

种植屋面防渗系统设计与耐久性研究

徐林海

安徽建工三建集团有限公司 安徽 合肥 230031

摘要：随着建筑生态化发展进程加快，种植屋面防渗系统的稳定性与耐久性成为建筑防水领域的核心研究方向。系统梳理了种植屋面防渗系统的核心设计维度，深入分析种植环境侵蚀、材料性能衰减、构造缺陷与环境荷载等因素对系统耐久性的影响机制，最终从材料适配优化、构造层级强化、细部节点优化及全周期管控等方面，提出了系统耐久性提升的完整设计路径。

关键词：种植屋面；防渗系统；耐久性；构造设计

引言：城镇化建设与绿色建筑理念的深度融合，推动种植屋面技术在建筑工程领域得到广泛应用。防渗系统作为种植屋面的核心功能屏障，其防水效能与耐久性直接决定建筑的使用安全与使用年限。当前工程实践中，种植屋面渗漏失效、耐久性不足等问题频发，根源多在于材料选型适配性不足、构造层级设计不合理、细部节点管控不到位，亟须围绕系统耐久性进行系统性的设计与优化。

1 种植屋面防渗系统概述

种植屋面防渗系统是种植屋面的核心防水构造体系，核心功能是阻止雨水、灌溉水向建筑内部渗透，保障结构安全与使用功能。该系统由防水层、排水层、保护层及细部节点构造组成，各层级协同形成完整防水屏障。防水层多采用高分子卷材、涂膜或沥青基材料，须具备抗渗透、耐候及抗根系穿透能力；排水层通过碎石、陶粒等实现快速排水，避免积水升压；保护层采用轻质材料保护防水层并控制荷载。系统设计需兼顾环境荷载、材料性能及构造细节，确保在复杂环境下长期稳定运行，延长种植屋面使用寿命^[1]。

2 种植屋面防渗系统的核心设计维度

2.1 种植屋面防渗系统的材料选型设计

种植屋面防渗系统材料选型需聚焦功能适配性与

环境协调性。防水层材料须具备优异耐根穿刺性能，穿刺强度不低于350N ~ 500N，人工加速热空气老化70℃×168h、紫外老化300h ~ 500h后，性能保持率不低于80%，冻融循环按气候区分不低于50次、80次，试验后无裂纹、无渗漏。铜胎基改性沥青卷材、高密度聚乙烯膜等可有效抵御根系穿透，兼顾抗老化性，保障复杂环境下防水效能稳定。排水层材料需满足透水性及结构稳定性，陶粒、碎石类渗透系数不低于 $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ，塑料凹凸型排水板不低于 $5.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ ；高凹凸型排水板排水速率不低于 $0.5 \text{cm}^3/\text{s}$ ，陶粒排水层不低于 $0.3 \text{cm}^3/\text{s}$ 。材料间需通过黏结剂或机械固定可靠连接，形成整体密封体系，规避层间窜水渗漏风险。

2.2 种植屋面防渗系统的构造层级设计

种植屋面防渗系统构造层级设计以功能分层协同为核心准则。防水层是防渗核心环节，需采用耐根穿刺抗老化材质，从根源杜绝渗漏隐患。排水层铺设于防水层之上，借助透水材质搭建导水路径，快速排走雨水降低水压。通过下表可清晰梳理层级要点。保护层可防护防水层免受外力损伤，为植被生长打造稳定基础。植被层选用浅根系耐旱品类，降低根系破坏概率，强化生态效能。设计中需统筹荷载分布温度变化及植物生长状态，保障系统长期稳定运作，避免层间脱空或窜水问题。

表2-1 种植屋面防渗系统层级核心要素表

层级类别	核心作用	设计关键
防水层级	阻断渗漏通道	选用耐根穿刺抗老化材料，确保层间密合
排水层级	疏导多余雨水	构建透水导水结构，消除积水侵蚀风险
植被防护层级	防护生态双效	配置适配植被，提供稳定生长基底

2.3 种植屋面防渗系统的节点细部设计

种植屋面防渗系统节点细部设计需聚焦易渗漏部

位，女儿墙泛水、排水口周边及穿墙管根部为渗漏高发节点，需采用多道设防、柔性密封与机械固定结合的构

造体系，典型女儿墙泛水防渗节点构造如图2-1所示。

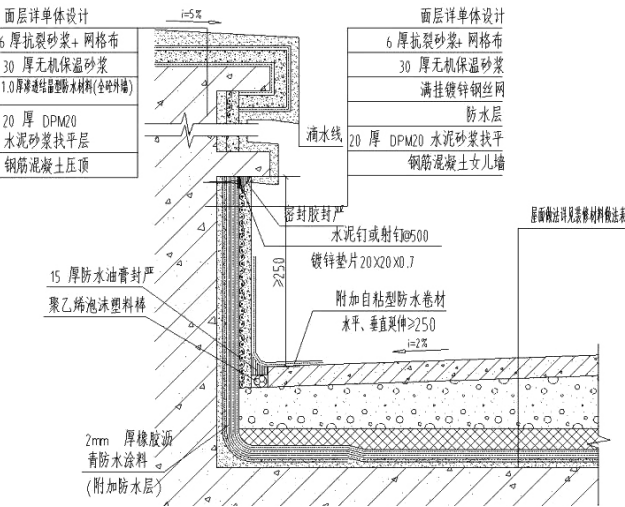


图2-1 种植屋面女儿墙泛水防渗节点构造图

该节点采用多层复合设防：基层为钢筋混凝土女儿墙，做20厚DPM20水泥砂浆找平层；主防水层上翻 $\geq 250\text{mm}$ ，阴阳角及泛水根部增设2mm厚橡胶沥青防水涂料附加层及自粘卷材，卷材延伸长度 $\geq 250\text{mm}$ ；泛水收头用射钉@500配合镀锌垫片固定，缝隙填泡沫塑料棒并封防水油膏；外侧设镀锌钢丝网、30厚无机保温砂浆及抗裂砂浆+网格布，压顶设5%外排水坡度及滴水线，屋面主体设2%排水坡度。附加层选高弹性材料，排水口、穿墙管参照节点设防，严控基层质量及搭接施工，采用弹性密封材料适配温度变形

2.4 种植屋面防渗系统的适配性优化设计

种植屋面防渗系统适配性优化需结合区域环境与建筑特性展开。寒冷地区需选用抗冻融性强的防水材料，如三元乙丙橡胶膜，避免低温开裂。炎热地区则需提升材料耐热老化性，如添加紫外线吸收剂的高分子卷材。建筑类型差异影响设计参数，坡屋顶需优化排水坡度与路径，防止雨水滞留。平屋顶需强化排水层承载能力，适应植被层荷载。植被选择需匹配系统耐根穿刺性能，浅根系植物减少根系破坏，深根系植物需增设根系阻挡层。材料兼容性需通过粘接强度测试验证，避免层间脱空。环境友好性纳入考量，如使用可回收材料、减少施工废弃物。设计时通过温度循环试验、雨水冲刷模拟验证性能，确保系统在多环境条件下稳定运行。

3.种植屋面防渗系统耐久性的核心影响因素

3.1 种植环境对防渗系统的侵蚀影响

种植环境对防渗系统的侵蚀，核心来自种植屋面专属的植物-土壤-微生物复合体系，是其区别于普通屋面防水的核心侵蚀源。植物根系持续生长，压力随时间

累积，对防水层形成长期机械穿刺，是防水层失效的核心诱因之一。酸碱基质持续化学腐蚀防水材料，基质颗粒随水流磨蚀防水层。微生物代谢的有机酸腐蚀材料、加速分子分解。雨水与灌溉水长期浸泡致材料水解、粘接强度下降，同时滋生微生物，形成侵蚀循环。设计时需通过专项试验验证材料性能，结合排水坡度优化与保护层强化，降低侵蚀对系统耐久性的负面影响^[3]。

3.2 材料性能衰减对耐久性的作用

材料性能衰减是种植屋面防渗系统耐久性的关键制约因素。高分子防水材料在长期紫外线照射下，分子链断裂加速，表面出现粉化、脆化现象，直接降低抗渗透能力与延展性。沥青基材料在温度循环中易产生冷脆热黏现象，高温软化导致流淌变形，低温脆裂引发微裂纹扩展。化学腐蚀方面，酸雨、植物根系分泌的有机酸等侵蚀防水层，破坏材料分子结构，形成渗漏通道。物理磨损则表现为风沙颗粒冲刷、人员活动踩踏等造成的表面损伤，削弱防水层完整性。材料性能衰减还体现在相容性差异，不同材质界面在温度、湿度变化下产生应力失配，诱发界面剥离。需通过材料耐候性改良、抗腐蚀添加剂研发及界面黏结强化技术，延缓性能衰减进程。

3.3 构造缺陷对防渗耐久性的影响

种植屋面防渗系统构造缺陷直接影响耐久性能。基层平整度不足导致防水层黏结不均，局部空鼓处易产生应力集中，加速材料老化开裂。防水层厚度差异过大，薄区抗渗透能力薄弱，厚区易因收缩应力引发龟裂。接缝处理不当形成渗漏通道，搭接宽度不足或黏结剂失效，使水分子沿界面渗透扩散。排水坡度设计不合理导致局部积水，长期静水压加速防水层与基层界面剥离。材料相容性差引发界面失效，不同材质热膨胀系数差异导致温度变化时产生剪切应力，诱发界面开裂。构造缺陷还体现在细部节点处理，如女儿墙、落水口等部位密封不严，形成渗漏隐患。需通过精细化施工控制、材料匹配性优化及节点构造创新，提升防渗系统构造质量^[4]。

3.4 环境荷载对防渗系统的耐久损耗

其耐久损耗受非种植专属自然荷载长期作用，各因子形成显著复合损耗。温度波动引发材料热胀冷缩，削弱防水层与基层粘结力，加速微裂扩展。风压变化产生动态疲劳荷载，使防水层产生累积疲劳应力，诱发应力集中处微裂扩展。降水渗透形成持续水压梯度，叠加冻融水分子相变体积变化，加剧材料内应力，致结构疏松。空气湿度变化打破材料吸湿脱湿平衡，高湿加速有机材料降解；积雪带来持续静压力，融雪兼具温变与水分渗透。各类因子交互作用加速材料性能衰减与构造失效，

需通过材料耐候性优化、结构适配性设计及动态荷载响应,提升系统耐久性。

4 种植屋面防渗系统耐久性提升的设计路径

4.1 防渗材料的耐久性能适配优化

防渗材料耐久性能适配优化需聚焦材料本征特性与使用环境匹配性,种植屋面防水层耐根穿刺性能按作用机理分为化学阻根、物理阻根、复合阻根三类技术路径。化学阻根技术通过在防水卷材或涂料中添加植物生长抑制助剂,抑制根系尖端生长避免穿透,不影响植物存活,施工简便、成本适中,但阻根剂有缓慢析出风险,环境对耐久寿命影响较大,设计耐久10—15年。物理阻根技术依靠材料自身高密度、高刚度、高撕裂强度形成机械屏障,无化学添加,以铜胎基、HDPE、EPDM橡胶卷材为代表,性能稳定无衰减,耐老化及耐冻融性能优异,设计耐久25—30年。复合阻根技术结合物理阻隔与化学阻根双重机制,形成“机械阻挡+生长抑制”双重防护,综合性能最优,抗穿刺、耐老化、适配性强,耐久等级最高,可满足 ≥ 30 年超长服役需求。

4.2 防渗构造层级的耐久强化设计

防渗构造层级耐久强化需从结构细节与材料协同入手。基层处理需严格控制平整度与含水率,避免因基层缺陷导致防水层应力集中或空鼓。防水层设置应采用多层复合结构,如高分子防水卷材与涂膜组合,通过层间黏结强化形成整体防水屏障。节点部位如女儿墙、落水口、阴阳角需采用加强层设计,使用弹性密封材料与增强网格布复合处理,减少应力集中与渗漏风险。保护层设计需兼顾抗冲击与抗根系穿透能力,采用轻质混凝土或高密度聚苯板,既保护防水层又避免过重荷载。构造层级间需通过材料相容性测试,确保热膨胀系数匹配,减少温度变化引起的界面剥离。通过精细化构造设计与材料协同优化,提升防渗系统整体耐久性能,实现长期功能稳定与使用寿命延长^[5]。

4.3 细部节点的防渗耐久优化设计

细部节点防渗耐久优化聚焦应力分散与密封强化,从构造、材料、施工三方面优化核心渗漏节点。女儿墙根部做弧形倒角分散应力,配合图2-1的双重防水附加层,抵御温度变形与根系穿刺;泛水收头采用机械固定+密封嵌填工艺,收头高度 $\geq 250\text{mm}$,适配种植屋面积水防护需

求。落水口用高延伸率涂膜包裹管口,阴阳角铺增强网格布双重加固,排水沟内侧做防滑耐磨涂层。密封材料选用耐候硅酮胶或聚氨酯胶。通过精细化设计与材料匹配,实现从“被动防渗”到“主动耐久”的转变,延长系统整体使用寿命。

4.4 防渗系统的全周期耐久管控设计

防渗系统全周期耐久管控需贯穿设计、施工、运维全阶段。设计阶段需建立材料性能数据库,结合屋面环境参数精准选配耐候性材料,规避性能冗余或不足。施工阶段实施过程质控,用激光平整度仪、红外热像仪分别检测基层平整度与黏结层温度均匀性,保障防水层无空鼓、无缺陷。运维阶段建立定期检测机制,借助无损检测评估防水层完整性,通过智能传感器实时监测水压、温度,预警渗漏风险。全周期数据整合至BIM模型,构建动态耐久性评估系统,实现设计至运维全链路可追溯。通过全阶段精细化管控,保障防渗系统在复杂环境下长期稳定运行,延长使用寿命,保障种植屋面安全高效。

结束语: 种植屋面防渗系统的耐久性提升,是材料性能、构造设计、细部处理与全周期管控多维度协同的系统工程。只有立足使用场景的环境特征,实现防水材料构造层级的精准适配,强化易渗漏节点的精细化设计,构建覆盖全流程的质量管控体系,才能从根本上化解渗漏的隐患,保障系统长期效能,推动种植屋面技术的规范化发展与生态价值的充分释放。

参考文献

- [1]徐洪涛,周辉,余桂爱,等.混凝土结构平屋面防水工程耐久性特征与启示——基于实际渗漏案例的调查研究[J].建筑节能(中英文),2025,53(12):110-118.
- [2]王治兵.种植屋面排水系统施工技术研究[J].陕西建筑,2025(10):125-129.
- [3]雷永顺.高凹凸型防水板种植屋面的关键技术研究与应用[J].门窗,2025(22):85-87.
- [4]赵利霞.防水涂料在屋面及地下防水工程中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(4):037-040.
- [5]于丹丹.防渗漏技术在建筑施工中的应用研究[J].建筑与装饰,2025(3):127-129.