

道路桥梁工程施工中的桥梁防水技术研究

文 / 葛厚海 安徽建工水利开发投资集团有限公司

摘要：随着桥梁建设和交通量的不断增加，桥梁防水问题已经成为影响桥梁结构耐久性和安全性的重要因素。本研究深入探讨了桥梁防水技术的现状、存在的问题以及优化策略。在传统防水技术基础上，现代桥梁防水材料施工工艺不断得到创新，然而在实际施工中，材料选择不当、施工质量不稳定等问题依然存在。通过优化材料选择、改进施工工艺和加强质量管理，能够有效提高防水效果，延长桥梁使用寿命。未来，桥梁防水技术的创新方向将集中在高性能材料的研发、施工智能化以及绿色环保技术的应用，以应对极端气候和环境条件下的防水需求。本文提出的技术改进和策略，旨在提升桥梁防水的整体效果，为桥梁建设和维护提供理论支持与实践指导。

关键词：桥梁防水；施工技术；材料创新；防水效果；耐久性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.09.055

引言

桥梁作为交通基础设施的重要组成部分，其使用寿命和安全性直接影响着道路交通的畅通与安全。随着桥梁建设规模的不断扩大和环境压力的增大，桥梁防水问题变得日益突出。水分侵入是导致桥梁结构损害的主要因素之一，长期暴露在雨水、冻融等环境条件下，桥面和结构容易受到侵蚀，进而引发钢筋锈蚀和混凝土劣化等问题。因此，桥梁防水技术的优化与创新显得尤为重要。本研究旨在分析当前桥梁防水技术的应用现状，探讨存在的主要问题，并提出解决方案，以期为桥梁建设与维护提供更加可靠的防水技术支持。

一、桥梁防水技术的发展与应用现状

桥梁防水技术作为保证桥梁结构耐久性和使用安全的关键因素，近年来在桥梁工程中得到了广泛的应用和不断发展。随着交通量的增加和桥梁建设规模的扩大，桥梁面临的环境压力日益增大，防水问题逐渐成为影响桥梁结构寿命的主要因素。长期暴露在雨水、冻融、气候变化等环境因素下，桥梁结构特别是桥面易受到水分侵入，从而引发混凝土的碱-骨料反应、钢筋锈蚀等一系列问题，严重影响桥梁的稳定性和安全性。因此，合理的防水技术已成为保障桥梁安全运营的重要手段。

近年来，随着施工技术的不断进步，桥梁防水材料和技术手段有了显著的提升。从传统的沥青防水层到现代的聚氨酯、橡胶、合成高分子材料等新型防水材料的使用，极大地提高了桥梁的防水效果和耐久性。桥梁防水施工技术也经历了从简单的涂层施工到多层复合结构的逐步演进，采用了更为精细的施工工艺来确保防水层的完整性与稳定性。这些防水技术能够有效防止雨水渗透，减少水对桥梁结构的侵蚀，延长桥梁的使用寿命。

尽管桥梁防水技术取得了显著进展，但在实际应用中仍面临一定的挑战。不同地区的气候条件、桥梁使用环境以及施工工艺的差异，使得防水技术的实施效果存在一定的变数。同时，部分桥梁建设中防水层施工质量不高，导致防水效果未能达到预期，甚至出现防水层老化、开裂等问题，影响了桥梁的整体性能。随着对桥梁防水

需求的不断提升，未来防水技术的发展将更加注重创新和完善，从防水材料的多样化、施工方法的标准化到施工质量的全程控制等方面展开深入研究与改进。

二、当前桥梁防水施工中存在的主要问题

尽管桥梁防水技术在近年来取得了一定的进展，但在实际施工过程中仍然存在不少问题，这些问题不仅影响了防水效果，还可能导致桥梁结构的早期损坏。一个常见的问题是防水层的施工质量不稳定。由于桥梁施工过程中对防水层的施工要求较高，防水层的施工工艺和工人技术水平直接影响防水效果。然而，在实际施工中，许多施工队伍对于防水层的施工细节关注不足，造成防水层厚度不均、涂层附着力不足等现象。这些问题会导致防水层的局部失效，进而使水分渗透到结构内部，引发钢筋锈蚀和混凝土开裂。

另一个主要问题是防水材料的选择和配比不当。虽然市场上防水材料种类繁多，但在实际施工中，许多项目未能根据桥梁所处的环境条件、使用负荷等因素选择合适的防水材料。例如，一些项目在选择防水材料时忽视了材料的耐候性、抗冻性以及与桥梁结构的兼容性，导致材料性能未能达到要求。防水材料的配比不当也常常成为影响防水效果的关键因素，特别是在复杂的施工环境中，材料的性能可能受到施工工艺、施工条件等多种因素的影响，从而影响其实际效果。桥梁防水施工中的另一个问题是防水层与桥梁结构之间的接缝处理不当。接缝是防水施工中的薄弱环节，任何接缝处的处理不到位，都可能成为水分渗透的通道。然而，现实中很多施工单位对接缝处理的规范执行不到位，导致接缝处出现松动、开裂或脱落现象，这些问题为防水层的失效埋下隐患。

桥梁防水施工过程中缺乏有效的质量监控与管理也是一大问题。在一些项目中，质量管理和监督环节相对薄弱，导致防水层施工完成后未进行充分的质量验收，或者在施工过程中没有对防水层的施工过程进行全程监控。这种管理上的疏漏，使得一些隐患未能及时发现并修正，最终影响了桥梁的防水效果。当前桥梁防水施

工中存在的主要问题主要集中在施工质量、材料选择、接缝处理以及质量管理等方面，亟须通过技术创新和管理优化来解决这些问题，以提升防水技术的实际应用效果。

三、优化桥梁防水技术的关键策略与方法

优化桥梁防水技术的关键策略与方法，首先需要从材料选择和应用入手。随着科技的发展，新型防水材料如高分子防水膜、聚氨酯涂料、改性沥青防水材料等得到了广泛应用，这些材料具有更强的耐久性、柔韧性和抗渗性。因此，合理选择适合不同桥梁环境的防水材料是提高防水效果的前提。在选择材料时，除了考虑其防水性能，还需兼顾材料的耐候性、抗冻性以及与桥梁结构的相容性，确保在不同气候条件下，防水材料能长期稳定发挥作用。

在施工工艺方面，必须加强细节管理，确保施工过程的精细化操作。防水层的施工应严格按照设计要求进行，尤其是在接缝、转角及节点处的处理，要做到无缝隙、无漏洞。此外，施工人员的技术水平也至关重要，只有具备高水平的专业技能，才能保证防水层的均匀涂布和材料的有效结合。提高施工技术水平的同时，还应

加强对施工过程的质量控制，通过引入质量检测手段，如防水层的厚度检测、涂层附着力测试等，确保防水层的施工质量符合标准。另外，防水层的长期效果与桥梁整体设计的配合密切相关。防水层设计应考虑到桥梁的使用环境、负载情况以及可能的施工周期变化，避免因设计不合理导致防水层功能下降。例如，防水层的厚度、结构层次的选择应根据桥梁所处的气候条件、交通强度等因素进行调整。特别是对于高湿度或频繁降水的地区，防水层设计应更加注重防水材料的抗水渗透性和耐老化性，以应对长期的环境考验。

桥梁防水技术的优化还需要加强全生命周期的管理。从设计、施工到使用后的维护管理，每一环节都应纳入精细化的质量管理体系中。施工完成后的防水层应进行定期检查与维护，发现问题及时修复，以避免小问题积累成大隐患。在桥梁使用过程中，防水层的老化、裂纹等问题是无法避免的，但通过合理的维护和修复措施，可以延长防水层的有效使用期，进一步提高桥梁的整体耐久性和安全性。通过这些策略与方法的综合应用，可以有效提升桥梁防水技术的整体水平，确保桥梁在复杂环境条件下的长期安全运行。见图 1。

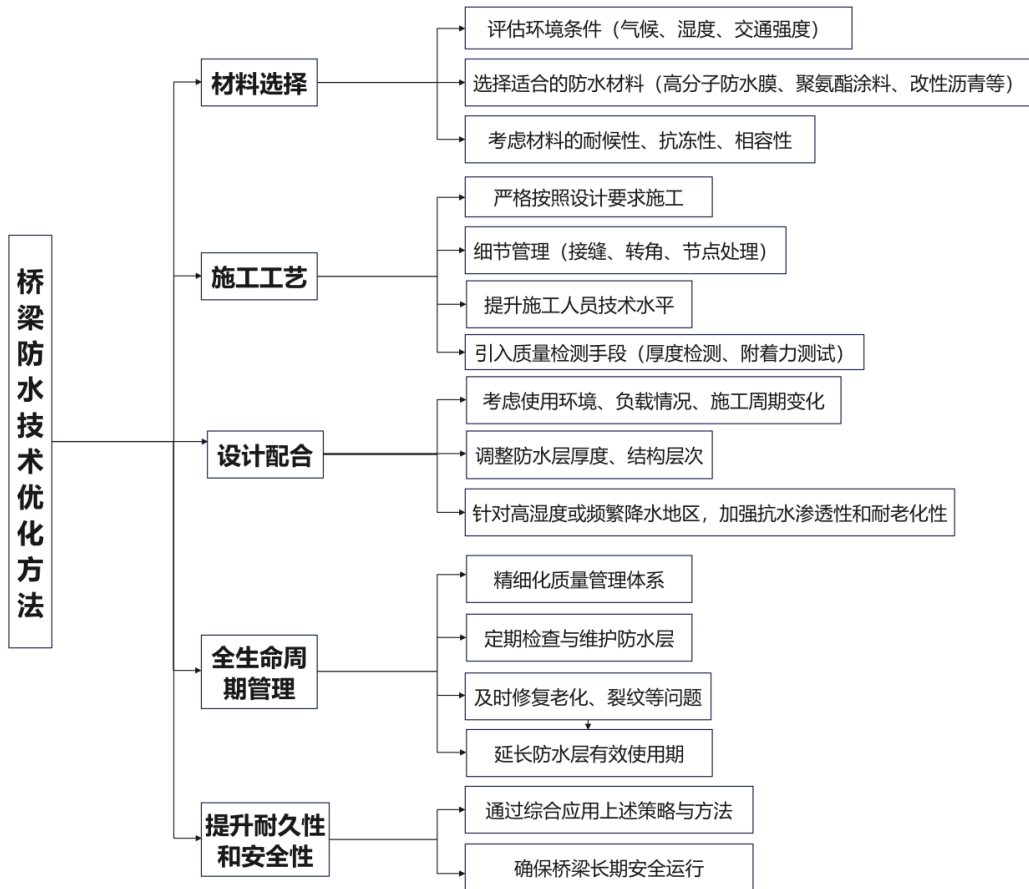


图 1 桥梁防水技术优化流程图

四、桥梁防水技术改进的应用效果与案例分析

随着桥梁防水技术的不断进步和应用，多个项目的实践证明，防水技术的改进对桥梁的长期稳定性和耐久性产生了显著影响。在一些具有代表性的桥梁工程中，

采用了新型防水材料和先进的施工技术，显著提升了桥梁的防水效果和抗老化能力。例如，在某些区域桥梁建设中，采用了聚氨酯防水涂料和自粘性高分子防水卷材，这些材料不仅具有较强的抗渗透性，还能有效抵抗紫外

线照射和极端气候条件的影响。此类防水材料的使用,使得桥梁表面与内部结构的水分隔离更加紧密,有效避免了水对混凝土及钢筋的侵蚀。

在实际应用中,桥梁防水技术的改进通常表现在防水层的厚度、施工工艺、材料的合理选择等方面。在某些桥梁项目中,经过改进的防水技术通过精确的施工工艺,使防水层的厚度达到设计要求,确保了防水层在长期使用中的稳定性。与传统的防水技术相比,改进后的防水层不仅在抗压、抗拉、抗裂等方面有所提升,而且在面对极端天气条件时,其防水性能保持较长时间不衰减。

以某一桥梁项目为例,在实施新的防水技术后,经

过三年的监测,防水层的整体性能得到了显著提高。监测数据显示,采用改进防水技术后的桥梁,防水层的渗水率从原有的5%降至0.3%,显著降低了因水分渗透导致的结构性问题。此外,桥梁的维护频率也大大减少,施工后维修的周期由原来的两年一次,延长至五年一次,节省了大量的维护成本和资源。通过这些案例可以看出,桥梁防水技术的改进,不仅有效提升了桥梁的防水性能,还延长了使用寿命,还减少了维修成本,提升了整体经济效益。在未来的桥梁建设中,随着防水技术的持续创新和优化,预计将会有更多的桥梁项目受益于此,进一步提高交通基础设施的安全性和耐久性。

表1 桥梁防水技术改进前后效果对比

项目	改进前防水层渗水率 (%)	改进后防水层渗水率 (%)	施工后首次维修周期 (年)	维护成本 (万元/年)	使用寿命 (年)	项目
桥梁 A	5.0	0.3	2	15	50	桥梁 A
桥梁 B	4.5	0.2	3	12	55	桥梁 B
桥梁 C	6.2	0.4	2	18	48	桥梁 C
桥梁 D	4.8	0.1	4	10	60	桥梁 D
桥梁 E	5.5	0.3	3	14	52	桥梁 E

数据来源:国内桥梁建设与维护管理协会,2023年。

五、未来桥梁防水技术的创新方向与发展趋势

随着桥梁建设和维护技术的不断发展,未来桥梁防水技术的创新方向将朝着更高效、更环保、更智能的方向发展。当前,传统的防水技术仍存在一些局限性,尤其是在应对极端气候变化和老化问题时,防水效果往往难以长期保持。因此,未来桥梁防水技术的重点之一将是材料的创新。新的高性能防水材料,如纳米技术防水材料、自愈合防水材料以及智能感应材料,将成为研究和应用的热点。纳米技术防水材料具有极高的抗渗透性和耐久性,不仅能够极端环境下保持长时间的稳定性,还能够通过微观结构的调控增强防水层的自适应性。自愈合防水材料则能在受到微裂缝和损伤时,自动修复裂缝,避免水分渗透,从而延长防水层的使用寿命。

另一个发展趋势是施工工艺的智能化和自动化。随着智能建造技术的逐步普及,未来桥梁防水施工将更加依赖于数字化技术和智能装备。通过无人机监测、机器人施工作业以及数字化施工管理平台,可以在施工过程中进行实时监控与调整,大幅提升防水施工的精度和效率。同时,这些智能化工具能够减少人为因素对施工质量的影响,从而提高防水层的均匀性和稳定性。施工过程中对防水层厚度、材料配比等环节的精准控制,也能显著提高防水效果,减少施工后的维护成本。随着环境保护意识的提升,未来桥梁防水技术的创新也将趋向于绿色和可持续发展。环境友好的防水材料将成为研发的重点,例如采用可降解、无毒害、无污染的天然高分子材料,能够在减少资源消耗和环境污染的同时,满足桥梁防水的要求。未来的防水技术将更加注重防水层的可回收性和生命周期管理。通过引入绿色建筑理念,桥梁防水技术不仅要考虑到其施工阶段的效能,还需要考虑到使用过程中对环境的友好性以及桥梁整体的可持续性。

随着桥梁在复杂环境中的应用需求增大,未来的防水技术将更加注重针对特定环境的定制化解决方案。无论是高湿、高温、极寒或是盐碱环境,未来的防水技术将根据不同桥梁所在的地理环境、气候条件以及使用情况,开发具有针对性的防水解决方案,确保桥梁在不同环境下都能保持长期的稳定性和安全性。未来桥梁防水技术的发展将围绕材料创新、施工智能化、绿色环保和定制化解决方案等方向展开,这些创新不仅将提升桥梁防水技术的整体水平,还将对桥梁工程的安全性、耐久性和经济性产生深远影响。

结语

桥梁防水技术在保证桥梁结构安全与耐久性方面发挥着至关重要的作用。尽管当前防水技术已取得显著进展,但施工质量、材料选择和管理等方面仍存在一定挑战。通过优化材料应用、改进施工工艺和加强质量管理,可以有效提升防水效果,延长桥梁使用寿命。未来,随着新型高性能材料、智能施工技术和绿色环保理念的发展,桥梁防水技术将更加高效、智能和可持续。通过不断创新与优化,桥梁防水技术必将为桥梁建设与维护提供更加可靠的保障,推动交通基础设施的长期安全和稳定运行。

参考文献

- [1] 刘锋. 高速公路桥梁防水技术研究 [J]. 交通工程学报, 2020, 34 (6): 102-109.
- [2] 赵悦. 桥梁防水层施工技术的现状与发展趋势 [J]. 建筑科学与工程学报, 2021, 37 (4): 87-92.
- [3] 陈珂. 道路桥梁防水技术与材料的应用分析 [J]. 公路工程, 2022, 45 (2): 121-126.
- [4] 林涛. 桥梁防水技术发展现状及对策探讨 [J]. 土木建筑工程, 2021, 48 (1): 58-64.
- [5] 张晓雨. 桥梁防水技术的质量控制与施工管理探讨 [J]. 建筑与土木工程, 2022, 43 (3): 99-104.