

滚动工况履带车辆负重轮非线性有限元分析

于立彪, 郑慕侨

(北京理工大学 车辆与交通工程学院, 北京 100081)

摘要:采用 ANSYS 有限元分析技术, 建立了滚动工况履带车辆负重轮的 1/6 橡胶轮胎和 1/4 负重轮两种三维有限元模型, 在考虑三重非线性(材料、几何、状态非线性)的情况下, 计算了不同载荷、速度条件下负重轮的应力-应变场。通过对比两种模型的计算结果, 分析了模型的应用条件, 总结出稳态滚动负重轮橡胶轮胎最大径向应力和应变随载荷增大而提高、随速度提高而减小的变化规律, 为负重轮实心轮胎的设计提供重要的理论依据。

关键词:履带车辆; 滚动负重轮; 非线性有限元; 应力-应变场

中图分类号: U463.341⁺.5; TQ336.1⁺3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2002)08-0466-04

作为履带车辆的主要承载部件, 负重轮实心轮胎要承担整个履带车辆的质量, 并起着缓冲、降噪以及隔震的作用。滚动工况下对负重轮实心轮胎进行有限元力学分析对校核负重轮的强度、优化负重轮的结构起着至关重要的作用。目前对充气轮胎的有限元力学分析已经有了较为成熟的理论方法, 而对实心轮胎非线性有限元分析尚缺乏有效的方法。在对负重轮实心轮胎应力-应变场进行有限元分析时, 为了简化计算, 有限元模型通常只考虑橡胶轮胎部分^[1], 而忽略了轮盘的影响, 这与负重轮的实际结构有差别。本文除建立橡胶轮胎模型外, 还建立了一种包括轮盘和橡胶轮胎的有限元力学分析模型, 通过与橡胶轮胎模型进行对比计算, 研究负重轮的应力-应变场及其主要影响因素。

1 负重轮模型受力分析

1.1 1/6 橡胶轮胎模型^[2]

1/6 橡胶轮胎模型认为橡胶只在与履带板接触区的 120° 范围内有变形, 其它 240° 范围内变形很小, 可忽略不计, 再由其对称性, 可只考虑如图 1 所示 60° 范围内的有限元模型。该模型中, 60° 橡胶轮胎断面(A-A 面)内施加三维刚性约束, 且 XOY 面内的节点没有 Z 向位移。由于履带板与

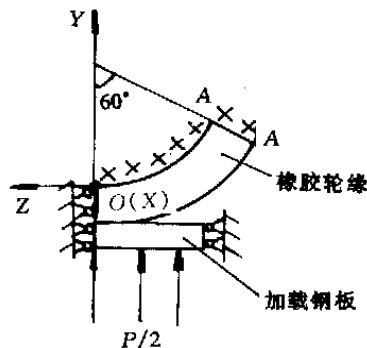


图 1 1/6 橡胶轮胎力学模型

其它相邻履带板间有约束, 故模型中加载钢板前后两个面上的节点应施加 X 向和 Z 向的零位移约束。

1.2 1/4 负重轮模型

上述 1/6 橡胶轮胎模型近似认为轮盘绝对刚性, 而实际情况是轮盘在受载时也有微小变形。本研究另建立一种包括轮盘和橡胶轮胎的 1/4 负重轮模型以考虑轮盘变形对橡胶轮胎应力-应变场的影响, 同时该模型也可用于计算轮盘上的应力-应变分布。

1/4 负重轮力学模型依照负重轮与负重轮轴之间的实际装配关系确定。对于不同的装配关系, 力学模型的约束情况不同。本文的算例是某履带车辆的负重轮, 结构如图 2 所示(辐板结构已经过简化)。1/4 负重轮模型的加载方法与轮胎模型相同, 但约束形式不同。假设轴承座、轴承和负重轮轴等支承结构绝对刚性, 则轮盘中心与轴

作者简介:于立彪(1971-), 男, 辽宁鞍山人, 现在北京理工大学攻读博士学位, 从事轮胎动力学方面的研究。

承座配合的内圆柱面上的所有节点应施加三维刚性约束,再由于其对称性,可只取 1/4 单轮进行建模。因此图 2 中阴影面(包括轮盘部分和橡胶轮胎部分)应施加 z 向零位移约束。加载钢板上的约束与橡胶轮胎模型相同。最后可得 1/4 负重轮力学模型,如图 3 所示。

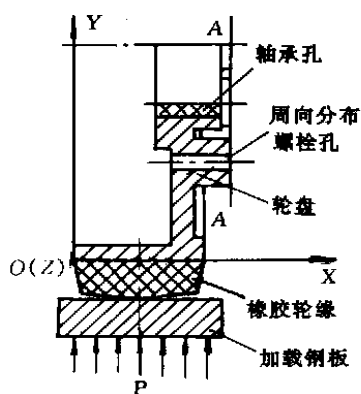


图2 1/4 负重轮结构模型

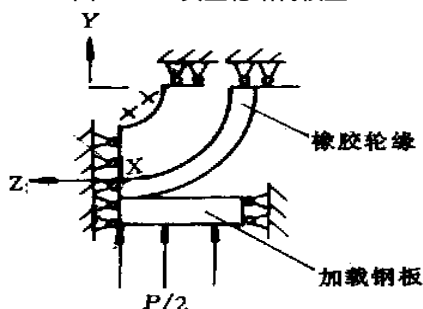


图3 1/4 负重轮力学模型

2 非线性有限元分析

负重轮橡胶轮胎的有限元分析具有三重非线性,即材料非线性、大变形引起的几何非线性和橡胶与履带板间的接触非线性。橡胶材料可模拟为二参数 Mooney-Rivlin 模型的超弹性材料^[1,3],材料参数包括 Mooney-Rivlin 常数 C_1 和 C_2 。

应用ANSYS 5.6对上述模型划分单元后,1/6橡胶轮胎模型生成节点668个,单元478个;1/4负重轮模型生成节点6267个,单元3549个。后者比前者复杂很多。

3 计算结果及分析

1/4 负重轮模型的有限元计算结果如图 4 和

5 所示。结果表明除了在负重轮接地附近区域轮胎的径向位移为 0.2~0.4 mm 之外,车轮其余部分在 3 个坐标轴方向的位移均小于 0.1 mm;车轮所有节点的应变均在 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 数量级;车轮应力在负重轮接地区域较大,其余部分较小,对本文算例,车轮最大主应力在 10~40 MPa 范围内。

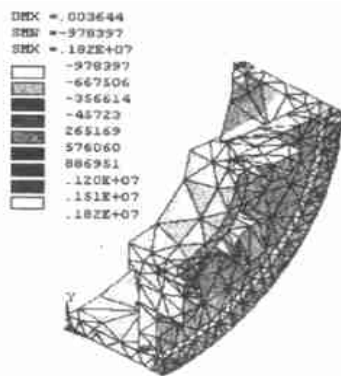


图4 1/4 车轮径向应力场

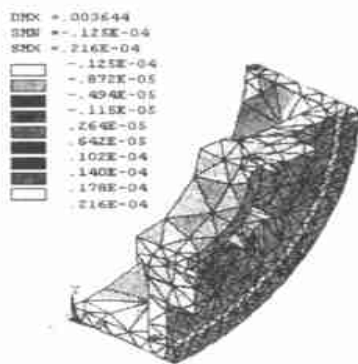


图5 1/4 车轮径向应变场

车轮应力在负重轮接地区域附近较大,其余则较小;负重轮最大位移位于中心断面轮胎与履带板接触处,径向最大位移为 3.644 mm;最大径向应力、应变发生在负重轮轮胎中心靠近接地区的位置。

1/6 橡胶轮胎模型在速度为 $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 、载荷为 1.5 t 的使用条件下的应力场和应变场计算结果如图 6 和 7 所示,其最大径向位移为 7.308 mm;应力和应变计算结果比 1/4 模型分别小 5% 和 8% 左右,显然这是 1/6 模型中假设轮盘为绝对刚性的缘故。

从模型的合理性和复杂程度来看,显然 1/4 负重轮模型更接近实际结构,模型更合理,但也更

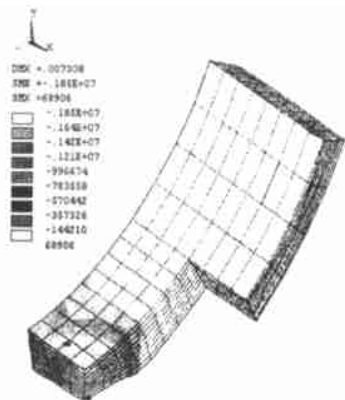


图6 1/6轮盘径向应力场

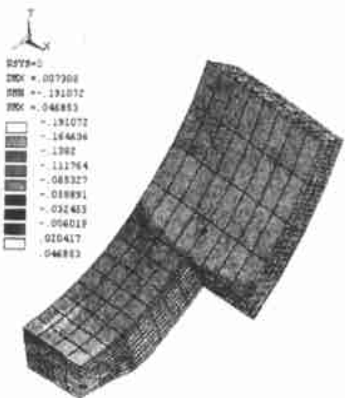


图7 1/6轮盘径向应变场

复杂;1/6橡胶轮胎模型则比较简单,但与实际结构差别较大。从计算所花费机时来看,1/4负重轮模型是1/6橡胶轮胎模型的45倍左右。根据计算结果,有限元模型从1/4负重轮模型向1/6橡胶轮胎模型简化是有根据的。由图4~7可知,两种模型的计算结果基本相当,1/4负重轮模型的计算结果比1/6橡胶轮胎模型的计算结果稍微大一些,其中最大径向位移约大3%,最大径向应力约大6%,最大径向应变约大10%。显然这是由于轮盘实际上并非绝对刚性所致。由于轮盘与橡胶轮胎的粘合环面上载荷分布不宜确定,分析轮盘时必须连带橡胶轮胎一起建模。

为了揭示履带车辆负重轮最大径向应力、应变随载荷以及车速的变化规律,还对1/6橡胶轮胎模型在不同载荷以及车速条件下的应力、应变进行了计算。计算结果如图8和9所示。本研究计算的最大应力、应变与文献[1]应用力学拟合公式计算的结果相吻合。

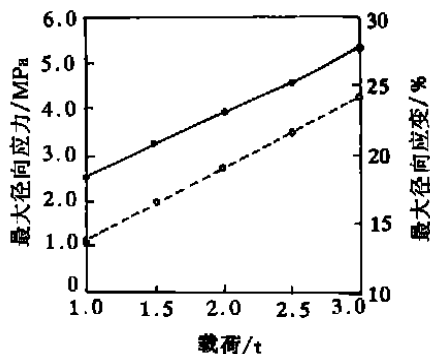


图8 最大应力、应变与载荷的关系

●—最大应力;○—最大应变

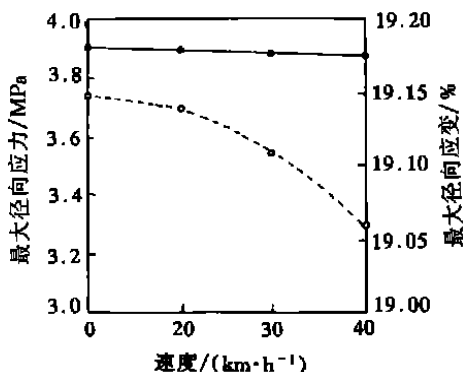


图9 最大应力、应变与车速的关系

注同图8

4 结论

(1)建立了履带车辆负重轮的两种有限元力学分析模型,在考虑三重非线性情况下对负重轮及橡胶轮胎进行非线性有限元力学分析,得到了实心轮胎的应力、应变场,为负重轮结构优化设计提供了理论基础和依据。

(2)两种负重轮力学分析模型中,1/4负重轮模型更接近实际结构,但计算更复杂;1/6橡胶轮胎模型比较简单,但与实际结构相差较大。如果只研究橡胶轮胎的应力、应变特性,可按1/6橡胶轮胎模型建模;如欲得到更符合实际的橡胶轮胎的应力、应变特性或欲研究轮盘的应力、应变特性,则应按1/4负重轮模型建模。

(3)载荷越大,滚动负重轮最大径向应力、应变越大,呈近似线性关系;速度越高,最大径向应变越小,虽然随着速度的提高,最大径向应力也有所增大,但是速度对应力的影响没有对应变的影

响效果明显。

参考文献:

- [1] 蒋 轩. 负重轮橡胶轮缘有限元分析、寿命预估及试验研究 [D]. 北京:北京理工大学, 2000.
- [2] Zheng Muqiao, Cui Yufu, Sun Fengchun. 3-D finite element

analysis of the solid rubber tire under rolling condition [A]. Proceedings of 16th International Modal Analysis Conference [C]. California, USA, 1998. 35-38.

- [3] 弗雷克利 P K, 佩恩 A R. 橡胶在工程中的应用的理论与实践 [M]. 杜承泽, 唐宝华译. 北京:化学工业出版社, 1985. 24-26.

收稿日期:2002-03-17

银川中策有限公司强化 重点工序管理

中图分类号:F270.7 文献标识码:C

银川中策(长城)橡胶有限公司采用设立重点工序管理点的方法解决了近来出现的外胎断面分析合格率下降、压延张力不稳定、水胎和模具错装等工艺问题,成效十分显著。现将情况简介如下。

1 原来的生产工艺状况

(1) 车间管理人员只考虑本车间利益,不主动配合公司技术人员做好管理工作,且有意掩盖存在的技术问题,造成车间工艺管理工作处于失控的状态。

(2) 公司管理人员少、管理工作面大造成了管理没重点、工作效率低的局面,公司技术人员像救火队员一样满厂奔忙,而工艺问题却不断发生。

(3) 考核制度不完善,不能做到奖勤罚懒。

2 重点工序管理点的管理方法

(1) 每月月初,各车间技术人员将上月本车间重点工序管理点的技术总结交公司技术处。该技术总结包括:产品不合格率统计数据和原因分析;产品不合格责任人的考核记录;根据产品不合格情况确定的下月主攻方向;根据主攻方向作出的现状分析;预防和纠正问题的方法;下月目标值;管理点负责人;车间主任审批意见。

(2) 公司技术处根据车间反映的质量情况,结合各车间提出的预防和纠正问题的方法有针对性地制定出具体的管理措施并下达至车间。

(3) 车间技术人员认真实施公司管理措施并不定期地检查实施情况。

(4) 根据公司技术处每月月底对车间实施管理措施的检查情况和全厂的评比结果,对实施措施得当、效果显著的车间给予奖励,同时对工作落后者进行考核。

(5) 通过每月制定措施-实施措施-检查效果这一过程强化重点工序管理点的管理,使全公司的工艺管理水平不断提高。

3 现在的生产工艺状况

(1) 工艺管理工作有了针对性和目的性,如压出车间重点检查胎面尺寸,成型车间重点检查层布工序,硫化车间重点检查水胎使用情况等,且各车间每月都要根据具体情况重新设立重点工序管理点。

(2) 车间技术人员的积极性和管理效率提高,工艺管理工作进入良性循环状态。

(3) 车间操作人员的业务素质和质量意识提高。

(4) 生产现场不再发生质量问题,产品合格率大大提高。

4 结语

公司强化重点工序管理点的管理后,工艺管理水平和产品质量不断提高,取得了较好的经济效益和社会效益。

[银川中策(长城)橡胶有限公司
余江波 宋怀华供稿]