|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称：** | **车辆电动静液压自供能量式主动悬架工作机理与协调控制研究** |
| **完 成 人：** | **寇发荣，张传伟，王忆佳，张凯，孙秦豫，许家楠** |
| **完成单位：** | **西安科技大学** |
| **项目简介：** |  |

该项目属于机械工程领域，依托国家自然科学基金（项目批准号：51275403），在2008-2019年期间，通过CNKI中国引文数据库、科学引文索引（SCI）数据库查证文献27篇，其中代表论文8篇，总被引频次109，总他引频次67。项目共授权发明专利10项，实用新型15项，并制作试验样机1台。

车辆EHA（Electro-Hydrostatic Actuator）电动静液压自供能量式主动悬架,主要存在减振性能与能量回收效率的矛盾以及控制算法和时滞影响减振性能的问题。减振性能与能量回收效率的矛盾主要在于，EHA自供能主动悬架低速振动过程中馈能电压低无法储存，为此通过对**EHA主动悬架馈能回收方法研究**，泵升馈能电压达到储存电压水平，提高馈能效率。控制算法和时滞影响减振性能的问题，项目通过设计智能化的控制算法来解决。在对馈能悬架能量平衡分析的基础上，**采用包含上层控制器和下层控制器的分层协调控制策略**，对EHA主动悬架的主动模式、馈能模式、半主动模式切换进行协调控制；考虑到液压系统的时滞，通过计算临界时滞，**采用Smith预估补偿策略对EHA主动悬架进行时滞补偿控制**；为改善乘坐舒适性，**设计出一种双滑模切换控制策略以提高主动悬架减振性能。**此外，采用卡尔曼滤波估计算法监测EHA作动器，作动器失效状态后，输出主动力进行补偿，**控制悬架切换工作模式**。

在上述基础上，建立馈能悬架系统动力学模型并进行进行**数字化仿真**，得到优化悬架参数协调性的理论和评价悬架综合性能的依据，**研制出EHA主动悬架样机**，以此样机进行实车道路试验，**验证控制算法**和EHA自供能量式主动悬架结构的有效性。

该项目提出的车辆EHA自供能量式主动悬架集主动控制、馈能控制、半主动控制为一体；所提出的智能控制算法，可控制此悬架回收和利用行驶车辆的振动能量，解决车辆减振性能与能量消耗之间的矛盾；EHA自供能量式主动悬架样机的研制，为此种悬架在车辆上的普及应用奠定了基础，有助于我国智能悬架科技水平的进步。

**主要知识产权目录：**

1. **文章**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 | 完成单位 |
| 基于EHA的汽车电—液主动悬架系统的仿真研究 | 系统仿真学报 | 寇发荣 | 2009.04 | 西安科技大学 |
| 电动静液压自供能量式汽车主动悬架设计及试验 | 中国科技论文 | 寇发荣，刘攀，孙秦豫 | 2015.10 | 西安科技大学 |
| 车辆电动静液压半主动悬架设计与馈能研究 | 农业机械学报 | 寇发荣 | 2016.05 | 西安科技大学 |
| 电液自供能式车辆主动悬架多模式切换控制 | 机械科学  与技术 | 寇发荣，杜嘉峰，张传伟，王勇智，王忆佳 | 2016.12 | 西安科技大学 |
| 车辆电动静液压作动器的半主动悬架时滞补偿控制 | 中国机械工程 | 寇发荣，范养强，张传伟，杜嘉峰，王哲 | 2016.08 | 西安科技大学 |
| 电动静液压作动器主动悬架力跟踪控制研究 | 中国机械工程 | 寇发荣，王哲，杜嘉峰，李冬，许家楠，何凌兰 | 2017.12 | 西安科技大学 |
| Multimode Coordination Control of a Hybrid Active Suspension | Shock and Vibration | 寇发荣，魏冬冬，田蕾 | 2018.12 | 西安科技大学 |
| 电动静液压主动悬架双滑模控制研究 | 中国机械工程 | 寇发荣，许家楠，刘大鹏，张凯，孙凯 | 2019.03 | 西安科技大学 |

1. **专利&软著**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 专利（软著）名称 | 完成人 | 权人 | 专利（软著）号 |
| 一种自供能式车辆主动悬架及其协调控制方法 | 寇发荣  陈龙 | 西安科技大学 | ZL201610814630.1 |
| 具有能量自供能的车辆主动悬架作动器及其控制方法 | 寇发荣 | 西安科技大学 | ZL201410603285.8 |
| 一种电磁馈能式车辆主动悬架作动器及其控制方法 | 寇发荣 | 西安科技大学 | ZL201510939810.8 |
| 一种多模式电磁馈能式车辆主动悬架作动器及其控制方法 | 寇发荣 | 西安科技大学 | ZL201510941785.7 |
| 滚珠丝杠式自供能半主动悬架作动器及其控制方法 | 寇发荣  梁津  魏冬冬  田蕾 | 西安科技大学 | ZL201710840990.3 |
| 复合馈能式磁流变半主动座椅悬架及其控制方法 | 寇发荣  曾宪梓 | 西安科技大学 | ZL201710792466.3 |
| 压电与电磁感应双重馈能式磁流变减振装置及其控制方法 | 寇发荣  张冬冬 | 西安科技大学 | ZL201610814626.5 |
| 一种馈能式磁流变弹性体车辆减振装置及其控制方法 | 寇发荣 | 西安科技大学 | ZL201510941283.4 |
| 一种自供能量式车辆减振装置及其控制方法 | 寇发荣 | 西安科技大学 | ZL201510945800.5 |
| 汽车四分之一模拟悬架试验台 | 寇发荣  孙秦豫  刘攀 | 西安科技大学 | ZL201420108363.2 |
| 一种馈能式汽车主动悬架 | 寇发荣  孙秦豫  刘攀 | 西安科技大学 | ZL201420027645.X |
| 一种自供能量式磁流变减振器 | 寇发荣  刘攀  孙秦豫 | 西安科技大学 | ZL201420114292.7 |
| 一种阻尼可调式减振驾驶室 | 寇发荣  刘攀  孙秦豫 | 西安科技大学 | ZL201420027652.X |
| 具有馈能和主动耗能两种工作模式的车辆主动悬架作动器 | 寇发荣  孙秦豫  刘攀  陈龙  范养强  张冬冬 | 西安科技大学 | ZL201420645099.6 |
| 一种馈能式磁流变减振器 | 寇发荣  陈龙  范养强  张冬冬  尚洁 | 西安科技大学 | ZL201520065077.7 |
| 一种馈能式磁流变减振装置 | 寇发荣  张冬冬  陈龙  范养强 | 西安科技大学 | ZL201520279959.3 |
| 一种馈能式商用车驾驶室半主动减振系统 | 寇发荣  陈龙  张冬冬  范养强 | 西安科技大学 | ZL201520280808.X |
| 多模式电磁馈能式车辆主动悬架作动器 | 寇发荣  陈龙  张冬冬  范养强  任全 | 西安科技大学 | ZL201521054650.0 |
| 一种重型商用车振动能量回收系统 | 寇发荣  范养强  张冬冬  陈龙 | 西安科技大学 | ZL201520279978.6 |
| 电磁馈能式车辆主动悬架作动器 | 寇发荣  陈龙  任全  张冬冬 | 西安科技大学 | ZL201521048007.7 |
| 一种基于压电模块发电的馈能式磁流变弹性体减振装置 | 寇发荣  张冬冬  陈龙  范养强 | 西安科技大学 | ZL201521048006.2 |
| 一种汽车制动能量回收装置 | 寇发荣  王哲  曾宪梓  杜嘉峰  任全  梁津 | 西安科技大学 | ZL201620724906.2 |
| 一种馈能式防沉降磁流变减振器 | 寇发荣  曾宪梓  杜嘉峰  任全  梁津  王哲 | 西安科技大学 | ZL201620679716.3 |
| 自供能量式车辆磁流变阻尼装置 | 寇发荣  张冬冬 | 西安科技大学 | ZL201521054649.8 |
| 液电集成式自供能主动悬架及其控制方法 | 寇发荣  杜嘉峰 | 西安科技大学 | ZL201610948331.7 |

1. **曾获奖励**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 奖项名称 | 单位 | 获奖时间 |
| 车辆电动静液压自供能量式主动悬架工作机理与协调控制研究 | 科学技术1等奖 | 西安科技大学 | 2019 |