

聚氨酯实心轮胎的温度场试验研究

颜卫卫¹, 陈荔新¹, 马铁军^{1,2}

(1. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广东 广州 510640; 2. 广州华工百川科技股份有限公司, 广东 广州 510640)

摘要: 设计了微型里程试验机 and 测温系统, 较为准确地实时测量了聚氨酯实心轮胎的温度变化。测量结果表明, 在升温阶段, 开始时轮胎内部点温度低于外部点, 而后超过外部点; 速度和负荷越大, 轮胎稳定温度越高, 内部点与外部点的温差越大, 说明内部点比外部点更容易发生热破坏。在轮胎侧面进行打孔具有一定的散热效果, 在胎侧孔洞中套入铜管, 散热效果得到了进一步提升。

关键词: 聚氨酯; 实心轮胎; 温度测量; 里程试验机; 结构设计

中图分类号: TQ336.1⁺3; TQ334.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2014)05-0313-05

实心轮胎由于胎体自身的弹性可以减弱和吸收车轮转动时所受到的冲击, 其与充气轮胎相比具有负荷下变形小、轴向刚性高、负荷量大、结构简单、启动阻力小、使用和维护方便以及无穿刺漏气现象等优点, 因而被广泛应用于各种建筑机械车辆、工业车辆、港口机场的拖挂车辆等。聚氨酯轮胎比橡胶轮胎具有更好的耐磨性能、抗撕裂能力以及较低的滚动阻力和更高的负荷能力, 且其在连续化和自动化的生产过程中产生的废料很少, 废旧胎体可回收利用, 降低了环境污染。

轮胎在滚动过程中主要有机械破坏、疲劳破坏和过热破坏 3 种破坏形式^[1]。引起轮胎温升的热源一是轮胎转动的周期变化引起的橡胶材料滞后损失转变成的热能, 二是胎面与地面的摩擦所产生的热量。轮胎的使用性能、寿命以及汽车的高速性能、燃油性等受热的影响极大, 生热是造成轮胎破坏的最大威胁之一, 因此轮胎在稳态或动态行驶时的生热和温度场分布一直是科研人员和生产厂商所关注的重点。

目前轮胎温度场的研究方法主要有直接测量法、数学物理法和数值计算法^[2]。其中直接测量法能快捷且相对准确地了解轮胎温度场分布, 也经常作为其他两种温度场研究方法的验证标准, 其缺点是很难同时获得轮胎内部温度的全场分布信息, 也不易在实际使用中实现实时监控。本工

作主要通过直接测量法研究聚氨酯实心轮胎温度场的变化情况和影响因素。

1 温度场测量方法的设计

1.1 微型里程试验机设计

轮胎的温升与其里程密切相关, 随着轮胎行驶里程的增加, 温度也会随之升高, 直至达到一个相对稳定的温度值, 而随着温度的不断升高, 轮胎的性能下降, 如果负荷或行驶速度等使用条件超出设计范围, 达到一定里程时轮胎就会产生破坏而失效。因此, 利用里程试验进行轮胎滚动状态研究, 了解速度、负荷等因素对轮胎温升的影响, 以及获得轮胎材料温度分布状况已经成为一种有效方法。本工作设计并组装了一鼓一胎位的小型转鼓试验机, 主要由机座、电动机、转鼓、活动架、减速器、控制电柜以及速度、温度和压力监测系统组成, 另外配备一台计算机以方便数据的采集记录和对设备进行控制。试验轮胎安装在可以沿直线导轨滑动的活动架上, 采用减速器进行机械式加载和固定。在活动架的一端安装有压力传感器, 用以显示机械加载的压力值。活动架的侧面装有远红外测温探头以及电阻式测温探针, 如图 1 所示。

1.2 温度测量方法与试验设计

为了较全面和准确地获得轮胎运行过程中温度场变化情况, 同时尽量避免测量方法对温度场变化产生影响, 在具有典型代表性的 3 个位置分

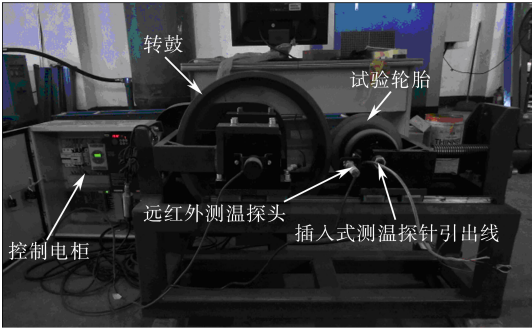


图1 小型里程试验机

别选用红外线非接触测量和电阻式插入测量方法进行温度测量。3个位置分别为胎侧表面、轮胎内部径向距胎面1/3处中心点以及距胎面1/2处中心点(以下简称为表面点、外点和内点),其中表面点的温度采用红外线测温探头进行测量,外点和内点采用电阻式测温探针进行测量。为了不破坏试验轮胎的结构强度和避免造成过大的局部应力集中,选用的探针直径仅为1 mm,且通过特定规格的滑环接线,实现了对滚动试验轮胎实时在线准确测温 and 记录。试验以广州华工百川科技股份有限公司研发的型号为12.00R20的聚氨酯实心轮胎为模板,在轮辋上直接浇注出内径为135 mm,外径为190 mm的聚氨酯实心轮胎。

2 试验结果与讨论

2.1 实心轮胎温度场测量

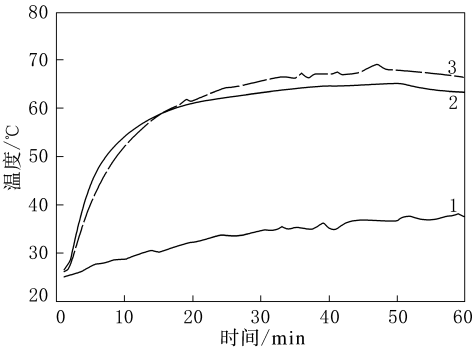
首先验证负荷和速度对实心轮胎温度场的影响,不同测试条件见表1。试验结果如图2所示。

表1 不同运行测试条件

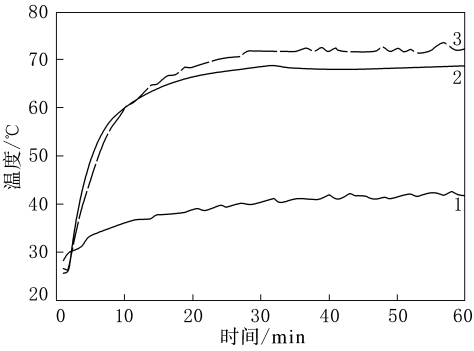
编号	负荷/N	速度/(km·h ⁻¹)
工况1	1 500	15
工况2	2 000	15
工况3	1 500	20
工况4	2 000	20

注:试验过程中温度值取点频率为6次·min⁻¹。

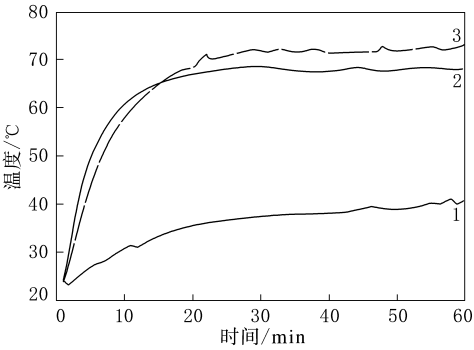
由图2可以看出,轮胎内部点开始运转阶段温度都急速上升,一定时间后到达一个稳定值,而胎侧表面温度上升比较平缓,稳定温度值也与内部点差距较大。粘弹性材料的轮胎生热机理是材料内部应变滞后于周期转动中的变形而产生能量的转化与耗散^[3-4],当内部温度到达某一值时生



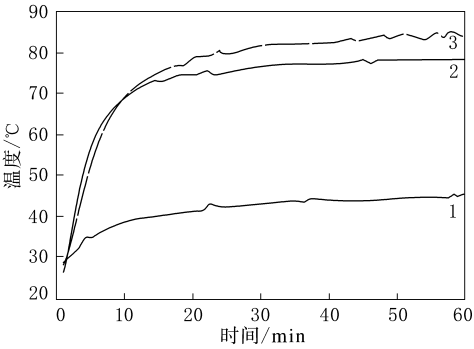
(a) 工况1



(b) 工况2



(c) 工况3



(d) 工况4

1—表面点;2—外点;3—内点。

图2 不同负荷和速度下的温度曲线

热量和散热量达到平衡而进入稳定状态。胎侧表面温度变化的平缓是因其直接与空气接触,同时轮胎在转动过程中胎侧有较大的风速,对其散热有促进作用。

4 种工况下各点稳定温度见表 2。在一定范围内,负荷越大,轮胎的稳定温度越高,对于速度也同样如此,而且两者对最高温度的影响有叠加作用。这是由于负荷越大,内部应力和应变也越大,而速度提高促使单个周期生热量上升。

表 2 不同工况各点稳定温度 ℃				
测量点	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
表面点	38	42	40	45
内点	67	72	74	84
外点	64	68	70	78
内外点温差	3	4	4	6

温度上升阶段内外点温度对比见表 3。轮胎运转过程中,开始时外点的温度上升速度大于内点,之后小于内点。负荷越大,两者最大温差越小;而速度越大,两者最大温差越大。两者温度曲线在到达稳定温度前相交,且负荷和速度越大,相交点越早。这也说明,聚氨酯实心轮胎的热破坏首先发生在内部点。

表 3 温度上升阶段内外点温度对比				
项 目	工况 1	工况 2	工况 3	工况 4
内外点最大温差/℃	4.6	3.5	6.7	4.7
相交时间/min	15	13	13	10

以工况 4 外点温度曲线为例,观察曲线特征并采用对应形式的函数进行拟合,采用 matlab 非线性回归函数工具 nlinfit 进行拟合,得到函数表达式如下:

$$T = 80.75e^{-1.63/t}$$

(1)

式中, T 为温度, t 为时间。拟合效果见图 3。

2.2 聚氨酯实心轮胎结构设计探索

通过聚氨酯实心轮胎的里程试验发现,在室温为 25 ℃ 的情况下其内部最高温度达到了 84 ℃。可想而知,在更大的速度、负荷以及环境温度下,其内部温度很有可能突破 90 ℃,从而引起实心轮胎的性能和强度下降,甚至导致破坏^[5]。考虑到聚氨酯具有很强的抗撕裂能力,我们对聚氨酯实心轮胎的胎侧进行打孔,探索该方法能否加

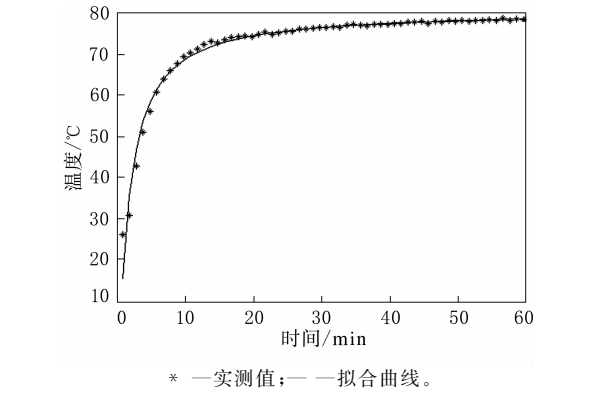


图 3 工况 4 外点的温度拟合曲线

速排出实心轮胎内部的热量,从而降低内部温度。打孔聚氨酯实心轮胎的结构设计如图 4 所示,测定的温度曲线如图 5 所示。

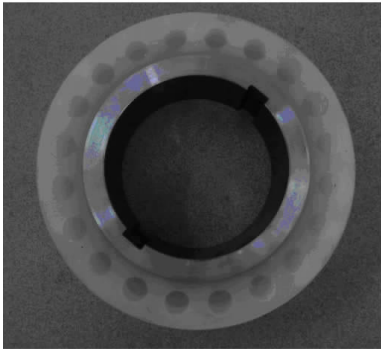
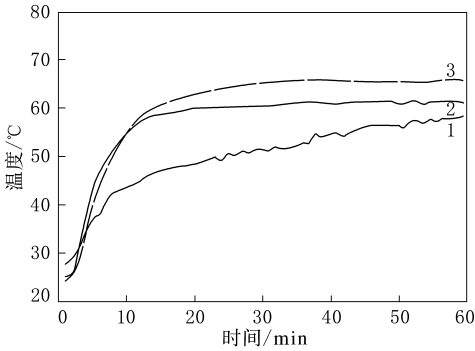


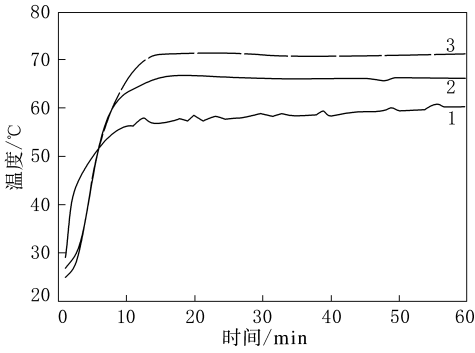
图 4 打孔聚氨酯实心轮胎结构设计

由图 5 可以看出,在速度为 20 km·h⁻¹ 情况下,侧面打孔后的实心轮胎内外点稳定温度都下降了 4 ℃ 左右,但是速度为 15 km·h⁻¹ 时,并无明显的降温效果。分析认为,打孔减少了轮胎的部分材料,同样加载后使得单位体积的材料受力增大而生热量也增加,只有当速度提高到一定程度后使侧面孔内空气对流加剧,降温效果大于生热作用时才出现稳定温度下降。此外由于胎侧的打孔,红外线测温仪测得温度同时包括胎侧表面以及胎侧孔内温度。

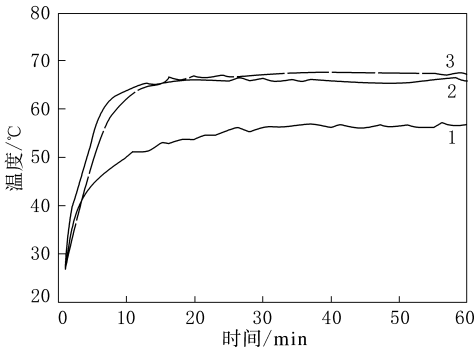
考虑到聚氨酯是热的不良导体,采用散热性能良好的金属铜制成铜管插入实心轮胎空洞中,如图 6 所示。其在负荷 2 000 N、速度 20 km·h⁻¹ 下的温度曲线如图 7 所示。由图 7 可以看出,插入铜管后的稳定温度比不打孔情况下降了 10 ℃,比只打孔情况下降了 5 ℃,而且从轮胎开始运转一直到温度达到稳定阶段,内部点的温



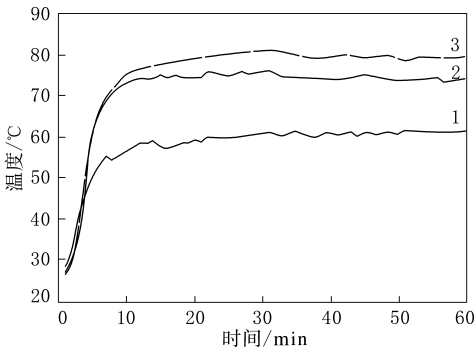
(a) 工况 1



(b) 工况 2



(c) 工况 3



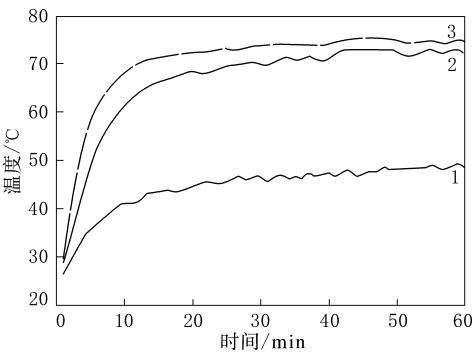
(d) 工况 4

注同图 2。

图 5 打孔后不同负荷和速度下的温度曲线



图 6 铜管散热聚氨酯实心轮胎



注同图 2。

图 7 加铜管后工况 4 下的温度曲线

度都高于外部点,分析原因可能是加铜管后,轮胎内部材料特性不一致导致局部应力增加而使内部点温度一直高于外部点。

3 结论

设计了微型里程试验机 and 测温系统,较为准确地实时测量并记录了聚氨酯实心轮胎的温度变化数据。通过对比分析发现,轮胎的温度-时间曲线分为升温 and 稳定两个阶段,在升温阶段,开始时轮胎内点温度低于外点,而后超过外点。速度和负荷越大,轮胎稳定温度越高,内点与外点的温差越大,说明内点比外点更容易发生热破坏。在轮胎侧面进行打孔具有一定的散热效果,在胎侧孔洞中套入导热性能出色的铜管,散热效果得到了进一步提升。

参考文献:

[1] 宋君萍.考虑帘布反包等因素影响的滚动轮胎温度场有限元分析[D]. 青岛:青岛科技大学,2005.
[2] 马连湘,刘志春,刘江省.轮胎生热与温度场的研究[J]. 轮胎工业,2002,22(6):323-326.

- [3] 张佳佳,李明琴,牛慧军,等. 实心轮胎温度场的有限元分析[J]. 橡胶工业,2012,59(2):107-110.
- [4] Oh B S, Kim Y N, Moon N J, et al. Internal Distribution in a Rolling Tire[J]. Tire Science and Technology, 1995, 23(1-3):

11-25.

- [5] 万鹏继,江楠,张海. 聚氨酯复合轮胎里程测温实验研究[J]. 聚氨酯工业,2010,25(6):40-43.

收稿日期:2013-11-23

米其林推出建筑、农业轮胎

中图分类号:TQ336.1;U463.341 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014年3月5日报道:

米其林北美公司在2014年3月4—8日拉斯维加斯 ConExpo-Con/Agg 展上推出了几款轮胎。

米其林工程机械轮胎业务部门很快将推出新规格的米其林 X Crane+ 和 X-Super Terrain+ 轮胎以进一步满足建筑行业的需求。米其林新的 X Crane+ 525/80R25 规格轮胎(见图1)于2014年4月面世,该规格的起重机轮胎在北美深受欢迎。



图1 米其林 X Crane+ 525/80R25 规格轮胎

米其林指出,用于铰接式自卸卡车的新型米其林 X-Super Terrain+ 轮胎将会推出新规格,轮胎本身经过重新设计,使用性能更为出色。米其林 X-Super Terrain+ 23.5R25 规格轮胎将于2014年秋季推出。

米其林北美工程机械轮胎业务经理 Hugo Morales 称:“铰接式自卸卡车和起重机在最苛刻的现场条件下作业,其轮胎需要提供最大的效率和最长寿命。”

“米其林提供具有杰出磨耗等性能的优质产品,有效地提高了工作现场的效率。”

米其林 X Crane+ 轮胎提供额外的承载能力且具有一个新的负荷指数,有助于在较低运营成本下优化正常运行时间。

该轮胎具有下述几方面的关键优势。

与大多数原配工程机械轮胎在增加工具和配

重之前就接近其负荷范围不同的是,米其林 X Crane+ 轮胎具有时速 80 km · h⁻¹ 下 7 101 kg 的负荷承载能力和高达 176F 的新负荷指数,有助于防止潜在的 DOT 问题。

该轮胎采用 C2 技术,该技术采用最新的胎体以减少轮胎使用中的热积累。与米其林 X Crane 轮胎相比,该轮胎还减小胎肩质量以提高胎面寿命。此外,该轮胎采用最新的胎体帘线以获得比米其林 X Crane 更长的使用寿命。

新胎圈结构和轮胎/轮辋接触面的几何形状优化使其更易安装。

通过采用新的胎面胶和更耐用的胎体,该轮胎的磨耗寿命比米其林 X Crane 提高 15%。

米其林 X-Super Terrain+ 轮胎完全为铰接式自卸卡车优化设计:采用 C2 技术,拥有胎肩质量更小的坚固胎体,使其胎面寿命比未采用 C2 技术的米其林 X-Super Terrain 轮胎更长;增强型设计更好地保护了胎侧;采用新的胎面胶和坚固的胎体,与米其林 X-Super Terrain 轮胎相比使用寿命延长 15%。

此外,米其林北美农业轮胎业务部称,2014年公司推出两款新的反铲挖土机轮胎,扩大了当前反铲挖土机轮胎产品范围,以更好地满足市场需求。据介绍,米其林将为北美反铲挖土机市场提供完整的产品组合。

预定于2014年7月推出的新米其林 Power CL 轮胎是一款优质的斜交轮胎,具有与子午线轮胎相同的承载能力,但可节约成本。米其林表示,其计划2014年年底提供该轮胎的全部规格。

“米其林 Power CL 轮胎将成为服务于大众市场的优质斜交轮胎。”米其林北美公司成套设备部市场经理 James Crouch 称。

“我们的投资组合是为了满足市场需要,该产品刚好可以实现此目的。我们很高兴能够提供该产品。”

Crouch 称,新米其林 BibLoad Hard Surface