

房建外墙保温与装饰一体化系统施工质量缺陷成因及防治技术研究——以某装配式住宅项目为例

郝会军

北京建工集团山西建设有限公司, 山西 太原 030000

DOI:10.61369/UAID.2025020029

摘要：本文以某装配式住宅项目为工程案例，针对外墙保温与装饰一体化系统施工中常见的保温层空鼓、饰面层开裂、渗漏等质量缺陷，结合装配式建筑“工厂预制、现场装配”的施工特点，从材料性能匹配性、节点处理工艺及环境因素三个维度分析缺陷成因。通过现场检测获取量化数据，提出从材料选型、工序优化到后期养护的全流程防治方案。为类似工程提供质量管控参考。

关键词：装配式住宅；保温与装饰一体化；质量缺陷；成因分析；防治技术

Research on the Causes and Prevention Technology of Construction Quality Defects in the Integrated System of Insulation and Decoration of Exterior Walls of Housing Construction—Taking a Prefabricated Housing Project As an Example

Hao Huijun

Beijing Construction Engineering Group Shanxi Construction Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi 030000

Abstract：This paper takes a prefabricated residential project as an engineering case, and analyzes the causes of defects from three dimensions: material performance matching, node treatment process and environmental factors, combined with the construction characteristics of "factory prefabrication and on-site assembly" of prefabricated buildings, in view of the common quality defects such as hollow insulation layer bulging, finish layer cracking, and leakage in the construction of the integrated system of exterior wall insulation and decoration. Quantitative data is obtained through on-site testing, and a full-process prevention and control plan is proposed from material selection, process optimization to later maintenance. Provide quality control reference for similar projects.

Keywords：prefabricated housing; integration of thermal insulation and decoration; quality defects; genesis analysis; prevention and control technology

引言

随着建筑节能政策的深化，外墙保温与装饰一体化系统因兼具节能、装饰及施工效率优势，在装配式住宅中应用占比已达 65% 以上。但该系统由预制保温层、装饰层及连接节点组成，材料复合性强、施工精度要求高，易因“材料不匹配、节点处理不当、环境适应性不足”产生质量缺陷。据住建部统计，装配式外墙质量投诉中，保温层空鼓占 32%、饰面层开裂占 28%、渗漏占 35%，直接影响建筑使用寿命与安全性能^[1]。因此，研究其缺陷成因及防治技术具有重要工程价值。

一、工程概况

（一）项目基本信息

某装配式住宅项目总建筑面积 5.2 万 m²，由 8 栋 18 层装配式剪力墙结构组成。外墙采用“预制混凝土夹心保温装饰一体化板”（以下简称“一体化板”），系统构造为：内侧 60mm 预制混凝土层 + 80mm 挤塑聚苯乙烯（XPS）保温层 + 30mm 仿石涂料饰面层，板缝采用硅酮密封胶填充，通过预埋件与主体结构连接。

（二）施工流程特点

装配式一体化板施工流程为“工厂预制→现场吊装→节点处理→装饰修补”，与传统现浇系统相比，具有“工厂质量可控但现场节点处理难度大”的特点。其中，现场节点处理是质量控制关键环节，占施工缺陷成因的 60% 以上^[2]。

二、质量缺陷现状及现场检测

(一) 主要缺陷表现

1. 保温层空鼓
3# 楼东立面 2-5 层共 12 块板出现空鼓，集中于板边缘及预埋件周边，空鼓面积占比 5%-15%；
2. 饰面层开裂
5# 楼西立面 6-10 层饰面层出现不规则裂纹，长度 20-

150mm，部分贯穿至保温层；

3. 渗漏

2# 楼北立面 11 层板缝处雨水渗漏，导致室内墙面返潮，渗漏点集中于转角节点及预埋件位置。

(二) 现场检测数据

为精准分析缺陷程度，采用专业检测设备对上述问题部位进行量化测试，涉及粘结强度、材料性能、渗透特性等关键指标，并与规范要求对比^[9]。检测结果如下表 1 所示。

表 1: 现场关键指标检测分析

缺陷类型	缺陷类型	规范要求	实测值	偏差率	检测方法
保温层空鼓	粘结强度	≥ 0.4MPa	0.2-0.3MPa	-25%~-50%	超声波检测仪
	粘结剂含水率	≤ 5%	8%	+60%	卡尔费休水分仪
饰面层开裂	涂料层强度	≥ 20MPa	17-18.5MPa	-7.5%~-15%	回弹仪
	界面孔隙率	≤ 3%	6%-8%	+100%~+167%	环境扫描电镜 (SEM)
渗漏	密封胶拉伸模量	≤ 1.5MPa	1.8MPa	+20%	万能试验机
	渗透速率	0L/h	0.02L/h	超标	水密性试验

三、质量缺陷成因分析

(一) 材料性能匹配性不足

1. 保温层与粘结剂不匹配
XPS 板表面光滑 (吸水率 ≤ 1%)，与水泥基粘结剂亲和性差，检测显示其界面浸润角 75° (规范要求 ≤ 60°)^[4]，导致粘结强度不足。

2. 饰面层与保温层变形协调性差

饰面层仿石涂料线膨胀系数 $3.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，XPS 板为 $7.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，温差作用下变形量差异达 2 倍，导致饰面层因应力集中开裂。

3. 密封胶性能缺陷

板缝采用酸性硅酮密封胶，长期暴露于紫外线后弹性恢复率降至 65% (规范 ≥ 80%)^[5]，拉伸模量超标 20%，无法适应温度变形，形成渗漏通道。

(二) 节点处理工艺不规范

1. 预埋件安装偏差

装配式墙板吊装时，预埋件定位偏差达 ±10mm (规范 ≤ 5mm)，导致保温层局部受压，有限元模拟显示此时保温层局部应力达 1.2MPa (XPS 板抗压强度 0.8MPa)^[6]，引发材料破坏空鼓。

2. 板缝处理工艺缺陷

现场板缝清理不彻底 (残留混凝土碎屑)，密封胶施工未采用“二次打胶法”，胶层与基层粘结面积不足 70%，形成渗漏隐患。

3. 施工顺序错误

部分区域先施工饰面层再处理板缝，导致密封胶与饰面层衔接不紧密，形成“倒坡”渗漏通道。

(三) 环境因素影响

1. 温度变化

项目所在地夏季最高气温 38℃，冬季最低 -5℃，昼夜温差达 15℃。温度场模拟显示，温差作用下饰面层最大拉应力达

2.5MPa (涂料抗拉强度 1.8MPa)，裂纹优先产生于板缝周边。

2. 降水与湿度

施工期间遭遇连续阴雨，粘结剂在含水率超标的情况下强行施工，固化不良；未固化的密封胶被雨水冲刷，形成孔隙^[7]。

四、全流程防治技术方案

(一) 材料选型优化

1. 保温层与粘结剂匹配

采用表面经等离子处理的 XPS 板 (浸润角降至 55°)，配套改性水泥基粘结剂 (添加丁苯乳液，提高柔性)，粘结强度提升至 0.5MPa 以上。

2. 饰面层与保温层变形协调

选用弹性仿石涂料 (线膨胀系数 $5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)，与 XPS 板变形差控制在 30% 以内；添加玻璃纤维网布 (网格尺寸 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$)，提高抗裂性能。

3. 密封胶升级

采用中性硅酮耐候胶 (弹性恢复率 ≥ 85%)，掺入 0.5% 紫外线吸收剂，使用寿命延长至 15 年 (传统产品 8 年)^[8]。

(二) 节点施工工艺改进

1. 预埋件安装精度控制

采用 BIM 技术预演吊装流程，预埋件定位偏差控制在 ±3mm 内；安装后用聚氨酯发泡剂填充间隙 (膨胀率 ≥ 200%)，消除应力集中。

2. 板缝处理标准化

施工顺序优化：严格遵循“板缝处理→密封胶固化 (7 天)→饰面层施工”流程，避免密封胶与涂料层交叉污染。

(1) 清理：高压水枪清除杂物，干燥后涂刷硅烷底涂 (渗透深度 ≥ 2mm)；

(2) 填充：先嵌入 $\Phi 20\text{mm}$ 闭孔泡沫棒 (压缩率 50%)，再采用“二次打胶法”施工 (第一次打胶至深度 2/3，固化 24h 后补满)^[9]；

(3)养护：胶层固化前覆盖防雨布，确保 7 天养护期内不受雨水冲刷。

(三) 环境适应性措施

1. 温度控制

夏季施工避开正午（气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 时停工），冬季采取保温措施（环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ）；板缝预留 5mm 伸缩量，应对温度变形^[10]。

2. 降水应对

施工前 3 天监测天气预报，雨天停止室外作业；已施工粘结层覆盖塑料薄膜，固化时间延长至 72h（正常 48h）。

(四) 后期养护与监测

1. 养护方案

饰面层施工后洒水养护 7 天（每天 2 次），避免表面开裂；密封胶施工后 24h 内禁止触碰，7 天内避免雨水浸泡。

2. 监测系统

在易渗漏部位安装湿度传感器（精度 $\pm 2\%$ RH），实时传输数据至管理平台；每季度对密封胶进行外观检查，发现老化及时更换。

五、工程应用效果验证

为验证防治方案的有效性，将上述技术措施应用于项目剩余 3 栋楼的施工中，并对实施前后的质量指标进行跟踪检测。通过 6

个月的持续监测，具体数据如下表 2 所示。

表 2：放流程防治方案效果分析

指标	实施前	实施后	改进率
保温层空鼓率	8.3%	1.2%	-85.5%
饰面层开裂率	12.5%	2.1%	-83.2%
渗漏点数量	15 处	0 处	-100%
返工成本	62 万元	8 万元	-87.1%
施工周期	平均 35 天 / 栋	平均 30 天 / 栋	-14.3%

六、结论

装配式外墙一体化系统缺陷主要源于材料不匹配（占比 35%）、节点工艺不规范（45%）及环境影响（20%），其中节点处理是核心控制环节。通过材料选型优化（如弹性涂料、耐候密封胶）、工艺改进（BIM 定位、板缝标准化）及环境适配措施，可使缺陷率降低 80% 以上，全生命周期成本降低 30%。工程验证表明，全流程防治方案能有效保障系统质量，兼顾安全性与经济性。

参考文献

- [1] 苏伟泽. 装配式建筑保温结构一体化预制外墙施工要点与质量评价 [J]. 四川水泥, 2024, (07): 103-105.
- [2] 张倩, 翟峰城, 张磊. 装配式建筑工程中的外墙保温一体化施工工艺流程 [J]. 四川建材, 2024, 50(05): 96-98.
- [3] 黄国君. 装配式建筑外墙保温一体化施工技术分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(08): 81-83.
- [4] 刘海. 装配式建筑外墙保温装饰一体板施工技术 [J]. 工程机械与维修, 2024, (02): 180-182.
- [5] 万长剑. 高层建筑外墙保温系统防火措施研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (03): 105-107.
- [6] 杨建国. 建筑外墙结构防火保温节能系统 V1.0. 重庆市, 重庆市聚晟建筑设计有限责任公司, 2024-01-15.
- [7] 姜勇, 赵凤伟, 马耀, 等. 装配式建筑外墙保温一体化施工技术要点 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (21): 155-157.
- [8] 王俊胜. 建筑外墙外保温系统防火性能提升及防火耐久性关键技术研究. 天津市, 应急管理部天津消防研究所, 2022-11-29.
- [9] 曹玉柱, 李晓梅. 新型防火保温装饰一体板在建筑外墙保温中的应用研究 [J]. 建筑节能 (中英文), 2022, 50(11): 94-97+117.
- [10] 王春晖, 李昊, 冯志会. 建筑外墙保温装饰一体化系统施工技术 [J]. 建筑结构, 2022, 52(S1): 3216-3221.