生产单位的力量,组织起来,分工协作,既改进提高现有轮胎的质量,又开发各类新型轮胎,以适应并满足汽车工业发展对轮胎性能的迫切要求,开拓国内外轮胎市场。

参考文献

- 1 Vera D G *et al.* The enviromental tire. In ACS, Rubber Division ed., ACS, 141st MRD Symposium, ACS, Louisville, Kentucky, 1992. Paper No. 53
- 2 Rodgers M G. Heavy duty truck tire materials and performance. *Kauts. Gum. Kunst.*, 1993; 46(9): 718
- 3 Dunn J R *et al.* Trends and needs in automobile and truck tires. In: ACS, Rubber Division ed., ACS, 138st MRD Symposium, ACS Washington D C, 1990. Paper No. 6
- 4 Schuring D J *et al.* Load speed and pressure effects on passenger car tire rollings-loss distribution. *Rubb. Chem. Technol.*, 1988; 6(4): 669
- 5 林平超. 低滚动阻力轮胎的开发. *弹性体*, 1994; 4(4): 40
- 6 Waddell W H *et al.* Ultra-high reinforcing precipitated silica for tire tread applications. *Tire Technology International* '95, 1995. 24; Wadell W H *et al.* Reinforcing precipitated silicas for tire and rubber applications. *IRC* '95, 27A-12, Kobe, 1995. 496
- 7 Fooster F *et al.* A new generation of carbon black designed for use in low-rolling resistance tire treads. *IRC* '95, 24A-7, Kobe, 1995. 476
- 8 Nordsiek K H *et al.* High T_g polyisoprenes for superior wet grip or tire treads. *Kauts. Gum. Kunst.*, 1990; 43(9): 755
- 9 陈士朝. 轮胎的性能要求与合成橡胶的发展. *合成橡胶工业*, 1995; 18(5): 260
- 10 Kitagawa Y *et al.* New technology polymer for tire. *IRC* '95, 26A-6, Kobe, 1995. 403