

图书基本信息

书名：<<新型磁流变阻尼器及半主动控制设计理论>>

13位ISBN编号：9787030335906

10位ISBN编号：7030335902

出版时间：2012-3

出版时间：科学出版社

作者：李忠献，徐龙河 著

页数：282

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## 内容概要

《新型磁流变阻尼器及半主动控制设计理论》系统地总结和阐述了新型磁流变阻尼器的设计原理、动力特性、滞回模型、半主动控制理论与方法及其应用分析等。

主要内容包括新型磁流变阻尼器基于磁路欧姆定律、基于有限元分析的设计理论与方法，新型螺旋凹槽磁流变阻尼器、新型双向调节磁流变阻尼器、新型全通道有效磁流变阻尼器的动力特性及滞回模型，基于信赖域的瞬时最优半主动控制理论与方法，磁流变阻尼器模型预测及神经网络预测控制理论与方法，磁流变阻尼器出力状态设计和分级控制理论与方法，小波包分解模态半主动控制理论与方法，磁流变阻尼器模糊控制理论与方法，以及新型磁流变阻尼器半主动控制在工程结构及大跨度空间结构中的应用分析等。

《新型磁流变阻尼器及半主动控制设计理论》可作为从事土木工程、防灾减灾与防护工程、力学工程等相关领域的科学研究人员、工程技术人员、研究生以及高等院校教师和高年级本科生的参考书。

书籍目录

前言

第1章 磁流变阻尼器半主动控制概述

- 1.1 引言
- 1.2 磁流变液的研究与发展
- 1.3 磁流变阻尼器半主动控制的研究与发展
  - 1.3.1 磁流变阻尼器结构型式
  - 1.3.2 磁流变阻尼器力学模型
  - 1.3.3 磁流变阻尼器半主动控制算法
- 1.4 磁流变阻尼器半主动控制系统的工程应用

参考文献

第2章 磁流变阻尼器基于磁路欧姆定律的设计理论与方法

- 2.1 磁流变阻尼器工作原理
  - 2.1.1 基本工作模式
  - 2.1.2 阻尼力调节原理
- 2.2 制作材料选取原则
  - 2.2.1 磁流变液选取
  - 2.2.2 结构主体材料选取
- 2.3 磁流变阻尼器构造设计
  - 2.3.1 参数优化
  - 2.3.2 结构设计
  - 2.3.3 强度验算
  - 2.3.4 密封设计
  - 2.3.5 磁路设计

参考文献

第3章 磁流变阻尼器基于有限元分析的设计理论与方法

- 3.1 磁路饱和和有限元分析
- 3.2 多级装配式磁流变阻尼器磁路有限元分析
- 3.3 剪切阀式磁流变阻尼器简化设计方法
  - 3.3.1 设计原理
  - 3.3.2 数值模拟

参考文献

第4章 新型螺旋凹槽磁流变阻尼器及动力特性

- 4.1 螺旋凹槽的设计及阻尼力的微观变化
- 4.2 螺旋凹槽磁流变阻尼器动力特性测试与分析
  - 4.2.1 力学性能
  - 4.2.2 恢复力模型及其修正

参考文献

第5章 新型双向调节磁流变阻尼器及动力特性

- 5.1 新型复合磁路结构
- 5.2 设计与加工
  - 5.2.1 基本结构
  - 5.2.2 材料选取
  - 5.2.3 结构参数确定
  - 5.2.4 方案优选
- 5.3 磁场测量与分析

## 5.4 动力性能测试与分析

## 参考文献

## 第6章 新型全通道有效磁流变阻尼器及动力特性

## 6.1 全通道有效磁路结构

## 6.2 磁路有限元分析

## 6.3 基于磁通均衡理论的设计方法

## 6.4 方案优选与制作

## 6.5 磁场测量与分析

## 6.6 动力性能测试与分析

## 参考文献

## 第7章 新型磁流变阻尼器动力滞回模型

## 7.1 MR-J型阻尼器阻尼力预估模型

## 7.1.1 阻尼器性能测试与分析

## 7.1.2 阻尼力预估模型

## 7.2 Logistic分段模型

## 7.2.1 模型函数

## 7.2.2 分段参数识别

## 7.2.3 模型识别与试验结果

## 7.3 Gompertz模型

## 7.3.1 模型函数

## 7.3.2 输入电流相关参数识别

## 7.3.3 峰值速度相关参数识别

## 7.3.4 Gompertz模型

## 参考文献

## 第8章 磁流变阻尼器基于信赖域的瞬时最优半主动控制理论与方法

## 8.1 优化方程组

## 8.2 精细积分法

## 8.3 信赖域法求解方程

## 8.4 框架结构数值模拟分析

## 8.4.1 磁流变阻尼器

## 8.4.2 受控结构模型

## 8.4.3 控制效果对比分析

## 8.5 悬臂梁振动控制试验

## 8.5.1 试验装置及流程

## 8.5.2 模型修正与降阶

## 8.5.3 NARX神经网络磁流变阻尼器模型

## 8.5.4 试验结果分析

## 8.6 大跨度空间结构信赖域瞬时最优半主动控制

## 8.6.1 多维多点地震激励下基本方程

## 8.6.2 仿真分析

## 参考文献

## 第9章 磁流变阻尼器模型预测控制理论与方法

## 9.1 系统状态方程

## 9.2 模型预测控制

## 9.3 数值算例分析

## 9.3.1 阻尼器模型

## 9.3.2 时滞补偿及效果分析

参考文献

第10章 磁流变阻尼器神经网络预测控制理论与方法

- 10.1 结构模型的简化
- 10.2 神经网络在线补偿器
- 10.3 基于在线补偿的预测控制算法
- 10.4 数值算例分析

参考文献

第11章 磁流变阻尼器出力状态设计和分级控制理论与方法

- 11.1 力学模型
- 11.2 出力状态设计
  - 11.2.1 最大出力状态
  - 11.2.2 中等出力状态
- 11.3 分级控制算法

参考文献

第12章 磁流变阻尼器小波包分解模态半主动控制理论与方法

- 12.1 模态控制基本方程
- 12.2 模态控制器设计
- 12.3 Kalman滤波状态估计器
- 12.4 小波包分解与重构
- 12.5 竖向地震激励下模态半主动控制仿真分析
  - 12.5.1 结构模型
  - 12.5.2 小波包分解
  - 12.5.3 控制效果分析
- 12.6 多维多点激励下模态半主动控制仿真分析

参考文献

第13章 磁流变阻尼器模糊控制理论与方法

- 13.1 基于模糊理论的半主动控制
  - 13.1.1 模糊控制器
  - 13.1.2 模糊控制表
- 13.2 在线自适应调节的模糊控制方法
- 13.3 数值算例分析

参考文献

## 章节摘录

版权页:第1章 磁流变阻尼器半主动控制概述1.1 引言20世纪80年代以来,随着我国的经济腾飞和科学技术的不断进步,建筑业作为国民经济的基础行业高速发展,超高层建筑、长大桥梁、大跨度空间结构等一系列外观宏伟,结构形式多样,受力复杂的大型结构陆续出现在各大城市,成为地标性建筑。同时,随着新材料的不断应用及结构形式的不断复杂化,高度更高、跨度更大、外观更加新颖的各类建筑设计方案也给结构工程师们带来了巨大的挑战。

建筑的规模、功能和造型越来越大型化、复杂化和多样化,对现代结构技术提出许多具有本质变化的要求,尤其在灾害性地震及风荷的作用下,建筑结构的安全性和适用性问题也越来越引起国内外学者的广泛关注。

我国是地震多发国家,同时也是遭受地震损失最为严重的国家,唐山大地震的24万生命,乃至最近的汶川地震的近7万死亡人数,建筑物在地震作用下直接发生倒塌是造成人员伤亡的最主要原因。

传统的抗震抗风设计方法是根据可能遭遇的地震及风荷的强度和频度,依靠提高结构的强度和刚度来增强结构的抗力,以满足结构的安全性、适用性以及人的舒适性等要求,这无疑会大幅度地增加建设成本。

为了应对上述问题,现代结构工程领域引入了振动控制技术,作为强度和刚度要求的辅助措施,增强建筑结构的抗震能力[1]。

结构振动控制技术包括被动控制技术、主动控制技术和半主动控制技术。

其中,被动控制技术是指系统不依赖于外来能源,针对地震动的频谱特点或结构自身的动力特性,在结构上附加振动控制装置或改变结构的局部构造以抵抗地震荷载的一种抗震技术[2],主要包括基础隔振[3~7]、被动消能减震[8~11]和调谐减震[12~16]三种方式。

被动控制技术概念清晰,装置简单可靠,发展至今已经比较成熟,并且已经大规模运用于实际结构工程中。

但是,由于被动控制系统不能依据外部扰动的特性和结构自身的响应实时调整自身动力特性,其适用的广泛性受到很大限制,控制效果受外部条件的影响较为明显。

主动控制技术由Yao在1972年首次提出[17],该方式中控制系统要向结构系统输入能量,输入的能量值由一定的主动最优控制算法确定,控制目标是依据一定的最优化原则,在有限的能量输入条件下,最大限度的抑制结构的震动响应,即控制结构在地震作用下的加速度和位移响应[1,2,18]。

主动控制技术主要包括主动质量阻尼器(activemassdamper, AMD)主动质量驱动器(activemassdriver, AMD)[19~21]、主动锚索系统(activetendonsystem, ATS)[22~25]和主动支撑系统(activebracingsystem, ABS)[26,27]等。

主动控制技术将现代控制理论的最优控制理念引入建筑结构的振动控制策略,能够获得优异的控制效果,但其缺陷在于,主动控制系统造价高昂,且需要巨大的外部能源支持,很难在罕遇地震等极端条件下确保能源的供应。

同时,主动控制系统由于需要向系统输入能量,因而一旦控制策略失效,存在致使结构失稳的潜在可能。

近年来,半主动控制技术得到了广泛的关注,并且被认为是最具前景的结构振动控制技术之一[2]。

半主动控制技术同被动控制技术一样不需要向结构输入能量,而是实时改变结构的自身特性或使用外加的可调阻尼装置以控制系统的动力学特性,以实现最优响应状态的追踪。

半主动控制不需要主动控制系统那样巨大的能源供应,并且在能源中断条件下依然能够保持可观的控制效果,因而故障安全(fail-safe)性能优异。

同时,由于半主动控制系统能够实时追踪最优状态,因而能接近甚至达到主动控制系统的控制效果,并兼顾被动控制系统的可靠性与简易性。

半主动控制系统主要包括主动变刚度(activevariablestiffness, AVS)控制系统[28~30]、半主动流体阻尼器系统[31,32]和电流变(electro-rheological, ER)、磁流变(magneto-rheological, MR)阻尼器系统等。

MR阻尼器研究的最初目的在于克服ER阻尼器诸多难以逾越的技术瓶颈,如剪切屈服强度过低、对温度和杂质非常敏感、阻尼器的工作电压高达数千伏等。

电流变液体 (electro-rheological fluid, ERF) 和磁流变液体 (magneto-rheological fluid, MRF) 由Winslow于1947年 [33] 和1949年 [34] 分别发现,早期的研究主要集中于ERF,但基于前述缺陷,使用ERF制备的半主动控制装置并未得到实际的普及应用。

但是, MRF相对于ERF具备下述优势: 工作电压低,从而对于能源的依赖更小,使用也更加安全; 对温度和杂质不敏感,因而对阻尼器的加工使用环境要求相对较低; 剪切屈服强度峰值比ERF高1~2个数量级以上,因而可以在有限的几何尺寸内制作阻尼力峰值很高的耗能减震装置。

基于上述原因, MRF以及使用其制作的MR阻尼器的研究从20世纪末开始受到了结构振动控制领域内学者的广泛关注,至今已经取得了众多的研究成果,并已经开始进入工程实际应用阶段。

大量的研究结果表明, MR阻尼器具备出力大,响应迅速,阻尼力连续可调,结构形式简单,适应范围广泛等诸多优势,研制至今,被公认为是最具发展前景的半主动控制装置之一。

1.2 磁流变液的研究与发展 MRF是一种新型智能材料,主要是由非导磁性液体和均匀分散于其中的高磁导率、低磁滞性的微小磁性颗粒组成,为了保证MRF的悬浮稳定性,通常还包括适量的外加剂。

在磁场作用下,它可在瞬间内(10ms左右)由流动性能良好的牛顿流体变为Bingham半固体,且这种变化连续、可控、可逆。

1948年,美国工程师Rabinow首先发现了这种磁流变效应 [35],并据此设计了磁流变离合器。

虽然MRF的问世仅比ERF晚一年,但由于MRF一直存在着悬浮稳定性差、应用装置磁路设计复杂的缺点,在80年代中期以前,应用和研究相对ERF来说都比较滞后。

随着科技的进步和生产力的实际需求,对可控流体的强度等性能提出了更高的要求,由于ERF存在剪切强度太低以及所需电源电压过高等缺陷 [36],越来越多的学者开始转而研究MRF, MRF逐渐成为智能材料的研究热点。

1995年,在第五届E / MRF国际会议上,美国Lord公司展示了几种性能优良的小型MRF阻尼装置,引起了学术界的极大震动,掀起了国内外对MR技术的研究热潮,自此两年一度的国际ER会议也更名为国际E / MR会议。

作为一种良好的智能材料, MRF主要有以下特性 [37]: (1) 屈服强度高。

在良好的颗粒体积配比并施加强磁场作用下, MRF的屈服强度可高达100MPa,比ERF等其他屈服流体至少高一个数量级。

(2) 阻尼调幅宽。

无磁场时, MRF表现为流动性好的牛顿流体,黏度较低,非常适合作为振动控制用阻尼器。

(3) 反应灵敏。

在磁场作用下, MRF可在毫秒级时间内由牛顿流体变为Bingham半固体,且变化连续、可逆。

(4) 稳定性好。

对杂质、温度等不敏感,虽然沉降问题仍然没有得到根本解决,但通过添加外加剂及其他加工工艺,可以有效提高稳定性。

(5) 剪切变稀现象。

在外力和磁场作用下, MRF由静止状态过渡到屈服流动状态,要分别经历:屈服前区、屈服区和屈服后区,在屈服前区表现为普通的黏弹性,屈服区和屈服后区则表现为Bingham黏塑性,此时剪切模量随着应变的增加而有所降低,而且降低的比率也随着应变的增加而增加,这种现象被称为剪切变稀。由于MRF易发生沉降,而沉降后直接影响其强度和正常使用要求,因此,各国学者都纷纷对如何解决MRF的沉降问题展开了研究。

对于牛顿流体,在重力作用下, Stokes建立了单一球形粒子的沉降速度为 [38]  $V = 2d^2(\rho_p - \rho_f)g/9\eta$  (1.1) 式中,  $V$  是颗粒在重力作用下的沉降速度;  $d$  是球形颗粒的直径;  $\rho_p$  是球形颗粒的密度;  $\rho_f$  是载体液的密度;  $g$  是重力加速度;  $\eta$  是母液的表现黏度。

由式 (1.1) 可见,颗粒的沉降速度与粒子半径的平方和两相的密度差成正比,与液体的黏度成反比。因此要减少MRF的沉降,应尽可能减小粒子的尺寸,但过小的粒子会影响MRF的流变效应,最终削弱了MRF的屈服强度;同时增大液体的黏度虽然可以在一定程度上抑制沉降,但黏度的增加势必影响

了MRF的阻尼调幅范围。

要取得良好的综合效益，必须全面权衡各因素之间的配比 [ 37 ]。

目前，对沉降的研究归纳起来主要有以下几种途径：（1）根源上控制，选取合理的分散颗粒。

根据式（1.1），颗粒的合理选择对MRF的沉降稳定性至关重要，实验表明，当金属颗粒质量比达到30%以上时，MRF就会有明显的沉降发生。

在保证流体屈服强度的前提下，必须着力减小两相的密度差别，并通过筛分和研磨，减小颗粒粒径。采用化学镀方法可获得轻质的分散颗粒 [ 39, 40 ]，它利用尺寸为微米级的轻质非金属球形颗粒作为载体，外包覆镍、钴的颗粒，从而大大减小了颗粒密度。

这种方法制得的MRF，初始黏度也较小，分层后轻微晃动就可重新混匀。

（2）过程中控制，选用合适的添加剂。

目前市场上的商用MRF大多为添加表面活性剂 [ 36 ] 来解决其沉降问题，表面活性剂一般由亲水基和亲油基两种性质不同的结构组成的低聚物，用来降低不相容两相之间的界面能，亲水基附着在磁性颗粒的表面，亲油基则像鞭梢一样扩散在载体液中。

Pu等 [ 41 ] 研究了碳纤维和硅纳米材料的作用，这些材料作为触变剂可明显减弱MRF的沉降速率

；Dang等 [ 42 ] 和Viota等 [ 43 ] 研究了油酸和硬脂酸等材料在MRF的分散性能；Jong等 [ 44 ] 研究了在MRF中黏塑性介质和乳化剂的效应，试验表明，这种添加剂可在MRF中形成空间位阻效应，阻止金属颗粒凝聚和沉降。

（3）颗粒的再分散，附加结构化措施。

近年来，随着研究和应用的深入，开始通过采用结构化的手段解决沉降问题，比如在阻尼器中的关键部位，加入少量永磁铁，通过较弱的永磁场引力使MRF中的固体颗粒可以克服重力影响，减缓沉降 [ 45 ]。

也可以通过某些构造措施，使MRF在使用过程中往复运动促进颗粒再分散 [ 46 ]。

MRF的最大屈服强度是决定阻尼器最大出力的一个关键指标，土木工程结构抵御地震、风力等破坏作用往往都需要较大的阻尼力和一定的阻尼调幅宽度。

试验表明，MRF的极限剪切屈服强度与磁性颗粒的饱和磁化强度的平方成正比，因此应把选取高饱和磁化强度作为磁性颗粒的最重要性能指标。

另外，良好的磁性颗粒还应具备高磁导率、低磁矫顽力，以及合理的粒径大小及分布 [ 47 ]。

对于建筑抗震这样的使用环境，MRF在阻尼器中长时间静置后往往出现分层和团聚的现象，这是因为MRF中磁性粒子的粒径为微米级，它远大于磁单畴粒子的粒径，在无外加磁场作用时，弥散粒子对外不表现磁性，这时在悬浮体系中，范德瓦耳斯（vanderWaals）力起主导作用，粒子间的引力大于斥力，粒子开始出现团聚，这不仅导致MRF沉降问题发生，而且由于分散相在液体中不能均匀分散，而严重影响磁场作用下的成链机制，最终影响了MRF的剪切屈服强度。

另外在阻尼器使用过程中，总是不可避免地存在着剩磁的现象，这也会导致MRF结成糕状物，不能较容易地在载体液中实现二次均匀分散。

欧进萍等 [ 48 ] 在深入研究的基础上，提出了相应的软性沉降指标，采用OP乳化剂和有机黏土作触变剂改善了MRF的分层现象。

刘奇等 [ 49 ] 采用阳离子型表面活性剂与触变剂复合使用，既提高了MRF的稳定性，又减小了零场黏度。

1.3 磁流变阻尼器半主动控制的研究与发展  
1.3.1 磁流变阻尼器结构型式从工作模式来分，MR阻尼器主要有阀式、挤压流动式、剪切式、剪切阀式四种型式；从受力方式来分，又包括单出杆和双出杆两种类型；从活塞运动方式来说，又分为直动型（活塞相对缸体做直线运动）和旋动型（活塞相对缸体做旋转运动）两种型式。

目前，结构振动控制用MR阻尼器大多为直动型剪切阀式，这是阀式和剪切式组合的一种工作模式，具有磁路设计简单、响应速度快，便于设计与制作的特点，已经成为MR阻尼器设计的主流型式。

图1.1为美国Lord公司于1999年研制的180kN足尺MR阻尼器 [ 50 ]，该阻尼器采用三级螺旋线圈和双出杆型式，最大耗电仅为22W，出力值可达180kN。

图1.2为Lord公司研制的SD-1000型阀式MR阻尼器 [ 51, 52 ]，该阻尼器长21.5cm，缸体直径3.8cm，行



程  $\pm 2.5\text{cm}$ ，最大耗电功率小于 $10\text{W}$ ，能够产生高达 $3\text{kN}$ 的阻尼力。

由于结构振动控制的特殊性，高阻尼力往往成为决定控制系统优良品质的一个重要因素，而结构形式的合理选取对阻尼力大小往往起决定性作用，近年来国内外学者通过改进磁路型式和结构方案，探索出了一些新型的工作模式。

如图1.3所示为日本SanwaTekki公司研制开发的最大出力为 $20\text{t}$ 的旁通阀式阻尼器 [ 53, 54 ]，在主缸体外附加阻尼通道，由10阶段缠绕线圈并联方式连接，大大提高了出力性能，并增加了活塞杆行程，而且由于旁通阻尼通道在阻尼器下方，可有效遏制MRF沉降问题带来的不利影响。

随着研究和应用的深入，各种实用化问题接踵而来，给MR阻尼器的性能品质提出了更高的要求。研究者们开始利用各种先进技术对MR阻尼器的实用化

编辑推荐

《新型磁流变阻尼器及半主动控制设计理论》编辑推荐：近年来以磁流变液为代表的新型智能材料的应用为半主动控制技术的发展注入了新的活力，由磁流变液等智能材料与半主动控制技术相结合构成的结构智能控制系统正逐渐成为新的热点领域，至今已经取得了众多的研究成果，并已经开始进入工程实际应用阶段。

《新型磁流变阻尼器及半主动控制设计理论》系可作为从事土木工程、防灾减灾与防护工程、力学工程等相关领域的科学研究人员、工程技术人员、研究生以及高等院校教师和高年级本科生的参考书。

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>