

分析道路桥梁维修与加固施工技术

毛远东

广东能达公路养护股份有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/ETQM.2025110028

摘要：道路桥梁工程在长期运营中，受荷载、环境等因素影响，易出现结构变形、裂缝、承载力下降及材料剥蚀等典型病害，严重威胁通行安全与结构耐久性。文章分析了包括承载力监测管理、钢筋锈蚀修复、裂缝综合治理、粘贴钢板加固、增补基桩以及路基沉陷修复在内的多项关键维修加固技术措施。通过科学评估与针对性治理，这些技术能有效恢复和提升道路桥梁的结构性能，保障其长期安全稳定运行，对延长工程寿命、优化全周期养护成本具有重要意义。

关键词：道路桥梁；维修与加固；施工技术

Analysis of Construction Techniques for Maintenance and Reinforcement of Road and Bridge Structures

Mao Yuandong

Guangdong Nengda Highway Maintenance Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : During long-term operation, road and bridge structures are susceptible to typical defects such as structural deformation, cracks, reduced load-bearing capacity, and material erosion due to factors like loading and environmental conditions. These issues pose significant threats to traffic safety and structural durability. This paper analyzes several key maintenance and reinforcement techniques, including load-bearing capacity monitoring and management, steel bar corrosion repair, comprehensive crack treatment, steel plate bonding reinforcement, supplementary pile installation, and subgrade settlement repair. Through scientific assessment and targeted interventions, these techniques can effectively restore and enhance the structural performance of road and bridge structures, ensuring their long-term safe and stable operation. They are of great significance in extending the service life of the structures and optimizing the lifecycle maintenance costs.

Keywords : Road and bridge; maintenance and reinforcement; construction techniques

引言

道路桥梁作为交通网络的枢纽工程，其安全与耐久性直接关系到经济社会运行的效率与安全。然而，在自然侵蚀、交通荷载及材料老化等多重因素持续作用下，工程结构不可避免会出现各类病害。这些病害不仅影响行车舒适性，更会削弱结构整体性与承载能力，构成潜在安全隐患。文章旨在系统阐述道路桥梁工程病害处理的紧迫性，分析常见病害的特征与危害，并梳理总结当前行之有效的维修加固技术体系，为提升工程养护水平、确保结构长效安全提供理论参考与实践指导。

一、对道路桥梁工程病害进行处理的必要性分析

(一) 保障车辆通行安全与舒适性

道路桥梁在建成并投入运营之后，长期承受交通荷载、自然环境侵蚀等多种外部因素的综合作用，容易引发各类结构性或功能性病害。这些病害不仅损害工程的外观形象，更会削弱其服务性能，导致行车舒适度下降，甚至威胁到通行安全。若不能及时加以干预，将难以维持车辆高效、平稳的运行条件，进而制约交通运输系统的整体效能提升，影响区域经济的协调发展。因此，为保障道路桥梁的服务水平，确保行车安全顺畅，必须对出现的

各类病害进行科学、及时的修复与加固。

(二) 提升道路与桥梁工程的结构稳固性与安全耐久度

在道路与桥梁工程的长期使用过程中，常常会出现裂缝、结构变形以及基础不均匀沉降等多种常见病害。这些缺陷不仅削弱了工程的整体承载能力，还会显著影响其正常服务状态，对结构的安全性与耐久性构成潜在威胁。若不能及时识别和处理，局部损伤可能进一步扩展，甚至诱发严重的交通安全事件，危及行车安全。因此，在处理上述病害时，必须从工程全寿命周期和整体性能的角度出发，系统评估其对道路桥梁服务功能所产生的综合影响。不同的病害类型会以不同方式干扰车辆的安全、平稳通

行，因此深入探究各类病害产生的内在机理和诱因至关重要。在明确成因的基础上，才能有针对性地制定科学合理、具备可操作性的维修加固方案，从而有效提升道路桥梁工程的结构稳定性和长期运行可靠性^[1]。

二、道路桥梁工程项目常见维修养护问题分析

(一) 桥梁结构变形与裂缝类病害的成因及影响

在外部环境物理作用与化学腐蚀的共同影响下，道路桥梁在运营期间容易产生多种结构性损伤。这类损伤可分布于桥面系、梁板底部及桥台等多个关键部位，表现形式多样。例如，桥台若发生不均匀沉降，将直接导致桥面纵坡改变，形成明显倾斜；而主梁或桥面板出现变形时，会使行车产生颠簸甚至“跳车”效应，严重影响行车舒适性与安全。此外，防撞栏杆等附属结构的变形，也会削弱其设计的防护性能，增加事故风险。随着时间推移，桥梁在长期荷载、温度变化及材料劣化等外力持续作用下，会逐渐进入老化阶段。混凝土结构因抗拉能力不足，易在应力集中区域产生裂缝，尤其在桥台、梁体连接处更为常见。裂缝的出现不仅削弱截面刚度，还会加速钢筋锈蚀，导致结构整体承载能力下降，从而对整座桥梁的长期安全构成显著威胁。

(二) 桥梁结构承载性能的衰减

通常情况下，桥梁工程的建设工期较为漫长，在持续经受自然风化、温度变化及日常荷载的长期影响后，其主体结构的材料性能与力学指标会逐步弱化，从而导致整体承载能力出现不同程度的下滑。在建成并投入运营之后，桥梁还需长期承受车辆、行人等动态荷载以及雨雪侵蚀、冻融循环等环境因素的交互作用，这些持续的外部影响会进一步加剧结构疲劳与材料损伤，致使承载力逐渐降低。若不及时进行检测与维护，将直接影响桥梁的耐久性与安全储备，进而对通行安全构成潜在威胁^[2]。

(三) 表层材料的剥蚀与损伤

道路桥梁的表面防护层和外观质量往往容易受到外界环境的侵蚀，一旦其表层出现剥蚀类损伤，通常意味着结构病害已进入较为明显的发展阶段。此类剥蚀破坏具有多种形态特征，常见的有混凝土表面起皮、饰面材料脱落、保护层剥离等。这些现象本质上是材料在长期日晒、雨淋、冻融及化学腐蚀等自然因素作用下性能退化的直观体现。随着剥蚀范围扩大和程度加深，不仅削弱了结构对外界侵害的防御能力，还会进一步引发钢筋锈蚀、截面减小等深层问题，严重影响桥梁的耐久性与安全状态。若不能及时采取修复措施，将显著缩短工程使用寿命，增加后期维护成本，并对交通运营和工程效益造成持续负面影响。

三、道路桥梁维修与加固施工技术措施分析

(一) 加强桥梁承载力监测与维护措施

当前，不少地区的道路桥梁未设置规范的限速与载重限制标识，导致车辆在通行时缺乏有效引导，可能对桥梁结构产生超出设计范围的动态荷载，进而影响其长期承载力。为系统提升桥梁

运营安全水平，建议根据不同路段的实际承载能力，科学设置车速限制、轴重要求及超载管控标志，实现对桥梁使用条件的精细化管理。这种做法不仅有助于从源头上控制荷载效应，也能显著延长桥面结构的使用年限。对于已出现局部损伤或由于交通事故导致桥面破损的情况，应及时组织专业维修队伍进行修复处理，并在修复区域增设醒目的警示标识，避免二次损坏发生。桥梁的承载能力直接关系到整体结构的耐久性与安全性，一旦长期处于超负荷状态，极易引发结构性损伤，威胁交通安全。因此，科学提升桥梁的承载裕度与使用管理水平，不仅能保障交通畅通与安全，也可有效降低后期频繁维护的需求，从而节约全寿命周期的养护成本^[3]。

(二) 钢筋锈蚀修复与结构加固方法

在开展桥梁工程修复作业前，施工单位需首先调阅并复核原结构设计图纸，结合桥梁实际运营条件与环境特征，系统分析导致钢筋锈蚀的主导因素。作为桥梁结构的核心承重材料，钢筋的力学性能直接关系到整体安全，因此在锈蚀处理过程中，必须对已暴露的钢筋进行强度抽样检测。通过屈服强度计算公式 $\sigma = F/S$ ，可定量评估锈蚀钢筋是否仍满足原设计承载力要求，从而判断是否因初期防护不足或材料劣化引发锈蚀问题。针对锈蚀部位，施工人员应先采用机械或化学方式清除钢筋表面的锈迹与附着物，恢复其基本轮廓，再根据现场湿度、盐度等环境条件，选用适宜的防锈涂层进行封闭保护，以阻断进一步腐蚀的途径。对锈蚀严重、截面损失显著的钢筋构件，则需进行局部或整体更换，确保修复后的结构恢复设计承载能力。通过上述综合治理手段，不仅能有效遏制钢筋继续锈蚀，还可显著提升桥梁耐久性能，延长其服役周期。

(三) 桥梁裂缝的综合治理策略

桥梁结构出现的裂缝若得不到及时有效治理，将可能进一步扩展并诱发更严重的结构性损伤，最终影响整体使用安全。当前常用的裂缝修复技术主要包括表面封闭法、注浆填充法及混凝土修复等多种工艺，合理运用这些方法可有效抑制裂缝发展并恢复截面整体性。以表面处理技术为例，该方法一般适用于宽度较小的非结构性裂缝，施工时先在裂缝表面清理基面，再涂刷专用密封材料或柔性防水涂层，形成连续防护膜，从而阻止水分和侵蚀介质渗入，实现防水与防护双重效果。在实际工程中，技术人员需根据裂缝宽度、深度及成因进行判别选型。对于宽度较大或较为活跃的裂缝，仅采用表面处理往往难以满足长期耐久性要求，此时需结合压力注浆工艺，将低粘度环氧树脂或高分子浆液注入裂缝内部，使其重新粘结为整体，恢复结构传力性能。通过分级、分工艺的针对性治理，可显著提升裂缝修复的可靠性与长效性，保障桥梁安全运行^[4]。

(四) 粘贴钢板加固施工工艺

在具体操作中，施工团队需首先依据工程设计图纸，并紧密结合施工现场的实际情况，精确标定出需要粘贴钢板的区域范围。随后，对该区域内的混凝土表面进行开槽处理，使用专业打磨设备将预定粘结位置的表层水泥浆体去除，形成一个既平整又具备一定粗糙度的结合面，之后采用钢丝刷进行拉毛处理，以增

强粘结力。对于预应力钢绞线区域，需进行精准的钻孔和缝隙清理作业。同时，对准备粘贴的钢板接触面进行除锈、打磨等预处理，确保其达到粘结要求。接着定位并安装固定用的锚栓，按要求配制混合结构胶粘剂，并将其均匀涂刷在混凝土基面与钢板表面。将钢板准确粘贴至预定位置后，及时安装垫片并按照设计扭矩拧紧锚栓螺母，确保钢板与混凝土构件之间形成牢固有效的粘结。此外，在钢板粘贴完成后，还必须对其外露表面进行彻底的防锈防腐处理，以保障其长期耐久性和加固效果的持续性。为了从根本上提升道路桥梁结构定期检查与维护工作的水平，相关管理部门需进一步强化其职能履行，积极引入并实施更为专业、系统的检修与维护策略，从而切实保障道路桥梁的运营安全。在推进定期检查维护体系化建设的过程中，应着力增强专业技术人员的责任心与业务素养，鼓励他们紧跟施工技术发展步伐，持续更新专业知识，以此推动日常养护工作质量的不断提升。

（五）采用增补基桩法提升结构承载力

在道路与桥梁的日常养护及结构性加固工程中，增补基桩是一种被广泛采用且适应性较强的技术手段。该方法适用于多种复杂的工程条件与环境因素，能够有效应对因水流冲刷、地基沉降或荷载增加等原因导致的桥梁基础承载力不足问题。具体实施时，其核心设计理念是围绕提升结构整体承载力这一根本目标。通常采取在原有基础桩基附近进行钻孔，并植入新的桩体，或通过外包混凝土等方式对既有桩基进行增强。这种施工方法旨在扩大基础受力面积，将上部荷载更有效地传递至深层稳定土层，从而显著提高桥梁的稳定性和安全性。需要特别强调的是，增补基桩工程的成功关键在于前期详尽的勘察与个性化设计。施工前必须对桥梁现有基础的结构形式、地质条件及病害成因进行精准评估，以此制定出具有高度针对性的加固方案。这一步骤确保了技术应用的合理性与经济性，也为工程的长久效益奠定了坚实基础。因此，在道路桥梁的加固实践中，科学合理地运用增补基桩技术，被证明是一种能显著提升结构耐久性与安全储备的有效

策略。

（六）路基沉陷修复与结构补强技术

基于现场勘查结果分析，该路段出现的路面塌陷问题主要源于下方路基的不均匀沉降。施工方在制定维修方案前，对区域内几处塌陷的具体形态与成因进行了分类研究。依托现行成熟工艺标准，工程团队针对不同情况采取了相应的结构修复与加固措施，确保修复后的路段能够安全恢复使用功能，且不会遗留潜在的质量隐患。对涉及桥梁衔接的路基部分进行了专门加固。施工中创新应用了公路桥变截面设计方法，通过调整简支梁桥的支承体系，改善了结构的受力分布，从而有效抑制了桥头区域的不均匀沉降，提升了该部位的整体稳定性和安全储备。其次，针对两处典型路面塌陷采取了差异化的处理方式。第一处塌陷区域下方地质条件相对较好，地下存在稳定的砂砾土层，发生进一步沉降的可能性较低，因此施工人员仅对其进行了表层修复和常规填补。而第二处塌陷程度较深，沉降趋势明显，为防止病害继续发展，施工方先彻底清除已破损的水泥混凝土面层，对路基填土进行强力夯实，随后采用高强度环氧树脂材料进行灌注回填，从根本上阻断了该点位再次发生沉降的路径^[3]。

四、结束语

综上所述，道路桥梁的维修加固是一项涉及多病害诊断、多技术应用的系统性工程。面对结构变形、裂缝发展、钢筋锈蚀、承载力不足及路基沉陷等复杂问题，必须坚持预防为主、防治结合的原则，根据具体病害成因与结构状态，科学选择并综合应用限载监测、锈蚀处理、裂缝注浆、粘贴钢板、增补基桩和路基补强等针对性技术措施。成功的维修加固不仅依赖于先进适用的技术，更离不开精细化的前期调查、规范化的施工过程以及长效化的后期维护管理。

参考文献

- [1] 刘明星. 道路桥梁维修与加固施工技术 [J]. 四川建材, 2022, 48(4):163, 165.
- [2] 温晓峰. 道路桥梁维修与加固施工技术研究 [J]. 运输经理世界, 2020(13):126-127.
- [3] 黄纪. 探究道路桥梁维修与加固施工技术 [J]. 建筑与装饰, 2020(16):103.
- [4] 安建强. 道路桥梁维修与加固施工技术研究 [J]. 越野世界, 2025, 20(8):148-150.
- [5] 孙科. 探究道路桥梁维修与加固施工技术 [J]. 建材发展导向 (上), 2020, 18(5):240.