

文章编号:1001-3997(2007)10-0056-03

基于 ADAMS 的双横臂独立悬架优化仿真分析

于海峰 于学兵 (大连理工大学 动力与能源工程学院,大连 116023)

Simulation analysis and optimization of double wishbone suspension based on ADAMS/CAR

YU Hai-feng, YU Xue-bing

(Dalian University Of Technology, School of Energy and Power Engineering, Liaoning, Dalian 116023)

【摘要】利用机械系统动力学分析软件 ADAMS,建立了带有转向系统的双横臂独立前悬架虚拟样机模型。并在 ADAMS/car 模块中对其进行仿真分析。通过修改悬架的各种参数来对其进行优化设计,从而研究悬架参数对操纵稳定性的影响,并使得前轮定位参数达到一个最优值。

关键词:双横臂独立悬架;参数;ADAMS/car;前轮定位

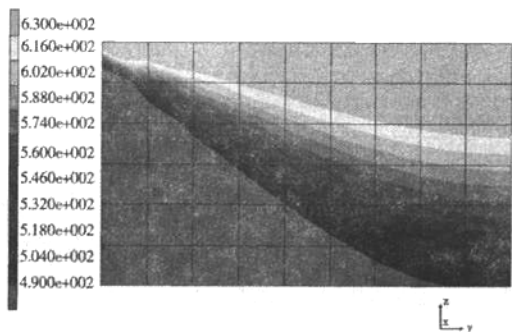
【Abstract】 By applying the mechanical system simulation software ADAMS, a double wishbone front suspension model with steering system was built. And the simulation analysis was performed. According to the result, we can modify the parameters of suspension to have a reasonable alignment parameters of front wheel.

Key words: Double wishbone front suspension; Parameters; ADAMS/car; Front wheel alignment

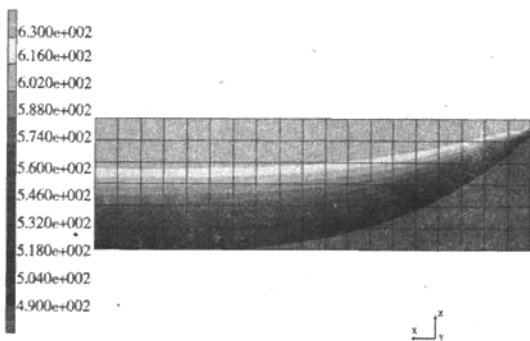
中图分类号:U463.33 文献标识码:A

目前,虚拟样机仿真技术已经得到广泛的应用,ADAMS 便是应用比较广泛的软件之一。但是目前,利用 ADAMS 建立前悬架模型进行仿真优化,多数还是在理论分析下对几个悬架参数

* 来稿日期:2006-12-19



(a)



(b)

图 3 工况 2 温度场分布图

行了热力学耦合分析;分析了初始温度、拉坯速度及结晶器冷却能力对铝锭温度场和应力场的影响。

(2)模拟现场工艺条件,建立了铝合金大扁锭半连续铸造仿真计算的有限元模型,根据现场工艺,确定了相应的边界条件。

(3)仿真结果与现场实验观测结果基本吻合,说明了仿真分析的准确性,同时,仿真分析为确定正确的工艺参数,寻找改善应力场分布的途径,探索抑制裂纹出现的措施提供了依据,能够很好的用于半连续铸造过程的仿真研究。

参考文献

- 1 单长智,王立娟,王德满.实心圈锭的应力分析及防止裂纹的措施[J],轻合金加工技术,1997(25):1-4.
- 2 李晓谦,胡仕成,快速铸轧中的接触热导及带坯在铸轧区的温度分布的仿真分析[J],重型机械,1999(3):34-37.
- 3 段湘安.铸轧辊套传热的集肤效应与参数影响的数值仿真研究:[硕士学位论文].长沙:中南大学机电工程学院,2002.
- 4 邢书明.难变形钢铁材料半固态连铸技术研究[D].北京:北京科技大学出版社,1996.
- 5 邢书明,李亚敏,胡汉起.半固态连铸过程拉漏(断)机理研究[J],特种铸造及有色合金,2000(1):16-19.
- 6 杨世铭,陶文铨,传热学[M].北京:高等教育出版社,2003.
- 7 千勇,仇圣桃,萧泽强.连续铸钢过程数学物理模拟[M].北京:冶金工业出版社,2001.
- 8 李毅波.连续铸轧多场耦合建模及工艺参数匹配规律的仿真研究:[硕士学位论文].长沙:中南大学机电工程学院,2005.
- 9 陈火红,于军泉,席源山.基础与应用实例[M].北京:科学出版社,2004.
- 10 Msc.Software.Msc.Marc2005(Volume A): Theory and User Information. [M] MSC.Software.2005.

5 小结

(1)运用 MSC.MRC 有限元软件,对铝锭半连续铸造过程进

进行修改。本文利用 ADAMS/Car 建立双横臂前悬架模型,仿真分析后利用 ADAMS/Insight 模块进行计算分析。通过优化对比,对悬架硬点坐标在一定限制范围内进行优化,来调整前悬架的前轮定位参数,提高汽车的操纵稳定性。

1 Adams 软件简介

机械系统动力学仿真分析软件 (Adams Automatic Dynamic of Mechanical System) 是目前广泛应用的汽车动力学分析软件。它将多体动力学建模方法与大位移、非线性分析求解功能相结合,将强大的大位移、非线性分析求解功能与使用方便的用户界面相平衡,并提供与其它 CAE 软件如控制分析软件 Matrix、有限元分析软件 ANSYS 等的集运动学和动力学分析。另一方面,又是机械系统动态仿真分析开发工具,其开放性的程序结构和多种接口,可以成为特殊行业用户进行特殊类型机械系统动态仿真分析的二次开发工具平台。ADAMS 软件支持并行工程环境,节省大量的时间和经费。利用 ADAMS 软件建立参数化模型可以进行设计研究、试验设计和优化分析^[1]。ADAMS/CAR 模块则是 MDI 公司与 Audi、BMW、Renault 和 Volvo 等公司合作开发的整车设计模块,它能够快速建造高精度的整车虚拟样机,其中包括车身、悬架、传动系统、发动机、转向机构、制动系统等,可以通过高速动画直观的再现在各种试验工况下整车的动力学响应,并输出标志操纵稳定性、制动性、乘坐舒适性和安全性的特征参数^[2]。

2 建立双横臂独立悬架模型

2.1 前轮定位参数的影响

悬架的性能反映在当车轮上下跳动时车轮定位参数的变化,在正常车轮跳动范围内,让车轮定位参数变化量保持在合理的范围内,保证汽车设计所期望行驶特性的能力。汽车前轮定位参数主要包括车轮外倾角、主销内倾角、主销后倾角及前轮前束。此外,轮距的变化对汽车的操纵稳定性和轮胎的磨损也有较大的影响。

车轮外倾角是汽车前轮定位的一个重要参数,一般尽量减少车轮相对车身跳动时的外倾角的变化,在常见的车轮跳动范围内,其变化量控制在 1° 以内。理想设计应使车轮由下向上跳动时外倾角向减小方向变化,以确保汽车曲线行驶过程中车身侧倾时,外倾车轮接近于垂直地面状态,从而提高轮胎的侧偏特性。

主销后倾角对转向时车轮外倾变化影响较大。假若主销后倾角设计较大,则外倾转向轮的外倾角会向负方向变化。因此,当前轮主销后倾角较大时,需增加前轮转向所必需的横向力,以抵消外倾推力,这样不足转成模块扩展设计手段,在汽车、航天等领域有着广泛的应用^[3]。ADAMS 一方面是机械系统动态仿真软件的应用软件,用户可以运用该软件非常方便地对虚拟样机进行静力学削弱,最大横向加速度会增大。一般认为 $2^\circ\sim 3^\circ$ 是合理的范围。

主销内倾有利于主销横向偏距的减小,从而可以减少转向时驾驶员加在方向盘上的力,使转向轻便。同时也减少从转向轮传到方向盘上的冲击力。内倾角不宜过大,否则在转向时,车轮绕主销转动的过程中,轮胎与路面之间将产生较大的滑动,增加了轮胎与路面间摩擦阻力,这不仅使转向发沉,而且加速了轮胎

的磨损。

车轮跳动时的前束变化对车辆的直线稳定性,车辆的稳态响应特性有很大的影响,是汽车悬架的重要参数之一。设计时希望在车轮跳动时,前束不变或变化幅度较小。

2.2 建立前悬架模型

在 Adams/car 软件中建立由悬架子系统和转向子系统组成的双横臂前悬架系统模型,在建立分析总成的模型过程中,ADAMS/CAR 的建模顺序是自下而上的,所有的分析模型都是建立在子总成基础上,而子总成又是建立在模版的基础上,模版是整个模型中最基本的模块。然而模版又是整个建模过程中最重要的部分,分析总成的绝大部分建模工作都是在模版阶段完成的。在建立模版阶段,正确建立零部件间的连接关系和信号器是至关重要的,这些数据在以后的子系统和总成阶段无法修改,而零部件的位置和特征参数在后续过程中则是可以更改的。模版建立以后,接下来是创建子系统,在子系统的水平上,用户只能对以前创建的零部件进行部分数据的修改。建立仿真模型的最后一步是建立分析总成,在这一阶段,产品设计人员可根据实际需要,将不同的子系统组合成为一完整的分析模型,如悬架总成可以包括悬架子系统、转向子系统和试验台。

在分析之前,还需输入轮胎径向刚度及相关的整车数据,比如:簧载质量和簧载质量质心高度,等等。

根据建立的前悬架系统分析模型,利用 ADAMS/CAR 仿真前悬架平行跳动过程中车轮、主销、转向系统的变化,悬架导向系、转向杆系与车身之间的互相影响,从而评价前悬架系统的性能,发现问题所在,并提出改进方案,进行优化设计。前悬架模型如图 1 所示。

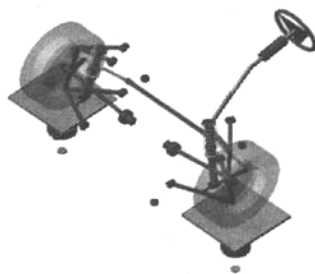


图 1 前悬架模型

2.3 对悬架进行仿真优化分析

首先对悬架参数进行设置,包括质心高度、簧载质量、轴距等等。然后设置仿真参数,对悬架进行平行跳动的仿真试验。上下跳到都为 50mm。仿真结束后,调用 MSC.ADAMS/Solver 进行解算后,系统能输出多种有关悬架性能的参数。由于在整车运动过程中,路面存在一定的不平度,轮胎和车身之间的相对位置会发生变化,这也会造成车轮定位参数发生相应的变动。如果车轮定位参数的变动过大的话,会加剧轮胎和转向机件的磨损并降低整车操纵稳定性和其他相关性能,所以原则上,车轮定位参数的变化量不能太大。

利用 MSC.ADAMS/Insight 模块,用户可以对车轮定位参数

中的某项或是多项进行优化,使定位参数达到一个理想值。本论文是通过对悬架的部分硬点坐标进行改变来达到优化定位参数的目的。

在 Insight 模块中,我们对双横臂悬架的下控制臂前点(lca-front),后点(lca-rear),下控制臂球头销(lca-outer),转向拉杆内点(tierod-inner),外点(tierod-outer),上控制臂前点(uca-front),后点(uca-rear),上控制臂球头销(uca-outer)等八个坐标点的 24 个坐标值进行分析。设定每个值的变化范围在-5~5mm 之间。选取五项前轮定位参数为优化目标。在 Insight 模块中进行 128 次迭代计算。计算完之后,利用 Insight 自带功能,将优化的结果以交互式网页的形式输出。然后可以在此网页中修改硬点坐标值,同时观察定位参数的变化趋势。表 1 为优化前后悬架的部分硬点坐标:

表 1 硬点坐标

硬点坐标	状态	X 坐标	Y 坐标	Z 坐标
Lca-front	优化前	-200.0	-400.0	150.0
	优化后	-195.0	-395.0	145.0
Lca-outer	优化前	0.0	-750.0	100.0
	优化后	-3.0	-752.0	105.0
Lca-rear	优化前	200.0	-450.0	155.0
	优化后	205.0	-445.0	150.0
Tierod-inner	优化前	200.0	-400.0	300.0
	优化后	205.0	-405.0	305.0
Tierod-outer	优化前	150.0	-775.0	300.0
	优化后	155.0	-770.0	295.0
Uca-front	优化前	100.0	-450.0	525.0
	优化后	95.0	-448.0	530.0
Uca-outer	优化前	40.0	-700.0	525.0
	优化后	35.0	-695.0	520.0
Uca-rear	优化前	250.0	-490.0	530.0
	优化后	255.0	-495.0	525.0

下面是优化前后车轮定位参数的对比图(实线为优化前,虚线为优化后如图 2,图 3)。

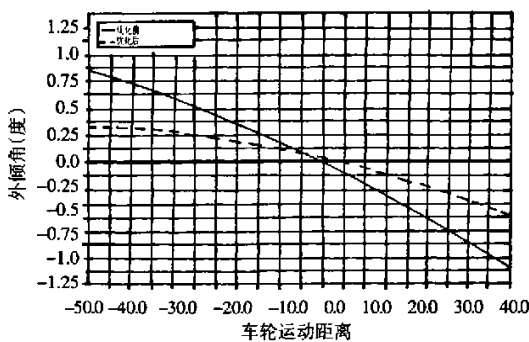


图 2 车轮外倾角优化前后对比图

2.3.1 车轮外倾角

为防止车轮出现过大的不足转向或过度转向趋势,一般希望车轮从满载位置起上下跳动 50mm 的范围内,车轮外倾角变化在 1° 左右。从图上可以看出,优化后车轮外倾角变化范围是-0.625~0.20deg,符合设计要求。

2.3.2 主销后倾角

主销后倾角为正值时有抑制制动时的点头作用,但太大时

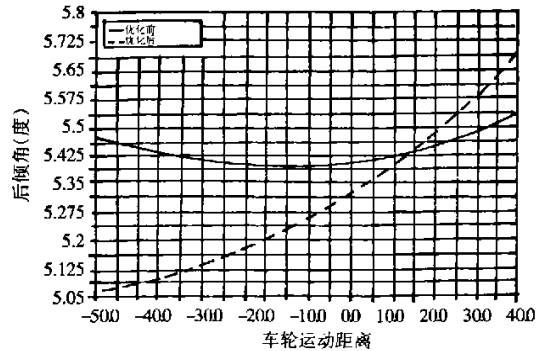


图 3 主销后倾角优化前后对比图

会使车轮支撑处反力矩过大,易造成车轮摆振或转向盘上力的变化。一般要求主销后倾角在 5°~6° 之间。图中所示,优化后完全符合设计要求。

2.3.3 主销内倾角

主销内倾角可以使汽车转向回正、转向操作轻便,在车轮跳动时,主销内倾角变化较大,将会使转向沉重,加速轮胎磨损。所以要求主销内倾角不能变化太大。从曲线图看出,优化后变化范围比优化前得到改善。

2.3.4 主销偏距

汽车转向时,转向轮绕主销转动,地面对转向的阻力矩与主销偏距的大小成正比。主销偏距越小,转向阻力矩也越小,所以一般希望主销偏距小一些,以减少转向操纵力以及地面对转向系统的冲击。主销偏距与主销内倾是密切相关的,通过调整主销内倾角可以得到不同的主销偏距。优化后结果大大好于优化前,符合设计要求。

2.3.5 前轮前束

对于汽车前轮,车轮上跳时的前束值多设计成零至负前束变化。当车辆行驶时,前束的变化过大,将会影响车辆的直线行驶稳定性,同时增大轮胎与地面间的滚动阻力,加剧轮胎的磨损,所以前束角的设计原则是在车轮跳动时,变化量越小越好,优化后结果符合设计要求。

3 结论

本文利用 Adams/car 建立了双横臂独立悬架模型,并进行双轮平行跳动仿真试验,仿真结束后,以前轮定位参数为主要优化目标,运用 ADAMS/Insight,通过对悬架硬点坐标和前轮定位参数多次修改和迭代计算,使车轮定位参数得到优化。但是由于汽车布置的限制,只能在局限的小范围内对悬架硬点坐标进行修改,所以得到的优化结果只是相对的。并不是绝对的最优结果。

参考文献

- 1 汽车工程手册编委会.汽车工程手册-基础篇.北京:人民交通出版社,2000.
- 2 郑建荣,ADAMS-虚拟样机技术入门与提高,北京:机械工业出版社,2002.
- 3 李军,邢俊文,覃文洁等,ADAMS 实例教程,北京:北京理工大学出版社,2002.
- 4 郑凯,胡仁喜,陈鹿民,ADAMS2005 机械设计高级应用实例.北京:机械工业出版社,2006.

基于ADAMS的双横臂独立悬架优化仿真分析

作者: [于海峰](#), [于学兵](#), [YU Hai-feng](#), [YU Xue-bing](#)
 作者单位: [大连理工大学, 动力与能源工程学院, 大连, 116023](#)
 刊名: [机械设计 & 制造](#) **ISTIC** **PKU**
 英文刊名: [MACHINERY DESIGN & MANUFACTURE](#)
 年, 卷(期): 2007, (10)
 被引用次数: 3次

参考文献(4条)

1. 《汽车工程手册》编委会 [汽车工程手册-基础篇](#) 2000
2. [郑建荣](#) [ADAMS-虚拟样机技术入门与提高](#) 2002
3. [李军](#), [邢俊文](#), [覃文洁](#) [ADAMS实例教程](#) 2002
4. [郑凯](#), [胡仁喜](#), [陈鹿民](#) [ADAMS2005机械设计高级应用实例](#) 2006

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [黄虎](#), [刘新田](#), [金孟](#), [袁佳](#), [HUANG Hu](#), [LIU Xintian](#), [JIN Meng](#), [YUAN Jia](#) [前双横臂独立悬架运动对车轮定位参数的影响](#) - [上海工程技术大学学报](#)2008, 22(1)
 建立前双横臂独立悬架模型, 根据模拟仿真的要求, 设置边界条件, 在车轮上下跳动时, 进行车轮定位模拟仿真. 仿真结果表明, 所有车轮定位参数满足设计要求.
2. 学位论文 [李岩](#) [多体运动学在双横臂独立悬架分析与设计中的应用](#) 2002
 近些年来, 多刚体系统动力学已发展成为一门高度发达的解析几何和运动学方面的学科. 该课题所采用的是极大数目坐标法, 这种方法对汽车双横臂独立悬架空间位姿采用空间笛卡儿坐标和欧拉参数来描述和分析. 与传统的方法相比, 运用多体系统运动学对汽车双横臂独立悬架进行运动学分析, 具有简明、精度高和通用好的特点. 该课题所研制的软件, 可以对汽车双横臂独立悬架进行准确的运动学仿真和优化设计, 具有一定的实际价值和意义. 国外一些国家, 多体系统动力学已发展的较为成熟, 广泛应用在各个行业中; 在国内, 八十年代末九十年代初, 有学者用图论的方法对汽车悬架系统作过初步的运动学分析, 由于条件的限制, 存在着不够理想之处. 应用最大数目坐标方法对汽车双横臂独立悬架进行运动学分析, 尚属首例.
3. 学位论文 [叶鸣强](#) [基于虚拟样机技术的车轮随机侧滑仿真分析及悬架参数优化](#) 2005
 论文总结了国内外关于车轮侧滑研究的现状, 分析了各种侧滑形式产生的原因以及它们对汽车总侧滑的影响; 在此基础上, 指出了当前对车轮随机侧滑研究的不足以及加强这方面研究的必要性.
 本文系统阐述了虚拟样机软件ADAMS的建模、仿真以及优化理论基础, 概括了其形成初始条件分析、运动学分析、动力学分析方程组的过程, 详细说明了ADAMS中约束优化问题和Newton-Raphson数值方法的求解原理, 以及动力学分析中Jacobian矩阵的计算过程. 系统研究了轮胎的侧偏特性以及路面不平度的统计特性, 并在此基础上分析了车轮随机侧滑产生的机理. 针对国内对车轮随机侧滑研究较少以及没有相应国家技术标准对其进行规定的现状, 提出了“最大随机侧滑”的概念, 并以此作为评价车轮随机侧滑的重要依据, 为今后有关技术标准的制定提供相关参考. 应用虚拟样机软件ADAMS建立了1/2双横臂独立前悬架的虚拟样机模型, 并从理论上证明了该模型的合理性和可行性, 确定了车轮定位参数以及悬架的设计参数; 对建立的模型进行仿真, 分析了车轮定位参数以及悬架各个参数对车轮随机侧滑的影响情况. 通过优化分析, 确定了行车过程中对车轮随机侧滑影响最大的悬架参数: 主销长度、主销内倾角以及主销后倾角. 分析了各参数在优化前后的变化情况, 并确定了双横臂独立悬架的最终设计值, 对双横臂独立悬架以及其它类型的独立悬架的设计具有一定的参考价值.
4. 期刊论文 [明巧红](#), [钟绍华](#) [基于ADAMS的双横臂独立悬架的优化设计](#) - [专用汽车](#)2008(10)
 利用机械系统动力学分析软件ADAMS, 建立了带有转向系统的双横臂独立前悬架虚拟样机模型, 并在ADAMS/Car模块中对其进行仿真分析. 采用优化分析对悬架不合理数据进行优化, 进一步改善悬架系统性能, 以提高产品开发质量.
5. 期刊论文 [张亮亮](#), [裴永生](#), [吴丹丹](#), [ZHANG Liangliang](#), [PEI Yongsheng](#), [WU Dandan](#) [基于ADAMS的双横臂独立悬架的仿真分析及优化设计](#) - [现代机械](#)2010(4)
 采用虚拟样机技术, 借助于ADAMS软件这个操作平台, 针对某型车双横臂独立悬架定位参数变化过大, 建立了双横臂独立悬架模型, 并进行了运动学仿真分析, 评价了悬架数据的合理性. 利用ADAMS/Insight选取了适当的硬点坐标作为优化变量, 采用统一目标法将多目标函数转化为单目标函数并在ADAMS/View中对车轮定位参数进行优化, 进一步改善悬架系统的性能, 以提高产品开发的质量.
6. 期刊论文 [朱晓霞](#), [钟绍华](#) [基于ADAMS的双横臂独立悬架的优化分析](#) - [北京汽车](#)2009(2)
 针对某一轻型车双横臂独立悬架定位参数变化过大、轮胎磨损严重的问题, 利用机械系统动力学分析软件ADAMS, 建立了双横臂独立悬架的运动学分析模型. 以前轮定位参数以及前轮的侧向滑移量变化最小为优化目标, 对悬架系统进行了优化计算. 优化结果在一定程度上改善了悬架系统的性能, 对产品性能提高具有一定的指导意义.
7. 期刊论文 [刘新田](#), [黄虎](#), [赵礼辉](#), [刘长虹](#), [郭辉](#), [王岩松](#), [LIU Xin-tian](#), [HUANG Hu](#), [ZHAO Li-hui](#), [LIU Chang-hong](#), [GUO Hui](#), [WANG Yan-song](#) [下横臂橡胶衬套刚度对车轮定位参数影响分析](#) - [现代制造工程](#)2010(9)
 根据某车型硬点参数, 建立前双横臂独立悬架模型. 然后, 运用多体动力学和悬架系统运动学理论, 在车轮跳动、车轮转向、制动力和驱动力工况下, 分析并讨论下横臂前、后两个橡胶衬套的轴向刚度、扭转刚度和径向刚度对车轮定位参数的影响. 其结论为下横臂前、后橡胶衬套的轴向刚度和扭转刚度对车轮定位参数影响不大, 但是径向刚度对车轮定位参数影响较大.
8. 期刊论文 [刘虹](#), [王其东](#), [LIU Hong](#), [WANG Qi-dong](#) [基于ADAMS双横臂独立悬架的运动学仿真分析](#) - [合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 30(1)
 悬架的运动学特性首先反映在车轮定位参数的变化趋势上. 文章采用虚拟样机技术, 在ADAMS软件环境下, 建立了某商务车的双横臂扭杆独立悬架的多体动力学模型, 并进行了运动学仿真分析, 获得了随车轮上下跳动该悬架车轮定位参数的变化规律, 为汽车悬架系统开发提供一种有效的现代化手段.

9. 学位论文 [王旭 一汽一吨级轻型车双横臂独立悬架性能研究](#) 2001

该文以CA6471轻型客车为例,对比CA6440轻型客车,研究分析一汽一吨级轻型车双横臂独立悬架性能.该文目的在于将研究成果应用到实际生产设计中,尤其是应用到总布置设计中.传统的悬架系统设计是对同款车型进行对比,并根据经验判断,对汽车的偏频进行控制,并通过实验验证结论.双横臂独立悬架的上下摆臂的几何尺寸和位置决定了前悬架的侧倾高度,其悬架的侧倾角刚度直接影响整车的侧倾稳定性,但悬架的刚度太大,将使整车的平顺性变差.通过将一汽轻型车的前独立悬架导向机构的几何参数输入到ADAMS,计算得到前轮定位参数的变化曲线,根据几年来对一汽一吨级轻型车双横臂独立悬架的实际布置积累的一点经验,分析一汽双横臂独立悬架的导向机构对前轮定位的影响.

10. 期刊论文 [利用ADAMS对双横臂独立悬架进行仿真分析](#) -[汽车科技](#)2005(5)

通过某商务车的独立悬架的数学建模和仿真模型,利用ADAMS软件精确地计算汽车运动中悬架定位参数的变化,分析了该悬架定位参数对操纵稳定性的影响,以提高产品开发质量.

引证文献(3条)

1. [鲁春艳](#) [基于ADAMS的双横臂前悬架的虚拟设计及优化](#)[期刊论文]-[机电产品开发与创新](#) 2009(2)
2. [庞思红](#) [汽车悬架系统建模与优化仿真分析](#)[期刊论文]-[河北工业大学学报](#) 2008(5)
3. [明巧红](#),[钟绍华](#) [基于ADAMS的双横臂独立悬架的优化设计](#)[期刊论文]-[专用汽车](#) 2008(10)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jxsjyzz200710025.aspx

授权使用: 黑龙江工程学院(hljgcy), 授权号: 8f3a9f09-1700-441d-aa43-9e9a012c86a3

下载时间: 2011年3月2日