

# 既有建筑混凝土抗压强度检测技术研究

文 / 冯明宽 德安县建设工程质量检测有限公司

**摘要：**近年来，随着市场变化，既有建筑的鉴定、加固与升级改造需求呈逐年上涨态势。在评定结构承载能力时，检测混凝土抗压强度是关键环节。因此，其检测结果的准确性至关重要。本文基于混凝土抗压强度基本理论与既有建筑混凝土抗压强度的时间退化关系，探究了几种目前常用的抗压强度检测技术，并对新兴技术做了研究，提出了多种方法综合运用的重要意义，旨在为既有建筑混凝土抗压强度检测提供有力支持。

**关键词：**既有建筑；混凝土抗压强度；检测技术；研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.024

## 引言

目前，我国建筑行业正从“增量发展”全面转向“存量运营”的新时代。随着时间的推移，大量早期建设的建筑已步入设计使用年限的中老年阶段。受历史因素、施工水平局限、材料性能退化和环境变化等因素影响，既有建筑出现了不同程度的混凝土强度衰退问题。为持续发挥既有建筑的力学性能，对其结构进行常态化可靠性鉴定已成为必然趋势。当前，有以回弹法、超声法为主的无损检测方法，也有以钻芯法、后装拔出法为主的微损/局部破损检测技术。随着科技发展，数字图像、声波检测等新兴检测技术也应运而生，为建筑混凝土抗压强度检测持续蓄能。检测技术虽然丰富，但不同检测方法之间仍存在明显的优缺点。通过对混凝土抗压强度检测技术进行深入探究，本文提出了融合多种检测方法的检验策略，以提升评估结果的精度与可靠性，从而助力该领域的持续发展与创新。

### 一、既有建筑混凝土抗压强度的时间退化关系

混凝土强度在标准养护 28 天后，会在水化作用下进行持续而缓慢地增长。但在数十年、上百年的使用过程中，受外部因素持续影响，既有建筑混凝土强度会发生缓慢且复杂的退化现象，这一结论也是经大量实践与文献研究证明的。如图 1 所示，通过对不同强度等级混凝土进行长达 50 年抗压强度观测发现，其强度时变规律存在明显共性。具体表现为：强度在 28 天龄期内快速增长并基本成型，此后至 1 年龄期维持小幅上升。在服役约 5 年后，强度开始出现缓慢衰减现象。长期来看，在经历数十年退化后，各强度等级混凝土的抗压强度均呈现下降速率减缓并逐渐趋于固定收敛趋势。在实际演变中，由于水泥的长期次水化效应、环境变化以及长期荷载作用，强度路径的变化与经典经验预测公式之间存在明显差异，导致公式对长期强度的预测存在不确定性。因此，若对既有建筑混凝土的实际强度判断有误，将直

接导致基于此判断所制定的结构加固方案出现偏差。强度评估过高，加固不足，埋下安全风险；评估过低，则会造成对建筑过度加固，进而造成不必要的成本浪费。而合理应用抗压强度检测技术，能为既有建筑的混凝土性能评估提供更为可靠的数据基础，制定可靠加固设计，从而优化建筑改造项目的综合效益。

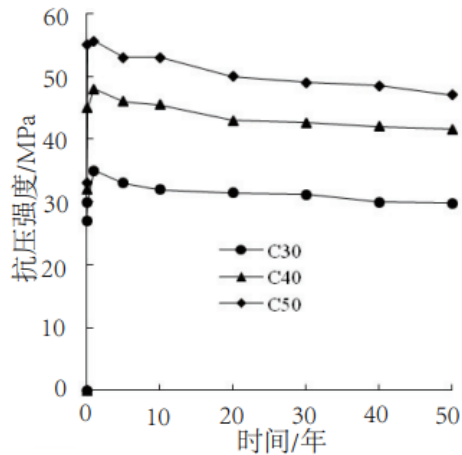


图 1 不同强度等级混凝土抗压强度随着时间的变化关系

## 二、混凝土抗压强度传统检测技术

### (一) 回弹法

回弹法作为现场无损检测方法之一，具有应用广泛、检测便捷、效能经济的显著优势。基于混凝土表面硬度与强度的内在恒定规律，可通过计算回弹值来推定抗压强度数值。通常情况下，混凝土拥有越高的强度，其表面硬度指数也就越大，在重锤冲击下变形力度也会越小，相对应的能量损耗也越少，弹回的数值也会更高。测试时，先准备 200x200mm 大小的测试区域并均匀划分 16 个测点，测点布置要避开钢筋、预埋件和气孔等部位，以防测试结果失真。然后，回弹仪的轴线严格垂直于构件测试面，然后匀速施压进行弹击测试。最终回弹值确认需剔除 3 个最大值和 3 个最小值，然后计算剩余 10 个回弹值的平均值作为该测区的最终结果。回弹法操作轻便、

测试快速且对建筑结构无额外损伤，但其推定的精度却存在多方局限性。该方法仅作用于20~30cm厚的混凝土，若测区发生混凝土碳化现象，表面硬度会明显加大，最终导致强度推定结果严重失真，进而无法发现深层次的内部问题。此外，测试角度、水泥品种、骨料种类等都会对弹回值的精确度产生影响。如回弹仪如果不是在水平方向弹射，重锤的自重会参与到弹射过程之中，进而影响回弹值的真实性。此外，该方法有明显的强度区间限制，只适用于测试中等强度的混凝土如10-60MPa之间，若是超出此强度范围，应用效果则会大打折扣。因此，回弹法对于高精度的强度推定存在一定局限性。

### （二）超声波法

超声波检测是另外一种无损检测技术，基于弹性波传播理论，通过测定混凝土内超声波的传播速率来综合评估混凝土强度系数。波速与混凝土的弹性性质、密实度之间存在正比例关系，当混凝土结构的强度越高时，一般情况下其弹性模量也越大，相对的抗变形能力也就越强，声波穿过混凝土结构的时间也就越短；同时越密实的混凝土，孔隙、裂缝等瑕疵就越少，声波传播路径上可以畅通无阻，进而声波速度也就越快。在检测过程中，通过放置在混凝土表面的发射探头激发出高频弹性应力波，声波经内部混凝土材料传播后，再由接收探头捕获数据。仪器通过对声时、波幅衰减、频率变化等关键参数进行分析，可以得出声波速度，进而间接推定出混凝土的强度指标。该方法在操作方面具有无损性、便捷性以及检测效率高的明显优势，在工程中受到了广泛应用。但在另一方面，其对混凝土内部裂缝、孔隙、材料非匀质性以及含水率变化高度灵敏也为强度检测结果的精确性带来了一定局限性。例如，当结构含水率较高时，声波传播速度会明显提升，但若未综合判断盲目推定出高强度值，可能会使结果的准确性大大降低。因此，在面对复杂的现场检测环境，如配筋密集、应力复杂或环境温度、湿度多变时，其检测结果的准确性需进一步验证与校准。

### （三）钻芯法

在既有建筑混凝土抗压强度检测技术中，钻芯法是公认最为直接、可靠的方法之一。通过专业金刚石钻设备，在需检测的混凝土构件上钻芯取样，然后经过抗压试验可以直接推定混凝土强度值。其测试结果不仅真实可靠，还可以用作衡量与评定其他非破损或半破损方法检测精度的权威标尺。并且芯样包含众多混凝土内部状况，如均匀性、密实度、骨料分布、裂缝缺陷等重要信息，从而使钻芯法不再单纯具有检测混凝土强度的唯一作用，

更能从本质上剖析其结构的现有状态、安全性能及剩余寿命。相较于回弹法、超声法等，钻芯法受外部表层影响较小，从而能得出更为接近混凝土真实体强度的、可靠性极高的检测结论。但是，该方法也存在明显缺点，检测时需在结构上留下孔洞，且芯样仅代表小样本，要想全面代表建筑的强度状况，需多次多量钻取芯样确保检测准确性，导致既有建筑整体性遭到破坏，对于重要结构或在钢筋密集区域应谨慎选择，并注意检测完毕后按规定立即修补。另一方面，钻芯法使用的设备较为笨重，操作流程复杂、灵活性差，工作效率低，且检测成本高，很难在工程实践中大规模普及和应用。

## 三、新兴检测技术在混凝土抗压强度中的应用

### （一）数字图像处理技术

相较于钻芯法、回弹法等传统检测技术，数字图像处理技术通过获取测区构件表面的数字图像，不仅能捕捉微小裂缝，还能根据混凝土表面的整体纹理和结构特性，综合评估其是否完整、密实，并进一步推定结构的抗压强度，是一种间接、非接触、无损的先进检测技术。检测时，需采用高清数码相机或扫描仪，在特定的采集标准下如确定拍摄距离、角度、光线等，进行拍照取样。同时还要对原始图像进行预处理作业，增强对比度、提升图像质量，以为后续提取信息奠定基础。通过分析图像的纹理特征、颜色直方图特征和形状特征等，结合深度学习算法，可以推定测区的强度值。这种完全无损且非接触的特点，对既有建筑，尤其对历史保护建筑、古迹或是运行中的精密设备厂房、医院等的保护性评估具有不可替代的价值。图像采集瞬间即可完成，经自动化数据分析，能实现大面积、广空间的大范围普查。同时针对构件表面的裂缝分布、材料剥落以及风化程度等典型病害，可以精准量化诊断，为既有建筑的损伤诊断、安全评估与精准维修，提供颠覆性的数据支撑和客观决策依据。此外，该技术发展至今也存在一些挑战与局限。检测精度高的前提是具备广泛且准确的模型数据，建立全面的样本库是一项重大挑战。且该方法与回弹法相同，只能作用于表面混凝土信息，当建筑出现不同程度的污染、涂层、潮湿等情况时，会影响抗压强度检测的可靠性。

### （二）电磁波检测技术

电磁波检测技术作为另外一种新兴无损检测手段，在评估既有建筑混凝土抗压强度方面表现出了巨大的应用潜力。检测时，利用特定电磁波如微波、雷达波对混凝土构件进行扫描，电磁波传播时会因结构的骨料分布、孔隙、含水率等差异产生反射、散射和衰减。然后接收

并分析反射波的振幅、相位和传播时间等特性，即能推断出混凝土的内部结构状况，从而间接推定其抗压强度。该方法具有非接触、高效率的特点，对于检测大面积墙面、楼板或较难检测的区域具有显著优势。并且与数字图像处理技术相比，电磁波可以穿透深层次材料，进而能精准分析表层以下的混凝土特性。电磁波检测技术能提供直观影像，将构件内部缺陷的形态、尺寸等信息“可视化”呈现，从而实现了从“凭经验推断”到“有图可依”的革命性进步。但在特殊环境下，如含水率、氯离子含量等因素会影响介电特性，进而影响强度推定的可靠性；结构中复杂密集的钢筋网也会对电磁波产生强烈的屏蔽和干扰，增加数据分析难度。因此，实际检测中其精准度仍需进一步验证。

#### 四、多种检测方法的结合与应用

建筑是现代社会的必不可少的重要组成部分，混凝土作为构成其主体的核心基材，抗压强度直接关系到结构整体的安全与耐久。为确保既有建筑的这一关键性能，综合运用多种方法，才能有效提高检测精度与可靠性。如将无损普查与微损校验相结合，可以实现大面积准确评估。首先采用回弹法对大批量既有建筑进行快速普检，根据回弹数值估算出大致的强度异常区域，然后使用钻芯技术可将可疑区域的强度问题精准定位。在经过抗压试验得出测区的真实强度之后，可对回弹法的测量结果进行校正，从而提升整个检测方案的精准性。回弹法具备经济快速的显著优势，而钻芯法又可以避免回弹值受碳化等影响带来的误差，提高其检测结果的权威性，是最高效、最可靠的技术决策。随着时代进步，将传统技术与现代科技系统有机融合，也能改变单一技术的局限性。如数字图像处理可以实现快速扫描与可视化定位；而钻芯法历经实践检验，可以提供高度的可靠性检测结果。二者互补共生，达成效率与精度之间最优平衡。检测时使用无人机装备高分辨率相机，完成大型建筑的快速扫描，宏观初步生成裂缝、剥落等病害分布图。然后采用智能算法识别强度问题最严重区域，检测人员再借助钻芯法针对特定病害区域进行可靠检测，验证建筑实际病害与强度的准确性。这种组合检测优势在于可以改变以往检测的盲目、随机与不确定性，实现基于客观数据的精准预估。

#### 五、发展趋势与展望

随着社会对既有建筑的检测标准不断提高，以及新技术、新材料的应用，未来混凝土抗压强度检测技术将会朝着更加智能、更加精准以及更加数字化方向迈进。首先，未来检测设备将会向高度集成化的方向进展，搭

载多模态传感器阵列，可以完成对力学、声学、电磁波及视觉信息的同步采集与融合分析。同时，联合无线通信技术，检测数据能同步上传至云端平台，可为后续实时分析与协同处理奠定基础。其次，完成对回弹值、波速、材料信息，以及长期环境数据如温度、湿度、碳化深度等数据系统整合，从而构建一个广泛的“检测—性能”大数据库。利用机器学习算法对支持向量机、神经网络等进行训练，从而建立一个高度非线性的、多因素耦合的强度映射模型。其强大的自适应能力对于材料来源复杂、服役环境恶劣的既有建筑，可以实现更为精准的强度推定，为建筑的安全运维决策提供有力支撑。最后，将历次检测的多源数据与建筑信息模型深度融合，从而形成一个动态更新且高保真的虚拟副本。在模型中对混凝土强度可进行可视化展示与分析，进而揭示出其演变规律。在实践中，管理人员可以对既有建筑的全生命周期进行预测性管理。从而在适宜时间对重要部位采取最佳加固措施，最终为既有建筑的预防性维护和资产保值提供强有力的科学依据。

#### 结语

总而言之，对既有建筑混凝土抗压强度的准确判定，需融合多种检测技术综合诊断。随着存量时代在我国徐徐展开，改造、加固需求常态化发展，混凝土抗压强度检测技术作为城市更新与建筑可持续利用的关键手段，将越来越占据核心重要地位。检测技术综合运用并不断与智能化平台相结合，将是未来最为科学、可靠的检测策略，以此能实现对既有建筑结构性能的精准把控，提高检测水平。

#### 参考文献

- [1] 曾义芳, 王晓靖. 混凝土构件抗压强度检测方法的对比分析 [J]. 四川水泥, 2025, (09): 1-3+6.
- [2] 李颖. 混凝土抗压强度试验中不同养护条件的的影响分析 [C]// 广西网络安全和信息化联合会. 第十届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集. 天津市盛滨建筑工程质量检测有限公司; 2025: 188-189.
- [3] 王坚安. 既有建筑混凝土抗压强度时变规律研究与预测 [J]. 砖瓦, 2025, (06): 64-66+69.
- [4] 周宏庚. 既有建筑混凝土抗压强度检测技术现状及对比研究 [J]. 工程与建设, 2025, (02): 449-451.
- [5] 王伟娜. 既有建筑混凝土抗压强度时变规律研究与预测 [D]. 山东建筑大学, 2022.

作者简介：冯明宽（1995年5月），男，汉族，江西省九江市德安县，助理工程师职称 函授本科（土木工程）研究方向：建设工程检测。