

# 装配式住宅外墙防渗漏性能提升的关键技术研究

唐春鹤, 祝庆文, 冒东升, 李紫明, 危 博

(南京奥体建设开发有限责任公司, 江苏 南京 210046)

**摘 要** 本文针对装配式住宅外墙渗漏问题、核心渗漏部位难治理的行业难点, 以某个装配式住宅项目为例, 系统研究外墙防渗漏关键技术。通过构建“节点深化设计+材料适配升级+精细化施工+全过程监测”四维技术体系, 并采用 BIM 优化节点、试选新型密封材料、灌浆工艺优化等关键技术, 最终将装配式住宅外墙渗漏率降到 1.7%, 防水验收一次合格率达到 98.3%。该技术可以复制运用到类似的项目中, 为装配式住宅外墙防渗漏质量提升提供技术参考。

**关键词** 装配式住宅; 外墙; 防渗漏; 密封材料; 灌浆工艺

中图分类号: TU741

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.015

## 0 引言

随着《装配式混凝土建筑技术标准》(GB/T 51231-2016)<sup>[1]</sup> 等国家标准的颁布实施, 新建装配式建筑越来越多。实际施工中构件的拼接缝多, 施工工艺复杂, 并且界面处理要求高, 使外墙渗漏成为此类装配式住宅项目的主要问题。

现有的装配式住宅外墙防渗漏技术存在三个明显的短板: 一是节点的设计缺乏针对性措施, 拼接缝、转角处等一些核心的渗漏部位构造设置不合理, 容易导致防水失效; 二是材料适配性比较差, 采用的传统密封胶、灌浆料与预制构件界面粘结的强度不足, 容易出现开裂; 三是施工管控粗放, 仅依赖人工操作, 缺乏过程中的一些监测手段, 渗漏隐患难以被及时地发现。例如: 从某地块 C、D 住宅项目试验实测的数据可以看出, 传统工艺下外墙的渗漏率达到了 12.8%, 其中构件拼接缝的渗漏占到了 76%、螺杆洞渗漏占到了 16%, 将直接影响项目整体的交付与公司品牌口碑。基于此, 本文聚焦核心的渗漏部位, 研究针对性的关键技术, 主要创新点在构建多个维度的防渗漏关键技术体系, 实现全链条的闭环管控; 基于 BIM 技术对核心渗漏节点构造的优化措施, 解决传统的设计与施工脱节以及节点渗漏问题; 整合了新型的材料, 采用精细化的施工工艺, 提升界面粘结的耐久性; 引入过程监测技术, 实现对渗漏隐患进行提前预警的目的。

## 1 装配式住宅外墙渗漏现状与症结分析

以某地块 C、D 住宅项目作为研究对象, 其位于南京市南部新城, 总建筑面积 10.94 万 m<sup>2</sup>, 装配率超过 50%, 项目预制构件有剪力墙、楼梯、叠合板、外围护墙等, 其中尤以预制外围护墙数量最多, 整个项目总计约 4 944 块, 相应的接缝节点、螺杆洞数量也较多。项目初期采用传统施工工艺, 施工完成后经淋水试验检测, 外墙渗漏率达 12.8%, 不符合项目要求的“渗漏率 ≤ 5%”的质量目标。

通过对现场检测与数据的统计(见表 1), 以及对核心渗漏问题进行分析, 明确出三个核心渗漏部位及主要问题。

## 2 技术背景分析

预制构件与现浇主体结构连接节点不可靠, 容易导致预制构件的拼接缝密封效果较差。而传统的装配式住宅外墙的防渗漏措施一般采用灌浆接缝加外设防水或者明设缝打胶等方式, 其构造简单、长期使用容易出现老化开裂。传统施工管理模式依赖人力相对落后, 各专业间施工缺乏协作, 工序交接不到位, 容易导致防水构造遭到破坏, 并且过程渗漏隐患排查不及时。

针对以上传统施工技术问题, 建立了节点深化设计、材料适配升级、精细化施工和全过程监测的整体

作者简介: 唐春鹤(1982-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 工程管理。

表1 渗漏水问题统计分析表

渗漏水部位	占比	主要问题
PC 构件拼接缝	58%	1. 节点设计未考虑温度引起的变形，密封材料本身的拉伸变形性能不足 2. 拼接缝清理不干净，界面有浮灰和油污等 3. 密封材料的施工厚度不均匀（偏差 $\pm 2$ mm）
螺杆洞封堵处	22%	1. 封堵材料选用不当（如普通水泥砂浆），导致收缩开裂 2. 采用的封堵工艺不规范，未按照工序逐步落实
墙板转角处	15%	1. 转角处没有加强构造，应力集中导致开裂 2. 现浇混凝土与预制墙板的结合面不密实
其他部位	5%	现浇结构或者 PC 墙板本身渗漏水较少，局部微裂缝

技术体系：一是优化节点深化设计方案，优化不同节点的密封构造使得节点更加可靠；二是改进材料，对密封、封堵和界面材料进行适配和升级，提升节点密封和防渗漏性能；三是精细化的施工控制技术，对整个工艺流程进行优化提升；四是整个过程的渗漏检测，实现施工过程中的渗漏监测。

### 3 装配式住宅外墙防渗漏性能提升的关键技术

#### 3.1 节点深化设计优化技术

首先采用 BIM 技术进行渗漏节点优化，重点对拼接缝、转角处、螺杆洞这三个核心部位进行优化设计。根据项目图纸建立外墙的模型，由于本项目预制外墙全部为非标构件，为此仅对部分典型墙体做建模优化分析<sup>[2]</sup>。主要部位和节点的优化如下：

1. 拼接缝节点优化：采用双道密封并增加排水路径的构造形式<sup>[3]</sup>，外侧设置宽度 15 cm 的反坎构造，深化预制构件钢模，接缝处增加外侧 10 cm 企口。同时内外侧采用新型改性硅烷密封胶，中间填充聚乙烯泡沫棒，直径比缝宽大 20% 后压入，解决密封胶长期受拉容易失效问题。

2. 转角处节点优化（见图 1）：原设计转角节点采用预制构件预留键槽硬拼并进行灌缝处理，但实际缝隙小，难以确保灌满密实，优化后在缩短墙板长度的基础上保留键槽，将缩短预制墙体部分采用增设现浇混凝土构造柱（截面  $200 \times 200$  mm）形式，采用压槽 + 现浇的相结合的新连接方式，提升预制外墙转角处的整体性和抗渗性。

3. 螺杆洞节点优化：优化设计为“三段式封堵”的新构造，其螺杆洞内侧采用聚合物水泥砂浆，中间填充发泡聚氨酯<sup>[4]</sup>，同时，最外侧封堵同样采用三段式的封堵——橡皮塞 + 防水砂浆 + 1.5 厚聚氨酯，大大降低了渗漏概率。

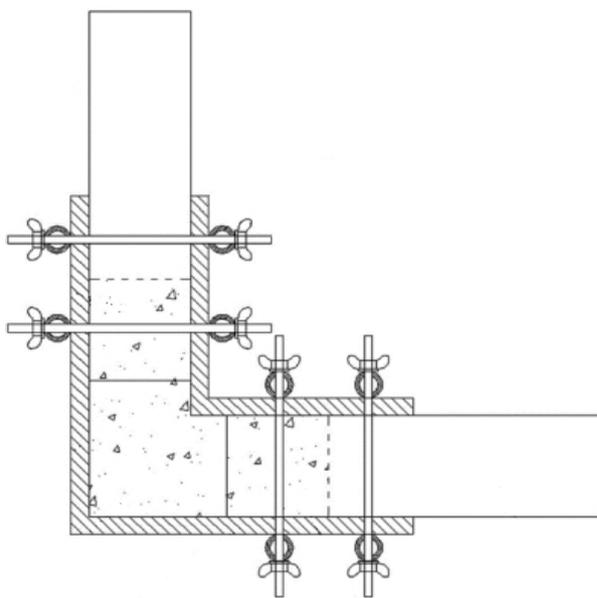


图1 PC 外墙转角优化图

#### 3.2 材料适配与升级技术

对于材料的适配性问题和对环境的耐久性问题，运用材料适配和升级技术。

1. 密封材料选型，挑选采用新型的改性硅烷密封胶<sup>[5]</sup>，要求其性能满足拉伸粘结强度大于 1.5 MPa，断裂伸长率大于 500%，耐紫外线的老化性能达 1 000 h 无开裂，做相应型式检验报告，以确保其满足装配式外墙长时间的温度变形。

2. 封堵材料的升级，螺杆洞的封堵优先采用聚合物水泥灌浆料，要求其抗压强度大于 40 MPa，抗渗等级满足 P8。替代常规使用的水泥砂浆，解决封堵处收缩开裂的问题。

3. 界面处理，对预制墙板拼接面、螺杆洞内壁涂刷专用界面处理剂，提升材料粘结强度，使其满足大于 2.0 MPa 的要求，阻断水的渗透路径。

### 3.3 精细化施工控制技术

对施工关键工序进行控制, 主要从拼接缝施工、螺杆洞封堵和转角处施工三个关键工艺进行工序控制, 力求精细化管控。

1. 拼接缝施工工艺: (1) 清理: 采用高压水枪和钢丝刷来对拼接缝清理, 确保没有油污、杂物等, 将含水率控制在 10% 以下; (2) 打底: 先涂刷基层处理剂, 保持晾干时间大于 4 h; (3) 填缝: 填入聚乙烯泡沫棒, 确保饱满, 多打后手动压入; (4) 打胶: 采用专用的打胶枪, 匀速施打密封胶, 厚度尽量控制在 8~12 mm, 偏差控制在  $\pm 1$  mm, 打注后用专用工具进行压平, 确保与构件表面贴合; (5) 养护: 密封胶施工后 24 h 内采取防淋雨和碰撞措施。

2. 螺杆洞封堵工艺: (1) 钻孔清理: 先采用合适孔径电钻清理螺杆洞内壁, 去除掉浮浆和杂物等; (2) 涂刷界面剂: 将符合要求的专用界面处理剂均匀涂刷在孔内, 晾干 2 h; (3) 分层封堵: 第一层先填充聚合物水泥灌浆料, 厚度大约 1/3 洞深, 压实后养护 24 h; 第二层填充发泡聚氨酯, 厚度也大约 1/3 洞深; 第三层外侧用橡胶塞敲入, 采用防水砂浆压实抹平, 最后用聚氨酯做成半径 5 cm 圆饼。

3. 转角处施工工艺: (1) 预制墙板安装: 转角处墙板拼缝采用“企口搭接”, 搭接长度 10 cm, 安装垂直度偏差要求小于 3 mm; (2) 钢筋绑扎: 绑扎构造柱钢筋与墙板预留钢筋连接; (3) 混凝土浇筑: 采用自密实混凝土, 提高标号并采用抗渗混凝土, 将坍落度控制在 220 mm 左右, 振捣密实, 养护后拆模淋水。

### 3.4 全过程渗漏监测技术

进行全过程监测, 首先进行灌浆饱满度监测, 在拼接缝、转角处施工时监测混凝土和灌浆料用量, 根据计算用量确保足额实用, 当使用量较少时进行反馈。其次是施工过程巡检, 对关键工序密封胶打注、封堵施工等实行“三检制”, 全过程留存影像资料。最后是完工检测: 一是采用淋水试验, 采用喷壶对墙面进行逐块淋水 30 min, 检查无渗漏则为合格; 二是红外热成像从外侧检测, 使用红外热成像仪扫描墙面, 识别隐藏渗漏隐患。

## 4 装配式住宅外墙防渗漏性能提升的关键技术应用效果验证

装配式住宅外墙防渗漏性能提升的关键技术的应用在质量效果上, 经实际项目检测渗漏率从优化前的 12.8% 降到了 1.7%, 远低于行业的平均水平 8%。在耐

久性方面, 其经过 12 个月的自然环境暴露, 整体密封胶未出现开裂、脱落现象, 拼接缝无渗漏; 淋水试验重复进行了 3 次, 都没有出现渗漏现象。在经济效益方面, 其后期维修成本实际得到了大幅降低。在社会效益方面, 项目获评了“江苏省新技术应用示范工程”, 且该防渗漏技术被纳入了企业标准, 该技术也已在公司的江尚紫薇、源尚丹若等同类项目中得到推广应用, 渗漏率控制在 2% 以内, 获得业主与行业的认可, 减少了渗漏投诉, 提升了装配式建筑在市场中的认可度。

## 5 结论

本文针对装配式住宅外墙渗漏问题展开研究, 对“节点深化设计+材料适配升级+精细化施工+全过程监测”的四维防渗漏关键技术体系进行了研究和论证, 得出了如下结论: (1) 核心渗漏部位(拼接缝、螺杆洞、转角处)的节点构造优化是防渗漏关键, 其关键节点的优化使得项目抗渗性能得到大幅提升; (2) 采用高性能改性硅烷密封胶、聚合物水泥灌浆料等专用材料能显著提升界面的粘结强度与使用耐久性, 并解决传统材料适配性差的问题; (3) 精细化的施工工艺可有效地避免人为操作失误和工序穿插导致的渗漏隐患; (4) 运用全过程监测技术, 如用量监测、三检制和红外检测等技术, 可实现渗漏隐患的早发现和早处理, 降低后期维修成本。

本文研究的关键技术具有较强的可操作性, 形成了一整套标准化的设计流程、施工工艺与检测的方法, 可为其他各类装配式住宅项目提供参考。实际应用结果表明, 该技术能够将外墙渗漏率控制在 2% 左右, 防水验收的一次合格率提升至 98% 以上, 能显著降低后期维修成本, 为装配式建筑质量提升提供技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 装配式混凝土建筑技术标准 (GB/T 51231-2016) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 王建国. BIM 技术在装配式建筑施工协同管理中的应用 [J]. 施工技术, 2025, 54(03): 89-93.
- [3] 张磊, 刘芳, 陈明. 装配式混凝土外墙拼接缝多道密封防水构造优化研究 [J]. 建筑科学, 2022, 38(07): 121-126.
- [4] 赵伟, 王丽娜, 吴涛. 装配式住宅螺杆洞分层封堵材料性能及施工工艺研究 [J]. 新型建筑材料, 2023, 50(04): 98-102.
- [5] 陈曦, 马明, 刘刚. 改性硅烷密封胶在装配式外墙中的耐久性试验研究 [J]. 建筑材料学报, 2024, 27(02): 189-194.