

# 预制混凝土外墙板安装施工中的接缝处理技术与密封性质量控制

林晓鸿

440582\*\*\*\*\*6431

**摘要：**预制混凝土外墙板作为装配式建筑的核心围护构件，其安装接缝的密封性直接影响建筑整体气密性能、水密性能及热工性能的长期稳定性。本文系统研究了预制混凝土外墙板安装接缝处理技术的全流程控制要点，剖析了接缝施工面临的核心问题；其次围绕接缝构造设计、基层处理、密封材料适配、施工工艺优化及环境适应性控制等关键环节，详细阐述了接缝处理的技术原理与操作规范；同时针对密封性质量控制目标，提出了“材料检验-过程监控-完工验证”的全过程质量检测体系与缺陷修复策略。研究成果旨在为预制混凝土外墙板安装工程提供科学的接缝处理技术指导，推动装配式建筑围护结构品质的提升与长效性能保障。

**关键词：**预制混凝土；外墙板；接缝处理；密封性；质量控制；装配式建筑

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.12.024

## 引言

随着建筑工业化进程的深入推进，装配式建筑以其施工效率高、资源消耗低、环境污染小的显著优势，逐渐成为现代城市建设的主流建造模式。预制混凝土外墙板作为装配式建筑围护结构的核心组成部分，不仅承担着建筑外围护的基本功能，更直接影响建筑的整体节能效果、使用舒适度及耐久性。在预制外墙板的安装过程中，接缝作为连接相邻墙板的薄弱环节，是控制建筑气密性、水密性及热工性能的关键部位。由于接缝需要适应温度变形、结构位移、风荷载作用等多种复杂工况，其处理质量直接决定了建筑围护系统的整体性能表现。若接缝处理不当，可能导致雨水渗漏、空气渗透、保温性能下降等一系列问题，严重时甚至影响建筑结构安全与使用寿命。因此，深入研究预制混凝土外墙板安装接缝的处理技术与密封性质量控制方法，对于保障装配式建筑的高品质建设与长期可靠运行具有重要的工程实践价值<sup>[1]</sup>。

## 1 接缝处理中的关键技术难点成因解析

### 1.1 接缝构造设计的合理性不足

接缝构造设计缺陷是导致密封性失效的根源性因素。在工程设计实践中，常见的问题包括：接缝宽度计算未充分考虑项目所在地区的气候特征（如极端温差范围、年降雨量等），导致接缝尺寸无法满足实际变形需

求；防水构造层次设计简化（如缺失排水空腔或挡水坎构造），使渗入雨水无法及时排出而滞留于接缝内部；关键节点（如十字缝、转角缝）的密封加强措施不足，仅采用单一密封材料而未设置附加防水层。此外，部分设计未针对建筑的特殊使用功能（如超高层建筑的风荷载作用、寒冷地区的冻融循环）进行专项优化，导致接缝构造的适应性不足。

### 1.2 基层处理的质量控制缺陷

基层状态直接影响密封材料的粘结效果与长期耐久性。预制外墙板安装完成后，接缝两侧板端常存在浮浆、脱模剂残留、油污等污染物，若未彻底清除，将显著降低密封材料与混凝土基面的界面粘结强度；板端平整度偏差过大（垂直度偏差超过 3mm/m 或平整度偏差超过 2mm/2m）时，密封材料需过度填充不平整区域，导致局部厚度不均而形成应力集中点；预留槽口的尺寸偏差（如深度不足、宽度不一致）会影响密封材料的定位精度与密实度，进一步削弱密封效果。基层处理不到位还会导致密封材料与混凝土基面的粘结失效，是接缝早期渗漏的主要原因之一<sup>[2]</sup>。

### 1.3 密封材料性能的适配性问题

密封材料的选择需综合考虑建筑气候区、接缝变形量及使用环境要求，但实际工程中常出现材料性能与工况条件不匹配的情况。常见问题包括：耐候性不足（如

普通硅酮密封胶在紫外线长期照射下发生粉化、龟裂),导致密封材料使用寿命大幅缩短;位移能力不达标(如低模量密封胶无法适应 $\pm 20\%$ 以上的接缝宽度变化),在结构位移作用下提前失效;与混凝土基面的粘结性差(如部分聚氨酯密封胶未进行底涂处理),导致脱胶、剥离等粘结破坏现象。此外,密封材料与相邻构造层(如抹面砂浆、饰面层)的相容性不佳(如收缩率差异引发界面开裂)也会间接影响整体密封性能,这种复合材料的协同效应在工程设计中常被忽视。

## 2 接缝处理的关键技术要点与实施方法

### 2.1 接缝构造的优化设计技术体系

接缝构造设计需遵循“变形协调优先、防水功能强化、多道防线设防”的核心原则,建立系统化的设计方法。首先,基于建筑所在气候区的温度变化特征(如极端最高温度与最低温度差值)、混凝土线膨胀系数及墙板安装精度,精确计算接缝宽度(计算公式: $W=\alpha \cdot \Delta T \cdot L+\Delta D$ ,其中 $\alpha$ 为混凝土线膨胀系数, $\Delta T$ 为年温差范围, $L$ 为板长尺寸, $\Delta D$ 为施工误差预留量),水平接缝宽度一般控制在20-30mm范围,垂直接缝宽度取15-25mm,确保接缝具备足够的变形容纳能力。其次,构建“排水空腔+挡水构造”的复合防水体系:接缝外侧设置企口或台阶式构造形成挡水坎(高度 $\geq 5\text{mm}$ ),阻止外部雨水直接侵入;内侧预留5-10mm深度的空腔结构,便于渗入雨水沿空腔底部导水坡度( $\geq 2\%$ )排出,并通过排水管连接至建筑雨水收集系统。对于十字交叉缝与转角缝等关键节点,需增设附加密封层,并将密封材料覆盖范围扩大至板端边缘10-15mm区域,增强节点部位的密封可靠性。

### 2.2 基层预处理的标准化操作流程

基层处理是保证密封材料粘结性能的基础环节,需严格执行“清洁-平整-增强”的标准化流程。清洁阶段采用高压水枪或硬毛刷彻底清除接缝两侧板端的浮浆、脱模剂残留及油污,必要时使用专用清洁剂去除顽固污染物,处理后用吸尘器清理表面粉尘,确保基面无可见杂质。平整度控制阶段,对垂直度偏差超过3mm/m或平整度偏差超过2mm/2m的区域,采用聚合物水泥砂浆进行局部修补,相邻板端高差严格控制在1mm以内。表面增强处理阶段,在密封材料嵌填前涂刷界面剂,增强密封材料与混凝土基面的粘结力;对于预留槽口,检查其

尺寸是否符合设计要求(深度为密封材料厚度的1.5-2倍,宽度大于密封材料宽度5-10mm),不符时采用专用修整工具进行调整,确保密封材料定位准确、密实填充。基层处理完成后需进行验收,通过目测检查清洁度、用靠尺检测平整度、用塞尺测量相邻板端高差,合格后方可进行后续施工。

### 2.3 密封材料的选择与适配技术

密封材料的选择需根据建筑气候区、接缝功能需求及使用环境条件进行差异化适配。对于常规气候区(年温差 $\leq 40^\circ\text{C}$ 、降雨量适中)的水平与垂直接缝,优先选用位移能力 $\geq 25\%$ 的中高模量硅酮密封胶(兼具弹性与粘结性)或改性硅烷密封胶(耐候性优异),其拉伸模量与弹性恢复率可平衡接缝变形与密封耐久性。对于严寒地区(冬季气温 $\leq -20^\circ\text{C}$ )或高温地区(夏季气温 $\geq 60^\circ\text{C}$ ),需选用低温柔性 $\geq -30^\circ\text{C}$ 、高温稳定性 $\geq 80^\circ\text{C}$ 的耐候型密封胶,确保在极端温度条件下保持良好的弹塑性及粘结性能。特殊功能节点(如十字缝、转角缝)推荐采用“底涂+主密封胶+表面保护层”的复合构造:底涂材料增强密封材料与基面的初始粘结,主密封胶提供核心的变形适应与防水功能,表面涂刷透明防护剂(如有机硅憎水剂)延缓紫外线老化进程。所有密封材料均需通过相容性试验(与混凝土、抹面砂浆、饰面层无化学反应),并满足《混凝土建筑接缝用密封胶》(JC/T 881)等相关标准的技术指标要求,包括位移能力、拉伸强度、弹性恢复率、耐候性等关键参数<sup>[3]</sup>。

### 2.4 施工工艺的精细化控制要点

密封材料嵌填施工需严格遵循标准化操作流程,确保每道工序的质量可控。施工准备阶段,使用吸尘器或毛刷彻底清理接缝内杂物(重点清除灰尘、水渍及残留污染物),板端涂刷界面剂后需干燥至规定时间(根据产品说明书要求,一般为2-4小时)。注胶阶段采用专用胶枪将密封材料均匀注入接缝(注胶枪嘴与接缝呈 $45^\circ$ 角,保持匀速移动),对于深度较大的空腔结构,分层嵌填(每层厚度 $\leq 5\text{mm}$ ,间隔24小时),确保材料密实无气泡。修整阶段用压缝工具将密封材料压实至与板端齐平(表面略低于板面1-2mm,便于后续饰面施工),并修整边缘线条使其顺直光滑,无毛边或凹陷。环境控制阶段,施工过程需满足温度5-35 $^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 80\%$ 、无雨雪大风的基本条件,雨季施工时对接缝两侧板

端采取临时遮雨保护（如搭建防雨棚），冬季施工时对密封材料进行预热处理（确保施工温度不低于 5℃）。质量检查阶段，每完成 50 延米接缝进行一次中间验收，检查内容包括密封材料嵌填密实度、表面修整质量、与相邻构造层的衔接状态，发现问题及时整改，确保每道接缝均符合设计要求。

### 3 密封性质量控制与缺陷修复技术体系

#### 3.1 全过程质量检测方法与标准

密封性质量控制需建立“材料检验-过程监控-完工验证”的全过程检测体系。材料进场阶段，核出厂合格证、检测报告（重点验证位移能力、拉伸模量、耐候性等关键指标），并按批次抽样复检（如硅酮密封胶的邵氏硬度、下垂度、拉伸粘结性），确保材料性能符合设计要求。施工过程监控阶段，检查基层处理质量（界面剂涂刷均匀性、板端平整度）、密封材料嵌填工艺（注胶密实度、边缘修整效果），每完成一个施工单元（如每 5 层楼或每 100 延米）进行中间验收，重点检查接缝构造的合规性与施工操作的规范性。完工后验证阶段，采用多方法综合检测：淋水试验以 0.2-0.3 MPa 压力持续淋水 2 小时，观察接缝内侧有无渗漏痕迹（重点检查墙板根部、十字缝等易渗漏部位）；气密性检测通过红外热像仪扫描接缝区域，识别温度异常点（提示空气渗透通道），或采用压力衰减法（按《建筑幕墙气密、水密、抗风压性能检测方法》GB/T 15227）定量测定接缝空气渗透量；必要时进行超声波检测或内窥镜检查，评估密封材料内部的密实度与缺陷情况。所有检测结果需形成书面记录，作为工程质量验收的依据。

#### 3.2 常见缺陷的类型与修复技术

针对检测发现的密封性缺陷，需根据具体类型制定专项修复方案。对于局部密封材料开裂（裂缝宽度 $\leq 1\text{mm}$ ），清理裂缝内灰尘后注入同类型弹性密封胶（采用低压注胶工艺），并用工具压实至与周边密封材料平齐；若开裂宽度 $> 1\text{mm}$ 或密封胶脱落，切除损坏区域（深度至坚实基层，边缘保留 5-10mm 完整密封层），重新按工艺要求嵌填密封材料并修整表面。对于接缝空腔内积水（淋水试验发现渗漏），首先检查排水坡度与导水管是否堵塞（采用高压水枪冲洗或钢丝疏通），疏通后采用速凝防水砂浆修补空腔内壁缺陷（确保修补层与原结构粘结牢固），并重新涂刷界面剂增强粘结性能。若因

基层不平整导致密封材料局部脱开（脱开面积 $\leq 0.1\text{m}^2$ ），凿除脱开区域的密封胶与松动混凝土，重新凿毛基层并涂刷界面剂后，嵌填新密封材料并严格控制厚度与密实度。对于大面积密封失效（脱开面积 $> 0.1\text{m}^2$ 或渗漏严重），需整段切除原密封构造（至坚实基层），重新进行基层处理（含界面剂涂刷、板端修整）、密封材料选型验证及嵌填施工，修复完成后重复全过程检测流程，直至密封性指标完全达标。所有修复施工均需做好施工记录，包括缺陷描述、修复方法、材料使用情况等，作为工程档案的重要组成部分<sup>[4]</sup>。

### 4 结论

预制混凝土外墙板安装接缝的密封性质量控制是装配式建筑围护系统性能保障的核心环节，其技术难点主要源于接缝构造设计的合理性不足、基层处理的质量缺陷、密封材料性能的适配性问题及施工工艺控制的精细化程度低。通过系统化的构造优化设计（包括接缝宽度计算、复合防水体系构建）、标准化的基层预处理流程（清洁、平整、增强）、适配性的密封材料选择（考虑气候区与功能需求）及精细化的施工工艺控制（注胶密实度、环境适应性），可有效提升接缝的密封性能与长期耐久性。同时，建立全过程质量检测体系与针对性的缺陷修复策略，能够及时发现并解决施工过程中的质量问题，确保接缝系统满足建筑使用功能要求。未来，随着新型构造技术、功能材料及数字化技术的不断发展，预制混凝土外墙板接缝处理技术将向更高效、更可靠、更智能的方向演进，为装配式建筑的高品质发展提供坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 预制混凝土夹心保温外墙板防水构造优化与应用[J]. 建材与装饰, 2020(6): 2-3.
- [2] 装配式建筑用改性环氧树脂弹性密封胶的研制[J]. 王清元, 王文军, 赵晓梅. 中国胶粘剂, 2022, 31(3): 39-43.
- [3] 预制装配式建筑外墙防水技术应用研究[J]. 寇俊敏, 苍雁飞, 岳志芳, 张俊友. 新型建筑材料, 2020, 47(9): 59-62.
- [4] 装配式建筑外墙板接缝防水密封性能研究[J]. 刘盈, 王聪颖, 周剑, 卢晓岩, 任烨, 张国来. 中国建筑金属结构, 2024(2): 94-96.