

风景文化景区古建筑修复中的石材加固施工工艺研究

夏新征

江苏港东建设有限公司 江苏 徐州 221000

摘要：风景文化景区古建筑石材病害多样，成因复杂，传统加固工艺局限性大。现代加固技术形成多元体系，材料与工艺不断优化。本文研究石材加固施工工艺，从施工前准备、关键流程、特殊环境调整、质量控制与验收等方面展开，提出生态友好型材料应用、数字化技术辅助修复、公众参与等可持续发展策略，旨在实现古建筑石材加固的科学、有效、可持续保护，传承古建筑文化。

关键词：古建筑保护；石材加固；文化景区

引言：风景文化景区古建筑承载着深厚历史文化，其石材因长期受自然与人为因素影响，病害频发，严重威胁建筑安全与文化价值。传统加固工艺难以满足现代保护需求，现代加固技术虽取得进展，但在施工工艺优化与可持续发展方面仍需深入研究。本文聚焦风景文化景区古建筑石材加固施工工艺，分析病害成因，探讨工艺选择原则，优化施工流程，提出可持续发展策略，为古建筑保护提供参考。

1 风景文化景区古建筑石材病害类型与成因分析

1.1 常见石材病害类型

风景文化景区古建筑石材常见病害类型多样，主要可分为物理性病害、化学性病害及生物性病害三大类。物理性病害中，风化剥落最为普遍，表现为石材表面颗粒松散脱落、表层粉化，多出现于长期暴露在室外环境的墙体、柱础等部位；冻融破坏在寒温带景区尤为突出，石材孔隙内水分结冰膨胀产生应力，导致表面开裂、剥落甚至块状崩解。化学性病害以溶蚀和污染褪色为主，雨水携带的酸性物质与石材中碳酸钙等成分发生反应，造成表面凹凸不平、结构疏松；景区周边污染物及游客活动产生的污渍，会使石材原有色泽变深、褪色甚至出现色斑^[1]。生物性病害则包括苔藓、地衣等低等植物附着生长，其根系穿透和分泌物腐蚀会破坏石材结构，同时微生物代谢产物也会加速石材老化，各类病害常相互叠加，加剧古建筑石材损坏。

1.2 病害成因分析

风景文化景区古建筑石材病害的成因复杂，是自然环境因素与人为因素共同作用的结果。自然环境方面，气候条件是核心驱动因素，温度剧烈变化引发石材热胀冷缩，长期循环导致内部应力累积产生裂隙；降水的冲刷作用不仅会直接侵蚀石材表面，还会溶解空气中的酸性污染物形成酸雨，强化化学腐蚀效果；高湿度环境则

为微生物生长提供了有利条件，加速生物病害发展。地质与水文因素也不可忽视，景区周边地质构造运动可能导致古建筑基础沉降，引发石材结构开裂；地下水渗透会携带矿物质在石材孔隙中沉积，破坏石材原有结构稳定性。人为因素中，游客流量过大造成的触碰、摩擦会直接损伤石材表面；景区不当的养护作业，如使用化学清洗剂、不合理修补材料等，会破坏石材原有保护层；另外，周边工业活动排放的污染物、旅游设施建设产生的振动等，也会间接加剧石材病害的发生与发展。

2 石材加固技术现状与工艺选择原则

2.1 传统加固工艺的局限性

风景文化景区古建筑石材传统加固工艺受技术限制，难以满足现代保护需求。传统多采用水泥砂浆等材料修补加固，其与石材物理力学性能差异大，弹性模量、热膨胀系数不匹配，易在温度和外力作用下产生二次裂隙，加剧石材损坏。施工工艺上，依赖经验操作，缺乏精准技术参数指导，修补厚度、粘结强度难控制，加固效果不稳定，还可能过度修补破坏原始风貌。传统材料耐久性差，抗风化、抗腐蚀能力不足，加固后短期内或再出现病害，需频繁返修。且对特殊环境适应性弱，高湿度、强侵蚀性景区中加固效果衰减，施工还可能损伤原有结构，不符合“最小干预”原则。

2.2 现代加固技术概述

文物保护技术发展，现代石材加固技术形成多元化体系。加固材料上，新型无机材料如纳米硅溶胶等与石材相容性好，能深入孔隙形成牢固粘结，抗风化、抗腐蚀性性能优异；有机高分子材料如环氧类胶粘剂等粘结强度高、柔韧性好，可用于裂缝修补和表面防护。工艺层面，注浆加固通过高压设备将材料注入裂隙补强结构；表面封护用透气型材料形成保护膜阻隔侵蚀。同时，现代加固技术注重“修旧如旧”，在保障加固效果的同时，最大程度保留古

建筑原始风貌,适应景区保护需求^[2]。

2.3 工艺选择原则

风景文化景区古建筑石材加固工艺选择要遵循“保护优先、因地制宜、技术适配、最小干预”原则。坚持“修旧如旧”,所选工艺要保留原始结构风貌,避免过度加固,材料与石材物理力学性能兼容,减少二次损伤。因地制宜适配景区环境,结合气候、水文、污染状况选工艺,高湿度景区用透气防潮材料,酸雨区选抗酸材料。依据石材病害类型、程度及构件功能选对应工艺,裂缝用注浆加固,表面风化用封护补强结合工艺,且工艺要成熟可控。兼顾经济性与可持续性,在保障效果前提下,选施工便捷、成本合理、耐久性好的工艺,减少后期返修,实现长期有效保护。

3 风景文化景区石材加固施工工艺优化研究

3.1 施工前准备

风景文化景区石材加固施工前准备工作是保障施工质量的基础,需从勘察调研、方案设计、材料筹备、现场管控四个维度系统推进。勘察调研阶段,采用无损检测、取样分析等技术,全面排查古建筑石材病害类型、分布范围、发展程度,明确构件受力状况及周边环境条件,形成详细的勘察报告,为方案设计提供精准依据。方案设计需结合勘察结果,遵循文物保护原则,制定针对性的加固方案,明确施工工艺、技术参数、材料选型及质量标准,同时进行方案评审,确保方案的科学性与可行性。材料筹备环节,严格筛选加固材料,优先选用生态友好、与石材兼容的新型材料,对材料进行性能检测,确保符合设计要求;同时准备好施工所需的机械设备,进行调试与维护,保障施工过程顺利推进。现场管控方面,划定施工区域,设置防护设施与警示标识,避免游客干扰施工;对施工人员进行岗前培训,明确施工流程、安全规范及文物保护要求;制定施工应急预案,应对暴雨、大风等突发天气,确保施工安全与古建筑本体安全。

3.2 关键施工工艺流程

风景文化景区古建筑石材加固关键施工工艺流程需遵循“精准施工、循序渐进、全程管控”的原则,核心流程包括表面清理、病害处理、加固施工、初步养护四大环节。表面清理是基础步骤,采用高压空气吹扫、软毛刷清理等温和方式,去除石材表面的灰尘、污渍、苔藓等附着物,避免使用硬质工具刮擦,防止损伤石材表面;对于顽固污渍,可选用中性清洗剂少量涂抹,清洗后及时用清水冲洗晾干^[3]。病害处理环节,针对不同病害类型采取对应措施,裂缝需先清理内部碎屑与积水,采

用高压气枪吹扫干燥;剥落部位需剔除松动石材颗粒,修整破损界面。加固施工是核心环节,如注浆加固需按设计参数控制注浆压力和材料用量,确保浆液均匀填充裂隙;表面封护需均匀涂刷防护材料,保证涂层厚度一致、无遗漏。初步养护阶段,需控制施工区域环境温湿度,避免雨水、暴晒等对加固材料产生影响,养护时间根据材料特性确定,养护期间严禁触碰、扰动加固构件,确保加固材料与石材牢固粘结,保障加固效果。

3.3 特殊环境下的工艺调整

风景文化景区特殊环境条件会对石材加固施工产生显著影响,需结合具体环境特征针对性调整施工工艺,保障加固质量。在高湿度、多雨景区,核心调整方向是防潮、防雨水侵蚀,施工前需增设环境除湿环节,采用除湿设备降低施工区域湿度;选用耐水型、透气型加固材料,避免材料因受潮失效;施工过程中搭建临时防雨设施,避开雨天施工,养护阶段延长养护时间,确保材料充分固化。在高寒冻融区域,重点优化抗冻工艺,选用抗冻性强的加固材料,施工前清理石材孔隙内的冰体,采用保温措施避免施工过程中温度骤降;调整施工时间,选择气温相对稳定的季节施工,加固后增设保温防护层,减少冻融循环对石材的影响。在酸雨多发、污染严重区域,强化抗腐蚀工艺,选用耐酸性强的加固材料和防护涂层,施工前增加石材表面酸蚀层清理环节;加固后在表面涂刷多层防护涂层,提升抗污染能力。此外,对于游客密集区域,需优化施工组织,采用分段施工、错峰施工方式,减少对景区运营的影响。

3.4 施工质量控制与验收标准

风景文化景区古建筑石材加固施工质量控制需贯穿施工全过程,验收标准需严格遵循文物保护相关规范,确保加固效果与文物价值保护并重。施工过程质量控制方面,建立分层管控机制,对材料进场、关键工序施工、养护等环节进行严格检验,材料进场需提供性能检测报告,经抽样复检合格后方可使用;关键工序如注浆加固、表面封护等,需安排专业人员全程监督,记录施工参数,确保施工符合设计要求;定期对施工质量进行抽检,采用无损检测技术检查加固构件的粘结强度、完整性,发现问题及时整改。验收标准主要包括外观质量、性能指标及文物保护要求三大类,外观质量上,加固部位需与周边石材色泽协调,无明显修补痕迹,表面平整、无裂隙、无脱落现象;性能指标上,加固构件的强度、粘结力、抗风化性、抗腐蚀性等需达到设计标准,经检测机构检测合格;文物保护要求上,施工过程中未对古建筑原始结构、装饰造成损伤,加固效果符合

“修旧如旧”原则，相关资料完整归档。验收需组织文物保护专家、技术人员、监理单位共同参与，确保验收结果科学权威。

4 古建筑石材加固的可持续发展策略

4.1 生态友好型材料的应用推广

生态友好型材料的应用推广是古建筑石材加固可持续发展的核心方向，既能保障加固效果，又能减少对景区生态环境和古建筑本体的破坏。首先，加大新型生态材料研发与应用力度，重点推广以天然矿物为原料、可降解、无污染的无机加固材料，如改性硅溶胶、天然石材粉基复合材料等，这类材料与石材相容性好，废弃后不会对环境造成污染，且具备优异的耐久性和抗侵蚀性。其次，建立生态友好型材料的标准体系，明确材料的生态性能、技术指标、适用范围，规范材料生产、检测与应用流程，为材料推广提供依据。同时，加强技术推广与示范，通过在重点风景文化景区开展试点工程，展示生态友好型材料的加固效果与生态优势，引导行业内广泛应用。另外，加大政策支持力度，鼓励企业参与生态友好型材料的研发生产，降低材料成本，提升材料的可及性，推动古建筑石材加固从“传统污染型材料”向“生态友好型材料”转型，实现加固修复与生态保护的协同发展。

4.2 数字化技术辅助修复（BIM建模、监测系统）

数字化技术的融入为古建筑石材加固修复提供了精准化、智能化支撑，是实现可持续发展的重要技术保障，其中BIM建模与智能监测系统的应用最为关键。BIM建模技术可实现古建筑石材构件的三维数字化建模，精准还原构件的结构形态、病害分布，为加固方案设计提供直观、精准的数字化依据，同时可通过模拟分析优化施工流程，减少施工过程中的盲目操作，降低对古建筑的损伤。智能监测系统的应用则实现了加固后构件的长期动态监测，通过在加固构件上安装传感器，实时监测构件的应力变化、变形情况、环境温湿度等数据，数据经后台系统分析处理，可及时预警潜在安全隐患，为后期养护提供科学依据，减少过度养护和盲目返修。数字化技术可实现加固修复全过程的信息归档，形成完整的数字化档案，为后续古建筑保护研究提供数据支撑。推

广BIM建模、智能监测系统数字化技术的应用，需加强技术研发与人才培养，降低技术应用成本，提升行业数字化水平。

4.3 公众参与与文化教育意义

公众参与与文化教育是古建筑石材加固可持续发展的重要组成部分，既能提升保护效果，又能传承弘扬古建筑文化。公众参与方面，搭建多元化的参与平台，如在景区设置古建筑保护科普展区，开展加固修复公益体验活动，邀请公众参与古建筑病害排查、日常养护等志愿活动；建立公众意见反馈机制，广泛收集公众对加固修复工作的建议，提升保护工作的科学性与针对性^[4]。文化教育意义方面，以古建筑石材加固修复为契机，开展多形式的文化教育活动，如举办专题讲座、拍摄科普视频、出版科普书籍等，向公众普及古建筑石材保护的知识和技术与意义，提升公众的文物保护意识。同时，针对青少年开展研学活动，组织参观古建筑加固修复现场，让青少年近距离感受古建筑文化的魅力，培养其文化传承意识。通过公众参与与文化教育，形成“人人参与保护、共同传承文化”的良好氛围，为古建筑石材加固的可持续发展注入社会力量。

结束语

风景文化景区古建筑石材加固施工工艺研究，对保护古建筑文化意义重大。通过优化施工工艺，能提升加固效果，减少对古建筑的二次损伤；可持续发展策略的实施，可推动加固修复向生态友好、智能化方向发展，增强公众保护意识。未来，需持续探索创新，结合新技术、新材料，不断完善加固施工工艺，实现古建筑石材的长期有效保护与文化传承。

参考文献

- [1]夏洪林.城市更新视角下的古建筑修复研究[J].中国建筑装饰装修, 2025(20): 127-129.
- [2]马春雷,崔琦.古建筑修复与加固技术的应用研究[J].建材与装饰, 2022, 18(14):12-14.
- [3]俞岚杰.碳纤维加固技术在古建筑修复中的应用研究[J].海峡科学, 2025(6): 110-112,123.
- [4]汪梓豪,程希莹,操强,等.基于BIM技术的古建筑修复研究[J].安徽建筑, 2021, 28(5): 5-6.