

湘潭大学

机械工程学院

本科毕业设计（论文）开题报告

题 目	磁流变液半主动悬挂系统的设计及系统模型仿真		
姓 名	唐利群	学号	2010500302
专 业	机械设计制造及其自动化	班级	一班
指导教师	朱石沙	职称	教授
填写时间	2012 年 3 月 12 日		

2012 年 3 月

说 明

1. 根据湘潭大学《毕业设计(论文)工作管理规定》，学生必须撰写《毕业设计（论文）开题报告》，由指导教师签署意见，系主任批准后实施。

2. 开题报告是毕业设计（论文）答辩委员会对学生答辩资格审查的依据材料之一。学生应当在毕业设计（论文）工作前期内完成，开题报告不合格者不得参加答辩。

3. 毕业设计(论文)开题报告各项内容要实事求是，逐条认真填写。其中的文字表达要明确、严谨，语言通顺，外来语要同时用原文和中文表达。第一次出现缩写词，须注出全称。

4. 本报告中，由学生本人撰写的对课题和研究工作的分析及描述，应不少于 2000 字。

5. 开题报告检查原则上在第 2~4 周完成，各系完成毕业设计开题检查后，应写一份开题情况总结报告。

6. 填写说明：

- (1) 课题性质：可填写 A. 工程设计；B. 论文；C. 工程技术研究；E. 其它。
- (2) 课题来源：可填写 A. 自然科学基金与部、省、市级以上科研课题；B. 企、事业单位委托课题；C. 校级基金课题；D. 自拟课题。
- (3) 除自拟课题外，其它课题必须要填写课题的名称。
- (4) 参考文献不能少于 10 篇。
- (5) 填写内容的字体大小为小四，表格所留空不够可增页。

本科毕业设计(论文)开题报告

学生姓名	唐利群	学 号	2010500302	专 业	机械设计制造及其自动化
指导教师	朱石沙	职 称	教授	所在系	机电系
课题来源	科研课题			课题性质	工程设计
课题名称	磁流变液半主动悬挂系统的设计及系统模型仿真				

一、选题的依据、课题的意义及国内外基本研究情况

选题依据：汽车作为一种重要的交通、运输工具，已经随着社会的发展逐渐融入人们的生活中，同时，汽车的安全性、舒适性与稳定性等方面的性能也逐渐受到消费者的关注，使其成为人们用来衡量汽车性能的重要因素。为此，研究汽车行驶地舒适性和安全性是一项长期研究的课题。

课题的意义：16 世纪的四轮载人和载货马车为解决“路上感觉非常颠簸”的问题，将车厢用皮带吊在底盘的 4 跟柱子上。因为车厢是悬挂在底盘上的，所以人们渐渐将其称为“悬架”，并沿用至今，以描述整个一类的解决方案。车厢吊起式的悬架还不是一个真正的弹簧系统，但它确实使车厢与车轮的运动分离开。半椭圆形的弹簧设计迅速取代了皮带式的悬架，并广泛用于两轮或四轮载人载货马车上。但它容易造成前后晃动且重心较高。当动力汽车面世时，人们陆续开发出其他更高效的弹簧系统，使乘客享有更平稳的行驶感觉。

悬挂是汽车的车架与车桥或车轮之间的一切传力连接装置的总称，悬架的主要作用是传递作用在车轮和车身之间的一切力和力矩，比如支撑力、制动力和驱动力等，并且缓和由不平路面传给车身的冲击载荷、衰减由此引起的振动、保证乘员的舒适性、减小货物和车辆本身的动载荷。悬架决定着车辆的操纵稳定性、乘坐舒适性和行驶安全性，是现代汽车十分重要的部件之一。



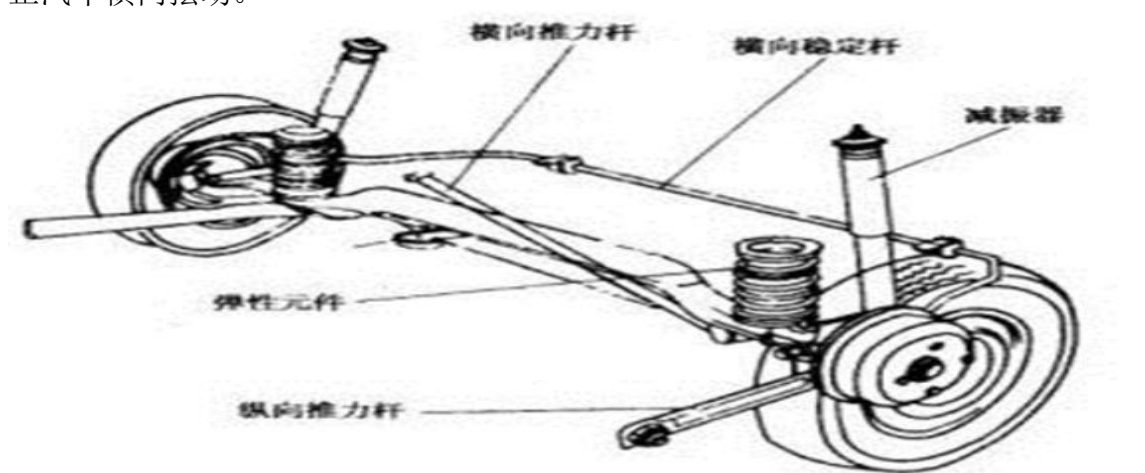
典型的汽车悬挂结构由弹性元件、减震器以及导向机构等组成，这三部分分别起缓冲，减振和力的传递作用。绝大多数悬挂多具有螺旋弹簧和减振器结构，但不同类型的悬挂的导向机构差异却很大，这也是悬挂性能差异的核心构件。

弹性元件：弹性元件用来承受并传递垂直载荷、缓和不平路面、紧急制动、加速和转弯引起的冲击或车身位置的变化。常见的弹性元件包括钢板弹簧、螺旋弹簧、扭杆弹簧、油气弹簧、空气弹簧和橡胶弹簧。

减振器：减振器用来衰减由于弹性系统引起的振动。减振器的类型有筒式减振器、阻力可调式减振器和充气式减振器。用于限制弹簧的自由振荡，提高乘坐舒适性。

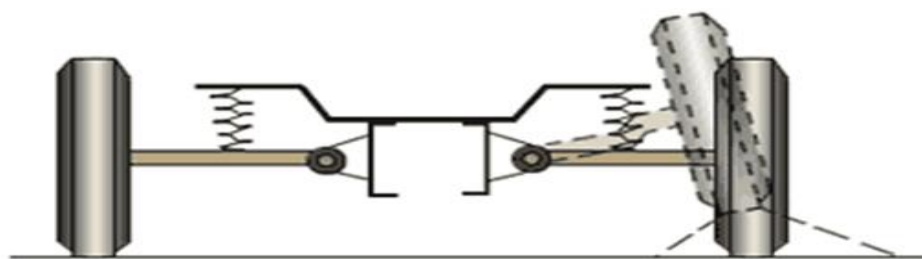
导向装置：导向装置用来使车轮按一定运动轨迹相对车身运动，同时起传递力作用。通常导向装置由控制摆臂式杆件组成，有单杆式和连杆式的。钢板弹簧作为弹性元件时，它本身兼导向作用，可不另设导向装置。用于使上述部件定位，并控制车轮的横向和纵向运动。

横向稳定器：横向稳定器也归属于导向装置。在有些轿车和客车上，为防止车身在转向等情况下发生过大的横向倾斜，在悬架系统中加设有横向稳定杆，目的是提高侧倾刚度，使汽车具有不足转向特性，改善汽车的操纵稳定性和行驶平顺性。用于防止汽车横向摆动。

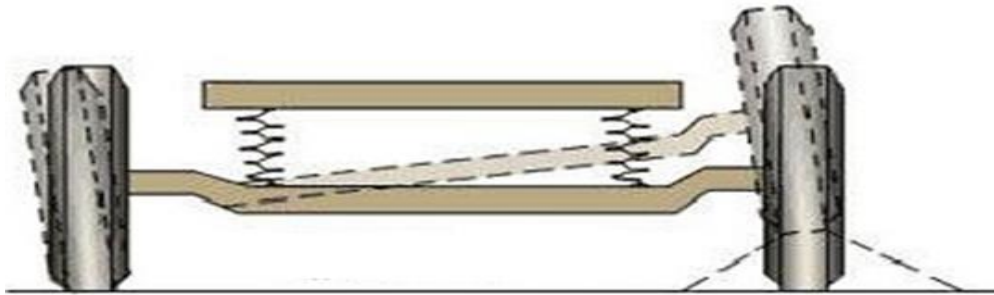


汽车的4个轮是在两个独立系统上协同工作的，其中两个车轮通过前轴连接，另外两个通过后轴连接，也就是说，汽车可以通常在前后轴上具有不同的悬架类型，即车轮可以通过刚性轴连接在一起，也可以各自独立运动。因此，根据汽车导向机构不同，悬架系统可分为独立悬架系统和非独立悬架系统。根据阻尼和刚度是否随行驶条件的变化而变化，悬架系统又可分为被动悬架、半主动悬架和主动悬架三种。

独立悬架系统是每一侧的车轮都是单独地通过弹性悬架系统悬架在车架或车身下面的。其优点是：质量轻，减少了车身受到的冲击，并提高了车轮的地面附着力；可用刚度小的较软弹簧，改善汽车的舒适性；可以使发动机位置降低，汽车重心也得到降低，从而提高汽车的行驶稳定性；左右车轮单独跳动，互不相干，能减小车身的倾斜和震动。不过，独立悬架系统存在着结构复杂、成本高、维修不便的缺点，同时因为结构复杂，会侵占一些车内乘坐空间。



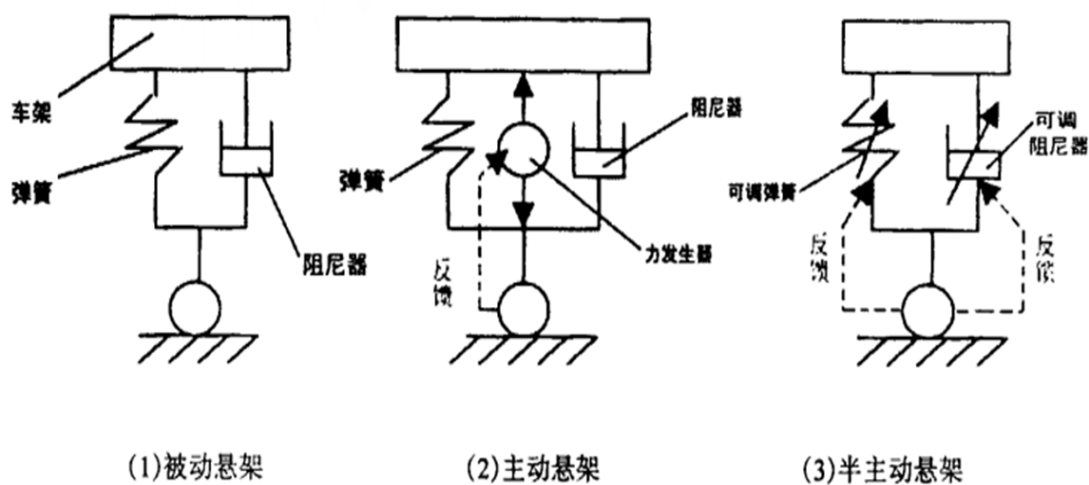
非独立悬架系统的结构特点是两侧车轮由一根整体式车架相连，车轮连同车桥一起通过弹性悬架系统悬架在车架或车身的下面。非独立悬架系统具有结构简单、成本低、强度高、保养容易、行车中前轮定位变化小的优点，但由于其舒适性及操纵稳定性都相对较差，在现代轿车中只有成本控制比较严格的车型才会使用，更多的用于货车和大客车上。



被动悬架：被动式悬架的定义是，汽车姿态(状态)只能被动取决于路面、行驶状况和汽车的弹性元件、导向装置以及减振器这些机械零件。是传统的机械结构，刚度和阻尼都是不可调的，依照随机振动理论，它只能保证在特定的路况下达到较好效果。传统的被动悬架只能保证在一种特定道路和速度下达到性能最优状态，它的阻尼和刚度参数一般按经验设计或优化设计方法选择，一经选定，在车辆行驶过程中就无法进行调节，因而不能适应车辆参数、运行工况等的复杂多变。在某个特定工况下按目标优化出的被动悬架系统，一旦载荷、车速和路况等发生变化，悬架在新的工况下便不再是最优。

主动悬架：可以根据路面和行驶工况自动调整悬架的刚度和阻尼，从而使车辆能主动地控制垂直振动及其车身或车架的姿态。该系统通常由传感器、控制阀、执行机构和悬架系统组成。

半主动悬架：是指悬架弹性元件刚度和减振器阻尼力之一或两者均可根据需要进行调节的悬架。由于半主动悬架在控制品质上接近于主动悬架，且结构简单，能量损耗小，成本低，因而具有巨大的发展潜力。



随着生活水平的不断提高，用户对汽车舒适性的要求也越来越高，传统的汽车悬架系统已不能满足人们的要求。人们希望汽车车身的高度、悬架的刚度、减振器的阻尼大小能随汽车行驶速度以及路面状况等行驶条件的变化而自动调节，从而达到乘坐舒适性的提高。因此对半主动悬架系统的研究显得尤为重要。

半主动悬架系统：半主动悬架分为刚度可调和阻尼可调两大类。目前，在半主动悬架的控制研究中，以对阻尼控制的研究居多。阻尼可调半主动悬架又可分为有级可调半主动悬架和连续可调半主动悬架，有级可调半主动悬架的阻尼系数只能取几个离散的阻尼值，而连续可调半主动悬架的阻尼系数在一定的范围内可连续变化。

有级可调减振器阻尼可在 2-3 档之间快速切换，切换时间通常为 10-20ms。有级可调减振器实际上是在减振器结构中采用较为简单的控制阀，使通流面积在最大、中等或最小之间进行有级调节。通过减振器顶部的电机控制旋转阀的旋转位置，使减振器的阻尼在“软、中、硬”三档之间变化。有级可调减振器的结构及其控制系统相对简单，但在适应汽车行驶工况和道路条件的变化方面有一定的局限性。

连续可调减振器 连续可调减振器的阻尼调节可采取以下两种方式：

节流孔径调节：早期的可调阻尼器主要是节流孔可实时调节的油液阻尼器。通过步进电机驱动减振器的阀杆，连续调节减振器节流阀的通流面积来改变阻尼，节流阀可采用电磁阀或其它形式的驱动阀来实现。这类减振器的主要问题是节流阀结构复杂，制造成本高。

减振液粘性调节：使用黏度连续可调的电流变或磁流变液体作为减振液，从而实现阻尼无级变化，是当前的研究热点。电流变液体在外加电场作用下，其流体材料性能，如剪切强度、粘度等会发生显著的变化，将其作为减振液，只需通过改变电场强度，使电流变液体的粘度改变，就可改变减振器的阻尼力。

电流变减振器的阻尼可随电场强度的改变而连续变化，无须高精度的节流阀，结构简单，制造成本较低，且无液压阀的振动、冲击与噪声，不需要复杂的驱动机构，作为半主动悬架的执行器是一个非常好的选择。

但电流变液体存在较多的问题，其电致屈服强度小，温度工作范围不宽，零电场粘度偏高，悬浮液中固体颗粒与基础液体之间比重相差较大，易分离、沉降稳定性差，对杂质敏感等难以适应减振器长期稳定工作的需要。

电流变减振器在国外已经有一些产品问世，如德国的商业电流变液与电流变减振器及美国的相关产品等。磁流变液体是指在外加磁场的作用下，流变材料性能发生急剧变化的流体。通过控制磁场强度，可实现磁流变减振器阻尼的连续、无级调节。

磁流变减振器具有电流变减振器相似的特点，磁流变液是一种由细小的磁性颗粒悬浮于绝缘介质中形成的液体。其黏度随着外加磁场强度的增加而递增，直至半固态，而一旦外加磁场消失，它又自行恢复原状，整个过程可在毫秒级时间内完成。

美国 Lord 公司、福特公司、德国 BASF 等纷纷投入巨资进行了研究，如 Lord 公司开发的磁流变液 MRX-126PD，采用单出杆活塞缸结构设计的磁流变减振器已用于大型载货汽车半主动悬架减振系统。

流变液与磁流变液半主动悬架系统,它们都能满足汽车工作要求。但在屈服应力、温度范围、塑性粘度和稳定性等性能方面,磁流变液体强于电流变液体。

自上世纪四十年代磁流变液的出现至今,由于其具有的独特性能,一直是智能材料领域的研究热点,应用范围也随着相关理论的完善而逐渐扩大。

悬架系统是汽车中连接车身和车轮的一个重要结构组成。目前基于磁流变减振器的半主动悬架被视为最具发展潜力的一种半主动悬架,已成为当今国内外学者的研究热点。而半主动控制策略是热点中的焦点,因此,研究设计性能稳定、易于实现的半主动控制策略具有重要的理论和现实意义。

目前车辆振动控制方法中传统的被动控制虽然结构简单、易于实现,但由于其性能不可调,无法满足不同工况下的减振需求。主动控制直接以一个作动器取代被动悬架中的弹簧和阻尼元件,研究表明其具有很好的减振效果。但是由于主动控制系统的结构复杂、成本高、能耗大和失效安全性差等原因,迄今为止仍未得到广泛应用。半主动控制既具有结构简单、成本低、功耗低等类似于被动控制的优点,又能达到接近主动控制的控制效果,并且失效安全性高,是目前车辆振动控制领域中颇具应用前景智能控制方法。

对于半主动悬架,作动器和控制理论是两个重要的核心。作动器是半主动悬架中最重要的执行器件,近年来,随着智能材料的飞速发展,各种新型半主动作动器相继问世,其中又以磁流变阻尼器最受瞩目,由于其具有响应迅速、性能连续可调并且对温度与杂质不敏感等诸多优点。与此同时,控制理论也从经典控制理论,发展到现代控制理论和智能控制理论阶段。磁流变阻尼器的问世和控制理论的发展共同推动了半主动悬架的前进。

国内外基本情况:

半主动悬架的概念首先由 Crosby 和 Karnopp 于 1973 年提出, Karnopp 还提出天棚阻尼控制模型和实现方法。直到 20 世纪 80 年代初期才有试验性的产品问世,但它投入应用的速度比主动悬架快得多。随着电子技术和计算机技术的发展,半主动悬架逐步从实验室走向工厂。

1975 年, Margolis 等人提出了“开关”控制的半主动悬架, 1983 年日本丰田汽车公司开发了具有 3 种减振工况的“开关”式半主动悬架,并应用于 Toyota Soarer 280GT 型轿车上。

1986 年, Kim Brough 在半主动悬架控制方法中引入了 Lyapunov 方法,改进了控制算法的稳定性。

1988 年日本日产公司首次将“声纳”式半主动悬架系统应用于 Maximas 轿车上,它可预测路面信息,悬架减振器有“柔和”、“适中”和“稳定”3 种选择状态。

20 世纪 90 年代以后,研究的显著特点是新型智能材料在半主动悬架上的运用。

1994 年, Prinkos 等人使用电流变和磁流变体作为工作介质,研究了新型半主动悬架系统。

2002 年,采用美国德尔福(Delphi)公司磁流变减振器的 MagneRide 半主动悬架系统应用在 Cadillac Seville STS 高档车上,此悬架系统能根据行驶情况自动改变减振阻尼。

2003 年, 韩国学者 Jeong-Hoi Koo 设计并加工了磁流变减振器, 对该磁流变减振器进行了四种控制策略的仿真试验和台架试验。

2006 年, Memet Unsal 等建立了六自由度汽车动力学模型, 并进行磁流变减振的半主动控制研究。

2007 年, D.C.Batterbee 等基于 1/4 汽车动力学模型采用 Dspace 硬件在环仿真技术对磁流变减振器进行相关实验研究。

2007 年, 马里兰大学为火炮反后座装置设计出了两褶环形间隙节流阀 MRF 减振器。美国 Lord 公司、德尔福公司和福特公司等也已经开发出商业产品。不仅如此, 磁流变减振器系统已经投入到了实车, Delphi 公司开发的磁流变悬架控制系统 Magnetic Ride Control System 已应用在实车上, 它的磁流变液体能在 1ms 之内响应, 因而比以前传统可调减振器系统快 5 倍以上。

我国在磁流变减振器的研究上也做了大量的工作, 取得了一定的成就。国家仪表功能材料研究中心研制的磁流变液体, 其剪切屈服应力基本达到美国 hrd 公司的产品水平。许多学者进行了悬架磁流变减振器的设计与研究, 但目前仅仅停留在了实验研究阶段, 如上海交大的曹民、喻凡, 西安交大的倪建华等分别设计了悬架用磁流变减振器, 并进行了实验研究, 得到了较为满意的效果。

目前, 我国磁流变半主动悬架的研究已经起步, 并有越来越多的研究单位和企业加入进来。其中香港中文大学、复旦大学、南京航空航天大学、西安交通大学和重庆大学等高校的工作比较有代表性。香港中文大学智能材料与结构实验室 C.Y.Lai 和 W.H.Laio 利用 Lord 公司开发的磁流变阻尼器研究了单自由度悬架系统的振动控制, 重庆大学对磁流变阻尼器的流变理论和设计方法进行了深入的研究, 解决了磁流变阻尼器磁路设计和结构设计中的相关技术问题, 研制出了微型汽车磁流变阻尼器, 并在国家客车质量监测中心进行了测试, 为汽车磁流变阻尼器的开发和应用奠定了理论和技术基础。

二、研究内容、预计达到的目标、关键理论和技术、技术指标、完成课题的方案和主要措施

研究内容：

基本掌握磁流变液半主动悬挂系统的原理，以微型轿车作为控制对象，对磁流变减震器进行结构设计，并选择模糊控制方法，在 Simulink 中对半主动悬架进行模拟仿真。

预期达到的目标：

半主动悬架的车身加速度在模糊控制方法下得到很好的控制，改善了平顺性；缩短了悬架行程，能有效预防悬架与限位块相撞造成操纵稳定性下降。

对减震器进行结构设计。确定减震器各零件的材料以及尺寸，在初步确定了磁流变减震器的各个参数后，对其进行二维图与三维图的绘制。

在 Simulink 中对半主动悬架进行模拟仿真。

关键理论和技术：

针对车辆悬架系统的非线性,以车辆半主动悬架智能控制为研究对象,基于磁流变阻尼器模型和二自由度四分之一车辆悬架模型,建立磁流变半主动悬架模型。针对减振器的动态阻尼力呈现非线性关系,包括磁滞现象和饱和现象,建立磁流变阻尼器力学模型。

技术指标：

- (1) 建立 1/2 轿车行驶系统的平顺性模型，推出响应量的频率响应函数及其均方根值。
- (2) 对直线行驶工况进行划分，并进行模拟仿真分析，据此确定可调减震器的软阻尼值。
- (3) 对减震器建立阻尼力学模型，对减震器的结构进行参数设计，并对其进行二维图与三维图的绘制。此外，在 Simulink 中对半主动悬架进行模拟仿真。

技术参数：

减震器的理论阻尼力

速度 (m/s)	减震器的阻尼力
0.05	212.4-455.6N
0.1	349.2-764.6N
0.3	515.4-1262.7N

完成课题的方案和主要措施：

1. 主要工作分以下几方面进行：

(1) 搜集资料，了解国内外研究发展情况，分析我国现在面临的问题，找出解决问题的对策。

(2) 总体方案设计，包括方案的提出与确定，方案的实现，必要的设计计算以及必要的校核。

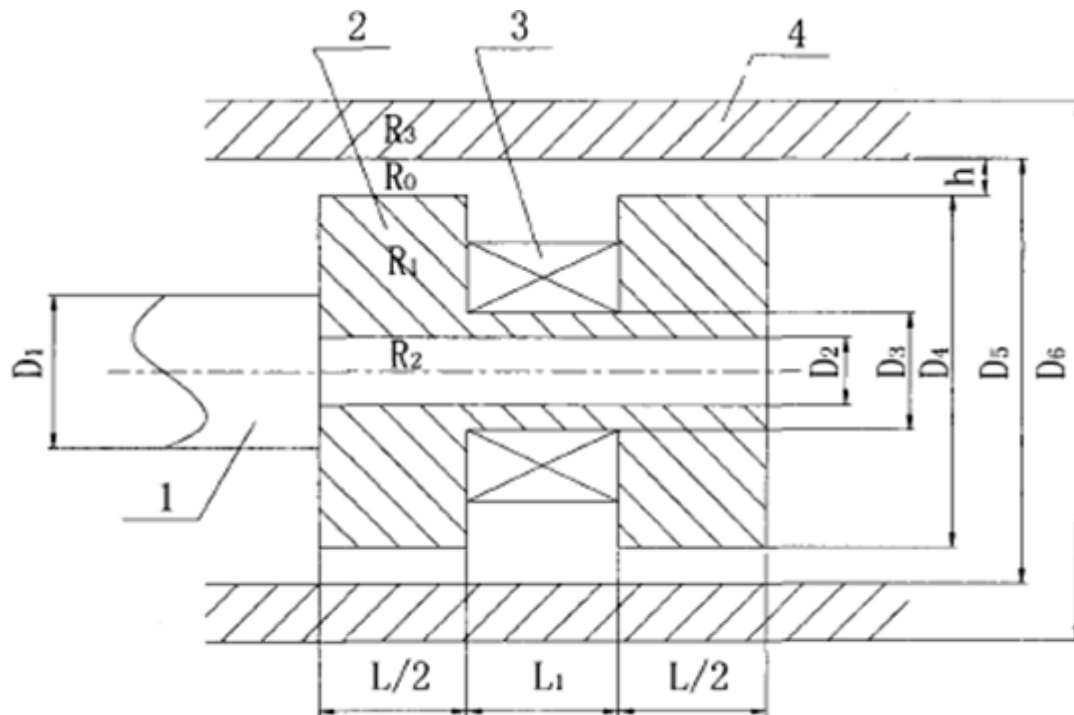
(3) 完成对半主动悬架的运动仿真及减震器的结构设计，画出减震器的二维三维视图，并完成设计说明书等。

2. 总体方案及功能的实现：

半主动悬架是汽车悬架的发展方向，它在改善汽车的乘坐舒适性和提高操纵稳定性方面有很好的效果。

因此，为了设计出更好的悬架系统。首先对悬架的分类进行分析比较，对面临的问题进行分析。进而选定磁流变半主动悬架系统作为需要设计的悬架类型，对悬架的组成结构进行分析。选定对磁流变半主动悬架中减震器的结构进行设计。通过对磁流变的原理分析，建立阻尼力学模型，查阅机械设计手册对磁流变减震器进行结构设计。对减震器的设计参数进行优化并在 Matlab/simulink 中进行模拟仿真。

确定减震器各零件设计参数后，用 Pro/E 或者 solid edge 绘制出三维图，并导出二维图。



1.活塞杆 2.活塞 3.线圈 4.工作缸

剪切阀式磁流变阻尼器磁阻及结构示意图

三、主要特色及工作进度

主要特色:

在基于磁流变半主动悬架系统中, 对磁流变减震器进行结构设计优化。针对减震阻尼器的非线性特点, 对其进行结构参数优化设计及运动仿真。

工作进度:

收集查阅了有关磁流变减震器的设计背景资料, 制定了设计提纲和计划, 研究了设计方案并初步确定最终方案, 对所要求软件进行了初步的学习, 对 matlab 和 pro/e 等软件有了进一步的理解。

第一周到第二周, 收集查阅了设计背景资料, 查阅相关资料, 制定了设计提纲和计划, 研究了设计方案并初步确定最终方案, 对所要求软件进行了初步的学习。

第三周到第四周, 进行磁流变液半主动悬架系统的方案设计

第六周到第七周, 进行磁流变液半主动悬架系统中磁流变阻尼器的结构设计;

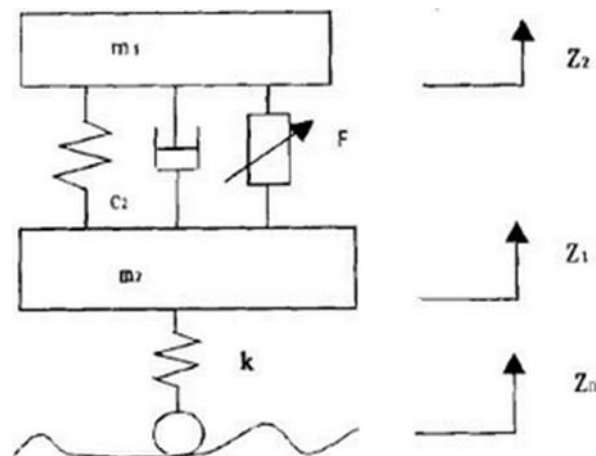
第八周到第九周, 写出初稿, 进行中期检查;

第十周到十一周, 修改, 之后写出第二稿;

第十二周到十三周, 写出正式稿;

第十四周, 完成设计任务并进行答辩。

机构运动简图



1/4汽车半主动悬架模型

图中 m_1 为簧上质量, m_2 为簧下质量,
 k_2 为悬架刚度, c_2 为悬架阻尼系数,
 k_1 为轮胎刚度, z_0 为路面不平度,
 z_1 为车轮位移, z_2 为车身位移。

四、主要参考文献

- [1] 闻邦椿. 机械设计手册:机械工业出版社, 2010. 1
- [2] 汽车构造. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 : 机械工业出版社, 2011. 3
- [3] 濮良贵, 纪名纲. 机械设计(第八版). 北京: 西北工业大学-高等教育出版社, 2006. 5
- [4] 周良德, 朱泗方, 杨世平. 现代工程图学. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2008. 8
- [5] 周长城. 汽车减震器的设计与特性仿真. 北京: 机械工业出版社, 2014. 4
- [6] 廖昌荣. 汽车悬架系统磁流变阻尼器研究[D]. 重庆大学, 2001
- [7] 张绍龙. 汽车悬架系统特性建模方法研究[D]. 吉林大学, 2011.
- [8] 余淼. 汽车磁流变半主动悬架控制系统研究[D]. 重庆大学, 2003.
- [9] 潘明峰. 磁流变液减振控制系统的设计与研究. 北京理工大学硕士论文. 2008
- [10] 欧进萍. 结构振动控制: 主动、半主动和智能控制[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [11] 彭来森. 基于磁流变阻尼器的车辆半主动悬架控制研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010

指导教师 意见	指导教师签名: 年 月 日	系意见	系主任签名: 年 月 日
院意见	教学院长签名: 年 月 日		