

公路桥梁耐久性提升技术与维护策略研究

朱海号

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司 新疆 乌鲁木齐 831400

摘要：公路桥梁作为交通运输的关键基础设施，其耐久性直接关系到交通的顺畅与安全以及经济成本。随着交通量的增加和环境因素的侵蚀，桥梁耐久性问题日益凸显。本文旨在探讨公路桥梁耐久性提升技术与维护策略，从材料选择、设计优化、施工质量控制、维护管理等多个方面进行分析，以期对相关领域的研究与实践提供参考，保障公路桥梁的长期稳定运行。

关键词：公路桥梁；耐久性提升；维护策略

1 引言

公路桥梁在现代社会中扮演着至关重要的角色，是连接不同地区、促进经济发展的重要纽带。然而，随着时间的推移和使用环境的变化，许多公路桥梁逐渐出现了耐久性问题，这对公共安全、交通效率以及经济发展构成了严重威胁。据世界银行统计数据显示，截至2018年，全球范围内有超过30%的桥梁存在不同程度的损坏或老化情况。在中国，根据中国交通运输部发布的《全国公路桥隧技术状况统计报告》（2019），全国现有公路桥梁71.4万座，其中需要进行维修加固的桥梁数量达到10.8万座，占总数的15%左右。这些问题桥梁的存在不仅影响了交通通行能力，还给当地的经济社会发展带来了严重阻碍。因此，研究公路桥梁耐久性提升技术与维护策略具有重要意义。

2 公路桥梁耐久性的影响因素

影响公路桥梁耐久性的因素是多方面的，包括设计、施工、使用和维护等。（1）设计因素：不同的结构型式对桥梁的耐久性有着显著的影响。例如，梁桥和悬索桥由于自身的特点，耐久性较好；而拱桥和斜拉桥由于受到更大的应力和变形的影响，耐久性相对较差。（2）施工因素：施工质量的好坏直接影响到桥梁的耐久性。如果施工过程中存在质量问题，如混凝土浇筑不实、钢筋焊接不良等，都可能导致桥梁在使用中出现质量问题。（3）使用因素：荷载情况是影响桥梁耐久性的关键因素之一。如果桥梁经常承受超过设计承载能力的荷载，就可能造成结构破坏，影响其耐久性。环境条件也会影响桥梁的耐久性。例如，长期处于湿热或寒冷环境中的桥梁，可能会因为腐蚀、冻融等原因而导致结构损坏。（4）维护因素：桥梁的维护管理工作做得好坏，直接关系到桥梁的使用寿命和耐久性。定期检查、维修、保养等措施能够及时发现并解决桥梁存在的问题，延长

其使用寿命。

3 公路桥梁耐久性提升技术

3.1 材料选择

3.1.1 高性能混凝土。高性能混凝土具有更高的抗压强度和抗渗性，能够有效抵抗化学侵蚀和冻融循环。在桥梁建设中广泛应用高性能混凝土，可以提高桥梁结构的承载能力和耐久性。例如，在兴延高速桥梁建设中，采用了高性能混凝土，增强了桥梁的抗渗性能和耐久性。

3.1.2 高强度、耐腐蚀钢材。高强度、耐腐蚀的钢材能够减少裂缝发生和扩展的可能性，提高桥梁结构的稳定性和耐久性。在桥梁的钢筋选择中，优先选用高强度、耐腐蚀的钢材，如耐候钢等。耐候钢具有优异的耐腐蚀性能，可以显著提高桥梁的耐久性。

3.1.3 新型材料。纤维增强塑料（FRP）等新型材料因其轻质、高强和抗腐蚀性，被用于加固和修复老化的桥梁结构。在一些桥梁的加固和修复工程中，采用FRP材料进行加固，可以提高桥梁的承载能力和耐久性。同时，随着科技的发展，不断有新的材料被研发出来并应用于桥梁建设中，如纳米材料等，这些新材料的应用有望进一步提高桥梁的耐久性。

3.2 设计优化

3.2.1 寿命周期设计。寿命周期设计是一种综合考虑桥梁整个使用寿命周期内各种因素的设计方法，包括规划、设计、施工、运营、维护、拆除等各个阶段。在桥梁设计中，采用寿命周期设计理念，可以优化桥梁的结构形式和尺寸，提高其耐久性^[1]。例如，在设计过程中考虑到桥梁在不同气候条件下的耐久性，选择合适的防护措施，如涂层、防水层等，以防止腐蚀和老化。

3.2.2 可靠性设计。可靠性设计是以概率论和数理统计为基础，对桥梁结构在规定的时间内和规定的条件下完成预定功能的能力进行设计的方法。通过可靠性设

计,可以评估桥梁结构在不同荷载和环境条件下的可靠性,从而优化设计方案,提高桥梁的耐久性。例如,在设计过程中考虑桥梁结构的冗余度,当部分构件出现损坏时,其他构件仍能够承担荷载,保证桥梁的整体稳定性。

3.2.3 结构形式与构造优化。优化桥梁的结构形式和构造,降低应力集中程度,减少局部破坏风险。例如,采用合理的桥型、跨径和结构方案,避免出现过大的应力和变形。在北京东六环改造工程中,为了确保加宽桥梁上部结构与原结构桥梁的协调变形,加宽桥梁上部结构形式一般应与原结构桥梁一致。同时,采用钢混叠合梁作为加宽桥梁上部结构的构造方式,使得加宽后的桥梁单位宽度截面刚度与原结构保持接近,降低了次内力对桥梁耐久性的影响。

3.3 施工质量控制

3.3.1 原材料检验。加强对影响结构强度和耐久性的原材料进场检验,如钢材、水泥、砂石等。在施工过程中,严格按照相关标准和规范对原材料进行检验,确保原材料的质量符合设计要求。例如,对钢材进行力学性能试验,对水泥进行强度、安定性等试验,对砂石进行颗粒级配、含泥量等试验。

3.3.2 施工工艺控制。严格控制混凝土浇筑、养护和脱模过程,确保混凝土质量达到设计要求。同时,规范现场施工管理,加强质量监控,确保工程质量和耐久性。在兴延高速桥梁建设中,采用了五涂纤维增强桥面防水技术进行桥面铺装,通过分五层喷涂施工,在喷涂施工时同步切割增强玻璃纤维来提高桥面防水层的抗破裂性能和完整性。这种施工工艺的控制确保了桥面防水层的质量,提高了桥梁的耐久性。

3.3.3 施工人员培训。加强技术人才培养和施工人员的培训,提高施工人员的专业技能和质量意识。定期组织施工人员进行专业技能培训和质量意识教育,确保施工人员能够熟练掌握施工工艺和操作规范。例如,对混凝土浇筑工人进行混凝土浇筑和养护的培训,对钢筋工进行钢筋加工和安装的培训等。

4 公路桥梁维护策略

4.1 完善管养责任体系

推动建立健全“政府主导、行业监管、部门协同、运行单位负责”的公路桥梁管养责任体系,是保障桥梁耐久性的重要措施。

4.1.1 政府主导。政府需发挥主导作用,将公路桥梁维护资金纳入财政预算,并构建逐年递增机制。同时,推动地方各级人民政府分级落实属地责任,并将桥梁运行安全纳入安全生产考核目标。政府通过制定相关政策

和法规,明确各级政府和相关部门在桥梁管养中的职责和义务,确保桥梁管养工作的顺利开展^[2]。例如,省级交通运输主管部门要督促收费公路运营单位从车辆通行费收入中列支桥梁管理养护资金;积极协调有关部门在确保成品油消费税转移支付资金按规定投入的基础上,根据普通公路桥梁管理养护需要加大投入保障。

4.1.2 行业监管。各级交通运输主管部门负责行业监管,对公路桥梁运行管理单位和下级交通运输主管部门履责情况进行监督指导。交通运输主管部门通过定期检查和评估,对桥梁管养工作进行监督和管理。例如,对桥梁的运行状况进行定期检查,对管养单位的工作进行考核和评价等。

4.1.3 部门协同。积极协调相关部门按法定职责协同开展公路桥梁安全保护。在桥梁管养工作中,需要多个部门的协同配合。例如,与公安部门协同开展桥梁安全保卫工作,与环保部门协同开展桥梁环境保护工作等。运行单位负责公路桥梁运行管理单位承担运行安全主体责任,组织开展运行安全风险防控和隐患治理,保障桥梁安全运行。运行管理单位负责制定桥梁管养计划、组织实施管养工作、对桥梁进行日常检查和维护等。例如,定期对桥梁进行巡查,及时发现并处理桥梁存在的安全隐患等。

4.2 分类落实管养资金

4.2.1 收费公路。省级交通运输主管部门要督促收费公路运营单位从车辆通行费收入中列支桥梁管理养护资金。收费公路运营单位按照相关规定和标准,从车辆通行费收入中提取一定比例的资金用于桥梁的管养工作。例如,将车辆通行费收入的一定比例用于桥梁的日常检查、维修和加固等。

4.2.2 普通公路桥梁。积极协调有关部门在确保成品油消费税转移支付资金按规定投入的基础上,根据普通公路桥梁管理养护需要加大投入保障。农村公路桥梁管理养护资金按照《国务院办公厅关于深化农村公路管理养护体制改革的意见》(国办发〔2019〕45号)统筹安排。对于普通公路桥梁,政府应加大公共财政的投入保障力度,确保桥梁管养工作的资金需求。同时,通过发行专项债券等方式筹集资金,用于桥梁的管养工作。例如,地方政府可以发行公路桥梁养护专项债券,募集资金用于桥梁的维修和加固等。

4.2.3 资金使用监管。加强资金使用监管,定期开展审计工作。建立健全资金使用台账,详细记录每一笔资金的流向,对资金挪用、浪费等行为严肃查处,确保资金使用透明、规范。在桥梁管养工作中,建立健全资

金使用监管机制，确保资金的有效使用。例如，成立专业资金管理小组，对桥梁管养资金的使用进行监督和管理；定期开展审计工作，对资金的使用情况进行审计和评估等。

4.3 提升预防性养护水平

4.3.1 建立预防性养护机制。贯彻全生命周期理念，建立桥梁运营期预防性养护机制。加强桥梁支座、伸缩缝、缆索防护、阻尼减振等桥梁制品的预防性养护，实施特殊环境作用下桥梁耐久性提升，注重轻微病害的早期处治，强化桥梁保养标准化和常态化。在桥梁管养工作中，制定预防性养护计划，定期对桥梁进行检查和评估，及时发现并处理潜在问题。例如，对桥梁的支座、伸缩缝等关键部位进行定期检查和维修，确保其正常运行；对桥梁的轻微病害进行早期处治，防止病害的进一步扩展等。

4.3.2 定期检查与评估。定期检查是确保道路桥梁耐久性的重要手段。通过定期的检查，可以及时发现桥梁的损伤和潜在问题，评估其结构安全状况。检查通常包括视觉检查、无损检测和材料性能测试等方法。在桥梁管养工作中，按照相关规定和标准，定期对桥梁进行检查和评估。例如，每月或每季度对桥梁进行一次全面检查，包括桥梁的外观、结构、附属设施等方面；每年对桥梁进行一次无损检测和材料性能测试等。

4.3.3 早期处治轻微病害。对桥梁的轻微病害进行早期处治，可以防止病害的进一步扩展，延长桥梁的使用寿命。处治措施包括修补裂缝、防腐处理、加固结构等。在桥梁管养工作中，一旦发现桥梁存在轻微病害，应及时采取措施进行处治。例如，对桥梁表面的裂缝进行修补，对桥梁的钢结构进行防腐处理等。

4.4 强化养护工程管理

4.4.1 健全管理制度。完善桥梁养护工程管理制度，健全养护工程咨询、决策、设计、施工、验收和后评价机制。在桥梁养护工程管理中，建立健全各项管理制度，确保养护工程的顺利进行。例如，制定养护工程咨询制度，对养护工程进行前期咨询和评估；制定养护工程决策制度，对养护工程进行决策和审批等。

4.4.2 加强监督管理。加强养护工程实施监督管理，对养护工程的施工过程进行全程监督和管理。在桥梁养护工程施工过程中，加强对施工单位的监督和管理，确保施工质量符合设计要求。例如，对施工单位的施工资质进行审查，对施工过程进行质量监控和评估等。

4.4.3 提升实施效果和质量。通过优化施工工艺、加

强质量控制等措施，提升养护工程实施效果和质量。在桥梁养护工程中，采用先进的施工工艺和技术，提高施工质量 and 效率。例如，采用高性能修补材料对桥梁进行修补，采用先进的检测技术对桥梁进行检测和评估等。

4.5 推进养护市场化改革

4.5.1 引入专业化养护单位。鼓励以公开招投标、政府购买服务等方式引入专业化养护单位，提高桥梁管护专业化水平。在桥梁管养工作中，通过公开招投标等方式选择具有专业资质和经验的养护单位进行桥梁的管养工作。例如，政府可以通过公开招投标的方式选择专业的桥梁检测单位对桥梁进行检测和评估；选择专业的桥梁维修单位对桥梁进行维修和加固等。

4.5.2 鼓励企业做大做强。鼓励专业化养护企业做大做强，跨区域长期承担公路桥梁周期性管护任务。政府可以通过制定相关政策和措施，鼓励专业化养护企业不断发展壮大。例如，给予税收减免、沿线广告经营权等政策优惠，保障企业合理收益；鼓励企业加强技术创新和人才培养等。

4.5.3 构建信用监管机制。加快构建以信用为基础的新型监管机制，推进公路桥梁养护市场信用分级分类监管，引导专业化企业提高服务品质，激发市场活力。在桥梁管养市场中，建立信用监管机制，对养护单位的信用状况进行评估和分类。例如，对信用状况良好的养护单位给予更多的市场机会和政策支持；对信用状况较差的养护单位进行限制和处罚等。

结语

公路桥梁耐久性提升技术与维护策略的研究对于保障桥梁的长期稳定运行具有重要意义。通过材料选择、设计优化、施工质量控制等措施可以提升桥梁的耐久性；通过完善管养责任体系、分类落实管养资金、提升预防性养护水平、强化养护工程管理、推进养护市场化改革等措施可以加强桥梁的维护管理。未来，随着科技的不断进步和新材料、新技术的应用，公路桥梁的耐久性提升策略与维护保养技术将朝着更加智能化、精细化的方向发展，为社会经济发展和人民生活提供更加安全、可靠的交通基础设施。

参考文献

- [1]杨林.公路桥梁耐久性设计与维护策略研究[J].汽车周刊,2025,(02):41-43.
- [2]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.