



古建筑木结构维护与加固技术

池丹辉¹, 刘春秀²

1.ID: 35012419910511669X, 福建 福州 350008

2.ID:350124196708052564, 福建 福州 350008

摘 要： 在中国古建筑中，木料由于取材方便，易于加工，因此在建造过程中得到了广泛的应用。所以中国古建筑以木结构为主。古建筑不仅承载着中华文化，而且承载着中国社会发展的历史。现存于世的古老木制建筑，数量很少，很有价值。但在漫长的自然与人类活动的共同作用下，古建筑木结构在一定程度上受到了不同程度的损伤。这些古老的建筑物，如得不到及时的保护，将难以长久地保存下去。所以，对古建筑的维护与加固就成为当务之急。

关 键 词： 古建筑；木结构；维护；加固技术

Maintenance and Reinforcement Technology for Wooden Structures of Ancient Buildings

Chi Danhui¹, Liu Chunxiu²

1.ID:35012419910511669X, Fujian, Fuzhou 350008

2.ID:350124196708052564, Fujian, Fuzhou 350008

Abstract： In Chinese ancient architecture, wood is widely used in the construction process because it is convenient to take materials and easy to process. Therefore, Chinese ancient architecture is dominated by wooden structures. Ancient architecture not only carries Chinese culture, but also carries the history of Chinese social development. The number of ancient wooden buildings existing in the world is very small and valuable. However, under the joint action of nature and human activities for a long time, the wooden structure of ancient buildings has been damaged to a certain extent. These ancient buildings, if not protected in time, will be difficult to preserve for a long time. Therefore, the maintenance and reinforcement of ancient buildings becomes a pressing task.

Key words： ancient buildings; wooden structure; maintenance; reinforcement technology

中国独特的地理、气候和人文环境，造就了以木结构建筑为主体的古建筑系统。中国的木结构建筑源远流长、类型丰富、系统完备，是世界建筑史上的一朵奇葩。它是中国历史、技术和艺术价值的高度体现，是一种人类物质与精神的结晶。但是，在长期的自然与人为作用下，木材变形、开裂、锈蚀等现象极易发生，不仅会影响到建筑物的安全性，还会造成建筑物的使用价值。所以，必须不断地对古建筑木结构建筑进行修缮和加强。

一、我国古建筑木结构的基本特征

（一）以木材为主要建筑材料

在中国古建筑中，木材是一种重要的木质材料。在建筑构架的设计中，选用木材为主体，可赋予建筑构件的弹性。另外，在古建筑中，墙体并非主要承重构件。木结构却增加了建筑的弹性，使得建筑具有了独特性。因此，利用木质材料进行古建筑木结构设计，既能保证建筑的安全，又能体现出建筑的个性。榫卯构造是木结构建造中最为重要的工艺环节，也是使其具有灵活性的主要原因。同时，由于木材本身具有的小刚性、轻量化等特点，能够有效地减轻古建筑的震害。

（二）具有突出的抗震性能

在我国古代木结构建筑中，多采用雀替、榫卯等独特工艺进行梁柱节点等关键部位的连接，以增强结构的可靠度，确保结构的柔性与安全。雀替与榫卯连接是一种灵活的结构形式，与现代的钢筋混凝土等传统的刚性结构相比，其抗震能力更强，且具有很高的柔度。另外，古建筑木结构建筑中的梁柱等结构，除了承担建筑自身的荷载外，还承担着外界荷载的作用，以保证古建筑的长期保存。

（三）建筑外形造型优美，层次分明

古建筑木结构建筑的设计，以“面”为首要原则。在建筑物竖向平面上，每个楼层的构造都有它自己的特点，而建筑的设计



又与它的功能、构造有着密不可分的关系。从建筑层面来看，这座古代建筑无论在功能、造型还是构造上，都是极富美感的，极具艺术与观赏价值。

二、古建筑保护修复以及加固的重要性

古建筑是建筑艺术发展过程中的“实物”，而中国又是四大古老文明之一。我国的历史和文化底蕴深厚，因此，对古建筑进行研究是非常有意义的。所以，在漫长的岁月里，古建筑就成了中国的“活化石”。对中国古建筑进行深入的研究，不仅有助于我们了解中国古代的历史和文化发展，而且对于更深层次地了解中国古代的历史和文化，也是非常有价值的。从建筑类型上看，中国古建筑可分为宫廷建筑、庙宇建筑、墓葬建筑、园林建筑、民居建筑等。如紫禁城、承德避暑山庄等皇家宫殿类；以灵隐寺、白马寺为代表寺庙殿堂类；以十三陵、乾陵和墓群为代表的古代墓葬类；其中以柳园、拙政园和圆明园为代表园林建筑；洛阳魏坡村的乔家民居是其中之一。由于古建筑在规模和风格上存在着很大的差别，因此，这些古建筑的产生对于中国近代建筑的发展是很有价值的。将重点放在古建筑资源上，既能推动文化旅游业的发展，又能带动当地经济的发展，又能为古建筑的保护提供经费，还能增强公众对文物的保护意识。

三、古建筑木结构的破坏类型

（一）开裂

产生开裂的原因是，有些木质原料在加工时不能彻底烘干，造成其表面比较干爽。木材中纤维的干缩与振动具有非均匀性，在某一段时期，由于木材本身的收缩，木材会产生裂缝；或在长时间的作用下，梁柱自身的材质会发生劣化，其力学性能也会随之下降，从而导致在受力后易产生裂缝。裂纹形式可分为表面裂缝、内部裂缝、末端裂缝及轮缘裂缝。

（二）糟朽

木腐菌的侵入是造成木材腐烂的一个主要原因。木腐菌是一种能把木头自身分解为可供自身消耗的简单养分的菌类。当木材含水率为30%~50%，长期维持在10—30摄氏度，在非通风和湿度条件下，木制建筑部件很容易腐烂。最常见的部位是屋面的角梁。这是由于底部比较湿润，又与墙体紧密相连，缺少干燥和通风。由于角梁设在屋顶，当发生漏水时，由于有水的存在，其强度常发生衰减。

（三）虫蛀

当外界条件改变时，例如在一定的温、湿等条件下，昆虫就会产卵，孵化为幼虫，甚至会腐蚀木料。虫子经常在木头上钻出针眼大小的孔洞，造成木头的的外表和里面的空隙，这些空隙使木材看起来呈海绵状。随后，这些白屑就会从气孔中脱落，从而降低了木材的强度。这些损伤不但会影响到古建筑的美观，而且还会降低其承重能力。久而久之，木柱，梁，檩条，梁等承重构件就会发生弯曲，变形，甚至断裂，这是非常严重的。

（四）拔榫

在古建筑中，榫卯结构是一种常见的结构形式，其特点是采用凸凹处增加构件抗拉强度。它是一种适用于梁柱之间的连接。但是，受长时间的荷载或木材自身的收缩等因素影响，梁和柱连接部位极易出现错位。梁柱在开榫过程中，其等效受力截面变小，极易出现拉、压、弯、剪等破坏，严重影响其整体受力性能。

（五）弯垂

古建筑木结构中的梁、檩条及梁在长期承受横向荷载及剪力作用下，容易发生屈曲变形。当变形超出某一临界值时，也会出现劈裂破坏。所以，在结构变形超出规范要求的情况下，必须立即对其进行加固。

四、古建筑木结构维修加固技术的实际应用

（一）钢筋加固法

在古建筑中，砖墙砌筑块体虽已十分常见，但因长期失修，难免会出现裂缝或倾斜现象。通过对建筑工程的分析，提出钢筋加固法，可有效改善建筑质量。所以，对于这类老旧房屋，采用外部钢筋加固法是比较常见的。在较特殊的构造中，通常采用外加强筋。该加强法一般是在砖砌块的周围包上一层加强筋，以保证它能与砖砌块相连。在这种情况下，将螺栓紧固在一起，以提高砌块的结构强度；另外，对室内结构采用缆索锚定长法也是可行的。它是在砖混结构中钻孔，然后把全部钢丝绳埋在土里。但是，必须采用张紧绳将钢缆与锚定点相连，从而产生一种抗拉强度，从而避免砌体发生倾斜。

（二）水平砌缝插入钢棒添补法

在施工过程中，通过在从水平砌缝插入钢棒添补法，对砌体进行加固。对新砌筑物中的主要部位或受损较重的部位进行修补，应是重点。如果是这样的话，还可以开凿水平的墙缝。基坑开挖时，要结合新砌体的具体条件进行。在大范围的裂隙处，可用砖、砂砾等建材来填补。在小范围内，可在裂缝处嵌入钢筋，以填补。但要注意，两根平行的加强筋之间要用弯钩互相联结。砌体完工后，为确保新砌体的外观美观，为了保证新砌筑墙面的整体性，一般采用磨石、二氧化硅和涂料等与原来砌筑外墙同色的涂料。

（三）砂浆灌注法

对外墙开裂，可用砂浆灌注法。该工艺的关键是选材。为了保证灰浆中不含盐类等腐蚀性物质，灰浆原料的品质是很重要的。在混凝土浇筑完成后，水泥浆通过渗透进入混凝土裂缝，并沿裂缝凝固，改善了墙体的力学性能，并提高了墙体的整体力学性能。在同一建筑物中，室内砖混结构形式多样，其受力机理也各不相同。所以，可选用具有良好流动性和固化后具有较高结构强度的石灰混凝土。

（四）局部加固工程

木结构是古建筑的主体结构，其维护工程的性质由其受损程度决定。对处于危险状态的古建筑，采取临时或追加的构造保安



措施，例如增设支护，称之为紧急加强工程。在古建筑中，对木结构建筑进行加固时，要严格按照加固规范和规定，在古建筑中增设梁柱、墩缝等。在此基础上，既保证了古建筑结构遗迹的安全，又保证了加固后的外观与整个建筑的协调一致，最大限度地保留了古建筑的原始结构，确保了其完整性。

五、新技术在古建筑木结构维护中的应用

（一）超声波无损探伤技术

古建筑中的木梁、木柱等结构构件，虽然外观完好，但其内部却存在着大量的孔洞、裂纹、锈蚀等内在缺陷，严重威胁着古建筑的安全。超声无损检测是一种常见且有效的木材内部缺陷检测手段。超声是一种频率大于20千赫的机械波，它的频率很高，但是波长很短。他们由材料震动而产生，并能在媒介中传送。树种种类多，生长速度快，方位高，穿透性强；在传播的过程中，介质会发生折射、反射等现象。随着传播距离的增加，它的能量和幅度都会降低；若内衰变得十分严重，则波动的传播速率将会降低。

（二）碳纤维增强复合材料（CFRP）的应用

古建筑木结构构件因其弹性模量较小，在维护和加固时极易产生变形。因此，在对其进行加固时，可将高强复合材料与木材复合，以改善其力学性能，以适应古代建筑的要求。碳纤维主要由碳纤维布和树脂组成。该材料具有刚度大、拉伸强度高、高温韧性好、热膨胀小等优点，同时还具有很好的抗蠕变性。该结构具有质轻、造价低廉、施工简便等特点，能有效地满足古代建筑结构修复中不可逆性与可辨识性的要求。因而被广泛地运用于文化遗产的保护工程中。碳纤维线经特殊设备挤压成型后，浸没于

环氧树脂内，经特殊工艺加工制成。最普通的有碳纤维布，也有碳纤维布。针对底部受压破坏的木质结构，充分发挥碳纤维布高强的优点，使其底面布张紧，增强其底面承载能力。在结构榫眼部位，将碳纤维片嵌入到结构内部，利用其良好的弹性模量，实现对结构变形的有效控制，提升结构承载力。对有剪切破坏的构件，可通过在破损处粘贴 CFRP 来增加其承载能力。另外，这种材料还具有较好的抗腐蚀性能。将其与木材复合，可有效地解决木材老化等问题，提高木材的使用寿命。

近几年来，随着科技的发展，各种新材料、新工艺不断涌现。研究成果将为我国古建筑的维修与加固工作提供新的思想与方法。另外，也有部分新型材料，虽然其力学性能优越，但是在制备工艺、安全性、环境保护等方面还存在着许多问题，目前还不能大规模应用。另外，科学家们还发现，碳纳米管可能会对人类产生一些伤害，比如暴露在空气中会引起皮肤的过敏反应，而呼吸到空气中则会诱发肺癌。这样不仅对环境造成了很大的危害，而且还会对水体造成污染，造成一些水生动物的死亡。若能实现对环境友好、大规模生产等方面的限制，使其兼具高弹性、高强度等优点，有望成为一种新型的高性能复合材料。

六、结语

古建筑木结构是中国几千年来发展起来的一种古老建筑，是研究中国文明史的一项重要内容。所以，对古建筑木结构进行维护与加固就显得尤为重要。因此，有必要对古建筑结构的受力特性进行深入的研究，并利用相应的技术手段对其进行修复，以保证其完好的保存。这既为以后的研究提供了有益的借鉴，也为近代建筑的设计提供了有益的借鉴。

参考文献:

- [1] 樊东;王清. 木质古建筑保护原则及修复措施探究 [J]. 四川建材, 2023,49(07):51-53.
- [2] 褚珉;杨洋;秦少伟;张晖. 以扬州园林古建筑为例分析木结构加固的方法 [J]. 山西建筑, 2023,49(14):17-20.
- [3] 张瑞云. 某古建筑木结构房屋结构检测鉴定 [J]. 山西建筑, 2023,49(13):16-19.
- [4] 任盼盼;李达耀;李媚诗;陆玲;朱菲菲;胡荃. 木结构古建筑保护与修复研究——以龙胜寨干栏民居建筑为例 [J]. 科技创新与生产力, 2023,44(05):65-67+70.
- [5] 周鸿成;刘志彤;杨韵赞. 古建筑保护与修缮的若干措施 [J]. 现代商贸工业, 2022,43(14):193-194.
- [6] 商立宏;燕宁娜;赵振伟. 中国木结构古建筑加固技术研究综述与展望 [J]. 工程建设, 2022,54(05):62-66.
- [7] 李旒. 浅述古建筑建造艺术 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2021,(13):89-91.
- [8] 侯玉岭;赵庆双. 古建筑木结构的木柱加固技术研究综述 [J]. 四川水泥, 2021,(06):240-241.
- [9] 邹明洋;陶忠. 大理某木结构古建筑修复加固研究 [J]. 中国水运 (下半月),2020,20(11):156-157.
- [10] 盛芳. 新技术、新材料在古建筑保护中的运用 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019,(17):88-89.
- [11] 王猛. 古建筑修复中的若干问题分析 [J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019,(10):82-83.