

建筑结构检测与安全评估技术研究

顾森源

河北天博建设科技有限公司, 河北 保定 071000

[摘要]建筑结构检测与安全评价是保证工程质量、延长结构寿命、防止事故发生的必备工程技术措施。面对我国城镇化从增量建设到存量更新的发展趋势下,对既有结构的安全问题也越来越重视。本文针对建筑结构检测及安全评价的基本原理,主要技术以及应用进行系统的阐述,在检测方面着重介绍结构材料性能检测、构件尺寸和缺陷检测、无损检测的应用、结构变形裂缝检测等方法;在安全评价中主要分析结构承载力评定、耐久性和稳定性评价、利用统计数据等进行评定等方式。研究发现,构建系统的检测技术体系、推广信息技术和智能技术的应用是提高检测评价质量的有效方式之一,本文可用于建筑结构检测评价工程领域应用和技术的研究借鉴。

[关键词]建筑结构; 结构检测; 安全评估; 无损检测; 耐久性评估

DOI: 10.64635/ja.2026.1101

中图分类号: TU312

文献标识码: A

Research on Building Structure Inspection and Safety Assessment Technologies

Gu Senyuan

Hebei Tianbo Construction Technology Co., Ltd., Baoding 071000, Hebei, China

Abstract: Building structure inspection and safety assessment are essential engineering measures for ensuring project quality, extending structural service life, and preventing accidents. With China's urbanization shifting from incremental construction to the renewal of existing building stock, increasing attention has been paid to the safety of existing structures. Focusing on the basic principles, major technologies, and applications of building structure inspection and safety assessment, this paper provides a systematic discussion of relevant methods. In terms of inspection, it mainly introduces methods such as testing of structural material properties, measurement of component dimensions and defect detection, application of nondestructive testing, and detection of structural deformation and cracks. In terms of safety assessment, it mainly analyzes approaches including evaluation of structural bearing capacity, assessment of durability and stability, and assessment based on statistical data. The study shows that establishing a systematic inspection technology framework and promoting the application of information technology and intelligent technologies are effective ways to improve the quality of inspection and assessment. This paper may serve as a reference for research and practice in the field of building structure inspection and assessment engineering.

Keywords: building structure; structural inspection; safety assessment; nondestructive testing; durability assessment

引言

建筑工程结构安全性关系到广大民众的生命财产安全,直接影响到国家的稳定发展和经济建设。伴随着中国的城镇化脚步加快,现有的建筑物数量不断增加,建筑物老龄化现象越来越严重,众多始建于上世纪七八十年代的建筑物已经处于设计使用年限后期,结构出现老化以及隐患增多的现象也越来越明显;另外,城市建设以及旧楼翻新、旧楼利用也需要做好结构的安全检查工作等。建筑材料结构检测及安全评价技术是对结构工作现状进行精确把握,正确判断结构安全性的基础,这一领域的发展有利

于保护人民群众的生命财产安全、延长建筑结构使用寿命。就技术发展过程而言,检验评价实现了由依靠经验和主观臆断到依靠数据分析和计算以及科学定量的过程;实现由对单一指标进行测量到整体性评价的过程;实现由人力为主到以人工智能为主的转变。

1 建筑结构检测与安全评估的理论基础

建筑结构安全的主要定义是在一定设计使用年限里可以经受得起预期的所有外力的作用,满足一定的整体稳定度、适应性及耐久度的要求。而结构安全是建筑的基本质量要求之一,关乎人身财产的安全问题。建筑结构检查

和安全性评价之间的关系非常紧密。检查是评价的前提与基础,在实测时得到结构的状态状况;评价是对检查的目的以及扩展,经过实测的数据来确定结构安全级别。它们互相联系互为补充形成了一个关于已有建筑结构状态理解的技术流程体系。检查是否精准决定着评价的结果是否可靠,而对结果正确的分析又反向促使检查的重点所在。建筑物结构监测评价技术的发展有明显的阶段特征,最初是根据经验和主观感觉进行判断,在上世纪中期开始涌现出大量的无损检查方法,而现在则逐渐向智能化、数字化方向发展着来,通过计算机视觉、机器学习等新技术的应用可以有效的提取出构件损伤特性并对其进行准确的风险度量,在一定程度上改变着对工程安全性评价的新方式。而建筑物的安全评价原则就是以可靠性理论为核心,在此基础之上结合结构抗力与荷载效应之间的关系来进行评价。其一般的技术过程包含以下几个方面:现场初查,编制详细的检测方案,开展现场检测工作,分析检测结果,

进行结构计算分析,确定安全等级,编写检测结论报告等步骤。

2 建筑结构检测的主要内容与技术方法

2.1 结构材料性能检测技术

结构材料性能检验是建筑结构检验的重点部分。混凝土抗压强度是决定现有混凝土结构检验效果的主要因素之一。混凝土材料性能检测主要包含抗压强度、碳化深度等项目。抗压强度检测方式分钻芯法、回弹法。钻芯法则比较准确但是会对结构造成一定的损害;回弹法则可以快速进行测量,但是会受到表面情况的影响。我国、欧洲规范都建议采取回弹法和钻芯法联合的方法,在更多的构件上获得检验结果,同时也能通过少数几个芯样的检验来提升准确程度。金属材料性能检验主要是对屈服强度指标的检测,检测手段为取样试验,也可以用硬度法来间接推测。砌体材料性能检验有砌块强度、砂浆强度等参数,主要检验方法见表1。

表1 主要结构材料性能检测方法对比

材料类型	检测指标	主要检测方法	适用范围	特点与局限性
混凝土	抗压强度	钻芯法	混凝土构件	结果可靠,但对结构有损伤
混凝土	抗压强度	回弹法	混凝土构件	检测速度快,但受表面状况影响
钢材	屈服强度	取样拉伸试验	钢构件	结果精确,但需取样
钢材	硬度	里氏硬度计法	钢构件	无损检测,操作便捷
砌体	砂浆强度	回弹法/贯入法	砌体灰缝	原位检测,精度受灰缝影响

2.2 结构构件尺寸与缺陷检测方法

结构构件尺寸检验是结构计算的基本任务,主要是对构件截面尺寸及保护层厚度等几何参数进行测量。常用的检测仪器有:钢卷尺、激光测距仪、钢筋保护层测定仪等;对于混凝土结构,钢筋布置状况是十分重要的检测内容,涉及到钢筋的位置、根数,大小,可以通过钢筋探测仪来寻找钢筋位置,钢筋根数,大小,可以通过直接量取或者校准的办法获取。结构损伤检测是对构件所出现的各种可见损伤进行检查。混凝土结构的常见缺陷有蜂窝、孔洞、裂缝、露筋等,主要利用直接观察与简易工具判断分析,严重时用超声波进一步探查;钢结构的缺陷主要有焊接缺陷、母材开裂、腐蚀破损等等。砌体结构,常见的问题是裂缝,砌块损坏、砂浆脱落等现象,在对砌体结构检测的时候要到现场仔细观察记录。

2.3 无损检测技术在结构检测中的应用

无损检测技术是在不对被测物造成破坏情况下,以通过材料内部缺陷所导致的热、声、光、电、磁的变化来判断检测对象内部状态的技术。无损检测技术的应用使结构在不损坏自身的基础上可以对结构进行检测成为现实。混

凝土结构无损检测的方法主要有两种:一种是超声波检测法用于检测内部缺陷及裂缝深度;另一种是冲击回波法检测内部空洞以及红外热成像法检测表层剥离、地质雷达法检测内部钢筋布置;此外还有钻孔取芯法、拔出法以及射线检测法等等。不同的检测方法有不同的优势,具体使用哪种检测方式应该结合检测需求来进行选择。钢结构无损检测主要是针对焊缝质量以及母材缺陷问题。超声波法是钢结构焊缝探伤的主要手段,可以有效地发现焊缝中存在的裂纹、未熔合、夹杂等问题;磁粉检测适用于铁磁性的材料表面以及近表面缺陷的检测;射线检测可以直接观察到焊缝内部存在的缺陷类型。砌体结构的非破坏性的检验比较难以做到在进行砌体拱桥以及一些特殊构筑物进行目视检查时,所看到的损坏情况需根据损坏的程度来进行分档,从而确定它所带来的结构安全问题的大小。

2.4 结构变形与裂缝检测技术

结构变形观测主要有建筑物的整体倾斜、构件挠度、基础沉降等参数测量,建筑物的整体倾斜一般使用经纬仪、全站仪进行测定;构件挠度可以使用水准测量和百分表进行测定;基础沉降需要设立永久观测点来进行定期性

观测。裂缝是最常见的损坏形式之一，裂缝检测包括裂缝的位置、走势、长度、宽度、深度等方面观察。裂缝的宽度一般使用裂缝比较卡或读数显微镜测量，裂缝的深度可以用超声波来探测。裂缝的观测要对受力裂缝与非受力裂缝做出区分，受力裂缝会直接影响到结构的安全状况，而非受力裂缝会对结构的耐久性造成一定的影响。变形和裂缝观测对于了解结构的状态变化有着很重要的意义。采用在重要的位置安装位移计、裂缝计等方式可以达到对桥梁结构变形及裂缝发展情况的动态观测的目的，从而可以给我们的安评价测、预报提供参考依据。

3 建筑结构安全评估关键技术

3.1 结构承载能力评估方法

结构承载能力校核是对安全性的评判基础，主要是为

表2 结构承载能力主要评估方法对比

评估方法	基本原理	适用构件	所需参数	优缺点
安全系数法	抗力与荷载比值与规范限值比较	各类构件	材料强度、截面尺寸	计算简便，规范依据明确
概率极限状态法	基于可靠度理论考虑参数变异性	各类构件	材料强度统计特征	科学严谨，但对数据要求高
损伤折减法	根据损伤程度对抗力折减后验算	损伤构件	损伤类型、程度	针对性强，但折减系数存在主观性

3.2 结构耐久性与稳定性评估技术

结构耐久性评定主要是对材料性能会随时间发生退变的现象的研究，研究结构在未来使用年限内发生的一些变化情况。混凝土结构耐久性评定主要是对钢筋锈蚀、混凝土碳化等现象做出判断。钢筋锈蚀被认为是引起混凝土结构耐久性损坏的主要原因，测量碳化深度、氯离子含量、钢筋锈蚀电位等可以用来评判和预测腐蚀的风险率。钢结构耐久性评定主要针对钢材腐蚀的情况，结合腐蚀程度以及使用的具体环境来判定腐蚀的速度。结构稳定性的评定是对构件在受力状态下是否能够维持其原有的平衡能力的问题。而对于整个建筑来说则需要计算出的是重力所造成的建筑翻倒力矩大小。对钢结构构件要计算轴心受压构件整体稳定及局部稳定问题；砌体结构中墙身高厚比计算为墙体稳定的基本要求，应该结合实际情况和支撑情况做核查工作。耐久性及稳定性的判断目的就是确定建筑能否在未来的设计使用年限之内达到安全的要求。评估结果明确给出结构剩余使用年限估算，说明引起结构耐久性、稳定性受损的原因。

3.3 基于数据分析的结构安全评估方法

伴随信息技术飞速发展，数据驱动的结构安全性评价方法逐渐得到重视。该类方法以监测检测试验数据为基础，借助统计学方法以及机器学习算法对其中隐含着的结构状态进行提取。而机器学习算法的应用也越来越广，可

了确定结构在受到荷载的时候有足够的抵抗能力，评判机制是对比结构抗力和荷载效应之间的大小，用安全系数衡量结构的安全余量。评判方式有定量化评判方式和概率化评判方式两种。定量化评判方式采用安全系数表示，比较抗力和荷载效应之间大小是否达到规范要求；概率化评判方式以可靠度理论为基础，用失效概率表示结构的安全性。既有结构评判时候须考虑材料的老化损伤等问题的影响，评判时候需要依据规范来进行结构验算，分析模型根据检测情况进行调整。混凝土构件要进行正截面和斜截面的承载力验算；钢结构要做强度和稳定性的验算；砌体结构要做受压承载力验算。试验检测表明所用材料强度不够或者有缺陷，在验算过程中应该使用实测值并且要乘以一个降级系数，主要比较手段见表2所示。

以用于混凝土强度预测、结构损伤判别、安全隐患评估等问题上。通过对以往检测数据的学习得到被检测对象的结构性能变量与检测指标之间的关系，从而克服了样本量不足的问题。智能化探测技术和结构健康检测相结合，在计算机视觉、机器学习等算法的支持下，可以精确地辨别出损伤特征并准确计算出风险值来对工程的安全状态进行测评，开辟出了全新的工程安全性评价道路。计算机视觉技术可以直接从结构表面图像里自动找到裂缝、破损、腐蚀这类损伤并且加以准确定位量度从而节省了大量的人力物力财力，同时也能保证检测结果相对客观公正。配合上无人机巡检系统就可以对一些高耸的建筑物或者大型复杂的空间结构等人工很难抵达的地方快速完成检测工作。以数据分析为基础的方法的价值就是把数据作为指导思想应用到工程安全监控中去，引导整个行业的进步由原来的凭经验判断式的转变为现在精确量化的模式。

4 建筑结构检测与安全评估技术的应用优化策略

4.1 建立系统化结构检测技术体系

构建科学系统的结构检测技术体系是对结构检测工作规范化、合理化进行的首要前提条件，该技术体系主要包括检测标准体系、检测方法体系、检测过程控制体系以及检测结果评估体系等四个方面构成。其中检测标准体系建设是最基本的要求，现阶段需要建立起分层次分类别的体检指标与标准体系，不同类别的不同等级、不同类型的

不同服务年限的建筑物应该有不同检验指标及评分标准值。重要及公共建筑要制定更高的指标值，一般性的建筑在不影响安全的基础上可适度简化^[1]。检测方法体系应当覆盖整个检测流程，从快速粗略排查到精确细致判定的完整流程，初步排查阶段采取简易方式进行结构总体状况抽查；精细检查阶段对重要位置运用准确的方法进行仔细检查，专测阶段对特殊方面采取特异的方式来判断。这样分层次分类别的检查方式既可以达到较高的检查水平又可以节约检查费用。检测过程管理包括制定检测计划书审批、检测设备定期保养及检测程序标准化等工作。检测结果评估有检测数据整理分析以及检测报告的形式等等。

4.2 推动信息化与智能化检测技术应用

信息化、智能化是建筑结构检测技术发展的必然趋势。推广新技术可以围绕着传感器技术、数据采集及传输、数据处理三个方面来进行。新式传感器技术的应用会大大增强数据采集的能力。光纤光栅传感技术具有良好的抗电磁干扰性能、较强的环境适应能力以及分布式的测量能力等特点，适合用于对结构内部的长期监测；而 MEMS 传感器体积小、价格便宜、可以做到大量的布置^[2]。无人机、机器人技术扩大了检测的空间范围，在配备了高清相机、红外热像仪等设备之后，无人机可以用来对建筑物外墙、屋顶等地方进行快速巡查，并拍摄到高分辨率的图像信息。爬壁机器人可用于进行对玻璃幕墙、油罐及其他类型垂直结构的无损检测。数字平台搭建可以做到对检测数据进行统一管理及深度分析运用。研发房屋结构健康查体评价办法、安全风险集成监控报警系统，打造可复制可借鉴的智慧化防控预警系统应用模式，为提高城市房屋建筑安全检查体检工作提供技术支持。

4.3 完善结构安全评估标准与管理机制

结构安全性评价准则的科学化是保证该工作的可靠性的基础，目前主要是针对评价准则缺乏一致性以及与新结构的标准难以对接等方面存在的问题，因此在编制时要

考虑到既有建筑的特点，不能与新建结构的设计标准完全一致。既有结构的实际性能取决于施工水平、使用情况以及维护状态等各种原因，所以其相应的评价标准也应当体现出这个特点来，在对有严重问题的结构进行评定的时候需要更为严格的标准^[3]。完善的管理机制方面包括评估单位的资质管理、评估人员从业资格注册及管理以及评估过程监控等等内容，要建设好对评估单位的技术能力评判体系，保障评估单位具有的技术水平能够满足评估工作的要求。建立评估人员执业资格管理制度，保障评估业务有专业人士来开展；扩大评估结果用于房屋买卖、保险等方面的使用范围，提升评估业务的市场需求拉动效应。

5 结语

本文围绕着建筑材料检测技术、检测技术手段、安全性评价关键技术以及应用优化方案四个方面展开对建筑结构检测及安全性评价的技术分析。首先，针对材料性能检测、缺陷检测等方面已经形成了相对成熟的办法。其次，承载力分析、耐久性能分析、基于数据分析的安全性评价方式是安全管理工作的主要内容。再次，应用优化方案应当注重构建系统化的检测技术框架，在检测过程中充分运用智能化检测手段，在安全评价方面加强相关指标的制定等。而今后的研究重点则可以放在检测评估标准化、智能化检测仪器的应用、基于大数据的安全评价等方面上。

[参考文献]

- [1] 许家荣. 建筑结构检测与加固施工技术要点分析[J]. 石材, 2026(03):49-51.
- [2] 刘亚洲. 既有建筑结构安全性检测与抗震鉴定方法研究[J]. 中国品牌与防伪, 2026(05):87-89.
- [3] 徐朋, 赵军, 丛一红. 现代建筑结构质量检测技术研究与应用分析[J]. 城市建设, 2025(29):56-58.

作者简介：顾森源（1995.10—），毕业院校：华北理工大学，所学专业：无机非金属材料工程，当前工作单位：河北天博建设科技有限公司，职称级别：助理工程师。