

文物建筑保护性修缮技术在 EPC 项目中的应用研究

文 / 肖丙旭 广州市越秀区代建项目管理中心

摘要：在城市化进程加速推进和文化遗产保护需求日益迫切的时代背景下，传统的文物建筑保护修缮项目管理模式面临着技术整合困难、质量控制标准不统一、项目周期冗长等挑战。本研究以 EPC 总承包模式为切入点，系统分析了文物建筑保护修缮技术特征与 EPC 模式的理论内涵，深入探讨了保护性修缮技术在 EPC 项目中的集成应用机制。通过构建古建筑结构保护修缮技术集成、传统材料与现代检测技术协同应用、文物保护监测与智能化管理技术集成三大技术体系，形成了传统工艺与现代技术深度融合的创新模式，实现了文物建筑保护的科学化、精细化管理，为文物保护工程提供了新的理论指导和实践路径。

关键词：文物建筑保护；修缮技术；EPC 模式；技术集成；智能化管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.106

引言

文物建筑作为承载历史记忆与文化传承的重要载体，其保护修缮工作直接关系到文化遗产的传承质量与民族文化的延续发展。随着国家对文化遗产保护的重视程度不断提升，文物建筑保护修缮项目的复杂性和专业性要求日趋严格，传统的分段式、多主体协作模式已难以满足现代文物保护工程的精细化管理需求。EPC 总承包模式作为工程建设领域的成熟管理模式，其一体化管理理念与文物建筑保护修缮的系统性要求高度契合，为解决当前文物保护工程中存在的技术整合难题、质量标准不统一、工程界面复杂等问题提供了新的思路。本研究旨在探索文物建筑保护性修缮技术与 EPC 项目管理模式的有机结合路径，通过理论分析与技术集成机制构建，为提升文物建筑保护修缮的科学化水平、推动文物保护事业的可持续发展提供理论支撑和实践指导。

一、EPC 模式在文物建筑保护修缮中的应用基础

（一）文物建筑保护修缮技术特征分析

文物建筑保护修缮技术体现出鲜明的多元化特征，其核心在于平衡历史价值保持与结构安全需求的双重目标，具体特征体系见下图 1。文物建筑保护修缮技术体系融汇传统营造工法与当代科学手段，形成独特的保护理念框架。在材料选择层面，严格遵循“以旧补旧、最少干预”准则，优先采用与原构件性质相近的传统材料，同时运用现代材料科学进行性能评估与改良。工艺实施过程中，传承古代匠作技艺精髓，结合现代检测分析技术，确保修缮措施的科学性与可行性。质量控制方面，建立涵盖文物保护规范与建筑工程标准的复合评价体系，通过多学科专家联合审核机制，保障修缮成果既符合文物保护要求，又满足现代使用功能需要。

（二）EPC 总承包模式的理论内涵与优势

EPC (Engineering-Procurement-Construction) 总承包模式作为项目管理领域的重要创新，其理论内涵体

现为单一责任主体统筹工程全生命周期的管理理念。EPC 模式通过整合设计、采购、施工三大核心业务板块，形成一体化管理架构，有效破解传统分包模式下界面管理复杂、责任划分模糊的固有弊端。从组织架构角度观察，EPC 模式构建了扁平化决策体系，缩短信息传递链条，提升决策响应效率。成本控制维度上，总承包方承担全程成本风险，激发其主动优化设计方案、精简采购流程、改进施工工艺的内在动力，实现全过程成本最优配置。进度管理层面，设计与施工并行推进，消除传统模式下各阶段衔接时间损耗，显著压缩项目建设周期。

（三）文物保护修缮 EPC 项目实施现状

我国文物保护修缮 EPC 项目实施现状呈现出起步较晚但发展迅速的基本态势。从项目数量分布看，近五年来此类项目年均增长率超过 35%，主要集中在历史文化名城及重点文物保护区域^[1]。项目规模方面，投资额从百万级的单体建筑修缮扩展至数亿元的历史街区综合保护工程，呈现多元化发展格局。地域分布上，东部沿海城市凭借资金优势和管理经验率先推广应用，中西部地

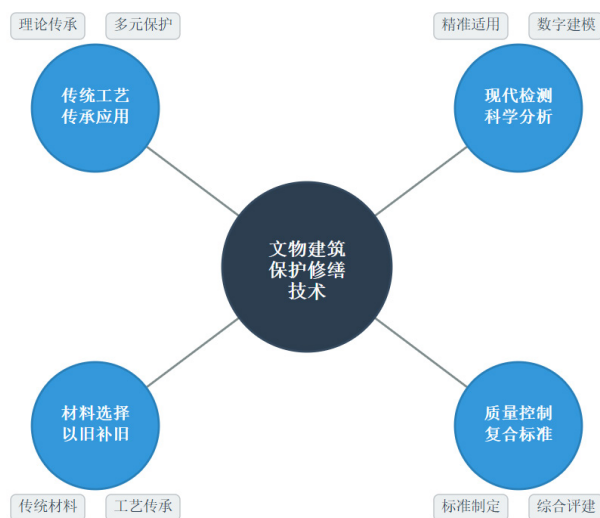


图 1 文物建筑保护修缮技术特征体系图

区正逐步跟进实践。承包主体构成日趋专业化，具备文物保护工程资质与建筑工程资质双重认证的企业数量持续增加。项目类型涵盖古建筑群落修复、传统民居改造、文保单位环境整治等多个领域。

二、保护性修缮技术在 EPC 项目中的集成应用机制

(一) 古建筑结构保护修缮技术的 EPC 集成应用

1. 木结构榫卯修复与现代加固技术集成

木结构榫卯修复与现代加固技术的集成应用是古建筑保护修缮 EPC 项目中的关键技术节点，其核心在于构建传统工艺与当代技术的有机融合机制。在 EPC 项目实施框架下，设计阶段通过三维激光扫描与传统测绘相结合的方式，精确记录残损榫卯构件的几何形态与受力状态，为修复方案制定提供科学依据；采购环节严格按照“同材质、同规格、同工艺”标准选配木材，同时引入碳纤维、环氧树脂等现代加固材料，确保材料性能与原构件兼容^[2]。施工过程中，传统榫卯修复技艺与现代加固工法协调实施，先采用传统木工技法恢复榫卯原有连接形式，再运用预应力锚索、钢筋混凝土托换等现代技术强化整体结构稳定性。

2. 砖石结构保护修缮与结构安全监测集成

砖石结构保护修缮与结构安全监测集成技术在 EPC 项目中形成了预防性保护与实时监控相结合的技术应用体系，通过数字化监测手段指导传统修缮工艺实施。在 EPC 项目框架下，设计阶段运用探地雷达、超声波检测等无损探测技术全面评估砖石结构病害程度，建立结构健康档案，同步部署光纤传感器、倾斜仪、位移计等监测设备形成实时监控网络；采购环节按照古法制砖工艺标准定制修缮用砖石材料，配套引入高精度传感设备与数据采集系统，确保监测设备与历史建筑环境协调统一。施工实施中，传统砌筑修复技法与智能监测技术同步推进，通过传统的“干摆灌浆”、“勾缝补强”等工艺修复破损砖石构件，同时利用实时监测数据指导施工参数调整，避免修缮过程对结构造成二次损伤。EPC 承包方建立涵盖施工质量监控与长期健康监测的一体化管理平台，通过数据分析预警系统及时发现结构异常变化，为后续维护决策提供科学支撑，实现砖石结构修缮效果的量化评估与动态优化，确保文物建筑结构安全与历史价值的长期保持^[3]。

3. 传统屋面工艺与现代防水技术集成

传统屋面工艺与现代防水技术集成应用是古建筑屋面系统修缮的核心技术路径，通过 EPC 项目管理模式实现传统营造智慧与现代防护技术的深度融合。在 EPC 项目执行体系中，设计阶段采用红外热成像技术检测屋面渗漏隐患，结合传统屋面构造分析确定修缮范围，制定

分层防护方案：底层采用透气性防水卷材作为隐蔽防护层，中层恢复传统望板铺设工艺，表层按古法重新铺筑小青瓦或琉璃瓦；采购环节遵循传统瓦作材料规制，定制烧制传统规格瓦件，同步采购符合文物建筑环境要求的新型透汽防水材料，确保材料兼容性与耐久性。施工过程中，瓦作工匠采用传统的“一顺一丁”、“鸳鸯交手”等铺瓦技法恢复屋面历史形制，现代防水工艺则在不影响外观的前提下提供可靠的防护功能，通过精确控制搭接长度、密封胶条设置等细节工艺实现防水性能优化^[4]。

(二) 传统材料与现代检测技术的协同应用

1. 传统灰浆配制与现代材料性能检测集成

传统灰浆配制与现代材料性能检测集成技术在 EPC 项目中构建了古法工艺与科学检验相融合的材料质量保障体系，通过现代检测手段指导传统灰浆配制工艺的精准实施。在 EPC 项目管理框架内，设计阶段首先对原建筑灰浆进行 X 射线衍射分析、扫描电镜观察等微观检测，精确解析原有灰浆的成分配比与微观结构特征，为传统灰浆复原提供科学配方依据；采购环节按照检测结果确定的技术参数采购优质石灰、细砂、植物纤维等传统原料，同时配备便携式 X 荧光光谱仪、强度试验机等现场检测设备，确保原料品质符合传统工艺要求。施工过程中，灰匠严格按照传统“三年陈化石灰、筛选细砂、添加糯米浆”等古法工序配制修缮灰浆，现代检测技术则实时监控灰浆的凝结时间、抗压强度、收缩率等关键性能指标，通过动态调整配比参数确保灰浆性能与原构件相匹配^[5]。

2. 古建彩绘保护与数字化色彩分析集成

古建彩绘保护与数字化色彩分析集成技术在 EPC 项目中建立了传统彩绘修复工艺与现代色彩科学相结合的精准修缮体系，通过数字化手段指导传统彩绘技法的科学实施。在 EPC 项目执行框架中，设计阶段运用高光谱成像技术对残存彩绘进行无损扫描，获取不同波段下的色彩信息，结合拉曼光谱分析技术识别颜料成分与分子结构，建立彩绘色彩数据库，为传统颜料复配提供精确的色值参考；采购环节根据光谱分析结果采购朱砂、石青、石绿等传统矿物颜料，同时配备色差仪、分光光度计等色彩检测设备，确保调配颜料与历史原色高度吻合。施工过程中，彩绘师傅运用传统的“沥粉贴金”、“退晕分染”等古法技艺进行彩绘修复，数字化色彩分析系统实时监控修复过程中的色彩偏差值，通过 Lab 色彩空间坐标比对确保修复色彩的准确性^[6]。

3. 传统瓦作工艺与 BIM 建模技术集成

传统瓦作工艺与 BIM 建模技术集成应用在 EPC 项目中构建了古法营造与数字化建造相融合的精细化管理体系，通过三维信息模型指导传统瓦作工艺的准确实施。

在 EPC 项目实施体系中，设计阶段运用三维激光扫描技术获取屋面现状几何数据，结合传统瓦作法则建立参数化 BIM 模型，精确模拟各类瓦件的铺设规律、排水坡度、檐口收头等构造细节，为瓦作工程量计算与施工方案优化提供数字化依据；采购环节基于 BIM 模型的工程量统计结果采购筒瓦、板瓦、滴水等各类瓦件，运用 RFID 技术对瓦件进行编码管理，确保材料规格与模型设计参数一致。施工过程中，瓦作工匠依据传统“压七露三”、“瓦垄对缝”等营造法则进行屋面铺筑，BIM 系统通过移动终端实时显示铺设进度与质量控制点，指导工匠精确掌握瓦件间距与搭接尺寸^[7]。

（三）文物保护监测与智能化管理技术集成

1. 结构健康监测系统在 EPC 项目中的应用

结构健康监测系统在 EPC 项目中的应用构建了文物保护修缮全过程动态监控与预警管理体系，通过智能化传感技术实现修缮工程与长期保护的一体化管理。在 EPC 项目实施框架内，设计阶段根据文物建筑结构特点与病害分析结果，制定分层级监测方案：在关键承重构件安装应变传感器监测受力变化，在易发生沉降部位布设倾斜仪和位移计追踪变形趋势，在环境敏感区域配置温湿度传感器记录微环境参数；采购环节选用适合文物建筑环境的无线传感设备，确保监测装置具备防水、防腐、低功耗等特性，同时采购数据采集器、传输设备等配套系统，建立完整的监测网络。施工过程中，监测系统与修缮工艺同步实施，在结构加固、材料更换等关键工序中实时采集应力应变数据，通过设定阈值范围及时发现异常情况，指导施工参数调整，避免修缮过程对文物本体造成损害。

2. 环境监测技术与文物预防性保护集成

环境监测技术与文物预防性保护集成应用在 EPC 项目中构建了基于环境因子控制的文物本体保护体系，通过多参数环境监测指导预防性保护措施的精准确实。在 EPC 项目管理体系中，设计阶段根据文物建筑的材质特性与病害规律，制定针对性的环境监测方案：在室内空间部署温湿度传感器、光照度计、二氧化碳浓度检测仪等设备，在建筑周边设置气象站监测大气环境参数，在地基部位安装土壤湿度传感器追踪地下水位变化，形成立体化环境监测网络；采购环节选配具备高精度、长期稳定性的环境监测设备，同时采购除湿机、恒温系统、紫外线过滤装置等环境调控设备，确保监测与调控设备的技术匹配性。施工过程中，环境监测系统实时采集温度、湿度、光照、污染物浓度等关键环境参数，当监测数据显示环境条件偏离文物保存最适范围时，自动启动相应的环境调控设备进行干预，通过精确控制室内微气候参数防止文物材料因环境变化产生膨胀收缩、霉菌滋生、光化学损伤等病害。

3. 数字化档案管理与施工过程记录集成

数字化档案管理与施工过程记录集成技术在 EPC 项目中构建了文物建筑保护修缮全过程信息化管理体系，通过数字化手段实现施工过程的精准记录与档案的系统管理。在 EPC 项目实施体系中，设计阶段建立基于云端存储的数字化档案管理平台，制定统一的数据标准与分类体系，涵盖文物建筑历史沿革、现状勘察、设计方案、材料信息等基础档案，同时部署移动采集终端、高清摄像设备、三维扫描仪等数据记录设备，为施工过程全程记录提供技术支撑；采购环节选配具备防尘防水功能的便携式数据采集设备，同时采购大容量存储服务器、备份系统等数据管理硬件，确保档案数据的安全性及完整性。施工过程中，技术人员运用移动终端实时记录每道工序的操作流程、材料使用、质量检验等关键信息，通过时间戳、GPS 定位、数字签名等技术确保记录数据的真实性与可追溯性，形成涵盖施工前、施工中、施工后全阶段的数字化档案。

结语

文物建筑保护性修缮技术在 EPC 项目中的应用研究表明，通过构建传统工艺与现代技术的深度融合机制，能够有效提升文物保护工程的管理效率和修缮质量。EPC 总承包模式为文物建筑保护提供了系统性解决方案，实现了设计、采购、施工全过程的一体化管理，有效破解了传统模式下多方协调困难、技术衔接不畅的问题。未来应进一步完善相关技术标准，加强专业人才培养，推动文物保护事业的科学化、现代化发展。

参考文献

- [1] 林毅. 革命文物建筑恢复历史原貌修缮施工技术研究 [J]. 工程建设与设计, 2025, (08): 95-98.
- [2] 季宏, 莫智伟, 王琼. 基于 BIM 技术的福建木结构文物建筑修缮保护研究——以华林寺大殿为例 [J]. 华中建筑, 2025, (01): 64-69.
- [3] 陆耀. 文物建筑外立面修缮加固技术 [J]. 工程建设与设计, 2024, (12): 189-191.
- [4] 林建军. 文物建筑保护修缮技术研究——以福州三坊七巷小黄楼西花厅为例 [J]. 海峡科学, 2024, (06): 92-95.
- [5] 许军. 古建筑修缮过程中提高文物建筑保护与利用的技术研究 [J]. 收藏, 2023, (01): 169-172.
- [6] 濮丽. 古建筑修缮过程中提高文物建筑保护与利用的技术研究 [J]. 艺术品鉴, 2022, (11): 26-29.
- [7] 李宁, 王翌翔, 王靖淞. 面向文物建筑保护修缮需求的正射图图示化解析技术与方法研究 [J]. 古建园林技术, 2021, (01): 79-83.