

既有建筑结构安全性检测鉴定技术要点分析

黎 健

湖北震泰建设工程质量检测有限责任公司 湖北 武汉 430071

【摘 要】：既有建筑长期服役后结构性能受环境作用与荷载累积影响逐渐衰减，安全性检测鉴定成为保障使用安全的重要环节。实际检测中存在信息采集分散、评估指标不统一、损伤识别精度不足等情况。通过构建多源检测数据融合方法、完善结构状态评定指标体系、引入无损检测及数值模拟联合校核技术，对结构关键构件进行精细化识别及分级评估并对不同结构类型适配差异进行修正处理。结果表明可提升损伤识别准确度及鉴定结论可靠性，为后续加固决策提供依据，提升现场检测效率及数据一致性水平，增强安全判定稳定性保障。

【关键词】：既有建筑；结构检测；安全性鉴定；无损检测；数据融合

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.012

引言

既有建筑在长期使用过程中结构性能逐步退化，外部环境作用及使用荷载变化使得安全隐患更具隐蔽性，检测鉴定技术因此成为结构管理中的关键环节。当前检测工作中，多源信息整合不足及评估标准差异并存，导致结论一致性受到影响。通过引入多技术融合检测手段、强化损伤识别精度控制以及完善分级评定流程，可提升结构状态判定的可靠程度，并为后续维护决策提供更清晰依据，使既有建筑运行安全保持稳定状态，促进检测体系标准化建设进程稳步推进，提升结构评估一致性水平，保障安全运行稳定性。

1 既有结构服役状态识别路径构建

1.1 结构服役信息识别要点

既有结构服役信息识别强调对材料性能变化、受力状态演化及历史荷载记录的系统化整合。通过对构件应力重分布特征、裂缝扩展路径及变形累积数据进行分层提取，可形成结构状态的基础信息链。信息识别过程中需同步考虑构件连接节点的刚度退化情况以及局部损伤对整体受力体系的影响规律，并通过多尺度数据关联方式实现宏观与微观信息的统一表达。结构材料老化过程中的弹塑性变化特征与承载能力衰减趋势构成关键识别依据，结合时间序列数据可增强状态判定的连续性与完整性，使结构服役信息呈现动态演化特征。

1.2 构件状态初步判断路径

构件状态初步判断路径以承载能力边界识别与损伤等级划分为核心，通过构件几何完整性、材料劣化程度及受力响应差异构建初判体系。采用多参数耦合分析方式，将挠度变化、裂缝密度及局部变形集中区进行综合映射，可形成初步状态分区结果。构件连接部位的应力传递效率变化成为判定重点，通过刚度退化速率与残余承载能力比值建立分级判别逻辑^[1]。结构局部与整体响应之间的协调关系用于修正单一指标偏差，使判断结果更贴近实际受力状态，从而提升结构状态识别的稳定性与一致性。

1.3 环境作用影响因素梳理

环境作用对既有结构性能退化具有持续性与累积性特征，主要体现在温湿循环变化、腐蚀介质侵入及长期荷载耦合效应等方面。材料内部微观裂隙扩展速率受环境湿度变化影响显著，导致力学性能逐步下降。冻融循环作用对混凝土孔隙结构产生破坏，使整体密实性降低并引发强度衰减。化学侵蚀作用改变材料内部晶体结构，影响耐久性能稳定性。温度梯度变化引起的热应力集中进一步加速裂纹发展过程。多因素叠加条件下结构性能退化呈现非线性演化特征，对服役状态识别提出更高精度要求。

2 多源信息采集及融合处理机制

2.1 多源检测数据获取方式

多源检测数据获取以结构全域信息覆盖为目标，通过多维度传感体系实现不同物理量同步采集。应力应变响应、位移变化、振动频谱及裂缝扩展信息在不同空间尺度上形成互补数据结构，构件关键受力区域与节点连接部位需提高采样密度以增强局部响应分辨能力。无损检测信号与表观损伤信息共同构成基础数据层，动态监测数据与静态检测数据形成时间维度补充关系。数据获取过程中强调采样频率与结构响应特征的匹配关系，通过高频动态捕捉与低频稳定记录相结合方式提升信息完整性，使结构状态变化过程具备连续表达能力与多维度解析基础。

2.2 数据清洗及统一处理方法

数据清洗及统一处理以消除异构数据干扰与提升信息一致性为核心，通过异常值识别、噪声滤除及缺失数据补全构建标准化处理流程。不同检测设备输出的数据在量纲、采样周期及精度等级方面存在差异，通过归一化转换与尺度统一处理实现跨源数据对齐^[2]。信号类数据需进行频域与时域双重滤波处理以剔除环境干扰成分，结构响应数据通过平滑算法降低突变误差影响。时间序列同步机制用于解决多源数据时差问题，确保同一状态下数据对应关系准确建立。数据质量评估体系用于

判定信息可靠等级,为后续融合计算提供稳定输入基础,使数据结构具备可计算性与一致性。

2.3 融合计算模型构建路径

融合计算模型构建以多源信息协同表达与结构状态统一映射为核心,通过构建多层特征提取与权重分配机制实现数据深度融合。不同类型检测数据在特征空间中进行向量化转换,通过关联规则建立结构响应与损伤演化之间的映射关系。多尺度分析方法用于协调局部构件信息与整体结构响应之间的耦合关系,使信息表达具备层级递进特征。权重调整机制依据数据可靠性与信息贡献度动态修正,提高关键数据影响比重。融合模型通过迭代计算方式优化结构状态识别结果,使多源信息在统一框架下实现协同分析与高精度表达,提升结构安全性评估的稳定性与适配能力。

3 损伤识别方法精度控制策略

3.1 损伤特征提取技术路径

损伤特征提取技术路径以结构响应异常信息的多尺度解析为核心,通过对振动模态变化、应变集中分布及裂缝演化形态进行协同识别,构建损伤特征表达体系。基于时频联合分析方法,对结构动力响应信号进行分解处理,可提取频率漂移、能量衰减及相位差异等关键特征参数。空间维度上通过构件局部刚度变化与整体变形协调关系识别损伤敏感区域,并将局部异常信息进行聚类分析以增强特征稳定性。材料微观层面的缺陷扩展行为与宏观响应变化之间建立映射关系,使损伤特征具备跨尺度表达能力。多特征融合机制用于消除单一指标偏差,提高损伤信息的完整性与可辨识度,从而形成高维特征空间下的结构损伤表达体系。

3.2 无损检测联合判读方法

无损检测联合判读方法以多技术协同验证为基础,通过超声检测、红外热成像及声发射监测等多源信号的交叉比对实现损伤信息互证。不同检测技术对结构内部缺陷的敏感机制存在差异,通过信号特征互补可提高识别完整性。超声波传播路径变化反映内部空洞与裂隙分布,红外热场异常揭示材料导热性能变化,声发射信号用于捕捉裂纹扩展瞬态行为。多源检测结果在统一坐标体系下进行空间配准,通过一致性分析算法筛选可靠信息区域^[3]。判读过程中引入置信度评估机制,对不同检测结果进行权重分配,使高可靠信号在综合判定中占据主导作用,从而提升损伤识别的准确性与稳定性,增强复杂结构环境下的适应能力。

3.3 误差控制及精度优化措施

误差控制及精度优化措施以降低测量偏差与提升识别稳定性为目标,通过系统性误差分解与随机误差抑制实现精度提升。设备误差来源包括传感器漂移、环境干扰及信号衰减,通过校准模型与基线修正方法进行动态补偿。数据处理阶段引入

多重滤波机制,对高频噪声与低频漂移进行分离处理,减少信号失真对识别结果的影响。计算模型通过残差分析识别误差传播路径,并利用迭代修正策略优化参数估计过程。多源数据交叉验证用于降低单一数据源偏差影响,提高结果一致性。精度优化过程中结合自适应调整机制,根据结构状态变化动态更新模型参数,使误差控制体系具备持续修正能力,从而提升整体损伤识别结果的可靠性与稳定性。

4 结构安全等级划分标准体系

4.1 结构安全等级划分标准体系

结构安全等级划分标准体系以结构承载能力退化程度与服役状态稳定性为核心依据,通过多维性能指标构建分级判定框架。结构整体受力性能、构件局部损伤程度及连接节点可靠性共同构成等级划分基础要素,不同等级之间通过安全储备系数与功能保持能力进行区分。分级过程中引入概率统计方法,对结构失效风险进行量化表达,使安全状态呈现连续到离散的映射关系。材料劣化程度与结构变形水平作为关键判定参数,通过区间划分形成多层级评定结构。动态服役条件下的性能变化趋势被纳入等级调整机制,使安全等级具备时变属性特征,从而实现结构安全状态的分级描述与风险识别统一化表达。

4.2 评定指标量化构建方法

评定指标量化构建方法以结构性能参数标准化表达为核心,通过多源检测数据转换形成统一评价指标体系。构件强度衰减率、刚度退化系数及裂缝发展指数等关键参数进行无量纲化处理,以消除不同物理量之间的尺度差异。指标构建过程中引入权重分配机制,根据参数对结构安全影响程度确定贡献比重,使评价体系具备差异化表达能力^[4]。多时间尺度数据用于刻画结构性能演化过程,通过趋势分析提取变化速率指标,提高动态评定能力。指标之间的相关性通过矩阵分析进行约简处理,避免信息冗余影响评估稳定性,使量化体系具备高适配性与可计算性,从而支撑结构安全等级判定的标准化实施。

4.3 结构状态综合评估模型

结构状态综合评估模型以多指标融合与状态空间映射为核心,通过构建多层级评价结构实现安全状态整体表达。不同来源的检测指标在统一评价框架下进行标准化处理,并通过加权聚合形成综合评价向量。结构响应特征与损伤演化信息在模型中建立非线性映射关系,使局部缺陷对整体状态影响得以量化表达。模糊评价方法与概率分析方法相结合,用于处理结构状态的不确定性因素,提高模型适应复杂工况能力。模型计算过程中引入迭代优化机制,通过误差反馈调整参数配置,使评估结果逐步逼近真实状态。多维信息融合后的结果用于构建结构健康状态分布图谱,使安全状态呈现层级化与连续化特征,提高整体评估的准确性与稳定性。

5 检测结果应用及加固决策衔接机制

5.1 检测结果工程转化路径

检测结果工程转化路径以结构安全评估数据向工程设计参数转译为核心,通过建立数据标准化接口实现检测信息与工程应用之间的衔接。结构损伤等级、承载能力评估值及变形控制指标被转换为可计算的设计约束条件,用于指导构件修复与性能恢复方案制定。转化过程中采用参数映射机制,将检测阶段的非结构化信息转化为有限元分析模型输入参数,使结构状态可在数值模型中真实再现。不同检测技术输出的数据通过统一编码体系进行整合,确保信息在设计阶段具备连续传递能力。动态监测结果被纳入工程更新数据库,实现结构状态的实时修正,使检测成果具备工程可执行性与长期应用价值,从而提升既有结构改造设计的精准度与可靠性。

5.2 加固方案决策匹配方法

加固方案决策匹配方法以结构损伤特征与加固技术适配关系为核心,通过多维评价体系实现最优方案筛选。结构承载能力缺失程度、损伤分布特征及使用功能需求构成匹配基础,通过建立技术适用性矩阵对不同加固方式进行分类比选。材料补强、构件替换及体系调整等技术路径依据结构受力模式进行适应性分析,使加固措施与结构受力状态实现高度契合。决策过程中引入多目标优化模型,将安全性提升、经济成本及施工可行性纳入统一评价框架,通过权重调整实现综合最优解选择

[5]。结构局部修复与整体性能恢复之间的协调关系用于优化加固路径配置,使方案具备针对性与可实施性,从而提高既有结构性能恢复效率与长期稳定性。

5.3 后续维护反馈调整机制

后续维护反馈调整机制以结构长期服役状态动态监测为基础,通过持续数据采集与性能评估实现加固效果的闭环管理。监测数据包括变形发展趋势、裂缝演化速率及材料性能变化,通过时间序列分析识别结构状态演变规律。维护过程中建立状态反馈模型,将实际运行数据与设计预期进行偏差比对,用于调整维护策略与加固参数。自适应更新机制根据结构性能衰减趋势动态修正维护周期与检测频率,使维护体系具备响应性与延续性。多阶段反馈信息通过数据库整合形成结构健康档案,为后续决策提供连续依据。调整机制强调数据驱动下的动态优化路径,使结构维护过程由静态管理转向持续演化控制,从而提升既有建筑长期安全保障能力。

6 结语

既有建筑结构安全性检测鉴定技术体系的完善,使结构服役状态识别、损伤评定及安全等级划分形成系统化链条,多源信息融合与精细化分析提升结构风险识别精度,加固决策与工程转化路径实现协同衔接,促进既有建筑安全管理水平提升,保障长期服役条件下结构稳定性与可靠性持续增强。

参考文献:

- [1] 宋小辉,王华,汪哲宇,等.既有建筑加装电梯结构检测鉴定研究——以重庆市某项目为例[J].重庆建筑,2025,24(10):18-21.
- [2] 邵凯健.既有建筑物结构检测鉴定技术分析[J].建设科技,2025,(9):85-88.
- [3] 吴泽隆.广州某厂房结构安全性及抗震检测鉴定与分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(2):116-118.
- [4] 乔洋,王超,丁鹏.BIM技术在既有建筑结构检测鉴定中的应用研究[J].建筑技术开发,2024,51(6):102-104.
- [5] 艾福昆.《既有建筑鉴定与加固通用规范》探析——以某混凝土结构工程鉴定为例[J].福建建筑,2022,(12):49-53.