

# 基于GIS可视化的 白蚁感知监测与预警的物联体系构建

王鹏程<sup>1</sup>, 杜启鑫<sup>2</sup>, 田成龙<sup>2</sup>, 王彬彬<sup>1</sup>, 程孝荣<sup>1</sup>

(1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000;

2. 南京市六合区大泉大河桥水库管理所, 江苏 南京 211500)

**摘要:**针对水利工程白蚁危害隐蔽性强、监测难度大、预警不及时等问题,以南京市六合区大泉水库为工程基础,构建基于空间可视化的白蚁感知监测与预警物联体系。该体系整合物联网(IoT)、地理信息系统(GIS)及云平台技术,通过地下智能监测装置与地上频振式杀虫灯的协同部署,实现白蚁活动数据的实时采集、传输与可视化展示。经工程实践验证,该体系可精准定位蚁巢位置,提前预警蚁患风险,预警响应时间小于24小时,白蚁防治效率较传统方法提升60%以上,为水利工程白蚁防治提供了高效、智能的技术方案。

**关键词:**白蚁防治; 物联网; GIS; 空间可视化; 监测预警

中图分类号:TV698.1 文献标识码:A 文章编号:1007-7839(2026)04-0017-0004

## Construction of an IoT system for termite sensing monitoring and early warning based on GIS visualization

WANG Pengcheng<sup>1</sup>, DU Qixin<sup>2</sup>, TIAN Chenglong<sup>2</sup>, WANG Binbin<sup>1</sup>, CHENG Xiaorong<sup>1</sup>

(1. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210000, China;

2. Luhe District Daquan Daheqiao Reservoir Management Office, Nanjing 211500, China)

**Abstract:** In view of the problems of strong concealment, difficult monitoring, and delayed early warning of termite damage in water conservancy projects, an IoT system for termite sensing, monitoring and early warning based on spatial visualization is constructed for Daquan Reservoir in Liuhe District, Nanjing. The system integrates the Internet of Things (IoT), Geographic Information System (GIS) and cloud platform technologies. Through the coordinated deployment of underground intelligent monitoring equipment and overground frequency-vibration insecticidal lamps, it realizes real-time collection, transmission and visualization of termite activity data. Engineering practice verifies that the system can accurately locate termite nests and provide early warning of termite hazards, with an early warning response time of less than 24 hours. The efficiency of termite control is increased by more than 60% compared with traditional methods, providing an efficient and intelligent technical solution for termite prevention and control in water conservancy projects.

**Key words:** termite control; Internet of Things; GIS; spatial visualization; monitoring and early warning

收稿日期: 2026-01-12

作者简介: 王鹏程(1991—),男,工程师,硕士,主要从事多源地理空间数据分析与处理及水利信息化系统应用设计与开发工作。E-mail:wpc0905@qq.com

白蚁对江河水库堤坝的危害具有普遍性和严重性,据中华人民共和国水利部2012年调查数据显示,全国18个省(市、自治区)的15 732座水库大坝存在白蚁危害,平均危害率达55%,其中小型水库危害率高达56%;河道堤防白蚁平均危害率为22%<sup>[1]</sup>。长江中下游地区江河围堤和山塘水库的溃决事故中,80%由白蚁危害导致<sup>[2]</sup>,白蚁构建贯通堤坝内外的蚁道系统,引发渗漏、管涌甚至崩堤垮坝,严重威胁防洪安全。

堤坝白蚁的滋生主要源于基础旧隐患残留、成虫分飞筑巢及周边蚁源蔓延三大途径<sup>[3]</sup>,其危害历程可分为潜伏期、险象表露期、险象恶化期和崩堤垮坝期4个阶段,具有隐蔽性强、发展迅速的特点。传统白蚁防治方法依赖人工巡查和化学防治,存在监测盲区大、响应滞后、环境污染等问题,难以适应现代化水利工程安全管理需求<sup>[4]</sup>。

随着物联网LOT与空间信息技术的发展,智能监测成为白蚁防治的新方法。本文以大泉水库为工程实例,结合IoT数据采集、GIS空间分析及云平台数据处理技术,构建一体化白蚁感知监测预警体系,实现蚁情的精准感知、动态监测与及时预警,为水利工程白蚁防治提供技术支撑。

## 1 白蚁监测关键技术理论

### 1.1 物联网技术(IoT)

物联网技术通过部署分布式传感器节点,实现环境参数与目标行为的实时感知<sup>[5]</sup>。本体系采用ALOT无线全网通模块,支持多协议通信(Rest Http/MQTT/TCP/IP等),可实现监测数据的远距离、低功耗传输。传感器节点集成温度、湿度及振动感应模块,能精准捕捉白蚁活动引发的环境变化与物理扰动,为蚁情判断提供数据支撑<sup>[6]</sup>。

### 1.2 地理信息系统(GIS)

GIS技术具备空间数据可视化与空间分析能力,可将监测点位置、蚁情数据与堤坝地形地貌进行叠加展示<sup>[7]</sup>。通过构建堤坝实时监测地图,实现白蚁活动区域的精准定位和风险分区,结合空间插值算法,预测蚁患扩散趋势,为防治决策提供空间参考<sup>[8]</sup>。

### 1.3 白蚁监测云平台

云平台作为数据处理与预警发布核心,具备数据存储、实时分析、预警推送等功能<sup>[9]</sup>。通过整合各监测点数据,运用阈值判断与趋势分析算法,当监测数据超出正常范围时自动触发预警,并通过短

信、平台通知等方式推送至管理人员,实现蚁患的及时响应<sup>[10]</sup>。

## 2 白蚁监测预警体系构建

### 2.1 水利工程概况

大泉水库位于南京市六合区竹镇镇境内,拦蓄滁河支流皂河西支耿跳河上游径流,集水面积20.6 km<sup>2</sup>,总库容1 255万 m<sup>3</sup>,兴利库容687万 m<sup>3</sup>。水库大坝为1958年筑成的均质土坝,坝顶高程29.40 m,坝长777 m,最大坝高14.4 m,坝顶宽5 m,2009—2010年完成除险加固工程。

该区域气候温和、雨水充沛、土壤湿润,大坝地处丘陵山区,周边树木繁茂,为白蚁孳生提供了适宜条件。1975年汛期曾发现大坝背水坡严重渗漏,经专家鉴定为黑翅土白蚁危害所致,蚁道已贯穿坝体内外坡,周边山头及干渠区域蚁源分布密集,白蚁防治形势严峻<sup>[11]</sup>。

### 2.2 设备选型部署

#### 2.2.1 地下智能监测装置

在大坝背水坡、临近山体及林地交界处,按5~10 m间距部署地下监测点,形成地下监测网络,如图1所示。设备采用HDPE防腐材质,防护等级达IP68,内置5 Ah锂电池,续航时间≥3 a,防腐寿命≥10 a。装置配备8组诱导饵料与2组电子触发器,集成北斗定位模块(精度M级)与温度传感器(精度达0.1 ℃),工作温度范围-30~70 ℃,可在复杂环境下稳定运行。

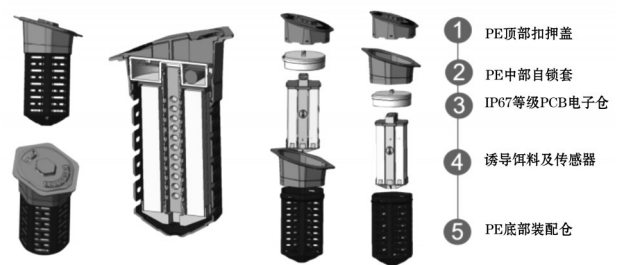


图1 地理式设备

#### 2.2.2 地上频振式杀虫灯

在大坝两侧各布设1台频振式太阳能杀虫灯,构建地上监测面,如图2所示。设备符合GB/T 24689.2—2017标准,采用304不锈钢高压网(撞击面积≥0.21 m<sup>2</sup>,电压≥2 300 V),配备50 W太阳能电池板与24 Ah锂电池,实现全年无市电供电。具备光控、雨控功能,湿度>95% RH时自动关机保护,雨停后恢复工作,有效灭杀分飞期有翅白蚁。

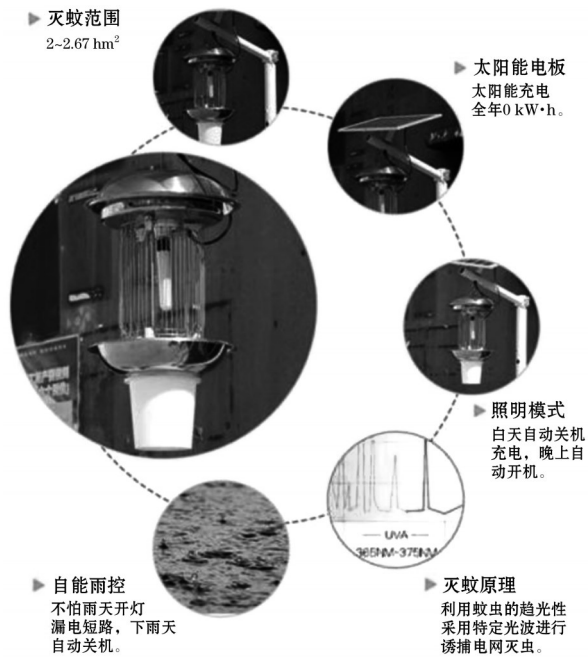


图2 地上灭杀设备

### 2.3 防治体系搭建

#### 2.3.1 体系组成

如图3所示,防治体系由地上灭杀装置、地下监测装置与云平台3部分组成:地上装置负责灭杀飞行白蚁,阻断繁殖路径;地下装置采集白蚁活动数据,实现隐患监测;云平台整合数据并进行GIS可视化展示,提供实时预警服务。三者通过物联网技术实时联动,形成“监测-分析-预警-处置”闭环体系(图4)。

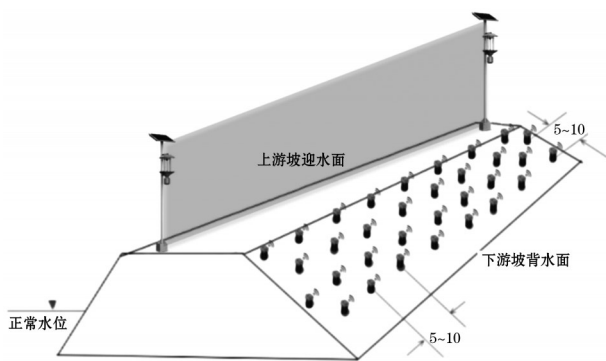


图3 设备布设示意(单位:m)

#### 2.3.2 核心功能

智能化白蚁感知监测与预警的物联体系是以传统的白蚁监测控制技术为基础,结合当前社会物联网传感及通讯技术,生成的符合当前水利工程的空间可视化的白蚁监测防治体系。如图5所示,蚁

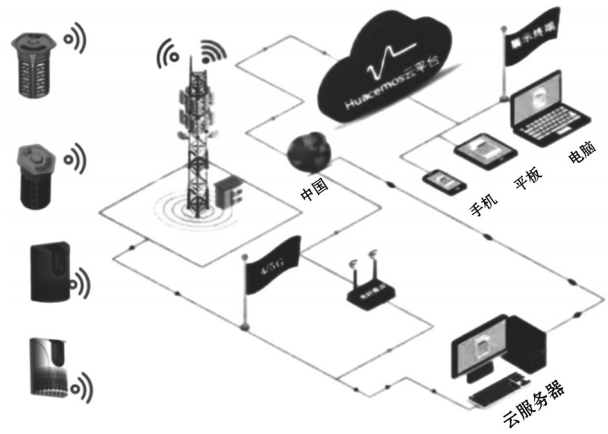


图4 网络拓扑图



图5 蚁情可视化监测预警系统

情可视化云平台,可对整个监测区域的所有装置采集的数据进行汇总及GIS展示,核心功能如下:

(1)数据采集传输:地下装置定时采集1次土壤温湿度、振动信号及饵料消耗数据,地上装置实时记录灭杀数量,数据通过AIOT无线全网通模块远程传输至云平台;

(2)空间可视化展示:云平台集成大坝实时监测地图,直观展示白蚁监测点的分布位置、设备运行状态及蚁情等级,支持多维度数据查询与空间分析;

(3)智能预警响应:设定三级预警阈值,当监测到白蚁活动异常时,自动生成预警信息并推送至管理人员,标注风险位置、等级及处置建议,预警响应时间 $\leq 24$ h;

(4)统计分析评估:自动生成蚁情变化趋势图、设备运行状态报表,支持防治效果量化评估与治理方案优化。

## 3 应用效果

大泉水库2024年布设地下白蚁监测装置96座,

2025年布设地下白蚁监测装置65座、地上白蚁灭杀装置2座,形成白蚁监测预警体系;自2024年1月10日运行以来共监测363 d,设备整体正常运行率达98.26%,累计发出有效预警426次,均精准定位蚁情位置,经现场核查与针对性处置后,反馈处理率达100%。与传统防治方法相比,白蚁防治效率较传统方法提升60%,该体系取得了显著的技术经济效益。白蚁监测预警统计情况见表1。

表1 白蚁监测预警统计(2025-01-10至2026-01-11)

监测时段		监测统计(月累计)				监测时段		监测统计(月累计)			
月份	天数	总数/台	在线/台	离线/台	预警/次	月份	天数	总数/台	在线/台	离线/台	预警/次
2025-01	22	2 112	2 042	51	19	2025-08	31	2 976	2 929	19	28
2025-02	28	2 688	2 587	65	36	2025-09	30	2 880	2 823	20	37
2025-03	31	2 976	2 885	54	37	2025-10	27	2 592	2 550	13	29
2025-04	30	2 880	2 812	50	18	2025-11	30	2 880	2 808	37	34
2025-05	31	2 976	2 912	42	12	2025-12	31	4 601	4 376	148	77
2025-06	30	2 880	2 820	33	27	2026-01	11	1 771	1 653	74	44
2025-07	31	2 976	2 917	41	18						
合计	363	37 188	36 114	648	426	在线率(含预警)	98.26%	离线率	1.74%		

白蚁监测预警体系的成功应用验证了物联网、GIS技术在白蚁监测预警中的有效性与可靠性,为水利工程白蚁灾害的精准防控提供了可复制、可推广的技术方案。

## 4 结 论

基于空间可视化的白蚁感知监测与预警物联体系,通过物联网、GIS与云平台技术的深度融合,实现了水利工程白蚁危害的全方位监测、精准定位与及时预警。该体系在大泉水库的应用实践表明,其具备设备稳定性强、监测精度高、响应速度快、环境友好等显著优势,有效解决了传统防治方法的诸多弊端。

该体系的构建与应用,为水利工程白蚁防治提供了智能化、精准化的技术路径,对保障堤坝防洪安全、提升水利工程管理水平具有重要意义。未来可进一步优化AI预测算法,提升蚁患发展趋势的预测精度;研发轻便化、低成本的监测设备,拓展在中小型水利工程中的应用范围;构建区域型白蚁灾害大数据中心,实现蚁情的区域化联防联控。

### 参考文献:

[1] 李国英. 水利工程白蚁等害堤动物危害及防治调研报

(1)监测精度提升:预警定位误差 $\leq 1$  m,较传统钎探方法定位精度提升90%;

(2)响应效率提高:预警响应时间从72 h缩短至24 h内,处置效率提升67%;

(3)防治成本降低:人工巡查频次减少65%,综合防治成本降低50%;

(4)生态效益显著:减少化学药剂对周边土壤、水体环境的污染,符合绿色防治理念。

告[J]. 中国水利,2023(15):1-5.

[2] 袁社云. 无为大堤白蚁防治的研究与实践[J]. 水利技术监督,2026(1):241-245.

[3] 莫土有,李培聪,包合鑫,等. 基于IoT+GIS技术的水利工程白蚁防治技术[J]. 广东水利水电,2025(5):74-78.

[4] 张文涛. 农田水利大坝白蚁隐患排查与治理实践[J]. 江西农业,2025(23):133-135.

[5] 张文童,王文晶,杨志兰,等. 基于物联网与GIS的白蚁智能监测系统设计与实现[J]. 科技创新与应用,2024,14(3):124-127.

[6] 杜浩,芮有春,梁建. 白蚁智能监测在堤坝工程中的应用与展望[J]. 中国水利,2023(15):65-68.

[7] 曹梦婷. 基于测绘与遥感的白蚁灾害动态监测预警系统构建技术[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会. 人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二). 杭州:浙江鼎昆环境科技有限公司,2025:22-25.

[8] 赵林,钱少璇,宋时华,等. 盱眙县合山水库大坝白蚁防治技术及效果分析[J]. 湖北植保,2025(3):54-56.

[9] 张旭,张峰,江来,等. 白蚁智能监测系统在父子岭水库白蚁防治中的应用[J]. 长江技术经济,2024,8(5):103-107.

[10] 易建州,王永安,刘德昌,等. 堤坝白蚁危害自动监测技术及应用[J]. 江西水利科技,2021,47(6):454-458.

[11] 严双顶,苏静,汪庆发. “隐患探测仪”在大泉水库白蚁防治工作中的应用[J]. 江苏水利,2014(增刊1):56-57.