

保障性住房维修维护专项工程管理工作机制探索

文 / 邵珠剑 烟台市住房保障和房产交易中心

摘要：随着保障性住房建设规模的不断扩大，其维修维护工作面临着巨大挑战。本研究旨在探索一套科学、高效的保障性住房维修维护专项工程管理工作机制，以提升维修效率、保障住房质量、降低维修成本。通过维修前智能勘察技术、维修方案制定技术、维修过程保障技术与维修后质量评估及监测技术，实现搭建维修维护专项工程管理工作机制，进而帮助提高保障性住房质量，以期为相关人员提供参考帮助。

关键词：保障性住房；维修维护；专项工程；管理工作机制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.085

引言

保障性住房作为实现“住有所居”的关键，对社会稳定意义重大，我国已建成大量保障性住房，解决诸多家庭的住房难题，但随着时间推移，房屋出现结构老化、设施故障等问题。维修工作若滞后，导致降低居民生活质量。当前，保障性住房维修管理挑战重重，传统模式存在流程烦琐、监管不足等问题。因此，探索创新管理机制意义重大，通过构建科学机制，实现优化流程、确质量，为中低收入群体提供更好的居住条件。

一、维修前期智能勘察技术体系

（一）无人机多传感器数据采集

选用专业级别的无人机，并为其配备高分辨率光学相机、热成像仪以及激光测距仪，在天气晴朗且风力不超过4级的适宜条件下开展作业，将飞行高度设定在约40m，依照预先规划好的航线，对保障性住房区域进行逐栋扫描操作。针对每栋建筑，从多个不同角度进行拍摄，确保建筑的外立面以及屋顶均无拍摄遗漏；航线规划根据小区布局和建筑分布情况进行设计，采用网格状与环绕式相互结合的模式；面对不同朝向的建筑，适时调整拍摄角度，以保证能够采集到全方位的图像信息。高分辨率光学相机像素达2400万，能够清晰捕捉到宽度在0.2mm以上的墙体裂缝；热成像仪精度可达0.08℃，可通过检测因渗漏所导致的微小温度差异，从而识别出屋面的渗漏区域；激光测距仪测量精度为±2cm，能够获取建筑的高度以及各部分的尺寸数据。

（二）物联网传感器数据采集

在保障性住房的关键部位，如屋顶、卫生间、厨房这类易渗漏区域，以及门窗、楼梯扶手等易损坏部位，安装各类传感器，其中包括温湿度传感器、位移传感器、压力传感器等。布局传感器位置时，依据房屋结构和功能区域划分进行合理规划，如在屋顶每隔5m²设置温湿度传感器；在卫生间墙角安装位移传感器，以此监测墙体是否存在微小变形。温湿度传感器精度为±0.5℃、±3%RH，通过监测温湿度的异常变化，辅助判断是否存在渗漏情况；位移传感器精度可达0.1mm，能够检测门窗、墙体的微小位移；压力传感器可精确测量楼梯扶手等部

位所承受的压力，设定阈值为超过正常使用压力的1.5倍时发出预警^[1]。

（三）数据融合与分析平台搭建

构建数据融合与分析平台，旨在汇总无人机与物联网传感器采集的数据，运用数据清洗、特征提取等技术，对多源数据开展预处理。随后借助数据融合算法，将不同类型与来源的数据整合为统一的房屋状况数据集。该平台采用分层架构设计，涵盖数据采集层、数据处理层、数据分析层以及应用展示层；在数据处理层，运用机器学习算法，例如卷积神经网络（CNN）分析图像数据，以此识别建筑损坏特征；数据分析层则结合多种数据，综合评估房屋状况。经数据融合与分析，能够生成详尽的房屋状况报告，报告内容包含房屋各部位的损坏类型、程度及位置等信息，如报告可能显示某栋楼3楼至5楼共计5户的卫生间存在渗漏风险，渗漏面积预估在2-5m²之间；指出某区域楼梯扶手因承受压力过大，有3处出现变形，需及时进行维修加固。

二、维修方案精准制定技术手段

（一）BIM模型驱动的维修方案设计

依据房屋损坏情形，于BIM模型内展开维修过程模拟，以屋顶渗漏问题为例，在模型中标注出渗漏区域，模拟拆除屋面防水层、重新铺设防水材料的具体步骤。借由模型的动态展示，分析维修过程对周边建筑结构及住户生活可能产生的影响，涵盖施工空间是否充足、是否需临时停水停电等方面。针对不同类型的维修场景，分别构建相应的模拟流程与分析指标，针对结构维修场景，着重分析维修时结构的受力改变情况，设定安全阈值，保障维修过程中建筑结构的稳定性，如对承重墙进行局部加固维修时，利用模型模拟计算加固前后墙体承载能力的变化，要求加固后承载能力至少提升20%。在模拟施工空间时，精确计算维修操作所需的最小空间尺寸，以确保实际施工空间符合要求，如规定维修人员操作空间宽度不小于1.2m，高度不小于2m。针对停水停电模拟，详细分析受影响的住户数量和时长，力求将停水时长控制在4小时以内，停电范围不超过一栋楼50%的住户。基于模拟分析得出的结果，着手对维修方案予以优化，当发现维修流程可能对周边住户产生较大干扰，应及时

调整施工顺序，或引入更为先进的维修技术，如以局部修复技术替代大面积拆除重建，从而减少对住户的不利影响^[2]。

(二) AI 辅助的维修材料与工艺推荐

选用合适的机器学习算法，如决策树、随机森林或神经网络，构建 AI 推荐模型，将维修案例中的房屋损坏信息（包括损坏部位、损坏程度、建筑结构类型等）作为输入特征，将实际采用的维修材料和工艺作为输出标签，用以训练该模型。训练时，持续调整模型参数，增强其准确性与泛化能力。运用交叉验证等方法评估模型性能，保证其能准确预测维修材料与工艺。在模型训练时，设定学习率为 0.001，迭代次数为 500 次，通过交叉验证，确保模型在测试集上的准确率超 80%，召回率超 75%，以保障模型的可靠性和实用性。当面临新保障性住房维修任务，维修人员将房屋详细损坏信息输入 AI 系统，系统先对输入信息进行特征提取和编码，而后再将处理后的特征数据输入已训练好的 AI 模型中；模型依据所学模式和规律，预测最适宜的维修材料和工艺组合，并按匹配度从高到低输出推荐结果。同时，系统可以提供给出推荐材料的性能参数、价格范围，以及维修工艺的详细操作步骤和注意事项。AI 系统响应时间控制在 1 分钟内，使维修人员可快速获取推荐结果，推荐结果的匹配度得分以百分比呈现，匹配度达 90% 以上为高度匹配，对于推荐的维修材料，提供其市场价格波动范围，误差控制在 ±10% 内，助力维修人员进行成本估算。

三、维修施工过程技术保障措施

(一) 装配式维修技术应用

施工伊始，全面清理施工现场，拆除原损坏部位，着手安装预制卫生间前，先对地面基层精细处理，保证地面平整度达标；严格依据编号顺序，依次安装地面、墙面、天花板等构件，选用专用连接配件与密封材料，确保各构件连接稳固且密封良好，如墙面与地面连接处使用防水密封胶，其防水性能需能承受 10m 水压而不渗漏。进行门窗安装作业时，精确测量洞口尺寸，将门窗与洞口的间隙精准控制在 ±3mm 范围内，采用膨胀螺栓固定，膨胀螺栓抗拉拔力不得低于 5kN，安装完毕后，对门窗密封性及开启灵活性展开测试；相较于传统施工方式，预制卫生间安装耗时至少缩短 50%，安装完成后，卫生间整体需通过闭水试验检测防水性能，闭水时长不少于 24h，要求楼下对应位置无渗漏现象。门窗密封性能要求在风压 500Pa 条件下，空气渗透量不超过 1.5m³ / (h·m)。安装工作全部结束，对装配式维修部位开展全面质量检测，针对预制卫生间，检查各构件连接是否牢固、密封是否良好，同时查看洁具安装是否符合规范且能正常使用。通过压力测试，检验水管耐压性能，要求达到工作压力的 1.5 倍，并保持 10min 无渗漏、无变形。使用专业电气检测设备，检测电路是否通畅、接地是否良好，电路绝缘电阻值不得低于 0.5MΩ。针对门窗，检查开启关闭是否顺畅、锁具能否正常工作，以及密封胶条是否完好；门窗需进行不少于 1000 次的开启关闭试验，且密封胶条磨损量不得超过 10%^[3]。具体流程如图 1 所示：

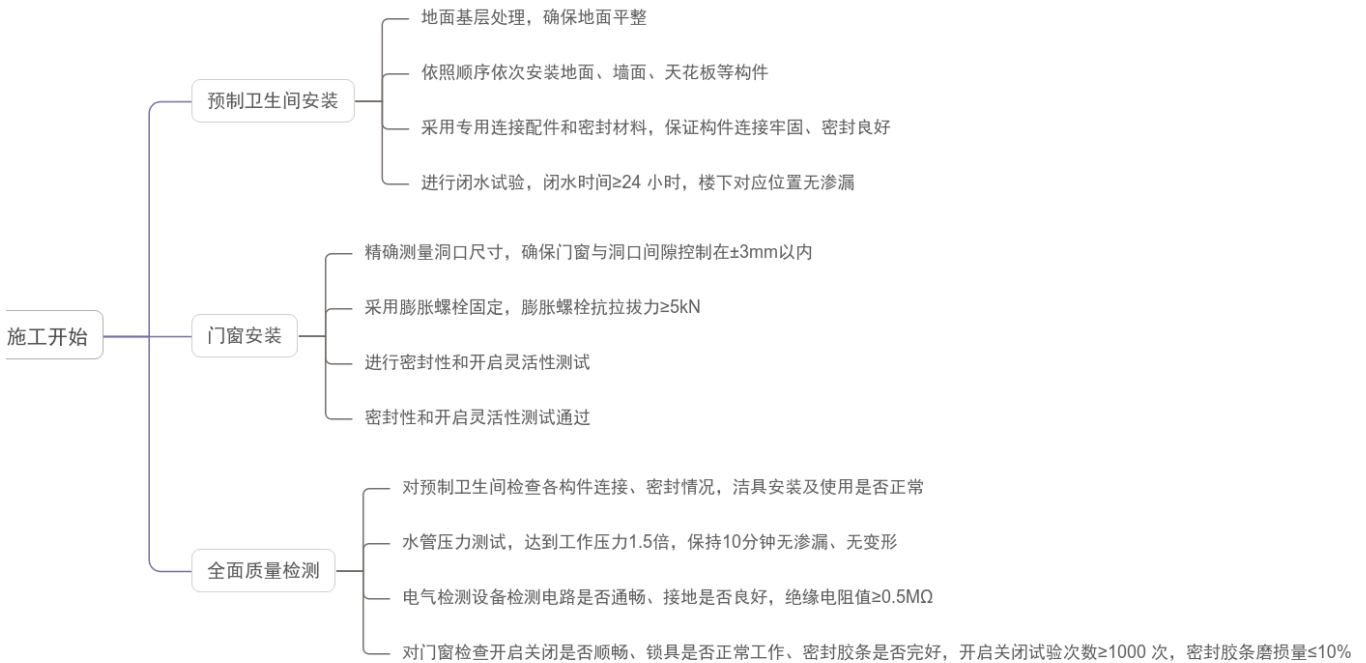


图 1 装配式维修技术施工流程

(二) 施工质量实时监控技术

施工过程中，应针对质量展开实时监控，以提高具

体施工质量。具体施工质量实时监控项目及参数如表 2 所示：

表1 施工质量实时监控项目与参数要求

设备	项目	参数数值
高清摄像头	分辨率	4K (3840×2160 像素)
	帧率	每秒 25 帧
图像识别算法	墙面平整度检测精度	±1mm
	瓷砖铺贴缝隙均匀度误差检测精度	±0.5mm
	墙面平整度预警偏差	高于 3mm
	瓷砖铺贴缝隙预警误差	高于 2mm
压力传感器	测量范围	0-10MPa
	精度	±0.05MPa
湿度传感器	测量精度	±0.5℃
	精度	±3%RH
	防水层湿度预警上限	60%RH

通过表1可知,在施工现场的墙面、地面、屋面等关键区域安装高清摄像头,其数量依场地大小与复杂程度确定,确保各施工面均被覆盖,摄像头以每秒25帧的固定帧率持续拍摄,实时将画面传输至监控中心;利用图像识别算法分析图像,检测墙面平整度、瓷砖铺贴缝隙均匀度等指标,精度分别可达±1mm、±0.5mm,超3mm、2mm时会预警;同时,在涉及结构安全处布置传感器,如混凝土浇筑用压力、温度传感器,屋面防水用湿度传感器,实时监测数据,把控施工质量^[4]。

四、维修后质量评估与长期监测技术

(一) 3D扫描与数字孪生技术的质量评估

维修工作结束后,运用专业3D激光扫描仪对维修部位展开全方位扫描,扫描前,清理扫描区域,确保无杂物遮蔽,以此保障扫描数据精准度。依据维修部位的尺寸与形状,合理规划扫描路径,设定适宜的扫描间距及角度,进而获取完整三维数据。以墙面维修区域为例,自底部向上按螺旋式路径扫描,确保墙面各部分均能被精确扫描。选用3D激光扫描仪精度可达±0.1mm,扫描范围依实际需求选定,如针对普通房间大小的维修区域,选用扫描范围为10m×10m×10m 1的设备,扫描间距设为1-5mm,依据维修部位细节要求而定。对于装饰线条等细节要求较高的部位,采用1mm扫描间距;对于大面积平面,则采用5mm扫描间距,扫描角度覆盖360°,确保无扫描死角。将数字孪生模型与维修前的BIM模型及维修方案进行对比分析,借助软件的测量和分析工具,核查维修部位的尺寸、形状是否符合设计要求,评估维修后结构性能是否满足标准,如对比维修前后墙体的垂直度偏差,通过模拟加载测试维修后结构的承载能力是否达到设计值。同时,对维修中使用的材料和工艺予以评估,查看是否与维修方案一致。在尺寸对比方面,允许误差范围遵循建筑施工规范,如墙面垂直度偏差在5mm以内视为合格;对于结构承载能力,要求维修后结构的实际承载能力达到设计承载能力的95%以上。材料和工艺的

一致性评估,通过人工核查与数据比对相结合的方式,保证实际使用的材料品牌、型号和施工工艺步骤与维修方案的符合率达95%以上。

(二) 长期性能监测的无线传感网络部署

采用星型拓扑结构搭建无线传感网络,以协调器作为中心节点,各传感器充当终端节点与其相连,依据保障性住房布局,将协调器安置于小区监控中心或信号覆盖优良之处,确保信号稳定覆盖全部传感器。鉴于信号遮挡或传输距离过远等问题,在每栋楼内合理设置中继节点,增强信号传输效果。对于多层建筑,每隔三层设置中继节点;高层建筑则依据建筑结构和信号衰减状况,每5至8层设置中继节点。传感器节点间距依据监测需求和信号强度而定,结构监测传感器间距一般设置在3-5m,以便全面捕捉结构变形情况;湿度传感器在易渗漏区域的间距为2-3m,确保能及时察觉渗漏点。各节点借助无线通信协议(如ZigBee、LoRa等),在免授权的2.4GHz或433MHz频段进行数据传输,以此降低干扰。传感器按设定每15分钟进行数据采集,通过无线传感网络传输至协调器,随后协调器将数据发送至数据处理中心,可经由有线网络(如以太网)或无线网络(如4G/5G)完成传输。在数据处理中心,利用专门数据分析软件对接收数据进行处理,如滤波去噪、数据校准等操作。通过预设阈值和算法,对数据进行实时分析,判断建筑结构、水电系统等是否处于正常状态,如当应变片式位移传感器监测到的位移变化超过±0.5mm,或湿度传感器检测到湿度超过70%RH时,系统自动发出预警信息^[5]。

结语

总而言之,保障性住房维修维护专项工程管理工作机制的探索,从前期精准评估,到施工阶段高效组织,直至全方位质量管控与长期监测维护,各环节紧密相连,为保障性住房维持良好状态筑牢根基。构建完备工作机制,引入先进技术与科学管理手段,不但能提升维修维护效率与质量,更能切实改善居民居住环境,增强民众获得感与幸福感。在未来工作进程中,仍将持续关注行业动态,不断总结过往经验,持续优化工作机制。

参考文献

- [1] 徐浩. 关于保障性住房工程建设管理的研究[J]. 中国住宅设施, 2023, (8): 28-30.
- [2] 吴凡, 罗玮佳, 张轶, 闫辉, 曾颖妍, 刘悦. 保障性住房人居环境评价及其影响因素研究——以广州市保障房住区为例[J]. 工程管理学报, 2023, 37(1): 66-71.
- [3] 饶少华. EPC模式在深圳保障性住房中的探索与实践[J]. 施工企业管理, 2023, (10): 29-30.
- [4] 饶少华. EPC模式在深圳保障性住房中的探索与实践[J]. 施工企业管理, 2023, (10): 29-30.
- [5] 李争力. 保障性租赁住房和谐建设管理模式探索——以上海保障性租赁住房项目为例[J]. 建设监理, 2024, (7): 21-24.