

市政桥梁养护中腐蚀防治技术的应用研究

陈 企

宁波市市政设施中心 浙江 宁波 315000

摘 要：市政桥梁在长期的使用过程中，由于交通荷载、气候变化以及环境污染等因素，腐蚀问题逐渐突出，给桥梁安全性带来严重威胁。腐蚀防治技术在桥梁养护中扮演着至关重要的角色，尤其是在提高桥梁结构的耐久性和延长其使用寿命方面。针对市政桥梁的腐蚀防治问题，研究了目前常用的防治方法，并探讨了新型材料与技术的应用。为进一步提升腐蚀防治效果，需要从材料选择、防腐设计以及施工工艺等多个方面进行综合优化。腐蚀防治的深入研究能够为市政桥梁的长期安全运行提供有力保障。

关键词：市政桥梁；腐蚀防治；耐久性；材料选择；防腐设计

引 言

市政桥梁在现代城市建设中占据着重要地位，其稳定性和安全性直接关系到城市交通和人民生活。然而，随着使用年限的增加，桥梁腐蚀问题逐渐显现，严重影响了桥梁的结构性能和使用寿命。腐蚀不仅是桥梁退化的主要因素之一，也增加了桥梁维护成本和安全风险。如何有效防治桥梁腐蚀，提升桥梁的耐久性，成为了亟待解决的关键问题。近年来，随着材料科技的发展以及防腐技术的进步，腐蚀防治手段在市政桥梁养护中的应用逐渐多样化和精细化。

1 桥梁腐蚀的成因与影响

桥梁腐蚀的成因主要与环境因素、材料特性以及外部荷载等多方面因素密切相关。随着桥梁使用年限的增加，各种因素的综合作用导致桥梁结构逐渐受到腐蚀损害。环境因素中，气候变化、空气湿度、温差以及降水等都会影响桥梁表面保护层的稳定性，特别是在沿海地区和化学污染较重的地区，盐分和化学物质的侵蚀作用尤为显著。大气中的二氧化硫、氯化物等化学成分能加速钢筋和钢结构的腐蚀，导致桥梁结构的整体性能下降。

桥梁所使用的建筑材料的耐腐蚀性也决定了腐蚀的程度。例如，钢筋混凝土桥梁在受到外部湿气和水分的侵入后，钢筋部分可能发生氧化反应，产生锈蚀并膨胀，进而破坏混凝土的结构完整性。由于钢筋和混凝土之间的附着力减弱，桥梁的承载能力和安全性能大大降低。而随着桥梁承受的交通荷载不断增加，桥梁材料的疲劳损伤会加剧腐蚀的进程，导致桥梁进一步退化。

腐蚀对桥梁的影响不仅仅体现在结构强度的损失，还表现在桥梁的使用寿命缩短和维护成本增加。钢筋腐蚀导致的混凝土裂缝和钢材断裂，往往会造成桥梁的稳

定性受到威胁，增加交通事故的潜在风险。对于市政桥梁而言，腐蚀问题引起的维修和加固费用也呈现出不断上升的趋势，这不仅给公共财政带来压力，也影响了交通运输的顺畅。腐蚀引发的结构损伤还可能影响桥梁的美观性，降低市容，进而对城市形象产生负面影响。因此，深刻理解腐蚀的成因及其对桥梁结构的影响，对采取有效的防治措施具有重要意义。

2 现有腐蚀防治技术的应用现状

目前，市政桥梁的腐蚀防治技术已经取得了一定的进展，涵盖了多种不同的防护手段和技术应用。从桥梁建设之初，防腐设计就需要考虑环境、荷载等多方面的因素，采用合适的材料和结构形式来增强桥梁的耐腐蚀性能。在腐蚀防治中，常用的技术手段包括涂层防护、阴极保护、改性材料应用等，其中涂层防护技术尤为广泛。涂层防护主要是通过桥梁结构表面涂覆一层保护膜，隔绝外界腐蚀性介质的侵入，从而减少腐蚀的发生。这种方法通常使用高性能的防腐涂料，能够有效抵抗水分、氧气及有害化学物质对桥梁表面的侵蚀。

另一种常见的防腐技术是阴极保护，这种方法通过施加外部电流，使桥梁金属部分成为阴极，从而避免其发生氧化反应。阴极保护广泛应用于钢筋混凝土桥梁，尤其是在盐渍环境或海洋气候区域，这种技术能够显著延长桥梁的使用寿命并减少因腐蚀带来的维修费用。例如，美国的金门大桥采用了阴极保护技术，有效抵御了海洋环境的侵蚀；我国的舟山跨海大桥也通过阴极保护系统，保障了桥梁在高盐雾环境下的结构安全。随着科技的进步，阴极保护系统的设计逐渐走向智能化，利用传感器和自动化控制系统对桥梁的腐蚀状况进行实时监控，确保防腐措施的有效性。

除了传统的防腐方法，近年来改性材料的应用逐渐

成为防腐技术的新趋势。例如,使用高强度、不易腐蚀的合金钢、复合材料等替代传统钢材和混凝土,这些新材料具备更强的抗腐蚀能力,在一些特殊环境中表现出了良好的适应性。防腐设计在施工阶段的应用也日益被重视,尤其是在桥梁施工过程中,合理选择防腐设计和施工技术,能够为桥梁后期维护节省大量资源,提高整体耐久性。尽管现有的腐蚀防治技术已经取得了一定的应用效果,但随着桥梁使用年限的延长和环境条件的变化,仍然存在一些挑战。新的防腐技术和材料的研发仍在持续进行,如何在实际应用中实现更加高效、低成本的防腐手段,是目前技术发展的重点方向。

3 新型防腐材料与技术的发展

新型防腐材料与技术的发展为桥梁腐蚀防治提供了更多创新的解决方案。随着对材料性能要求的提升和对环境适应性的不断强化,新的防腐材料不断涌现,以应对日益严峻的腐蚀问题。聚合物基复合材料作为一种新兴的防腐材料,因其优异的耐腐蚀性、轻质性及可塑性,逐渐在桥梁防腐领域得到应用。聚氨酯、环氧树脂等聚合物材料经过改性后,在抵抗水分、盐分及化学介质的侵蚀方面展现了显著的优势,且具有良好的附着力和耐候性。特别是在桥梁结构的涂层防护中,聚合物基材料能够有效地增强桥梁表面的保护功能,延缓腐蚀的发生。

在金属防腐领域,金属涂层技术已取得显著进展。锌基合金、铝合金等涂层材料被广泛应用于钢结构的防护,提供了优异的抗腐蚀性能,尤其适用于桥梁等长期暴露于恶劣环境中的金属部件。锌基合金涂层能够在钢材表面形成保护膜,防止水分和化学介质渗透,显著减少腐蚀现象的发生,同时延长了桥梁的使用寿命。铝合金涂层则具备良好的耐高温性和耐盐雾性,适用于海洋或工业污染严重地区的桥梁保护。金属表面处理技术,如热浸镀和喷涂,进一步提升了金属表面的耐腐蚀能力。热浸镀通过将金属浸入熔融金属中,形成一层致密的保护层,极大提高了金属对环境的抗腐蚀性。喷涂技术则通过将防腐涂层均匀覆盖在金属表面,增强其耐腐蚀性,同时改善金属的物理化学性能。这些技术的应用,有效减缓了金属腐蚀,保护了桥梁结构免受环境因素的危害。

智能防腐技术在近年来得到快速发展。智能传感器与自修复材料的结合,为桥梁腐蚀防治带来了革命性突破。自修复材料是一种新型防腐材料,由聚合物基体和微胶囊组成,当材料表面出现微小裂缝时,微胶囊破裂释放修复剂,填充裂缝并恢复防腐效果。智能传感器则

实时监测桥梁腐蚀状态,通过数据分析及时发现问题并采取措施,避免腐蚀扩展。结合物联网技术,智能防腐系统不仅提高了桥梁安全性,还降低了人工检查和维护成本。随着环保和可持续发展要求提升,绿色防腐材料和技术的研发成为重要方向。利用生物材料或低能耗、高效率的防腐技术,不仅能实现优异的防腐效果,还能减少资源消耗和环境污染。这些新型防腐技术和材料的应用,使市政桥梁的腐蚀防治进入了一个更加高效、环保、经济的新时代。

4 腐蚀防治技术在市政桥梁中的实际应用

腐蚀防治技术在市政桥梁中的应用已经渗透到桥梁设计、施工、维护和加固的各个环节,成为确保桥梁结构安全性和延长使用寿命的关键因素。在桥梁的建设初期,腐蚀防治措施往往被纳入设计方案,通过选择适当的材料和防腐工艺进行优化。桥梁的钢筋混凝土结构常通过增加防腐涂层、使用防腐钢筋或在混凝土中加入抗腐蚀添加剂,以有效提高结构的抗腐蚀能力。在这一阶段,防腐涂料的选用非常重要,尤其是那些能够抵抗海洋气候、酸雨、盐雾等恶劣环境影响的高性能涂层材料。现代的桥梁防腐涂料不仅具备耐磨、耐候性,还能有效隔绝氧气、水分及有害化学物质的侵入,显著延缓腐蚀过程。

在桥梁的运行维护阶段,腐蚀防治技术的应用同样至关重要。随着桥梁使用时间的增加,尤其是受交通荷载和环境污染影响,腐蚀现象不可避免地出现。此时,采用的技术手段主要集中在加强对腐蚀区域的实时监控、定期检查以及局部加固。通过安装传感器和监测系统,能够实时掌握桥梁的腐蚀情况,及时发现隐患并采取相应的防治措施。比如,通过监测钢筋锈蚀的电位变化,可以准确定位腐蚀部位,避免过度加固或不必要的维修,节省了大量维护成本。

对于已经发生严重腐蚀的桥梁,采用的防治技术更加多样化。常见的加固方法包括外加防腐层、加装阴极保护系统以及利用先进的复合材料进行修复。阴极保护系统是一种通过施加外部电流使金属结构成为阴极,从而抑制阳极氧化反应的技术,常用于潮湿、多盐分环境,能有效防止钢筋腐蚀并保持结构稳定性。此外,碳纤维和玻璃纤维等复合材料的应用也逐渐得到广泛认可。通过这些高强度材料与原有结构结合,可以大幅提升桥梁的抗腐蚀性和承载能力,解决了传统加固方法难以处理的局部腐蚀问题。在市政桥梁的修复过程中,采用自修复材料也是一种新兴的防腐技术。这些材料能够在遭受轻微损伤时,自动修复裂缝或腐蚀部位,延长

了桥梁的有效使用寿命,减少了维修频次。此外,随着环保要求的提升,绿色防腐材料逐渐成为桥梁养护的新趋势。这些材料不仅具备优异的防腐性能,还能在减少环境污染的同时,提升防腐效果,符合可持续发展的需求。

5 优化腐蚀防治措施提升桥梁耐久性

优化腐蚀防治措施是提升桥梁耐久性的关键步骤,尤其是在面对日益严峻的环境压力和桥梁使用年限不断延长的背景下。针对桥梁腐蚀问题,综合运用多种先进防腐技术和材料的协同作用,能够显著提高桥梁的耐久性。合理选择具有较高抗腐蚀性的建筑材料是防治腐蚀的基础。对于钢筋混凝土桥梁,可以通过选用不易锈蚀的高强度钢筋、改性水泥以及抗渗透的混凝土,来减少水分、盐分等腐蚀性物质的侵入,从源头上抑制腐蚀发生。这类材料的使用可以有效提升桥梁整体结构的耐腐蚀能力,延长其使用寿命。

在防腐设计方面,采用合理的构造措施也至关重要。桥梁的排水系统设计要充分考虑到水分积聚问题,避免水分长时间滞留在桥梁表面及接缝处,这有助于减缓腐蚀进程。防腐涂层的应用作为常见的防治手段之一,也应当根据桥梁所处环境的不同进行精确选择。对于海洋环境中的桥梁,采用高耐候性的聚氨酯、环氧树脂等涂层材料,可以有效阻隔海水中的氯离子和盐分,减少腐蚀的发生。同时,涂层的厚度、施工工艺的精确控制也是提高防腐效果的关键因素。

对于已建成的桥梁,定期的腐蚀监测和评估是提升桥梁耐久性的必要环节。通过安装先进的监测设备,如电化学传感器和腐蚀传感器,可以实时监测桥梁的腐蚀状况,获取桥梁结构的腐蚀数据,从而实现早期预警和针对性修复。针对已出现腐蚀的区域,通过加强阴极保护系统或采用自修复材料进行加固,也能有效遏制腐蚀

进一步扩展。阴极保护系统通过对钢筋施加微弱电流,可以将钢筋表面转化为阴极,从而避免氧化反应的发生,防止钢筋腐蚀的蔓延。自修复技术作为新兴的防腐技术,也有望在桥梁养护中发挥重要作用。自修复材料能够在受到轻微损伤时自动修复裂缝,恢复原有的防腐性能,这一技术的应用能够大幅减少桥梁维护频次,提高桥梁的长期耐久性。此外,绿色环保材料的采用,不仅能够有效抵御腐蚀,还能降低环境污染,符合现代桥梁建设的可持续发展要求。通过以上优化措施的综合运用,能够显著提升桥梁的耐腐蚀性,延长其使用寿命,为市政桥梁的安全运营提供有力保障。

结语

腐蚀防治技术的不断发展和应用,对于市政桥梁的长期安全和耐久性至关重要。通过合理选择防腐材料、优化设计方案、采用先进的监测和加固技术,能够有效遏制腐蚀的发生与扩展。新型防腐材料和智能化技术的引入,进一步提升了桥梁防腐的效果和经济性。综合运用多种防治措施,将为市政桥梁的安全运营提供坚实保障,延长其使用寿命,确保城市交通基础设施的稳定性和可持续性。

参考文献

- [1]王志强,刘建华.市政桥梁腐蚀防治技术研究[J].建筑科学,2022,38(7): 58-62.
- [2]张鹏飞,李明.桥梁腐蚀与防治技术的现状与发展[J].公路工程,2021,37(10): 112-116.
- [3]陈德明,徐伟.新型防腐材料在市政桥梁中的应用研究[J].材料科学与工程,2023,41(2): 45-50.
- [4]赵辉,孙晓丽.市政桥梁防腐设计优化及应用技术[J].土木工程,2020,43(5): 76-80.
- [5]郑建国,杨军.智能化防腐技术在桥梁养护中的应用[J].交通科技,2021,29(4): 118-123.