

装配式建筑接缝防水施工关键技术及渗漏防控对策

王长顺

中交三公局建筑工程分公司 北京 100101

摘要:随着我国建筑工业化进程的不断推进,装配式建筑因其施工效率高、资源消耗低、环境影响小等优势,已成为建筑业转型升级的重要方向。然而,装配式建筑由多个预制构件拼装而成,其接缝部位成为防水薄弱环节,极易发生渗漏问题,严重影响建筑使用功能与耐久性。本文系统分析了装配式建筑接缝渗漏的主要成因,重点阐述了接缝防水的关键技术体系,包括材料选择、构造设计、施工工艺及质量控制要点,并在此基础上提出了全过程、多维度的渗漏防控对策。研究表明,通过“以排为主、防排结合、多道设防、柔性优先”的防水理念,结合精细化施工管理与智能化检测手段,可显著提升装配式建筑接缝防水性能,保障建筑整体质量与安全。

关键词:装配式建筑; 接缝防水; 渗漏机理; 密封胶; 防水构造; 施工控制; 防控对策

引言

近年来,国家大力推动绿色建筑与新型建筑工业化发展,《“十四五”建筑业发展规划》明确提出要大力发展装配式建筑,力争到2025年装配式建筑占新建建筑的比例达到30%以上。装配式建筑通过工厂预制、现场装配的方式,实现了建筑生产的标准化、集约化和绿色化。然而,由于其结构特点——大量水平与竖向接缝的存在,使得建筑外围护系统的连续性和整体性被打破,接缝处成为水、气渗透的主要通道。据统计,在已建成的装配式住宅项目中,超过70%的渗漏问题集中于外墙板、窗框、阳台板、叠合板等接缝部位。一旦发生渗漏,不仅影响建筑美观与使用舒适度,更可能引发钢筋锈蚀、保温失效、霉菌滋生等次生问题,严重威胁结构安全与使用寿命。因此,深入研究装配式建筑接缝防水施工的关键技术,构建科学有效的渗漏防控体系,具有重要的理论价值与工程实践意义。

1 装配式建筑接缝渗漏成因分析

1.1 接缝类型与受力特性

装配式建筑的接缝主要包括水平接缝、竖向接缝以及异形接缝三大类。水平接缝常见于预制外墙板底部与下层结构之间或叠合楼板拼接处,竖向接缝则多出现在相邻预制外墙板的侧边连接位置,而窗洞口周边、阳台与主体结构连接区域以及设备管线穿墙孔等则构成典型的异形接缝。这些接缝在建筑服役过程中并非静态存在,而是持续承受着温度变化引起的热胀冷缩、风压作用导致的构件微位移、地震荷载引发的结构变形以及混凝土自身收缩徐变等多种复杂力学效应。若在设计阶段未充分考虑接缝的变形协调能力,或在施工中未能预留足够的位移空间,则极易造成密封材料因反复拉伸、压缩而疲劳

开裂,甚至与基材剥离,从而形成贯穿性的渗水通道。

1.2 渗漏主要成因

装配式建筑接缝渗漏的成因是多方面的,往往源于设计、材料、施工及管理等多个环节的系统性缺陷。首先,在构造设计层面,部分项目为追求立面简洁或控制成本,采用过于简化的“一缝到底”处理方式,既未设置必要的排水空腔,也缺乏挡水台、滴水线等物理屏障,无法实现基于“等压腔”原理的雨水导排机制,导致在强风暴雨条件下雨水被压入室内。其次,防水材料选型不当亦是常见问题。例如,一些工程选用普通硅酮密封胶,其虽初期粘结良好,但在长期紫外线照射和温湿循环作用下易发生粉化、脆化;而部分聚氨酯密封胶在潮湿混凝土基面上粘结强度不足,难以形成可靠密封^[1]。再者,现场施工质量控制不严进一步加剧了渗漏风险。基层清理不彻底、打胶不连续、胶体厚度不足、背衬材料缺失或错位、养护条件不达标等操作疏漏,均会显著削弱接缝的整体防水性能。此外,窗框与预制墙板交接处、穿墙套管周边、女儿墙压顶等细部节点常被忽视,未设置专用密封垫片或进行二次注胶处理,成为渗漏高发区。最后,从项目全生命周期来看,设计、预制、运输、安装等环节缺乏有效协同与责任追溯机制,导致防水体系呈现“碎片化”特征,难以形成系统性、一体化的防护能力。

2 装配式建筑接缝防水关键技术体系

针对上述渗漏成因,亟需构建一个涵盖材料、构造、施工与检测四个维度的系统化防水技术体系,以实现接缝部位的长效可靠防护。

2.1 防水材料关键技术

在装配式建筑接缝防水体系中,密封胶作为最外层

的直接屏障,其性能直接决定了防水效果的持久性。当前推荐采用改性硅烷(MS)密封胶、高模量硅酮密封胶或聚硫密封胶等高性能产品。其中,MS胶因其分子结构兼具硅酮的耐候性与聚氨酯的强粘结性,且不含溶剂、环保无污染,对混凝土、金属、玻璃等多种基材均表现出优异的附着力,位移能力可达 $\pm 25\%$ 以上,特别适用于变形较大的接缝部位。与此同时,背衬材料的选择同样关键。通常在接缝内侧嵌入闭孔聚乙烯(PE)泡沫棒,其作用不仅在于控制密封胶的施打深度与形状比例(一般建议深度与宽度之比为1:2),更重要的是避免密封胶与接缝三面粘结,从而确保胶体在接缝变形时仅承受拉应力而非剪切力,有效延长其使用寿命。此外,为增强整体防水可靠性,还可辅以其他功能性材料^[2]。例如,在接缝内侧涂刷非固化橡胶沥青涂料并复合自粘防水卷材,形成一道柔性附加防水层;在水平接缝内部预埋遇水膨胀橡胶止水条,可在微裂缝出现时自动膨胀封堵;在外墙内侧设置防水透气膜,则能在阻止液态水侵入的同时允许水蒸气排出,实现“会呼吸”的墙体系统。

2.2 接缝防水构造设计

科学合理的构造设计是接缝防水成功的基础。应摒弃单一依赖密封胶的“堵水”思维,转而采用“以排为主、防排结合、多道设防”的综合策略。典型做法是在外墙板接缝处构建三道防线:第一道为外侧密封胶与空腔排水系统,即在接缝外侧预留10~20mm宽、8~15mm深的胶缝,内设PE背衬棒后施打高性能密封胶,并在接缝下方每隔不超过1.5米设置排水孔,形成连续的空腔通道,利用“雨幕原理”平衡内外气压,使大部分雨水在重力与风压作用下自然排出;第二道为中间构造防水层,通过设置高低企口、L形或Z形搭接、滴水线及挡水台等物理构造,显著延长雨水渗透路径,提高抗风压渗水能力;第三道则为内侧柔性防水层,在接缝内表面涂刷聚合物水泥防水涂料或粘贴防水卷材,并与主体结构的内防水层有效搭接(搭接宽度不小于150mm),形成连续封闭的内防水屏障。这种“外密封—中导排—内设防”的多层次构造体系,即使某一道防线局部失效,其余防线仍能提供有效保护,极大提升了整体防水可靠性。

2.3 关键施工工艺控制

再先进的材料与构造,若缺乏精细的施工执行,亦难以发挥应有效能。接缝防水施工必须严格遵循工艺规程。首先,基层处理是确保粘结质量的前提。施工前需彻底清除接缝内的浮浆、脱模剂、油污及灰尘,必要时采用打磨或喷砂处理以增加表面粗糙度,并确保混凝土含水率控制在8%以下,避免因基面潮湿导致粘结失效。其

次,背衬材料的安装需精准到位。PE泡沫棒直径应略大于缝宽(通常大20%~30%),以保证紧密嵌入且不松动,其顶部距最终胶面应保持5~8mm的深度,以形成理想的胶体几何形状。在密封胶施打环节,应使用专用注胶枪匀速连续作业,确保胶体饱满、无气泡、无断点,完成后需用刮刀修整成内凹弧形,既美观又利于雨水滑落。对于窗框、穿墙孔、阳台等细部节点,更需特殊处理^[3]。例如,窗框宜采用预埋钢副框配合后塞缝工艺,缝隙先填充聚氨酯发泡胶,再在外侧施打密封胶;穿墙套管应预埋并内外双侧密封;阳台接缝则需独立设置排水坡度,并与主墙体接缝错开布置,避免形成连续渗水通道。整个施工过程应严格控制环境条件,避免在雨天、低温($< 5^{\circ}\text{C}$)或高温($> 35^{\circ}\text{C}$)环境下作业,以保障材料性能充分发挥。

2.4 质量检测与验收

为确保接缝防水工程质量可控、可验,必须建立完善的检测与验收机制。材料进场前,应对每批次密封胶进行基材粘结拉伸试验,验证其与实际工程基材的相容性与粘结强度。施工过程中,可通过目视检查与针孔探测相结合的方式,评估密封胶的连续性与密实度,杜绝空鼓、开裂等缺陷。工程完成后,应组织专项淋水试验,对典型接缝区域进行不少于24小时的持续喷淋(水压不低于0.1MPa),并在室内侧观察是否有渗漏现象。对于高层或难以接近的部位,可借助红外热成像技术进行无损检测,通过温度差异识别潜在的渗水区域。所有检测数据应形成完整档案,作为竣工验收和后期运维的重要依据。

3 渗漏防控对策与管理建议

3.1 全过程协同设计机制

要从根本上解决接缝渗漏问题,必须打破传统设计各专业“各自为政”的局面,建立建筑师、结构工程师、防水专家、预制构件厂及施工单位五方协同的工作机制。在方案设计初期,就应明确建筑外围护系统的防水等级(建议不低于II级),并将接缝防水要求纳入BIM模型进行精细化模拟与碰撞检查。通过输出标准化的防水节点图集,统一构造做法与材料规格,避免施工阶段临时变更或“打补丁”式处理,从源头上保障防水体系的一致性与完整性。

3.2 工厂化预处理提升精度

充分利用工厂预制的优势,将部分防水工序前置到构件生产阶段。例如,在预制外墙板生产时,可同步预埋不锈钢止水钢板、预留标准胶槽、预贴防水透气膜或在接缝边缘加工出精确的企口或倒角。这不仅提高了构件本身的精度,也为现场装配创造了良好条件。同时,构件出厂前应对所有接缝部位进行编号、拍照并建立数

字档案,实现从工厂到现场的质量可追溯,为后续施工与验收提供依据。

3.3 施工标准化与人员培训

现场施工的标准化是保障防水质量的关键。应编制专门的《装配式建筑接缝防水施工工法》,详细规定各工序的操作流程、技术参数与验收标准。推行“样板引路”制度,先在实体样板段完成接缝防水施工,经多方联合验收合格后方可大面积展开^[4]。同时,加强对一线操作人员的培训与考核,特别是打胶工人,应实行持证上岗制度,定期组织技能复训与实操考核,确保其熟练掌握材料特性、施工要点与质量控制方法。

3.4 数字化与智能化技术应用

随着建筑科技的发展,数字化与智能化手段正逐步融入接缝防水管理。可利用搭载高清摄像头的无人机对高层建筑外墙接缝进行定期巡检,替代高危人工作业;通过AI图像识别算法自动分析密封胶的老化、开裂等缺陷;更进一步,可构建接缝防水的数字孪生模型,集成传感器实时监测接缝位移、温湿度及渗漏风险,实现从“被动维修”向“主动预警”的转变。

3.5 运维阶段长效保障

防水并非一次性工程,而需贯穿建筑全生命周期。建议在项目交付时同步移交完整的接缝防水档案,包括所用材料品牌、施工记录、检测报告及节点详图等。在使用阶段,应制定定期维护计划,每3至5年对接缝密封胶进行专业检查,对出现老化、粉化或开裂的部位及时切割更换,避免小问题演变为大渗漏。通过建立长效运维机制,真正实现装配式建筑“百年大计,防水先行”的目标。

4 工程案例分析

以某位于长三角地区的18层装配式住宅项目为例,该项目预制率达到45%,初期因设计简化、材料选型不当,仅采用普通硅酮密封胶封闭外墙接缝,且未设置任何排水构造。结果在交付后的第一个梅雨季节,多处外墙出现明显渗漏,业主投诉不断。后经专家诊断,实施系统性整改:首先凿除原有失效密封胶,彻底清理基层;随

后重新嵌入合适直径的PE背衬棒,并施打高性能MS改性硅烷密封胶;同时在每道水平接缝底部钻设 $\Phi 8\text{mm}$ 排水孔,间距控制在1.2米以内,形成有效排水空腔;最后在室内侧接缝处涂刷1.5mm厚的聚合物水泥防水涂料作为内侧防线。整改完成后,该建筑连续两年经历多次台风与持续强降雨考验,未再发生任何渗漏现象,充分验证了“多道设防、柔性密封、主动排水”技术路线的科学性与有效性。

5 结语

装配式建筑接缝防水是一项高度系统化的技术工程,其成败不仅取决于单一材料或工艺,更依赖于从理念、设计、材料、施工到运维的全链条协同。本文研究表明,必须摒弃传统的“堵水”思维,转向“以排为主、防排结合、多道设防、柔性优先”的现代防水理念;在材料选择上,应优先采用MS改性硅烷密封胶、闭孔PE背衬及柔性防水涂料等高性能组合;在构造设计上,外密封、中空腔、内防水的“三道防线”体系已被实践证明行之有效;在施工层面,基层处理、胶体成型、节点封闭等环节必须严格执行标准化工艺;在管理维度,唯有实现设计、预制、施工、检测、运维的全过程闭环管控,方能真正根治接缝渗漏顽疾。展望未来,随着自修复密封材料、智能打胶机器人、数字孪生平台等新技术的成熟应用,装配式建筑接缝防水将迈向更高水平的可靠性、耐久性与智能化,为我国建筑工业化高质量发展筑牢安全底线。

参考文献

- [1]王红兵.装配式建筑接缝防水耐久性提升技术研究[J].住宅与房地产,2025,(26):117-119.
- [2]刘盈,王聪颖,周剑,等.装配式建筑外墙板接缝防水密封性能研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(02):94-96.
- [3]付雷.装配式建筑外墙拼接缝防水密封工艺优化分析[J].江苏建筑职业技术学院学报,2022,22(04):13-17.
- [4]樊恒东.装配式建筑预制外墙接缝防水技术研究[J].中国建筑装饰装修,2022,(06):27-29.