

# 装配整体式混凝土高层建筑结构黏滞阻尼器减震设计

张兴仙

云南开放大学 云南 昆明 650032

**摘要:** 本文深入研究了在装配整体式混凝土高层建筑结构中引入黏滞阻尼器的减震设计。通过对黏滞阻尼器的工作原理和结构特点进行分析,探讨了其在高层建筑中的应用效果。结合实际工程案例,对装配整体式混凝土结构中黏滞阻尼器的布置、参数设置等关键设计问题进行详细研究,并提出相应的设计方法和建议。通过减震设计,不仅可以有效降低建筑结构的地震响应,提高抗震性能,同时也为装配整体式混凝土高层建筑的可持续发展和安全运营提供了可行的技术支持。

**关键词:** 装配整体式; 混凝土; 高层建筑结构; 黏滞阻尼器; 减震设计

引言: 随着城市化进程的加速和人们对建筑安全性要求的提高,高层建筑的设计与施工日益成为关注的焦点。在高层建筑结构中,地震荷载是其中一个极为重要的考虑因素。传统的结构设计方法已经难以满足对高层建筑更高抗震性能的要求,因此引入先进的减震技术成为提高建筑结构抗震性能的重要途径之一。

## 1 黏滞阻尼器工作原理与结构特点

### 1.1 黏滞阻尼器的工作原理

黏滞阻尼器是一种基于能量耗散原理的结构减震装置,其主要工作原理是通过内部黏性材料在结构振动过程中产生的阻尼效应,将结构振动能量转化为热能而进行耗散,从而达到减震的效果。

### 1.2 黏滞阻尼器的结构特点

黏滞阻尼器的结构一般包括主体框架、黏性材料、调节装置等部分。主体框架一般采用高强度、轻质的金属材料,以确保其刚度和强度;黏性材料则是黏滞阻尼器的核心组成部分,其黏性特性直接影响阻尼效果;调节装置用于调整黏滞阻尼器的刚度和阻尼系数,以适应不同的结构需求。

## 2 黏滞阻尼器在装配整体式混凝土高层建筑中的应用

### 2.1 黏滞阻尼器在结构体系中的布置

在装配整体式混凝土高层建筑结构体系中,黏滞阻尼器的合理布置至关重要,直接影响到整体减震效果的实现。针对框架结构或框架-核心筒结构,黏滞阻尼器的布局需要综合考虑结构的受力特点、地震作用分布以及设计要求等多方面因素。在框架结构中,黏滞阻尼器

的布置通常集中在结构的关键节点,例如主梁与主柱的连接处。这样的设置有助于直接捕捉地震作用下产生的横向位移,有效提升结构的抗震性能。此外,在整体结构中,还可以考虑在水平方向上设置多个黏滞阻尼器,形成一个阻尼器阵列,以均匀分布减震效果,确保结构的整体平衡。对于框架-核心筒结构,黏滞阻尼器的布置更加灵活。通常会考虑将阻尼器设置在核心筒周围的主梁和主柱上,充分利用核心筒的刚性来分担结构受力,同时实现对核心筒的整体减震。此外,为了提高减震效果,还可以考虑在核心筒的不同高度设置不同类型或参数的黏滞阻尼器,以适应结构在不同高度的受力情况。在具体的黏滞阻尼器布置中,需要综合考虑结构的整体稳定性、受力分布、施工可行性等方面的因素。通过有针对性地选择关键节点,使黏滞阻尼器与结构有机结合,达到减震效果最大化的目的。因此,黏滞阻尼器的布置不仅需要符合结构力学的原理,还需要与整体结构设计相互配合,形成一套协同工作的减震体系。

### 2.2 黏滞阻尼器参数的确定

黏滞阻尼器参数的合理确定是保证减震效果最优化的关键环节,需要在黏性材料、调节装置和结构刚度等方面进行全面考虑。这一过程旨在确保黏滞阻尼器在地震作用下发挥最大的减震效果,提高整体结构的抗震性能。首先,黏性材料的性质是黏滞阻尼器设计中至关重要的一项参数。选择合适的黏性材料,其黏滞性能直接影响到阻尼器的减震效果。一般来说,黏性材料需要具备较高的耐久性、温度稳定性和低剪切变形率,以确保其在长时间内保持稳定的黏滞性能。通过实验和材料测试,确定适用于具体结构的黏性材料,并明确其基本性质,为后续参数设置提供基础。其次,调节装置的设计也是黏滞阻尼器设计中的重要环节。调节装置的作用是

**作者简介:** 张兴仙(1987.09-),女,云南昭通人,工学硕士,讲师。主要研究方向为建筑结构抗震。

**基金项目:** 云南省教育厅科学研究基金项目(2022J0596)。

根据结构在地震作用下的反应情况,实时调整黏滞阻尼器的刚度和阻尼系数,以适应不同的结构需求。调节装置的设计需要考虑其灵活性、灵敏性和可靠性,确保在各种条件下都能够及时有效地响应结构的变化。通过模拟和实验验证,确定调节装置的最佳设计方案,使其能够在不同工作状态下保持最佳的调节效果。最后,结构刚度是黏滞阻尼器参数设置中需要仔细权衡的因素之一。结构刚度直接影响到黏滞阻尼器的受力分布和减震效果。在设计过程中,需要通过动力分析获取结构在地震作用下的反应谱,进而通过参数敏感性分析,确定最优的结构刚度。这一过程需要充分考虑结构的整体稳定性和抗震性能,确保结构和黏滞阻尼器相互协同工作,实现最佳的减震效果。

### 2.3 结构-黏滞阻尼器系统的动力响应分析

建立结构-黏滞阻尼器系统的数学模型是深入研究减震效果的关键一步,这一模型能够全面了解结构在地震作用下的动力响应,评估黏滞阻尼器在整个体系中的减震效果。首先,建模过程需要详细考虑结构的几何形状、材料性质、节点连接方式以及黏滞阻尼器的位置和参数等因素。这些因素共同构成了一个复杂而庞大的数学方程组,描述了结构-黏滞阻尼器系统的动力学行为。通过采用有限元方法等先进的数值分析技术,可以将结构的物理特性转化为数学表达,形成一个可以进行仿真计算的数学模型。在进行动力响应分析时,考虑到结构在地震前的初始状态对于减震效果的影响,需要详细了解结构的静力特性。同时,地震激励是一个复杂且难以预测的外部因素,因此需要根据地震波谱和结构的共振频率等参数进行合理的模拟。通过引入这些因素,可以对结构-黏滞阻尼器系统在地震作用下的响应进行全面而深入的分析。仿真计算得到的动力响应参数,包括但不限于加速度、位移、节点反力等,为评估黏滞阻尼器的减震效果提供了重要的依据。通过比较结构在有无黏滞阻尼器的情况下的动力响应差异,可以直观地了解黏滞阻尼器在地震减震中的作用。这一分析不仅有助于验证设计方案的合理性,也为优化黏滞阻尼器的参数提供了实际数据支持。需要注意的是,动力响应分析是一个复杂而耗时的过程,需要结合先进的计算工具和高性能计算资源。同时,得到的结果需要与实际结构的抗震性能进行比较验证,以确保仿真结果的准确性和可靠性。

## 3 实例分析与案例研究

### 3.1 实例介绍

以上海中心大厦为例,这座装配整体式混凝土高层建筑是一座标志性的超高层建筑,位于上海陆家嘴金融

中心地区。该建筑由101层组成,总高度约632米,是上海最高的建筑之一。结构体系方面,上海中心大厦采用了框架-核心筒结构,核心筒为主体支撑结构,外围框架为主体刚性支撑,形成了整体平衡的结构体系。这种结构体系在面对高风荷载和地震力时具有较好的稳定性和抗震性能。地理环境方面,上海中心大厦坐落于上海市浦东新区,临黄浦江而建,处于地势相对平坦的城市中心区域。建筑所处的地理位置使其面临到强风和潮湿气候等多种气候挑战。设计要求方面,上海中心大厦在设计阶段就面临了对超高层建筑的严格要求,包括抗震性能、风荷载、整体结构稳定性等多个方面的考虑。在引入黏滞阻尼器的设计与施工过程中,首先需要对上海中心大厦的结构进行详细的动力学分析,以了解建筑在地震作用下的响应特性。通过这一分析,设计人员可以确定引入黏滞阻尼器的位置、数量和参数。接下来要选择适合的黏滞阻尼器类型和黏性材料,考虑到上海中心大厦的超高层结构,可能选择液态黏滞阻尼器作为主要的减震装置。同时,黏性材料的选择需要满足建筑在不同气候条件下的稳定性和可靠性要求。在施工过程中,需要确保黏滞阻尼器与整体建筑结构的良好协调,包括调整结构刚度、设置调节装置等。施工中需要注意黏滞阻尼器的安装、调试和监测,以确保其在实际运行中发挥最佳的减震效果。

### 3.2 黏滞阻尼器布置与参数设置

在具体建筑结构形式的考虑下,确定黏滞阻尼器的布置方案和参数设置是一项关键的设计任务。首先,需要通过详细的结构分析,确定建筑在地震作用下的主要受力部位和最容易发生位移的区域。选择最佳的黏滞阻尼器位置需要综合考虑建筑的结构特点、地震力分布和设计要求。通常,黏滞阻尼器可以设置在主梁、主柱等结构的关键节点处,以实现最大程度的减震效果。同时,考虑到整体结构的稳定性,可能在不同楼层采用不同数量或类型的黏滞阻尼器,以满足不同区域的抗震需求。在确定了黏滞阻尼器的布置方案后要设置参数。通过参数敏感性分析,可以确定黏滞阻尼器的黏性材料特性、调节装置的设计参数等。这一过程需要综合考虑建筑的结构刚度、周期、地震波特性等多个因素,以确保黏滞阻尼器在各种工作状态下都能够发挥最佳的减震效果。黏滞阻尼器的参数设置还需要考虑到长期使用中的可靠性和稳定性,选择合适的黏性材料,并合理设计调节装置,以适应建筑在不同气候条件下的变化和长期的耐久性要求。

### 3.3 结构-黏滞阻尼器系统的动力响应分析结果

首先,通过模拟得到的结构位移数据,可以清晰地了解建筑在地震激励下的振动特性。与未引入黏滞阻尼器的情况相比,引入黏滞阻尼器后,结构的振动幅度明显减小,振动周期得到调整。其次,通过模拟得到的结构加速度数据,可以直观地评估结构的加速度峰值和响应时程。引入黏滞阻尼器后,结构的加速度峰值相对减小,响应时程得到调控。最后,通过对比分析引入和未引入黏滞阻尼器的动力响应数据,可以定量评估黏滞阻尼器的减震效果。关键参数如结构的减震比、峰值加速度减小比等将为设计人员提供直观的指导,确保引入的黏滞阻尼器方案在实际工程中能够达到预期的减震效果。

#### 4 设计方法与建议

##### 4.1 黏滞阻尼器设计的常用方法

在黏滞阻尼器设计领域,设计人员通常会根据不同的需求和实际情况选择合适的方法。目前,常用的黏滞阻尼器设计方法主要包括经验法和数值模拟法,它们各自具有一系列的优劣势,设计人员需要根据具体情况权衡取舍。首先,经验法是一种基于历史案例和实验经验的设计方法。设计人员通过总结过去类似结构所采用的黏滞阻尼器设计方案,形成一套经验法则。这种方法的优势在于简单、直观,特别适用于一些结构相对简单、设计要求相对一致的情况。然而经验法也存在一定局限性,因为它缺乏对结构细节和复杂动力行为的深入理解,可能无法满足复杂结构和特殊工程需求的设计要求。其次,数值模拟法是一种基于计算机模型的设计方法。通过建立结构-黏滞阻尼器系统的数学模型,运用有限元分析等数值技术,对结构在地震作用下的动力响应进行模拟计算。这种方法的优势在于可以考虑结构的各种复杂性,适用于不同结构类型和复杂地震条件下的设计。数值模拟法可以更全面、精确地评估黏滞阻尼器的性能,为优化设计提供更多的信息。比较这两种方法,经验法具有直观、快速的特点,适用于一些简单结构或者初步设计阶段的快速评估。当面对复杂结构或需要高精度设计时,数值模拟法更为可靠。数值模拟法的缺点在于计算复杂度较高,需要大量计算资源和专业软件的支持,同时也对设计人员的数值模拟能力提出一定的要求。

##### 4.2 黏滞阻尼器设计的注意事项

在黏滞阻尼器设计的过程中,有一些关键的注意事项需要设计人员特别关注,以确保设计的科学性和可行

性。首先,选择黏性材料。黏滞阻尼器的性能直接依赖于所选用的黏性材料,设计人员需要在考虑黏性材料的耐久性、温度稳定性和低剪切变形率等基本性质的基础上,选择适合具体结构和地震作用环境的黏性材料。同时,需要注意黏性材料的可靠性和长期稳定性,以确保其在整个结构寿命内能够保持稳定的减震性能。其次,设置调节装置。调节装置的设计需要具备良好的灵活性、灵敏性和可靠性,以实现结构在不同工作状态下的实时调整。设计人员应充分考虑结构的动力响应特性,确定最佳的调节策略和装置类型。此外,调节装置的施工和维护便捷性也是需要考虑的因素,以确保系统的实际运行效果与设计预期一致。然后,考虑结构刚度。结构刚度直接影响到黏滞阻尼器的受力分布和减震效果。在设计过程中,需要通过动力分析获取结构的反应谱,进而通过参数敏感性分析,确定最优的结构刚度。合理的结构刚度设计既要考虑减震效果,还要确保结构整体的稳定性和安全性。最后,综合考虑结构特点。设计人员还应关注与其他结构元素的协调,确保黏滞阻尼器与结构的整体设计相互协同。在具体实践中,可能需要采用多学科协同的方法,包括结构工程师、土木工程师、材料工程师等专业人员的共同合作,以确保整体设计的完整性和协调性。

#### 结束语

综上所述,黏滞阻尼器在装配整体式混凝土高层建筑结构中的减震设计是一个复杂而富有挑战的工程问题。通过科学合理的设计方法与建议,可以更好地发挥黏滞阻尼器的减震效果,提高结构的抗震性能,为高层建筑的安全运行与可持续发展提供有效的技术支持。

#### 参考文献

- [1]黄共华,王强.谈装配整体式剪力墙结构工程的施工及监理[J].工程建设,2018,50(03):73-76.
- [2]韩建成.通州台湖公租房装配整体式混凝土结构施工质量控制研究[D].导师:李小冬;张松山.清华大学,2017.
- [3]徐晓珂.装配式混凝土结构高层公寓楼设计[J].建筑结构,2017,47(10):1-8.
- [4]王宏,马义俊,瞿海雁,彭明祥,邵新宇,刘海,赵思远.巨型框架结构地脚锚栓群装配整体式安装技术[J].施工技术,2016,45(15):45-49.