

粘贴钢板加固法在钢结构管廊架上的应用研究

黄玉刚

南京化学工业园公用事业有限责任公司 江苏南京 210047

DOI:10.32629/ems.v8i5.20217

[摘要] 在建筑领域,随着时间的推移以及各种环境因素、使用需求的改变,许多既有建筑的结构性能可能会出现不同程度的下降,这时候就需要采取有效的加固措施来确保建筑的安全与稳定。钢结构粘钢加固施工工艺作为一种创新且高效的加固方式,正逐渐成为解锁建筑加固新姿势的关键手段。本文将详细探讨粘贴钢板加固法在钢结构管廊架上的实际应用表现,为工程界的相关人员提供参考。

[关键词] 钢结构管廊; 加固; 粘贴钢板

一、引言

粘钢板加固也称为粘贴钢板加固,就是采用高性能的结构胶将裁剪好的钢板粘结于钢构件上,利用钢板良好的抗拉强度来弥补受损钢构件缺失的承载力和刚度。粘钢加固是当前结构加固中最常用的方法之一,它利用高强度结构胶粘剂,将钢板粘贴至钢构件表面,与钢构件共同受力达到加固补强的目的。

二、钢结构粘钢加固的原理与优势

(一) 原理

钢结构粘钢加固主要是利用结构胶将钢板粘贴在钢结构需要加固的部位。结构胶具有强大的粘结力,能够将钢板与原钢结构紧密地结合在一起,形成一个整体。当建筑结构受到外力作用时,钢板与原钢结构共同承受荷载,从而提高结构的承载能力和抗变形能力。

(二) 优势

施工便捷:相比传统的加固方法,如增大截面法等,粘钢加固不需要进行大规模的焊接、切割等作业,施工过程相对简单,对周边环境的影响也较小。它可以在不影响建筑正常使用的前提下进行施工,大大缩短了施工周期。

几乎不增加构件自重和尺寸:钢板厚度较薄(通常为2-6mm),粘贴后对原结构的截面尺寸和自重增加极小,特别适用于空间受限、不允许增大构件体积的场合。

承载力提升显著:通过钢板与管廊钢构件的协同工作,能有效提高钢构件的抗弯、抗剪及抗拉承载力,尤其适用于承载力不足幅度较大的梁、柱等构件。

施工周期短:施工速度快、周期短,可在较短时间内达到预期的承载能力。

加固效果好:通过合理选择钢板的规格和粘贴位置,可以显著提高结构的承载能力。钢板的高强度能够弥补原钢结构的不足,增强结构的整体稳定性。而且,粘钢加固不会改变原结构的外观和尺寸,保持了建筑的美观性。

成本较低:粘钢加固所需的材料主要是钢板和结构胶,相对于其他加固方式,材料成本相对较低。同时,由于施工周期短,人工成本也得到有效控制,整体加固成本较为经济。

三、施工前的准备工作

(一) 结构检测与评估

在进行粘钢加固施工前,必须对原钢结构进行全面的检测和评估。这包括对钢结构的材料性能、尺寸偏差、焊缝质量、腐蚀情况等方面进行详细检查。通过专业的检测设备和

手段,确定结构的损伤程度和剩余承载能力,为后续的加固设计提供准确依据。

(二) 设计加固方案

根据结构检测和评估的结果,结合建筑的使用要求和加固目标,由专业的设计人员进行加固方案设计。设计内容包括钢板的规格、尺寸、粘贴位置,结构胶的类型和用量等。加固方案应满足相关规范和标准的要求,确保加固后的结构安全可靠。

(三) 材料与设备准备

材料准备:选择质量合格、符合设计要求的钢板和结构胶。钢板应具有足够的强度和韧性,表面应平整、无锈蚀和油污。结构胶应具有良好的粘结性能、耐久性和施工性能,其性能指标应符合国家相关标准。

设备准备:准备好施工所需的设备,如角磨机、砂纸、吹风机、压力注胶机等。角磨机用于对钢板和原钢结构表面进行打磨处理,砂纸用于进一步打磨和清洁表面,吹风机用于吹干表面水分,压力注胶机用于将结构胶注入钢板与原钢结构之间的缝隙。

四、施工工艺流程

(一) 施工准备

施工前要把所需的材料和工具都准备齐全。材料方面,钢板要选用质量合格、厚度符合设计要求的,比如设计要求加固梁采用8毫米厚的Q345钢板,那就得严格按照要求采购。粘胶剂也要选性能良好、粘结强度高的产品。工具上,像电钻、打磨机、吹风机等都要提前检查是否能正常使用。还要对施工现场进行清理,把杂物、灰尘等都清扫干净,为后续施工创造良好环境。

(二) 表面处理

原钢结构表面处理:使用角磨机对原钢结构需要粘贴钢板的部位进行打磨,去除表面的锈蚀、油污、涂层等杂质,使表面露出金属光泽。打磨范围应比钢板尺寸大一些,一般每边宽出20-30mm。打磨后,用砂纸进行进一步打磨,使表面粗糙度达到设计要求。最后,用吹风机将表面吹干,确保无灰尘和水分。

钢板表面处理:同样使用角磨机对钢板表面进行打磨,去除氧化皮和锈蚀,使表面平整、粗糙。打磨后,用丙酮等有机溶剂擦拭钢板表面,去除油污和杂质,待溶剂挥发后即可使用。

(三) 钢板裁剪与钻孔

根据设计要求, 在钢结构表面和钢板上准确测量出粘贴位置。可以用墨线或者记号笔进行标记。按照设计图纸, 确定钢板的长度和宽度, 在梁体和钢板上分别做好标记, 保证钢板粘贴位置精准, 偏差控制在极小范围内。在钢板上按照设计位置进行钻孔, 钻孔直径应比螺栓直径大 1-2mm, 以确保螺栓能够顺利穿过。钻孔后, 对孔边进行倒角处理, 防止应力集中。

(四) 配制结构胶

按照粘结剂产品说明书的比例, 准确称量 A、B 两组分。比如某粘结剂 A、B 组分比例为 2:1, 那就用精确的量具分别量取相应的量, 然后在干净的容器中用搅拌器充分搅拌均匀, 搅拌时间要达到规定要求, 一般不少于 3 分钟, 确保胶液充分混合, 性能稳定。搅拌好的结构胶应在规定的时间内使用完毕, 避免胶液固化。

(五) 粘贴钢板

涂胶: 将配制好的结构胶均匀地涂抹在钢板和原钢结构表面。涂抹厚度应适中, 一般为 2-3mm。涂抹时应注意边缘部位, 确保结构胶能够充分填充钢板与原钢结构之间的缝隙。

粘贴: 将涂好胶的钢板准确粘贴在原钢结构的设计位置上, 用手指或专用工具轻轻按压钢板, 排出钢板与原钢结构之间的空气, 使结构胶充分接触。粘贴过程中应保持钢板的平整和垂直, 避免出现偏移和倾斜。

固定: 粘贴好钢板后, 要对钢板进行固定加压。可以采用螺栓或者夹具等方式。例如使用螺栓固定时, 在钢板和混凝土上钻孔, 安装螺栓并拧紧螺母, 通过螺栓的预紧力使钢

板与混凝土更好地粘结在一起。固定螺栓的间距应根据设计要求确定, 一般不宜过大, 夹具则要根据钢板的形状和尺寸选择合适的类型, 确保能均匀地对钢板施加压力。加压时间要根据粘结剂的固化时间来确定, 一般要保持 24 小时左右, 直到粘结剂完全固化。

(六) 检查验收

检查验收: 在粘结剂固化后, 对粘贴钢板加固部位进行检查验收。首先检查钢板的粘贴位是否准确, 偏差是否在允许范围内。然后用小锤轻轻敲击钢板, 检查是否存在空鼓现象。按检查结果推定的有效粘贴面积不应小于总粘贴面积的 95%。如果有空鼓, 要做好标记, 根据空鼓面积大小采取不同的处理措施。对于小面积空鼓, 可以在钢板上钻孔, 注入粘结剂进行修补; 对于大面积空鼓, 可能需要重新粘贴钢板。还要检查钢板的固定情况, 螺栓是否拧紧, 夹具是否稳固等。

(七) 防腐措施

验收合格后, 要对钢板进行防腐处理。一般先在钢板表面涂刷防腐底漆, 底漆要涂刷均匀, 厚度符合要求, 比如涂刷厚度达到 0.1-0.2 毫米。底漆干燥后, 再涂刷防腐面漆, 面漆可以根据实际环境和设计要求选择合适的颜色和类型, 像在室内环境可以选择普通的防腐面漆, 在有腐蚀介质的环境则要选择耐腐蚀性更强的面漆。防腐处理能延长钢板的使用寿命, 保证加固效果的长期稳定。

五、质量控制措施

1、材料质量控制

材料类型	核心控制要点	验收标准
钢板	1. 材质: 选用 Q235/Q355 等合格碳素钢, 厚度 2-6mm (手工粘贴 ≤5mm、压力注胶 ≤10mm); 2. 加工: 切割、制孔、边缘处理符合 GB 50205, 表面无锈蚀、氧化皮、油污; 3. 尺寸: 宽度 ≤100mm (超宽分条粘贴, 间隔 3-5mm), 位置 / 长度偏差符合要求	出厂合格证、材质单齐全; 表面除锈至金属光泽, 尺寸偏差 ≤5mm (位置)、≤10mm (长度负偏差)
结构胶	1. 选型: 必须为 A 级粘钢专用环氧树脂胶, 配套使用, 严禁混用植筋胶 / 不饱和聚酯树脂; 2. 性能: 抗压 ≥60MPa、正拉粘结 ≥2.5MPa (混凝土内聚破坏为合格); 3. 储存: 密封避光, 有效期内使用, 避免水 / 油 / 灰尘混入	出厂检测报告、安全性鉴定证书齐全; 现场抽样复检合格, 配制无分层、气泡
辅材	锚栓: 化学锚栓 (≤M10, 埋深 ≥60mm, 边距 ≥60mm、间距 ≥250mm), 仅用于施工固定, 不参与受力	锚栓合格证齐全, 安装位置偏差 ≤5mm

1) 材料进场全数验收, 核对规格、批号、有效期, 留存记录;

2) 结构胶按说明书配比, 专人计量 (电子秤 ±1g)、低速搅拌 (无气泡), 在适用期内用完;

3) 动荷载/腐蚀环境选用耐疲劳/耐腐型专用胶。

2、界面处理控制

1) 混凝土基层

①强度要求: 原构件混凝土强度等级 ≥C15, 表面正拉粘结强度 ≥1.5MPa;

②清理修整: 凿除松散、碳化层至坚实新面, 浮浆、油污、灰尘彻底清除, 骨料外露率 ≥30%;

③打磨找平: 机械打磨至平整, 平整度误差 ≤3mm/m; 裂

缝先用改性砂浆修补, 转角打磨成圆角 (无尖锐棱角);

④含水率控制: 表层含水率 ≤4% (≤6%为限), 超限采用干燥措施或配套湿面胶;

⑤洁净处理: 丙酮擦拭粘合面, 无油污、杂质, 晾干后施工。

2) 钢板表面

①除锈糙化: 喷砂/砂布打磨至金属光泽, 打磨纹路与受力方向垂直, 提高粗糙度;

②洁净处理: 丙酮擦拭脱脂, 晾干后尽快涂胶 (避免二次污染)。

3、固化与养护控制

环境温度	固化/养护要求	卸夹具/进工序时间
≥15℃	自然养护, 严禁扰动钢板/夹具, 覆盖防尘	24h 卸夹具; 72h 后进入下一工序
5-15℃	保温措施 (棉被/保温被), 温度 ≥5℃	延长养护至 96h; 72h 后进入下一工序
<5℃	改用低温固化胶或加热保温 (避免高温损伤胶层)	按产品说明书执行

4、质量验收与缺陷处理

1) 主控项目验收 (必须合格)

验收项目	检验方法	合格标准
粘结质量	锤击法/超声波检测	有效粘结面积 $\geq 95\%$; 单个空鼓 $\leq 10000\text{mm}^2$ 可钻孔注胶修复, $> 10000\text{mm}^2$ 需剔除重贴
正拉粘结强度	见证抽样 (钢标准块同条件施工)	符合 GB50550-2010 表 10.4.2, 破坏形式为混凝土内聚破坏
胶层厚度	测厚仪量测	平均 2-3mm, 最厚/最薄处偏差 $\leq 0.5\text{mm}$
材料性能	核对证书+现场复检	钢板/胶材质、规格符合设计, 复检合格

2) 一般项目验收

①钢板位置偏差 $\leq 5\text{mm}$ (中心线)、长度负偏差 $\leq 10\text{mm}$;

②钢板表面平整无翘曲, 无松动、翘边;

③防腐涂装: 防锈漆 ≥ 2 道, 总厚度 $\geq 80\mu\text{m}$; 设计有防火要求时涂刷防火涂料至耐火极限。

3) 常见缺陷处理

①空鼓: $\leq 10000\text{mm}^2$ 钻孔注胶补缝; $> 10000\text{mm}^2$ 剔除钢板、重新处理界面后重贴;

②脱胶: 局部脱粘彻底清除旧胶, 重新涂胶粘贴;

③胶层过薄/过厚: 重新粘贴, 严格控制 2-3mm 厚度;

④锈蚀: 钢板表面除锈后补涂防锈漆, 严重锈蚀更换钢板。

六、粘贴钢板加固的注意事项

1、施工前期准备要求

1) 核对原结构图纸, 复核构件尺寸、受力方向, 严禁随意改变钢板粘贴位置、长度、厚度。

2) 检查原混凝土强度, 低于 C15 不得直接粘钢, 需先补强处理。

3) 结构胶、钢板必须有合格证及检测报告, 严禁使用过期、变质、不明品牌胶。

2、界面处理要求

1) 混凝土表面必须凿除松散层、抹灰层、碳化层, 露出坚实骨料, 打磨平整、无油污、无粉尘。

2) 转角部位应磨成圆弧角 (半径 $\geq 20\text{mm}$), 防止应力集中、钢板翘曲脱粘。

3) 钢板必须除锈至金属光泽, 打磨纹路直与受力方向垂直, 除锈后尽快涂胶, 避免返锈。

4) 粘贴前用丙酮擦拭混凝土及钢板粘合面, 保持干燥洁净。

3、配胶与涂胶要求

1) 严格按产品说明书配比称量, 禁止凭经验随意调配。

2) 搅拌均匀、无气泡, 配胶量控制在适用期内用完, 避免凝胶浪费。

3) 混凝土面与钢板面均需涂胶, 胶层厚度控制在 2~3mm, 中间略厚、边缘稍薄。

4) 避免胶液混入灰尘、砂粒、水分, 否则严重影响粘结强度。

4、粘贴与加压固定要求

1) 粘贴时从一端向另一端贴合, 或由中间向两侧赶压, 防止裹入空气形成空鼓。

2) 用夹具、螺栓或支顶均匀加压, 以胶缝均匀溢出胶体为宜, 不得局部重压。

3) 加压顺序合理, 严禁两端向中间挤压, 防止中部空鼓。

4) 临时固定用锚栓不得损伤主筋, 位置避开受力关键区。

5、固化养护要求

1) 固化期内严禁碰撞、振动、踩踏、加载, 一般常温下养护不少于 24h, 完全固化需 3 天以上。

2) 施工温度宜 15~25℃, 低于 5℃应采取保温或选用低温型结构胶, 严禁低温强行施工。

3) 严禁在固化区域动火、高温烘烤, 避免胶体老化、流淌失效。

6、构造与防剥离措施

1) 钢板端部必须设置 U 型箍、压条或锚固螺栓, 防止端部剥离破坏。

2) 钢板较长时, 中间增设横向压条, 提高整体工作性能。

3) 受拉区、动荷载作用部位, 加强端部锚固构造。

七、结论

钢结构粘钢加固施工工艺为建筑加固提供了一种创新且高效的方式。通过合理的施工工艺流程和严格的质量控制, 能够有效提高钢结构的承载能力和稳定性, 延长建筑的使用寿命。在具体的工程应用中, 往往需要根据现场的具体情况选择合适的加固方案, 并严格按照工艺流程进行操作, 以达到最佳的加固效果。

【参考文献】

[1] 李海; 朱庆铨; 粘贴钢板法在桥梁维修加固中的应用[J]; 科技创新与应用; 2013 年 21 期。

[2] 周长春; 桥梁加固施工中粘贴钢板技术的应用[J]; 运输经理世界; 2022 年 02 期。

[3] 姚子元; 粘贴钢板技术在桥梁加固中的应用[J]; 交通世界; 2018 年 35 期。

[4] 姜舒; 贺春丽; 可靠度和成本分析在桥梁养护中的有效性[J]; 科技创新与应用; 2012 (03)。

[5] 蒙云; 卢波; 桥梁加固与改造[M]; 北京: 人民交通出版社 2004。

[6] JTG/T J22-2008, 公路桥梁加固设计规范[S]。

[7] 赵山; 吴泽玉; 骆栓青; 桥梁加固技术的应用[J]; 山西建筑, 2007 (03)。

[8] 邱明喜, 李亚阁, 刘文锋; 粘贴钢板加固法在提高码头承载能力中的应用[J]; 建材世界, 2015 (1)。

[9] 吴金健, 高延辉. 粘贴钢板加固桥梁技术应用分析[J]. 四川建材, 2010, 36 (04)。

[10] 许锐, 刘立炜, 詹常辉. 粘贴钢板法在桥梁加固工程中的应用[J]. 山西建筑, 2007 (03)。

[11] 柳斌. 粘贴钢板法在桥梁加固工程中的应用[J]. 西部交通科技, 2016 (02)。