

老旧建筑地面改造中的沉降与空鼓问题诊断与修复

佟绪国

东方地球物理勘探有限责任公司 河南 开封 475002

摘要:随着我国城市更新进程的加速推进,大量建于20世纪50至90年代的既有建筑进入改造与功能提升阶段。在老旧建筑的装修改造工程中,地面系统作为建筑使用功能的重要载体,其稳定性与安全性直接关系到使用者的舒适度与建筑的整体性能。然而,受限于原始施工工艺、材料老化及长期荷载作用等因素,老旧建筑地面普遍存在沉降与空鼓等结构性缺陷。若在改造过程中处理不当,不仅影响新饰面层的铺设质量,还可能诱发安全隐患。本文系统分析了老旧建筑地面沉降与空鼓的成因机制,提出了基于多源信息融合的综合诊断方法,归纳总结了针对性的修复技术体系。研究旨在为老旧建筑地面改造提供科学、高效、经济的技术路径,保障改造工程的质量与耐久性。

关键词: 老旧建筑; 地面改造; 不均匀沉降; 空鼓; 无损检测; 注浆修复

引言

我国城镇化已进入存量时代,城市更新成为推动高质量发展的关键抓手。据住建部统计,全国城镇范围内存在超过6亿平方米的老旧小区亟待改造。这些老旧建筑多采用砖混或预制板结构,其地面构造普遍由素土夯实、灰土或碎砖垫层、混凝土找平层及传统饰面(如水泥砂浆、水磨石、地砖)组成。受制于当时的设计标准、施工技术水平及材料性能局限,加之数十年的自然老化、环境侵蚀与使用荷载累积,其地面系统普遍存在强度不足、整体性差、基层松散等问题,集中表现为局部或整体的沉降变形以及面层与基层之间的脱粘(即“空鼓”)。在当前的改造实践中,业主或施工单位往往仅关注饰面层的美观与功能性更新,而忽视对基层病害的系统性诊断与根治。这种“头痛医头、脚痛医脚”的做法,极易导致新铺地面在短期内再次出现开裂、起砂、空鼓甚至塌陷等质量问题,造成资源浪费与二次返工,严重时危及建筑安全。因此,深入研究老旧建筑地面沉降与空鼓问题的成因、精准诊断其分布与程度,并制定科学有效的修复策略,已成为老旧建筑改造领域亟待解决的关键技术难题。

1 老旧建筑地面沉降与空鼓的成因机理分析

1.1 地面沉降的成因

地面沉降是指地面标高发生不可恢复的下降现象,在老旧建筑中主要表现为不均匀沉降。其成因复杂,可归纳为以下几类:(1)地基土体固结与压缩:老旧建筑的地基处理通常较为简单,多为人工夯实素土或浅层灰土垫层。随着时间推移,土体在上部结构及使用荷载的长期作用下持续发生固结压缩,尤其当建筑周边地下水位发生变化或遭遇强降雨时,土体含水量增加,强度降低,加

速了沉降进程。(2)地下管线渗漏侵蚀:建筑内部的给排水、暖气管道年久失修,易发生渗漏。持续的水流冲刷会带走地基土中的细颗粒,形成地下空洞或软弱区,导致上方地面失去支撑而下沉^[1]。(3)回填土不密实:在建筑建造或后期维修中,室内管沟、设备基础等区域常需进行回填。若回填土未按规范分层夯实,或使用了含有有机质、冻土块等不合格材料,其后期在荷载作用下会发生显著压缩变形。(4)结构构件变形传递:对于采用预制多孔板楼盖的老旧建筑,楼板本身可能存在挠曲变形。当在其上直接做地面找平时,这种结构层面的微小变形会被传递并放大,表现为地面的局部下沉。

1.2 地面空鼓的成因

空鼓是指地面饰面层(如地砖、石材、水磨石)或找平层与其下基层之间因粘结失效而形成的局部脱开、中空的现象。敲击时发出空响,是其最直观的特征。主要成因包括:(1)基层处理不当:这是最核心的原因。原始施工时,基层(通常是混凝土或砂浆找平层)表面浮灰、油污未清理干净,或过于干燥未进行充分湿润,导致新铺粘结材料无法有效渗透和锚固。(2)粘结材料性能劣化:老旧建筑中常用的粘结材料多为普通水泥砂浆,其粘结强度低、收缩率大。在干湿循环、温度变化等环境因素作用下,砂浆内部产生收缩应力,逐渐与基层或饰面层剥离。(3)施工工艺缺陷:铺贴时未按要求进行“揉压”或“拍实”,导致粘结层内部存在空气囊;或一次性铺抹面积过大,砂浆在初凝前失水过快,形成干燥裂缝,进而发展为空鼓。(4)外部荷载冲击:重物坠落、设备振动等局部冲击荷载,会瞬间破坏局部区域的粘结界面,形成点状或片状空鼓。(5)温湿度应力:不同材料(如混凝土基层与陶瓷地砖)的热膨胀系数差异,在季节性温差作

用下会产生反复的剪切应力，长期累积导致粘结失效。

2 沉降与空鼓问题的综合诊断方法

2.1 初步勘查与宏观评估

精准诊断是有效修复老旧建筑地面病害的前提，鉴于其隐蔽性与复杂性，应采用“宏观观察+微观探测+动态监测”的综合策略。初步勘查是诊断起点，核心是全面收集信息、建立初步印象。先调阅历史资料，如竣工图纸、维修记录，了解地面构造、材料及隐患点，尤其是地下管线走向。接着进行全面目视检查，观察地面有无裂缝、高低差等宏观缺陷，并标记、影像记录。之后，敲击听音法作为简便高效的初步筛查手段被广泛使用，操作人员用空鼓锤等沿网格线敲击地面，依声音判断空鼓区域分布。不过，此法依赖操作者主观经验，且无法量化空鼓深度和体积，故只能作为后续精密检测的辅助与引导。

2.2 无损/微损检测技术应用

2.2.1 红外热成像与冲击回波法

为了克服主观判断的局限性，并获取更为精确、客观的病害信息，必须引入先进的物理探测技术。红外热成像法（IRT）利用了空鼓区域内部空气的隔热特性。由于空气与实体材料的热容和热传导性能存在差异，在环境温度发生规律性变化（如昼夜交替）时，空鼓区与正常区的表面会呈现出可被红外热像仪捕捉的温差，从而实现了对潜在空鼓区域的快速、大面积识别。然而，该方法的精度易受太阳辐射、风速等环境因素的干扰，通常需要与其他方法相互验证^[2]。相比之下，冲击回波法（IE）提供了更高的定量精度。该方法通过瞬时机械冲击在结构内部激发应力波，当应力波遇到内部缺陷（如空洞、分层）时会发生反射，传感器接收这些反射信号后，通过频谱分析即可计算出缺陷的深度和尺寸，是目前工程界公认的较精确的无损检测手段，尤其适用于确定空鼓的具体几何参数，但其检测速度相对较慢且成本较高。

2.2.2 地质雷达与钻孔取芯验证

地质雷达法（GPR）则以其多功能性见长，它向地下发射高频电磁波，并通过分析不同介质界面（如混凝土-空气）反射回来的波形，构建出地下结构的剖面图像。GPR不仅能有效探测空鼓，还能同时揭示地下空洞、管线位置等多种隐蔽信息，探测深度可达数十厘米，非常适用于复杂地面的综合病害诊断，但其数据解释需要丰富的专业经验，且在含水率较高的环境中效果会大打折扣。作为对上述无损方法的最终验证，钻孔取芯法虽属微损检测，却能提供无可替代的直观证据。通过在疑似病害区域钻取少量岩芯样本，可以直接观察各构造层的实际厚度、材料状态、粘结情况以及是否存在空洞，为

修复方案的最终确定提供最可靠的依据。

2.3 诊断结果整合与病害图谱绘制

在完成所有勘查与检测工作后，必须将来自不同渠道的信息进行系统性的整合与分析。这一过程不仅仅是数据的简单叠加，而是要通过交叉比对和逻辑推理，去伪存真，形成对地面病害状况的全面、准确的认知。最终，利用CAD或BIM等数字化技术，将分析结果可视化，绘制出一份详尽的“地面病害现状图”。这份图谱是连接诊断与修复的关键桥梁，它应清晰、精确地标明沉降区域的位置、范围及最大沉降量（后者通常通过水准仪测量获得），同时详细标注所有空鼓区域的位置、范围、深度及其严重程度（一般可分为轻微、中等、严重三级）。此外，图谱还需整合已探明的地下管线、空洞等其他隐蔽风险点。这份集成了多源信息的综合图谱，为后续制定分区、分类、精准的修复方案提供了坚实的数据基础和决策依据。

3 针对性的修复技术体系

3.1 沉降区域的修复

3.1.1 压力注浆法的应用

沉降修复的核心目标在于恢复地基或垫层的承载力与整体稳定性，从而阻止沉降的继续发展并尽可能恢复原有标高。对于由地下空洞、土体松散或管线渗漏侵蚀所引起的局部沉降，压力注浆法是一种行之有效的解决方案。该工艺首先在沉降区域钻设一系列注浆孔，孔深需穿透软弱土层直至稳定的持力层，随后埋设注浆花管，并通过高压注浆泵将特制的浆液（如双液浆或高聚物化学浆液）注入地下空隙。浆液在压力作用下迅速扩散、填充空洞，并对周围松散土体产生挤密效应，待其固化后，不仅能有效稳固地基，有时甚至能实现对沉降区域的可控抬升。这种方法施工扰动极小，对上部建筑结构几乎无影响，特别适合于已投入使用的建筑内部作业。

3.1.2 微型桩托换法的实施

然而，当面对沉降量巨大、影响范围广泛，且注浆法难以奏效的极端情况时，则需考虑更为根本的解决方案——微型桩托换法。该方法通过在沉降区域下方植入一系列小直径的钢筋混凝土或钢管微型桩，将原本由浅层软弱土承担的地面荷载，直接传递至更深、更稳定的土层或岩层。虽然微型桩托换法具有承载力高、稳定性好的显著优势，但其施工成本高昂、工期较长，通常被视为应对严重沉降问题的最后选择。

3.2 空鼓区域的修复

3.2.1 钻孔注浆修复高价值饰面

空鼓修复的根本目的在于重建饰面层或找平层与基

层之间牢固、连续的粘结。具体修复策略的选择需根据饰面材料的价值、空鼓面积的大小以及饰面层的完好程度综合决定。对于大规格、高价值的天然石材饰面（如大理石、花岗岩），或空鼓面积较大但饰面层本身完好的情况，钻孔注浆修复法是首选。该工艺巧妙地在空鼓区域的边缘钻设少量微小注浆孔，随后注入低粘度、高渗透性的环氧树脂或专用瓷砖胶浆料。浆料在毛细作用和压力驱动下，能够充分填充空鼓间隙，并与上下界面形成强力粘结^[3]。待浆料完全固化后，仅需用同色填缝剂对微小的注浆孔进行修饰，即可在不破坏原有饰面的前提下完成修复，最大限度地保留了建筑的历史风貌和材料价值。

3.2.2 局部凿除重做常规地面

而对于空鼓区域饰面层已经破损，或是空鼓面积小且分散的普通地砖、水泥砂浆地面，则采用更为直接的局部凿除重做法。该方法首先沿空鼓区域的边界进行切割，以防止破坏范围扩大，然后小心凿除失效的饰面层及部分松散的找平层。接下来，对暴露出来的基层进行彻底清理，确保其坚实、洁净且处于适宜的湿润状态，这是保证新旧材料良好粘结的关键。在重新铺贴前，涂刷一层专用的界面剂能显著增强新旧界面的粘结力。最后，使用聚合物改性水泥砂浆或高性能瓷砖胶进行精细铺贴。这种方法虽然会对局部地面造成破坏，但修复彻底、成本低廉，是工程实践中应用最为广泛的常规手段。

3.3 整体找平与新面层铺设

在完成所有局部病害修复后，需对整个地面进行系统性处理，为新饰面层创造理想基底。（1）高精度激光找平：使用激光投线仪建立水平基准面，精确测量全屋地面的平整度误差。（2）高性能自流平水泥找平：选用早强、低收缩、高粘结力的水泥基或石膏基自流平材料。施工要点包括：对基层进行彻底打磨、吸尘，并涂刷专用界面剂。严格控制材料水灰比，机械搅拌均匀。从里到外连

续浇筑，用齿耙和消泡滚筒辅助流平和排气^[4]。养护期间严禁上人。优势是实现毫米级的超高平整度（2m靠尺误差 $\leq 2\text{mm}$ ），为铺设木地板、PVC卷材等对基层要求严苛的新饰面提供完美保障。（3）新饰面层铺设：根据设计要求选择合适的饰面材料（如SPC石塑地板、强化复合地板、新型瓷砖等）。严格按照相应材料的施工规范进行铺装，特别注意伸缩缝的预留，以适应未来可能的微小变形。

4 结语

老旧建筑地面改造是一项系统工程，其中沉降与空鼓问题是影响改造成败的核心挑战。本文通过深入剖析其复杂的成因机理，提出了一套以综合诊断为基础、以精准修复为核心、以长效预防为目标的技术路线。研究表明，成功的改造绝非简单的“翻新”，而必须建立在对建筑本体深刻理解的基础之上。通过科学运用无损检测技术精准“把脉”，再辅以压力注浆、钻孔注浆、高性能自流平等现代修复与找平技术，可以有效根治地面病害，为新功能的植入提供坚实、可靠的平台。未来，随着智能传感、数字孪生等技术的发展，老旧建筑地面的健康监测与智慧运维将成为可能，进一步提升城市存量建筑的安全性与宜居性。

参考文献

- [1]陈雄.基于既有建筑的岩土工程地面沉降及其防治[J].工程技术研究,2024,9(03):213-215.
- [2]许雪平,防开裂空鼓地面快速找平砂浆.浙江省,浙江潮乡科技股份有限公司,2022-06-02.
- [3]陈年鸿,谢超,陈艳猛,等.住宅精装修工程地面起砂及空鼓原因和处理工艺研究[J].中国建筑装饰装修,2024,(06):169-171.
- [4]吴超,侯松,吴伟.老旧建筑改造中既有建筑结构加固施工技术与实践[J].建设机械技术与应用,2025,38(06):97-99.