

木结构文物古建筑防火改造技术探究

刘涛

上海精典规划建筑设计有限公司

摘要：在我国历史发展的长河中，给我们留下来很多千年、百年古迹，其中，木结构古建筑是中华文化赋予我们的有形的文化瑰宝，每一类木质结构古建筑风格迥异，各具特色，具有较高的文化和艺术传承价值，值得我们去保护和传承。然而，木质结构文物古建筑由于年代久远，且古建筑建设也不具备防火功能，再加上现代社会火灾隐患较大，为更好的保护木质结构古建筑，需要依据古建筑建筑风格特征实际，进行防火改造方案的合理设置，以提高木结构古建筑的防火性能。基于此，本文针对木结构古建筑中所面临的消防隐患无人能提进行有效识别明确，对木结构古建筑火灾特性和发生火灾的蔓延特征进行把握，在此基础上，结合木结构古建筑实际进行多样化防护改造技术的应用，制定有效的、针对性的防火解决措施和建议。

关键词：木结构；古建筑；防火改造技术设计；防火措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.101

我国古代建筑多以木结构建筑为主，在我国各城市区域均遗留下了许多木质结构的古建筑五物，这些都是历史遗留下来的文化瑰宝，迫切需要我们进行保护和传承。然而，由于木结构建筑物最致命特征就是火灾隐患，尤其是近年来，发生了多起古建筑火灾事故，给社会文化财富带来了巨大的损失。因此，迫切需要对木结构古建筑进行防火技术改造，以提高木结构古建筑的防火能力，对古建筑文化予以更好的保护。本文围绕木结构文物古建筑特性展开了深入的分析，结合木结构文物古建筑特性，明确了木结构古建筑所存在的消防隐患以及其他安全问题，并参考了当下木结构古建筑防火技术改造的较为成熟防护技术，来对木结构古建筑防火改造技术的具体应用展开论述。

一、火灾对木结构古建筑的危害

木结构文物古建筑是遗留下来的历史文化，具有较高的文化价值。然而，由于木质结构古建筑年代久远，建筑工艺复杂，且很多古建筑都建设在特殊的地理位置上，存在着较大的火灾安全隐患。木质结构古建筑一旦发生火灾危害，由于且建筑结构全部由木质结构建造而成，木质又属于易燃物，一处失火很容易造成大范围的火灾串联，对古建筑造成不可修复性的损害，部分古建筑中还存在很多珍藏品和古文物，一旦火灾损毁，将会无法挽回损失。其次，很多古建筑文物被当地作为旅游

景点，在旅游旺季，会有很多游客慕名参观，大量游客群体涌现，增大了火灾风险。一旦发生火灾，古建筑木质结构会在短时间内迅速燃烧，增大了游客逃生难度，再加上建筑物在燃烧过程中，会产生大量的浓烟，产生大量的毒气，给游客群体逃生带来了阻碍，会促使人群逃生过程中发生窒息死亡的风险。

二、木结构古建筑中所面临的消防隐患

（一）结构性隐患

木质结构古建筑是千百年来遗留下来的文物古建，建筑材料多以柏木、松木等优质木材建造而成，在木材的表面均涂有尤其作为装饰，极具易燃性特点。再加上木质古建筑千百年的风吹、雨淋、日晒，建筑木质结构或多或少会出现腐蚀、疏松的状态，木质含水率非常低，部分古建筑木质结构出现表皮漆膜脱落，材料干伴有小孔，更加剧了木材的易燃性。同时，千百年所遗留下来的古建筑多以庙宇、大型宫殿等建筑物为主，堂内空间大、净空高、防火防烟有效分区难实现。部分古建筑由于缺乏完善的消防设施和自动效果系统，在一些环境特殊区域的古建筑，（如：高海拔、森林区等），在秋冬干燥季节，很容易发生火灾事故，且火灾救援困难。

（二）电气火灾隐患

相比较于现代其他结构的建筑物，木结构古建筑属于高危火灾风险建筑物，由于部分古建筑成为景区景点，为了方便人们参观，在古建筑空间中装上了照明灯设备，若照明灯距离木屋架构过近，在长期的照明炙烤下，很容易因温度过热而发生火灾隐患。再加上部分照明线路过久应用不更换，发生线路老化、或电线应用中发生线路短路等问题，均容易诱发火灾，给木质结构古建筑带来消防安全隐患。

（三）宗教活动用火

目前，在古代遗留下来的木质结构古建筑以寺庙居多，往往为了刺激区域经济发展，将这些寺庙古建筑发展为旅游景点供游客参观。到寺庙旅游的游客多会参加庙内的一些民间宗教活动，进行烧香、燃烧纸钱、上供植物油灯等存在明火的活动。此外，部分寺庙还会定期举办法会、祭祀、庙会等大型活动，人员密集，用火频繁，极大的增大了火灾隐患。

（四）雷电引发火灾

当前遗留下来的大多数文物木质古建筑都建设在较高的山上或者台基上，周围多是高大耸立的建筑屋群或者参天古树，部分古建还处在雷电高发区，很容易引起

电击造成火灾发生。一旦因为雷击发生火灾，由于古建筑群木质结构，建材干燥，很容易诱发连片过火，造成古建筑的大面积损毁，甚至严重的还会诱发山林火灾，带来更大不可预估性损失。

（五）防火措施不全

古建筑多是历史遗留下来的建筑物，由于当时建造技术有限，在防火性上技术还是较为欠缺，相比较于当下防火规范，基本上所以留下来的古建筑都存在防火措施不健全的问题。因此，在对木质古建筑防火技术改建中，强化防火措施和现代防火技术的应用，配备较为齐全的灭火设施室关键。

（六）消防扑救难度大

由于多数木质古建筑都建设在山地等较为特殊的环境中，由于山路崎岖，远离水源，一旦发生火灾风险，火灾扑救的及时性难以保障。同时，由于木质结构古建筑易燃特性，在短时间内火势就会难以控制，若不及时加以扑救，等待消防救援极大的增大的灭火的难度。因此，针对古建筑群体而言，做好对他们的科学防火技术改造，提高古建筑知识消防安全抵抗能力是非常关键的。

三、木结构古建筑防火改造技术应用

（一）以往木质结构古建筑防火改造技术

在以往应对我国木质结构古建筑防火中，主要采取的防火技术有在可燃的天然木材建筑表面进行防火涂料的涂刷，起到良好的阻燃效果；安装适合的火灾探测器，起到良好的火灾预警效果，提高木质结构古建筑的防火能力；在古建筑设置室外消防栓，建设一个独立的消防供水体系，提高木质结构古建筑的防火能力；对自动消防水炮的应用，对古建筑的火情发生的真伪运用智能算法进行精准鉴别，当发生火灾时，可以第一时间对火灾起火点进行精准定位，并自动进行灭火系统的启动，第一时间进行自动灭火；完善木质古建筑电气线路改造，在古建筑电气火灾防御中起到消除火灾隐患的作用；安装防雷装置，有效避免古建筑遭受雷击而诱发火灾风险的发生等。

（二）当下木质结构古建筑防火改造技术的应用

当结合现代技术进行木结构古建筑防火改造时，可以采用一系列高级技术和创新方法，以确保文化遗产的保护并提升建筑的防火安全性。

1. 无损检测技术应用

木结构古建筑的无损检测技术是利用现代科技手段，通过应用红外热成像、超声波和X射线等无损检测技术，对木结构进行全面评估，以发现潜在的隐患和腐朽部分。这些先进技术提供了非侵入性的检测方法，能够深入分析木结构的内部构成、状况和损伤程度，为准确精准的防火改造方案提供可靠的数据支持。如：红外

热成像技术通过测量木结构表面的热量分布和辐射特征，可以检测出可能存在的隐蔽热源和热梯度不均匀问题，识别潜在的热点区域。这对于发现隐蔽在木构件内部的热点和可能的火灾起因非常重要，帮助确立防火改造的重点区域。

2. 计算机辅助设计与建模

在木结构古建筑的防火改造过程中，计算机辅助设计（CAD）与三维建模技术是至关重要的工具。这些技术的应用不仅仅是简单的设计工具，更是一个深入复杂木结构的全过程，以确保防火改造方案的有效性和可行性。计算机辅助设计（CAD）允许专家以数字形式创建、编辑和修改建筑设计。在防火改造中，CAD可以将古建筑的尺寸、构造细节以及现有的火灾风险因素输入到计算机系统中。这为设计师和工程师提供了一个精确的参考框架，使他们能够系统地分析现有木结构的薄弱点，识别潜在的火灾风险，并制定相应的改造方案。通过CAD和三维建模技术，专家可以在虚拟环境中测试不同的防火改造策略，并即时调整参数以达到最佳效果。这包括选择合适的防火材料、设计火灾隔离区域、优化疏散通道等。

3. 智能材料与传感器应用

在木结构古建筑防火改造中，引入智能材料和火灾传感器是一项关键策略。这些技术能够为建筑提供实时监测和自动应对火灾风险的能力，从而提升防火安全性。

智能材料：具有自我修复功能的智能材料是一种创新性选择。这些材料能够在受损后自动修复，减少木构件因损伤导致的火灾风险。例如，一些自修复涂料能够在温度升高时释放化学物质填补木材的缺陷，恢复其原有的耐火性能。这种材料能够延缓火灾蔓延，为火灾响应提供更多时间。

火灾传感器：在木结构古建筑中布置火灾传感器，如烟雾探测器、温度传感器等，可以实时监测建筑内部的火灾迹象。一旦探测到异常情况，传感器将自动触发报警系统，通知相关人员或自动启动灭火设备。这种及时的响应可以迅速抑制火势蔓延，降低火灾的损害程度。

4. 防火玻璃与隔热窗户应用

在木结构古建筑防火改造领域，引入防火玻璃和隔热窗户作为关键策略，旨在提升建筑外墙的耐火性和整体安全性。这些措施采用了高性能的建筑玻璃，以应对火灾情境，从而有效降低火灾对建筑的影响，确保木结构古建筑的文化价值和安全性。防火玻璃可以被集成到古建筑的窗户中，形成防火屏障，有效地阻止火势通过窗户进入建筑内部，从而降低火灾蔓延的风险。

5. 自动灭火系统应用

在木结构古建筑防火改造的领域，引入自动灭火系统，如雾化水幕和气体灭火系统，具备重要的战略意义，以更加迅速和有效地应对火灾威胁。这些系统在火灾发生时，能够迅速采取措施，降低火势蔓延的速度，同时最大限度地减少对木结构的损害。在实际应用中，自动灭火系统需要根据木结构古建筑的特点进行精确设计和布置。这包括确定最佳的灭火剂类型、灭火剂释放速率，以及系统的控制逻辑。通过系统的智能控制，自动灭火系统可以在火灾发生时实现快速响应，最大限度地减少火灾带来的影响。

6. 大数据分析技术应用

在木结构古建筑的防火改造中，大数据分析是一项关键技术，它允许我们实时监测建筑的使用情况和火灾风险，从而提前采取预防措施，以最大限度地降低火灾的发生概率和影响。首先，大数据分析借助传感器网络和监测设备，收集各种建筑运行数据，包括温度、湿度、烟雾浓度、电气系统状态等。这些数据源形成了一个实时的、全面的建筑运行信息库，允许我们对建筑状态进行全面监测。通过高级分析技术，如机器学习和人工智能，大数据分析可以实时评估这些数据，检测异常行为或潜在的火灾风险。此外，大数据分析还可以对建筑的历史数据进行深入研究，识别潜在的火灾风险因素。通过分析过去的火灾事件，可以了解到火灾发生的模式和趋势，以制定更有效的防火策略。大数据分析在木结构古建筑防火改造中扮演着关键角色，通过实时监测建筑状态和火灾风险，为火灾预防和响应提供了强大的工具。

7. 建筑信息模型（BIM）应用

建筑信息模型（BIM）作为一种先进的技术工具，在木结构古建筑防火改造中发挥着关键的作用。BIM技术利用三维模型和数据库的集成，不仅可以在建筑设计和施工阶段准确地识别潜在的火灾风险，还可以在改造过程中提供更高效的协作和信息共享。建筑信息模型（BIM）技术有助于在木结构古建筑防火改造中提前识别潜在的火灾风险，并在整个改造过程中实现更好的协作和信息共享。BIM使得专家和设计师能够更准确地评估并优化火灾风险，确保改造方案的一致性和可行性。通过BIM的应用，防火改造团队可以更高效地合作，减少误解和沟通障碍，从而提高整体的防火改造效果。

8. 可持续防火设计应用

在木结构古建筑的防火改造中，采用可持续材料和设计理念是一项重要策略，其目的是确保防火改造不仅提高了建筑的安全性，还减少了环境的负面影响。首先，可持续材料在防火改造中发挥着关键作用。这些材料具有防火性能，并且在生产过程中对环境的负面影响较小。其次，可持续设计理念在木结构古建筑的防火改

造中发挥着重要作用。这包括优化建筑的材料选择、构造设计和系统布局，确保最大限度地提高建筑的防火性能和安全性，同时最小化对环境的影响。利用可持续材料和设计理念对木结构古建筑进行防火改造，是一种综合考虑安全性和环境影响的策略。通过采用防火性能较好、环境友好的材料，并根据可持续设计原则来优化防火改造方案，可以提高建筑的整体防火安全性，同时减少对环境的负面影响，实现可持续发展的目标。

9. 虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术应用

虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术在木结构古建筑的防火改造中发挥着重要作用。利用这些技术，我们可以进行火灾模拟演练，为建筑管理者和消防人员提供更深入的了解和实时的火灾情况，从而制定相应的紧急应对策略。虚拟现实和增强现实技术为木结构古建筑的防火改造提供了创新的方法和工具。通过火灾模拟演练，建筑管理者和消防人员可以通过沉浸式的体验和实时的虚拟信息叠加，更好地了解火灾情况，并制定相应的紧急应对策略。这种技术的应用不仅提升了火灾应对的准确性，还能够提高人员的安全意识和应对能力，从而最大限度地保护木结构古建筑和其历史价值。

10. 远程监控与远程操作技术应用

在木结构古建筑防火改造中，结合远程监控摄像头和机器人技术，可实现对建筑状态的实时监视，并进行远程操作，以进行火灾扑救或紧急维护。这种技术的应用在提高木结构古建筑的防火安全性和快速响应能力方面具有重要作用。远程监控与远程操作的结合在木结构古建筑防火改造中具有重要意义。通过远程监控摄像头和机器人技术，及时获取建筑状态的实时信息，为火灾扑救和紧急维护提供有力支持。这种技术的应用不仅提高了响应速度和准确性，还降低了人员风险和维护成本。通过这种远程方案，木结构古建筑的防火安全性得到了进一步提升，以保护其珍贵的文化遗产价值。

结语

结合现代技术的木结构古建筑防火改造不仅仅是简单的应用材料和设备，而是一个综合的、高度复杂的过程。这需要跨领域的专业知识，以确保木结构古建筑在保持其文化价值的同时，达到最高水平的防火安全性。专业的团队合作、前沿技术的采用和不断创新将在这一挑战性任务中发挥关键作用。

参考文献

- [1] 卯杰, 王梓涛, 林宏伟, 等. 木结构古建筑防火改造技术研究[J]. 贵州农机化, 2021(3): 36-38+41.
- [2] 白子龙. 木结构古建筑防火改造技术对策研究[D]. 沈阳建筑大学, 2017.
- [3] 冯英魁. 中国木构古建筑消防技术保护体系研究[J]. 建筑技术开发, 2018, 45(2): 3.