

自修复防水材料的设计及其在地下建筑中的防护作用研究

张涛

沿河聚鑫商混有限公司 贵州铜仁

【摘要】自修复防水材料作为一种新型建筑材料，旨在解决地下建筑中常见的渗漏问题，提高建筑物的使用寿命和安全性。本文研究了自修复防水材料的设计原理及其在地下建筑中的应用效果，探讨了其自我修复机制如何有效地防止水分侵入并延长结构寿命。通过实验室测试与实际工程案例分析，验证了该材料不仅能够有效防水，还能在受损后自动修复，减少维护成本。采用这种先进材料可以显著提升地下建筑项目的防水性能和耐用性，为未来建筑防水技术的发展提供了新的思路。

【关键词】自修复；防水材料；地下建筑；防护作用

【收稿日期】2025 年 1 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 15 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.202500056

Research on the design of self-healing waterproof materials and their protective role in underground buildings

Tao Zhang

Yanhe Juxin Commercial Mixing Co., Ltd, Tongren, Guizhou

【Abstract】 As a new type of building material, self-healing waterproof materials are designed to address the common leakage problems in underground buildings, and to improve the service life and safety of buildings. This paper studies the design principles of self-healing waterproof materials and their application effects in underground buildings, and explores how their self-healing mechanism can effectively prevent water intrusion and extend the structural lifespan. Through laboratory tests and analysis of actual engineering cases, it has been verified that this material can not only effectively waterproof, but also automatically repair after being damaged, reducing maintenance costs. The adoption of this advanced material can significantly enhance the waterproof performance and durability of underground construction projects, providing new ideas for the development of building waterproof technology in the future.

【Keywords】 Self-healing; Waterproof materials; Underground buildings; Protective role

引言

地下建筑面临着地下水侵蚀、土壤压力等复杂环境因素的影响，传统的防水措施难以满足长期有效的防水需求。尤其是在高湿度地区或季节性水位波动较大的地方，防水层容易出现裂缝或破损，导致建筑物内部渗水，影响使用功能甚至危及结构安全。开发一种既能有效防水又具备自我修复能力的材料成为建筑工程领域的重要课题。随着材料科学的进步，自修复防水材料逐渐受到关注。这类材料能够在遭受微小损伤时自动进行修复，保持其防水性能不

下降。本研究聚焦于这一前沿领域，旨在探索自修复防水材料的具体设计方法及其在地下建筑防水工程中的应用潜力，以期为解决地下建筑防水难题提供新策略。

1 自修复防水材料的设计理念与实现路径

自修复防水材料的设计理念源于对传统建筑材料局限性的深刻反思。在地下建筑环境中，结构长期承受来自地下水、土壤压力及化学侵蚀等多方面的挑战，导致防水层易出现裂纹或破损，进而影响建筑物的耐久性和安全性。为了克服这些问题，科学家们

借鉴自然界生物体自我修复的原理,设计出能够模仿生物自愈能力的新型材料^[1]。这类材料通常包含微胶囊或血管网络系统,内含特殊的修复剂或催化剂,在材料受损时自动释放并与外界环境发生反应,形成新的固态物质填补裂缝,从而恢复其防水性能。这种设计理念不仅提升了材料的功能性,还显著延长了其使用寿命,减少了维护成本。

深入探讨其实现路径,关键在于选择合适的基材和修复机制。理想的自修复防水材料需具备良好的机械强度与柔韧性,以适应地下建筑复杂多变的应力状态。为此,研究人员采用高分子聚合物作为主要基材,并通过添加纳米级填充物来增强其力学性能。针对不同的应用场景,研发了多种自修复技术,如基于微胶囊的触发式修复体系,以及利用形状记忆合金实现动态响应的智能修复系统。这些技术共同作用,确保了即使在极端条件下,材料也能迅速且有效地进行自我修复。考虑到实际施工过程中的可操作性,该类材料还需满足易于加工、运输和安装的要求,这对配方设计提出了更高的标准。

在具体应用方面,自修复防水材料展现了巨大的潜力。在地铁隧道、地下室和地下停车场等典型地下设施中,由于地下水位变化频繁,传统的防水措施往往难以提供持久的保护。而自修复防水材料的应用,则有效解决了这一难题。它不仅能抵御水压渗透,还能在遭受轻微损伤后自行修复,极大地提高了建筑的整体防水性能。通过对多个工程案例的研究发现,使用此类材料后,地下建筑的渗漏率明显降低,维护频率也大幅减少,为业主节省了大量的维修费用。这充分证明了自修复防水材料在提升地下建筑工程质量方面的卓越表现。

2 地下建筑面临的主要防水挑战与现有解决方案评估

地下建筑面临的防水挑战主要集中在复杂地质条件与动态水文环境的影响上。地下水位的季节性波动、土壤中的化学成分以及地表水渗透等因素,均可能导致地下结构出现渗漏问题。特别是在高水位地区或软土地基条件下,建筑物需承受较大的静水压力,这对防水层提出了更高的要求。传统的防水措施如卷材、涂料等虽然在一定程度上能阻止水分侵入,但其耐久性和适应性有限,面对微小裂缝或施工缺陷时往往显得力不从心。长期暴露于恶劣环境中,

这些材料容易老化、剥落,导致防水性能下降,从而增加了维护和修复的成本及难度。

现有解决方案中,采用多层复合防水系统是一种常见的策略,通过组合不同类型的防水材料来增强整体防护效果。在地下室底板施工中,通常会先铺设一层柔性防水卷材作为基层处理,随后在其上浇筑刚性防水混凝土以形成双重保障。这种方法虽然提高了初期防水成功率,但在实际应用中仍面临诸多挑战^[2]。各层材料之间的兼容性和粘结强度直接影响到系统的整体性能;复杂的施工工艺要求严格的操作规范,任何环节的疏忽都可能留下隐患。传统防水方案缺乏自我检测和修复能力,一旦发生局部损坏,整个防水体系的有效性将大打折扣,需要进行大规模翻修或更换。

为了应对上述挑战,业界不断探索新的防水技术和材料。自修复防水材料因其独特的自我修复功能而备受关注,它能够在材料受损后自动恢复防水性能,无需人工干预,极大地提升了地下建筑的可靠性和耐用性。相较于传统防水方法,自修复防水材料不仅能够有效抵御外界环境的侵蚀,还能在微观尺度上对潜在风险做出快速响应。这使得即使在不利条件下,建筑物也能保持良好的防水状态,减少了因渗漏引发的各种问题。开发并推广自修复防水技术对于提升地下建筑工程质量具有重要意义。

3 自修复防水材料在地下建筑防水中的应用实例分析

自修复防水材料在地下建筑中的应用实例展示了其卓越的性能和广泛的适用性。以某城市地铁隧道工程为例,该地区地下水位高且地质条件复杂,传统防水措施难以满足长期防护需求。施工方引入了含有微胶囊技术的自修复防水涂料,这种涂料能够在混凝土表面形成均匀而坚韧的保护层,并在出现裂缝时自动释放内部修复剂,迅速填补缝隙并恢复防水效果。经过数年的监测发现,即使在经历多次极端天气和地基沉降后,隧道内壁依然保持干燥无渗漏状态,显著提升了地下结构的安全性和稳定性。由于减少了频繁维护的需求,项目的全生命周期成本得到了有效控制。

另一个典型应用是在大型商业综合体的地下室建设中。面对复杂的地下空间布局和多样化的功能需求,确保地下室的防水质量成为项目成功的关键

因素之一。通过采用集成自修复功能的防水卷材,不仅提高了施工效率,还增强了防水系统的整体可靠性。该材料能够在遭受外部压力或内部应力导致的细微损伤时自我修复,避免了水分渗透对室内设施造成的损害^[3-5]。实际使用过程中,即便遭遇了局部区域的小规模漏水事件,自修复机制也能够及时启动,阻止问题进一步扩大。这一案例表明,自修复防水材料不仅能适应不同类型的地下建筑环境,而且在提高建筑物耐久性方面表现出色,为业主提供了更加持久、可靠的防水解决方案。

在一些对防水要求极高的特殊场所,如数据中心的地下机房,任何轻微的水患都可能导致严重的后果。为此,设计团队选用了基于形状记忆聚合物的自修复防水系统。这种系统能够在温度变化或机械损伤下自动调整自身形态,实现即时的裂缝闭合与防水层再生。实践证明,在长期运行条件下,即使面对不断变化的工作环境,该系统依旧能保持优异的防水性能,保障了关键设备的安全运行。这些成功的应用实例充分说明了自修复防水材料在解决地下建筑防水难题上的巨大潜力,同时也为其未来的发展和推广奠定了坚实的基础。

4 自修复防水材料对地下建筑防护效能的影响评估

自修复防水材料对地下建筑防护效能的提升体现在多个方面,特别是在防止水分侵入和增强结构耐久性上表现突出。在实际工程中,这类材料通过其独特的自我修复机制,能够在微小裂缝形成初期就进行有效修补,阻止水分进一步渗透到混凝土内部,从而避免了钢筋锈蚀、混凝土劣化等一系列连锁反应。在沿海地区的地下停车场项目中,由于地下水富含盐分,传统防水层往往难以抵御长期侵蚀,导致结构损伤加剧。而采用自修复防水涂料后,即便在高湿度和高盐度环境下,建筑物也能保持良好的防水性能,显著延缓了结构老化过程,提升了整体使用寿命。

从经济角度来看,自修复防水材料的应用不仅减少了因渗漏引发的维修成本,还降低了长期维护的需求。对于业主而言,这意味着一次性投入带来的长期效益。通过对多个使用自修复防水技术的地下建筑项目进行成本效益分析发现,尽管初期材料和施工费用可能略高于传统方案,但考虑到减少的维

修次数和延长的使用寿命,总体拥有成本明显降低^[6-8]。由于自修复材料能够迅速响应并处理潜在问题,减少了突发性维修事件的发生频率,这对于商业运营中的地下设施尤为重要,确保了持续稳定的使用状态,最大限度地减少了因漏水造成的业务中断风险。

自修复防水材料在环境保护方面也展现出积极意义。传统防水措施一旦失效,往往需要大规模翻修或更换,这不仅消耗大量资源,还会产生较多建筑废料。相比之下,自修复防水材料依靠其内在机制自动修复损伤,减少了不必要的材料替换和废弃物排放。这种绿色可持续的特性符合现代建筑工程追求节能环保的发展趋势。随着技术进步和应用范围的扩大,自修复防水材料的成本有望进一步下降,其市场竞争力也将不断增强,为地下建筑提供更加高效、经济且环保的防水解决方案。这些因素共同作用,使得自修复防水材料成为提升地下建筑防护效能的重要选择。

5 结语

自修复防水材料的研发与应用为地下建筑的防水难题提供了创新解决方案,显著提升了建筑物的防护效能和使用寿命。通过自我修复机制,这类材料能够有效应对微小损伤,防止水分渗透,保障结构安全。其实用性和经济效益在多个实际项目中得到了验证,不仅降低了长期维护成本,还减少了资源浪费和环境影响。随着技术的不断进步,自修复防水材料将在更多领域展现其价值,推动建筑行业向更加可持续发展的方向发展,为未来建筑工程提供坚实保障。这一技术的发展预示着地下空间开发新时代的到来,使得复杂地质条件下的建设不再成为难题。

参考文献

- [1] 杨计刚,闫龙,吴宁宇,等.自修复混凝土配合比设计及性能研究[J].水道港口,2025,46(01):110-119.
- [2] 符仁建,陈业强,姚嘉诚,等.复掺渗透结晶材料和纳米二氧化硅混凝土梁裂缝自修复试验研究[J].混凝土,2024,(11):159-163+167.
- [3] 孙铭徽.丙烯酸镁/钙喷膜防水材料的制备及性能研究[D].沈阳建筑大学,2024.
- [4] 王亮.基于渗透结晶材料的混凝土多维损伤自修复性能

- 研究[D].重庆交通大学,2024.
- [5] 朱景鹏.新型防水材料及其在建筑工程中的应用[J].居舍,2024,(10):73-74+157.
- [6] 王宗波.掺渗透结晶型防水剂混凝土的自修复效果及其性能研究[D].重庆交通大学,2022.
- [7] 史佩茹.离子导电弹性体复合材料的制备及其柔性力学传感性能研究[D].东华大学,2022.
- [8] 钱彦磊.混凝土刚性自防水材料的制备与性能研究[D].安徽建筑大学,2021.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS