

# 土木工程结构减震措施探析

武文杰

中煤科工集团北京华宇工程有限公司 北京 100120

**摘要：**随着建筑行业的快速发展，土木工程结构减震技术的重要性日益凸显。在我国，地震和季风等自然灾害频发，对建筑的安全性提出了严峻挑战。土木工程结构减震技术作为提高建筑抗震性能的关键手段，对于保障人民生命财产安全具有重要意义。本文首先探讨了土木工程结构减震的意义及价值，随后概述了当前减震控制方法的研究现状，并展望了未来的发展趋势，包括新型减震技术的研发、减震技术的标准化与规范化以及减震技术的普及与推广。

**关键词：**土木工程；结构减震；措施

引言：土木工程结构减震技术是确保建筑安全、延长建筑使用年限的重要措施。在地震等自然灾害频发的背景下，建筑结构的减震性能直接关系到人民的生命财产安全。因此，研究土木工程结构减震措施具有重大的现实意义和深远的社会价值。从土木工程结构减震的意义、控制方法的研究现状以及未来发展趋势等方面进行深入探讨。

## 1 土木工程结构减震的意义及价值

### 1.1 土木工程结构减震是工程安全性的需要

随着现代社会的快速发展，土木工程结构所涉及的领域日益广泛，包括桥梁、道路、房屋、厂房和发射塔等关键公共建筑。这些建筑的安全性直接关系到人民的生命财产安全以及社会的稳定与发展。在自然灾害频发的今天，地震、飓风等不可抗力因素给土木工程结构带来了巨大的挑战。特别是在经历了如日本大地震、汶川大地震等重大地震灾害后，人们深刻认识到土木工程结构减震的必要性。通过采用先进的减震技术和方法，可以有效地降低地震等自然灾害对土木工程结构的影响，减少人员伤亡和财产损失，确保工程的安全性。土木工程结构减震不仅涉及到建筑本身的稳定性，还涉及到建筑内部设备和系统的安全。例如，在地震发生时，如果建筑结构的减震性能良好，可以保护建筑内部的管道、电气线路等设施免受破坏，从而确保建筑在灾后能够迅速恢复正常使用。因此，土木工程结构减震是工程安全性的重要保障，对于提高土木工程结构的抗灾能力和保护人民的生命财产安全具有重要意义。

### 1.2 土木工程结构减震是确保建筑使用年限的需要

建筑的使用寿命是衡量其经济价值和社会效益的重要指标，由于地震、强风等自然灾害的影响，建筑往往会出现不同程度的损坏和老化，从而缩短其使用寿命。通过采用土木工程结构减震技术，可以有效地降低自然

灾害对建筑的损害程度，延长建筑的使用寿命。例如，在地震发生时，减震装置可以吸收和消耗地震能量，减少建筑结构的震动幅度和频率，从而保护建筑免受破坏。减震技术还可以降低建筑在日常使用中的磨损和老化速度，进一步延长其使用寿命。因此，土木工程结构减震是确保建筑使用年限的重要手段<sup>[1]</sup>。通过采用先进的减震技术和方法，可以保护建筑免受自然灾害的破坏，提高其使用寿命和经济价值，为社会的可持续发展做出贡献。

## 2 土木工程结构减震控制方法研究现状

### 2.1 土木工程结构减震主动控制

主动控制是一种依赖于外部能源和传感器-控制器-作动器系统来实时调整结构响应的方法。通过实时监测结构的振动情况，控制系统可以计算出需要施加的控制力，并通过作动器将力施加到结构上，从而抑制其振动。这种方法能有效减少地震或风等动力荷载对结构的影响，但其结构复杂、成本较高，且需要稳定的外部能源供应。

### 2.2 土木工程结构减震被动控制

被动控制则是通过改变结构自身或添加阻尼器等方式来降低结构的振动响应。它不需要外部能源，成本相对较低，且易于实施。常见的被动控制方法包括基础隔振、耗能减振和吸能减振等。其中，基础隔振通过减小地震时向地表传输的能量来降低结构振动；耗能减振和吸能减振则是通过附加子结构来吸收和消耗结构的振动能量。

### 2.3 土木工程结构减震混合控制

混合控制是将主动控制和被动控制相结合的一种控制方法。它结合了两种控制方式的优点，既能实现实时调整结构响应，又能降低对外部能源的依赖。混合控制方法通过主动控制系统来实时监测和调整结构响应，同

时利用被动控制装置来吸收和消耗结构的振动能量。这种方法在提高结构抗震性的同时，也考虑到了成本和可实施性等因素。

### 3 土木工程结构减震控制措施分析

#### 3.1 土木工程结构减震被动控制措施

土木工程结构减震控制措施是确保建筑安全、稳定和持久性的重要手段。在众多减震措施中，被动控制措施因其独特优势而得到广泛应用。第一，被动控制措施的原理是通过预先设计好的装置或结构特性来响应外部地震力，从而减小结构的振动和损伤。这种方法不需要外部能源支持，具有较低的维护成本和较高的可靠性。第二，基础隔震技术是被动控制中的一个重要分支。它通过在建筑的基础与上部结构之间设置隔震层，如橡胶隔震支座、滑动隔震支座等，来隔离地震波的传播。当地震发生时，隔震层能够吸收和分散地震能量，显著减小上部结构的地震响应，保护建筑免受损害。第三，除了基础隔震技术，耗能减震技术也是被动控制的重要手段<sup>[2]</sup>。这种方法通过在结构中设置耗能装置，如粘滞阻尼器、金属屈服阻尼器等，来消耗地震能量。这些耗能装置在地震发生时能够产生较大的阻尼力，从而减小结构的振动幅度和速度，保护建筑免受地震的破坏。

#### 3.2 土木工程结构减震主动控制措施

在主动控制系统中，先需要通过传感器实时检测结构的振动情况，包括位移、速度和加速度等关键参数。随后，控制系统会根据这些检测数据，结合预设的控制算法，计算出需要施加的控制力。这一计算过程通常涉及到复杂的数学模型和计算方法，以确保控制力的精确性和有效性。控制力的施加通常通过作动器实现，作动器可以是液压、电动或其他类型的驱动器，它们能够根据控制系统的指令，快速、准确地产生所需的控制力。这些控制力直接作用于结构上，能够有效地减小结构的振动响应，保护结构免受地震等外力作用的破坏。而主动控制措施的实施也面临着一些挑战。它需要外部能源的持续支持，这在一定程度上增加了系统的复杂性和运行成本。控制系统的设计和实现需要高度的技术水平和专业知识，这也增加了系统开发和维护的难度。

#### 3.3 土木工程结构减震半主动控制措施

土木工程结构减震的半主动控制措施是一种介于被动控制和主动控制之间的控制方法。它利用可调节的耗能装置或控制机构，根据结构的振动情况实时调整控制参数，以实现结构的半主动控制。这种方法在继承了主动控制响应速度快、控制效果好的优点的同时，又避免了主动控制对外部能源的依赖。在半主动控制系统

中，可调节的耗能装置或控制机构是关键组成部分。这些装置或机构能够根据结构的振动情况实时调整其工作参数，如阻尼、刚度等，以改变结构的动力特性。这种调整通常是通过控制系统实现的，控制系统会根据传感器检测到的结构振动数据，结合预设的控制算法，计算出需要调整的参数值，并通过驱动器将这些参数值传输给耗能装置或控制机构。与主动控制相比，半主动控制不需要持续的外部能源支持，这大大降低了系统的运行成本和维护难度<sup>[3]</sup>。由于它采用了可调节的耗能装置或控制机构，因此能够在一定程度上适应不同的振动情况，提高系统的适应性和鲁棒性。而半主动控制系统的设计和实现仍然需要较高的技术水平和专业知识，特别是对耗能装置或控制机构的性能要求和精度要求都非常高。在土木工程结构减震领域，半主动控制措施的应用和研究仍然面临着一些挑战和困难。

#### 3.4 土木工程结构减震混合控制措施

土木工程结构减震混合控制措施是现代建筑抗震设计中的重要策略，它集成了被动控制、主动控制和半主动控制等多种控制技术的精髓，以应对复杂多变的震动环境和外部因素。混合控制措施的核心思想在于“因地制宜，因时制宜”。它根据结构的实时振动数据、外部环境变化以及预测信息，智能地选择并调整控制策略，确保结构在地震等自然灾害面前能够保持稳定和安全。与传统的单一控制方法相比，混合控制具有显著的优势。它能够根据实际需要灵活组合不同的控制手段，达到最优的减震效果。还有混合控制适应性强，能够应对不同频率、不同强度的地震波，以及风、雪等自然环境的影响。混合控制还能够根据结构的长期运行状况进行自我调整和优化，提高结构的耐久性。而混合控制措施的实施也面临一定的挑战。由于控制系统较为复杂，需要较高的技术水平来实现。控制系统的设计、安装和维护成本也相对较高。如何确保控制系统的稳定性和可靠性，以及如何实现控制系统的智能化和自动化，也是混合控制措施需要解决的关键问题。

### 4 土木工程结构减震的未来发展趋势

#### 4.1 新型减震技术的研发

在土木工程结构减震领域，未来的发展趋势显得尤为引人注目。随着科技的迅猛进步，新型减震技术的研发将成为引领行业前行的关键力量。第一，新材料的应用将为减震技术带来革命性的突破。科学家们正在不断探索具有更高强度、更优异耐久性和更好减震性能的新型材料。这些材料的问世，将极大地提高减震装置的性能，为土木工程结构提供更加稳定可靠的保障。第二，

智能化控制系统的开发将是另一个重要的发展方向<sup>[4]</sup>。通过集成先进的传感器、数据处理技术和控制算法,智能化控制系统能够实现对土木工程结构的实时监测和动态调整。这将使得减震系统能够更加精准地响应结构的变化,从而进一步提高减震效果。第三,多层次的减震体系设计将成为未来减震技术的重要趋势。传统的减震技术往往只关注单一层面的防护,而多层次的减震体系设计则能够结合多种不同的减震技术,形成更为全面和有效的防护体系。这种设计不仅能够提高结构的抗震性能,还能够降低单一技术失效的风险。第四,随着全球对可持续发展和环境保护的重视日益加深,新型减震技术的研发也将更加注重实用性和环保性。未来的减震技术不仅要满足结构安全的需求,还要尽可能地减少对环境的负面影响,实现可持续发展。

#### 4.2 减震技术的标准化与规范化

在现代社会,随着科技的不断进步,减震技术已在多个领域得到广泛应用,从建筑、交通到精密设备,减震技术都发挥着举足轻重的作用。随着技术的普及,其标准化与规范化问题也日益凸显。(1)标准化和规范化,是确保减震技术健康、有序发展的关键。它们不仅能够确保减震产品的质量和性能,更能在实际应用中提供稳定、可靠的保障。这种保障不仅体现在技术的有效性上,更体现在对使用者安全的保护上。(2)制定统一的技术标准和设计规范,是实现减震技术标准化的首要任务。这些标准和规范需要基于行业共识,结合实践经验,确保其在技术上的先进性和实用性。同时,加强行业内的监管和认证工作也至关重要,这能够确保每一个减震产品都符合相应的标准和规范,为用户提供最优质的服务。(3)当减震技术实现标准化和规范化后,不同厂商之间的合作与交流将更为顺畅。这不仅能够推动技术的创新与发展,更能够形成良性的竞争环境,促进整个行业的健康发展。

#### 4.3 减震技术的普及与推广

随着社会的快速发展和人们对建筑安全性能要求的

日益提高,减震技术的普及与推广显得尤为重要。这一技术不仅能够显著提高建筑的抗震能力,还能有效保障人们的生命财产安全。第一,为了实现减震技术的普及与推广,我们首先需要加强对该技术的宣传和教育工作。通过各种渠道和方式,向公众普及减震技术的基本原理、应用效果以及重要性,提高公众对减震技术的认识和了解。第二,政府、企业和科研机构之间的紧密合作也是推动减震技术普及与推广的关键。政府可以出台相关政策,鼓励和支持减震技术的研发和应用;企业可以积极投入研发,推动减震技术的创新和发展;科研机构则可以通过技术研究和实验验证,为减震技术的推广提供科学依据。第三,我们还可以通过制定优惠政策、提供技术支持等方式,鼓励更多的建筑项目采用减震技术<sup>[5]</sup>。例如,政府可以给予采用减震技术的建筑项目一定的税收减免或补贴,降低其成本;相关机构还可以为建筑项目提供技术支持和咨询服务,确保其减震技术的有效应用。

#### 结语

总之,土木工程结构减震技术作为保障建筑安全的关键手段,在未来的发展中将呈现出更多的创新和突破。随着新型减震技术的不断研发和应用,减震技术的标准化与规范化将成为必然趋势。同时,减震技术的普及与推广也将进一步提升建筑的抗震性能,为人民的生命财产安全提供更加坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]王丽明,李惠.探讨土木工程结构设计中的抗震研究[J].中国建材科技,2020,S1:206.
- [2]谢朝阳.土木工程结构中的抗震技术发展[J].中国新技术新产品,2020,08:48-49.
- [3]王峰.探讨土木工程结构中的抗震技术发展[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2020,10:124.
- [4]马靖东,胡多,崔振龙,李欣阳.建筑设计中土木工程结构相关减震措施[J].土木工程学报,2024,05:190-193.
- [5]金少华.土木工程结构减震措施探析[J].建筑结构,2024,02:45-48.