

基于曲线拟合的轮胎帘布层转向残余回正力矩计算方法分析

卢 荡¹, 索艳茹²

(1. 吉林大学 汽车仿真与控制国家重点实验室, 吉林 长春 130025; 2. 吉林大学 汽车工程学院, 吉林 长春 130025)

摘要: 介绍和分析线性拟合法、关键区线性拟合法和三次曲线拟合法3种轮胎帘布层转向残余回正力矩(PRAT)测试数据的处理方法。结果表明: 采用不同的曲线拟合方法得到的PRAT值有较大的区别; 三次曲线拟合法操作方便, 计算得到的PRAT值更精确。

关键词: 轮胎; 帘布层转向残余回正力矩; 曲线拟合; 精度

中图分类号: TQ336.1⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2016)04-0195-04

轮胎帘布层转向残余回正力矩(PRAT)特性对汽车直线跑偏有重要影响^[1-5]。为定量分析轮胎的这种影响, 需要进行轮胎的力学特性测试^[6]。PRAT测试关注的是轮胎小侧偏角范围内的特性, 相对于轮胎较大的垂直载荷, 此时的侧向力和回正力矩都很小, 因此对测试精度要求较高, 可以采用专业的测试设备, 例如美国MTS公司的Flat-Trac[®] III SS型轮胎测试系统^[7], 或者采用可实现较小轮胎力精确测试的试验方法^[8]。

由于PRAT的值一般较小, 针对获得的轮胎力学特性试验结果, 采用不同的数据处理方法往往会得到差别较大的PRAT值, 直接影响对汽车跑偏程度的分析, 因此本研究着重对3种PRAT数据处理方法进行分析。

1 PRAT计算方法

获得小侧偏角范围内的轮胎力学特性数据后, 需要对试验数据进行曲线拟合, 根据拟合结果计算PRAT值^[6]。

1.1 线性拟合法

文献[6]指出, PRAT测试的轮胎侧偏角范围可以选在 $\pm 1^\circ$ 之间, 分别对轮胎左向滚动及右向

滚动得到的试验范围内的侧向力和回正力矩特性进行线性拟合, 并根据下式可以计算得到PRAT值(T_{PRA})。

$$T_{PRA} = M_{PA} + S_A F_{PL} / S_C \quad (1)$$

式中, M_{PA} 和 F_{PL} 为轮胎直线左向和右向自由滚动所产生的回正力矩和侧向力的平均值, 当轮胎滚动方向改变时, 其符号不改变; S_A 和 S_C 为轮胎左向和右向自由滚动回正刚度和侧偏刚度的平均值。

1.2 关键区线性拟合法

因胎面与路面在接地印痕内存在滑移, 随着侧偏角的增大, 轮胎的侧向力和回正力矩呈现非线性特性, 为提高线性拟合的精度, 可以缩小数据处理时轮胎的侧偏角范围, 对关键区内的试验数据进行线性拟合^[6]。关键区应包含侧向力曲线与X轴和Y轴交点对应的侧偏角, 同时也应保证该区域内有足够多的试验数据点。根据关键区内线性拟合结果, 按照式(1)也可计算PRAT值。

1.3 三次曲线拟合法

关键区线性拟合法可以提高PRAT计算精度, 但需在试验范围内再次选取关键区, 提高了数据处理过程的复杂性。为简化PRAT的数据处理, 同时得到精确表达轮胎侧向力(F_y)及回正力矩(M_z)与侧偏角(α)间的非线性关系的拟合曲线, 可采用试验范围内三次曲线拟合法^[6]。

轮胎左、右向滚动的试验数据用下式拟合:

$$F_{y1} = c_1 \alpha^3 + c_2 \alpha^2 + c_3 \alpha + c_4 \quad (2)$$

基金项目: 973国家重点基础研究发展规划项目(2011CB711201)

作者简介: 卢荡(1972—), 男, 黑龙江大庆人, 吉林大学教授, 博士, 主要从事轮胎力学及车辆动力学研究工作。

$$M_{z1}=k_1\alpha^3+k_2\alpha^2+k_3\alpha+k_4 \quad (3)$$

$$F_{y1}=c_5\alpha^3+c_6\alpha^2+c_7\alpha+c_8 \quad (4)$$

$$M_{zr}=k_5\alpha^3+k_6\alpha^2+k_7\alpha+k_8 \quad (5)$$

则左向和右向滚动轮胎的平均侧向力(\bar{F}_y)、回正力矩(\bar{M}_z)特性为:

$$\bar{F}_y = \frac{c_1+c_5}{2}\alpha^3 + \frac{c_2+c_6}{2}\alpha^2 + \frac{c_3+c_7}{2}\alpha + \frac{c_4+c_8}{2} \quad (6)$$

$$\bar{M}_z = \frac{k_1+k_5}{2}\alpha^3 + \frac{k_2+k_6}{2}\alpha^2 + \frac{k_3+k_7}{2}\alpha + \frac{k_4+k_8}{2} \quad (7)$$

式(2)~(7)中的 $c_1\sim c_8$ 和 $k_1\sim k_8$ 为拟合系数,将式(6)平均侧向力为零时的侧偏角带入式(7)中即可得到轮胎的PRAT值。

2 PRAT计算方法分析

通过对轮胎实际测试数据的处理,分析上述3种计算方法的精度。

2.1 轮胎PRAT的测试

在美国Smithers公司进行某品牌175/65R14规格轮胎的PRAT特性测试,测试条件:轮胎充气压力 206 kPa,速度 100 km·h⁻¹,侧偏角范围 -0.4°~+1.0°,载荷1—3分别为3 777,2 914,2 050 N。部分结果如图1所示。

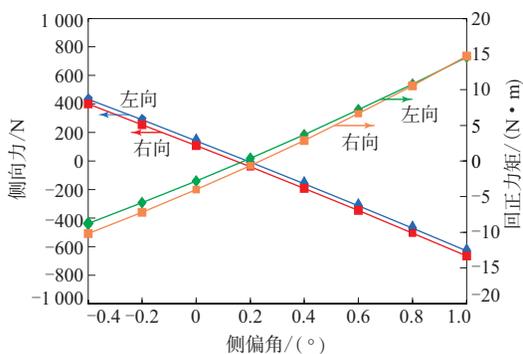


图1 载荷3下测试结果

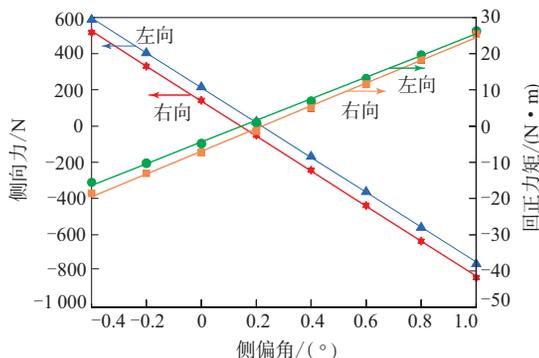
2.2 不同计算方法PRAT值的对比

对轮胎PRAT试验数据采用3种不同曲线拟合方法得到的PRAT值如表1所示,载荷2下曲线拟合结果如图2所示,其中离散点为试验数据,连续曲线为拟合结果。

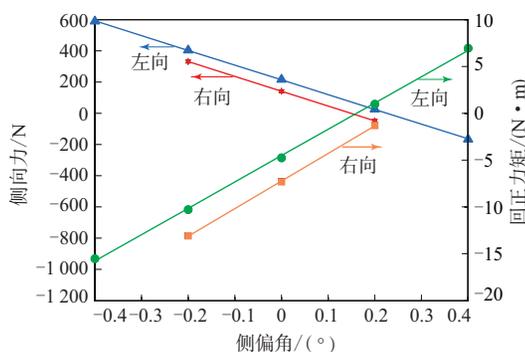
从图2(b)可以看出:轮胎左向滚动时侧向力零点的侧偏角大于0.2°,因此关键区选取±0.4°

表1 不同计算方法得到的PRAT值 N·m

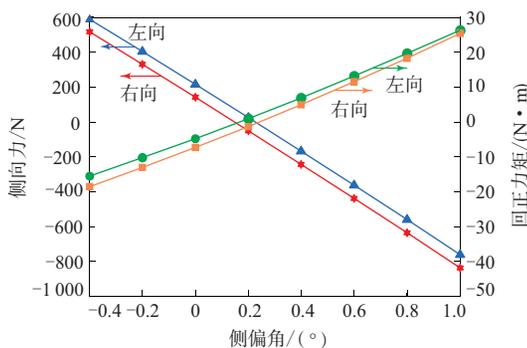
载荷	线性拟合	关键区线性拟合	三次曲线拟合
1	-0.239 33	-0.575 77	-0.602 58
2	-0.109 49	-0.507 31	-0.543 37
3	-0.418 89	-0.688 79	-0.686 81



(a) 线性拟合



(b) 关键区线性拟合



(c) 三次曲线拟合

图2 载荷2下曲线拟合结果

范围;轮胎右向滚动时侧向力零点的侧偏角小于0.2°,因此关键区选取±0.2°范围。以第1种处理方法得到的PRAT值为基准,计算后两种方法结果的相对偏差如表2所示。从表2可以看出,PRAT值最大偏差为396.29%,可见3种不同的曲线拟合方

表2 不同计算方法的相对偏差 %

载 荷	关键区线性拟合	三次曲线拟合
1	140.58	151.78
2	363.34	396.29
3	64.43	63.96

法得到的PRAT值有较大的区别。

2.3 计算方法精度分析

因基于对试验数据拟合后的曲线计算PRAT,故PRAT计算精度与曲线拟合精度直接相关。采用国际通用的轮胎特性拟合精度表示方法^[9],即下式计算得到3种拟合方法的精度(a),如表3所示。

$$a = \left[1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{pi} - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \right] \times 100\% \quad (8)$$

式中, y_i 为试验测得的侧向力或回正力矩, y_{pi} 为拟合得到的侧向力或回正力矩。

表3 3种拟合方法辨识精度 %

项 目	线性拟合	关键区线性拟合	三次曲线拟合
载荷1			
侧向力(左向)	98.98	99.54	99.99
侧向力(右向)	99.58	99.89	99.99
回正力矩(左向)	97.51	98.58	99.99
回正力矩(右向)	97.77	99.63	99.99
载荷2			
侧向力(左向)	98.68	99.36	99.99
侧向力(右向)	98.96	99.76	99.99
回正力矩(左向)	96.13	97.76	99.99
回正力矩(右向)	95.97	99.30	99.99
载荷3			
侧向力(左向)	98.44	99.69	99.99
侧向力(右向)	98.39	99.62	99.99
回正力矩(左向)	95.91	99.10	99.99
回正力矩(右向)	94.65	99.03	99.99

从表3可以看出:3种方法中三次曲线拟合的精度最高,线性拟合的精度最低,关键区线性拟合的精度介于线性拟合与三次曲线拟合之间。应当

注意,关键区线性拟合取的试验点相对较少,这对试验数据本身的精度有更高的要求。

由此可以看出,在实际PRAT计算中,对试验范围内的数据采用三次曲线拟合可以更方便地得到高精度的PRAT值。

3 结论

(1) PRAT值的计算精度不仅与试验数据的测试精度有关,也与对测试数据的处理方法有关。采用不同的曲线拟合方法得到的PRAT值有较大的区别。

(2) 试验范围内三次曲线拟合法操作方便,计算得到的PRAT值更精确。

参考文献:

- [1] Pacejka H B, Besselink I J M. Tire and Vehicle Dynamics[M]. 3rd Edition. Great Britain: Elsevier Ltd, 2012: 191-196.
- [2] Oh Sang Hyun, Cho Young Hee, Gim Gwang Hun. Identification of a Vehicle Pull Mechanism[A]. Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress. Seoul Korea, 2000.
- [3] Lee Jung Hwan, Effect of Tire Characteristics on the Simulation of Vehicle Straight Ahead Motion[A]. International Congress and Exposition. Detroit Michigan, 1998.
- [4] Pottinger M. Tire/Vehicle Pull: an Introduction Emphasizing Plysteer Effects[J]. Tire Science and Technology, 1990, 18(3): 170-190.
- [5] Topping R W. Tire Induced Steering Pull[Z]. 1975, SAE Paper No. 750406.
- [6] Residual Aligning Moment Test[S]. SAE-J 1988.
- [7] MTS Systems Corporation. MTS Flat-Trac® III SS Tire Test System [OL]. http://www.mts.com/ucm/groups/public/documents/library/dev_003377.pdf. 2003.
- [8] 卢荡, 刘兵, 吴海东. 一种轮胎滚动阻力精确测试的方法及装置[P]. 中国: CN 10064402. 8. 2014-04-30.
- [9] Besselink I J M, Pacejka H B, Schmeitz A J C, et al. The SWIFT Tire Model: Over View and Applications[A]. AVEC. HAN University, 2004.

收稿日期: 2015-11-02

Analysis on Calculation Method of Tire Ply Steer Residual Aligning Torque Based on Curve Fitting

LU Dang, SUO Yanru

(Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: In this study, tire plysteer residual aligning torque (PRAT) test data were analyzed by linear

fitting method, linear fitting in critical region method and cubic polynomial curve fitting method, respectively. The results showed that, there was a large difference among the fitted results from these three methods; and cubic polynomial curve fitting method was easy to use and provided more accurate PRAT value.

Key words: tire; ply steer residual aligning torque; curve fitting; accuracy

Atturo扩展Trail Blade X/T轮胎产品线

中图分类号:TQ336.1 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com)2016年2月5日报道:

Atturo轮胎公司持续扩展其SUV轮胎和轻型载重轮胎范围,推出了12个新规格Trail Blade X/T轮胎(见图1)。



图1 Trail Blade X/T轮胎

Atturo声称,市场持续需求扩展轮胎产品规格以适应广泛用途。这包括OE替换胎规格(车主想要更醒目的胎面花纹),针对于越野和载重汽车适用于更大轮辋直径的轮胎,以及越来越多的交叉车型所寻求的更高牵引性能的越野轮胎。

Trail Blade X/T轮胎是瞄准SUV和CUV细分市场的OE替换胎和可选规格轮胎。Atturo总裁Michael Mathis说:“我们相信Trail Blade X/T轮胎是SUV/CUV/LT市场全地形轮胎的未来。”

Atturo表示,像Atturo之前Trail Blade X/T轮胎产品的扩展一样,初期经销商和消费者的反应表明这种风格轮胎的这些规格需求强劲。

Trail Blade X/T轮胎的特征是:胎侧和胎肩采用Mud Terrain(泥泞地形)胎面花纹,这是再次与Quarter Master Knives公司合作设计的。胎侧部位花纹和首个胎肩花纹块采用QTR-3刀具模刻,如

图2所示,为此Quarter Master Knives公司还创造了一个Atturo主题刀具。

所有的LT规格轮胎均采用了3层帘布胎侧,以延长耐久性能。胎面中央采用了公路友好的多功能花纹块、有角度的刀槽花纹,以提高湿牵引性能、操纵响应性,并降低道路噪声,同时仍保留小径和轻型越野能力。



图2 QTR-3刀具模刻花纹示意

目前,这12个新规格轮胎在全美范围内Atturo经销商处均可购买。

(赵敏摘译 吴秀兰校)

一种提高胶料流动性的密炼混炼工艺

中图分类号:TQ330.6+3 文献标志码:D

由特拓(青岛)轮胎技术有限公司申请的专利(公开号 CN 105014812A,公开日期 2015-11-04)“一种提高胶料流动性的密炼混炼工艺”,涉及的密炼混炼工艺如下:基于胶料流动性分析仪,通过实时测定胶料的流动性数据,调整胶料密炼过程中的工艺参数,从而改进产品质量。胶料流动性分析仪专门针对胶料流动性检测,具有贴近生产、应用广泛,检测快速等优点,非常适合半制品尺寸稳定性的控制监测,填补了行业空白,对提升轮胎质量,稳定过程控制发挥了重要作用。

(本刊编辑部 马晓)