

市政道路桥梁旧桥加固改造技术与抗震性能提升

李文清

江西三象建筑工程有限公司 江西南昌 330000

摘要: 随着城市交通量的不断增加,许多早期建设的市政道路桥梁已经不能满足现代交通的需求,同时,由于自然老化、设计标准的提高以及自然灾害的影响,这些桥梁的安全性和功能性也面临着严峻的挑战。因此,对旧桥进行加固改造以及提升其抗震性能显得尤为重要。本文将探讨旧桥加固改造的技术方法,并分析如何通过这些技术提升桥梁的抗震性能,以确保桥梁在各种条件下的安全运行。

关键词: 旧桥加固; 改造技术; 抗震性能; 市政道路桥梁

引言

随着经济的快速发展和城市化进程的加快,城市交通网络日益繁忙,对市政道路桥梁的承载能力和安全性提出了更高的要求。许多早期建设的桥梁由于设计标准较低、材料老化、施工质量不高等原因,已经无法满足现代交通的需求。此外,地震等自然灾害对桥梁结构的破坏也日益受到重视。因此,对旧桥进行加固改造,提升其抗震性能,对于保障城市交通的畅通和人民生命财产安全具有重要意义。

一、旧桥加固改造的必要性及技术原则

(一) 旧桥现状与加固改造需求

在我国,大量的市政道路桥梁已服役多年,普遍面临着不同程度的老化问题。这些结构损伤具体表现为多种形式,常见的有混凝土结构的裂缝、钢筋锈蚀膨胀导致的保护层剥落、钢结构出现的锈蚀甚至变形、以及地基不均匀沉降引起的桥体整体或局部变形等。除了结构本身的老化损伤,许多旧桥还存在功能上的不适应。例如,它们最初设计时依据的荷载标准较低,难以满足当前日益增长的交通流量和重型车辆通行的需求;桥面宽度、车道布置等也可能无法适应现代交通组织的要求,导致通行能力不足,成为交通瓶颈。这些因素共同作用,使得旧桥的安全运行面临挑战,其承载能力和使用功能已无法完全满足当前的社会经济发展和交通需求,因此,对这类桥梁进行及时的加固改造,以恢复或提升其结构安全性和使用功能,已成为一项紧迫且必要的工作^[1]。

(二) 加固改造的基本原则

针对旧桥进行加固改造,必须遵循一系列基本的技

术原则。首先是安全性原则,加固后的桥梁必须确保在预期的使用年限内,能够安全地承受设计荷载,满足结构强度、刚度和稳定性的要求,保障公众的通行安全。其次是耐久性原则,加固措施本身及其与原结构的结合部分,都应具备足够的耐久性,能够抵抗环境侵蚀和疲劳作用,避免过早失效,从而延长桥梁的整体使用寿命。经济性原则要求在满足安全和功能需求的前提下,选择成本效益最优的加固方案,合理控制工程投资。适用性原则则关注加固改造后桥梁能否适应实际的交通需求,例如是否满足当前的荷载等级、通行能力、桥下净空等要求。最小干预原则提倡在达到加固目的的前提下,尽可能减少对原结构构件的改动和损伤,保留结构原有的承载体系,这既是对历史遗产的尊重,也有利于维持结构的整体性。此外,当桥梁具有历史、文化或艺术价值时,加固方案还应尽可能保留其历史风貌。强调加固方案需与原结构特性相协调,意味着设计时必须充分了解原结构的材料性能、构造特点、损伤状况和实际工作状态,使加固措施能够有效地与原结构共同工作,形成协调的受力体系,避免因加固措施不当而引入新的问题或削弱原结构的承载能力^[2]。

二、主要加固改造技术及其在抗震性能提升中的应用

(一) 常用加固技术概述

在市政桥梁的加固改造实践中,存在多种被广泛应用的技术方法。加大截面法是通过在原有结构构件外部增加混凝土或钢筋混凝土截面,以提高构件的承载能力和刚度。外包钢法则是将型钢或钢板包覆在构件外部,利用钢材的高强度来增强结构的承载力和整体稳定性。

粘钢加固法使用结构胶将钢板粘贴在构件需要补强的部位，以提升其抗弯、抗剪等能力。碳纤维布（CFRP）加固法利用高性能的碳纤维布及其配套树脂，粘贴在混凝土或钢结构表面，以提供额外的拉应力，增强构件的承载力和延性。体外预应力加固法通过在桥梁结构外部设置预应力钢束，并对其施加预应力，来改善结构的受力状态，提高其承载能力和刚度。此外，对于桥梁下部结构或地基存在问题的桥梁，还需要采用基础加固与地基处理技术，如桩基加固、基础托换、地基改良等，以确保桥梁整体基础的稳定性和安全性。

（二）技术与抗震性能的关联

上述加固技术对桥梁抗震性能的影响各不相同。例如，加大截面法和外包钢法通常能显著提高结构的刚度和强度，有助于抵抗地震作用下的惯性力，但可能对结构的延性提升有限。粘钢加固法和碳纤维布加固法，特别是当它们用于约束构件核心混凝土或增强构件的抗弯能力时，能够有效提高结构的延性，即结构在屈服后吸收能量和变形的能力，这对于抗震至关重要。体外预应力加固法除了提高结构强度和刚度外，其施加的预应力可以调整结构的内力分布，改善某些构件的受力状态，有时也能间接提升结构的整体抗震性能。基础加固与地基处理技术则主要确保地震作用下桥梁基础不发生失稳或过大沉降，为上部结构的抗震提供可靠支撑。强调加固设计时需考虑地震作用下的结构反应，意味着设计者必须分析地震力如何传递、结构在地震中可能出现的最不利反应模式（如塑性铰形成的位置、结构变形集中区域等），并据此选择能够有效改善这些不利反应的加固措施，确保加固后的桥梁在地震中能够保持整体稳定，避免发生灾难性破坏^[3]。

（三）技术选择考量

在选择具体的加固技术时，决策过程需要非常审慎。除了要详细评估桥梁结构当前的损伤状况、各构件的剩余承载能力外，必须紧密结合抗震性能提升的具体目标。例如，如果目标是提高结构的延性和耗能能力，可能会优先考虑粘钢或碳纤维布加固等能够有效约束混凝土、延缓破坏的技术。同时，需要综合评估多种因素：技术的适用性，即该技术是否适合桥梁的具体结构形式、材料类型和损伤特点；施工的可行性，包括施工现场的条件、施工设备的要求、施工队伍的技术水平等；经济成本，即不同技术方案的材料费、人工费、机械费等的比较；以及对既有交通的影响，如施工期间是否需要完全

封闭交通、封闭时间长短、对周边交通组织的干扰程度等。只有全面权衡这些因素，才能选择出既能够有效提升桥梁抗震性能，又经济合理、施工可行、对交通影响最小的最佳加固技术方案。

三、旧桥加固改造中的技术与抗震协调问题及对策

（一）技术协调的挑战

在旧桥加固改造的实践中，不同加固技术之间的配合以及加固部分与原有结构之间的协调是一个复杂的问题。例如，当采用加大截面法加固一部分构件，而采用粘钢法加固另一部分构件时，由于两种技术增加的刚度、强度以及与原结构结合的方式不同，可能导致结构内部产生不均匀的应力重分布。加大截面法通过增加混凝土体积和配筋，显著提高了构件的截面刚度和承载能力，且新增部分与原结构通过新浇混凝土的粘结和钢筋的锚固形成整体。而粘钢法则是利用高强结构胶将钢板粘贴在构件表面，主要提高构件的截面抗弯或抗剪能力，其刚度增加相对有限，且主要依赖于胶层的粘结强度来传递应力。当这两种加固方式应用于同一桥梁的不同构件，或者应用于同一构件的不同部位时，它们对结构整体刚度分布的改变程度不同。刚度较大的加固部分会吸引更多的地震力或恒活载，导致结构内部原有的力流传递路径发生改变，产生不均匀的应力重分布。新增加的加固材料或构件（如新增的混凝土截面、粘贴的钢板）在受力时，其材料性能（弹性模量、泊松比等）和几何形状决定的变形特性，可能与原结构的材料（如老化的混凝土、锈蚀的钢筋）和构造存在差异。这种变形不一致性如果不能得到妥善处理，例如在连接部位没有设置足够的构造措施来适应变形差异，或者在设计中没有充分考虑这种差异带来的影响，便会在新旧材料的结合面、加固构件与原结构的连接节点，乃至结构内部产生次生应力。这些次生应力可能引发新的裂缝，尤其是在应力集中区域，或者导致原有裂缝的扩展和加剧。这种情况不仅会抵消加固措施原本期望带来的承载能力提升和刚度增强效益，降低加固效果，而且在地震作用下，这些因协调不当而产生的新的薄弱环节（如连接失效、新增裂缝导致的截面削弱等）可能成为结构破坏的起点，从而对桥梁的整体抗震安全构成威胁。因此，确保各种加固措施能够协同工作，使它们作为一个整体共同承担荷载，并且保持或恢复结构的整体性，是技术协调面临的主要挑战，也是保证加固改造成功的关键^[4]。

（二）抗震性能提升的难点

旧桥加固改造中，提升桥梁抗震性能面临多方面难点。首先，准确评估桥梁当前抗震能力困难。需考虑结构材料实际强度（与设计值有差异，材料会老化、性能退化）、结构现存损伤状况（如裂缝、钢筋锈蚀）、构造细节（对结构抗震性能有决定性影响），还要预测结构在地震作用下的非线性反应。传统计算方法可能无法捕捉复杂因素，导致评估结果有偏差。其次，确定安全又经济合理的抗震加固目标需综合考量多因素。不同桥梁重要性、设计使用年限、剩余服务寿命、预期地震烈度及加固成本等相互交织，使确定最优加固目标复杂。最后，选择加固措施时，不仅要考虑提高结构强度和刚度，更要注重提升延性和耗能能力，这对结构强震下防倒塌至关重要。但并非所有加固技术都能有效提高这两项指标，筛选适合特定桥梁的措施并确保达到预期效果是设计难点。

（三）对策与建议

为了解决技术与抗震协调方面的问题，可以采取一系列对策。首先，必须加强加固改造前的详细检测与评估工作。这需要利用先进的检测手段，如超声波检测、射线探伤、磁粉检测等无损检测技术来评估内部缺陷和材料性能，通过取芯试验、回弹法等获取材料实际强度数据，利用结构健康监测系统积累的数据分析结构的实际工作状态和损伤演化规律。全面掌握桥梁的结构状况、材料性能和损伤细节，能够为后续设计提供准确、可靠的依据，减少设计中的不确定性。其次，应采用整体设计理念。这意味着加固部分与原结构需视为不可分割的整体协同设计。设计时，要统一考虑荷载（恒载、活载、地震作用）传递路径，分析加固后结构应力重分布，确保应力传递顺畅，同时评估结构变形协调性，避免次生应力或连接破坏，尤其注重节点加固与连接设计。节点是关键易损部位，须确保新旧材料、新旧构件间可靠传递剪力、弯矩和轴力，防止加固失效。此外，实施精细化施工管理至关重要。施工前严格检验加固材料，施工中精确控制各工序工艺，加强施工监测，根据结果调整方案，确保加固效果符合预期。强调将抗震性能提升要

求融入加固设计全过程，从方案选择优先考虑抗震性能，结构计算进行抗震分析，构造设计落实抗震措施，直至施工图绘制贯穿抗震优化思想。最终加固方案要解决桥梁现有问题，提高地震安全性和抗震能力^[5]。

结语

市政道路桥梁旧桥加固改造技术与抗震性能提升是一项系统且复杂的工程，涉及多个方面的因素和挑战。旧桥加固改造不仅是解决桥梁现有安全隐患、提升使用功能的必要手段，更是保障城市交通畅通和人民生命财产安全的重要举措。在实际工程中，需要充分认识到旧桥现状与加固改造的需求，严格遵循加固改造的基本原则，科学合理地选择主要加固改造技术，并深入分析技术与抗震性能的关联。同时，要高度重视旧桥加固改造中的技术与抗震协调问题，积极采取有效的对策和建议，确保加固改造工程的顺利实施和桥梁抗震性能的有效提升。未来，随着科技的不断进步和工程实践的不断积累，期待有更多创新的加固改造技术和方法涌现，为旧桥加固改造和抗震性能提升提供更有力的支持。同时，也需要加强对旧桥加固改造工程的质量监管和后期维护，建立健全的桥梁安全评估和监测体系，确保加固改造后的桥梁能够长期安全稳定地运行，为城市的发展和人民的生活提供坚实的保障。

参考文献

- [1] 彭晨星. 基于PVA-ECC材料的混凝土桥墩抗震加固研究[D]. 福州大学, 2020.
- [2] 宁金河. 普通公路桥梁加固改造常用方法[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(10): 3.
- [3] 李园. 危旧桥梁加固的技术措施分析及研究[J]. 华东科技: 综合, 2019(5): 1.
- [4] 刘婷婷. 论市政道路桥梁结构设计加固方法[J]. 2020.DOI: 10.12273/j.1005-9644.2020.34.314.
- [5] 王锐. 旧桥维修与加固改造施工技术[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(6): 2.DOI: 10.3969/j.issn.1008-3383.2019.08.075.