

房屋结构抗震检测鉴定技术的创新与应用研究

陈燕华

中嘉（广东）工程检测有限公司 广东 惠州 516000

摘要：地震作为一种极具破坏力的自然灾害，对人类生命财产安全构成严重威胁。房屋结构在地震中的抗震性能直接关系到人们的生命安全和建筑物的使用安全。随着建筑技术的不断发展和对地震灾害认识的深入，房屋结构抗震检测鉴定技术的创新应用显得尤为重要。本文旨在探讨房屋结构抗震检测鉴定技术的创新应用，分析现有技术的不足，提出创新思路和方法，为提高房屋结构的抗震能力提供技术支持和理论依据。

关键词：房屋结构；抗震检测鉴定技术；创新应用

1 引言

地震具有突发性和不可以准确预测，能够在短时间内对房屋结构造成毁灭性破坏，导致大量人员伤亡和财产损失。近年来，全球范围内地震活动频繁，如我国唐山大地震、汶川地震、玉树地震以及缅甸“3.28”大地震、日本“3·11”大地震等，都给社会和经济带来了沉重打击。这些惨痛的教训促使人们更加重视房屋结构的抗震性能，而房屋结构抗震检测鉴定技术作为评估和保障房屋抗震能力的重要手段，其创新与应用研究显得尤为迫切和重要。

2 当前房屋结构抗震检测鉴定技术存在的问题

2.1 检测精度和全面性不足

传统检测方法在精度上存在一定局限性。例如，外观检查难以发现结构内部的细微损伤，材料性能抽样检测可能无法全面反映整个结构中材料性能的离散性。对于复杂结构体系，如高层建筑、大跨度空间结构等，传统方法难以全面、准确地评估其整体抗震性能，容易忽略一些关键部位的潜在问题，导致检测结果不能真实反映结构的实际抗震能力。

2.2 缺乏对新型结构体系的有效评估手段

随着建筑技术的不断进步，新型结构体系如异形柱结构、钢-混凝土混合结构、隔震与消能减震结构等不断涌现。这些新型结构体系在受力特点、动力响应等方面与传统结构存在较大差异，传统抗震检测鉴定技术缺乏针对这些新型结构体系的成熟评估方法和标准，难以准确评估其抗震性能，给抗震检测鉴定工作带来了新的挑战。

2.3 检测过程对房屋结构有一定损伤

部分传统检测方法，如钻芯法检测混凝土强度，直接法检测钢筋配置情况等，会对结构构件造成一定程度的损伤，影响结构的正常使用和耐久性。在一些对结构完整性要求较高的场合，如历史建筑、文物建筑等，这

些损伤性检测方法的应用受到很大限制。

2.4 检测鉴定结果缺乏动态性和实时性

传统抗震检测鉴定通常是在某一特定时间点进行的静态检测，无法实时反映房屋结构在使用过程中因环境因素、荷载变化、材料老化等引起的抗震性能动态变化。对于一些重要的公共建筑或处于地震高发区的房屋，这种缺乏动态性和实时性的检测鉴定结果难以满足实际抗震安全管理的需求。

3 房屋结构抗震检测鉴定技术创新思路与方法

3.1 基于无损检测技术的创新应用

无损检测技术是指在不破坏被检测对象的前提下，利用材料内部结构异常或缺陷存在所引起的对热、声、光、电、磁等反应的变化，来探测各种工程材料、零部件、结构件等内部和表面缺陷，并对缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化做出判断和评价的技术。

3.1.1 超声波检测技术

超声波检测技术是利用超声波在材料中传播时遇到界面会发生反射、折射和波形转换等特性，来检测材料内部缺陷和结构性能的一种方法。在房屋结构抗震检测中，超声波检测技术可用于检测混凝土内部缺陷，如空洞、裂缝、不密实区等。通过测量超声波在混凝土中的传播速度、波幅、频率等参数的变化，可以判断混凝土的内部质量状况，进而评估结构构件的承载能力和抗震性能。例如，在检测混凝土构件时，可在构件的不同位置和方向布置测点，采用对测、斜测、平测等方式进行超声波检测，在检测钢结构构件时，可对焊接部位进行超声波检测，根据检测结果绘制内部缺陷分布图，为后续的加固处理提供依据。

3.1.2 红外热成像检测技术

红外热成像检测技术是利用红外热像仪接收物体表

面发出的红外辐射,并将其转换为可见的热图像,通过分析热图像中温度分布的异常来检测物体内部缺陷或结构性能变化的一种方法。在房屋结构抗震检测中,红外热成像技术可用于检测建筑物的渗漏、保温性能以及结构内部损伤等^[1]。例如,当结构内部存在裂缝或空洞时,会导致局部热传导性能发生变化,从而在热图像上表现为温度异常区域。通过对这些温度异常区域的分析,可以初步判断结构内部的损伤位置和程度,为进一步的详细检测提供线索。

3.1.3 雷达检测技术

雷达检测技术是利用高频电磁波在介质中传播时遇到不同电性介质界面会发生反射的原理,来探测地下或结构内部目标的一种方法。在房屋结构抗震检测中,地质雷达可用于探测地基土层的分布、性质以及地下空洞等缺陷;探地雷达则可用于检测混凝土结构内部的钢筋分布、钢筋锈蚀情况以及结构层厚度等。例如,在检测既有建筑地基基础时,地质雷达可以快速、准确地获取地基土层的分层情况、地下空洞和地下障碍物信息,为评估地基的承载能力、稳定性和房屋地质灾害防治提供重要依据。

3.2 基于结构健康监测技术的创新应用

结构健康监测技术是指通过对结构进行实时监测,获取结构在各种环境条件下的响应信息,利用先进的信号处理、数据分析、损伤识别和评估方法,对结构的健康状况进行诊断和预测的一种技术。

3.2.1 传感器技术与数据采集系统

结构健康监测系统的核心是传感器技术和数据采集系统。在房屋结构中合理布置各类传感器,如加速度传感器、位移传感器、应变传感器、倾角传感器等,能够实时采集结构在地震、风荷载等动力作用下的响应信息,以及在正常使用状态下的变形、应力等数据。例如,在高层建筑中,在关键楼层和结构薄弱部位布置加速度传感器,可以实时监测建筑在地震作用下的加速度响应,为评估结构的抗震性能提供基础数据。数据采集系统则负责将传感器采集到的模拟信号转换为数字信号,并进行存储和传输,确保数据的准确性和完整性。

3.2.2 数据分析与损伤识别方法

采集到的结构响应数据需要经过深入的分析和处理,才能提取出有关结构健康状况的信息。常用的数据分析方法包括时域分析、频域分析、时频分析等。通过对结构响应信号的时域特征(如峰值、均值、方差等)和频域特征(如频率成分、功率谱密度等)进行分析,可以了解结构在不同状态下的动力特性。损伤识别方法

则是基于数据分析结果,判断结构是否存在损伤以及损伤的位置和程度。目前,常用的损伤识别方法有基于模型修正的方法、基于信号处理的方法、基于人工智能的方法等^[2]。例如,基于神经网络的损伤识别方法可以通过对大量正常和损伤状态下的结构响应数据进行学习,建立结构健康状态与响应特征之间的映射关系,从而实现对结构损伤的准确识别。

3.2.3 结构性能评估与预警系统

根据损伤识别结果,结合结构的有限元模型和抗震设计规范,可以对结构的抗震性能进行评估。评估内容包括结构的承载能力、变形能力、耗能能力等方面。通过建立结构性能评估指标体系,将评估结果量化为具体的数值或等级,为结构的维护决策提供依据。同时,基于结构健康监测数据和性能评估结果,建立预警系统,当结构的抗震性能指标超过预设的阈值时,及时发出预警信号,提醒相关部门和人员采取措施,避免地震灾害发生时造成严重后果。

3.3 基于数值模拟与虚拟现实技术的创新应用

数值模拟技术是利用计算机对实际工程问题进行数值计算和分析的一种方法。通过建立房屋结构的有限元模型,考虑地震作用、材料非线性、几何非线性等因素,可以对结构在地震作用下的响应进行精确模拟,预测结构的破坏模式和抗震性能。虚拟现实技术则是利用计算机生成一种模拟环境,通过多种传感设备使用户沉浸到该环境中,实现用户与该环境直接进行自然交互的技术。

3.3.1 有限元数值模拟分析

有限元数值模拟分析是房屋结构抗震性能评估的重要手段之一。通过建立精确的结构有限元模型,可以模拟不同地震波作用下结构的动力响应,分析结构在不同强度地震作用下的应力、应变、位移等分布情况,预测结构的破坏部位和破坏程度^[3]。例如,对于一座复杂的高层建筑结构,利用有限元软件建立三维模型,考虑结构的材料非线性、几何非线性以及钢筋与混凝土之间的粘结滑移等因素,输入不同地震波进行时程分析,可以得到结构在地震作用下的层间位移角、塑性铰发展情况等关键指标,从而评估结构的抗震性能是否满足规范要求。同时,通过改变结构参数,如构件尺寸、配筋率等,进行参数敏感性分析,可以为结构的优化设计提供参考。

3.3.2 虚拟现实技术在抗震检测鉴定中的应用

虚拟现实技术在房屋结构抗震检测鉴定中的应用主要体现在以下几个方面:一是利用虚拟现实技术可以创

建房屋结构的三维可视化模型,检测人员可以通过佩戴虚拟现实设备,身临其境地观察结构的内部构造和细节,更加直观地了解结构的整体情况,发现一些传统检测方法难以察觉的问题。例如,在检测大型工业厂房时,通过虚拟现实技术可以进入厂房内部,查看设备基础与结构的连接情况、屋面结构的完整性等。二是在进行数值模拟分析后,将模拟结果以虚拟现实的形式展示出来,检测人员可以直观地看到结构在地震作用下的变形过程、破坏形态等,有助于更深入地理解结构的抗震性能。例如,通过虚拟现实技术展示结构在地震作用下的塑性铰发展过程,检测人员可以清晰地看到哪些部位首先出现塑性铰,以及塑性铰的发展对结构整体性能的影响。三是利用虚拟现实技术进行抗震检测鉴定的培训和演练。通过创建各种不同类型的房屋结构模型和地震灾害场景,让检测人员在虚拟环境中进行实际操作和模拟检测鉴定,提高他们的专业技能和应对突发情况的能力。

4 创新应用面临的挑战与对策

4.1 降低技术成本

政府和相关部门应加大对创新抗震检测鉴定技术研发和推广的支持力度,通过财政补贴、税收优惠等政策措施,鼓励检测机构和企业采用创新技术,降低技术应用成本。推动技术创新和产业升级,提高仪器设备和软件系统的国产化率,降低设备采购成本。同时,加强产学研合作,促进科技成果转化,开发出更加经济实用的创新检测鉴定技术和产品。鼓励检测机构之间开展合作与共享,实现仪器设备、技术资源和检测数据的共享,提高资源利用效率,降低单个机构的运营成本。

4.2 完善技术标准与规范

加快制定和完善创新抗震检测鉴定技术的相关标准和规范。相关部门应组织专家学者、检测机构和企业等各方力量,共同开展技术研究和标准制定工作,明确各项创新技术的适用范围、检测方法、评定标准和质量要求等,为创新技术的实际应用提供科学依据。加强对创新技术应用的监督和管理,建立健全质量监管体系^[4]。对于采用创新技术进行抗震检测鉴定的项目,应加强检测过程的监督和检测结果的审核,确保检测鉴定工作的质

量和可靠性。定期对技术标准和规范进行修订和完善,及时跟上创新技术的发展步伐,使其更好地适应实际工程需求。

4.3 加强技术人才培养

高校和职业院校应加强相关专业建设,优化课程设置,增加创新抗震检测鉴定技术相关课程的教学内容,培养既懂理论知识又具备实践操作能力的复合型人才。检测机构和企业应加强对现有技术人员的专业知识及实践操作培训和继续教育,定期组织技术交流和培训活动,邀请专家进行授课和指导,使技术人员及时了解和掌握创新技术的最新发展动态和应用方法。鼓励技术人员参加相关的职业资格考試和认定,提高技术人员的专业水平和职业竞争力。同时,建立完善的人才激励机制,吸引和留住优秀的技术人才,为创新技术的应用和发展提供人才保障。

结语

房屋结构抗震检测鉴定技术创新应用对提升建筑抗震能力、保障结构安全意义重大。本文剖析传统技术问题,提出基于无损检测、结构健康监测、数值模拟与虚拟现实等创新思路。创新技术具备检测精度高、全面、无损或微损、可动态监测等优势,能精准评估抗震性能、排查隐患,为加固改造提供依据。但应用中面临成本高、标准规范不完善、人才短缺等挑战,对此给出降本、完善标准、加强人才培养等对策。未来,应促进多学科融合,推动新技术应用,提升整体水平,各方协同助力创新技术推广,服务建筑抗震事业。

参考文献

- [1]雷帆.混凝土框架结构房屋质量检测及抗震鉴定方法[J].石材,2023,(11):113-115.
- [2]陈蔬刘.混凝土框架结构房屋的质量检测及抗震鉴定探讨[J].建材与装饰,2020,(08):55-56.
- [3]王劲松.房屋抗震检测鉴定与处理措施[C]//《建筑科技与管理》组委会.2020年5月建筑科技与管理学术交流会论文集.新疆建筑科学研究院,2020:170-172.
- [4]王忠孟.试论混凝土框架结构房屋的质量检测及抗震鉴定[J].中华建设,2019,(09):116-117.