

185/60R15 84H轮胎充气压力与负荷的函数关系研究

王志勇, 罗哲, 刘昌波, 张彦军, 于国鸿, 曲家玉

[浦林成山(山东)轮胎有限公司, 山东 威海 264300]

摘要:将充气压力分为两个区间,研究185/60R15 84H轮胎在标准下沉量(25.124 mm)下充气压力与负荷的函数关系。结果表明,当充气压力为0~120 kPa时,轮胎充气压力与负荷的函数关系宜采用傅里叶函数表征,而当充气压力为120~250 kPa时则采用线性函数表征。

关键词:轮胎;充气压力;负荷;函数关系

中图分类号:TQ336.1⁺1;TP311.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2020)07-0444-03

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2020.07.0444



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

通常认为轮胎的垂直负荷一部分由胎体承担,另一部分由充气压力承担^[1]。随着轮胎充气压力的降低,胎体承受的负荷增大^[1]。充气压力较低时,轮胎充气压力与负荷呈非线性关系,主要受轮胎自身材料性能影响;充气压力为零时,轮胎的负荷能力全部由轮胎自身材料的强度决定。本研究将185/60R15 84H轮胎的充气压力分为两个区间,分别使用软件拟合出标准下沉量(25.124 mm)下充气压力与负荷之间的函数关系,为轮胎充气压力与负荷的函数关系研究提供新的思路。

1 轮胎分析

在标准下沉量下,轮胎的充气压力与负荷不完全呈线性关系,当充气压力大于某值时,充气压力与负荷呈线性关系;当充气压力小于该值时,充气压力与负荷呈非线性关系^[2],如图1所示。由图1可见,在低充气压力下,轮胎充气压力与负荷的关系比较复杂。

试验轮胎为185/60R15 84H标准型无内胎轮胎,其骨架材料分析结果^[3-4]如下:胎体结构 1层反包;胎体帘线材料-密度 聚酯1440dtex/2-28EPI;胎体帘线直径 0.61 mm;胎体帘线角度

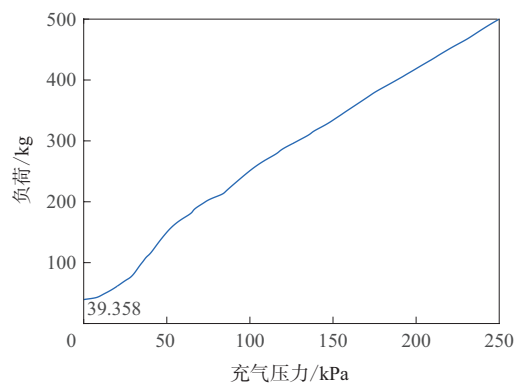


图1 标准下沉量(25.124 mm)下185/60R15 84H轮胎充气压力与负荷的关系曲线

90°;冠带层缠绕结构 胎冠部位1层,胎肩部位2层(第2层宽度约为30 mm);冠带层材料-密度 锦纶66-26EPI;冠带层宽度 164 mm;冠带层帘线直径 0.53 mm;冠带层角度 0°;带束层材料-密度 钢丝帘线2×0.30ST-20EPI;2层带束层宽度 146/136 mm;带束层角度 22°;钢丝圈排列结构 六角形4-5-4;钢丝圈单丝直径 1.2 mm;三角胶高度 25 mm。

采用莱州华银实验仪器有限公司的LX-A型邵氏橡胶硬度计测试轮胎主要胶料部件的硬度。每次测量均在同种胶料部件的不同位置选测3点,取其算术平均值(保留到个位数)^[3]。邵尔A型硬度(度)测试结果如下:胎面胶 70,胎侧胶 61,三角胶 85,胎圈胶 72。

作者简介:王志勇(1985—),男,山东威海人,浦林成山(山东)轮胎有限公司工程师,硕士,主要从事配套轮胎开发工作。

E-mail:zhiyong928@126.com

2 轮胎充气压力与负荷的函数关系研究

观察图1中曲线变化趋势发现,当充气压力低于120 kPa时,函数曲线呈非线性关系;当充气压力高于120 kPa时,函数曲线趋向线性关系。因此,将充气压力分为0~120和120~250 kPa两个区间,即将图1所示试验数据分为两部分,分别拟合计算两个区间内轮胎充气压力与负荷的函数关系。

2.1 充气压力为0~120 kPa时函数关系拟合计算

用软件对充气压力为0~120 kPa区间内所有的充气压力与负荷的数据组进行拟合计算,以选出最优的函数表达式。

2.1.1 高斯函数

采用高斯函数进行拟合计算,得出函数表达式如下:

$$f(x) = a_1 \exp\left\{-\left[(x-b_1)/c_1\right]^2\right\} + a_2 \exp\left\{-\left[(x-b_2)/c_2\right]^2\right\} + a_3 \exp\left\{-\left[(x-b_3)/c_3\right]^2\right\} + a_4 \exp\left\{-\left[(x-b_4)/c_4\right]^2\right\} + a_5 \exp\left\{-\left[(x-b_5)/c_5\right]^2\right\} + a_6 \exp\left\{-\left[(x-b_6)/c_6\right]^2\right\} + a_7 \exp\left\{-\left[(x-b_7)/c_7\right]^2\right\} + a_8 \exp\left\{-\left[(x-b_8)/c_8\right]^2\right\} \quad (0 \leq x < 120) \quad (1)$$

式中,变量 x 为充气压力,kPa; $f(x)$ 为负荷,kg。系数 $a_1 = -0.1475$, $b_1 = 120.5$, $c_1 = 1.61$, $a_2 = -2.779$, $b_2 = 15.6$, $c_2 = 2.422$, $a_3 = -8.153$, $b_3 = 109$, $c_3 = 11.53$, $a_4 = 1.717$, $b_4 = 103.8$, $c_4 = 3.455$, $a_5 = -45.26$, $b_5 = 96.71$, $c_5 = 22.26$, $a_6 = -20.99$, $b_6 = 80.99$, $c_6 = 13.08$, $a_7 = -10.24$, $b_7 = 64.76$, $c_7 = 7.874$, $a_8 = 309.6$, $b_8 = 111.7$, $c_8 = 72.21$ 。

高斯函数拟合曲线如图2所示,图中箭头标出为拟合曲线中出现偏差较大的位置(下同),拟合方差(R^2)=0.9992。由图2可见,拟合曲线中有两处出现较大偏差,拟合效果不太理想。

2.1.2 多项式函数

采用多项式函数进行拟合计算,得出函数表达式如下:

$$f(x) = p_1 x^9 + p_2 x^8 + p_3 x^7 + p_4 x^6 + p_5 x^5 + p_6 x^4 + p_7 x^3 + p_8 x^2 + p_9 x + p_{10} \quad (0 \leq x < 120) \quad (2)$$

其中,系数 $p_1 = -9.617 \times 10^{-15}$, $p_2 = 6.364 \times 10^{-12}$, $p_3 = -1.698 \times 10^{-9}$, $p_4 = 2.357 \times 10^{-7}$, $p_5 = -1.824 \times 10^{-5}$, $p_6 = 7.809 \times 10^{-4}$, $p_7 = -1.772 \times 10^{-2}$, $p_8 = 0.2343$, $p_9 = -0.5689$, $p_{10} = 39.88$ 。

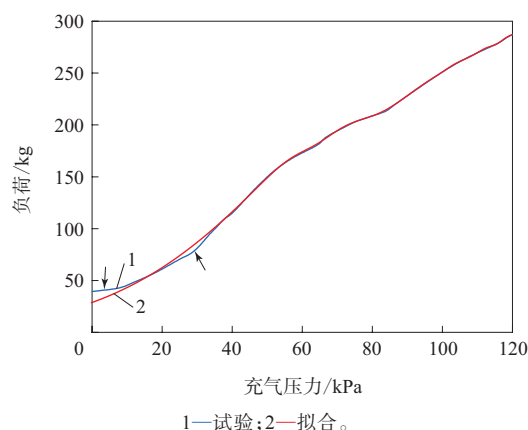


图2 高斯函数拟合充气压力与负荷的函数关系曲线
多项式函数拟合曲线如图3所示, $R^2=0.9998$ 。

由图3可见,拟合曲线中有两处出现轻微偏差,拟合效果比高斯函数好一些。

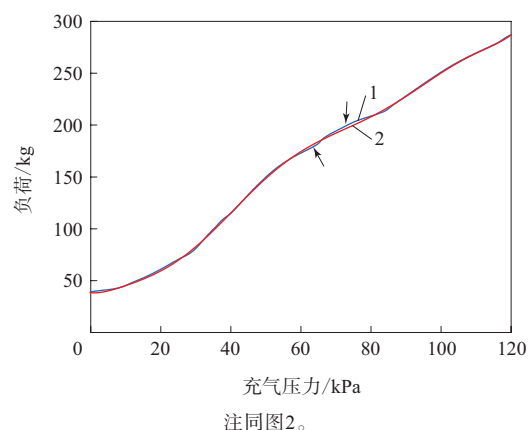


图3 多项式函数拟合充气压力与负荷的函数关系曲线

2.1.3 傅里叶函数

采用傅里叶函数进行拟合计算,得出函数表达式如下:

$$f(x) = A_0 + A_1 \cos(wx) + B_1 \sin(wx) + A_2 \cos(2wx) + B_2 \sin(2wx) + A_3 \cos(3wx) + B_3 \sin(3wx) + A_4 \cos(4wx) + B_4 \sin(4wx) + A_5 \cos(5wx) + B_5 \sin(5wx) + A_6 \cos(6wx) + B_6 \sin(6wx) + A_7 \cos(7wx) + B_7 \sin(7wx) + A_8 \cos(8wx) + B_8 \sin(8wx) \quad (0 \leq x < 120) \quad (3)$$

其中,系数 $A_0 = 161.1$, $A_1 = -66.95$, $B_1 = -81.14$, $A_2 = -39.31$, $B_2 = -17.74$, $A_3 = -18.44$, $B_3 = 10.28$, $A_4 = -6.246$, $B_4 = 12.16$, $A_5 = 1.21$, $B_5 = 8.216$, $A_6 = 4.5$, $B_6 = 2.296$, $A_7 = 2.235$, $B_7 = -0.3161$, $A_8 = 1.298$, $B_8 = -1.316$, $w = 0.04172$ 。

傅里叶函数拟合曲线如图4所示, $R^2=1$ 。由图4可见, 拟合曲线未出现偏差, 拟合效果良好。

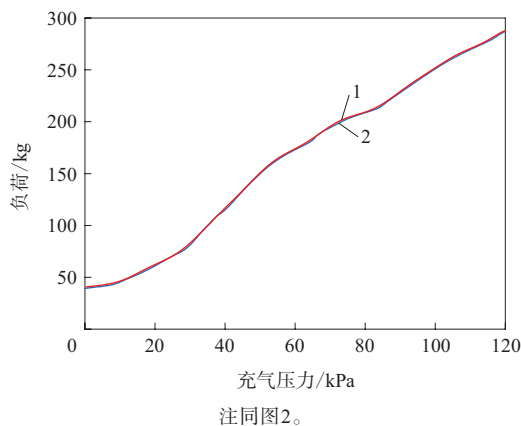


图4 傅里叶函数拟合充气压力与负荷的函数关系曲线

2.2 充气压力为120~250 kPa时函数关系拟合计算

由图1可见, 充气压力为120~250 kPa时, 充气压力与负荷明显呈线性关系, 因此采用线性函数进行曲线拟合, 得出函数表达式如下:

$$f(x) = P_1 x + P_2 \quad (120 \leq x \leq 250) \quad (4)$$

其中, 系数 $P_1 = 1.65$, $P_2 = 88.23$ 。

线性函数拟合曲线如图5所示, $R^2=1$ 。由图5可见, 拟合曲线基本未出现偏差, 拟合效果良好。

3 结论

采用185/60R15 84H标准型轮胎研究充气压力与负荷之间的函数关系。结果表明, 在标准下沉量下, 当充气压力为0~120 kPa时, 充气压力与

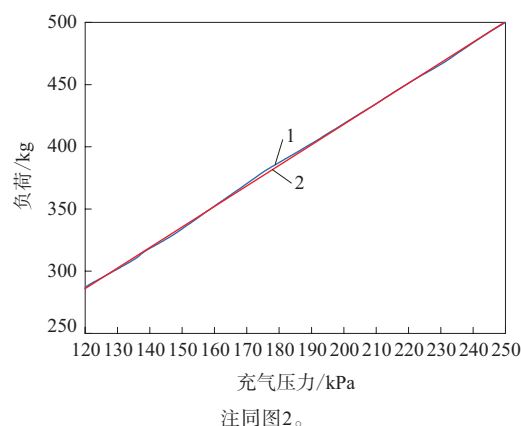


图5 线性函数拟合充气压力与负荷的函数关系曲线
负荷的函数关系宜采用傅里叶函数表征, 而当充气压力为120~250 kPa时则采用线性函数表征。

本工作将充气压力分为两个区间进行分析, 其他轮胎也可分为不同区间进行函数关系研究。本方法既可为轮胎充气压力与负荷的函数关系研究提供新的思路, 也可为轮胎充气压力检测系统和有限元静负荷分析等提供参考。

参考文献:

- [1] 韩成勇, 何晓玫. 跑气保用轮胎力学性能分析[J]. 轮胎工业, 2010, 30(5): 307-312.
- [2] 王志勇, 罗哲, 刘昌波, 等. 轮胎在零充气压力下的负荷能力研究[J]. 轮胎工业, 2018, 38(8): 459-462.
- [3] 王志勇. 胎体骨架设计对零充气压力轮胎性能的影响研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2018: 4-12.
- [4] 李长宇, 杜云峰, 宁卫明, 等. 新型安全轮胎的设计及其有限元仿真分析[J]. 橡胶工业, 2019, 66(7): 529-533.

收稿日期: 2020-02-18

Study on Function Relationship between Inflation Pressure and Load of 185/60R15 84H Tire

WANG Zhiyong, LUO Zhe, LIU Changbo, ZHANG Yanjun, YU Guohong, QU Jiayu

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Weihai 264300, China]

Abstract: The function relationship between the inflation pressure and load of 185/60R15 84H tire under standard deflection (25.124 mm) was studied in two ranges of inflation pressure. The results showed that the relationship could be characterized by Fourier function under the inflation pressure of 0~120 kPa, while it was linear under the inflation pressure range of 120~250 kPa.

Key words: tire; inflation pressure; load; function relationship