



古建筑木构件现场分类及其无损检测技术

陈勇平¹, 黎冬青², 李 华¹, 张 涛², 刘秀英¹

(1. 中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091;

2. 北京市古代建筑研究所, 北京 100050)

摘要: 介绍了古建筑勘查中木构件的现场分类, 阐述了点探测技术、线探测技术、面探测技术等无损检测技术的特点, 及其在古建筑木构件勘查中的应用。

关键词: 古建筑; 木构件; 现场分类; 无损检测

中图分类号: TS6 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2011)06-0041-03

Selecting Nondestructive Methods for Testing Wood Components in Historical Buildings

CHEN Yong-ping¹, LI Dong-qing², LI Hua¹, ZHANG Tao², LIU Xiu-ying¹

(1. Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Beijing Research Institute of Architectural Heritages, Beijing 100050, China)

Abstract: The authors introduced the some basics for classifying wood components in historical buildings based on their appearance, characteristics and load-carrying capacity. Nondestructive testing methods, including point drilling, stress wave, and impulse tomography, were then selected accordingly to evaluate their structural performance.

Key words: historical building; wood component; field classification; nondestructive testing

我国是世界上木结构古建筑最多的国家之一, 然而由于木结构建筑主要承重构件的生物材料特性, 使其易产生虫蛀和腐朽^[1]; 同时木构件局部长期受力后, 会导致安全隐患。实践证明, 木结构的损坏, 大多是由木材自身损坏所致。因此, 对整个木结构建筑进行定期勘查, 是古建筑安全评估中必不可少的一环。

在多年实际勘查中发现, 古建筑单体涉及的木构件种类和数量繁多, 若按统一的方法逐个进行检测, 将使工程变得庞大。对此, 笔者在现场勘查的基础上, 根据建筑单体中木构件的重要性, 采取不同的检测技术, 为提高古建筑木构件勘查技术的科学性与合理性, 提供借鉴。

1 古建筑木构件的分类

针对建筑单体中柱、梁、檩、枋等构件的类型、位置和重要性(表 1), 对其进行分类。

1.1 首要勘查构件(A类)

与地面接触的立柱、主要承重的梁和枋, 均是建筑单体的主要木构件, 是现场首要勘查的对象。

1.2 重点勘查构件(B类)

通过现场勘查前的整体观测, 来确定重点勘查构件。主要观测建筑单体各区域的通风效果、湿度分布, 以及是否有水渍、表面有无明显的裂缝腐朽等, 并通过目测、敲击、测量录记, 各区域中主要木构件的表面缺陷及含水率值等情况, 判定需重点检测的木构件。

1.3 表面检测构件(C类)

排除在首要和重点勘查构件之外的一些檩、梁和枋。此类构件主要是采用目测、敲击等检测方法, 若在表面检测过程中发现严重问题, 则提升为重点勘查构件。

收稿日期: 2010-11-17; 修改日期: 2011-08-17

基金项目: 北京市古建筑木结构安全状况无损检测技术研究与应用(Z090506016609002)。

作者简介: 陈勇平(1979—), 男, 中国林科院木材工业研究所助理研究员。

表 1 木构件的分类

Tab. 1 The classification of wood components in a historical building

名称	勘查类别	名称	勘查类别	名称	勘查类别
柱		角梁	C	檐枋	BC
金柱	A	抹角梁	C	大额枋	BC
檐柱	A	随梁	C	小额枋	BC
童柱	C	帽梁	C	承椽枋	BC
脊瓜柱	C	檩		穿插枋	BC
梁		脊檩	BC	花台枋	BC
月梁	A	上金檩	BC	踩步金	BC
四架梁	A	中金檩	BC	踩步枋	BC
三架梁	A	下金檩	BC	平板枋	C
五架梁	A	正心檩	BC	凿井枋	C
七架梁	A	檐檩	BC	其他	
天花梁	A	挑檐檩	C	斗拱	BD
桃尖梁	BC	枋		博缝板	D
抱头梁	BC	跨空枋	A	门	D
单步梁	C	脊枋	BC	椽子	D
双步梁	C	上金枋	BC	垫板	D
顺梁	C	中金枋	BC		
爬梁	C	下金枋	BC		

注：A—首要勘查构件，B—重点勘查构件，C—表面检测构件，D—定性描述构件；BC—根据勘查情况，划分为重点勘查或表面检测构件。

1.4 定性描述构件(D类)

主要是一些非承重的连接件，以及椽子和望板等。主要描述构件的含水率，是否有残损、垂弯、开裂及其程度，以及腐朽和虫蛀等。

2 古建筑木构件的分类检测

2.1 无损检测技术

由于古建筑木结构的历史意义和现实价值，对木构件进行检测时，不能对所勘测的构件造成损伤。木材的无损检测手段已有多种^[2-5]，但应用于古建筑木构件检测的主要有以下3种：

1) 点探测技术

点探测主要是对木构件表面浅层进行定点检测，其中应用最广泛的是皮罗钉(Pilodyn)，测定原理是以预先设定好的能量，将一个直径为2 mm的钢针射入到木材中，木材密度大，则射入深度浅；反之射入深。然后与标准健康材检测结果进行对比，根据进针深度，判定其腐朽等级。

皮罗钉最初用于电杆的安全检测，后来应用于原木的密度预测与古建筑木构件的腐朽测定^[6-9]。由于皮罗钉的测量范围无法达到木构件深层，而且需要与同一树种健康材测定值相对比，故其适用范围有限。

目前，皮罗钉主要用于木构件表层腐朽的检测和

密度估算。

2) 线探测技术

主要采用阻力仪(Resistograph)进行线探测。阻力仪的检测原理：

在电动机驱动下，以恒定速度将一根直径约1.5 mm的探针刺入木材内部，阻力仪通过微机系统，将探针在木材中产生的阻力参数计入数据采集卡后，显示出阻力曲线图像。使用者结合木材学知识，判断早晚材密度、年轮数，以及木材内部腐朽、裂缝、空洞、节子等具体状况^[10-11]。

阻力仪可以在构件指定路径上，根据阻力曲线，较准确地检测出该路径上缺陷的大小，得到缺陷平面及立体图。通常，将腐朽分为：

第一阶段，阻力曲线的平均水平，较健康材检测曲线略有下降，早材与晚材曲线值的差异减小；

第二阶段，阻力曲线平均水平较低，早材与晚材曲线值的差异急剧变小；

第三阶段，在很低的水平上，检测线为一条直线，早晚材变化不可识别。

目前，阻力仪主要用于木构件内部的腐朽判定和密度估算。

3) 面探测技术

在古建筑木构件勘查中，面探测技术主要有：应力波断层扫描仪(Impulse Tomograph)和应力波检测仪(Fakopp)，二者的探测原理类似。

应力波断层扫描仪为脉冲式树木断层成像仪，该系统主要由Arbotom分析软件、8~24个传感器、Arbotom控制器、小锤以及相应的附属部件组成。

最初该仪器专门用于活树内部健康状况的监测，引进我国后，国内专家根据我国古建筑木构件的树种、含水率等，经多年研究与实践，发现和总结出各影响因子与应力波波速之间的关系，提出了应力波成像修正方法^[4]，从而得到更为精确的应力波图像。

该仪器可同时检测多个不同位置的木材断面，经计算机加工形成二维或三维立体图，直观地显示出被测木构件内部腐朽的基本状况^[10]。

2.2 分类检测方法

1) 首要勘查构件

A类柱构件若处于被墙体包裹或遮挡的位置，可选择阻力仪进行探测；对于暴露在视线下的构件，可结合应力波断层扫描仪和阻力仪探测。

A类梁、枋均为高空悬挂构件，进行应力波断层扫描时，操作难度较大，可采用阻力仪探测。探测位

置主要设在节点以及梁、枋的中心部位。

2) 重点勘查构件

在 B 类木构件缺陷发生或可能发生的区域,根据现场情况,主要是利用阻力仪进行多点、不同角度的进针。

3) 表面检测构件

C 类构件大多是进行目测、敲击或皮罗钉检测。在构件目测为健康的情况下,不再进行深层探测;若发现有缺陷迹象,则需要进一步深层探测。

4) 定性描述构件

因该类构件的特殊性,主要是对其进行整体观测,敲击判断和定型描述。

3 结语

古建筑木构件缺陷的检测,在古建筑木结构评估中极其重要,直接关系到古建筑的安全。因此,在检测设备方面,多角度、多方位探测的无损设备,便于高空悬挂和空间狭窄处等木构件检测,发展前景广阔。

在检测技术上,线探测技术将得以保留和提升,这是因为该技术可用于被墙体遮挡等构件的检测;在检测理念上,不再局限于检测单一的缺陷,更侧重于整体建筑的评估。

参考文献:

- [1] 陈允适. 古建筑木结构与木质文物保护[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [2] 郭伟, 任海青, 殷亚方. 杉木目测分等规格材缺陷类型及分布的研究[J]. 建筑材料学报, 2009, 12(4): 462-465.
- [3] 张训亚, 殷亚方, 罗彬, 等. 超声波预测落叶松规格材的抗弯性能[J]. 木材工业, 2010, 24(3): 1-3.
- [4] 李华, 刘秀英, 陈允适, 等. 古建筑木结构的无损检测新技术[J]. 木材工业, 2009, 23(2): 37-39, 42.
- [5] 尚大军, 段新芳, 杨中平. 应力波无损检测技术及其在木结构古建筑保护中的应用[J]. 世界林业研究, 2008, 21(2): 44-48.
- [6] Cown D J. Comparison of the Pilodyn and torsionmeter methods for the rapid assessment of wood density in living trees[J]. New Zealand J For Sci, 1978, 8(3): 384-391.
- [7] Gough G, Barbes R D. A comparison of three methods of wood density assessment in a Pinus elliottii progeny test[J]. South African Forestry, 1984, 128(1): 22-25.
- [8] Watt M S, Garnett B T, Walker J C F. The use of the Pilodyn for assessing outerwood density in New Zealand radiata pine[J]. Forest Products Journal, 1996, 46(11/12): 101-106.
- [9] 黄荣凤, 伍艳梅, 李华, 等. 古建筑旧木材腐朽状况皮罗钉检测结果的定量分析[J]. 林业科学, 2010, 46(10): 114-118.
- [10] 于子绚. 应力波检测古建旧木缺陷技术研究[D]. 北京林业大学硕士论文, 2009.
- [11] 张晓芳. 阻力仪在古建筑木构件勘查中的应用研究[D]. 北京林业大学硕士论文, 2007.

(责任编辑 张一萍、姜 征)

2012 年《林产工业》杂志征订启事

创刊于 1964 年, 全国中文核心期刊, 2001 年进入“中国期刊方阵”, 被评为“科技双效期刊”。以面向生产, 报道应用技术为主, 融科技性、实用性、学术性、信息性于一体, 服务于林产工业的现代化建设。

主要内容: 宣传林产工业发展的技术方针和政策; 介绍制材, 木材干燥, 各类木质人造板, 非木质人造板, 人造板饰面, 木质地板等室内装饰装修材料, 胶料, 家具制造, 制浆造纸、林产化工以及林业产业的生产和应用等方面的先进经验和新技术、新材料、新设备、新工艺; 报道上述领域的科研设计成果; 综述国内外林产工业的现状、水平及发展趋势。

所辟栏目: 综述, 研究与分析, 生产与应用, 专题讲座, 国外技术, 综合信息, 企业简介等。设有

广告专页。

主要读者对象: 本行业及相关行业的生产厂家, 设备制造厂家, 科研、设计、教育单位及管理部门, 从事生产、管理、科研和开发、设计、教学、咨询和市场营销的人员。

双月刊, 大 16 开, 正文 64 页, 单月中旬出版, 定价每期 10 元, 全年 60 元, 挂号每期另加 3 元, 国内外公开发行。

邮发代号: 2-141, 读者可向当地邮局或本刊编辑部订阅。

地址: 北京朝内大街 130 号

《林产工业》编辑部

邮编: 100010

电话: 010-8512 8120, 8512 8107

传真: 010-8512 8070