

集成相对速度自传感半主动减振器结构设计

通过对相关文献资料的调研和综述,系统地分析了集成相对速度自传感半主动减振器结构设计的学术价值和应用研究。首先介绍了该减振器的工作原理和结构设计,并探讨了其学术争议和技术瓶颈。然后,详细介绍了该技术在振动控制领域中的应用研究,并分析了其在实际工程中的优势和应用前景。最后,总结了目前的研究进展和未来的研究方向,以及该技术在复杂隔振系统中的不足之处。深入了解减振器的工作原理、相对速度自传感技术的核心要素以及半主动控制策略。本文的目的是为进一步的研究和应用提供参考和依据。

目 录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
1 绪论	4
1.1 减振器简介	4
1.1.1 减振器的功能.....	4
1.1.2 减振器的分类.....	5
1.2 选题背景	7
1.3 国、内外汽车半主动减振器发展总览	9
1.3.1 国内发展现状	9
1.3.2 国外发展现状	11
1.4 课题的目的与意义	12
1.5 本课题的研究内容	14
2 汽车液压式半主动减振器设计	15
2.1 从动减振器与半主动减振器的优缺点.....	15
2.2 电控空气减振器和电控液压减振器的比较.....	16
2.3 液压系统方案确定.....	17
2.3.1 液压系统设计特点	17
2.3.2 电控液压式半主动减振器的工作原理	18
3 集成相对速度调节机构设计	20
3.1 集成相对速度控制的原理	20

3.2 液压缸参数的确定	22
3.2.1 供油压力的选择	22
3.2.2 液压缸主要参数的确定	23
3.3 液压缸外形尺寸的计算与校核	25
3.3.1 验证缸筒壁厚和外径强度	25
3.3.2 缸筒外径的计算	26
3.3.3 液压缸油口直径的计算	26
3.3.4 缸底厚度计算	26
3.3.5 活塞杆直径强度和稳定性检查	26
3.4 液压泵的选择	28
3.4.1 液压缸的工作压力	28
3.4.2 液压泵的工作压力	28
3.4.3 液压缸所需流量	28
3.4.4 液压泵输出流量	29
3.5 电动机的选择	29
3.6 控制器的选择	29
3.7 集成相对速度传感器的选择	30
3.8 伺服阀的选择	31
3.9 伺服放大器的选择	33
4 振器阻尼调节机构设计	34
4.1 减振器阻尼的自动调节	34
4.1.1 阻尼中等控制过程	35
4.1.2 阻尼坚硬的控制过程	36

4.1.3 阻尼柔软的控制过程	36
4.2 节流阀阻尼孔的确定	37
4.2.1 节流口的流量特性公式	37
4.2.2 节流口截面积的计算	38
4.2.3 影响流量稳定性的因素	39
4.3 节流阀外形尺寸的选择	41
4.4 传感器的选择	42
4.5 电磁换向阀的选择	42
5 减振器主动调节机构设计	43
5.1 减振器主动的自动调节	43
5.2 空气压缩机的选择	45
5.2.1 输出压力	45
5.2.2 输出流量	45
5.3 蓄能器的选择	46
结束语	48
致 谢	49
参考文献	50

1 绪论

1.1 减振器简介

汽车减振器是连接汽车车架与车桥（车轮）之间的重要弹性部件，其结构主要由弹性元件、导向机构和减振器本体等核心组成部分构成 **Error! Reference source not found.**。传统的减振器是一种无法控制和调节的被动减振器，在面对多变的环境或高度复杂的性能需求时，传统的受动式减振器通常难以达到规定的性能标准。随着电液控制技术及计算机技术的持续进步，以及传感器、微处理器与液电控制元件的制造技术持续升级，目前已经发展出一种新型可控智能减振器——电子控制减振器。基于减振器结构的设计特点，对电控减振器的分类可归纳为电控空气减振器和电控液压减振器两类。

1.1.1 减振器的功能

汽车减振器作为关键的车辆部件，由弹性、阻尼以及导向等多重构件构成，其核心职能在于提供坚实的支撑力，促使车体与车轴之间保持弹性联系，有效应对路面不平引发的震荡，从而确保舒适的乘坐体验。还承担着传递轮胎与车体间各类力和扭矩的任务，以保障车轮贴地性能，降低由外界因素引致的车辆姿态波动，进而增强操控的稳定性。在设计过程中，实现舒适性与操控稳定性之间的平衡处理，更是一大挑战。例如，使用软性减振器降低了弹簧刚度以适应舒适性要求，但可能会使车身重心波动和轮胎运动载荷加剧，从而影响操控的稳固性；相反，在选择硬质减振器时，虽然有效抑制了车辆姿态的变化，保证了轮胎与地面的接触以满足操控稳定性，但牺牲行驶平顺性却是不争的事实。如何对减振器进行精准设计，平衡并兼顾汽车行驶平顺性、乘坐舒适性和操控稳定性，成为汽车设计工程师们持续、潜心研究的课题。

1.1.2 减振器的分类

根据减振器的工作原理不同可分类为被动减振器、主动减振器和半主动减振器这三类，详见图 1.1 **Error! Reference source not found.**。

1、被动减振器

汽车工业中常见的减振设备通常采用被动式减振系统，最早由 Olley 在 1934 年首次提出，系统主要包括弹簧和阻尼器组成。尽管这类减振系统因设计简约、成本低效、无须额外能量输入而受到推崇，但其减振性能由于参数设定固定，难以适应多变的道路条件。这种限制主要体现在两个方面：一是被动式减振器固定参数难以针对各类路况作出灵活适应，仅能为指定工况条件下设计优化；二是减振元件对车辆局部运动的响应较为单一，制约了其参数选择的广度。研究结果指出，当系统接近人体共振频率时，弹簧对乘坐的舒适度起着重要作用；当系统接近非悬置质量共振频率时，减振器的作用变得十分重要 **Error! Reference source not found.**。虽然增加减振器的主动控制能够提高乘坐体验的舒适性，却可能对轮胎的动态载荷性能产生不利影响，因此在被动减振器设计中，设计者需要在两者之间做出权衡。由于这种固有的矛盾，设计人员往往难以实现参数优化到理想的最优性能指标。因此，传统的减振器在追求旅途中乘坐的舒适性和操控的稳定性之间达到最佳平衡的过程中表现出明显的受限。随着车速的增加，对减振器性能的需求也在逐步提升，这推动了智能减振器技术的探索与发展，包括基于电子控制的半主动减振器和主动减振器，这些技术已开始轿车领域得到应用。

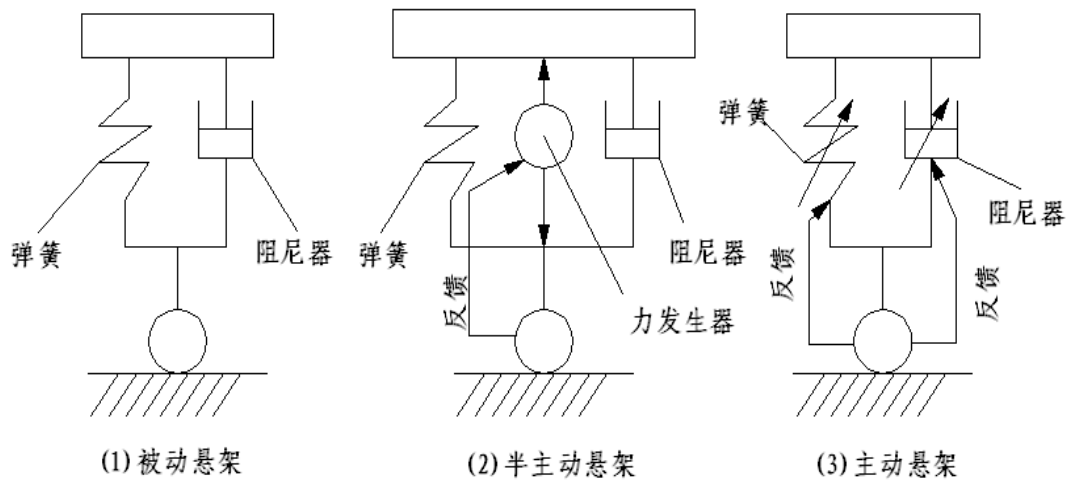


图 1-1 减振器分类

2、半主动减振器

半主动减振技术的研究源于 20 世纪中叶，Federspiel—Labrosse 二人于 1955 年在通用汽车公司首次提出该概念，并在雪铁龙 2cv 型号汽车上实现了初步应用。在 1965 年，Rockwell 与 Kimica 联合开展研究，探讨了半主动动力减振器中伺服机械的应用，进一步探索了半主动减振器控制系统设计理念，为该领域的理论推进与实际运用提供了坚实基础 **Error! Reference source not found.**

。半主动减振系统旨在解决传统被动减振器所面临的设计难题，采用了可控部件，赋予系统在多参数环境下的动态调整和信号处理功能，从而提升车辆行驶过程中的安全性和乘坐舒适性。该系统通常由传感器、控制器和执行器三大关键组件构成，并与汽车系统集成，形成紧密互动的闭环控制结构。控制器扮演着信息处理与管理的核心角色，它汲取传感器传递的信号，并依托先进的数据处理技术和控制策略进行分析与判断，从而对执行器进行精确调控，实现系统状态的优化改变，以实现最佳隔振和减振效果，并在整个半主动减振控制过程中保持持续的优化与自适应，控制算法(包括状态估计、模型辨识和控制规律)被视为是影响半主动减振器控制质量的至关重要因素。在通常情况下，半主动减振器的执行机构构成主要由能够在特定频率范围内产生力或力矩的作动器及其配套的外部动力来源所组成。目前，半主动减振器的实现形式通常分为两种，其中一种被广泛采用，通常被称为并联式半主动减振器。本设计在传统被动减振构造基础上，融入了额外的驱动装置，通过对被动减振元件的能量补偿来达到降振目的，故能量耗损较低。当半主动减振装置出现功能故障时，系统能够持续维持被动减振状态进行运行。与此同时，研究还涉及了独立式半主动减振装置。该设备利用执行器将挂载质量与非挂载质量进行全面连接，并负责吸收和补充所有能量任务，虽然其结构更趋简化，但在能量消耗上相对较高。然而，一旦发生故障，半主动减振器将失去正常工作能力，这也是其不足之处。

3、主动减振器

D.A.Crosby 和 D.c.Karnopp 在 1937 年首次提出了主动减振器(ActiveReactor)的概念,目的是为了接近被动减振器的经济成本和结构复杂度。构造上,主动式减振器类似于半主动式减振器,都是以弹性元件与阻尼器相结合的形式来支撑车辆悬吊系统的重量。其核心区别是主动减振器上安装了可调节的阻尼器,用于在半主动减振器中替换半主动动力刹车。一般情况下,由于汽车减振器的弹性部件需

要承受静力负荷,因此用主动实现主动控制,相对于减振器控制来说,难度很大。目前的研究主要针对减振器的减振控制进行研究。通过运用恰当的控制策略,达到性能水平接近半主动、被动减振器的特点。主动减振器不仅需要较少的能量来控制电磁阀,而且不需要外部电源,这体现了性能提升和简化设计之间的取舍。主动减振装置按阻尼系数的性质可分为连续可调可调两类,其区别主要是连续可调型的阻尼系数在特定范围内可实现连续调节,而分级可调型则限制在若干预设阻尼系数之间的切换选择。

1.2 选题背景

在当代社会,随着科学技术持续迈进及汽车产业的快速进展,汽车已然成为现代交通体系中必不可少的工具。然而,随着人们对汽车性能的要求日益提高,传统的减振

器已经不再能够满足现代汽车在操控稳定性、乘坐舒适性以及安全性方面的需求。因此,汽车半主动减振器的设计已然变成了现如今汽车工程学科中的一大研究焦点。

首先,深入研究半主动减振器的运行原理和显著特性。半主动减振器这一尖端底盘技术系统,其最大优势在于其具备动态调节减振性能的能力,可根据车辆实时运行状况和路面情况进行调节,从而提高车辆行驶的稳定性和舒适性。它通过传感器获取车辆状态信息,并经过控制系统处理后,通过执行机构对减振器进行半主动调节,以实现车辆性能的优化。相比传统的被动减振器,半主动减振器具有更高的灵活性和适应性,能够更好地应对各种复杂的驾驶环境和路面条件。

汽车半主动减振系统设计高效的重要性是不能忽略的。在目前汽车行业竞争加剧的大背景下,消费者在选择座驾时,车辆的整体性能与品质成为最核心的考量因素。作为提高车辆综合性能的关键技术,半主动减振技术对于增强汽车操控的乘坐的舒适性以及行驶中的安全性都有着至关重要的作用。通过设计和应用半主动减振器,在不同车速和路面情况下,都能保持车子良好的操控和乘坐感受。

汽车半主动减振器在设计过程中还涉及到多个学科领域的全面交叉和集成。在半主动减振器的设计和优化过程中,机械、电子、控制等众多学科的知识和技术都需要运用到半主动减振器的设计和优化过程中。汽车半主动减振器的设计既是一个工程实际的课题,又是一个科研攻关的课题。通过对汽车半主动减振器的设计原理和方法的深入研究,不仅能够在相关学科领域有所推进,而且在技术上也为汽车产业的革新和更新换代提供了强有力的支撑。

与此相伴随的技术的广泛应用,如智能化、网络化等,汽车半主动减振器的设计也面临着新的挑战与机遇。未来的汽车将更加强调智能化、个性化,对底盘系统的性能要求也将更加苛刻,要求也更加多样化。汽车半主动减振器的不断的创新和改进,才能与今后的汽车市场需求及发展潮流相适应。

从环保节能的角度来说,也是非常有意义的一款车半主动减振

器的设计。通过对减振器的优化,车辆在行驶中受到的震动和冲击都能得到降低,从而减少了降低了车辆的排放。这一举措不仅可以优化汽车燃油效率,而且有助于降低环境污染程度,推动汽车工业可持续发展。

通过以上分析,我们知道汽车半主动减振器设计这一选题的研究背景和理论意义是非常显著的。汽车半主动减振器设计将是未来汽车工程领域的重要研究方向之一。

1.3 国、内外汽车半主动减振器发展总览

1.3.1 国内发展现状

作为一项先进的汽车科技,半主动减振器旨在通过实时监测和调节减振器的主动和阻尼,提供更为顺畅舒适的驾驶感受。该技术在国际上应用广泛广泛,反观国内,尽管发展较晚,但近几年的研究成果同样令人称道。从技术发展看,在半主动减振器关键技术方面,国内研究机构和汽车生产企业已经取得重要突破。在传感器技术方面,国内科研人员致力于提高传感器的精确度和响应速度,以确保减振器对道路状况和车辆状态的感知能够做到实时准确。在控制算法方面,国内的研究也取得了重要进展,使半主动减振器能够更加精确地调整减振器参数,以适应不同的驾驶环境和乘客需求,通过优化算法和提高控制器的计算能力。国产汽车厂商在产业化过程中,也开始将半主动减振器技术应用在高端车型上。国内汽车生产企业通过与国际知名零部件供应商的合作和技术引进,逐步掌握了半主动减振器的核心技术技术。此举不仅提升了国产轿车的驾乘舒适性和安全性,也进一步促进了国产半主动减振器行业的发展。

不过,如果把我国在半主动减振器这一领域的研究成就与国际先进标准做一个全面的比较,会轻易地观察到,我国在这一主题的研究还存在不少短板。一方面,国内的研究机构和汽车制造商在研发投入上相对有限,导致一些关键技术的研发进度受到一定的影响。另一方面,国内半主动减振器的产业链还不够完善,部分核心零部件仍依赖进口,这也限制了国内产业的发展。为了缩小与国际先进水平的差距,国内的研究机构和汽车制造商需要加大研发投入,加强关键技术的攻关和创新。同时,政府也应该加大对半主动减振器产业的支持力度,推动产业链的完善和升级。此外,加强国际合作也是提高国内半主动减振器研究水平的重要途径,通过引进国际先进技术和经验,结合国内的市场需求和生产条件,推动半主动减振器的本土化和创新发展。在具体的应用方面,半主动减振器在国内市场上的应用主要集中在高端车型上。这些车型通过配备半主动减振器,提供了更加平稳、舒适的驾驶体验,满足了消费者对高品质驾驶体验的需求。同时,随着新能源汽车市场的快速发展,半主动减振器也在新能源汽车上得到了广泛应用,提高了新能源汽车的驾驶性能和舒适性。

虽然我国在这方面的研究起步比较晚,但是近几年来已经取得了显著的成果。虽然我国在这一领域已经取得了一些成绩,但是和国际先进水平相比,仍然存在着明显的不足,迫切需要通过加大研发经费投入和完善相关政策来推动产业的可持续发展和技术创新。随着我国汽车工业技术的不断进步与市场的不断拓展,半主动减振器必将在我国得到越来越多的应用,为广大消费者创造卓越、舒适的驾驶感受。同时,半主动减振器作为汽车技术的一个组成部分,它的发展同样受到整个汽车行业以及相关的政策法规的制约。随着智能汽车和无人驾驶等技术的不断进步,半主动减振器作为一种新的技术手段,将为用户带来更加智能化和个性化的驾驶体验。这就要求我国科研机构与汽车制造企业密切关注市场动态与技术动向,不断推进半主动减振器技术的创新与升级,以满足市场与消费者的需求。

1.3.2 国外发展现状

半主动减振系统作为现代汽车工业技术进步中的重要创新,对于增强汽车乘坐的舒适度与操控的稳定性发挥了不可或缺的作用。在国外,尤其是欧美日等发达国家,对半主动减振器

的研究已经取得了显著的成果，并广泛应用于各类高端车型中。纵观历史发展脉络，半主动减振器研究溯源可追至上世纪 50 年代。为了满足这一需求，工程师们开始尝试通过改变悬挂系统的结构和控制方式来达到更好的效果。半主动减振器这一概念的提出，正是基于此种背景下孕育而出。

在法国的汽车产业中，Citroen 公司被认为是行业的领军者之一，早在 20 世纪 50 年代，它就已经开始研究半主动减振器可能的应用。他们研制的液压式空气减振器虽然未能广泛推广，但为后来的研究者提供了宝贵的经验和启示。伴随着电子技术和控制理论不断发展，半主动减振器的相关研究得到了更深入的探讨。在半主动减振器领域，国际学术界开展了许多理论研究和应用探讨，提出了多种控制策略，包括天棚阻尼控制、最佳控制、模糊控制等。这些控制策略的应用，使得半主动减振器能够根据路况和驾驶条件实时调整悬挂参数，从而提供更好的乘坐舒适性和操控稳定性。

除了对控制策略的研究之外，国外学者对半主动吸振器的结构设计、选材和加工工艺等方面也做了较深入的探讨。例如，为了降低悬架系统的重量，提高其反应速度，研究者们开始尝试采用更轻的材料及先进的加工工艺。同时，通过对悬架结构的优化，提高了悬架的主动强度，保证了车辆在恶劣行驶环境下的稳定性能。随着技术水平的不断提高，国外汽车厂商已成功地在一些高端车型上采用了半主动减振器。举个例子，在梅塞德斯-奔驰 S 级车中，ABC 型半主动液压减振装置就是这一类型中的佼佼者。该系统采用先进的电控系统及液压系统，可实时调整悬架参数，使车辆具有极佳的操控性及平顺性。此外，AudiTT 运动型轿车所采用的主动减振器，因其优异的性能与稳定性而备受消费者青睐。

值得注意的是，在国外进行半主动减振器的研发时，他们非常重视与各大高校和研究机构的深度合作。产教研协同创新模式显著加速了科技成果转化的步伐，并为汽车产业的持续革新提供了强有力的动能。通过与高校和研究机构的紧密合作，汽车制造商们能够及时了解最新的科研成果和技术动态，从而保持其在市场上的领先地位。除了技术创新和产业升级外，国外的汽车制造商们还注重半主动减振器的市场推广和消费者教育。他们通过各种渠道向消费者宣传半主动减振器的优势和特点，并提供专业的售后服务和技术支持。这些举措不仅提高了消费者对半主动减振器的认知度和接受度，还进一步推动了其在市场上的普及和应用。

在全球学术界，针对半主动减振器的研究已在各个方面取得了显著进展。无论是从理论探讨到实际应用，技术革新到产业进阶，再到市场宣传和消费者教育，国际汽车制造商都在积极促进半主动减振器的进一步发展。半主动减振器在技术不断发展和市场不断变化的背景下，面临着各种挑战与机遇。未来，我们期待看到更多创新性的研究和应用成果出现，为汽车工业的发展注入新的动力。同时，我们也希望国内的汽车制造商和研究机构能够积极借鉴国外的先进经验和科技成果，加快半主动减振器的研发和应用进程，为优化国内轿车在操纵灵敏度、乘坐体验以及保障驾乘安全方面的性能指标。

1.4 课题的目的与意义

车辆在行驶中如遇路面不平，极易引发振动，当振动幅度超过规定阈值时，可能对乘车人员的舒适感产生明显影响，同时存在潜在风险威胁运输货物的安全。为此，采用主动控制弹簧技术，通过调节弹簧性能的主动性，以期达到抑制振动并满足汽车动态行驶与乘坐舒适性的双重需求。减振器的性能也会导致姿势（俯仰或侧倾）的变化，给乘客带来不愉快，影响驾驶安全。采用减振力控制技术，有助于增强汽车操控稳定性，在急转弯、加速及紧急制动等动态操作情况下，可有效减少车辆姿态波动，提高整车性能。本研究针对汽车行驶于崎岖道路环境之下的速度适应性调控问题，提出了一种基于半主动液压减振器工作原理与性能要求的设计方案。通过该方案能够有效提升车辆通过复杂路面时的速度匹配能力，以及在光滑路面高速行驶条件下降低气动辅助干扰，并增强操控稳定性。设计涉及的半主动减振器系统，巧妙运用液压能量对减振器的阻尼行为进行主动调控，使其阻尼力输出及阻尼特性与车辆相对速度间实现高效协同，优化整车动态响应。

该项研究是通过车辆及其所处运行环境进行实时监控，对半主动减振器性能进行全面优化，并通过对减振装置工作状态的动态调整，来确保减振效果始终保持在最优水平。减振器的设计必须满足运行平面度和转向稳定性等性能要求。随着汽车行业的蓬勃发展，消费者对汽车舒适性和安全性的需求不断提高，传统的无源振动控制在满足这些要求上面临较大挑战。半主动减振器可以通过电子控制单元（ECU）基于诸如积分相对速度、车辆速度、转向角、速度和制动的信号来控制减振器制动器，并且可以改变诸如减振器的主动、减振器阻尼力和积分相对速度的参数。除此之外，车辆行驶时，车轮与路面之间所施加的动态载荷还将对车辆的附着性产生影响，进而对路面的操控性、安全性和损坏程度产生影响。对车辆振动和传递特性进行深入研究，并采取有效措施将振动水平尽可能降低，对于提升车辆座椅的舒适性和操控稳定性具有重要的理论和实践意义。本研究的目标是通过设计液压半主动减振器，探索汽车半主动液压减振器研发的新思

路，以期取得创新成果。

1.5 本课题的研究内容

一、设计任务

结构设计与分析: 在确保减振效果的前提下，制定半主动减振器的构造设计方案显得尤为重要，这其中涵盖了对其外形、尺寸及选材等方面的系统规划。为进一步确保设计方案的可行性和高效性，有必要对减振器的工作机理进行详尽的理论分析与探讨。

特性研究: 构建阻尼器的分布参数模型，深入探讨阻尼器的动态特性。研究内容涵盖阻尼器在多种工作状态下的阻尼力、刚度等参数的变化规律探讨。

优化设计: 在符合性能规范的基础上,对减振器的结构参数进行优化,以增强其减振效能和延长使用寿命。优化设计的目标可能包括降低阻尼力的波动、提高稳定性等。

二、设计要求

性能稳定: 半主动减振器应具有良好的性能稳定性,能够在不同工况下保持一致的减振效果。

调节范围适当: 半主动阻尼器的阻尼与刚度特性需具备一定的调节性,以便根据振动环境的多样性及不同的工况需求进行相应的适应与调整。

耐久性: 减振器的设计需要具备出色的耐久性,以确保其能够在长时间的使用和不利环境条件下保持稳定效能。

2 汽车液压式半主动减振器设计

汽车减振系统的研究方向主要集中在传统的被动

减振系统和智能化程度较高的半主动减振系统之间。所谓被动减振系统，俗称传统减振系统，其构成要素涵盖弹簧、阻尼器与导向机构等，旨在缓解由路面不平造成的冲击力对汽车的影响，并有效减少该冲击力所诱发的轴承系统振动现象。在这一系统中，弹簧承担缓和冲击力的重任，而阻尼器则专注于振动的抑制。由于该类型减振器的作用依赖于外力激发，故而被归类为驱动减振器。这种减振器由外力驱动，因此称为驱动减振器。半主动减振器在控制连杆中装有一个泵装置，用于抑制路面上的冲击力和倾斜力。这种减振器能主动产生力，所以被称为半主动减振器 **Error! Reference source not found.**。

2.1 主动减振器与半主动减振器的优缺点

在汽车工程领域，主动减振器的设计宗旨在于平衡驾控稳定性与乘坐舒适性之间的矛盾，以适应差异化的使用需求。在实现关键性能保障的框架内，对次要性能不得不进行适度妥协。反观传统的被动减振器，在成本效益和可靠性方面拥有明显优势。然而，其在调和舒适性与稳定性之间的固有矛盾上表现出局限性。此外，选用高刚度螺旋弹簧能有效提升车轮与路面的贴合度，从而增强轮胎的附着力。然而，带来的负面效应是乘坐车辆时可能感受到明显的颠簸。为了增加乘坐汽车时的舒适度和稳定性，通常会选用较为柔软的螺旋弹簧，以应对不平整的路面。然而，这种设计会牺牲汽车的操控性能 **Error! Reference source not found.**。

被动半主动减振系统是一种新型的减振系统，它利用驱动部件主动产生调节力并将其传递给执行器以实现连续运行，采用各种传感器将采集到的相关数据统一传输到微处理器中进行详细计算，并根据计算结果制定相应的控制策略，是半主动减振技术的一个重要发展方向。这套装置综合了机械与电子两个领域的专业知识，具有复杂的技术特征。它能有效地调整汽车的偏航、倾侧、横摆等运动性能，对提高汽车高速行驶及转向稳定性有重要意义，对降低汽车侧翻事故有重要作用。在制动过程中，前部下陷的程度降低，在启动和加速过程中降低了后部的

抬升。在复杂路面条件下，该悬挂系统可有效降低行驶过程中的振动感知，提高轮胎-路面粘着性能。但其结构复杂、技术规范要求高、造价昂贵。

2.2 电控空气减振器和电控液压减振器的比较

电子控制减振器根据其结构形式可划分为电控空气减振器与电控液压减振器两类 **Error! Reference source not found.**。电控半主动空气减振器可根据自身负荷情况、行驶状态和路面状况等因素，半主动地调节涵盖阻尼力、汽车整车集成相对速度和行驶姿态、以及弹性元件等多个参数，通过气压结构实现自平衡。空气弹簧与减振器具备对抵消路面传递的短波和长波振动的特性。该系统由空气压缩机、干燥器、气罐、流量控制电磁阀、减震器控制电磁阀、空气弹簧以及互相连接的管道等元件组成。

电控半主动式液压减振系统运用先进控制技术，通过电子调控手段动态调节减振性能，以达到减轻路面冲击和倾斜影响的目的所述系统不仅提高了乘坐舒适度，还增强了汽车的操控稳定性。对比固定参数的传统减振器，电控半主动式液压减振器展现出在行驶过程中调节功能的显著优势，以适应不同路况。具体而言，其关键功能包含：调控车辆相对速度，确保转向过程中的动态平衡；优化衰减力的配比，增强车辆在紧急操控状态下的稳定性；通过调节弹性元件的弹性系数或刚性系数，来实现对减振力的精准控制，该系统的组成部件包含液压源、压力控制阀、液压阻尼缸、传感器和电子控制单元通过这些组成部分的精密协作，为乘用车提供智能化的悬挂管理解决方案。

2.3 液压系统方案确定

对电子控制空气减振器和电子控制液压减振器进行比较后发现，它们的共同点是都能在高速行驶时确保足够的稳定性，并增强在不平坦道路行驶时的通过性能，然而，电子控制半主动空气减振器也存在一些明显的缺陷，成本高、维护量大，这也是设计液压减振器的原因。

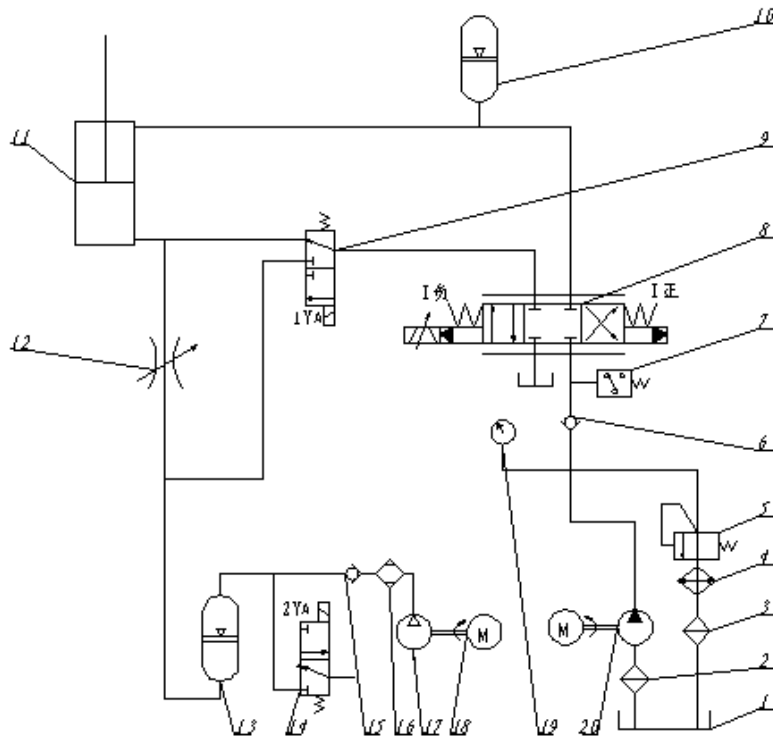
2.3.1 液压系统设计特点

、调节装置的关键在于操控三维四通伺服阀中的阀芯位置，从而调节伺服阀释放的压力油流量和流向，这一过程通过操纵活塞杆所承受的压强差异，产生半主动的控制作用力。针对汽车当前的运动状况，该控制装置能够精确调节作用力的大小、方向以及变化的速率，旨在显著提升汽车行进过程中的稳定性表现。

2、液压马达及蓄能器被装配安置于可调节阻尼气门之间（其主、次节气门通道的横截面不同），进而由电动控制单元（ECU）根据传感器输入信号进行处理，以控制与主、次节气门通道相连的电磁阀，从而实现阻尼和再生控制的目的。

3、利用蓄能器的进气与排气来改变气室容积，起到主动调节作用。

4、将集成相对速度传感器信号传送至电子控制单元（ECU），经过 ECU 算法精确处理后，实现对伺服阀的准确控制。此过程引发液压缸上、下腔内压力的相应调节，从而驱动活塞做上升运动，确保集成相对速度的实际测量值能够接近理论上的预定目标值。（如图 2-1 所示）



1-油箱；2-粗过滤器；3-精过滤器；6-冷却器；5-溢流阀；6-单向阀；7-压力继电器；8-

集成相对速度自传感半主动减振器结构设计

伺服阀； 9-二位三通电磁换向阀； 10-蓄能器； 11-液压缸； 12-节流阀； 1

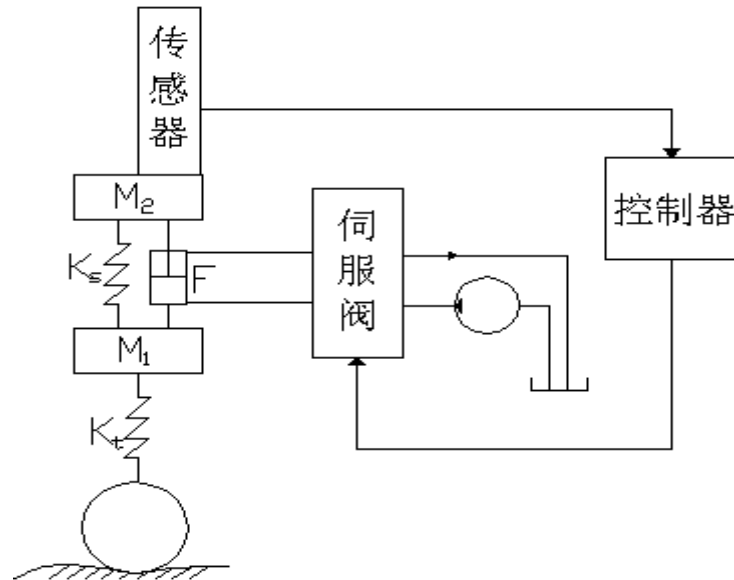
3-蓄能器；16-排气阀；15-单向阀；16-空气干燥器；17-空气压缩机；18-电动机；19-压力表；20-液压泵。

图2-1 伺服液压控制系统示意图

2.3.2 电控液压式半主动减振器的工作原理

电控减振器依据器件结构形态的不同，可划分为电控气体减振器与电控液体减振器两大类。

电子控制液压半主动减振装置组成包括动力源、压力控制阀、液压缸、传感器以及控制器（简称减振器控制 ECU）等部件，详见图 2-2 对电子控制液压半主动减振器简化后电路结构示意图 **Error! Reference source not found.**。



M_1 -非簧载质量； M_2 -簧载质量； K_t -轮胎主动； K_s -减振器弹簧主动； F -作用力发生器

图2.2 电子控制液压半主动减振器的简化电路图

液压泵是动力源，它产生加压油并将其供应给每个车轮的液压缸，从而使每个车轮独立运行。在汽车转向过程中，若发生侧倾现象，汽车外部车轮所对应的液压缸内油压会相应增加，而内部车轮的液压缸油压则会呈现降低的趋势。这一油压变化所产生的信号随后被精准地传输至车辆的电子控制单元（ECU）。ECU

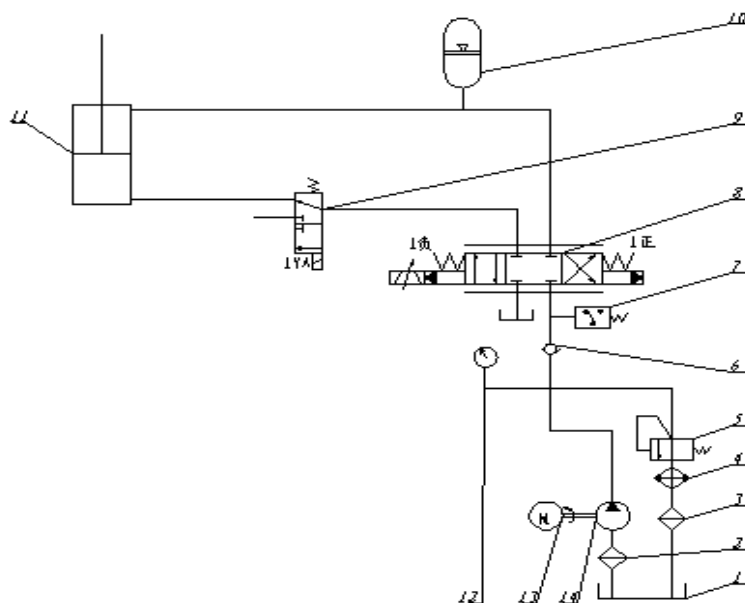
在接收到这些信号后，会迅速作出反应，通过调节相关系统来有效地控制并校正车辆的侧倾状态，确保车辆行驶的稳定性和安全性。鉴于装置中配备了多个高精度的加速度传感器，它们分别分布于上下、左右、前后等方位，用以检测相对速度等关键参数。传感器采集的数据会随后传输至电子控制单元（ECU）进行深入分析。基于这些分析结果，ECU 能够精确调节油压，从而在车辆转向时实现侧倾的最小化。在车辆进行紧急制动、急剧加速或在路况恶劣的情况下，液压控制系统通过精确地调节液压缸内的油压，以维持车辆的稳定姿态并最小化姿态变化 **Error! Reference source not found.**。

3 集成相对速度调节结构设计

相对速度控制系统能够依据相对速度变化进行自我适应的调节，确保即便乘员及货物发生变动，集成的相对速度亦能保持稳定，以确保减振器持续正常运行在适当行程内。

执行机构在相对速度控制系统中的广泛应用局限于空气弹簧或油气弹簧两种，这一设计差异导致了空气动力学与液压动力学两个独立的相对速度调节机构类别的形成。液压式相对速度控制系统中，液压缸承担执行功能，其核心组成元素包括电控装置、动力源、电液伺服阀、蓄能器、传感器和 ECU 等要素。

3.1 集成相对速度控制的原理



1-油箱；2-粗过滤器；3-精过滤器；6-冷却器；5-溢流阀；6-单向阀；7-压力继电器；8-伺服阀；9-二位三通电磁换向阀；10-蓄能器；11-液压缸；12-压力表；13-电动机；16-液压泵。

图3-1 集成相对速度控制系统原理图

根据车辆相对速度的传感器信号和驾驶员的操纵行为，电子控制单元（ECU）会下达相应的控制指令给电液伺服阀，以调节其相对速度。具体而言，当需对汽车执行升高操作时，系统通过调整三位四通伺服阀的状态，实现液体传送到液压缸的支持腔，启动液压泵，从而打开油路。此过程促使支撑腔内液压油压力增加，从而推动汽车的上升。在液压缸支撑腔内部压力稳定后，汽车的相对速度将在一个特定的集成值范围内保持稳定。当乘客数量增加导致集成相对速度的下降时，集成相对速度传感器所记录的数据将与 ECU 中储存的相对速度数值产生差异，电子控制单元 (ECU) 将下达控制指令，促进伺服阀的激磁并触发开启，进而向液压缸的支持腔供油，直到所要求的集成相对速度达到预设标准。当需要实施下降动作时，操作者会暂停液压泵的运转，并启动三位四通伺服阀来打开回油通道，使液压油流回油箱，以完成下降操作。如图 3-1 所示。

行驶中的车辆，其相对速度传感器每 0.008 秒进行一次位置测定，发动机控制单元（ECU）在经过 20

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/385044140310011240>