

# 公路桥梁耐久性研究与实践

文 / 左智勇 中交建筑集团西南建设有限公司

**摘要:** 随着交通基础设施建设的不断发展,公路桥梁作为交通运输的重要枢纽,其耐久性问题日益受到关注。桥梁耐久性关系到交通运输的安全与经济性,直接影响着桥梁的使用寿命和社会效益。本文通过对公路桥梁耐久性的研究,分析了影响公路桥梁耐久性的因素,探讨了提高公路桥梁耐久性的措施,并结合实际工程案例进行了实践分析。通过研究与实践,为提高公路桥梁的耐久性提供了理论依据和实践经验。

**关键词:** 公路桥梁; 耐久性; 影响因素; 实践策略

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.054

## 引言

公路桥梁是交通基础设施的重要组成部分,其安全性和耐久性直接关系到交通运输的安全和畅通。随着我国交通事业的快速发展,公路桥梁的建设数量不断增加,由于交通量的不断增大、车辆荷载的加重以及环境因素的影响,公路桥梁的耐久性问题日益突出。因此,加强公路桥梁耐久性研究,采取有效的措施提高公路桥梁的耐久性,对于保障交通运输的安全和畅通具有重要意义。

### 一、公路桥梁耐久性的重要性

公路桥梁耐久性是指在设计使用年限内,在正常使用和维护条件下,公路桥梁结构保持其安全性、适用性和外观完整性的能力。

#### (一) 保障交通运输的安全和畅通

公路桥梁是交通运输的重要枢纽,其耐久性直接关系到交通运输的安全和畅通。如果公路桥梁的耐久性不足,容易出现结构损坏、变形等问题,影响桥梁的承载能力和通行能力,甚至会导致桥梁坍塌等严重事故,给交通运输带来极大的安全隐患<sup>[1]</sup>。

#### (二) 降低工程建设和维护成本

提高公路桥梁的耐久性,可以延长桥梁的使用寿命,减少工程建设和维护成本。如果公路桥梁的耐久性不足,需要频繁进行维修和加固,不仅会增加工程建设和维护成本,还会影响交通运输的正常运行<sup>[2]</sup>。

#### (三) 促进交通事业的可持续发展

加强公路桥梁耐久性研究,提高公路桥梁的耐久性,是实现交通事业可持续发展的重要保障。只有保证公路桥梁的安全性和耐久性,才能为交通事业的发展提供坚实的基础。

## 二、影响公路桥梁耐久性的因素

### (一) 材料因素

#### 1. 混凝土材料

混凝土是公路桥梁结构的主要材料之一,其质量直接影响桥梁的耐久性。影响混凝土耐久性的因素主要有:水泥品种、骨料质量、配合比设计、外加剂使用等。如果混凝土材料质量不好,容易出现裂缝、腐蚀等问题,影响桥梁的耐久性。

#### 2. 钢材材料

钢材是公路桥梁结构中的重要材料,其质量也直接影响桥梁的耐久性。影响钢材耐久性的因素主要有:钢

材品种、质量、防腐处理等。如果钢材材料质量不好,容易出现锈蚀等问题,影响桥梁的耐久性<sup>[3]</sup>。

### (二) 设计因素

#### 1. 结构设计

公路桥梁的结构设计不合理,容易导致桥梁在使用过程中出现裂缝、变形等问题,影响桥梁的耐久性<sup>[4]</sup>。桥梁的跨度、截面尺寸、配筋率等设计不合理,容易导致桥梁在使用过程中出现过大的应力和变形,从而影响桥梁的耐久性。

#### 2. 防水设计

公路桥梁的防水设计不合理,容易导致桥梁在使用过程中出现渗水、漏水等问题,从而影响桥梁的耐久性。桥梁的防水层设计不合理,容易出现防水层破损、老化等问题,从而导致桥梁出现渗水、漏水等问题。

### (三) 施工因素

#### 1. 施工质量

公路桥梁的施工质量直接影响桥梁的耐久性。如果施工质量不好,容易出现裂缝、蜂窝、麻面等问题,从而影响桥梁的耐久性。混凝土浇筑不密实、钢筋保护层厚度不足等问题,容易导致混凝土出现裂缝、腐蚀等问题,从而影响桥梁的耐久性。

#### 2. 施工工艺

公路桥梁的施工工艺也会影响桥梁的耐久性。如果施工工艺不合理,容易导致桥梁在使用过程中出现裂缝、变形等问题,从而影响桥梁的耐久性。混凝土的搅拌、浇筑、养护等工艺不合理,容易导致混凝土出现裂缝、强度不足等问题,从而影响桥梁的耐久性<sup>[5]</sup>。

### (四) 环境因素

#### 1. 自然环境

自然环境因素对公路桥梁的耐久性也有很大的影响。大气中的二氧化碳、二氧化硫等腐蚀性气体,会对混凝土和钢材产生腐蚀作用;雨水、海水等会对混凝土和钢材产生侵蚀作用;温度变化、冻融循环等会对混凝土和钢材产生破坏作用。

#### 2. 交通环境

交通环境因素也会对公路桥梁的耐久性产生影响。车辆荷载的反复作用会对桥梁结构产生疲劳损伤;车辆的尾气排放、漏油等会对桥梁结构产生腐蚀作用,见表1。

表 1 影响公路桥梁耐久性的因素分析表

因素分类	具体因素	对耐久性的影响
材料因素	混凝土材料(水泥品种、骨料质量、配合比等)	影响混凝土强度、抗渗性、抗腐蚀性等,从而影响桥梁耐久性。
	钢材材料(品种、质量、防腐处理)	钢材锈蚀会降低其强度和承载能力,影响桥梁结构稳定性。
设计因素	结构设计(跨度、截面尺寸、配筋率等)	不合理的设计可能导致应力集中、变形过大,影响耐久性。
	防水设计(防水层质量、细部防水措施)	防水不好会使桥梁结构受水侵蚀,降低耐久性。
施工因素	施工质量(混凝土密实度、钢筋保护层等)	施工质量差易出现裂缝、蜂窝麻面等问题,影响耐久性。
	施工工艺(搅拌、浇筑、养护等工艺)	不合理的施工工艺会影响混凝土强度和耐久性。
环境因素	自然环境(腐蚀性气体、雨水、温度变化等)	对混凝土和钢材产生腐蚀、破坏作用,影响耐久性。
	交通环境(车辆荷载、尾气排放等)	车辆荷载反复作用产生疲劳损伤,尾气等腐蚀桥梁结构。

#### 四、公路桥梁耐久性实践案例分析

##### (一) 案例一

###### 1. 工程概况

某公路大桥,全长1200米,主桥为双塔双索面斜拉桥,引桥为预应力混凝土连续梁桥。该桥设计使用年限为100年。

###### 2. 耐久性设计

(1) 材料方面。选用高强度、高性能混凝土,水泥采用硅酸盐水泥,骨料选用级配良好、质地坚硬的碎石和中砂;在混凝土中添加适量的外加剂,如减水剂、引气剂、阻锈剂等,提高混凝土的耐久性。(2) 设计方面。主桥采用双塔双索面斜拉桥结构,具有较大的跨越能力和较好的抗风性能;引桥采用预应力混凝土连续梁桥结构,具有较好的整体性和稳定性。在桥梁的防水设计方面,采用了优质的防水层材料,并在伸缩缝、施工缝等部位采取了有效的防水措施。(3) 施工方面。严格控制施工质量,加强混凝土的搅拌、浇筑、养护等工艺管理,确保混凝土的强度和密实度;严格控制钢筋的加工和安装质量,确保钢筋的保护层厚度符合设计要求;加强桥梁的预应力施工管理,确保预应力的施加符合设计要求<sup>[6]</sup>。(4) 维护方面。定期对桥梁进行检测和维护,及时发现桥梁结构的病害和隐患,并采取有效的措施进行处理;加强桥梁的日常维护管理,及时清理桥梁上的杂物、积水等,保持桥梁的清洁和畅通,见图1。



图 1 公路桥梁耐久性施工现场

###### 3. 效果分析

该桥自建成通车以来,经过多年的使用,桥梁结构

完好,没有出现明显的病害和隐患。通过对该桥的耐久性设计和实践,证明了在公路桥梁建设中,采取有效的耐久性设计措施和施工管理措施,可以提高桥梁的耐久性,延长桥梁的使用寿命。

##### (二) 案例二

###### 1. 工程概况

某高速公路高架桥,全长800米,为预应力混凝土连续箱梁桥。该桥设计使用年限为50年。

###### 2. 耐久性问题及原因

(1) 耐久性问题。在使用过程中,该桥出现了混凝土裂缝、钢筋锈蚀等问题,影响了桥梁的安全性和耐久性。(2) 原因分析。一是混凝土材料质量不好,水泥品种选择不当,骨料级配不良,配合比设计不合理,导致混凝土强度不足、抗渗性差;二是施工质量不好,混凝土浇筑不密实,钢筋保护层厚度不足,导致混凝土出现裂缝、钢筋锈蚀等问题;三是维护管理不到位,没有定期对桥梁进行检测和维护,导致桥梁病害得不到及时处理。

###### 3. 耐久性修复

(1) 材料方面。对混凝土进行修复,选用高强度、高性能的修复材料,如聚合物水泥砂浆、环氧砂浆等,提高混凝土的强度和抗渗性。(2) 施工方面。对混凝土裂缝进行处理,采用压力灌浆法、表面封闭法等方法,对裂缝进行封闭和修复;对钢筋锈蚀进行处理,采用除锈、涂防锈漆等方法,防止钢筋继续锈蚀。(3) 维护方面。加强对桥梁的维护管理,定期对桥梁进行检测和维护,及时发现桥梁结构的病害和隐患,并采取有效的措施进行处理;加强桥梁的日常维护管理,及时清理桥梁上的杂物、积水等,保持桥梁的清洁和畅通。

###### 4. 效果分析

通过对该桥的耐久性修复,桥梁结构的病害得到了有效控制,桥梁的安全性和耐久性得到了提高。通过对该桥的耐久性问题分析和修复,也为其他公路桥梁的耐久性管理提供了经验和借鉴。

#### 五、提高公路桥梁耐久性的实践策略

##### (一) 材料方面

###### 1. 选用优质材料

在公路桥梁建设中,应选用优质的混凝土和钢材材料。对于混凝土材料,应选用质量稳定、强度高、耐久

性好的水泥品种；选用级配良好、质地坚硬的骨料；合理设计配合比，确保混凝土的强度和耐久性<sup>[7]</sup>。对于钢材材料，应选用质量好、耐腐蚀的钢材品种；对钢材进行防腐处理，提高钢材的耐久性。

## 2. 使用外加剂

在混凝土中合理使用外加剂，可以提高混凝土的耐久性。使用减水剂可以减少混凝土的用水量，提高混凝土的强度和密实度；使用引气剂可以在混凝土中引入微小气泡，提高混凝土的抗冻性；使用阻锈剂可以防止钢筋锈蚀，提高混凝土的耐久性。

## (二) 设计方面

### 1. 合理设计结构

在公路桥梁设计中，需根据桥梁的使用功能、跨度以及所承受的荷载等多种因素，精心选择最为合适的结构形式和截面尺寸<sup>[8]</sup>。对于跨度较大的桥梁，可能需要采用悬索桥或斜拉桥等结构形式，以确保其稳定性和承载能力。同时，合理设计配筋率也是关键，这能有效确保桥梁结构的强度和刚度，使其在各种复杂的使用环境下都能安全可靠，还应充分考虑桥梁在使用过程中的变形问题，通过精确的计算和合理的设计，采取有效的措施来减少裂缝的产生，从而提高桥梁的耐久性。

### 2. 加强防水设计

合理设计防水层是基础，要确保防水层具备高质量和耐久性，能够长期有效地防止水分渗透。在桥梁的伸缩缝、施工缝等关键部位，更应采取针对性的防水措施，防止渗水、漏水等问题发生，同时，可以采用特殊的密封材料和防水构造，还需充分考虑桥梁的排水设计，确保在降雨等情况下，桥梁能够及时排除雨水等积水，减少水对桥梁结构的侵蚀作用，延长桥梁的使用寿命。

## (三) 施工方面

### 1. 提高施工质量

加强混凝土的搅拌、浇筑、养护等工艺管理，确保混凝土的强度和密实度；严格控制钢筋的加工和安装质量，确保钢筋的保护层厚度符合设计要求；加强桥梁的预应力施工管理，确保预应力的施加符合设计要求<sup>[9]</sup>。应加强施工过程中的质量检测和验收，确保施工质量符合设计要求。

### 2. 采用先进施工工艺

在公路桥梁施工中，应采用先进的施工工艺。采用预制装配式施工工艺，可以提高施工质量和效率，减少施工对环境的影响；采用高性能混凝土施工工艺，可以提高混凝土的强度和耐久性；采用钢结构桥梁施工工艺，可以提高桥梁的施工速度和质量。

## (四) 维护方面

### 1. 定期检测和维护

定期检测能够及时发现桥梁结构的病害和隐患。专业的检测人员可以利用先进的检测设备和技術，对桥梁的各个部位进行细致的检查，如桥梁的梁体、墩台、基础等。一旦发现裂缝、锈蚀、变形等问题，就能迅速采取有效的措施进行处理。对于较小的裂缝可以进行灌缝处理，防止裂缝进一步扩大；对于锈蚀的部位及时进行除锈和防腐处理，恢复结构的强度和耐久性<sup>[10]</sup>。同时，

应加强桥梁的日常维护管理。日常维护包括及时清理桥梁上的杂物、积水等，保持桥梁的清洁和畅通。杂物的堆积可能会影响桥梁的排水系统，导致积水，进而对桥梁结构造成侵蚀。积水还可能在冬季结冰，增加桥梁的负荷，对结构安全产生威胁。

### 2. 加强环境保护

车辆尾气排放、漏油等会对桥梁结构产生腐蚀作用。因此，要采取措施减少这些不利因素的影响。可以通过推广新能源汽车、加强交通管理等方式，减少车辆尾气排放。对于漏油问题，应加强对车辆的检查和维护，防止车辆在桥梁上出现漏油情况。此外，加强对桥梁周边环境的治理也非常重要。大气中的腐蚀性气体，如二氧化硫、氮氧化物等，会对桥梁结构造成腐蚀。通过加强环境监测和治理，减少这些腐蚀性气体的排放，可以降低对桥梁结构的腐蚀作用。此外，应加强对桥梁的防水、排水设施的维护管理。良好的防水、排水设施能够确保桥梁在使用过程中及时排除雨水等，减少水对桥梁结构的侵蚀作用。定期检查排水管道是否畅通，防水层是否完好，如有问题及时修复，保证桥梁的防水、排水功能正常发挥。

## 结束语

综上所述，公路桥梁耐久性研究与实践意义重大。通过对影响因素的剖析和对应措施的探索，我们在提高公路桥梁耐久性的道路上迈出了坚实步伐。然而，这是一个持续的过程，需要不断创新材料、优化设计、强化施工管理以及做好后期维护。未来，我们应继续深入研究，以确保公路桥梁能更长久地服务于交通运输，为经济发展和社会进步提供坚实的基础保障。

## 参考文献

- [1] 向永贵. 公路混凝土桥梁耐久性影响因素及提高措施研究[J]. 四川水泥, 2024, (11): 163-164+174.
- [2] 罗江. 公路桥梁设计中的安全性及耐久性分析[J]. 运输经理世界, 2024, (31): 109-112.
- [3] 孙卓河. 公路桥梁设计中的安全性和耐久性问题分析[J]. 运输经理世界, 2024, (26): 131-133.
- [4] 胡照轩, 万鹏, 吕学起. 公路桥梁设计与施工中裂缝成因及预防[J]. 运输经理世界, 2024, (12): 103-105.
- [5] 李昌虎. 公路桥梁设计中的耐久性问题及解决方案研究[J]. 工程与建设, 2024, 38(02): 316-318.
- [6] 鲁会平. 预应力混凝土公路桥梁耐久性与维修策略研究[J]. 运输经理世界, 2024, (13): 131-133.
- [7] 李杰. 公路桥梁安全性和耐久性设计研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (29): 149-151.
- [8] 卢涛, 马朝辉, 余明星. 软土地区高速公路改扩建桥梁耐久性分析[J]. 运输经理世界, 2023, (21): 124-126.
- [9] 周超民, 张辉, 卢开艳. 混凝土结构耐久性的公路桥梁变形安全控制方法[J]. 建筑技术, 2023, 54(08): 900-903.
- [10] 朱喜. 公路桥梁设计中的安全性和耐久性设计研究[J]. 运输经理世界, 2022, (24): 117-119.