

孔内摄像在建筑工程检测中的应用分析

刘发平

(宜春市赣西检测有限公司, 江西 宜春 336000)

摘 要 随着建筑工程质量要求的不断提高, 传统检测手段已无法满足全面、精确的检测需求。孔内摄像技术作为一种无损检测手段, 能够直观地展示建筑结构内部缺陷, 被广泛应用于桩基、地下管道、隧道、钢结构、混凝土等工程检测中。本文分析了孔内摄像技术在建筑工程检测中的应用价值, 探讨了该技术在不同检测场景中的应用。研究表明, 孔内摄像技术与其他检测手段相结合, 能够显著提高检测效率和准确性, 旨在为建筑工程质量控制提供有力保障。

关键词 孔内摄像; 建筑工程检测; 无损检测

中图分类号: TU712

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.012

0 引言

建筑工程质量安全关系到人民生命财产安全, 而建筑结构内部质量问题常规检测手段难以全面发现, 孔内摄像技术作为一种直观、高效的检测手段, 通过微型摄像设备深入结构内部, 实时传输图像信息, 使隐藏在建筑结构内部的缺陷问题得以暴露。近年来, 随着光电技术和图像处理技术的发展, 孔内摄像设备不断升级, 检测精度持续提高, 在桩基、隧道、管道等多种建筑工程检测中发挥着不可替代的作用。

1 孔内摄像技术在建筑工程检测中的应用价值

1.1 提高检测直观性与精确度

孔内摄像技术为建筑工程检测带来了革命性的变化, 最显著的价值在于其直观性与精确度。传统检测方法如超声波、声波透射等虽能发现问题, 但往往依赖波形数据间接判断, 结论模糊且易受主观因素影响。而孔内摄像通过高清图像直接展现结构内部真实状况, 让检测人员能够清晰观察到混凝土缺陷、钢筋锈蚀、裂缝走向等细节问题, 这种“所见即所得”的检测方式大大降低了误判率, 提高了检测结论的可信度。而且, 这种精确定位与定性能力, 为后续维修加固提供了准确依据, 避免了工作人员盲目处理带来的资源浪费, 同时确保了处理方案的针对性与有效性^[1]。

1.2 拓展检测领域与适用范围

孔内摄像技术极大地拓展了建筑工程检测的领域与范围, 尤其在复杂结构内部, 这项技术提供了“透视”能力。例如, 对于地下管道系统, 孔内摄像能深入细小管道内部, 全面检查管壁腐蚀、接口错位等问题;

在高层建筑预应力结构中, 可通过预留孔道观察钢绞线锈蚀状况; 对于历史建筑, 能够在最小干预的前提下, 了解内部构造与损伤情况。这种检测方式突破了空间限制, 使以往需要大规模开挖或拆除才能检查的部位, 通过微小检测孔即可完成评估。此外, 孔内摄像还适用于水下结构、高温区域等特殊环境, 通过专用防护设备, 能在恶劣条件下获取清晰图像。

1.3 降低检测成本与提升效率

传统工程检测通常需要多种检测手段配合使用, 过程繁琐且成本高昂。在隧道衬砌检测中, 传统方法可能需要钻取多个芯样进行室内试验, 不仅破坏性大, 还需长时间等待试验结果。而孔内摄像只需钻取少量小直径检测孔, 即可获取大量直观信息, 且结果即时可得。这种高效的检测方式大幅缩短了检测周期, 减少了人力投入, 同时也最小化了对结构的破坏。另外, 在运营中的建筑物定期检测中, 这一优势尤为明显, 孔内摄像可在不影响正常使用的情况下完成检测, 避免了停工停产带来的巨大经济损失。随着设备小型化和智能化发展, 检测效率还在持续提升, 部分先进系统已实现自动推进和缺陷识别, 进一步降低了人工成本, 使得大规模、常态化的结构健康监测成为可能。

1.4 促进工程质量管理与标准提升

孔内摄像技术为质量控制提供了更直观、更详实的依据, 推动了检测标准与规范的完善。以往质量评定多依赖间接指标和经验判断, 而孔内摄像提供的直观图像证据, 使质量评估更加客观公正。在工程验收环节, 监理方和业主方能够通过孔内摄像资料清晰地了解结构内部状况, 有效避免质量纠纷。同时, 积累

的大量检测图像也为行业建立更科学的质量标准提供了基础数据。各类型缺陷的图像特征被系统归纳,逐渐形成标准化的缺陷识别指南,使检测结论更加统一可靠。

2 孔内摄像在建筑工程检测中的应用

2.1 桩基工程完整性检测应用

孔内摄像技术在桩基工程检测中扮演着至关重要的角色,主要用于评估桩体完整性和施工质量。检测过程中,工作人员会将摄像设备沿预留检测孔或钻芯孔缓慢下放,实时观察桩身内部情况,通过高清摄像头捕捉的图像,可清晰辨识桩体中的断桩、缩径、夹泥、疏松等常见缺陷,这些缺陷往往是由混凝土灌注不连续、护筒起拔过早或泥浆性能不佳等因素导致。与传统声波透射法相比,孔内摄像能直观呈现缺陷的具体形态与范围,不再仅限于波形异常的间接判断。在实际应用中,工作人员会特别关注桩身关键深度位置,如土层变化处、地下水位线附近等易发生质量问题的区域。通过对图像的分析,工作人员可以精确判断缺陷的性质、位置和严重程度,为后续加固处理提供精准依据。此外,现代孔内摄像设备还具备测深、定向功能,能准确定位缺陷位置,并通过专业软件将检测影像与桩身深度关联,形成直观的桩身质量纵剖面图,极大地提高了桩基质量评估的准确性和科学性^[2]。

2.2 地下管道病害检测与评估

地下管道系统作为城市重要基础设施,其运行状况直接关系到城市正常运转,孔内摄像技术在管道检测中的应用,为管网维护提供了高效可靠的技术手段。检测时,工作人员通过人孔或检查井将摄像设备导入管道内部,沿管道轴线推进,全面记录管道内壁状况,并通过清晰的图像资料,能够直观识别各类管道病害,如管壁裂缝、接口错位、管道变形、内壁腐蚀以及沉积物堵塞等问题。尤其对于那些难以人工直接进入的小直径管道,孔内摄像提供了唯一的内部检视手段,而且先进的检测设备还配备了可旋转的摄像头,能够对管壁进行360度全方位扫描,确保不遗漏任何角落的病害。同时,配备测距仪和角度传感器的摄像系统能够精确定位病害位置,为后续维修提供准确的空间信息。在检测过程中,工作人员可通过控制系统调节摄像头的焦距和光源强度,确保在不同管径和光线条件下获取清晰图像。检测完成后,工作人员会根据收集的影像资料对管道状况进行全面评估,制定有针对性的维护或更新方案,有效延长管网使用寿命,预防突发事故。

2.3 隧道工程衬砌质量检测

隧道工程作为复杂的地下线性结构,其衬砌质量直接影响工程安全,孔内摄像技术通过预留检测孔或钻孔,深入衬砌结构内部进行检测,成为评估隧道质量的重要手段。在检测过程中,摄像设备被插入检测孔内,沿孔壁缓慢移动,实时采集衬砌内部图像,通过高清影像可以清晰观察到衬砌混凝土的密实度、均匀性以及内部缺陷情况。在防水层检测方面,摄像技术能够观察防水层的连续性和完整性,及时发现可能的渗水隐患。当下,随着技术发展,配备测距功能的摄像系统能够准确测量衬砌厚度,验证施工是否符合设计要求。对于运营中的隧道,定期的孔内摄像检测有助于监测衬砌结构的长期性能变化,为预防性维护提供科学依据,确保隧道结构的长期安全^[3]。

2.4 钢结构焊缝质量无损检测

在钢结构工程中,焊缝质量直接关系到整体结构安全,孔内摄像技术作为一种直观的无损检测手段,在焊缝内部质量评估中发挥着独特作用。检测时,工作人员先在焊缝附近适当位置钻取小直径检测孔,随后将微型摄像头插入孔内,对焊缝内部进行全方位观察。利用高清晰度图像,可以直接发现焊缝内部存在的气孔、夹渣、未熔合、裂纹等缺陷,这些问题往往难以通过表面检查发现。相比传统超声波和射线检测,孔内摄像能够提供直观的视觉证据,便于质量评定和缺陷分析。并且,在复杂的节点连接处,如钢管柱与梁的连接节点,孔内摄像尤为重要,可以检查内部焊缝的渗透情况和融合质量,现代检测设备还配备了可调焦距和旋转功能的摄像头,能够从不同角度观察焊缝内部,确保检测的全面性。同时,附带测量功能的系统可以精确测定缺陷尺寸,为焊缝质量等级评定提供定量依据。这种检测方法虽然会在结构上留下小孔,但通过后期处理可以最小化其影响。

2.5 混凝土结构内部缺陷探查

混凝土作为建筑工程最常用的材料,其内部质量问题往往隐蔽难查,而孔内摄像技术为混凝土结构内部检测提供了有效手段,能够直观呈现混凝土内部状况。检测时,工作人员先在待检区域钻取小直径检测孔,随后将摄像设备插入孔内,采集结构内部影像,检测人员能够清晰观察混凝土内部的密实度、均匀性以及各类缺陷。常见的检测对象包括混凝土结构中的蜂窝、麻面、孔洞、裂缝以及钢筋锈蚀情况。对于大体积混凝土如水坝、桥墩等重要结构,孔内摄像能够发现内部温度应力引起的裂缝,为结构安全提供预警。同时,

在老旧建筑检测中,这项技术能够评估混凝土碳化深度、氯离子侵蚀等老化问题,为修复加固提供依据。此外,现代孔内摄像设备还有测距功能,能够精确测量裂缝宽度和深度,为结构损伤评估提供定量参数,为后续使用或维护提供可靠依据。这种无损检测方法在保证检测全面性的同时,对结构本身影响最小^[4]。

3 孔内摄像技术的创新应用与发展

3.1 与其他无损检测技术的联合应用

孔内摄像技术虽能直观呈现结构内部状况,但单一技术难以全面评估工程质量。近年来,工程界开始探索将孔内摄像与其他无损检测方法有机结合,形成优势互补的综合检测体系。例如,在桩基检测领域,将孔内摄像与声波透射检测相结合,可实现定性定量分析的完美统一。摄像技术能够直观识别断桩、夹泥等缺陷位置,而声波检测则能够对缺陷程度进行量化评估,二者结合使检测结果更加科学可靠。另外,在地下管道检测中,孔内摄像与红外热成像技术的联合应用正成为新趋势,热成像可探测管道渗漏点周围的温度异常,而孔内摄像则能清晰呈现渗漏原因,如接口错位、裂缝等细节问题。这种联合应用不仅提高了检测的准确性,还大大缩短了检测时间。在隧道衬砌检测中,将孔内摄像与地质雷达结合,能够实现表层缺陷与深层病害的全面排查,为隧道安全评估提供全方位数据支持。这种多技术融合的检测方法,打破了单一技术的局限性,为工程质量评估提供了更全面、更可靠的依据,成为当前工程检测的重要发展方向^[5]。

3.2 人工智能辅助缺陷识别系统

在传统孔内摄像检测过程中,缺陷识别主要依靠检测人员经验判断,存在主观性强、效率低下等问题。人工智能技术的引入正在改变这一现状,与传统人工判读相比,AI 系统还能克服人为疲劳因素,保持稳定的判别精度。同时,基于深度学习的缺陷自动识别系统通过大量工程实例训练,能够快速准确地识别出各类结构缺陷。在工程建设中,AI 系统可以实时分析孔内摄像图像,自动标记出裂缝、脱空、夹泥等异常区域,并给出缺陷类型和严重程度评估。并且,随着技术进步,一些先进系统已实现了缺陷演变趋势预测功能,通过对比历次检测数据,分析缺陷发展规律,为预防性维护提供科学依据。但是,AI 系统并非替代专业检测人员,而是作为有力辅助工具,最终判断仍需要专业人员确认。当前,这类系统正朝着更精准、更智能的方向发展,未来有望建立起包含各类工程结构缺陷特征的大型数据库,进一步提升识别准确性和适用范围^[6]。

3.3 高精度、小型化检测设备的研发方向

孔内摄像技术的应用范围与效果很大程度上取决于检测设备性能。近年来,检测设备的高精度化与小型化已成为研发重点,传统摄像头受体积限制,难以进入小直径孔洞,图像分辨率也较低,这严重制约了检测应用范围。而随着微电子技术发展,新一代孔内摄像设备正朝着“更小、更清、更智能”方向演进,直径仅 8 mm 的微型摄像头已成功应用于小口径预应力管道检测,解决了以往无法检测的技术难题。另外,在图像清晰度方面,4 K 超高清摄像技术的应用使工作人员能够观察到毫米级的细微缺陷,大幅提高了检测精度。还有防水防尘技术的提升也使设备在恶劣环境中保持稳定工作成为可能,显著拓展了应用场景。此外,在智能化方面,集成陀螺仪、深度传感器的新型设备能够精确定位缺陷位置,自动生成三维缺陷分布图,为工程评估提供直观参考。另外,柔性机器人技术的引入,使检测设备能够适应各种复杂管道转弯和狭窄空间,大大提高了检测的可达性和全面性^[7]。

4 结束语

随着建筑工程日益复杂化、规模化,对检测技术的精确性和全面性提出了更高要求。孔内摄像技术凭借其直观、高效的特点,已成为建筑工程无损检测不可或缺的手段。未来,随着人工智能、大数据等技术的深度融合,孔内摄像技术将向着智能化、自动化方向发展,检测效率和精度将进一步提高,在建筑工程质量安全控制中的价值将得到更充分的发挥,为建筑工程健康发展提供更可靠的技术保障。

参考文献:

- [1] 王国才. 反射波法及孔内摄像法在桩身完整性检测中的应用实践与处理[J]. 广东建材, 2024, 40(11): 67-69.
- [2] 王小威. 孔内摄像技术在钻芯检测中的应用[J]. 广东建材, 2024, 40(11): 70-73.
- [3] 冼丁浩. 孔内摄像法在灌注桩钻芯法检测中的应用分析[J]. 工程技术研究, 2024, 09(20): 42-44, 168.
- [4] 翟芳情. 钻芯法与孔内摄像法在基桩检测中的综合运用[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2023(34): 133-135.
- [5] 孙苗, 李书波, 周宇. 低应变联合孔内摄像判定管桩完整性类别[J]. 城市勘测, 2023(05): 197-201.
- [6] 罗剑. 孔内摄像法质量检测技术与应用[J]. 广东建材, 2022, 38(06): 30-32, 35.
- [7] 黄荣荣, 胡鑫印. 低应变法与孔内摄像法联合检测管桩接桩处缺陷的应用[J]. 建筑安全, 2021, 36(11): 33-35.