

粘滞阻尼器在医院抗震设防中的应用

朱冠宇 祝 焱 孟 鑫

上海建工五建集团有限公司 陕西 西安 710068

摘要: 本文探讨了粘滞阻尼器在医院抗震设防中的应用。阐述了其基于粘滞流体动力学原理的工作机制,及力学特性与优势。介绍了在医院抗震设计中的原则、参数确定方法与布置优化策略。还提及全生命周期运维管理要点、与医院特殊需求的融合方式以及未来技术发展趋势,为医院抗震提供有效技术手段,保障医疗建筑安全。

关键词: 粘滞阻尼器; 医院抗震; 力学特性; 参数确定; 运维管理

引言: 医院作为特殊公共建筑,地震时需保障结构安全与医疗功能持续。传统抗震结构依赖构件塑性变形耗能,存在局限。粘滞阻尼器凭借其独特工作原理与优势,成为医院抗震设防新选择。它能高效耗散地震能量,不改变主体结构刚度与尺寸,且性能稳定、适应性强。研究其在医院抗震中的应用,对提升医院抗震能力、保障人员安全与医疗秩序具有重要意义。

1 粘滞阻尼器的工作原理与特性

1.1 工作原理

粘滞阻尼器的运作基于粘滞流体动力学原理。其核心构造包含缸体、活塞及填充于腔体的粘滞流体,粘滞流体多选用高粘度硅油等材料,具有流动性低、耗能特性稳定的特点。活塞表面开设有特定尺寸的小孔或间隙,为粘滞流体流动提供通道。当建筑结构因地震产生相对位移时,这种位移带动阻尼器两端产生运动差,活塞在缸体内往复移动。粘滞流体被迫通过活塞上的小孔或间隙,流体分子间的内摩擦力以及与活塞、缸体壁面的摩擦作用随之产生。在这一过程中,流体的流动阻力形成阻尼力,阻碍活塞运动。流体的流动需克服阻力做功,此过程将地震输入结构的动能转化为流体的内能,最终以热能形式耗散到外界环境^[1]。这种能量转化机制有效消耗地震能量,减少传递至建筑主体结构的能量,从而降低结构的地震响应。整个工作过程中,粘滞阻尼器不依赖结构自身变形耗能,而是利用流体流动的物理特性,实现地震能量的高效耗散。

1.2 力学特性

粘滞阻尼器的力学表现呈现显著的速度相关性。阻尼力与活塞运动速度紧密关联,一般遵循非线性关系。随着活塞运动速度增大,粘滞流体通过小孔或间隙的流速加快,流体内部的摩擦阻力、湍流效应加剧,导致阻尼力呈非线性增长。这种特性使阻尼器在地震作用初期,结构位移和速度较小时,产生较小阻尼力,避免过

度限制结构正常变形;而在地震作用剧烈、结构运动速度增大时,迅速增大阻尼力,有效抑制结构的过大位移和振动。其耗能能力与自身参数设计直接相关。粘滞流体的粘度是关键参数,粘度越高,流体流动时的内摩擦力越大,相同活塞运动速度下产生的阻尼力和耗散能量越多;活塞面积决定了流体受压面积,面积越大,推动流体流动所需的力越大,阻尼力相应增加;阻尼孔尺寸影响流体流动的阻力,孔径越小,流体通过时的阻力越大,耗能效果越强。通过合理匹配这些参数,能够优化阻尼器的耗能性能,使其在不同地震强度、不同结构动力特性下,均能实现对地震能量的高效吸收与耗散,满足建筑抗震需求。

1.3 优势特点

相较于传统抗震结构,粘滞阻尼器具备独特优势。传统抗震结构主要依靠自身构件的塑性变形吸收地震能量,这往往需要增大构件尺寸、增强结构刚度,导致建筑成本上升、空间利用率降低。而粘滞阻尼器可直接安装于建筑结构的梁柱节点、支撑系统等部位,不改变建筑主体结构的刚度与尺寸。它如同独立的“能量消耗单元”,在地震时主动发挥耗能作用,显著提升结构抗震性能,使建筑在地震中保持结构完整性。粘滞阻尼器的减震效果稳定可靠。其工作性能主要取决于粘滞流体的物理特性和自身构造,不受环境温度(在一定范围内)、结构微小振动等因素干扰。无论面对频繁的小震作用,还是罕见的大震冲击,阻尼器均能稳定输出阻尼力,持续耗散地震能量。它对结构动力特性影响较小,不会显著改变结构的自振周期、振型等固有特性,避免因结构动力特性改变引发新的振动问题。粘滞阻尼器适应性强,可根据不同类型建筑(如住宅、商业建筑)、不同高度(低层、高层)的结构特点和抗震需求,定制设计参数与安装方案,在医院建筑等对地震安全性要求极高的场所也能发挥重要作用。

2 粘滞阻尼器在医院抗震设防中的设计应用

2.1 设计原则与方法

在医院抗震设计中应用粘滞阻尼器,需遵循协同工作与性能导向两大核心原则。与建筑主体结构协同工作要求阻尼器与梁、柱、支撑等构件紧密配合,在地震发生时同步响应,避免出现因受力不协调导致的结构局部破坏^[2]。例如在框架-剪力墙结构的医院建筑中,粘滞阻尼器需与剪力墙共同承担水平地震力,通过合理连接构造实现力的平稳传递。满足不同地震烈度下的性能目标是另一关键,依据建筑所在地区的抗震设防要求,确保阻尼器在小震、中震、大震作用下,分别实现结构基本完好、可修复、不倒塌的性能指标。基于性能抗震设计方法贯穿医院粘滞阻尼器设计全程。首先依据医院建筑的重要性等级与功能需求划分性能目标,急诊楼、手术室等关键功能区需达到更高抗震标准。在小震作用下,结构应保持弹性状态,阻尼器提供适量附加阻尼比,降低结构振动;中震时,允许结构部分构件出现轻微损伤,阻尼器持续耗能控制变形;大震时,确保结构不发生整体垮塌,阻尼器最大限度耗散地震能量。围绕这些目标,结合结构动力学原理进行粘滞阻尼器的参数设计与布置优化。设计过程中需建立结构力学模型,模拟不同参数与布置方案下的地震响应,对比分析后确定最优设计方案,保障医院建筑在地震中既能保护生命安全,又能维持医疗功能的持续运转。

2.2 阻尼器参数确定

医院建筑的结构动力特性是确定粘滞阻尼器参数的基础。结构质量与刚度直接影响自振周期,质量较大、刚度较低的建筑自振周期长,需配置阻尼系数较大的阻尼器以有效控制振动。例如多层医院住院楼,因房间布局密集、设备众多导致质量分布不均,需通过精确计算质量与刚度分布,确定与之匹配的阻尼器参数。阻尼系数决定阻尼器产生阻尼力的大小,系数越大,相同活塞运动速度下阻尼力越强;速度指数反映阻尼力与速度的非线性关系,指数取值影响阻尼器在不同地震波速度峰值下的耗能能力。参数选择对结构减震效果影响显著。阻尼系数过小,阻尼器无法有效消耗地震能量,结构振动得不到抑制;阻尼系数过大,会过度限制结构正常变形,可能导致结构构件受力突变。速度指数取值需结合地震波特性,若取值不当,在地震波速度变化剧烈时,阻尼器无法充分发挥耗能优势。合理取值的阻尼器,在地震作用下可有效降低结构层间位移角,减少梁柱等构件的内力峰值,避免结构因受力超限发生破坏。通过反复模拟不同参数组合下的结构地震响应,综合考虑减震

效果与经济性,确定粘滞阻尼器的最佳参数,使阻尼器与结构动力特性相适配,实现地震能量的高效耗散。

2.3 布置方式与优化

粘滞阻尼器在医院建筑中有多种布置方式。布置在结构层间是常见做法,通过在楼层上下梁之间安装阻尼器,直接消耗层间相对位移产生的能量,有效降低层间位移角。这种布置方式对控制结构整体侧移效果显著,尤其适用于高层建筑^[3]。在关键构件连接处布置阻尼器,如框架结构的梁柱节点,可增强节点区域的耗能能力,防止节点在地震中率先破坏,提升结构整体稳定性。在支撑系统中设置阻尼器,能将支撑承受的地震力转化为阻尼器的耗能,减轻支撑构件的受力负担。布置优化需综合多方面因素。考虑结构受力特点,在地震作用下受力较大的部位优先布置阻尼器,如建筑平面不规则处、竖向刚度突变层。地震作用方向具有不确定性,需通过分析场地地震波特性和主要地震作用方向,在相应方向加强阻尼器布置。借助数值模拟软件建立包含阻尼器的结构模型,模拟不同布置方案下的地震响应,对比结构位移、内力、耗能等指标,筛选出减震效果最佳的方案。结合施工难度与成本,对布置方案进行经济分析,避免因过度密集布置增加不必要的建设成本。通过理论分析与模拟验证相结合的方式,最终确定最优布置方案,使粘滞阻尼器在医院建筑中发挥最大减震效能,实现经济效益与抗震性能的平衡。

3 粘滞阻尼器在医院抗震中的运维与发展

3.1 全生命周期运维管理

粘滞阻尼器应用于医院抗震设防,全生命周期运维管理是确保其持续发挥效能的关键。在投入使用前,需建立详细的阻尼器档案,记录型号、参数、安装位置等基础信息,为后续维护提供依据。日常巡检中,重点检查阻尼器外观是否存在破损、连接部位是否松动、密封处是否有流体渗漏等情况。若发现外壳涂层剥落或缸体出现微小裂缝,可能影响其内部结构稳定性,需及时处理;连接螺栓松动则会导致阻尼器无法正常传递地震力,必须立即紧固。定期维护阶段,对粘滞阻尼器进行深度检测。采用专业仪器测量阻尼器的阻尼力输出性能,判断其是否符合设计要求。随着使用年限增加,粘滞流体性能可能发生变化,通过抽样检测流体粘度等指标,评估阻尼器的耗能能力衰减情况。对阻尼器与建筑结构的连接节点进行力学性能检测,确保在长期使用过程中连接部位的可靠性。对于检测中发现性能下降或存在潜在问题的阻尼器,需制定针对性的修复或更换方案,保障医院建筑在后续地震中仍具备有效抗震能力。

可建立运维管理数字化平台,将阻尼器的各项检测数据、维护记录进行整合,通过大数据分析预测阻尼器性能变化趋势,提前规划维护计划,提升运维管理的前瞻性与科学性。

3.2 与医院特殊需求的融合

医院建筑功能特殊,粘滞阻尼器的应用需充分考虑其需求。医院内部医疗设备精密且对振动敏感,普通地震作用下结构的微小振动也可能影响设备正常运行。粘滞阻尼器在设计选型时,需优化参数配置,使其在小震作用下即可提供足够阻尼力,抑制结构微小振动,为医疗设备运行创造稳定环境。例如,在安装核磁共振等大型医疗设备的楼层,合理增加阻尼器布置密度或调整阻尼系数,减少设备受地震振动干扰^[4]。医院作为人员密集且急救治场所,对疏散通道的安全性要求极高。在阻尼器布置时,需避免影响疏散通道的完整性与畅通性,确保地震发生时,阻尼器与结构协同工作,防止因结构局部破坏阻塞疏散通道。医院建筑的抗震设计还需考虑灾后快速恢复能力,粘滞阻尼器应具备便于检修和更换的特点,在地震后能快速排查故障、修复受损部件,使医院尽快恢复医疗功能,满足灾后急救治需求。针对医院不同功能区域,如病房、手术室、药房等,可制定差异化的阻尼器配置方案,在保障整体抗震性能的同时,更好地适应各区域特殊使用要求。

3.3 技术发展趋势

未来,粘滞阻尼器在医院抗震领域将呈现技术升级趋势。材料方面,新型粘滞流体研发方向聚焦于拓宽性能温度适用范围,减少极端气候条件对阻尼器性能的影响,提升在严寒或高温地区医院建筑中的适用性。同时探索具备自修复功能的材料,当阻尼器内部结构出现微小损伤时,材料可自动修复,延长使用寿命。构造设计

上,趋向于更紧凑、轻量化的结构形式,降低阻尼器自身重量,减少对建筑结构附加荷载。通过优化活塞与缸体的配合精度,提高阻尼器力学性能的稳定性与响应灵敏度。智能化技术将深度融入粘滞阻尼器,集成传感器实时监测阻尼器的工作状态与性能参数,结合物联网技术实现数据远程传输与分析。当监测到异常情况时,系统自动预警并提供维护建议,为医院建筑抗震安全管理提供更高效、精准的技术支持,推动医院抗震设防技术向智能化、精细化方向发展。随着绿色建筑理念的普及,粘滞阻尼器的生产制造将更加注重环保材料的应用与能耗控制,在提升抗震性能的同时,降低对环境的影响,契合医院建筑绿色可持续发展的需求。

结束语

粘滞阻尼器在医院抗震设防中展现出显著优势与应用价值。从设计到运维,需综合多方面因素,确保其与医院建筑完美适配。随着技术发展,粘滞阻尼器在材料、构造、智能化及环保方面将不断升级,为医院抗震提供更可靠保障。未来,应持续探索创新,推动粘滞阻尼器在医院抗震领域的广泛应用,守护医疗建筑安全,为生命健康保驾护航。

参考文献

- [1]徐笑,钟岱辉.粘滞阻尼器在RC框架结构中的消能减震设计与分析[J].混凝土与水泥制品,2023(8):69-75.
- [2]罗勇清,李慧峰.粘滞阻尼器在某框架结构中的减震性能分析[J].江西建材,2024(2):116-118.
- [3]张晨曦.隔震支座与粘滞阻尼器在隔震结构中的应用[J].砖瓦,2023(8):64-67.
- [4]周函宇,叶昆,江厚山.附加支撑-粘滞阻尼器体系的消能减震结构直接基于位移的抗震设计方法[J].土木工程与管理学报,2023,40(1):48-53.