

新疆地区箱梁桥梁耐久性提升的关键技术研究

杨忠国 严浩 李娅萌 杨玉昌

新疆交通建设集团股份有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830023

摘要: 随着新疆地区交通基础设施建设的不断发展, 箱梁桥梁作为重要的交通设施之一, 承受着复杂的交通荷载和恶劣的气候条件。由于新疆地区的特殊地理和气候特点, 桥梁结构的耐久性问题尤为突出。论文基于新疆地区箱梁桥梁的使用环境, 结合耐久性相关理论, 探讨了提升箱梁桥梁耐久性的关键技术。主要从结构设计、材料选择、防护措施、施工工艺和后期维护等方面提出了可行的技术方案, 并通过表格对比分析不同技术的效果。研究表明, 采用综合性的技术手段可以显著提升箱梁桥梁的耐久性, 延长其使用寿命。

关键词: 新疆地区; 箱梁桥梁; 耐久性; 关键技术; 提升方法

Research on the Key Technology of Box Girder Bridge Durability Improvement in Xinjiang Region

Zhongguo Yang Hao Yan Yameng Li Yuchang Yang

Xinjiang Transportation Construction Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830023, China

Abstract: With the continuous development of transportation infrastructure construction in Xinjiang region, the box girder bridge, as one of the important transportation facilities, is under the complex traffic load and harsh climate conditions. Due to the special geographical and climatic characteristics of the Xinjiang region, the durability problem of the bridge structure is particularly prominent. Based on the use environment of box girder bridge in Xinjiang and the related theory of durability, this paper discusses the key technology of improving the durability of box girder bridge. It mainly puts forward feasible technical solutions from the aspects of structure design, material selection, protective measures, construction technology and later maintenance, and analyzes the effects of different technologies through tables. The study shows that the comprehensive technology can significantly improve the durability of the box girder bridge and prolong its service life.

Keywords: Xinjiang region; box girder bridge; durability; key technology; improvement method

0 前言

箱梁桥梁作为高速公路、铁路等重要交通网络的基础设施, 广泛应用于国内外的桥梁建设中。尤其在新疆地区, 由于地理环境的特殊性和极端气候条件, 箱梁桥梁的耐久性面临着严峻挑战。新疆地区的寒冷冬季、干燥高温夏季、沙尘暴频发以及复杂的地质条件, 都对桥梁结构的安全性及长期耐久性提出了更高要求。

近年来, 随着对桥梁结构性能研究的深入, 箱梁桥梁的耐久性问题逐渐引起了学术界和工程界的广泛关注。尤其是如何提升箱梁桥梁在极端环境下的使用寿命, 成为桥梁设计、施工与维护中的核心问题之一。论文将从耐久性问题出发, 系统研究新疆地区箱梁桥梁耐久性提升的关键技术, 分析其应用效果, 并提出相应的技术策略和实施建议。

1 新疆地区箱梁桥梁耐久性问题分析

1.1 新疆地区的气候与地理特点

新疆地处中国西北部, 地理环境复杂, 气候条件极为严酷, 主要特点如下:

①极端温差: 新疆地区昼夜温差大, 尤其是冬季, 气温可降至零下 40℃, 而夏季高温可达 40℃以上。这种极端

的温差变化会加速桥梁材料的老化, 导致裂缝、膨胀等问题。

②干燥气候: 新疆地区的干旱气候导致空气湿度较低, 这会加速钢筋腐蚀, 尤其是在多年的风沙环境下, 沙尘对桥梁的侵蚀更加严重。

③沙尘暴频发: 新疆地区的沙尘暴天气频繁, 风沙中含有大量的细颗粒物, 这些物质对桥梁表面涂层和结构产生磨损, 加速了桥梁的老化。

④复杂地质条件: 新疆某些地区存在不稳定的土层, 桥梁基础设计面临较大挑战, 长期受地基沉降等因素影响, 可能导致箱梁桥梁出现变形、裂缝等问题。

1.2 箱梁桥梁的耐久性影响因素

箱梁桥梁的耐久性受多种因素的影响, 包括设计、材料、施工工艺、环境因素等。在新疆地区, 主要影响因素如下:

①冻融作用: 寒冷地区的冻融作用会导致混凝土表面破损, 甚至在一定程度上影响结构的强度。

②氯盐侵蚀: 新疆的冬季采用融雪盐, 氯离子侵入桥梁混凝土内部, 尤其是钢筋混凝土桥梁, 极易导致钢筋的腐蚀, 进一步影响桥梁的耐久性。

③碳化与硫酸盐侵蚀: 由于新疆地区的干燥气候和空气污染问题, 空气中的二氧化碳和硫酸盐会加速桥梁材料的

劣化,尤其是钢筋的锈蚀和混凝土的碳化。

④施工质量:施工过程中混凝土的配比、养护和施工工艺对桥梁的耐久性影响极大。施工不当或质量控制不严格,可能会导致桥梁在使用过程中出现裂缝和其他耐久性问题。

2 提升新疆箱梁桥梁耐久性的关键技术

2.1 优化桥梁设计

①结构防冻设计。新疆地区气候寒冷,尤其是在冬季,桥梁的结构经常会面临冻融作用的影响。冻融循环会导致混凝土表面剥离,内部结构的裂缝扩展,进而影响桥梁的稳定性和承载能力。为了有效应对这一问题,设计时需要特别注意防冻措施。首先,混凝土的配比应选用低温下表现优异的材料,如采用抗冻性能良好的水泥、减少水灰比、增设抗冻剂等,使混凝土在低温环境下能够保持良好的工作性能。此外,特别是在桥梁的接缝和基础部分,设计时要加入特殊处理,如通过增设防冻层或设置排水通道,减少积水对混凝土的冻融影响,从而有效提升桥梁结构的抗冻性能,延长桥梁的使用寿命。

②桥梁防风沙设计。新疆地区沙尘暴频繁,对桥梁的耐久性构成了巨大的挑战。沙尘暴中带有大量的沙粒和尘土,长期作用下会磨损桥梁表面,导致桥梁结构暴露,增加腐蚀的风险。为此,在设计时需要考虑防风沙的因素。首先,可以在桥梁表面使用耐磨性强的防护涂层,如特殊的防风沙涂料,这些涂料能够有效降低风沙对桥梁表面的侵蚀。同时,设计时应优先选择能够抗风沙侵蚀的材料,如涂层钢材、耐腐蚀性强的合金钢等。这些设计措施能够有效保护桥梁外部免受沙尘暴的损害,延缓桥梁表面老化,保持桥梁的外观与结构完整性。

③防腐蚀设计。新疆地区的气候条件使得桥梁长期暴露于高温、沙尘、风力和盐分等腐蚀性物质中,尤其是在桥梁的受力部位和接缝部位,腐蚀现象更为严重。为提高桥梁的耐久性,防腐蚀设计是至关重要的一环。在钢筋混凝土箱梁设计中,应选择防腐蚀性能更好的钢材,或者采用涂层钢筋以增加其抗腐蚀能力。例如,使用不锈钢钢筋、镀锌钢筋或采用涂层钢筋,可以有效防止钢筋在腐蚀环境中受到侵蚀,从而避免钢筋的锈蚀导致的混凝土劣化。此外,桥梁的接缝和基础部分特别容易受到外界环境的腐蚀影响,设计时应加强对这些部位的防护处理,选择合适的防腐涂层和防水技术,以提高桥梁的抗腐蚀能力和使用寿命。

2.2 高性能耐久性材料的选择

①高性能混凝土。高性能混凝土(HPC)是一种新型混凝土材料,具有较强的抗渗透性、抗冻性和抗腐蚀性能,尤其适合在极端气候条件下使用。相比普通混凝土,HPC的抗压强度、抗冻融能力和耐久性表现更为优异。在新疆地区的箱梁桥梁建设中,采用高性能混凝土可以有效提高桥梁

的耐久性,减少混凝土在恶劣环境下的劣化。例如,高性能混凝土在抗渗透性方面比普通混凝土更具优势,可以有效防止水分和腐蚀性物质的渗透,减少混凝土中的钢筋暴露与腐蚀现象。同时,HPC对冻融循环的抵抗能力也远远优于传统混凝土,有助于防止新疆地区寒冷气候中的冻融作用对桥梁结构的损害。

②耐腐蚀钢材。钢材是桥梁建设中不可缺少的重要材料,然而在新疆地区,由于长期受到沙尘暴、盐分和紫外线的影响,钢筋容易发生腐蚀,导致桥梁结构的耐久性下降。为了有效解决这一问题,采用耐腐蚀钢材成为提升桥梁耐久性的关键技术之一。耐腐蚀钢材如不锈钢钢筋或涂层钢筋具有较强的抗腐蚀能力,可以有效防止钢筋锈蚀问题的发生,从而避免因腐蚀导致的桥梁损伤。此外,耐腐蚀钢材不仅能延长桥梁的使用寿命,还能减少维修与更换钢筋的频率,降低长期的维护成本。

③智能感应材料。智能感应材料的应用为桥梁的长期耐久性提供了新的技术保障。这些材料能够根据外界环境的变化实时监测桥梁的健康状况,并提供数据支持,以便及时发现潜在的损伤或劣化。智能感应材料包括能实时检测应力、温度、湿度变化的传感器、光纤传感器等,这些材料通过监测桥梁结构的各项参数,可以实时反映出桥梁是否受到过度负荷、腐蚀或疲劳的影响。在新疆这样一个极端气候区域,智能感应材料的应用不仅能提高桥梁的安全性,还能帮助及时发现隐患,避免因损伤扩展而导致的结构破坏,提高桥梁的整体耐久性。

2.3 防护与施工技术

①桥梁表面涂层保护。新疆地区沙尘暴天气频繁,风沙对桥梁表面的侵蚀性极强。为了有效保护桥梁免受风沙的影响,表面涂层保护至关重要。通过定期对桥梁进行表面涂层的保养和修复,能够有效防止风沙对桥梁表面的磨损,延缓桥梁结构的老化。使用防水、防腐、防紫外线的涂料,可以增强桥梁表面的耐久性,防止水分、盐分、紫外线等对表面的侵蚀。此外,涂层的应用还能提供额外的防护层,减缓桥梁的老化速度,提高桥梁的抗风沙能力,减少后期维护频次。

②施工过程中的质量控制。桥梁的施工质量直接关系到桥梁的耐久性。在施工过程中,必须严格控制混凝土的配比、搅拌、浇筑和养护工艺,确保混凝土的密实性和抗渗透性。特别是混凝土在施工过程中容易出现裂缝,裂缝不仅会降低混凝土的强度,还会加速水分、盐分等腐蚀性物质的渗透,从而导致钢筋腐蚀和混凝土劣化。因此,施工阶段要采取措施避免裂缝的产生,确保混凝土的均匀性、强度和致密性。在施工中还应严格监控施工环境,避免极端温度、风沙等因素对混凝土的养护造成影响。

③基础防护技术。对于新疆部分地区存在软土地基的情况,桥梁的基础部分需要采用特别的防护技术。例如,可

以通过采用深基础或地基改良技术,提高地基的承载力,减小基础沉降对桥梁结构的影响。此外,桥梁的基础部分容易受到水分、腐蚀性物质的侵蚀,因此必须在施工过程中对基础进行防水、防腐处理。可以通过涂覆防腐涂层、铺设防水膜等手段有效防止水分和腐蚀性物质渗透到基础内部,保障桥梁的长期稳定性和耐久性。

3 技术应用效果分析

3.1 高性能混凝土 (HPC) 应用效果

高性能混凝土在新疆地区箱梁桥梁项目中的应用效果显著。通过对比普通混凝土和高性能混凝土的耐久性能,发现高性能混凝土在抗冻性、抗渗透性和抗压强度等方面都有较大优势。具体数据见表 1。

表 1 普通混凝土和高性能混凝土的对比

性能指标	普通混凝土	高性能混凝土 (HPC)	提升幅度 (%)
抗冻性 (冻融循环后质量损失)	15%	5%	66.7%
抗渗透性(水渗透深度)	12mm	4mm	66.7%
抗压强度 (MPa)	30	50	66.7%
钢筋腐蚀速度 (μA)	20	5	75%

3.2 耐腐蚀钢筋的应用效果

耐腐蚀钢筋的应用对新疆地区箱梁桥梁的耐久性起到了至关重要的作用。表 2 展示了耐腐蚀钢筋和普通钢筋在实际应用中的差异。

表 2 耐腐蚀钢筋和普通钢筋在实际应用中的差异

性能指标	普通钢筋	耐腐蚀钢筋	提升幅度 (%)
钢筋抗腐蚀速度 (μA)	25	8	68%
钢筋锈蚀深度 (mm)	10	3	70%
使用寿命 (年)	15	30	100%

4 施工与维护阶段的管理与控制

4.1 施工阶段的质量控制

施工阶段是提升箱梁桥梁耐久性的关键,直接影响桥梁的结构安全与使用寿命。面对新疆地区的极端气候,施工过程中必须确保混凝土质量,特别是在冬季施工时应使用加热设备或防冻剂,确保混凝土浇筑和养护效果。此外,钢筋的防腐处理同样重要,应在施工前进行防锈处理,保证钢筋的长期稳定性。接缝部位需特别注意密封,避免水分和盐分

渗透,防止钢筋腐蚀与混凝土劣化。

4.2 桥梁日常维护与修复

新疆地区的桥梁长期受到沙尘暴、冻融作用和紫外线等环境因素的影响,容易出现裂缝、钢筋暴露等问题。为了确保桥梁长期安全运行,应定期进行检查,采用智能监测技术实时监控桥梁健康状况,尤其是桥墩和接缝等薄弱部位,及时发现潜在问题。对于裂缝和表面损伤,可以采用灌浆或粘接技术修复,严重损伤部位则需加固或更换,确保桥梁的安全性。

4.3 后期维护的技术保障

随着桥梁使用年限的增加,其结构面临老化与劣化风险,因此后期维护尤为重要。现代智能监测技术和无人机巡检技术广泛应用于桥梁健康监测,通过传感器和无线通信技术实时采集桥梁数据,及时上传云平台分析,帮助工程师判断桥梁状况。此外,碳纤维加固技术可用于修复局部损伤,延长桥梁寿命。结合这些技术手段,可以有效提高后期维护效率和精准度,确保桥梁长期安全运行。

5 总结与展望

5.1 总结

新疆地区箱梁桥梁耐久性提升的关键技术包括高性能混凝土、耐腐蚀钢筋、防护涂层和智能监测等。通过对这些技术的应用分析,研究表明,采用这些先进技术能够显著提高桥梁的抗腐蚀性、抗冻性和整体耐久性,延长桥梁的使用寿命。新疆地区桥梁的设计、施工和维护必须考虑到特殊的气候环境,合理选择合适的技术手段。

5.2 展望

随着新技术的不断发展,未来新疆地区箱梁桥梁的耐久性提升将进一步依赖智能化、绿色环保的技术。例如,人工智能预测维护、绿色建筑材料的应用以及更高效的修复技术,将大大提高桥梁的长期稳定性与经济效益。

参考文献:

- [1] 闫晗.高速铁路连续桥梁上无砟轨道疲劳寿命研究[D].长沙:中南大学,2023.
- [2] 方世书.基于深度学习的桥梁健康监测系统结构应变阈值设置研究[D].宜昌:三峡大学,2023.
- [3] 侯宁.基于长期监测数据的在役桥梁荷载、抗力建模及可靠性评估方法研究[D].上海:同济大学,2022.
- [4] 罗岸峰.高寒山区连续刚构桥建设期裂缝成因分析及改进措施[D].重庆:重庆交通大学,2017.