

建筑地下空间防水工程设计与施工分析

侯建伟 夏 天 张志成 孔令海 马润龙 李 总

中国建筑第八工程局有限公司 上海 201108

【摘 要】：在当前城市化进程加速的背景下，住宅建筑功能需求呈现多元化发展趋势。地下空间的开发利用已成为现代住宅设计的重要环节，其功能定位涵盖仓储、停车及设备安置等多个方面。作为建筑地下空间的核心组成部分，防水系统的可靠性直接决定了建筑使用品质与耐久性。本研究从建筑全生命周期角度出发，系统探讨地下结构防水体系的设计原理与实施要点，通过分析典型工程案例中的技术难点，提出基于材料性能与构造工艺的优化方案，为提升地下建筑防水性能提供理论依据和实践指导。

【关键词】：建筑；地下室；主体结构；防水工程；施工技术

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.002

引言

在当前城市化快速推进和土地资源集约化利用的背景下，地下空间的开发价值日益凸显。现代住宅建筑中，地下结构已从传统的辅助空间转变为多功能复合型区域，其功能定位涵盖机动车停放、智能仓储及机电设备安置等多元化用途。值得注意的是，根据中国建筑防水协会 2024 年度报告显示，地下工程渗漏事故中约 65% 源于结构防水体系缺陷，暴露出复杂地质条件对防水层耐久性的严峻考验。

1 地下室主体结构防水工程的设计原则

地下建筑防水系统的科学设计是确保建筑物长期安全使用的基础性工作。在方案制定过程中，需系统考量三大关键要素：场地环境特征、结构特性以及材料性能指标。研究表明，混凝土结构的日均水分扩散量维持在 $12\text{--}24\text{ml/m}^2$ 范围内时，当渗入量小于蒸发量，混凝土表面即可保持干燥状态。依据现行国家标准 GB50108-2008 要求，防水混凝土构件的最小厚度应不低于 250mm，据此可推导出厚度抗渗系数 K 值（ $K=\text{实际厚度}/\text{标准厚度}$ ）。具体设计流程包括：1）场地评估阶段，重点考察地下水位特征、水文地质条件及渗漏风险；2）结构适配分析，针对不同结构体系采取差异化的防水构造措施；3）材料优选环节，采用高分子卷材、聚合物水泥基涂料等高性能防水材料构建复合防水层；4）系统集成设计，实现结构自防水与附加防水层的协同工作，同时兼顾内部水患的预防需求，最终形成三维立体的防水防护体系（参见图 1）。

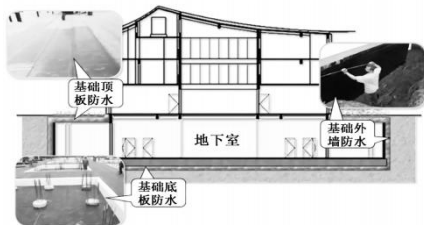


图 1 地下室防水

2 地下室主体结构防水工程施工的常见问题

2.1 工程设计需要优化

在建筑工程实施过程中，防水作业与主体结构施工通常需要同步进行。若两者配合不协调，极易造成防水材料受损，从而降低防水性能。为此，在编制施工方案时，必须重视防水作业与主体施工的工序衔接，防止防水构造在交叉作业中受到损伤。同时，防水体系的设计需综合评估地下水位压力、渗流作用力以及结构后期变形等关键参数，保证防水构造具备多向受力能力，并与建筑主体形成可靠连接。但需指出的是，当前部分防水设计方案由于缺少系统的力学验算和工况分析，致使防水系统配置存在缺陷，进而引发渗漏隐患。

2.2 施工材料选择不合理

在地下空间防水构造施工时，所选材料的物理化学特性必须与工程所处地质条件相适应。然而实际工程中，部分项目因技术人员对材料环境适应性认知不足，常出现选材不当的情况。具体表现为：在地下水位较高、渗透压力较大的工况下，若采用抗渗性能不足的防水材料，极易导致防水体系失效而产生渗漏现象；同时，地下防水工程对材料耐久性有严格要求，若选用抗老化性能差或耐水性不足的材料，或在设计时未充分考虑材料在持续潮湿环境中的性能衰减规律，都将严重影响防水系统的使用寿命。

2.3 防水层衔接不合理

在建筑防水施工过程中，通常会采用多种防水材料体系，包括聚合物涂料、高分子卷材、遇水膨胀密封胶等。当不同材料间的接缝处理不当时，极易形成渗水通道，导致地下水通过薄弱部位侵入建筑地下空间。具体表现为：在涂料防水层与卷材防水层的过渡区域，若密封处理工艺不到位，水分子会通过毛细作用沿界面缝隙渗入；此外，地下结构构件（包括剪力墙、基础底板、结构柱等）与防水层的交接部位也是防渗薄弱环节。

若节点处理不当,如墙地交接部位未设置增强层或密封带,就会形成渗漏路径。

2.4 施工工艺有待优化

地下建筑防水施工包含多种工艺体系,主要包括喷涂防水涂料、高分子卷材铺贴、压力注浆等技术。施工工艺选择不当将直接影响防水系统的可靠性。以地下底板防水为例,若采用与基层不匹配的卷材铺贴工艺,可能出现粘结强度不足、空鼓等质量缺陷;同时,地下防水工程具有工序复杂的特点,通常包含基面处理、防水涂料施工、卷材铺贴等多个关键环节。若工序质量控制不严格,例如基面处理未达到规范要求就进行涂料施工,将导致涂层附着力不足,严重影响防水系统的整体性能。

3 地下主体结构防水工程设计与施工对策

3.1 推进现场环境调研

地下建筑主体结构的防水设计与施工质量直接关系到建筑物的长期使用性能。在工程前期,开展全面的场地环境调查是确保防水系统有效性的基础工作。通过系统的工程地质勘察,可以获取建筑场地地层结构特征、岩土物理力学性质以及地下水文条件等重要参数。具体包括:对建筑场地进行详细的岩土工程分层,明确各土层的工程特性与厚度分布;布设地下水位观测网络,掌握水位动态变化规律;综合运用钻探、物探等多种勘探技术,建立准确的地质模型。同时,通过水文地质专项调查,分析地下水的渗流特征与潜在风险,采用数值模拟技术预测不同工况下的渗流场分布,为防水构造设计提供科学依据。在混凝土结构施工方面,采用分层连续浇筑工艺,控制每层浇筑厚度在 40-50cm 范围内,并保持适宜的浇筑倾角。

3.2 优化防水工程设计

建筑防水系统的科学设计是预防渗漏现象的关键环节,工程技术人员需系统考量材料性能、结构特点及施工工艺等多维因素。针对居住建筑地下空间的防水构造设计,其外围护结构(包括外墙及顶板)的厚度宜控制在 250-300mm 区间,并按照现行防水标准设置专用防水层。在设计方案比选阶段,需对各类防水技术体系进行经济技术比较,重点评估其适用性、经济性及可施工性等指标,最终确定最优解决方案。在构造细节处理方面,施工缝应与结构变形缝协调布置,穿墙管道的开孔间距不得小于 300mm,且应避开结构受力集中区域。同时,应根据地下结构的变形特征合理设置变形缝,对于体量较大的结构单元,需配置足够的伸缩空间以释放结构应力。排水系统的协同设计同样重要,通过设置完善的导排水设施可有效降低防水层的水压荷载。施工组织方面应遵循"防水先行"原则,强化过程质量控制,并在受力较小位置设置宽度 70-100cm 的后

浇带。

3.3 选用优质施工材料

防水工程材料的优选是确保工程质量的关键要素,其性能指标直接决定了防水系统的使用寿命和可靠性。在材料采购环节,需建立严格的筛选机制,重点核查产品是否符合规范要求和设计要求。具体措施包括:对材料供应商开展资质审查和质量体系评估,要求其提供完整的质量证明文件;优先选用具有优异耐腐蚀性能、抗渗性能和变形适应能力的高分子复合材料。其中,聚氨酯类弹性涂膜材料因其良好的温度适应性,可有效避免因热胀冷缩引起的开裂问题;高分子复合防水卷材则凭借其出色的抗水压性能,显著提升防水层的耐久性;而水泥基渗透结晶型涂料特别适用于处理复杂节点部位的防水施工(见图2)。在材料组合应用时,必须进行实验室兼容性测试,评估不同材料界面处的化学反应特性。此外,还需考虑材料供应链的稳定性,建立应急采购预案。在可持续发展方面,应优先选用获得绿色建材认证的环保型产品,减少工程对环境的影响。

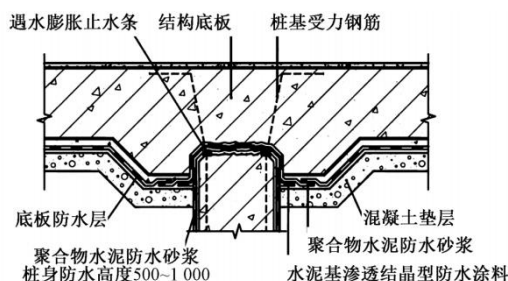


图2 水泥基渗透结晶防水涂料

3.4 加强工程施工监管

施工过程的质量管控是确保防水工程达标的核心环节,通过全过程监督可有效保证施工质量符合设计规范。为实现这一目标,建议采取以下措施:组建具备专业资质的管理团队,要求管理人员熟悉相关技术标准并能准确理解设计意图;编制系统化的管理方案,明确各阶段监管重点;建立分级检查制度,根据工程进度实施差异化检查,重点核查材料性能、工艺参数和质量指标,并形成完整的检查记录。在安全管理方面,需落实各工序的质量验收制度,同时做好安全防护工作。针对施工中发现的质量缺陷,应建立分类处置机制,根据问题严重程度采取相应整改措施。此外,可委托具有资质的第三方检测单位进行独立评估,以提升监管的客观性。在混凝土施工后,应实施不少于 14 天的标准养护。

3.5 应用新型施工技术

随着建筑科技的进步,创新施工工艺的应用已成为提升防水工程效能的关键突破口。现代工程技术通过以下三个维度实现质量跃升:首先,在排水系统优化方面,采用竖向排水构造可显著降低地下室外墙水压荷载,通过设置排水板缓冲层形成有效的压力释放机制;其次,在施工工艺革新方面,无损探伤技术的应用实现了对防水层质量的非破坏性检测,喷涂工艺的改进确保了防水层的均匀覆盖,而模块化施工策略则大幅提升了施工组织效率;最后,在数字化管理方面,通过部署智能监测系统和运用大数据分析技术,实现了施工过程的可视化管控和质量追溯。

4 结语

在当代建筑工程实践中,地下空间的开发利用已成为提升建筑功能性的关键环节,其中结构防水系统的设计与实施尤为关键。防水工程作为一个系统工程,其设计规划、施工工艺和质量管控等环节环环相扣,任一环节的失误都可能导致防水失效。基于此,科学的设计方案、规范的施工操作以及完善的质量监督体系构成了保障防水工程可靠性的三大支柱。地下结构防水工程作为建筑质量的重要保障,其施工质量直接影响建筑物的安全性能和使用寿命。随着新材料、新工艺的不断涌现以及工程经验的持续积累,地下结构防水工程的技术水平将不断提升,从而为使用者创造更加安全、宜居的建筑环境。

参考文献:

- [1] 易志伟.建筑地下室防水工程施工可能存在的问题与质量控制分析[J].建筑·建材·装饰,2021(8):143-144.
- [2] 王龙生,梅昭龙.高层建筑地下室防水工程施工质量控制[J].江西建材,2016,(21):117,121.
- [3] 史先珠.浅谈高层建筑地下室防水工程设计与施工[J].建筑与装饰,2021(1):183.
- [4] 张威.土建工程地下室结构防水施工技术[J].建筑·建材·装饰,2022(19):125-129.
- [5] 李林桑,罗彬.现代建筑地下室结构防水施工技术应用要点分析[J].中国建筑金属结构,2022(5):35-37.
- [6] 周凯.建筑工程地下室防水施工技术分析[J].中国厨卫,2021(1):77-79.