

冠带条缠绕方式对轮胎均匀性的影响分析

陈卫勇, 李红卫, 刘超, 吴长辉, 路绍军

[特拓(青岛)轮胎技术有限公司, 山东 青岛 266061]

摘要:分析冠带条缠绕方式对轮胎均匀性的影响。结果表明,不同的冠带条缠绕头尾定位方式形成不同的材料分布效果,对轮胎的均匀性有一定的影响,且有明确的规律可循,可以细化到均匀性的单个指标。通过对冠带条的材料分布进行细化调整,定向提升轮胎均匀性侧向力波动指标,利用向量分割法对检测数据进行分析,均衡周向应力,使轮胎整体均匀性得到提升。

关键词:轮胎;均匀性;侧向力波动;冠带条;缠绕方式

中图分类号:U463.341;TQ330.6

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2021)02-0109-06

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2021.02.0109



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎的均匀性直接影响汽车的操纵稳定性、乘坐舒适性、安全性、燃油经济性和使用寿命,是非常重要的轮胎性能指标^[1]。

本工作从冠带条的贴合方式、设定方法和接头定位方面,研究冠带条缠绕方式对轮胎均匀性的影响^[2-4],总结出均衡方法,并进行应用验证,特别对提升侧向力波动指标的案例进行分析。

1 轮胎均匀性检测指标及其对车辆行驶的影响

1.1 轮胎均匀性检测指标

轮胎均匀性主要分为刚性、尺寸和质量三方面,且相互影响。造成轮胎均匀性不良的情况包括胎体接头大,接头部位的材料多,周向质量分布不均匀,平衡不好;接头部位搭接,局部层数多,周向强度不均匀,造成径向力波动大;接头部位强度大,轮胎充气后有凹陷现象,尺寸不均匀。

刚性不均匀指标包括径向力波动(RFV)、径向力偏差一次谐波(RFH1)、侧向力波动(LFV)和锥度效应(CON)。

尺寸偏差指标包括冠部径向尺寸偏差(RROC)和侧向尺寸偏差(LRO)。

质量不均匀指标包括动不平衡量(DB)、静不

平衡量(SB)和力偶不平衡量(CP)。

1.2 轮胎均匀性指标对车辆行驶的影响

RFV/RFH1/RROC指标反映胎冠的跳动,过大会使汽车在行驶时颠簸、乘坐舒适性差,影响操纵性能。

LFV/LRO指标反映轮胎的摆动性,过大会使汽车在行驶过程中摇摆不定,影响操纵性能。

CON指标主要反映轮胎两肩刚性的差异,过大会使汽车行驶时偏向一侧,直向行驶性变差,俗称跑偏,操纵性能变差。

DB/SB/CP指标过大会造成车轮跳动、偏摆和抖动。

2 冠带条缠绕方式对轮胎均匀性的影响

冠带条在轮胎中起束缚带束层伸张、减小轮胎变形的作用,如图1所示。

目前轮胎制造过程中普遍采用的冠带条贴合

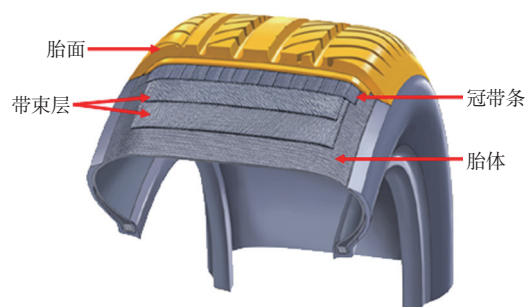


图1 轮胎结构示意图

作者简介:陈卫勇(1976—),男,河北东光县人,特拓(青岛)轮胎技术有限公司工程师,学士,主要从事轮胎制造工艺研究和管理工作。

E-mail:weiyong.chen@tta-solution.com

方式为螺旋缠绕方式。

2.1 冠带条排列形式

冠带条缠绕的主要排列形式如图2所示,其中 A 为冠带条缠绕总宽度, a 为冠带条条间间距, B 为冠带条缠绕螺距, C 为双层搭接宽度, D 为冠带条单条宽度,箭头表示缠绕方向。

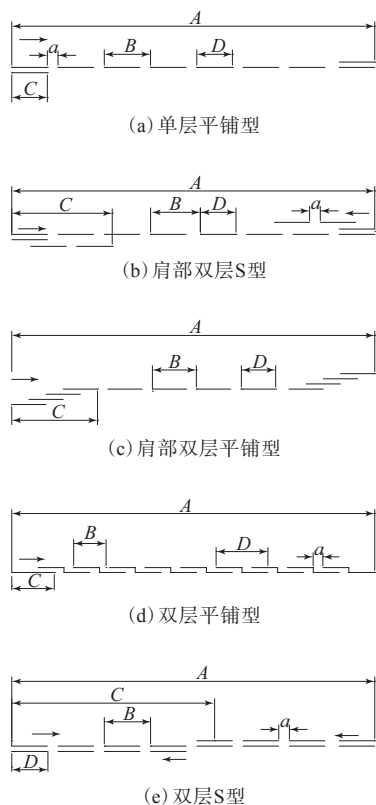


图2 冠带条的排列形式

2.2 冠带条缠绕特点

螺旋缠绕的冠带条在边部需有一圈锁边,以保证冠带条缠绕后整周总宽度的一致性,但同时造成冠带条材料在两边部不均匀,即部分区域单层、部分区域双层,且双层区域的宽度也不相同,单边材料体积有按照缠绕方向递加或递减的规律,如图3所示,洋红色区域为双层区域。

2.3 冠带条缠绕方式

以最简单的单层平铺型缠绕形式介绍冠带条缠绕方式,施工步骤如下。

步骤一:在距离中心左侧 $(A/2 - D/2)$ 处开始定位冠带条起始位置,在原地缠绕一圈(360°)。

步骤二:以每圈螺旋行程(B)向右开始平铺缠绕至冠带条总宽的右边缘,缠绕螺旋角度为 $[(A -$

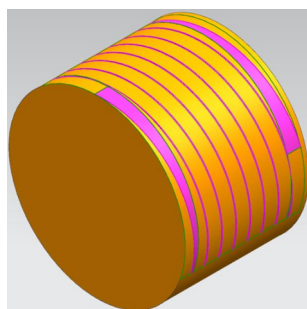


图3 冠带条的排列形式

$D)/B] \times 360^\circ$ 。

步骤三:在距离中心右侧 $(A/2 - D/2)$ 处定位冠带条起始位置,在原地缠绕一圈(360°)。

2.4 冠带条缠绕效果分析

以上述设定方法进行缠绕后的冠带条总宽度周向一致、左右对称,但材料体积在周向及左右对称位置分布不均匀,冠带条起始和结束的相对位置不固定。本研究以冠带条头尾平齐定位和头尾相差 180° 定位两种典型形式分析缠绕效果。

2.4.1 冠带条头尾平齐定位

冠带条头尾平齐定位的缠绕效果如图4所示,平面展开图左侧 180° 为冠带条缠绕起始头部定位的位置,右侧 180° 是缠绕结束冠带条尾部定位的位置。由于螺旋缠绕的特点,缠绕完成后,洋红色区域为双层区域,橙色/青色区域为单层区域。

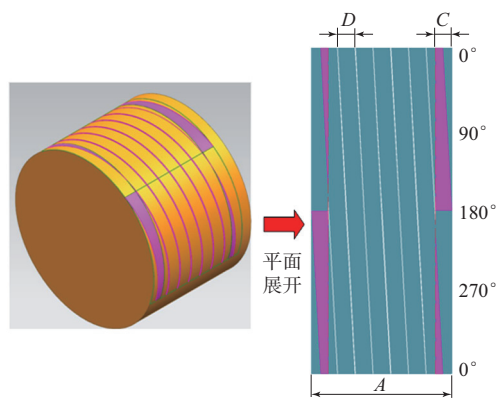


图4 冠带条头尾平齐定位的缠绕效果

冠带条缠绕造成周向和左右对称方向上材料体积差异,胎坯硫化时胶料流动很小,特别是骨架材料更不会变化,因此冠带条体积分布的不均匀和不对称造成成品轮胎在刚性、尺寸和质量上的不均匀,强弱分布如图5所示,左右两侧肩部冠带条的刚性和质量在圆周上的分布趋势如图中红色区域所示(线条由细到粗表示缠绕由弱到强),左

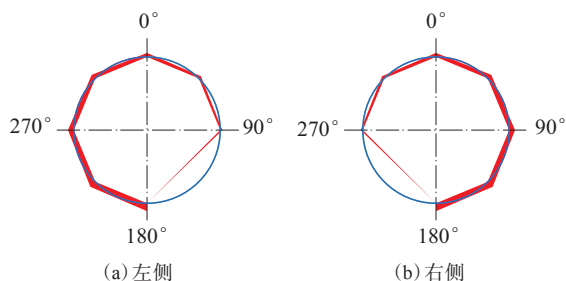


图5 冠带条头尾平齐定位缠绕强弱分布示意

侧的刚性和质量在 180° 后逐步减弱,右侧则在 180° 后逐步增强。

冠带条头尾平齐定位缠绕对均匀性各项指标的影响分析如下。

RFV/RFH1指标:冠带条整体圆周方向的体积相同,对径向力的影响较小。

LFV指标:冠带条在左右两侧对应点上的体积差异大,轮胎以 180° 为起点旋转时左侧逐步减弱,右侧逐步增强,形成棱形的变化趋势,造成侧向力波动大。在轮胎连续转动时,车辆会产生左右偏摆、抖动的现象。

CON指标:冠带条的分布左右整周基本一致,对CON指标影响不大,但冠带条缠绕方向(从左至右或从右至左)不同会对CON指标产生一定的影响。

DB/SB指标:质量方面整周周向分布一致,但在轴向分布上,双层冠带条区域左右差异大,轮胎充气后的外缘尺寸也会有变化,对DB/SB指标有一定的影响,由于冠带条的质量较小,影响不大。

CP指标:冠带条在 90° 和 270° 位置形成明显的一对力偶,影响CP指标值。

2.4.2 冠带条头尾 180° 定位

冠带条头尾 180° 定位的缠绕效果如图6所示,成品轮胎在刚性、尺寸和质量上的不均匀和强弱分布如图7所示。

冠带条头尾 180° 定位缠绕对均匀性各项指标的影响分析如下。

RFV/RFH1指标:左右两侧冠带条下半圆的体积和强度大,在 180° 位置形成一个相对高点,在 0° 位置形成一个相对低点,如图8所示,对径向力影响较大。

LFV指标:冠带条在左右两侧对应点上的体积差异小,LFV指标的波动相对较小。

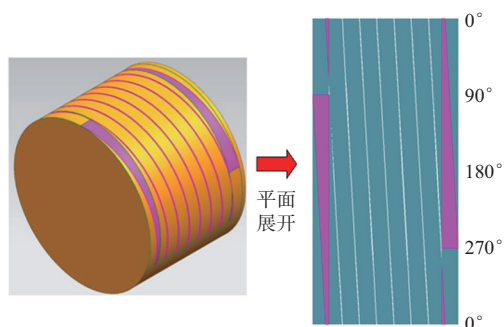
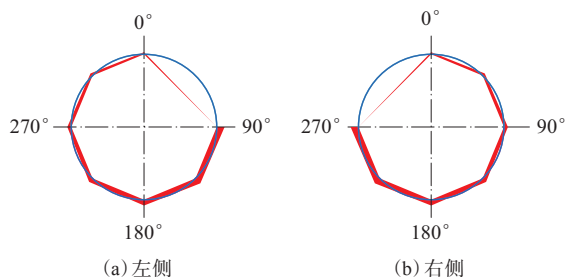
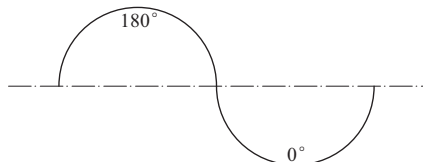
图6 冠带条头尾 180° 定位的缠绕效果图7 冠带条头尾 180° 定位缠绕强弱分布示意

图8 冠带条形成高低点示意

CON指标:与头尾平齐缠绕方式相当。

SB指标:冠带条左右两侧材料主要集中在以 180° 为中心的下半圆,趋势同图8所示,SB指标影响相对较大。

CP指标:无明显力偶形成,影响较小。

综上所述,不同的冠带条缠绕头尾定位方式形成不同的材料分布效果,对轮胎的均匀性有一定的影响,有明确的规律可循,可以细化到均匀性的单个指标。冠带条接头平齐的缠绕方式使LFV和CP指标增大;头尾 180° 分布的缠绕方式使RFV/RFH1和SB指标增大。

3 均匀性改善案例分析

验证轮胎规格为225/70R16,冠带条排列形式为单层平铺型,检测条件为:充气压力 200 kPa, 负荷 7 230 N。

3.1 试验一

设计两个方案进行对比验证。选取同一批、

中段均匀的半制品部件,在同一台成型机(VMI EXXIUM机型)上连续成型8条胎坯。

3.1.1 方案设计

(1) 方案一:冠带条头尾平齐,成型4条胎坯(编号为1[#]—4[#])。

冠带条缠绕设定参数(成型机实际设定参数,下同)如下:冠带条缠绕步骤一和二缠绕角度分别为360°和2160°,轮廓进度分别为0和15.167 mm。接头定位角度如图9所示。

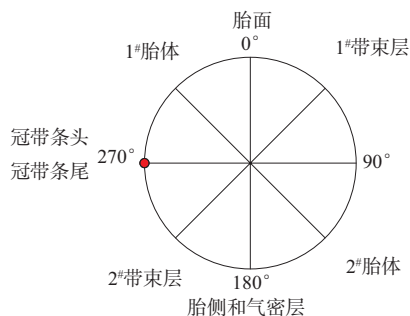


图9 方案一接头定位角度

(2) 方案二:冠带条头尾180°,成型4条胎坯(编号为5[#]—8[#])。

冠带条缠绕设定参数如下:冠带条缠绕步骤一和二缠绕角度分别为360°和2070°,轮廓进度分别为0和15.862 mm。接头定位角度如图10所示。

3.1.2 检测结果与分析

胎坯成型后,在同一台硫化机、同一副模具、同一角度入模硫化,且在同一台均匀性试验机上检测,结果如表1所示。

从表1可以看出,相对方案一轮胎,方案二轮

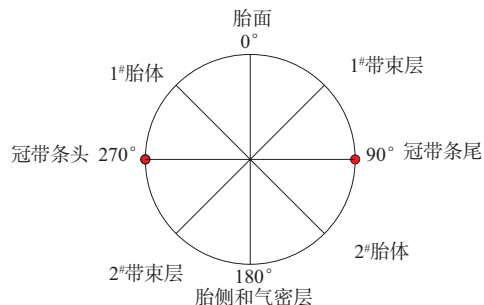


图10 方案二接头定位角度

胎的均匀性检测结果(平均值)的变化趋势与前面的分析结果一致。

在第一轮验证中,方案二轮胎的LFV指标值减小,但RFV指标明显恶化,利用向量分割法对数据进行分析,结果如表2和3所示。表2和3中的数据是向量计算的过程数据,通过检测到的方案一和方案二的最强点力值,分别分解计算出分力 F ,然后将两个方案的 F 值进行匹配,使两个力相互补偿,达到减小力值差的效果。计算得到两个方案匹配需要调整的角度为189.87°。

3.2 试验二

根据试验一的分析结果,采用冠带条头尾180°分布,调整冠带条起始定位角度进行验证。

3.2.1 方案设计

(1) 方案三:冠带条起始定位270°,成型4条胎坯(编号为9[#]—12[#])。接头定位角度同方案二。

(2) 方案四:冠带条起始定位90°,成型4条胎坯(编号为13[#]—16[#])。接头定位角度如图11所示。

3.2.2 检测结果与分析

按照试验一的方法进行硫化和检测,结果如

表1 方案一和方案二轮胎均匀性检测结果

项 目	RFV/N	RFH1/N	LFV/N	CON/N	RROC/mm	上不平衡量/g	下不平衡量/g	SB/(g·cm)	CP/(g·cm)
方案一轮胎									
1 [#]	83.65	43.57	87.67	-45.50	0.59	23.3	7.2	597	291.6
2 [#]	58.83	11.97	104.03	-45.98	0.43	14.2	24.5	308	353.4
3 [#]	86.57	35.08	74.87	-37.50	0.48	29.8	2.4	654	248.0
4 [#]	61.34	22.87	77.93	-59.19	0.38	4.4	14.0	362	348.4
平均值	72.60	28.37	86.13	-47.04	0.47	17.9	12.0	480	310.4
方案二轮胎									
5 [#]	118.13	82.36	34.09	-39.12	0.77	8.9	23.9	539	68.2
6 [#]	128.94	99.85	49.02	24.84	0.50	5.7	24.4	599	130.1
7 [#]	125.03	86.37	48.94	9.16	0.53	29.8	19.4	989	81.0
8 [#]	77.69	62.13	56.36	44.03	0.52	16.4	2.9	328	169.4
平均值	112.45	82.68	47.10	9.73	0.58	15.2	17.7	614	112.2

表2 向量分割法分析结果

项 目	$a/(^{\circ})$	$ f $	$ f \cos a$	$ f \sin a$
方案一轮胎				
1 [#]	350.00	43.57	42.91	-7.57
2 [#]	350.00	11.97	11.79	-2.08
3 [#]	340.00	35.08	32.96	-12.00
4 [#]	350.00	22.87	22.52	-3.97
总和			110.18	-25.62
平均值	347.50	28.37	27.55	-6.41
方案二轮胎				
5 [#]	190.00	82.36	-81.11	-14.30
6 [#]	190.00	99.85	-98.33	-17.34
7 [#]	170.00	86.37	-85.06	15.00
8 [#]	180.00	62.13	-62.13	0.00
总和			-326.63	-16.64
平均值	182.50	82.68	-81.66	-4.16
两方案之和			-54.11	-10.57
两方案之差			109.21	-2.25

注: a 为相对于基准点的角度(RFH1指标), f 为RFH1指标数值。

表3 向量分割法 F 计算结果

项 目	$b/(^{\circ})$	$ F $	$ F \cos b$	$ F \sin b$
方案一轮胎	-11.0	27.6	-27.06	-5.28
方案二轮胎	-1.2	54.6	54.60	-1.12

注: b 为分力 F 相对于基准点的角度(相位角)。

表4所示。

从表4可以看出,相对方案三轮胎,方案四轮

表4 方案三和方案四轮胎均匀性检测结果

项 目	RFV/N	RFH1/N	LFV/N	CON/N	RROC/mm	上不平衡量/g	下不平衡量/g	SB/(g·cm)	CP/(g·cm)
方案三轮胎									
9 [#]	90.45	61.91	45.00	-32.12	0.60	28.0	20.2	966	111
10 [#]	169.38	125.01	35.88	7.00	0.82	22.7	17.3	760	155
11 [#]	120.73	96.87	40.00	25.02	0.60	47.3	57.7	1 947	449
12 [#]	136.31	84.60	44.36	-12.60	0.56	59.5	26.0	1 655	431
平均值	129.22	94.10	41.31	-3.18	0.65	39.4	30.3	1 332	268.50
方案四轮胎									
13 [#]	67.08	28.83	26.60	21.14	0.37	4.5	10.2	217	118
14 [#]	65.46	38.59	17.62	15.94	0.49	19.6	19.9	797	54
15 [#]	61.22	14.32	35.43	-15.79	0.62	27.4	30.5	1 079	236
16 [#]	92.59	49.61	30.00	-28.48	0.48	13.0	24.0	729	147
平均值	71.59	32.84	27.41	-1.80	0.49	16.13	21.15	705.50	138.75

升。轮胎均匀性提高,车辆的操纵稳定性、乘坐舒适性、安全性、燃油经济性和使用寿命都会得到提升,同时降低能耗,取得较好的社会效益。

参考文献:

- [1] 王梦蛟. 绿色轮胎的发展及其推广应用[J]. 橡胶工业, 2018, 65(1): 105-112.

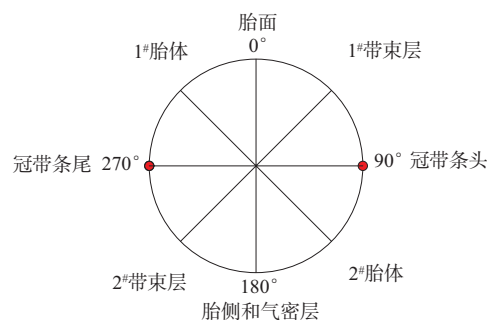


图11 方案四接头定位角度

胎均匀性检测结果(平均值)均呈减小趋势。在LFV指标保持低值的情况下,其他性能指标也得到了明显改善。周向质量不均匀的冠带条可以作为平衡RFH1及SB指标的一个因子,在明显提升LFV指标性能的基础上,配合其他因子进行均衡,使整体均匀性得到提升。

4 结语

通过对冠带条的材料分布进行细化调整,定向提升轮胎均匀性LFV指标,利用向量分割法对检测数据进行分析,均衡周向应力,使轮胎整体均匀性得到提升。轮胎均匀性的提升是一项繁杂的工程,影响因子众多,需要对每一个因子进行基础研究、建模分析和优化,以促进轮胎整体均匀性提

- [2] 霍占东,焦守万,叶强,等. 硫化工序对全钢载重子午线轮胎均匀性径向跳动值的影响[J]. 轮胎工业, 2018, 38(12): 760-762.
- [3] 刘振国,刘凤阳,张新峰,等. 轿车轮胎均匀性低阶谐波分量随速度变化规律研究[J]. 中国汽车, 2020(8): 11-17.
- [4] 于海勇,韩聪聪,郑植,等. 航空轮胎胎坯径向均匀性建模分析[J]. 橡胶工业, 2020, 67(5): 341-345.

收稿日期: 2020-09-04

Analysis on Influence of Crown Strip Winding Method on Tire Uniformity

CHEN Weiyong, LI Hongwei, LIU Chao, WU Changhui, LU Shaojun

[TTA (Qingdao) Tire Technology Alliance Co., Ltd., Qingdao 266061, China]

Abstract: The influence of crown strip winding method on tire uniformity was analyzed. Different crown strip winding head and tail positioning methods formed different material distribution, which had a certain impact on the uniformity of the tire, and there were clear rules to follow, which could be refined to a single index of uniformity. Through the fine adjustment of the material distribution of the crown strip, the lateral force variation (LFV) index of tire uniformity was improved. The vector segmentation method was used to analyze the test data to balance the circumferential stress and improve the overall tire uniformity.

Key words: tire; uniformity; LFV; crown strip; winding method

美轮胎短缺价格普升 寻求境外资源补库存

随着美国国内市场对轮胎的需求量逐渐上升, 替换轮胎市场迎来好时光。轮胎经销商正面临消费需求不断增长与产品短缺和涨价的矛盾。普利司通美洲公司、固铂轮胎公司和固特异公司的高管最近在电话会议上表示, 需求不断回升, 加上大多数北美轮胎工厂长达数周的停产, 造成了大多数关键产品短缺。

固铂总裁兼首席执行官Brad Hughes提醒客户, 固铂在2020年上半年停产后面力重建库存, 在第4季度遭遇产品短缺。固特异董事长、总裁兼首席执行官Richard Kramer表示, 需求超出了固特异和整个行业的预期, 公司正在提高产量, 但是需求超过了库存。普利司通方面也坦承存在轮胎短缺的问题, 并称公司正利用其全球生产资产从亚洲、欧洲和拉丁美洲进口轮胎, 以帮助重新建立库存。

固特异从2020年12月1日起将在美国的所有“固特异”和“邓禄普”品牌轿车和轻型载重轮胎价格上调5%。普利司通美洲公司从2021年1月1日起上调在美国和加拿大销售的部分“普利司通”和“费尔斯通”品牌轿车和轻型载重替换轮胎的价格。

住友橡胶北美公司在美国和加拿大销售的“飞劲”和“大津”品牌中型载重轮胎从2020年12月1日起提价, 最高上调幅度达6%; 在两国销售的

轿车和轻型载重轮胎价格从2021年1月1日起上调8%。韩泰轮胎美国公司透露, 从2020年12月1日起将其在美国的商用载重轮胎产品线的价格上调不超过5%。倍耐力轮胎北美公司从2020年1月1日起提高在美国的替换轿车和轻型载重轮胎的价格。

在大多数情况下, 北美的轮胎规格与其他地区并不相同, 这使得美国制造商很难从海外采购关键的SKU, 特别是轮辋直径较大的SUV/CUV轮胎。数据显示, 轻型载重轮胎进口量总体增长了近20%, 而轿车轮胎进口量则比2019年第3季度下降了2%。目前, 各个细分市场都存在短缺。一些轮胎制造商在考虑提高某些产品价格的同时, 也遇到了一些产品短缺的问题。

在定价方面, 因2020年年底前对从韩国、泰国、越南和中国台湾地区进口的轿车和轻型载重轮胎做出反倾销/反补贴关税裁决, 入门级产品价格持续上涨。远东地区的集装箱日益短缺, 使得这种情况雪上加霜。虽然轿车轮胎进口整体下滑, 但数据显示, 来自中国台湾、泰国和越南的出货量在第4季度分别上升了11.3%, 11.4%和16.4%; 来自韩国的进口量下滑了22.4%。在轻型载重轮胎领域, 来自中国台湾、越南、韩国和泰国的进口量分别增长了84.5%, 67.9%, 21.8%和16.0%。

(摘自《中国化工报》, 2020-12-14)