

古建筑结构安全评估及加固修缮方法研究

潘迪 谢赫曦

中国联合工程有限公司 浙江 杭州 310051

摘要：古建筑作为历史文化的物质见证，其结构安全评估与加固修缮是文化传承的关键环节。本文深入探究古建筑保护领域，系统梳理结构安全评估理论体系，全面剖析传统与现代评估技术手段，详细阐述加固修缮核心技术。重点挖掘传统工艺与现代技术在浙江地区的融合实践，前瞻性展望未来发展趋势，致力于为古建筑保护提供兼具科学性与地域特色的解决方案。

关键词：古建筑；结构安全评估；加固修缮；地域特色保护

引言：古建筑承载着历史的记忆与文明的脉络，是不可再生的珍贵文化遗产。历经漫长岁月的洗礼，加之自然环境的侵蚀、人类活动的影响，古建筑普遍面临结构老化、损坏等安全隐患。在浙江地区，独特的江南水乡气候与人文环境，孕育了如东阳木雕建筑、嘉兴乌镇水乡古民居等极具地域特色的古建筑。然而，高温多雨的气候易引发木结构腐朽、砖石风化，旅游开发与城市建设也给古建筑结构安全带来挑战。因此，深入研究古建筑结构安全评估及加固修缮方法，探索传统与现代技术的融合路径，对实现古建筑的长效保护与文化遗产意义深远。

1 古建筑结构安全评估理论基础

1.1 古建筑结构力学特性剖析

古建筑的结构力学特性深受材料、构造和设计理念的多重影响。从材料特性来看，传统木材、砖石、夯土等与现代建筑材料有着本质区别。木材的干缩湿胀特性使其在温湿度变化下易变形开裂；砖石虽抗压性能良好，但抗拉能力薄弱；夯土结构则抗剪强度较低。在构造方面，榫卯连接、斗拱层叠等独特构造赋予古建筑一定的柔性，榫卯节点在地震中能通过适度变形消耗能量，但长期使用也存在连接松动的风险。以浙江地区为例，东阳古建筑的木雕梁架结构，在满足装饰性需求的同时，增加了构件受力的复杂性。从设计理念角度，古建筑注重与自然环境和谐共生，多依山水地势而建，地基受力受地形影响显著，且传统营造缺乏精确的力学计算，结构安全性更多依赖工匠经验，这些特性在安全评估中需全面考量。

1.2 结构安全评估原则与标准体系

古建筑结构安全评估需严格遵循真实性、完整性和最小干预等基本原则。真实性原则要求评估过程以建筑原始结构和材料为基础，最大限度保留历史信息；完整性原则强调对建筑整体及其周边环境进行综合考量；最小干预原则旨在避免过度修缮对建筑原真性造成破坏。

在评估标准方面，国际上以《威尼斯宪章》为代表，为文化遗产保护提供了基本准则。国内也制定了《古建筑木结构维护与加固技术规范》等一系列标准。在浙江地区，结合地域建筑特色，制定了适用于潮湿环境下木结构、砖石结构的评估标准，明确不同建筑类型的评估要点和方法，如针对东阳木雕建筑，特别关注木雕构件对整体结构的影响。

1.3 影响结构安全的关键因素解析

影响古建筑结构安全的因素主要包括自然因素和人为因素。自然因素中，气候条件的影响尤为显著。浙江地区夏季高温多雨，潮湿的环境极易导致木结构腐朽、虫蛀，砖石结构风化剥落；台风、暴雨等极端天气可能引发屋顶坍塌、墙体开裂；虽地震发生频率较低，但一旦发生，对古建筑结构破坏力巨大。人为因素方面，城市建设中周边施工产生的振动、地下水位变化，会对古建筑地基稳定性造成影响；游客参观带来的人流压力、不当的内部功能改造等行为，也会削弱古建筑的整体结构安全。

2 古建筑结构安全评估常用方法

2.1 传统经验检测评估方法探究

传统经验检测评估方法依赖工匠丰富的实践经验和感官判断。通过“望、闻、问、切”的方式，对古建筑进行全面检查。“望”即观察建筑外观，查看是否存在裂缝、变形，木结构有无腐朽变色，砖石结构是否松动移位；“闻”通过辨别木材气味判断内部腐朽情况；“问”向相关人员询问建筑历史、使用情况及以往修缮记录，获取背景信息；“切”则通过手敲击、摇晃构件，感受其牢固程度。在浙江古建筑评估实践中，经验丰富的老工匠能够凭借观察木雕梁柱的色泽、纹理变化，初步判断木材内部腐朽程度；通过查看马头墙的砖缝状态，评估墙体的稳定性。

2.2 现代数字化检测评估技术应用

筑修缮中,对于具有重要艺术价值的木雕构件,运用传统榫卯修复技术,并结合现代防腐处理,在保留雕刻艺术完整性的同时,延长构件使用寿命;对于无法修复的构件,依据历史资料和传统工艺重新制作,确保建筑结构 with 艺术价值得以延续。

3.3 建筑风貌保护与修缮工艺传承

古建筑风貌保护是修缮工作的重要目标。在修缮工艺选择上,优先采用传统工艺,确保修缮后建筑风格的统一性。例如,浙江古建筑的砖瓦修复,沿用传统烧制工艺,还原青砖黛瓦的古朴质感;木雕、砖雕修复由技艺精湛的工匠手工操作,保留装饰纹样的细腻神韵。在材料选用方面,尽量选择与原建筑相同或相近的材料。修缮过程中,注重保留建筑的历史信息,避免过度翻新。对于需要新增的构件或设施,在设计上充分考虑与原有建筑风貌的协调性。如在古建筑中增设现代化消防设施时,采用隐蔽设计,使其不影响建筑整体美感,实现结构安全加固与风貌保护的有机统一。

4 古建筑加固修缮的技术融合

4.1 传统工艺与现代技术融合模式

传统工艺与现代技术的融合为古建筑加固修缮带来创新发展。在检测评估环节,利用现代数字化技术获取数据,结合传统经验进行分析判断,提高评估的准确性。例如,通过三维激光扫描获取古建筑结构数据后,由工匠依据经验深入分析数据背后隐藏的结构隐患。在加固修缮施工过程中,将现代材料与传统工艺相结合,如使用碳纤维增强材料加固木结构的同时,运用榫卯连接工艺,既提升结构强度,又保留传统建筑特色。在浙江古建筑修缮实践中,将纳米材料与传统桐油复合,制成新型防腐涂料用于木结构防护,该涂料兼具现代材料的高性能和传统工艺的适应性,实现了传统工艺在现代技术支持下的创新应用。在杭州灵隐寺的修缮中,采用三维激光扫描技术全面掌握建筑结构现状,再由经验丰富的工匠对扫描数据进行解读,制定针对性修缮方案。

4.2 新材料在古建筑修缮中的创新应用

新材料的应用为古建筑修缮提供了新的解决方案。新型环保胶凝材料用于砖石结构修复,不仅粘结强度高、耐久性好,还具有良好的透气性,符合古建筑材料特性要求。可降解复合材料适用于制作临时性支撑结构或替换部分损坏构件,在完成修缮功能后可自然降解,减少对建筑的影响。在浙江地区,针对潮湿环境研发的新型防水材料,应用于古建筑屋顶、墙体防水处理,在不改变建筑外观的前提下,有效提升防水性能,解决了江南水乡古建筑长期受雨水侵蚀的难题,为古建

筑保护提供了更优质的材料选择。

4.3 信息化技术在修缮管理中的重要作用

信息化技术在古建筑修缮管理中发挥着关键作用。利用建筑信息模型(BIM)技术,对古建筑修缮过程进行可视化模拟,优化施工方案,提前发现并解决潜在问题,提高施工效率和质量。通过建立古建筑修缮管理信息系统,整合建筑历史资料、检测评估数据、修缮施工记录等信息,实现修缮工作全过程的动态管理。在浙江,部分古建筑保护项目运用物联网技术,对修缮后的建筑进行实时监测,及时掌握结构安全状况,为后续维护提供数据支持,推动古建筑修缮管理向智能化、科学化方向迈进。如对温州永昌堡古建筑群,运用BIM技术模拟修缮施工流程,提前规划施工顺序、材料运输路线等,有效提高施工效率。

5 古建筑结构安全评估与修缮的发展趋势

5.1 智能化检测评估技术发展前景

未来,智能化检测评估技术将成为古建筑保护的主流方向。人工智能算法能够对海量检测数据进行自动分析,快速识别古建筑结构病害特征,显著提高评估效率和准确性。机器人检测设备可进入人类难以到达的危险区域或狭小空间,实现全方位检测。例如,研发适用于古建筑内部复杂结构检测的微型机器人,配备多种传感器,实现自动化、精准化检测。在浙江,随着5G技术的普及应用,远程实时检测评估将成为现实,专家可通过云端数据对古建筑进行远程诊断,为古建筑结构安全评估提供更加高效、便捷的技术手段。如利用人工智能算法对大量古建筑的三维模型数据、应力应变监测数据进行分析,快速判断结构安全状况,及时发现潜在安全隐患;通过5G技术,专家可实时远程指导现场检测工作,提高检测效率和准确性。

5.2 绿色环保修缮材料研发趋势

绿色环保修缮材料的研发将不断推进。基于天然材料开发高性能修缮材料成为重点方向,如以竹纤维、秸秆等为原料的新型建筑材料,兼具环保性和良好的物理性能。自修复材料的研究也将取得突破,使古建筑构件在受损后能够自动修复微小裂缝和损伤。在浙江地区,充分利用当地丰富的自然资源,研发具有地域特色的修缮材料,如利用安吉竹材开发适用于古建筑修复的新型竹基复合材料,减少对不可再生资源的依赖,降低修缮过程对环境的影响,实现古建筑保护与生态环境保护的协同发展。例如,研发以竹纤维为增强材料的新型粘结剂,用于砖石结构修复,既具有良好的粘结性能,又符合绿色环保要求。

5.3 多学科交叉融合创新路径

古建筑结构安全评估与修缮将呈现多学科深度交叉融合的趋势。融合建筑学、材料学、力学、计算机科学等多学科知识,开展联合研究。通过计算机模拟技术研究古建筑在不同自然环境、人为因素作用下的结构响应,为评估与修缮提供理论依据;借助材料科学成果研发新型修缮材料;运用力学知识优化加固方案。在浙江,相关科研机构 and 高校已开展多学科联合项目,针对浙江古建筑的特点,研究在复杂气候条件下的结构安全评估方法和加固修缮技术,推动古建筑保护技术不断创新发展。

6 结论

古建筑结构安全评估及加固修缮是一项系统而复杂的工程。通过深入研究评估理论,综合运用传统与现代评估方法,创新融合传统工艺与现代技术,能够有效提升古建筑保护水平。结合浙江地区的地域特色,探索具

有针对性的技术方案,对古建筑的长久保护意义重大。未来,随着技术不断进步和多学科深度融合,古建筑结构安全评估与修缮将朝着智能化、绿色化、科学化方向发展,更好地实现古建筑的文化遗产与可持续发展,让古建筑在新时代焕发出新的生机与活力。

参考文献

- [1]丁驯.传统古建筑木结构修缮加固设计研究[J].新城建科技,2025,34(01):100-102.
- [2]张良.木结构古建筑加固技术研究[J].福建建筑,2023,(12):53-57.
- [3]韩晓蕾,董伟丽.近现代历史建筑修缮加固保护研究[J].建设科技,2022,(13):112-114.
- [4]吴洵.民国古建筑修缮保护技术的实践与思考[J].陶瓷,2020,(12):112-113.
- [5]邢百朋,陶水忠,王设,等.某木结构古建筑安全鉴定方法比较研究分析[J].建筑结构,2023,53(S1):2060-2064.