

交通工程视角下道路桥梁耐久性与安全性提升技术研究

梁 浩

宜昌大桥工程建设有限责任公司 湖北 宜昌 443000

摘要：随着交通运输业的迅猛发展，道路桥梁作为交通基础设施的关键组成部分，其耐久性和安全性日益受到广泛关注。道路桥梁的耐久性关乎其使用寿命和长期性能，安全性则直接关系到交通参与者的生命财产安全以及交通系统的正常运行。在交通工程领域，道路桥梁不仅要承受日益增长的交通荷载，还面临着复杂多变的自然环境和各种潜在的损害因素。

关键词：交通工程；道路桥梁；耐久性；安全性；提升技术

引言：从材料角度看，传统的建筑材料可能在长期使用中出现性能退化，如混凝土的开裂、钢筋的锈蚀等，影响桥梁的结构完整性和耐久性。结构设计方面，不合理的设计可能导致桥梁在受力时出现局部应力集中，加速结构的损坏。施工质量的优劣直接决定了桥梁初始状态的好坏，施工过程中的缺陷可能为日后的安全隐患埋下伏笔。交通荷载的不断增长，超载车辆的频繁出现，给道路桥梁带来了巨大的压力，超出其设计承载能力，加速了桥梁的疲劳损伤和破坏。此外，自然环境中的温度变化、湿度、化学侵蚀等因素也对道路桥梁的耐久性产生不可忽视的影响。

因此，从交通工程视角深入研究道路桥梁耐久性与安全性提升技术具有迫切性和必要性。通过综合运用先进的材料、科学的设计方法、严格的施工质量控制以及有效的交通管理措施，能够提高道路桥梁的抗病害能力，延长其使用寿命，确保交通安全畅通。这对于促进交通事业的可持续发展，降低交通基础设施的维护成本，保障社会经济的稳定运行具有重要意义。本研究将对相关技术进行系统分析和探讨，并结合实际案例进行验证，以期对道路桥梁工程的建设与维护提供有益的参考和借鉴。

1 交通发展对道路桥梁的需求

随着经济的飞速发展和城市化进程的加速，交通需求呈现出爆发式增长。交通发展对道路桥梁的需求日益迫切，不仅需要大量新建道路桥梁以完善交通网络，连接城市与城市、区域与区域，实现更高效的人员和物资流通，还要求提升现有道路桥梁的通行能力。这意味着道路桥梁要具备更宽的车道、更高的承载能力以及更好的适应复杂交通状况的能力。同时，不同交通方式的融合发展，如公路与铁路、城市轨道交通的衔接，也对道路桥梁的设计和性能提出了多样化的要求，以促进综合

交通运输体系的构建，满足不断增长的经济活动、居民出行以及区域协调发展的需要。

2 耐久性和安全性对交通事业和社会经济的积极影响

耐久性和安全性对于交通事业和社会经济具有至关重要的积极影响。从交通事业角度看，耐久性强的道路桥梁可减少频繁的维修和重建，保障交通的持续畅通，降低交通拥堵成本，提高运输效率。安全性高则能有效减少交通事故，保护司乘人员生命安全，提升公众对交通系统的信任度。在社会经济方面，良好的耐久性和安全性有助于促进区域间的经济交流与合作，吸引投资，推动产业发展。它能降低物流成本，提高产品竞争力，为经济增长提供有力支撑。同时，减少因交通问题导致的经济损失和社会资源浪费，保障社会经济的稳定运行，对提升城市和国家的整体竞争力也具有深远意义。

3 影响道路桥梁耐久性与安全性的因素

3.1 材料因素

建筑材料的基本性能直接关乎道路桥梁的耐久性。混凝土作为主要建筑材料，其强度决定了桥梁的承载能力，强度不足易导致结构变形甚至破坏。抗渗性差则会使水分渗入内部，引发钢筋锈蚀等问题，影响结构的耐久性。钢筋的强度保障了结构的整体稳固，而耐腐蚀性弱会使钢筋在恶劣环境中较快锈蚀，削弱结构性能。材料质量的波动不容忽视，如混凝土配合比不稳定、钢筋质量参差不齐等，可能导致桥梁局部性能差异。不合格材料的使用更是巨大隐患，可能在短期内就引发结构病害，严重威胁桥梁的安全和使用寿命。

3.2 设计因素

结构设计的合理性对桥梁的耐久性和安全性至关重要。合理的桥梁形式应能有效分散荷载，如拱形桥可将竖向荷载转化为轴向压力，提高结构稳定性。跨度设计需考虑地质条件、通航要求等因素，不当的跨度可能

导致结构受力不合理。受力体系的科学性决定了桥梁在荷载作用下的应力分布，不合理的受力体系易产生应力集中，加速结构损坏。设计荷载取值准确与否直接影响桥梁的安全性，若取值过低，实际交通荷载超出设计值时，桥梁易发生疲劳破坏。同时，设计需充分考虑交通荷载的发展变化，提高对实际交通荷载的适应性。

3.3 施工因素

施工工艺的规范性是保证道路桥梁结构质量的关键。混凝土浇筑过程中，振捣不密实会导致内部空洞，影响混凝土强度和耐久性。钢筋连接若不牢固，在受力时易发生断裂，危及结构安全。施工质量控制的严格程度直接关系到桥梁质量，施工过程中应严格检测原材料质量、施工工艺参数等，确保符合设计要求。验收环节要认真细致，对发现的问题及时整改。否则，微小的施工缺陷可能在日后逐渐发展成严重的安全隐患，影响桥梁的正常使用和耐久性。

3.4 交通荷载因素

交通流量呈现持续增长的趋势，这给道路桥梁带来了日益增大的压力。超载车辆更是对桥梁造成严重的破坏作用，其超出设计荷载的重量会使桥梁结构产生过大的应力，导致桥梁构件变形、开裂，加速桥梁的损坏进程。车辆行驶的动态特性不容忽视，车辆在行驶过程中的冲击和振动会使桥梁结构承受反复的应力循环，引发疲劳损伤。长期累积的疲劳作用会降低桥梁结构的强度和刚度，影响其耐久性和安全性，尤其在交通繁忙的路段，这种疲劳影响更为显著。

3.5 环境因素

自然环境中的温度、湿度、降水等因素对桥梁材料和结构具有侵蚀作用。温度变化会使桥梁结构产生热胀冷缩，若伸缩受限可能导致结构开裂。高湿度环境会加速钢筋锈蚀和混凝土的劣化。降水可能渗入桥梁结构内部，在冻融循环作用下破坏结构的完整性。环境污染中的化学物质和酸雨等对道路桥梁有强烈的腐蚀影响。化学物质可能与桥梁材料发生化学反应，降低其性能。酸雨会侵蚀混凝土表面，破坏其防护层，进而加速内部钢筋的锈蚀，严重威胁桥梁的耐久性和安全性。

4 道路桥梁耐久性提升技术

4.1 高性能材料的应用

新型混凝土材料如高性能混凝土具有高强度、高耐久性和良好的工作性能。其密实度高，能有效抵抗水分和有害离子的侵入，提高桥梁的抗渗性和抗化学侵蚀能力，从而增强耐久性。自密实混凝土可在自重作用下自流平、填充模板，减少施工振捣对混凝土结构的扰动，

保证混凝土质量均匀性。耐腐蚀钢筋的选用是提高耐久性的关键，涂层钢筋通过在钢筋表面涂覆防腐涂层，隔离钢筋与外界环境，延缓钢筋锈蚀。阴极保护技术则利用电化学原理，使钢筋成为阴极，防止其发生氧化反应，进一步提升钢筋的耐腐蚀性能。

4.2 结构设计优化

基于耐久性的结构设计理念强调合理的结构布局。通过优化桥梁的构件形状和尺寸，使结构受力更加均匀，减小应力集中现象。例如采用流线型的桥梁截面，可降低风阻和水流冲击力，同时减少局部应力过大的情况。寿命周期设计法综合考虑桥梁从建设到使用、维护直至报废的全过程成本和性能，确保在整个生命周期内桥梁具有良好的耐久性。可靠度设计法以概率统计为基础，定量评估结构在各种荷载和环境作用下的可靠性，使设计更加科学合理，提高桥梁的耐久性和安全性。

4.3 施工质量控制与保障

建立完善的施工质量管理体系是确保道路桥梁质量的基础。明确质量标准，使施工过程有章可循，涵盖原材料质量标准、施工工艺标准和成品质量标准等。规范施工流程，对各施工环节进行详细规定，确保施工顺序合理、操作正确。制定科学的质量检测方法，包括无损检测和有损检测等，及时发现施工中的质量问题。加强施工过程中的质量监控，严格控制混凝土的配合比，确保水泥、骨料、外加剂等比例准确，以保证混凝土的强度和耐久性。同时，对施工工艺进行全程监督，如钢筋的绑扎、模板的安装等，确保符合设计和规范要求。

4.4 防腐与防护技术

桥梁表面防护涂层是防止桥梁受腐蚀的重要措施。防腐涂料可在桥梁表面形成一层保护膜，阻挡外界腐蚀介质的侵入，选择具有良好耐候性、耐腐蚀性的涂料至关重要。防水涂层能有效阻止水分渗透到桥梁结构内部，减少因水分引起的钢筋锈蚀和混凝土劣化。针对不同环境条件，如海洋环境中的桥梁，需采用特殊的防腐措施，如使用抗氯离子侵蚀的高性能混凝土、增加涂层的厚度和耐盐雾性能等。在寒冷地区，要考虑冻融循环对桥梁的破坏，采用引气剂提高混凝土的抗冻性，并加强对桥梁排水系统的设计和维护，防止积水结冰造成结构损坏。

5 道路桥梁安全性提升技术

5.1 交通安全设施的完善

桥梁栏杆和防撞设施的合理设计与设置是保障车辆和行人安全的重要防线。栏杆应具有足够的高度和强度，能有效防止车辆和行人意外坠落。防撞设施则需根

据桥梁的位置和交通流量等因素进行科学设计,如在桥头、匝道等易发生碰撞的部位设置合适的防撞墩或防撞护栏,以吸收碰撞能量,减轻车辆碰撞对桥梁结构的损害。交通标志和标线的合理布置对于提供清晰的交通引导至关重要。准确、醒目的标志能提前告知驾驶员路况信息,如限速、限重、弯道等提示,使驾驶员提前做好准备。标线则应清晰明确,划分车道、引导车辆行驶方向,确保交通秩序井然,减少交通事故的发生,从而提高桥梁整体的安全性。

5.2 桥梁结构监测与评估

(1) 监测技术的应用

在桥梁监测中,传感器的选择至关重要。对于变形监测,可采用全站仪,它能高精度测量桥梁各部位的位移变化,适用于大跨度桥梁的整体变形监测。光纤传感器也是不错的选择,其可分布式测量,能精准感知桥梁在不同荷载下的细微变形。应力监测则可选用应变片,它安装在桥梁关键构件表面,通过电阻变化反映应力情况。传感器的布置需精心规划,在桥梁的跨中、支点、连接处等关键位置合理分布,以全面获取变形和应力等参数。利用先进的数据采集系统,实现实时监测,确保能及时掌握桥梁在交通荷载、环境因素等作用下的状态变化,为后续评估提供准确数据基础,以便及时发现潜在问题并采取相应措施。

(2) 评估方法的建立

基于监测数据的桥梁安全性评估方法需科学构建。首先,对监测数据进行预处理,去除异常值和噪声,确保数据的准确性和可靠性。然后,运用数据分析算法,如回归分析、聚类分析等,挖掘数据中的潜在规律。建立评估模型,将变形、应力等参数与桥梁的安全标准进行关联。例如,通过对比当前监测数据与设计允许值,判断桥梁是否处于安全状态。同时,设定预警阈值,当监测数据接近或超过阈值时,及时发出预警。可采用层次分析法等综合评估方法,全面考虑桥梁的结构特点、使用年限、交通流量等因素,对桥梁安全性进行综合评价,为桥梁的维护管理提供科学依据,保障桥梁的安全运营。

5.3 交通管理与控制

(1) 交通流量的调控

交通流量的调控对于减轻桥梁交通压力具有重要意义。设置交通信号灯可以合理分配不同方向车辆的通行时间,避免交通拥堵和混乱,确保车辆有序通过桥梁。

实行交通分流,根据交通流量的时空分布特点,将部分车辆引导至其他道路或时段通行,如在高峰时段设置潮汐车道,提高道路资源的利用率。此外,还可以通过智能交通系统实时监测交通流量,动态调整信号灯配时和交通管制措施,优化交通流运行,减少桥梁上车辆的停留时间和拥堵程度,降低桥梁因过度交通负荷而导致的结构疲劳和损坏风险,保障桥梁的安全和畅通。

(2) 超载车辆的治理

超载车辆对桥梁的安全性具有极大的危害,因此加强超载车辆的治理至关重要。要加大执法力度,在桥梁入口及重要路段设置超载检测站,采用先进的称重设备对过往车辆进行严格检测。对于超载车辆,依法进行处罚并责令其卸载至合规载重。同时,建立长效的监管机制,加强对运输企业和车辆驾驶员的宣传教育,提高其对超载危害的认识。加强源头治理,对货物装载源头进行监管,严禁违规超载装载。通过多部门联合执法,形成合力,共同打击超载违法行为,确保桥梁不受超载车辆的破坏,保障桥梁的结构安全和使用寿命,维护正常的交通秩序和公共安全。

结语

本研究从交通工程视角对道路桥梁耐久性与安全性提升技术进行了深入探讨。通过分析影响因素,提出了包括高性能材料应用、结构设计优化、施工质量控制、防腐防护以及交通安全设施完善等多方面的技术措施。这些技术的综合应用对于提高道路桥梁的性能和寿命具有重要意义。然而,研究过程中也意识到仍存在问题,如新技术的成本效益平衡、实际应用中的适应性等。未来,需要进一步深化研究,不断创新发展,加强各环节的协同合作。同时,应注重人才培养和技术推广,以确保这些提升技术能够更广泛、更有效地应用于道路桥梁工程实践中,为交通事业的可持续发展和社会经济的稳定增长提供坚实的支撑,让道路桥梁更好地服务于人们的出行和社会的发展。

参考文献

- [1]李明,王旭东.道路桥梁施工中的质量控制及安全管理措施[J].黑龙江交通科技,2023,46(7):227-229.
- [2]陈晓利.低碳高速公路系统关键技术体系研究[J].地下空间与工程学报,2012,8(6):1204-1210.
- [3]张伟.智能交通系统在城市道路桥梁施工管理中的应用[J].工程建设与设计,2023(15):25-27.