

高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用与实践

严焯 杨忠国

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: 随着新疆地区基础设施的快速发展, 桥梁工程建设面临着越来越高的要求。为了应对新疆特殊的气候条件和复杂的地质环境, 提升桥梁的耐久性和结构稳定性, 越来越多的高性能混凝土 (HPC) 被应用于箱梁桥梁的设计与施工中。论文探讨了高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用现状, 分析了其技术特点及实际应用中的优势, 同时结合实例探讨了 HPC 在提升桥梁耐久性方面的效果。研究表明, 高性能混凝土在新疆地区的箱梁桥梁中应用, 能够有效提高桥梁的抗冻、抗渗、抗腐蚀性能, 延长桥梁的使用寿命, 并提高结构的安全性。

关键词: 高性能混凝土; 新疆箱梁桥梁; 耐久性; 抗腐蚀性

Application and Practice of High Performance Concrete in Box Girder Bridge in Xinjiang

Hao Yan Zhongguo Yang

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

Abstract: With the rapid development of infrastructure in Xinjiang region, bridge engineering construction is facing higher and higher requirements. In order to cope with the special climatic conditions and complex geological environment in Xinjiang, and improve the durability and structural stability of bridges, more and more high-performance concrete (HPC) has been applied in the design and construction of box girder Bridges. This paper discusses the application status of high performance concrete in Xinjiang box girder bridge, analyzes its technical characteristics and advantages in practical application, and discusses the effect of HPC in improving the durability of the bridge. The study shows that the application of high performance concrete in the box girder bridge in Xinjiang can effectively improve the frost, seepage and corrosion resistance of the bridge, prolong the service life of the bridge, and improve the safety of the structure.

Keywords: high performance concrete; Xinjiang box girder bridge; durability; corrosion resistance

0 前言

新疆地区作为中国幅员辽阔的省份, 拥有丰富的自然资源与复杂多变的地理环境。该地区的桥梁建设不仅要面对沙尘暴、寒冷的冬季和强紫外线照射等严峻的气候条件, 还要应对由于极端温差和冻融作用带来的结构损伤问题。因此, 提升桥梁的耐久性成为当前新疆桥梁建设的重要任务。

在桥梁建设中, 混凝土作为最常用的建筑材料, 其性能直接影响到桥梁的使用寿命。近年来, 高性能混凝土 (HPC) 凭借其优异的性能, 在改善桥梁结构耐久性、延长使用年限方面发挥了重要作用。HPC 通过优化水泥、骨料、掺合料和外加剂的配比, 提高了混凝土的抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性和抗磨性, 极大地适应了新疆地区的气候和环境条件。因此, 高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用, 成为提高桥梁工程质量和耐久性的关键技术。

论文将深入分析高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用, 探讨其技术特点、应用实践以及面临的挑战, 并结合案例展示其在实际项目中的应用效果。

1 高性能混凝土的技术特点与优势

高性能混凝土 (HPC) 与传统混凝土相比, 具有更高

的强度、更好的耐久性和更优的抗渗透性等一系列优点, 特别适合在极端气候和环境条件下使用。

1.1 抗冻性

新疆地区冬季气温极低, 桥梁容易受到冻融作用的影响。高性能混凝土采用低水胶比和高密度的混合物, 能够有效减少水分的渗透, 防止水分在混凝土内部冻裂。同时, HPC 的抗冻性能显著优于普通混凝土, 能够承受较为频繁的冻融循环, 减少因冻融作用导致的结构破坏。

1.2 抗渗性

新疆部分地区地下水位较高, 雨水和融雪水容易渗透进入桥梁结构。HPC 因其致密性和低孔隙率, 能够显著提高混凝土的抗渗透性能, 防止水分和有害物质渗透, 减少钢筋腐蚀, 延长桥梁结构的使用寿命。

1.3 抗腐蚀性

在新疆部分区域, 桥梁长时间暴露于沙尘暴、盐分和化学污染环境中, 容易造成钢筋腐蚀, 影响桥梁的承载能力和稳定性。HPC 能够通过掺入防腐材料和使用特定的外加剂, 提升混凝土的耐腐蚀性能, 减少钢筋锈蚀的风险。

1.4 高强度与耐磨性

新疆地区部分桥梁承担着较重的交通荷载, 桥梁的耐

磨性和抗压强度要求较高。高性能混凝土具有优异的抗压强度，能够有效承受较大的荷载和交通冲击。同时，HPC 的高密实性能够提高其抗磨损能力，减少桥面因交通流量大而引起的磨损。

1.5 施工适应性

高性能混凝土在施工过程中要求较高的技术标准，但由于其具有较好的可加工性，能够在适当的施工技术支持下，适应各种复杂的施工条件。尤其是在新疆地区恶劣的气候和地理环境下，HPC 能够保证在低温或高温条件下的施工质量。

2 高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用实践

2.1 项目背景与应用目标

在新疆地区的多个桥梁建设项目中，尤其是箱梁桥梁的设计与施工过程中，高性能混凝土已经逐步取代传统混凝土，成为提升耐久性和结构安全性的关键材料。通过采用高性能混凝土，不仅可以提高桥梁结构的抗冻、抗渗和抗腐蚀能力，还能确保桥梁长期在严酷环境下的稳定性和安全性。

以某新疆北部高速公路箱梁桥梁为例，该桥梁位于寒冷的地区，冬季温度可达到 -30°C 以下，且该地区多沙尘暴及紫外线强烈，环境条件较为恶劣。为了提高桥梁的耐久性

和延长使用寿命，该项目的设计团队决定在桥梁的箱梁结构中应用高性能混凝土。具体措施包括以下几点：

①在混凝土中加入适量的抗冻剂，保证混凝土在低温条件下的浇筑与养护质量。

②采用低水胶比混凝土配比，降低混凝土的孔隙率，增强其抗渗透能力。

③对混凝土进行高压养护，确保其强度和抗裂性能符合设计要求。

2.2 实际效果与技术分析

在实际应用中，该桥梁的施工过程中，高性能混凝土的表现令人满意。施工团队通过精确控制水泥、骨料和外加剂的比例，成功优化了混凝土的性能，使其在极端低温环境下依然保持良好的施工和养护效果。浇筑完成后的混凝土表面平整光滑，孔隙率较低，抗渗性能显著提高。

桥梁建成后，经过多年的使用，特别是在经历了多个寒冬季节的冻融循环后，箱梁结构表现稳定，没有出现明显的裂缝和变形，且表面没有明显的磨损痕迹。智能监测系统对桥梁的健康状态进行实时监测，结果表明，桥梁的结构健康状况优良，抗腐蚀性能和抗冻性能均符合预期目标。

2.3 表格分析：高性能混凝土性能对比

高性能混凝土性能对比如表 1 所示。

表 1 高性能混凝土性能对比

性能指标	普通混凝土	高性能混凝土 (HPC)
抗压强度 (MPa)	25	45
抗冻性 (冻融循环次数)	50	150
抗渗性 (渗透深度, mm)	50	10
抗腐蚀性	较差	优越
密实度 (孔隙率)	15%	5%

3 高性能混凝土在新疆箱梁桥梁施工中的关键技术

3.1 混凝土配合比优化

为了确保高性能混凝土的施工质量，必须对其配合比进行精确的设计和优化。混凝土的性能与其原材料的配比密切相关，特别是在新疆这样温差较大的地区，混凝土必须具备更强的抗冻性和抗渗透性。通过合理调整水泥、细骨料、粗骨料、外加剂及掺合料的比例，可以有效提高混凝土的力学性能与耐久性。

针对新疆地区的低温环境，设计时应采用低水胶比的配比设计，并加入适量的抗冻剂或加速剂。通过这些措施，混凝土不仅可以更好地适应冬季施工，还能加速混凝土的早期强度增长，确保施工过程的顺利进行。在极寒的环境中，添加的抗冻剂能有效防止水泥水化反应受到低温抑制，减少冻融损害，从而有效提升混凝土的抗冻能力。此外，选择合适的掺合料，如矿粉、粉煤灰等，可以改善混凝土的流动性及抗渗透性，提升桥梁结构的整体耐久性。

3.2 施工过程中质量控制

施工过程中对高性能混凝土的严格控制是保证其性能发挥的关键。在浇筑混凝土之前，必须对混凝土的配合比进行多次试验，确保其达到设计要求。在浇筑过程中，应严格控制搅拌、运输、浇筑等环节，避免出现离析、泌水等问题，确保混凝土的均匀性。

特别是在低温环境下施工时，混凝土在浇筑后需要进行充分养护。冬季施工过程中，温度的变化对混凝土水化反应影响较大，容易导致混凝土强度无法有效提高，因此需使用加热养护设备，保持适宜的温湿度条件。为了防止裂缝的产生，应尽量避免混凝土的过度干燥。加热养护设备不仅能有效加速混凝土的硬化过程，还能使混凝土在较低温度下保持较好的水化效果。此外，必须定期进行混凝土的强度和性能检测，确保其达到设计要求，并为后期维护提供技术保障。

3.3 桥梁的防护与后期维护

新疆地区的箱梁桥梁在施工完成后，仍需面临长期的环境考验，尤其是严酷的气候条件和环境因素的影响，因此

后期的防护措施与维护尤为重要。首先,桥梁表面涂层的保护措施尤为关键。新疆地区的沙尘暴、强紫外线、强风等自然环境因素对桥梁表面会造成较大损害,定期检查桥梁表面,并根据需要对桥梁表面涂层进行修复,有助于提高桥梁的耐久性。桥梁表面的涂料应具有抗紫外线、防水、防腐、耐磨等功能,以抵抗极端环境条件对桥梁表面的侵蚀。

在桥梁的监测方面,随着技术的进步,智能监测技术的应用得到了广泛推广。通过传感器、温度湿度监控、振动监测、应力分析等手段,能够实时监控桥梁的健康状态,及早发现桥梁结构中的隐患,及时进行修复。这些技术的结合不仅提高了后期维护的效率,还能降低传统人工巡检的成本,提高检测精度。此外,结合无人机巡检技术,可以更加高效地检测到一些难以到达的区域,保障桥梁整体的安全性。

4 高性能混凝土的应用效果与挑战

4.1 应用效果

高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用,已经取得了明显的效果。根据实际应用情况,高性能混凝土不仅提高了桥梁的抗冻性、抗渗性和抗腐蚀性,还有效增强了其长期使用中的稳定性与安全性。以某高速公路桥梁项目为例,采用高性能混凝土后,经过冬季严寒及沙尘暴的考验,桥梁结构未出现明显的裂缝与损伤。通过长期监测,桥梁的结构健康状况保持稳定,且未发现钢筋腐蚀现象。桥梁表面保持光滑,耐磨性能得到有效提升。

此外,通过智能监测系统的实时数据反馈,项目方还可以在桥梁出现早期损伤时及时采取措施,避免结构性损坏的发生。这种技术的应用不仅提升了桥梁的使用寿命,也显著降低了维修成本和施工周期。

4.2 面临的挑战

尽管高性能混凝土在新疆地区的箱梁桥梁中展现出显著的优势,但在实际应用中,仍面临一些挑战。首先,高性能混凝土的配制要求较高,施工成本相比传统混凝土有所增加。虽然在长期使用过程中能够有效降低维修成本,但初期投入较大,可能影响部分项目的成本控制。其次,高性能混凝土的施工过程要求较高,尤其是在极端气候条件下,如低温环境中,施工和养护措施必须严格控制,这对施工技术人员的专业能力提出了更高的要求。最后,尽管高性能混凝土具有较强的耐久性,但在长期暴露于严苛环境中,仍可能出现微裂缝、钢筋暴露等问题。因此,如何提高高性能混凝土的施工质量并结合适当的维护措施,是当前一个技术难点。

5 结论

通过对新疆箱梁桥梁中高性能混凝土应用的研究和实

践,论文得出以下结论:

①高性能混凝土的优势显著:高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用,能够大幅提高桥梁的耐久性,尤其在抗冻、抗渗、抗腐蚀和高强度方面表现突出。它有效应对新疆地区的极端低温、沙尘暴等恶劣气候条件,显著提升桥梁抗裂性能,减少裂缝产生,确保结构稳固,延长桥梁使用寿命,减少维修频率与成本。

②施工与维护至关重要:高性能混凝土的应用不仅要求高标准的设计和施工工艺,还需要严格的质量控制和后期维护。特别是在新疆的低温和高湿度环境中,施工和养护过程的把控是确保混凝土性能的关键。冬季施工时,必须通过加热养护等技术手段保证混凝土水化反应的正常进行,防止低温对混凝土强度造成影响。桥梁施工完成后,定期的检查与修复是保持其良好性能的必要保障,特别是对于暴露在恶劣环境下的桥梁结构,合理的维护管理可以有效防止结构损伤的累积,提高桥梁的长期使用安全性。

③智能技术的辅助作用:智能监测技术和无人机巡检技术为桥梁后期维护提供了重要的保障,能够帮助工程师实时掌握桥梁的健康状况,提高修复和维护的效率。这些智能技术通过安装传感器、振动监测、温湿度监测等手段,能够对桥梁的各类物理量进行实时跟踪。智能监测系统能够早期发现桥梁的潜在问题,及时采取修复措施,避免桥梁损伤的扩大。无人机巡检技术能够帮助工程师检查难以到达的桥梁高空部位,减少人工巡检的工作量和风险,提高检测的精度和效率。智能技术的结合,使得桥梁的维护更加高效、及时和精准。

④应用面临一定挑战:尽管高性能混凝土具有较强的耐久性,但其较高的初期施工成本和施工技术要求,以及长期使用过程中可能出现的问题,仍然是当前应用中的挑战。未来,需要进一步优化高性能混凝土的配比和施工工艺,同时加强桥梁的定期检查与维护,确保桥梁的长期安全性。

总之,高性能混凝土在新疆箱梁桥梁中的应用,能够有效提升桥梁的抗冻性、抗渗性、抗腐蚀性等综合性能,显著延长桥梁的使用寿命,对改善新疆地区桥梁建设质量具有重要意义。随着技术的不断发展和施工技术的不断优化,未来高性能混凝土的应用前景将更加广阔。

参考文献:

- [1] 《中国公路学报》编辑部.中国桥梁工程学术研究综述·2024[J].中国公路学报,2024,37(12):1-160.
- [2] 李熊春岑.钢-混组合连续梁桥落梁受力分析及关键技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2024.
- [3] 黎维良.超高性能混凝土材料在桥梁工程中的应用[J].合成材料老化与应用,2023,52(1):147-149.
- [4] 杨雷.装配式桥梁梁板安装及施工技术[J].交通世界,2022(15):85-87.