

道路桥梁施工中的桥梁加固新技术

乔志鹏

郑州市公路工程公司 河南 郑州 450000

摘要: 随着交通事业的快速发展,既有桥梁因荷载累积、环境侵蚀等出现结构损伤,影响安全与功能。本文针对道路桥梁施工中的桥梁加固新技术展开研究,阐述了桥梁加固的定义、目的及传统技术的局限性,分析了碳纤维布、体外预应力、植筋等常见新技术的技术要点,介绍了高性能复合材料、新型混凝土等新材料的应用及与传统材料的性能差异。研究表明,新技术在材料性能、施工便捷性等方面优势显著,能有效提升桥梁承载能力与耐久性,为桥梁加固工程提供科学参考,对推动桥梁加固技术发展具有重要意义。

关键词: 道路桥梁施工;桥梁加固;新技术

引言: 传统加固技术存在施工效率低、增加结构自重等问题,难以满足现代需求。在此背景下,桥梁加固新技术成为研究热点。本文聚焦道路桥梁施工中的常见加固新技术,探讨其技术要点、新材料应用等,旨在为解决桥梁加固难题提供思路,促进存量桥梁可持续利用,保障交通基础设施安全运行。

1 桥梁加固技术概述

1.1 桥梁加固的定义与目的

桥梁加固是指通过技术手段对已建成桥梁的结构性能进行修复、提升或优化,以恢复其设计承载能力、改善使用功能或延长服役寿命的工程措施。从本质上看,它是针对桥梁在长期运营中因荷载累积、环境侵蚀、材料老化等因素产生的结构损伤(如裂缝、变形、强度不足等),采取针对性的修复与强化方案,使桥梁重新满足安全通行标准。其核心目的包括三个层面:一是保障结构安全,通过加固消除潜在病害,避免坍塌等恶性事故;二是提升使用性能,解决桥梁在荷载等级、通行能力等方面与当前交通需求的不匹配问题,如适应重型车辆通行或增加车道数量;三是实现经济效益,相较于拆除重建,加固技术能大幅降低工程成本,同时减少资源消耗和施工对交通的影响,是存量基础设施可持续发展的重要手段。

1.2 传统桥梁加固技术的局限性

传统桥梁加固技术(如增大截面法、外包钢法等)在长期实践中暴露出诸多局限。从施工效率来看,传统技术往往需要大规模支模、浇筑混凝土或焊接钢材,工序复杂且工期冗长,对交通通行造成长期干扰。在结构自重方面,增大截面法通过增加构件尺寸提升强度,导致桥梁整体自重显著增加,可能引发基础附加应力超限,反而加剧结构负担。从耐久性角度,外包钢法中钢

材易受环境腐蚀,需定期维护,而传统混凝土材料在碳化、冻融作用下性能衰减较快,难以适应复杂气候条件。传统技术对原结构损伤较大,如凿除混凝土表层可能破坏构件整体性,且加固效果受人工操作影响显著,质量稳定性较差。

1.3 新技术在桥梁加固中的优势

桥梁加固新技术在克服传统技术缺陷的同时,展现出以下多方面优势。(1)在材料性能上,碳纤维布、芳纶纤维等复合材料具有高强度、轻质、耐腐蚀的特点,其抗拉强度可达普通钢材的7-10倍,而重量仅为钢材的1/5,大幅降低结构附加荷载。(2)从施工便捷性来看,体外预应力技术通过在梁体外部布设钢束施加预应力,无需大规模拆除原结构,工期可缩短30%-50%;植筋技术采用专用胶粘剂将钢筋植入既有构件,施工无需大型设备,对交通影响极小,尤其适用于城市繁忙路段桥梁。(3)在加固效果方面,新技术更注重对结构整体性能的提升,如碳纤维布加固能同步改善构件抗弯、抗剪性能,且施工质量易控制,后期维护成本低。(4)新技术具有良好的适应性,可根据桥梁病害特点灵活设计加固方案,如对既有梁桥进行体外预应力加固时,可通过调整钢束布置精准弥补结构承载力不足,实现“按需加固”的精准化目标^[1]。

2 桥梁加固新材料的应用

2.1 高性能复合材料在加固中的应用

高性能复合材料在桥梁加固领域正崭露头角,发挥着关键作用。其中,纤维增强复合材料(FRP)尤为突出,如碳纤维增强复合材料(CFRP)、芳纶纤维增强复合材料(AFRP)等。这些材料具备高强度、低密度的特性,其抗拉强度远超普通钢材,能在显著提升桥梁结构承载能力的同时,极大减轻结构自重,降低对桥梁基础

的附加压力。并且,它们还具有出色的耐腐蚀性,在恶劣环境(如沿海地区高盐环境、工业污染区等)下,可有效抵御侵蚀,大幅延长桥梁使用寿命,减少维护频次与成本。

2.2 新型混凝土材料在加固中的应用

新型混凝土材料为桥梁加固注入了新活力。超高性能混凝土(UHPC)以其超高的强度、卓越的耐久性以及良好的韧性,成为加固工程的理想选择。它能显著提高桥梁构件的抗压、抗弯性能,有效增强结构的整体稳定性。此外,高延性混凝土通过特殊的配合比设计及纤维掺加,展现出高拉伸应变硬化特性,在承受较大变形时不易开裂,可有效改善桥梁结构的延性,提升抗震性能。

2.3 新材料与传统材料的性能对比

相较于传统的钢材、混凝土等材料,新型加固材料优势明显。在强度方面,高性能复合材料强度更高,且重量更轻,传统钢材在满足同等强度需求时,自重远高于新型复合材料,会增加桥梁结构负担。耐久性上,传统材料易受环境影响出现腐蚀、老化等问题,而新型材料的耐腐蚀、抗老化性能突出。像传统混凝土易在干湿循环、冻融作用下受损,新型混凝土则能更好地适应复杂环境,保持结构性能稳定。在施工便捷性上,一些新型材料(如纤维布类)施工工艺相对简单,对施工空间、设备要求较低,可缩短施工周期,减少对交通的影响,这是传统材料大规模施工时难以比拟的^[2]。

3 道路桥梁施工中的常见桥梁加固新技术

3.1 碳纤维布加固技术

碳纤维布加固技术的核心在于通过结构胶将碳纤维布与混凝土表面形成可靠粘结,构建协同受力的复合体系。其技术要点如下:(1)材料选择。碳纤维布需满足特定的力学性能指标,如抗拉强度、弹性模量等,且纤维方向应根据结构受力特点确定,通常以单向布为主,必要时采用双向布增强整体约束效果。结构胶作为粘结介质,需具备高强度、低收缩率及良好的耐久性,其性能直接影响复合结构的整体性,施工前需对胶液的固化时间、粘结强度等参数进行严格测试。(2)施工工艺。表面处理是关键环节,需清除混凝土表面的浮浆、油污及疏松层,采用角磨机打磨至露出坚实基层,随后用压缩空气清理粉尘,必要时进行修补找平,确保基层平整度误差控制在规定范围内。涂刷底胶时,需按比例调配胶液,均匀涂抹于处理后的表面,厚度控制在0.2~0.3mm,待底胶表干后进行下一步操作。粘贴碳纤维布前,需在底胶表面涂刷浸润胶,胶液厚度以能充分浸润

纤维布为宜,铺贴时应从一端向另一端逐步推进,用刮板沿纤维方向反复刮压,排出气泡,确保胶液完全包裹纤维,避免出现空鼓现象。多层粘贴时,需待前一层胶液初凝后再进行下一层施工,且各层纤维方向应按设计要求交叉布置。最后进行表面防护处理,可采用砂浆抹面或涂刷防护涂料,防止碳纤维布受紫外线、温度变化等环境因素影响。

3.2 体外预应力加固技术

体外预应力加固技术的技术要点集中在以下预应力体系的设计与施工控制。(1)在体系设计中,预应力筋的布置形式需结合桥梁结构类型确定,常见的有直线形、折线形及曲线形,布置位置通常位于梁体下缘或腹板两侧,以实现最佳受力效果。预应力筋的数量需通过结构计算确定,确保张拉后能产生预期的预压应力,同时避免因配筋过多导致结构局部应力集中。锚固体系作为关键部件,需具备足够的承载能力和可靠性,锚具形式根据预应力筋类型选择,如夹片式、墩头式等,锚座与梁体的连接需采用预埋或植筋方式,保证传力路径清晰。(2)施工过程控制。预应力筋安装前,要对梁体表面进行处理,确保锚固区混凝土强度符合设计要求,必要时进行局部加固。支架与导向装置的安装精度直接影响预应力筋的线形,需通过测量放样准确定位,其轴线偏差应控制在5mm以内。预应力筋张拉需遵循“分级张拉、对称张拉”的原则,张拉设备需经校验合格,张拉顺序按设计要求进行,通常从跨中向两端对称进行,每级张拉荷载需持荷一定时间,待应力稳定后再进行下一级张拉。张拉过程中需实时监测梁体变形及预应力筋应力变化,若出现异常情况应立即停止张拉,查明原因并采取措施后再继续。张拉完成后,需对预应力筋进行防腐处理,可采用涂油、包裹防腐布或灌注防腐浆等方式,确保其长期性能稳定^[3]。

3.3 植筋加固技术

植筋加固技术的技术要点体现在以下钻孔、清孔、注胶及植筋等环节的精准控制。(1)钻孔前根据设计图纸确定植筋位置,避开原结构中的钢筋及管线,采用标记工具准确定位。钻孔设备选用冲击钻或水钻,钻头直径根据钢筋直径确定,通常比钢筋直径大4~6mm,钻孔深度需按设计要求执行,一般为钢筋直径的10~15倍,钻孔过程中需控制钻进速度,避免因振动过大对原结构造成损伤,孔壁应保持粗糙,以增强结构胶与混凝土的粘结力。(2)清孔操作分三步进行,首先用毛刷深入孔内往返擦拭,清除孔壁上的浮尘及碎屑;然后用压缩空气从孔底向上吹扫,将孔内的灰尘彻底排出;最后若设计

要求,需用脱脂棉蘸取丙酮或酒精擦拭孔壁,去除油污及水分,确保孔内洁净干燥。(3)注胶时采用专用注射器,将结构胶从孔底开始缓慢注入,注胶量以胶液充满孔深的2/3为宜,避免注胶过多导致溢出或过少影响粘结效果。(4)植筋前要对钢筋表面进行除锈处理,采用砂纸或钢丝刷清除锈迹,直至露出金属光泽。将钢筋缓慢插入孔内,插入过程中需旋转钢筋,使结构胶均匀包裹钢筋表面,直至钢筋达到预定深度,此时孔内胶液应从钢筋与孔壁之间溢出,表明注胶量充足。植筋完成后,要在结构胶固化前避免钢筋受到扰动,固化时间根据环境温度确定,通常为24-72小时,固化后需按规范要求进行现场拉拔试验,检验植筋锚固力是否满足设计标准。

3.4 其他新型加固技术

钢绞线网片-聚合物砂浆加固技术的技术要点包括以下网片铺设与砂浆施工的协同控制。(1)钢绞线网片的规格需根据设计确定,网片间距误差应控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,裁剪时需保证边缘整齐,避免毛刺损伤操作人员。网片安装前需对混凝土表面进行处理,去除疏松层及油污,采用修补材料填补孔洞及裂缝,使表面平整度符合要求,然后用锚栓将网片固定在结构表面,锚栓间距按设计布置,确保网片与基层紧密贴合,无翘曲现象。

(2)聚合物砂浆的配制要严格按照说明书进行,采用专用搅拌设备,将粉料与液体按比例混合,搅拌时间控制在3-5分钟,确保砂浆均匀无结块,稠度符合施工要求,搅拌完成的砂浆需在规定时间内使用完毕,避免因初凝影响性能。砂浆涂抹分两层进行,第一层为底层砂浆,厚度约5-10mm,涂抹时需用力压实,使砂浆与混凝土表面及网片充分粘结;待底层砂浆初凝后,涂抹第二层砂浆,厚度按设计要求执行,确保将网片完全覆盖,表面需抹平压光,砂浆施工过程中需避免阳光直射及风吹,必要时采取遮阳或挡风措施。砂浆终凝后需进行养护,采用覆盖薄膜或洒水养护的方式,养护时间不少于7天,确保砂浆强度稳步增长。(3)网片与锚栓的连接需进行抗拔试验,确保单栓承载力符合设计值。砂浆养护期间需定期监测环境温度与湿度,温度低于 5°C 时需采取保温措施,防止冻害影响强度发展。粘贴钢板加固时,粘

结剂固化后需对钢板边缘进行密封处理,采用防腐涂料涂刷2-3遍,形成完整防护层。对大型构件加固,需分段施工并设置临时支撑,避免因应力集中导致原结构变形,施工完成后需静置7天以上方可承受设计荷载

粘贴钢板加固技术的技术要点在于以下钢板处理与粘结剂施工的质量控制。钢板表面需进行除锈处理,采用喷砂或酸洗方式,处理后的表面粗糙度需符合要求,随后涂刷专用底胶,增强钢板与粘结剂的粘结力。粘结剂按比例调配,搅拌均匀后在钢板及混凝土表面均匀涂抹,涂抹厚度为1-3mm,涂抹过程中需避免气泡产生。钢板安装时需准确对位,采用临时固定措施将其与混凝土表面贴合,随后用夹具或螺栓施加压力,使粘结剂从钢板边缘挤出,确保粘结层饱满均匀,压力保持至粘结剂固化,固化过程中需控制环境温度,避免温度过高或过低影响固化效果^[4]。

结束语

桥梁加固新技术有效克服了传统技术的缺陷,碳纤维布、体外预应力等技术结合高性能复合材料与新型混凝土,显著提升了桥梁加固质量。推广这些技术可优化桥梁结构性能,延长服役寿命。未来需进一步完善技术体系,推动智能化与绿色化发展,以更好适应交通建设需求,为道路桥梁工程的安全与可持续发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]何泽波.道路桥梁隧道工程中的高压灌浆加固施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(2):159-161.
- [2]周彬.复合材料新技术在道路与桥梁加固中的应用研究[J].张江科技评论,2025(2):84-86.
- [3]严潇耀.城市道路桥梁施工管理中的技术创新与应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(2):063-066.
- [4]豆沁沁.智能化技术在市政道路与桥梁施工中的创新应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(2):131-134.