

# 公路桥梁小箱梁裂缝防控的结构设计改进分析

郭嘉伟<sup>1</sup> 孙勇<sup>2</sup> 孙志鹏<sup>3</sup>

1. 身份证号: 2204021993\*\*\*\*4413

2. 身份证号: 6228221996\*\*\*\*2530

3. 身份证号: 2203811996\*\*\*\*1411

**摘要:** 本文聚焦于公路桥梁小箱梁裂缝防控问题, 深入探讨结构设计改进措施。首先分析小箱梁裂缝产生的原因, 包括荷载作用、环境因素、施工工艺等。接着从结构布置、配筋设计、构造措施等方面提出具体的设计改进方案。通过理论分析与实际案例相结合, 阐述改进设计对裂缝防控的重要性和有效性。旨在为公路桥梁小箱梁的设计与施工提供参考, 提高小箱梁结构的耐久性和安全性, 减少裂缝病害的发生。

**关键词:** 公路桥梁; 小箱梁; 裂缝防控; 结构设计; 改进分析

## Analysis of Structural Design Improvements for Crack Prevention in Small Box-Girder Highway Bridges

Guo Jiawei<sup>1</sup>, Sun Yong<sup>2</sup>, Sun Zhipeng<sup>3</sup>

1. ID Card Number: 2204021993\*\*\*\*4413

2. ID Card Number: 6228221996\*\*\*\*2530

3. ID Card Number: 2203811996\*\*\*\*1411

**Abstract:** This paper focuses on the prevention and control of cracks in small box girder highway bridges and explores structural design improvement measures in depth. It first analyzes the causes of cracks in small box girders, including load effects, environmental factors, and construction techniques. Then, it proposes specific design improvement solutions from aspects such as structural layout, reinforcement design, and construction measures. By combining theoretical analysis with practical case studies, the paper illustrates the importance and effectiveness of improved designs in crack prevention and control. The aim is to provide a reference for the design and construction of small box girder highway bridges, enhance the durability and safety of small box girder structures, and reduce the occurrence of cracking defects.

**Keywords:** Highway bridges; Small box girders; Crack prevention and control; Structural design; Improvement analysis

## 0 引言

在公路桥梁建设中, 小箱梁以其结构简单、施工方便、经济性好等优点得到广泛应用。然而, 小箱梁在使用过程中容易出现裂缝问题, 这不仅影响桥梁的外观和耐久性, 还可能危及桥梁的结构安全。裂缝的产生是多种因素共同作用的结果, 如荷载的长期作用、环境的侵蚀、施工质量的差异等。因此, 对公路桥梁小箱梁裂缝防控的结构设计进行改进分析具有重要的现实意义。通过优化结构设计, 可以从源头上减少裂缝的产生, 提高小箱梁的性能和使用寿命。

## 1 小箱梁裂缝产生原因分析

### 1.1 荷载作用因素

公路桥梁小箱梁在服役期间会承受各种荷载, 包括恒载、活载等。恒载是指桥梁自身结构的重量, 长期作用下

会使小箱梁产生一定的变形。活载如车辆荷载具有不确定性和动态性, 当车辆超载或行驶速度过快时, 会对小箱梁产生较大的冲击力, 导致结构内部应力分布不均匀。特别是在跨中、支座等部位, 容易出现应力集中现象, 从而引发裂缝。温度变化也会产生荷载效应, 温度梯度会使小箱梁产生伸缩变形, 当变形受到约束时, 会在结构内部产生温度应力, 超过混凝土的抗拉强度时就会出现裂缝。

### 1.2 环境因素影响

环境因素对小箱梁的耐久性有显著影响。在潮湿的环境中, 空气中的水分会渗入混凝土内部, 导致钢筋锈蚀。钢筋锈蚀后体积膨胀, 会对周围的混凝土产生挤压作用, 从而使混凝土出现裂缝。酸雨、盐雾等恶劣环境会加速混凝土的碳化过程, 降低混凝土的碱性, 破坏钢筋表面的钝化膜, 进一步加剧钢筋锈蚀。另外, 冻融循环也是导致裂

缝产生的重要原因之一,在寒冷地区,混凝土内部的水分在冻结时体积膨胀,融化时又会收缩,反复的冻融作用会使混凝土的结构逐渐破坏,出现裂缝。

### 1.3 施工工艺问题

施工工艺的好坏直接影响小箱梁的质量。在混凝土浇筑过程中,如果振捣不密实,会导致混凝土内部存在蜂窝、麻面等缺陷,降低混凝土的强度和抗渗性,容易引发裂缝。混凝土的配合比不当,如水泥用量过多、水灰比过大等,会使混凝土在硬化过程中产生较大的收缩变形,从而出现收缩裂缝。模板拆除过早,小箱梁的强度尚未达到设计要求,会导致结构变形,产生裂缝。施工过程中的养护不到位,如养护时间不足、养护方法不当等,也会影响混凝土的正常硬化,增加裂缝产生的几率。

## 2 结构设计改进的必要性

### 2.1 提高结构安全性

公路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其安全性至关重要。小箱梁在长期荷载与环境因素作用下易产生裂缝,不仅影响外观,更会削弱结构承载能力,加速钢筋锈蚀,降低耐久性与整体稳定性。通过优化结构设计,可显著改善小箱梁的受力性能。例如,合理配置纵向钢筋与箍筋,增强腹板抗剪能力,设置预应力筋以控制裂缝开展;同时优化截面尺寸与混凝土强度等级,提升抗裂性能。此外,考虑温度应力、收缩徐变等次效应的影响,可在关键部位增设构造钢筋,进一步抑制裂缝扩展。科学的设计不仅能有效减少裂缝的产生与发展,还能延长桥梁使用寿命,保障行车安全,避免因结构损伤引发的安全事故,实现经济性与安全性的统一。

### 2.2 增强结构耐久性

耐久性是衡量桥梁使用寿命的重要指标。小箱梁裂缝会使外界有害物质更容易侵入结构内部,加速钢筋锈蚀和混凝土的劣化,缩短桥梁的使用寿命。结构设计改进可以从多个方面增强结构的耐久性。例如,采用高性能混凝土可以提高混凝土的抗渗性和抗碳化能力,减少水分和有害物质的侵入;优化结构构造可以避免积水、积尘等问题,减少环境因素对结构的侵蚀。通过提高结构的耐久性,可以降低桥梁的维护成本,延长桥梁的使用寿命。

### 2.3 满足工程发展需求

随着交通流量的不断增加和车辆荷载的持续攀升,公路桥梁面临更为严苛的使用环境,对结构安全性、耐久性与经济性的要求显著提高。传统小箱梁在跨径适应性、抗疲劳性能及承载能力方面逐渐显现出局限,难以完全满足

现代交通与工程建设的发展需求。通过优化结构设计,如采用高性能混凝土、预应力技术升级、引入复合材料或改进截面形式,可有效提升小箱梁的整体力学性能与环境适应性。同时,结合工业化建造理念,推行标准化设计与装配式施工,不仅有助于提高施工效率、降低现场作业难度,还能减少工期与环境污染,全面提升桥梁建设质量与可持续发展水平,助力交通基础设施迈向智能化、绿色化新时代。

## 3 结构设计改进措施

### 3.1 结构布置优化

在结构布置方面,合理确定小箱梁的跨度和梁高是关键。跨度过大将显著增加跨中弯矩和挠度,易引发底板纵向裂缝;跨度过小则造成材料浪费,经济性降低。因此,应结合地形、地质、荷载等级及施工条件,优化选择经济合理的跨度。梁高的确定需综合考虑恒载、活载、预应力效应等因素,适当增加梁高可有效提升截面抗弯刚度,减小应力峰值。同时,应重视横向整体性设计,采用现浇湿接缝、横向预应力筋或钢板连接等措施,增强各片小箱梁间的协同受力性能,使荷载分布更均匀,显著改善结构空间受力特性,从而提高整体稳定性,有效控制桥面板开裂与变形,延长桥梁使用寿命。

### 3.2 配筋设计改进

配筋设计对小箱梁的裂缝防控起着重要作用。应根据结构的受力特点合理配置钢筋。在受拉区适当增加钢筋数量和直径,可以提高结构的抗拉能力,减少裂缝的宽度和长度。应注意钢筋的间距,避免间距过大导致混凝土在钢筋之间出现裂缝。可以采用预应力技术,通过施加预应力来抵消部分荷载产生的拉应力,减少裂缝的产生。预应力筋的布置和张拉工艺应严格按照设计要求进行,确保预应力的有效施加。还可以采用纤维增强材料与钢筋共同配筋的方式,提高结构的韧性和抗裂性能。

### 3.3 构造措施加强

构造措施对于小箱梁裂缝防控也至关重要。在端部、角部等应力集中区域,除配置加强钢筋外,宜采用倒角、加腋等优化构造形式,有效分散局部应力,提升结构抗裂性能。同时,应根据桥梁跨度、气候条件及材料热胀系数,科学设计伸缩缝的类型与间距,确保结构自由变形,防止温度应力引发开裂。施工中应严格控制模板刚度与拆模时间,避免因早期受力不均导致塑性裂缝。此外,在混凝土表面铺设高性能防水层,可显著阻隔外界水分侵入,延缓钢筋锈蚀及冻融破坏,进而抑制裂缝扩展。防水层宜选用

耐久性好、粘结力强的材料，并严格按照规范施工，确保整体密封性和长期防护效果。注重细节处理与工序衔接，全面提升小箱梁耐久性与使用安全性。

## 4 改进设计的实际应用效果分析

### 4.1 案例介绍

以某公路桥梁小箱梁为例，该桥梁原设计采用传统的小箱梁结构，在使用一段时间后出现了较多裂缝，主要集中在跨中及支座附近，影响耐久性与行车安全。为解决此问题，对其进行了结构优化设计。在结构布置方面，适当减小了小箱梁的跨度，由原 25 米调整为 22 米，并增加梁高至 1.6 米，以降低跨中弯矩；在配筋设计上，增加了受拉区钢筋配置率，并引入部分预应力技术，有效控制裂缝开展；在构造措施上，加强了梁端锚固区及腹板交界处的箍筋布置，增设角隅钢筋，并在桥面铺装层下设置高效防水层，全面提升结构抗裂性与耐久性。

### 4.2 效果评估

通过对改进后的小箱梁进行长期监测与系统评估，发现其裂缝数量较传统结构显著减少。在投入使用一年后，仅在局部区域出现少量细微非结构性裂缝，宽度均未超过 0.15 毫米，完全符合规范限值要求。优化后的配筋设计与高性能混凝土的应用，有效提升了结构的整体抗裂性能、承载能力与耐久性，大幅增强了桥梁在复杂荷载与环境下的安全稳定性。成本分析表明，尽管初期投入因材料升级和工艺改进略有增加，但得益于后期维护频率的降低、维修费用的节省以及使用寿命延长至设计年限的 1.5 倍以上，全生命周期内的综合经济效益明显提升，具有良好的推广应用价值。

### 4.3 经验总结

通过该案例可以总结出，公路桥梁小箱梁裂缝防控的结构设计改进是可行且有效的。在实际工程中，应根据具体地质条件、荷载等级和环境因素，科学选择腹板加厚、底板横向预应力布设或优化截面过渡段等改进措施，综合考虑结构布置、配筋设计和构造细节，提升整体抗裂性能。施工过程中应严格控制混凝土配合比、浇筑工艺及养护条

件，确保钢筋定位准确、预应力张拉到位，保障设计意图的实现。同时，应建立长期健康监测系统，利用传感器实时采集应力、变形与裂缝发展数据，结合定期巡检，及时识别潜在病害并采取针对性维护措施，全面提升桥梁耐久性与安全性，确保其长期稳定运行。

## 5 结语

公路桥梁小箱梁裂缝防控的结构设计改进是提高桥梁性能和安全性的重要措施。通过对小箱梁裂缝产生原因的分析，明确了荷载作用、环境因素和施工工艺等是导致裂缝产生的主要因素。针对这些问题，从结构布置、配筋设计和构造措施等方面提出了具体的改进方案。实际案例表明，改进后的设计能够有效减少裂缝的产生，提高结构的承载能力和耐久性，同时具有良好的经济效益。在今后的公路桥梁建设中，应重视小箱梁的结构设计改进，不断优化设计方案，提高施工质量，加强监测和维护，以确保公路桥梁的安全、可靠运行，为交通事业的发展提供有力保障。

### 参考文献：

- [1] 李林汉. 公路桥梁预应力混凝土小箱梁裂缝原因的分析与预防[J]. 长沙铁道学院学报(社会科学版), 2011, 12(3):199-200.
- [2] 张云沂. 公路桥梁预应力混凝土小箱梁裂缝的原因与预防策略[J/OL]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2016(11)[2016-11-01].
- [3] 彭戈. 箱梁桥裂缝成因及加固措施研究[J]. 交通世界, 2022,(21):60-62.
- [4] 杨四军, 杨坤. 预制箱梁顶板裂缝成因及防治措施分析[J]. 建筑工程技术与设计. 2020,(24):39-42.
- [5] 王传任, 胡迎山, 孙国强等. 后张法预应力简支箱梁梁端张拉开裂原因及处理措施[J]. 建筑技术, 2023,54(15): 29-31.

作者简介：郭嘉伟（1993.08-），男，汉族，硕士研究生学历，中级工程师，吉林省辽源市，研究方向：主要从事公路桥梁方面的设计研究工作。