

道路桥梁工程施工中的桥梁防水技术研究

刘伟

北京市政建设集团有限责任公司第六工程处

DOI：10.12238/jpm.v5i7.6981

[摘要] 本文综述了道路桥梁工程施工中桥梁防水技术的重要性及其应用现状。通过分析不同类型的桥梁防水材料和技术，探讨了其在实际工程中的应用效果和存在的问题。文章旨在为桥梁工程的防水设计与施工提供理论依据和技术参考。

[关键词] 道路桥梁工程；桥梁防水技术；研究

Research on bridge waterproof technology in road and bridge engineering construction

Liu Wei

Beijing Municipal Construction Group Co., Ltd

[Abstract] This article summarizes the importance and application status of bridge waterproof technology in the construction of road and bridge engineering. By analyzing different types of bridge waterproof materials and techniques, its application effect and existing problems in practical engineering are discussed. This paper aims to provide the theoretical basis and technical reference for the waterproof design and construction of bridge engineering.

[Key words] road and bridge engineering; bridge waterproof technology; research

引言：

桥梁作为交通网络的重要组成部分，其耐久性和安全性直接关系到交通的畅通和人民的生命财产安全。防水技术是桥梁工程中不可或缺的一环，有效的防水措施可以显著延长桥梁的使用寿命，减少维修成本。

一、桥梁防水技术的重要性

1.1 桥梁防水与桥梁耐久性的关系

桥梁防水技术是确保桥梁结构耐久性的关键因素之一。在桥梁工程中，防水层的质量和性能直接影响到桥梁的使用寿命和维护成本。首先，防水层能够有效隔绝水分和有害物质的侵入，减少混凝土结构的腐蚀和冻融损伤，从而延长桥梁的物理寿命。其次，良好的防水措施可以防止钢筋锈蚀，保持桥梁结构的完整性和承载能力。此外，随着时间的推移，桥梁结构会受到环境因素的影响，如紫外线照射、温度变化等，这些因素都会加速桥梁材料的老化。因此，通过采用先进的防水技术和材料，可以显著提高桥梁的耐久性，减少因结构损坏而导致的维修和更换成本，确保桥梁长期稳定运行。

1.2 防水技术对桥梁安全的影响

桥梁的安全性是衡量其性能的重要指标，而防水技术在这一方面扮演着至关重要的角色。首先，有效的防水措施能够防止水分渗透到桥梁结构内部，避免因水分子引起的混凝土膨胀、裂缝产生和钢筋锈蚀等问题，这些都是导致桥梁结构弱化和破坏的主要原因。其次，防水层的完整性对于桥梁在极端天气条件下的稳定性至关重要，如暴雨、洪水等自然灾害发生时，良好的防水性能可以减少桥梁受损的风险，保障交通的连续性和安全性。此外，桥梁的安全性还与日常维护的便捷性有关，防水层的合理设计可以降低维护难度和成本，及时发现并修复潜在的安全隐患。

二、桥梁防水材料与技术

2.1 传统防水材料

2.1.1 沥青防水材料

沥青防水材料作为传统的桥梁防水材料，其历史悠久，应用广泛。沥青是一种由不同分子量的碳氢化合物及其非金属衍生物组成的黑褐色复杂混合物，具有良好的防水性能和粘结性。在桥梁工程中，沥青防水材料主要用于桥面铺装、桥梁伸缩缝以及桥墩和桥台的防水处理。

沥青防水材料的主要类型包括热熔型沥青、冷拌型沥青和改性沥青。热熔型沥青是通过加热使其变为流动状态，然后涂布或浇筑在需要防水的表面上，冷却后形成坚固的防水层。冷拌型沥青则是在常温下使用，通过添加溶剂或乳化剂来实现涂布，操作简便，适用于小面积或复杂形状的防水处理。改性沥青是在传统沥青中加入橡胶、塑料等高分子材料，以提高其耐高温、耐低温、耐老化和抗裂性能，适用于极端气候条件下的桥梁防水。

沥青防水材料的应用技术也在不断进步，包括喷涂技术、卷材铺设技术和自粘式防水技术等。喷涂技术通过高压喷枪将热熔沥青均匀喷涂在桥梁表面，形成无缝防水层。卷材铺设技术则是将预制的沥青防水卷材铺设在桥面上，通过热熔或自粘方式固定，形成连续的防水层。自粘式防水技术则是在沥青卷材背面涂覆一层自粘胶，铺设时只需撕去保护膜，即可与基层紧密粘合，施工快捷，防水效果好。

然而，沥青防水材料也存在一些局限性，如易受紫外线和高温影响而老化，低温下易脆裂，以及在重载交通作用下可能出现疲劳裂纹。因此，在选择和应用沥青防水材料时，需要综合考虑桥梁的使用环境、荷载条件和预期的使用寿命，以确保防水效果的持久性和可靠性。

2.1.2 橡胶防水材料

橡胶防水材料是一种以橡胶为主要成分的防水材料，具有优异的弹性、耐候性和耐化学腐蚀性。在桥梁工程中，橡胶防水材料主要用于桥面、桥梁伸缩缝以及桥梁结构的接缝处，以防止水分渗透和结构损坏。

橡胶防水材料主要包括天然橡胶和合成橡胶两大类。天然橡胶来源于橡胶树的乳液，具有良好的弹性和抗撕裂性，但耐候性和耐油性较差。合成橡胶则是通过化学合成得到，种类繁多，如丁苯橡胶、氯丁橡胶、丁腈橡胶等，它们在耐候性、耐油性和耐化学品方面表现出色，适用于各种复杂环境。

橡胶防水材料的应用形式多样，包括橡胶片材、橡胶涂料和橡胶密封胶等。橡胶片材是将橡胶材料压制成片状，通过粘贴或机械固定在桥梁结构上，形成防水层。橡胶涂料则是将橡胶材料溶解在溶剂中或制成乳液，涂刷在桥梁表面，形成连续的防水膜。橡胶密封胶则用于填充和密封桥梁结构的接缝，具有良好的粘结性和弹性，能够适应结构的变形。

橡胶防水材料的优势在于其卓越的耐久性和适应性，能够在极端温度和恶劣环境下保持良好的性能。此外，橡胶材料还具有良好的抗疲劳性能，能够承受长期的动态荷载而不发生破坏。然而，橡胶防水材料的价格相对较高，且在施工过程中对环境条件和施工技术要求较高，需要专业的施工队伍和严格的施工管理。

在选择橡胶防水材料时，应考虑桥梁的具体使用条件和防水要求，选择合适的橡胶类型和应用形式。同时，施工过程中应确保材料的质量和施工的精确性，以保证防水层的完整性和长期性能。随着科技的进步和材料的发展，橡胶防水材料在桥梁工程中的应用将更加广泛，为桥梁的安全和耐久提供更可靠的保障。

2.2 新型防水材料

2.2.1 高分子防水材料

高分子防水材料是近年来在道路桥梁工程施工中广泛应用的一种新型防水材料。这类材料以其优异的防水性能、耐久性和施工便利性，逐渐成为桥梁防水工程的首选材料。高分子防水材料主要包括聚氨酯、聚合物水泥基防水涂料、热塑性弹性体(TPO)和乙烯-丙烯-二烯橡胶(EPDM)等。这些材料具有良好的弹性、耐候性和抗老化性能，能够有效抵抗紫外线、温度变化和化学腐蚀，确保桥梁结构的长期稳定性和安全性。

聚氨酯防水材料以其卓越的粘结力和延伸性，能够紧密贴合桥梁结构表面，形成连续的防水层。它不仅能够适应桥梁因温度变化和车辆荷载引起的微小变形，还能有效防止水分渗透，保护桥梁结构不受侵蚀。聚合物水泥基防水涂料则结合了聚合物的高弹性和水泥的刚性，既具有良好的防水性能，又能够承受一定的结构荷载，适用于桥梁的多种部位。

热塑性弹性体(TPO)和乙烯-丙烯-二烯橡胶(EPDM)是两种常用于桥梁防水系统的高分子卷材。TPO材料具有优异的耐候性和热熔接性能，能够形成无缝的防水层，适用于大面积的桥梁防水工程。EPDM材料则以其卓越的耐老化性能和抗紫外线能力，成为桥梁长期暴露部位的理想防水选择。

2.2.2 复合防水材料

复合防水材料是桥梁防水技术中的另一项重要进展，它通过将不同性质的材料结合在一起，以达到更优的防水效果。这类材料通常包括无机材料和有机高分子材料的复合，如聚合物

改性沥青、聚合物水泥复合材料等。

聚合物改性沥青是一种广泛应用于桥梁防水层的复合材料，它通过在传统沥青中加入高分子聚合物，如SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)或APP(无规聚丙烯)，显著提高了沥青的弹性和耐久性。这种改性沥青能够在极端温度下保持柔韧性，有效抵抗裂缝的产生，同时具有良好的粘结力和耐化学腐蚀性，确保了防水层的长期稳定性。

聚合物水泥复合材料则是将聚合物乳液与水泥基材料混合，形成一种具有高强度和良好防水性能的复合材料。这种材料不仅具有水泥的刚性和耐久性，还具有聚合物的柔韧性和粘结力，能够适应桥梁结构的变形，提供可靠的防水保护。聚合物水泥复合材料施工简便，可直接涂覆或喷涂在桥梁表面，形成连续且无缝的防水层。

三、桥梁防水技术的应用现状

3.1 国内外桥梁防水技术的对比

桥梁防水技术作为道路桥梁工程施工中的关键环节，其应用现状在国内外呈现出不同的特点和发展趋势。在国际上，桥梁防水技术已经形成了较为成熟的技术体系，特别是在欧美等发达国家，由于其桥梁建设历史悠久，加之对基础设施维护的重视，桥梁防水技术得到了长足的发展。这些国家普遍采用高性能的防水材料，如聚氨酯、环氧树脂等，这些材料具有良好的耐候性、耐化学腐蚀性和抗老化性能，能够有效延长桥梁的使用寿命。

相比之下，国内桥梁防水技术起步较晚，但近年来随着国家对基础设施建设的加大投入，桥梁防水技术也得到了快速发展。国内桥梁防水技术主要集中在防水材料的研究和应用上，如改性沥青、高分子防水卷材等。这些材料在国内桥梁工程中得到了广泛应用，但由于技术水平和施工质量参差不齐，导致防水效果存在差异。

在施工技术方面，国外普遍采用机械化、自动化的施工方法，确保了防水层的均匀性和密实性。而国内虽然也在逐步推广机械化施工，但仍有不少地区依赖传统的人工施工，这在一定程度上影响了防水层的质量。此外，国外在桥梁防水设计上也更为科学合理，注重防水系统与桥梁结构的整体性，而国内在这方面还有待提高。国外桥梁防水设计不仅考虑防水层的性能，还综合考虑排水系统、伸缩缝处理等多方面因素，确保桥梁在各种环境下的防水效果。

3.2 典型工程案例分析

桥梁防水技术在实际工程中的应用，不仅关乎桥梁的耐久性与安全性，更是对工程质量的直接体现。以下案例分析旨在揭示当前桥梁防水技术在典型工程中的实施情况及其效果。首先，以长江第三大桥为例。作为连接长江两岸的重要交通枢纽，这座桥梁不仅承载着巨大的交通压力，更在设计 and 施工过程中展现出了卓越的创新能力和精湛的工艺水平。在长江第三大桥的建设中，防水工作被赋予了极高的重视。为了确保桥梁结构的长期稳定性和耐久性，该工程采用了先进的防水卷材与涂料相结合的防水体系。施工过程中，严格遵循了材料选择、基层处理、防水层铺设及保护层施工的规范流程。通过采用高分子防水卷材，有效地隔绝了水分的渗透，同时，涂料的应用增强了防水层的整体性和耐候性。工程竣工后，经过连续两年的监测，未发现任何渗漏现象，充分证明了该防水技术的有效性。其次，另一项位于多雨地区的桥梁工程，面对频繁的降雨和较高的地下水位，采用了排水与防水相结合的策略。在桥梁结构

设计中，特别增设了排水系统，确保雨水能够迅速排出，减少对桥梁结构的影响。同时，在桥梁的关键部位，如桥面、桥墩等，采用了高性能的防水材料，如聚氨酯防水涂料，以提高防水层的抗渗性能。经过实际运行检验，该桥梁在极端天气条件下仍能保持良好的防水效果，显示了综合防水措施的重要性。

四、桥梁防水技术存在的问题与展望

4.1 当前技术存在的问题

桥梁防水技术虽然在不断进步，但在实际应用中仍面临着一系列挑战。首先，材料的选择与匹配尚未达到最优化，部分防水材料在长期暴露于恶劣环境后，其性能会显著下降，导致防水效果不持久。其次，施工工艺的规范性和精细度有待提高，施工过程中的操作不当或细节处理不周，往往成为防水失效的隐患。再者，对于桥梁结构变形的适应性不足，桥梁在使用过程中会因荷载、温度变化等因素产生变形，而现有的防水技术往往难以适应这种动态变化，从而影响防水层的完整性和耐久性。此外，维护和检测手段的落后也是当前技术面临的问题之一，缺乏有效的监测和维护机制，使得桥梁防水层的潜在问题难以及时发现和修复，增加了桥梁维护的难度和成本。

4.2 技术发展趋势与展望

随着科技的进步，桥梁防水技术的发展呈现出新的趋势和展望。首先，新型防水材料的研发将成为重点，如高分子复合材料、纳米材料等，这些材料具有更好的耐候性、耐腐蚀性和耐久性，能够有效提升防水层的性能。其次，智能化施工技术

的应用将提高施工的精确度和效率，例如采用机器人施工、3D打印技术等，可以减少人为因素的干扰，确保防水层的质量。再者，结构健康监测技术的集成将使得桥梁防水层的维护更加科学和及时，通过传感器和数据分析，可以实时监控防水层的状况，预测潜在的损坏，从而实现预防性维护。此外，环保和可持续发展的理念也将融入到桥梁防水技术中，推动绿色防水材料的研发和应用，减少对环境的影响。

结语：

桥梁防水技术是桥梁工程中的关键技术之一，其发展水平直接影响到桥梁的使用寿命和安全性。随着新材料和新技术的不断涌现，桥梁防水技术将迎来新的发展机遇。未来，应进一步研究和推广高效、环保的防水材料和技术，以满足现代桥梁工程的需求。

[参考文献]

- [1]张清利, 王康明, 焦长青, 等.水性环氧乳化沥青在水泥混凝土桥面防水黏层的应用研究[J].公路工程, 2022, 47(02): 83-90.
- [2]何丽红, 张博, 马悦帆, 等.水性环氧乳化沥青桥面防水粘结层材料性能研究[J].化工新型材料, 2022, 50(11): 240-244.
- [3]张余英.聚天门冬氨酸酯聚脲防水涂料在桥梁桥面防水工程中的应用[C].全国第二十三届防水技术交流大会会刊论文集, 2021: 230-233.

上接第 97 页

广，提高行业内外对标准的认知度和认可度。同时，鼓励企业积极采用和遵循相关标准，推动标准的广泛应用和落地实施。^[5]

(三) 加强示范项目推广

在推动智能化施工技术在港口与航道工程中应用的过程中，加强示范项目推广是极为重要的一环。首先在选择示范项目时，应充分考虑项目的代表性、创新性和可推广性。选取那些能够充分展示智能化施工技术优势、解决传统施工难题、具有广泛应用前景的项目作为示范，确保示范项目能够发挥良好的示范效应。其次在示范项目实施过程中，应建立科学的管理机制，确保项目能够按照预定的目标和计划顺利推进，同时加强项目团队建设，选拔具有丰富经验和创新能力的团队成员，确保项目的高质量完成，同时加强项目监管和评估，确保项目在实施过程中符合相关标准和规范，达到预期的技术效果。最后可以通过举办展览、研讨会、现场观摩等方式，向行业内外展示示范项目的成果和效果，不断加强与合作媒体的合作，通过新闻报道、专题报道等方式扩大示范项目的知名度和影响力，并且组织专家团队对示范项目进行总结评估，提炼出可复制、可推广的成功经验，为其他类似项目提供借鉴和参考。

(四) 加强安全管理防控

在港口与航道工程中，加强安全管理防控是确保施工顺利进行的重要保障，因此在这一过程中需要做到以下几点。第一，要在智能化施工过程中制定严格的安全管理规章制度，明确各级管理人员和施工人员的安全职责，同时建立安全风险评估机制，对施工过程中可能出现的风险进行提前识别和评估，制定相应的防控措施。^[6]第二要引入智能化安全监控技术，借助物

联网、大数据、人工智能等先进技术，实现对施工现场的实时监控和数据分析。通过安装高清摄像头、传感器等设备，实时掌握施工现场的安全状况，及时发现潜在的安全隐患。最后，可以制定详细的应急预案和救援方案，明确救援流程和责任人；同时加强应急演练和培训，提高全体人员的应急反应能力和自救互救能力。

结语：

综上所述，智能化施工技术的引入和应用为港口与航道工程建设带来了革命性的变革，不仅提高了施工效率，降低了安全风险，还促进了工程质量的显著提升。然而我们也要清醒地认识到，智能化施工技术在应用过程中还面临着诸多挑战和难题。因此需要通过有效策略发挥智能化技术的应有作用，推动港口与航道工程建设的高效开展。

[参考文献]

- [1]孙俊锋.BIM+GIS 技术在内河智慧航道建设中的应用[J].现代交通技术, 2023, 20(06): 90-94.
- [2]王营.优化、升级、创新——人工智能在港口的应用场景及发展探究[J].中国航务周刊, 2023, (31): 46-48.
- [3]本刊讯.津、浙两港签署“世界一流”智慧港口共建协议[J].中国航务周刊, 2023, (26): 22.
- [4]雷思雨.新加坡的智能港口建设及对我国的启示[J].科技创新与生产力, 2023, (03): 30-33.
- [5]刘建东.关于港口工程建设中的振冲砂施工技术[J].现代物业(中旬刊), 2019, (12): 197.DOI: 10.16141/j.cnki.1671-8089.2019.12.188.
- [6]Riedl J, Delenclos F, Rasmussen A.巧用智能技术助力港口数字化建设[J].中国远洋海运, 2018, (10): 54-61+9.