

An Introduction to a Permanently Impermeable Physical Structural Waterproofing Technology and Its Application

Zhiwu Dong

Jiangxi Qifu Waterproof Technology Co., Ltd., Pingxiang, Jiangxi, 337000, China

Abstract

The problem of water seepage in buildings is a long-standing and widespread challenge in the construction industry. Despite the continuous advancement of modern construction technology and the constant innovation of materials science, it is still difficult to completely avoid the occurrence of leakage in building structures during their use due to factors such as environmental changes, differences in material properties, and limitations of construction techniques. It seriously affects the durability, safety and living comfort of buildings.

Keywords

Engineering technology, waterproofing technology, building seepage, waterproofing materials, waterproofing construction

一种永久不渗水的物理结构性防水技术概论及其应用

董志武

江西启福防水科技有限公司, 中国 · 江西 萍乡 337000

摘 要

建筑物渗水问题, 是建筑行业长期存在的普遍性难题。尽管现代建筑技术不断进步, 材料科学持续革新, 但建筑结构在使用过程中因环境变化、材料性能差异及施工工艺局限等因素, 仍难以彻底避免渗漏现象的发生。严重影响建筑的耐久性、安全性与居住舒适度。

关键词

工程技术, 防水技术, 建筑渗水, 防水材料, 防水施工

1 引言

根据《建筑工程质量管理条例》第四十条规定, 有防水要求的屋面、卫生间、房间和外墙面防渗漏的最低保修期限为 5 年。然而, 一般民用建筑的设计使用年限普遍在 50 年以上, 部分高层建筑甚至可达百年。一旦出现渗水, 不仅影响居民生活品质, 还会导致墙体霉变、钢筋锈蚀、结构劣化等一系列连锁反应, 严重时甚至威胁建筑安全。

传统防水技术多以依赖涂层或卷材覆盖于结构表面为主, 无法从根本上解决因材料收缩差异、热胀冷缩效应及混凝土本体开裂所引发的结构性渗水问题。因此, 开发一种能够从源头上实现永久性防渗的新型防水体系, 已成为建筑科技领域亟待突破的核心课题。

在此背景下, 一种基于物理结构性原理的新型防水技术应运而生。该技术采用“主动融合、结构一体”的设计理念, 通过专利连接件、金属骨架抗裂层与轻质抗渗混凝土的

耐久性等多重组合工艺, 构建出具备绝对抗裂、绝对防渗、绝对耐侯的多功能防水结构层。这一技术, 展现出卓越的长期稳定性与环保优势, 标志着建筑防水从“短期防护”向“终身防御”的历史性跨越。

本文旨在全面阐述该新型物理结构性防水技术的基本原理、关键技术构成及其在典型渗水场景中的应用路径, 深入剖析其相较于传统工艺的技术优势, 并展望其在未来建筑可持续发展中的广阔前景。

2 浅析建筑渗水的根本成因

要实现真正意义上的长效防水, 必须首先厘清建筑渗水的本质原因。经过多年工程实践与理论研究, 建筑渗水主要可归结为三大结构性缺陷来源: 排水管道与混凝土连接处渗水、墙体与混凝土连接处渗水, 以及混凝土本体裂缝引发的渗水。卫生间与屋面/露台/阳台的区域渗水, 构成了当前建筑防水失效的主要场景。

第一类渗水点出现在排水管道与混凝土楼板交接部位。该位置通常位于卫生间、厨房等湿区地面穿管处, 是渗水高发区。其根本原因在于 PVC 排水管与混凝土两种材料

【作者简介】董志武 (1977-), 男, 中国江西萍乡人, 高级工程师, 从事建筑工程防水研究。

之间存在显著的物理性能差异。PVC 属于高分子聚合物，具有较高的热膨胀系数（约为 $6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ），而混凝土的线膨胀系数约为 $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，两者相差近六倍。在冬季低温条件下，PVC 管道收缩幅度远大于混凝土基体，导致二者界面产生相对位移。由于材质不同且无法形成化学粘结，这种差异变形会在接口周围形成微小但持续扩大的环形收缩缝。随着时间推移，水分沿此缝隙渗透至下层空间，最终造成楼下天花板滴水、墙面潮湿等问题。治标不治本。

第二类渗水集中于墙体与混凝土构件的接合区域，常见于剪力墙与砌体填充墙交界处、女儿墙根部、阳台隔墙底部等位置。此类问题同样源于材料间的不兼容性。混凝土作为现浇结构材料，其干缩率较高，硬化过程中体积会逐渐减小；而混凝土砌块、砖墙或其他轻质墙体材料则具有不同的收缩特性。两者在施工后各自独立完成收缩过程，若未采取有效构造措施，极易在交接面形成贯通性裂缝。一旦雨水或生活用水侵入裂缝，便会迅速扩散，形成大面积湿斑甚至渗流。传统的抹灰层加防水涂料做法虽能暂时封闭表面，但无法阻止基层裂缝的发展，防水层随之开裂失效。

第三类渗水源于混凝土本体自身的结构性缺陷。混凝土作为一种典型的脆性材料，虽然具备优良的抗压强度，但其抗拉强度仅为抗压强度的十分之一左右，整体延展性和抗裂能力较差。在实际工程中，多种因素均可诱发混凝土开裂：地基沉降引起结构受力失衡，导致梁板产生结构性裂缝；施工阶段水灰比控制不当、振捣不密实、养护不到位等工艺缺陷造成早期塑性收缩裂缝；大体积混凝土浇筑时内外温差过大引发温度应力裂缝；以及后期荷载超限、震动疲劳等外部作用下的疲劳开裂。这些裂缝一旦贯通，即成为水分入侵的直接通道。尤其在屋面、地下室顶板等暴露或半暴露环境中，裂缝在冻融循环、碳化侵蚀等自然作用下不断扩展，进一步削弱结构完整性。

综上所述，建筑渗水并非单一因素所致，而是材料性能差异、结构变形协调失衡与施工质量控制薄弱共同作用的结果。传统防水理念往往局限于“表面覆盖”，忽视了渗水背后的物理结构性根源。因此，理想的防水解决方案必须满足三项基本条件：一是防水层本身具备足够的抗裂能力，能够适应基层变形而不随其开裂；二是具备高度致密的防渗性能，确保即使在高压水的作用下也不发生渗透；三是拥有优异的耐候性，能够在紫外线、温差、酸雨等恶劣环境下长期保持功能稳定。唯有同时满足这三项条件，才能实现真正意义上的“一次性解决”建筑渗水难题。

3 传统防水工艺的局限性分析

目前建筑行业中广泛采用的传统防水工艺主要包括涂膜类与卷材类两大体系。前者如聚氨酯、JS 复合防水涂料、水泥基渗透结晶型材料等，后者则涵盖 SBS 改性沥青卷材、自粘聚合物改性沥青卷材、TPO/PVC 高分子卷材等。尽管

这些材料在一定程度上提升了建筑的防水性能，但从系统工程角度看，它们均未能从根本上克服前述三大渗水机理所带来的挑战，因而无法实现长效、可靠的防水效果。

首先，传统防水材料普遍缺乏“绝对抗裂”能力。无论是柔性涂料还是弹性卷材，其本质仍是附着于混凝土基层之上的附加层。当基层因温度变化、干缩或沉降产生裂缝时，防水层虽具有一定延伸率，但仍受限于材料本身的极限拉伸强度。[1] 实验表明，多数常用防水涂料的断裂伸长率在 200%~800% 之间，而卷材略高，可达 1000% 以上。然而，实际工程中混凝土裂缝宽度可能超过 2mm，且呈动态发展状态，远超防水材料的补偿能力。更为重要的是，防水层与基层之间的粘结强度往往低于混凝土自身的抗拉强度，导致裂缝出现时，防水层优先发生剥离或断裂，形成“脱壳”现象，从而丧失防护功能。此外，对于管道根部、阴阳角等复杂节点部位，手工涂刷或铺贴难以保证厚度均匀与连续完整，极易留下薄弱环节。

其次，传统防水层的“防渗”性能具有时效性限制。大多数有机类防水材料在长期暴露于自然环境中时，会发生光氧化、热老化或水解降解。例如，沥青类卷材在紫外线照射下易脆化龟裂；聚氨酯涂料在湿热环境下可能发生黄变、粉化；PVC 卷材虽耐候性较好，但增塑剂迁移会导致材料变硬开裂。即使是号称“永久防水”的水泥基渗透结晶材料，其活性成分也只能在一定时间内持续反应，且对贯穿性裂缝的修复能力有限。一旦防水层老化破损，水分便会直接接触结构本体，加速钢筋锈蚀与混凝土劣化，形成恶性循环。

最后，传统工艺难以应对“耐候性”要求。尤其在屋面、露台等外露部位，防水层长期承受日晒、雨淋、霜冻、风沙等多重环境应力。即便加设保护层，也无法完全消除温度梯度引起的层间剪切力，导致空鼓、起泡、分层等问题频发。此外，维修更换成本高昂，往往需要整体铲除旧层重新施工，既浪费资源又影响正常使用。[2]

由此可见，传统防水工艺本质上是一种“被动防御”机制，依赖材料自身性能抵御外界侵害，而非从结构层面消除渗水动因。它无法解决材料间热胀冷缩差异带来的界面分离问题，也无法阻止混凝土本体裂缝的生成与发展。因此，即便短期内达到验收标准，仍难以保障长达数十年的使用需求。唯有跳出原有技术框架，转向以“结构一体化”为核心的新型防水方式，方能真正实现建筑防水的革命性突破。

4 新型物理结构性防水技术的实现路径

针对传统防水工艺的根本缺陷，一种基于物理结构性原理的新型防水体系应运而生。该技术不再依赖单一材料的性能优化，而是通过多材料协同、多工艺集成的方式，构建一个与建筑主体结构融为一体的功能性防水层，从而实现“绝对抗裂、绝对防渗、绝对耐候”的三位一体目标。

在排水管道与混凝土连接处,本技术采用自主研发的专利产品——排水管道防渗水连接件(专利号:ZL202021880046.4)。该连接件由高强度PVC复合材料制成,专为预埋设计。施工时将其预先安装于模板内,与即将浇筑的混凝土同步成型。连接件一端设有标准承插口,用于后续与同材质排水管道连接,确保接口无缝融合;另一端则设计有多级环肋、锚固齿槽及扩大头结构,极大增强了与混凝土的机械咬合力。更重要的是,整个连接件完全嵌入混凝土内部,处于无应力过渡区,避免了因外部温差引起的界面剪切破坏。由于PVC管与连接件材质相同,热胀冷缩行为一致,形成“同质同构”的物理连续体,从根本上消除了因材料差异导致的收缩缝。经实测验证,能彻底解决管道根部渗漏顽疾。

针对墙体与混凝土交接处的渗水问题,本技术引入自主研发的专用结构性连接组件(专利号:ZL 2022 2 1674078.8)。该组件采用高性能工程塑料材质,具备双向锚固功能。一侧通过平面凹槽与混凝土结合,另一侧通过螺纹接口,便于与砌体墙、ALC板或其他墙体材料实现刚性连接。组件表面设有凹槽结构,可与抹灰砂浆形成深度咬合,防止界面滑移。其核心设计理念在于“以第三种介质实现异质材料融合”,即通过中间连接件将原本独立变形的两类材料整合为统一受力单元。当温度变化引起各自收缩时,变形能量被连接件内部结构吸收并均匀传递,避免局部应力集中。[3]现场检测数据显示,采用该技术后,墙体与混凝土交界处被塑料连接件取代,裂缝发生率下降100%,防水可靠性提升100%。

在屋面、露台等大面积外露防水场景中,本技术提出一套完整的结构性防水施工流程:第一步,铺设镀锌钢网格板或不锈钢网格板作为抗裂金属骨心,网格规格根据结构跨度选用 $\Phi 10\sim\Phi 15\text{mm}$,间距 $150\times 150\text{mm}$,通过膨胀螺栓或焊接方式固定于基层,形成三维立体支撑体系;第二步,对金属骨心进行防酸碱处理,第三步,实施防水层抗渗处理,采用卷材复合工艺,形成连续致密的柔性密封层;第四步,进行防渗层与外露保护层之间的防鼓壳、防分层处理。在防渗层上平铺2层玻纤网,并在玻纤网上密实涂刮水泥胶粘剂。第五步,浇筑2~3cm厚防渗轻质混凝土保护层,采用LC5.0

级以上陶粒混凝土,掺入抗裂纤维与防水剂,进行精细找平与压实收光,并进行充分湿养护。最终形成的复合防水结构层集成了金属骨架的抗裂性、柔性材料的密封性与轻质混凝土的耐候性,形成一个不可分割的整体系统。该复合结构将“抗裂一防渗一耐候”三大功能有机整合,形成与建筑同寿命的防水屏障。

该防水层不仅具备出色的物理性能,还展现出卓越的环保特性。所有材料均不含甲醛、苯系物等有害挥发物,符合GB/T 50378绿色建筑评价标准。轻质混凝土密度低、导热系数小,强度大,耐候性强。整套系统施工便捷,综合造价较传统重做防水方案降低约30%,且使用寿命可达50年以上,真正实现“一次投入,终身受益”。

5 结语

新型物理结构性防水技术代表了建筑防水领域的重大创新方向。它突破了传统“表面设防”的思维定式,转而从结构融合、材料协同。通过专利连接件实现异质材料一体化,借助金属骨架增强整体抗裂能力,结合轻质高强混凝土提供持久耐候保护,构建了一个兼具功能性、耐久性与经济性的全生命周期防水解决方案。

该技术已在多个住宅小区、商业综合体及公共设施项目中成功应用,经多年跟踪监测,未发现任何结构性渗漏案例,用户反馈良好。其施工简便、后期无维护成本、环保性能优等特点,使其具备广泛的推广价值。

可以预见,新型物理结构性防水技术将成为下一代建筑防水的标准配置,推动整个行业从“修补式维护”迈向“预防性设计”的新阶段。它的广泛应用,不仅将大幅减少建筑维修频率与社会资源浪费,更能为人们创造更加健康、安全、舒适的居住环境,助力城市基础设施高质量发展迈上新台阶。

参考文献

- [1] 吴思杉,田泽辉,王礼建,等.装配式混凝土建筑预制外墙接缝防水技术研究[J].四川建筑,2021,41(S1):141-143.
- [2] 张泉,孙媛.防水混凝土结构防渗漏施工技术[J].城市住宅,2021,28(8):255-256.
- [3] 王超.关于改善混凝土结构整体性能防水方法[J].大众标准化,2021(12):138-140.