

255/50R19 107T镶钉雪地轮胎的设计

任艳萍, 邢伟运, 王菲菲, 黄大业, 李娜娜, 张晓辉

(中策橡胶集团股份有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要:介绍255/50R19 107T镶钉雪地轮胎的设计。结构设计:外直径 735 mm,断面宽 296 mm,行驶面宽度 215 mm,行驶面弧度高 9.7 mm,胎圈着合直径 486.6 mm,胎圈着合宽度 229 mm,花纹深度 9.5 mm,花纹饱和度和 66%,花纹周节数 69。施工设计:胎面采用四复合结构,带束层采用2层2+2×0.25HT钢丝帘线,2层0°冠带层采用锦纶帘线,胎体采用2层1100dtex/2DSP聚酯帘布,钢丝圈采用 $\Phi 1.5$ mm高强度胎圈钢丝,钢丝圈直径为493.6 mm;采用一次法成型机成型、AB型胶囊硫化机硫化。成品性能试验结果表明,成品轮胎的外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力、耐久性能和高速性能均达到相应设计和国家标准要求。成品轮胎通过室外实车测试,具有较好的舒适性、干湿地性能和冰雪地性能。

关键词:镶钉雪地轮胎;结构设计;施工设计;干湿地性能;冰雪地性能

中图分类号:TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)08-0465-06

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.08.0465



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

俄罗斯、加拿大、芬兰、瑞典、挪威、冰岛等高纬度国家的部分地区冬季寒冷、降雪频繁、气温变化范围($-35\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)大,路面被大量冰雪覆盖,轮胎在行驶过程中会与冰雪路面形成一层水膜,导致轮胎和路面的摩擦力减小,造成轮胎打滑^[1],给驾驶人员带来诸多不便,也给安全带来很大威胁。普通夏季轮胎受低温影响时胎面胶会变硬发脆,抓着性能和耐磨性能出现大幅下降,因此需要在冬季更换胎面更软、抓着性能更好的雪地轮胎^[2-3]。基于此,抓着性能好、能有效对抗冰雪路面的镶钉雪地轮胎越来越受到人们的欢迎。不同于非镶钉雪地轮胎,镶钉雪地轮胎胎面花纹上分布着可以镶嵌防滑钉的钉孔,在功能上更具灵活性,镶嵌防滑钉后,轮胎的抓着力更强,可以适应更为恶劣的积雪结冰路面^[4-8]。

通常冬季轮胎胎面较软,防滑钉容易脱落,若提高胎面硬度则容易导致抓着力不足,这成为开发一款兼顾普通雪地轮胎和镶钉雪地轮胎性能的产品和技术难点^[9-12]。我公司研发了一款兼顾镶钉轮胎和非镶钉轮胎性能的冬季轮胎——

255/50R19 107T镶钉雪地轮胎,现将该规格镶钉雪地轮胎的设计情况简要介绍如下。

1 技术要求

根据 GB/T 2978—2014,并结合 ETRTO 2021,确定255/50R19 107T镶钉雪地轮胎的技术参数为:标准轮辋 8J,充气外直径(D') 739 ($731.5\sim 746.5$) mm,充气断面宽(B') 265 ($254.4\sim 275.6$) mm,标准充气压力 290 kPa,标准负荷 975 kg。

2 结构设计

2.1 外直径(D)和断面宽(B)

本次设计轮胎充气后 D 的伸张比普通轮胎大, B 伸张很小或收缩(比模具尺寸小),根据以往设计经验,确定 D 取735 mm,外直径膨胀率(D'/D)为1.006, B 取296 mm,断面宽膨胀率(B'/B)为0.895。

2.2 行驶面宽度(b)和弧度高(h)

b 和 h 是直接决定轮胎使用性能的重要参数,对轮胎的接地面积、耐磨性能、操控性能和抓着性能影响较大。根据以往设计经验,本次设计 b 取215 mm, h 取9.7 mm。

作者简介:任艳萍(1986—),女,黑龙江齐齐哈尔人,中策橡胶集团有限公司高级工程师,硕士,主要从事冬季轿车子午线轮胎的结构设计和项目管理工作。

E-mail:renyanping09@163.com

2.3 胎圈着合直径(d)和着合宽度(C)

d 值的选取应满足轮胎装卸方便和胎圈与轮辋紧密配合的要求。为防止漏气现象,胎圈与轮辋采取过盈配合设计,过盈面积小,轮胎与轮辋的嵌合压缩比小,轮胎在行驶过程中与轮辋发生相对位移,导致制动力下降,严重的情况可能会导致转向时轮胎与轮辋脱离,发生安全事故;过盈面积大,轮胎装卸困难,易发生装胎划伤,且影响胎圈的安全性能。结合相关设计经验, d 取486.6 mm。为了提高胎圈部位的支撑性能和装配性能,采用宽轮辋设计, C 取229 mm。

2.4 断面水平轴位置(H_1/H_2)

通常轮胎断面水平轴是轮胎在充气后法向变形最大的位置,也是子午线轮胎胎体最薄、屈挠变形最大的位置,因此 H_1/H_2 取值对轮胎的使用性能和寿命影响较大。由于雪地轮胎胎体帘线整体设计为径向排列,胎圈位置的应力比较大,易造成早期损坏,因此可以通过上移断面水平轴来减小下胎侧区域和胎圈部位的应力。综合考虑,本设计轮胎 H_1/H_2 取1.05。

轮胎断面轮廓如图1所示。

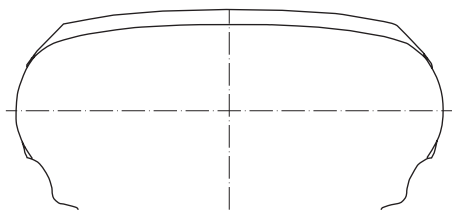


图1 轮胎断面轮廓示意

从图1可以看出,本设计轮胎具有较优的镶钉轮胎外形,较宽的胎面可以提高轮胎的冰雪地制动力,更大的接触面可以提高抓着力,双胎面弧半径可获得最佳接地压力分布,均匀的压力分布能够在纵向上获得更好的抓着力,在车辆转弯时使用“反向”抓着力,避免驾驶员经历抓着力、操控性的突然变化,提高车辆转弯和变换车道时的稳定性。针对积雪和结冰路面对轮胎抓着力性能要求高的特点,胎冠采用了宽轮廓、两段弧设计。胎冠下沉量比普通轮胎减小4.0%,行驶面宽度在普通轮胎基础上平均增大6.6%,轮胎接地面积平均增大6.1%,雪地抓着力更强。胎肩采用棱角设计,胎冠与胎肩连接弧半径由普通轮胎的15~30 mm减小

为1 mm,防侧滑能力更强。

2.5 胎面花纹

轮胎胎面花纹深度为9.5 mm,花纹饱和度为66%,花纹周节数为69,如图2所示。

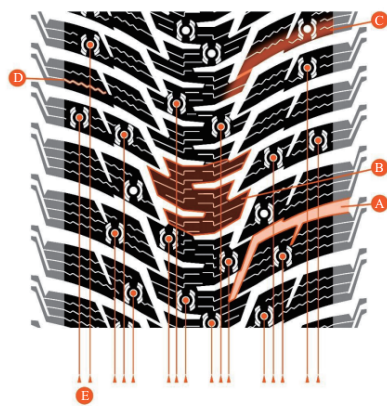


图2 胎面花纹示意

从图2可以看出,本设计采用“V”形花纹设计,以保证在积雪和结冰路面提供出色的牵引力和稳定性。横向花纹沟与雪地更有效的互锁可以提高抓着力。宽“梯形”中心部分可为中心镶钉区域提供良好的覆盖范围,由于横向相互连接的几何性质,侧向刚度和转弯精确度均较优。密集的沟槽与3D钢片共同作用使花纹块响应更灵敏的同时保持形变可控,良好的镶钉分布覆盖范围使每个防滑钉各自起作用提供最大的抓着力,肩部花纹沟上非对称的断面可以增加湿地制动抓着力。

轮胎3D钢片设计如图3所示。

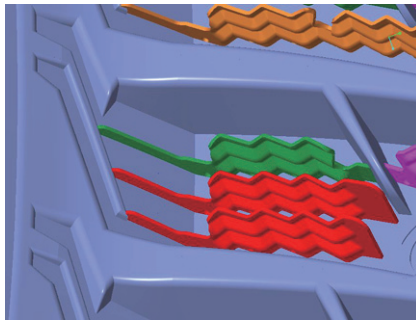


图3 轮胎3D钢片设计示意

本设计采用3D钢片加密波浪形细刀槽胎面花纹,在负荷较大时,花纹块之间的3D部分可以相互支撑,抑制花纹块倒伏变形,维持较高的花纹块刚性,此外还能够有效地切割冰面上的水膜,提高边缘效果和排水效果,有效防止在雨雪路面上打滑,

在不影响轮胎稳定操纵性能的情况下,提高冰雪路面上的制动性能。

2.6 防滑钉

轮胎防滑钉设计如图4所示。

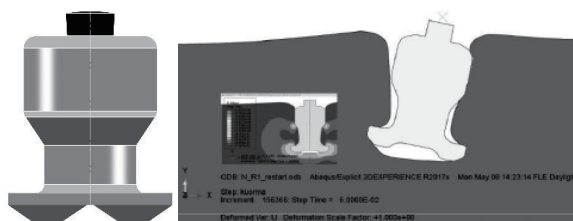


图4 轮胎防滑钉设计示意

采用非定向防滑钉可以使轮胎在保持良好冰面性能的同时降低对路面的磨损,较大数量的防滑钉可以增大轮胎在冰雪路面上的抓着力,适宜的防滑钉和镶钉孔形状可以提高防滑钉附着力。其中防滑钉数量设计是影响镶钉雪地轮胎冰雪路面性能的一个重要因素。良好的冬季性能和高防滑钉数量可以提高轮胎冰雪路面的抓着力和牵引力,从而获得更优的行驶安全性。防滑钉数量大可以增大轮胎冰雪路面的抓着力。

有的镶钉雪地轮胎,防滑钉整体呈圆柱状结构,在轮胎内固定效果不好,易脱落。此外,圆柱面的防滑钉与冰面为点接触,导致行驶过程中防滑钉的抓着力不好。本设计在轮胎周向错列排布200个防滑钉,每个防滑钉各自起作用,使得轮胎在保持良好冰面性能的同时可以降低对路面的磨损;在胎面宽度内更广泛地排布防滑钉,使防滑钉在各自的区域内发挥更有效的制动性能;考虑制造成本和镶钉的便利性^[13-14],选择合适的钉体和镶钉孔形状,提高了防滑钉的附着力。

轮胎的钉孔如图5所示。

从图5可以看出,钉孔底部采用球形凸起设计,当防滑钉与路面接触时,球形凸起可以对防



图5 255/50R19 107T镶钉雪地轮胎钉孔示意

滑钉底座产生一个向外的弹力。钉孔结构、球形凸起配合适当的胎面胶硬度分布,减少了防滑钉在钉孔内的蠕动。以上设计均有利于防滑钉穿透冰雪路面,从而提高轮胎的抓着性能。

3 施工设计

施工设计支撑轮胎的整体配置。带束层用于改善镶钉轮胎的道路磨损性能,使得轮胎能够镶嵌更多的防滑钉,实现最佳的冰面抓着性能,与合适的模具轮廓搭配可以获得均匀的接地压力;坚固的胎体可以提高轮胎雪地、干地的操控性,在制动和转弯时提供有利支持;适宜的部件宽度和布局使驱动力平稳地从刚性的带束层传递到坚固的胎体,从而获得良好的操控性;精确的部件计算和设计易于工业化,部件宽度的模块化可以最大化地节省成本和时间,提高生产效率。

3.1 胎面

胶料的选择、布局和尺寸设计旨在使轮胎具有良好的结构耐久性和整体均匀性。鉴于冬季气温低,雪地轮胎采用抗低温软胎面配方,以提高冰雪路面的抓着力,保证行驶安全。

本研究使用玻璃化温度(T_g)较低的顺丁橡胶、天然橡胶和乳聚丁苯橡胶并用,使得胶料在保证良好加工性能的同时具有较低的 T_g ;采用白炭黑填充体系,提高轮胎的湿地抓着性能;填充大量环保油,使得胶料较软,保证了冬季环境下轮胎在雪地和冰面上具有良好的抓着性能。

本研究胎面采用四复合结构,如图6所示。胎面胶采用雪地性能较好的冬季配方,使轮胎在极低温度下能够保持冰雪地抓着力。基部胶硬度在上层胶基础上提高16%,厚度在普通胎面基础上提高50%,确保镶钉后防滑钉不易脱落。

3.2 带束层

采用2层带束层+2层0°冠带层设计,其中带束

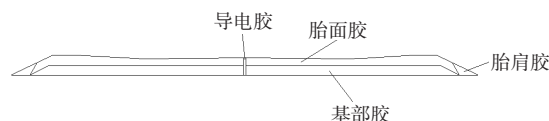


图6 四复合胎面结构示意

层采用 $2+2\times 0.25$ HT钢丝帘线,角度为 26° ,冠带层采用锦纶帘线。带束层安全倍数为8.8,符合设计要求。

3.3 胎体和胎侧

胎体采用2层1100dtex/2DSP聚酯帘布,压延厚度为1.1 mm,压延密度为 $110\text{根}\cdot\text{dm}^{-1}$,胎体安全倍数为12.53,符合设计要求。

胎侧由两部分胶料组成,采用上下复合挤出工艺。

3.4 钢丝圈

钢丝圈采用 $\Phi 1.5\text{ mm}$ 高强度胎圈钢丝,排列方式为 $5+6+5+4$,共20根,钢丝圈直径为493.6 mm,安全倍数为2.86,符合设计要求。

3.5 成型

采用一次法成型机成型,成型鼓直径为463 mm。带束贴合鼓周长为2 150 mm。胎体反包高度高于断面水平轴,以增强胎侧的强度和刚性,提高耐久性能。

3.6 硫化

采用AB型胶囊硫化机硫化,硫化条件为外温 174°C ,压力 0.8 MPa ,硫化时间 13 min 。硫化后轮胎无外观病疵,满足要求。

4 成品轮胎性能

4.1 外缘尺寸

成品轮胎外缘尺寸按照GB/T 521—2016进行测试。安装在测量轮辋上的成品轮胎在标准充气压力下, D' 为737 mm, B' 为258 mm,符合法规及设计要求。

4.2 强度性能

按照GB/T 4502—2016进行强度性能试验,试验结果表明,轮胎的最小破坏能为661.5 J,符合设计要求。

4.3 脱圈阻力

按照GB/T 4502—2016进行脱圈阻力试验,试验结果表明,轮胎的脱圈阻力为15 006 N,符合设计要求。

4.4 耐久性能

按照GB/T 4502—2016进行耐久性能试验,充气压力为220 kPa,标准负荷为975 kg,速度为 $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,在试验负荷为标准负荷的100%,110%,

120%下先后行驶4,6和24 h,完成后,每10 h负荷增大10%,累计行驶时间为86 h,试验结束时所加负荷为标准负荷的150%,耐久性能符合设计目标。

4.5 高速性能

按照GB/T 4502—2016进行高速性能试验,充气压力为220 kPa,检测负荷为730 kg,完成标准规定步骤后,每行驶10 min,速度增大 $10\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,累计行驶时间为2 h,达到设计目标。

4.6 室外性能

以参比轮胎的各项室外性能为基准(100),测试本设计镶钉雪地轮胎的室外性能,以性能指数表征测试结果,数值越大,性能越好。

4.6.1 舒适性、噪声和转向性能

成品轮胎的舒适性、噪声和转向性能如图7所示。从图7可以看出,本设计镶钉雪地轮胎的舒适性、噪声和转向性能均优于参比轮胎。

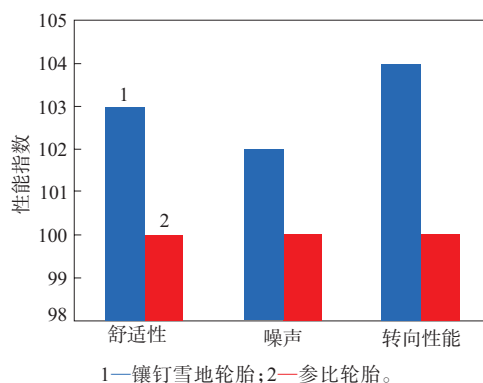


图7 成品轮胎的舒适性、噪声和转向性能

4.6.2 干湿地性能

成品轮胎的干湿地性能如图8所示。从图8可以看出,本设计镶钉雪地轮胎的干湿地性能优于参比轮胎。

4.6.3 冰雪地性能

成品轮胎的冰地性能如图9所示。冰地制动性能测试轮胎在冰面上速度从 $40\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 到零的制动距离;冰地加速性能测试轮胎在冰面上从静止加速至 $25\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的加速距离。从图9可以看出,本设计镶钉雪地轮胎的冰地性能优于参比轮胎。

成品轮胎的雪地性能如图10所示。雪地制动性能测试轮胎在雪地上速度从 $40\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 到零的制动距离;雪地牵引性能测试轮胎在雪地上从

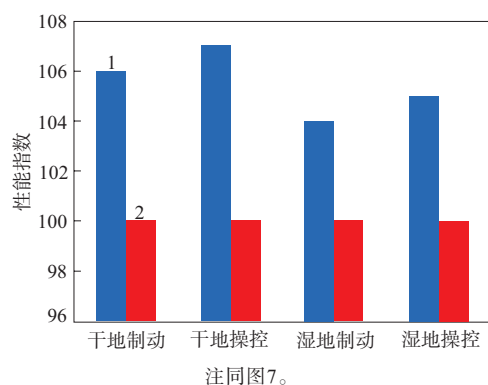


图8 成品轮胎的干湿地性能

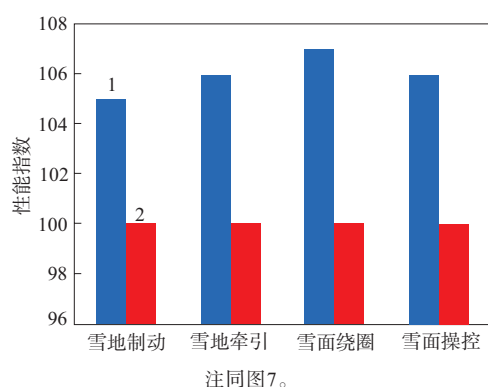


图9 成品轮胎的冰地性能

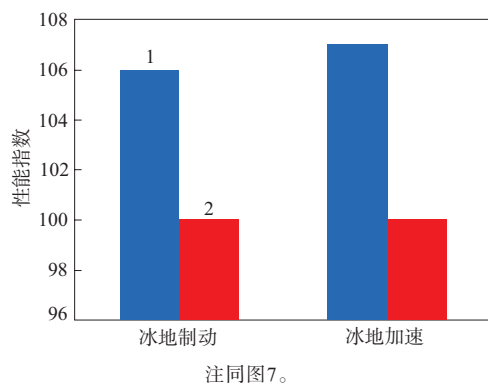


图10 成品轮胎的雪地性能

静止加速至 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的加速距离;雪面绕圈性能测试车辆在雪地上以最大速度绕直径为160 m圆环1圈的平均时间,时间越短,性能越好;雪面操控性能由驾驶员主观评价雪面绕圈性能测试过程中以及日常行驶中轮胎的运行表现。从图10可以看出,本设计镶钉雪地轮胎的雪地性能优于参比轮胎。

4.7 道路磨损测试

道路磨损试验测试防滑钉对路面的损伤。将样品(花岗岩质地,被切割成特定尺寸)固定到路面,使其上表面与路面齐平,安装有被测轮胎的汽车以 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度匀速在固定样品上行驶,第400次压过样品后测试道路磨损程度。本设计镶钉雪地轮胎通过测试。

5 结论

本次自主研发的镶钉雪地轮胎符合现有生产工艺要求,已经通过欧盟最新R117法规认证。成品轮胎的外缘尺寸、强度性能、脱圈阻力、高速性能和耐久性能符合相应设计和国家标准要求。本设计轮胎花纹兼顾了普通雪地轮胎和镶钉轮胎性能要求,具有较好的干湿地和冰雪地性能,在冰雪路况下具有出色的操控性能和安全性能。

参考文献:

- [1] 孙熙林,卢京,王新宇,等.不同花纹轮胎水滑特性分析[J].橡胶工业,2019,66(11):809-813.
- [2] 杜汉权,张勇.冬季用轮胎的研制[J].世界橡胶工业,2011(12):28-30.
- [3] 苏博,姚丽佳.冬季轮胎概括[J].橡胶科技,2014,12(2):5-12.
- [4] 牟守勇.国内外雪地轮胎概况与测试标准分析[J].橡胶工业,2019,66(1):69-74.
- [5] 王强,齐晓杰,杨兆,等.冰雪路面抗滑冬季轮胎多元体技术探讨[J].轮胎工业,2018,38(8):451-455.
- [6] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会.轿车轮胎雪地抓着性能试验方法:GB/T 33829—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [8] 谢伟忠,陈龙,袁世海,等.两种冬季轮胎在寒区的性能研究与对比测试[J].汽车实用技术,2017(8):162-165.
- [9] 郑志超,姚晓锦,姚娜.315/60R22.5载重子午线雪地轮胎的设计[J].中国橡胶,2021,37(6):56-58.
- [10] 孙富,冉建国.雪地轮胎与四季轮胎性能差异之对比测试[J].河南科技,2013(17):79.
- [11] 王金营.205/55R16 91V冬季环保镶钉轿车子午线轮胎的设计[J].轮胎工业,2012,32(10):599-602.
- [12] 刘鹏,刘淑娇,赵敏,等.235/60R18 107T冬季镶钉轿车子午线轮胎设计[J].轮胎工业,2015,35(12):728-732.
- [13] 齐鹏,王强,王云龙,等.车辆多元体结构冬季轮胎摩擦特性及抗滑技术[J].车辆与动力技术,2017(4):37-39,44.
- [14] 郑涛,陈强,马研研,等.碳纳米管在雪地轮胎胎面胶中的应用[J].橡胶科技,2018,17(8):26-29.

收稿日期:2023-04-07

Design on 255/50R19 107T Studded Snow Tire

REN Yanping, XING Weiyun, WANG Feifei, HUANG Daye, LI Nana, ZHANG Xiaohui

(Zhongce Rubber Group Co., Ltd, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The design on 255/50R19 107T studded snow tire was described. In the structure design, the following parameters were taken: overall diameter 735 mm, cross-sectional width 296 mm, width of running surface 215 mm, arc height of running surface 9.7 mm, bead diameter at rim seat 486.6 mm, bead width at rim seat 229 mm, pattern depth 9.5 mm, block/total ratio 66%, and number of pattern pitch 69. In the construction design, the following parameters were taken: co-extruded tread with four compounds, 2 layers of $2+2\times 0.25$ HT steel cord for belt, 2 layers of nylon cord for 0° crown ply, and 2 layers of 1100dtex/2DSP polyester cord for carcass, $\Phi 1.5$ mm high-strength bead steel wire for the bead ring with a diameter of 493.6 mm, using one-stage building machine to build tires and AB-bladder curing press to cure tires. The test results of the finished tire showed that the inflated peripheral dimension, strength, bead unseating resistance, endurance and high speed performance met the requirements of relative design and national standards. The finished tire passed outdoor vehicle testing, had good comfort, possessed excellent wet and dry performance, and had good ice and snow performance.

Key words: studded snow tire; structure design; construction design; wet and dry performance; ice and snow performance

轮胎行业走出低谷迎拐点

近期,低迷许久的轮胎行业在需求拉动下行情有所回暖。2023年5月,全钢轮胎原材料价格震荡下行,尤其是炭黑等辅料价格降幅更为明显,“产销两旺”成为2023年以来轮胎行业的普遍状况,行业开工率处于较高水平,景气度逐步好转。

连日来,一些上市轮胎公司在投资互动平台上纷纷表示,国内市场订单充足,一些企业在手订单远超现有产能,部分企业海外半钢轮胎订单已恢复至2022年上半年水平,市场复苏迹象明显。

生产轮胎所需的原材料中,橡胶占比近一半,其次是炭黑、钢丝帘线和助剂等。近期,由于轮胎主要原材料价格下跌,其成本也得以回落,给行业利润修复带来高预期。与此同时,海运费方面也存利好。随着世界各国码头拥堵状况持续缓解,港口运力陆续提升,海运价格有望稳定在合理区间,利好轮胎出口。业内认为,随着原材料和运输成本下降,轮胎企业盈利空间有望逐渐修复。

2023年以来,随着出口恢复和国内需求回暖,轮胎企业销售情况良好,各工厂开工率维持在较高水平,其中轮胎出口量有显著修复。据金联创数据显示,4月份,轮胎企业整体开工率在65.67%附近,其中全钢轮胎开工率为69%,半钢轮胎开工率为79%,斜交轮胎开工率为49%。轮胎出口也维持较高增长。海关总署数据显示,2023年1—4月,中国橡胶轮胎累计出口量为271万t,同比增长11.8%;出口金额为474.61亿元,同比增长20.4%。

尽管轮胎市场出现复苏,但欧美的“双反”税率仍使轮胎行业面临压力,国内轮胎企业纷纷选择海外建厂,提升产能进行全球化布局已经成为国内轮胎企业发展的主要路径。

2023年上半年轮胎企业展现出良好的复苏势头,需求恢复叠加海运费和原材料成本下降等利好因素,预计下半年轮胎企业业绩将持续修复。

(摘自《中国化工报》,2023-06-19)