

浅谈独立悬架的现状与发展趋势

刘凯 杨旭 *

长城汽车股份有限公司 河北省保定市 071000

摘要: 悬架系统是改善汽车乘坐舒适性和操控稳定性的关键。在汽车乘坐舒适性方面,被动悬架已经难以再进一步改善。主动悬架系统具有很好的阻尼作用,但是它的能耗和费用都很高。而半主动悬架系统由于其结构简单,成本低廉,能够较好地解决乘坐舒适性问题,已逐渐受到人们的重视。文章对汽车悬架的种类、工作机理进行了简单的描述,总结了半主动悬架的控制方法、研究动力学,并对其今后的发展趋势进行了展望。

关键词: 悬架;汽车;现状;发展趋势

汽车在公路上行驶时,由于道路的起伏,汽车会产生震动。振动强度大到一定程度,就会引起旅客的不适,甚至造成所载货物的损伤。此外,在汽车行驶过程中,轮胎和道路的动态荷载对汽车的粘附作用产生了一定的影响,从而对汽车的行驶平稳性产生了一定的影响。此外,汽车在加速、刹车、转向等情况下,还将导致车体姿态的改变(前倾、后翻等),给人带来很大的不适。因此,对汽车的振动与受力进行分析,并提出相应的对策,以使汽车的减振效果达到最小,对于提高汽车的平顺性与操纵性,是非常必要的。要降低汽车的震动,必须从两个方面着手:一是提高路面的品质,降低产生震动的根源;二是提升振动抑制能力。汽车的振动抑制通常包括轮胎、悬架和座椅三大部分,而悬架系统又是汽车悬架系统的核心部分,通过弹性部件和阻尼部件来实现。汽车悬架系统是汽车与轮子间所有能传递动力的联结系统的统称。它把路面作用于车轮的支承力、牵引力、制动力和侧向反力以及这些力所产生的力矩,传输到车身上,从而确保汽车的正常运行。悬架系统是汽车最重要的部件之一,它的性能对汽车的行驶平舒性、操纵稳定性和安全性有很大的影响。

1 悬架的种类和工作原理

按照悬架的阻尼和刚性有没有随行车工况改变而改变,它可以划分成被动悬架、半主动悬架和主动悬架三种类型,其中半主动悬架还可以按照其阻尼等级划分成有级和无级式。目前,由于采用了基于试验或最优的方式来确定悬架体系的刚性、阻尼参数,且一旦确定,在实际运行中就不能再进行调整,从而制约了悬架体系的振动抑制能力。为解决目

前被动式悬架技术存在的不足,20世纪60年代,国外学者在此基础上,引入了一种基于主动式或被动式可控单元的新型悬架技术。该方法采用闭合回路,通过车身高度传感器对汽车行驶情况及道路情况的分析,来实现对车身振动的有效抑制,从而保证了汽车悬架在最佳振动环境下的稳定。因此,能够对外部激励或者汽车自身的状况做出相应的调整。所以,这个体系一定要有效。而“半主动式悬架系统”是一种被动的、可控的减震元素。

在汽车悬架系统中,由于弹力部件不仅要对汽车的动力进行吸收与储存,而且还要承担汽车的自重与负载。该系统具有构造简便、运行时对整车功率的要求低等特点,因此汽车悬架得到了广泛的使用。

考虑到道路上的随机因素,汽车悬架减振的控制是一种自适应的方法,它可以使汽车悬架减振效果在很大程度上保持良好的稳定性。通过对系统的减振参数进行调整,实现了对输出的有效的控制,并满足了设计的需要。该方法与传统的反馈控制方法相比,其区别在于其所要面对的是“不确定”的信息。

根据产生机理的差异,将其划分为两种类型:修正式调整式和模型基准式。现有的汽车主动悬架大多使用的是“车-地”的准确建模方法,因为难以对其进行准确的建模。

尽管在当今的汽车上,悬架系统的类型很多,其构造也有很大的不同,但是它们都是由弹性元件、减振元件、引导元件等构成。其工作机理为:在汽车的车轮遭受撞击时,通过弹性元件来吸收撞击,从而避免汽车部件及人身的损坏。但是,在碰撞过程中,弹性元件会发生长期、持久的震动,

从而造成司机的疲劳。因此, 阻尼单元必须具有对震动迅速的阻尼作用。对于因撞击引起的轮胎弹跳, 必须保证轮胎弹跳的轨迹满足某一特定的规律, 不然将影响汽车的舒适性和驾驶的平稳性。在传递力量的过程中, 需要对引导元件的朝向进行控制。

2 悬架的发展历史和现状

科学技术的发展是人们不断努力的方向。自从有了马车之后, 人们就一直在不断地研究着它的悬架装置, 也就是翼簧。1776 年, 一种用于汽车的翼簧获得了专利权。直到 1930 年, 刀簧才被卷簧所取代。在汽车产生之后, 由于人们对悬架系统的进一步的了解, 先后有扭杆弹簧, 空气弹簧, 橡胶弹簧, 以及其它一些具有弹性的部件如板簧。在 1933 年, 全球首次使用盘簧构成的无源悬架系统。主动式悬架系统的主要性能指标是通过试验和最优的方式来决定的, 这些指标在实际使用中是固定的。这种方法在一组路面条件下进行了调整, 难以适用于多种路面条件, 而且其阻尼性能不佳。针对此问题, 本文提出一种基于弹性元件的主动悬架系统设计方案, 通过调整车体的高低来改善主动悬架系统的性能, 取得了一些效果, 但是并不能完全消除主动悬架系统的不足。现在的汽车, 多数应用麦弗逊型悬架, 前半部分结合水平稳定器, 比如保时捷 911、国产奥迪、桑塔纳等, 有多个组合的, 还有一个是多个联轴器。

关于半主动悬架系统的理论与方法, 自 1973 年起, 主要是克罗斯比和卡莫普等人对其进行了初步的探讨。而在实际应用中, 对减振效果的影响主要集中在减振器上, 而对减振效果的影响则很小。其工作机理是: 通过簧上质量相对车轮的速度响应、加速度响应等反馈信息, 按照某种控制法则来调整弹簧的阻尼力或刚性, 该系统具有类似于被动悬架系统的作用力, 但是其减振或刚性可以随工况变化而变化, 这一点与有源悬架非常类似。有阶半主动悬架系统把减震分为多个阶段, 减震阶段可以通过司机的“路感”来决定, 也可以通过感应到的讯号来决定; 该系统能在数 ms 之内, 依据汽车的工况和路况, 对其减振性能从最低值到最高值进行连续调整。因为它的构造相对比较容易, 所以在运行时不会耗费汽车的功率, 并且可以达到类似于传统悬架的效果, 所以它的发展潜力很大。

由于汽车行驶速度越来越快, 而传统的被动悬架系统所存在的不足已成为制约汽车行驶品质提升的重要因素, 因

此, 研究能够同时满足乘坐舒适性与操控平顺性的主动悬架系统已迫在眉睫。美国通用于 1954 首次将有源悬架的理念引入到悬架系统中。该系统是在汽车的主动悬架系统中, 通过对悬架系统的刚性、阻尼进行调整, 从而使得汽车悬架系统在各种路况下都能达到最优的工作效果。控制设备一般包括测量系统, 反馈控制系统, 能量供应系统等。二十个世纪八十年代以来, 国际上许多知名的汽车制造商都在争先恐后地研发出了该悬架系统。丰田汽车, 洛特斯汽车, 沃尔沃汽车, 奔驰公司等公司已经在轿车上做过比较好的实验。装有该系统的汽车, 即使在恶劣的道路上, 其速度也能保持很好的稳定性和较低的轮胎噪声, 在方向盘和刹车过程中, 汽车必须处于一个水平线上。但其结构复杂, 能耗高, 造价高昂, 且稳定性不高。

在国内, 由于各种因素的影响, 部分汽车使用了主动悬架系统。我国”半主动式、主动式悬架系统的研究较少, 与国际先进水平存在较大差异。半主动悬架技术是欧美国家 80 年代末发展起来的一种先进技术, 其最早是由福特、日产等企业率先用于汽车, 并获得了良好的效果。尽管有较长时间的研究历史, 但因其涉及的领域较广, 其研究难度较大。直到 1990 年代, 还只是用于高排放的高档轿车。

目前还没有见到在我国汽车中应用该技术的报导, 仅有北京理工大学、同济大学等寥寥数家科研单位对该技术进行了深入的探讨。

3 悬架的发展趋势

考虑到汽车对乘坐舒适性和操控稳定性的需求, 安全、智能、环保的智能悬架系统将成为未来汽车悬架系统的发展方向。

(1) 由于采用了常规的机构, 所以根据随机振动的原理, 这种机构只有在一定的路面条件下才能发挥出更好的性能。但是, 其理论比较成熟, 结构简单, 运行可靠; 它的价格比较便宜, 也不需要什么多余的能源, 所以它的用途是最广的。在目前的国内, 这一理论仍具有很大的应用前景。目前汽车界对无源悬架的性能进行了三项研究: ①在对汽车进行力学分析之后, 对其进行了建模, 并利用电脑模拟技术或者是利用有限元方法来寻求最佳的悬架参数; ②研制了一种新型的可调刚性、可调阻尼式的吸振装置, 保证了悬架系统在大多数路面条件下都能正常工作; ③对汽车的引导机制进行了深入的探讨, 从而在保证汽车乘坐舒适性的同时, 大幅

度地改善汽车的稳定性。

(2) 除上述之外, 汽车专家还进行了两个主要的工作:

①对执行者进行了控制, 对其控制方法进行了探讨。②可调阻尼型消震器可以分为两类: 一类是利用节流板的尺寸来调整其阻尼值; 一种是用不同的粘滞系数来调整阻尼器的阻尼器。节流器的节流器尺寸通常采用电动阀门或步进电动机来实现, 但该方式既昂贵又繁琐。采用调节液体粘度的方法实现对振动的控制, 具有结构简单, 造价低廉, 无噪声, 无震动, 是当前研究的热点。

(3) 对有源悬架系统的分析也着重于两个领域: ①系统的可靠度; ②系统的制动器。因为有源悬架系统中需要大量的传感器, 单片机, 输出输入电路, 以及多种界面, 因此, 有源悬架系统的设计需要考虑的因素很多。提高组件的整合水平, 是一个无法克服的障碍。制动器的研制重点在于用电力驱动装置取代液力驱动装置。在电力驱动中, 线性伺服马达及永磁体线性伺服马达在未来的发展趋势中, 将逐步替代液力驱动器。通过本项目的实施, 有望实现一种基于电磁波能量存储的高效、低耗、可调谐的新型电磁波能量存储的自适应主动悬架系统, 推动其从基础科学问题向工程实践的发展。

每一次悬架技术的进步, 都与其他领域的进步紧密相连。计算机, 自动控制, 模糊控制, 神经网络技术、先进制造技术和运动模拟技术为汽车悬架系统的发展奠定了基础。与此同时, 悬架技术的发展也为这几个有关的领域带来了更高的理论需求, 让人们对它们的认知迈向一个新的、更高的领域。

参考文献:

- [1] 吕国栋, 陈秀生, 张同帅, 李孟威. 商用车空气悬架轻量化的发展 [J]. 工程机械, 2022, 53 (05): 80-85+11-12.
 - [2] 郭勇, 张子健. 高速重载汽车主动油气悬架系统平顺性控制发展综述 [J]. 科学技术与工程, 2022, 22 (12): 4675-4686.
 - [3] 尹中保, 周志斌, 刘永宏, 栗广生, 谷润民. 某重卡复合式前空气悬架的结构优化 [J]. 汽车科技, 2022, (02): 33-37.
 - [4] 蔡东, 冯益坤, 刘志波, 刘国强, 隋磊. 重型商用车悬架系统应用现状及发展趋势 [J]. 重型汽车, 2021, (06): 5-7.
 - [5] 谭林全, 万世永, 李占龙, 杨强. 高速轮式工程机械悬架技术研究 [J]. 工程机械, 2021, 52 (12): 101-105+13.
 - [6] 冯薇, 李子旭, 王云超, 胡志超. 半主动悬架研究 [J]. 集美大学学报 (自然科学版), 2021, 26 (04): 342-356.
 - [7] 刘云云. 汽车磁流变智能阻尼悬架系统的半主动控制研究 [J]. 内燃机与配件, 2021, (14): 6-7.
 - [8] 李孟华, 阎阔, 宋凯, 代健健, 何立龙. 国内外越野汽车模块化独立悬架技术发展现状 [J]. 汽车与动力技术, 2021, (01): 60-64.
 - [9] 陈汉君, 张志龙, 曾壮. 我国载货汽车悬架技术发展研究 [J]. 汽车实用技术, 2020, (11): 236-238.
 - [10] 章新杰, 徐仁辉, 贺冠杰. 主动变结构悬架研究现状综述 [J]. 汽车文摘, 2019, (06): 17-21.
 - [11] 戴建国, 王程, 刘正凡, 朱建辉, 胡晓明. 馈能悬架技术研究综述 [J]. 科学技术与工程, 2018, 18 (30): 131-139.
- 作者简介:** 刘凯, 出生年月日: 1987年7月26日, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河南开封, 学历: 本科, 职称: 工程师-机电工程, 从事的研究方向: 汽车设计
- 杨旭, 出生年月日: 1991年6月1日, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河北保定, 学历: 本科, 职称: 工程师-机电工程, 从事的研究方向: 汽车设计