

国省干线公路危桥加固维修的施工技术

徐向梁¹, 祖楠²

1. 山东临沂交通工程咨询监理有限公司, 山东 临沂 276002

2. 临沂市交通运输局兰山交通发展服务中心, 山东 临沂 276000

摘要： 国省干线公路作为国家交通网络的重要组成部分，承载着巨大的交通流量和物流运输任务，但随着使用时间不断延长，部分国省干线公路桥梁出现不同程度的老化现象，严重影响了公路的通行能力和服务水平，甚至威胁到行车安全。因此，对国省干线公路危桥进行加固维修，提高其承载能力，已成为当前公路养护管理的重要任务。基于此，本文以工程案例为主要研究对象，分析国省干线公路危桥加固维修的施工技术，探讨危桥加固维修的原则和目标，强调安全、经济、适用的重要性。在此基础上，本文详细介绍了多种危桥加固维修的施工技术，并对各种技术的适用条件、施工工艺、材料选择、质量控制进行阐述，为今后国省干线公路危桥加固维修工作提供技术支持。

关键词： 国省干线公路；危桥；加固维修；施工技术；安全管理

Construction Technology for Reinforcement and Maintenance of Dangerous Bridges on National and Provincial Trunk Highways

Xu Xiangliang¹, Zu Nan²

1. Shandong Linyi Transport Engineering Consulting & Supervision Co., Ltd. Linyi, Shandong 276002

2. LanShan Traffic Development Service Centre, Transport Bureau, Linyi, Shandong 276000

Abstract： As an important component of the national transportation network, national and provincial trunk highways carry enormous traffic flow and logistics transportation tasks. However, with the continuous extension of service time, some bridges on national and provincial trunk highways have experienced varying degrees of aging, seriously affecting the traffic capacity and service level of the highways, and even threatening driving safety. Therefore, strengthening and repairing dangerous bridges on national and provincial trunk roads to improve their bearing capacity has become an important task in current highway maintenance and management. Based on this, this article takes engineering cases as the main research object, analyzes the construction technology of reinforcement and maintenance of dangerous bridges on national and provincial trunk highways, explores the principles and goals of reinforcement and maintenance of dangerous bridges, and emphasizes the importance of safety, economy, and applicability. On this basis, this article provides a detailed introduction to various construction techniques for the reinforcement and maintenance of dangerous bridges, and elaborates on the applicable conditions, construction processes, material selection, and quality control of each technique, providing technical support for the reinforcement and maintenance of dangerous bridges on national and provincial trunk highways in the future.

Keywords： national and provincial trunk highways; dangerous bridge; reinforcement and maintenance; construction technology; security management

一、前言

随着我国经济快速发展，交通运输需求不断增长，国省干线公路是连接各地的重要交通纽带，承载着巨大的交通流量和物流运输任务。然而，由于受到历史建设标准、自然侵蚀、超负荷运行等多种因素影响，部分国省干线公路桥梁出现不同程度的损伤，危桥问题日益凸显，严重威胁着公路交通的安全性，危桥加固维修工作迫在眉睫，其直接关系到人民群众的生命财产安全，

也是保障国家经济持续健康发展的重要基础。因此，对国省干线公路危桥加固维修的施工技术进行深入研究，探索科学的加固方案，已成为当前公路建设和维护领域的重要课题。基于此，本文旨在通过分析国省干线公路危桥现状，结合国内先进的桥梁加固技术，探讨适用于我国实际情况的危桥加固维修施工技术。文章将从危桥的检测评估、加固方案设计、施工工艺选择、质量控制等方面进行系统研究，以期为我国国省干线公路危桥的加固维修工作提供丰富数据资源，确保公路交通的安全运行^[1]。

作者简介：第一作者：徐向梁（1990.03.11），男，民族：汉，籍贯（山东省临沂市），学历：本科，职称：工程师，研究方向：交通工程，邮箱：1039582770@qq.com
第二作者：祖楠（1982.4.13），男，民族：汉，籍贯（山东省临沂市），学历：本科，职称：工程师，研究方向：交通工程，邮箱：20429717@qq.com

二、工程概述

印把山大桥位于省道 305 线上，是一座全长 126 m 的重要交通设施，该桥建造充分考虑结构的安全性，旨在为当地居民提供稳固的通行环境。主桥部分采用 3×25 m 的上承式钢筋混凝土无铰双曲拱桥设计，双曲拱桥的结构形式使得桥梁在承受车辆荷载时，能够通过拱的曲率将力均匀分布，从而减少对桥墩的直接冲击，增强桥梁的整体稳定性。引桥部分则设计为一跨 8 m 的石拱桥，这种材料和结构的选择考虑到了成本效益和施工便利性。石拱桥虽然跨度较小，但其坚固耐用的特点同样能满足日常交通的需求。桥面宽度设计为 8.5 m，其中行车道宽度为 7.0 m，两侧各设有 0.75 m 的栏杆，这样的设计保证车辆的通行空间，为行人提供必要的安全保障。印把山大桥的设计和建造体现了现代工程技术与传统建筑美学的结合，它不仅是一项重要的基础设施工程，也是当地的一道亮丽风景线。随着大桥的建成通车，预计将极大地促进周边地区的经济发展，为当地居民的生活带来更多便利。

三、加固前桥梁现状

(1) 主拱圈拱顶区段下缘开裂情况。在对该桥梁进行详细检查时，发现中拱及两个边拱的主拱圈拱顶区段下缘存在明显的开裂现象。这些裂缝主要以横向分布为主，但也有部分纵向裂缝出现。裂缝的宽度大约在 0.08 至 0.2 毫米之间，显示出一定的扩展趋势。此外，中拱拱顶区段的主拱圈侧面局部也观察到纵向裂缝，其宽度约为 0.1 至 0.2 毫米^[2]。

(2) 主拱圈混凝土及横向连接混凝土质量问题。通过进一步检测显示，主拱圈的混凝土和肋拱间横向连接混凝土质量较差，这和施工时的材料选择、施工工艺不当有直接关联，造成混凝土强度未能达到设计要求。

(3) 拱顶区段拱肋与拱波连接处混凝土开裂。在拱顶区段，部分拱肋与拱波连接处的混凝土出现开裂现象，这种开裂可能是由于结构应力集中引起的，需要通过加固措施增强这些连接处的结构稳定性。

(4) 人行道板、栏杆及桥面排水问题。除了结构上的问题，该桥梁人行道板和栏杆也显示出较为严重的破损情况，严重影响到桥梁的美观性，甚至威胁到行人的人身安全。此外，桥面的排水系统不畅，导致雨水积聚，进一步加剧桥梁结构的腐蚀问题。

四、加固维修项目

在建筑结构维护领域，加固维修项目是确保结构安全和延长使用寿命的关键措施。根据本工程项目实际情况，制定相关的加固维修项目，包括封闭处理裂缝、主拱和腹拱的钢板粘贴、拱脚处主拱圈截面增加、增强主拱圈横向联系^[3]。

(1) 对出现的裂缝进行封闭处理

裂缝是结构损伤的常见表现，如果不及时处理，可能会导致

更严重的结构问题。在本项目中，科学评估结构中出现的裂缝，确定裂缝的严重程度。采用适当的封闭材料对裂缝进行封闭处理，经过清理裂缝、填充密封材料、表面覆盖保护层等步骤，确保裂缝不会进一步扩展，并保护结构免受水分的侵害。

(2) 对主拱、腹拱粘贴钢板

主拱和腹拱是结构中的关键承重部件，其完整性直接影响到整个结构的安全性。在本项目中，为了增强这些部件的承载能力，采用粘贴钢板的加固方法，在主拱和腹拱的外表面粘贴高强度钢板，通过专用粘合剂将钢板固定在结构表面，有效提高结构抗弯和抗剪能力，增强其整体稳定性^[4]。

(3) 对拱脚处主拱圈增加截面

拱脚是拱结构中承受最大压力的部位，增强拱脚的承载能力是加固维修项目的重要环节。在本项目中，通过增加主拱圈在拱脚处的截面尺寸实现这一目标，通常涉及在现有结构的基础上增加混凝土或钢材，进一步扩大截面面积，从而提高其承载能力。这种加固措施能有效分散压力，避免出现结构变形问题（如图 1 所示）。



图 1 拱脚处主拱圈增加截面

(4) 增加主拱圈横向联系

为了提高结构的整体稳定性，本项目增加主拱圈的横向联系，设置横向支撑，确保主拱圈在受到横向力作用时能保持稳定。这种增强横向联系方式，能有效防止结构在横向荷载作用下的侧向移动，提高结构的整体安全性^[5]。

五、加固维修施工技术

(一) 施工流程

在加固维修施工过程中，工作人员要严格按照先卸载后加固、桥面安装相应填充物、桥面裂缝位置修复、混凝土表面层优化、人行道板拆除及桥梁半幅栏杆增设横系梁隔板的设计图纸进行施工。主拱门及复拱圈内安装钢板；对拱肋部位，加大截面处理，如布置钢筋，浇筑混凝土绑扎；按照设计图内容施工人行道、桥面铺装层和半幅桥栏杆的位置。

(二) 施工工艺

(1) 裂缝修补

主拱圈质量在拆除现有桥面结构时应按对称原则进行加固施

工。对于宽度裂缝，也要采取表面封闭处理的办法，根据裂缝的实际情况解决；针对0.15米宽的裂缝，采取加压灌注浆的办法解决，并提前对裂缝进行了处理，确保裂缝平整；如裂缝走向宽30~50mm，裂缝修补材料应适量涂抹，裂缝修补专用胶水应符合《公路桥梁加固设计规范》要求，经处理封皮后组织人员加压刮平（如表1所示）。

表1 裂缝修补专用胶安全性能指标

| 性能项目 | 胶体性能 | | | | 钢-钢 抗拉强度 标准值 /MPa | 不发 挥物 含量 /% | 可灌注 性 |
|----------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------|----------|
| | 抗拉 强度 / MPa | 抗拉弹 性模量 / MPa | 抗压 强度 / MPa | 抗弯 强度 / MPa | | | |
| 性能 指标 | ≥ 20 | ≥ 1500 | ≥ 50 | ≥ 30 | ≥ 10 | ≥ 99 | 0.1mm |

(2) 粘贴钢板

粘贴钢板技术是通过使用高强度的结构胶粘剂，将预制钢板粘贴在桥梁的受力部位，增加桥梁的承载能力和抗弯强度，提高桥梁的整体性能，延长其使用寿命，并且施工简便、对交通影响小。在实际施工过程中，工作人员要提前做好前期准备工作，科学评估桥梁质量，确定需要加固部位和钢板尺寸。同，清理桥梁表面，确保粘贴面干净、无油污和松散物质。根据设计要求，对钢板进行切割、钻孔和打磨，提高钢板尺寸的精确性，保证其表面的平整性。接下来在桥梁表面和钢板上均匀涂抹结构胶粘剂，然后将钢板准确地粘贴到预定位置，使用专用工具进行压实，确保胶粘剂充分填充空隙，形成牢固的粘结。等到粘贴完成后，根据胶粘剂的固化时间进行养护，确保粘结强度达到设计要求^[7]。施工完成后，进行质量检验，包括粘结强度测试和外观检查，确保加固效果符合标准。粘贴钢板技术作为一种先进的危桥加固方法，不仅能够有效解决国省干线公路上危桥的问题，还能提高公路交通的安全性。

表2 粘贴钢板用胶粘剂安全性能指标

| 性能项目 | 胶体性能 | | | | 粘 结 能 力 | | | | |
|----------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| | 抗拉 强度 / MPa | 抗拉弹 性模量 / MPa | 抗压 强度 / MPa | 抗弯 强度 / MPa | 钢-钢 抗拉抗 剪强度 标准值 /MPa | 钢- 钢不均 匀拉离 强度 / MPa | 钢-钢 粘 结 抗 拉 强度 /MPa | 与混 凝 土 正 粘 结 强度 /MPa | 不会 发 挥 物 质 含 量 /% |
| 性能 指标 | ≥ 30 | ≥ 3500 | ≥ 65 | ≥ 45 | 15 | ≥ 16 | ≥ 33 | ≥ 2.5 | ≥ 99 |

(3) 增大截面加固

增大截面加固技术是通过在原有桥梁结构的基础上增加新的混凝土或钢筋混凝土截面，提高桥梁的整体承载能力和耐久性，改善桥梁的受力状态，延长其使用寿命。在进行增大截面加固前，组织工作人员详细勘察施工现场，包括桥梁的结构评估、荷载分析、材料选择等，制定详细的施工方案和安全措施，确保施工过程中的安全性。接下来，清理桥梁表面进行彻底清理，去除松动的混凝土和锈蚀的钢筋，根据设计要求，加工新的钢筋，并将其准确布置在预定位置，让其与原有钢筋的有效连接；安装模板，为混凝土浇筑提供良好的条件，选择合适的混凝土材料，进行浇筑。但值得注意的是，浇筑过程中提高混凝土的均匀性，避免出现空洞和裂缝。混凝土浇筑完成后，需要进行适当的养护，确保混凝土的强度发展，防止早期裂缝的产生。增大截面加固技术是一种有效的危桥加固方法，通过合理的施工技术和严格的质量控制，显著提高桥梁的承载能力，保障公路交通的安全畅通^[8]。

六、总结

综上所述，国省干线公路危桥加固维修的施工技术研究是一项系统的工作它需要多学科知识的融合和实践经验的积累。通过本研究，为危桥的科学管理和技术创新奠定了坚实的基础，也为我国公路交通事业的发展贡献了力量。未来，我们将继续深入研究，不断探索更加高效、环保的加固维修技术，以适应公路交通发展的需要，保障人民群众的出行安全。

参考文献:

[1] 张文龙. 浅谈国道212线 K311+803何家堡2号桥危桥加固改造工程设计 [J]. 科技视界, 2020(8):192-193.
 [2] 肖荣兵. 公路桥梁养护管理与危桥加固改造技术的耦合研究 [J]. 建材与装饰, 2022,18(4):147-148.
 [3] 王星乔. 路桥工程中危桥加固施工与维修技术研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(23):1781.
 [4] 官方. 加固技术在农村公路危桥改造中的应用研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2021,44(6):100-101.
 [5] 施进, 董伟. 预应力混凝土连续梁桥典型病害及加固方法分析——以襄阳市危桥改造项目为例 [J]. 工程技术研究, 2022,7(7):56-58.
 [6] 邱明亮. 钢筋混凝土钢架拱旧桥加固设计——以广东省农村公路危桥改造建设总承包项目江口旧桥加固为例 [J]. 工程技术研究, 2021,6(9):214-215.
 [7] 项沛, 崔力宁, 杨彤. 基于桥梁改造的新旧混凝土结构植筋加固粘接技术研究 [J]. 粘接, 2023,50(11):98-101.
 [8] 陈健平. 湍急深水中微型钢管桩施工技术的研究与应用——以新丰江桥工程项目为例 [J]. 工程技术研究, 2022,7(13):66-68.