

建筑工程施工质量缺陷成因分析与智能检测方法研究

陈腾飞 410211199405067033

摘要：建筑工程施工质量直接关系到项目使用寿命与使用安全，当前工程建设规模持续扩张，施工工艺复杂度不断提升，质量缺陷引发的工程安全问题频发，对缺陷成因进行精准识别并创新检测方法成为行业亟待解决的问题。本文梳理了建筑工程常见施工质量缺陷类型，从人员、材料、工艺、环境四个维度分析缺陷产生的核心成因，进而对当前智能检测技术的应用路径与应用效果进行分析，研究表明，依托机器学习、机器视觉等技术的智能检测方法能够大幅提升缺陷检测的效率与精度，为工程质量管控提供技术支撑。关键词：建筑工程；施工质量缺陷；成因分析；智能检测

一、引言

近年来我国建筑行业进入高质量发展阶段，建筑项目的体量与结构复杂度不断提升，社会各界对建筑工程施工质量的要求也持续提高。施工质量缺陷不仅会影响建筑的外观与使用功能，严重时还会引发结构安全事故，给人民生命财产安全造成威胁。传统的质量缺陷检测多依赖人工现场排查，存在检测效率低、主观性强、隐蔽缺陷难以发现等问题，已经无法满足当前大规模工程的质量管控需求。在此背景下，明确施工质量缺陷的核心成因，探索智能检测技术的应用路径，对提升建筑工程质量管控水平具有重要的现实意义。

二、建筑工程常见施工质量缺陷类型

建筑工程施工环节多、参与主体复杂，不同分部工程产生的质量缺陷存在明显差异，常见缺陷可以归纳为四类：第一，结构类缺陷，主要包括混凝土裂缝、墙体空鼓、钢筋移位、梁柱节点强度不达标等，这类缺陷直接影响建筑结构稳定性，是安全风险的主要来源；第二，装饰装修类缺陷，主要包括墙面开裂、瓷砖脱落、地面起砂、门窗密封不严等，这类缺陷会影响建筑使用体验与美观度，后期维修成本较高；第三，防水防渗类缺陷，主要包括屋面漏水、卫生间渗水、外墙渗漏等，是业主入住后投诉率最高的缺陷类型，会对建筑内部装修与结构造成侵蚀；第四，安装工程类缺陷，主要包括管线错位、设备安装偏差、管线堵塞等，会影响水电、暖通等系统的正常运行。

三、建筑工程施工质量缺陷成因分析

施工质量缺陷的产生并非单一因素作用的结果，而是从准备阶段到施工完成全流程多因素共同作用的产物，核心成因可以归纳为四个方面：

第一，人员因素。一方面，部分现场施工人员专业素质偏低，对新型施工工艺的操作规范不熟悉，存在违规操作的问题，比如混凝土浇筑过程中振捣顺序不合理、振捣深度不足，极易引发混凝土蜂窝、麻面甚至裂缝缺陷；另一方面，质量管理人员的管控力度不足，部分项目为了赶工期压缩质量检查环节，对隐蔽工程的验收流于形式，无法及时发现施工过程中的质量问题，导致小缺陷演变为大的质量隐患。此外，部分管理人员质量管控意识薄弱，对进场材料的抽检不严格，也为质量缺陷埋下隐患。

第二，材料因素。建筑材料是工程施工的基础，材料质量不达标是引发质量缺陷的直接原因。部分施工企业为了降低项目成本，选择价格更低的不合格材料，比如使用强度不达标的水泥、锈蚀超标的钢筋，都会直接降低结构构件的承载能力，引发结构裂缝、强度不足等缺陷。此外，材料进场后的存储管理不当也会引发质量问题，比如水泥存储过程中受潮变质，砂石骨料含泥量超标，防水材料进场后长时间暴晒老化，都会导致材料性能下降，施工后引发各类质量缺陷。

第三，工艺与管理因素。施工工艺选择不合理、流程不规范是缺陷产生的重要诱因，部分项目照搬既有施工方案，没有结合项目的地质条件与结构特点进行优化，比如大体积混凝土施工过程中没有制定针对性的温控方案，导致混凝土内外温差过大，产生温度裂缝。此外，施工工序衔接管控不到位，上一道工序的质量问题没有整改就进入下一道工序，比如墙体基层处理不平整就进行饰面施工，极易引发墙面空鼓、开裂缺陷。部分分包项目存在管理责任不清的问题，各分包单位之间衔接不畅，也会引发交叉施工环节的质量缺陷。

第四，环境因素。施工环境对施工质量的影响不容忽视，一方面，自然环境的变化会干扰施工过程，比如高温天气下混凝土水分蒸发过快，极易产生干缩裂缝；低温环境下混凝土水化反应速度减慢，强度增长不达标；雨季施工时混凝土骨料含水率超标没有及时调整配合比，会导致混凝土强度不符合设计要求。另一方面，作业环境不达标也会影响施工质量，比如狭窄空间内混凝土振捣作业无法正常开展，会留下振捣不密实的缺陷。

四、建筑工程质量缺陷智能检测方法及应用

针对传统人工检测存在的弊端，近年来行业内逐步推广基于智能技术的质量缺陷检测方法，主流应用路径包括以下三类：

第一，基于机器视觉的表面缺陷检测。该方法通过高清摄像头、无人机等设备获取建筑结构表面的图像，依托训练完成的卷积神经网络模型对图像进行识别，能够自动定位裂缝、空鼓、蜂窝等表面缺陷，还可以精准测量缺陷的长度、宽度等参数。相较于人工检测，该方法的检测速度提升数倍以上，对细小缺陷的识别精度远高于人工，尤其适用于高层建筑外墙、大跨度屋面等人工难以到达区域的缺陷检测。实际应用中，部分项目通过无人机对全屋面进行图像采集，系统自动识别出屋面裂缝与渗水痕迹，检测效率比人工排查提升了 80% 以上，漏检率从 15% 降低到 3% 以下。

第二，结合物联网与传感器的隐蔽缺陷检测。对于混凝土内部空洞、钢筋保护层厚度不足、管线错位等隐蔽缺陷，智能检测主要依托各类传感器与物联网技术实现，比如通过超声波传感器、红外热成像传感器采集结构内部的信号，依托机器学习模型对信号进行分析，能够精准识别内部缺陷的位置与规模。其中红外热成像技术可以通过识别结构表面的温度差异，精准定位墙体内部的空鼓与屋面渗水区域，无需破坏结构就能完成检测，大幅降低了检测对建筑成品的影响。在钢筋结构检测中，利用磁感传感器可以快速检测钢筋的位置与保护层厚度，检测精度可以控制在 2mm 以内，远高于传统方法。

第三，基于 BIM 的缺陷全流程溯源管控。将智能检测数据与 BIM 模型结合，能够实现缺陷位置的可视化定位，还可以对缺陷产生的原因进行溯源分析。施工过程中，将每次智能检测得到的缺陷数据关联到 BIM 模型对应的构件上，管理人员可以直观查看缺陷的分布与发展情况，还可以结合施工过程的人员、材料、工艺信息，分析同类缺陷产生的规律，为后续施工优化提供依据。

五、结论

建筑工程施工质量缺陷是人员、材料、工艺、环境多因素共同作用的结果，要降低缺陷发生率，首先要从源头管控各环节的影响因素，健全质量管控体系。智能检测技术凭借高精度、高效率的优势，能够有效弥补传统人工检测的不足，实现表面缺陷与隐蔽缺陷的精准识别，为质量缺陷的及时整改提供依据。未来随着智能技术的进一步发展，智能检测方法将在建筑工程质量管控中得到更广泛的应用，推动建筑工程质量管理向智能化、精准化方向发展。

参考文献

- [1] 张建平, 李丁, 林佳瑞. 建筑施工质量智能检测技术研究进展[J]. 土木工程学报, 2020, 53(06): 1-11.

- [2] 王卫东, 刘金龙. 建筑工程混凝土施工质量缺陷成因及防控措施[J]. 建筑技术, 2018, 49(03): 265-268.
- [3] 张宏, 罗岚. 基于机器视觉的建筑结构表面缺陷检测研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.