

杭州古树树干空洞状况调查研究

于 炜,余金良,钱江波,刘 锦

(杭州植物园,浙江 杭州 310013)

摘 要:使用 Fakopp 声纳探测仪对杭州市 113 株古树树干的内部腐烂空洞情况进行检测。按树干内部空洞的比例大小,将古树空洞程度划分为无空洞、轻度空洞、中度空洞、重度空洞 4 个等级,检测结果显示,古树空洞程度各个等级所占比例分别为 25.7%、15.9%、30.1%、28.3%。在此基础上对古树空洞形成的原因进行分析,并提出了保护措施。

关键词:古树;空洞;无损探测;应力波

中图分类号:S718 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2013)-06-0178-06

Health Status of Old Trees in Hangzhou

YU Wei, YU Jin-liang, QIAN Jiang-bo, LIU Jin

(Hangzhou Botanical Garden, Hangzhou, Zhejiang 310013, China)

Abstract: Based on the investigation on 113 old trees in Hangzhou, this paper detected the conditions of internal rotten holes by Fakopp sonar detector. According to ratio of the rotten sections to the total area of the sections, these trees were classified into 4 levels, including nil, light, moderate, and heavy hollows. The proportion of the 4 levels accounted for 25.7%, 15.9%, 30.1%, and 28.3%, respectively of 113 trees surveyed. Main factors of forming hollows in the trees were discussed, countermeasures were put forward.

Key words: old trees; rotten hollow; nondestructive detection; stress wave

古树是珍贵的自然、历史文化遗产,有些古树虽然树冠饱满、树干外观完好,但其内部可能已经疏松,甚至有较大的空洞。这些内部腐烂、空洞不但侵蚀古树,还存在着严重的安全隐患。为了更有效地对古树内部健康状况进行评估,准确、直观地掌握古树内部的孔洞、腐蚀情况,为古树管理部门科学保护古树提供有力的技术支撑^[1],研究从匈牙利引进 Fakopp 声纳探测仪对杭州 113 株古树树干进行应力波无损探测。应力波技术是一种准确、快捷的无损检测方法,利用应力波对原木或木材进行应力分等的技术已经日趋成熟^[2],并已广泛应用于木材物理性质及缺陷检测、木结构建筑评价及古树名木诊断等领域^[3-6]。近年来随着计算机层析及断层成像技术的成熟,使得应力波检测对象的内部缺陷能以图像方式直观地表现出来,成为古树检测的关键技术^[7]。

1 杭州古树概况

杭州历史悠久,古树数量众多,共有古树 1 917 株,分属 36 属 65 种。其中千年以上古树 17 株,树龄最高的达 1 430 余 a,500 a 以上古树 152 株、300 a 以上古树 303 株、100 株以上古树 1 445 株。

2 材料与方法

2.1 调查对象

在对全市古树全面普查的基础上,确定以主城区内长势衰弱、有明显蛀干类害虫为害或树干明显倾斜有倒伏折断可能的古树为检测对象,并剔除其中一些无必要或不适合做检测的古树:有开放式的空洞,可以看到其内部空洞情况的;树干使用水泥修补面积达 30% 以上的;主干分枝点过低,无法测量

多个截面的;周边地形条件复杂或场地狭小不适合检测的。最终筛选出 113 株古树进行检测,其中香樟(*Cinnamomum camphora*)101 株,银杏(*Ginkgo biloba*)7 株,枫香(*Liquidambar formosana*)、广玉兰(*Magnolia grandiflora*)、榉树(*Zelkova schneideriana*)、沙朴(*Celtis sinensis*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)各 1 株。

2.2 调查方法

2011 年 7 月至 2012 年 12 月使用 Fakopp 声纳探测仪对古树树干内部腐烂空洞情况进行检测。其原理如图 1 所示^[5],敲击传感器产生的应力波在缺陷处的传播速度会降低,通过计算应力波在各传感器间的传播时间来确定缺陷的具体情况。每株古树选取 3 个高度的截面(0.6 m、1.2 m、1.8 m)进行无损探测,每个截面均匀设置 8 个传感器,每个传感器匀速敲击 5 次,检测结果通过数据线传输至电脑,通过 ArborSonic3D 软件计算分析古树空洞的形状和大小,形成树干截面图,反映该截面的缺陷、空洞情况,其中红蓝色表示空洞或腐烂,绿色表示疏松、淡褐色表示处于渐变状态,褐色表示健康。然后使用 Fakopp Multilayer View 软件根据 3 个高度的检测数据经矩阵计算、数据重构,生成所测树干缺陷空洞的立体图形(图 2),其中蓝紫色表示空洞,红黄色表示渐变状态,绿色表示健康。通过对树干立体图形的归纳整理可以发现树干整体内部情况与 3 个截面的空洞率高度正相关,因此可以根据 3 个截面的空洞率来综合评估古树树干的空洞等级:将 3 个高度的截面总面积计为 S , $S=S_1+S_2+S_3$;总空洞面积

计为 S' , $S'=S_1'+S_2'+S_3'$;空洞率 $p=S'/S\times 100\%$, $p=0$ 为无空洞, $p\leq 25\%$ 为轻度空洞, $25\%< p\leq 50\%$ 为中度空洞, $p>50\%$ 为重度空洞。

同时结合生境调查,对受检测古树的病虫害及树干受损情况进行详细的检查,判断检测空洞的准确性,并分析其形成的原因。采集到的病虫害样本带回实验室制成标本,并根据有关文献资料^[8-12]进行鉴定。

3 结果与分析

3.1 调查结果

113 株受检古树中无空洞的古树 29 株,占总数的 25.7%。此类古树木质部健康,无空洞或腐蚀,没有突然折断的安全隐患。轻度空洞的古树 18 株,占总数的 15.9%。此类古树木质部比较健康,有少部分空洞或腐烂,突然折断的风险较小。中度空洞的古树 34 株,占总数的 30.1%。

此类古树木质部疏松,已有较大面积的空洞,存在一定的安全隐患。重度空洞的古树 32 株,占总数的 28.3%。此类古树内部空洞已占截面面积 1/2 上,折断、倒伏的安全隐患较大。各古树空洞情况见表 1。此外,通过调查发现部分古树在养护过程中还存在一些问题:古树标牌丢失或字迹模糊不清;病虫害特别是蛀干类病虫害发生较多;树池过小或行人踩踏过多造成土壤板结,导致透气、透水性差;未对树体伤口进行消毒防腐处理;使用水泥填补树洞和表皮等。

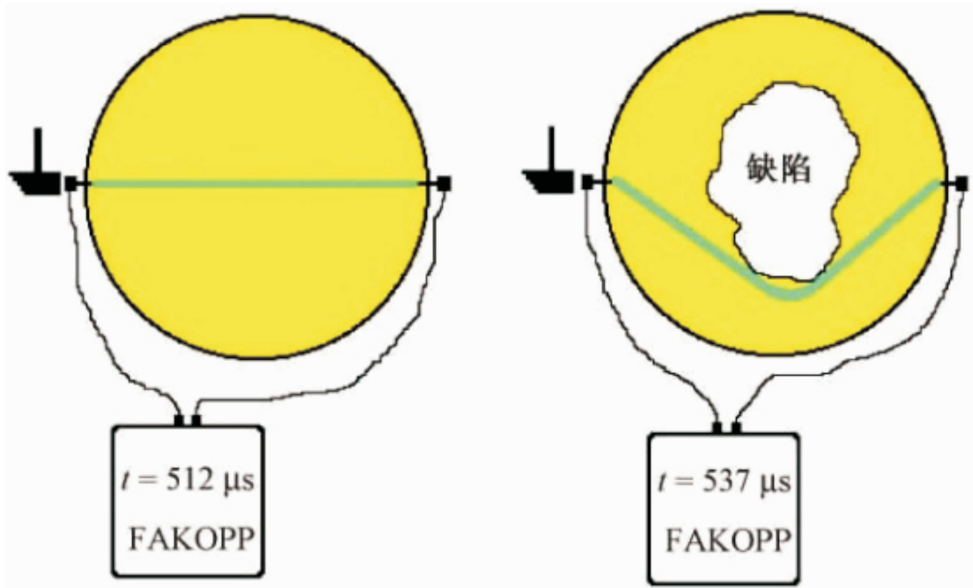


图 1 Fakopp 应力波技术测定内部空洞原理
Fig. 1 Principle of detect internal decayed with Fakopp

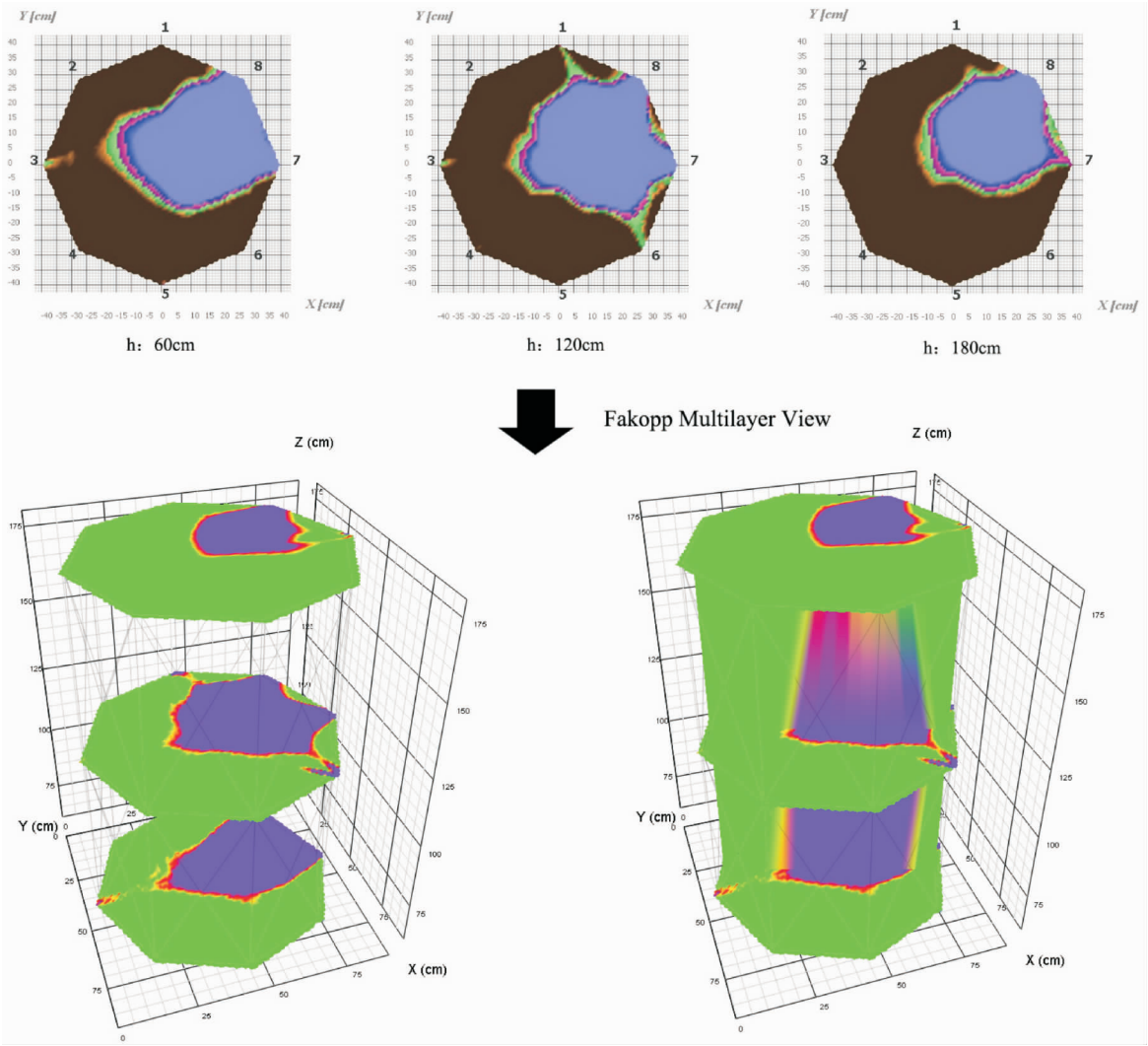


图 2 137 号古树内部空洞检测

Fig. 2 Result of detect internal decayed on No. 137 old tree

3.2 空洞原因分析

古树内部空洞的主要原因是树体受到人为伤害、病虫害或自然灾害造成树体破损后，伤口没有及时愈合，受到各种木腐菌以及雨水的侵蚀，导致木质部逐渐腐朽，并向内部横向及上下纵向不断扩大，最终形成空洞。

3.2.1 伤口因素 树体受损是木腐菌侵染的先决条件，人工修剪枝干、擦伤、碰伤、蛀干类病虫害为害、风吹折断、雷击等各种人为、自然因素造成的伤口未及时进行防腐消毒处理，导致木腐菌从伤口处侵染，只要条件合适便会大量繁殖，使得伤口难以愈合甚至扩大，并逐渐腐烂形成空洞。蛀干类病虫害是造成树体空洞的一个重要因素，它们不但可以直接在树体上产生伤口，为木腐菌侵染提供条件，并且随着病虫害的不断为害将导致伤口难以愈合甚至越来越严重。通过调查发现古树的蛀干类病虫害主要有：白蚁、天牛、透翅蛾及干腐病等(表 2)。其中，白蚁类害虫造成的空洞一般位于树干基部或根颈部，

如家白蚁在基部筑巢后向上蛀食主干，可直接造成较大的空洞；天牛、透翅蛾造成空洞一般位于主干及枝干的受害处，起初较小，后期逐渐扩大，向纵深化发展。

3.2.2 木腐菌及水分因素 木腐菌可分为白腐菌和褐腐菌，大部分种类为腐生菌，有些种类兼性寄生。其中白腐菌主要是担子菌和某些子囊菌，能分解木质素导致木质白色腐朽^[13]；褐腐菌主要是多孔菌，能分解纤维素和半纤维素导致木质褐色腐朽^[13]。由于活树的边材对木腐菌的侵蚀有较强的防御能力^[14]，所以木腐菌从树体伤口侵入后多向内侵蚀心材，这就造成了古树树干完好，但其内部木质部已经腐朽空洞。木腐菌在树体内存活和繁殖需要的条件主要有：水分含量 $>15\%$ 、空气含量 $>10\%$ 、温度 $-5\sim 45^{\circ}\text{C}$ 、pH 值 $6\sim 8$ ^[15]。由于古树内部的空气、温度、PH 等条件完全可以满足木腐菌的生长要求且难以人为控制，因此控制树洞内部的水分是防止古树腐朽空洞扩大的关键。

表 1 各古树空洞内部情况

Table 1 Internal rotten hole for ancient trees									
古树编号	种类	树龄	空洞率/%	空洞等级	古树编号	种类	树龄	空洞率/%	空洞等级
12	香樟	725	47.1	中	省卫生厅	银杏	—	47.2	中
13	香樟	725	56.2	重	耶稣堂弄	榉树	—	0	无
14	香樟	725	58.0	重	儿保医院	沙朴	—	0	无
15	香樟	722	61.5	重	流水苑东	香樟	—	54.6	重
16	香樟	722	62.2	重	木庵新村	香樟	—	0	无
17	香樟	722	48.9	中	197	香樟	—	21.2	轻
18	香樟	722	59.7	重	199	香樟	266	50.5	重
19	香樟	519	24.0	轻	200	香樟	166	46.1	中
20	香樟	309	42.0	中	203	香樟	166	46.6	中
31	香樟	722	36.2	中	204	香樟	166	5.9	轻
32	香樟	722	46.8	中	211	香樟	166	0	无
38	香樟	722	0	无	212	香樟	166	0.1	轻
39	香樟	722	48.1	中	213	香樟	166	1.7	轻
46	香樟	329	47.3	中	214	香樟	166	0	无
47	香樟	469	44.5	中	215	香樟	166	0	无
48	香樟	319	0	无	216	香樟	166	0	无
49	黄连木	319	38.6	中	217	香樟	116	0	无
50	香樟	469	0	无	218	香樟	166	16.8	轻
51	香樟	469	54.2	重	219	香樟	116	0	无
52	香樟	469	52.7	重	220	香樟	726	32.9	中
74	香樟	519	60.2	重	二院北 1	香樟	—	0	无
75	银杏	569	60.4	重	二院北 2	香樟	—	5.0	轻
76	银杏	569	47.1	中	二院北 3	香樟	—	47.2	中
77	银杏	739	60.6	重	二院北 4	香樟	—	41.2	中
80	香樟	429	60.4	重	二院卧樟	香樟	—	1.0	轻
81	香樟	429	51.7	重	234	香樟	516	48.1	中
82	香樟	366	9.4	轻	235	香樟	216	37.9	中
83	香樟	366	32.8	中	237	香樟	716	4.3	轻
100	香樟	322	54.3	重	机场路里街	香樟	—	44.1	中
102	香樟	322	9.6	轻	皋亭山河道	香樟	—	0	无
103	香樟	326	35.8	中	山羊坞 1	香樟	—	0	无
107	香樟	322	55.3	重	山羊坞 2	香樟	—	42.7	中
109	香樟	326	0.75	轻	沿山山庄路	香樟	—	0.5	轻
110	香樟	326	60.8	重	天鹅路 67	香樟	—	52.6	重
111	香樟	322	0	无	天鹅路 63	香樟	—	0	无
112	香樟	326	28.3	中	临丁路河道	香樟	—	46.0	中
117	香樟	331	0	无	281	香樟	1060	45.9	中
119	香樟	322	59.6	重	282	香樟	206	50.3	重
120	香樟	322	45.0	中	284	香樟	176	0	无
聚贤亭	香樟	—	35.05	中	344	枫香	526	35.9	中
聚贤亭 2	香樟	—	0	无	404	香樟	315	54.0	重
六公园	香樟	—	0	无	567	香樟	—	2.6	轻
130	香樟	515	33.1	中	587	香樟	828	66.4	重
135 北	香樟	316	0	无	610	香樟	625	58.8	重
137	香樟	116	34.1	中	611	香樟	616	52.6	重
158	广玉兰	136	5.0	轻	619	香樟	625	53.1	重
162	银杏	116	0	无	632	香樟	528	0	无
163	银杏	116	0	无	650	香樟	528	58.2	重
169	香樟	716	47.7	中	744	香樟	328	51.8	重
179	香樟	136	0	无	745	香樟	728	51.1	重
182	香樟	166	11.0	轻	753	香樟	428	57.9	重
184	香樟	116	0	无	944	香樟	616	53.0	重
185	香樟	316	1.4	轻	946	香樟	—	44.4	中
186	香樟	516	49.0	中	947	香樟	—	0	无
191	银杏	161	4.1	轻	凌家桥	香樟	319	46.6	中
192	香樟	316	57.2	重	西溪	香樟	319	61.3	重
工人新村	香樟	416	0	无					

注:只有地点无编号或无树龄的古树,一般为标牌缺失或字迹模糊不清。

表 2 古树主要蛀干类病虫害

Table 2 Main boring diseases and insect pests on ancient trees

病虫害种类	为害程度	受害古树编号
家白蚁(<i>Coptotermes formosanus</i>)	+++	49、112、220、二院北 1、二院北 2、235、282、404、610、745、753
黄胸散白蚁(<i>Reticulitermes speratus</i>)	++	619、944
黄翅大白蚁(<i>Macrotermes barney</i>)	+	儿保医院
黑翅土白蚁(<i>Odontotermes formosanus</i>)	++	13、14、15、16、18、31、76、77、82、83、102、111、聚贤亭 2、137、158、169、179、191、耶稣堂弄、200、204、临丁路河道、650、946
星天牛(<i>Anoplophora chinensis</i>)	+	75、77
刺角天牛(<i>Triachys orientalis</i>)	+++	344
樟兴透翅蛾(<i>Synanthedon</i> sp.)	++	109、120、137
香樟溃疡病(<i>Physalospora</i> sp.)	+	19、32、200、工人新村、610、744
枫香干腐病(<i>Botryosphaeria ribis</i>)	+	344

注：为害程度：“+”表示轻，“++”表示中等，“+++”表示重。

4 古树空洞预防保护措施

4.1 加强养护增强古树生长势

及时补充缺失的古树标识牌,加强养护管理,根据古树的具体情况 & 立地条件,采取施肥、吊营养液、挖复壮沟、埋置通气井、更换透气铺装、设置支撑等措施,改善生长环境,增强古树的生长势,提高其自身抗性。

4.2 避免及正确处理树体损伤

地处 在人流、车流较为密集区域 的古树应增设防护栏,防止行人及车辆对树体造成损害。对孤立的高大古树安装避雷针,避免雷击。对修剪、风折或其他人为、自然因素造成的树体损伤及时处理,水平枝条的锯口应与地面垂直,避免雨水滞留^[16]; 竖直接条的锯口要平滑,除了常规的杀菌防腐剂外,还需用桐油和液态蜡封闭伤口,防止积水后木腐菌侵染。

4.3 蛀干类病虫害防治

4.3.1 白蚁防治 利用繁殖蚁的趋光性,在分群时使用黑光灯诱杀有翅繁殖蚁;在白蚁为害高峰前使用 20% 氰戊菊酯乳油 20~40 倍液喷淋古树主干及周围土壤,然后再覆土,对白蚁有显著的趋避效果;白蚁发生盛期时,在受害古树周围挖浅坑,于坑内埋置松木、枯死枝等诱饵引诱白蚁,待引诱到大量白蚁时向坑内喷施 3% 伊维菌素粉剂,使白蚁携药粉回巢,达到灭巢的目的。

4.3.2 天牛防治 在天牛羽化、产卵期,于清晨人工捕捉成虫或根据天牛产卵部位及刻槽形状,用小锤敲击刻槽杀死虫卵;成虫发生期使用 8% 氯氰菊酯微胶囊剂 200~400 倍液喷雾防治;幼虫孵化期或幼虫尚未蛀入木质部时使用 75% 灭蝇胺可湿性粉剂 100 倍液喷洒树干防治;幼虫蛀入木质部后可使用国光树体杀虫剂或 75% 灭蝇胺可湿性粉剂 50 倍液打孔注射防治。

4.3.3 寄生菌及木腐菌防治 先用小刀将腐烂、疏松的部分刮除干净,直至露出健康的树干,然后使

用 70% 甲基托布津可湿性粉剂或其他杀菌剂 100 倍液涂抹伤口,最后涂抹松香清油合剂等防腐保护剂。

4.4 树洞修补

控制树洞内部的水分是防止空洞扩大的关键,因此需要根据树洞的实际情况和周围的环境综合判断是否要修补树洞。若古树的稳定性及排水性均良好,且不会造成积水,则不必进行修补,只需定期进行树洞排水检查以及表面消毒、防虫、防腐处理。另外一些排水不良的树洞,洞内积水仅靠蒸发和自身吸收难以排除干净,这就需要及时修补树洞了。树洞修补禁止使用水泥、砖头等刚性填充材料,修补时先用刮刀将树洞中腐烂、疏松的部分刮干净,再用杀菌剂、杀虫剂进行除虫除菌处理,待树洞内干燥后涂抹桐油或香清油合剂等防腐保护剂。然后使用水溶性聚氨酯填充树洞,边缝及洞口要严实密封,必要时还应对洞口进行整形或使用仿真树皮进行美化。最后,每年雨季前要对填补的树洞特别是边缝及洞口部位进行详细的检查,若有裂缝需及时补修。

参考文献：

[1] 孙明巡. 上海主要古树树干腐烂状况检测研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9367-9369, 9502.
SUN M X. Study on the health status of typical aged trees in Shanghai City [J]. Journal of Anhui Agri. Sci., 2012, 40(17): 9367-9369, 9502. (in Chinese)
[2] 管珣, 赵茂程. 北美基于应力波技术的木材测试及应力分等的研究进展[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(2): 178-181.
GUAN X, ZHAO M C. Advances in the researches of the wood quality testing and stress grading based on the acoustic technology in North America [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(2): 178-181. (in Chinese)
[3] 孙燕良, 张厚江, 朱磊, 等. 木构件材料力学性能快速检测研究 [J]. 西北林学院学报, 2012, 27(2): 245-248.
SUN Y L, ZHANG H J, ZHU L, et al. Rapid test on mechanical properties of wooden components [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(2): 245-248. (in Chinese)
[4] 段新芳, 王平, 周冠武, 等. 应力波技术检测古建筑木构件残余

弹性模量的初步研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1): 112-114

DUAN X F, WANG P, ZHOU G W, *et al.* Nondestructive evaluation of dynamic MOE of ancient wooden structure members by stress wave method[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(1): 112-114. (in Chinese)

[5] 廖春晖, 张厚江, 黎冬青, 等. 古建筑圆柱形木构件内部缺陷筛查方法研究[J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(1): 123-126.

LIAO C H, ZHANG H J, LI D Q, *et al.* Screening method of internal defects in cylindrical wood members of ancient architectures[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2013, 35(1): 123-126. (in Chinese)

[6] 段新芳, 李玉栋, 王平. 无损检测技术在木材保护中的应用[J]. 木材工业, 2002, 16(5): 14-16.

DUAN X F, LI Y D, WANG P. Review of NDE technology as applied to wood preservation[J]. China Wood Industry, 2002, 16(5): 14-16.

[7] 梁善庆. 古树名木应力波断层成像诊断与评价技术研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008.

[8] 蔡邦华, 陈宁生. 中国经济昆虫志(第八册): 等翅目白蚁[M]. 北京: 科学出版社, 1964.

[9] 华立中, 奈良一, SAEMULSON G A, 等. 中国天牛(1 406 种)彩色图鉴[M]. 广东: 中山大学出版社, 2009.

[10] 徐振国, 肖慧玲, 王海川, 等. 我国透翅蛾科的常见属[J]. 青海农林科技, 1990(4): 31.

[11] 郭立中, 邓先琼. 樟树溃疡病研究Ⅲ: 病害发生发展规律[J]. 湖南农学院学报, 1995, 21(2): 147-150.

GUO L Z, DENG X Q. Research on camphor canker Ⅲ: occurrence and development[J]. Journal of Hunan Agricultural College, 1995, 21(2): 147-150. (in Chinese)

[12] 张云霞, 鲁海菊, 陈润琼, 等. 草果叶斑病和枫香干腐病的病原菌鉴定[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(3): 438-440.

ZHANG Y X, LU H J, CHEN R Q, *et al.* Identification of leaf spot of *Amomum tsao-ko* and trunk canker of *Liquidambar formosana* [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2005, 20(3): 438-440. (in Chinese)

[13] 池玉杰. 东北林区 64 种木材腐朽菌木材分解能力的研究[J]. 林业科学, 2001, 37(5): 107-112.

CHI Y J. Study on the wood degrading ability of 64 wood-rotting fungi in the Northeast Forestry Reserves of China[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2001, 37(5): 107-112. (in Chinese)

[14] 李明月, 钱俊, 李光耀. 木腐菌及其腐朽机理研究进展[J]. 安徽林业科技, 2012, 38(3): 33-35.

LI M Y, QIAN J, LI G Y. Review of research progress on wood-decay fungi and the decay mechanism, [J]. Anhui Forestry Science and Technology 2012, 38(3): 33-35. (in Chinese)

[15] 李玉和, 张丽丽. 古树树洞修补技术的探讨[J]. 中国公园, 2010, 13(2): 33-39.

[16] 陈锡连, 王国英, 陈赛萍. 古树名木预防腐朽中空技术研究[J]. 华东森林经理, 2003, 17(2): 28-29.