

谈四轮定位原理及其对车辆行驶性能的影响

卓书亮 王士英

海南海马汽车有限公司 海南 海口 570216

摘要: 本文深入探讨了乘用车四轮定位的基本原理、计算公式、仿真分析及其对车辆行驶性能的影响。文章详细分析了四轮定位的关键参数,包括主销后倾角、主销内倾角、车轮外倾角、前束和推力角,以及这些参数对行驶性能的具体影响,结合仿真实验,为四轮定位参数设计提供基础。同时,强调了定期进行四轮定位维护的重要性,以增加行驶安全、延长车辆使用寿命。

关键词: 四轮定位参数; 计算公式原理; 仿真分析; 车辆行驶性能

1 引言

车辆四轮定位在乘用车技术中占据至关重要的地位,它直接关系到车辆的操控性、行驶稳定性和轮胎磨损等多个方面。四轮定位技术已成为汽车设计、维修和保养过程中不可或缺的一环。然而,由于车辆结构的复杂性和行驶条件的多样性,四轮定位技术的研究仍面临诸多挑战。因此,深入探讨四轮定位参数,推导相关计算公式,并建立仿真模型进行分析,以验证四轮定位技术在提升车辆操控性、行驶稳定性和减少轮胎磨损等方面的有效性,对于推动汽车技术的发展具有重要意义。

2 车辆四轮定位概述

2.1 四轮定位的概念

车辆四轮定位是指通过对汽车的四个车轮进行精确的测量和调整,确保它们在行驶过程中保持最佳的相对位置和角度。四轮定位技术不仅涉及前轮,还包括后轮的定位调整,以确保整车在行驶过程中的稳定性和可靠性^[1]。

◎前轮定位:主要针对转向轮(通常为前轮)进行调整,包括主销后倾角、主销内倾角、前轮外倾角和前轮前束等参数。这些参数的设置直接影响车辆的转向性能和行驶稳定性。

◎后轮定位:虽然后轮不直接参与转向,但其定位参数(如后轮外倾角和后轮前束)对车辆的行驶稳定性和轮胎磨损同样具有重要影响。特别是在高速行驶时,它有助于减少车辆的侧倾力矩。

2.2 四轮定位参数的原理

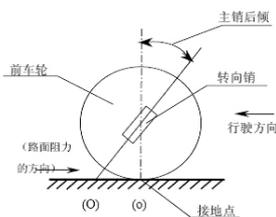


图1 主销后倾角



图2 主销内倾角

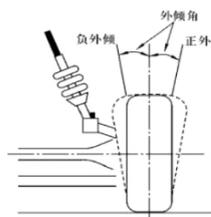


图3 车轮外倾角

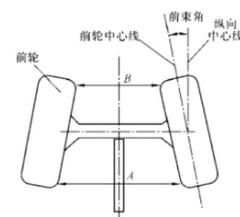


图4 前轮前束

2.2.1 主销后倾角

定义:从汽车的侧面看,主销后倾角是指转向主销轴线与铅垂线的夹角。主销轴线在铅垂线的后方为正,反之为负(参见图1)。

计算公式:假设车轮平面中心点为O,轮胎半径为r,主销轴线与水平面交点为A,轮胎平面与水平面交点为B、C,连接OA、OB、OC,形成三角形OAB和OAC。设主销后倾角为 α ,则有:

$$\sin \alpha = \frac{OA}{OB}$$

其中,OA为主销后倾线在水平面上的投影长度,OB为轮胎半径r与主销后倾线在垂直方向上的偏移量之和。

2.2.2 主销内倾角

定义:从汽车的正面看,主销内倾角是指转向主销轴线与铅垂线的夹角。主销轴线向车体内倾斜为正,反之为负(参见图2)。

计算公式:假设转向主销轴线与车身纵向平面的夹角为 β ,则有:

$$\tan \beta = \frac{h}{l}$$

其中,h为主销内倾线在车身横向平面上的高度差,l为主销内倾线在车身纵向平面上的投影长度。

2.2.3 车轮外倾角

定义:车轮外倾角是指车轮中心平面与铅垂线的夹角。当车轮顶部向汽车外部倾斜时角度为正,反之为负(参见图3)。

计算公式：假设车轮上侧与铅垂线的距离为a，下侧与铅垂线的距离为b，则有：

$$\tan \gamma = \frac{a-b}{h}$$

其中， γ 为前轮外倾角，h为车轮中心到测量平面的垂直距离。

2.2.4 前轮前束

定义：前轮前束是指前轮前端之间的距离小于后端之间的距离（参见图4）。

计算公式：假设前轮前端距离为B，后端距离为A，则有：前束值 = A-B。

3 四轮定位参数对车辆行驶性能的影响

3.1 主销后倾角的影响

主销后倾角的设计主要是为了增加车辆在直线行驶时的稳定性。当主销后倾角设置合理时，车辆在行驶过程中会自然地趋向于保持直线行驶，即便遇到轻微的路面扰动或侧向风力，也能有效抵抗偏航，提升行驶稳定性。然而，如果主销后倾角过大，虽然能增强直线行驶的稳定性，但可能会增加转向时的阻力，导致转向沉重，影响驾驶舒适性；反之，若主销后倾角过小会使转向发飘，导致车辆行驶不稳影响行驶安全性^[2]。同时左右后倾角不等时，汽车会向后倾角小的一侧跑偏，产生转向拉力，所以左右后倾角之差不宜过大，一般应在 0.5° - 1° 之间。

3.2 主销内倾角的影响

主销内倾角的设计主要是为了减小转向时的操纵力，使转向更加轻便。主销内倾角还能在车辆转弯时产生一个向内的回正力矩，帮助车轮在转弯后自动回到直线行驶位置，提高行驶的稳定性 and 安全性。如果主销内倾角设置不当，如过大，可能会导致转向过度敏感，造成驾驶时的不适；若过小，则可能减弱回正力矩，使车辆在转弯后不易自动回正，增加驾驶难度。主销后倾和主销内倾都有使汽车转向自动回正、保持直线行驶位置的作用，高速时主销后倾的回正作用起主导地位，而低速时则主要靠主销内倾起回正作用。

3.3 车轮外倾角的影响

车轮外倾角设置有助于减少轮胎的不均匀磨损，优化轮胎与地面的接触面积，提高抓地力，从而提升车辆的操控稳定性和行驶安全性。车轮外倾角还能在一定程度上影响车辆的转向特性，如外倾角适当的负值有助于提升车辆在高速转弯时的稳定性。然而，如果车轮外倾角设置不当，如过大或过小，都可能导致轮胎的异常磨损，降低轮胎使用寿命，同时影响车辆的操控性能和行驶稳定性。左右外倾角不等时，汽车会向后外倾角大的一侧跑偏，所以左右外倾角之差不宜过大，一般应在 0.5° 以内。

3.4 前束的影响

前束的设置主要是为了抵消车轮外倾角带来的不良影响，确保车轮在滚动时方向朝前，减少轮胎磨损，并提升车辆的直线行驶稳定性。合理的前束设置还能在一定程度上改善车辆的转向响应，使驾驶更加灵活。然而，如果前束设置不当，如过大或过小，都可能导致轮胎的过快磨损，甚至引发车辆的跑偏现象，严重影响行驶安全和舒适性。

3.5 推力角的影响

推力角是指车辆两后轮中心线与车辆纵向中心线之间的夹角。推力角的存在主要是为了补偿车辆制造和装配过程中的误差，以及路面不平等因素导致的车辆行驶偏斜。合理的推力角设置有助于保持车辆的直线行驶能力，减少轮胎的侧向磨损，提升行驶稳定性。如果推力角设置不当，如过大，可能会导致车辆在行驶过程中出现明显的跑偏现象，影响行驶安全；若过小，则可能无法有效补偿车辆行驶过程中的偏斜，同样会影响行驶稳定性和舒适性。因此，在四轮定位调整时，推力角的正确设置也是至关重要的。

4 基于 ADAMS 的车辆仿真模型建立

4.1 仿真模型概述

为了研究车辆轮心跳动对四轮定位参数变化的影响，本文采用ADAMS软件建立了详细的车辆悬架系统仿真模型^[3]（参见图5）。根据装配好的前、后悬架及转向系统在设计状态的CATIA模型，测量运动硬点，添加合适的运动副、弹性元件等连接部件，输入各弹性元件的相关参数，建立相应的ADAMS仿真分析模型，该模型包括弹簧、减震器、控制臂等关键部件，采用同向轮跳工况仿真，为后续的四轮定位参数设计提供基础。

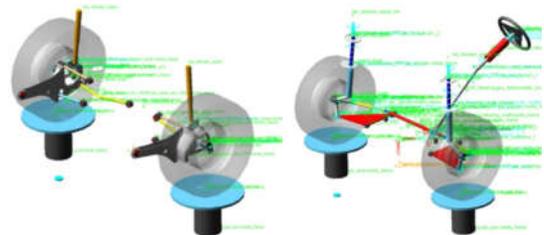


图5 麦弗逊独立悬架-多连杆式独立悬架

4.2 四轮定位参数仿真分析

在ADAMS仿真分析中，从前束角-外倾角变化曲线（参见图6）和主销后倾角-主销内倾角变化曲线（参见图7）可以得出：

1) 对于麦弗逊独立前悬架的前束角随着车轮上跳而变小。2) 对于E型多连杆独立后悬架的前束角随着车轮上跳而变大。3) 对于麦弗逊独立前悬架的外倾角随着车

轮上跳而变小。4) 对于E型多连杆独立后悬架的外倾角随着车轮上跳而变小。5) 对于麦弗逊独立前悬架的主销后倾角随着车轮上跳而变大。6) 对于麦弗逊独立前悬架的主销内倾角随着车轮上跳而变大。

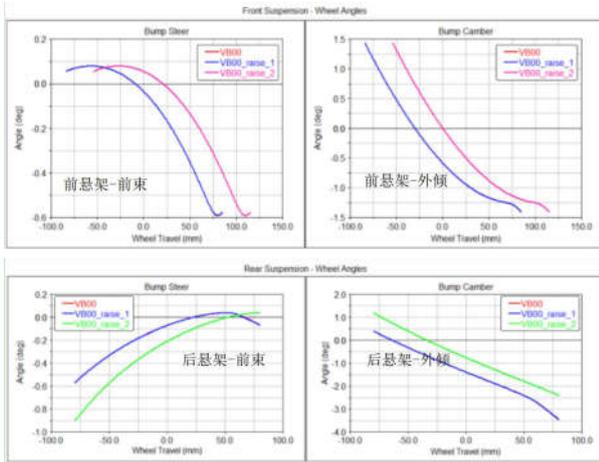


图6 前束角-外倾角变化曲线

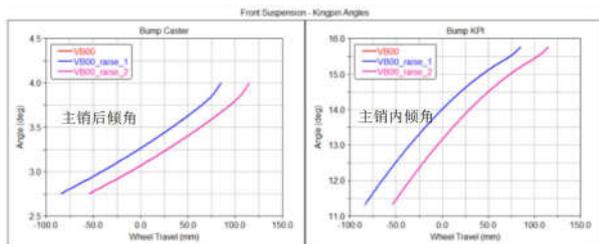


图7 主销后倾角-主销内倾角变化曲线

5 四轮定位的重要性与定期维护

5.1 增加行驶安全

四轮定位作为现代汽车维修保养中的关键一环，其重要性首先体现在对行驶安全的显著提升上。当车辆的四轮定位参数处于理想状态时，轮胎能够均匀地接触地面，减少不必要的摩擦和磨损，从而提高抓地力和制动效率。四轮定位的调整能够优化车辆的转向响应，使驾驶员能够更准确地控制车辆的行驶轨迹，从而避免因操控失误而引发的事故。另外，四轮定位的正确性还关系到车辆的直线行驶能力。当四轮定位参数偏离标准值时，车辆可能会出现跑偏现象，这不仅影响驾驶者的驾驶感受，更重要的是，它可能掩盖了车辆潜在的转向系统或悬挂系统问题，增加了行驶中的安全隐患。因此，定期进行四轮定位调整，及时发现并纠正参数偏差，是确保行驶安全的重要措施。

5.2 延长使用寿命

四轮定位不仅关乎行驶安全，还直接关系到车辆各部件的使用寿命。车轮、轮胎、悬挂系统和转向机构是车辆行驶中承受负荷和磨损的主要部件。当四轮定位

参数不正确时，这些部件会受到额外的压力和摩擦，加速其磨损和老化过程。例如，车轮外倾角或前束设置不当会导致轮胎的局部磨损，这种不均匀磨损不仅缩短了轮胎的使用寿命，还可能导致车辆在行驶过程中产生振动和噪音，影响驾驶舒适性。所以定期进行四轮定位调整，可以确保车轮、轮胎和悬挂系统的最佳配合状态，减少不必要的磨损和损坏。这不仅可以延长这些部件的使用寿命，减少维修和更换的频率，还能降低车辆的整体维护成本和运行成本^[4]。

5.3 定期维护

定期进行四轮定位维护是车辆保养中不可或缺的一环。第一，车辆的使用情况和行驶环境是决定四轮定位维护频率的关键因素。对于经常在山路、工地等恶劣路况下行驶的车辆，建议每行驶6000-8000公里或每半年进行一次四轮定位检查。而对于行驶环境较为良好、道路状况平稳的车辆，则可以适当延长维护周期，但通常不应超过一年或12000公里。第二，在进行四轮定位维护时，应选择具有专业知识和经验的正规维修店，常用的四轮定位检测设备主要包括光学式四轮定位仪和激光式四轮定位仪。第三，通过定期检查车辆轮胎的磨损情况，观察是否出现不均匀磨损或异常磨损；注意车辆在直线行驶时是否跑偏；以及关注车辆在转弯时是否稳定等自我检查和维修^[5]。这些方法虽然不能完全替代专业的四轮定位检查，但有助于及时发现潜在问题并采取相应措施。

6 结束语

综上所述，四轮定位参数对车辆行驶性能具有深远影响。为确保车辆行驶的安全性和稳定性，结合计算分析和仿真分析，合理设定四轮定位参数。后期车辆使用应重视四轮定位的检查和维修，并定期进行专业检测，以增加车辆行驶安全、延长车辆使用寿命，降低维护成本和运行成本。

参考文献

- [1]郭玺.乘用车四轮定位原理及参数设计研究[J].深圳汽车工程,2023,18(2):45-52.
- [2]朱良生.浅析汽车四轮定位检测的准备与应用[J].汽车实用技术,2020,{4}(04):207-209.
- [3]蒙堂基,王鑫,张洪蛟,等.基于ADAMS的车辆跑偏影响因素仿真分析[J].比亚迪技术通讯,2023,(4):34-41.
- [4]王伍洋.线控四轮转向车辆的非线性控制策略研究[D].吉林大学,2020,05:89-91.
- [5]王振刚,范健文,高远,王雨涛.四轮转向车辆操纵稳定性的最优控制策略研究[J].广西科技大学学报,2020,02:1-6.