

房屋建筑工程中混凝土回弹检测技术的标准化与质量控制

樊晓曦

国能神东鄂尔多斯市新能源科技开发有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘要：混凝土回弹检测是房建工程混凝土强度无损检测的核心技术，具备操作便捷、成本低廉、可大面积普查的优势，广泛应用于工程质量核验。本文依托 JGJ/T23 行业规程，系统梳理回弹检测技术原理、标准化体系与全流程质量控制要点，剖析当前检测工作中标准落地不严、设备管控疏漏、数据处理不规范等突出问题，从标准细化、管控完善、智能升级三方面提出优化对策，旨在规范检测流程、提升数据精准度，为房建工程混凝土质量管控提供技术支撑。

关键词：房屋建筑工程；混凝土回弹检测技术；标准化；质量控制

引言：混凝土强度是决定房屋建筑结构安全与使用寿命的核心指标，直接关系工程整体质量与使用安全性。回弹法作为主流无损检测技术，凭借无损伤、高效便捷的特点，成为房建工程混凝土实体质量检测、强度评定的重要手段。但在实际工程应用中，受人员操作、设备状态、环境条件及规范执行不到位等因素影响，检测结果易出现偏差。为统一检测标准、严控检测质量，本文全面探究回弹检测标准化体系与全流程质量控制策略，解决现场检测实操乱象，助力工程检测工作规范化、精细化发展。

1 房屋建筑工程中混凝土回弹检测技术基础与行业标准化体系

1.1 回弹检测技术基本原理与适用范围

(1) 技术核心原理：回弹仪通过弹击杆将标准动能传递至混凝土表面，依据回弹值反映表面硬度，其与抗压强度间存在统计相关性，本质是弹性碰撞能量转化与材料塑性形变的综合表征，工程中通过经验换算曲线推定强度。(2) 技术优势：无损检测，不损伤构件；操作便捷，单点检测仅需数秒；设备轻便、成本低廉，适合在建或既有建筑的大面积普查，可快速定位强度异常区域，为结构质量评定提供高效数据支撑。(3) 适用范围与局限性：适用于梁、板、柱等普通混凝土构件，龄期宜为 14~1000d，强度等级 C10~C60，但受碳化深度影响显著，需进行修正；表面潮湿、高温或冻融环境会干扰结果，对高强混凝土、特殊骨料或泵送混凝土误差较大，不宜单独作为最终判定依据^[1]。

1.2 混凝土回弹检测现行标准化规范

(1) 国家及行业核心规程：JGJ/T23《回弹法检测混

凝土抗压强度技术规程》为专项核心标准，明确仪器性能、测区布置、回弹值测量、碳化深度测定及强度换算的全流程要求，是工程验收和结构评定的法定技术依据。(2) 设备检定标准：回弹仪须在检定有效期内使用，率定值应控制在 80±2 范围内，钢砧率定周期不超过 6 个月；碳化深度测量仪精度不低于 0.5mm，每年检定一次，确保数据可溯源至国家基准。(3) 检测数据评定标准：测区应均匀布置，每区不少于 16 个测点，剔除 3 个最大值和 3 个最小值后取平均回弹值，按碳化深度修正测区强度，再依据统计法推定构件强度，明确置信区间及合格判定准则。

1.3 回弹检测标准化核心要素

(1) 设备标准化：统一选用标准能量 (2.207J) 回弹仪，建立定期校准维护台账，回弹值异常或机件磨损须及时更换，报废标准以检定结果为依据，确保仪器性能稳定。(2) 操作标准化：规范前期准备 (检测面打磨平整)、现场检测 (垂直弹击、稳读取数)、碳化修正 (每测区不少于 3 处碳化深度测量)、数据采集 (记录环境温湿度及构件信息)，形成闭环流程控制。(3) 成果标准化：检测报告须包含工程概况、检测依据、设备信息、原始数据、修正计算、强度推定结论及附图，归档资料保存不少于 5 年，判定结果应明确是否满足设计强度等级，并注明检测局限性。

2 房屋建筑工程中混凝土回弹检测全流程质量控制要点

2.1 检测前期质量控制

(1) 人员质量管控：检测人员须持有省级及以上建设主管部门颁发的检测岗位资格证书，且具备不少于 6 个

月的现场实操经验。上岗前须经专项规范培训及考核,考核内容覆盖回弹仪操作、碳化深度测量、数据记录整理及异常工况识别,实操考核不合格者不得独立承担检测任务。检测团队配置应包含技术负责人1名、检测操作人员不少于2名、数据记录员1名,分工明确、各司其职。(2)设备质量管控:回弹仪进场前须提供有效期内的计量检定证书,检定周期不得超过6个月。现场检测开始前及每检测完100个测区后,须在标准钢砧上进行率定,率定值应控制在 80 ± 2 范围内,超出范围应立即停用并查找原因。现场还需全面核查回弹仪弹击锤运动灵活性、指针读数清晰度、刻度尺零点位置及外壳完好性,碳化深度测量仪精度不低于0.5mm并附有效校准标识^[2]。(3)方案与现场准备管控:检测方案应明确工程概况、检测依据、测区布置图、构件抽样比例及强度推定方法,经技术负责人审批后方可实施。现场须逐一对构件编号、位置及设计强度等级与图纸核对,剔除表面疏松、蜂窝、麻面、裂缝等缺陷区域。检测面须用砂轮片打磨去除浮浆、涂料及表面附着物,确保平整清洁,相邻测点高差不宜超过0.5mm,打磨深度以露出新鲜混凝土面层为准,不得过度磨耗损伤骨料。

2.2 检测过程动态质量控制

(1)测区布置质量控制:每一结构或构件测区数不应少于10个,尺寸较小构件可适当减少但不宜少于5个。相邻测区间距宜控制在2m以内,测区离构件端部或施工缝边缘不宜大于0.5m且不宜小于0.2m。测区宜均匀分布于构件两个相对侧面,对于悬挑构件、梁端、柱脚等关键受力部位应加密布置,同时避开预埋件、钢筋密集区及明显缺陷位置。测区面积宜控制在 0.04m^2 以内,测区边界线清晰标识并编号。(2)弹击操作质量控制:弹击时回弹仪轴线须始终垂直于混凝土检测面,保持匀速垂直弹击,不得倾斜、晃动或冲击过快。每测区弹击16个测点,相邻测点净距不宜小于20mm,测点距测区边缘不宜小于30mm。弹击力度应稳定一致,每次弹击后待指针回零方可读取数值,严禁连续冲击或重复弹击同一点。同一构件各测区宜由同一检测人员完成操作,以减少人员差异引入的系统偏差,操作过程中应佩戴防冲击护目镜确保安全^[3]。(3)碳化深度检测控制:酚酞试剂须采用1%~2%浓度的乙醇溶液,pH值经标定确认呈中性偏碱。每测区选取不少于3处碳化测点,在测区表面凿出直径约15mm的圆形孔洞,深度略大于预估碳化层厚度,清除孔内粉末碎屑后立即滴入新鲜配制的酚酞试剂,静置30s后用游标卡尺或碳化深度测量仪测量变色界面至孔口表面的垂直距离,读数精确至0.25mm,取各

测点平均值作为该测区碳化深度代表值,测点间差值超过2.0mm时应加密测点重新测定。

2.3 检测后期数据与成果质量控制

(1)原始数据筛选与修正:每测区16个回弹值中,剔除3个最大值和3个最小值,剩余10个回弹值取平均作为该测区平均回弹值。回弹仪检测方向非水平时须按JGJ/T23规定顺序进行角度修正,修正值需根据具体角度查表确定;在浇筑面顶面或底面检测时须进行浇筑面修正。碳化深度大于0.5mm时须逐项进行碳化深度修正,三项修正严格按规范顺序执行,不得遗漏或调整顺序。异常测区数据应标注原因,必要时重新检测确认。(2)强度推定质量控制:测强曲线优先选用经省级主管部门批准的专用曲线或地区曲线,无条件时采用国家统一曲线。按修正后的测区平均回弹值及平均碳化深度查表或代入回归公式计算各测区强度换算值。构件强度推定值按测区强度换算值的最小值(测区数少于10个时)或平均值减1.645倍标准差(测区数不少于10个时)确定,评定结果须对照设计强度等级逐项比对,偏差超出允许范围时应采用钻芯法验证^[4]。(3)检测成果审核管控:原始记录须经检测操作人签字后由复核人逐页复核,发现异常数据应追溯原因并现场复测确认。报告编制实行三级审核制度:编写人、校核人、批准人逐级签字,校核人须具备中级及以上职称且非本检测项目组成员。完整归档资料包括检测方案审批件、原始记录表、仪器率定记录、计算书、报告正本、影像取证资料及审核意见表,保存期限不少于5年,确保全过程可追溯、可复查。

2.4 环境与混凝土自身因素质量管控

(1)现场环境管控:检测环境温度宜控制在 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ 范围内,混凝土表面温度不宜低于 0°C 或高于 40°C 。雨雪天气应立即停止室外作业,若工期紧急须搭设防雨防风棚,确保检测面充分干燥后方可弹击。暴晒条件下构件表面温度超过 40°C 时,应待自然降温至常温后再进行检测。大风天气应增加防风遮挡措施,避免仪器受风压影响率定精度。(2)混凝土自身因素管控:检测龄期宜控制在14~1000d,超出此范围应备注说明并审慎判定。强度等级超出C10~C60时,建议每批次不少于3个测区采用钻芯法进行比对校准。大掺量粉煤灰或矿粉混凝土碳化规律异常,应增加同条件养护试块比对验证。泵送混凝土表面浮浆层较厚,检测前须适当加深打磨厚度,以清除表面浮浆层露出均匀骨料层为准。不同配合比混凝土测强曲线存在差异,配合比变更时应重新确认换算依据的适用性。

3 房屋建筑工程中混凝土回弹检测标准化与质量控制现存问题及优化对策

3.1 工程检测现存主要问题

(1) 标准化落地问题: 基层项目普遍存在规范执行层层衰减现象, 现场操作偏离规程要求, 如测区数量不足、间距超标、检测面打磨不彻底等。不同区域检测机构对同类型构件的测区布置、修正方法存在差异, 部分地区优先采用地方曲线而忽略适用性验证, 导致检测结果可比性差、验收判定标准不统一。(2) 质量管控漏洞: 回弹仪日常维护记录缺失, 部分项目超期未检定仍继续使用, 钢砧率定流于形式。检测人员操作随意性较大, 如弹击时未保持垂直、读数估读、碳化深度测量仅取单点等。数据修正环节问题突出, 角度修正、浇筑面修正常被忽略, 碳化深度超过规范限值时仍套用常规换算公式, 严重偏离真实强度。(3) 成果应用问题: 检测报告内容缺项, 原始数据、修正过程、推定依据不够透明, 部分报告仅给出结论而无过程支撑。强度推定选用曲线不当, 未对异常构件进行复核验证, 导致推定值与钻芯验证值偏差超出 15% 的合理区间, 检测结论与现场实际质量状况不符, 引发验收争议和质量纠纷频发。

3.2 标准化体系优化策略

(1) 细化现场操作标准化细则, 针对梁、板、柱、墙等不同构件类型编制专项操作指引, 明确曲面构件、薄壁构件、大体积混凝土等特殊工况的测区布置、测点间距及修正调整参数, 减少现场操作人员的主观判断空间, 使各类工况均有明确可依的操作依据。(2) 建立设备全生命周期标准化管理体系, 从设备采购选型、首次检定、日常使用、定期维护到报废更新, 各环节设定明确执行标准和责任人。推行设备电子台账管理, 自动预警检定到期、率定超期等异常状态, 实现设备质量状态全程可追踪、可追溯。(3) 统一区域测强曲线标准, 由省级行业主管部门组织建立基于本地原材料、气候条件及施工工艺的修正数据库, 明确专用曲线制定方法和定期更新机制, 相邻区域内统一采纳基准, 提升跨区域检测数据的通用性与横向可比性, 降低曲线选用随意性带来的推定误差。

3.3 质量控制体系完善措施

(1) 构建全员、全流程质量管控机制, 将质量控制节点分解至前期准备、现场检测、数据处理、报告编制各个环节, 逐岗签订质量责任书, 实行“谁检测谁负责、谁审核谁担责”的责任追溯制度, 形成事前方案交底、事中旁站监督、事后复核验证的全链条闭环管理。(2) 强化人员常态化培训与考核, 建立年度轮训机制, 重点覆盖规范更新解读、典型误操作案例剖析及盲样比对考核, 考核成绩与岗位资质挂钩。对碳化深度测量、回弹仪操作等关键操作技能进行实操专项考评, 确保检测人员具备标准化操作能力和规范执行意识^[5]。(3) 引入智能化检测技术, 推广应用数字回弹仪(自动读数、实时上传)、智能碳化深度测量仪(数字显示、数据存储)及检测数据管理系统, 实现回弹值自动采集、修正计算自动完成、强度推定自动生成, 从技术层面杜绝读数误差、记录篡改和修正遗漏问题, 推动质量管控向精细化、信息化转型升级。

结束语

综上, 混凝土回弹检测的标准化与质量控制是保障房屋工程质量检测真实性、准确性的关键。当前行业存在的操作不规范、管控体系不完善、成果精度不足等问题, 严重影响工程质量验收效果。唯有严格落实全流程标准化操作, 完善设备、人员、数据、环境全方位质量管控, 结合智能化技术优化检测模式, 才能有效规避检测误差、统一判定标准, 切实提升混凝土回弹检测质量, 为房屋建筑工程结构质量安全筑牢坚实保障。

参考文献

- [1] 李金泰, 李明京. 回弹法在建筑混凝土主体结构检测中的应用分析 [J]. 砖瓦, 2025, 9(3): 61-67.
- [2] 张宗国. 回弹法在建筑混凝土主体结构检测中的应用分析 [J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(10): 72-74.
- [3] 张献伟. 建筑工程混凝土材料配合比设计与检测 [J]. 北方建筑, 2023, 8(5): 45-48.
- [4] 刘雪艳. 建筑工程水泥材料、混凝土材料检测的相关研究 [J]. 房地产世界, 2023, 24(13): 106-108.
- [5] 陆本武. 建筑工程质量检测中混凝土强度检测技术探讨 [J]. 科海故事博览, 2025, 10(35): 43-45.