# 多技术融合的建筑工程结构检测与安全鉴定方法及司法鉴定应用研究

冯俊恩
广州 黄埔 510730

DOI:10.61369/UAID.2026040048

**摘　　要：** 融合多种技术的建筑工程结构检测与安全鉴定办法，集成无损检测、传感器监测、数值模拟等技术，打破单一技术的限制，通过多源数据的交叉核验提高结构损伤定位与量化评估的精确性。它于安全鉴定里实现从定性到定量的分析，在司法鉴定中提高证据的客观性和可追溯性，为司法裁决提供帮助，未来要深入推进标准化和智能化的发展。

**关 键 词：** 多技术融合；建筑工程结构检测与安全鉴定；司法鉴定

## Research on Multi-Technology Integrated Construction Engineering Structure Inspection and Safety Assessment Methods and Their Application in Judicial Appraisal

Feng Jun'en
Huangpu, Guangdong 510730

**Abstract:** The construction engineering structure detection and safety identification methods that integrate multiple technologies, integrate non-destructive testing, sensor monitoring, numerical simulation and other technologies, break the limitations of single technology, and improve the accuracy of structural damage location and quantitative evaluation through cross-validation of multi-source data. It realizes the analysis from qualitative to quantitative in security identification, improves the objectivity and traceability of evidence in judicial identification, and provides help for judicial decisions. In the future, it should further promote the development of standardization and intelligence.

**Keywords:** multi-technology integration; construction engineering structure inspection and safety assessment; judicial appraisal

## 引言

建筑工程结构的安全性是城市韧性建立的主要支撑，其检测与安全评定要依靠科学技术体系实现精准评价。2023年3月起施行的《建设工程质量检测管理办法》（住房和城乡建设部令第57号），明确要求提升检测鉴定的技术水平和规范化程度，为行业进步提供政策引导。多技术整合的检测鉴定手段通过融合无损检测、信息化监测、数据分析以及结构评估技术，建立闭环系统，打破单一技术于隐蔽缺陷识别、数据精准度等方面的限制，能够精确揭示结构材料性能、构件损伤以及承载能力状况。此方法不但为维修加固、质量评定提供支撑，还在司法鉴定里通过多源数据交叉核验加强证据的客观性，帮助司法裁判的公正性，促进建筑工程质量安全保障和司法鉴定的协同进步。

## 一、多技术融合建筑工程结构检测与安全鉴定的理论基础

### （一）建筑工程结构检测与安全鉴定的内涵

建筑工程结构的检测与安全鉴定属于通过科学方法对建筑结构性能和安全状况进行评估的技术体系，其研究对象包含既有建筑、灾后建筑以及处于特殊环境的建筑，主要在于运用检测数据来显示材料性能、构件损伤情况以及承载能力的实际状态。技术目的是精确辨认隐患、量化危险，且为加固或者司法鉴定提供支撑。性能评价通过材料强度、形变参数建立力学模型分析承载限度；风险辨识则融合劣化状况与环境要素判定风险级别。工程质量评判要综合两方面结果，确定结构是否符合设计或安全规范。检测鉴定覆盖施工、运营以及老化时期，为建筑全生命周期的安全提供技术支持[1]。

### （二）多技术融合检测鉴定体系的构成

多技术融合的检测鉴定体系将协同机制作为主要，包含无损

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 

检测、信息化监测、数据分析以及结构安全评估技术的有效整合。无损检测（像超声、雷达之类）给出内部缺陷和材料性能的基础数据，信息化监测通过传感器网络实现结构响应的实时采集，二者结合为数据层提供多方面的原始信息[2]。数据分析层面，运用机器学习、有限元模拟等方法对多源数据进行融合处理，挖掘各数据之间的关联规律，并构建结构性能演化模型；结构安全评估则基于分析结果，结合现行规范与工程实践经验，从安全性、使用性和可靠性等方面开展综合性评定。体系展现采集、传输、分析、评估的闭环运作特性，各个模块通过数据接口实现无缝衔接，建立起全流程的技术支持，其动态属性、互补特性与科学属性为检测鉴定提供体系化的理论方案。

## 二、多技术融合建筑工程结构检测与安全鉴定的关键技术

### （一）建筑工程结构检测关键技术

建筑工程结构检测的关键技术主要涵盖物理探测、信号采集与现场试验三大类。在物理探测方面，超声波检测技术利用声波在介质中的传播特性，可用于判别混凝土内部空洞、裂缝等缺陷的位置与规模；探地雷达技术则通过高频电磁波反射成像，适用于钢筋分布、保护层厚度及埋设物位置的快速普查。在信号采集方面，应变传感与振动监测技术通过布置电阻应变片或光纤传感器，实时获取结构在静载或动载作用下的力学响应数据。在现场试验方面，回弹法和钻芯法作为混凝土强度检测的常用手段，分别适用于表面硬度推定和直接强度测定；钢筋锈蚀检测则多采用半电池电位法或极化电阻法，以评估钢筋钝化膜状态及锈蚀概率。上述各项技术各有所长，在实际应用中需根据检测目的、现场条件及结构特点合理选择，为后续多源数据融合与安全评定提供准确、可靠的原始数据基础。

### （二）建筑工程安全鉴定关键技术

安全鉴定将承载能力分析作为核心，通过有限元分析和荷载试验来验证构件以及整体结构的实际性能。可靠性评估全面考量材料退变、损伤积累以及环境作用，运用概率统计手段量化可靠度参数，为安全级别划分提供支撑。安全等级的划分根据现行规范，综合损伤情况、承载储备以及使用需求来明确等级和处理的优先级。风险评估可识别潜藏的风险源，通过风险矩阵或者定量手段来评估发生的概率以及后果的严重程度。通过多源数据的技术路线整合无损检测、监测系统以及历史资料，通过数据融合和智能分析提高鉴定的效率与精准度，建立从采集到输出的闭环系统[4]。

## 三、多技术融合建筑工程结构检测与安全鉴定方法构建

### （一）多源检测数据融合方法

1.检测数据采集与处理

多源检测数据的采集应根据不同技术特点设计标准化流程。对于混凝土结构，超声回弹综合法需同步采集回弹值、声速及碳化深度，并按预设网格均匀布置测点；对于钢结构，磁粉探伤与超声波探伤应在焊缝区域进行交叉验证，以避免单一技术可能存在的检测盲区。质量控制方面，依据 GB/T 27025《检测和校准实验室能力的通用要求》建立质量管理体系，定期对仪器设备进行校准，并开展人员能力验证与比对试验，确保检测数据的准确性和可追溯性。在数据预处理环节，采用基于正态分布的 $3\sigma$ 准则识别并剔除因环境干扰等因素产生的异常值；同时，通过 Z-score 标准化方法消除不同量纲之间的影响，并利用插值法对缺失数据进行合理填补。在时空匹配方面，引入 BIM 模型作为数据集成载体，将检测空间坐标与构件编码进行关联，实现不同来源、不同时期检测数据的精准映射与统一管理[5]。上述流程和方法有助于提升数据质量，为后续多源数据融合分析与结构安全鉴定奠定可靠的数据基础。

2.多源信息融合与分析

多源信息融合通过搭建数据层、特征层以及决策层这三级融合体系，实现不同检测技术数据的深度集成。数据层整合针对结构振动信号、应力应变以及无人机影像等初始数据开展时空配准与异常处置，排除异质性干扰[6]。特征层融合运用主成分分析和小波变换来提取结构模态频率、损伤指标这类主要参数，建立多维特征空间，提高数据表征能力。决策层融合运用贝叶斯网络和 D-S 证据理论，针对各技术的局部诊断结果开展概率推理与证据合成工作，对信息源权重进行量化，进一步输出综合评估结论。此机制通过多尺度、多方面信息的互补校验，确实化解单一技术的局限，加强损伤识别的精准度与鉴定的可信度，为司法鉴定提供科学且客观的支持。

### （二）安全鉴定综合评价方法

1.结构安全评价指标体系构建

指标体系通过多技术融合的检测数据，结合全生命周期的特性，建立包含结构性能、耐久性、使用功能以及安全风险的多层级方案。结构性能参数包括承载力、刚度以及变形情况，通过超声、雷达之类技术来获取；耐久性参数涉及碳化深度、钢筋锈蚀程度，依靠电化学检测、红外热成像分析；使用功能参数评估适用性和结构状况，结合 BIM 模型与现场数据；安全风险参数整合损伤演变与环境荷载，引入风险矩阵进行量化。指标搭建遵循科学性、系统性以及可操作性准则，权重通过层次分析法或者熵权法来明确，同时参考规范标准以保证合理性[7]。此体系把零散数据转变为体系化鉴定证据，实现从单个参数检测到多方面状态评价的转换。

2.综合鉴定结果判定方法

多技术集成的建筑工程结构检测与安全鉴定方法建立里的安全鉴定综合评估方法要整合多源检测信息，通过层次分析法、模糊综合评估等模型把无损检测（例如超声、回弹）、荷载试验以及数值模拟成果转化成量化指标，建立包含结构承载力、耐久性、适用性的指标系统，保证评估方面的完整性。综合鉴定结果的判定办法需根据评价指标权重与隶属度分析，结合现行规范（如《建筑结构可靠性设计统一标准》）的分级规定，建立多技术

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

数据驱动的判定逻辑，实现从单一指标评判到多方面综合决策的转变，提高安全等级判定的客观性与规范性。研究显示多技术融合的综合评估能够有效降低单一检测手段的误差积累，通过多指标权重赋予与耦合分析，让鉴定结果更符合结构实际状况[8]。

## 四、多技术融合检测鉴定在司法鉴定中的应用研究

### （一）建筑工程司法鉴定需求分析

1.建筑工程司法鉴定的特点

建筑工程的司法鉴定具备法律性和技术性这两种属性，它作为法定的证据形式中的一种，要严格根据《司法鉴定程序通则》等规范，运用专业技术方法还原工程实际情况，为司法判决提供科学的根据。在技术要求方面，司法鉴定要根据客观数据和标准化程序，保证检测鉴定结果的精确性与可重复性，比如对结构损伤状况的判断需融合材料力学性能检测、变形观测等多方面数据[9]。从证据特性来看，司法鉴定意见要具备关联性、合法性以及科学性，要和案件的争议要点直接关联，并且鉴定流程要符合法定的程序，所采用的技术方法需得到行业的认可。检测鉴定于争议化解里的功能定位明确，既要通过技术方法确定工程质量瑕疵的成因与责任界定，也要为损害赔偿、修复方案拟定等提供量化根据，其结果直接关系司法裁判的公平性与权威性，所以要在多技术融合方案下提高检测鉴定的精确性与可靠性，以符合司法鉴定的严格标准。

2.多技术融合在司法鉴定中的适用性

建筑工程司法鉴需证据具备客观、关联、合法的特性，传统的单一技术容易因数据存在局限而引发争议。多技术整合通过融合无损检测、有限元模拟以及现场调查等手段，实现结构损伤从宏观至微观的多方面表征，例如红外热成像和超声联用能够精确确定裂缝的深度与范围。运用融合技术扩大数据覆盖范围，通过交叉验证强化证据链的完整程度，以符合司法对于因果关系论证的严谨要求；可视化报告和量化分析更易于被司法人员接纳，减少结论的不确定性。在实际事例里，无人机建模和应力波检测相结合，重现坍塌事故的时空进程，为责任界定提供根据。此项技术具备系统性与互补性，能够填补单一技术的空白区域，通过神经网络等算法对信息进行深度探寻，符合证据科学性的标准，还能提高司法效能。未来要对操作流程和数据标准加以规范，保证结果具备可重复性[10]。

### （二）多技术融合检测鉴定的司法应用流程

1.检测鉴定实施流程设计

此流程将司法证据的合法性、科学性和关联性当作核心，搭建现场勘查、数据采集、技术分析、结果形成的闭环路径。在现场勘查环节，运用激光扫描和无人机航拍的方式来获取结构的三维模型以及宏观损伤的分布情况，同时通过高清影像记录结构的表观缺陷。数据收集整合超声法、红外热成像技术、雷达法以及振动监测手段，保障多源数据在时空方面的一致性且精度可调控。技术分析环节采用融合算法对检测成果进行交叉核验与权重设定，例如把应力波缺陷信息和有限元受力情形相结合，搭建评估模型。结果生成阶段按照规范把技术结论转变为鉴定意见，确定安全等级、损伤原因以及责任界定，同时保证原始数据能够追溯，从而加强司法采信程度。此流程通过标准化协作，加强鉴定的精准度与效能，为裁决提供科学根据。

2.鉴定证据形成与质量控制

证据转换机制要贴合司法程序规定。检测数据经过原始记录固定、标准化核查与关联性确认，保证能够追溯、方法符合规定且和鉴定对象直接关联；分析结果依靠多技术交叉印证，通过数值模拟和实测数据结合，清楚损伤和荷载、材料的因果联系；鉴定意见把技术结论转变为司法用语，结合规范与法律条款，形成具备排他性、科学性的专家看法。质量把控包括技术挑选、数据收集、分析研讨、意见确立全流程：技术挑选搭配最佳组合，避免单一弊端；数据收集通过双盲抽检、设备校准与见证保障真实；分析研讨引入同行评审复核整合逻辑；意见确立施行三级审查，保证严谨合法，实现技术结论向司法证据的有效转变，提高鉴定的公信力与权威性。

### （三）司法鉴定应用效果与优化路径

1.检测鉴定结果的司法采信分析

检测鉴定结果的司法采信研究需重点关注多技术融合成果于司法实践里的证明效力这一主要问题。多技术融合检测通过多源数据相互验证，为建筑工程结构方面的问题提供更全面的技术支持，其鉴定意见由于技术协同特性和数据关联特性，在事实认定里具备更强的科学性与客观性。司法采纳受鉴定流程规范性、技术手段适配性以及专家论证完备性的影响，比如当开展结构损伤检测时同时运用无损检测和数值模拟技术，要是技术参数选取符合行业标准且数据逻辑合理，鉴定观点更易被采纳。另外鉴定机构的资质、鉴定人的专业能力以及鉴定报告的规范性，同样是法院对证据效力进行评估的重要因素。要建立技术标准和司法审查的连接机制，确定多技术融合检测的操作准则与数据验证条件，通过技术方面的标准化以及司法方面的规则细化，加强鉴定意见的可采纳性，让多技术融合成果更高效地服务于建筑工程纠纷的公平裁决。

2.多技术融合司法鉴定体系优化

多技术融合的司法鉴定体系优化要从技术规范、质量管控以及协同制度这三方面搭建闭环。在技术标准方面，需针对 BIM、无人机、无损检测等融合技术拟定统一的司法鉴定操作准则，清楚数据采集精准度、模型建立参量以及结果判定临界值，处理不同技术之间数据接口不匹配、结果阐释有差异等问题，保障鉴定流程的标准化与可追溯特性。在质量管理方面，要建立融入技术的全流程质量管控体系，包含设备校准、数据核验、算法可靠性测评等流程，引入第三方组织对技术应用进程开展监督，并且健全鉴定人员的技术培训与资质认证制度，加强专业能力的适配程度。在协同机制方面，建立跨学科的技术协同平台，汇聚结构工程、材料科学、信息技术等领域的专家资源，设立技术共享与问题研讨机制，推动检测数据和鉴定结论实现高效转化，通过标准化、质量管控和协同联动的有效融合，为建筑工程司法鉴定提供体系化的支持，推动其规范化进程。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 

## 五、结论

多种技术融合的建筑工程结构检测及安全鉴定方式，通过整合无损检测、传感器监测、数值模拟等技术措施，建立互补性佳、精度更优的综合检测系统。此方法不但可以打破单一技术的局限之处，像传统检测手段在隐蔽结构缺陷识别方面的空白区域，还能够通过多源数据的相互验证，明显提高结构损伤定位以及量化评估的精确性。在安全鉴定领域，融合技术实现从定性判定到定量解析的转变，将结构力学模型和实时监测数据相结合，让安全评估更具科学性与动态特性，为既有建筑的性能分析提供可靠支撑。在司法鉴识领域，多技术整合手段通过规范化的数据收集与分析流程，提高证据的客观性和可回溯性，确实化解传统鉴识里因技术单一所引发的争议难题，加强司法裁判的公信力。今后建筑工程检测鉴定和司法鉴定的协同进步要进一步强化技术融合的规范化与智能化，像运用人工智能算法提高数据处理效能，搭建跨领域的信息共享系统，促进检测鉴定成果和司法证据规则的深度符合，从而更优地服务于建筑工程质量安全保障和司法实践要求。

*参考文献*

[1] 潘为德 . 环境损害司法鉴定意见的采信研究 [D]. 江西：江西理工大学 , 2023.

[2] 吴晓玉 . 论医疗损害案件的司法鉴定 [D]. 黑龙江：黑龙江大学 , 2023.

[3] 郑明蕊 . 技术信息商业秘密司法鉴定问题研究 [D]. 广东：华南理工大学 , 2022.

[4] 李小洁 . 司法鉴定中的认知偏差及其防范研究 [D]. 河北：燕山大学 , 2023.

[5] 许家瑞 . 我国环境损害司法鉴定制度研究 [D]. 北京：北京化工大学 , 2023.

[6] 李兴容 . 建筑工程造价司法鉴定工作的问题与对策探析 [J]. 智能建筑与工程机械 , 2023, 5(6): 81-83.

[7] 陈一嘉 . 司法鉴定文件中常见的伪装笔迹及鉴别方法 [J]. 法制博览 , 2022(7): 75-77.

[8] 唐敏 , 卿美娟 . 司法鉴定中检测”酒驾”在高中化学教学中的应用研究 [J]. 化学教与学 , 2024(7): 17-21.

[9] 杨立云 . 司法鉴定意见争议之根源与解决 [J]. 贵州省党校学报 , 2022(3): 100-114.

[10] 江胜超 . 论司法鉴定”技术方法”的理解与适用——从一起笔迹鉴定案例切入 [J]. 中国司法鉴定 , 2023(2): 105-110.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.