

轮胎橡胶材料导热系数的测定及分析

何燕¹, 马连湘², 黄素逸¹, 刘志春²

(1. 华中科技大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 青岛科技大学 机电工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:采用稳态法测量 205/75R15 轮胎各部位橡胶材料的导热系数。试验结果表明, 轮胎不同部位橡胶材料的导热系数随温度变化而改变, 在本试验所研究的 20~80℃ 温度范围内, 二者呈线性关系。另外, 在相同温度下不同橡胶材料的导热系数不同。

关键词:橡胶; 导热系数; 轮胎

中图分类号: TQ330.7+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-890X(2004)06-0366-03

轮胎橡胶材料导热系数的测定是进行轮胎热力学性能分析, 特别是对轮胎温度场研究的重要前提。由于橡胶材料的热力学性能复杂, 目前其导热系数的测定主要以试验研究为主。本研究采用稳态法对 205/75R15 半钢子午线轮胎不同部位橡胶材料的导热系数进行了较为完整的试验测试, 并以试验数据为基础, 分析了不同橡胶材料导热系数与温度之间的关系, 指出相同温度下不同部位材料导热系数不同的原因, 同时也验证了试验方法的可靠性。

1 实验

1.1 原理

导热系数的测量方法可分为稳态法和非稳态法两大类。无论采用何种方法, 制定试验方案的首要任务是使试验模型尽量满足导热方程(包括边界条件)所描述的理论模型的要求。

导热试验中应用的基本定律是傅立叶定律^[1]:

$$\rho C \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (\lambda_x \frac{\partial \theta}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\lambda_y \frac{\partial \theta}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\lambda_z \frac{\partial \theta}{\partial z}) \quad (1)$$

式中 ρ ——密度;

C ——比热容;

$\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ ——试样在 x, y, z 方向上的导热系数;

θ ——温度;

t ——时间。

稳态法因其数学计算简单而得到广泛应用。本试验是应用稳态法根据无限大平板的导热问题来设计的。

稳态导热即物体内任何一点的温度都不随时间变化, 在试验中常采用一维稳态导热方程, 这时方程(1)可简化为:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = 0 \quad (2)$$

其边界条件为: $x=0$ 时, $\theta=\theta_{w1}$; $x=\delta$ 时, $\theta=\theta_{w2}$ 。

求解方程(2)可得到导热系数的表达式:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{A(\theta_{w1} - \theta_{w2})} \quad (3)$$

式中 Q ——热流量;

δ ——平行平板试样的厚度;

A ——试样的截面积;

θ_{w1}, θ_{w2} ——试样两侧的温度。

1.2 试验装置

采用稳态导热法测定导热系数时所产生的误差主要来源于试样及加热器向周围的散热损失、试样与装置间的热流阻力以及不能满足表面绝热条件造成的温度场非均匀性。因此, 在选用测试装置时应综合考虑以上因素, 尽量降低误差。

本试验采用护热板法^[2], 试验装置如图1所示。

1.3 试样制备

试样包括内衬层胶、胎侧胶、胎冠胶、帘布层

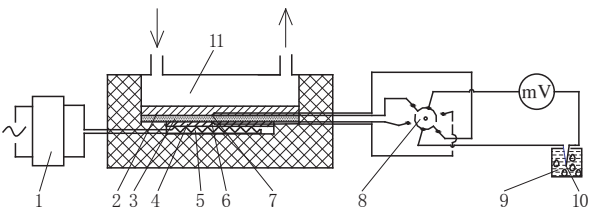


图 1 橡胶材料导热系数试验装置示意

1—变压器;2,4—均热片;3—试样;5—加热器;6,7—热电偶;
8—多向接头;9—冰桶;10—热电偶冷端;
11—冷却及压紧装置。

胶和三角胶。胶料硫化条件为 165 ℃×15 min。5 种试样的尺寸均为 112 mm×82 mm×(2.2~2.6) mm,试样上下表面平整、平行。

1.4 试验步骤

试验前 1 h 先将 PZ158A 直流数字电压表接通电源,进行预热,然后按下述步骤进行试验:

(1)用游标卡尺测量试样的厚度,并记录室温;

(2)按图 1 布置试验装置,接通变压器,打开电源,预热 10 min;

(3)打开循环水系统,调节水量,使其正常工作;

(4)调节电压,使其为 15 V,开始试验,直流电压表读数趋于稳定时开始记录,分别记录热电偶 6 和 7 的值,以后每隔 10 min 记录一组数据,直到电流表读数稳定为止;

(5)做完一次试验后,改变电压,进行下次测量。

试验全部结束后,切断电源,恢复原状。

2 结果与讨论

轮胎橡胶材料导热系数的测试结果如图 2 所示。从图 2 可以看出以下规律。

(1)轮胎不同部位橡胶材料的导热系数随温度变化而改变,并且在本试验所研究的温度范围(20~80 ℃)内,两者呈线性关系。

根据试验数据,利用最小二乘法,可以得出不同橡胶材料的导热系数随温度变化的经验关系式:

$$\lambda = \lambda_0 + b\theta \tag{4}$$

式中 λ_0 ——室温下试样的导热系数;

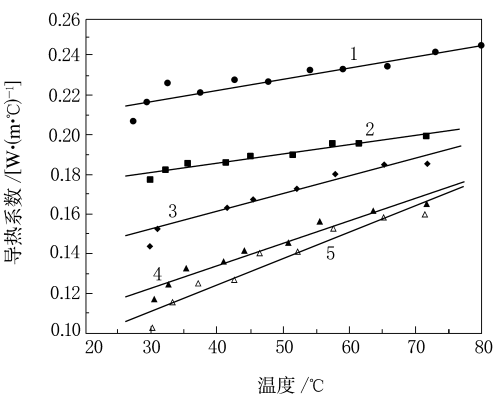


图 2 橡胶材料导热系数与温度的关系

1—胎侧胶;2—帘布层胶;3—胎冠胶;
4—内衬层胶;5—三角胶。

b ——与材料性质有关的温度系数。

λ_0 和 b 的测试值如表 1 所示。

表 1 λ_0 和 b 的测试值

项 目	λ_0	b
帘布层胶	0.166 7	4.681×10^{-4}
胎侧胶	0.199 6	5.676×10^{-4}
胎冠胶	0.125 4	9.004×10^{-4}
内衬层胶	0.088 3	1.147×10^{-3}
三角胶	0.071 7	1.330×10^{-3}

(2)在相同温度下不同橡胶材料的导热系数不同。

①胎侧胶的导热系数最大,这主要是因为子午线轮胎在滚动中胎侧变形和生热大,温升也高,因此在满足其它性能的情况下应尽量增大导热系数,以免降低轮胎的使用性能。

②帘布层是子午线轮胎的主要受力部件之一,帘线与胶料在使用中受应力而产生的变形不同,因此生热量也很大。帘布层胶要求有较好的耐热性能,在进行胶料配方设计时也要综合考虑,尽量提高其导热性能。

③胎冠与路面直接接触,轮胎在滚动中产生的热量可由胎面直接散失到周围大气中,因此导热系数也相对较小。

④由于内衬层和胎圈部位在轮胎滚动时变形较小,产生的热量也不多,因此胶料配方可采用导热系数较小的材料。

本试验所用的试样为单纯的橡胶试样,而实

际的轮胎材料却是橡胶基复合材料。但文献[3]表明,两种材料的导热系数基本相同,因此在分析轮胎的热力学性能时,试验所得结果仍具有一定的实用价值。

由于橡胶材料为不良导体,其导热系数比较小,测试起来比较困难,因此试验装置选取和试验操作是否得当及试样尺寸选取是否合理都会对试验结果产生很大的影响。为了减小误差,可采取如下措施:①导热系数随材料含水率增大而增大,为了保证试验结果的可靠性,在测试前试样要进行充分干燥;②热损失越大,产生的误差也越大,为了减少热损失,试验所用的绝热层可采用导热系数极小的材料,如玻璃丝棉毡;③适当选取试样尺寸^[4,5],使其可以按无限大平板处理,以得到稳定合理的试验数据。

3 结语

通过对轮胎不同部位橡胶材料导热系数的研究发现,用稳态法测量橡胶材料的导热系数是一

种科学、可靠的方法,此方法所用试验装置简单,操作方便。本试验所得数据准确、可靠,为轮胎设计进一步计算,特别是为轮胎温度场的计算提供了可靠的依据。

轮胎各部位的受力情况及生热机理不同,在胶料配方中应分别加以考虑,本试验所测导热系数的数据也正好与轮胎实际相吻合。

参考文献:

- [1] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 北京:高等教育出版社,1998. 20-49.
- [2] 王贵一. 橡胶热传导性能的测定[J]. 特种橡胶制品,1998, 19(2):42-49.
- [3] 马连湘. 滚动轮胎温度场的理论与试验研究[D]. 武汉:华中科技大学,2001.
- [4] 王友善,邢涛,梁英. 橡胶复合材料的热传导特性研究[J]. 轮胎工业,1999,19(3):137-140.
- [5] 曹玉璋,邱绪光. 实验传热学[M]. 北京:国防工业出版社,1998.

收稿日期:2003-12-11

Measurement and analysis for thermal conductivity of rubber compound in tire

HE Yan¹, MA Lian-xiang², HUANG Su-yi¹, LIU Zhi-chun²

(1. Middle China University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The thermal conductivities of the rubber compounds in various parts of 205/75R15 tire were measured by steady state method. The results showed that the thermal conductivities of the rubber compounds in various tire parts were functions of temperature, and linear with the latter in the range of 20~80 °C used in this study; and the conductivities of different rubber compounds were different at the same temperature.

Keywords: rubber; thermal conductivity; tire

《橡胶工业用原材料设计加工与性能检验技术标准实用手册》征订启事

《橡胶工业用原材料设计加工与性能检验技术标准实用手册》已于2004年5月出版。本书由徐帮学主编。内容包括橡胶与橡胶生产、橡胶原材料及其应用、橡胶加工与配方设计、橡胶原材料加工工艺及设备应用、橡胶原材料生产加工与质

量检测技术标准等。全书内容新颖、全面实用,是橡胶专业人员必备工具书。全4册(附光盘1张),定价980元(免收邮挂费)。

邮购地址:北京55信箱激流书店金莉收;邮编:100053。开户行:招商银行展览路支行;账号:0982817310001;户名:北京激流图书有限公司。电话:(010)83154081。