

轮胎与汽车的性能匹配分析

王传铸

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200)

摘要:介绍轮胎在汽车整车系统中的作用,分析轮胎性能对汽车行驶性能的影响。汽车的行驶性能(动力性能、燃料经济性、制动性能、操纵稳定性、行驶平顺性和通过性等)与轮胎的与路面附着性能、滚动阻力、侧偏特性、垂直特性、包封性、振动性等动态力学性能及结构和尺寸密切相关。轮胎性能与汽车性能合理匹配,汽车的行驶性能好。

关键词:轮胎;汽车;性能匹配;轮胎力学性能;汽车行驶性能

中图分类号:U463.341;U461;TQ336.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1006-8171(2004)11-0643-06

现代汽车,尤其是高档轿车对轮胎动态力学性能提出了越来越高的要求,脱离汽车研究轮胎的动态力学性能没有实际意义。轮胎的动态力学性能不仅取决于轮胎本身,更取决于轮胎与汽车的匹配,因此当前对轮胎性能的评价也就从对轮胎性能本身的评价逐步转移到对轮胎匹配的汽车行驶性能的评价。目前,对轮胎与汽车的性能匹配要求日益提高。

1 轮胎与汽车生产的相关性

单纯讨论轮胎的某项性能意义不大,轮胎性能的研究应结合轮胎匹配的汽车性能,更确切地说是汽车悬架系统(如图 1 所示)性能来进行。轮胎与汽车悬架系统匹配所构成的集成系统的刚度、柔度及动力学性能是影响汽车行驶性能的主要因素。同一条轮胎匹配于不同汽车表现出的动态力学性能可能会有较大差异,即一条轮胎与某一汽车匹配可能表现出良好的动态力学性能,而与另一汽车匹配则可能表现出个别动态力学性能极差。

在国外,为达到轮胎与汽车性能匹配,在进行汽车设计时,轮胎生产商一般会与汽车生产商密切合作,由汽车生产商提出轮胎与汽车匹配的动态力学性能要求或由轮胎生产商为汽车生产商提

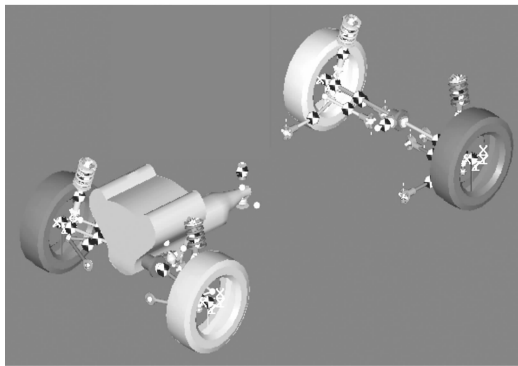


图 1 轮胎与汽车悬架系统示意

供轮胎的动态力学模型,以便汽车生产厂家进行悬架系统设计和整车性能模拟仿真计算。这就要求轮胎生产商不仅能够设计、生产出满足汽车性能要求的轮胎,同时也能够提供用于悬架系统设计或整车性能模拟仿真计算的轮胎动态力学模型。国内轮胎生产企业必须深入了解并逐渐适应高档轿车原配市场在这方面苛刻的要求。

2 轮胎在汽车中的作用

轮辋和轮胎是汽车行驶系中重要的部件,其作用^[1,2]是:支撑整车质量;缓冲由路面传来的振动和冲击;通过轮胎与地面的附着力(轮胎抓着力)来传递驱动力和制动力;产生横向力和回正力矩来平衡汽车转向行驶时的离心力;保证汽车正常转向后车轮直线行驶;翻越障碍,提高通过性。

轮胎安装在轮辋上,直接与路面接触,其基本功能如下:

作者简介:王传铸(1970-),男,山东高密人,三角轮胎股份有限公司工程师,学士,从事轮胎结构设计、工艺管理和 CAD 应用工作。

- 承受汽车负荷;
- 为传递驱动力和制动力提供足够的附着力;
- 为改变和保持汽车行驶方向提供足够的转向操纵性能和方向稳定性能;
- 与汽车悬架系统共同缓冲来自路面的冲击,并衰减由冲击产生的振动,以保证汽车良好的行驶平顺性和乘坐舒适性。

3 汽车主要行驶性能

汽车的行驶性能是指汽车适应各种行驶条件并发挥最大工作效率的能力,主要包括以下几个方面^[1,3,4]。

3.1 动力性能

动力性能是汽车首要的行驶性能。汽车必须通过轮胎与路面的接触来获得足够的牵引力才能克服各种行驶阻力,必须达到一定的速度才能正常行驶,而汽车克服行驶阻力和保持正常行驶的能力取决于汽车的动力性能。汽车的动力性能可从三方面评价。

(1)最高速度

最高速度是指汽车满载时在良好水平路面上行驶所能达到的最高速度。

(2)加速能力

加速能力是指汽车在各种条件下行驶速度迅速提高的能力。加速时间和加速距离越短的汽车加速性能越好。

(3)上坡能力

上坡能力用汽车满载时以最低挡位在坚硬路面上等速行驶所能越过的最大坡度来表示,还称为最大爬坡度,它表征汽车的最大牵引力。

不同类型的汽车对上述三项指标的要求不同。轿车和客车偏重于最高速度和加速能力,载重汽车和越野汽车对上坡能力的要求较高,但在公路上正常行驶的汽车都须具备一定的加速能力。

3.2 燃料经济性

为降低汽车的运输成本,要求汽车以尽可能小的燃料消耗量完成尽可能大的运输量。汽车以最小燃料消耗量完成单位运输工作量的能力称为燃料经济性,评价指标为每行驶 100 km 消耗的

燃料量。汽车的燃料经济性与发动机的效率和轮胎的滚动阻力密切相关。

3.3 制动性能

良好的制动性能不仅是汽车安全行驶的保证,而且是汽车动力性能得以良好发挥的前提。汽车的制动性能通过三方面来衡量。

(1)制动效能

制动效能是汽车迅速减速直至停止的能力,常用制动时间、制动减速度和制动距离来评价。汽车的制动效能除与汽车的技术状况有关外,还与汽车制动时的速度及轮胎与路面的接触状况有关。

(2)制动效能的恒定性

汽车在短时间内连续制动,制动器温度升高导致的制动效能下降称为制动器的热衰退。汽车连续制动后制动效能的稳定程度称为制动效能的恒定性。

(3)制动时方向的稳定性

汽车制动时方向的稳定性是指汽车在制动过程中不发生跑偏、侧滑和失去转向的能力。左右侧制动动力不一样时,汽车易跑偏;当车轮“抱死”时,汽车易发生侧滑或失去转向能力。现代汽车设有电子防抱死装置,以防止紧急制动时车轮“抱死”而发生危险。

3.4 操纵稳定性

操纵性是指汽车对驾驶员转向指令的响应能力,直接影响行车安全。轮胎的气压和弹性、悬挂装置的刚度以及汽车重心的位置都是该性能重要的影响因素。

汽车装载超高、超载、偏载,转弯时车速过快,在横向坡道角度过大的路面上行驶及受其它侧向力时容易发生侧滑或者侧翻。

汽车的操纵稳定性是汽车受外界扰动后恢复原来运动状态的能力及抵御发生倾覆和侧滑的能力。侧向操纵稳定性对汽车来说尤其重要。合适的前轮定位角度使汽车具有自动回正和保持直线行驶的能力,提高了汽车直线行驶的稳定性。汽车重心越低,操纵稳定性越好。

3.5 行驶平顺性

汽车在行驶过程中会因路面不平产生振动,使乘客感到疲劳、不适或货物损坏,一般通过降低

车速来避免或减少这种现象发生。同时,振动还会影响汽车的使用寿命。汽车在行驶过程中对路面不平产生的振动减震能力称为汽车的行驶平顺性。

客车和轿车采用“舒适降低界限速度”作为评价汽车行驶平顺性的指标。当汽车行驶速度超过此界限时,乘坐舒适性就会降低,使人感到疲劳、不舒服。货车采用“疲劳-低工效界限速度”作为评价汽车行驶平顺性的指标。这两个界限值越高,说明汽车的行驶平顺性越好。汽车车身的固有振动频率也可作为行驶平顺性的评价指标。从舒适性出发,车身的固有振动频率在 600~850 Hz 的范围内较好。

高速汽车,尤其是轿车要求具有优良的行驶平顺性。轮胎弹性好、悬挂装置性能优异、座椅减震性能好及非悬挂装置质量小都可以提高汽车的行驶平顺性。

3.6 通过性

汽车在一定的载质量下以较高的平均速度通过各种坏路和无路地带及克服各种障碍物的能力称为汽车的通过性。不同汽车对通过性要求不同,轿车和客车一般在市内行驶,对通过性的要求不是很高,而越野汽车、军用车辆和货车就必须具有较好的通过性。

提高汽车通过性的方法有:采用宽断面轮胎和增加轮胎装配数量以减小滚动阻力;增大轮胎花纹深度以提高轮胎与地面的附着力、改善轮胎的防滑性能;采用全轮驱动方式以使汽车的动力性能充分发挥;选择合理的结构参数,如较大的最小离地间隙、接近角、离去角、车轮半径及较小的转弯半径、横向和纵向通过半径等以提高汽车通过障碍的能力。

3.7 其它

(1)操纵轻便性

汽车的操纵轻便性应根据驾驶汽车时的操作次数、操作用力、操作便利情况以及视野、照明、信号等来评价。良好的操纵轻便性可以减轻驾驶员的劳动强度并舒缓其紧张情绪,保证行车安全。采用动力转向、制动增强装置、自动变速器及膜片离合器等可使汽车的操纵轻便性明显改善。

(2)机动性

市区内行驶的汽车经常在狭窄多弯的道路上通行,机动性显得尤为重要。机动性主要用最小转弯半径来评价,转弯半径越小,机动性越好。

(3)装卸方便性

装卸方便性与车厢的高度、可翻倒的栏板数及车门数和尺寸有关。

(4)容量

容量表示汽车一次能运输的最大货物量或最多载客人数。货车容量用载质量和载货容积表示,客车容量用载客人数表示。质量利用系数反映汽车结构的合理程度,它用额定载质量与空车质量之比表示。

4 轮胎六分力

轮胎的宏观力学性能主要是指轮胎的六分力^[1,5],六分力是轮胎与路面及汽车之间作用力的集中体现。轮胎的六分力如图 2 所示。

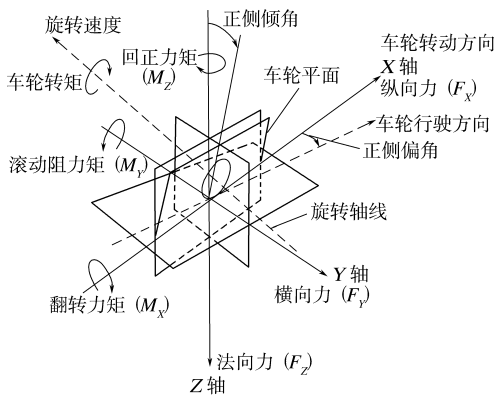


图 2 轮胎六分力示意

(1)纵向力(F_x)

F_x 是地面作用在轮胎上的力在 X 轴方向即轮胎前进方向的分量, F_x 包括车轮驱动时产生的驱动力、车轮自由滚动时的滚动阻力、车轮制动时的制动力。

(2)横向力(F_y)

F_y 是地面作用在轮胎上的力在 Y 轴方向的分量。在 F_y 的作用下,轮胎会产生很复杂的侧向变形,侧向变形导致的侧偏现象对车辆的操纵稳定性有很大影响。

(3) 法向力(F_z)

F_z 是地面作用在轮胎上的力沿 Z 轴方向的分量。 F_z 将引起轮胎径向变形,其与轮胎承受的载荷力相等。

(4) 回正力矩(M_z)

M_z 是地面作用到轮胎上的力绕 Z 轴旋转产生的力矩, M_z 使轮胎恢复原来的行驶方向,保证汽车能稳定地直线行驶。

(5) 滚动阻力矩(M_y)

M_y 是地面作用到轮胎上的力绕 Y 轴旋转产生的力矩, M_y 的方向与车轮的旋转方向相反,汽车的燃料经济性与 M_y 有关。

(6) 翻转力矩(M_x)

M_x 是地面作用到轮胎上的力绕 X 轴旋转产生的力矩。

5 轮胎动态力学性能对汽车行驶性能的影响

5.1 动力性能

轮胎与路面的附着性能、轮胎的速度性能及滚动阻力是影响汽车动力性能的主要因素,轮胎的附着性能直接影响汽车的驱动、加速和减速性能,配用附着性能好的轮胎有利于提高汽车的加速性能。

5.2 燃料经济性

轮胎的滚动阻力是影响汽车燃料经济性的主要因素之一。统计表明,在发达国家,汽车的燃料消耗量约占总燃料消耗量的 25%,而轮胎克服滚动阻力的燃料消耗量约占车辆燃料消耗量的 20%,故即使轮胎燃料消耗量稍有减小,对国家总燃料消耗量的减小也是一个很大的贡献。

滚动阻力是轮胎在行驶过程中与路面接触发生变形而产生的阻碍轮胎滚动的力。轮胎的滚动阻力越大,汽车驱动时输出的驱动力矩也越大,这样才能使轮胎的受力趋于平衡或使轮胎产生加速度,但这必然会导致汽车燃料消耗量增大。在相同条件下,不同轮胎产生的滚动阻力不同。

5.3 制动性能

轮胎的滑动摩擦性能对汽车制动性能影响很大。显然,汽车的制动性能与轮胎与路面的摩擦力密切相关,而轮胎与路面的摩擦力取决于轮胎与路面的接触状况。轮胎与路面的摩擦力过小,

会导致汽车制动性能下降。因此,对轮胎摩擦性能的研究是轮胎工业的重要课题。

5.4 操纵稳定性^[6]

汽车通过操纵系来操纵轮胎(如图 3 所示)。轮胎的侧偏特性(主要指侧偏力、回正力矩和侧偏角间的相关性)是轮胎重要的力学性能,直接影响汽车的操纵稳定性。轮胎侧偏特性及其与汽车悬架系统的协同配合是影响汽车转向性的主要因素,通过改善轮胎侧偏特性可以解决汽车转向不足或过大的问题。

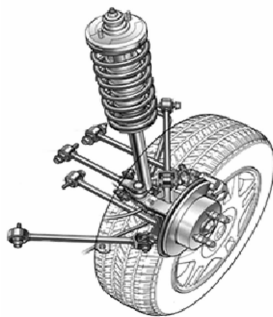


图 3 轮胎与汽车操纵系的关系

5.5 行驶平顺性

轮胎的均匀性、振动性、密封性及汽车悬架系统的刚度、柔度是影响汽车行驶平顺性的主要因素。轮胎的均匀性、振动性和密封性差会导致汽车行驶,尤其是在不平路面上行驶时不稳或颠簸,即汽车的乘坐舒适性差。

可以看出,提高汽车的行驶性能必须注重轮胎性能与汽车性能的协同配合,轮胎的研究、开发与汽车的性能要求密切相关。

6 影响汽车性能的轮胎及其部件主要技术参数

轮胎是胎面、胎侧等变形大、强度低的柔性橡胶部件与模量大、强度高的刚性骨架-橡胶复合部件组成的结构体,轮胎及其部件的主要技术参数在某种程度上决定着轮胎与汽车的匹配性。

6.1 轮胎

轮胎的结构和尺寸,如胎圈着合直径、轮胎断面高宽比和接地宽度等直接影响汽车的操纵稳定性、动力性能、制动性能和燃料经济性等,轮胎结构和尺寸是否合理与车辆设计成功与否关系极大。

6.2 部件

结构和尺寸对汽车性能影响较大的轮胎部件

有胎面、冠带层和三角胶等。

(1) 胎面

汽车最终通过胎面与路面之间的反作用力来获得行驶动力,胎面的花纹形式(纵向、横向或混合块状花纹)、沟槽空隙比、沟槽宽度及角度、沟槽深度、块大小、钢片设置和肩块刀槽形式决定或影响车辆的牵引力、制动性能和操纵稳定性等。另外,胎面花纹形式和结构也是影响车辆噪声的关键因素。

(2) 冠带层

刚性带束层与柔性胎面之间设置纤维帘布冠带层使得轮胎与路面之间的接地压力分布更加均匀,从而改善了车辆的操纵稳定性和响应灵敏度,但冠带层的结构或尺寸不当,会降低车辆的行驶平顺性和操纵稳定性。

(3) 三角胶

在非直线行驶状态下,三角胶在承受胎圈部位垂直负荷的同时,还将通过转向机构施加给轮轴的侧向力传递给胎冠花纹,从而达到操控的目的。因此,三角胶的结构、尺寸及胶料的物理性能对轮胎的侧偏特性影响很大。与不同车辆配合时,轮胎的三角胶结构、尺寸及胶料性能需要根据路试结果来调整。

另外,反包胎体对汽车行驶性能的影响与三角胶相似,但由于胎体帘布反包端点处存在应力-应变突变,因此必须使反包胎体帘布的端点位置与三角胶、胎侧、胎圈结构匹配;在胎圈对应轮缘位置处设置周向保护胶棱不仅可以保护轮辋,使之免受外力冲击,同时可以改善车辆的操纵性能。该技术在高性能轮胎及越野轮胎中已应用得越来越多。

7 轮胎与汽车的性能匹配分析

由于市场对汽车行驶性能要求逐步提高,相应地对轮胎性能要求也不断提高。对轮胎性能的评价已不只停留在对其基本性能的评价上,而更多地转移到对轮胎匹配的汽车各项行驶性能的评价上。因此,对轮胎与汽车性能匹配的研究既是一个新的课题,又是一个亟待解决、意义重大的课题。

从汽车、轮胎力学行为分析得出,汽车表现出的各项行驶性能最终取决于路面对其的激励,而

这种激励又是借助于轮胎与路面之间的相互作用表现出来的。如果没有合适的轮胎匹配,汽车良好的性能也发挥不出来。

轮胎与汽车性能匹配,在汽车方面,有赖于汽车的传动系统、转向系统和悬架系统;在轮胎方面,有赖于轮胎本身所固有的刚性系统和性能。影响轮胎与汽车性能匹配的因素之间存在着直接或间接的联系及制约关系,这些因素及相关条件构成了一个紧密联系的系统,即对某一性能或因素的研究往往会涉及其它许多因素,且这些因素之间还可能存在着矛盾。对轮胎与汽车性能匹配的研究就是要寻求这些因素与轮胎性能、汽车行驶性能之间相互作用的关系。

轮胎与汽车性能匹配研究的关键在于“匹配”,轮胎性能与汽车性能的匹配是轮胎性能与汽车系统性能的合理配合,不同的汽车应选用不同性能的轮胎。同一条轮胎安装在不同车辆上可能会表现出截然不同的动态力学性能,而同一辆车上装配不同规格,甚至是相同规格、不同品牌的轮胎也会表现出不同的行驶性能,因而轮胎与汽车性能匹配的研究是一个综合诸多方面因素的复杂系统工程。

总的说来,影响汽车行驶性能的轮胎动态力学性能主要为与路面的附着性能、滚动阻力、侧偏特性、垂直特性、包封性和振动性等,汽车行驶性能与轮胎性能之间的主要制约关系为:

- 汽车的动力性能与轮胎与路面的附着性能、压力分布和轮胎的滚动阻力等密切相关;
- 汽车的燃料经济性与轮胎的滚动阻力关系较大;
- 汽车的制动性能主要取决于轮胎与路面的摩擦因数,尤其是最大静摩擦因数;
- 汽车的操纵稳定性与轮胎的侧偏特性关系最大,与轮胎与路面的压力分布和轮胎的垂直特性等有很大关系;
- 汽车的行驶平顺性与轮胎的均匀性、振动性、包封性和垂直特性关系较大,高速行驶时轮胎的驻波特性也是影响汽车行驶平顺性的主要因素之一;
- 汽车的加速跑偏性与轮胎的均匀性、花纹导向关系较大。

可以看出,制约汽车行驶性能的因素很多,而轮胎的某一特性也可能影响诸多汽车行驶性能,如轮胎的垂直特性不仅影响汽车的操纵稳定性,而且会影响汽车的行驶平顺性,这些影响有时还是矛盾的。因此,轮胎与汽车的性能匹配一般是各性能和各因素之间的相互协调、平衡。

8 结语

我国汽车和轮胎生产企业长期以来忽略了轮胎与汽车性能的匹配,但随着汽车和轮胎工业的发展,这个问题将受到重视,从而促进我国轮胎和汽车性能的全面提高。

参考文献:

- [1] 俞 淇. 充气轮胎的性能与结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998. 3-88.
- [2] 庄继德. 汽车轮胎学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996. 5-65.
- [3] 余志生. 汽车理论(修订本)[M]. 北京:机械工业出版社,1990. 128-210.
- [4] 陈家瑞. 汽车构造下册(第3版)[M]. 北京:人民交通出版社,1994. 150-227.
- [5] 黄祖永. 地面车辆原理[M]. 李长佑译. 北京:机械工业出版社,1985. 173-306.
- [6] GB/T 12549—1990. 汽车操纵稳定性术语及其定义[S].

第13届全国轮胎技术研讨会论文
(一等奖)

国内简讯 8 则

△2004年9月1日,三角牌全钢子午线轮胎被国家质量技术监督检验总局和中国名牌战略推进委员会评为2004年中国名牌产品。这是“三角”继2000年被评为“中国驰名商标”之后获得的又一项殊荣。据悉,中国名牌产品评价迄今4年,共有96类产品被列入评价目录,479家企业的547个产品获得中国名牌产品称号。今年有254家企业获此荣誉,其中轮胎行业10家。

△2004年8月29日,三角集团《全面标准化管理实施方案》正式下发,标志着公司全面标准化管理工作全面展开。该方案对全面标准化工作的内容、实施步骤、实施要求等都进行了明确,可为推进公司全面标准化管理工作提供科学的指导。

(以上由三角集团 于光国供稿)

△近日,风神轮胎股份有限公司的风神牌全钢载重子午线轮胎荣获由中国名牌战略推进委员会评价、国家质检总局授予的2004年度(首批)“中国名牌”产品称号。这是风神轮胎股份有限公司在品牌建设上的一个新的里程碑。

(风神轮胎股份有限公司 谢智保供稿)

△2004年8月20日,挂靠在北京橡胶工业研究设计院的国家橡胶轮胎质量监督检验中心顺利通过了中国实验室国家认可委员会(CNAL)组织的监督评审和扩项评审。扩项后,符合我国国家标准的增强型载重汽车轮胎(GB/T 19047—2003)以及符合印度尼西亚国家标准的轿车轮胎(SNI 06-0098—2002)、载重汽车轮胎(SNI 06-

0099—2002)和轻型载重汽车轮胎(SNI 06-0100—2002)也纳入了该中心的检测范围。

(本刊讯)

△鲸鱼集团河北轮胎有限责任公司研制成功6.50R10,7.50R12和12R16.5三个规格的工业车辆子午线轮胎。

△鲸鱼集团邢台橡胶有限责任公司8月份生产经营再创佳绩,轮胎内胎销售收入同比增长57.86%,产量突破10万条,产值达420余万元,创造了淡季不淡、旺销高产的大好局面。

(以上由鲸鱼集团 范振强供稿)

△今年以来,山东三工橡胶有限公司加快产品创新,严格保证产品质量,在稳固国内市场的同时,奋力开拓国际市场。1~8月份,公司完成出口交货值822万美元,比去年同期增长160%。自3月份以来,公司出口势头猛增,每月出口数额均突破100万美元,连创新高,促进了公司持续、健康、快速地发展。

(山东三工橡胶有限公司 周显江供稿)

△伴随双星牌全钢子午线轮胎荣膺“中国名牌”的喜讯,近日青岛双星轮胎工业有限公司又传捷报:密炼中心胶片输送线零距离改造于9月13日全线完工。试生产证明,此工艺流程改造达到了提高现场和胶料管理水平及工序合并、减员增效、降低劳动强度的目的,标志着青岛双星轮胎工业有限公司在“赶超世界水平,争创世界一流密炼中心”的征程中迈出新的步伐。

(双星集团 王开良 殷倩瑜供稿)