

探地雷达在林木无损检测应用初探

顾伟宏¹, 闵昆龙¹, 周秀明²

(1. 东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 黑龙江生态工程职业学院, 黑龙江哈尔滨 150025)

摘要 阐述了林木无损检测的主要原理和研究现状, 介绍了探地雷达的工作原理、应用情况和主要特点, 探讨了将探地雷达应用在无损检测中的研究难点和方向。

关键词 探地雷达; 林木无损检测; 综述

中图分类号 S223.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)05-345-03

A Preliminary Study on the Application of GPR in Nondestructive Tests for Wood

GU Wei-hong¹, MIN Kun-long¹, ZHOU Xiu-Ming² (1. Northeast Forestry University, Haerbin, Heilongjiang 150040; 2. Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, Haerbin, Heilongjiang 150025)

Abstract The main principles and research status of nondestructive tests for wood were elaborated, working principle, application and the main features were introduced. The difficulties and the direction of the application of GPR in Nondestructive Tests for Wood were discussed.

Key words GPR; Nondestructive Tests for Wood; Review

无损检测作为一种检测手段具有不破坏测试件性状的优点, 在森林资源日益短缺的今天, 将无损检测应用于林木检测可以将林木的保护、调查和使用最大化、最优化。目前探地雷达主要应用于地下目标的探测, 应用于地表以上物体的检测还有待进一步开发。

1 林木无损检测简述

无损检测又称非破坏性技术检测, 是指不破坏被测试件原有的形状、物理力学性质和化学性质等, 采用合适的检验手段, 实现对木材性能、性质进行检测和评估的方法。随着技术的飞速发展, 把电子计算机和射线等技术, 与木材的特殊性质相结合而进行的非破坏性检验的技术手段, 被称之为木材无损检测。木材具有多孔性、层次性、各向异性等诸多特殊性质使得木材无损检测与其他材料相比具有特殊的困难。木材无损检测始于20世纪60年代后期, 在欧美、日本等国家兴起, 近几十年多种研究方法被借鉴到木材无损检测上, 发展非常迅速。用这项技术可以将原木划分等级或者对一些木制品进行一定范围的质量评估, 也可以对木材生长情况进行检测^[1]。

20世纪70年代末我国开始利用X射线技术进行木材无损检测研究, 20世纪80年代后期, 尝试利用多种技术手段对木材及木制品物理力学性质、木材生长特性等进行无损检测的研究。随着技术的不断进步, 我国木材无损检测项目的应用虽已有几十种, 但与国际同类项目相比还有一定差距, 有待于对新方法的不断探索和突破^[2]。

1.1 无损检测技术的类型

1.1.1 声应力波检测。目前声应力波的应用比较普遍, 声应力波就是对冲击波产生的回馈信息进行加工和分析。检测原理是利用声波会在被测物体表面产生冲击, 但各个部位反射回来的信息是不同的, 根据反射回来的声音速度以及回馈的波谱, 分析被检测物体各个部位可能存在的缺陷。

1.1.2 超声波检测。木材超声波检测指超声波产生声脉冲, 使声脉冲进入到木材及其制品中并经过不断地穿透、反射、衰减, 然后利用传感器收集, 得到不同信号参数再经过处理后, 达到预测木材及其制品的性质的方法。与声应力波检测不同的是超声波检测使用的频率一般在20 kHz以上。

1.1.3 其他无损检测技术。声应力波、超声波这2种技术的主要特点是操作程序简单、成本低。在特殊的检测条件下, 电学方法、X射线技术、γ射线技术等也是常使用的检测技术, 其中X射线技术主要应用在立年轮的检测, 实现对林区现场立年轮的无损检测, 可以根据具体的实际情况选择合理的检测技术^[3]。

1.2 无损检测的应用 无损检测技术在林业上的应用主要体现在以下几个方面。

1.2.1 木材含水率检测。决定木制品内在质量的关键因素主要就是木材含水率, 对古建筑木构件更是尤为重要。当木构件含水率过高, 古建筑木构件发生病虫害的可能性会大大增加。

1.2.2 树木保护。古树名木是珍贵的自然资源, 也是重要的文化遗产, 为加强古树名木的保护, 需要在不破坏其生长的条件下进行内部缺陷和病虫害的检测, 这就需要应用无损检测技术, 这已经是发达国家对城市树木进行保护必须采用的重要技术。

1.2.3 木结构部件现场检测。在对一些木结构的古建筑进行维修和保护的时候, 不能破坏原有木构件, 就需要对构件进行现场的无损检测, 检测木构件的强度和缺陷情况, 确定木结构的现状, 对古建筑的维护方案提供可靠的参考。

1.2.4 木材加工业。将无损检测应用于木材加工中, 可以显著地提高木材加工的自动化水平和生产效率, 并在生产的同时监测木材加工质量, 为产品品质提供有力保证^[4]。

2 探地雷达简介

探地雷达又被称为表层穿透雷达, 是利用电磁波探测地下目标形状位置的一种新技术。探地雷达有一个发射电磁波的天线与一个接收电磁波的天线。发射电磁波的天线发

作者简介 顾伟宏(1982-), 女, 黑龙江富锦人, 工程师, 在读博士, 从事自动检测与控制研究。

收稿日期 2014-12-26

出电磁波,当电磁波遇到地下探测目标时由于探测目标与土壤的介电常数不同从而在分界面发生电磁波的反射和散射,被发射和散射的电磁波被探地雷达的接收天线所接收。探地雷达通过对接收的电磁波的处理实现对地下探测目标的反演,如确定地下目标的位置、形状以及识别目标的介电特性等,最终起到对地下目标的探测作用。若探地雷达所使用的发射电磁波的发射天线和接收电磁波的接收天线与地面的夹角比较小时,大部分的反射电磁波都将与地面保持垂直关系。所以在探地雷达所接收到的反射电磁波的变化可以真实地表示地下探测目标的具体分布情况。探地雷达所发出的电磁波频率较高,从而在土壤中主要表现为位移电流的形式。所有电磁波在传输的过程中发生频散较小,而且传输速度主要根据传输介质的介电常数不同而不同。这种电磁波的传输特性与由于地震引起的弹性波的传输特性十分相似,而且它们的波动方程表达形式也非常相似,从而应用于地震波处理的方法可以作为探地雷达信号处理的参考资料。随着科技的不断发展以及人们对地下探测研究的不断深入,人们对地下探测的要求也在不断提高,这使得探地雷达的应用范围也在不断拓展,探测的精度也在不断提高,探测深度也在进一步加深^[5]。

目前人们对利用探地雷达进行浅地层的目标的探测研究十分重视,并将该项研究列为我国建设安全中的一个非常重要的领域。因为利用探地雷达进行地下目标探测具有不破坏地表结构的优势,同时探地雷达探测目标的反演成像技术也在不断的提高,使得探地雷达更加实用。目前进行浅地层目标探测行业中,探地雷达的无损探测技术具有非常广阔的发展前景和推广价值^[6]。根据不同的分类方法,探地雷达可以分为很多类。按照探地雷达的回波信号采集方法的不同可以分为地表式探地雷达和钻孔式探地雷达等;若按照探地雷达的操作方法的不同又可以分为手提式探地雷达、车载式探地雷达与机载式探地雷达等。由探地雷达分类可以看出不同的应用场所应该选择适当的探地雷达进行探测。探地雷达的性能主要依据其调制的方式,调制方式的好坏则可以决定探地雷达的探测深度、探测精度及其工作时抗干扰的能力。调制方式的不同还影响着探地雷达的设计费用和探地雷达自身的体积。从探地雷达的探测原理出发,当2个探地雷达的工作频带一致,则这2个探地雷达探测效果应该相同,可以获得同样的探测深度,并与探测深度获得同样的探测目标的信息。但是同样的工作频带却可以通过不同的方法和手段实现。

2.1 探地雷达的分类 目前常见的探地雷达主要有冲激脉冲形式的探地雷达、线性调频形式的探地雷达、步进变频形式的探地雷达、噪声信号探地雷达等。

2.1.1 冲激脉冲形式的探地雷达。冲激脉冲探地雷达主要应用于对浅地层的目标探测,由于探地雷达通常对探测深度与探测精度要求较高,所以其使用探测信号为一种具有宽带特性的冲激脉冲,这使得冲激脉冲探地雷达具有探测处理速度快,设备体积较小的特点^[7-9]。冲激脉冲探地雷达通过发射

天线向地下发出冲激脉冲,然后使用一定采集方法收集地下探测目标的回波信号,该回波信号中带有探测目标的很多信息。通过该回波信号可以完成探测目标的反演与重构。冲激脉冲在地下传输衰减速度较为严重,这使得冲激脉冲探地雷达的探测深度受到了一定的限制。

2.1.2 线性调频形式的探地雷达。线性调频形式的探地雷达根据探测现场的土壤的介电常数及对电磁波的衰减特性和探测目标对电磁波的响应设置雷达的工作参数。线性调频形式的探地雷达的优势在于其探测的精度较高,而且发射信号的频谱可以调整;但是线性调频形式的探地雷达的设计费用较高,而且体积较大,系统参数设计较为困难^[10-11]。线性调频形式的探地雷达主要用于对浅地层目标进行探测,如公路质量检测等。

2.1.3 步进变频形式的探地雷达。步进变频形式的探地雷达通过发射天线向地下发射具有一定时间间隔的多个频率信号,接收天线通常采用孔径形式的天线。接收天线接收地下的回波信号,然后对回波信号的相位值和回波信号的幅度值进行处理^[12-16]。由于步进变频形式的探地雷达发射的信号具有的特性,使发射天线设计较为简单,但是发射天线的工作频率需要由具体探测现场的土壤的介电常数等特性决定。

2.1.4 噪声信号探地雷达。噪声信号探地雷达通过发射天线发射一定的噪声信号,然后根据噪声信号探地雷达接收天线接收的信号和受到时延的发射信号的关系,最后得到地下探测目标的具体位置等。

2.2 探地雷达的应用 作为一种目标探测手段,探地雷达具有许多特点和优势,因此得到了广泛的应用,目前主要应用领域包括以下几个方面^[17]:

(1)军事方面。构建工事之前的地质勘测,探测埋藏于地下的地雷、军械或地下工事等。目前主要应用于浅层地雷的探测研究,特别是探测金属地雷是研究热点。

(2)城建方面。探测水泥管线、金属管线及塑料管线的走向和位置;探测建筑物内部钢筋的分布;检测隧道和桥梁的建筑质量等。

(3)交通方面。在勘察阶段,探地雷达可用于探测地质情况(如断层、滑坡及基面);在公路的施工建设阶段,探地雷达可用于监测,在隧道的施工建设阶段,探地雷达可以用于提前探测可能遇到的断层和溶洞等;在工程完成后的试运行时期,探地雷达可以实时监测路基压实度、厚度和含水量等参数。可以说探地雷达的应用贯穿于公路建设的全程^[18]。

(4)地质勘探方面。探地雷达可以应用于查找和探测地质结构、地下矿藏、岩层、地下水及空洞等目标^[19]。

(5)考古方面。探地雷达主要应用于探测古遗址、古墓和古代地下埋藏物,另外还应用于检测古建筑结构及墙体等。

(6)安保方面。主要应用于查找地下非法作坊、被掩埋的物证及监狱暗道等。

(7)石油方面。主要应用于查找地下石油管线的漏点、查明石油产品的污染范围,确定石油副产品对地下水和土壤污染情况等。

(8)水利方面。主要应用探地雷达床面测绘及检测江、河、湖泊等大坝所存在的隐患等。

3 探地雷达在林木无损检测中的应用尝试

探地雷达具有分辨率高,检测速度快,结果直观,使用方便等诸多优点。电磁波在林木的不同状态下,如腐朽、空洞等界面,会发生损耗、反射等现象,这些现象可以在波形上得到体现。这些都说明利用探地雷达对林木进行无损检测是可行的。探地雷达的检测手段是相对成熟的,但在林木无损检测中探地雷达和相应的图像处理算法还比较少,有待人们进一步深入研究,开发手持、低能耗的现场检测设备将是今后研究的重点。

参考文献

[1] 刘培炎. 无损检测在木材应用中的现状及发展[J]. 福建分析测试, 2012,21(1):60-62.

[2] 杨洋,申世杰. 木材无损检测技术研究历史、现状和展望[J]. 科技导报, 2010,28(14):113-117.

[3] 梁善庆,蔡智勇,王喜平,等. 北美木材无损检测技术的研究与应用[J]. 木材工业, 2008,22(3):5-8.

[4] 朴常革. 无损检测技术在我国林业发展中的应用探析[J]. 民营科技, 2012(8):122.

[5] 闵昆龙. 基于 Stolt 偏移的林木根系探地雷达 SAR 成像算法研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2014.

[6] 何蒙奎,陆云祥. 探地雷达在市政工程中的应用[J]. 工程勘察,2009(2):486-493.

[7] 支海燕,吕锡从. 一种无载波脉冲探地雷达技术的发展及应用[J]. 中国航天,1994(5):39-43.

[8] 方广有. 无载波脉冲探地雷达的现状与展望[J]. 电子了望,1994(2):17-20.

[9] 彭荣. 6ns 脉宽的单脉冲探地雷达系统[J]. 电波与天线,1993(1):48-55.

[10] 苏宏艳,梁华庆. 提高线性调频连续波探地雷达厚度检测分辨率的信号处理方法[J]. 石油大学学报:自然科学版,2002,26(5):74-76.

[11] 苗萌. 脉冲压缩探地雷达[J]. 电子工程信息,1995(5):18-22.

[12] 方广有,佐藤源之. 频率步进探地雷达及其在地雷探测中的应用[J]. 电子学报,2005,33(3):436-439.

[13] CATTIN V,CHAIFOUT J J,BFAN P AIN R. Detection and localization with a step frequency radar[C]//Proceeding of IEEE,1998:86-90.

[14] WEEDON W H,CHEW W C,RUWE C A. Step-frequency radar imaging for nondestructive evaluation (NDE) and ground - Penetrating radar (GPR) applications[C]//Proceeding of Advanced Microwave and Millimeter-Wave Detectors. SPIE,1994:156-167.

[15] DEROBERT X,FAUCHARD C,COTE P,et al. Step-frequency radar applied on thin road layers[J]. Journal of Applied GeoPhysics,2001,47(3):317-325.

[16] TRILTZSCH G,BRAUN H M,KRELLMANN Y,et al. Stepped frequency GPR field trials in potash mines[C]//Proceeding of the Tenth International Conference Ground Penetrating Radar. IEEE,2004:755-758.

[17] 贺建辉,李又云,秦世伟. 隧道二衬雷达检测常见缺陷图及形成原因[J]. 山西建筑,2012,38(32):196-197.

[18] 江凯. 探地雷达在路基检测中的应用研究[D]. 西安:西南交通大学,2011:57-72.

[19] 黄琪,闫光辉. 路用探地雷达检测信号的缺陷识别试验[J]. 公路交通科技,2011,28(10):40-43.

(上接第 317 页)

一方面是老人需要帮助的时候得照顾,这样不仅可以帮助老人,还可以减少父母的担心和压力。

3.4 要增加空巢老人的休闲娱乐方式 图鲁村空巢老人对经济上有需求,但更需要的是情感需求。尽管大部分空巢老人对物质生活水平不算太高,健康水平都偏低,但是满足精神上的慰藉对于图鲁村的空巢老人而言具有很大的意义。据分析,老人应该多与村人交往,这样一方面减少心里面的孤独感和失落感,另一方面是需要邻居的帮忙的时候随时可以跟人家出手相助。关于调查,图鲁村空巢老人在休闲娱乐方式单一,生活乏味单调。空巢老人应该对读书,看报纸等文化生活方面上投资,这不仅是加强智力方面也可以丰富空巢老人的精神世界。村子还需要多举行一些文化娱乐活动

还可以举行运动会。让村民之间多交流,多了解,还要有一定方面可以消除语言障碍和孤独感。因为他们有共同的生活环境和共同的话题,也就有了更多的情感交流^[4]。村子为空巢老年人制造和谐的氛围和让老年人过着快乐的生活。还有跟老人住在一起的子孙可以讲讲学校里的有趣的事情,或者是多跟老人聊天这样可以改善老人的忧郁的心情。

参考文献

[1] 李丽. 中国空巢老人生活现状与对策研究[J]. 企业导报,2012(8):3-21.

[2] 周丽苹. 老年人口健康评价与指标体系研究[M]. 北京:人民出版社,2013.

[3] 哈尔·肯迪格. 世界家庭养老探析[M]. 北京:中国劳动出版社,2013:89-92.

[4] 穆光宗. 挑战孤独—空巢家庭[M]. 石家庄:河北人民出版社,2012:23-34.