

# 聚氨酯弹性体胎面/橡胶胎体复合轮胎产业化的进展

张 海<sup>1,2</sup>

(1. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广东 广州 510640; 2. 广州华工百川科技股份有限公司, 广东 广州 510640)

**摘要:**介绍聚氨酯弹性体胎面/橡胶胎体复合轮胎(聚氨酯橡胶复合轮胎)的研究和材料的应用现状,对目前聚氨酯橡胶复合轮胎研发中存在的问题进行了探讨。聚氨酯橡胶复合轮胎由于在耐磨性及滚动阻力等方面明显优于橡胶轮胎,其生产过程可以实现连续化和自动化,环境污染小,因而被称之为绿色环保轮胎,它将是未来汽车轮胎发展的主流,在汽车行业拥有广阔的应用空间。

**关键词:**聚氨酯轮胎;耐磨性;滚动阻力;产业化

**中图分类号:**U463.341;TQ323.8

**文献标志码:**B

**文章编号:**1006-8171(2013)04-0195-03

聚氨酯弹性体作为一种用于制造轮胎的原材料,已有几十年的历史。按照结构聚氨酯轮胎主要分为全聚氨酯弹性体轮胎和聚氨酯弹性体胎面/橡胶胎体复合轮胎(聚氨酯橡胶复合轮胎),这两种结构轮胎所需解决的问题也存在差别。

我公司依托华南理工大学的橡胶加工工艺、工业自动化控制、高分子材料和机械设计等学科优势,对高分子材料与装备的成果进行开发。目前研发的聚氨酯橡胶复合轮胎,从开始研发至今已将近15年,需要解决的主要问题是满足轮胎胎面要求的聚氨酯弹性体、聚氨酯弹性体胎面与橡胶胎体间的粘合以及用于生产这种结构轮胎的设备和橡胶胎体的制造等。现将聚氨酯橡胶复合轮胎产业化的进展介绍如下。

## 1 聚氨酯橡胶复合轮胎的技术要点

与全聚氨酯轮胎相比,聚氨酯橡胶复合轮胎所需解决的技术问题较少,可视为对现有子午线轮胎和斜交轮胎的一种胎面胶的革新,可使用现有橡胶轮胎生产设备进行生产。而全聚氨酯轮胎生产所需解决的主要问题相对较多,大大小小的各种技术难题都必须逐一攻克,现有轮胎生产设备基本上都不能使用。

**作者简介:**张海(1935—),男,湖南常德人,华南理工大学教授,主要从事聚氨酯轮胎及橡胶工艺技术研发工作。

聚氨酯橡胶复合轮胎所需解决的技术问题,首先是聚氨酯弹性体胎面与橡胶胎体间的粘合问题,要粘结的是强极性的聚氨酯材料和弱极性的橡胶材料,而且还要保证在大负荷的动态条件下长期使用。其次是聚氨酯弹性体材料要满足胎面胶的所有性能要求。

## 2 聚氨酯弹性体胎面的产业化

聚氨酯的性能变化很大,可以是塑料、橡胶(弹性体)或纤维,还可以用来制造人造革。首先要明确的是生产弹性体还是生产轮胎胎面。其次是聚氨酯弹性体的力学性能很好。一般聚氨酯弹性体的拉伸强度很容易达到50 MPa,拉断伸长率也在500%以上,而橡胶胎面胶的拉伸强度一般只能达到聚氨酯弹性体的50%,所以关键是聚氨酯弹性体的力学性能要与橡胶的力学性能相匹配。第三是与橡胶胎面胶配方相比,聚氨酯弹性体胎面不需要添加太多的填料,可通过控制配方和工艺使其具有橡胶轮胎胎面胶相当的性能。第四是规模放大的产业化生产干扰因素很多,一定要严加控制、精细生产。目前聚氨酯弹性体原材料消耗系数在1.03~1.05的范围。

## 3 粘合问题

粘合问题是产业化过程中遇到最多的,但实

际上并不是难题,粘合工艺过程中应注意的具体事项均有相关专利介绍,依照专利进行操作,粘合问题基本均可以解决。

首先,从理论上来说,粘合是物质表层界面的结合问题。需要注意粘合物质表面极性是否相近,极性相近则比较容易粘合;不相近则需进行处理,让其极性相近。

其次,粘合物质表面层、界面结合物质的表面层和内部结构有很大差别,其对环境影响很敏感,例如,聚氨酯弹性体的 NCO 基团受相对湿度的影响是不可忽视的。

第三,形成的粘合层既要考虑化学结合,也要考虑物理作用。

第四,粘合工艺是一个精细工作,需要认真细致,在产业化过程中,因为不重视而导致粘合问题的有许多。对于聚氨酯橡胶复合轮胎,粘合不能存在问题,否则就是一票否决。

#### 4 聚氨酯弹性体胎面的环保问题

最初研发聚氨酯弹性体胎面时没有考虑聚氨酯橡胶复合轮胎在使用中对环境的影响问题。2010年11月12日,中国工程院院士李俊贤在杭州进行聚氨酯橡胶复合轮胎产业化鉴定时指出:“我们的轮胎在使用过程中是环保的,对环境是无污染的”。经过进一步了解得知,在与人体接触或用在人体内主要的高分子材料有两种:一种是硅橡胶,一种是聚氨酯弹性体。实际上,环保已经成为全社会关注的焦点,大城市 PM<sub>2.5</sub> 超标引发全国范围内的热议,联系到近年来大城市肺癌发病率上升较快,这就更加突显了聚氨酯弹性体胎面环保方面的优势。

#### 5 替代天然橡胶的问题

天然橡胶是橡胶中高弹性最好的一种,而聚氨酯弹性体的主链很复杂很难替代。若载重子午线轮胎胎面配方采用聚氨酯弹性体,这样就可以认为聚氨酯弹性体替代了天然橡胶。从聚氨酯弹性体和天然橡胶的生胶结构比较,其化学基团、分子链结构有较大差别,在性能上无法替代。但从宏观结构来看,聚氨酯弹性体在宏观结构上产生微相分离,与天然橡胶填充填料所生产混炼胶宏

观结构上的所谓海岛结构存在相似之处。

#### 6 聚氨酯橡胶复合轮胎的工艺选择

目前研发与生产的聚氨酯橡胶复合轮胎规格型号共有 20 多种,其产业化工艺过程有很大差别。由于道路状况和速度要求不同,承载能力更不相同;聚氨酯弹性体的原料多种多样,价格也相差很大,因此从产品性价比方面考虑应采用多个胎面胶配方,工艺过程也应根据不同情况做出选择。

#### 7 聚氨酯橡胶复合轮胎的检测和路试性能

将 2 条规格为 10.00R20 16PR 146/143K 载重子午线聚氨酯橡胶复合轮胎送国家橡胶轮胎质量监督检测中心按国家标准进行检验。第 1 条轮胎耐久性试验累计行驶时间为 71 h,试验结束时轮胎未损坏。在试验进行至 47 h 时进行测温,胎面冠部 26℃,花纹沟 35℃,胎肩 30℃。第 2 条轮胎耐久性试验累计行驶时间为 165 h,试验结束时轮胎状况为胎肩脱层。在试验进行至 47 h 时进行测温,胎面冠部 29℃,花纹沟 34℃,胎肩 28℃。

将规格为 10.00R20 16PR 146/143K 载重子午线聚氨酯橡胶复合轮胎送海南汽车试验研究所,安装在东风汽车集团公司生产的 EQ153 型货车上进行整车和制动性能试验,并与某公司生产的橡胶轮胎对比,制动性能如表 1 和 2 所示。

将 2 条规格为 10.00R20 16PR 146/143K 载重子午线聚氨酯橡胶复合轮胎送化学工业特种轮胎质量监督检验中心进行轮胎滚动阻力检验。试验环境温度为 25℃ 条件下的滚动阻力系数分别为 5.306 和 5.810,而相同条件下的橡胶轮胎滚动阻力系数一般为 7.0 左右。

聚氨酯橡胶复合轮胎路试总数量已有上万条,路试用户有几十家,用户反馈的轮胎数有几百条,其中有些用户还进行了与橡胶轮胎的对比试验。从试验结果看,除部分工艺原因外,聚氨酯橡胶复合轮胎使用寿命可达到橡胶轮胎的 1 倍以上。在正常使用条件下,聚氨酯橡胶复合轮胎比橡胶轮胎有优势。例如规格为 10.00R20 全钢载

| 表 1 轮胎在高附着系数路面的制动性能         |       |       |                    |
|-----------------------------|-------|-------|--------------------|
| 项 目                         | 试验结果  |       | 技术要求               |
|                             | 复合轮胎  | 橡胶轮胎  |                    |
| 初始速度为 30 km·h <sup>-1</sup> |       |       |                    |
| 刹车距离/m                      | 8.9   | 7.8   | ≤10.0              |
| 平均减速度/(m·s <sup>-2</sup> )  | 5.3   | 7.0   | ≥5.0               |
| 踏板力/N                       | 697.0 | 693.9 | ≤700               |
| 稳定性                         | 未超出   | 未超出   | 不超过 3.0 m 宽<br>试车道 |
| 初始速度为 50 km·h <sup>-1</sup> |       |       |                    |
| 刹车距离/m                      | 23.6  | 21.9  | —                  |
| 平均减速度/(m·s <sup>-2</sup> )  | 5.1   | 5.5   | —                  |
| 踏板力/N                       | 674.7 | 599.6 | —                  |
| 稳定性                         | 未超出   | 未超出   | 不超过 3.0 m 宽<br>试车道 |
| 初始速度为 60 km·h <sup>-1</sup> |       |       |                    |
| 刹车距离/m                      | 35.9  | 29.7  | ≤36.7              |
| 平均减速度/(m·s <sup>-2</sup> )  | 4.2   | 5.5   | ≥5.0               |
| 踏板力/N                       | 637.5 | 533.5 | ≤700               |
| 稳定性                         | 未超出   | 未超出   | 不超过 3.0 m 宽<br>试车道 |

重子午线轮胎,其中 3 条聚氨酯橡胶复合轮胎单耗分别为3 821,4 103和2 969 km·mm<sup>-1</sup>,同车装配的 2 条橡胶轮胎平均单耗为 1 767 km·mm<sup>-1</sup>,聚氨酯橡胶复合轮胎单耗相当于橡胶轮胎的 1.28 倍。

| 表 2 轮胎在低附着系数路面的制动性能         |       |       |                    |
|-----------------------------|-------|-------|--------------------|
| 项 目                         | 试验结果  |       | 技术要求               |
|                             | 复合轮胎  | 橡胶轮胎  |                    |
| 初始速度为 30 km·h <sup>-1</sup> |       |       |                    |
| 刹车距离/m                      | 20.3  | 20.7  | —                  |
| 平均减速度/(m·s <sup>-2</sup> )  | 1.8   | 1.9   | —                  |
| 踏板力/N                       | 543.9 | 422.0 | —                  |
| 稳定性                         | 未超出   | 未超出   | 不超出 3.0 m 宽<br>试车道 |
| 初始速度为 50 km·h <sup>-1</sup> |       |       |                    |
| 刹车距离/m                      | 70.7  | 68.1  | —                  |
| 平均减速度/(m·s <sup>-2</sup> )  | 1.4   | 1.5   | —                  |
| 踏板力/N                       | 678.1 | 599.6 | —                  |
| 稳定性                         | 未超出   | 未超出   | 不超出 3.0 m 宽<br>试车道 |

8 结 论

由于聚氨酯轮胎在耐磨性能、滚动阻力等方面都明显优于橡胶轮胎,其生产过程可以实现连续化和自动化,在生产和使用中产生很少废料,而且更为重要的是废旧轮胎可以回收用于制造其他聚氨酯产品,不会造成环境污染,因而被称之为绿色环保轮胎,它将是未来汽车轮胎发展的主流,在汽车行业拥有广阔的应用空间。

第 17 届中国轮胎技术研讨会论文

横滨 TY517 系列获得美国环保署  
SmartWay 认证

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www. moderntire-dealer.com)2013 年 1 月 25 日报道:

横滨轮胎公司新推出的 TY517 系列商业轮胎(如图 1 所示)已经通过美国环境保护署(EPA)的 SmartWay 认证。

横滨公司现有 9 个产品获得 SmartWay 的低滚动阻力轮胎认证, TY517 系列将于 2013 年 3 月 21—23 日在肯塔基州的路易斯维尔肯塔基博览中心的美国中部载重汽车展上首次亮相。

SmartWay 认证的目的是提高能源效率、减少温室气体和空气污染物的排放量。

横滨公司称, TY517 系列是其最新的超宽基驱动轮胎,提供了卓越的牵引性以及均匀耐磨性。其先进的轮廓设计有利于提高耐久性和可翻新性,目前可提供的规格为 445/50R22.5。



图 1 横滨 TY517 系列商业轮胎

横滨的商业销售总监 Rick Phillips 说:“TY517 系列轮胎符合 SmartWay 程序严格的低滚动阻力标准,其行驶温度低,从而有助于减小燃油消耗,降低车队成本并有利于环境。我们很荣幸 EPA 能认识到我们的环保措施,并期待我们的环保措施在未来几年内成为 SmartWay 程序的一部分。”  
(吴淑华摘译 李静萍校)