

红外热像仪测量轮胎的表面温度

贺海留

(北京橡胶工业研究设计院,北京 100039)

摘要:利用红外热像仪进行轮胎表面温度的测量。试验结果表明,纵向花纹轮胎室内耐久性和高速性能试验过程中,花纹沟底部温度最高,胎面中部花纹块温度次之,胎肩温度最低;横向花纹轮胎室内耐久性试验后期,两胎肩温度明显高于胎面中部花纹块的温度;纵向花纹轮胎室外道路试验时,胎面中部花纹沟底部的温度峰值更为突出,且两胎肩温度也明显突出为峰值。

关键词:红外热像仪;轮胎;表面温度

中图分类号:TQ336.1;O434.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2006)02-0104-06

轮胎表面温度测量是轮胎设计和温度场计算的基础。长期以来,人们只能用接触式测温仪测量轮胎的表面温度。接触式测温的温度传感器有硅 PN 结、热电偶和热敏电阻等多种形式,但其都要与被测体接触并与其达到热平衡。由于接触式测温首先要破坏被测体原来的热状态,因此触点温度与实际温度有一定差距,且很难在同一时间测得整体的温度。此外,大多数温度计响应慢、灵敏度不高,使得测量精度难以提高。

红外技术作为一门非接触式测试技术在温度测量领域的应用已有一段历史,特别是在军事工业领域很受重视。计算机的应用使红外测试系统具有了高智能化、高性能、低成本等特点,使之在普通工业领域中得以推广应用。本工作使用红外热像仪测量轮胎的表面温度。

1 实验

1.1 试验仪器

BR 型工业红外热像仪,北方工业大学研制,其主要技术性能如下:

最高温度分辨率	0.1℃
空间分辨率	2 mrad
视场	17°×15°
适用距离	>0.5 m
工作波段	8~14 μm

作者简介:贺海留(1964-),男,河南武陟县人,北京橡胶工业研究设计院高级工程师,硕士,从事轮胎技术研究与管理工

制冷方式	液氮(一次可连续工作 3 h)
红外敏感元件	单元碲镉汞
像素	200×256×8
电源	AC 220 V 或 DC 12 V

1.2 红外热像仪的工作原理

BR 型工业红外热像仪属光子型红外探测器,具有灵敏度高和响应速度快的特点。红外热像仪的基本构成如图 1 所示。它是通过光学系统、扫描系统和调制系统对一个单元探测器对应景物(目标)的视场进行逐点、逐行扫描,探测器将所接收的每一点的辐射能量转变成顺序电信号,经放大处理由显示屏显示,每扫描一幅,就完成一个画面的热成像。在 BR 型工业红外热像仪中,显示和记录由计算机完成。参考黑体作为辐射的参考基准,每个图像都附有一个 16 级的色彩标尺,标尺两端可调到预定的任意温度范围,不同温度用不同的色彩表示。因此,用肉眼对色彩标尺等级进行比较或借助计算机操作,便能读出图像对应目标的温度。

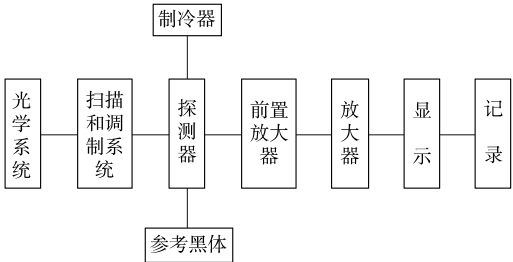


图 1 红外热像仪的基本构成

1.3 测温方法

1.3.1 参数的确定

修正因数:用于修正距离、灰尘及水蒸气等外界因素对测量结果的影响,通常由经验确定。本试验是通过与热电偶测量值的对比取值。

辐射因数:每个物体都不是纯粹的黑体,故辐射因数都小于 1。轮胎近似于黑体,本试验辐射因数取 0.98。

置偏移量:它是一个百分数,用于确定测温的下限。

放大倍数:用于确定测温的上限,测温范围确定得合适,则图像的色彩丰富。

1.3.2 温度标定

为保证测温精度,测温前须对红外热像仪进行温度标定。同时,为了与热电偶和结点式温度计测量结果进行对比,对热电偶和结点式温度计也进行标定。红外热像仪通过黑体炉标定,热电偶和结点式温度计通过控温油槽标定。

1.3.3 图像的扫描及选取

轮胎停止运转后连续扫描,两幅图像之间的

扫描时间间隔为 20 s,共扫描 15 幅图像,取第 1 幅图像的显示值为测量值。

2 结果与讨论

2.1 测量结果

红外热像仪的测量结果界面如图 2 所示,图像中不同色彩表示不同的温度。轮胎表面的温度分布用通过胎面上某一点的横轴或纵轴上的温度分布曲线来表示,同时标出曲线上代表点的温度值。图 3 和 4 所示为试验轮胎纵向花纹和横向花纹胎面横纵轴的选择。

轮胎转动时,胎面与地面或转鼓接触,由于胎冠的厚度比胎侧大,因此胎面的温度较胎侧高,故以胎面温度测量为主。

2.1.1 纵向花纹轮胎室内耐久性试验过程中的胎面温度分布

试验轮胎(H)规格为 11.00—20 16PR,试验条件:速度 65 km·h⁻¹;气压 740 kPa;标准负荷 2 870 kg。试验程序如表 1 所示。

图 5 所示为 H 轮胎在耐久性试验 47,67 和

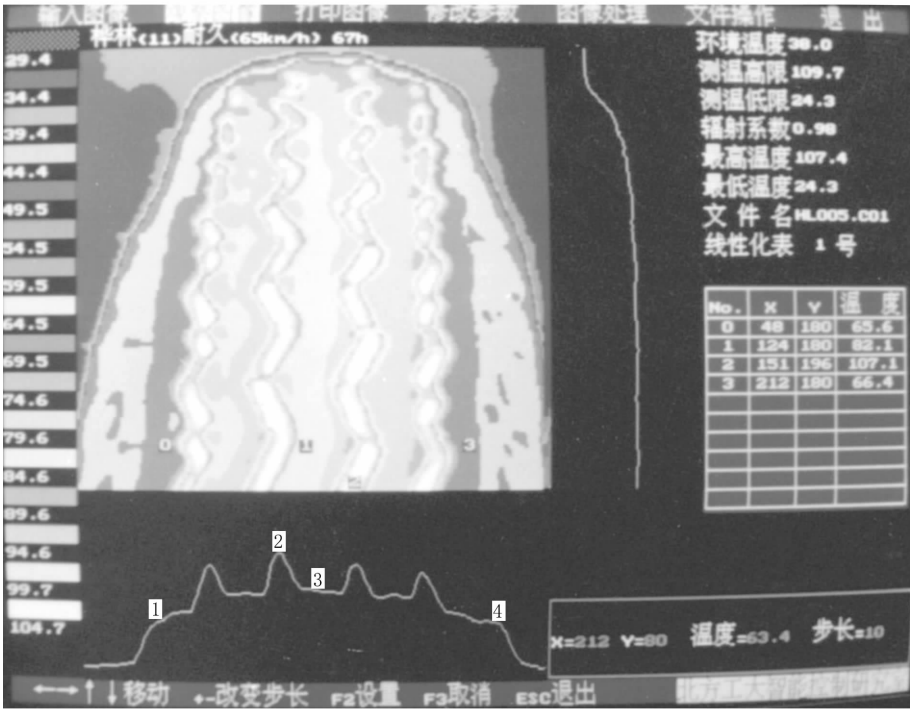


图 2 红外热像仪测量结果界面示意

1,4—胎肩温度;2—花纹沟最高温度;3—花纹块最高温度。

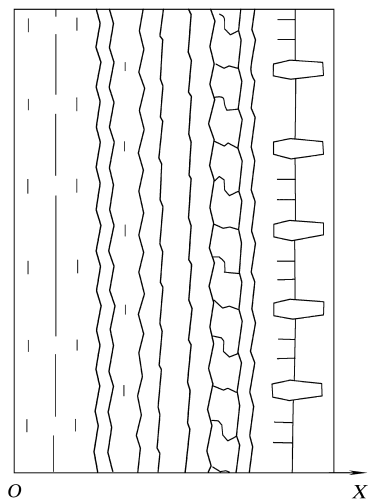


图3 纵向花纹轮胎的花纹及横轴示意

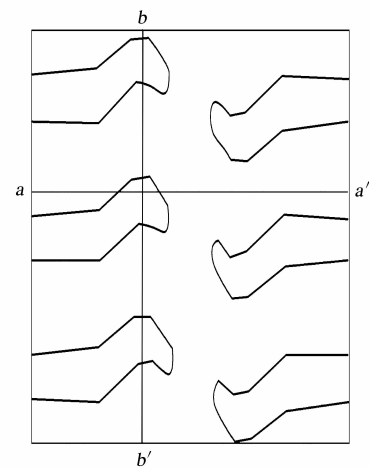
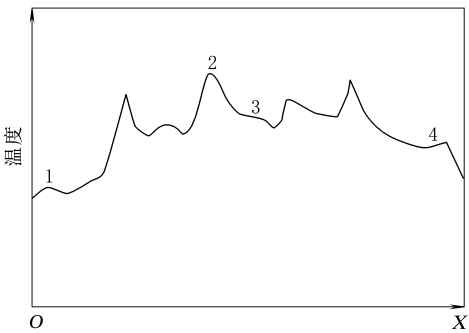


图4 横向花纹轮胎的花纹及纵横轴示意

表1 轮胎室内耐久性试验程序

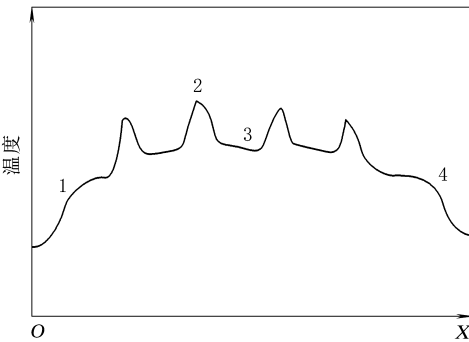
项 目	试验阶段					
	1	2	3	4	5	6
负荷率/%	65	85	100	110	120	130
时间/h	7	16	24	10	10	10
累计行驶时间/h	7	23	47	57	67	77

77 h时轮胎OX轴上的温度分布。由图5可见，花纹沟底部的温度最高，有几个花纹沟就有几个峰值；胎面中部花纹块的温度次之；两胎肩的温度最低。这是由于花纹沟底部离热源——轮胎的结构层最近，且散热条件最差，因此温度最高；胎肩的生热较大，但其散热条件好，故温度最低；花纹块与另一热源——转鼓接触（胎面与转鼓摩擦生热），其生热及散热条件都居中，故温度处于花纹



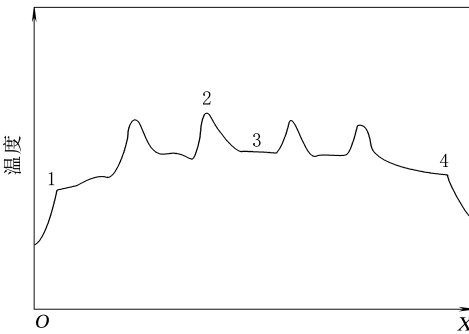
(1)试验 47 h

温度(℃):1—57.0;2—97.8;3—75.7;4—57.0。



(2)试验 67 h

温度(℃):1—65.5;2—107.1;3—82.1;4—66.4。



(3)试验 77 h

温度(℃):1—68.1;2—107.4;3—80.6;4—66.4。

图5 H轮胎耐久性试验过程中OX轴上的胎面温度分布
位置1~4同图2。

沟和胎肩之间。从图5还可以看出，随着负荷的增大和试验时间的延长，胎面各部位的温度呈升高趋势。

2.1.2 纵向花纹轮胎室内高速性能试验过程中的胎面温度分布

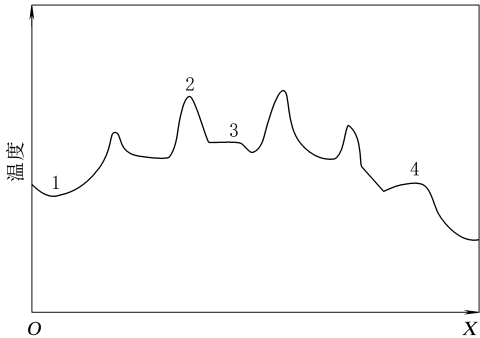
试验轮胎(D)规格为11.0—20 16PR，试验条件：负荷 2870 kg；气压 740 kPa。试验程序

见表 2。

图 6 所示为 D 轮胎高速性能试验过程中不同试验阶段的胎面温度(OX 轴)分布。由图 6 可以看出,胎面温度总的分布规律与耐久性试验过程相似,即胎面中部的花纹沟底部温度最高,胎面

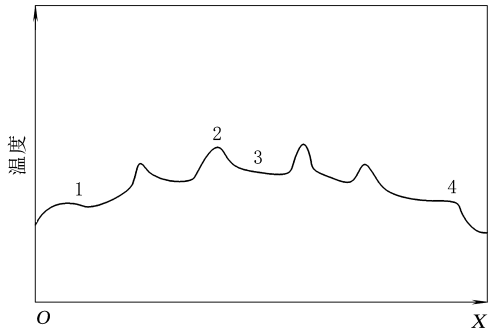
表 2 轮胎室内高速性能试验程序

项 目	试验阶段					
	1	2	3	4	5	6
试验速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	55	60	70	80	90	100
试验时间/min	120	120	120	120	120	120



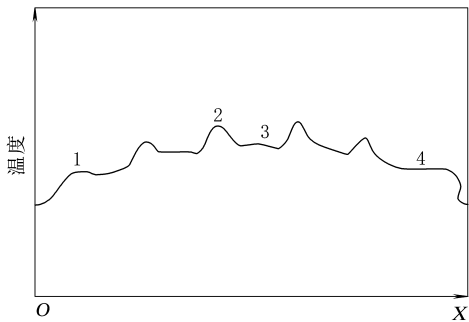
(1) 试验阶段 2 后

温度($^{\circ}\text{C}$):1—48.1;2—90.1;3—65.6;4—47.6。



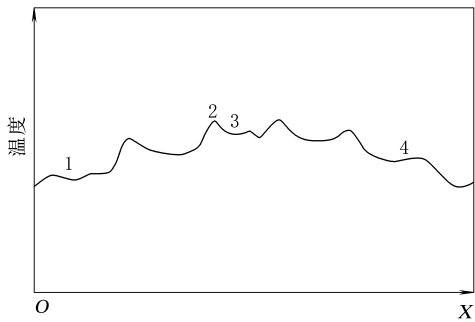
(2) 试验阶段 3 后

温度($^{\circ}\text{C}$):1—52.5;2—95.8;3—72.5;4—51.0。



(3) 试验阶段 4 后

温度($^{\circ}\text{C}$):1—57.0;2—99.9;3—78.2;4—59.6。



(4) 试验阶段 6 进行 90 min, 破坏

温度($^{\circ}\text{C}$):1—71.2;2—125.5;3—105.1;4—70.4。

图 6 D 轮胎高速性能试验过程中 OX 轴上的胎面温度分布

位置 1~4 同图 2。

中部花纹块温度次之,胎肩处的花纹块温度最低,但胎肩温度为一个不太突出的峰值。图 6(4) 示出了轮胎破坏点 OX 轴上的温度分布,轮胎的破坏形式是胎冠起鼓,起鼓处胎面(图中点 3)花纹块的温度明显偏高,与其它试验阶段的胎面温度相比,更接近于胎面中部花纹沟的温度。

2.1.3 横向花纹轮胎室内耐久性试验过程中的胎面温度分布

试验轮胎(N)规格为 9.00—20 14PR,试验条件:速度 $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,负荷 $2\,255 \text{ kg}$,气压 700 kPa 。轮胎耐久性试验程序同表 1。图 7 所示为耐久性试验不同阶段的胎面温度分布,横轴位置见图 4,左边过花纹沟,右边过花纹块。

由图 7 可知,试验初期,胎面温度由高到低的

顺序为:花纹沟底部、胎面中部、两胎肩。随着负荷的增大和试验时间的延长,横向花纹轮胎胎面中部花纹块的温度明显低于两胎肩,而胎肩正是大部分横向花纹轮胎耐久性试验破坏的位置,可见横向花纹轮胎的胎肩更需要散热。

图 8 所示为横向花纹轮胎耐久性试验过程中 $b-b'$ 纵轴上的温度分布。由图 8 可知,胎面温度分布图上有几个峰值,就有几个花纹沟;同时表明横向花纹轮胎胎面温度分布在周向的一致性,从而证明一个横轴上的温度分布可代表整个胎面温度分布的规律。

2.1.4 纵向花纹轮胎室外道路试验过程中的胎面温度分布

图 9 所示为充以双胎标准气压、承受双胎标

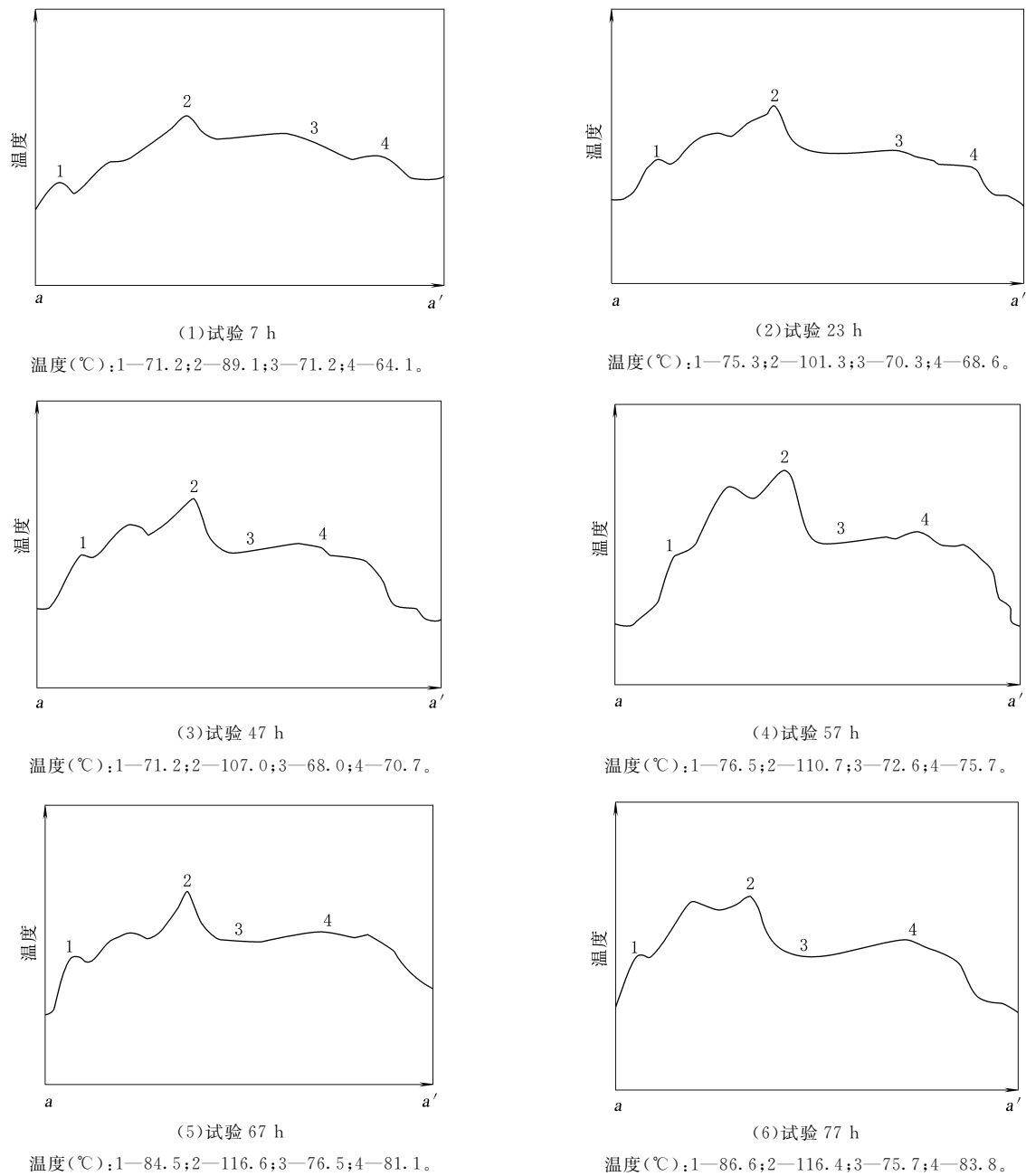


图 7 N 轮胎耐久性试验过程中 $a-a'$ 横轴上的胎面温度分布

位置 1~4 同图 2。

准负荷的 D 轮胎在高速公路上以平均速度 $84.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 试验 400 km 时的胎面温度分布。

由图 9 可以看出,胎面中部花纹沟底部的温度峰值较室内试验时突出,说明轮胎在道路上行驶时的散热条件好于室内试验。就轮胎的生热和散热条件而言,室内试验比实际使用条件更苛刻。值得注意的是,每个轮胎胎面横轴的温度分布明

显有 6 个峰,即除了 4 个花纹沟底部的峰值外,两胎肩温度也突出为峰值。此外,两胎相邻的两个胎肩散热条件不如另外两个胎肩好,但温度峰值却较低,这可能是由于两个相邻的胎肩距离近,共同承受载荷,所受的力和产生的变形较小的缘故。

2.2 不同测温方法的比较

相同轮胎同一时刻采用热电偶和红外热像仪



图 8 N 轮胎耐久性试验过程中 $b-b'$ 纵轴上的胎面温度分布

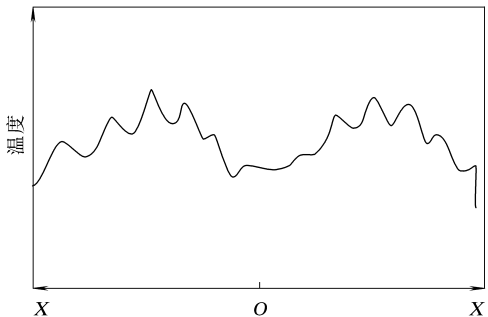


图 9 D 轮胎室外道路试验 400 km 时的胎面(双胎)温度分布

测量所得胎面各部位的温度见表 3。由表 3 可以看出,两种测量方法在胎面和花纹沟处的测量结果相差较大,而两胎肩处测量结果相近。

当轮胎停止运转时,尽管内部生热停止,但由于散热条件较运转时差(轮胎运转时,轮胎与空气的相对速度产生风冷降温效应),轮胎表面的温度是先升后降。弧形热电偶较薄,其上方有一个屏蔽罩,当测量面积较大、较平的胎肩或胎面时,热电偶能与被测量面紧密接触且罩在屏蔽罩与被测量面形成的密闭空间内,加之轮胎的热容量较大,热电偶与被测体的热平衡可在短时间内形成,且此时尚处于轮胎停转后的升温期,轮胎的升温与被测

表 3 不同测温方法测定结果对比 $^{\circ}\text{C}$

测试方法	测温部位			
	左胎肩	右胎肩	胎面	花纹沟
热电偶	59	63	58	52 ¹⁾
红外热像仪	59	62.7	64.8	76.3

注:1)硅 PN 结温度计测定结果。

点热平衡的降温相互作用,使得测量值与轮胎停转时的实际温度接近,这就是两种方法在胎肩处的测量结果相近的原因。

测量花纹沟底部的温度时,由于带屏蔽罩的热电偶伸不进花纹沟内,故只能用针状点温度计测量。点温度计的硅 PN 结很小,装在探针的尖部,外面有一个保护层,与被测体接触时,被测体的温度需通过保护层传给硅 PN 结;加之探针与被测体的接触面很小,很难达到实际上的热平衡,因此测量结果与红外热像仪的测量值相差较大。

3 结论

(1)纵向花纹轮胎室内耐久性和高速性能试验过程中,花纹沟底部温度最高,胎面中部花纹块温度次之,胎肩温度最低。

(2)横向花纹轮胎室内耐久性试验初期,胎面温度由高到低的顺序为:花纹沟底部、胎面中部、两胎肩;在试验后期,两胎肩温度明显高于胎面中部花纹块温度。

(3)纵向花纹轮胎室外道路试验时,胎面中部花纹沟底部的温度峰值更为突出,且两胎肩温度也明显突出为峰值。

(4)红外测温的非触性、实时性和整体性与接触测温的直观性和可靠性相结合,可有效提高轮胎表面温度的测量精度。

收稿日期:2005-09-22

轮胎用(金属/橡胶)复合材料

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

由法国米其林技术公司、米其林研究和技术股份有限公司申请的专利(专利号 01813479.3,公开日期 2003-09-24)“轮胎用(金属/橡胶)复合材料”,其橡胶基体由通过粘合剂中间相粘合到其上的金属体增强,橡胶基体基于二烯烃弹性体,

金属为碳钢(碳质量分数为 0.003 5~0.012),碳钢表面涂敷含有氧化铝或氢氧化铝的金属层,金属层由有机硅烷膜覆盖,有机硅烷膜作为偶联剂使氧化铝或氢氧化铝与二烯烃橡胶基体键合。这种增强的(金属/橡胶)复合材料可用于橡胶制品或半成品,特别是轮胎。

(杭州市科技情报研究所 王元荪供稿)