

# 浅析主体结构检测方法及其在工程实践中的应用

王英子<sup>1</sup> 孙大恒<sup>2</sup> 高文霞<sup>1</sup>

1. 中冶检测认证有限公司 北京 100088

2. 北京中联新航建材有限公司 北京 100110

**摘要:**在现代建筑行业中,主体结构的稳定性与安全性至关重要。因此,科学、准确的主体结构检测方法成为了保障工程质量和生命安全的关键环节。本文旨在深入浅析当前主体结构检测的各种方法,包括但不限于无损检测、基于传感器的监测以及基于大数据和人工智能的预测性维护,并探讨这些方法在实际工程中的应用与挑战,以期建筑行业的技术进步提供参考。

**关键词:**主体结构检测方法;工程实践;应用

## 1 引言

在现代社会,每一座矗立的建筑都是人类智慧与科技的结晶,而其中最为关键的环节便是主体结构的检测。主体结构,如同人体的骨骼,支撑着建筑的重量,维护着日常运营的安全。然而,任何结构在长时间的使用过程中,都可能因为自然老化、荷载作用、环境影响或施工质量等问题而产生损伤。因此,确保主体结构的健康状态,防止潜在的危险,成为了建筑工程管理中不可或缺的一环。随着科技的飞速发展,主体结构检测技术经历了从传统人工检查到现代无损检测技术的革新,其手段日益丰富,精确度显著提高。这种技术的革新,不仅仅在于检测手段的更新,更在于数据处理与分析能力的提升,以及对结构性能预测模型的应用,使得主体结构检测从经验主义走向了科学化、智能化。当今,主体结构检测已不单是确保建筑物安全的必要措施,也是推动建筑行业向可持续发展迈进的重要工具。

## 2 主体结构检测方法综述

主体结构检测技术的发展历程,从早期的依赖于经验的目测和敲击,逐步演进到如今的高科技无损检测方法,反映了科技进步对建筑行业的影响。这一转变不仅提高了检测的精度,更实现了对结构内部缺陷的深入洞察,为建筑的安全性提供了更为可靠的技术保障。

(1)传统的检测方法,如视觉检查和敲击法,直观且易于实施,但其局限性在于只能发现表面的缺陷,对于隐蔽的内部问题则束手无策。早期的无损检测技术,如射线检测和超声波检测,首次实现了对结构内部的“透视”能力。射线检测(RT)利用X射线或 $\gamma$ 射线穿透材料,通过接收后的影像识别内部的裂缝、夹杂或其他缺陷。超声波检测(UT)则利用高频声波在材料中的传播特性,通过接收声波反射,判断结构内部的完整性。

这些技术的普及,大大提升了主体结构检测的准确性,减少了因未知隐患引发的结构问题。

(2)进入21世纪,新的无损检测技术如雷达检测(EHT)和激光扫描技术应运而生。雷达检测利用电磁波在混凝土中的传播,通过分析回波的频域特征,可精确地识别内部结构缺陷。激光扫描技术则通过快速、高精度的三维扫描,对建筑表面进行精细的几何测量,能发现微小的变形或裂缝。这些非接触式的检测手段,减少了对结构的干扰,提高了检测的便捷性。

(3)现代的主体结构检测技术更进一步,引入了光纤光栅传感器(FBG)等智能监测系统。FBG传感器能嵌入结构内部,实时监测应力、应变和温度变化,为结构的健康监测提供了连续、精确的数据。通过集成传感器网络,建筑结构的健康状况可以被实时监控,预测性维护成为可能,从而避免了突发性损伤导致的重大损失。

(4)然而,尽管主体结构检测技术取得了显著进步,仍面临诸多挑战。如何进一步提升自动化程度,减少人工参与带来的误差,是当前研究的热点。例如,通过深度学习等人工智能技术,可以对检测数据进行更有效的分析,实现更快的缺陷识别和定位。同时,如何在复杂结构中准确识别并定位缺陷,以及如何将检测数据与结构性能预测模型结合,实现结构的智能诊断,是未来技术发展的关键。

(5)在实际应用中,主体结构检测已成为建筑物安全评估不可或缺的一部分。例如,在上海中心大厦的主体结构检测中,无损检测技术与基于传感器的监测系统相结合,确保了这座超高层建筑的安全运行。这种综合应用,不仅验证了现代检测技术的高效性,也为其他建筑项目提供了宝贵的实践参考。

主体结构检测方法的多元化和智能化趋势,为建筑

工程的安全管理提供了有力的工具。随着科技的不断进步,我们期待未来能有更多的创新技术应用于主体结构检测,以确保建筑行业的持续发展与安全。

### 3 主体结构检测的精确度与可靠性

主体结构检测的精确度与可靠性是衡量检测技术优劣的核心指标。它们不仅影响着检测结果的可信度,还直接关系到建筑物的安全评估和维护决策。为了确保检测的精度,现代检测技术依赖于先进的传感器、信号处理技术以及数据分析方法,同时,也对检测人员的专业技能提出了更高要求。

(1) 传统的目测和敲击法尽管直观,但其精确度受到人为因素较大影响。施工人员的经验和判断能力在很大程度上决定了检测结果的准确性。然而,随着无损检测技术的发展,如射线检测和超声波检测,精度显著提升。射线检测通过X射线或 $\gamma$ 射线穿透材料,形成的影像清晰地呈现了内部结构,能准确识别出裂缝、夹杂等缺陷。超声波检测利用声波的传播特性,通过分析反射声波的频率和幅度,能够更深入地探测结构内部,对缺陷的大小、位置和类型进行精细评估。

(2) 进入21世纪,非接触式检测技术如雷达检测和激光扫描技术进一步提升了精确度。雷达检测利用电磁波在混凝土中的传播特性,通过分析回波信号,不仅可以识别内部结构的完整性,还能对缺陷的深度和形状进行三维成像。激光扫描技术则通过快速、高精度的扫描,对建筑表面进行细微几何测量,即使是微小的变形或裂缝都无所遁形。

(3) 现代的光纤光栅传感器系统则开创了实时、动态监测的新纪元。嵌入结构内部的FBG传感器能够实时监测应力、应变和温度变化,数据的连续性和准确性为结构的健康监测提供了前所未有的支持。通过实时数据的收集和分析,不仅能及时发现异常,而且有助于预测结构的性能变化,为维护决策提供科学依据。

(4) 然而,尽管现代检测技术的精确度显著提升,但可靠性仍受到多种因素的影响。例如,检测设备的性能、校准状态和操作者的技能熟练程度,都可能影响最终的检测结果。此外,不同材料的特性,如混凝土的均匀性、钢筋的分布,以及环境条件,如温度、湿度等,都可能对检测的可重复性和一致性产生干扰。因此,为了提高检测的可靠性,需要定期对检测设备进行校准,同时,对检测人员进行持续的技能培训,以确保他们能够正确理解和应用新的检测技术。

(5) 为了改善检测的可靠性,研究人员正在探索新的方法,例如,通过融合多种检测技术,可以互相验证

结果,提高检测的可信度。例如,将超声波检测与光纤光栅传感器的数据结合起来,不仅可以从不同角度评估结构健康,还能够对潜在缺陷的动态变化进行更全面的追踪。

(6) 在实际工程应用中,检测的精确度与可靠性是相互关联的。只有高精度的检测结果,才能为结构的可靠性评估提供强有力的支持。因此,不断探索和优化检测技术,提高其精确度和可靠性,是确保建筑物长期安全的关键。

在未来,随着人工智能、大数据和云计算等技术的融合,主体结构检测将更趋向于智能化,有望实现缺陷的自动识别和定位,以及结构健康状况的预测性评估。这些技术的应用将进一步提升检测的精确度,同时也将增强检测结果的可靠性,为建筑安全管理提供更为强大的技术保障。

### 4 主体结构检测在工程实践中的应用案例

主体结构检测技术的革新与进步在工程实践中得到了广泛应用,确保了建筑物的安全性和耐久性。本节将通过几个具体的案例,深入剖析无损检测技术在桥梁、隧道、高层建筑等复杂结构中的实际应用,展示这些技术的效力和价值。

#### (1) 案例一:纽约布鲁克林桥

作为世界上最长的悬索桥之一,布鲁克林桥的主体结构检测是一项关键任务。在过去,这座历史悠久的桥梁经历了多次修复和加固,无损检测技术在其中发挥了重要作用。通过对桥塔、缆索和桥面进行超声波检测,工程师们能够深入检查金属结构的内部,识别出裂缝、腐蚀或疲劳损伤。同时,光纤光栅传感器被安装在关键部位,连续监测应力和应变变化,及时预警潜在的结构问题。这种结合多种检测技术的策略,确保了布鲁克林桥在历经沧桑后仍能安全运营,为全球范围内的桥梁维护提供了范例。

#### (2) 案例二:上海中心大厦

上海中心大厦,这座632米高的摩天大楼,对主体结构的检测要求极高。在施工阶段,无损检测技术就广泛应用于混凝土质量控制和钢结构焊接检查。超声波检测确保了混凝土内部无空洞和裂缝,而射线检测则确保了钢梁的焊接质量。在大厦落成后,光纤光栅传感器网络被嵌入结构内部,实时监测温度、应力和应变,为大厦的健康监测提供了实时数据。这种智能监测系统的应用,使得上海中心大厦不仅成为世界一流的地标建筑,也成为了现代主体结构检测技术的实践标杆。

#### (3) 案例三:伦敦泰晤士河隧道

在地下工程中，主体结构检测同样至关重要。在伦敦泰晤士河隧道的建设过程中，无损检测技术如雷达检测发挥了关键作用。通过非接触式的雷达扫描，工程师能够穿透混凝土壁，检测隧道内部结构的完整性，及时发现潜在的渗漏或结构缺陷。这避免了修复工作可能带来的工程延误和成本增加，确保了隧道的安全运行，为其他地下工程的主体结构检测提供了有益的借鉴。

#### (4) 案例四：香港昂船洲大桥

昂船洲大桥是一座斜拉桥，其独特的结构挑战了传统的检测方法。超声波检测和光纤光栅传感器被结合使用，对钢索的完整性进行检查，并监测其在风荷载下的动态变化。同时，雷达检测则用于隧道部分的混凝土质量控制。这些无损检测技术的综合应用，确保了昂船洲大桥在复杂环境下的结构安全，验证了科技在解决工程难题中的关键作用。

这些案例表明，主体结构检测技术在工程实践中已不可或缺，它们提供了宝贵的数据，帮助工程师评估结构健康，预测潜在问题，并制定相应的维护策略。随着科技的持续进步，未来的主体结构检测将更加智能化，更加依赖数据分析和预测模型，以确保建筑物的安全性和可持续性。通过不断学习和借鉴这些成功的案例，工程界可以不断提升主体结构检测的精度和效率，为人类创造更加安全、长寿的建筑环境。

### 5 未来发展趋势与挑战

随着科技的飞速发展，主体结构检测技术正朝着更智能化、自动化、精细化的方向迈进。未来，这些技术将深度融合人工智能、大数据和云计算，带来前所未有的精度和效率提升。例如，深度学习算法将应用于检测数据的快速分析，自动识别和定位结构中的潜在缺陷，减少人为因素的干扰，提高检测的可靠性。同时，通过大数据处理，可以整合历史检测数据，建立结构性能的预测模型，实现结构的智能诊断和预防性维护。

(1) 云计算技术的引入将使得检测数据的处理和分析更加便捷，无论身处何处，工程师都可以实时获取并分析检测结果，大大提升了响应速度。此外，基于物联网(IoT)的智能传感器网络将进一步强化结构的健康监测，通过实时数据的收集和传输，能够及时发现并处理结构问题，确保建筑物长期安全。

(2) 然而，尽管前景光明，主体结构检测技术也面临着一些挑战。首先，复杂结构的检测和缺陷定位仍然是一个难题。对于具有多层、异形或非线性特性的结

构，如何准确、快速地识别并定位内部缺陷，仍需要更先进的算法和更精确的传感器技术。其次，如何将检测结果与工程实践紧密结合，转化为有效的维修策略，需要更多跨学科交叉研究。此外，随着检测技术的复杂性提高，对技术人员的培训和技能提升也提出了更高的要求，如何在培训体系中融入最新的检测技术，是行业面临的重要任务。

(3) 在环保和可持续发展的大背景下，未来的检测技术需要更加绿色、低干扰，减少对结构和环境的影响。例如，开发更节能、无损的检测设备，以及利用自然条件进行检测，如利用环境振动进行健康监测，将是未来的一个重要研究方向。

面对未来，主体结构检测技术需要在理论研究、技术创新和实践中取得平衡，以应对日益复杂的建筑结构和环境要求。通过持续的技术革新，我们可以期待一个更加安全、智能的建筑环境，其中主体结构检测技术将发挥至关重要的作用，确保每一座建筑都能承载人类的梦想，屹立不倒。

#### 结束语

主体结构检测方法的不断革新与工程实践的深度融合，不仅提升了检测效率，也保障了建筑结构的安全。然而，面对复杂多变的工程环境和日益增长的精度需求，我们仍需持续探索更先进的检测技术和应用策略。未来，结合大数据、云计算和人工智能的智能检测系统有望成为主体结构检测的新趋势，为建筑行业的可持续发展注入更多科技力量。

#### 参考文献

- [1]李士响.房屋建筑主体结构检测技术分析[J].低碳世界,2024,14(03):103-105.
- [2]范美红.建筑主体结构检测的常用方法分析[J].安徽建筑,2024,31(02):171-172.
- [3]张钟钦.建筑工程质量检测中的主体结构检测要点及其思路探究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(05):126-128.
- [4]倪波.主体结构检测在建筑工程质量监督控制中的应用[J].石材,2024,(01):116-118.
- [5]张鹏.房建工程主体结构检测技术研究[J].房地产世界,2023,(23):142-144.
- [6]钟梓或.建筑工程主体结构检测内容与方法分析[J].江苏建材,2023,(05):45-46.