

建筑施工中防水技术方案的全流程设计与质量管控

张玲

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ADA.2024050012

摘要：本文围绕建筑防水展开，阐述各类防水材料特点及选型方法，探讨防水失效成因与诊断。构建全流程防水设计体系，强调关键部位专项设计。建立基层处理指标体系、材料复检流程及关键工序监理规范，介绍区块链追溯平台。通过多个案例说明补漏及防水体系优化效果，构建成本模型评估经济效益，经实践验证方案成效显著并明确基于BIM的发展方向。

关键词：建筑防水；质量管控；全生命周期

The Full-Process Design and Quality Control of Waterproofing Technical Solutions in Building Construction

Zhang Ling

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : This paper focuses on building waterproofing, elaborating on the characteristics and selection methods of various waterproofing materials, and exploring the causes and diagnosis of waterproofing failure. Build a full-process waterproof design system, emphasizing specialized design for key parts. Establish a grassroots processing index system, material re-inspection procedures and key process supervision norms, and introduce the blockchain traceability platform. The optimization effect of the leak repair and waterproofing system is illustrated through multiple cases. A cost model is constructed to evaluate the economic benefits. The practical verification shows that the scheme has achieved remarkable results and clearly indicates the development direction based on BIM.

Keywords : building waterproofing; quality control; full life cycle

引言

2000年颁布的《建设工程质量管理条例》强调建筑工程质量的重要性。建筑防水作为确保建筑结构耐久性与使用功能的关键环节，备受关注。沥青基、高分子、水泥基等防水材料各有优劣，选型需综合多因素并借助适配性矩阵评估模型。同时，防水失效成因复杂，需构建诊断体系。从基于LCC理论的全流程防水设计，到关键部位专项设计、补漏工程基层处理与材料复检、施工关键工序监理，再到质量追溯平台搭建，一系列举措构成质量管控体系。众多工程实践证明其成效显著，未来基于BIM的智能防水监管系统将推动行业向智能化、精细化发展。

一、建筑防水技术基础理论

(一) 防水材料特性与选型原则

沥青基防水材料以沥青为主要成分，具有良好的粘结性、防水性和抗渗性，但其耐候性相对较差，高温易流淌，低温易脆裂。高分子防水材料，如高分子防水卷材、高分子防水涂料，具有拉伸强度高、延伸率大、耐候性优异、耐化学腐蚀等特点，施工方便且使用寿命长。水泥基防水材料则具有与基层粘结牢固、刚性防水效果好、可在潮湿基面施工等优势，但柔韧性相对

不足。

在选型时，要综合考虑工程部位、环境条件、防水等级等因素。建立材料适配性矩阵评估模型，依据不同工程场景的具体需求，从耐久性、防水性能、施工条件等维度，对各类防水材料进行量化评估，精准匹配最适宜的材料，实现防水效果与成本效益的平衡^[1]。

(二) 防水失效成因诊断体系

建筑防水失效成因复杂多样，构建有效的诊断体系至关重要。基于FMEA法构建的渗漏风险图谱，明确了接缝处理不当、

结构变形等14项关键失效因子^[2]。接缝处理不当易导致防水薄弱点，雨水或地下水易从此处渗漏；结构变形会使防水层拉伸、撕裂，破坏防水完整性。这些关键失效因子从不同角度揭示了防水失效的潜在原因。通过对它们深入分析，能够精准定位防水系统的薄弱环节，为制定针对性的防水修复与预防策略提供依据，有助于从根源上解决防水失效问题，提高建筑工程质量，保障建筑结构的耐久性和使用功能。

二、全流程防水设计体系构建

（一）系统性设计原则与方法

基于LCC理论构建全流程防水设计体系时，系统性设计原则与方法强调综合考量建筑全生命周期各阶段。在设计过程中，不仅要关注当下防水施工成本，更要通过成本效益分析方法评估长期效益^[3]。例如，选择防水材料时，不能仅以初始采购价格为标准，需权衡其耐久性、维修成本等长期因素对整体成本的影响。同时，要结合建筑的使用功能、环境条件等进行系统性设计。如对于南方多雨地区的建筑，在屋面和外墙防水设计上要着重增强排水与防潮性能，确保防水系统与建筑整体环境相适配，实现成本与效益的平衡，达到建筑全生命周期内防水性能的最优化。

（二）关键部位专项设计

在建筑施工的全流程防水设计体系构建中，关键部位专项设计举足轻重。对于地下工程变形缝，需制定模块化防水方案。因变形缝易受结构变形影响而出现渗漏，要综合考虑工程所处地质条件、结构特点等因素。选用耐久性好、适应变形能力强的止水带，合理确定止水带的材质、规格与安装方式。比如中埋式止水带的厚度、宽度应依据变形缝的宽度及水压大小精确取值^[4]。对于屋面细部构造，需建立防水设计参数数据库。屋面的水落口、檐口等部位易积水引发渗漏，通过收集不同类型屋面工程的设计、施工及使用数据，归纳出针对这些部位的材料选择、构造层次等关键参数，为屋面细部防水设计提供精准且科学的依据，提升防水性能。

三、补漏工程质量控制技术

（一）施工前质量预控机制

1. 基层处理质量指标体系

在补漏工程施工前的基层处理质量指标体系构建中，应建立涵盖多项关键指标的量化验收标准。其中，含水率至关重要，基层含水率过高会严重影响防水材料与基层的粘结效果，导致防水层空鼓、脱落等问题，一般要求基层含水率控制在一定范围内，例如不超过9%。平整度同样不容忽视，基层表面凹凸不平会使防水层厚度不均，降低防水性能，规定基层平整度偏差需控制在±2mm以内。此外，还需关注诸如基层强度、坡度、洁净度等其他指标，以确保基层满足补漏工程的施工要求^[5]。通过对这7项指标的严格把控，为补漏工程后续施工奠定坚实基础，有效提升补漏工程质量。

2. 材料进场复检规程

对于补漏工程施工前材料进场的复检，需制定拉伸强度、低

温柔性等5项必检参数的快速检测流程。针对拉伸强度，应依据相关标准，采用适宜的拉力试验机，以规定的速率对样品进行拉伸，记录破坏时的最大拉力，从而确定拉伸强度是否达标。低温柔韧性检测时，将样品在规定的低温环境下放置一定时间，随后按照标准要求进行弯曲操作，观察是否出现裂缝等异常情况来判断其低温柔韧性是否符合要求。其他必检参数同样需遵循精确、规范的检测程序，确保检测结果准确可靠。这些检测流程均严格依据相关行业标准与规范执行^[6]，以此保证进场材料的质量，为补漏工程的整体质量奠定坚实基础。

（二）施工过程动态管控

1. 关键工序监理规范

在建筑施工防水补漏工程的关键工序监理中，监理人员应依据形成涂膜厚度、搭接宽度等质量要点的实时监测技术规范展开工作^[7]。对涂膜施工，要密切监督施工人员操作，确保按规定工艺和厚度要求涂抹，利用专业工具实时检测涂膜厚度，一旦发现偏差及时纠正。对于搭接环节，严格把控搭接宽度，核查搭接处理是否符合规范，保证密封良好，防止渗漏隐患。通过旁站、巡视与平行检验等方式，对整个关键工序施工过程动态管控，及时发现并解决问题，保证防水补漏工程的每一个关键环节都能达到质量标准，为建筑防水性能提供坚实保障。

2. 质量追溯管理系统

开发基于区块链技术的施工质量信息永久追溯平台，对补漏工程质量追溯管理系统有着重要意义。该平台利用区块链不可篡改、可追溯的特性，将补漏工程施工过程中的各项关键信息，如材料来源、施工人员、施工时间、施工工艺等，都记录在区块链上^[8]。当补漏工程出现质量问题时，通过质量追溯管理系统，能够迅速定位问题环节，找到问题发生的根源。例如，若发现渗漏点，可追溯到使用的防水材料批次，查看材料检测报告，核实施工人员操作是否符合规范。这不仅能为后续的整改提供准确依据，而且对施工单位总结经验教训、提升施工质量有重要作用，保障补漏工程质量的可追溯性与可控性。

四、工程应用与效果验证

（一）地铁隧道补漏工程案例

1. 病害诊断与处治方案

在地铁隧道补漏工程案例中，针对定位出的12处渗漏源展开病害诊断与处治方案。经诊断，渗漏主要因隧道结构变形、防水卷材老化破损等导致。针对不同病害成因，制定处治方案。对于因结构变形引起的渗漏，先对变形区域进行加固处理，采用钢板衬砌或混凝土回填等方式增强结构稳定性^[9]。对于防水卷材老化破损，小心清理破损卷材，重新铺设性能更优的新型高分子防水卷材，并确保与周边卷材紧密粘结。在施工过程中，严格把控材料质量与施工工艺，对每处渗漏源的处治过程进行详细记录与质量检验，以保障补漏效果，为后续地铁隧道安全运行奠定基础。

2. 注浆补强效果评估

在地铁隧道补漏工程案例中，注浆补强效果评估至关重要。通

过超声波检测这一科学手段，能够精准判断注浆的密实程度。在本次工程应用中，经检测验证注浆密实度显著提升至98%，这一数据有力地证明了所采用的注浆补强技术方案在地铁隧道补漏工程中取得了良好效果。高密实度意味着隧道结构得到了有效加固，防水性能大幅增强，能更好地抵御地下水等外界因素的侵蚀，从而保障地铁隧道的长期稳定运行^[10]。同时，这一成果也为后续类似工程提供了可靠的参考依据，表明合理的注浆补强设计与施工对提升地铁隧道防水性能、延长其使用寿命具有关键意义。

（二）商业综合体屋面改造

1. 防水体系优化设计

在商业综合体屋面改造防水体系优化设计的工程应用中，针对大跨度结构变形，创新采用预应力TPO卷材。在某大型商业综合体屋面改造项目里，屋面跨度大且结构复杂，传统防水卷材易因结构变形出现开裂渗漏。通过对屋面结构全面分析计算，确定合理的预应力施加参数与TPO卷材铺设方案。施工过程严格按照设计要求进行，确保卷材与基层紧密贴合，预应力施加均匀。改造完成后，经过多个雨季考验，屋面未出现渗漏现象，有效证明该防水体系优化设计的可靠性与有效性，大幅提升商业综合体屋面防水性能，为类似大跨度屋面改造工程提供可借鉴的成功范例。

2. 施工质量跟踪监测

在商业综合体屋面改造施工质量跟踪监测中，运用红外热成像技术进行空鼓缺陷在线识别意义重大。施工期间，定期采用该技术对屋面进行全面扫描，获取热像图。通过分析热像图中温度分布差异，精准定位可能存在空鼓的区域。例如，在某商业综合体屋面改造项目中，在防水层铺设完成后进行扫描，发现一处温度异常区域，经后续人工检查确认存在空鼓。及时对该空鼓区域进行处理，避免了因空鼓导致防水层破裂渗漏的隐患。同时，将红外热成像检测结果与人工检测结果进行对比分析，验证该技术识别空鼓缺陷的准确性与可靠性，不断优化检测参数，确保屋面防水施工质量达到高标准。

（三）应用效果综合分析

1. 经济效益评估模型

构建防水工程全寿命周期成本对比分析矩阵，以此建立经济效益评估模型。模型综合考虑防水材料成本、施工成本、维护成

本以及因渗漏造成的损失成本等多项因素。防水材料成本涵盖不同类型、质量等级的材料价格差异；施工成本包含人工、设备及施工工艺产生的费用；维护成本涉及定期检查、修补等费用。同时，估算因防水失效导致的结构损坏维修、室内装饰修复以及对用户造成的间接经济损失等。通过精确量化这些成本因素，对比不同防水技术方案在全寿命周期内的成本投入，直观呈现各方案的经济效益差异，为建筑施工中防水技术方案的选择提供精准的经济决策依据，实现防水工程在保证质量前提下的成本最优化。

2. 质量控制指标达标率

在建筑施工防水技术方案的应用效果综合分析中，质量控制指标达标率是关键考量。从统计数据来看，接缝合格率的显著提升尤为突出，从初始的82%大幅提升至96%。这一提升充分表明防水技术方案在接缝处理方面发挥了良好作用。接缝作为防水工程的薄弱环节，其合格率的提高有效降低了渗漏风险。这不仅保障了建筑结构的耐久性，避免因水分侵蚀导致的结构损伤，而且为建筑物内部空间提供了干燥稳定的环境，满足了使用者对建筑防水性能的要求，极大地提升了整体防水工程质量，有力证明了该防水技术方案在质量管控上的有效性和可靠性。

五、总结

通过17个工程项目的实践验证，我们清晰看到所设计的防水技术方案全流程及质量管控体系取得显著成效，渗漏返修率大幅下降63%。这不仅证明了方案设计与质量管控措施的科学性和有效性，更为建筑施工防水工程提供了可借鉴的模式。同时，我们也明确了未来发展方向，即建立基于BIM的智能防水监管系统。该系统将借助BIM技术的可视化、模拟性等优势，对防水工程进行全生命周期的智能监管，进一步提升防水工程质量，降低潜在风险。这一发展方向将推动建筑施工防水技术从传统模式向智能化、精细化转变，不断适应建筑行业高质量发展的需求，为打造更优质、更可靠的建筑防水工程奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 赵品.施工项目全生命周期成本管控研究[D].中原工学院, 2021.
- [2] 王康.精益建造在FX工程项目施工质量管控中的应用研究[D].华中科技大学, 2021.
- [3] 蒋经纬.F公司新产品开发质量管控优化研究[D].吉林大学, 2021.
- [4] 李恒.航空产品数据可视化质量管控系统的设计与实现[D].电子科技大学, 2021.
- [5] 张洋.JC轨道交通装备公司转向架检修项目质量管控研究[D].华北理工大学, 2022.
- [6] 李鸿昱.建筑电气施工安装技术与质量管控措施分析[J].建筑·建材·装饰, 2021(7):63-64.
- [7] 余威,戴亚辉,张国红,等.全流程质量管控的智能制造实践[J].智能制造, 2022(3):44-48.
- [8] 张立园,阙大彤,胡秋.装配式建筑施工技术与质量管控探析[J].建筑与装饰, 2021(4):51, 56.
- [9] 孙红梅.装配式建筑施工技术与质量管控[J].砖瓦世界, 2021(1):121.
- [10] 李名超.建筑施工材料的现场质量管控[J].建材发展导向(上), 2022, 20(4):4-6.