

全钢轮胎胎面与胎侧结构对耐磨性能的影响分析

田巍娟 赵毅斌 王 暖 李维鸽 杜 帅

陕西延长石油集团橡胶有限公司 陕西 西安 712000

摘 要: 本研究聚焦于全钢轮胎胎面与胎侧结构对其耐磨性能的影响。通过构建全钢轮胎有限元模型,深入探讨胎面弧度高、行驶面宽度、胎面花纹节距比、胎侧厚度等关键结构参数的变化规律,以及这些参数对轮胎耐磨性能的具体影响。研究结果显示,胎面弧度高的增加会提升轮胎的耐磨性能;行驶面宽度的增大同样有助于提高轮胎的耐磨性能;胎面花纹节距比在特定范围内时,轮胎耐磨性能较好;而胎侧厚度的变化对轮胎耐磨性能的影响相对较小。本研究为全钢轮胎的结构优化设计提供了重要的理论依据,有助于提升全钢轮胎的整体性能。

关键词: 全钢轮胎;胎面结构;胎侧结构;耐磨性能

引言: 全钢轮胎因其卓越的性能,如承载能力强、耐磨性能好、稳定性佳等,在汽车、工程机械、农业机械等众多领域得到了极为广泛的应用。随着汽车工业的迅猛发展以及消费者对轮胎性能要求的日益提高,全钢轮胎的市场需求持续攀升。在轮胎的实际使用过程中,磨损是一个不可避免的问题,而耐磨性能直接关乎轮胎的使用寿命和使用安全性。因此,深入研究全钢轮胎胎面与胎侧结构对耐磨性能的影响,对于优化轮胎设计、提高轮胎性能具有至关重要的意义。

1 全钢轮胎结构与磨损

1.1 全钢轮胎结构

全钢轮胎主要由胎面、胎体、胎侧、胎圈等多个部分构成。其中,胎面作为轮胎与地面直接接触的部分,必须具备良好的耐磨性能、抗刺扎性能以及抓着性能,以确保车辆在各种路况下的安全行驶。胎体是轮胎的骨架,通常由多层钢丝帘线交叉排列而成,赋予轮胎高强度和耐疲劳性能,能够承受车辆行驶过程中的各种应力和变形。胎侧连接着胎圈和胎面,由橡胶和帘布层组成,不仅要保护胎体,还要支撑轮胎轮廓并缓冲震动。胎圈则是轮胎安装在轮辋上的部分,由钢圈和橡胶制成,具有牢固的密封性和承载能力,保证轮胎与轮辋的紧密配合,防止漏气^[1]。

1.2 轮胎磨损

轮胎的磨损是一个复杂的过程,涉及多种因素的相互作用。在车辆行驶过程中,轮胎与地面之间存在着复杂的力学关系。轮胎受到车辆自身重力以及行驶过程中的各种动态载荷,如加速、制动、转弯时产生的力。这些力使得轮胎与地面之间产生摩擦力,而摩擦力是导致轮胎磨损的主要原因之一。当轮胎在路面上滚动时,胎面与地面之间的相对运动产生切向力,这种切向力会使

胎面橡胶发生微观变形。随着行驶里程的增加,这种微观变形不断累积,最终导致胎面橡胶的磨损。此外,轮胎在行驶过程中还会受到路面的不平整度、温度变化、化学物质侵蚀等因素的影响,进一步加剧轮胎的磨损^[2]。

2 胎面结构对耐磨性能的影响

2.1 胎面弧度高对耐磨性能的影响

2.1.1 模型建立与参数设置

为了深入研究胎面弧度高对轮胎耐磨性能的影响,利用专业的有限元分析软件建立全钢轮胎的二维和三维有限元模型。在模型中,橡胶部分采用适合的单元类型(如cgax3h和lcgax4h单元)进行模拟,帘线部分则使用sfmgax1和rebar单元进行模拟,轮辋与路面被定义为解析刚体。设定轮胎的基本参数,如规格为12.00r22.5,带束层角度、帘布层数等保持不变,仅改变胎面弧度高这一参数。分别设置胎面弧度高为不同的值,以进行对比分析。

2.1.2 结果分析

通过有限元模拟分析,得到不同胎面弧度高下轮胎接地区域的摩擦力分布情况。随着胎面弧度高的增加,轮胎接地区域的摩擦力分布变得更加均匀。这是因为胎面弧度高的增大使得轮胎与地面的接触面积分布更加合理,减少了局部区域的过高应力集中。在实际行驶中,摩擦力的均匀分布意味着胎面各部分的磨损速率更加一致,从而提高了轮胎的耐磨性能。当胎面弧度高较小时,轮胎接地区域的边缘部分可能会承受较大的摩擦力,导致该区域的磨损加剧,而胎面中心部分的磨损相对较轻,这种不均匀的磨损会降低轮胎的整体耐磨性能。

进一步探究发现,胎面弧度高的变化还会影响轮胎的接地压力分布。当胎面弧度高增加时,轮胎接地压力在宽度方向上的分布更加均匀,这有助于减少胎肩和胎冠中心部位因压力不均导致的异常磨损。从微观角度来

看, 轮胎在滚动过程中, 胎面与地面接触的瞬间, 橡胶分子会与路面产生相互作用。如果胎面弧度高不合适, 某些区域的橡胶分子会承受过大的剪切力, 导致分子链断裂, 从而加速磨损。而合理的胎面弧度高能够使橡胶分子在接触过程中均匀受力, 降低分子链断裂的概率, 延长轮胎的使用寿命。

此外, 胎面弧度高对轮胎的动态性能也有一定影响。在高速行驶或急转向等工况下, 合适的胎面弧度高能够保证轮胎接地区域的稳定性, 减少胎面的滑移和变形, 从而降低磨损。研究表明, 当胎面弧度高处于一定范围内时, 轮胎在高速行驶时的振动和噪声也会得到有效控制, 这不仅提高了驾驶舒适性, 还间接对轮胎的耐磨性能产生积极影响。

2.2 行驶面宽度对耐磨性能的影响

2.2.1 模型建立与参数设置

同样利用有限元分析软件建立全钢轮胎模型, 保持其他参数不变, 仅对行驶面宽度进行调整。设置不同的行驶面宽度值, 以研究其对轮胎耐磨性能的影响。在建模过程中, 确保轮胎的整体结构完整性和各部件之间的连接关系正确, 以保证模拟结果的准确性。

2.2.2 结果分析

模拟结果表明, 随着行驶面宽度的增大, 轮胎的偏磨损现象逐渐减少。这是因为行驶面宽度的增加使得轮胎与地面的接触面积增大, 单位面积上所承受的压力减小。在相同的行驶条件下, 较小的单位压力会降低胎面与地面之间的摩擦力, 从而减少轮胎的磨损。当行驶面宽度较窄时, 轮胎在行驶过程中可能会出现局部压力过大的情况, 导致该区域的磨损加快, 形成偏磨损。而行驶面宽度增大后, 压力分布更加均匀, 有效地降低了偏磨损的风险, 提高了轮胎的耐磨性能。

从力学原理角度分析, 行驶面宽度的变化会改变轮胎与地面接触时的压力分布模式。较窄的行驶面会使压力集中在较小的区域, 形成局部高压区, 这些区域的轮胎磨损速度明显加快。而较宽的行驶面能够将压力分散到更大的面积上, 使得单位面积压力降低, 从而减少了磨损的发生。例如, 在重载车辆行驶过程中, 轮胎承受着巨大的重量, 如果行驶面宽度不足, 胎面局部区域会承受过高的压力, 导致橡胶迅速磨损, 甚至出现脱层等严重损坏。而增加行驶面宽度后, 压力得到有效分散, 轮胎能够更好地承受重载, 延长使用寿命^[3]。

2.3 胎面花纹节距比对耐磨性能的影响

2.3.1 模型建立与参数设置

构建全钢轮胎有限元模型, 在模型中精确模拟胎面

花纹的结构。通过改变胎面花纹节距比这一参数, 设置多个不同的节距比数值, 来研究其对轮胎耐磨性能的影响。在建模过程中, 要详细考虑胎面花纹的形状、深度、排列方式等因素, 以真实反映轮胎在实际使用中的情况。

2.3.2 结果分析

经过模拟分析发现, 当胎面花纹节距比在一定范围内时, 轮胎的耐磨性能较好。这是因为合理的花纹节距比能够优化轮胎与地面之间的相互作用, 减少花纹块在行驶过程中的变形和滑移。当花纹节距比过小时, 花纹块之间的间距较小, 在轮胎滚动过程中, 花纹块容易受到较大的剪切力, 导致花纹块的磨损加剧。而当花纹节距比过大时, 花纹块的刚性相对增加, 在面对复杂路况时, 花纹块不能很好地适应地面的变化, 也会导致局部磨损增加。只有当花纹节距比处于合适的范围时, 花纹块能够在保证足够抓地力的同时, 有效地降低磨损, 提高轮胎的耐磨性能。

从微观层面来看, 花纹节距比的不同会影响花纹块与地面接触时的应力分布。当花纹节距比过小时, 相邻花纹块之间的相互作用增强, 在轮胎滚动过程中, 花纹块边缘会承受较大的应力集中, 容易引发裂纹的产生和扩展, 从而加速花纹块的磨损。而当花纹节距比过大时, 单个花纹块在接触地面时缺乏相邻花纹块的协同作用, 难以有效分散应力, 同样会导致局部磨损加剧^[4]。

此外, 花纹节距比还与轮胎的噪声性能和排水性能密切相关。不合适的花纹节距比可能会导致轮胎在行驶过程中产生较大的噪声, 影响驾驶舒适性。同时, 排水性能不佳会增加轮胎在湿滑路面上发生水滑现象的风险, 危及行车安全。因此, 在设计轮胎花纹节距比时, 需要综合考虑耐磨性能、噪声性能和排水性能等多方面因素, 以实现轮胎性能的整体优化。通过大量的实验和模拟分析, 可以确定不同类型轮胎在不同使用场景下的最佳花纹节距比范围, 为轮胎设计提供科学依据。

3 胎侧结构对耐磨性能的影响

3.1 胎侧厚度对耐磨性能的影响

3.1.1 模型建立与参数设置

利用有限元分析软件建立全钢轮胎模型, 保持轮胎的其他结构参数不变, 对胎侧厚度进行调整。设置不同的胎侧厚度值, 以研究胎侧厚度变化对轮胎耐磨性能的影响。在建模过程中, 要准确模拟胎侧的橡胶材料特性和帘布层结构, 确保模型的准确性。

3.1.2 结果分析

模拟结果显示, 胎侧厚度的变化对轮胎耐磨性能的

影响相对较小。虽然增加胎侧厚度在一定程度上可以提高胎侧的强度和抗损伤能力,但在实际行驶中,胎侧主要承受的是弯曲应力和剪切应力,而不是直接与地面接触产生的摩擦力。因此,胎侧厚度的增加并没有显著改变轮胎的耐磨性能。然而,需要注意的是,过大的胎侧厚度可能会增加轮胎的重量,导致滚动阻力增大,从而间接影响轮胎的使用寿命和燃油经济性。

从力学角度深入分析,胎侧在车辆行驶过程中主要起到连接胎面和胎圈,并承受轮胎变形产生的弯曲和剪切作用。当车辆转弯或行驶在不平整路面时,胎侧会发生一定程度的扭曲和变形。增加胎侧厚度可以提高其抵抗这种变形的能力,减少胎侧出现裂纹或损坏的可能性。但由于胎侧不直接与地面摩擦,所以对轮胎的耐磨性能提升有限。例如,在一些恶劣路况下,如崎岖山路或建筑工地道路,轮胎可能会受到较大的冲击和挤压,此时适当增加胎侧厚度可以增强轮胎的抗损伤能力,保护胎体内部结构。但如果胎侧厚度过大,轮胎的整体重量增加,车辆在行驶过程中需要消耗更多的能量来克服滚动阻力,这不仅会降低燃油经济性,还会使轮胎在高速行驶时更容易产生热量,影响轮胎的性能和寿命。

3.2 胎侧曲线对耐磨性能的影响

3.2.1 模型建立与参数设置

建立全钢轮胎有限元模型,通过改变胎侧曲线的形状来研究其对轮胎耐磨性能的影响。设置不同的胎侧曲线参数,如曲线的曲率、斜率等,以得到不同形状的胎侧曲线。在建模过程中,要确保胎侧曲线与轮胎其他部分的连接平滑,不影响轮胎的整体结构性能。

3.2.2 结果分析

模拟结果表明,合理的胎侧曲线设计可以在一定程度上改善轮胎的耐磨性能。当胎侧曲线设计得当时,能够更好地分散轮胎在行驶过程中受到的应力,减少胎侧局部区域的应力集中。例如,采用渐变的胎侧曲线,在轮胎肩部附近适当增加曲线的曲率,可以使轮胎在转弯

时肩部的应力分布更加均匀,降低肩部的磨损风险。相反,如果胎侧曲线设计不合理,可能会导致胎侧某些区域承受过大的应力,加速这些区域的磨损,从而降低轮胎的耐磨性能。

从应力分布的角度来看,胎侧曲线的形状决定了轮胎在受力时应力的传递路径和分布情况。合理的胎侧曲线能够引导应力均匀地分布在胎侧表面,避免出现局部应力集中点。例如,在轮胎转弯时,胎侧肩部会承受较大的侧向力,如果胎侧曲线设计不合理,肩部区域的应力会过于集中,导致该区域的橡胶和帘布层过早疲劳损坏,进而影响轮胎的耐磨性能。而渐变的胎侧曲线可以使肩部的应力逐渐过渡,减轻局部应力集中,延长轮胎的使用寿命^[5]。

结论:本研究通过有限元模型系统剖析了全钢轮胎胎面与胎侧结构对耐磨性能的影响。明确了胎面弧度高、行驶面宽度、花纹节距比等参数的优化方向,以及胎侧结构设计的关键要点。这些结论为轮胎研发提供了重要参考,助力提升产品性能。未来,可进一步结合新材料、新工艺,深入探究多因素协同作用下的轮胎耐磨性能提升策略,同时加强实际道路测试验证,推动全钢轮胎技术的持续进步,以满足行业发展与市场多样化需求。

参考文献

- [1]王伟,李明,张华.全钢载重子午线轮胎胎面结构优化对耐磨性能的影响研究[J].橡胶工业,2024,71(8):589-594.
- [2]黄敏.胎侧曲线设计对全钢轮胎耐磨性能的影响分析[J].橡胶科技,2024,22(5):287-292.
- [3]杨帆,徐晓.全钢轮胎胎面花纹节距比对耐磨性能的影响机制研究[J].汽车工程学报,2024,14(3):215-222.
- [4]周鹏,吴昊,郑磊.全钢轮胎胎面弧度高与行驶面宽度协同优化研究[J].机械设计与制造,2024,(7):156-160.
- [5]陈刚.基于有限元分析的全钢轮胎胎侧结构对耐磨性能的影响[J].轮胎工业,2024,71(6):423-428.