

# 古树名木无损检测技术 (NDT) 应用

■ 应力波技术    ■ 树木雷达技术    ■ 微钻阻力技术



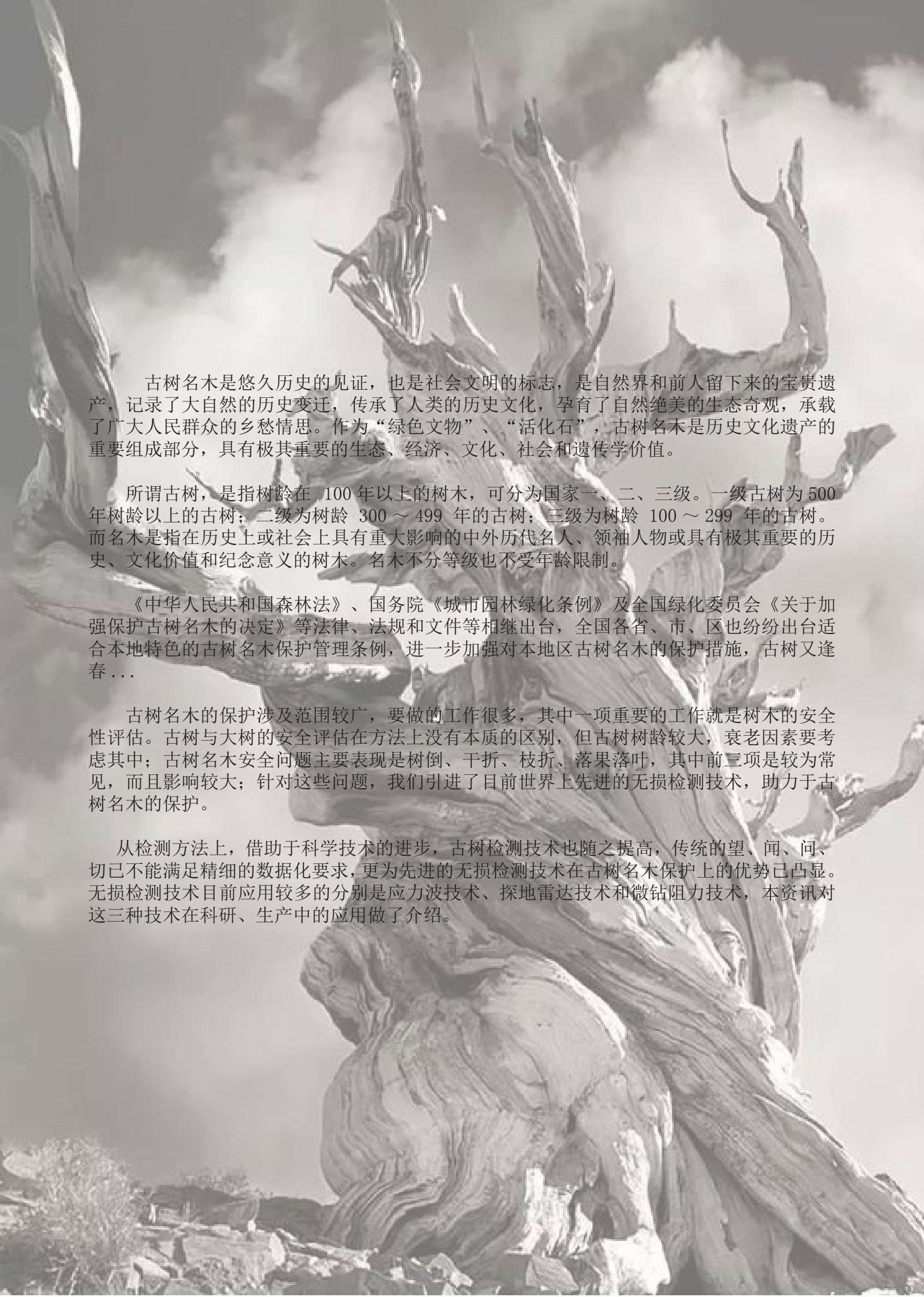
点将微博



点将微信

点将科技

[www.DianjiangTech.cn](http://www.DianjiangTech.cn)



古树名木是悠久历史的见证，也是社会文明的标志，是自然界和前人留下来的宝贵遗产，记录了大自然的历史变迁，传承了人类的历史文化，孕育了自然绝美的生态奇观，承载了人民群众的乡愁情思。作为“绿色文物”、“活化石”，古树名木是历史文化遗产的重要组成部分，具有极其重要的生态、经济、文化、社会和遗传学价值。

所谓古树，是指树龄在 100 年以上的树木，可分为国家一、二、三级。一级古树为 500 年树龄以上的古树；二级为树龄 300 ~ 499 年的古树；三级为树龄 100 ~ 299 年的古树。而名木是指在历史上或社会上具有重大影响的中外历代名人、领袖人物或具有极其重要的历史、文化价值和纪念意义的树木。名木不分等级也不受年龄限制。

《中华人民共和国森林法》、国务院《城市园林绿化条例》及全国绿化委员会《关于加强保护古树名木的决定》等法律、法规和文件等相继出台，全国各省、市、区也纷纷出台适合本地特色的古树名木保护管理条例，进一步加强对本地区古树名木的保护措施，古树又逢春...

古树名木的保护涉及范围较广，要做的工作很多，其中一项重要的工作就是树木的安全性评估。古树与大树的安全性评估在方法上没有本质的区别，但古树树龄较大，衰老因素要考虑其中；古树名木安全问题主要表现是树倒、干折、枝折、落果落叶，其中前三项是较为常见，而且影响较大；针对这些问题，我们引进了目前世界上先进的无损检测技术，助力于古树名木的保护。

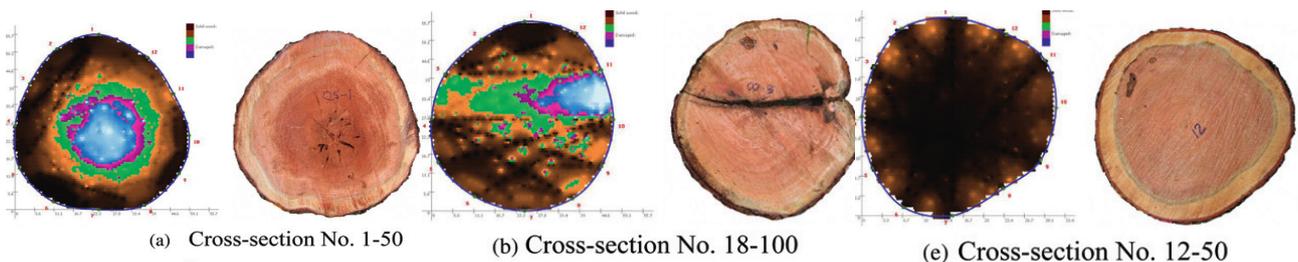
从检测方法上，借助于科学技术的进步，古树检测技术也随之提高，传统的望、闻、问、切已不能满足精细的数据化要求，更为先进的无损检测技术在古树名木保护上的优势已凸显。无损检测技术目前应用较多的分别是应力波技术、探地雷达技术和微钻阻力技术，本资讯对这三种技术在科研、生产中的应用做了介绍。



## 木质检测 一、Picus 3 应力波树木断层成像技术

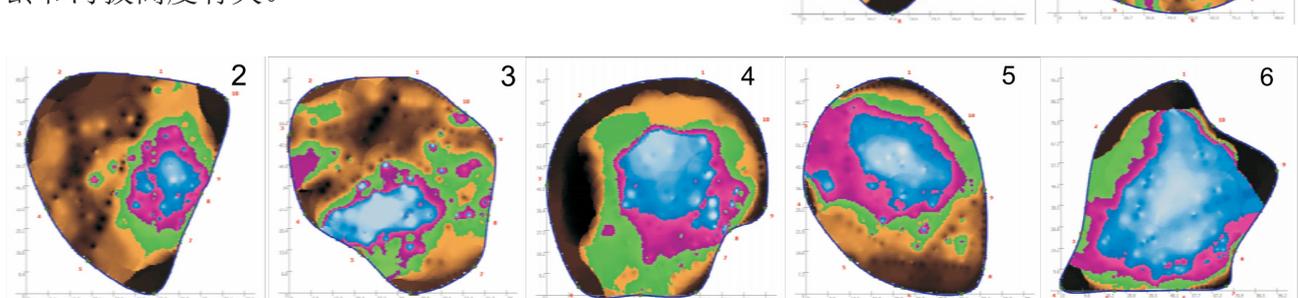
Picus 3 应力波树木断层检测仪用于检测因虫害或者自然衰退导致树木木质腐烂情况，多数情况下主要测量树干近地面的部分。测量时将传感器固定在预检测的断层上，使用专业设计的电子锤敲击每个检测点，应力波在树干内部传播，如果树干内部的介质不同，应力波传播的速度就不同，比如在实木中传播快，受损木质或空洞中传播慢，进而可以判断树干内部的健康状况，检测结果可视化显示。

◆ Picus 3 应力波技术在树干空腐检测的准确性已得到多次验证。Wang 等在 2008 年对 12 棵黑莓树进行测试，并获取测量的树盘与测量结果对比，结果显示有极好的正相关性。



上图为其中 3 个测试截面，(a) 图显示 NO.1 树离地 50cm 处的截面中心有严重腐烂，腐烂区域的面积与实际树盘腐烂情况相符；(b) 图，NO.18 树离地 100cm 处有成型裂缝，裂缝周围开始腐烂；(e) 图显示 NO.12 树离地 50cm 处截面完好。

◆ 波兰喀尔巴阡山脉区域有丰富的云杉，木质检测工作采用取样的方式进行，5 个林分，每个林分 30 个样本，使用 Picus 3 进行断面成像，利用统计学方法，对整个林区进行木质进行综合判定，结果显示该方法科学、可靠的，云杉茎腐病发生率为 27-90%，与树龄和海拔高度有关。

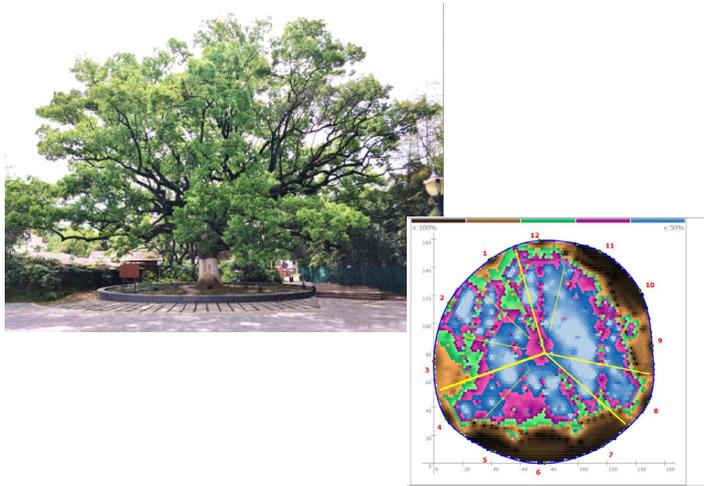


Bukowiec 调查区云杉的断层图：0-0 级（未记录受损木材）；1-1 级（6% 受损木材）；2-2 级（18%）；3-3 级（25%）；4-4 级（34%）；5-5 级（46%）；6-6 级（68%）。

在中国，应力波无损检测技术在古树名木保护上也得到充分的应用。应力波在健康的树木中以直线传播，传播速度比较高，当树木存在内部缺陷或损伤时，应力波传播速度显著下降。应力波具有传播距离远、传播能量大、抗干扰能力强、无需耦合等优点，同时对人体无害，轻巧便携，易于操作，已是树木检测之必备仪器。

### 江西景德镇千年古樟树做保护性检测

古树外观表面平整，没有明显的腐烂，但长势衰弱，新生枝条有严重的枝枯病。经检测，该千年古樟树检测截面处受损率大于65%，树干内部腐烂严重。如右图，上图为景德镇千年古樟树，下图为离地约1.5m处测量截面结果图，该截面胸径约1.6m，图中受损木质以蓝色、紫色和绿色表示，其中蓝色表示空腐最严重，紫色次之，绿色较轻，棕色或黑色表示健康实木。【国光古树保护研究所】



### 广西柳侯公园古树检测项目

树不怕空心，因为树的营养靠树皮，树心只起到支撑作用。如果一棵树空心横截面面积超过50%，木质比较脆，种植在人流密集地区而且处于风口，综合多方原因，会建议砍伐。但是这棵国槐是古树，树干几乎没有倾斜，树冠不大，不在风口，所以我们的建议是给这棵树做支撑。【广州市林业和园林科学研究院】

### 瘦西湖古树检测项目

在扬州，瘦西湖风景区是古树名木绝对的“大户”，这里古树名木的总数达到了153棵，数量占城区古树名木总数的三分之一。【江南大学】



### 汉阳树体检项目

‘晴川历历汉阳树，芳草萋萋鹦鹉洲。’  
【武汉市园林科学研究院】

其他部分用户：

- 南京市测绘勘察研究院
- 石家庄植物园
- 昆山市园林绿化指导委员会
- 长春市园林植物保护站
- 哈尔滨市园林绿化科学研究所
- 重庆市风景园林科学研究院
- 成都市植物园
- 三亚市林业科学研究院
- 东北林业大学
- 新疆大学.....



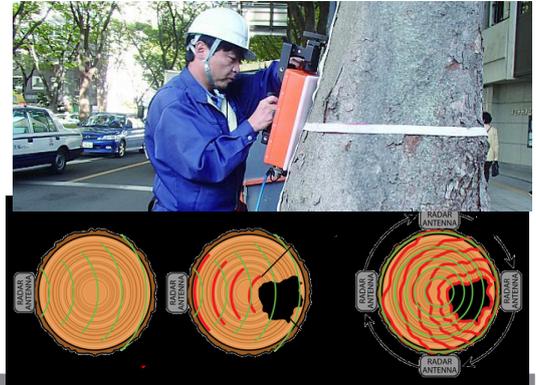
# 木质检测

## 二、TRU 树木雷达木质检测技术

TRU 树木雷达检测系统利用地面雷达探测技术对树干进行非侵入式扫描，以脉冲形式通过天线定向将电磁波发射到检测物体，电磁波在介质传播过程中，遇到电性差异的目标体时发生反射，被接收天线接收，数据经专业软件分析后，将检测截面可视化显示。

### 技术特点

- 无损检测，对检测对象无伤害，对环境无不利影响；
- 检测快速，只需数分钟即可完成树干不同高度扫描，根系扫描只需数十分钟；
- 无线通讯，测量更加方便快捷；
- 扫描前无需对检测对象做任何处理；
- 数据采集器和检测天线有便携箱存放，携带方便；
- 软件分析准确方便，生成专业的分析报告，结果可靠、直观、多样。



### 树干检测实验验证

梧桐 (1.85m 胸径)，马里兰州贝塞斯达岩石溪公园旁，树干高处两个大洞，检测高度：2m。  
 实际：5点钟和8点钟方向之间，剩余实木厚度平均7.5cm，其他区域剩余实木15至25cm。  
 检测：5点钟和8点钟方向之间，剩余实木厚度5至10cm，其他区域剩余实木15至25cm。

华盛顿，200年以上的古橡树  
 红线显示雷达波探测到的界面——实木和受损木材之间的过渡

澳门民政总署树木的管理保护

红枫检测

4' Section A  
 3' Section B  
 2'  
 4' Elevation saw-cut was the selected section. For the following radar-image examination, shown to the right of this photo.  
 Tree 830 Red Maple  
 TRU Sawcut Overlay Tree 830, 4' Height

结果图中不同颜色表示不同的木质结构，红色表示成型腐烂；  
 目前截面分析中反射面均以红色曲线表示。

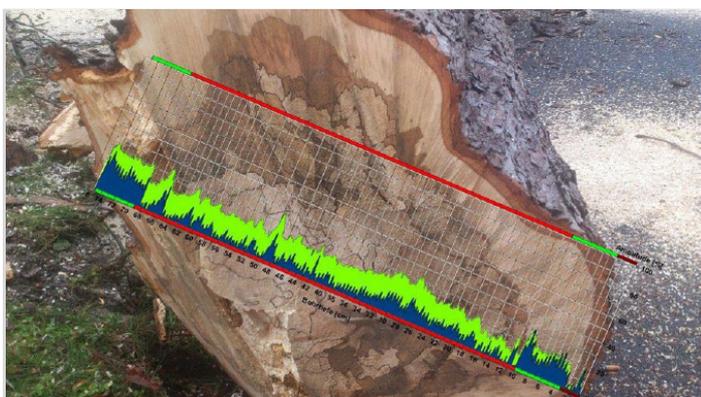
## 木质检测

### 三、微钻针测阻力技术



在电动机驱动下，仪器的微型钻针以恒定速度钻入树木内部，产生相对阻力，阻力的大小反应出木质密度的变化，已有很多实验证实木质密度和微钻阻力之间有显著的统计学上线性关系，微钻阻力越大，则密度越大，表示木质健康，否则，木质有损伤；微机系统采集钻针在木质中产生的阻力参数，在软件上将数据可视化显示。

微型钻针直径约 1.5mm，长度从 300mm 至 1000mm 不等，适合各种胸径的树木。



PD 系列针测仪	
钻孔深度	200--1000mm
动力来源	可充电锂电池供电
数据	电子数据，可选蓝牙打印机
分辨率	0.02mm/300mm
步进速度	5 级，15-200cm/min 可调
旋转速度	5 级，1500-5000rpm 自可调

- 绿色——步进阻力
- 蓝色——旋转阻力

PD 系列针测仪采用两种阻力记录模式测量，有效避免测量高密度树种时的误差。高密度树种可能即使内部木质受损，其残存的木质仍具有较大的步进阻力，但其旋转阻力会减小。可对木质内部的裂缝、腐朽、虫蛀进行判断。



RESISTOGRAPH 系列针测仪	
钻孔深度	28、38、49cm，其他深度可选
分辨率	0.1cm
存储	20m，可扩展至 98m
步进速度	0-55cm/min
测量结果	蓝牙打印、存储

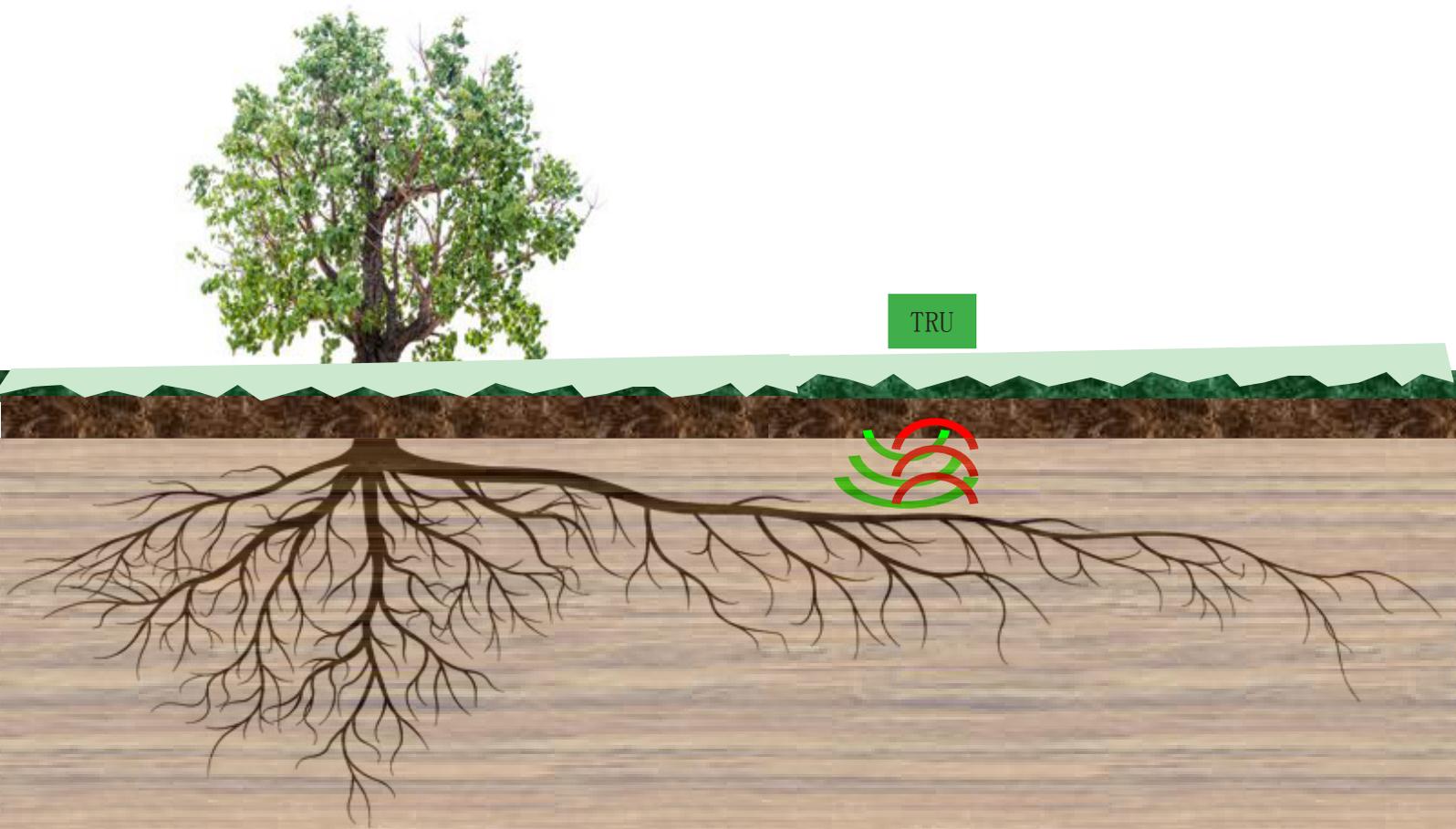


## 白蚁检测



T3i 白蚁探测仪	
雷达传感器	24.125GHz
温度传感器	红外测温，-40+85℃
湿度传感器	30-40mm，基于阻抗技术
通讯方式	Bluetooth® Class 1 V2.0 + EDR
尺寸	189×80×82 mm

温湿度检测——湿度大——可能存在白蚁  
 红外线测温——温度高——可能有白蚁活动  
 雷达探测——活动物体——确定白蚁存在



## 根系无损检测技术 -TRU 树木雷达

“人类对自己脚下的土壤的了解远远不及对宇宙的了解”

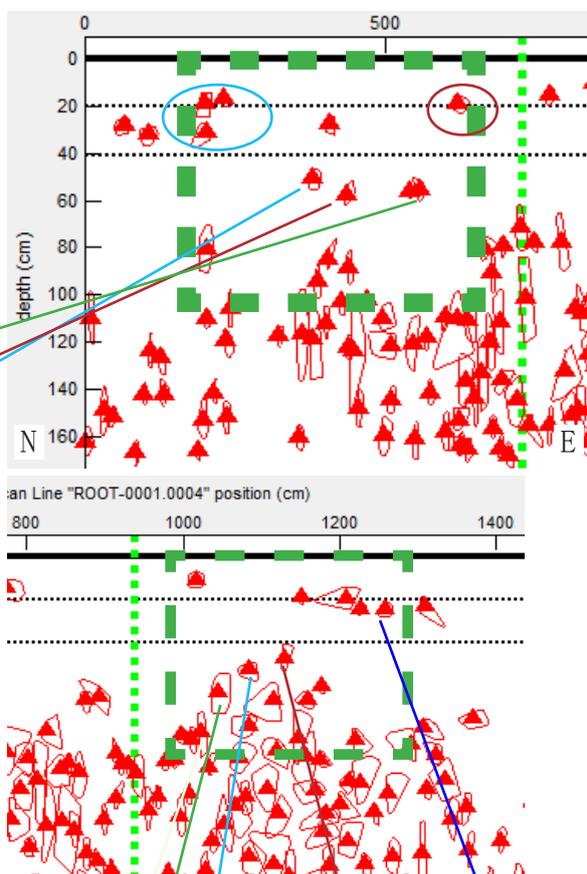
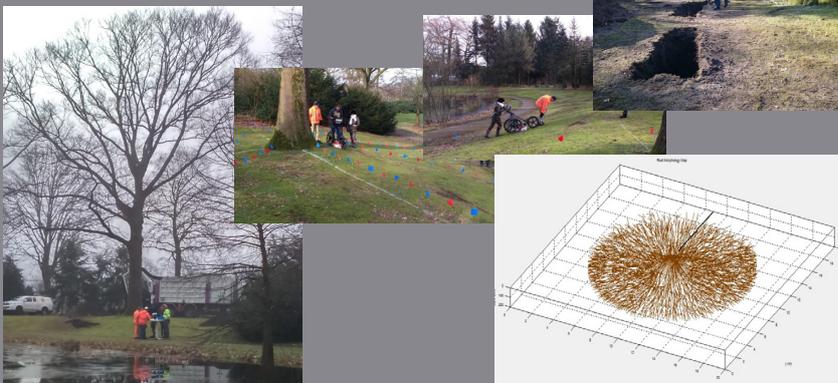
——《科学》杂志

# TRU 树木雷达根系检测系统

TRU 树木雷达检测技术除了具有树干健康完全无损检测优势外，还是目前唯一一款无损探测扫描地下根系的技术。TRU 树木雷达是一种专用的探地雷达，在不挖掘土壤的情况下采集树根数据，极大提高树木学家了解树木如何生根的效率。

► 2016年2月18日，在荷兰斯坦福德市伯格利庄园对红橡（*Quercus rubra*）进行了TRU根系扫描，之后使用吸土机和气铲挖掘地面，并将TRU检测结果与挖掘情况对比。

- 检测对象：红橡（*Quercus rubra*）
- 检测深度：2.0m，记录检测 1.0cm
- 土壤介电常数设定值：13
- 校准方式：自动
- 天线频率：400MHz



结果显示：在水平方向根系的深度和位置都很吻合；直径大于 20 毫米的根系被检测出来；由于潮湿的粉质粘土结核丛生，检测结果有一些假阳性；直径大于 20 毫米的细根束被检测到。

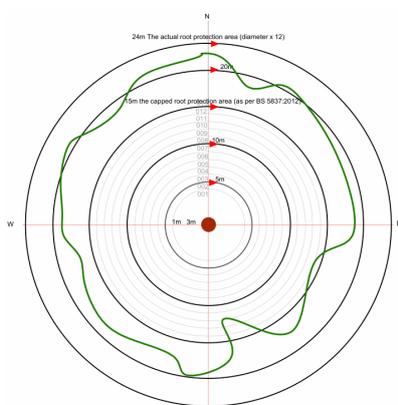
实验也对不同的介质介电常数（dielectric）设置进行了比较，最佳设置为仪器内置的根据土壤类型推荐的参数。

目前还不能把检测出的根系的直径进行量化，这是开发人员下一步的目标。

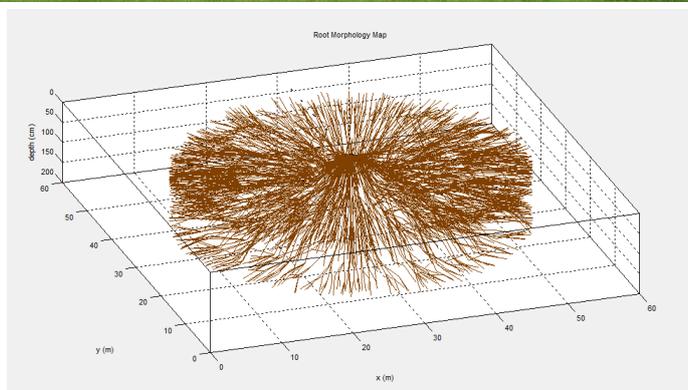


▶ 林肯郡斯坦福德市伯格利庄园的历史公园里进行了另外一项检测，测量对象是一棵晚熟橡树。其高度约为26m，树冠延伸超过33m，距离地面1.5m处胸径约2m。周长等于树干直径2倍。

- 检测对象：橡树（树高26m）
- 天线频率：400MHz
- 检测深度：2m，记录间隔1cm
- 土壤介电常数设定值：13
- 校准方式：自动



黑色：根系扫描线  
绿色：传统冠层保护区

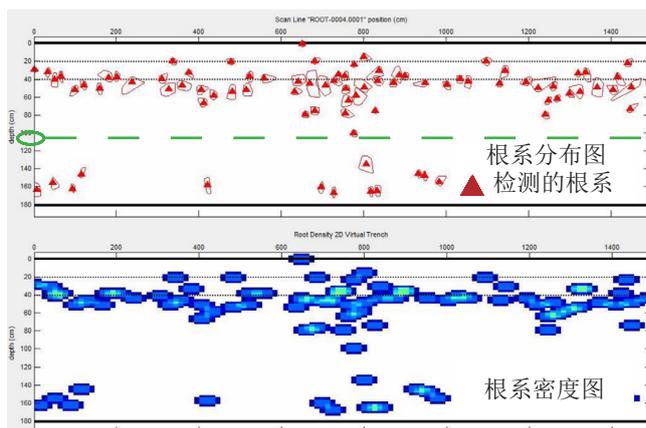


这棵橡树在水平面上以中等到较低的密度均匀的生根。

大多数树根在离地面80cm深处，其次在170-180cm深处有较多的根。生根区远远超过15m的树冠保护区。

大多数情况下，直观地了解树木生根情况，指导树根保护区建立，是一种合理的方法。TRU不破坏土壤的情况下收集数据，速度快，可以扫描草坪、混凝土、柏油路面等表面，没有任何痕迹留下。

TRU检测结果表明，该树生根密度高，生根区域远超传统方法设定的15m树根保护区，实际应设定保护半径为24m。



部分用户：

- 中科院植物研究所
- 北京林业大学
- 广州市林业和园林科学研究院
- 长春市园林植物保护站
- 哈尔滨市园林绿化科学研究所
- 重庆市风景园林科学研究院

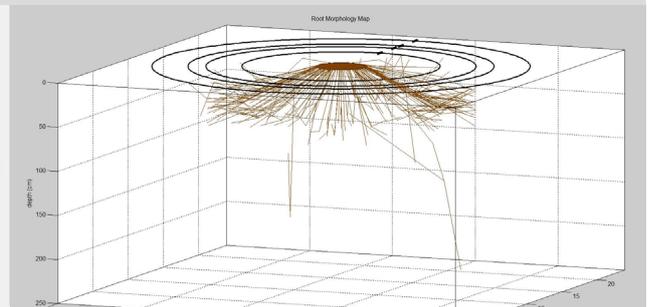
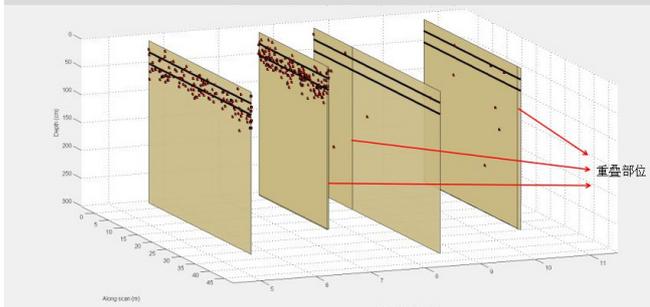
- 中国林业科学院
- 济南市园林花卉苗木培育中心
- 昆山市园林绿化指导委员会
- 广东轻工职业技术学院
- 三亚市林业科学研究所
- 国光古树保护研究所

- 安徽建筑大学
- 东北林业大学
- 新疆大学
- 上海市绿化指导站
- 华南理工大学
- 南京林业大学 ...

## 部分用户使用案例

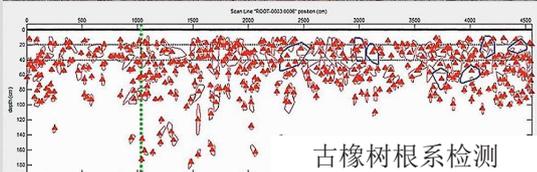
景德镇古树复壮项目  
完成古樟树地上部分的检测、修复后，古树保护技术人员对地下根系的分布情况进行检测，以便科学、精准指导开挖沟槽、通气施肥。

检测对象：樟树  
天线频率：400MHz  
检测深度：2.5m，记录间隔 1.0cm  
土壤介电常数设定值：13  
校准方式：自动  
扫描分布：5.5m, 7.5m(花坛内), 8.5m(花坛外), 10.5m。



### 结果

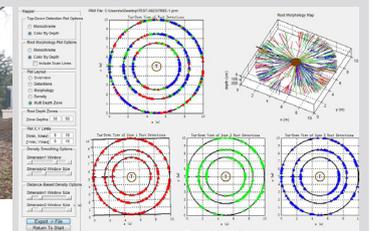
- 距离树 7.5m 范围以内（花坛内）生根较多，花坛外根系极少；
- 根系主要分布在深度 20cm 至 100cm 范围内；
- 在花坛内侧开挖复壮沟，改良土壤、施加养分物质，放置通气透水管。



古橡树根系检测



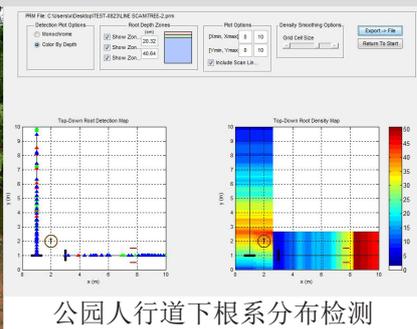
800年古银杏树根系检测



古黄葛树根系检测



行道树根系分布检测



公园人行道下根系分布检测



古槐树根系检测



楨楠根系检测

# 古建筑无损检测技术

中国古代建筑以其历史悠久、技术精湛、装修华丽闻名于世，是世界建筑宝库中的重要组成部分，其木结构是与西方以砖石结构为主的建筑有着明显区别，木结构是中国古代建筑的核心和重要组成部分。

木材料作为一种生物材料，易腐、易燃、易受虫蛀，导致木构件物理力学性能衰减，这种变化不易察觉，若处理不善，最终导致建筑整体破坏，带来难以修复的影响；因此古建筑木构件材质状况检测必不可少，鉴于古建筑的历史作用和现实价值，在检测木构件时不能造成其力学损伤，因此必须采用无损检测技术（NDT）。

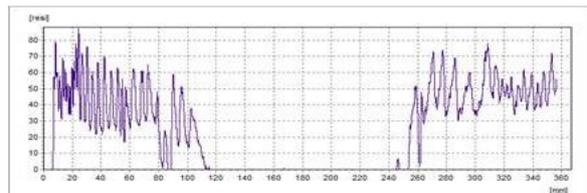
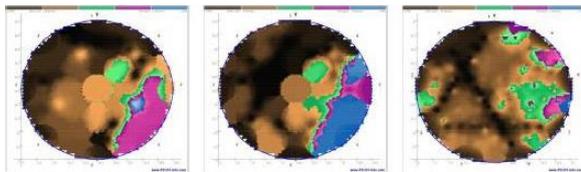
无损检测技术（NDT）在古树名木保护检测上已得到充分应用，在我国，无损检测技术经历了从检测活力木和木材产品，逐步发展到应用于木结构建筑的检测勘察这个过程，一项来自上海市房屋修建行业协会的研究表示，近年来一些实验、应用结果表明无损检测技术能够有效检测古建筑木构件虫害、腐朽、裂缝等木质损伤情况。

## 古建筑无损检测

### 一、Picus 3 应力波成像技术、微钻针测阻力技术



西湖十景之一“平湖秋月”检测项目借助应力波技术和微钻阻力技术对御书楼立柱、横梁等构件进行检测。

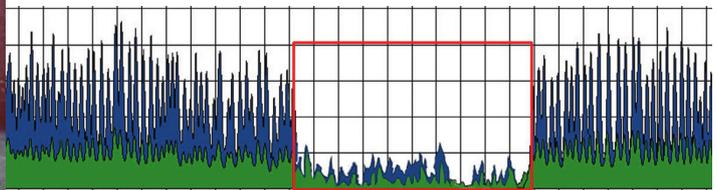


Picus 3 应力波断层检测仪测量时在构件表面浅层钉入测量钉，放置传感器，敲击产生应力波。结果如上左图所示，棕色和黑色表示应力波传播速度快，木质良好；绿色次之；红色和紫色表示应力波传播速度慢，腐烂严重。上右图为针测仪测试结果，中间部分显示钻针步进阻力很小，表明立柱内部腐烂严重或者空洞。



故宫立柱针测仪检测

下图红色区域阻力值很小，木质有损伤。



先进的木质无损检测技术用于古建筑木构件检测，弥补人为判断的缺陷，对于材料内部隐蔽部位可以通过数据科学的判断，并且通过数据、图表较好的反应被测物体内部的强度变化，腐朽、虫蛀等残损情况。科学对木材保存现状进行评估，为后期修缮工作提供重要的基础性数据支撑和评判依据。

## 古建筑无损检测 皮罗钉木材检测仪

PILODYN 皮罗钉木材检测仪是用来测量活树及木质结构，如电线杆、打桩和木梁等的木材强度及腐朽状况的有用工具。在固定力作用下，将微型探针打入木材内部，根据进针深度的差别判断木材腐朽程度并确定与此相关的强度等级。检测使用无损的方法，影响非常轻微，不会对测量对象造成大的破坏。



技术特点：

- 木质构件的强度测试，检测软腐病；
- 定期进行测量可检测木材不自然的变化；
- 分区域比较，确定最适合树种生长的地点，基于文化目的，建立相同树种及具有类似环境因素的树木
- 木质分类，检测木材，分级分类；
- 古建筑构件勘查，掌握构件结构状态，以采取及时、适当的保护和修复措施。

## 古建筑无损检测 Sylvatest TRI0 超声波木材检测仪



Sylvatest TRI0 超声波木材检测仪是 Sylvatest 系列的第三代重大革新设备，用于评估立木内部构造的木材腐蚀程度和剩余物理状态。

Sylvatest TRI0 利用超声波的原理，通过两个传感器（发射器和接收器）测量木材中超声波的传播时间，同时记录发射波的能量峰值（mV），整个测量过程不超过几秒钟，是真正的无损检测装置。

技术特点：

- 数字化快速显示木结构剩余机械状态；
- 运用超声波无损技术，瞬间获取木材的强度等级；
- 可以测量 25 米长木杆；
- 可在任何 Windows Mobile 手持式计算机上使用软件分析。

## 古建筑无损检测 HM220 原木品质测量仪



HM220 原木品质测量仪提供直接的方式来测量原木或木材的紧实度，无损害的快速检测原木的内部品质。利用声音在原木和木材中的传播速度，评估木材的紧实度，确定木质的好坏，方便的对其进行分级。用于木材加工、造纸选材，快速分级木材等。

技术特点：

- 操作简单，方便；仪器较轻，约 1KG 重；
- 探头长度大约 30CM，感应部位在前端的 2-3cm 处；
- 测量结果精确，测量原木的长度可达 40 米；
- 与机械应力级（MSR）木材和抗弯弹性模量（MOE）木材分级是对应的；
- 可存储上千组数据，并下载到电脑里；
- 防水、防震、电池供电。

## 部分参考文献

- 【1】 Bingqin Yu, Changkun Xie, Shize Cai, Yan Chen, Yongpeng Lv, Zulan Mo, Tianlei Liu & Zhiwen Yang, Effects of Tree Root Density on Soil Total Porosity and Non-Capillary Porosity Using a Ground-Penetrating Tree Radar Unit in Shanghai, China ; 2018, 10(12), 4640.
- 【2】 Shiping Zhu, Chunlin Huang, Yi Su & Motoyuki Sato, 3D Ground Penetrating Radar to Detect Tree Roots and Estimate Root Biomass in the Field; 2014, 6, 5754-5773.
- 【3】 Li Guo & Jin Chen & Xihong Cui & Bihang Fan & Henry Lin , Application of ground penetrating radar for coarse root detection and quantification: a review ; Plant Soil (2013) 362:1–23.
- 【4】 Nina Bassuk, Jason Grabosky, Anthony Mucciardi & Gary Raffel , Ground-penetrating Radar Accurately Locates Tree Roots in Two Soil Media Under Pavement ; Arboriculture & Urban Forestry 2011. 37(4): 160–166.
- 【5】 Jian Wen, Lin Gao, Xiayang Xiao, Zhongliang Xiao, Can Li , Detection and Measurement of Internal Defects for Tree Trunk by GPR ; 10.5013/IJSSST.a.17.31.09.
- 【6】 Zhongliang Xiao, Jian Wen, Lin Gao, Xiayang Xiao, Weilin Li and Can Li, Method of Tree Radar Signal Processing Based on Curvelet Transform; 10.21311/001.39.7.30.
- 【7】 Jingxia Lv, Lin Gao\*, Jian Wen , Research on the relationship between moisture content and the dielectric constant of the tree trunk by the radar wave ; COMPUTER MODELLING & NEW TECHNOLOGIES 2014 18(11) 1171-1175.
- 【8】 J. R. BUTNOR, J. A. DOOLITTLE, L. KRESS, S. COHEN and K. H. JOHNSEN , Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States. Tree Physiology 21, 1269–1278.
- 【9】 Terenzio Zenone, Gianfranco Morelli, Maurizio Teobaldelli, Federico Fischanger, Marco Matteucci, Matteo Sordini, Alessio Armani, Chiara Ferrè, Tommaso Chiti and Guenther Seufert , Preliminary use of ground-penetrating radar and electrical resistivity tomography to study tree roots in pine forests and poplar plantations ; Functional Plant Biology, 2008, 35, 1047–1058.
- 【10】 Kevin H. Gormally, Marla S. McIntosh and Anthony N. Mucciardi, Ground-Penetrating Radar Detection and Three-Dimensional Mapping of Lateral Macropores: I. Calibration; Soil Physics, Volume 75: Number 4 • July–August 2011.
- 【11】 CRAIG V. M. BARTON and KELVIN D. MONTAGU , Detection of tree roots and determination of root diameters by ground penetrating radar under optimal conditions; Tree Physiology 24, 1323–1331.
- 【12】 Xiping Wang, Jan Wiedenbeck and Shanqing Liang, Acoustic tomography for decay detection in black cheery trees; Wood and Fiber Science, 41(2), 2009, pp. 127–137.
- 【13】 Xiping Wang and R. Bruce Allison , Decay Detection in Red Oak Trees Using a Combination of Visual Inspection, Acoustic Testing, and Resistance Microdrilling ; Arboriculture & Urban Forestry 2008. 34(1):1–4.
- 【14】 Xi Wu, Guanghui Li, Zhi Jiao and Xiping Wang, Reliability of acoustic tomography and ground-penetrating radar for tree decay detection; Applications in Plant Sciences 6(10).
- 【15】 GreGory S. Gilbert, Javier o. balleSteroS etc, Use of sonic tomography to detect and quantify wood decay in living trees; Applications in Plant Sciences 2016 4(12): 1600060.
- 【16】刘丰禄, 张厚江, 姜芳, 范国华, 史瑞军. 人工林活立木材质应力波无损检测研究进展. 北京林业大学工程学院, 隆化县国营林场管理局茅荆坝林场.
- 【17】崔喜红, 陈晋, 关琳琳. 探地雷达技术在植物根系探测研究中的应用. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室.
- 【18】陈勇平, 刘秀英, 李华, 韩扬, 黎冬青, 张涛. 不同数量传感器下云杉模拟缺陷材应力波成像规律探讨. 国家林业局木材科学与技术重点实验室.
- 【19】梁善庆, 王喜平, 蔡智勇, Robert J. Ross, R. Bruce Allison, 傅峰. 弹性波层析成像技术检测活立木腐朽. 中国林业科学研究院木材工业研究所.

# 点将科技

## 古树名木无损检测技术 (NDT) 应用

上海技术中心 | SHANGHAI BRANCH

地址 / ADD : 上海市松江区车墩镇泖亭路 188 弄财富兴园 42 号楼 (201611)

咨询电话 / TEL : 021-37620451/19921678018

邮箱 / EMAIL : Shanghai@Dianjiangtech.com

北京技术中心 | BEIJING BRANCH

地址 / ADD : 北京市海淀区知春路甲 48 号盈都大厦 C 座 4 单元 11F (100086)

咨询电话 / TEL : 010-58733448/18010180930

邮箱 / EMAIL : Beijing@Dianjiangtech.com

昆明技术中心 | KUNMING BRANCH

地址 / ADD : 昆明市五华区滇缅大道 2411 号金泰国际 9-1001 室 (650106)

咨询电话 / TEL : 0871-68215582/19988564051/18987583202

邮箱 / EMAIL : Kunming@Dianjiangtech.com

合肥技术中心 | HEFEI BRANCH

地址 / ADD : 安徽省合肥市瑶海区新蚌埠路 39 号板桥里二楼 210 室 (230012)

咨询电话 / TEL : 0551-63656691/18955193058

邮箱 / EMAIL : Hefei@Dianjiangtech.com

西安技术中心 | XI'AN BRANCH

地址 / ADD : 陕西省西安市未央区未央路 33 号未央印象城 2 号楼 2804 室 (710016)

咨询电话 / TEL : 029-89372011 / 18729181205

邮箱 / EMAIL : Xian@Dianjiangtech.com



《古树名木无损检测技术 (NDT) 应用》

免责声明：如有侵权，请联系我们删除。