

白蚁探测技术专题

Topic of Termite Detection Technology

■ 2014 年第二期

■ 总第十四期

■ 渠道科技主办

■ Email: Sales@Qudao.com.cn

内容导读

- 👉 应用领域概述 2
- 👉 仪器解决方案 4
- 👉 仪器应用案例 7
- 👉 相关参考文献 10



微信扫描二维码或搜索“渠道科技”
添加公众帐号了解更多资讯。

白蚁遍布于除南极洲外的六大洲,主要分布在以赤道为中心,南、北纬 45° 之间。全世界已知白蚁种类有 3000 余种,据美国科学家的电脑模拟分析,全球白蚁资源数量人均约占有 0.5 吨,而以白蚁的个体重量 1 克为计算,人类拥有的白蚁个体数人均约有 50 余万头。我国白蚁分布呈东北向西南方向倾斜,最北的分布是在辽宁的丹东和北京地区,至西藏墨脱一线为界,其东南部是我国白蚁的分布区,约占全国总面积的 40%。白蚁危害非常惊人,对农业、房屋建筑、江河堤坝和交通电讯设备均有很大影响。据调查,我国 23 个城市仅房屋白蚁造成的损失,每年约 800 亿人民币。美国学者莫尔丁 (Mauldin) 认为,每年美国房地产业主因白蚁的损失代价为 7.5~15 亿美元。本期渠道资讯将详细介绍白蚁探测技术的应用领域,推荐相应的仪器解决方案,并提供相关应用案例,供相关工作者参考。

白蚁探测技术进展

白蚁探测对于白蚁的有效防治十分必要，在白蚁为害的早期探测出白蚁的出现，有利于及时治理，避免经济损失的扩大，精确探测白蚁为害的位置还能在化学防治时对点施药，避免没有重点的大面积施药，有利于保护生态环境。目前对白蚁防治技术的研究以预防和灭治技术为主，由于受各种探测技术发展水平的制约，有关白蚁探测技术的研究开展的相对少得多，白蚁的探测仍主要依靠肉眼观察法，肉眼观察法有很多局限性。随着各种电子技术的快速发展，一些学者逐渐开始使用仪器探测白蚁的研究，下文将对目前常用的白蚁探测技术及相关仪器进行简要介绍。

■ 利用特征气味或气味探测白蚁

由于自身的新陈代谢，白蚁的活动会产生一些气体，Khaliletal(1990)对世界范围内的 20 多种白蚁活动释放的气体进行了研究，共分离出 15 种气体，其中浓度最高，最为常见的是二氧化碳和甲烷，通过对甲烷气味的探测，可以达到寻找白蚁的目的。



一种方法是用狗来探测甲烷，狗探测气味的能力非常强，对某些气味甚至能探测到 0.001ppb 的浓度。在美国，70 年代中期就开始使用猎犬寻找白蚁，目前最为常用的是比特猎犬 (beagles)，使用比特猎犬寻找白蚁最早由 R. Outman 提出，对比特猎犬寻找白蚁技术的有效性进行了室内实验，结果表明，5 只雄性比特猎犬对有白蚁活动的木块平均正确检出率为 81%，不同的比特猎犬的正确检出率存在一定的个体差异，从 80% ~ 90% 不等。目前美国有几家公司从事训练比特猎犬寻找白蚁的业务。另一种方法是使用电子气味检测仪器来探测甲烷，但正确检出率仅为 48%，远低于比特猎犬 81% 的平均正确检出率，该技术目前还不具备实际应用价值。

白蚁的活动通常会释放出二氧化碳和甲烷，根据这个特征，可以使用二氧化碳或甲烷探测仪来判断是否存在白蚁活动。目前已商品化的一种仪器，该仪器由一个手持式的二氧化碳探测器和一个带有气泵和过滤器的探头组成，探头能够穿透待测物体的表面，通过气泵抽取气样，送入二氧化碳检测器检测，如果发现二氧化碳的浓度异常升高，就预示着可能存在白蚁活动。使用该仪器也可对整个建筑物进行监测，在建筑物周围每隔 5 ~ 10 英尺钻一个小孔，每个小孔中装入一个气体取样管，定期使用该仪器对这些取样管中的二氧化碳浓度进行检查，就能够及时探测到白蚁的出现。

甲烷的浓度可以通过可燃气体探测仪来探测，目前市场上可燃气体探测仪种类很多，但一般用于工业查漏，还没有专门用于白蚁探测的此类仪器，如可燃气体泄漏检测仪，该仪器对甲烷的检测灵敏度为 5ppm，除甲烷外，还能够探测到多种可燃气体，如乙烷、丙烷、丁烷、环己烷、乙醇、氨等。在 Clark(2003) 提出的一项专利技术中，通过在建筑物周围安装气体取样管，并使用该仪器定期探测甲烷的浓度来达到监测白蚁活动的目的。

也有研究发现，某些种类的白蚁活动会导致蚁巢中产生一定浓度的萘，因此通过检测萘的浓度可以探测蚁巢的位置，但由于目前萘的浓度只能通过气相色谱来检测，操作较为不便，因此这一技术的应用受到一定限制。

■ 声发射 (Acoustic Emission) 技术

材料内部有缺陷产生时，会释放出塑性应变能，应变能以应力波形式向外传播扩展，这种现象称为声发射 (AE) 现象。声发射技术就是采用高灵敏度的压电传感器采集声发射信号，通过对这些声发射信号进行分析和处理来判断材料内部是否有缺陷产生的技术。白蚁在活动时特别是噬咬木头时也会产生 AE 现象，采用 AE 技术探测白蚁已经成为目前的研究热点。

实际上，二十年代初期就已经有利用声音探测昆虫活动的报道，但由于昆虫活动产生的声音信号很微弱，背景噪音的干扰严重，因此并没有实用价值。二十世纪九十年代初，随着超声传感器的广泛应用，人们开发出第一代 AE 白蚁探测仪，这类装置能够通过压电传感器将白蚁噬咬木头时产生



的机械波转化成电信号，并进行分析处理。AE 白蚁探测仪主要用于探测木结构中的白蚁，由于土壤的声音衰减系数远远高于木头，而且频率越高，衰减越快，使用 40KHz 的探测频率在土壤中的探测距离只有 2 ~ 5cm，使用 10KHz 的探测频率探测距离可以增加至 10 ~ 20cm，但在 10KHz 的探测频率下，背景噪音的干扰较为严重，需要利用现代计算机技术和数字信号处理技术区分待测信号和背景噪音，一些研究者对此进行了成功的尝试，如 Mankinetal(2000) 发现土壤中白蚁活动产生的声波频率通常为 0.5 ~ 1.5KHz，而背景噪音的频率一般

低于 0.7KHz，选择合适的传感器和放大器，使之对 0.7KHz ~ 1.5KHz 的声波敏感，而能滤除 0.7KHz 以下的声波，能够较为成功的滤除背景噪音。

■ 微波雷达 (Microwaveradar) 技术

微波雷达技术用于监测昆虫的迁移已有数十年的历史，由于微波多普勒效应，雷达发射的微波遇到移动的物体 (如正在爬行的白蚁) 时，反射波的频率与发射波会有轻微的差别，当物体向接收器方向移动时，反射波频率较高，反之则较低，这样就可以通过探测反射波频率的变化来判断是否存在白蚁活动。根据这一原理，已经成功开发出商品化的检测仪器，最为成功、应用最为广泛的是 Termatrac(Termatrac, Australia)，该仪器由感应器、液晶显示屏、连接电缆、充电电池等部件组成，使用时，尽量排除周围环境的干扰，将感应器的表面平放在检查对象的表面，如果检查对象内有移动物体，则在液晶显示屏上会有棒形图的指示，棒形图的幅度越大，则表示移动物体的密度越高或移动速度越快。该仪器在实际应用中表现出很好的探测效果。

■ 红外 (IR) 热成像技术

由于白蚁的活动环境必须具备一定的湿度，因此有白蚁活动的区域温度通常与周围环境略有不同，而且白蚁吞食和消化纤维素的过程也会产生一定的热量，根据这一现象，可以使用红外热成像技术探测白蚁。红外热成像仪能够探测红外能量，并将其转换为电信号，进而在显示器上生成热图像和温度值，根据其红外图像可以找到待测物体中温度异常的地方，这些地方就可能存在白蚁活动。

使用红外热成像仪能比较方便快捷的对待测目标进行总体观测，但该仪器对操作者的技能有非常严格的要求，因为除白蚁活动外，其他昆虫的活动以及待测目标的结构缺陷也有可能产生温度异常，操作者必须掌握由于不同原因导致的温度异常的远红外图像特征，这样才能够尽可能的减少误判断。比如，典型的白蚁蚁道通常窄于 1/4 英寸，位于石膏墙内，或隐藏在砖结构或混凝土结构的小缝隙内口。此外，由于干扰因素较多，使用该仪器只能作出初步判断，发现可疑区域后，往往还需要使用其他白蚁探测仪器进行进一步的验证。

仪器解决方案一：Termatrac T3i 白蚁探测仪

新一代白蚁探测仪 Termatrac T3i 是在 Termatrac T1r 仪的基础上开发出来的革命性的专业白蚁检测仪器，是当今世界上最先进的白蚁探测仪器，结合三个关键技术（Termatrac 最新专利的雷达探测技术、远程激光热度传感器感应技术、精确定位湿度传感器感应技术）于一身，非常适合对白蚁的研究和实际检测工作，提高效率和结果的准确度。

T3i 的三合一功能为我们的专业害虫管理技术人员提供了最佳终端探测手段，可替代其他设备的需求。仪器采用了最精确有效的感应器；所有的功能都简便易操作，并且有高度的精确性，可快速有针对性的提供经济有效的治理方案，提高客户满意度。即使是缺乏经验的技术员也能在白蚁监测方面跟有经验的技术员竞争，专业的方法、准确的结果可赢得更多询单和订单，增加利润空间；是目前国际上最有效的白蚁探测工具。

该仪器在澳大利亚获得普遍使用。过去十年里，在澳洲，有超过一千家虫害防治单位使用了这款设备；至少 500 家外国的公司也在使用它。



■ 技术优势

- ◆ Termatrac 最新专利的尖端雷达探测技术；
- ◆ 远程激光热度传感器感应技术；
- ◆ 精确定位湿度传感器感应技术；
- ◆ 无线蓝牙，数据存储和分析功能，可捕捉现场数据以便进行现场内外分析；

◆ 对环境无害，减少化学剂的使用，可获得积极的环境效益。

雷达	湿度	热量
<p>独有的白蚁监测雷达是其他检测器不具备的功能。它所发射出的雷达可以穿透大多墙体材料，定位并跟踪白蚁的存在，且无需在墙上击打或钻孔便可简便且准确的处理。</p> <p>探测结果精确，并且无需对墙体造成破坏；</p> <p>无需钻孔或戳洞，这样不会引起白蚁退避；</p> <p>帮助准确用药；</p> <p>无需检查后的建筑修复；</p> <p>少使用化学制剂，更为环保。</p>	<p>湿度传感器能够使专业虫控技术人员很容易辨别出具有较多水分的即很可能是存在白蚁的风险区域。传感器敏感度高，甚至可以精确找到潮湿度的上升变化。</p> <p>精确地对比从不同物体表面显示出的不同湿度；</p> <p>针对更小的区域可以获取更精确的结果；</p> <p>提供任何阶段的湿度和广泛的条件（如热度、潮湿度等等）结果。</p>	<p>远程激光热度传感器带有内置激光指针，可以显示物体表面的温度变化，这是白蚁侵扰的一个常见迹象。容易辨识温度变化；</p> <p>无需专业技术便可了解显示的图像。</p> <p>监测物体表面温度的变化；</p> <p>条形图可直观显示出结果；</p> <p>温度变化会通过数值精确的显示出来；</p> <p>准确地针对不同地区显示有白蚁侵扰的温度进行比较。</p>

■ 技术参数

规格	189mm × 80mm × 82mm
净重	310g
含电池重	440g
工作温度	5℃ ~ 45℃
湿度（非冷凝）	5% ~ 95%
防护等级	IP51
雷达传感器发送频率	24.125 GHz
输出功率	0.5 mW
热敏传感器	非接触式红外温度激光指示器原理
表面温度范围	-40℃ ~ 85℃
激光指示器功率输出	<1 mW
湿度传感器	基于阻抗技术，专业渗透材料，可测试深度 30 ~ 40mm
电源	5 × 1.2 V AA 电池
电池寿命	8 小时连续使用
充电器	100VAC ~ 240VAC 50Hz/60Hz, 12VDC,
通讯方式	蓝牙 Bluetooth® Class 1 V2.0 + EDR
通讯范围	20 米 (65 英尺)

■ 产地：澳大利亚

仪器解决方案二：AED-2010 便携式虫害声音监测仪

第二代 AED-2010 掌上型虫害声音监测仪，结合了信号处理、脉冲和连续声音发射装置（AE）。坚固的设计可以适用于任何环境，可以应用于多种领域。它继承了 AED-2000 的所有优点，此外 AED-2010 还提供了一套完整的传感器和探测器来处理不同的应用。通过侦听害虫活动时发出声音来判断害虫出现情况及推断出害虫数量。

■ 物理特性

- ◆ 最大尺寸：215 × 109 × 73 mm
- ◆ 重量：0.4 kg

■ 显示

- ◆ 4 行 16 字 LCD 显示（背后发光）
- ◆ 阈值模式显示屏显示事件、计数、测试时间（倒计时）、前置放大电流（mA），平均有效值（直流电压），测试模式，电池状况及过滤器输入 / 输出
- ◆ RMS 模式屏显示每秒有效值模式最大、最小和平均值（伏特），测试时间（倒计时），前置放大电流（mA），测试模式，过滤器输入 / 输出和条形图的 RMS 瞬间有效值

■ 指示器

- ◆ 超过阈值时红色的 LED 灯闪烁

■ 连接器

- ◆ 传感器输入，BNC 接口
- ◆ 信号输出，BNC 接口
- ◆ 音频输出，立体声输出（8ohm）
- ◆ 迷你 USB 接口，5-pin 连接器
- ◆ DC 电源输入

■ 电学特点

- ◆ 带宽（未滤过）：1kHz-2+MHz（-3dB）
- ◆ 可选过滤器：25 ~ 500kHz（AED-2010L），100 ~ 500kHz（AED-2010H），或专门的（指定）24Db/Octave, 4-pole
- ◆ 增益：60dB（1dB/ 步）
- ◆ 阈值：1.0V 固定
- ◆ 信号输入：50ohm，+/-2V
- ◆ 24V DC 输出（限制 50mA）
- ◆ AC 缓冲信号输出：+/-4V
- ◆ 输入功率：9V DC，500mA



◆ 1 节 9V 电池 (800mA-hr)

◆ 电流消耗: sleep-20 μ A; 闲置 (开启) -1050 mA; 操作 -100mA; 带背光 +50mA; 带音频 +25mA.

■ 测量

◆ 前置放大电流

◆ RMS: 0-5V (分辨率 10mA)

◆ RMS 条线图: 0-3V (分辨率 60mA)

◆ 事件计数器: 0 ~ 65535

◆ 事件确定时间 3 ms

◆ 阈值计数器: 0 ~ 65535

◆ 倒数计时: 0 ~ 255s, 或连续

◆ 测试模式

◆ RMS

◆ 阈值 (比率 / 秒)

◆ 阈值 (累积)

■ 传感器

◆ 前置放大传感器 (60、150、400kHz)

◆ 差分传感器 (375kHz)

◆ 微型传感器

◆ 泄漏检测和机械健康监测联接探针 (110kHz, 40dB 前置)

◆ airborne 探针 (40kHz)

◆ 灵活的 PVDF 传感器 (低频)

◆ 线路驱动器放大器 (20dB)

◆ 切换 20/40/60dB

■ 产地: 美国



仪器应用案例

案例一：Termidor® DRY 防治法对白蚁觅食线路的控制效果

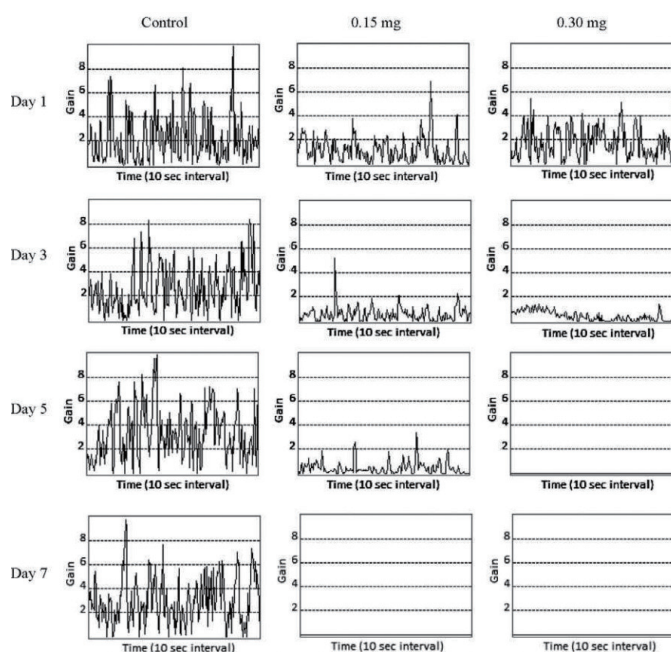
摘要：通过把干制 RTU 氟虫腈配方注入到散白蚁属（等翅目：犀白蚁科）白蚁的觅食线路，研究对其活动产生的影响。设置不同浓度的干制 RTU 氟虫腈配方，到白蚁线路上，观测影响的大小；具体通过 Termatrac® T3i 白蚁探测仪来观测白蚁的活动情况；结果表明，通过视觉观测和 Termatrac® T3i 白蚁探测仪的探测，施加了干制 RTU 氟虫腈配方后对白蚁的活动能产生近 100% 的

防控效果。

The Effect of Foraging Tunnel Treatment with Termidor® DRY on *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae)

The efficacy of a dry, ready-to-use (RTU) termiticide formulation of fipronil was evaluated against termite foraging activity and survival by injection into foraging tunnels of *Reticulitermes flavipes*(Kollar) (Isoptera: Rhinotermitidae) in a laboratory study.

Groups of workers (older than 3rd instars) were placed in bioassay units consisting of a group site and a feeding site connected by termite tunnel(s) within a soil-filled Tygon tube. Two treatments (0.15 and 0.30 mg a.i. fipronil per treatment) were conducted by injecting the doses into a foraging tunnel near the feeding site. Bioassay units were monitored for termite movement utilizing Termatrac® T3i until no movement was detected. Termite movement ceased at day 5 and 7 for the 0.30 and 0.15 mg dose treatments, respectively. Dissection of the bioassay units confirmed 100% mortality at the days when both visual observations and Termatrac T3i indicated no termite movement. Termites in the treated units constructed significantly fewer tunnels post-treatment compared to control termites. Our results provided strong evidence for the efficacy of the dry RTU fipronil formulation against *R. flavipes* activity at the group level when a single tunnel was treated.



使用 Termatrac 测量白蚁活动强度

案例二：木材及林产品害虫检测技术评估

摘要：对于木材害虫的检测缺乏精确的工具仍然是害虫管理部门面临的一大挑战。本文评估 7 项无损检测技术对于木材害虫检测的有效性。这些技术是：Termatrac 白蚁探测技术、Tramex 水分检测、AED-200L 虫害声音探测、X 射线技术、热成像摄像机、“白蚁探测狗”以及经培训的检疫人员使用的标准视觉检测（VI）技术。用于实验的 *Acacia parramattensis* 和 *Acacia decurrens* 木材样品有自然滋生害虫的茎干；有接种害虫的茎干；有自然滋生白蚁的茎干；还有未滋生害虫的茎干；所有的样品在实验结束后都将被劈开以确定是否存在害虫。“白蚁探测狗”对于自然滋生白蚁的茎干探测准确率达 100%，但是对于人工接种白蚁的茎干探测完全无效。Tramex 水分检测和热成像摄像机对于大群落的白蚁探测 100% 有效，但对于在干燥木材样品中的其他害虫检测没有效果；而其他探测方法的检测效果波动性较大，有效度分别是：AED-200L® 虫害声音探测 79%、Termatrac 白蚁探

测 70%、X 射线技术 40%、VI 技术 35%。本文对这些方法的实验结果进行了研究和分析。

Assessment of technologies and dogs for detecting insect pests in timber and forest products

Lack of accurate tools for detecting insect infestation in timber remains a big challenge for pest management authorities. Seven non-destructive insect detection technologies were used to assess their effectiveness in detecting insect borers and termites in timber samples. These technologies were: Termatrac®; Tramex Moisture tester; Acoustic Emission Device (AED-200L®); X-ray, thermal imaging camera; a termite detector dog; and trained quarantine inspectors using standard visual inspection (VI). The timber samples of *Acacia parramattensis* and *Acacia decurrens* used for the trial were naturally infested timber branches; timber blocks inoculated with lyctine beetles; timber blocks naturally infested with termites; and un-infested controls. All timber samples used were destructively sampled at the end of the trial to confirm the presence or absence of insects. The detector dog was 100% effective in detecting natural infested termite colonies but was totally ineffective in detecting termites on artificially inoculated timber blocks. The moisture metre and the thermal image camera were 100% effective in detecting large termite colonies but ineffective in detecting other insects in dry timber samples. The effectiveness of other methods of detecting insects or termites varied considerably. The AED was 79% effective, Termatrac 70%, X-ray 40% and VI 35%. Implications of these findings for quarantine and inspection purposes are discussed.



案例三：含 noviflumuron 的多功能性诱饵对地下白蚁的控制效果

摘要：对佛罗里达州布劳沃德和迈阿密 - 戴德县有台湾白蚁出没的四楼几个住宅用 0.5% wt/wt noviflumuron. 进行防治。不同的住宅情境设置不同的杀白蚁饵剂量和 FST 标记，并对不同建筑在施用杀白蚁饵剂前、中、后的白蚁活动情况进行监测，监测方式是虫害声音探测器（AED）和 Termatrac 微波探测器，通过这些设备来监测施用 FST 前后白蚁在房间、木材和觅食管中的活动情况。

Versatility of baits containing noviflumuron for control of structural infestations of formosan subterranean termites (Isoptera:rhinotermitidae)

Four buildings (two high-rise condominiums, a single-family residential structure, and a trailer) in Broward and Miami-Dade Counties, Florida, infested with Formosan subterranean termites (FST, *Coptotermes formosanus* Shiraki) were treated with baits containing 0.5% wt/wt noviflumuron. Each building represented a challenging treatment scenario for liquid termiticides due to the location of the infestation within the structure and/or occupant refusal to permit pesticide application in termite-infested living and activity areas. Marking of FST by in-situ baiting with blank bait matrix treated with 0.5% wt/wt Neutral Red dye indicated

only one FST foraging population infested each building. Two FST infestations were aerial in high-rise condominiums. Noviflumuron baits were applied to two buildings in aboveground stations, one building with in-ground stations, and the remaining building with both station types. All detected FST infestations were eliminated within 71-92 days after first application of noviflumuron baits. FST foraging populations with confirmed ground contact consumed approximately 4-fold more bait than did aerial infestations; mean \pm SD, 242 \pm 74 g vs. 62 \pm 51 g, respectively. Termite feeding activity was monitored before, during, and after bait application at two buildings with an acoustic emissions detector (AED) and in one building with a microwave detector. Cessation of termite activity measured with these devices corresponded with elimination of live FST previously observed in stations, infested wood, and foraging tubes. No FST were observed in any monitoring station or building during the 12-18 month inspection period following elimination of the detected FST infestation.



案例四：对白蚁的声学检测实验

摘要：AED 2000 和 2010 是一款非常敏感有效的虫害声音监测装置，基于微波导体原理能定性或定量的分析白蚁的活动。通过对不同数量种群白蚁的探测，结果表明，当白蚁数量上升时，虫害声音检测仪的检测数据也随着增加。而在树木中安放微波导体，AED 2000 和 2010 也能监测到白蚁种群的变化情况，因此该监测系统可以应用于森林虫害的防治和管理。



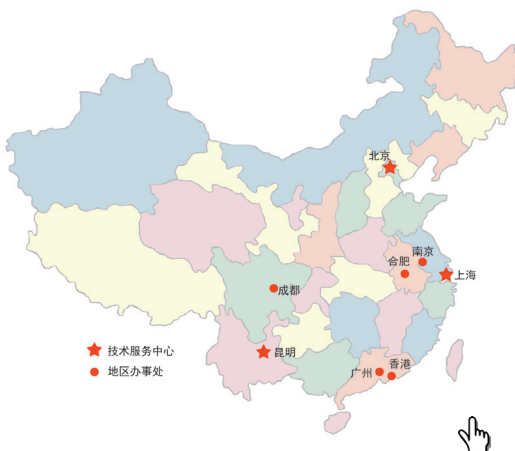
Utility of Acoustical Detection of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae)

The AED 2000 and 2010 are extremely sensitive listening devices which can effectively detect and monitor termite activity through a wave guide (e.g. bolt) both qualitatively and quantitatively. Experiments conducted with one to ten thousand termites from differing colonies infesting wood in buckets demonstrated that acoustical emission detector readings significantly increased when number of termites increased.

Termites were also detected in infested trees with the installation of several wave guides into their trunks. These devices can detect termites and changes in termite activity caused by changes in termite numbers, making it an effective pest management professional and research tool for finding and evaluating termite infestations and efficacy of treatments in specific locations.

参考文献

- [1] Barwary, Z., X. P. Hu, and R. B. Hickman. 2013. The Effect of Foraging Tunnel Treatment with Termidor DRY on *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 29(1): 25-34.
- [2] Iqbal Zahida, Cheryl Grgurinovica, Tarik Zamana, Roger De Keyzerb & Lindy Cayzera. 2012. Assessment of technologies and dogs for detecting insect pests in timber and forest products. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27(5):492-502.
- [3] Brian J. C., Ellen M. T. 2006. Versatility of baits containing noviflumuron for control of structural infestations of formosan subterranean termites (Isoptera:rhinotermitidae). *Florida Entomologist* 89(1):20-31.
- [4] Weste Osbrink, Mary Cornelius. 2013. Utility of Acoustical Detection of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 60(1):69-76.
- [5] 马延军 . 白蚁探测技术发展概况 . 白蚁防治 , 2005, (3): 63-67



综合仪器网站: www.Qudao.com.cn
系统集成网站: www.QudaoSystem.com

地址: 北京市海淀区大钟寺 13 号华杰大厦 7B15 室
邮编: 100098
电话: 010-62111044/62152442/62118532/62118533
传真: 010-62114847