

# 工矿用全钢子午线轮胎胎侧起鼓机理分析及改善措施

侯绪国, 张晓军, 张衡, 朱善平

(赛轮集团股份有限公司, 山东 青岛 266550)

**摘要:**分析了工矿用全钢子午线轮胎(简称工矿轮胎)胎侧起鼓的发生机理,并提出改善措施。工矿轮胎胎侧起鼓的原因主要有:花纹沟沟壁角度偏小,轮胎硫化时模具花纹沟挤压胎坯使花纹沟和花纹块位置胶料分布不均,导致胎体轮廓在花纹沟和花纹块位置形状不一致;轮胎成型时,有缝扇形块成型鼓的扇形块及其缝隙位置胎体帘线锁紧不一致,导致对应位置两钢丝圈之间的胎体帘线长度不一致;胎肩垫胶和胎圈填充胶的形状和尺寸不合适,胎肩处胎体轮廓曲率半径大,胎圈处胎体轮廓曲率半径小,轮胎充气时肩部变形大,加剧了花纹沟和花纹块位置胎体轮廓差异的影响。改善措施如下:在产品的设计时增大花纹沟沟壁角度,减小模具花纹沟对胶料的挤压;采用无缝扇形块成型鼓生产,保证胎体帘线长度的一致性;优化胎肩垫胶和胎圈填充胶的形状和尺寸,减小胎肩处胎体轮廓曲率半径,增大胎圈处胎体轮廓曲率半径。经两种工矿轮胎使用验证,改善措施有效。

**关键词:**工矿用全钢子午线轮胎;胎侧起鼓;胎体轮廓;机理分析;改善措施

**中图分类号:**TQ336.1;U463.341<sup>+</sup>.5/<sup>+</sup>.6

**文献标志码:**A

**文章编号:**1006-8171(2023)06-0369-04

**DOI:**10.12135/j.issn.1006-8171.2023.06.0369



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

全钢子午线轮胎因其变形小、承载能力强,在矿山开采和建设工程机械或载重车辆中被大量使用。矿山和建设工程道路多为非铺装路况,碎石、坡、弯较多并且崎岖不平,使用条件十分恶劣,对工矿用全钢子午线轮胎(以下简称工矿轮胎)提出了抗刺扎、抗撞击、驱动性强、花纹自洁性好、承载能力强等严苛要求<sup>[1-5]</sup>。因此,与非工矿轮胎相比,工矿轮胎的花纹块较大、花纹沟较深和较宽(见图1)<sup>[6-10]</sup>。在使用过程中,大块花纹的工矿轮胎容易出现花纹沟和花纹块胎侧起鼓(见图2)现象,在影响轮胎美观的同时,增大了胎侧刮伤的几率,降低了轮胎的使用体验。

本工作针对工矿轮胎常见的花纹沟和花纹块胎侧起鼓现象,分析其产生机理,并提出改善措施。

## 1 工矿轮胎胎侧起鼓机理分析

为了抵御路面石块对胎冠的撞击,防止花纹

**作者简介:**侯绪国(1979—),男,山东东平人,赛轮集团股份有限公司高级工程师,学士,主要从事全钢子午线轮胎结构设计工作。

**E-mail:**xuguo.hou@sailuntire.com

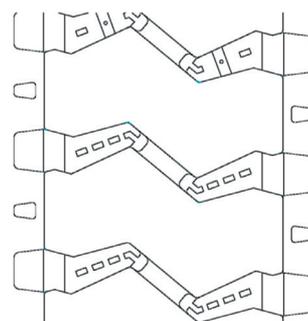


图1 工矿轮胎花纹示意



图2 工矿轮胎胎侧起鼓

沟夹石以及在爬坡时能够提供强大的驱动力,工矿轮胎的花纹多采用大花纹块和宽、深的花纹沟。对发生胎侧起鼓的工矿轮胎(简称侧鼓轮胎)

进行断面切割可以发现其最宽束层端部和胎体轮廓与轮胎花纹沟和花纹块对应呈规律性的周向波浪状,如图3所示。



图3 侧鼓轮胎断面

分别在侧鼓轮胎的花纹沟和花纹块位置切割断面,并还原绘制对应位置的材料分布图(见图4),红色线为花纹沟位置胎体轮廓,黑色线为花纹块位置胎体轮廓。根据轮胎张力最佳设计理论,花纹沟位置肩部胎体轮廓曲率半径大,轮胎充气时膨胀大,胎侧位置胎体轮廓曲率半径小,轮胎充气时膨胀小;反之花纹块位置肩部胎体轮廓曲率半径小,轮胎充气时膨胀小,胎侧位置胎体轮廓曲率半径大,轮胎充气时膨胀大<sup>[11]</sup>。工矿轮胎充气时,由于花纹沟和花纹块位置膨胀不一致,形成胎侧花纹沟和花纹块的规律性凹凸不平,从而出现胎侧起鼓现象。由于此类侧鼓轮胎胎体钢丝帘线没有损伤,不影响轮胎的正常使用。

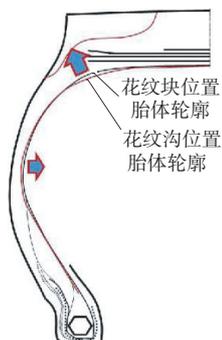


图4 花纹沟和花纹块位置材料分布示意

经分析,造成侧鼓轮胎花纹沟和花纹块位置胎体轮廓差异的原因主要如下。

(1) 轮胎施工设计时,胎面半成品为一个规则的长条,模具中花纹块和花纹沟对应位置的胶料相同,但实际上轮胎花纹块位置用量多,花纹沟位置用量少。由于花纹沟沟壁角度偏小,在胎坯硫化过程中花纹沟位置的胶料向花纹块位置流动,但胎面胶的流动有限,造成花纹沟位置胎面胶

的机械挤压,导致花纹沟和花纹块位置胶料分布不均匀,使轮胎带束层端部和胎体轮廓呈周向波浪状,如图5所示。

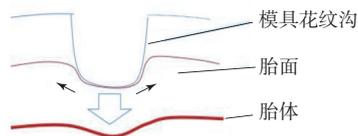


图5 模具花纹沟挤压胎面示意

(2) 轮胎成型时,有缝扇形块成型鼓的扇形块及其缝隙位置胎体帘线的锁紧不一致,成型反包时扇形块及其缝隙位置胎体帘线抽量不一致,导致两钢丝圈之间胎体帘线长度不一致,轮胎充气时膨胀不均匀。

(3) 胎体轮廓设计不合理,轮胎肩部胎体轮廓曲率半径大,胎圈胎体轮廓曲率半径小,导致轮胎充气时肩部变形大,加大了因模具花纹沟在硫化时挤压胎面所致花纹沟和花纹块位置胎体轮廓差异的影响。

## 2 改进措施

根据工矿轮胎胎侧起鼓机理分析,花纹沟和花纹块位置胎体轮廓的差异使轮胎充气时花纹沟和花纹块位置的膨胀不一致,导致胎侧对应位置出现规律性凹凸不平,从而形成胎侧起鼓轮胎。因此,优化工矿轮胎胎体轮廓差异可以改善其胎侧起鼓现象,具体措施如下。

(1) 措施一。在花纹设计时增大花纹沟沟壁角度,让模具花纹沟底部变“尖”(见图6),可以减小花纹沟嵌入胎面胶的阻力,使模具花纹沟在硫化时容易嵌入胎坯。

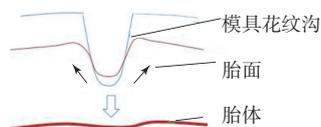


图6 改善后模具花纹沟挤压胎面示意

(2) 措施二。采用无缝扇形块成型鼓<sup>[11]</sup>,保证轮胎成型时扇形块及其缝隙位置胎体帘线的锁紧一致,使对应位置两钢丝圈之间的胎体帘线长度相同,从而减小胎体轮廓的差异,使轮胎充气膨胀

更均匀。

(3)措施三。优化胎肩垫胶和胎圈填充胶的形状和尺寸,减小胎肩处胎体轮廓曲率半径,增大胎圈处胎体轮廓曲率半径,以减小胎肩变形,增大胎圈变形,因胎圈材料厚,不会表现出轮胎胎侧起鼓。

(4)措施四。胎坯成型后,在胎面雕刻主花纹沟(最深花纹沟),使其装锅硫化时模具花纹沟与胎坯雕刻的花纹沟对齐,从而减小胎坯在模具花纹沟对应位置胎面胶的用量和挤压流动。

### 3 验证

#### 3.1 工矿用全钢载重子午线轮胎(工矿载重轮胎)

采用措施一、二、三后设计的10.00R20工矿载重轮胎的花纹如图7所示。

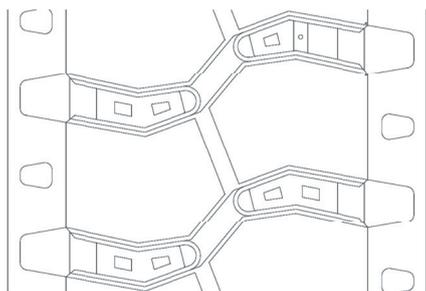


图7 改进后工矿载重轮胎花纹示意

与改进前相比,改进后工矿载重轮胎花纹沟沟壁角度为 $24^\circ$ ,胎肩垫胶厚度减小,胎圈填充胶厚度增大,并采用扇形块无缝成型鼓生产。成品轮胎充气压力为1 000 kPa,轮胎胎侧无凹凸不平,挺立性好。产品上市后受到客户欢迎,客户体验良好。

#### 3.2 工矿用巨型全钢工程机械子午线轮胎(巨型工矿工程机械轮胎)

对巨型工矿工程机械轮胎通过雕刻胎坯的方法(措施四)提前使胎面形状和花纹形式接近(见图8),提前匹配花纹沟和花纹块位置胎面胶的需求量,减少了胎坯硫化中花纹沟位置胎面胶的挤压流动(甚至可以做到无挤压流动)。该方法可以使花纹沟和花纹块位置的胶料压缩一致,胶料分布更均匀,胎体轮廓更一致,改善效果很好;同时,采用该方法还可以减小胎面胶用量,降低轮胎材

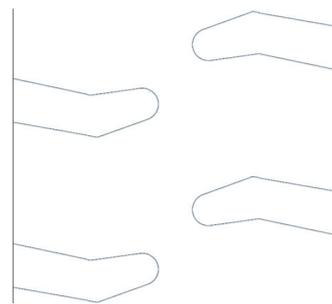


图8 胎坯雕刻样式示意

料成本。经验证,成品轮胎胎侧无凹凸不平,挺立性好,产品上市后受到客户欢迎,客户体验良好。需要注意的是,该方法需要增加胎坯雕刻设备,制造成本增大,生产效率较低,因此,通常用于巨型工矿工程机械轮胎的生产。

### 4 结语

合理选取工矿轮胎花纹设计参数,使花纹沟沟壁角度不小于 $23^\circ$ ,采用无缝扇形块成型鼓生产,优化设计胎肩垫胶和胎圈填充胶的形状和尺寸,减少胎肩处胎体轮廓的曲率半径,可以减少工矿轮胎充气时胎肩处的膨胀变形,从而减少工矿轮胎的胎侧起鼓现象。

工矿载重轮胎和巨型工矿工程机械轮胎采用以上措施后设计的产品可以改善胎侧花纹沟和花纹块规律性凹凸不平导致的胎侧起鼓问题,成品轮胎挺立性好,客户体验良好,提升了公司产品的竞争力。

### 参考文献:

- [1] 董秀玲,刘华,姜在胜,等. 矿用工程机械轮胎匹配型复合胎面胶配方开发[J]. 轮胎工业,2019,39(4):223-225.
- [2] 宋自平,钟杰,刘明铭. 巨型工程轮胎在莱比塘露天铜矿的应用分析[J]. 采矿技术,2018,18(6):124-126.
- [3] 吴桂忠. 国内外轮胎产品和性能现状及发展趋势[C]. “赛轮金宇杯”第19届中国轮胎技术研讨会论文集. 北京:中国化学工业橡胶专业委员会,2016:23-28.
- [4] 任学鹏,庞军华. 二段成型全地形车子午线轮胎的开发[J]. 橡胶工业,2022,69(1):55-58.
- [5] 姚晓锦,郑志超,姚娜,等. 425/65R22.5宽基无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 中国橡胶,2020,36(10):55-57.
- [6] 王刚,孙成林,王金帅. 12.00R20矿山专用全钢子午线轮胎的设计[J]. 中国橡胶,2021,37(6):43-46.

- [7] 常素玲,何孟闯,徐宁,等. 315/80R22.5宽行驶面无内胎全钢载重子午线轮胎的设计[J]. 橡胶科技,2018,16(9):41-43.
- [8] 王跃旭,宋子光,张铁毅. 延长露天矿自卸卡车轮胎寿命的途径[J]. 露天采矿技术,2016,31(1):64-67.
- [9] 高培. 矿内专用轮胎冠部爆破性能提升[J]. 科技展望,2016,26(20):185.
- [10] 刘泳生,奚君标,叶军峰,等. 矿山工程运输车辆防扎防爆轮胎的研发与应用[Z]. 广州:广州市轻工高级技工学校,2016-04-14.
- [11] 刘玉成,魏俊杰. 无缝锁块胶囊鼓成型工艺在全钢载重子午线轮胎一次法三鼓成型机上的应用[J]. 轮胎工业,2013,33(2):110-112.

收稿日期:2023-01-01

## Mechanism Analysis and Improvement Measures of Sidewall Bulge of All-steel Radial Tire for Engineering and Mining

HOU Xuguo, ZHANG Xiaojun, ZHANG Heng, ZHU Shanping

(Sailun Group Co., Ltd., Qingdao 266550, China)

**Abstract:** The mechanism of sidewall bulge of all-steel radial tire for engineering and mining (referred to as engineering and mining tire) was analyzed, and the improvement measures were proposed. One of the main reasons for the sidewall bulge was that the angle of the pattern groove wall was too small, so the mold for pattern grooves jammed the carcass during tire curing, resulting in uneven distribution of compounds at the pattern groove and pattern block positions, and consequently causing different shapes of the carcass contour at the pattern groove and pattern block positions. Secondly, the carcass cord locking in the gaps between the sector blocks of the seam sector block forming drum was inconsistent during the tire forming, resulting in different carcass cord lengths between two bead rings at corresponding positions. Finally, the shapes and sizes of the shoulder pad and bead filler compound were not designed properly. Specifically, the curvature radius of the shoulder carcass contour was large, the curvature radius of the bead carcass contour was small, and the shoulder deformation was large when the tire was inflated, which aggravated the difference between the pattern groove and the pattern block positions. The improvement measures were as follows: increase the angle of the pattern groove wall in product design to reduce the unnecessary press of the mold pattern groove on the compound, use seamless sector block forming drums to ensure the consistency of the carcass cord lengths, optimize the shape and size of shoulder pad and bead filler compound, reduce the curvature radius of shoulder carcass contour, and increase the curvature radius of bead carcass contour. The improvement measures were confirmed to be effective by the successful application of two kinds of engineering and mining tires.

**Key words:** all-steel radial tire for engineering and mining; sidewall bulge; carcass contour; mechanism analysis; improvement measure

### 轮胎调压系统、轮胎及车辆

由浙江极氪智能科技有限公司和浙江吉利控股集团有限公司申请的专利(公布号 CN 115674959A, 公布日期 2023-02-03)“轮胎调压系统、轮胎及车辆”,涉及一种轮胎调压系统、轮胎及车辆。本发明轮胎调压系统包括移动终端、云端服务器以及胎压调整装置。移动终端获取到车辆待行驶路段路面材质的第1信息,并将其发送至

云端服务器,云端服务器基于第1信息确定轮胎的目标气压,并将目标气压发送至胎压调整装置,胎压调整装置将轮胎的气压调整为目标气压,即胎压调整装置根据移动终端获得车辆待行驶路段的路面材质信息,根据路面材质情况适应性地调整轮胎气压,使轮胎气压与待行驶路面材质有效匹配,进而增强车辆行驶的稳定性。

(本刊编辑部 马晓)