地下建筑工程防水渗漏机理及综合治理技术研究

赵　昱

安徽建工 (安庆) 投资发展集团有限公司　安徽　合肥　230000

摘　要：现代城市地下建筑工程建设规模持续扩大，地下结构长期处于高湿度、高水压、土体复杂约束的特殊环境中，防水防渗始终是工程质量管控与运维保障的核心重点。本文以地下建筑工程防水渗漏问题为研究核心，系统梳理地下结构的服役环境与防水构造特点，深入剖析材料缺陷、结构设计不合理、施工工艺不规范等各类因素对应的渗漏发生机理。结合现阶段主流工程技术体系，逐一探究结构本体防渗补强、裂缝高压注浆堵漏、接缝柔性密封修复、基面整体防水翻新与保护层施工等综合治理技术的应用原理与工艺优势。

关键词：地下建筑工程；防水渗漏机理；综合治理技术

引言

不同于地上建筑，地下结构完全埋置于土层与水环境当中，持续承受地下水渗透压力、土体挤压作用以及温湿度循环变化，整体施工环境复杂，防水设防难度极大。现阶段多数地下建筑在长期服役过程中，普遍存在不同程度的裂缝渗水、接缝渗漏、基面返潮等病害问题。而从工程实际情况来看，传统单一的堵漏修复方式只能暂时解决表层渗水问题，无法从机理层面根治渗漏病害。行业内亟需结合渗漏产生的深层机理，建立源头防控、过程管控、综合治理的完整技术体系。

1 地下建筑工程防水渗漏主要机理分析

1.1 材料缺陷引发的渗漏机理

（1）混凝土作为地下结构的主体用材，自身材质缺陷是最常见的渗漏诱因。混凝土配比设计不合理，骨料级配失衡、胶凝材料掺量不达标，都会让结构内部形成大量细微孔隙与疏松夹层。这些微小空隙会相互连通，形成隐蔽的渗水通道。在长期地下水压力的作用下，水体能够顺着孔隙缓慢渗透，逐步扩大渗漏范围。同时混凝土材料自身存在的收缩特性，若材料抗收缩性能不足，会在结构成型后产生细微裂缝，成为地下水渗透的主要路径。（2）专用防水材料的性能缺陷同样会直接破坏防水体系的完整性。市面上各类防水卷材、防水涂料、密封材料质量层次不齐，部分材料存在拉伸强度不足、耐水性差、抗老化能力薄弱等问题。这类材料投入使用后，无法长期抵御地下复杂环境的侵蚀[1]。经过一段时间的环境作用，会出现涂层起皮、卷材开裂、材料老化失效等问题，彻底丧失防水阻隔能力，让防水保护层失去原有防护作用。（3）材料适配性不足引发的隐性缺陷也不容忽视。不同地下工程的水文环境、结构受力条件存在差异，若选用的防水材料与工程实际工况不匹配，即便材料本身质量合格，也难以发挥长效防水效果。刚性防水材料柔性不足，无法适配结构轻微形变，容易出现断裂破损。柔性防水材料抗穿刺能力较弱，容易被基层尖锐结构破坏。各类材料适配性偏差带来的隐患，会逐步发展为结构性渗漏病害，成为地下工程渗漏问题的重要诱因。

1.2 结构设计不合理产生的渗漏隐患

（1）很多地下工程在方案设计阶段，会过度侧重结构承载力与空间利用效果，对防水设防的整体性和细节性考量不足。部分结构节点设计过于简化，没有针对地下高水压、高潮湿的特殊环境做专项防水优化处理。各类构件衔接位置、结构转折区域的防水构造设计缺失，无法形成完整封闭的防水防护体系，极易成为地下水渗透的薄弱点位。（2）防水层级设计不合理也是普遍存在的问题。部分设计方案未结合地下水位的动态变化规律规划防水设防标准，整体防水设防高度不足，防水构造层级单一。面对水压升高、土层渗水变化等工况，原有防水结构无法起到有效的阻隔作用，水体能够轻易突破防水防线，引发大面积渗漏问题。（3）结构变形预留设计不足也会诱发渗漏问题。地下结构会受土体压力、温度变化、地基轻微沉降等因素影响产生微量形变。若设计阶段变形缝、伸缩缝的布设间距不合理，防护构造设计不规范，结构形变过程中会直接撕裂防水层。进而破坏防水结构的完整性，形成固定渗漏通道，持续造成地下工程渗水病害。

1.3 施工工艺不规范导致的渗漏成因

（1）混凝土结构施工不规范是引发渗漏的主要施工诱因。部分施工阶段存在浇筑速度把控不当、振捣不到位的问题，会让混凝土内部产生大量松散孔隙、蜂窝麻面以及空洞缺陷。这类细微缺陷会直接连通形成隐蔽性渗水通路。同时混凝土浇筑工序衔接混乱，间隔时间把控不当，会造成施工冷缝。冷缝位置粘结强度极低，结构整体性遭到破坏，抗渗性能大幅下降，成为地下水渗透的主要薄弱区域。此外养护流程不标准，会让混凝土结构出现不均匀收缩开裂，进一步加剧结构透水隐患。（2）防水层施工工艺粗放同样会严重影响防水质量。基层处理不到位是普遍存在的问题，基面残留浮土、灰尘与积水，使得防水材料无法紧密贴合结构表层。防水层与基层粘结不牢固，后期容易出现空鼓、起皮、脱落等现象，彻底丧失隔水防护作用[2]。防水卷材搭接长度不足、涂层涂刷厚度不均、多层防水施工间隔把控混乱等违规操作，都会造成防水体系出现局部断层与薄弱区域。（3）各类细部节点施工处理不精细，也是渗漏频发的关键原因。施工缝、变形缝、穿墙管线、结构阴阳角等复杂节点，本身就是防水防护的重点位置。现场施工常常存在简化工序、省略附加防水构造、密封填充不密实等问题。这些点位的防水防护标准达不到设计要求，会形成天然渗水通道。

2 地下建筑工程防水综合治理技术

2.1 结构本体防渗补强处理技术

（1）混凝土结构本体补强，首要针对结构内部疏松、微孔、蜂窝等原生缺陷开展治理。常规地下混凝土结构成型后，内部会残留细微孔隙与松散区域，长期在地下水压力作用下会逐步贯通形成渗水通道。本体防渗技术通过专用补强材料渗透至结构内部，填充各类微小空隙，重塑混凝土内部结构。有效提升结构整体密实程度，阻断潜藏的毛细渗水通路，让混凝土结构恢复自身的隔水防渗能力，实现结构自防水的提质升级。（2）针对结构细微收缩裂缝的封闭补强，也是本体防渗的关键内容。地下结构受温差变化、水化收缩、地基微沉降等因素影响，会产生大量肉眼难以察觉的细微裂缝。这类裂缝是地下水渗透的主要载体，常规表层修补无法彻底根治问题。本体补强工艺会对裂缝基层进行精细化处理，清理裂缝内部杂物与潮湿夹层，采用适配的刚性补强材料填充封堵。材料固化后可以与原混凝土结构融为一体，有效封闭裂缝通道，同时增强结构局部强度，避免裂缝持续拓展延伸。（3）该技术可实现结构整体抗渗性能的均匀强化。对于长期处于潮湿环境、表层风化、强度衰减的混凝土结构，通过整体表层补强固化处理，能够修复结构表层破损区域，封堵表层疏松孔隙。可以有效抵御地下水的渗透侵蚀与土体腐蚀性介质的破坏，改善结构耐久性不足的问题。

2.2 裂缝封堵与高压注浆堵漏技术

（1）常规人工裂缝封堵技术主要用于处理表层细微裂缝及浅层渗水缺陷。施工过程中会先对裂缝表层基层进行清理，剔除松散老化的混凝土表层，清理缝隙内部堆积的杂质与积水，保证裂缝基面干净干燥。随后采用高强度密封材料与抗渗修补砂浆进行分层填充压实，实现裂缝表层的封闭处理[3]。该工艺可以修复结构表层破损缺陷，避免裂缝继续扩宽延展，阻断表层毛细渗水，配合结构本体防渗体系提升整体防水效果，多用于病害程度较轻的裂缝防护治理。（2）高压注浆堵漏技术是针对深层贯通裂缝、高压渗水病害的核心治理手段。依靠专业注浆设备产生的稳定高压推力，将高分子注浆材料精准送入结构裂缝的深层位置。在压力作用下，浆液可以顺着裂缝走向充分渗透，同时渗入混凝土内部的微小孔隙与隐蔽空腔。浆液接触水分后会快速发生固化反应，体积逐步膨胀填充所有渗水通道，牢牢粘结松散的混凝土结构。（3）注浆材料固化后会形成致密且具备弹性的防水胶体，既能彻底封堵深层渗水通路，抵御地下水持续水压的渗透作用，还可以适应结构后期产生的微量形变，避免裂缝再次开裂透水。该技术突破了传统修补工艺只修表面、不治根本的缺陷，能够覆盖肉眼无法观测的隐蔽渗漏点位，解决顽固渗水、点状涌水、缝隙渗水等各类复杂渗漏问题。

2.3 接缝密封与柔性防水修复技术

（1）接缝密封处理的核心思路是在接缝空腔内部填充具备形变能力的密封介质。作业前期需要对接缝沟槽开展彻底清理，剔除内部松动的混凝土碎屑老化填充物以及各类淤积杂物，保证沟槽内部基面洁净稳固。去除缝隙内部积存的明水，减少水分对密封材料粘结效果带来的干扰。之后分层嵌入适配的密封填充材料，保证材料和沟槽两侧的混凝土基面紧密贴合，消除内部残留的空隙。固化成型后的密封层可以跟随接缝的微小伸缩发生同步形变，不会因为结构轻微错动就出现断裂，持续阻挡地下水沿着缝隙向内渗透。（2）柔性防水修复技术会在接缝密封的基础之上增设柔性防水防护层。单纯依靠内部密封材料，难以抵御地下环境长期的侵蚀作用[4]。柔性防水材料拥有良好的拉伸复原能力，能够覆盖接缝以及周边一定范围的结构基面。该层构造可以把接缝整体包裹起来，形成外部隔水屏障。即便接缝位置出现一定程度的张开错动，柔性防水层依旧可以维

持整体的连续性，避免水体绕过密封层形成新的渗漏路径。（3）该类技术十分看重材料和基层之间的粘结效果。如果基面处理不到位，柔性防水层容易出现空鼓剥离，整体防护效果会直接丧失。所以实际处置过程中需要严格把控基面处理流程，合理选择适配工况的密封与柔性防水材料。充分兼顾材料的粘结性能抗水压力以及耐地下介质腐蚀的能力。接缝密封和柔性防水修复相互配合，实现内部封堵和外部防护的双重防护效果。能够有效解决各类拼接接缝部位的渗漏难题，弥补刚性修补工艺的固有短板，提升地下建筑接缝部位防水构造的耐久性能，减少接缝位置反复渗漏病害的发生概率。

2.4 基面整体防水翻新与保护层施工技术

基面整体防水翻新与保护层施工，是地下建筑工程渗漏综合治理中的兜底性防护工艺，主要针对结构表层老化、防水层失效、基面整体疏松引发的大面积渗水问题开展系统处置。经过长期服役的地下结构，原有防水体系会逐步出现老化衰减，表层混凝土也会出现风化起砂、孔隙增多等问题，单点堵漏无法解决整体防水失效的问题，必须通过整体翻新施工重塑完整的防水防护体系。（1）基面预处理是整体防水翻新的基础工序，直接决定后续防水施工的成型质量。施工阶段需要对结构整体基面进行全面清理打磨，彻底清除表层老化涂层、松散混凝土颗粒、积尘以及各类附着杂质。同时修补结构表面存在的细小坑槽和局部缺损，对轻微疏松的基面进行固化强化，让整体基面保持平整坚实的状态。干净稳固的基面可以保障后续防水材料紧密贴合结构表层，避免防水层出现空鼓脱层的质量问题。（2）整体防水翻新作业会在合格的基面上开展全域防水层铺设施工。区别于局部修补工艺，整体翻新注重防水体系的连续性和封闭性。通过多遍涂刷防水涂层或铺设防水卷材的方式，形成厚度均匀、覆盖完整的整体防水屏障[5]。施工过程中会重点兼顾结构阴阳角、基面过渡区域等容易忽略的薄弱部位，统一补齐防水构造，彻底消除零散渗水隐患，从整体层面恢复结构表层的隔水能力。（3）防水保护层施工是保障翻新防水层长效稳定的关键环节。裸露的防水层容易受到外界机械摩擦、土体挤压和环境腐蚀的破坏，长期使用会出现破损失效。在防水层成型固化后，需要及时浇筑或铺设专用保护层。保护层可以隔绝外部环境对防水层的直接损伤，分散外部压力，避免防水层被穿刺、磨损或老化开裂。

结束语

总之，地下防水渗漏治理属于系统性工程，单一的修补手段无法实现长效治理。未来地下建筑防水工程建设与运维过程中，需要坚持预防为主与综合治理相结合的原则。在设计阶段优化防水构造体系，在选材阶段严格把控材料性能，在施工阶段落实精细化工艺管控，在病害修复阶段科学搭配综合治理技术。

参考文献

[1] 钟华贤, 钟仕群. 地下室防水工程渗漏原因分析及综合治理技术 [J/OL]. 中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2026,(4):104-107.

[2] 许永亮. 地下工程渗漏治理注浆材料研究进展 [J]. 混凝土,2026,(5):160-165.

[3] 商志伟. 防渗漏施工技术在房屋建筑工程中的具体应用研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2026,(7):001-004.

[4] 张德顺. 建筑地下室防渗堵漏综合处置施工技术研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2026,(6):009-012.

[5] 乔建美, 吴新兵. 房建工程地下室防水防渗施工技术研究 [J]. 中国厨卫,2025,24(2):247-249.