

# 公路桥梁施工中的耐久性设计与提升策略

何国典

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 随着社会经济和交通建设的快速发展,公路桥梁作为交通网络的重要组成部分,其耐久性问题日益受到关注。本文首先分析了我国公路桥梁耐久性设计面临的挑战,然后探讨了耐久性设计的原则与方法,最后从多个角度提出了提升公路桥梁耐久性的策略。

**关键词:** 公路; 改扩建; 交通组织; 管理优化

## 引言

公路桥梁的耐久性是指在长期的使用过程中,桥梁结构能够保持稳定的使用性能。耐久性与桥梁的使用寿命紧密相连,一旦耐久性出现问题,将直接影响桥梁的安全性。近年来,我国桥梁建设数量迅速增加,但在耐久性设计方面仍存在诸多问题,导致部分桥梁在远未达到预期使用寿命时就出现严重病害,给养护和维修带来了巨大的经济和社会负担。因此,研究公路桥梁施工中的耐久性设计与提升策略具有重要意义。

## 1 公路桥梁耐久性设计面临的挑战

### 1.1 环境影响

桥梁的施工及使用环境复杂多变,且往往与设计时的假设环境存在显著差异,这对桥梁的耐久性构成了严峻挑战。混凝土作为桥梁结构的主要材料,其物理力学性能受环境因素影响显著。特别是在极端气候条件下,如高温、低温、高湿度、干旱等,混凝土的抗拉强度相较于抗压强度显得尤为脆弱。长期暴露在温度变化剧烈的环境中,混凝土内部会产生温度应力,导致微裂缝的形成和扩展。这些微裂缝在环境湿度变化、日晒雨淋以及冲击荷载的共同作用下,会逐渐发展成为宏观裂缝。裂缝的产生不仅损害了桥梁的美观性,更为严重的是,它为水分子、氯离子、硫酸盐等有害物质的侵入提供了通道。这些有害物质一旦侵入混凝土内部,会加速钢筋的腐蚀过程。钢筋腐蚀不仅导致钢筋截面面积减小,力学性能下降,还会产生锈蚀产物,这些产物体积膨胀,进一步加剧混凝土裂缝的扩展,形成恶性循环。此外,腐蚀还会破坏钢筋与混凝土之间的化学胶结力,即粘聚力,使得钢筋与混凝土之间的协同工作性能降低,从而显著降低桥梁结构的整体承载力和耐久性<sup>[1]</sup>。

### 1.2 设计理论与结构体系不完善

现有的设计理论和结构构造体系,在面对日益复杂且多变的实际工程环境时,其局限性和不足愈发凸显。

桥梁工程作为一项庞大的系统工程,其设计需综合考虑地质、气候、交通流量、使用年限等多重因素,而这些因素往往具有显著的地域性和时效性。因此,不同的环境和使用条件、不同的设计对象,都会对桥梁的结构体系提出独特的布局和构造要求。然而,当前的设计理论和规范往往基于过去的经验和案例,难以全面覆盖所有可能出现的工程情况。尽管规范在不断完善和更新,但其本质仍是一种经验性的总结,无法预见并解决所有新问题。特别是在新材料、新技术、新工艺不断涌现的当下,规范往往滞后于实践的发展,难以满足这些新技术对结构提出的各种新要求。例如,高性能混凝土、碳纤维增强复合材料等新型材料的应用,就对桥梁的结构设计提出了新的挑战<sup>[2]</sup>。此外,现有的设计理论和方法在处理桥梁结构的非线性、动态响应、疲劳损伤等复杂问题时,也显得力不从心。这些复杂问题往往需要通过精细的数值模拟和实验验证来解决,而现有的设计手段和方法在这方面还存在诸多不足。

### 1.3 对耐久性设计的重视程度不够

在桥梁设计过程中,设计人员往往过于关注整体结构的安全性和稳定性,而忽视了对细部设计的关注。这种倾向导致了許多桥梁在细部设计上存在缺陷,进而影响了整体结构的耐久性和使用寿命。细部设计是桥梁耐久性设计的关键环节。它涉及到桥梁结构的各个细节,如接缝处理、防水措施、防腐处理、排水系统等。这些细节虽然看似微不足道,但却对桥梁的耐久性有着至关重要的影响。例如,接缝处理不当会导致水分和有害物质侵入结构内部,加速钢筋的腐蚀;防水措施不到位会导致桥面铺装层渗水,影响行车安全和桥梁寿命;防腐处理不充分会使桥梁结构在恶劣环境下易受侵蚀;排水系统不畅则会导致积水对桥梁基础的冲刷和破坏。因此,在桥梁设计过程中,设计人员必须充分重视耐久性设计,从结构体系、结构构造、结构材料、结构维护以

及从设计、施工到使用全过程进行综合考虑。他们应该加强对细部设计的关注，确保每一个细节都符合耐久性要求，从而提高桥梁的整体安全性和使用寿命。

## 2 耐久性设计的原则与方法

### 2.1 重视桥梁结构耐久性和安全性问题

桥梁作为交通运输的重要基础设施，其结构耐久性和安全性是设计过程中必须高度重视的核心问题。在桥梁的建造和使用过程中，它会持续受到多种复杂因素的影响，这些因素不仅考验着桥梁的承载能力，更对其长期稳定性构成了严峻挑战。首先，环境因素是桥梁耐久性设计必须考虑的首要问题。桥梁往往暴露在自然环境中，受到温度、湿度、日照、降雨、降雪等多种气候条件的直接影响。这些环境因素不仅会导致桥梁材料的老化和性能下降，还可能引发结构内部的应力变化，从而加速桥梁的损伤和破坏。因此，在设计中需要采取有效的防护措施，如使用耐候性好的材料、设置合理的防水排水系统、加强结构的保温隔热性能等，以减少环境因素对桥梁耐久性的不利影响。其次，有害化学物质的侵蚀也是桥梁耐久性设计需要关注的重要方面。桥梁结构在长期使用过程中，可能会接触到各种化学物质，如盐雾、酸雨、油污等<sup>[1]</sup>。这些化学物质会对桥梁材料产生腐蚀作用，导致材料性能下降，甚至引发结构失效。因此，在设计中需要选择抗腐蚀性能强的材料，或者对桥梁表面进行防腐处理，以提高桥梁的抗腐蚀能力。此外，车辆荷载、风荷载、地震等动力作用也是桥梁耐久性设计必须考虑的因素。这些动力作用会对桥梁结构产生较大的应力和变形，长期作用下可能导致结构疲劳和损伤。因此，在设计中需要对这些动力作用进行充分的分析和计算，确保桥梁结构具有足够的承载能力和稳定性。同时，疲劳问题也是桥梁耐久性设计中不可忽视的一环。桥梁结构在长期使用过程中，会受到反复荷载的作用，导致材料内部产生微小的裂纹和损伤。这些裂纹和损伤在累积到一定程度后，可能引发结构的突然失效。因此，在设计中需要采用合理的结构形式和构造措施，减少结构中的应力集中和疲劳敏感部位，提高结构的疲劳寿命。

### 2.2 树立正确的桥梁工程设计理念

随着桥梁工程技术的不断进步和规模的持续扩大，传统的、以单一层面为主的设计理念已逐渐显露出其局限性。现代桥梁工程要求设计者不仅要关注桥梁的即时承载能力，更要着眼于其长期的使用性能和维护成本。因此，必须逐步引入并深化耐久性设计的理念，将桥梁在其整个生命周期内的性能稳定与安全作为设计的核心

目标。耐久性设计不仅仅关注桥梁的初始建造质量，更强调在使用过程中对结构的持续监测、及时维修和必要时加固。这意味着设计者需要充分考虑桥梁在未来可能遭遇的各种挑战，包括极端气候、交通流量的增长、新技术的应用等，并为此预留足够的调整空间。同时，耐久性设计也鼓励采用那些能够降低维护成本、延长使用寿命的新技术和新材料。为了实现这一目标，设计者需要摒弃传统的“建造即完成”的观念，转而采用一种更为全面、动态的设计思路。这包括在设计中融入可维护性、可检测性的考量，以及为未来的维修和加固预留足够的接口和空间。此外，设计者还应与施工、维护等各方保持紧密沟通，确保设计理念能够在实际操作中得到有效贯彻。

### 2.3 加强对疲劳损伤的研究与应对

桥梁结构在服役期间，会不断受到来自车辆、风等动荷载的作用，这些荷载在结构内部产生循环变化的应力，进而引发结构的累积疲劳损伤。疲劳损伤是桥梁结构长期性能衰退和最终失效的重要原因之一，因此，在设计中必须给予足够的重视。为了有效应对疲劳损伤，设计者首先需要深入了解疲劳损伤的产生机理和影响因素。这包括研究不同材料、不同结构形式在动荷载作用下的疲劳性能，以及温度、湿度等环境因素对疲劳损伤的影响。基于这些研究，设计者可以更加准确地评估桥梁结构的疲劳寿命，并据此制定合理的设计方案。在设计中，可以采取多种措施来减少疲劳损伤的发生。例如，通过优化结构形式，减少应力集中和疲劳敏感部位；选择具有高疲劳强度的材料和构件；在关键部位设置减震装置，降低动荷载的传递效率等。此外，还可以在设计中考虑设置疲劳监测系统，对桥梁结构的疲劳状态进行实时监测，以便及时发现并处理潜在的疲劳问题。

## 3 提升公路桥梁耐久性的策略

### 3.1 选用高质量的建筑材料

建筑材料作为桥梁构造的基石，其质量直接关系到桥梁的耐久性和安全性。为了提升公路桥梁的耐久性，设计者在选材时必须严谨审慎，优先选用那些性能稳定、耐久性卓越的建筑材料。例如，高性能混凝土因其高强度、高耐久性、低渗透性等特点，成为现代桥梁工程的首选材料；而耐腐蚀钢筋则能有效抵抗有害化学物质的侵蚀，延长桥梁的使用寿命。在选用建筑材料时，除了考虑其本身的性能外，还应加强对建筑材料的质量控制。这包括要求供应商提供合格的质量证明文件，对进场的材料进行严格的检验和试验，确保其性能符合设计要求和相关标准<sup>[4]</sup>。同时，设计者还应与供应商保持密

切沟通,及时了解材料的最新动态和性能变化,以便在设计中做出相应的调整。

### 3.2 优化结构设计

合理的结构设计是提高桥梁耐久性的另一关键要素。设计者应充分考虑桥梁的使用环境、荷载特点、施工条件等多种因素,通过优化结构形式和构造细节,来提高结构的整体稳定性和耐久性。首先,在结构形式上,设计者可以根据桥梁的跨度、高度、荷载等要求,选择最为合适的结构类型,如梁桥、拱桥、悬索桥等。同时,在结构布置上,应尽量避免应力集中和疲劳敏感部位的出现,通过合理的传力路径和构造措施,将荷载均匀地传递到桥梁的各个部分。其次,在构造细节上,设计者也应给予足够的重视。例如,可以采用预应力技术来减少混凝土开裂的可能性,通过张拉预应力钢绞线或钢筋,使混凝土在受力前产生一定的预压应力,从而抵消部分外荷载产生的拉应力,提高混凝土的抗裂性能。此外,还可以设置合理的排水系统,防止水对桥梁结构的侵蚀。通过设计巧妙的排水管道和防水层,将雨水和其他水源有效地引导出桥梁结构,避免水分在结构内部滞留和渗透,从而减少对桥梁材料的腐蚀和损害。除了上述措施外,设计者还应充分考虑桥梁的维护性和可检修性。在设计中预留足够的维护空间和检修通道,以便在桥梁使用过程中能够方便地进行检查、维修和加固工作。同时,还应考虑桥梁的耐久性监测和评估需求,设置相应的监测点和传感器,为桥梁的长期性能监测和评估提供有力支持。

### 3.3 加强施工质量控制

施工环节是桥梁建设从设计走向实体的关键步骤,其质量控制对于桥梁的耐久性至关重要。为确保施工质量和进度,必须严格按照设计要求和相关规范进行施工。这要求施工单位在施工前进行详尽的技术交底,确保每位施工人员都明确施工标准和操作流程。在施工过程中,应实施严格的现场监控,利用现代化的施工监测技术和设备,对施工过程中的关键节点和环节进行实时监测,确保施工精度和质量控制。同时,应建立有效的质量反馈机制,一旦发现施工质量问题,能够迅速响应并采取整改措施。此外,施工单位还应加强与设计单位的沟通协作,对于施工中遇到的设计问题或变更需求,能够及时与设计单位进行协商,确保施工活动始终

符合设计要求,从而有效提升桥梁的耐久性。

### 3.4 建立健全的维护管理体系

桥梁作为长期使用的交通基础设施,其维护管理是确保其耐久性和安全性的重要环节。为此,必须建立健全的维护管理体系,实现对桥梁的全面、系统、定期的检查、评估和维修。

首先,应制定科学合理的维护计划,根据桥梁的使用年限、荷载状况、环境条件等因素,确定维护的周期和内容。通过定期的检查,可以及时发现桥梁结构的异常变化或潜在问题,为后续的评估和维修提供准确的信息。其次,应建立专业的维护团队,加强对维护人员的培训和管理。维护人员不仅需要具备扎实的专业知识,还需要具备高度的责任意识和敬业精神。通过定期的培训和考核,可以提升维护人员的专业技能和综合素质,确保他们能够高效、准确地完成维护工作。最后,应建立完善的维护记录和档案管理系统。对每次的维护活动都应进行详细的记录,包括维护的时间、内容、费用等信息,以便为后续的维护活动提供参考和依据。同时,这些记录也是评估桥梁耐久性和安全性的重要依据,可以为桥梁的管理和决策提供有力的支持。

### 结束语

公路桥梁的耐久性设计与提升策略是一个复杂而系统的工程。通过选用高质量的建筑材料、优化结构设计、加强施工质量控制和建立健全的维护管理体系等措施,可以有效提高桥梁的耐久性,延长其使用寿命,为交通网络的安全运行提供有力保障。未来,随着新材料、新技术的不断涌现和工程实践经验的不断积累,公路桥梁的耐久性设计将得到进一步完善和提升。

### 参考文献

- [1]王辉.基于桥梁安全耐久性设计存在问题分析及解决办法[J].民营科技,2018, No.218(5): 126.
- [2]周聪,杨林恺.桥梁设计中存在的安全耐久性问题及对策研究[J].交通世界,2017(35): 72-73.
- [3]覃世华.简要分析公路桥梁设计领域当中涉及到的安全性及耐久性问题[J].城市建设理论研究(电子版),2017(11): 106.
- [4]冀永生.略述公路桥梁设计中的安全性与耐久性[J].工程建设与设计,2017,(04): 100-101.