

既有建筑结构检测及安全性评定探究

马 冀

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：既有建筑结构检测及安全性评定是确保建筑在使用过程中满足安全性能要求的重要环节。本文首先概述了结构检测的基本理论，包括目的、原则、内容及常用方法。随后，详细介绍了不同结构形式的检测技术与方法，如钢筋混凝土结构、钢结构、木结构及砖石结构的检测要点。最后，文章着重探讨了安全性评定的层次与内容、指标体系构建、模糊综合评定模型的构建及数据处理方法。本文旨在为既有建筑的结构检测与安全性评定提供理论指导和实践参考，确保建筑在使用中的安全可靠。

关键词：既有建筑；结构检测；安全性评定

引言：既有建筑结构检测及安全性评定是维护建筑安全、延长建筑使用寿命的重要手段。随着城市化进程的加速和建筑老龄化的加剧，对既有建筑进行结构检测与安全性评定显得尤为重要。本文旨在通过系统探究既有建筑结构检测的基本理论、技术方法以及安全性评定的流程与标准，为相关从业人员提供科学、实用的指导。同时，本文还将关注当前检测与评定技术的最新进展，为推动既有建筑结构的安全管理和维护提供新的思路和方法。

1 既有建筑结构检测的基本理论

1.1 结构检测的目的与原则

(1) 确保建筑安全性能满足使用要求。既有建筑结构检测的首要目的是确保建筑在使用过程中的安全性能满足既定的规范和设计要求。随着时间的推移，建筑会因各种原因（如自然老化、环境因素、使用不当等）而出现性能下降或损伤，这些潜在的安全隐患如果不及时发现和处理，将严重威胁到人员和财产的安全。因此，通过系统的结构检测，可以及时发现并修复结构的损伤，确保建筑在安全状态下运行。(2) 检测的基本原则与方法。结构检测应遵循的基本原则包括科学性、公正性、准确性和实用性。科学性要求检测方法和技术必须符合科学原理，能够真实反映结构的实际状态；公正性要求检测过程应不受任何利益驱动的影响，确保检测结果的客观公正；准确性要求检测结果必须准确可靠，能够真实反映结构的性能状态；实用性要求检测方法应便于操作，具有经济性和可行性。在检测方法上，应根据结构的类型、损伤程度、检测目的等因素选择合适的检测方法。常用的检测方法包括外观检查、量测检查、无损检测、破坏检测等。每种检测方法都有其优缺点和适用范围，应根据实际情况进行选择。

1.2 结构检测的内容

(1) 结构材料的配筋、强度、截面大小。结构材料的配筋、强度、截面大小是影响结构承载能力的重要因素。通过检测这些参数，可以了解结构的整体性能是否满足设计要求。例如，对于钢筋混凝土结构，应检测钢筋的直径、间距、保护层厚度以及混凝土的抗压强度等参数；对于钢结构，应检测钢材的屈服强度、抗拉强度、焊接质量等参数。(2) 建筑结构的损伤情况、变形程度。建筑结构的损伤情况和变形程度是反映结构性能状态的重要指标。通过检测结构的损伤情况，可以了解结构的损伤程度和损伤类型，进而判断结构的稳定性和安全性。同时，检测结构的变形程度可以了解结构在荷载作用下的变形情况，为结构的加固和修复提供依据。

(3) 关键部位（如支撑结构、钢梁结构）的检测。关键部位是结构中受力复杂、容易出现损伤的部位。对于这些部位，应进行详细的检测和分析，以确保结构的安全性和稳定性。例如，对于支撑结构，应检测其连接节点的质量、支撑杆件的强度和稳定性等参数；对于钢梁结构，应检测其截面尺寸、焊接质量、腹板和翼缘的变形情况等参数。

2 既有建筑结构检测技术与方法

2.1 检测技术概述

在建筑结构的维护与改造过程中，检测技术是评估结构安全性和可靠性的关键手段。这些技术根据应用场景、精度要求及成本等因素，可大致分为常规检测技术和先进检测技术两大类。

2.1.1 常规检测技术

(1) 裂缝检测：裂缝是建筑结构中最常见的损伤形式之一，其存在和发展直接关系到结构的安全。裂缝检测通常通过目视检查、放大镜观察或裂缝测宽仪进行，

以测量裂缝的宽度、长度、深度及分布，从而评估其对结构的影响。(2) 承载力分析：承载力分析是通过计算或实验方法，确定结构或构件在特定荷载下的承载能力。这通常涉及对结构材料的力学性能测试（如抗压、抗拉强度测试），以及对结构整体或局部的应力、应变分析。传统的承载力分析可能依赖于静力计算或简单的有限元分析，但现代技术已发展到使用更复杂的软件和算法进行更精确的分析。

2.1.2 先进检测技术

(1) 非破坏性检测 (NDT)：非破坏性检测技术能够在不破坏结构的前提下，评估结构的物理和力学性能。常见的NDT技术包括超声波检测 (UT)、射线检测 (RT)、磁粉检测 (MT) 和渗透检测 (PT) 等。这些技术广泛应用于检测焊缝质量、材料缺陷、腐蚀情况等。

(2) 远程监测：随着物联网技术的发展，远程监测系统已逐渐成为既有建筑结构安全评估的重要手段。通过在结构上安装传感器（如加速度计、位移传感器、应变片等），实时监测结构的动态响应和环境变化（如温度、湿度），并利用无线通信技术将数据传输至云端进行分析。这种技术不仅提高了检测效率，还能及时发现潜在的安全隐患^[1]。

2.2 不同结构形式的检测技术

(1) 钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构的检测侧重于混凝土强度、钢筋配置及锈蚀情况、裂缝分布与宽度等方面。常用的检测技术包括回弹法测混凝土强度、电磁感应法测钢筋直径与位置、以及超声波检测混凝土内部缺陷。(2) 钢结构。钢结构检测主要关注焊缝质量、钢材锈蚀与腐蚀、连接节点强度等。无损检测技术如超声波检测、射线检测、磁粉检测等在此类结构中尤为重要，它们能有效检测焊缝缺陷、裂纹及材料内部缺陷。

(3) 木结构。木结构的检测重点在于木材的腐朽、虫蛀、开裂及连接节点的强度。目视检查结合敲击测试是常用的初步检测方法，而更精确的评估可能需要使用水分仪、密度计或更高级的NDT技术，如微波检测。(4) 砖石结构。砖石结构的检测侧重于墙体裂缝、剥落、风化及结构整体性。目视检查结合裂缝测宽仪、回弹仪（测砖块强度）及超声波检测（评估墙体内部完整性）是常用的检测方法。

2.3 检测程序的制定与实施

(1) 现场初步调查。现场初步调查是检测工作的起点，旨在收集结构的基本信息，包括建筑年代、设计资料、使用历史、已知损伤等。这一阶段还包括对结构外观的初步检查，以识别明显的损伤或异常。(2) 检测

方案的制定。基于初步调查的结果，制定详细的检测方案。方案应明确检测目标、范围、方法、所需设备、人员配置、时间表及预算。对于复杂或高风险的结构，可能需要制定应急计划，以应对检测过程中可能出现的意外情况^[2]。(3) 现场详细检测。在现场详细检测阶段，按照既定的方案执行各项检测任务。这包括使用合适的检测技术收集数据，记录检测结果，并进行初步分析。检测过程中，应确保人员安全，遵守所有适用的安全规定和操作规程。检测完成后，整理并分析数据，形成检测报告，该报告应详细记录检测过程、方法、结果以及任何观察到的异常情况。检测报告还应包含对结构安全性、稳定性及耐久性的综合评估，以及基于检测结果的建议措施，如维修、加固或监控等。

3 既有建筑结构安全性评定

3.1 安全性评定层次与内容

既有建筑结构的安全性评定是一个多层次、系统化的过程，旨在全面评估结构的整体安全性能。这一过程通常分为构件层次、子单元层次和鉴定单元层次，每个层次都有其特定的评定内容和关注点。(1) 构件层次。构件是建筑结构的基本组成单元，如梁、柱、墙、板等。在构件层次的安全性评定中，主要关注构件的完整性、损伤程度、承载能力、变形情况等方面。通过检查构件的裂缝、锈蚀、剥落等损伤情况，结合材料的力学性能测试，可以初步判断构件的安全状态。此外，还需考虑构件在荷载作用下的变形情况，以及是否存在潜在的失稳风险。(2) 子单元层次。子单元是由多个构件组成的局部结构，如楼层、框架、墙体系统等。在子单元层次的安全性评定中，除了关注单个构件的安全状态外，还需考虑构件之间的相互作用和整体稳定性。通过评估子单元的承载能力、变形协调性、传力路径的合理性等方面，可以判断子单元是否满足整体安全性的要求。(3) 鉴定单元层次。鉴定单元是整个建筑结构或其中相对独立的部分，如整栋建筑、某个楼层或某个功能区。在鉴定单元层次的安全性评定中，需要综合考虑所有子单元和构件的安全状态，以及结构整体在荷载和环境因素作用下的响应。通过评估结构的整体稳定性、抗震性能、耐久性等方面，可以得出结构整体的安全性结论^[3]。(4) 评定内容。安全性评定的内容主要包括裂缝、承载能力、变形、稳定性、耐久性等方面。裂缝是结构损伤的直接表现，其宽度、长度、深度及分布对结构的安全性有重要影响。承载能力是指结构在特定荷载下的承载能力，是评估结构安全性的关键指标。变形是指结构在荷载作用下的形状变化，过大的变形可能导致

结构失稳或破坏。稳定性是指结构在荷载和环境因素作用下的整体稳定性,包括抗倾覆、抗滑移等方面。耐久性是指结构在长期荷载和环境因素作用下的使用寿命,包括抗腐蚀、抗疲劳等方面。

3.2 安全性评定指标体系

(1) 指标体系的建立。安全性评定指标体系是评估结构安全性的基础,它应涵盖所有关键的安全性能指标。指标体系的建立应基于结构的特点、使用要求及潜在风险,同时参考相关的标准和规范。常见的指标体系包括裂缝宽度、承载能力比、变形比、稳定性系数、耐久性等等级。(2) 指标权重的计算。在指标体系中,不同指标对结构安全性的影响程度是不同的。因此,需要为每个指标分配合理的权重,以反映其在整体安全性评估中的重要性。权重的计算可以采用多种方法,如区间层次分析法、模糊综合评价法等。区间层次分析法是一种常用的权重计算方法,它通过将指标划分为不同的区间,并根据专家打分或历史数据确定每个区间的权重,从而得到每个指标的最终权重。

3.3 安全性评定模型

(1) 模糊综合评定模型的构建。由于建筑结构的安全性评估涉及多个模糊因素(如裂缝的严重程度、材料的退化程度等),因此采用模糊综合评定模型进行评估是较为合适的方法。模糊综合评定模型通过将模糊因素量化,并利用模糊集合和模糊关系进行运算,最终得出结构安全性的综合评价结果。模型的构建包括确定评价指标、建立模糊关系矩阵、计算模糊综合评价向量等步骤。(2) 指标的分级评判标准。为了将模糊综合评定模型的结果转化为具体的安全性等级,需要制定指标的分级评判标准。这些标准应根据结构的特点、使用要求及潜在风险进行制定,并参考相关的标准和规范。常见的分级评判标准包括五级制(如安全、较安全、一般、较危险、危险)或三级制(如安全、基本安全、不安全)等。每个等级对应一定的指标范围,用于将模糊综合评定模型的结果转化为具体的安全性等级。(3) 指标隶属函数的确定方法。在模糊综合评定模型中,隶属函数是描述模糊因素之间关系的数学工具。它决定了每个指标在不同安全性等级下的隶属程度。确定隶属函数的方法

有多种,如基于专家经验的模糊统计法、基于历史数据的模糊聚类法、基于数学模型的模糊推理法等。在实际应用中,应根据具体情况选择合适的方法来确定隶属函数。(4) 数据处理的数学方法。在安全性评定过程中,需要对大量的检测数据进行处理和分析。这些数据处理方法不仅包括简单的算术运算和统计分析,还包括更复杂的数学方法和算法。例如,对于裂缝检测数据,可以使用图像处理技术进行裂缝的自动识别、提取和测量;对于承载能力分析,可以使用有限元法、边界元法等数值方法进行结构应力和应变的计算;对于变形监测数据,可以使用时间序列分析、卡尔曼滤波等方法进行数据的滤波、平滑和预测。此外,还可以利用数据挖掘和机器学习算法来挖掘数据中的隐藏信息和规律。例如,可以使用聚类分析将相似的数据点分组,以便发现不同结构类型或不同损伤类型的共同特征;可以使用关联规则挖掘来发现不同指标之间的关联关系,以便更好地理解结构的安全性能;可以使用神经网络、支持向量机等机器学习模型来建立预测模型,对结构的安全性进行预测和评估。

结束语

既有建筑结构检测与安全性评定是确保建筑安全、指导维护决策的重要依据。本文综合探讨了检测的基本理论与技术方法,以及安全性评定的体系与模型,旨在为行业实践提供指导。随着技术的发展,检测手段将更加智能化、精细化,评定体系也将更加科学、全面。期待未来有更多创新技术应用于此领域,提升检测评定效率与准确性,为既有建筑的安全运营与持续发展保驾护航,共同构建更加安全、稳定的城市建筑环境。

参考文献

- [1]裴兴旺,李慧民,孟海,黄依莎.既有建筑结构安全性检测过程质量脆弱性评价[J].中国安全生产科学技术,2019,(06):43-44.
- [2]华根勇.浅析我国既有民用建筑结构检测及安全性评定[J].山东工业技术,2019,(12):145-146.
- [3]张东岭,包永刚.既有建筑物鉴定时对结构安全分析评定的探讨[J].建筑技术,2019,(05):49-50.