

公路桥梁养护与维修加固施工技术探讨

文 / 何丹华 广西长磊建筑劳务有限公司

摘要:随着我国经济的快速发展和交通运输需求的不断增长,公路桥梁的建设数量和规模逐年增加。作为交通基础设施的重要组成部分,公路桥梁在保障交通顺畅、推动社会经济发展方面发挥着不可替代的作用。然而,长期的使用及自然环境的影响,如车辆超载、温度变化、风雨侵蚀等,都会导致桥梁的结构性能下降,甚至出现各种病害。因此,公路桥梁的养护与维修加固技术成为保障桥梁安全运营的关键环节。本文将探讨公路桥梁养护与维修加固施工技术,以期延长桥梁使用寿命、提升其结构安全性提供理论参考。

关键词:公路桥梁; 养护; 维修加固; 施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.063

引言

公路桥梁是连接各地、促进经济交流的重要基础设施,其稳定、畅通至关重要。因此,积极探索公路桥梁养护与维修加固施工技术的应用,对于保证区域交通需求,推动经济往来有现实意义。

一、公路桥梁养护管理的意义

公路桥梁工程在使用过程中会出现不同程度的破损,其原因来自多方面,如建造缺陷、载荷冲击、自然侵蚀和自然灾害等。对此,管理部门及时组织修复工作能够保证公路桥梁的安全性和可靠性,可见开展公路桥梁养护管理十分重要。公路桥梁养护管理的重要意义主要体现在以下4个方面:第一,公路桥梁是交通运输的重要组成部分,其安全性和可靠性至关重要,养护管理工作能及时发现和修复桥梁的缺陷和病害,确保桥梁的结构稳定性和使用寿命,从而保证交通运输的畅通和安全。第二,公路桥梁养护管理有助于延长桥梁的使用寿命。通过定期的检测、维护和保养,可以防止桥梁受到自然环境因素、车辆荷载和其他外界因素的损害,减少桥梁的病害发生和进一步损坏,延缓桥梁的老化进程,提高其使用寿命和经济效益。第三,公路桥梁养护管理对于节约资源和减少成本也具有重要意义。通过及时维护和保养,可以避免桥梁发生严重病害,减少桥梁的大规模修复和更换,能够节约维修和建设成本,同时也能降低交通运输中的能耗和环境影响。第四,公路桥梁养护管理对于提升道路网络的整体质量和可持续发展具有重要作用。科学的养护管理能够保持桥梁的良好状态,提高道路网络的安全性、便捷性和通行效率,提升整个交通系统的运行质量和效果,为民众的出行和经济发展提供可靠的基础设施支撑。

二、公路桥梁养护与维修加固面临的问题

(一) 桥面污染与日常养护缺失

公路桥梁的桥面污染问题是养护工作中不可忽视的一环。随着交通量的增加,车辆行驶过程中产生的油污、尘土及其他污染物不断积累,加之沿线居民可能将桥面作为晾晒场地,导致桥面污染严重。这不仅影响了桥梁的美观,更对行车安全构成了威胁。油污会降低路面附着力,增加车辆行驶过程中的打滑风险;尘土和杂物的堆积则可能堵塞排水系统,引发积水问题,进一步

加剧桥面损害。此外,日常养护的缺失也是桥面污染加剧的重要原因。部分养护单位对桥面清洁工作重视不足,清洁频率低,清洁力度不够,导致桥面污染问题长期得不到有效解决。

(二) 结构连接不紧密与地基沉降

公路桥梁的结构连接不紧密主要表现为桥面与道路之间的接缝处出现裂缝、错台等问题。这主要是由于地基处理不当或长期承受重载车辆作用导致的地基沉降不均匀所引起。地基沉降不仅会影响桥梁的整体稳定性,还会对车辆行驶产生不利影响,如引起跳车现象,加剧车辆对桥梁的冲击作用。结构连接不紧密还可能导致雨水等侵蚀性介质更容易渗入桥梁内部,加速钢筋锈蚀和混凝土剥落,缩短桥梁使用寿命。

(三) 排水系统失效与积水问题

公路桥梁的排水系统是保证桥面干燥、防止积水的重要设施。然而,在实际使用中,由于设计缺陷、施工质量问题或后期维护不当等原因,排水系统常常出现失效情况。排水孔堵塞、排水管破损或坡度不足等问题都可能导致桥面积水。积水不仅会影响行车安全,还可能加速桥面铺装层的损坏,甚至渗透至结构内部,对桥梁整体结构造成损害。此外,冬季积水结冰还可能引发交通事故,对人民群众的生命财产安全构成严重威胁。

(四) 超载运输与结构疲劳损伤

超载运输是当前公路桥梁养护与维修加固面临的一大挑战。随着经济的快速发展和物流业的繁荣,重型车辆的数量不断增加,部分车辆存在严重的超载现象。超载运输不仅加剧了桥梁结构的疲劳损伤,还可能导致桥梁承载能力迅速下降,甚至引发垮塌事故。结构疲劳损伤是一个长期积累的过程,不易被及时发现和处理。因此,对超载运输进行严格监管和控制是防止桥梁结构疲劳损伤的重要措施之一。

综上所述,公路桥梁养护与维修加固面临的问题多种多样且相互关联。桥面污染与日常养护缺失、结构连接不紧密与地基沉降、排水系统失效与积水问题以及超载运输与结构疲劳损伤等都是当前养护工作中亟待解决的问题。只有全面深入地分析这些问题产生的原因和影响机制,才能有针对性地制定有效的养护与维修加固方案,确保公路桥梁的安全、稳定和持久运行。

三、公路桥梁养护技术

(一) 桥面铺装加固

在加固过程中，首先需对破损的桥面铺装层进行全面凿除，确保露出坚实的基层。随后，对基层进行彻底清理，去除浮土、油污等杂物，并采用高压气泵或水枪进行冲洗，以保证新旧混凝土的良好结合。接下来，根据设计要求，铺设一定厚度的防水层，如采用SBR改性乳化沥青，其技术要求需满足相关标准，确保防水效果。在此基础上，铺设24cm厚的C40混凝土作为桥面铺装层，该混凝土标号高，强度与耐久性均能满足重载交通需求。同时，为进一步提升桥面铺装的抗裂性，可在混凝土中掺入聚丙烯纤维，减少收缩开裂。施工过程中，严格控制混凝土的拌合质量、摊铺厚度及振捣密实度，确保铺装层平整度控制在3mm以内。最后，待混凝土初凝后，进行拉毛处理，以增加铺装层与后续沥青面层的黏结力。整个桥面铺装加固过程，通过精细化的施工管理与严格的质量控制，确保了加固效果与桥梁使用寿命的延长。

(二) 桥面辅助设施维护

桥面辅助设施的维护是保障桥梁通行安全与顺畅的重要组成部分，涵盖了护栏、照明、排水及指示标志等多个方面。对于护栏，需定期检查其完整性，确保无锈蚀、断裂现象，对于锌层厚度低于规定值（如小于65 μm ）的护栏，应及时进行除锈并重新喷涂防腐材料。照明系统方面，要确保灯具完好，光照度达到设计要求，通常不低于20lx，同时定期检查线路，防止老化短路。排水系统需保持畅通，定期检查清理雨水口与排水管道，避免积水对桥面造成损害，一般要求排水坡度不小于1%，确保雨水迅速排离桥面。指示标志的维护同样重要，需确保标志清晰可见，无褪色、破损，反光膜级别需满足国家标准，如采用三级以上反光膜，保证夜间及恶劣天气下的可视性。此外，对于伸缩缝等关键部位，需定期清理杂物，检查其密封性与平整度，确保行车平稳，伸缩缝的间隙控制需根据温度变化与桥梁跨度设计，一般保持在20mm至50mm之间。综上所述，桥面辅助设施的维护需全面细致，遵循相关规范与参数要求，确保桥梁整体功能的正常发挥与行车安全。

四、公路桥梁维修加固技术

(一) 钢筋加固技术

钢筋加固技术作为提升桥梁结构承载能力和安全性的关键措施，其应用过程需精细且严谨。在加固前，需对桥梁结构进行全面评估，明确加固区域与具体需求。加固时，常采用新增钢筋的方式，选择与原有钢筋直径相匹配（如 $\Phi 25\text{mm}$ ）且强度等级不低于原设计的钢筋，以确保加固效果。这些新钢筋通过焊接或机械连接的方式与原有钢筋牢固结合，焊接时需确保焊缝饱满、无夹渣，机械连接则需满足相应的扭矩或张拉要求。在加固过程中，还应注意对钢筋进行除锈处理，以提高黏结强度，并在必要时使用高强度的黏合剂，如环氧树脂，进一步提升钢筋与混凝土之间的黏结性能。加固完成后，还需对加固区域进行质量检测，包括钢筋位置、焊接质

量、混凝土强度等，确保所有指标均满足设计要求。此外，随着技术的发展，碳纤维加固、预应力加固等新技术也逐渐应用于桥梁钢筋加固中，这些技术以其独特的优势为桥梁结构的安全性和耐久性提供了更多保障。综上所述，钢筋加固技术通过精细的施工过程与先进技术的应用，有效提升了桥梁结构的承载能力与安全性。

(二) 预应力加固技术

预应力加固技术，作为桥梁维修加固的重要手段，显著提升了结构的承载能力和稳定性。该技术通过外加预应力钢拉杆或型钢撑杆，对桥梁结构构件或整体进行加固。在施工过程中，预应力筋（如钢绞线，直径常用为 $\Phi 15.2\text{mm}$ ）被张拉至设计控制应力值，通常为材料屈服强度的70%~80%，以产生足够的预应力。这种预应力通过锚具系统传递给桥梁结构，使结构在受力前产生一定的压应力状态，有效抵消外部荷载产生的拉应力。

预应力加固不仅改变了原结构的应力分布，降低了应力水平，还显著减少了结构变形和裂缝宽度。对于大跨度桥梁或高应力、高应变状态下的结构，预应力加固技术尤为适用，它能显著提高结构的刚度和耐久性。此外，预应力加固技术施工灵活，可在不中断交通的情况下进行，减少了施工对桥梁运营的影响。

在加固设计阶段，需精确计算预应力筋的布置位置、张拉力大小及锚固方式等关键参数，以确保加固效果。施工过程中，还需严格控制张拉工艺，确保预应力施加准确，同时做好预应力筋的防腐保护工作，以延长加固结构的使用寿命。

综上所述，预应力加固技术以其独特的优势，在桥梁维修加固领域发挥着重要作用，为桥梁的安全运营提供了有力保障。

五、案例分析：某大型公路桥梁养护与维修加固项目

(一) 项目背景与概况

本项目针对的是位于某省交通要道上的一座大型公路桥梁，全长约1500米，主跨采用预应力混凝土连续箱梁结构，桥面宽度为双向六车道，设计荷载等级为公路-I级。该桥梁自建成通车以来，已服务超过20年，随着交通量的持续增长及重载车辆的频繁通行，桥梁逐渐出现了一系列病害问题，包括桥面铺装层破损、伸缩缝失效、混凝土裂缝扩展、墩台基础沉降等，严重影响了桥梁的安全性和通行能力。因此，决定对该桥梁进行全面的养护与维修加固，以恢复其设计功能，延长使用寿命。

(二) 问题诊断与评估

(1) 桥面铺装层检查：通过钻芯取样、平整度检测及外观检查等手段，发现桥面铺装层普遍存在坑槽、车辙、裂缝等问题，部分区域已露出粗骨料，防水层破损严重，导致雨水渗入结构内部。桥面平均平整度指标（IRI）超过设计限值，行车舒适性差。

(2) 伸缩缝检查：伸缩缝装置老化严重，橡胶条脱落，伸缩缝间隙被杂物填充，无法自由伸缩，导致桥面在温度变化时出现隆起或凹陷现象，影响行车安全。

(3) 混凝土裂缝检测：采用超声波探伤、染色渗透等方法对桥梁主要受力构件进行裂缝检测，发现梁体底部、腹板及翼缘板存在多条裂缝，部分裂缝宽度超过限值，存在安全隐患。

(4) 墩台基础检测：通过静载试验、动载试验及地质雷达扫描等技术手段，评估墩台基础的承载能力及稳定性。结果显示，部分墩台存在不均匀沉降现象，基础混凝土存在轻微剥落，钢筋锈蚀情况较为严重。

(5) 结构安全性能评估：综合上述检测结果，利用有限元分析软件对桥梁整体结构进行建模分析，评估其承载能力、刚度及稳定性。结果表明，桥梁当前承载能力已不满足设计荷载要求，急需进行加固处理。

(三) 养护与维修加固方案

1. 桥面铺装层改造

(1) 施工参数：采用C40防水水泥混凝土作为新铺装层材料，厚度设计为18cm。为增强铺装层与梁体之间的黏结力，在梁顶植筋并铺设双层桥面钢筋网。

(2) 施工步骤：首先剔除原铺装层至梁顶，清理干净后涂刷界面剂；然后铺设双层钢筋网并与植筋焊接固定；接着浇筑新铺装层混凝土，并采用振动梁进行振捣密实；最后待混凝土达到设计强度后，铺设4cm厚AC-13改性沥青混凝土作为磨耗层。

2. 伸缩缝更换

(1) 施工参数：选用新型模数式伸缩缝装置，伸缩量为±80mm，橡胶条选用耐老化、耐磨损材料。

(2) 施工步骤：先切割并清理旧伸缩缝周围的混凝土，确保切割线顺直、平整；然后安装新伸缩缝装置，调整间隙至设计值，并焊接固定；最后填充弹性密封材料，安装橡胶条，并进行伸缩性能测试。

3. 混凝土裂缝修补

(1) 施工参数：对于宽度小于0.2mm的裂缝，采用表面封闭处理；宽度大于0.2mm的裂缝，采用压力注浆法进行修补。注浆材料选用低黏度环氧树脂或聚氨酯灌浆料。

(2) 施工步骤：清理裂缝表面，确保无油污、无松散颗粒；对于需注浆的裂缝，先沿裂缝走向钻孔，孔径约10mm，孔距约30cm；然后安装注浆嘴并封闭裂缝表面，进行注浆作业；注浆完成后，清理表面并涂抹封闭材料。

4. 墩台基础加固

(1) 施工参数：采用高压旋喷桩对墩台基础进行加固处理，桩径为0.6m，桩长为进入持力层不小于3m。同时在墩台周围增设钢筋混凝土套箍以增强整体稳定性。

(2) 施工步骤：首先确定加固区域并进行场地平整处理；然后钻孔并安装注浆管至设计深度；接着进行高压旋喷注浆作业至浆液溢出孔口为止；注浆完成后养护一段时间待桩体强度达到要求；最后在墩台周围支模浇筑钢筋混凝土套箍并与原结构可靠连接。

(四) 施工过程与效果评估

1. 施工过程管理

(1) 质量控制：严格按照施工图纸和技术规范进行施工操作，加强原材料检验和施工过程监控。对关键工序进行旁站监督并留存影像资料以备查。

(2) 安全管理：建立健全安全生产责任制和安全管理规章制度，加强施工人员的安全教育和培训。设置明显的安全警示标志和防护措施确保施工过程中的安全。

2. 效果评估

(1) 结构安全性能提升：通过加固处理后的桥梁结构承载能力显著提高达到设计荷载要求以上。静载试验和动载试验结果表明桥梁整体结构性能良好无明显病害现象。

(2) 行车舒适性改善：桥面铺装层改造后平整度指标(IRI)大幅降低行车舒适性显著提升。伸缩缝更换后桥面在温度变化时能够自由伸缩无隆起或凹陷现象发生。

(3) 经济效益显著：本次养护与维修加固项目虽然投资较大但有效延长了桥梁的使用寿命避免了因桥梁损坏而导致的交通中断和修复成本增加。同时提高了道路通行能力促进了当地经济发展。

(五) 经验总结

本案例通过详细的问题诊断与评估制定了科学合理的养护与维修加固方案并成功实施了各项施工措施。项目实施过程中严格控制了施工质量和安全确保了加固效果达到预期目标。未来随着新材料、新技术的不断涌现公路桥梁养护与维修加固领域将迎来更多创新与发展机遇。同时加强桥梁的日常养护和预防性维护工作仍然是保障桥梁长期安全稳定运行的关键所在。

结束语

公路桥梁是重要的交通基础设施。积极开展公路桥梁养护管理工作，能有效改善公路桥梁使用性能，提高桥梁运营能力，延长使用寿命。因此，公路桥梁养护管理时，应编制专项公路桥梁病害养护方案，加强预防性养护及日常巡查工作，并建立长效的公路桥梁养护制度，确保公路桥梁养护管理的科学性、有效性。

参考文献

- [1] 赖雪峰. 公路桥梁养护与维修加固的施工技术分析[J]. 工程建设与设计, 2023(12): 206-208.
- [2] 刘光. 公路桥梁养护与维修加固施工技术研究[J]. 工程建设与设计, 2023(06): 216-218.
- [3] 彭新益. 公路桥梁养护与加固维修施工技术研究[J]. 交通世界, 2022(Z1): 55-56.
- [4] 张成祥. 公路桥梁养护与维修加固施工技术[J]. 建筑技术开发, 2021(12): 47-48.
- [5] 陈明明. 浅谈公路桥梁常见病害与养护维修施工技术[J]. 建材发展导向(上), 2021(05): 250-251.
- [6] 何明轩. 公路桥梁常见病害与养护维修施工技术[J]. 黑龙江科学, 2021(02): 120-121.