

轮胎胶料的导热系数测定及误差分析

刘丽, 宋君萍, 何燕, 马连湘

(青岛科技大学机电工程学院, 山东 青岛 266061)

摘要:采用稳态法测量轿车轮胎和航空轮胎各部位胶料在不同温度下的导热系数。测量结果表明, 轿车轮胎在 20~80 ℃、航空轮胎在 20~110 ℃范围内, 轮胎各部位胶料的导热系数与温度呈线性关系; 轿车轮胎胎侧胶导热系数较大, 胎面基部胶导热系数较小, 航空轮胎胎侧胶导热系数较大, 胎面胶导热系数较小。试验时采取使设备和试样充分干燥、以石棉做绝热材料、保持冰端温度等措施, 可使试验误差小于 4%。

关键词:轮胎胶料; 导热系数; 稳态法; 热电偶

中图分类号: TQ336.1; TQ330.7

文献标识码: B

文章编号: 1006-8171(2006)04-0240-04

轮胎在滚动过程中, 由于滞后损失产生大量的热量, 这些热量若不能及时散出, 将导致轮胎内部温度过高而使性能下降。导热系数是研究轮胎温度场的重要参数。本工作采用稳态法对轿车轮胎和航空轮胎各部位胶料的导热系数进行测量, 并分析试验误差来源。

1 原理

本工作利用稳态法测量轮胎胶料导热系数, 应用一维平板导热模型, 如图 1 所示。一维稳态导热是指两个表面为维持均匀温度的平板导热, 根据傅立叶定律, 单位时间内通过该层的热量与温度变化率及平板的面积成正比^[1,2]。

$$Q = -\lambda A \frac{d\theta}{dx} \quad (1)$$

式中 Q ——单位时间内的热流量, W;
 λ ——导热系数, $W \cdot (m \cdot ^\circ C)^{-1}$;
 θ ——温度, $^\circ C$;
 A ——平板面积, m^2 。

又因

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\delta} \quad (2)$$

式中, δ 为平板厚度(m), θ_1 和 θ_2 分别为试样高温侧和低温侧的温度($^\circ C$), 从而

$$Q = -\frac{\lambda}{\delta} A (\theta_2 - \theta_1) \quad (3)$$

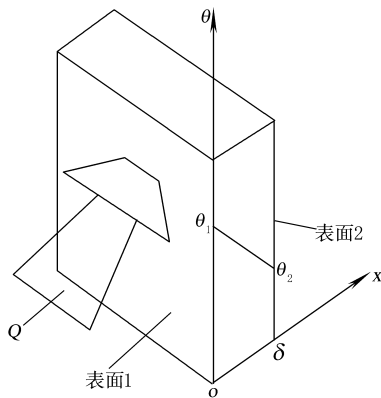


图1 一维平板导热模型

$$\lambda = \frac{Q \delta}{A (\theta_1 - \theta_2)} \quad (4)$$

由此, 只要满足平板一维导热模型的试验条件, 即可求出导热系数。

2 试验装置及方法

导热系数测试装置如图 2 所示 (符合 GB 3398—1980)。

试验时试样被夹在冷却槽与加热板之间, 完全被绝热材料包围, 加热板的尺寸与试样尺寸完全一致。试样两侧都覆上均热片, 使热量分布均匀。此外, 为减小主加热板的下表面热量散失引起的误差, 在主加热板下方加一块辅加热板, 以补偿主加热板非研究表面的热量损失。

调节好变压器 I, 当热电偶热端点对应的毫伏表 (PZ158A 型数字直流电压表) 读数趋于稳定

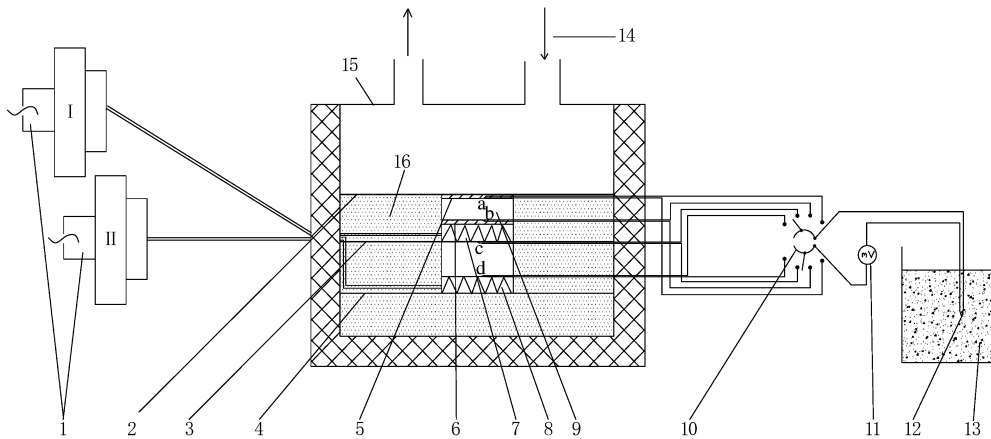


图 2 稳态法测量轮胎胶料导热系数试验装置示意

1—变压器;2,3,4—铜板;5,6—均热片;7—主加热板;8—辅加热板;9—试样;10—多向开关;11—毫伏表;12—热电偶冷端;
13—冰桶;14—冷却剂;15—冷却槽;16—绝热材料。a,b,c,d—热电偶热端。

时记录数据;然后调节变压器的电压,直至热电偶热端 d 与 c 对应的毫伏表读数趋于一致;此时观察热电偶热端 a 和 b 对应的读数,当其稳定时记录数据。试验结束后,改变变压器读数,进行下次测量。

试验采用铜-康铜热电偶^[3],热电偶热端 a,b,c 和 d 分别置于试件的上、下侧,主加热板下侧和辅加热板上侧。热电偶的参比端置于冰水混合物中。

3 结果与讨论

3.1 不同温度下的导热系数

试验中,假设主加热板的下表面和侧面绝热,变压器 I 提供的热量(Q)全部供给试样,试验前已经测出主加热板电阻。Q 按下式计算^[4]:

$$Q = \frac{U^2}{R} \quad (5)$$

式中 U——连接主加热板的变压器 I 的读数;
R——主加热板的电阻。

将式(5)带入式(4)中得

$$\lambda = \frac{U^2 \delta}{RA(\theta_1 - \theta_2)} \quad (6)$$

与 λ 对应的定性温度(θ')可按式计算:

$$\theta' = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (7)$$

图3和4分别示出了轿车轮胎和航空轮胎不同部位胶料的λ-θ'关系曲线。利用最小二乘法,

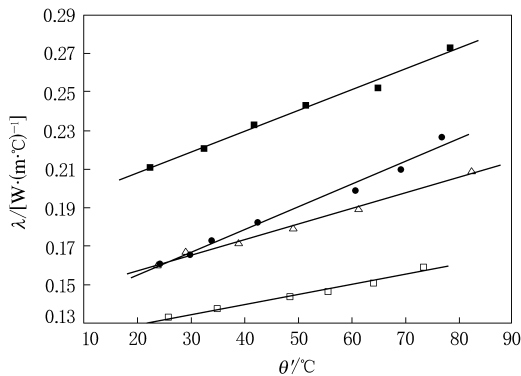


图 3 轿车轮胎各部位胶料的 λ-θ' 关系曲线

■—胎侧胶;●—胎体帘布层胶;△—密封层胶;
□—胎面基部胶。

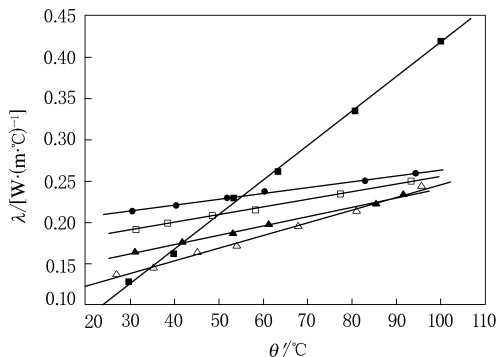


图 4 航空轮胎各部位胶料的 λ-θ' 关系曲线

■—三角胶;●—胎侧胶;□—增强层帘布挂胶;
▲—帘布层胶;△—胎面胶。

得出不同胶料的导热系数随温度变化的经验公式如下:

$$\lambda = \lambda_0 + b \theta'$$

(8)

式中, b 是与材料性质有关的温度因数, λ_0 为胶料在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的导热系数。

各轮胎胶料经验关系式中的 λ_0 和 b 值如表 1 所示。

表 1 轮胎各部位胶料的导热系数关系式中 λ_0 和 b 值

部 位	λ_0	b
轿车轮胎		
胎体帘布层胶	0.131 78	0.001 18
胎面基部胶	0.119 65	$5.138\ 3\times 10^{-4}$
密封层胶	0.141 07	$8.059\ 3\times 10^{-4}$
胎侧胶	0.186 69	0.001 07
航空轮胎		
帘布层胶	0.127 67	0.001 13
胎面胶	0.091 68	0.001 54
增强层帘布挂胶	0.162 59	$9.320\ 78\times 10^{-4}$
胎侧胶	0.191 85	$7.225\ 08\times 10^{-4}$
三角胶	0.001 53	0.004 16

由各种材料的经验式可看出:

- (1) 轮胎胶料的导热系数均较小, 各部位胶料的导热系数有差别;
 - (2) 在试验温度范围内, 轮胎胶料的导热系数与温度呈线性关系;
 - (3) 轿车轮胎胎侧胶导热系数较大, 胎面基部胶导热系数较小;
 - (4) 航空轮胎胎面胶导热系数较小, 而胎侧胶导热系数较大, 三角胶导热系数随温度变化较大。
- 由于轮胎滚动时各部位受力变形不同, 生热不同, 因而对材料的特性要求不同。导热系数反映了物体传导热量的能力, 导热系数越大, 其传导热量的能力越强。由于胎侧受力方向与厚度方向垂直, 屈挠变形较大导致生热量大、温升高, 因此在设计胶料配方时应考虑采用导热系数较大的材料, 以使轮胎内部的温度场分布尽量均匀, 避免轮胎由于局部温度过高而过早损坏。

3.2 误差来源及预防措施

胶料导热系数测定的误差主要来自于以下几个方面。

- (1) 试验中假设加热器产生的热量完全提供给试样, 但实际上会有不可避免的热损失。一部分热量由加热板下表面、侧面及试样的侧面散失。
- (2) 试样与加热板和冷却器之间有时存在空

气间隙, 产生接触热阻。接触热阻严重影响试验精度, 其带来的相对误差可达 $10\%\sim 22\%$ 。

(3) 试验设备是否充分干燥也是影响热损失的重要原因, 设备含水率越高, 热损失越大。

(4) 试样导热系数随其含水率的增大而增大, 这主要是由于水分迁移增强了材料的导热能力。

(5) 本试验将冷端置于冰桶中, 但有时因冰块不够小, 冰桶温度达不到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 使热电偶的读数偏小, 从而使 $\lambda-\theta$ 曲线在坐标系中左移, 导致导热系数的测量值偏大。

此外, 热电偶导线的热损失、试样本身厚度不均以及测量仪器本身的误差等都对试验结果有影响。

可采取以下措施减小试验误差。

- (1) 采用导热系数较小的石棉做绝热材料[导热系数小于 $0.05\text{ W}\cdot(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})^{-1}$]^[5,6]。
- (2) 冷却器、均热片、试样、加热板之间涂上导热油, 防止接触热阻产生; 均热片采用导热性能极好的铜片。
- (3) 试验前将设备和试样充分干燥^[5~7]。
- (4) 采用较细的热电偶丝。本试验采用直径为 0.25 mm 的铜-康铜热电偶丝, 并在试验前进行精度校核。
- (5) 冰桶中的冰块尽量小, 在冰桶中插入温度计随时观测其温度。由于本试验进行时间较长, 为防止冰水混合物温度变化, 在冰桶外部用石棉保温。
- (6) 试验前用游标卡尺多次测量试样厚度, 并求其平均值。
- (7) 用直流电压表测量热电偶电压时, 每隔 10 min 记录一组数据, 直至读数稳定^[8]。
- (8) 每次改变电压时, 一定要使试验装置达到热平衡。

为验证试验设备的准确性和稳定性, 利用已知导热系数的 PVC 板进行了校核, 并进行重复性试验。结果表明, 装置的测量误差在 4% 以内, 重复性较好。

4 结论

- (1) 轿车轮胎在 $20\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、航空轮胎在 $20\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内, 轮胎胶料的导热系数 λ 与温度 θ'

的关系可表示为经验式 $\lambda = \lambda_0 + b\theta'$, 两者呈线性关系。

(2) 不同配方的胶料导热系数不同, 轿车轮胎胎侧胶导热系数较大, 胎面基部胶导热系数较小; 航空轮胎胎侧胶导热系数较大, 胎面胶导热系数较小。轮胎各部位合理安排材料, 可使产生的热量及时散失, 提高轮胎性能。

(3) 稳态法测量轮胎胶料的导热系数可靠、简便、准确性高, 试验装置的误差在 4% 以内。

参考文献:

[1] 杨世铭, 陶文全. 传热学(第 3 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999. 2-32.

[2] 曹玉璋, 邱绪光. 实验传热学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.

[3] GB/T 2903—1998, 铜-铜镍(康铜)热电偶丝[S].

[4] 庄继德. 汽车轮胎学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1995.

[5] 刘志春. 滚动轮胎温度场相关实验研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2002.

[6] 李 晨, 谢 雁, 刘新民, 等. MPM 复合保温材料导热系数的测定及实验装置的改进[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2003, 24(2): 149-151.

[7] 刘海增, 王龙贵. 玻璃钢板导热系数的测定[J]. 实验技术与管理, 2000, 17(5): 124-126.

[8] 吕崇德. 热工参数测量与处理(第 2 版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001. 69-87.

收稿日期: 2005-10-18

益阳橡机开发新型 $\Phi 660$ 开炼机

中图分类号: TQ330.4⁺3 文献标识码: D

2006 年 1 月 18 日, 益阳橡胶塑料机械集团有限公司自主开发的新型 $\Phi 660$ 开炼机分别通过德国及意大利用户验收, 并将落户两家企业在中国的工厂。

该机采用全新的人性化设计理念, 十几套安全装置对每一项工步实行全面的安全检测, 并可在多个方位对存有不安全隐患的操作实行紧急停车, 确保操作者的人身安全。该机采用双电机直流驱动, 不但能实现同一档速内的无级调速, 而且能快速改变高低速的速比, 以满足各种炼胶工艺的要求; 所配置的硬齿面减速机可使炼胶过程运行平稳、噪声低, 确保炼胶质量。

(益阳橡胶塑料机械集团有限公司

李中宏供稿)

东洋在美国采用 ATOM 的新厂开始试生产

中图分类号: TQ336.1; F27 文献标识码: D

英国《欧洲橡胶杂志》2005 年 187 卷 6 期 VIII 页报道:

东洋轮胎北美公司在佐治亚州怀特城投资 1.5 亿美元的轿车和轻载轮胎厂已经竣工, 并已于 2005 年年底开始试生产, 大批量生产预定于 2006 年年中开始。

该厂厂房面积为 97 000 m², 开始雇员为 350 人, 年产轿车和轻载轮胎 200 万条。该厂是东洋轮胎和橡胶公司应对全球挑战计划的一个组成部

分。按照该计划, 2008 年东洋公司在世界各地工厂的轮胎总年产能将提高 18%, 达到 3 000 万条, 轮胎年销售额和营业收入将分别提高 30% 和 40%。届时, 东洋公司的轮胎销售额比例将从 2005 年的 65% 提高到 75%。

由于采用了东洋新型自动轮胎加工模块(ATOM)制造系统, 与普通轮胎厂相比, 佐治亚厂仅需 1/3 的工人。

ATOM 将大幅度降低轮胎厂劳动力成本, 并减少公司从日本向北美出口轮胎所需的运输费用。由于集装箱装的轮胎大多直径较大, 需占较大空间, 因此东洋花费的运输费超过了劳动力成本。

东洋公司还认为, 中国的劳动力成本最终将上涨, 从而会减少在中国建厂节省的费用。

怀特厂的二、三期扩建工程可能最终将使产能提高到 600 万条, 雇员将增至 900 人, 追加投资 2.5 亿美元。工厂场地的 40% 将用作仓库。

东洋轮胎北美公司是东洋轮胎公司的全资子公司。新厂增加 200 万条产能将使东洋公司在北美的销售额在 2005 年的基础上增加 1 亿多美元。此外, 东洋公司还经销在美国与大陆和横滨的合资公司——GTY 轮胎公司生产的载重子午线轮胎。

东洋公司将其日本仙台厂和桑名厂的高档轿车子午线轮胎的年产能提高 300 万条; 在中国昆山的合资厂于 2004 年年中投产, 该厂标准轿车子午线轮胎的产能将不断提高。

(涂学忠摘译)