

木结构古建筑加固修复方法研究

李牧原

青岛城市学院

摘要：作为传承中华民族文化历史的重要载体，古建筑木结构随着时间的推移会出现不同程度的损坏，对建筑物的健康和保存产生负面影响，有的木结构会发生性能衰退、变形等问题。为了保证古建筑长久地保存下去，合理进行古建筑木结构加固，本文首先总结我国古建筑木结构的基本特征和加固原则，然后以工程案例为对象，探讨了古建筑木结构的鉴定方法，并细致地说明木结构加固常用方法。

关键词：古建筑；木结构；结构鉴定；加固方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.029

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

不同于现代钢筋混凝土建筑，我国古建筑的主要材料为木材。古人通常采用木材作为建筑的骨架，这种方式可以将建筑框架的弹性提高，有助于建筑物安全性和美观度的提升。我国古人还发挥其聪明才智，合理进行木材的拼接，比如榫卯结构就是古建筑木结构中最为常见的连接方式。该结构能够以多种形式牢牢固定连接各个木构件，在保证其安全性的同时将木材的天然特性展示出来。此外，木质材料本身有着较小的刚度，质量偏轻，柔韧性好，所以古建筑在遇到地震、大风等灾害时能够保持结构稳定，这也是我国很多古建筑千年不倒的秘诀。

（二）具有突出的抗震性能

古人在进行建筑结构设计的梁柱节点等重要位置设计中会采用榫卯、雀替等技术，这些技术灵活、安全、精巧，和现代钢筋混凝土等刚性结构施工工艺有着较大的差别。传统木结构连接可靠，木材柔韧性好，抗变形能力强，在遇到地震时这种柔性的结构能够很好地消解地震能量，降低地震对整体结构产生的威胁。如图1、图2分别为榫卯结构和雀替结构，其不但可以牢固连接木结构，而且精巧美观，有着较高的艺术价值。



图1 榫卯结构

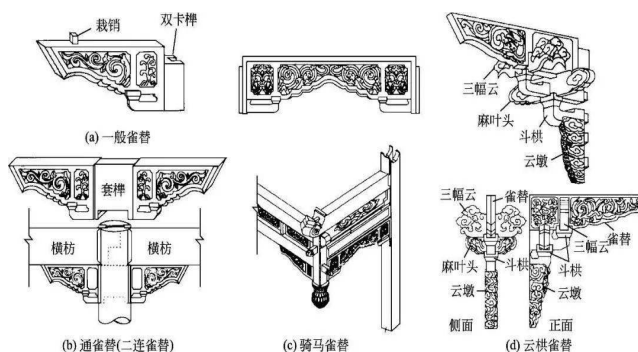


图2 雀替结构示意图

（三）建筑外形造型优美，层次分明

古建筑木结构的设计和建造往往遵循严格的平面规则，很多结构都在水平和垂直方面对称分布，这一独特的设计方式不但可以提高建筑结构的稳定性，而且展现了建筑优美的造型。通过对古建筑层次结构进行分析可知，古建筑有着十分高的艺术价值，其精巧美观度常常让人望而兴叹。

二、古建筑木结构加固保护的原则

（一）保留原状原则

作为我国传统历史人文的载体，古建筑不但能够反映出其所在时期的政治、经济、文化，还能够体现出当时的社会基本形态。在漫长的岁月长河中，很多珍贵的古建筑遭到了不同程度的破坏，古建筑一旦出现病害或损坏，就会丧失其原有的风格与功能，因此，相关部门应加强对古建筑进行保护性修复与维护，在保护文物不受破坏的前提下满足历史文化的传承需求。古建筑修缮人员在加固古建筑木结构过程中要尽量保留既有建筑的原貌，避免对其产生过度地干涉和改造。保留原装要求一要将古建筑的原貌尽量修复，二要保持古建筑的现有形状。为此，在待修古建筑资料完整可靠、修复技术成熟的情况下，可考虑恢复原状。在资料不完整、修复技术落后或已发生严重损毁的情况下，应不予恢复。在无明显依据或技术不够先进，应暂时保持现状，适时恢复。在古建筑修缮时，加固人员要尽量遵循古建筑原有的构造、材料及制作工艺等，避免因修缮而损坏既有结构。如果在修缮过程中改变了古建筑的构造、形式、构件及制作方法，那么古建筑物原有的价值将直接丧失，古建筑的价值也将无从谈起。

（二）遵守最小干预原则

古建筑修缮人员进行古建筑检查鉴定和修缮过程中要尽量降低其对古建筑产生的干扰，要在保证其原有形态和特点的基础上完善修缮方案，避免过度修缮造成古建筑本身所代表的历史文化特点消失。

(三) 可逆性原则

所谓可逆性主要指的是修缮所用材料、技术的可逆。古建筑修缮中可能需要对部分部门进行加固、改造、更换，而这些新部件经过长期使用后可能会收到腐蚀，导致后续不得不再次进行修缮。可逆性原则就是尽量选用可以取代的材料和技术，降低今后古建筑修缮对建筑物产生的不良影响。

三、古建筑木结构加固方法

某历史悠久的古建筑始建于1840年，该建筑为单层木结构，占地约299.59m²。在1990年曾由相关部门组织过修缮和改建，经过多年的风吹雨打后，该建筑部分木结构发生了腐蚀、残损等问题，需要进一步进行加固。为了明确古建筑的结构性能，合理制定加固方案，相关部门对其进行了结构鉴定和加固。

(一) 木结构安全鉴定

1. 安全性鉴定评级

鉴定人员按照GB/T50165-2020《古建筑木结构维修加固技术规范》对该项目古建筑木结构安全状况进行勘察和评价，并客观评价其安全性，将鉴定结果整理后得到如表1所示结果。

表 1 构件等级分布

类型	构件总数 / 个	a' 级		b' 级		c' 级		d' 级	
		数量 / 个	质量分数 / %	数量 / 个	质量分数 / %	数量 / 个	质量分数 / %	数量 / 个	质量分数 / %
柱	36	0	0	34	94.4	1	2.8	1	2.8
梁	42	0	0	42	100	0	0	0	0
枋	22	0	0	22	100	0	0	0	0
檩条	60	0	0	58	96.7	2	3.3	0	0
椽条	1544	0	0	40	100	0	0	0	0
瓜柱	36	0	0	35	97.2	1	2.8	0	0
砖墙	14	0	0	14	100	0	0	0	0

构件基本完好，评为B级。

4. 结构系统安全性评价

经综合评定，该古建筑木结构评定为C级。

5. 安全性评价水平

按照GB/T50165-2020《古建筑木结构维修加固技术标准》，评定该古建筑木结构等级，得到如下结果：

第一，结构体系：C级。

第二，基础安全水平：B级。

(二) 古建筑木结构加固方法

1. 整体维修与加固

(1) 修整加固

2. 结构体系安全性鉴定评级

该古建筑木结构的安全等级情况如表2所示。

表 2 构件集的安全性等级分布

楼层	主要构件集			一般构件集		
	柱	梁	枋	檩条	椽条	瓜柱
一层	C级	B级	B级	B级	B级	B级

3. 结构体系整体牢固性等级

其一，结构布置及构造。该古建筑木结构布局基本合理，有着完整的体系，主要受力部位及节点均符合相关规范，无开裂或小裂缝，构件造型和连接方式等方面科学合理，可评定为B级。

其二，整体倾斜。该古建筑倾斜度偏差在允许范围内，故评定为B类。

其三，局部倾斜。在某些部位发生倾斜。古建筑房柱与柱脚之间无显著错位，故列为B级。

其四，构架间的连系构造。古建筑主梁、枋及连接构件的现状基本完好，评为B级。

其五，梁柱节点连接。建筑物采用梁-柱拉结结构及榫卯结构既未损坏也未加固，可评定为B级。

其六，榫卯完好度。除个别构件发生脱榫外，其余

当木框架发生轻微变形、构件位移相对较小时，修复人员可采用修整技术对其进行补强。在具体修缮过程中，技术人员无需拆除瓦顶以及框架就可直接整体加固木框架。

(2) 打伞拨正

打伞拨正是借助杠杆原理将倾斜、扭转、拔榫的构件重新进行调整，保证其复位的方法。在打伞拨正作业时，工作人员先拆掉瓦顶，将变形构件上部的荷载支撑起来，然后对变形、偏移的构件进行调整。如果受力构件损伤严重需要更换。一般来说，古建筑受力构件的维修都是先采用打伞拨正的方法进行处理，然后进行加

固。如果在实际维修工作中打伞就能够满足要求那么不需要进一步进行拨正。

(3) 落架大修

如果古建筑的主要承重构件受损,那么修缮人员需将木框架全部或部分拆掉,逐一修补或更换破损部分,之后进行拼装,使整体结构趋于稳定。在拆除时,修缮人员先标记好各个构件序号,将屋顶拆落,再将望板、椽、檩条、梁架一层一层地拆掉。对于拆下后的构件应分类存放,并采取必要的防护措施,严禁损伤木构件。

2. 局部构件加固

(1) 挖补与包镶

如果立柱芯部完好无损只是外表轻微损伤,不影响立柱的受力,表皮损伤在立柱直径的1/2以内,那么修缮人员可采用挖补的方法进行加固。具体修缮过程中,首先,技术人员挖除糟朽部分,把破损的地方清理干净,保证修补好的洞内壁向内倾斜,洞底也要刮平,不留任何杂质。其次,选用与立柱木质部相近的木块补洞楔紧,再用胶结材料或钉子固定,把钉帽嵌入柱皮内,最后将立柱修正成为本体的初始形状。如果柱身破损面积超过柱长一半,但是深度在柱径的1/4以内,那么此时为了防止孔周围加固材料影响木结构,施工人员可以选择用铁箍包镶的方法。首先,修缮人员要把破损的地方清理干净,然后在较大的补块处加1-2个铁箍,用铁钉固定其连接处,使铁箍外侧保持和立柱外表面同样平整。挖补、包镶的加固方法在梁枋等构件中也有着很好的应用效果。

(2) 裂缝嵌补

当柱裂缝深度在柱直径或截面直径的1/3以内,且裂缝宽度在3mm以内时,修缮人员只需用腻子将其填充密实。如果裂缝宽度达到了3-30mm的范围,此时应用木条进行修补,修补过程中要用顺纹通长的木条。如果裂缝宽度超过了30mm且深度小于柱截面直径的1/4,裂纹持续时间较长,那么可以通过增加铁箍数量达到修复加固的效果。如果木柱有明显的斜裂缝或裂缝宽度过大,对立柱的承载力产生影响,那么此时可以更换同类型的立柱。

很多原因可能引发梁、枋、檩等发生裂缝,一旦此类木结构出现裂缝,就会影响到构件的承载力。因此,修缮人员应采取适当的加固措施,比如对小裂缝可直接用铁环加固,用木板填实较大的裂缝并加2-4个铁箍。

(3) 化学材料浇注加固

虫害是造成古建筑木结构出现腐蚀的常见原因之一,如果古建筑的木柱被害虫和细菌侵袭时,柱子的外层没有损坏,而柱子的中心发生槽空问题,那么此时修缮人员可以用不饱和聚酯树脂浇注加固。修缮人员先配置树脂材料,先加上扶柱以将柱子的承受荷载接触,然后彻底清除立柱内部的腐坏部分及杂质,左后分段浇筑环氧树脂,封堵孔洞。浇注完毕后,用木料封住槽口。

(4) 支顶加固法

梁枋等古建筑木结构结构中水平构件可能发生弯曲。在加固时,一般都先减轻梁上的荷载,在前、后檐柱内侧各加设一根木柱,再加设一根横梁,使原横梁与原横梁之间形成一道附加横梁,以增加横梁对原有横梁的支承,提高横梁的承载力。

结语

总而言之,古建筑木结构在饱经风霜后容易出现虫害、腐蚀、变形、倾斜、承载力不足等诸多问题,为了继续延续古建筑的历史价值、文化价值、艺术价值,相关修缮人员要细致地分析古建筑木结构的实际情况,根据木结构损伤评价结果合理选择加固措施,提高古建筑的稳定性。

参考文献

- [1] 袁建力,李胜才,宋拓.木构架古建筑屋顶与围护墙抗震构造鉴定的探讨[J].地震工程与工程振动,2022,42(05):104-109.
 - [2] 乔惠芳.略谈古建筑木结构加固及其性能研究[J].居业,2022,(08):97-99.
 - [3] 任现才,高飞飞,赵剑桥等.木结构残损榫卯节点抗震性能及加固修复研究进展[J].低温建筑技术,2022,44(06):100-103.
 - [4] 马林林,薛建阳,张锡成.残损古建筑木结构的地震易损性分析[J].振动工程学报,2023,36(05):1390-1401.
 - [5] 郭婷.穿斗式木结构的抗侧性能分析及提升技术研究[D].北京交通大学,2022.
 - [6] 余攀.典型古建筑木结构侧向受力性能分析[D].重庆大学,2022.
 - [7] 李天昊.古建筑木结构Benchmark平台构建及监测方法研究[D].北京交通大学,2022.
- 作者简介:李牧原(1992-),女,汉族,籍贯山东德州,硕士研究生,青岛城市学院,助理工程师,研究方向结构工程。