

# 房建工程主体结构检测技术的应用分析

文 / 余炜炜 定南县鸿发建筑材料检测有限公司

**摘要：**房建工程主体结构的检测技术对于保障建筑物的安全性和耐久性具有重要意义。本文系统探讨了混凝土结构、钢结构和砌体结构的常见检测技术，重点分析了各类技术的原理、方法和应用效果。在此基础上，提出了主体结构检测技术的综合应用策略，包括优化检测技术选择、用于工程质量评估和指导加固修复等。合理应用主体结构检测技术，对于保障房建工程的安全耐久具有重要价值。

**关键词：**房建工程；主体结构；检测技术；混凝土结构；钢结构

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.012

## 引言

房屋建筑工程的安全性和耐久性受到主体结构质量的直接影响。为准确评估主体结构安全状况，必须采用科学有效的检测技术。本文将系统梳理混凝土结构、钢结构和砌体结构的检测技术，分析其原理、方法和应用，并探索综合应用策略，以期为房建工程质量控制提供参考。

### 一、混凝土结构检测技术的应用

#### （一）混凝土强度检测技术

混凝土强度是衡量混凝土结构质量的关键指标，直接关系到结构的安全性和耐久性。为准确评估混凝土强度，可采用回弹法、超声波法和钻芯法等无损或微损检测技术。回弹法利用回弹仪测量混凝土表面硬度，通过回弹值推算强度，操作简便，但易受混凝土表面状况影响。超声波法通过测量超声波在混凝土中的传播速度，评估混凝土的密实度和均匀性，进而推断强度，适用于大体积混凝土的检测。钻芯法是一种微损检测方法，通过从结构中钻取芯样，经室内抗压试验直接测定强度，具有较高的准确性和可靠性。这三种方法各有优缺点，在实际应用中可根据工程需要和检测条件进行选择 and 综合利用，以全面准确地评价混凝土强度。混凝土强度检测结果不仅可指导工程验收，还可为结构安全性评估和使用年限预测提供重要依据。

#### （二）混凝土裂缝检测技术

混凝土裂缝是最常见的混凝土结构质量缺陷之一，会降低结构的耐久性、承载力和整体性<sup>[1]</sup>。为及时发现和评估混凝土裂缝，可采用目视检测法、超声波检测法和射线检测法等技术手段。目视检测法是最直观的方法，通过观察和测量可获取裂缝的数量、宽度、长度、深度等参数，但对隐蔽部位的裂缝难以发现。超声波检测法利用超声波在裂缝处反射、绕射等特性，通过分析超声波信号的时域和频域特征，可判断裂缝的位置、宽度和深度。射线检测法如X射线和γ射线，可透视混凝土内部，清晰成像裂缝的分布和走向，但射线的辐射性对现场操作人员有一定危害。在实际检测中，常根据裂缝特点和检测需求，综合运用多种检测方法，并辅以钢筋位

置检测等手段，以准确表征混凝土裂缝的数量、分布和严重程度，为裂缝成因分析、安全性评估和修复措施制定提供可靠依据。

#### （三）混凝土碳化检测技术

混凝土碳化是指混凝土中的氢氧化钙与空气中的二氧化碳发生化学反应，导致混凝土pH值下降，钢筋保护层失效的过程。为评估混凝土碳化程度，常用的检测技术包括酚酞溶液喷洒法、氯离子含量测定法和电化学检测法。酚酞溶液喷洒法操作简单，通过观察混凝土断面酚酞变色情况，可快速判定碳化深度，但易受混凝土含水率等因素干扰。氯离子含量测定法利用混凝土碳化过程中氯离子含量变化规律，通过测定不同深度混凝土粉末的氯离子含量，计算碳化深度，但采样和化学分析过程较为复杂。电化学检测法如半电池电位法，通过测量钢筋腐蚀电位随混凝土深度的变化，确定碳化锋位置，进而确定碳化深度，精度高，但对钢筋的连续性要求较高。混凝土碳化检测结果，可用于评价混凝土耐久性，预测钢筋开始锈蚀的时间，以及制定相应的防护与修复措施。

#### （四）混凝土结构综合检测方案设计与实施

针对混凝土结构的综合检测，需要根据工程的特点、重要性和检测目的，合理设计检测方案，选择适宜的检测技术和评估方法。方案设计需全面考虑混凝土强度、裂缝、碳化、钢筋锈蚀等各类型缺陷，针对性地选用无损检测、微损检测和局部破损检测等技术手段，并合理确定检测位置、数量和频率。现场检测实施要严格遵循操作规范，做好检测部位的布置与标识、仪器设备的校验与调试、数据的采集与记录等工作，确保检测过程的规范性和数据的可靠性。检测结果的分析评估，应综合运用统计学方法和结构可靠度理论，对各项检测指标进行汇总分析，给出混凝土结构的健康状况和安全性等级，并提出后续检修加固的建议。混凝土结构综合检测方案的科学设计与规范实施，是获取结构体检“健康报告”的重要保证，对既有建筑的安全使用和寿命预测具有重大意义（图1）。

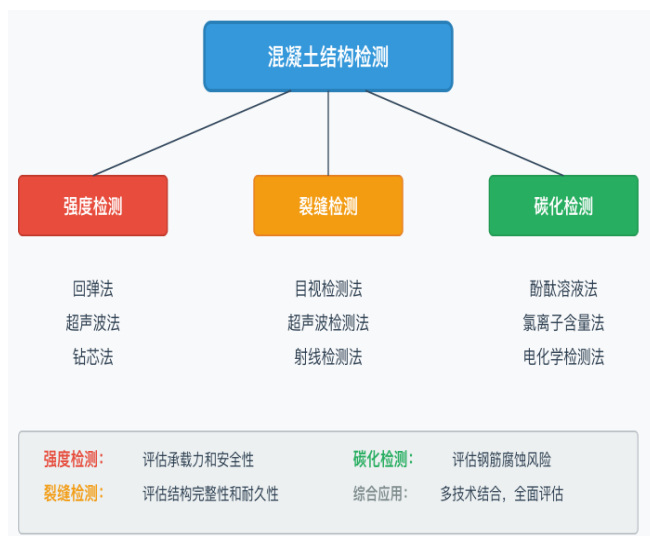


图1 混凝土结构检测技术分类图

## 二、钢结构检测技术的应用

### (一) 焊接质量检测技术

焊接是钢结构制作和安装过程中最关键的连接方式，焊接质量的优劣直接决定钢结构的安全性和耐久性。为保障焊接质量，常用的无损检测技术包括射线检测法、超声波检测法和磁粉检测法。射线检测法利用X射线或γ射线对焊缝进行透视和成像，可清晰显示焊缝内部的缺陷，如裂纹、夹渣、未焊透等，但辐射危害较大，需特殊防护。超声波检测法通过分析超声波在焊缝中的传播特性，可有效检测焊缝表面和近表面的缺陷，灵敏度高，但对焊缝表面要求较高。磁粉检测法利用磁场与缺陷的相互作用，通过磁粉在缺陷处的聚集显示缺陷，简便快速，但仅限于表面缺陷检测<sup>[2]</sup>。在实际检测中，应根据焊缝的受力特点、缺陷类型和检测条件，选择合适的检测方法，并综合运用，以准确评价焊接质量，确保钢结构的可靠性和安全性。

### (二) 钢材腐蚀检测技术

钢材腐蚀是影响钢结构耐久性和安全性的主要因素之一。为有效监测钢材腐蚀状况，常用的检测技术包括目视检测法、超声波测厚法和涡流检测法。目视检测法通过观察钢材表面的锈蚀程度、锈斑形态和锈层厚度，定性判断腐蚀等级，但容易漏检局部腐蚀。超声波测厚法利用超声波在钢材中的传播时间与钢材厚度的关系，测量钢材的剩余厚度，定量评估钢材的腐蚀损耗，但对钢材表面要求较高。涡流检测法基于电磁感应原理，通过分析涡流信号的变化，确定钢材表面和近表面的腐蚀缺陷，灵敏度高，但仅限于导磁性材料。在实际检测中，常结合钢结构所处环境、腐蚀特点和检测需求，综合选用各类检测技术，定性定量评价钢材的腐蚀状况，及时发现和预警严重腐蚀问题，为钢结构的维护和加固提供决策依据。

### (三) 钢结构综合检测方案设计与实施

钢结构综合检测是一项系统工程，需要根据钢结构

的类型、重要性和使用条件，科学设计检测方案，合理选用检测技术和评估方法。方案设计应全面考虑焊接质量、铆接质量、钢材腐蚀等各类缺陷的检测需求，针对性地选择射线检测、超声波检测、目视检测等技术手段，合理确定检测部位、数量和频次。现场检测实施要严格遵循相关标准和规范，做好检测区域的划分与标识、仪器设备的校准与调试、数据的采集与记录等工作，确保检测全过程的规范性和可追溯性。检测数据的分析评估应采用统计学方法和可靠性理论，综合判定钢结构的完损程度、承载能力和剩余寿命，并提出维护加固措施。钢结构综合检测方案的科学设计与严格实施，是确保钢结构“体检”质量的关键，对保障钢结构的安全性、适用性和耐久性，具有重要意义<sup>[3]</sup>。

## 三、砌体结构检测技术的应用

### (一) 砌筑砂浆强度检测技术

砌筑砂浆是砌体结构的重要组成部分，其强度直接影响砌体的整体性和承载力。为准确评估砌筑砂浆强度，常采用现场取样检测法、回弹法和插入式砂浆强度仪检测法等技术手段。现场取样检测法是通过从砌筑部位钻取砂浆芯样，在实验室进行抗压强度测试，测试结果准确可靠，但取样部位需修复。回弹法利用回弹仪测量砂浆表面硬度，通过回弹值推算强度，操作简便快速，但易受砂浆表面状况影响，准确度相对较低。插入式砂浆强度仪检测法是利用特制的插入式测针，直接测量砂浆的抗拔力，进而推算抗压强度，测试精度较高，但仪器造价较高。在实际检测中，应结合砌体的材料类型、受力特点和检测条件，合理选用检测方法，必要时采用多种方法复核验证，以准确掌握砌筑砂浆的强度特性，为砌体结构的安全性评估提供可靠依据。

### (二) 砌体裂缝检测技术

为有效检测砌体裂缝，常用的技术手段包括目视检测法、应力波检测法和红外热成像检测法。目视检测法是通过肉眼观察和测量，直接获取裂缝的数量、宽度、长度和分布特征，但对微小裂缝和内部裂缝难以发现。应力波检测法利用应力波在裂缝处的反射和绕射现象，通过分析应力波信号的时域和频域特征，判断裂缝的位置、宽度和深度，适用于内部裂缝检测。红外热成像检测法是基于裂缝处热传导异常的原理，利用红外热像仪扫描墙体表面，根据热像图的异常区判断裂缝的位置和走向，直观高效，但对裂缝深度难以定量判断。在实际检测中，常综合运用多种检测技术，并结合砌体的受力状况、材料特性等因素，全面评估裂缝的数量、分布和严重程度，揭示裂缝的成因机理，为裂缝的处治和修复提供科学依据。

### (三) 砌体构件损坏检测技术

砌体构件如砖柱、墙体等，是传递和分散荷载的关键部位，其完整性直接关系到砌体结构的安全性。为全面评估砌体构件的损坏状况，常采用钢筋位置及保护层厚度检测、平整度检测和垂直度检测等技术手段。钢筋

位置及保护层厚度检测采用钢筋扫描仪等仪器，利用电磁感应原理，无损测量钢筋的位置、间距和保护层厚度，评估钢筋锈蚀风险。平整度检测使用2m靠尺或专用平整度尺，测量墙体表面的凹凸不平度，评价墙体的外观质量和耐久性能<sup>[4]</sup>。垂直度检测采用经纬仪、激光铅垂仪等，测量墙体的垂直偏差，判断是否存在倾斜、歪闪等损坏。综合运用这些检测手段，可全面掌握砌体构件的损坏部位、数量和程度，结合砌体的使用年限、环境条件等因素，客观评价砌体构件的健康状态和安全性能，为加固和维护决策提供量化依据。

#### 四、主体结构检测技术的综合应用

##### (一) 不同结构类型检测技术的选择与优化组合

房屋建筑主体结构涵盖混凝土结构、钢结构和砌体结构等多种类型，不同结构类型在材料特性、受力机理和病害特征等方面存在显著差异。为实现主体结构的精准检测和评估，需要根据结构类型的特点，科学选择和优化组合各类检测技术。对于混凝土结构，可重点选用回弹法、超声波法、钻芯法等无损或微损检测技术，全面评估混凝土强度和完整性；对于钢结构，可综合运用射线检测、磁粉检测、涡流检测等无损检测技术，重点关注焊接质量和钢材缺陷；对于砌体结构，可优选现场取样、应力波检测、红外热成像等检测手段，突出评估砂浆强度和裂缝分布。在实际应用中，要通过对不同技术的优势互补和集成优化，构建多手段、全方位的综合检测方案，既要重点突出关键指标，又要全面兼顾完整性评价，最终实现对不同结构类型的精细化检测与准确诊断。

##### (二) 检测结果在房建工程质量评估中的应用

房建工程主体结构检测结果是工程质量评估的重要依据。通过综合分析混凝土结构、钢结构、砌体结构等不同构件的检测数据，可以从材料、部件、整体三个层次，全面评判房建工程主体结构的施工质量和安全性能。在材料层次，可评价混凝土强度、钢材性能、砂浆配合比等指标的合格率，判断原材料质量和工艺控制水平；在部件层次，可评估混凝土构件完整性、钢结构焊接质量、砌体砌筑密实度等指标，考察关键部位的受力性能和耐久性；在整体层次，可分析主体结构的变形、沉降、裂缝等指标，诊断结构的整体工作状态和安全裕度。评估过程中，要基于检测结果开展定量分级和安全等级划分，建立结构性能与使用功能的关联模型，客观评价房建工程的质量特性和适用性<sup>[5]</sup>。通过检测大数据挖掘和统计推断，可揭示工程质量的共性规律和演变趋势，为工程质量的动态监管和预测预警提供数据支撑。

##### (三) 基于检测结果的房建工程主体结构加固与修复

房建工程主体结构检测结果不仅用于质量评估，也是指导结构加固与修复的关键依据。基于检测数据分析，可厘清结构病害的类型、数量、分布和成因，据此制定针对性的加固与修复方案，采用适用的加固材料和修复

工艺，实施差异化和精准化的维护干预。对于混凝土结构，可采用表面修复、裂缝灌浆、粘贴碳纤维、置换混凝土等多种加固修复技术；对于钢结构，可采用更换构件、螺栓补强、焊缝重熔、涂装防腐等多元化的维护措施；对于砌体结构，可采用压浆加固、锚栓加固、增设拉结筋等多样化的修缮手段。加固修复设计中，要充分吸收检测结果反映的病害规律和力学机理，优化加固位置、修复范围和施工工艺，注重新老材料的匹配性和协调性。通过开展跟踪检测与长期监测，动态评估加固修复效果，并为后续的检修决策优化提供数据反馈，最终实现房建工程主体结构的安全长寿命和高质量使用（图2）。

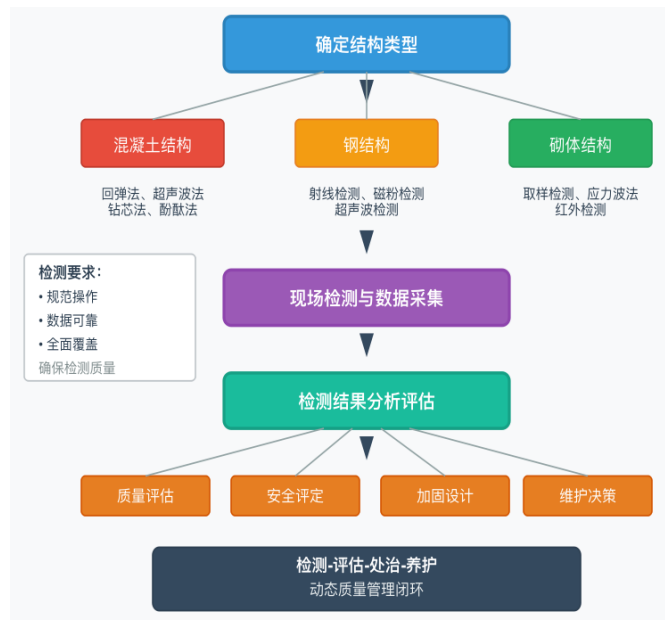


图2 主体结构检测技术应用流程

#### 结语

房建工程主体结构检测是一项综合性很强的系统工程，涉及多种结构类型和检测指标。只有科学选用检测技术，优化组合检测手段，规范实施检测过程，客观分析检测结果，才能准确评价主体结构安全性能。要将检测结果用于指导工程质量评估、安全等级划分、加固修复设计，并建立“检测-评估-处治-养护”的动态质量管理闭环，持续提升房建工程质量控制水平，为建设高质量房屋建筑做出贡献。

#### 参考文献

- [1] 郭浩. 房建工程主体结构检测技术的常见方法与应用[J]. 建材发展导向, 2025, (07): 1-3.
- [2] 黎裕青, 黎汉杰, 秦荣康, 等. 房建工程主体结构检测技术的应用[J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S2): 504-506.
- [3] 林健群, 朱文超. 房建工程主体结构检测技术及运用分析[J]. 砖瓦, 2021, (11): 116-117.
- [4] 张建琦. 房建工程主体结构检测技术的应用探析[J]. 江西建材, 2021, (04): 39-40.
- [5] 张颖. 房建工程主体结构检测技术及运用分析[J]. 安徽建筑, 2020, 27(02): 199-200.