

10.00R20载重子午线轮胎带束层结构与轮胎性能的相关性研究

阳晓岚, 金玉龙, 文盛辉, 陈五七

[中策橡胶(建德)有限公司, 浙江 杭州 311600]

摘要: 研究10.00R20载重子午线轮胎带束层结构与轮胎性能的相关性。结果表明:与0°带束层结构相比,全0°钢丝缠绕带束层结构轮胎的滚动阻力系数和接地因数小,耐久性试验时间延长8.4%;随着带束层角度的减小,轮胎的径向刚性增大,下沉量及接地因数减小,有利于提升轮胎的耐久性能和耐磨性能。

关键词: 载重子午线轮胎;带束层材料;带束层结构;接地因数;耐久性能

中图分类号: U463.341⁺.3/.6;TQ336.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-8171(2023)05-0271-04

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2023.05.0271



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎是典型的橡胶与骨架材料复合的弹性结构体,其中带束层承受轮胎周向张力的60%~70%,是子午线轮胎的关键承载部位。随着国家相关政策的执行,车辆超载现象大幅减少,路况也逐步得到改善,载重轮胎正快速向绿色轮胎发展,高耐磨性能、低滚动阻力、高舒适性、长寿命为其改进方向^[1-3]。

带束层的材料、角度及结构对轮胎的外缘尺寸、强度、接地印痕、刚性、滚动阻力、耐久性能和高速性能等均存在一定的影响。本工作选定10.00R20载重子午线轮胎为研究对象,研究带束层结构对轮胎接地特性、刚性和耐久性能等的影响^[4-6]。

1 试验方案

结合现有带束层结构使用情况及公司的生产状况,对比研究3层带束层+0°带束层结构、全0°钢丝缠绕带束层结构及冠带结构(2层钢丝带束层+2层锦纶帘布冠带层)对轮胎性能的影响。其中0°钢丝缠绕带束层受设备限制,暂时采用带状0°贴合的方法进行成型,冠带结构分两种方案,锦纶帘布角度分别采用55°和0°。带束层贴合方案如图1所示。

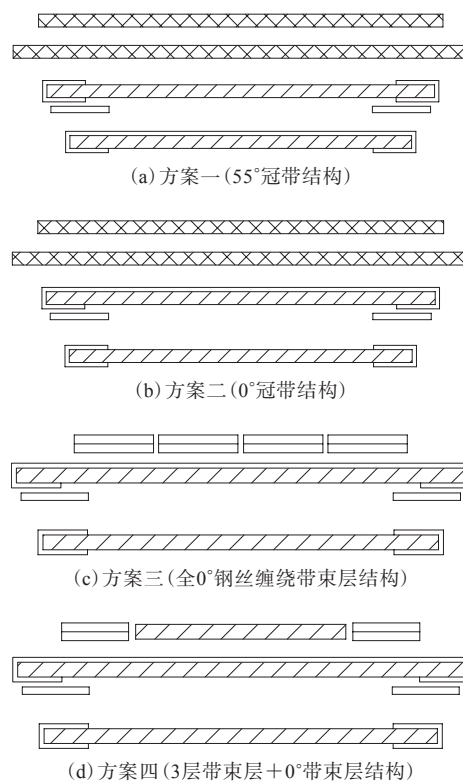


图1 带束层贴合方案示意

根据带束层设计现状确定研究方案需要的帘布种类及角度,1[#]和2[#]带束层为主要工作层,一般角度为10°~30°,方案一及方案二无0°钢丝带束层,故1[#]和2[#]带束层角度采用18°,方案三及方案四有0°钢丝带束层,1[#]和2[#]带束层分别采用24°和15°;1[#]带束层与2[#]带束层的级差为10 mm,3[#]带束

作者简介: 阳晓岚(1988—),女,湖南郴州人,中策橡胶(建德)有限公司工程师,硕士,主要从事子午线轮胎结构设计工作。

E-mail: 634453361@qq.com

层与2[#]带束层的级差为10~30 mm,具体方案如下所述。

方案一的1[#]和2[#]带束层均采用3+9+15×0.22+0.15钢丝帘线,角度均为18°,宽度分别为160和180 mm;3[#]和4[#]带束层(2层冠带层)均采用1870dtex/V₁锦纶帘布,角度均为55°,宽度分别为240和220 mm。

方案二的1[#]和2[#]带束层同方案一;3[#]和4[#]带束层(2层冠带层)均采用2100dtex/V₂锦纶帘布,角度均为0°,宽度分别为160和150 mm。

方案三的1[#]和2[#]带束层均采用2+7×0.30ST钢丝帘线,角度分别为24°和15°,宽度分别为160和180 mm;3[#]和4[#]带束层(2层全0°钢丝缠绕带束层)均采用3×7×0.20HE钢丝帘线,角度均为0°,宽度均为37 mm×4。

方案四的1[#]和2[#]带束层均采用2+7×0.30ST钢丝帘线,角度分别为24°和15°,宽度分别为160和180 mm;3[#]带束层和0°带束层分别采用5×0.30HI和3×4×0.20HE钢丝帘线,角度分别为15°和0°,宽度分别为100和29 mm。

按照充气压力为830 kPa计算,方案一至四轮胎带束层的安全倍数分别为5.86,6.42,7.77和6.91。

2 轮胎性能对比

2.1 外缘尺寸、强度及静负荷性能

轮胎充气外缘尺寸根据GB/T 521—2012进行测量,强度根据GB/T 4501—2016进行测试。轮胎外缘尺寸、强度及静负荷性能测试结果如表1所示。

表1 轮胎外缘尺寸、强度、静负荷性能测试结果对比

试验方案	充气外直径/mm	充气断面宽/mm	行驶面宽度/mm	冠弧半径/mm	破坏能与标准值的百分比/%	花纹深度/mm	下沉率/%	接地因数
方案一	1 055.2	274.7	202	465	195.9	15.1	12.3	1.32
方案二	1 054.6	274.9	204	475	136.5	15.4	11.9	1.33
方案三	1 052.9	274.2	202	500	136.5	15.3	11.9	1.29
方案四	1 052.7	273.5	205	550	180.1	15.4	14.0	1.31

从表1可以看出,方案一轮胎充气外直径最大,冠弧半径最小,方案二轮胎接地因数最大,方案三轮胎下沉率及接地因数最小,方案四轮胎下沉率最大。通过轮胎外缘尺寸测量数据可以预判,方案三轮胎的接地印痕及耐久性能较好。

方案一轮胎少了0°带束层的箍紧作用,外直径最大;轮胎断面宽变化均比较小,这与有限元仿真结果一致;方案二和方案三轮胎的下沉率最小,下沉量与负荷的关系可近似看作是线性的,下沉量小则轮胎的耐久性能及高速性能好。

方案二与方案三轮胎的下沉率相同,但方案二轮胎的下沉量略大,说明在0°带束层的箍紧作用下,轮胎的下沉量相对小。方案三的接地因数明显减小,另外3个方案无明显差异,且方案三轮胎的下沉率及外直径膨胀都是最小的,说明在较宽的0°钢丝带束层的束缚下,轮胎冠部的膨胀减小,接地特性得到明显改善。这种结构有利于改善胎冠部位花纹的耐磨性能,提升轮胎的耐久性能。

2.2 五项刚性

轮胎五项刚性测试结果如表2所示。

从表2可以看出:方案一轮胎的横向刚性相对较大,说明其操纵性能和制动性能较好;方案二轮胎的刚性基本介于方案一与方案三轮胎之间;方案三轮胎的纵向和横向刚性最小、径向刚性大,说明全0°钢丝缠绕带束层结构的稳定性好,纵向操纵性能和制动性能较好,且不容易发生异磨现象;方案四轮胎的五项刚性相对在中值,说明综合性能相对稳定,3层带束层+0°带束层结构为目前正常生产轮胎的结构,在有内胎全钢载重子午线轮胎中运用比较广泛。

不同负荷下轮胎刚性略有差别,随着充气压力的增大,轮胎的纵向、横向、径向及扭转刚度系数增大,包络刚度系数减小。

综上所述,方案三轮胎的刚性最佳,操纵性能和制动性能相对较好,且不容易发生异磨现象。

2.3 滚动阻力

轮胎滚动阻力根据GB/T 18816—2012进行测试。方案一至四轮胎的滚动阻力系数测试结果分别为6.405,5.911,5.639和6.359 N·kN⁻¹。

由此可见,滚动阻力系数从大到小的顺序

表2 轮胎五项刚性测试结果

项 目	试验负荷/N		
	23 520	29 400	35 280
方案一			
纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	660.4	700.8	721.5
横向刚性/(N·mm ⁻¹)	303.1	302.9	301.8
径向刚性/(N·mm ⁻¹)	856.7	914.8	955.7
包络刚性/(N·mm ⁻¹)	1 276.1	1 370.8	1 440.1
扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	254.2	273.0	305.5
方案二			
纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	652.1	696.3	715.2
横向刚性/(N·mm ⁻¹)	302.9	302.6	301.7
径向刚性/(N·mm ⁻¹)	870.9	926.4	967.8
包络刚性/(N·mm ⁻¹)	1 288.1	1 380.9	1 450.1
扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	247.4	279.3	310.7
方案三			
纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	620.5	660.1	681.3
横向刚性/(N·mm ⁻¹)	298.5	298.4	295.9
径向刚性/(N·mm ⁻¹)	880.6	937.5	979.1
包络刚性/(N·mm ⁻¹)	1 305.1	1 406.8	1 470.1
扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	245.7	278.1	308.6
方案四			
纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	644.9	685.4	706.6
横向刚性/(N·mm ⁻¹)	300.8	300.6	297.8
径向刚性/(N·mm ⁻¹)	866.7	922.7	963.0
包络刚性/(N·mm ⁻¹)	1 298.4	1 392.0	1 460.1
扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	258.4	287.0	320.9

为:方案一、方案四、方案二、方案三。方案二及方案三轮胎的滚动阻力系数均低于 $6\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$,说明保护层角度减小为 0° 有利于降低轮胎滚动阻力。

方案三轮胎的滚动阻力系数比方案二轮胎约小 $0.27\text{ N}\cdot\text{kN}^{-1}$,全 0° 钢丝缠绕带束层结构轮胎的滚动阻力比锦纶冠带结构轮胎低。方案一轮胎的2层锦纶冠带层为 55° 的1870dtex/ V_1 锦纶帘布,轮胎的滚动阻力系数最大。从滚动阻力系数的测试结果可知:适当减小缓冲带束层角度可增大带束层对轮胎轮廓的箍紧作用,有利于降低滚动阻力;钢丝帘线的单丝破断力明显高于锦纶帘线,带束层整体强度高,因此全钢丝帘线带束层结构轮胎的滚动阻力系数相对锦纶冠带层结构轮胎较小。

2.4 耐久性能

轮胎耐久性能根据GB/T 4501—2016进行测试,试验条件为:标准充气压力 830 kPa ,单胎标准负荷 $3\ 000\text{ kg}$ 。达到国家标准后继续根据企业标准进行测试,结果如表3所示。

4个方案轮胎初始损坏点均为1[#]带束层端点,随着试验的进行,带束层强度降低,导致带束层之间脱层分离。

表3 轮胎室内耐久性测试结果

试验方案	总行驶时间/h	结束时轮胎状态
方案一	101.17	胎肩起鼓
方案二	106.07	胎肩起鼓
方案三	129.27	胎侧起鼓
方案四	119.05	胎肩起鼓

通过4个方案轮胎的接地因数与耐久性测试结果对比发现,下沉率及接地因数较小的轮胎耐久性能较好,轮胎的接地因数与耐久性试验时间近似呈反比关系,接地因数越小,耐久性试验时间越长。

全 0° 钢丝缠绕带束层结构(即方案三)轮胎的胎面磨损光滑平整,无胎肩异磨现象。轮胎装车路试单位磨耗里程达到 $16\ 000\text{ km}\cdot\text{mm}^{-1}$,而常用的 0° 带束层结构(方案四)轮胎单位磨耗里程一般为 $9\ 000\text{ km}\cdot\text{mm}^{-1}$,单位磨耗里程延长近80%,说明全 0° 钢丝缠绕带束层结构有利于降低载重子午线轮胎的滚动阻力,有效提高轮胎的耐久性能,降低油耗。

3 结论

通过研究10.00R20载重子午线轮胎带束层结构对轮胎性能的影响,得到如下结论。

(1)与 0° 带束层结构相比,全 0° 钢丝缠绕带束层结构轮胎的滚动阻力系数和接地因数小,耐久性试验时间延长8.4%。

(2)随着带束层角度的减小,轮胎的径向刚性增大,下沉量及接地因数减小,利于提升轮胎的耐久性能和耐磨性能。

参考文献:

- [1] 梁守智,钟延堃,张丹秋.橡胶工业手册(修订版)第四分册 轮胎[M].北京:化学工业出版社,1989.
- [2] 王宝凯.205/55R16子午线轮胎的结构设计、带束层优化与性能研究[D].青岛:青岛科技大学,2020.
- [3] 陈其忠.轮胎结构设计对轮胎性能影响的研究[D].青岛:青岛理工大学,2018:45-48.
- [4] 吴晓东,王红彦,张海燕,等. 0° 带束层钢丝帘布对全钢载重子午线轮胎耐久性能的影响研究[J].轮胎工业,2021,41(9):533-535.
- [5] 侯丹丹,徐晓鹏,张春生,等.全钢载重子午线轮胎接地压力分布的仿真研究[J].橡胶工业,2022,69(4):261-267.
- [6] 俞淇.充气轮胎性能与结构[M].广州:华南理工大学出版社,1988:12-20.

Study on Correlation between Belt Structure and Tire Performance of 10.00R20 Truck and Bus Radial Tire

YANG Xiaolan, JIN Yulong, WEN Shenghui, CHEN Wuqi

[Zhongce Rubber (Jiande) Co., Ltd, Hangzhou 311600, China]

Abstract: The correlation between the belt structure and tire performance of 10.00R20 truck and bus radial tire was studied. The results showed that compared with 0° belt structure, the rolling resistance coefficient and ground-contact factor of the tire with all 0° steel wire wrapped belt structures were smaller, and the durability test time was prolonged by 8.4%. With the decrease of the belt angle, the radial rigidity of the tire increased, the deformation and ground-contact factor decreased, which was conducive to improving the durability and wear resistance of the tire.

Key words: truck and bus radial tire; belt material; belt structure; ground-contact factor; durability

橡胶机械行业结构性“牛市”难持续

2022年上半年我国橡胶机械行业延续了2020—2021年的结构性“牛市”，但在2022年下半年行业增长乏力。业内人士指出，整体来看，尽管2022年橡胶机械行业出口势头良好，但行业增长率却创近年来最低水平，行业利润指标也不理想。预计2023年多数橡胶机械企业将会受订单不足影响，生产出现缺口，行业整体形势不容乐观。

(1) 上半年销售收入或下降。2022年我国橡胶机械企业的开机率整体保持较高水平，但下半年订单缺口明显，导致开机率不足。中国化工装备协会橡胶机械专业委员会对全国21家主要橡胶机械厂家2022年主要经济指标统计显示，2022年橡胶机械总销售收入为104.1亿元，同比增长1.1%。以此推算，我国橡胶机械全行业2022年总销售收入达到137.5亿元，同比增长1.1%。21家企业中有15家企业销售收入下降，仅有6家企业实现增长。行业内销售订单继续向龙头企业倾斜，行业集中度进一步提升。2022年下半年，轮胎设备招标项目减少，橡胶机械行业承接订单也大幅减少。同时几个头部轮胎企业调整或放缓轮胎投资，导致部分签订的橡胶机械订单不能执行或者延迟交货。但2022年下半年我国工程机械轮胎掀起的投资小高潮大大缓解了橡胶机械订单不足的矛盾。此外，全钢及半钢子午线轮胎设备只有少量填补补

齐需求，预计橡胶机械企业订单不足是主流趋势，行业上半年销售收入下降是大概率事件。

(2) 行业盈利水平偏低。对参与报表单位的统计显示，利润较2021年同比下降的企业占多数，亏损企业3家。2022年行业产品总体毛利水平仍偏低，盈利能力不强，主要原因是市场需求偏少，竞争激烈，导致订单价格偏低。钢材等原材料价格仍高位运行，导致成本大幅上升，产品毛利率为近年较低水平。现在橡胶机械行业订单不足，开机率不理想，行业盈利压力较大，2023年行业利润指标下降概率较大。

(3) 出口创汇继续增长。目前，我国橡胶机械行业最大亮点是出口创汇连续3年大幅增长。对参与报表单位的统计显示，出口交货值为31.6亿元，同比增长41.1%，以此推算2022年我国橡胶机械行业总出口创汇6.5亿美元，同比增长16%。出口增长的主要原因是近年来我国轮胎行业在国外尤其是东南亚地区启动新建、扩建轮胎项目较多，对橡胶机械需求较旺，我国橡胶机械企业承接了大量海外轮胎投资订单。尤其是米其林等轮胎巨头投资恢复至疫情前水平后，国际上对橡胶机械需求增加。另外，人民币兑美元持续贬值也有利于橡胶机械出口。预计2023年出口创汇保持增长是大概率事件，但增长幅度不会太大。

(摘自《中国化工报》，2023-03-24)