

混凝土结构内部缺陷与材料性能退化的智能识别与定量检测方法

位丽 132301197810035025

摘要：混凝土结构内部缺陷与材料性能退化的智能识别与定量检测，对保障结构安全至关重要。通过先进智能技术，可高效识别缺陷、精准检测性能退化程度。介绍了基于图像识别、传感器监测等智能识别方法，以及超声检测、回弹法等定量检测手段。阐述其在提高检测精度、节省人力物力方面的优势，为混凝土结构的长期稳定运行提供技术支撑。

关键词：混凝土结构；内部缺陷；材料性能退化；智能识别；定量检测

引言：混凝土结构在各类工程中广泛应用，随着使用年限增长，内部缺陷和材料性能退化问题逐渐凸显。传统检测方法存在效率低、精度不足等局限。智能识别与定量检测方法的出现，为解决这些问题提供了新途径。研究该方法对于准确评估混凝土结构健康状况、及时采取维护措施、保障工程安全具有重要意义。

1 智能识别方法

1.1 图像识别技术

图像识别技术是混凝土结构表观及浅层缺陷智能化识别的基础技术，依托可视化成像手段完成结构表面病害的采集与研判。该技术依托光学成像设备捕捉混凝土结构表面纹理、裂缝及破损痕迹，结合图像预处理手段消除外界光照、粉尘带来的成像干扰，优化图像清晰度与完整度。技术应用过程中依托特征提取方式筛选结构缺陷关键信息，精准区分裂缝、剥落、蜂窝麻面等不同病害类型，判别缺陷分布形态。相较于人工目视排查，图像识别技术规避人为判断的主观误差，具备自动化采集、直观性强、筛查范围广的应用优势，能够高效完成混凝土表层缺陷的初步甄别工作。

1.2 传感器监测技术

传感器监测技术适用于混凝土结构内部隐蔽性缺陷以及材料性能退化的持续性监测，是智能化检测体系的重要组成部分。该技术将各类功能传感器布设于混凝土结构内部及表面，实时感知结构温度应力、形变程度、湿度变化等物理参数，捕捉材料内部密实度变化、钢筋锈蚀等隐性病害产生的信号波动。传感器具

备长期连续监测的工作特性，可全天候采集结构运行状态数据，依托信号传输系统完成数据实时传导。工作人员结合传感信号变化规律研判结构损伤演化趋势，提前预判材料老化、内部空洞等隐患，为混凝土结构健康状态动态监测提供可靠技术支持。

1.3 机器学习算法应用

机器学习算法为混凝土缺陷智能识别提供数据处理与智能研判核心支撑，实现检测数据的深度挖掘与精准分析。算法依托海量混凝土结构病害样本完成模型训练，自主学习不同缺陷类型、材料退化状态对应的特征规律，构建适配混凝土检测的智能判别模型。在检测工作中，算法自动整合图像数据、传感监测数据，完成噪声数据过滤、特征分类以及病害等级划分，弱化人工数据处理工作量。机器学习能够突破传统检测的经验局限，不断优化判别精度，实现混凝土缺陷类型归类、损伤程度预判以及材料退化趋势推演，提升智能化检测的专业水准。

2 定量检测手段

2.1 超声检测原理

超声检测依托声波传播物理原理实现混凝土内部缺陷的无损定量检测，是工程领域应用成熟的内部探测技术。检测过程中向混凝土结构内部发射高频超声波，声波在结构均质材料中保持稳定传播速度，当声波遭遇内部空洞、裂缝、疏松等缺陷时，会发生反射、折射与波形衰减现象。检测设备捕捉声波传播时长、波形振幅及传播路径的变化特征，结合声波传播规律推算缺陷埋藏深度、空间范围以及内部破损程度。该检测方式不会破坏结构体原有形态，能够精准探测混凝土深层隐蔽缺陷，适配各类实体建筑构件检测，为内部病害量化分析提供直观可靠的检测依据。

2.2 回弹法检测要点

回弹法主要用于定量检测混凝土表层材料强度及表层性能退化程度，具备操作简便、现场适配性强的应用特点。该技术依据弹性冲击原理，利用回弹仪器对混凝土平整表面施加均匀冲击力，结合构件表面回弹数值判定混凝土表层硬化强度。检测作业中需要把控检测点位排布规范，规避构件边角、气孔及破损区域，保证检测接触面平整干燥，减少外界环境对回弹数据的干扰。工作人员整合多点

回弹数据进行综合研判，修正环境及材料差异带来的检测偏差，精准判定混凝土表层强度衰减情况，以此分析材料风化、碳化引发的性能退化问题。

2.3 雷达检测优势

地质雷达检测技术依托高频电磁波探测原理，实现混凝土结构内部多层次缺陷的无损定量探测。电磁波穿透混凝土表层后，会在不同介质交界面产生反射信号，设备接收反射信号并生成可视化剖面图像，直观呈现内部钢筋排布、空洞位置、分层脱空等结构状态。该检测手段具备探测范围广、成像直观、检测速度快的优势，无需接触构件即可完成大面积扫描探测，适用于大面积混凝土板式构件检测。相较于常规检测方式，雷达检测能够规避检测盲区，精准量化内部病害尺寸，同时不会对建筑结构造成损伤，适配复杂户外工程的检测作业环境。

3 方法应用与发展

3.1 在实际工程中的应用案例

各类智能识别与定量检测方法广泛应用于建筑工程、交通基建及市政构筑物的混凝土质量检测工作。民用建筑工程中，技术人员结合图像识别与回弹法，排查建筑梁板表层裂缝、强度衰减等病害，研判建筑服役安全状态。道路交通工程依托雷达检测与传感器监测，探查桥梁墩台、路面混凝土内部空洞及钢筋锈蚀问题，保障交通基础设施运行稳定。市政工程针对老旧混凝土构筑物，整合超声检测与机器学习算法，为构筑物修缮加固提供数据参考。各类工程案例验证智能化检测方法适配不同施工环境，能够满足新旧混凝土结构的检测研判需求。

3.2 与传统方法的对比分析

智能化检测方法相较于传统人工钻探、破损取样等检测方式具备多维度应用优势，同时存在部分应用短板。传统检测方式依赖人工经验判断，检测流程繁琐且容易产生主观误差，破损检测还会破坏建筑结构完整性，检测成本偏高且作业效率低下。智能检测手段以无损探测为核心，依托设备与算法自动采集分析数据，检测精度更高、作业速度更快，能够实现结构长期动态监测。

3.3 未来发展趋势与挑战

混凝土缺陷智能检测技术将朝着一体化、智能化、集成化的方向持续发展，未来会深度融合物联网、大数据及智能传感技术，搭建混凝土结构全生命周期监测体系，实现检测、分析、预警一体化作业。算法模型将持续优化升级，适配更

为复杂的工程工况，提升极端环境下缺陷识别精准度。当前行业发展仍存在诸多挑战，智能检测设备通用性不足，不同工况适配难度较大，检测数据暂无统一评判标准，同时高端检测设备运维成本偏高，专业技术人才储备不足。行业需完善技术规范、优化设备性能，推动低成本、高精度一体化智能检测技术的普及应用。

结束语：智能识别与定量检测方法为混凝土结构内部缺陷与材料性能退化的检测带来了革新。通过不断优化和完善这些方法，能更准确地掌握混凝土结构的实际状况。未来需进一步探索新技术、新算法，以适应不同工程需求，推动混凝土结构检测技术向更高水平发展，保障各类工程的安全与稳定。

参考文献

[1]李亚洲. 基于无损检测技术的混凝土结构材料内部缺陷识别与质量评估[J]. 产品可靠性报告, 2025, (12):70-71.

[2]葛维. 混凝土结构内部缺陷超声信号的智能识别[D]. 中国矿业大学, 2024.

[3]胡兆文, 混凝土结构模板及支撑自动化建模与智能安全计算技术创新. 山东省, 山东高速德建集团有限公司, 2022-03-10.