

福建堡寨壁画遗产修复与加固保护研究初探

林洁

福建理工大学, 福建 福州 350108

DOI:10.61369/HASS.2026030011

摘 要： 福建堡寨壁画是闽地乡土建筑艺术与民间文化的重要载体，具有不可再生的历史价值、艺术价值与科学价值。当前，受自然风化、环境污染、人为损毁、管理缺位等多重因素影响，福建境内大量堡寨壁画面临表层酥粉、色彩脱落、开裂霉变、污损覆盖等严重病害，遗存消失速度持续加快。在传统物理与化学修复手段存在局限性、整体环境保护难度较大的现实条件下，开展针对性、科学化、可持续的修复加固工作已刻不容缓。本文立足福建堡寨壁画的保存现状与病害成因，以文物保护基本原则为遵循，系统梳理人为破坏的典型特征，重点引入微生物、生物酶等生物化学前沿技术，开展壁画清洗与结构加固的实验性探索，同时结合闽地基层文保实际，提出专业人才培养与长效保护机制构建路径。研究将建筑科学、艺术学、环境科学、材料科学与工程等多学科交叉融合，旨在为福建堡寨壁画的抢救性保护、科学化修复与活态化传承提供理论支撑与实践参考，助力闽地乡土文化遗产保护事业高质量发展。

关 键 词： 福建堡寨；壁画；修复

A Preliminary Study on the Restoration and Reinforcement Protection of the Fresco Heritage in Fujian Fortresses

Lin Jie

Fujian University of Technology, Fuzhou, Fujian 350108

Abstract： The frescoes in Fujian fortresses serve as significant carriers of local architectural art and folk culture in Fujian, possessing irreplaceable historical, artistic, and scientific value. Currently, affected by multiple factors such as natural weathering, environmental pollution, human damage, and inadequate management, a large number of frescoes in Fujian fortresses are facing severe deterioration, including surface powdering, color fading, cracking, mildew, and staining, with the rate of disappearance accelerating continuously. Given the limitations of traditional physical and chemical restoration methods and the challenges in overall environmental protection, it is urgent to carry out targeted, scientific, and sustainable restoration and reinforcement work. Based on the current preservation status and causes of deterioration of the frescoes in Fujian fortresses, and adhering to the fundamental principles of cultural relic protection, this paper systematically reviews the typical characteristics of human-induced damage. It focuses on introducing cutting-edge biochemical technologies such as microorganisms and biological enzymes to conduct experimental explorations of fresco cleaning and structural reinforcement. Additionally, considering the actual situation of cultural relic protection at the grassroots level in Fujian, it proposes pathways for building a professional talent team and establishing a long-term protection mechanism. The research integrates multiple disciplines, including architectural science, art, environmental science, materials science, and engineering, aiming to provide theoretical support and practical references for the emergency protection, scientific restoration, and living transmission of the frescoes in Fujian fortresses, thereby contributing to the high-quality development of local cultural heritage protection in Fujian.

Keywords： Fujian fortresses; frescoes; restoration

引言

福建地处我国东南沿海，山地丘陵广布，历史上为抵御匪患、战乱与部族冲突，各地兴建了大量集防御、居住、祭祀、社交功能于一体的堡寨式建筑，形成了独具地域特色的“闽式堡寨”文化体系。从闽中永安安贞堡、大田土堡，到闽西土楼、闽东北寨堡，这些规模不一、形制各异的堡寨不仅是传统乡土建筑的杰出代表，更留存了大量精美绝伦的壁画、灰塑、木雕、石雕等装饰艺术。其中，堡

课题信息：本文系2026年福州市委宣传部、社科联“福州历史名人、闽都文化保护传承暨文旅融合发展”专项课题“侯官文化视域下福州古厝壁画保护与活化研究”（项目批准号：2026FZC012）成果。

作者简介：林洁（1988-）福建理工大学，副教授，研究方向：建筑非遗研究。

寨壁画以其题材丰富、技法质朴、寓意深厚，成为民间信仰、伦理教化、审美情趣与生活习俗的直观呈现，是研究福建区域社会史、民俗史、艺术史与建筑史的珍贵实物资料。

相较于宫殿、寺观、祠堂壁画，福建堡寨壁画多出自民间匠师之手，风格质朴率真、题材贴近生活，内容涵盖神话传说、历史典故、祥瑞兽、山水花鸟、戏曲故事与伦理教化，兼具艺术审美与教化功能。然而，由于堡寨多分布于山区乡村，长期处于自然风化、温湿度剧烈变化、酸雨侵蚀与微生物滋生的环境中，加之近现代以来乡村社会变迁、人为改造频繁、保护意识薄弱、资金投入不足、专业技术匮乏等多重因素叠加，大量珍贵壁画面临快速消亡的严峻局面。许多壁画出现画面酥碱、粉化、褪色、起甲、空鼓、开裂、污损覆盖等问题，部分堡寨甚至因盲目修缮、涂料覆盖、墙体拆改造成壁画永久性损毁。

在文化遗产保护日益受到重视的今天，如何在最小干预、不改变文物原状的前提下，对福建堡寨壁画实施科学有效的清洗、修复、加固与长效保护，已成为闽地文物保护领域亟待解决的重要课题。传统壁画修复多依赖物理清理与化学试剂清洗，虽能在短期内清除污垢、修补残损，但易对壁画底层、颜料层与支撑体造成二次伤害，且耐久性不足、环保性有限。近年来，生物化学技术在文物保护领域的应用日益成熟，微生物清洗、酶解去污、生物矿化加固等绿色修复手段，以温和、高效、可持续、低损伤等优势，为乡土壁画保护提供了全新路径。

基于此，本文以福建堡寨壁画为研究对象，系统梳理其保存现状、病害类型与破坏特征，严格遵循文物修复核心原则，探索将生物化学技术应用于壁画表面清洗与结构加固的可行性与实践方法，并结合基层文保实际，探讨专业修复队伍建设与长效保护机制构建，以期对福建堡寨壁画的抢救性修复与科学化保护提供可操作、可推广的技术方案与理论参考，守护闽地珍贵的乡土文化遗产。

一、福建堡寨壁画的价值内涵与保存现状

（一）福建堡寨壁画的多重价值

福建堡寨壁画并非单纯的建筑装饰，而是集历史价值、艺术价值、科学价值、社会文化价值于一体的综合性文化遗产。从历史价值来看，堡寨壁画真实记录了明清至民国时期福建乡村社会的生产生活、宗族制度、民间信仰、礼仪习俗与审美风尚，是民间社会“以画载道、以美育人”的生动载体。壁画中呈现的建筑形制、服饰器物、戏曲桥段、吉祥纹样，均可与地方文献、族谱、碑刻相互印证，为区域历史研究提供了图像史料。从艺术价值来看，福建堡寨壁画植根于民间美术土壤，融合了闽地传统绘画、民间彩绘、戏曲脸谱与吉祥图案的艺术特征，形成了造型质朴、色彩明快、构图饱满、寓意吉祥的独特风格。民间匠师以质朴的笔触、天然的矿物与植物颜料，将世俗生活与精神追求融为一体，具有鲜明的地域特色与原创价值，是中国民间绘画体系的重要组成部分。从科学价值来看，堡寨壁画的制作工艺、材料配比、施色技法、墙体构造与防潮处理方式，反映了闽地民间匠师在建筑装饰、材料利用与环境适应方面的智慧。壁画的颜料成分、胶结材料、地仗层结构，对于研究传统乡土工艺、矿物颜料使用与民间彩绘技术具有重要科学研究意义。从社会文化价值来看，壁画多以忠孝节义、福祿寿喜、驱邪纳吉、劝善惩恶为主题，承担着伦理教化、信仰传承、凝聚宗族、美化空间的社会功能，是传统乡村文化秩序与精神家园的重要象征。在当代，堡寨壁画更是乡村文化振兴、乡土文化认同与非遗传传承的重要资源。

（二）福建堡寨壁画面临的严峻保存现状

福建属亚热带季风气候，高温多雨、空气湿度大、光照强烈、酸雨频发，加之山区生物活动频繁，为壁画保存带来了天然挑战。当前，福建堡寨壁画整体保存状况堪忧，病害类型复杂多样，遗存数量以惊人速度减少，主要呈现以下突出问题：

一是物理风化与结构破损严重。多数堡寨建筑年代久远，墙体结构老化，受温度变化、雨水渗透、冻融循环、地基沉降等影响，壁画支撑体出现开裂、空鼓、变形、酥碱等现象。壁画表层普遍存在粉化、起甲、脱落、破碎等问题，部分画面大面积缺失，图像信息濒临消失。同时，空气中粉尘、颗粒物长期沉积，使画面被灰垢覆盖，色彩暗淡、形象模糊。二是化学腐蚀与颜料劣化显著。工业污染带来的二氧化硫、氮氧化物等酸性气体，与雨水结合形成酸雨，对壁画地仗层与颜料层产生强烈腐蚀，导致颜料变色、褪色、粉化。壁画内部盐分在湿度变化下反复运移，引发酥碱、泛白、空鼓等典型盐害，破坏壁画结构稳定性。部分有机颜料在光照与湿度作用下发生氧化降解，导致画面色彩失真、层次丧失。三是生物侵害与霉变滋生普遍。高温高湿的气候条件为细菌、真菌、霉菌、藻类、地衣等微生物提供了良好的繁殖环境。微生物在壁画表面生长代谢，形成黑灰色菌斑、霉层、生物膜，不仅覆盖画面、污染颜料，还会分泌酸性物质腐蚀墙体与颜料，造成壁画表层疏松脱落。部分植物根系侵入墙体，进一步加剧结构破损。四是人为破坏与管理缺失问题突出。相较于自然损毁，人为破坏对堡寨壁画的影响更为直接与致命。乡村建设、房屋翻新、室内装修过程中，随意刷漆覆盖、凿墙改造、擦拭涂抹等行为屡禁不止；部分基层管理人员缺乏文保意识，采取错误的修复与加固方式，造成不可逆破坏；同时，乡村堡寨多无专人管护，防盗、防污、防破坏措施缺失，进一步加速壁画消亡。

二、福建堡寨壁画的病害成因与破坏特征

（一）壁画病害的主要成因

福建堡寨壁画的病害形成是自然环境、材料劣化、人为活动三者长期共同作用的结果，具有明显的地域特征。气候环境方

面，亚热带高温高湿气候使壁画长期处于高湿度环境，水分不断渗透墙体，导致地仗层酥松、胶结材料失效、颜料层脱落。强烈的太阳辐射加速有机颜料光氧化，造成褪色、变色；昼夜与季节温差导致墙体热胀冷缩，引发开裂与空鼓；东南沿海酸雨频发，对壁画产生化学腐蚀，加剧材料劣化。材料与工艺方面，堡寨壁画为民间匠师就地取材制作，地仗层多以黄土、石灰、沙子、麻纤维、草灰等混合而成，材料强度较低、耐久性较差，易受水浸、盐害与生物侵蚀。颜料以天然矿物颜料与植物颜料为主，胶结材料多为动物胶、植物胶，耐水性、耐光性较弱，在环境作用下易分解失效，导致颜料层粉化脱落。盐分运移与结构劣化方面，墙体土壤与地下水中的可溶性盐类随水分迁移至壁画表面，水分蒸发后盐分结晶膨胀，反复产生内应力，造成壁画表层酥粉、起鼓、脱落，即典型的盐害病变。同时，堡寨墙体多为夯土墙、砖石墙，长期雨水渗透导致墙体碱化、强度下降，支撑体失稳直接威胁壁画安全。人为活动与管理因素方面，乡村居住环境改造、室内粉刷、电线铺设、杂物堆放等直接造成壁画覆盖、刮擦、破损；不合理的修缮行为，如使用现代涂料、水泥、化学胶黏剂等，破坏壁画原始材质与风貌；基层文保职责不清、资金不足、专业人员匮乏，导致“重开发、轻保护”“重建筑、轻壁画”现象普遍存在，许多珍贵壁画在无人管护中自然消亡。

（二）福建堡寨壁画人为破坏的典型特征

在各类破坏因素中，人为破坏具有突发性、不可逆性与破坏性强的特点，是当前堡寨壁画保护最需警惕的问题。结合闽地乡村实际，人为破坏主要呈现三大特征。一是事后补救取代预防性保护。多数堡寨壁画保护长期处于破损后再修补的被动状态，缺乏前期预防措施。在壁画尚未严重损坏时，未采取有效防护，一旦出现破损，便使用现代颜料、丙烯、油漆等随意补色、补形，导致壁画色彩失真、风格割裂、韵味尽失，看似修复，实则造成二次破坏。

二是简单粗暴的全覆盖式损毁。乡村室内装修中，为追求墙面整洁，直接使用白灰、涂料、油漆对壁画进行满刷覆盖，是最常见、最具毁灭性的破坏方式。如福建永安清水畲族乡沧海古村落、大田部分土堡内，大量精美壁画被白色油漆平刷覆盖，画面信息彻底消失，造成文化遗产永久性灭失。三是修复不当与材料滥用。基层缺乏专业修复队伍，许多壁画修复由普通工匠甚至村民自行操作，存在机械化修复、劣质材料滥用、工艺失当等问题。使用强碱性化学清洗剂、劣质胶黏剂、非可逆修复材料，导致壁画颜料层腐蚀、地仗层粉化、微生物滋生加剧；修复过程不遵循科学流程，随意打磨、填补、重绘，使壁画丧失真实性与历史感。

三、福建堡寨壁画修复应遵循的核心原则

福建堡寨壁画作为不可移动文物与乡土文化遗产，其修复与加固必须严格遵循国际国内文物保护的核心准则。

第一，不改变文物原状原则。修复过程中必须保留壁画的原始形制、工艺材料、色彩风格与历史痕迹，不得随意更改构图、

补绘内容、替换材料或改变艺术风格。严禁以现代审美与工艺对壁画进行美化式、创作式修复，确保遗存的历史信息与艺术价值得到完整保留。

第二，最小干预与可逆性原则。修复应采取最小干预手段，仅针对病害部位实施清洗、加固、修补，最大限度保留原始材质与画面信息。所使用的修复材料、加固剂、清洗剂必须具备可逆性，未来可在不损伤壁画本体的前提下安全去除，为后续更先进的技术修复预留空间。

第三，预防为主、防治结合原则。将预防性保护置于首位，通过改善堡寨微环境、设置防护设施、控制温湿度、减少人为扰动等措施，延缓病害发生。修复加固与日常维护相结合，建立监测—预防—修复—管护全链条保护体系，降低再次损坏风险。

第四，科学修复与多学科融合原则。摒弃经验式、随意化修复，以科学检测、病害分析、材料研究为基础，采用现代科技手段与传统工艺相结合的方式开展工作。推动建筑科学、艺术学、材料学、生物学、环境科学交叉融合，确保修复方案科学、安全、有效。第五，地域性与可持续性原则。修复技术与材料选择应充分适应福建高温、高湿、多雨、酸性环境的地域特点，注重修复效果的耐久性、与环保性。优先采用绿色、低污染、低成本、易推广的技术手段，契合乡村文保实际，实现长期可持续保护。

四、生物化学技术在堡寨壁画清洗修复中的实验性探索

传统壁画清洗主要采用物理擦拭、机械打磨与化学溶剂清洗等方法。物理清理易损伤脆弱画面，化学清洗剂腐蚀性强，易造成颜料褪色、地仗层酥松、微生物滋生等副作用，尤其不适用于福建堡寨这类材质脆弱、保存状况差的民间壁画。近年来，微生物修复技术与生物酶清洗技术以其温和、高效、环保、微创、高选择性等优势，在石质文物、古建筑壁画、彩绘保护中得到广泛应用，为福建堡寨壁画清洗提供理想方案。福建堡寨壁画表面污垢以无机粉尘、炭黑、可溶性盐、生物代谢物、霉菌菌斑、有机污染物为主，其中黑灰色顽固污垢多由微生物膜、硫酸盐、含碳化合物组成，附着力强、常规方法难以清除。这些污垢堵塞壁画孔隙，加速颜料劣化，严重影响画面观感与信息解读。

微生物清洗利用特定功能微生物的代谢活动，分解、转化、去除壁画表面的有机污染物、硫酸盐黑垢与生物膜，不损伤颜料层与地仗层。针对壁画表面黑色硫酸盐水垢，可采用脱硫弧菌，通过代谢作用将不溶性黑色硫化物还原分解，随棉织物覆盖吸附清除。采用假单胞菌等功能菌株，配合专用培养基，通过菌体棉织物覆盖法，可有效清除黑灰色菌斑与陈旧污垢，恢复画面清晰度。生物酶是由活细胞产生的高效催化剂，具有专一性强、反应温和、无腐蚀、易去除、成本低廉等特点，适合乡土壁画的浅层清洗与表面去污。针对有机污垢、蛋白质类污染物、生物残体，采用蛋白酶、脂肪酶配制温和清洗液，可快速分解有机污垢，不损伤颜料与地仗。生物酶材料价格低廉、操作简便，非常适合福建山区县乡财力有限、技术条件薄弱的现实情况。相较于传统方

法，生物化学清洗具有温和微创、高效靶向、绿色环保、经济适用、可持续的突出优势，对福建堡寨壁画这类脆弱民间遗存尤为适用。

五、福建堡寨壁画结构加固保护的技术路径

壁画加固的核心目标是稳定地仗层、黏结起甲层、修补裂缝、增强墙体整体性，防止画面进一步脱落与结构破损。传统加固多采用有机或无机胶黏剂注入缝隙，但存在耐久性差、易黄变、透气性差、加剧风化等问题。微生物诱导碳酸钙沉淀技术是近年兴起的绿色生物加固技术，利用脲基细菌代谢产生碳酸根离子，与环境中钙离子结合，生成方解石晶体，填充于墙体孔隙、裂缝与颜料层间隙，实现自下而上的微创加固。该技术与传统石灰墙体成分一致，不改变外观与材质，保持墙体呼吸功能，最小干预且耐久性强，可重复实施，适合乡土建筑长期维护。

结合福建堡寨实际，构建结构加固 + 裂缝修补 + 表面封护 + 环境控制的综合保护体系：对酥松地仗层采用微生物矿化加固；对墙体裂缝采用传统灰浆与生物材料复合修补；对起甲颜料层采用可逆性弱胶黏剂点粘加固；表面施加透气、防水、耐候的无机防护层；配套堡寨排水、防潮、通风、遮光等环境改造，从源头减缓病害。

六、福建堡寨壁画保护的专业队伍建设与长效机制

专业人才匮乏是当前福建堡寨壁画保护最突出的短板。堡寨壁画修复是集绘画功底、文史素养、材料知识、修复技艺、文保

伦理于一体的综合性专业工作，必须加快建设一支本土化、专业化、规范化的壁画修复队伍。人才培养应强化传统绘画、矿物颜料、地仗制作、彩绘修复等实操能力，系统学习文物修复法规、保护原则、病害诊断、材料科学、生物化学技术等内容，树立保护优先、最小干预、尊重原作、杜绝创作的职业准则，并结合福建地域特点开展针对性训练。在修复实践中全面推行标准化流程：前期勘察与病害检测 — 材料分析与工艺研究 — 方案设计与小型实验 — 清洗除尘 — 加固结构 — 修补残缺 — 缓色回贴 — 封护防护 — 后期监测、记录建档与定期维护。同时构建政府主导、学术支撑、基层落实、社会参与、法治保障的多方协同机制，加大财政投入，明确县、乡、村三级管护责任，加强文保普法，严厉打击恶意破坏行为，以永安贞贞堡等重要遗存为示范工程，形成可复制、可推广的福建模式。

七、结论与展望

福建堡寨壁画是闽地乡土文化的珍贵遗存，承载着民间历史、艺术、信仰与生活的集体记忆。在自然风化与人为破坏的双重压力下，其保护已刻不容缓。生物化学清洗与微生物矿化加固等绿色技术，以温和、微创、环保、经济、可持续的特点，高度适配福建堡寨壁画的材质特征与基层保护现实，为抢救性保护提供了科学可行的新路径。未来，福建堡寨壁画保护应持续推动科技赋能、乡土适配、多方共治，加强病害监测、微环境控制、数字化存档与活态传承，让这些深藏山区的民间艺术瑰宝得以永续传承，为福建乡土文化遗产保护与乡村文化振兴提供坚实支撑。

参考文献

- [1] Gauri,K.L.,Parks,L.,Laynes,J.,et al.Removal of sulfated-crust from marble using sulfate reducing bacteria[A].Stone cleaning and the Nature,Soiling and Decay Mechanisms of Stone(Webster,RGM.,ed.)[C],Donhead,London,2006,24(6):160~165.
- [2]Ranalli,G.,Alfano,G.,Belli,C.,et al.Biotechnology applied to cultural heritage:biorestitution of frescoes using viable bacterial cells and enzymes[J].Journal of Applied Microbiology,2005,98,73~83.
- [3] 张敢 [意] 梅毕娜主编《意大利壁画修复》第一章，15页。