

纤维复合材料在桥梁工程的发展与应用

王凤刚

山东恒建工程监理咨询有限公司 山东 潍坊 261000

摘要：本文以预应力碳纤维复合材料板在公路桥梁加固中的实际案例为分析对象，探讨了纤维复合材料的性能，及其可以在桥梁工程中发挥的优势，得出的结论如下。该类材料耐腐蚀性好、强度高、容量轻、抗疲劳特性优，可以加快桥梁的建设速度，提高桥梁的抗超载、抗疲劳、抗震能力，延长其使用年限。未来，可以更好的应用在桥梁基础结构建设，和结构补强、加固的作业之中。

关键词：桥梁工程；纤维复合材料；发展

桥梁工程的传统建设模式，是使用钢筋混凝土材料，其虽然强度高，但抗腐蚀、抗核载的性能一般，一旦出现桥梁开裂等问题，不仅影响正常功能，还会造成车辆运行的安全隐患。所以国内外开始探讨FRP材料，即纤维复合材料应用到桥梁建设中的方式方法，目的是通过该材料中的传统纤维和树脂融合产物，实现更好的性能互补和功能强化。在现阶段桥梁工程建设中，已经有了较多使用碳纤维、玻璃纤维的实际案例，本文也将以这一案例为切入点，进行技术讨论。

一、纤维复合材料在桥梁工程中的应用案例

建设于我国南方某市的桥梁工程，跨径20米，全长340米，桥面宽度9米，共有17跨，桥梁分为上下两部分，主体结构主要利用钢筋混凝土进行支撑。在投入运营之后，经过常规化的检测，发现存在不同程度的破损，比如在桥面位置有横向裂缝，在横隔板位置出现纵向裂缝。裂缝的出现使得桥梁的荷载能力明显降低，抗压强度等都与预先建设标准存在了较大的差距。综合比对多个桥梁加固的方案，最终选择了碳纤维复合材料的预应力加固技术。

施工前期，准备了桥梁检测报告、化学胶粘剂、高强纤维砂浆等耗材，和需要的机具设备。加固作业之前，先对桥梁表面进行了无粘连的处理，目的是使得化学胶粘剂可以将碳纤维复合材料板，与原有的桥梁结构粘成一个完整的个体，提高加固材料的应用效力。在处理时，根据混凝土桥面的破损程度，分别选择了环氧树脂浇灌填补裂缝，去污，找平；高强度纤维砂浆修补；预埋筒力结合器，去污，打磨，找平等方法。

修补作业时，先按照预先的修补计划找到了锚点，进行标记。在完成了初步处理的混凝土表面铺垫环氧胶泥，缓冲加固材料的作用力。再按照标记的锚点，安装锚栓。安装之后，观察到复合砂浆和环氧胶泥已经处在半凝结的状态，就可以在混凝土和碳纤维板材的表面涂刷底层树脂。在涂刷时，既需要检查表面，确认粘贴干燥，又需要进行找平处理，防止出现起泡、空洞的位置。再张拉碳纤维的板材，张拉之前，安装电阻应变片传感器，控制板材的应力和形变；张拉之后，需要观察碳纤维板和混凝土的粘连情况，如果发现有空隙，就需要进行挤压、加固处理。在完成张拉作业之后，除了要拆卸模具、机具，还需要进行加热养护，确保其在加热状态下完全固化，再覆盖碳板进行保护。

通过加固后的实验测量，可以发现通过此次碳纤维复合材料的加固处理，桥梁的拉伸变形得到了较好的控制，T梁等位置的承载能力得到了明显提高，桥梁的刚度和硬度也有明显的改善效果^[1]。

二、纤维复合材料的性能及其在桥梁工程中的优势

通过案例可以发现，碳纤维等纤维复合材料具有如下优势：其一，强度更高，尤其是芳纶纤维、碳纤维、玻璃纤维等组合成的复合材料筋束，相对于传统钢筋，有更强的拉伸强度。其二，抗疲劳特性好。比如芳纶纤维和碳纤维的复合材料，就相对于高强钢丝而言，有更好的抗拉缝拉用力，疲劳强度与静荷强度的比例数值不小于70%。也可以更好的完成纤维性能的再分配，保证其延展力。其三，有更好的耐腐蚀性。比如相对于钢筋混凝土，纤维复合材料可以在酸、碱环境中长时间的工作，不会产生传统的钢筋锈蚀问题。其四，纤维复合材料容量更轻紧，尤其是对比钢筋而言，质量仅为前者的约25%^[2]。

基于以上特性，可以发现其在桥梁工程中有明显的优势：其一，由于其质量更轻，所以可以加快桥梁的建设速度。特别是在进行偏远地区的桥梁建造或性能提升中，可以减少运输或材料堆积的成本。通过加快工期，也可以减少工程总成本。如果需要进行应急桥梁的建设，更可以发挥传统桥梁不具备的优势。其二，由于且抗腐蚀能力好、抗超载、抗疲劳性能强，可以延长桥梁的

使用寿命。并在同等使用时长下，保障桥梁的安全稳定运行。同时，减少后期维修养护的费用。其三，结合其综合性能优势，可以发现该材料能推动我国高质量、高难度桥梁的建设。比如材料重量小，就使得桥梁的自重轻，可以完成更大跨度桥梁的建设。

三、纤维复合材料在桥梁工程中的应用发展空间

（一）桥梁建设

在桥梁建设方面，纤维复合材料的应用空间之一，是实现FRP钢筋混凝土与预应力混凝土的桥梁建设。纤维复合材料通过拉挤、拉缠等不同的工艺方法，形成筋材、索材等不同的形式，将其运用于桥梁结构建造，可以替代预应力钢筋等传统材料。其更强的抗腐蚀性，特别适合在强碱、强酸或强腐蚀性环境中进行桥梁的建设。目前，建筑科技领域也在积极探索将其非磁性的特点，运用在替代其他材料、结构中，进一步提升工程的耐久性和稳定性。

其二，可以运用于FRP筋轻质桥梁的建设。除上文提到的适合于建造大跨度的桥梁，也可以用于梁板桥等小跨度轻质桥梁的建设，利用其重量轻、抗承载力强的特点，满足在小规模桥梁建设现场，无法使用大型设备的建设条件。并通过部分结构的人工预制构件安装，提高施工进度。同样，建筑施工领域也在积极探索将FRP材料的可塑性进行发挥的方式，比如进行更多更新造型的材料组合设计，并为其附着不同颜色，满足不同环境下桥梁建造的色彩性需求。

其三，用于FRP桥面板的建造。将其用于替代传统的钢筋混凝土桥面，并通过预制成型、现场装配施工方式，提高作业效率。也通过局部构件的安装，在满足桥梁工程总体造价和设计要求的的前提下，使工程具备更优异的性能，适应复杂、特殊的地质环境。与桥面板建造类似的桥梁建设应用，还包括其他组合构件的设计和结合，将FRP材料作为一种施工的模板，既可以发挥其较好的隔声隔热性能，又可以与其他材料进行组合，提高桥梁工程的抗压能力。建筑技术人员也在积极探索将纤维复合材料，作为桥梁建造承重固体的可能性，通过将其作为斜拉桥等的拉索，推动超大跨度桥梁的跨度突破^[3]。

（二）桥梁加固

在桥梁加固方面，除上文案例的材料运用方向，还可以实现玄武岩纤维布的单独加固，用以实现役简支板桥的维修工。或者将玄武岩纤维布与碳纤维布结合运用，解决桥梁的破损、老化等问题，显著提升桥梁的既有性能，延长其使用寿命。比如粘贴CFRP板，实现与原有混凝土受拉、受压板的结合，搭建与梁腹板等的整合体，共同提高桥梁的强度。未来，随着FRP复合材料的建设、推广，其建造成本会持续下降，在更多的桥梁加固、修复作业中，会有更广阔的应用空间。

结束语

在现阶段的桥梁实际工程中，FRP复合材料已经初见使用成效。但由于技术水平不一，工业和工程领域对于该材料的认知缺少一定的共性，使其生产的标准没有统一，应用的规范没有出台，限制了材料的推广和发展。所以需要加快产业化集群化、专业化建设，更好的发挥该部分材料的既有优势，并在其性能优势基础上，探索更深、更广的桥梁工程、公路工程、建筑工程应用范围。

参考文献：

- [1] 封文琦. 桥梁工程应用预应力碳纤维复合材料粘贴技术的实例探讨[J]. 工程设计与设计, 2016(2):106-108.
- [2] 张锦泽, 赵天琪, 白决, 等. 纤维增强复合材料在桥梁工程的应用[J]. 合成材料老化与应用, 2022,51(4):160-161,147.
- [3] 蒋以华. 桥梁工程中FRP复合材料的发展与应用[J]. 合成材料老化与应用, 2022,51(3):155-157.