

履带板挂胶对实心轮胎散热影响的有限元分析

张志毅, 张佳佳, 李明琴, 牛慧军, 刘亚青*

(中北大学 山西省高分子复合材料工程技术研究中心, 山西 太原 030051)

摘要:采用 ANSYS 有限元分析软件, 在不改变橡胶材料整体厚度的前提下, 建立不同挂胶材料和厚度的履带板和实心轮胎的力学场和温度场有限元模型, 模拟研究履带板挂胶材料和厚度对实心轮胎散热的影响。结果表明, 实心轮胎的最大应力随着履带板挂胶厚度的增大而增大, 而最高温度则随着履带板挂胶厚度的增大而降低; 在载荷、速度、履带板挂胶厚度相同的情况下, 聚氨酯弹性体履带板挂胶比天然橡胶生热少、温升高。

关键词:实心轮胎; 履带板; 散热; 天然橡胶; 聚氨酯弹性体; 有限元分析

中图分类号: TQ336.1⁺3; O241.82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2014)03-0148-05

工程车辆一般在低速、高载条件下行驶, 过热破坏是影响工程车辆实心轮胎寿命的主要原因。减少实心轮胎内部积累热量的方法有降低轮胎生热与加速内部热量散失两种。减小实心轮胎的挂胶厚度可以达到加快内部积累热量散失的目的。但是轮胎挂胶厚度减小会影响车体的减震效果。在不改变整体挂胶厚度的前提下, 可以在履带板上挂一定厚度的橡胶类材料, 这样可以兼顾到散热与减震。

X. Q. Yan 等^[1]以有限元分析方法研究了轮胎的使用寿命与轮胎结构及材料力学性能的关系。不同材料对轮胎的使用寿命有不同的影响。本研究实心轮胎材料为天然橡胶(NR), 同样也以 NR 作为履带板的挂胶材料, 同时考虑到履带板挂胶较薄, 也可以采用散热较差的聚氨酯(PU)弹性体^[2]作为履带板的挂胶材料。

履带板挂胶厚度不同, 实心轮胎的厚度也随之改变, 从而对实心轮胎散热的影响也不同。本研究橡胶类材料整体厚度为 50 mm, 将实心轮胎-履带板挂胶厚度组合分为 45-5, 40-10 和 35-15 三种, 采用 ANSYS 有限元分析软件, 建立不同挂胶厚度和材料的履带板和实心轮胎的力学场和温度场有限元模型, 模拟研究履带板挂胶厚度和材料对实心轮胎散热的影响。

1 力学场模拟

1.1 力学模型的建立

为了简化模型, 不考虑轮胎与轮毂的装配、铆接, 只对实心轮胎和履带板挂胶进行建模。由于实心轮胎结构以及加载的对称性, 选用一半模型进行模拟。采用相同的网格划分方法, 对实心轮胎-履带板挂胶厚度组合为 45-5, 40-10 和 35-15 的 3 个方案(方案 1~3)分别进行网格划分。NR 和 PU 均为橡胶类材料, 因此对两种材料采用相同的网格划分方法。实心轮胎-履带板挂胶厚度组合方案的力学模型如图 1 所示。模拟中轮胎行驶速度为 $85 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, 环境温度为 20°C 。

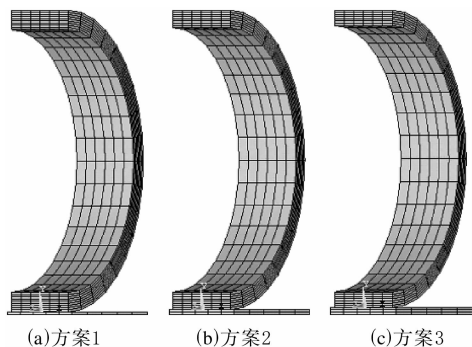


图 1 实心轮胎-履带板挂胶的力学模型

1.2 力学场有限元分析

实心轮胎-NR 挂胶履带板的应力云图如图 2 所示。从图 2 可以看出, 随着履带板挂胶厚度的增大, 履带板大应力区域逐渐减小, 而实心轮胎的大应力区域在逐渐增大, 并且当履带板挂胶厚

作者简介: 张志毅(1973—), 男, 山西交城县人, 中北大学副教授, 博士, 主要从事弹性体材料的研究工作。

* 通信联系人

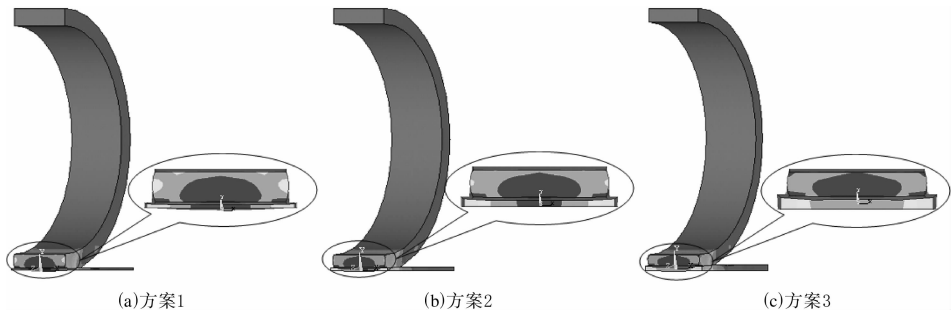


图 2 实心轮胎-NR 挂胶履带板的应力云图

度为 15 mm 时,轮胎胎肩部位出现大应力区域。
PU 弹性体的力学性能比 NR 优异^[3],但是其热导率较小。如果 PU 弹性体厚度太大,在其内部容易积累热量,造成热破坏的可能性增大,因

此将厚度比实心轮胎小的履带板挂胶由 NR 改为 PU。实心轮胎-PU 挂胶履带板的应力云图如图 3 所示。

从图 3 可以看出,随着履带板挂胶厚度增大,

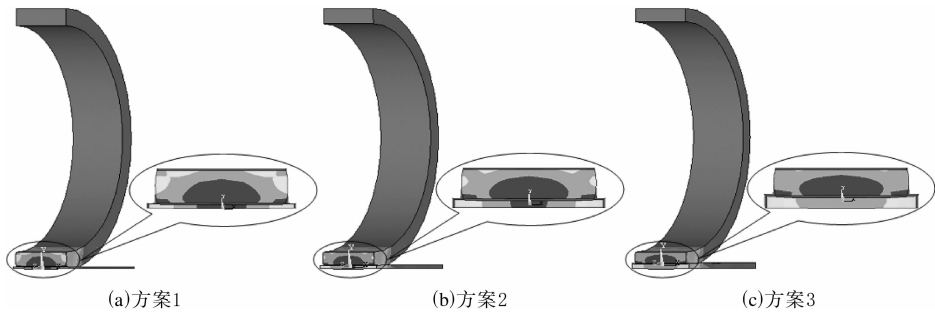


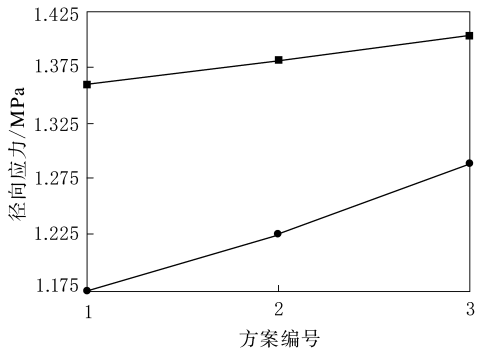
图 3 实心轮胎-PU 挂胶履带板的应力云图

履带板挂胶的大应力区域逐渐减小,实心轮胎的大应力区域范围变宽,且次应力区域也逐渐增大,这个趋势与 NR 挂胶履带板是一致的。

板挂胶为 PU 时,其增幅更大。

两种挂胶材料方案履带板挂胶的最大应力如图 5 所示。

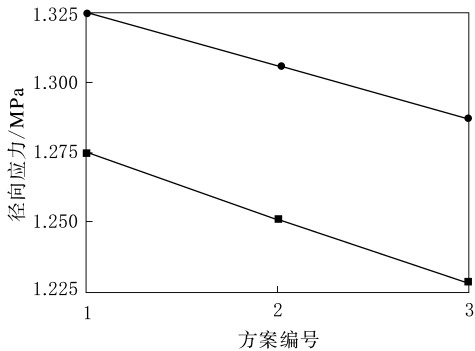
两种挂胶材料方案实心轮胎的最大应力如图 4 所示。



■—履带板挂胶 NR; ●—履带板挂胶 PU。

图 4 两种挂胶材料方案实心轮胎的最大应力

从图 4 可以看出:履带板挂胶为 PU 时,实心轮胎的最大应力有明显的降低;随着履带板挂胶厚度的增大,实心轮胎的最大应力均增大,且履带



注同图 4。

图 5 两种挂胶材料方案履带板挂胶的最大应力

从图 5 可以看出:履带板的最大应力均随其挂胶厚度的增大而减小;在相同挂胶厚度条件下,PU 挂胶履带板的应力高于 NR 挂胶履带板。

从图 2 和 3 可以看出,PU 挂胶履带板方案实心轮胎的大应力范围较小,且其胎肩部位没有

出现大应力。比较图4和5可以发现,PU挂胶履带板对实心轮胎应力变化的影响更大,这主要是由于PU弹性体的弹性模量比NR大得多,受力后变形较小,因此产生的应力较大。

2 温度场模拟

过热破坏是影响轮胎使用寿命的重要因素,J. M. Allen 等^[4]建立了轮胎的温度场有限元模型,研究发现轮胎自由滚动时的能量损耗是造成其温升的主要原因。Yeong Jyh Lin 等^[5]研究了应力、应变与轮胎温升的关系。对实心轮胎-履带板挂胶的温度场分析时,需要用到力学场中模拟所得的节点应力和应变,由此计算轮胎接地中间断面的生热率^[6],并以节点生热率作为温度场的载荷,模拟各方案的温度场。

由于橡胶类材料散热差,在履带板上挂橡胶类材料可能会影响到实心轮胎的散热,因此建立温度场的有限元模型时,需要将履带板挂胶部分也考虑在内。

2.1 温度场模型的建立

对实心轮胎在滚动工况下的温度场建模时,可以不考虑周向温度梯度且忽略热辐射边界条件^[7]。将实心轮胎与轮盘一起建模,选择热分析中的 PLANE 77 单元,建立的有限元网格模型如图6所示。温度场模拟时需要导入力学场有关模拟结果,这就要求温度场模型划分网格与力学场模型一致。

2.2 温度场有限元分析

两种挂胶材料方案的温度场比较如图7和8所示。从图7和8可以看出,实心轮胎的各温度区域分布范围相同,温度都随着履带板挂胶厚度的增大而略有上升,当挂胶厚度为15 mm时,高温范围纵向变窄,横向变长。当履带板挂胶的厚度增大时,挂胶下端(即履带板与钢板接触面)会出现高温区,且温度随着履带板挂胶厚度的增大逐渐升高。

两种挂胶材料方案实心轮胎和履带板挂胶的最高温度比较分别如图9和10所示。

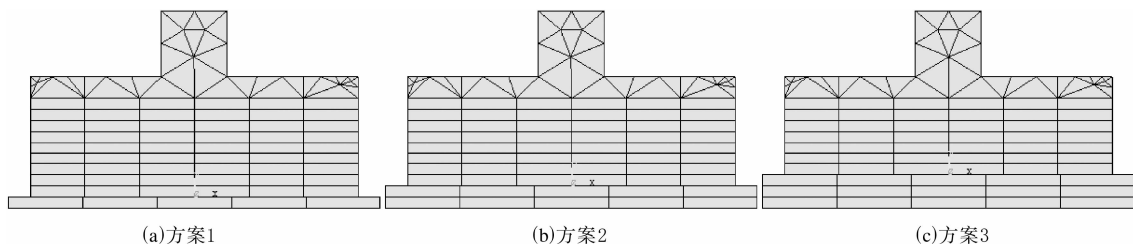


图6 实心轮胎-履带板挂胶温度场有限元模型

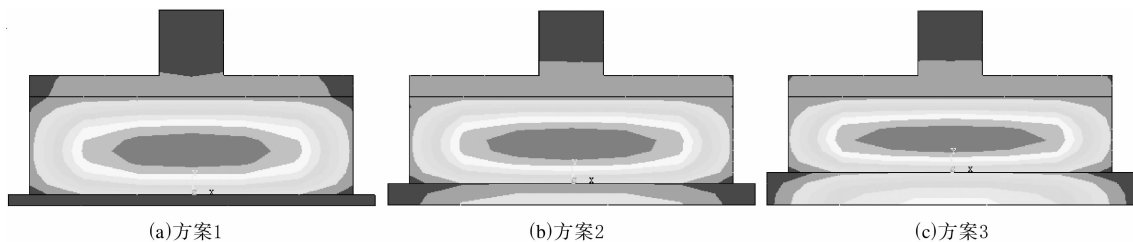


图7 实心轮胎-NR挂胶履带板的温度云图

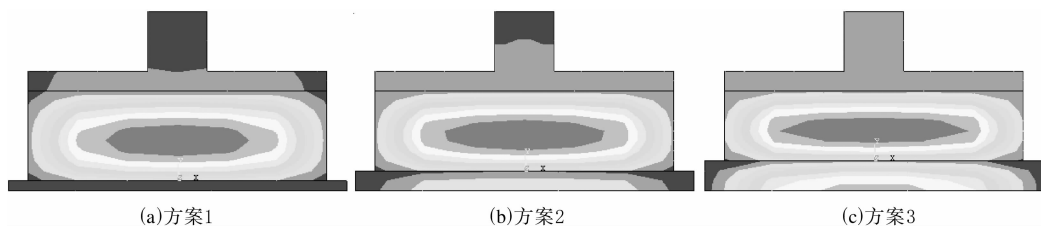
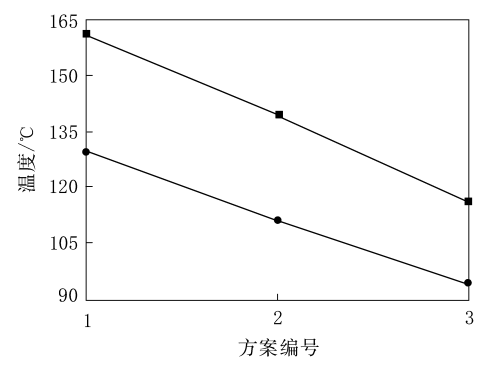
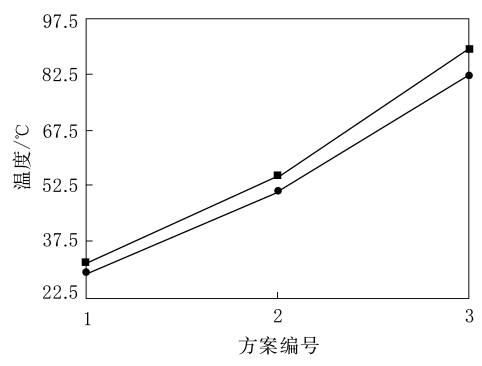


图8 实心轮胎-PU挂胶履带板的温度云图



注同图 4。

图 9 两种挂胶材料方案实心轮胎的最高温度



注同图 4。

图 10 两种挂胶材料方案履带板挂胶的最高温度

从图 9 和 10 可以看出:实心轮胎的最高温度随履带板挂胶厚度增大而降低,履带板挂胶的最高温度变化趋势则正好相反;履带板挂胶为 PU 时,实心轮胎和履带板挂胶的最高温度均较低。

由力学分析可知,实心轮胎的最大应力随着履带板挂胶厚度的增大而增大,而履带板挂胶的最大应力则随挂胶厚度增大而减小。温度场热载荷节点生热率与径向应力正相关。橡胶类材料的温升是由生热与散热两方面决定的。履带板挂胶厚度增大,相应的实心轮胎厚度就会减小,在此过程中实心轮胎越来越容易散热,而履带板挂胶散热则越来越差。温度场模拟结果表明,实心轮胎厚度变小、散热加快对轮胎温升的影响更大。

3 结论

(1)建立实心轮胎-履带板挂胶的力学场和温度场有限元模型,经过模拟分析得到实心轮胎和履带板挂胶的力学和温升结果。

(2)综合实心轮胎-履带板挂胶的力学场和温度场分析可知,履带板挂胶厚度为 10 mm、轮胎厚度为 40 mm 时,实心轮胎的应力、温度最大值都有明显降低,尤其当履带板挂胶为 PU 时,实心轮胎的应力和温度值的降低更加明显。

(3)在载荷、速度、履带板挂胶厚度相同的情况下,PU 履带板挂胶比 NR 履带板挂胶的生热少、温升高。

(4)实心轮胎和履带板挂胶的温升情况表明,履带板挂胶厚度的增大使实心轮胎的厚度减小,从而使实心轮胎的散热变得更加容易,高散热对实心轮胎及履带板挂胶温升有较大的影响。

参考文献:

[1] Yan X Q, Wang Y S, Feng X J. Study for the Endurance of Radial Truck Tires with Finite Element Modeling[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2002, 59: 471-488.

[2] 刘少兵, 贾林才, 赵彦生, 等. 聚氨酯实心轮胎的研究进展[J]. 轮胎工业, 2006, 26(4): 259-262.

[3] 张英, 胡春怡, 郑慕侨. 聚氨酯-橡胶组合挂胶负重轮有限元分析[J]. 北京理工大学学报, 2004, 24(2): 101-103.

[4] Allen J M, Cuitino A M, Sernas V. Numerical Investigation of the Deformation Characteristics and Heat Generation in Pneumatic Aircraft Tires. Part II. Thermal Modeling[J]. Finite Elements in Analysis and Design, 1996, 23: 265-290.

[5] Yeong Jyh Lin, Sheng Jye Hwang. Temperature Prediction of Rolling Tires by Computer Simulation[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2004, 67: 235-249.

[6] 王泽鹏, 高峰, 栗定华. 汽车轮胎稳态温度场的数值模拟分析[J]. 轮胎工业, 2008, 28(1): 15-19.

[7] 翟峰, 张英, 郑慕侨. 实心橡胶轮胎温度场有限元分析[J]. 轮胎工业, 2003, 23(4): 200-203.

收稿日期: 2013-09-12

Finite Element Analysis on Effect of Track Rubber on Heat Dissipation of Solid Tire

ZHANG Zhi-yi, ZHANG Jia-jia, LI Ming-qin, NIU Hui-jun, LIU Ya-qing
(North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The finite element analysis(FEA) models on the mechanical field and temperature field

of track and solid tire rubber with different thickness were established by using ANSYS FEA software under the condition that overall thickness of the rubber was kept unchanged, in order to simulate the effect of material and thickness of track rubber on the heat dissipation of solid tire. The results showed that, when the thickness of track rubber increased, the maximum stress of solid tire increased, but the maximum temperature was reduced. Compared with NR, the heat build-up of the track rubber with PU elastomer was less and the temperature rise was lower under same load, velocity and track rubber thickness.

Key words: solid tire; track; heat dissipation; NR; PU; finite element analysis

橡机行业有望再迎丰收年

中图分类号: TQ330.4 文献标志码: D

2013 年我国橡胶机械过了一个丰收年。从目前各橡机企业承接订单及我国轮胎行业投资态势来看, 2014 年我国橡胶机械将继续产销两旺, 销售收入及出口创汇将保持增长, 业绩继续向好, 有望再迎丰收年。

“我们 2014 年硫化机订单已有 400 多台, 订单已排满全年。”广东巨轮模具股份有限公司副总经理徐光菊自豪地说, “轮胎企业转型升级及轮胎企业扩产给巨轮模具这种科技型企业带来巨大机遇。公司围绕液压硫化机做精做细, 半钢液压硫化机产品供不应求。公司计划进一步提高产能, 以满足不断增长的市场需求。”

像广东巨轮模具股份有限公司一样订单基本饱满的企业还有很多。据益阳橡胶塑料机械集团有限公司总经理姚宏建介绍, 2013 年仅益阳益神橡胶机械有限公司硫化机销售量就接近 400 台, 比上年增长 50% 以上。2014 年益阳橡胶塑料机械集团有限公司订单近 10 亿元, 形势非常好。北京敬业机械设备有限公司生产的半钢成型机每班产量达 600 条轮胎, 超过 VMI 成型机水平, 成为行业标杆, 全年订单基本落实。

业内人士认为, 橡机行业形势向好的主要原因是我国轮胎投资再掀小高潮, 造成订单急剧增加。据山东省橡胶工业协会秘书长朱丽红介绍, 山东省仅广饶及临沂地区新建扩建轮胎项目有 17 个。初步统计, 2013 年我国新增全钢子午线轮胎 1 500 万条、半钢子午线轮胎 1 亿条以上。从各轮胎企业发布的信息看, 2014 年轮胎投资规模不低于 2013 年水平。轮胎投资项目多且规模大, 形成了对设备的需求增加, 而橡机行业生产能力

近年基本稳定, 预示着 2014 年橡机行业将是一个忙碌年。

橡机行业形势向好的另一个驱动力来自出口市场转好。北美经济及汽车工业复苏明显, 世界著名轮胎公司都加大了在北美的轮胎投资。如米其林、普利司通等, 他们或在美国建立新工厂或扩大产能。印度、俄罗斯、巴西等国家的轮胎投资也很踊跃, 普利司通拟斥资 4.2 亿美元扩建印度轮胎厂等。橡胶机械国际市场需求旺盛, 我国橡胶机械也以良好性价比受到欢迎。2013 年年底软控股份有限公司承接印度 JK 公司 1.13 亿元轮胎设备订单, 为其供应成型机、硫化机、液压式后充气装置设备。2014 年将是我国橡胶机械出口创汇取得突破的一年。

(摘自《中国化工报》, 2014-01-13)

青岛橡六集团有限公司标准化工作 取得新成绩

中图分类号: TQ336.2/.3 文献标志码: D

输送带标委会换届会议暨输送带标准审查会于 2014 年 1 月 10—13 日在山东青岛召开, 会议审查了输送带 3 项国家标准和 5 项化工行业标准。青岛橡六集团有限公司(简称青岛橡六)起草的 3 项行业标准顺利通过审查, 其中 HG/T 2577《橡胶或塑料提升带》、HG/T 3714《耐油输送带》为修订标准, 《耐灼烧输送带》为首次制订标准。另外, 青岛橡六起草的国家标准 GB/T 9770《普通用途钢丝绳芯输送带》和 GB/T 7984《普通用途织物芯输送带》已报批。青岛橡六标准化工作的顺利开展保证了公司各项产品质量的稳固提升, 提高了公司的竞争力。

(青岛橡六集团有限公司 张 静)