

智能控制在建筑隔振减震中应用探索

高斌斌

中机第一设计研究院有限公司，安徽合肥，230601；

摘要：智能控制应用于工业建筑结构隔震减震优化设计，可提升建筑稳定性与安全性。通过对智能控制原理及隔震减震技术特点分析，探讨优化设计策略。从系统集成、参数优化、性能评估等方面着手，实现工业建筑在复杂环境下有效隔震减震，为工业建筑结构设计提供新思路。

关键词：智能控制；工业建筑结构；隔震减震；优化设计

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.032

引言

随着工业发展，工业建筑面临更复杂的震动环境，隔震减震设计至关重要。传统设计方法存在一定局限性，智能控制技术的引入为其带来新机遇。研究基于智能控制的工业建筑结构隔震减震优化设计，具有重要的理论与实际应用价值。

1 智能控制基础理论

1.1 智能控制概念与分类

智能控制是一种无需人的干预就能够自主地驱动智能机器实现其目标的过程。它融合了人工智能、控制理论、运筹学等多学科的知识。从概念上讲，智能控制旨在处理复杂的、不确定的、难以精确建模的系统控制问题。智能控制主要分为模糊控制、神经网络控制、专家系统控制等类型。模糊控制基于模糊逻辑，模拟人类的模糊思维方式，通过模糊规则来处理不确定性信息。神经网络控制则是模仿生物神经网络的结构和功能，具有自学习、自适应的能力，能够对复杂的非线性系统进行有效控制。专家系统控制依靠专家知识和经验构建知识库，根据系统的状态和目标进行推理决策。这些不同类型的智能控制在不同的应用场景下各有优势，为工业建筑结构隔震减震的优化设计提供了多种可能的控制策略。

1.2 智能控制算法原理

智能控制算法的原理复杂且多样。以模糊控制算法为例，它首先要对输入的精确量进行模糊化处理，将其转换为模糊集合中的模糊量。这一过程是通过定义合适的隶属度函数来实现的，不同的隶属度函数形状和参数会影响模糊化的结果。然后，根据预先设定的模糊规则进行模糊推理。这些模糊规则是基于专家经验或者对系

统的深入理解而建立的，例如在工业建筑隔震减震系统中，根据结构的振动幅度、频率等因素与控制输出之间的关系建立规则。推理结果是一个模糊集合，最后需要进行解模糊化，将模糊结果转换为精确的控制量输出到执行机构。神经网络控制算法则基于神经元的连接结构。每个神经元接收多个输入信号，通过加权求和并经过激活函数处理后产生输出。在训练阶段，通过大量的样本数据来调整神经元之间的连接权重，使得网络的输出能够逼近期望的输出。例如在对工业建筑结构的振动控制中，将结构的各种状态参数作为输入，经过神经网络的处理得到合适的控制信号，以实现隔震减震的目的。专家系统控制算法主要由知识库、推理机、数据库等部分组成。知识存储了领域专家的知识 and 经验，以规则的形式表示。推理机根据当前系统的状态，在知识库中搜索匹配的规则，并进行推理得出控制决策。数据库则存储系统的运行数据等信息，为推理提供数据支持。

1.3 智能控制在建筑领域应用现状

在建筑领域，智能控制已经有了一定的应用成果。在建筑的节能方面，智能控制系统可以根据室内外环境温度、光照等因素自动调节空调、照明等设备的运行，提高能源利用效率。对于建筑的结构健康监测，智能传感器结合智能控制算法能够实时监测结构的应力、变形等关键参数，及时发现结构的潜在安全隐患。在工业建筑结构隔震减震方面，虽然应用还处于发展阶段，但已经显示出巨大的潜力。一些大型工业建筑开始尝试采用智能控制技术来优化隔震减震系统。例如，利用模糊控制算法根据结构振动的不同程度和频率调整隔震减震装置的参数，提高系统对不同工况的适应性。然而，目前智能控制在建筑领域的应用还面临一些挑战，如不同智能控制算法的协同工作问题、智能控制系统与建筑现

有设备的兼容性问题等,需要进一步的研究和探索。

2 工业建筑结构隔震减震技术

2.1 隔震技术类型与特点

工业建筑结构隔震技术主要有基础隔震、层间隔震等类型。基础隔震是在建筑物基础和上部结构之间设置隔震层,常见的隔震装置包括橡胶隔震支座、滑动隔震支座等。橡胶隔震支座具有良好的竖向承载能力和水平变形能力,能够有效地隔离地震作用下的水平向振动。它通过橡胶的弹性变形来吸收和耗散能量,在正常使用情况下能够保证建筑物的稳定性。滑动隔震支座则是利用摩擦原理,在地震时通过滑动来减小上部结构所受到的地震力。层间隔震是在建筑物的某一层设置隔震装置,这种隔震方式对于一些多层工业建筑来说,可以有针对性地对某一层进行隔震处理,减少该层及以上楼层的地震响应。它的优点在于可以根据建筑物的具体结构特点和功能需求进行灵活布置,并且可以在不改变基础结构的情况下实施。不同类型的隔震技术在适用范围、隔震效果、经济性等方面各有特点,需要根据工业建筑的具体情况进行选择。

2.2 减震技术原理与方法

减震技术的原理主要是通过设置在建筑结构中设置减震装置,将地震输入的能量进行耗散或者转移,从而减小结构的振动响应。常见的减震方法包括阻尼器减震、调谐质量阻尼器减震等。阻尼器减震是利用阻尼器的阻尼特性来耗散能量。例如,黏滞阻尼器通过内部的黏滞液体在活塞运动时产生阻尼力,当结构振动时,阻尼器的活塞发生相对运动,黏滞液体的剪切变形吸收和耗散能量。调谐质量阻尼器减震则是通过在结构上附加一个质量块和弹簧-阻尼系统,当结构振动时,调谐质量阻尼器的质量块会产生与结构振动相反的振动,从而消耗结构的振动能量。减震技术在工业建筑中的应用需要考虑建筑的结构形式、振动特性、使用功能等多方面因素,通过合理的设计和布置减震装置,能够有效地提高工业建筑在地震等动力作用下的安全性和稳定性。

2.3 现有隔震减震技术存在问题

现有隔震减震技术存在着一些不容忽视的问题。首先,在隔震技术方面,隔震装置的耐久性是一个关键问题。例如橡胶隔震支座在长期使用过程中,橡胶材料可能会发生老化、龟裂等现象,从而影响其隔震性能。而且隔震装置的性能在不同的环境条件下可能会有较大差异,如温度、湿度等环境因素对橡胶隔震支座的弹性

模量等参数有影响。在减震技术方面,减震装置的性能优化存在一定的难度。对于阻尼器来说,如何准确地确定其阻尼系数以适应不同的结构振动需求是一个挑战。同时,现有的隔震减震技术在面对复杂的地震动特性时,如长周期地震动、近场地震动等,可能无法达到理想的隔震减震效果。此外,隔震减震技术的成本相对较高,包括隔震减震装置的采购、安装、维护等费用,这在一定程度上限制了其在工业建筑中的广泛应用。

3 优化设计策略

3.1 智能控制与隔震减震系统集成

智能控制与隔震减震系统的集成是实现工业建筑结构隔震减震优化设计的关键。将智能控制技术引入隔震减震系统中,可以使系统根据实时监测到的结构振动状态自动调整隔震减震装置的参数。例如,通过在隔震支座上安装传感器,实时获取支座的变形、应力等信息,然后将这些信息传输给智能控制系统。智能控制系统根据预先设定的控制算法,如模糊控制算法,判断当前的振动状态是否处于正常范围。如果超出正常范围,系统会自动调整隔震支座的刚度或者阻尼等参数,以适应不同的振动工况。对于减震装置,如阻尼器,智能控制系统可以根据结构的振动频率和振幅来调整阻尼器的阻尼系数,提高阻尼器的减震效果。这种集成方式能够充分发挥智能控制的自适应、自学习能力和隔震减震装置的物理隔震减震特性,实现更高效的工业建筑结构隔震减震控制。

3.2 隔震减震参数优化方法

隔震减震参数的优化对于提高工业建筑结构的隔震减震性能至关重要。在隔震方面,需要对隔震支座的参数进行优化,如橡胶隔震支座的橡胶硬度、层数、直径等参数。通过建立隔震结构的力学模型,分析不同参数组合下结构的隔震效果。例如,利用有限元分析软件模拟不同硬度的橡胶隔震支座在地震作用下结构的反应,找到最适合特定工业建筑结构的橡胶硬度参数。在减震方面,对于阻尼器的参数优化,要考虑阻尼系数、屈服力等参数。可以采用试验与数值模拟相结合的方法,先进行小比例模型试验,获取阻尼器在不同参数下的性能数据,然后利用数值模拟软件对全尺寸结构进行分析,综合确定最优的阻尼器参数。此外,还需要考虑隔震减震参数之间的相互影响,如隔震支座刚度与阻尼器阻尼系数之间的关系,通过优化这种相互关系来提高整体的隔震减震效果。

3.3 基于智能控制的动态优化策略

基于智能控制的动态优化策略能够根据工业建筑结构在不同工况下的实际需求实时调整隔震减震系统的参数。在日常运行中,智能控制系统可以对结构的微小振动进行监测,根据结构的自振频率、阻尼比等动态特性调整隔震减震系统的初始参数,确保系统处于最佳的工作状态。当遇到地震等突发情况时,智能控制系统能够迅速根据地震动的强度、频率等特性对隔震减震参数进行动态调整。例如,在地震初期,根据地震动的初步判断快速降低隔震支座的刚度,增加结构的柔性,以减小地震力的传递;随着地震的持续,根据结构的实际振动响应实时调整阻尼器的阻尼系数,使阻尼器能够更有效地耗散能量。这种动态优化策略能够提高工业建筑结构在不同工况下的隔震减震性能,增强结构的抗震安全性。

4 设计方案评估

4.1 评估指标体系构建

构建评估指标体系是对工业建筑结构隔震减震优化设计方案进行全面评估的基础。评估指标体系应涵盖多个方面,包括结构安全性、隔震减震效果、经济性等。在结构安全性方面,要考虑结构在地震等动力作用下的应力水平、变形程度等指标。例如,结构的最大应力不应超过材料的屈服强度,结构的层间位移角应满足相关规范的要求。对于隔震减震效果的评估,需要设置如隔震层的位移、减震装置吸收的能量等指标。隔震层的位移过大可能会导致隔震装置失效,而减震装置吸收的能量越多,说明其减震效果越好。经济性指标则包括隔震减震装置的初始投资、运行维护成本等。此外,还应考虑指标之间的相互关系,如隔震减震效果与经济性之间的平衡关系,通过合理确定各指标的权重,构建一个科学、全面的评估指标体系。

4.2 模拟分析方法与工具

模拟分析方法与工具在工业建筑结构隔震减震优化设计方案评估中起着重要的作用。有限元分析是一种常用的模拟分析方法,它可以对工业建筑结构进行精确的建模,考虑结构的几何形状、材料特性、边界条件等因素。通过有限元分析,可以模拟地震作用下结构的动力响应,包括结构的位移、应力、加速度等。例如,利用 ANSYS 等有限元软件,可以建立包含隔震减震装置的工业建筑结构模型,对不同的设计方案进行地震响应分

析。此外,还有试验模拟方法,如振动台试验。通过振动台试验,可以直接观察和测量结构在模拟地震作用下的实际表现,验证隔震减震装置的性能。但是振动台试验成本较高,样本数量有限。数值模拟方法如计算机程序模拟也被广泛应用,它可以快速地对不同设计方案进行大量的模拟计算,为评估提供数据支持。

4.3 优化设计方案对比评估

优化设计方案对比评估是在构建评估指标体系和采用模拟分析方法与工具的基础上进行的。通过对不同的优化设计方案进行对比,可以确定最优的设计方案。在对比评估过程中,首先要根据评估指标体系确定各方案在各个指标上的表现。例如,对于不同的隔震减震系统集成方案,分析其在结构安全性、隔震减震效果、经济性等方面的差异。然后,利用模拟分析方法获取各方案在地震等动力作用下的详细数据,如结构的位移、应力等。最后,综合考虑各指标的权重,对各方案进行量化评分。得分最高的方案即为最优方案。在对比评估过程中,还需要考虑方案的可行性、可操作性等因素,确保选出的最优方案不仅在理论上性能最优,而且在实际工程中能够顺利实施。

5 结束语

基于智能控制的工业建筑结构隔震减震优化设计具有显著优势。通过对相关理论、技术及策略研究,为工业建筑隔震减震设计提供有效方法。未来需进一步探索智能控制技术应用,解决面临的挑战,推动工业建筑结构发展。

参考文献

- [1] 赖正聪,潘文,白羽,等.基础隔震高层建筑结构减震系数研究[J].振动与冲击,2021,40(22):35-41.
- [2] 施媛婷.高层建筑设计中的隔震减震措施研究[J].价值工程,2021,40(1):139-140.
- [3] 许婷婷.隔震减震控制技术在建筑设计中的应用[J].工程技术研究,2021,6(18):205-206.
- [4] 徐开进.简析建筑设计中隔震减震控制技术的应用[J].大众标准化,2023(07):43-45.
- [5] 岳啸.建筑设计中隔震减震控制技术的应用[J].四川建材,2020,46(12):35-36.

作者简介:高斌斌(1985),男,汉族,安徽六安人,研究生学历,高级工程师。研究方向:建筑结构工程。