

工业建筑维护中碳纤维材料的应用

吴三斗, 王加刚, 马倬勋

(济南钢铁集团总公司 装备部, 山东 济南 250101)

摘要: 碳纤维复合材料在碳纤维原丝纤维方向具有很高的抗拉强度, 工程上常用的碳纤维布粘结剂主要是环氧树脂类, 具有很高的粘结强度和很低的收缩率。用碳纤维复合材料对建筑物进行修补加固, 具有施工简单、施工周期短、质量容易保证、超强防水和防腐性能等特点, 效果良好。

关键词: 钢筋混凝土结构; 砌体; 温度裂缝; 维护; 碳纤维材料

中图分类号: TU375; TQ342+.742 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2007)02-0080-02

近年来, 工程领域已普遍采用纤维增强复合材料(简称FRP)对混凝土、钢或其它材料构件进行加固修复和翻新, 该加固技术是将碳素纤维这种高性能纤维应用于土木工程, 利用树脂类粘结材料把碳纤维粘贴于结构或构件表面, 形成复合材料体FRP, 通过与结构或构件的协同工作, 达到对结构构件补强加固及改善受力性能的目的。该技术具有出色的机械性能、优良的耐久性能和良好的工艺性能。目前碳纤维材料已被广泛应用于钢筋混凝土结构补强上, 在金属材料补强以及对砌体温度裂缝的控制方面也取得了良好的效果。

1 碳纤维复合材料和粘结材料

1.1 碳纤维复合材料

碳纤维复合材料是以碳纤维为增强材料, 以合成树脂为基本复合而成的一种工程材料。用于土木工程结构的碳纤维以聚丙烯腈(PAN)纤维为原料经高温碳化而成, 碳纤维原丝纤维方向的抗拉强度是普通碳素钢的十几倍, 高弹模碳纤维的弹性模量为钢材的2、3倍。用于加固混凝土及砖混结构的碳纤维产品主要有碳纤维布和碳纤维板。结构补强加固一般多用碳纤维布, 按碳纤维布置方向又可分为单轴向碳纤维布和双轴向碳纤维布, 可用于不同受力状态的混凝土构件的补强加固, 如弯曲、剪切、扭转等受力构件。

1.2 粘结材料

工程上常用的碳纤维布粘结剂主要是环氧树脂类, 具有很高的粘结强度, 收缩率很低(一般低于0.2%), 是常用的树脂中最小的。碳纤维布粘结树脂包括有基底胶、整平(修补)胶和浸渍胶。(1)基底胶: 具有渗透性, 将其刷在待粘贴碳纤维布的结构表面, 可渗透入结构表面, 为碳纤维布提供一个平整的基面, 又有利于提高碳纤维布的粘结能力。(2)整平(修补)胶: 其作用是将结构表面凹凸不平处进行修补、整平。为粘贴碳纤维布提供一个平整的基面, 有利于确保碳纤维布的粘贴质量和良好的受力状态。

(3)浸渍胶: 是碳纤维布主要的粘结材料, 它将碳纤维布牢固地粘贴在结构表面, 并且使胶液浸渍充满碳纤维之间空隙, 将碳纤维粘结在一起, 有利于发挥碳纤维复合材料的优异性能, 同时有利于提高碳纤维布与结构的粘结能力。

2 碳纤维复合材料的应用

2.1 结构加固前调查

(1)某炼钢厂混铁炉原建于20世纪70年代初, 跨度24m。主副跨的屋架主要为下承式钢筋混凝土梯形屋架, 1987年改建后, 托架为上承式平行弦钢筋混凝土托架, 跨度为12m, 托架上弦跨中节点支撑屋架。部分钢筋混凝土屋架、托架、曾用钢筋、角钢加固过。1995年改扩建时, 对原钢筋混凝土柱子进行了改造, 将原

有混凝土柱加固并增加肩梁加高，上面加钢小柱。目前厂房结构存在的问题是生产负荷增大，吊车实际吊重和运行频繁程度都有所增加，混铁炉跨厂房结构有明显的晃动，部分结构构件出现不同程度的损伤。如部分混凝土屋架、托架、存在混凝土开裂、脱落、露筋、钢筋锈蚀等缺陷损伤。

(2) 某砖混结构水泵房一层，建筑高度4.5m，建筑面积120m²，抗震设防裂度设计为6度。圈梁、构造柱混凝土强度设计等级为C20，砌体为240mm厚砖墙，用普通烧结红色机制粘土砖MU100及M5混合砂浆砌筑而成。屋面板为预应力混凝土空心板，平屋面，无隔热措施。建于1986年，使用至今。该水泵房西侧屋顶有一凉水塔，高度在3m，塔体加水总重约10t。该泵房外墙墙体出现裂缝，裂缝与水平方向约成45°角，裂缝贯通墙体两侧面。个别混凝土圈梁有0.2mm宽的裂缝。裂缝位置在窗下角处，裂缝最大宽度为1cm，长度2.5m。屋面空心板在板缝处开裂，两端与墙体搭接处有明显搓动。剔除墙体表面粉刷层，经对墙体砂浆强度、砖强度检测，砌体砂浆强度偏低，灰缝不饱满，局部有通缝。

2.2 碳纤维复合材料主要技术特点

(1) 高强、高效。由于碳纤维布具有高强度（抗拉强度相当于一般钢材的10倍）、高弹模、延伸率小、质轻等特性，可充分利用其优异的力学性能提高混凝土结构的承载力、延性、抗裂性能，达到高强度、高效加固修复混凝土结构的目的。

(2) 施工简单、加固周期短。碳纤维布自重轻，一般采用手工作业，不需使用大型施工机具。施工空间限制小，施工干扰少，在某些情况下实现在线施工。从将碳纤维布粘贴在结构构件表面，到粘结胶固化投入使用，只需2~3天。

(3) 施工质量容易保证。碳纤维布加固构件的施工质量好坏标准主要反映在碳纤维布粘贴的密实程度，由于碳纤维布是柔性的，很容易粘贴在结构表面上，使碳纤维布与混凝土表面粘贴密实。一般情况下都可以保证碳纤维布的有效粘贴面积不小于95%，达到碳纤维布加固结构的质量要求。

(4) 超强的防水和防腐蚀效果。碳纤维布粘贴固化在结构表面，环氧树脂附着在结构表面，防水效果好，可防止钢筋锈蚀。碳纤维材料具有极佳的耐腐蚀性能，不必担心建筑物经常遇到的各种酸、碱、盐对结构的腐蚀。

(5) 适用面广。碳纤维复合材料加固修复结构技术可以广泛用于工业、民用建筑、水利、电力、桥梁等工程中各种类型结构和不同受力状态的构件如梁、柱、板、壳、拱等。而且不受结构形状的限制，如圆形、复杂曲面，都可以粘贴碳纤维布。

2.3 补强加固方案与设计

施工方案为：抹灰层清理，基底打磨，刷底胶，整平处理，刷粘贴树脂，贴碳纤维布。

(1) 包角钢加固与屋架加固做法相同：裂缝封闭处理；大梁底部粘贴碳纤维布。碳纤维布的数量是根据提高大梁抗弯承载力30%确定的。

(2) 根据监测报告提供的检验数据，经对多个方案的分析比较，最后决定对裂缝的承重墙及裂缝宽度大于1.5mm的墙体采取综合加固措施。

2.4 加固施工及技术措施

混凝土结构及墙体综合加固施工顺序为：基层处理→裂缝化学灌浆→墙体粘贴碳纤维布→保护层。

2.4.1 基层处理 因墙体和混凝土材料的性能不同，在墙体上粘贴碳纤维布不同于在混凝土基层上。因此在粘贴前，对需粘贴碳纤维布部位墙体做好基层处理，要剔除松动的砖块，剔除粘贴部位水平、竖向灰缝内的砌筑砂浆并用修补砂浆填补，以保证碳纤维布复合层与墙体的共同受力。

2.4.2 裂缝化学灌浆 对墙体裂缝，采用建筑构件裂缝化学灌浆法对裂缝进行封闭补强。用钢丝刷、压缩空气清除裂缝附近的灰尘，使裂缝清晰外露，按设计间距沿裂缝粘贴浆嘴，采用封缝胶对裂缝进行封闭，待凝固后，从浆嘴用压缩空气进行试气检验，如漏气则对漏气处补封，不漏气时，沿裂缝由下向上逐个从浆嘴向裂缝内灌浆。

2.4.3 墙体局部粘贴碳纤维布加固 (1) 清理粉刷层，剔除墙体表面的粉刷层及饰面层、松动的砖块、砂浆块等。(2) 在墙体上弹线画出需粘贴碳纤维布的位置，并对碳纤维布截取制作。(3) 基层处理。为提高粘结效果，提高基层的强度，剔除松动的碎砖块；沿灰缝剔除水平、竖向灰缝内原砌筑砂浆，深度不小于

50mm；用压缩空气清理缝内灰尘，并用丙酮清洗干净；把底胶按一定比例将主剂与固化剂在容器中混合并搅拌均匀，在粘贴界面灰缝内涂刷底胶，厚度均匀一致，无气泡、无流淌；按比例配置修补砂浆，待底胶干后，把配置好的修补砂浆用专用工具填充到灰缝内并与墙体表面平整，要无气泡、无流淌。待修补砂浆凝固后，用角磨机把需粘贴碳纤维布的表面磨平，磨去墙体表面5mm深，用压缩空气及丙酮清洗干净。（4）抹底胶。把底胶按一定比例将主剂与固化剂在容器中混合并搅拌均匀，在粘贴界面涂刷底胶，厚度应均匀一致，无气泡、无流淌。（5）抹修补胶。待底胶稍干后，用修补胶修补凹陷部位，使表面平整。（6）抹粘结胶并粘贴碳纤维布。待底胶不粘手时涂刷现配的粘结胶，并粘贴碳纤维布（采用厚0.117mm的单向纤维布），用滚筒滚压，使胶渗透碳纤维布。纤维布纤维方向与裂缝方向垂直粘贴。（7）抹面胶。碳纤维布粘贴后，待干燥一定时间，涂刷一层粘贴胶，并撒干燥砂养护。（8）抹砂浆。待胶完全固化后，抹面层20mm厚的水泥砂浆，作为保护层。

2.5 注意事项

（1）砖墙体粘贴碳纤维布与混凝土基材粘贴碳纤维布有所不同，灰缝中的砂浆应掏出并用压缩空气、丙酮清理干净，然后用修补砂浆把灰缝填补平整，再进行粘贴碳纤维布工艺。（2）严禁粘贴好的碳纤维布有损伤。（3）修补砂浆凝固后，才能进行粘贴碳纤维布工艺施工。（4）配胶时应现场配置，随配随用，应通风并远离火源。

2.6 效果分析

由于砖墙温度裂缝的反复性，对温度裂缝的处理较为困难，处理不当容易引起二次开裂。本工程对裂缝处首先进行化学灌浆封闭处理，使开裂的墙体恢复整体性，然后进行粘贴碳纤维布等综合加固处理。加固完工后，经过一个冬、夏的观察，未发现墙体有新的裂缝出现。

3 结 语

用碳纤维复合材料对建筑物进行修补加固，取得了良好的效果，而且可充分反映出该项新技术比一般加固方法所具有的明显优点。如高强度、超强的防水、防腐蚀特性、施工简单、加固周期短、不受结构形状的限制，在任何曲面都可以粘贴碳纤维等，具有很好的应用前景。

[返回上页](#)