合肥高新区长宁中心永和南苑

建筑物外立面无伤检测报告



合肥慧晓机器人科技有限公司

智慧城市（合肥）标准化研究院

二〇二四年十二月

目 录

一、 项目概况 1
1.1. 项目名称 1
1.2. 项目委托单位 1
1.3. 项目背景 1
1.4. 项目概况 2
1.5. 编制依据 5
1.6. 项目意义 8
二、 检测方案 10
2.1. 检测内容 10
2.2. 技术要求 12
2.3. 项目要求 19
2.4. 创新特色 23
三、 检测分析 25
3.1. 空鼓风险分析 25
3.2. 脱落风险分析 27
3.3. 裂缝及自然老化风险分析 29
3.4. 渗水风险分析 32
四、 修补建议及措施 36
4.1. 空鼓处理 36
4.2. 脱落处理 37
4.3. 裂缝及自然老化处理 38
4.4. 保养措施 39
五、 结论 41
附录 A 建筑物损伤汇总 ..... 错误！未定义书签。

一、项目概况

1.1. 项目名称

项目名称：合肥高新区长宁中心永和南苑建筑物外立面无伤检测项目

1.2. 项目委托单位

项目委托单位：合肥高新城市发展集团有限公司

项目委托单位负责人：李浩

1.3. 项目背景

随着城市化进程的加快，民用建筑数量迅速增加，外加环境因素、材料老化及施工质量等多种原因，许多建筑物的外立面出现了各种病害，如裂缝、空鼓、剥落、渗漏等，这些病害不仅影响建筑物的美观和使用寿命，更对居民的生命财产安全构成严重威胁。因此，开展建筑物外立面检测工作显得尤为重要。

目前，行业内主要采用挂吊篮、锤击检测或利用光源目视检测的方式对建筑物外立面进行检测。目测法操作简单、直观快速，成本适中，但依赖检测人员主观判断，准确性存在一定随机性。锤击法是一种人工现场检测方法，受限于操作范围较小，且往往需要搭建脚手架或使用吊篮辅助，提高了成本，检测效率较低。进入 20 世纪 90 年代，我国开始广泛将红外热成像技术应用于建筑外墙的结构损伤检测领

域。相较于传统的现场检测方法，红外热成像法在确定渗漏位置上精度更高。然而，此方法高度依赖专业人员，结合检测时间、拍摄角度、房屋朝向、周边绿化遮挡等条件，加上解读图像的能力不足，可能出现识别难、检测精度下降、效率低等问题。此外，还有探地雷达法，是利用高频电磁脉冲波在传播过程中表现出的时频特征和振幅特征的差异，来判断建筑物内部是否存在缺陷。

为紧跟国家“十四五”规划关于建筑业高质量发展的战略部署，积极回应住房和城乡建设部对于推动智能建造技术体系构建和提升施工质量精细化管理的强烈呼吁，推广数字化、智能化房屋体检技术，形成多维诊断方法，构建点面结合的房屋体检方法体系，强化图像识别、激光扫描、红外热成像、遥感检测、物联网、知识图谱及人工智能识别算法等技术的应用。在识别和定位建筑主体结构、地下工程、装饰工程中存在的裂缝、渗漏等损伤方面，利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪及三维激光扫描仪等技术，成功解决了传统检测方法在检测范围和效率方面的局限性。实现对房屋安全风险的快速检测、动态检测、无伤检测、安全检测。

1.4. 项目概况

永和南苑位于长宁大道与彩虹路西北侧，总建筑面积为592768平方米，容积率为2.5，户数为4842户，人口数为15495人，该小区处繁华热闹地段，交通方便，周围建筑设备齐全。环境优雅，物业管理完善，住户素质高。房型方正、

大气，南北通透，阳光充足。室内环境宽敞明亮，户型设计南北通透，居室采光充足，视眼宽广，适合长期居住，小区内部绿化多，内部环境典雅幽静。

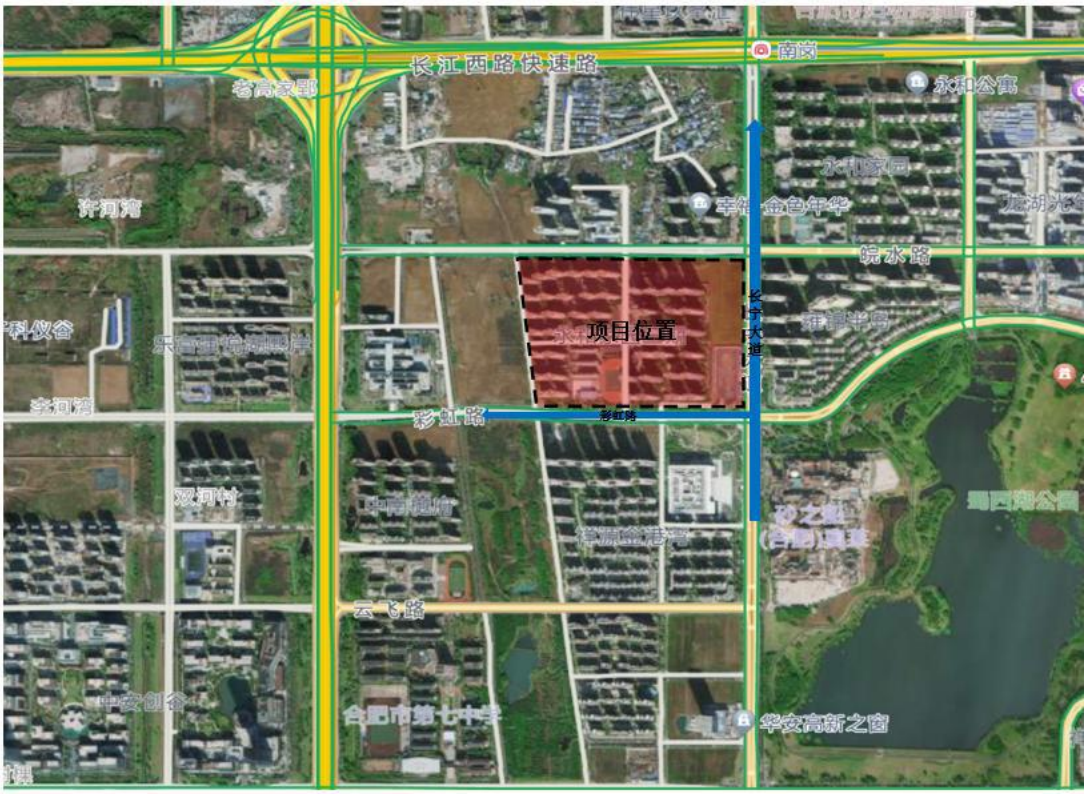


图 1　项目位置

该小区已使用多年，建筑外墙长期受光照、温度、湿度和风力等环境因素作用，防水层、保温层等材料的安全性、可靠性和耐久性受到挑战，部分墙体出现饰面材料脱落、空鼓、开裂等问题，进而引发建筑外墙渗漏。究其原因，主要包括材料本身的性能、水分浸入、外力冲击、温度变化以及施工工艺等因素：

1、 外墙构造层次趋于复杂，增加了防水和保温难度；

2、 防水节点处理不当，门窗制作安装不规范，形成渗漏通道；

3、 经过多年使用，外墙材料受不均匀沉降、气候干湿交替和热胀冷缩等因素影响，产生各类裂缝；

4、 基层材料收缩引起涂料饰面开裂、饰面砖粘贴不饱满，墙体与饰面层之间积水；

5、 构造层次中不同材料间的线性膨胀系数差异，引发空鼓、剥落现象；

6、 地震、风荷载等外力导致的结构变形也可能加剧渗漏问题；

7、 预制装配式混凝土外墙板间的密封胶失效，接缝处出现渗漏。

本报告旨在通过科学的检测方法，及时发现并报告小区建筑安全隐患，确保居民的生活安全及建筑的长期稳定。

1.5. 相关批复

关于启动永和南苑外墙维修项目前期工作的函

合肥高新城创建设投资有限公司：

因永和南苑A、B组团21栋楼外墙空鼓、开裂、脱落等现象严重，永和南苑A、B、C、D组团腰线存在脱落现象。为切实保障辖区居民人身财产安全，强化永和南苑小区安全管理工作，拟实施长宁中心永和南苑外墙维修项目。

该项目已纳入合肥高新区2024年大建设计划熟化库(区级投资项目）-维修改造及零星工程项目-第5项。项目总投资1020万元，项目建设内容主要包括永和南苑A、B组团外墙约2.65万平方米的外墙维修及永和南苑A、B、C、D组团零星腰线维修（即报即修）。

目前长宁中心已完成立项工作，恳请贵单位收到此函件后尽快开展前期研究工作。

特此函达，请予以支持。

附件：永和外墙a、b组团维修工程量明细表

2024年9月2日

永和外墙 a、b 组团维修工程量明细表

序号	楼栋	面积（平方米）
1	A1#	585
2	A2#	1500
3	A3#	1300
4	A4#	842
5	A5#	2280
6	A6#	1303
7	A7#	597
8	A8#	1240
9	A9#	885
10	A10#	1524
11	B1#	900
12	B2#	1400
13	B3#	758
14	B4#	1000
15	B5#	1600
16	B6#	1600
17	B7#	1200
18	B8#	1200
19	B9#	1100
20	B10#	1300
21	B11#	2000
合计		26114

注：该表统计日期为 2024 年 8 月 15 日，具体以设计单位维修意见为准。

图 2　项目批复相关文件

1.6. 编制依据

《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300-2013

《建筑装饰装修工程质量验收规范》 GB 50210-2018

《民用建筑设计统一标准》 GB 50352-2019

《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204-2015

《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411-2019

《红外热像法检测建设工程现场通用技术要求》 GB/T 29183-2012

《外墙外保温技术规范》 JGJ 144-2019

《建筑红外热像检测要求》 JG/T 269-2010

《红外热像法检测建筑外墙饰面层粘结缺陷技术规程》 CECS 204:2006

《红外热像法检测建筑外墙饰面粘结质量技术规程》 JGJ/T 277-2012

《建筑工程饰面砖粘结强度检验标准》 JGJ/T 110-2017

《外墙外保温系统修复技术标准》 DG/TJ 08-2310-2019

《建筑围护结构节能现场检测技术规程》 DG/TJ 08-2038-2021

《建筑幕墙工程检测方法标准》 JGJ T 324-2014

《建筑围护结构节能现场检测技术规程》 DG/TJ 08-2038-2021

《无人机搭载红外热像设备检测建筑外墙及屋面作业》 T/AOPA 0001-2020

《倾斜数字摄影测量技术规程》

《实景三维数据倾斜摄影测量技术规程》

1.7. 项目意义

建筑外立面作为住宅面向外界的首次展示，不仅承载着重要的视觉感受功能，同时也直接体现了社区的品质标准及实用性能。它是项目品质的高度概括，也是城市审美、建筑生命的重点体现。

随着时间的推移，受自然因素和人的活动影响，外立面可能会出现裂缝、脱落、腐蚀等问题，其结构和材料的稳定性可能会下降。外立面的破损可能导致墙体倒塌、高空坠物等危险情况，危及居民的生命和财产安全。因此，对建筑外立面的检查和维护是确保建筑安全和美观、延长建筑使用寿命的重要措施。外立面检查评估的意义有：

1、 延长建筑使用寿命：通过及时地修复和维护，保证结构安全和功能性，可以延缓建筑的老化速度，使其能够继续发挥作用，如防水、保温等。

2、 节约资源：在早期发现问题并进行针对性地处理，可以避免问题扩大化，从而减少后期大规模修缮所需的资源和费用。

3、 促进城市更新：有助于城市整体形象的提升，为城市的可持续发展做出贡献。

4、 提升经济价值：建筑外立面的品质可以影响房产的价值。一个设计独特、维护良好的外立面往往能提高房产的

市场吸引力，从而带来更高的经济价值。

二、检测方案

2.1. 检测内容

探测建筑物外立面表面和结构内部缺陷，并对缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化等作出判断和评价，在不损伤建筑物外立面混凝土结构的前提下，采用“无人机”搭载热成像双光摄像头对外墙进行拍摄检测的无损检测技术，应用 AI 识别分析裂缝、渗水及空鼓等情况。

表 1　检测项目说明

检测项目	检测说明
裂缝检测	识别外立面的微小裂缝和结构裂缝,评估其对建筑安全的影响
空鼓检测	识别外立面的空鼓，评估其对建筑安全的影响
脱落检测	识别外立面脱落情况，评估其对建筑安全及行人的影响
渗水检查	识别潜在的渗水问题和水损害迹象,评估防水系统的效果
保温层检测	识别外立面保温材料(如聚苯板、岩棉板、聚氨酯泡沫等)与墙体之间的黏结性能，评估其对建筑安全的影响
材料老化评估	评估材料的老化程度和耐久性，提出维护建议
建筑表面清洁度检查	检查表面清洁度和维护需求，评估清洁和保养计划
外部装饰物检查	检查外部装饰物的固定情况和完整性，评估其安全性

本次检测范围包含合肥高新区长宁中心永和南苑 A、B 组团共 21 栋（22 单元）建筑物，建筑物外立面面积共约 161992.36 平方米。

表 2　项目检测明细表

小区	楼栋	单元	层	长(m)	宽(m)	高(m)	面积(㎡)
永和南苑 A 组	1 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	2 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	3 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	4 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	5 号楼	2	28	48.4	16.8	78.4	10,223.36
	6 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	7 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	8 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	9 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	10 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	器具楼	0	2	29.7	7.7	15.5	1,159.40
永和南苑 B 组	1 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	2 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	3 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	4 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	5 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	6 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	7 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	8 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	9 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	10 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
	11 号楼	1	28	31.8	16.8	78.4	7,530.48
合计							**161992.36**

2.2. 技术要求

2.2.1. 无人机倾斜摄影

利用无人机搭载高清摄像头和传感器，通过多角度、多方向的拍摄，对建筑物外立面进行全方位的拍摄和数据采集。获取海量影像数据，最后叠加生成三维模型，再根据外轮廓描绘平面图，精度可以达到厘米量级。

对于不规则建筑平面图的绘制，需要考虑测量角度、方向、距离等复杂因素。对此采用无人机搭载三维激光扫描仪，对室外进行激光扫描，拼成三维模型，并对横切面进行加工形成平面图。精度可达毫米量级、效率高。而且是非接触的，规避了传统测量风险大、效率低、误差大的缺点。



图 3　检测无人机示意

无人机检测优势如下：

1、高效率：无人机以其卓越的飞行能力和灵活性，能够在极短的时间内覆盖并检测大面积区域。无论是城市建筑群还是偏远地区的复杂地形，无人机都能迅速抵达并完成任务，显著提高了检测与监测的工作效率。这种高效性对于需

要快速响应的紧急情况或大规模建筑群的定期检查尤为重要。

2、低成本：相较于传统的人力检测方式，无人机检测在成本上具有显著优势。首先，无人机减少了对大量人力和地面设备的依赖，降低了人力成本和设备租赁费用。此外，无人机作业不受地形和交通限制，减少了因交通不便或难以到达区域而产生的额外费用。

3、安全性：无人机能够在高空或危险区域进行作业，极大地降低了人员直接参与检测与监测所面临的安全风险。例如，在检测高层建筑、陡峭山崖或存在有毒有害物质的区域时，无人机能够代替人员进入这些危险环境，确保人员安全。同时，无人机的远程操控能力也减少了现场操作人员的直接暴露风险。

4、全面性：无人机搭载多种传感器（如高清相机、红外热像仪、激光雷达等），能够实现对建筑物内外部的全面检测与监测。这些传感器能够捕捉不同维度的信息，如可见光图像、温度分布、三维结构等，为检测与监测提供了丰富的数据支持。这种全面性有助于发现传统方法难以察觉的隐蔽问题，提高检测的准确性和可靠性。

5、精准性：结合高精度传感器和先进的图像处理技术，无人机能够获取精确的检测数据。高清相机能够捕捉建筑物的细微裂纹和变形；红外热像仪能够检测温度异常区域，揭示潜在的热量损失或结构问题；激光雷达则能够生成高精度的三维模型，用于精确测量和分析建筑物的结构特征。这些

精准数据为后续的评估、修复和维护工作提供了有力支持。

2.2.2. 红外热像技术

建筑物内部不同的缺陷和损伤，会对红外热图像产生不同的影响。热流注入时，如果在建筑物的表面的下方存在的是均质物体，使得热流均匀进入建筑物内部，并且均匀地反射出来，则在建筑物该处的表面上所形成的温度场也是均匀的。当在建筑物内部存在一个隔热性缺陷时，表面热流进入后，在缺陷处形成热量堆积，因而反射到表面的温度场在相应的区域产生一个温度高于周围其他区域的“热点”。反之，如果在建筑物内部有一个导热性缺陷，注入的热流在此处会得到更好的传导，发射到表面的温度场就会在此形成一个低温点。

通过扫描探测建筑物外墙的温度场分布，捕捉建筑物表面的热辐射图像，识别温度异常区域，以二维热像图的形式表现物体表面的温度场情况，并通过综合处理分析，判断是否存有缺陷。一般在无干扰情况下，质量良好的外墙其红外照片温度色彩较为均匀，没有明显的相对色差区。若外墙存在脱落、空鼓等黏结缺陷部位，在红外热像图上将表现出明显的色差异常区（“热斑”或“冷斑”），其检测结果直观、可靠，分析外墙的红外热像特征图谱，并对其进行理论计算，即可确定外墙的黏结质量。

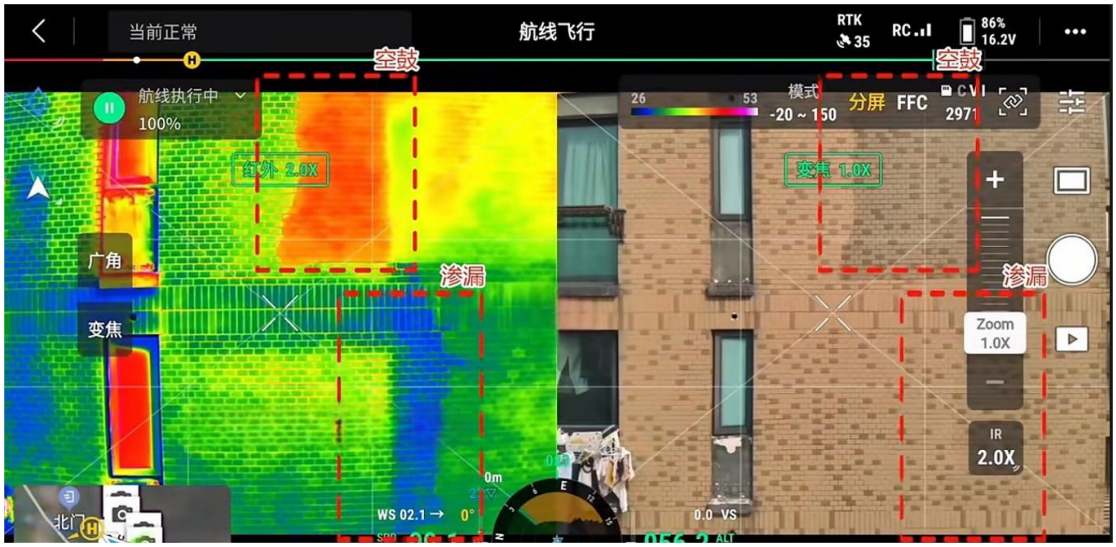


图 4　红外检测示意

红外检测具体优势如下：

1、红外无损检测中的测试仪器与被测物间不仅是非接触的，而且两者间的距离可以较大，便于高楼大厦外墙立面进行检测，无需搭脚手架或人工吊篮，能非常快速高效进行现场检测作业。

2、红外无损检测操作方便，单次可检的面积较大，检测效率较高，准确度高，只需不多的检测费用即可实现大型建筑物检查。

3、红外建筑物无损检测的应用面较广，适应性强，不要对被测物的表面进行专门处理。

4、红外检测提供非常直观化的热图像及可见光图片检测报告，能非常直观的显示存在缺陷隐患的位置及区域面积大小。

5、红外检测的灵敏度较高（测温灵敏度高达 0.025 度）。我们所进行的研究表明，红外无损检测不仅可以检测出建筑物表面在自然条件下所形成的缺陷与损伤，如分层，空鼓，

脱粘，积水，结冰，腐蚀，渗漏水等，而且可以发现在施工过程中所造成的一些质量问题，如不当施工导致的空洞，孔洞，渗水，异物夹杂等。

2.2.3. CIM 数字孪生技术

系统通过无人机高精度建模技术，结合先进的三维模型处理与分析算法，实现了对建筑物脱落、裂缝、老化等风险的精准识别与标记。这些风险信息被直接叠加在三维模型上，用户可通过 Web 端轻松访问并进行交互，从而实现对建筑物安全状况的全面掌握。

本系统的具体优势：

非接触式建模与风险识别：无人机搭载高清摄像头，在远离建筑物的情况下即可完成高精度建模。同时，通过图像识别与分析算法，能够自动识别并标记出建筑物上的风险点，无需人工攀爬或接触建筑物，确保了检测过程的安全与高效。

三维模型直观展示：系统将风险信息直接标记在三维模型上，用户可通过旋转、缩放、平移等操作，从不同角度、不同层面深入了解建筑物的风险状况。这种直观化的展示方式，使得风险识别更加准确、清晰。

web 端访问与交互便捷：用户只需通过浏览器即可轻松访问建筑物的三维模型，无需安装额外的软件或插件。同时，系统提供了丰富的交互功能，如点击查询、区域选择等，使得用户能够便捷地获取所需信息，并进行深入分析。

检测范围广泛且高效：无人机建模技术能够覆盖建筑物的整个外立面及部分内部结构，实现全方位的风险检测。同时，由于无人机飞行速度快、覆盖面积广，单次检测即可覆盖大片区域，大大提高了检测效率。

数据更新与维护方便：系统支持对三维模型及风险标记数据的实时更新与维护。当建筑物发生新的风险或原有风险得到修复时，用户可通过 web 端轻松上传新的数据，确保模型的准确性和时效性。

应用面广且适应性强：本系统不仅适用于高层建筑、复杂结构等难以人工检测的场景，还可广泛应用于老旧建筑、历史建筑等需要特殊保护的场合。同时，系统能够自动识别不同类型的风险点（如脱落、裂缝、老化等），并给出相应的处理建议，具有很强的适应性和实用性。

低成本与高效益：相比传统的人工检测方法，本系统具有更低的检测成本和更高的检测效益。无人机建模与三维风险标记技术能够大幅减少人工费用和时间成本，同时提高检测的准确性和可靠性，为建筑物的安全管理提供了有力的技术支撑。

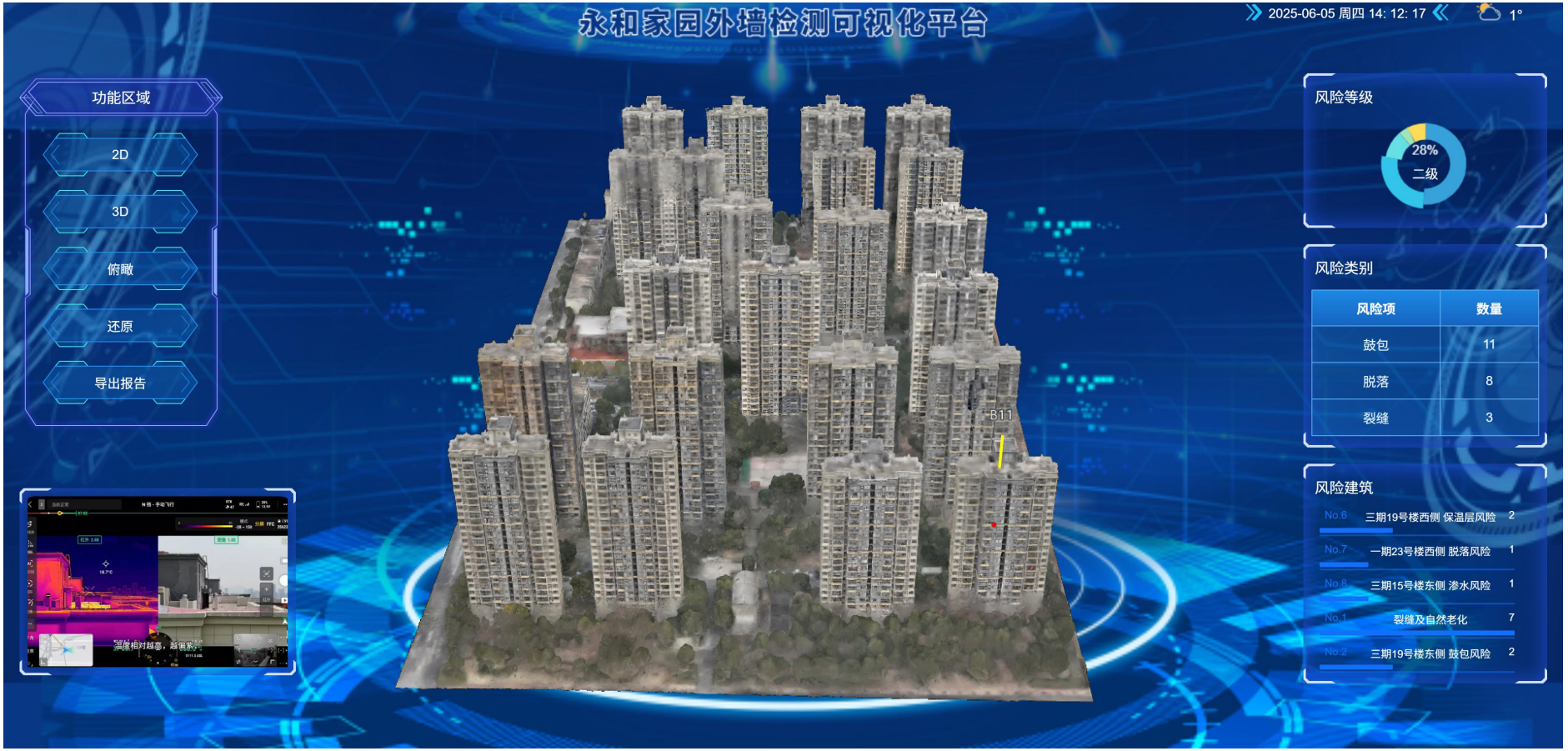


图 5　建筑安全数字孪生平台

2.3. 项目要求

1、粗模采集与生产：使用无人机进行模型采集，视情况进行各种航线规划（环绕航线、区域航线等），利用建模软件进行模型组建。

2、精细建模航线：将模型导入软件平台，根据建筑外立面的实际情况和需求，设置参数，自动规划无人机的飞行航线。

3、执行巡检：无人机按照预设的航线进行自动飞行，同时搭载的红外传感器对建筑外立面进行扫描和检测。

4、数据处理：系统对收集到的影像数据进行处理和分析，自动识别并标注出可能存在的缺陷区域。

5、成果输出：基于对建筑物的年龄、结构、维护状况、地理位置等信息的定性和定量分析，对每个建筑物的外立面病害风险进行评估，将评估结果以地图形式展示，将不同风险级别的建筑物用不同颜色或符号进行区分。记录所有检测数据并生成详细的检测报告，包含风险提示、等级评估等。

针对空鼓、渗水、脱落、破损和裂缝等墙体问题，可以根据严重程度将其划分为 1-5 级：

a.一级（安全）：墙体结构完整，材料性能良好，符合建筑规范和安全要求，具有较高的安全性和稳定性，可不作处理。

b.二级（较安全）：墙体结构基本完整，但存在部分轻微损伤或老化现象，材料性能尚可，但仍需加强维护和保养。

c.三级（一般）：墙体结构存在明显损伤或老化现象，但尚未达到危及安全的程度。需要采取一定的加固措施或进行部分更换。

d.四级（较危险）：墙体结构存在严重损伤或老化现象，存在明显的安全隐患。需要立即进行加固处理或拆除重建。

e.五级（危险）：墙体结构严重损坏，存在倒塌的风险，对人员和财产安全构成严重威胁。需要立即采取紧急措施进行拆除或加固处理。

根据检测报告制定针对性的维护和修缮方案，确保建筑外立面的安全和稳定。

表 3　风险等级划分表

	一级	二级	三级	四级	五级
安全等级分类	（安全）：墙体结构完整，材料性能良好，符合建筑规范和安全要求，具有较高的安全性和稳定性。	（较安全）：墙体结构基本完整，但存在部分轻微损伤或老化现象，材料性能尚可，但仍需加强维护和保养。	（一般）：墙体结构存在明显损伤或老化现象，但尚未达到危及安全的程度。需要采取一定的加固措施或进行部分更换。	（较危险）：墙体结构存在严重损伤或老化现象，存在明显的安全隐患。需要立即进行加固处理或拆除重建。	（危险）：墙体结构严重损坏，存在倒塌的风险，对人员和财产安全构成严重威胁。需要立即采取紧急措施进行拆除或加固处理。
空鼓	空鼓面积小，且分散，不影响墙体的整体稳定性和美观性。	空鼓面积较大，但数量较少，或空鼓面积小但数量较多，对墙体的稳定性有一定影响，但尚未达到危险程度。	空鼓面积大且数量多，已经对墙体的稳定性造成明显影响，需要及时处理。	空鼓现象严重，墙体多处出现大面积空鼓，严重影响墙体的稳定性和安全性,需要立即处理。	墙体几乎全部空鼓，或空鼓导致墙体部分脱落，存在严重安全隐患，必须立即采取措施。
渗水	墙体表面有轻微湿润，但无水滴落下，对墙体内部结构和室内环境无影响。	墙体表面有水珠凝聚，偶尔有水滴落下，对墙体内部结构和室内环境有一定影响。	墙体表面有明显渗水现象，水滴连续落下，对墙体内部结构和室内环境造成较大影响。	墙体渗水严重，已经出现渗水痕迹或水渍，对墙体内部结构和室内环境造成严重破坏。	墙体渗水导致墙体内部严重受损，甚至出现墙体倒塌的风险，必须立即采取措施。
脱落	墙体表面有轻微脱落现象，如小块涂料或墙纸脱落，不影响墙体的整体美观性和稳	墙体表面脱落面积较大，但数量较少，或脱落面积小但数量较多，对墙体的美观性和稳定	墙体表面脱落严重，已经出现大块涂料或墙纸脱落，对墙体的美观性和稳定性造成较大影响。	墙体脱落导致墙体结构部分暴露，对墙体的稳定性和安全性造成严重影响。	墙体脱落严重，导致墙体结构大面积暴露或损坏，存在严重安全隐患，必须立即采取措施。

	一级	二级	三级	四级	五级
	定性。	性有一定影响。			
破损	墙体表面有轻微破损，如小划痕或撞击痕迹，不影响墙体的整体结构和美观性。	墙体表面破损面积较大，但尚未达到破坏墙体结构的程度，对墙体的美观性和稳定性有一定影响。	墙体破损严重，已经出现明显的裂缝或破损痕迹，对墙体的稳定性和安全性造成较大影响。	墙体破损导致墙体结构部分损坏，对墙体的稳定性和安全性造成严重影响。	墙体破损严重，导致墙体结构大面积损坏或倒塌，存在严重安全隐患，必须立即采取措施。
裂缝	墙体表面有轻微裂缝，裂缝细小且分散，不影响墙体的整体稳定性和美观性。	墙体表面裂缝较多，但裂缝宽度和长度较小，对墙体的稳定性有一定影响，但尚未达到危险程度。	墙体裂缝明显，裂缝宽度和长度较大，已经对墙体的稳定性造成明显影响，需要及时处理。	墙体裂缝严重，已经出现贯穿性裂缝或墙体结构部分损坏，对墙体的稳定性和安全性造成严重影响。	墙体裂缝导致墙体结构大面积损坏或倒塌，存在严重安全隐患，必须立即采取措施。

2.4. 创新特色

基于实景三维的建筑外墙智能检测与安全评估技术设计了灵活高效的轻小型无人机设备和一种顾及场景信息的无人机优化航线的精细化采集方案，通过非接触方式多传感器全自动采集外墙的实景信息，大幅降低了外业人员的工作强度和危险性，同时，实现了亚毫米分辨率影像的全面无死角高效采集。构建了标准的建筑物外墙病害样本库、实体模型库及知识图谱，进一步智能化地追踪和评估外墙缺陷的安全风险，实现了实景三维赋能城市建筑外墙安全巡检工作的数字化、三维化、智能化升级。

创新特色：

1、产品创新：设计了灵活高效的轻小型无人机设备，搭载高清摄像、激光雷达和红外相机等传感器，通过非接触方式全自动采集建筑物的实景信息，大幅降低了外业人员的工作强度和危险性，节约了人力成本的投入。

2、技术创新：针对建筑物结构复杂、容易遮挡漏拍、三维模型拉花变形等问题，设计了一种顾及场景信息的无人机优化航线的精细化采集方案，根据前期的建筑空间结构和场景三维信息，规划考虑平行航线、斜面航线、过渡航线及电池补给的全局最优航线，实现了亚毫米分辨率影像的全面无死角高效采集；提出了顾及不同病害的多尺度几何和语义特征的人工智能算法模型，自动识别提取表观病害的范围和定量参数信息。

3、管理创新：基于实景三维地理实体数据标准，建立了安全巡检行业二三维一体化多源数据融合转换及入库标准规范，实现了基础地理实体与行业数据的统一基准和建库存档，建立多时相影像库、病害样本库和实景模型库，梳理行业属性库和知识库，建立地理实体时空关系图谱，便于数据集成共享和追溯分析。

4、应用创新：定制研发了基于实景三维的城市安全巡检与评估一张图平台，支持城市物联感知监控视频、气象、形变监测等传感器数据的接入，利用时空知识图谱技术实现了外墙安全风险的快速评估，支持外墙智能化检测报告和安全评估报告一键生成，减少了人工目视的主观性误差，提高了检测报告的出具速度和评估结果的可靠性。

三、 检测分析

建筑物外墙病害主要为空鼓、脱落、渗水、裂缝及自然老化、渗水损坏等，本次检测共发现以下风险：

3.1. 空鼓风险分析

3.1.1. 现象描述

系统检测发现项目小区 B 组 11 号楼外立面存在局部空鼓现象，面积共约 25.9m^2。建筑物外立面空鼓现象，通常表现为墙面局部或大面积出现不平整的凸起，这些凸起部分可能随着时间的推移逐渐变大，甚至在某些情况下，伴随着脱落现象的发生。空鼓的出现不仅破坏了建筑的整体美观性，更可能预示着更深层次的结构或材料问题。



图 6　空鼓风险系统检测情况

3.1.2. 风险分析

空鼓整体风险等级为二级（★★），属于空鼓面积较大，但数量较少，或空鼓面积小但数量较多，对墙体的稳定性有一定影响，但尚未达到危险程度。主要为以下成因：

1、基底材料刚性不足：建筑物的外立面通常由多种材料构成，如混凝土、砖石、保温层等。若这些材料的刚性不足，无法有效抵抗外部环境的侵蚀和内部应力的变化，就可能导致外立面出现空鼓。特别是当保温层与基层之间的黏结力不够强时，更容易发生此类问题。

2、施工工艺不当：施工工艺的优劣直接关系到建筑质量的高低。在外立面施工过程中，若未能严格按照规范操作，如涂料的涂刷厚度不均匀、保温板的粘贴不牢固等，都可能成为空鼓产生的诱因。此外，施工过程中的温度、湿度等环境因素也会影响材料的性能，进而增加空鼓的风险。

3、材料质量问题：建筑材料的品质直接关系到外立面的耐久性和稳定性。若使用的材料存在质量问题，如强度不足、耐候性差等，就可能在长期的使用过程中逐渐暴露出空鼓等病害。特别是在一些劣质材料中，添加剂的使用不当或过量，更可能加速材料的劣化过程。

3.1.3. 潜在后果

1、建筑使用寿命缩短：空鼓现象若得不到及时有效的处理，将加速建筑外立面的老化过程，导致建筑整体结构的稳定性和耐久性下降，从而缩短建筑的使用寿命。

2、维修成本增加：空鼓问题的修复需要耗费大量的人力、物力和财力。特别是在空鼓严重导致脱落的情况下，修复工作将更为复杂和昂贵。此外，若因空鼓问题引发其他次生灾害（如雨水渗漏导致的室内装修损坏），还将进一步增加维修成本。

3、业主满意度下降：外立面作为建筑的“脸面”，其状态的好坏直接影响到业主的居住体验和满意度。空鼓问题的出现将严重影响建筑的整体形象，降低业主的居住品质和幸福感。特别是在一些高端住宅或商业项目中，外立面空鼓问题可能引发业主的强烈不满和投诉。

4、安全隐患：空鼓脱落不仅可能砸伤行人或损坏车辆等财产，还可能造成更严重的安全事故。特别是在极端天气条件下（如大风、暴雨等），空鼓脱落的风险将大大增加。

3.2. 脱落风险分析

3.2.1. 现象描述

系统检测发现项目小区B组8号楼西侧外立面存在3处局部脱落现象，面积共约9.8m^2。外立面脱落通常表现为建筑物外墙的装饰材料（如瓷砖、涂料、石材等）从墙体上剥落或脱落。这种现象可能发生在建筑物的任何部位，如阳台、窗户、墙面等，且脱落的程度和范围各不相同，有的可能只是小块脱落，有的则可能是大面积坍塌。



图 7　脱落风险系统检测图

3.2.2. 风险分析

脱落整体风险等级为二级（★★），属于墙体表层脱落面积较大，但数量较少，或脱落面积小但数量较多，对墙体的美观性和稳定性有一定影响。主要为以下成因：

1、 自然老化：随着时间的推移，建筑物的外墙材料会因风吹日晒、雨淋侵蚀等自然因素而逐渐老化，导致黏结力减弱，从而引发脱落。

2、 施工质量问题：在施工过程中，如果使用的材料质量不达标、施工工艺不规范或施工监管不到位，都可能导致外墙装饰材料黏结不牢固，留下脱落的隐患。

3、 设计缺陷：建筑外墙的设计如果存在缺陷，如结构不合理、排水不畅等，也可能导致外墙材料因受力不均或水分积聚而脱落。

4、 外部因素：如极端天气（如强风、暴雨、暴雪等）、

地震等自然灾害，以及人为破坏等因素，也可能导致外墙脱落。

3.2.3. 潜在后果

1、 人员伤亡：脱落的外墙材料可能砸中行人或车辆，造成人员伤亡和财产损失。

2、 建筑损坏：脱落的外墙材料可能破坏建筑的整体结构，导致建筑安全性下降，甚至引发更严重的建筑损坏。

3、 影响美观：外立面脱落会严重影响建筑的美观性，降低建筑的整体形象和品质。

4、 维修成本增加:外立面脱落需要及时的维修和更换，这将增加建筑的维护成本和时间成本。

3.3. 裂缝及自然老化风险分析

3.3.1. 现象描述

系统检测发现项目小区外立面装饰线条、屋檐角、单元门门洞等均存在裂缝及自然老化现象，面积共约30m^2。自然老化风险则是指建筑物外墙材料随时间推移而逐渐失去原有性能的过程。这包括外墙涂料褪色、粉化，瓷砖剥落、空鼓，石材风化、开裂等。自然老化会降低外墙的保温、防水、耐久性等性能，导致建筑物功能下降，增加维修成本。特别是在恶劣气候条件下，如强风、暴雨、高温等，自然老化的外墙更容易受损，甚至引发安全事故。裂缝风险主要体现在建筑物外墙的墙体、构造柱、梁板等结构部位可能出现不同

长度、宽度和深度的裂缝。这些裂缝可能是由于地基沉降、温度变化、材料收缩、施工缺陷等多种因素引起的，不仅影响建筑物的美观性，还可能对结构安全性构成潜在威胁。裂缝的扩展可能导致墙体渗水、钢筋锈蚀等次生问题，进一步加剧建筑物的损害。

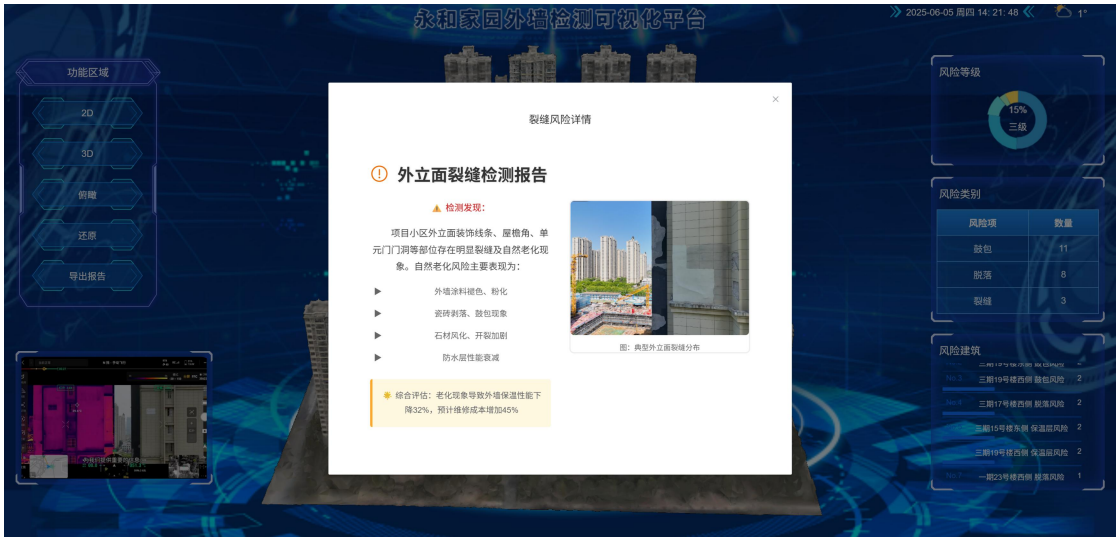


图 8　裂缝风险系统检测图

3.3.2. 风险分析

裂缝及自然老化整体风险等级为一级（★），属于墙体表面有轻微裂缝，裂缝细小且分散，不影响墙体的整体稳定性和美观性，墙体表面有轻微破损，如小划痕或撞击痕迹，不影响墙体的整体结构和美观性。主要为以下成因：

1、自然因素导致的裂缝形成与扩展：长期暴露在自然环境中的建筑物外墙，受到风吹日晒、雨淋侵蚀以及温度变化的持续影响，会导致墙体材料（如混凝土、砖块等）因热胀冷缩、干湿循环而产生内部应力。当这些应力超过材料的抗拉强度时，墙体就会出现裂缝。裂缝一旦形成，不仅会降

低墙体的整体性和稳定性，还会成为雨水、湿气渗透的通道，加速墙体的自然老化过程。

2、施工质量问题引发的裂缝：施工过程中的不当操作，如混凝土浇筑不均匀、振捣不密实、模板拆除过早等，都会造成墙体内部存在空洞、气泡或微裂缝。这些初始缺陷在后期使用中，由于荷载作用、温度变化等因素，会逐渐发展扩大，形成可见的裂缝。施工质量问题导致的裂缝不仅影响美观，更可能威胁到建筑物的结构安全。

3、设计缺陷与裂缝风险：建筑外墙的设计如果未充分考虑结构受力、材料性能及环境因素，如墙体厚度不足、配筋不合理、未设置有效的伸缩缝等，都可能导致墙体在使用过程中因应力集中而产生裂缝。设计缺陷还可能使裂缝在特定条件下（如温度变化、地震等）迅速扩展，造成严重的结构损伤。

4、自然老化与材料性能下降：随着时间的推移，建筑物外墙材料会因风吹日晒、雨淋侵蚀等自然因素的作用而逐渐老化。涂料褪色、粉化，瓷砖剥落、空鼓，石材风化、开裂等现象都是自然老化的表现。这些老化现象不仅影响建筑物的外观，更重要的是降低了墙体的耐久性、防水性和保温性能。自然老化还会加剧裂缝的形成和发展，形成恶性循环，最终威胁到建筑物的使用寿命和安全性。

3.3.3. 潜在后果

1、结构安全受损：裂缝的扩展和自然老化现象会削弱

墙体的承载能力，导致结构安全性能下降。长期存在的裂缝可能使墙体在承受外力时更容易发生断裂或坍塌，严重威胁建筑的整体稳定性和居民的生命安全。

2、室内环境恶化：裂缝会成为湿气、灰尘和有害气体的渗透通道，导致室内空气质量下降，出现霉味、潮湿等问题。自然老化导致的墙体表面剥落、粉化也会增加室内清洁难度，影响居住环境的整洁度和舒适度。

3、维修成本增加：裂缝及自然老化问题需要及时维修和处理，以避免问题进一步恶化。维修工作可能包括裂缝修补、墙面翻新、更换受损材料等，这些都会带来额外的费用和时间成本。若不及时处理，维修成本可能会随着问题的加剧而不断增加。

4、能源效率降低：自然老化导致的墙体保温性能下降会使建筑在冬季难以保持温暖，在夏季则难以隔绝热量，从而增加能源消耗和能源费用。裂缝也可能成为热量传递的通道，进一步降低建筑的能源效率。

5、居住品质与资产价值下降：裂缝及自然老化问题会严重影响建筑的居住品质和外观美观度，降低居民的满意度和生活质量。对于商业地产而言，这些问题还可能影响租赁和出售价值，导致资产贬值和经济损失。

3.4. 渗水风险分析

3.4.1. 现象描述

系统检测发现项目小区 B 组 11 号楼外立面存在局部保

温层脱落渗水现象，面积共约 36m²。保温层风险主要表现为保温材料（如聚苯板、岩棉板、聚氨酯泡沫等）与墙体之间的黏结失效，或者保温材料自身因老化、受潮等原因导致性能下降。这种风险可能遍布建筑物的整个外墙区域，包括但不限于阳台、窗户周边、墙体等大面积区域。

保温层脱落或性能下降的程度和范围各不相同，有的可能仅表现为局部微小的缝隙或凹陷，影响美观；而有的则可能引发大面积的保温层剥离，严重破坏建筑的保温隔热性能，甚至可能威胁到建筑的结构安全。特别是在恶劣天气条件下，如强风、暴雨等，保温层的风险可能进一步加剧，导致更严重的损坏。



图 9　渗水风险系统检测图

3.4.2. 风险分析

渗水整体风险等级为二级（★★），属于墙体结构基本完整，但存在部分轻微损伤或老化现象，材料性能尚可，但仍需加强维护和保养。主要为以下成因：

1、自然因素导致的性能退化：长期暴露于自然环境中的保温层，会受到风吹日晒、雨淋侵蚀以及温度变化等自然因素的持续影响。这些自然因素会导致保温材料老化、变形、开裂，从而降低其保温隔热性能。例如，高温可能导致保温材料膨胀，而低温则可能使其收缩，长期的热胀冷缩会导致材料内部产生微裂纹，进而影响保温效果。

2、施工质量问题：保温层的施工质量直接关系到其长期性能。施工过程中的不当操作，如保温材料铺设不平整、黏结剂使用不当、固定件安装不牢固等，都可能导致保温层出现空鼓、脱落等问题。这些问题不仅会影响保温层的保温效果，还可能成为渗水的潜在通道，进一步损害建筑的保温性能。

3、设计缺陷：建筑外墙保温层的设计如果未充分考虑当地气候条件、建筑用途及长期耐久性需求，可能导致保温层厚度不足、材料选型不当或构造节点处理不完善。设计缺陷会直接影响保温层的保温隔热性能，使其难以达到预期的能效标准。同时，设计不合理的保温层还可能加剧建筑的冷热桥效应，导致能耗增加。

4、外部因素与人为破坏：极端天气条件（如强风、暴雨、暴雪等）可能对保温层造成物理损伤，如撕裂、脱落等。此外，人为因素如破坏保温层、在墙体上打孔安装设备等，也可能导致保温层受损。这些因素都可能使保温层的保温性能大幅下降，甚至引发安全问题。

3.4.3. 潜在后果

1、能效降低与能耗增加：保温层一旦受损或性能下降，将直接导致建筑的保温隔热能力减弱。这不仅会使得冬季取暖和夏季制冷的能耗显著增加，影响建筑的能效表现，还可能加剧温室气体的排放，不利于环境保护。

2、室内环境不适：保温层失效会导致室内温度波动增大，难以维持稳定的舒适环境。冬季室内可能过于寒冷，而夏季则可能过热，严重影响居住和工作的舒适度。此外，保温层问题还可能引发室内湿度异常，促进霉菌生长，影响室内空气质量。

3、结构安全隐患：保温层作为建筑外墙的一部分，其完整性和稳定性对建筑结构安全至关重要。保温层损坏可能导致墙体结构暴露于恶劣气候条件下，加速材料老化，甚至引发墙体开裂、变形等结构损害，威胁建筑的整体安全性。

4、维修成本高昂：保温层一旦出现问题，维修成本往往较高。不仅需要更换受损的保温材料，还可能涉及墙体修复、防水处理等多方面工作。此外，维修期间可能需要暂停使用部分或全部建筑空间，造成额外的经济损失。

5、居住品质与资产价值下降：保温层问题会显著降低建筑的居住品质，影响居民的生活质量和满意度。

四、修补建议及措施

4.1. 空鼓处理

外立面空鼓作为建筑安全隐患的重要表现形式，必须得到及时且有效的处理。

1、及时响应与修复

一旦发现外立面空鼓现象，应立即组织具有专业资质的团队进行实地检查，评估空鼓的程度及潜在风险。随后，根据评估结果，迅速开展针对性的修复工作，确保空鼓区域得到妥善处理，避免问题进一步恶化。对空鼓原因进行深入分析，制定针对性的整改措施。

2、深度分析与整改

空鼓处理不应仅停留在表面修复，而应深入挖掘其根源。通过对空鼓区域的材料、施工工艺、环境因素等进行综合分析，找出空鼓的具体原因，并据此制定详细的整改措施。整改措施应涵盖材料替换、工艺改进、环境优化等多个方面，确保问题得到根本解决。

3、日常巡检与维护

建立外立面日常巡检制度，定期对建筑外立面进行细致检查，及时发现并处理潜在的空鼓风险。同时，加强对外立面的维护保养，如清洁、防腐、防水等，延长外立面的使用寿命，减少空鼓等问题的发生。

4.2. 脱落处理

针对外立面脱落风险，我们需采取更为细致和紧急的应对措施，以确保建筑安全及居民、行人的安全。

1、紧急响应机制

一旦发现外立面有脱落迹象或已发生脱落，应立即启动紧急响应机制，迅速组织专业团队进行现场勘查和评估，确定脱落的范围和严重程度。同时，设置安全警示标志，封闭受影响区域，防止人员误入危险区域。

2、专业修复

根据评估结果，制定详细的修复方案，并尽快组织专业施工队伍进行修复。修复过程中，应确保使用与原外墙材料相兼容的修补材料，以保证修复后的外墙在颜色、纹理等方面与原外墙保持一致，同时满足安全、耐久的要求。

3、全面排查与预防

在外立面脱落事件发生后，应立即对整栋建筑的外墙进行全面排查，查找潜在的安全隐患。对于存在类似问题的区域，应提前制定整改计划，并尽快实施修复，以防止类似事件的再次发生。

4、加强日常维护与监测

建立定期维护制度，对外墙进行定期检查和维护，及时发现并处理外墙的裂缝、空鼓等问题。同时，利用现代科技手段，如安装传感器等，对外墙的状态进行实时监测，确保在问题发生前就能及时发现并处理。

5、提升居民安全意识

通过宣传栏、社区广播等方式，向居民普及外立面脱落的危害及防范措施，增强居民的安全意识和自我保护能力。同时，鼓励居民在发现外墙问题时及时向物业或相关部门报告，以便及时采取措施进行处理。

4.3. 裂缝及自然老化处理

1、及时响应与初步处理

一旦发现建筑表面或结构出现裂缝，或表现出自然老化的迹象，应立即采取行动。首先，组织专业团队进行现场检查，评估裂缝的严重程度和自然老化的状况。基于评估结果，迅速实施初步处理措施，如临时封闭裂缝以防止水分渗透或结构进一步受损，同时采取临时加固措施确保建筑安全。

2、裂缝深入分析与修复

对裂缝进行深入分析，确定其成因，可能是地基问题、温度变化、材料老化或施工缺陷等。根据分析结果，制定详细的修复方案，选择合适的材料和工艺进行修复。对于结构性裂缝，可能需要采取加固措施，如碳纤维加固或注浆等；对于非结构性裂缝，可采用填充、粘贴或封闭等方法进行处理。

3、自然老化评估与防护更新

对自然老化现象进行全面评估，包括涂层剥落、材料脆化、腐蚀等。根据评估结果，及时更新或加固已老化的防护层，如重新涂覆防水层、更换老化的防腐材料等。同时，检

查建筑的排水系统和通风系统，确保其正常运行，以减少自然老化对建筑的影响。

4、日常巡检与维护

建立建筑日常巡检制度，定期对建筑进行检查，包括裂缝、自然老化迹象等。巡检时应记录详细情况，包括裂缝的位置、大小、形态以及老化现象的严重程度等。根据巡检结果，及时采取措施进行维护，如清洁、防腐、防水等，以延长建筑的使用寿命。

5、长期监测与预防措施

利用现代技术手段，如传感器、无人机等，对建筑进行长期监测，及时发现潜在的安全隐患。同时，根据监测结果和裂缝及自然老化的成因分析，制定预防措施，如加强地基处理、优化结构设计、提高材料耐久性等，以减少类似问题的发生。此外，还应定期对建筑进行维护和保养，确保其处于良好的使用状态。

4.4. 保养措施

结构安全加固：结构安全是建筑的生命线，必须得到高度重视。

1、精准加固

依据结构检测结果，对存在安全隐患的部位进行精准加固。加固方案应根据结构特点、受力状况及加固目的等因素综合考虑，确保加固效果达到最佳。定期对建筑进行结构检测，确保结构安全。

2、定期检测与评估

定期对建筑进行结构检测，评估结构的安全性。检测内容应包括材料性能、连接状态、裂缝发展等多个方面，确保及时发现并处理潜在的结构问题。

3、应急响应与预案

制定结构安全应急预案，明确应急响应流程、救援措施及责任分工。同时，定期组织应急演练，提高应对突发事件的能力。

4、消防安全优化

消防安全是建筑安全的重要组成部分，必须得到全面保障。

5、疏散通道优化

优化疏散通道设计，确保通道畅通无阻，便于人员在紧急情况下迅速撤离。同时，加强疏散通道的标识和照明，提高疏散效率。

6、消防设施维护与检查

定期对消防设施进行检查和维护，确保其正常运行。检查内容包括消防水源、消防泵、消防栓、灭火器等设备的完好性、有效性及可操作性。

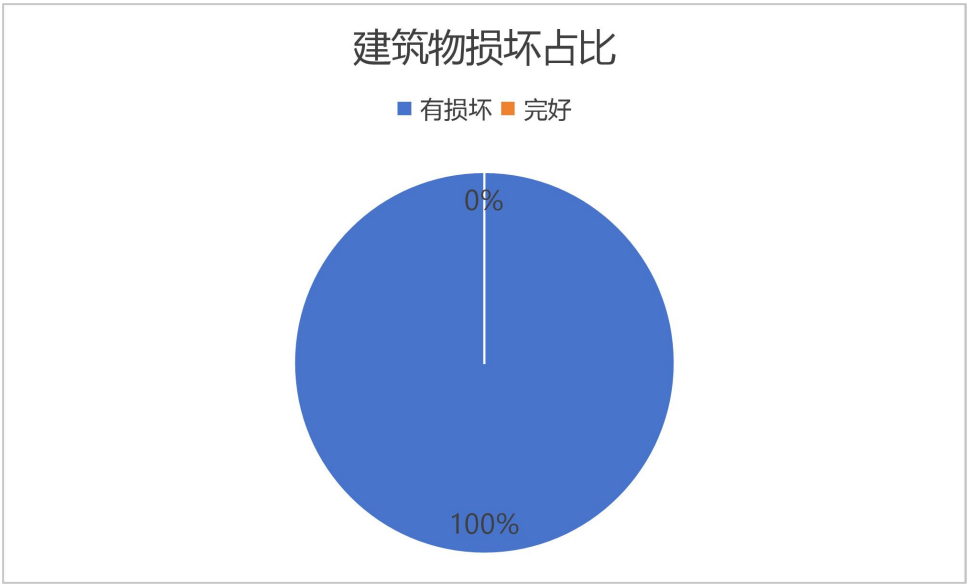
7、消防培训与演练

加强消防知识培训，增强居民的消防安全意识。同时，定期组织消防演练，熟悉疏散路线和灭火设备的使用方法，提高应对火灾的能力。

五、结论

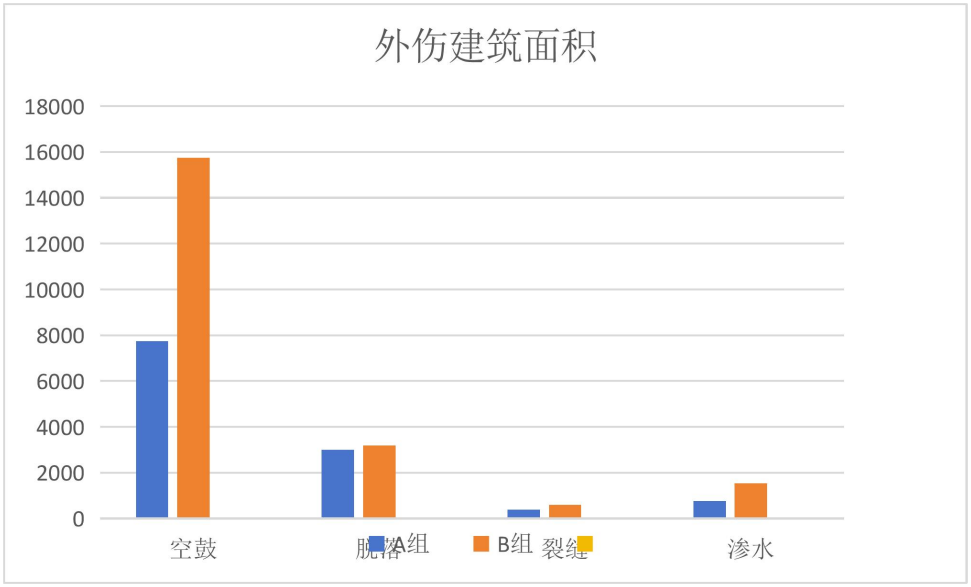
通过对永和南苑 AB 组建筑物外立面无伤检测可知：本次共计检测建筑物 21 栋，存在主要病害风险 21 栋，占检测比例 100%。

表 4　外伤建筑占比



共计检测建筑物面积 592768m^2，空鼓面积共约 23489m^2，脱落面积共约 6180m^2，裂缝面积共约 991m^2，渗水面积共约 2312m^2，外伤面积占比为 5.46%。

表 5　外伤风险分布



小区建筑外立面墙体结构不完整，材料性能较差，不符合建筑规范和安全要求，具有较差的安全性和稳定性。