

ICS 07.060

CCS P10

团 体 标 准

T/CHI XXX-2026

水利工程白蚁综合监测技术规范

Specification for termite detection and monitoring in hydraulic engineering

(征求意见稿)

提交反馈意见时，请将您知道的专利连同支持性文件一并附上。

2026-X-X 发布

2026-X-X 实施

中国高技术产业发展促进会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	4
5 监测项目与内容	6
6 探测技术要求	10
7 监测技术要求	13
8 数据管理与分析要求	16
9 预警与响应要求	19
10 成果与档案管理	21
附录 A (资料性) 常见白蚁类型及特征说明	24
附录 B (资料性) 白蚁监测记录表样表	28
附录 C (资料性) 监测点编码规则	30
附录 D (资料性) 白蚁活动监测数据分析方法	33
附录 E (资料性) 白蚁风险评估矩阵及等级指南	39
附录 F (资料性) 预警日志与信息报告样例	44
附录 G (资料性) 应急响应程序示例	47
附录 H (资料性) 监测设备部署前检查清单	51
附录 I (资料性) 设备校准与维护日志	54
参考文献	57

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司提出。

本文件中国高技术产业发展促进会归口。

本文件起草单位：中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司、黑龙江省水利水电集团有限公司、珠江水利委员会、中国水利水电科学研究院、江西省水利科学院、中国长江三峡集团有限公司、三峡大学。

本文件主要起草人：

征求意见稿

水利工程白蚁综合监测技术规范

1 范围

本文件规定了水利工程白蚁探测与监测工作的基本要求、探测与监测技术方法、监测系统组成与布设原则、监测数据采集与处理、信息管理及预警与响应等内容，同时对相关成果管理与档案整理提出了要求。

本文件适用于水利工程建设期、运行期和养护期的白蚁探测与监测工作，包括但不限于土石坝、堤防、渠道、水库枢纽、闸站、泵站及其附属建筑物，以及与上述工程安全密切相关的基础、地下结构和工程周边蚁源易发区。

本文件适用于采用人工巡查、仪器探测、自动化监测系统以及信息管理平台等多种技术手段开展的白蚁探测与监测活动。

本文件不适用于民用建筑、园林绿化、林业生态系统及其他非水利工程设施的白蚁监测与防治。其他领域开展白蚁探测与监测工作时，可参考采用本文件的有关技术要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 7408 《数据元和交换格式·信息交换·日期和时间表示法》

GB/T 18894 《电子文件存档与管理规范》

GB/T 22239 《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》

GB/T 22240 《信息安全技术 信息系统安全等级保护定级指南》

GB/T 50026 《工程测量规范》

GB/T 50106 《水利水电工程制图标准》

GB/T 50123 《土工试验方法标准》

GB/T 51253-2017 《建设工程白蚁危害评定标准》

SL/T 236 《信息安全技术 信息系统安全等级保护定级指南》

SL/T 836-2024 《水利工程白蚁防治技术规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

白蚁活动 termite activity

白蚁个体或群体在土体、结构物或附属设施中进行取食、通行、筑巢等行为的总称，可表现为声学、电性、图像等监测信号或现场可见迹象。

3.2

白蚁活动强度 termite activity intensity

基于声学、电性、温湿度、图像识别等多源监测参数，通过加权或模型计算得到的用于表征白蚁活动程度的综合指标。

3.3

蚁巢 termite nest

白蚁群体生活、繁殖的核心区域，包括主巢与卫巢，通常为工程风险控制的重点位置。

3.4

蚁害区 termite-affected area

已发现白蚁活动或存在白蚁危害迹象的工程区域，包括结构本体及其影响范围。

3.5

白蚁危害 termite hazard

白蚁取食、穿孔、筑巢、掏空土体或破坏工程材料等活动导致水利工程结构、渗控体系、建基面或附属设施出现强度削弱、渗漏通道形成、变形加剧或稳定性降低的工程性损害现象。

3.6

蚁源区 termite source zone

存在白蚁群体或具备白蚁栖息、取食和繁殖条件，可能引发工程蚁害的潜在风险区域，可位于工程内部或周边环境。

3.7

探测 detection

通过声、光、电、雷达、图像等方法对工程结构和土体进行快速检查，以识别白蚁活动范围和潜在危害分布的工作。

3.8

监测 monitoring

采用人工巡查、仪器监测或自动化设备对白蚁活动进行连续、定期或实时观测的工作。

3.9

探测点 detection point

为识别和定位白蚁活动范围或蚁害分布而设定的人工或仪器检测位置。

3.10

监测点 monitoring point

为长期、定点观测白蚁活动及其变化而布设的固定观测位置，应具有唯一编码和可复测性。

3.11

布点 layout of monitoring/detection points

根据工程结构、地质条件、风险分布和监测目的，对探测点或监测点进行合理布置的过程。

3.12

布点密度 detection/monitoring point density

单位长度、面积或体积范围内布置的探测点或监测点数量，用于表征布点覆盖度和空间分辨率。

3.13

监测频次 monitoring frequency

在规定周期内执行监测的次数或时间间隔，包括人工巡查频次与自动监测周期。

3.14

监测周期 monitoring cycle

完成一次完整监测（数据采集、处理与分析）的时间间隔。

3.15

自动化监测系统 automated monitoring system

由传感器、采集终端、通信模块和信息平台构成，可对白蚁活动参数进行自动采集、传输、存储和预警的系统。

3.16

蚁情监测 termite activity monitoring

以白蚁活动特征为对象，通过人工或自动化方式，对白蚁分布、数量、活动频率、活动强度及趋势进行周期性或连续性观察的过程。

3.17

多方法验证 multi-method verification

采用两种及以上探测或监测技术手段对异常结果进行验证的过程。

3.18

原始监测数据 raw monitoring data

监测设备直接采集、未经过滤或处理的数据，包括声信号、电信号、温湿度和图像等记录。

3.19

数据完整性 data integrity

数据在预定时间内记录齐全、连续、无缺项，并具有可追溯性的属性。

3.20

数据准确性 data accuracy

监测数据与真实值或设备标准的符合程度，应符合仪器技术指标。

3.21

异常值 abnormal value

明显偏离正常变化范围、超出阈值或不符合监测规律的数值。

3.22

突变 abrupt change

监测参数在短时间内发生急剧变化，可能反映白蚁活动增强、环境变化或设备异常。

3.23

趋势变化 trend variation

监测参数随时间呈现的系统性变化，包括上升、下降或周期性波动。

3.24

图像识别率 image recognition rate

自动化监测系统对白蚁图像特征识别的可信度指标，以百分比表示。

3.25

元数据 metadata

描述监测数据内容、采集方式、设备类型、时间与空间位置等的信息，用于数据管理和追溯。

3.26

预警阈值 early-warning threshold

基于监测指标、模型计算或统计分析确定的触发预警事件的定量临界值，包括单指标阈值、多指标联合阈值和趋势变化阈值。

3.27

风险分级 risk classification

根据蚁情指数、活动趋势、异常指标及预警阈值对白蚁危害风险进行等级划分的过程，包括低风险、中风险、高风险和严重风险等。

4 基本要求

4.1 总体原则

4.1.1 白蚁探测与监测工作应以“预防为主、防控结合”为指导方针，贯彻早发现、早诊断、早处置、全过程控制的原则，实现白蚁风险的主动识别与源头治理。

4.1.2 探测与监测应遵循科学布设、动态观测、风险导向、信息共享的原则。监测布点应合理、结果应具有代表性，监测序列应保持连续性，数据应可追溯、可复核、可验证。

4.1.3 应根据水利工程类型（如堤防、坝体、闸门、泵站、渠道等）、结构材料（如土石、混凝土、生态护坡）及周边环境条件（如植被、湿度、地下水位等），制定差异化的监测策略，形成长期、系统、分区分级的蚁情监测机制。

4.1.4 探测与监测应与工程安全监测、运行管理、巡查制度相协调，并与防汛调度、除险加固方案等保持一致，确保业务协同、信息共享、成果互认。

4.1.5 开展探测与监测活动应采用符合技术标准的仪器设备，并保持设备状态良好、定期校准，确保监测数据准确、稳定。

4.1.6 监测活动应尽量减少对工程结构、渗控体系、水工建筑物和生态环境的影响，必要时采取安全与防护措施。

4.2 组织与职责

4.2.1 工程管理单位应建立白蚁监测管理体系，明确组织架构、职责分工、考核机制、数据管理制度和 workflow，并制定年度监测计划、应急预案和数据报送制度。

4.2.2 技术实施单位应具备相应资质或专业能力，配备熟悉白蚁生物学、水利工程结构、探测与监测技术的专业技术人员，负责探测、监测、数据处理及分析工作，确保技术方法、仪器使用和成果报告的规范性。

4.2.3 各相关单位应建立信息共享机制，实现探测结果、监测数据、预警信息、风险研判成果的互通。信息管理平台应提供数据上传、下载、校核、备份、共享与可视化展示功能。

4.2.4 确需进行现场钻探、取样、试验等操作时，应组织联合审查，明确施工方案、风险控制措施和安全生产责任。

4.2.5 白蚁监测相关资料应由专人负责管理，确保真实、完整、可溯源，包括监测点档案、监测记录、仪器校准记录、异常事件记录等。

4.3 监测等级与频次

4.3.1 监测等级划分

监测等级应根据工程规模、结构复杂程度、历史蚁害情况、蚁源区分布及风险评估结果综合确定，分为：

- a) I级（重点监测）：高风险区、历史多发区、疑似蚁源区、重要工程部位；
- b) II级（常规监测）：一般风险区、监测敏感区域；
- c) III级（巡查监测）：低风险区、工程一般区域。

4.3.2 监测频次要求

应根据风险等级确定合理监测频次，建议如下：

表1 监测频次要求

监测等级	人工巡查频次	自动化监测频次
I级	≥1次/月	≥1次/日
II级	≥1次/季	≥1次/周
III级	≥1次/半年	可按需配置

注：重点部位、高水位运行期、汛前汛后等敏感时段应适当增加监测频次。

4.3.3 专项监测或补充探测触发条件

当发生以下情形之一时，应开展专项监测或补充探测：

- a) 出现明显蚁情增长或监测数据异常突变；
- b) 监测点出现持续上升趋势或超过预警阈值；

- c) 工程结构发生明显变化（加固、渗控改建、开挖等）；
- d) 周边环境条件发生影响白蚁生境的变化（大面积植被变化、地表水位变化等）。

4.3.4 专项监测实施要求

适用于“明显蚁情增长、监测数据异常突变、监测点持续上升或超预警阈值”（对应 4.3.3a、4.3.3b），应包括：

- a) 明确监测目标（如蚁情扩散范围、异常数据验证、趋势变化跟踪等）；
- b) 补充布点（在异常区域周边 30m 范围内加密布设监测点，布点密度不低于Ⅱ级监测区标准）；
- c) 提高监测频次（人工巡查频次提升至 1 次/周，自动化监测频次提升至 1 次/24h）；
- d) 采用多方法验证（至少组合 2 种监测技术，如声学监测+人工钻孔复核、图像识别+电学探测）；
- e) 形成专项监测报告（含数据对比、趋势分析、风险判定及后续处置建议）。

4.3.5 补充探测实施要求

适用于“工程结构明显变化、周边环境影响白蚁生境”（对应 4.3.3c、4.3.3d），应包括：

- a) 明确探测目标（如结构变化区域蚁害隐患排查、环境突变对蚁源区的影响评估等）；
- b) 针对性布点（优先在结构改造范围、环境变化核心区布设探测点，布点间距不超过 10m）；
- c) 选择适配探测方法（工程结构变化区采用钻孔探测+电阻率探测，环境变化区采用目测调查+红外热成像探测）；
- d) 数据时效性要求（探测工作应在触发条件发生后 72h 内启动，48h 内形成初步探测结果）；
- e) 形成补充探测报告（含探测区域示意图、异常点定位、蚁害风险评估及是否启动专项监测的建议）。

4.4 安全与环保要求

4.4.1 探测与监测作业应符合国家和水利行业有关安全生产法律法规要求，作业人员应持证上岗，作业过程应落实风险辨识和安全技术交底。

4.4.2 进入闸室、涵洞、廊道、深基坑等受限空间作业时，应执行受限空间安全作业要求，配备通风、照明、通讯和应急设备。

4.4.3 在堤顶、坝顶、闸门附近作业时，应采取防跌落、防滑、防坠落物等措施；夜间作业应配备足够照明。

4.4.4 监测活动应遵循“最小干扰”原则，避免对工程结构、土体稳定、水工建筑物及生态护坡造成影响。布设监测点时应避免破坏防渗体、覆盖层、排水系统及重要结构。

4.4.5 化学诱剂、残留材料、废弃仪器应按环保要求分类回收、袋装密封、集中处置，严禁随意丢弃，防止污染水体、土壤和植被。

4.4.6 对自动化监测设备应采取防雷、防洪、防动物破坏及防盗措施，确保设备长期稳定运行。

4.4.7 如监测过程中需要取样或挖掘，应严格控制范围和深度，避免引发局部扰动或损伤工程结构。

5 监测项目与内容

5.1 总则

5.1.1 白蚁监测项目和内容应覆盖白蚁活动、蚁源区范围、工程结构响应、环境条件以及自动化监测系统运行等方面，构建完整的白蚁监测体系。

5.1.2 监测项目应根据工程类型、结构特征、环境条件、材料性质、历史蚁害情况及风险等级确定。监测内容应反映白蚁活动行为特征、发展趋势及其对工程安全的潜在影响。

5.1.3 监测项目分为基础监测项目、扩展监测项目和专项监测项目。基础监测项目适用于各类工程，扩展及专项监测项目应根据工程规模、重点部位及风险变化进行补充。

5.1.4 监测内容应具有可量化、可重复、可比对和可追溯性，并能满足白蚁风险分级、预警判断和处置决策需要。

5.2 监测项目

5.2.1 白蚁活动监测

内容包括对白蚁存在、活跃程度及活动变化的监测，主要采用以下方式：

- a) 声学监测；
- b) 图像与视频监控；
- c) 电学或电阻率监测；
- d) 诱捕监测；
- e) 现场人工巡查监测。

白蚁活动监测是白蚁监测体系的核心项目，应在重点区域长期实施。

5.2.2 蚁源区监测

内容包括：

- a) 蚁巢位置、范围与深度；
- b) 蚁巢结构特征；
- c) 蚁巢活性（温度、活动量）；
- d) 蚁道延展方向；
- e) 蚁源区扩展趋势。

蚁源区监测是风险判定与处置依据，应特别关注重点蚁源点及历史蚁源复发区。

5.2.3 工程结构响应监测

对白蚁活动可能引发的工程结构异常进行监测，内容包括：

- a) 空洞、孔洞、松动区域；
- b) 防渗系统穿孔或微通道；
- c) 渗漏、潮湿区、浑水现象；
- d) 微裂缝、沉陷及结构异常；
- e) 白蚁活动与结构损伤的关联情况。

适用于堤防、坝体、护坡、涵洞、闸室等重点部位。

5.2.4 环境条件监测

对白蚁活动具有显著影响的环境条件进行监测，内容包括：

- a) 土壤含水量与墒情；
- b) 地表与地下水位；
- c) 气象条件（气温、湿度、降雨量等）；
- d) 生态条件（植被覆盖、根系情况等）；
- e) 季节性及突发性环境变化。

环境监测应作为白蚁活动趋势分析的重要依据。

5.2.5 自动化监测系统运行监测

内容包括：

- a) 传感器在线率；
- b) 采集终端运行状态；
- c) 数据通信质量；
- d) 供电系统状态；
- e) 数据完整性及时间同步性。

适用于配备自动监测系统的工程。

5.2.6 异常事件监测

适用于活动突变、结构异常或环境剧变情况下的快速监测，内容包括：

- a) 白蚁活动量突增或突降；
- b) 多监测点同时异常；
- c) 自动化监测设备连续报警；
- d) 工程结构突发变化（渗漏、沉陷等）；
- e) 新蚁源区或大范围扩散迹象。

5.3 各监测项目的监测内容要求

5.3.1 白蚁活动监测内容

5.3.1.1 声学监测

应监测：

- a) 活动声信号的频率、能量及波形特征；
- b) 活动声出现的时间分布；
- c) 活动强度及持续性；
- d) 无背景干扰条件下的有效信号比例；
- e) 异常声信号事件。

5.3.1.2 图像监测

应监测：

- a) 蚁道、孔洞、泥被、排泄物等表面特征；
- b) 识别特征数量变化；
- c) 巢穴形态与发展迹象；
- d) 工程表层结构变化；
- e) 图像识别结果的可信度。

5.3.1.3 电学监测

应监测：

- a) 电阻率或电导率分布；
- b) 潜在空洞或异常区域；
- c) 电信号随时间变化情况；
- d) 空间异常点的分布规律。

5.3.1.4 诱捕监测

应监测：

- a) 诱捕量（数量及时间分布）；
- b) 白蚁种类及群龄；
- c) 诱捕点活性等级；
- d) 诱捕量趋势及季节性变化。

5.3.1.5 人工巡查监测

应监测：

- a) 蚁迹、蚁道、蚁孔；
- b) 排泄物、泥被；
- c) 结构表面局部损伤；
- d) 新发现的巢穴或疑似点。

5.3.2 蚁源区监测内容

应监测：

- a) 蚁巢位置坐标、范围和深度；
- b) 巢体结构及成熟度；
- c) 巢穴温度、湿度等活性指标；
- d) 蚁道延展方向；
- e) 蚁源区发展趋势及变化规律。

5.3.3 工程结构响应监测内容

应监测：

- a) 白蚁活动导致的空洞、松动和微通道；
- b) 渗流变化（渗漏、浑水、潮湿区）；
- c) 工程表面或内部裂缝；
- d) 局部沉陷与变形；
- e) 白蚁活动与结构变化的因果关联。

5.3.4 环境条件监测内容

应监测：

- a) 土壤含水率及变化曲线；
- b) 地表水位与地下水位变化；
- c) 气象要素（温度、湿度、降雨量等）；
- d) 植被覆盖率变化及根系状况；
- e) 环境变化对白蚁活动的影响。

5.3.5 自动化监测运行监测内容

应监测：

- a) 设备运行状态与在线率；
- b) 数据采集与传输质量；
- c) 供电系统稳定性；
- d) 数据完整性与时间同步情况；
- e) 异常报警记录及处理情况。

5.4 按风险等级的监测内容要求

5.4.1 高风险区（Ⅰ级）

应监测：

- a) 白蚁活动强度及变化趋势；
- b) 蚁巢活性及扩展情况；
- c) 工程结构敏感部位变化；
- d) 环境条件显著变化；
- e) 自动化监测设备记录；
- f) 综合风险分析结果。

5.4.2 中风险区（Ⅱ级）

应监测：

- a) 白蚁活动变化；
- b) 环境条件变化；
- c) 工程关键部位抽查结果；
- d) 诱捕点活性变化。

5.4.3 低风险区（Ⅲ级）

应监测：

- a) 蚁迹巡查情况；
- b) 季节性活动特征；
- c) 工程基本状况；
- d) 环境条件一般变化。

6 探测技术要求

6.1 总则

6.1.1 白蚁探测的主要目的是识别水利工程结构及其周边环境中的蚁源分布、白蚁活动范围、潜在危害及白蚁对工程可能产生的影响，为后续防治、监测、评估和应急管理提供科学依据。

6.1.2 探测工作应贯穿水利工程的建设期、运行期、大修加固期全过程，并与防治、监测工作紧密衔接，形成闭环管理，确保全生命周期的白蚁风险管控。

6.1.3 建设期探测包括以下内容：

- a) 开工前场地探测，主要用于查明蚁源分布、活动通道及潜在风险区；
- b) 主体施工阶段探测，用于验证防蚁隔离措施的有效性及其防治工作；
- c) 工程完工验收前探测，用于确认蚁源清理与防治效果。

6.1.4 运行期探测应定期或不定期实施，主要包括以下内容：

- a) 坝体、堤防、渠道、建筑物及附属构筑物的蚁情变化监测；
- b) 周边环境（草坡、林带、农田等）的蚁源扩散与蔓延；
- c) 防治措施或工程运行条件变化后的专项复查。

6.1.5 在特殊气候事件（如长期干旱、洪水或水位突变）后，应开展应急探测，以掌握白蚁群体的迁移、繁殖情况及分布变化，确保及时发现可能影响工程安全的蚁害区域。

6.2 探测技术方法

6.2.1 探测方法的选择应依据工程结构类型、材料特性、蚁害风险等级及场地条件进行合理确定，采用单一方法或综合多种探测手段。

6.2.2 目测调查法

- a) 应对工程地表、结构外露面及周边环境进行系统巡查，识别蚁丘、泥被、孔洞、排泄物、脱翅、食痕及蚁道等迹象。
- b) 调查路线应覆盖坝顶、迎水坡、背水坡、坝脚、建筑物外墙、涵洞、廊道及通风井等关键部位。
- c) 目测调查结果应形成详细的调查记录表，标明蚁害类型、分布位置及可疑部位照片，便于后期分析与归档。

6.2.3 钻孔探测法

- a) 应在坝体、堤防及地下结构的关键部位布设钻孔，利用钻屑、土样或插入式传感器检测蚁害迹象。
- b) 钻孔深度应至少延伸至结构底部 0.5 m 以下，孔距一般为 10~20 m，风险区可加密至 5~10 m。
- c) 钻孔应采取防混污染措施，并在作业后及时封闭孔口，防止土壤中的蚁源扩散。

6.2.4 电阻率与介电常数探测法

- a) 应通过测定土体或材料的电阻率与介电常数变化，来判断白蚁活动的区域。
- b) 测试电极布设应均匀，测深范围应覆盖潜在蚁巢层；测试结果可形成电阻率剖面图。
- c) 在存在水分梯度或盐分干扰的地区，应采取校正措施，或结合其他探测方法进行验证。

6.2.5 红外热成像探测法

- a) 应通过红外影像反映结构表面温度异常，用于判断白蚁活动区。
- b) 测试前应确保环境温差不小于 5℃，并避免强光、风雨等干扰。
- c) 探测结果应形成热像图，并叠加工程平面位置进行解释分析，帮助定位蚁源及活动区域。

6.2.6 声波、微波与振动探测法

- a) 应利用超声或微波信号在结构中的传播特性，识别内部空洞、松散层及白蚁通道。
- b) 采样频率应设定在 20~100 kHz 范围内，信号异常区域应进一步钻孔验证。
- c) 数据记录应包括波速、衰减系数、反射特征及其变化趋势，便于后续分析。

6.2.7 综合判定与交叉验证

- a) 探测结果应遵循多方法比对原则，必要时采用至少两种独立手段对同一区域进行复核。
- b) 综合判定应包括蚁害存在性、活动程度及危害范围的三级内容，便于风险评估与决策。
- c) 探测成果应经过专业技术人员的复核签字确认，确保结果的准确性与可靠性。

6.3 探测布点与布设密度

6.3.1 探测布点应根据工程规模、结构复杂程度、历史蚁害情况及风险等级合理确定，并应兼顾代表性、可操作性与安全性。

6.3.2 坝体布点原则

a) 坝体探测点应沿坝轴线及上下游坡面布设，重点覆盖坝顶、坝脚、接触缝、渗流集中区、廊道周边以及历史蚁源点附近。

b) 布点间距宜为 10~20 m；当坝高超过 30 m 或存在蚁害史时，宜加密至 5~10 m。

c) 坝体两岸连接部及接触面应单独布设验证点，确保完整覆盖蚁害潜在风险区。

6.3.3 堤防与渠道布点原则

a) 堤防探测点应沿堤轴线、迎水坡脚和背水坡肩布设，并重点覆盖涵洞、闸涵及管道穿堤处。

b) 渠道探测点应布设在渠坡、渠底及结合部位，特别关注渗漏、植被根系发达及可能的蚁源扩散区域。

c) 堤防与渠道布点间距宜为 15~25 m，特殊高风险区可适当加密。

6.3.4 建筑物与地下结构布点要求

a) 建筑物、泵站及闸室等结构应结合基础形式和周围地质条件布设探测点。

b) 地下结构探测应重点布设于阴湿区域、伸缩缝、管线穿越处及通风井附近。

c) 布点位置应与结构布置图一一对应，便于成果图的表达与后期数据比对。

6.3.5 环境布点补充原则

工程周边的林带、绿化区、施工弃料堆及居民区等区域应布设若干补充探测点，以掌握蚁源扩散趋势，便于识别潜在风险区。

6.4 探测仪器与精度要求

6.4.1 所用探测仪器应符合国家或行业相关计量检定规程和产品技术标准，具备相应的灵敏度、分辨率、稳定性。仪器型号与性能应与探测方法及工程特征相匹配，不得使用未经检定或失准的设备。

6.4.2 仪器应定期进行校准和性能检测，关键测量参数的相对误差不应超过 $\pm 5\%$ 。对于多通道仪器，每年至少开展一次比对试验，确保测量的准确性。

6.4.3 在高温、高湿或强电磁干扰环境下使用仪器时，应采取防护与补偿措施，确保数据准确性。

6.4.4 仪器使用、维护和存储应有完整记录，并纳入白蚁探测档案管理。

6.5 数据记录与结果表达

6.5.1 探测数据应包括工程基本信息、布点坐标、探测时间、探测方法、仪器型号、测试参数、判定结果和记录人员等内容。数据应采用统一编码体系，确保可追溯性。

6.5.2 现场原始记录应完整、准确，不得涂改。电子数据应定期备份并上传至监测信息管理平台，确保数据的长期保存与共享。

6.5.3 探测成果图应以工程平面图为底图，统一比例尺绘制，标明布点编号、探测方法、蚁害等级、日期和测点坐标。成果图应配套综合说明、表格及分析报告，形成完整的探测成果档案。

6.5.4 探测成果报告应包括概况、方法与设备、布点方案、主要结果、综合分析及结论建议等内容。报告应由具备相应资质的技术人员签字确认，确保结果的权威性与可操作性。

6.6 质量控制与成果审核

6.6.1 探测工作应实施全过程质量控制，包括方案审查、现场监督、数据复核和成果评审。确保探测工作的规范性与科学性。

- 6.6.2 探测数据的准确性、完整性和逻辑一致性应经两级审核，必要时组织专家复核，确保数据质量。
- 6.6.3 成果资料应按行业档案管理规定整理归档，纸质与电子版应保持一致，便于长期存档和查阅。

7 监测技术要求

7.1 监测系统组成

7.1.1 白蚁监测系统应由地面监测装置、地下监测装置、传感与通信终端、数据采集与分析平台以及辅助供电与防护系统组成，形成集探测、监测、传输、分析和预警于一体的综合体系。系统设计应充分考虑现场环境条件、技术可行性及运营成本，确保系统长期稳定运行。

7.1.2 地面监测装置

地面监测装置应布设于坝顶、堤顶、渠坡、建筑物外墙、排水沟及地表蚁源活跃区。装置形式可包括：

- a) 诱捕桩、诱饵筒或诱饵盒；
- b) 光学图像识别装置；
- c) 温湿度或气体变化传感器；
- d) 具备自动采集与远程上报功能的智能监测单元。

装置外壳应具备防水、防晒、防啃咬和防人为破坏功能。布设位置应便于检查和更换，且不得影响工程安全、排水及施工管理。

7.1.3 地下监测装置

地下监测装置应布设在坝体、堤防、泵站基础、闸室底板、地下廊道、涵洞及排水系统等重点蚁害区域。监测探头宜采用防水、防腐蚀材料，具有抗压、防潮和长期稳定工作能力。探头应能采集地下温湿度、电阻率、介电常数及振动等参数，反映白蚁活动特征。埋设深度一般为 0.5~2.0 m，重点部位可根据土层及结构厚度适当调整。

7.1.4 传感与通信终端

传感终端应能实现多参数同步采集与智能传输，通信方式可采用 NB-IoT、LoRa、4G/5G 或有线网络。通信终端应支持节点自动组网、自诊断、远程管理与报警提示。数据采样与传输间隔应根据风险等级自动调整，确保监测数据的时效性与准确性。

7.1.5 数据采集与分析平台

平台应具备以下功能：

- a) 多源数据实时接入与存储；
- b) 数据统计、趋势分析与图表可视化；
- c) 监测异常识别与预警信息生成；
- d) 成果导出、档案管理与权限控制；
- e) 与防治系统、工程管理系统接口兼容。

平台宜支持人工智能算法对蚁情特征进行智能识别，实现从“被动监测”向“主动预警”转变，并支持机器学习对数据进行深度挖掘。

7.1.6 辅助供电与防护系统

偏远或野外布设区域宜配置太阳能或低功耗电源系统，确保设备全天候持续运行。电缆、通信线路应采取防鼠、防蚁、防潮、防雷等措施。系统应设计设备防护罩或加锁装置，防止人为损坏，并设置明显标识以便维护与检查。

7.2 监测点布设要求

7.2.1 布点密度与代表性

监测点布设应结合工程等级、结构类型、地质条件及历史蚁害资料确定。

- a) I级监测区：布点间距宜为 10~15 m；
- b) II级监测区：宜为 20~30 m；
- c) III级监测区：宜为 30~50 m。

在高风险区、蚁害集中区及特殊结构部位，应加密布点或增设临时点。布点应覆盖坝顶、坝脚、堤坡、廊道、基础、涵洞、闸门周边及岸坡绿化带等典型部位。

7.2.2 监测深度与埋设方式

监测深度应覆盖白蚁主要活动层和潜在蚁巢层。

- a) 土质区：一般埋设 0.5~1.5 m。
- b) 砂砾及岩质区：应考虑地表径流及裂隙影响，埋设深度可适当增加。

埋设应垂直或倾斜放置，并确保与周围土体紧密接触。安装完成后，应立即测定坐标、高程并录入信息管理系统。监测装置顶部应设置明显标识，避免阻碍巡视与交通。

7.2.3 动态布点调整

根据监测结果和风险评估，监测点应适时调整。当连续三次监测结果稳定无蚁情变化时，可适当减少点位；当出现新蚁害迹象时，应及时增设补点，确保监测网络始终与风险相匹配。

7.3 监测方法

7.3.1 定期人工监测

人工监测应由具备专业知识的技术人员实施，按预定路线对监测点进行观察与记录。主要包括：

- a) 监测装置状态；
- b) 蚁害活动痕迹；
- c) 温湿度和周边环境变化；
- d) 新建蚁道或弃巢现象。

人工监测宜在春季和秋季白蚁活跃期各进行一次，必要时在雨季后增加复查。监测记录应完整保存，配以现场影像资料。

7.3.2 自动化连续监测

自动化系统应实时采集并记录多参数数据，采样频率宜根据监测目的与风险等级确定，一般为 1~12 次/天。监测内容包括环境温湿度、电阻率、介电常数、振动信号、声学信号和图像信息等。系统应

具备异常识别算法，能根据指标变化自动发出早期预警。当信号异常或通信中断时，应自动生成告警并通知管理人员。

7.3.3 组合监测与互补验证

人工监测与自动化监测应相互补充。当自动监测数据出现异常时，应在 7 日内进行人工复核；人工发现可疑迹象时，应布置自动监测设备进行跟踪验证。对于重点工程，应形成“固定+流动、人工+智能”的复合监测体系。

7.3.4 视频与图像监测

在条件允许时，可增设红外摄像、高清摄影等图像监测设备，用于实时观察蚁害活动与装置状态。图像资料应与传感数据同步上传并归档，以增强数据的可验证性与精确性。

7.4 监测频次与周期

7.4.1 常规监测周期

常规监测应按照年度监测计划实施。一般工程每半年进行一次人工监测；重点工程或高风险区宜每季度进行一次。自动化监测系统应保持连续运行，数据上传周期不应超过 24 小时。

7.4.2 高风险期与重点区加密监测

在白蚁繁殖扩散季节（4 月至 10 月）及强降雨、洪水、枯水等特殊时期，应增加监测频次。重点监测区域包括坝脚渗流带、涵闸基础、地下廊道、排水沟、绿化带及历史蚁害区。必要时应建立临时观测点，对蚁情发展进行连续跟踪。

7.4.3 应急监测

当发现突发蚁害、结构渗漏或异常信号时，应立即开展应急监测。应急监测应在 24 小时内启动，采用快速布点、重点检测和加密采样方式。结果应在 48 小时内形成初步报告并上报管理单位。

7.5 设备维护与校准

7.5.1 维护制度

监测设备应建立定期维护和巡检制度。维护内容包括外观、功能、电源、信号、通讯、防护及清洁。维护周期一般不超过 6 个月，重点区域设备宜每季度维护一次。维护记录应注明时间、人员、项目及结果，归入监测档案。

7.5.2 校准周期与精度核验

监测设备应按计量法规和制造商要求定期校准。关键传感器（温湿度、电阻率、介电常数、振动信号等）宜每 6 个月核验一次。校准结果应满足设计精度要求，主要参数相对误差不应超过 $\pm 5\%$ 。仪器若出现漂移、损坏或信号异常，应暂停使用并重新校准。

7.5.3 设备更换与升级

当监测设备性能下降或不符合最新技术标准时，应及时更换或升级。新旧设备交替期间，应开展并行比对监测，确保数据连续性与可比性。

8 数据管理与分析要求

8.1 一般规定

8.1.1 白蚁探测与监测数据管理应贯穿数据采集、传输、存储、处理、分析、应用及归档全过程，确保数据真实、完整、可追溯。应建立健全的数据管理制度，并定期对数据管理过程进行评估与优化。

8.1.2 数据管理应遵循“统一标准、集中存储、分级管理、共享使用”的原则。所有数据应纳入水利工程安全监测与信息化管理体系，实现与防治、运行管理系统的互联互通，确保数据跨部门、跨系统的有效共享。

8.1.3 数据分析应以科学性、客观性为原则，采用多源融合与时间序列分析方法，对蚁情发展趋势、风险等级及防控成效进行定量评估。分析应结合实际工程和环境条件，确保数据驱动的决策具有现实可行性。

8.1.4 监测数据及成果的管理应符合国家档案管理、信息安全及测绘地理信息等相关法律法规要求，确保数据存储、使用与共享过程中的法律合规性，保护个人隐私与企业机密。

8.2 数据分类与编码

8.2.1 监测数据应根据来源和内容进行分类，主要包括：

- a) 原始采集数据：包括传感器实时采集的原始信号、传感器输出的物理量、图像数据等；
- b) 校正与计算数据：对原始数据进行校准和处理后得到的标准化数据；
- c) 统计与分析数据：基于历史数据和实时数据分析的结果，如趋势图、平均值、方差等；
- d) 成果与报告数据：包括监测报告、评估报告、预警通知等文档型数据。

8.2.2 数据编码应统一规范，建立系统化的编码体系，编码体系应包含工程编号、监测区号、监测点号、监测参数、时间标识及版本号。编码规则应满足唯一性和可扩展性要求，避免编码重复和数据冗余。

8.2.3 电子数据应采用开放、通用的文件格式（如 CSV、TXT、XML、JSON 等），并应具备元数据描述，以便于不同系统间的数据交换与兼容性。文件命名应体现工程名称、监测类型和采集时间，确保数据的可识别性与管理的安全性。

8.3 数据采集与传输管理

8.3.1 数据采集应遵循统一的格式和采样周期，采集频率应与监测系统参数设置一致。采集设备应具备时间同步功能，确保所有设备的采样时间准确，时间误差不应超过 $\pm 1 \text{ min}$ ，以避免数据偏差。

8.3.2 数据传输应通过安全可靠的网络通道进行。无线传输应具备信号校验、断点续传和自动重发功能，以应对网络不稳定等情况。对于有线网络，应设置防雷、防干扰及防断链措施，确保数据传输的稳定性和安全性。

8.3.3 数据传输过程中，应实时监测传输状态，任何信号丢失或传输异常应及时修复。出现信号丢失时，应在 24 小时内修复或补传，确保监测数据不出现空缺或丢失。

8.3.4 各级数据中心应建立自动接收与校验机制，所有传输的数据应进行自动验证，确保数据的完整性与准确性。校验结果应记录在案，并定期进行审核与回顾。

8.4 数据存储与备份

8.4.1 数据存储系统应具备安全防护、冗余存储与访问控制功能。存储设备应采用分布式结构，支持在线存储与离线归档相结合，确保数据的长期安全存储与高效访问。

8.4.2 原始监测数据应长期保存，保存期限不得少于 10 年，成果数据、报告及图件应永久保存。应确保数据的存储方式符合行业档案管理要求。

8.4.3 数据应至少每 24 小时自动备份一次，备份文件应存放于异地服务器或独立介质中，确保数据在发生系统故障时能够快速恢复。备份系统应具备自动检测与修复功能。

8.4.4 对于敏感或涉密工程数据，应采用加密存储，并实施严格的权限管理。数据存储和访问应进行分级控制，确保数据仅对授权人员开放，避免未经授权的访问或泄露。

8.5 数据质量控制

8.5.1 应建立数据质量控制体系，覆盖采集、传输、处理、审核及发布全过程。数据质量控制体系应确保监测数据的准确性、完整性、一致性和可靠性。

8.5.2 数据质量控制主要包括：

a) 数据准确性：监测参数应符合仪器精度要求，关键指标误差不应超过 $\pm 5\%$ ；b) 数据完整性：各监测点数据应齐全，严禁缺项或漏传；

b) 数据一致性：多源数据应在同一时间基准下可比对；

c) 数据可靠性：异常值应经人工复核并说明原因。

8.5.3 各监测单位应定期开展数据质量评估，评估结果应形成报告并归档。质量评估应至少每年至少一次，并针对每个关键数据点进行审查与确认。

8.5.4 发现数据存在明显异常、丢失或造假时，应立即启动核查与纠正程序。问题数据应追溯来源，并按照预定的纠错流程处理，避免误导分析和决策。

8.6 数据分析与处理

8.6.1 数据分析应包括时间序列分析、空间分布分析、相关性分析和变化趋势分析等。分析结果应以图表、曲线、专题图等形式直观表达，便于决策者理解和使用。

8.6.2 监测数据应结合工程运行、气象水文、地质环境等辅助信息进行综合分析。必要时，应采用多因素模型或人工智能算法对蚁情变化进行预测，为防治措施的制定提供科学依据。

8.6.3 对监测数据中出现的异常点、突变或周期性波动，应进行原因分析，区分自然变化与白蚁活动差异。在分析时，特别注意区分因环境变化（如温湿度变化）引起的自然波动与白蚁活动所造成的影响。

8.6.4 当分析结果表明蚁害活动显著增强或扩散趋势明显时，应提出预警建议，并与防治部门共享。预警建议应结合实际情况，提出具体的防治对策和改进措施。

8.6.5 数据分析报告应包括数据来源、处理方法、分析结果、风险评估及结论建议。报告应由具备相应资质的技术单位编制，并由专家组审核，确保分析结果的权威性和可靠性。

8.7 预警指标与分级

8.7.1 应根据监测数据变化特征建立白蚁活动预警指标体系。指标体系应涵盖：

a) 环境类指标：温度、湿度、土壤含水率；

b) 物理信号类指标：电阻率、介电常数、振动信号、声学响应；

c) 生物与图像类指标：活动图像识别率、蚁道密度、活跃指数；

d) 综合指数类指标：多参数融合计算的蚁情综合指数（TPI, Termite Probability Index）。

8.7.2 各类指标阈值应通过历史数据统计、现场试验与回归分析确定。阈值的设置应具备动态调整机制，可根据不同地区、工程类型和季节性变化修正，确保预警机制的灵敏度和准确性。

8.7.3 预警指标应具有可量化性和可验证性。每项指标均应明确单位、采样周期、计算方法及误差允许范围，确保监测和预警的标准化与准确性。

8.7.4 综合指数可采用加权模型：

$$TPI = \sum_{i=1}^n w_i \times \frac{(X_i - X_{i,min})}{(X_{i,max} - X_{i,min})} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

w_i —— 为指标权重 ($\sum w_i = 1$)；

X_i —— 为实际监测值；

$X_{i,min}, X_{i,max}$ —— 为指标正常上下限值。

8.7.5 当 TPI 或单项指标超过设定阈值时，应自动触发“异常信号”并进入预警评估流程。预警等级划分及响应机制见第 8.3 条。

8.8 数据共享与应用

8.8.1 数据应在监测单位、工程管理单位及防治机构间共享，遵循“分级授权、按需使用”的原则。数据的使用应严格遵循相关法律法规，确保信息安全和隐私保护。

8.8.2 数据共享格式与接口应符合水利行业信息化标准，支持与数字孪生、工程安全监测、生态监管等系统互联，提升数据的可操作性与跨系统集成性。

8.8.3 数据应用方向包括：

- a) 蚁情动态数据库建设；
- b) 风险评估模型开发；
- c) 防治效果跟踪与验证；
- d) 科研与技术创新支撑。

8.8.4 数据成果的发布与引用应注明来源和时间，未经授权不得修改或公开传播，确保数据的完整性与保密性。

8.9 数据成果档案与审查

8.9.1 所有监测数据、成果报告及图件均应形成完整档案，分纸质和电子两种形式保存。档案应定期检查与更新，确保数据的长期可追溯性。

8.9.2 档案应包含：

- a) 工程基本信息；
- b) 监测系统组成与布置图；
- c) 数据记录表与分析曲线；
- d) 预警统计与处理记录；
- e) 报告、图件及审查意见。

8.9.3 数据成果应经监测单位自审、管理单位复审、行业主管部门抽查。审查内容包括数据完整性、逻辑合理性、分析方法及结论可靠性。

8.9.4 审查合格的成果应统一编号并归档，可作为后续防治、设计、科研与评估的依据。

9 预警与响应要求

9.1 总则

9.1.1 白蚁监测预警与响应应坚持“预防为主、分级负责、科学决策、快速处置”的原则，确保在白蚁活动威胁到工程安全时，能够及时采取有效措施进行应对。

9.1.2 预警系统应与水利工程安全监测、运行管理、防汛调度及生态管理系统相衔接，实现信息互联和协同处置，确保信息共享与快速响应。

9.1.3 预警与响应工作应以实时监测数据、历史记录、现场调查及专家研判为基础，做到早发现、早报告、早处置，确保白蚁活动的威胁被快速识别并得到及时控制。

9.1.4 各级管理单位应建立白蚁危害应急响应机制，明确职责分工、报告流程、技术支撑与物资保障。每个级别的响应措施应与风险等级对应，并确保有效联动。

9.2 预警体系构成

9.2.1 白蚁预警体系应由以下部分构成：

- a) 监测网络：覆盖高风险区域、重要结构部位和历史蚁害区域，实时采集数据；
- b) 数据分析与预警平台：对采集到的数据进行分析并自动生成预警信息，具备自动判断、趋势分析、阈值判断和预警生成功能；
- c) 指标与阈值体系：采用综合指数（如 TPI）与多项监测参数阈值来判定预警级别；
- d) 信息发布系统：支持短信、APP、网站、电子屏幕及管理平台等多终端发布信息；
- e) 应急响应与处置机制：从监测、分析到响应、处置和反馈，形成闭环管理。

9.2.2 监测网络应覆盖高风险区域、重要结构部位及历史蚁害集中区，确保数据连续、稳定、可追溯，能够为预警机制提供准确的数据支持。

9.2.3 数据分析平台应具备自动识别、趋势分析、阈值判断和分级预警功能，能够实时处理监测数据并快速生成预警信息，便于决策者及时采取行动。

9.2.4 信息发布系统应支持多终端联动，包括短信、APP、网站、电子屏幕及管理平台，确保预警信息能够及时传递至各级管理单位及相关人员。

9.2.5 应急响应机制应实现“监测—分析—预警—处置—反馈”的闭环管理，确保从数据采集到应急处置的全过程能够高效协同，确保每个环节的顺利进行。

9.3 预警分级与触发判定

9.3.1 白蚁预警分级应依据第 7.7 条所建立的指标体系及监测数据分析结果确定，预警等级共分四级，按风险程度由低到高依次为 I 级、II 级、III 级、IV 级。

9.3.2 各级预警的典型判定条件如下：

表 2 白蚁预警分级、判定依据及风险描述

等级	判定依据	风险描述
I 级（一般）	各监测参数在正常波动范围内，综合指数（TPI） < 0.3 ；	无明显蚁害活动迹象，保持常规监测。
II 级（关注）	单项指标接近阈值或 TPI 达 $0.3 \sim 0.5$ ；	发现初期蚁害迹象或环境条件适宜蚁群活动。
III 级（警示）	多项指标连续超限，TPI 达 $0.5 \sim 0.7$ ，或出现集中异常信号；	存在活跃蚁巢或局部蚁害扩展趋势，需现场复核与干预。
IV 级（严重）	多项指标显著超限，TPI ≥ 0.7 ，异常范围扩大；	白蚁活动频繁，对工程结构或安全运行构成威

	势，应立即启动应急响应。
--	--------------

9.3.3 预警等级的判定应综合以下因素：

- a) 监测参数的超限幅度和持续时间；
- b) 异常点的空间集中程度；
- c) 历史蚁害记录和季节规律；
- d) 工程部位的重要性与安全影响。

9.3.4 预警判定可采用“系统自动识别 + 人工复核”方式。对于 III级及以上预警，应经技术负责人审核确认后发布，确保预警信息的准确性与时效性。

9.3.5 当多项参数同时异常且空间关联性显著时，应自动提升一级预警等级。通过系统自动识别机制，提高响应速度，避免漏报或迟报。

9.4 预警信息发布与通报

9.4.1 预警信息应包含以下内容：

- a) 工程名称与监测区域；
- b) 预警等级与触发时间；
- c) 主要异常参数及变化趋势；
- d) 可能影响范围与风险说明；
- e) 建议处置措施；
- f) 发布单位与责任人。

9.4.2 信息发布权限应分级管理：

- a) I级、II级 预警由监测单位报管理单位批准后发布；
- b) III级 预警由管理单位审核后上报主管部门备案；
- c) IV级 预警由省级或流域管理机构统一发布。

9.4.3 预警信息发布应使用加密通道，确保数据传输的安全性。发布记录应保存不少于 5 年，确保信息的可追溯性与透明性。

9.4.4 当监测数据恢复正常后，应由同级单位发布解除通报，并在平台同步更新，确保预警信息的准确性与时效性。

9.5 响应启动与分级处置

9.5.1 预警响应与预警等级对应，实行分级启动与差异化处置。响应措施应根据预警等级、蚁情变化、工程部位及历史数据等多方面因素灵活调整。

9.5.2 各级响应措施如下：

表 3 白蚁预警分级响应措施

响应级别	响应措施
I级响应（一般）	继续常规监测；分析趋势变化；无需现场处置。
II级响应（关注）	加密监测频次；开展现场复核；视情况调整监测点。
III级响应（警示）	启动专项调查；对异常区实施重点探测；视情采取局部防治措施；编制阶段性报告。
IV级响应（严重）	启动应急防治方案；联合多部门处置；对结构隐患区实施加固或封堵；开展事后评估与跟踪监测。

9.6 现场复核与应急调查

9.6.1 III级及以上 预警应在 24 小时内 启动现场复核，确保尽快确认蚁害情况并采取针对性措施。

9.6.2 现场调查内容包括：

- a) 监测点检查与验证；
- b) 蚁巢分布及活动路径；
- c) 结构与环境条件；
- d) 防治可行性分析。

9.6.3 调查结果应形成《现场复核报告》，并纳入工程监测档案，为后续防治提供数据支持。

9.7 信息报告与反馈

9.7.1 各级响应情况应按以下时限报告：

- a) III级预警：12小时内上报；
- b) IV级预警：6小时内上报。

9.7.2 报告内容应包括：概况、数据摘要、判定依据、影响分析、处置措施与后续建议。

9.7.3 响应结束后，应在5个工作日内形成总结报告，评估预警与响应效果，并提出改进建议。

9.7.4 各管理单位应定期复盘预警与响应流程，分析准确率与时效性，优化判定模型与参数设置。

9.8 联动与信息共享

9.8.1 应建立跨部门联动机制，水利工程管理单位应与防治机构、科研院所共享监测与预警信息。

9.8.2 对于区域性、群发性蚁害事件，应由地方政府统一组织防治与资源调度。

9.8.3 信息共享应遵循安全、保密、按需原则。建议建立省级或国家级白蚁监测与预警信息平台，实现多工程联合预警，提升应急响应的联动性。

9.9 预警解除与后评估

9.9.1 当监测数据连续三次恢复正常，现场复核无异常，且风险排除后，可解除预警。

9.9.2 预警解除后，应开展后评估，内容包括：

- a) 蚁情变化趋势；
- b) 防治措施效果；
- c) 结构安全状态；
- d) 经验总结与参数修订。

9.9.3 后评估结果应形成书面报告，作为修订预警指标体系和完善响应机制的依据，为未来应急响应提供参考。

10 成果与档案管理

10.1 总则

10.1.1 白蚁监测与防治工作完成后，所有成果，包括监测数据、分析报告、预警记录等，必须按照统一标准进行整理、存储和管理，确保其完整性、准确性和可追溯性。

10.1.2 所有成果应符合科学性、系统性、规范性和可追溯性的原则，确保数据与报告的来源、方法和结论均能通过历史记录进行验证。

10.1.3 成果与档案的管理应符合国家档案管理、信息安全、隐私保护和数据保护等相关法律法规，确保所有数据和成果文件的安全性、机密性和长期可用性。

10.1.4 档案管理应支持数字化存档与物理存储并行管理，数字档案应支持高效检索、权限管理和版本控制。

10.2 成果报告编制要求

10.2.1 白蚁探测与监测工作完成后，应按统一格式编制成果报告。成果报告应包括以下主要内容：

- a) 工程概况与监测目的；
- b) 监测系统组成与布点说明；
- c) 仪器设备型号、校准情况与精度指标；
- d) 探测与监测方法、频次及实施过程；
- e) 监测数据汇总与质量评估；
- f) 数据分析与趋势研判结果；
- g) 风险提示与预警记录；
- h) 结论与建议；
- i) 附图、附表及影像资料清单。

10.2.2 成果报告应符合科学性、系统性和可追溯性原则，所有数据、图件、影像资料均应可核查，确保报告中的所有结论和数据均可追溯，并确保报告内容与监测结果一致。

10.2.3 报告文字应规范、数据准确、图表清晰，结论应与监测结果一致。报告编制单位应对数据真实性与结论可靠性负责，并对自动化监测系统的电子数据包进行归档。

10.2.4 自动化监测系统应提供完整的电子化数据包，包括原始监测文件、分析结果、预警日志、系统日志及模型参数，确保数据的完整性和可追溯性。

10.3 成果图件与表格格式

10.3.1 成果图件应按照统一制图标准编制，图面比例、符号、图例、色标应符合《水利水电工程制图标准》（GB/T 50106）等有关规定，确保图件清晰、规范、标准化。

10.3.2 图件应包括但不限于：

- a) 工程位置与监测分区示意图；
- b) 监测点布设平面图及剖面布置图；
- c) 监测数据趋势图与等值分布图；
- d) 预警事件空间分布图；
- e) 现场照片与典型蚁巢影像。

10.3.3 表格应采用统一格式，表头应标明单位、日期、监测点编号和参数名称。常用表格包括：监测点信息表、数据统计表、质量核查表、异常记录表及设备维护表等。

10.3.4 电子图件应采用矢量格式（如 DWG、SHP、PDF），数据表应使用可检索格式（如 XLSX、CSV），并附有元数据说明，确保文件格式通用且便于长期存储与共享。

10.3.5 图件和表格应编号连续、目录清晰、便于索引，确保图表能够快速检索，方便工程管理人员和后续用户查询与使用。

10.4 档案资料整理与数字化存储

10.4.1 探测与监测工作完成后，应将全部原始资料、数据文件、成果报告及图表按统一要求整理归档。档案应分为纸质档案与电子档案两类，纸质档案应经签章确认，电子档案应符合《数字化档案管理规范》。

10.4.2 档案分类宜包括：

- a) 工程及监测基本信息档案；
- b) 监测布点与设备资料档案；
- c) 监测数据与分析成果档案；
- d) 预警与响应记录档案；
- e) 质量评估与审查意见档案。

10.4.3 档案电子化存储应符合《水利工程数字化档案管理规范》(SL/T 803) 要求。应建立数字化档案管理系统,具备文件检索、版本控制和访问权限管理功能,确保档案数据的安全性和长期可用性。

10.4.4 数据文件与电子档案应定期备份,备份周期不应超过 30 天。备份数据应存储于异地服务器或独立介质中,保证资料安全与长期可读性。

10.4.5 涉及保密或敏感信息的档案应采取加密措施,并严格执行信息安全管理制,确保档案的安全性和合法性。

10.5 成果审核、移交与备案

10.5.1 白蚁探测与监测成果应经三级审核制度:

- a) 监测单位自审;
- b) 工程管理单位复审;
- c) 行业主管部门抽查。

10.5.2 审核内容应包括:

- a) 数据完整性与一致性;
- b) 分析方法与参数合理性;
- c) 成果报告逻辑与结论可靠性;
- d) 图表、表格及档案规范性。

10.5.3 审核合格的成果应由监测单位统一编号,形成正式归档文本及电子文件,确保成果的有效性与可追溯性。成果电子文件应上传至 水利工程监测信息系统,实现统一管理。

10.5.4 成果移交时应附移交清单,内容包括:报告文件、图件、数据库、预警记录、设备清单及相关附件。移交双方应签署移交确认书,并注明日期与责任单位。

10.5.5 行业主管部门应定期汇总各工程监测成果,建立省级或国家级白蚁监测成果数据库,用于科研、评估和标准修订。

附录 A

(资料性)

常见白蚁类型及特征说明

本附录提供水利工程中常见白蚁类型及其主要形态特征、巢型特征和活动迹象，用于辅助现场判别白蚁种类和蚁害特征。具体种类划分应结合地方优势种群及专业鉴定结果确定。

A.1 一般规定

A.1.1 本附录所列白蚁类型为水利工程中常见或具有代表性的群体，实际工程中可根据地区分布情况增补或调整。

A.1.2 本附录内容供监测、探测、巡查和初步蚁情评估时参考，不作为物种分类和学名确定的唯一依据。关键工程部位或复杂情况应由具有相应资质的专业机构进行鉴定。

A.1.3 现场判别时宜结合以下信息综合判断：

- a) 白蚁个体形态；
- b) 蚁巢形态与位置；
- c) 泥被、蚁道、排泄物等活动迹象；
- d) 环境条件与工程结构特征。

A.2 水利工程常见白蚁生态类型

根据主要栖息和取食方式，可将水利工程相关白蚁大致分为：

- a) 土栖性白蚁：以地下巢穴为主，通过土体和结构内部通道活动，为危害堤坝、堤防、渠道等土工结构的主要类型；
- b) 木栖性白蚁：以木材为主要栖息和取食对象，常见于管理房屋、木构件、闸门衬垫等部位；
- c) 地上巢型白蚁：在地表或近地表构筑明显土堆、塔状巢体，多见于部分亚热带或热带地区，对堤坡和地表植被有明显影响。

A.3 典型属种及特征说明（示例）

A.3.1 台湾乳白蚁（*Coptotermes* 属，示例）

形态特征（兵蚁）

- a) 体色多为黄褐至褐色；
- b) 头部近长方形，额腺明显；
- c) 颚粗壮，咬合力强；
- d) 受刺激时可分泌乳白色或淡黄色液体。

危害特征

- a) 群体数量大，扩散速度快；
- b) 可侵害堤身、坝基、渠道及周边建筑物；
- c) 常沿结构缝隙和土体疏松区形成隐蔽通道，易与渗漏问题叠加。

典型现场迹象

- a) 坝坡、墙体表面可见细长泥线或泥被；

- b) 结构内部出现空洞、松动或音检空鼓；
- c) 雨后或温湿度适宜时，可见大量分飞蚁翅脱落。

A.3.2 黑翅土白蚁（*Odontotermes* 属，示例）

形态特征（兵蚁）

- a) 头部黄褐至红褐色；
- b) 大颚发达，向外弯曲较明显；
- c) 工蚁体形较小，体色较淡。

危害特征

- a) 能构筑较大规模地下巢及菌圃结构；
- b) 常侵害堤身、坝坡、渠岸及临水植被根系；
- c) 巢位较深，活动范围广，对边坡稳定性影响较大。

典型现场迹象

- a) 堤坡或岸坡局部沉陷、塌窝；
- b) 植被根部土体疏松；
- c) 土层内可见较大土堆状巢体或菌圃状结构（掘开后观察）。

A.3.3 散白蚁类（*Reticulitermes* 属，示例）

形态特征（兵蚁）

- a) 体型相对较小；
- b) 头部多呈卵圆形或略方形；
- c) 体色浅黄至浅褐色。

危害特征

- a) 多栖息于潮湿、隐蔽环境，如地下廊道、电缆沟等；
- b) 活动隐蔽，危害发展较慢但不易早期发现；
- c) 多沿裂缝、伸缩缝、管线通道活动。

典型现场迹象

- a) 廊道阴湿角落、管沟内出现泥封、泥被；
- b) 纸箱、木板、保温材料等被蛀蚀；
- c) 结构缝隙内有连续细小蚁道。

A.3.4 塔巢型白蚁（*Macrotermes* 等属，示例）

形态特征

- a) 兵蚁体型较大，头部颜色较深；
- b) 颚形发达，具明显防御功能。

危害特征

- a) 喜构筑地上塔状巢体，高度可达 0.5 m 以上；
- b) 危害草地、坡面植被及浅层土体；
- c) 在部分地区对堤坡美观与稳定性均有影响。

典型现场迹象

- a) 堤坡、地表可见明显土堆或塔状巢体；
- b) 坡脚、坡面局部出现孔洞或塌陷；
- c) 巢体周边植被根系被蚀空。

A.4 巢型特征及判别要点

A.4.1 地下巢

T/CHI XXX-2026

- a) 巢体位于土体内部，一般深度为 0.2 m~2.0 m；
- b) 多呈团块状或不规则块状，内部有巢室、通道和菌圃（部分种群）；
- c) 常通过放射状蚁道与堤坡、结构基础、植被根部等连通。

判别要点：

- 多需通过钻探、开挖或仪器探测综合判断；
- 结合电阻率异常、声波空洞反应等信息进行定位。

A.4.2 木栖巢

- a) 巢体多建立在木构件内部，如门窗框、木板、支撑梁等；
- b) 内部呈粉屑状或棉絮状残渣；
- c) 巢室不规则，周边木材呈蜂窝状或薄壳状。

判别要点：

- 轻敲有空响；
- 表面看似完整，局部易被穿破产生空洞。

A.4.3 地表塔巢

- a) 巢体明显高出地表，为土塔或土堆结构；
- b) 外壁坚实，内部结构复杂，具通风孔和通道；
- c) 多位于堤坡草地或开阔地表。

判别要点：

- 肉眼可直接识别；
- 可作为高风险蚁源区标志。

A.5 白蚁活动典型迹象说明

A.5.1 蚁道（泥线）

- a) 为白蚁在地表或结构表面修筑的封闭通道；
- b) 宽度多为 3 mm~20 mm，形态可呈直线、曲线或分叉状；
- c) 内含泥粒、木屑和排泄物，表面略呈湿润或干硬状态。

A.5.2 泥被

- a) 为白蚁覆盖在结构表面的一层泥壳；
- b) 多见于潮湿面、阴暗角落或结构不易观察处；
- c) 厚度与范围视蚁群活动强度而定，常随时间逐步扩展。

A.5.3 排泄物与粉屑

- a) 细小颗粒状物质，颜色多为褐色或灰褐色；
- b) 散落于巢穴附近或通道口；
- c) 可作为判断巢体活跃程度的辅助指标。

A.5.4 分飞迹象

- a) 在特定季节、温湿度条件下，群体性繁殖蚁分飞；
- b) 可见大量成堆脱落翅膀，集中于灯光附近、门窗缝隙处；
- c) 分飞高峰一般对应局部蚁群成熟及扩散期。

A.6 水利工程中常见蚁害表现

白蚁活动对水利工程结构、渗控体系及附属设施均有破坏，不同部位蚁害表现如下：

- a) 堤防、坝体局部沉陷、塌窝、渗漏通道；

- b) 渠道边坡植被枯死、根部土体疏松；
- c) 闸室、泵房、地下廊道局部渗水或空洞；
- d) 管理房屋木结构、装饰板被蛀蚀；
- e) 电缆槽、管道周围出现蚁道和泥被。

A.7 现场快速判别建议流程（示例）

为快速识别水利工程现场白蚁活动迹象并初步判定风险，可按以下流程开展现场判别工作：

- a) 发现异常泥线、泥被或不明粉屑；
- b) 检查附近是否存在潮湿、隐蔽空间及易被侵蚀材料；
- c) 轻刮泥线观察内部是否有活体白蚁；
- d) 拍照、记录位置，必要时采集样本；
- e) 对照本附录图谱进行初步判别；
- f) 在重要工程部位，建议委托专业机构进行进一步鉴定和评估。

序号	监测点编号	时间	触发指标	阈值	实测值	判定等级	处理状态	审核人	备注
1	DB012L1005	2025-07-12 10:00	电阻率	150	80	III级	已复核	李强	异常信号稳定
2	DF021R2003	2025-07-15 09:30	TPI 综合指数	0.7	0.72	IV级	启动应急	王磊	防治中

说明：

- a) 触发指标与阈值应与第 7.7 条预警指标体系一致；
- b) 判定等级依据第 8.3 条执行；
- c) 日志应自动生成并人工复核后归档。

附录 B

(资料性)

白蚁监测记录表样表

B.1 记录表样本概述

本附录提供了标准化的白蚁监测记录表，供各类白蚁监测活动使用。记录表应在每次监测活动中填写，确保数据的规范化和完整性。

记录表应包括但不限于以下信息：

- a) 监测日期与时间；
- b) 监测区域与监测点；
- c) 使用的监测方法和设备；
- d) 监测参数；
- e) 数据记录（如环境条件、白蚁活动指标等）；
- f) 现场观察和特殊情况记录；
- g) 操作人员签名与复核人员签名。

B.2 白蚁监测记录表格式

表 B.1 白蚁监测记录表字段说明表

字段	说明
监测日期	记录当天的监测日期，如：2025 年 11 月 12 日
监测时间	记录监测的具体时间段，如：08:00 - 10:00
监测区域	监测所在的区域或水利工程项目名称，如：XX 坝、XX 堤防
监测点编号	每个监测点的唯一编号，如：A1、B2（可根据区域与监测点具体情况自定义）
监测方法	使用的监测方法，如：目测法、钻孔探测法、红外热成像探测法等
设备型号	使用的设备型号，如：传感器型号、红外摄像机型号等
监测参数	记录监测的主要参数，如：土壤湿度、温度、电阻率、介电常数等
监测数据	记录监测数据的实际值，如：土壤湿度：15%，温度：28° C，电阻率：500 Ω
环境条件	描述现场环境条件，如：天气、温湿度、土壤类型、风速等
白蚁活动迹象	记录观察到的白蚁活动迹象，如：蚁道、蚁丘、食痕、泥被、蚁巢等
异常记录	记录在监测过程中发现的任何异常情况，如设备故障、突发天气等
建议措施	根据监测结果和现场情况，提出的初步建议或后续行动方案，如：增加监测频次、调整监测点位置
监测人员签名	监测人员的姓名和签字，确认数据的准确性
复核人员签名	复核人员的姓名和签字，确认监测数据和记录的完整性

B.3 白蚁监测记录表样本

表 B.2 白蚁监测记录样表（实例）

监测日期	监测时间	监测区域	监测点编号	监测方法	设备型号	监测参数	监测数据	环境条件	白蚁活动迹象	异常记录	建议措施	监测人员签名	复核人员签名
2025-11-12	08:00-10:00	XX坝	A1	目测法	红外热像仪	土壤湿度、温度	15%, 28° C	湿度: 60%, 风速: 5km/h	蚁道、泥被	无	增加监测频次	李四	王五
2025-11-12	10:00-12:00	XX坝	B2	钻孔探测法	钻孔设备	电阻率、介电常数	500Ω、2.8	温度: 27° C, 晴天	食痕、蚁巢	设备信号不稳定	调整设备位置	张三	李四

B.4 记录表使用说明

为规范白蚁监测数据记录行为，确保监测信息完整、准确、可追溯，为后续数据分析、风险评估及成果归档提供可靠依据，现就表 B.1（白蚁监测记录表字段说明表）和表 B.2（白蚁监测记录样表）的填写要求说明如下：

- a) 监测日期和时间：填写具体的监测日期与时间段。可根据实际监测任务的需求划分监测时间段；
- b) 监测区域与监测点编号：记录监测的具体区域及监测点的编号。每个监测点应有唯一编号，便于日后查找和比对数据；
- c) 监测方法和设备型号：记录所采用的监测方法（如目测法、钻孔探测法等）以及设备型号。设备型号可以帮助后期审查设备的适用性及精度；
- d) 监测参数与数据：记录监测的具体参数值（如温度、湿度、电阻率等），以及实际采集到的监测数据。数据应详尽且准确；
- e) 环境条件：记录现场环境的基本情况，例如温度、湿度、风速等。这些环境因素可能对监测结果产生影响，因此必须记录清晰；
- f) 白蚁活动迹象与异常记录：记录任何白蚁活动的迹象，如蚁道、蚁巢、泥被等，以及任何异常情况（如设备故障、环境变化等）；
- g) 建议措施：根据监测结果和现场实际情况，提出进一步的措施或改进建议；
- h) 监测人员签名与复核人员签名：确保数据的准确性与可靠性，监测人员和复核人员分别在记录表上签名。

附录 C

(资料性)

监测点编码规则

C.1 编码规则概述

为了确保白蚁监测点的统一性和可追溯性，本附录提供了监测点编码的标准化规则。编码系统能够帮助快速识别监测点的所在位置、监测区、工程类别等信息，从而提高数据管理和报告的效率。

编码规则应简单易懂，并具有良好的可扩展性，能够适应不同项目、不同区域的需求。

C.2 编码结构

监测点的编码应由以下几个部分组成，各部分内容可根据实际需要进行扩展：

表 C.1 白蚁监测点编码结构组成说明表

编码部分	说明	示例
项目编号	表示工程项目的唯一编号，通常为字母和数字的组合。	P01 (项目 01)
监测区编号	表示监测区域的编号，可以是字母或数字。	A (区域 A)
监测点编号	表示监测点在该区域内的编号，通常为连续数字。	01 (区域内第一个监测点)
监测方法标识	标识所使用的监测方法，通常使用字母代码。	MT (目测法)
日期编码	表示监测活动的日期，格式为年-月-日。	20251112 (2025年11月12日)

最终编码示例：

P01-A-01-MT-20251112

该编码表示：

- 工程项目编号为 P01；
- 监测区为 A；
- 监测点为该区域内的第一个监测点 01；
- 使用的方法为目测法 (MT)；
- 监测日期为 2025 年 11 月 12 日。

C.3 编码规则详细说明

C.3.1 项目编号

定义：表示工程项目的唯一编号，可以使用字母、数字或其组合形式。对于大型水利工程项目，建议项目编号前使用字母表示工程类别（如水坝、堤防等），后面接具体编号。

示例：

- P01：表示第一个水利工程项目；
- D01：表示第一个水坝项目。

C.3.2 监测区编号

定义：表示在工程项目中的不同监测区域，每个区域应有唯一编号。区域编号一般使用字母或数字表示。

示例：

- 区域 A（可能是坝体、堤防等特定区域）；
- 区域 B（可能是周边环境或其他结构区域）。

C.3.3 监测点编号

定义：表示该区域内的特定监测点编号，采用连续的数字形式。该编号有助于区分区域内不同的监测点。

示例：

- 01：表示该区域内的第一个监测点；
- 02：表示该区域内的第二个监测点。

C.3.4 监测方法标识

定义：标识所使用的具体监测方法。每种监测方法应有唯一的字母代码，用于在编码中表示。

示例：

- MT：目测法；
- DR：钻孔探测法；
- IR：红外热成像探测法。

C.3.5 日期编码

定义：表示监测活动的具体日期，使用 YYYYMMDD 格式，确保每个监测活动的日期是唯一且清晰的。

示例：

- 20251112：表示监测活动发生在 2025 年 11 月 12 日。

C.4 编码规则的应用

监测点编码应在项目的监测计划、数据采集、报告编制和成果分析中广泛应用。具体使用时应遵循以下要求：

- a) 唯一性与可追溯性：编码应确保每个监测点具有唯一标识，避免重复编码，确保所有数据能够准确追溯；
- b) 系统化与规范化：各项目和监测区的编码应遵循统一规则，便于跨项目和跨区域的数据汇总与分析；
- c) 简洁与灵活性：编码规则应确保简洁易懂，同时具有灵活性，能适应项目变化和扩展需求。

C.5 编码示例

表 C.2 白蚁监测点编码示例及说明表

编码示例	说明
P01-A-01-MT-20251112	项目 P01、监测区 A、监测点 01、目测法、监测日期 2025 年 11 月 12 日
P01-B-02-DR-20251113	项目 P01、监测区 B、监测点 02、钻孔探测法、监测日期 2025 年 11 月 13 日
D02-C-03-IR-20251114	项目 D02、监测区 C、监测点 03、红外热成像法、监测日期 2025 年 11 月 14 日

C.6 编码管理与更新

为保障监测点编码唯一性、连贯性与可追溯性及跨阶段跨系统数据衔接，现就编码记录、更新及审查要求规定如下：

- a) 编码记录与管理：所有监测点的编码应由项目管理单位进行统一记录和管理。编码记录应归档，确保信息的完整性；
- b) 编码更新与维护：若在项目后期增加监测点或调整监测方法时，应及时更新编码，确保新增数据能够与现有数据无缝对接。更新的编码记录应在监测数据库中同步更新，并标明更新日期与版本；
- c) 编码审查与确认：编码应在首次使用时经过技术人员审查和确认，确保编码的正确性、逻辑性和可追溯性。

征求意见稿

附录 D

(资料性)

白蚁活动监测数据分析方法

D.1 适用范围

本附录用于指导白蚁监测系统中数据的处理、计算、分析与综合研判，适用于：

- a) 线性水工建筑物（堤防、大坝、渠道）；
- b) 建筑物及地下结构（闸室、泵站、廊道、涵洞）；
- c) 自然及人工生态环境监测区（林带、草坡）；
- d) 自动化及人工监测数据的融合分析。

分析方法可用于风险评估、预警判定、趋势识别及防治决策。

D.2 数据分析总体流程

白蚁监测数据分析应遵循以下流程：

- a) 数据预处理：数据质量控制、去噪、缺测补齐、时间同步等；
- b) 单项指标分析：温湿度、阻抗、振动、图像等数据的独立分析；
- c) 多源数据融合分析；
- d) 趋势分析与时间序列分析；
- e) 空间分布与聚集性分析；
- f) TPI 综合指数计算；
- g) 风险等级评估与预警触发；
- h) 生成分析报告与可视化图件。

D.3 数据预处理方法

D.3.1 数据清洗

包括：

- a) 去除重复记录；
- b) 删除非法数据（如超仪器量程值）；
- c) 识别并标注异常值。

D.3.2 时间同步

- a) 所有传感器数据时间误差不应超过 $\pm 1 \text{ min}$ ；
- b) 若出现偏差，应统一调整为平台基准时间。

D.3.3 缺失值处理

可采用以下方法处理缺失数据：

- a) 前向填充法；
- b) 线性插值法；
- c) 基于时间序列的预测填补（如 ARIMA）；
- d) 数据质量缺失比例超过 20% 时，应根据规范要求标注并核查。

D.4 单项数据分析方法

D.4.1 环境参数分析（温度、湿度、含水率）

分析要点：

- a) 环境参数日变化曲线；
- b) 季节性差异；
- c) 与历史基准的偏差；
- d) 湿度与白蚁活动相关性分析（通常呈正相关）。

典型指标：

- a) 日均值、极值；
- b) 周期变动幅度；
- c) 含水率增长速率。

D.4.2 电学与介电常数分析

用于识别蚁巢、松散层和通道：

分析内容：

- a) 电阻率剖面变化；
- b) 介电常数时间序列偏移；
- c) 空洞或通道导致的特征低阻区。

方法示例：

- a) Wenner 法（四极法）数据差分；
- b) 剖面反演（用于地下结构探测）。

D.4.3 声学、振动信号分析

包括：

- a) 振动频谱分析（FFT 变换）；
- b) 信号能量密度变化；
- c) 高频振动信号增强（白蚁啃咬声）。

判断依据：

- a) 20~100 kHz 频段持续增强；
- b) 特征波峰周期性出现；
- c) 信号噪声比（SNR）升高。

D.4.4 图像与视频监测分析

图像分析内容：

- a) 活动轨迹识别；
- b) 蚁道密度变化；
- c) 巢口、泥被扩展过程。

若使用 AI 模型，应包括：

- a) 目标检测（YOLO 等）；
- b) 语义分割（识别蚁道、蚁巢）；
- c) 活动强度评分模型。

D.5 多源数据融合分析

为了提高判断准确性，应开展多源数据融合，包括：

- a) 基于规则的融合
 - 如“湿度显著增加 + 阻抗降低 + 图像识别异常 = 高概率虫害”。
- b) 统计融合方法
 - 主成分分析（PCA）；
 - 相关性矩阵分析；
 - 权重加权平均法（用于 TPI）。
- c) 智能融合方法
 - 决策树；
 - 随机森林；
 - 神经网络；
 - 机器学习异常检测模型（LOF, IsolationForest）。

D.6 趋势分析

用于识别蚁情发展方向和速率。

D.6.1 线性趋势分析

采用线性回归公式：

$$y = a + bt \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- $b > 0$ 表示上升趋势；
- b 的绝对值越大，变化越剧烈。

D.6.2 滑动平均法

用于平滑短期噪声：

$$MA_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (D.2)$$

常用于温湿度、电阻率等。

D.6.3 趋势判定标准

表 D.1 趋势判定标准表

趋势类型	判定条件
稳定	均值变化率 < 5%
缓慢上升	5% ≤ 变化率 < 15%
明显上升	15% ≤ 变化率 < 30%
快速上升	≥ 30%

D.7 时间序列分析

D.7.1 自相关分析 (ACF)

识别周期性，如季节性繁殖期。

D.7.2 ARIMA 模型

常用于：

- a) 温湿度预测；
- b) 含水率预测；
- c) 物理信号变化预测。

基本公式：

$$ARIMA(p, d, q) \dots\dots\dots (D.3)$$

通过 AIC、BIC 指标选择最优模型。

D.7.3 指标突变检测

常见突变识别算法：

- a) CUSUM 累积和检测；
- b) 滑动窗口 Z-score；
- c) Mann-Kendall 趋势检验。

突变通常为蚁巢活跃迹象。

D.8 空间分布分析

适用于大坝、堤防、渠道等线性工程。

分析方法包括：

D.8.1 空间插值分析

- a) IDW (反距离权重)；
- b) Kriging (克里金插值)。

用于绘制：

- a) 活动热度图；
- b) 电阻率分布图；
- c) 风险分布图。

D.8.2 空间聚集性指标 (Moran's I)

判定蚁害是否呈簇状分布。

公式：

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中：

I —— 空间相关指数；

- n —— 监测点数量；
 x_i —— 第 i 个监测点的监测值；
 \bar{x} —— 监测值的平均值。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

- w_{ij} —— 监测点 i 与 j 的空间权重。

D.9 TPI 综合指数计算方法

D.9.1 指标归一化

$$X'_i = \frac{X_i - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \dots\dots\dots (D.6)$$

式中：

- X'_i —— 第 i 项指标的归一化值；
 X_i —— 第 i 项指标的当前观测值；
 $X_{i,\min}$ —— 第 i 项指标的参考最小值；
 $X_{i,\max}$ —— 第 i 项指标的参考最大值。

D.9.2 综合计算公式

$$TPI = \sum_{i=1}^n w_i X'_i \dots\dots\dots (D.7)$$

权重 w_i 根据实际情况设定，总和为 1。

式中：

- TPI —— 白蚁活动综合指数；
n —— 参与计算的监测指标数量；
 w_i —— 第 i 项指标的权重；
—— 满足：

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i \geq 0 \dots\dots\dots (D.8)$$

X'_i —— 第 i 项指标归一化值。

—— 无量纲；

—— 为实测值通过如下标准化公式转换后的结果：

$$X'_i = \frac{X_i - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \dots\dots\dots (D.9)$$

式中：

- X_i —— 第 i 项指标的实测值；
 $X_{i,\min}$ —— 该指标的基准最小值（正常或历史下限）；
 $X_{i,\max}$ —— 该指标的基准最大值（异常或历史上限）；
 X'_i 范围为 0~1，越接近 1 表示越异常（风险越高）。

D.9.3 参考分级

- a) $TPI < 0.3$ —— 低风险；
b) $0.3 \leq TPI < 0.5$ —— 中风险；

T/CHI XXX-2026

- c) $0.5 \leq \text{TPI} < 0.7$ —— 高风险；
- d) ≥ 0.7 —— 重大风险。

D.10 异常检测与预警触发方法

D.10.1 常用异常检测算法

- a) 阈值法；
- b) 标准差法 ($\pm 2\sigma$)；
- c) 箱线图 IQR ($1.5 \times \text{IQR}$)；
- d) 机器学习模型 (LOF、IsolationForest)。

D.10.2 异常等级判定

表 D.2 白蚁监测数据异常等级划分表

异常等级	特征
I 级	偶发点异常
II 级	多点间歇异常
III 级	持续异常 + 空间集中
IV 级	强烈异常 + 显著扩散

D.11 分析结果输出要求

分析成果应包括：

- a) 趋势图、变化曲线；
- b) 空间分布图；
- c) TPI 时序图；
- d) 异常事件清单；
- e) 预测结果；
- f) 风险等级与建议；
- g) 成果须存档并与监测平台同步。

附录 E

(资料性)

白蚁风险评估矩阵及等级判定指南

E.1 适用范围

本附录用于对白蚁探测与监测数据进行综合风险评估，为预警分级、现场处置、防治措施制定及工程运行维护提供技术依据。本附录适用于：

- a) 堤防、渠道、水库大坝等线性水工建筑物；
- b) 泵站、闸门、水工建筑物基础等重点部位；
- c) 地下廊道、涵洞、排水设施；
- d) 工程周边草坡、林带、生态隔离区等潜在白蚁活动区。

E.2 风险评估工作原则

风险评估应遵循以下原则：

- a) 科学性：基于多源、多维数据，采用综合评价方法；
- b) 系统性：涵盖监测、探测、分析、研判全过程；
- c) 动态性：强调时间序列变化与趋势预测；
- d) 工程性：结合结构重要性和安全影响；
- e) 可追溯性：评估数据与结论均应可复核。

E.3 风险评估指标体系

E.3.1 环境类指标（E类）

反映白蚁生境适宜性，是活动概率的基础因素。

表 E.1 白蚁风险评估环境类指标（E类）参数说明表

指标名称	指标含义	正常范围	异常特征
地表温度（℃）	影响白蚁代谢和活动	15-20	>20 或 <15
地下温度（℃）	蚁巢温度变化	18-25	持续上升或高温区
土壤湿度（%）	白蚁活动关键要素	20-30	>35 或快速变化
含水率变化率	反映环境波动	<10%	>20%

E.3.2 物理信号类指标（P类）

通过电学、声学、振动等物理探测识别隐蔽活动。

表 E.2 白蚁风险评估物理信号类指标 (P 类) 参数说明表

指标	意义	异常特征
电阻率变化率	白蚁挖掘导致孔隙变化	>10% 持续增长
介电常数偏移	土体结构变化	>6%
超声衰减系数	空洞与蚁道信号	明显升高
振动频谱异常	活体活动信息	稳定性差/波峰异常

E.3.3 生物活动类指标 (B 类)

直接判定白蚁是否存在及活动强弱。

表 E.3 白蚁风险评估生物活动类指标 (B 类) 参数说明表

指标	来源	异常特征
诱捕点阳性率	诱捕器数据	阳性率 >20%
活动影像识别	图像监测	明显往返移动轨迹
蚁道密度	目测/红外探测	有连续蚁道或分支
蚁巢规模判定	探测结果	巢穴 >20 cm 或分巢

E.3.4 综合指数 (TPI)

利用规范第 7 章公式计算：

$$TPI = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{X_i - X_{i,\min}}{X_{i,\max} - X_{i,\min}} \dots\dots\dots (E.1)$$

权重范围示例：

表 E.4 白蚁风险评估指标类别权重范围表

类别	权重 w
环境类 E	0.20~0.30
物理信号类 P	0.25~0.35
生物活动类 B	0.20~0.30
综合指数类 TPI	0.20~0.30

E.4 指标分级与判定标准

以下表格用于评价每个指标的风险等级：

表 E.5 单项指标风险等级划分

指标等级	分值	特征描述
I 级 (低)	1	数据正常, 活动迹象缺乏
II 级 (较低)	2	偶发异常, 活动可疑
III 级 (中)	3	多指标偏离, 有明确活动痕迹
IV 级 (高)	4	异常强烈, 活动频繁或巢体存在

适用于所有单项参数。

E.5 四因素风险评分体系（核心）

综合评估采用四个风险因素：

表 E.6 白蚁风险评估四因素类别及评价内容表

因素类别	符号	评价内容
白蚁活动强度	A	单项指标及 TPI 结果
空间影响范围	S	异常点数量、范围、聚集性
工程敏感性	C	结构重要性、受蚁害影响的后果
变化趋势	T	数据变化速率、持续时间

对应分值如下：

表 E.7 四因素风险评分标准

分值	A 活动强度	S 影响范围	C 工程敏感性	T 趋势
1	无或极弱	单点	一般部位	稳定
2	可疑	局部	次关键	缓慢上升
3	明显	连片	关键部位	快速增加
4	强烈	扩散	极重要部位	突变式增长

E.6 风险矩阵构建与等级判定

风险值由两部分构成：

a) 风险概率指数 = $A + T (2^8)$ ；

b) 后果影响指数 = $S + C (2^8)$ 。

将两者组成矩阵：

表 E.8 白蚁风险评估矩阵（核心表）

后果影响 ↓ / 风险概率 →	低 (2-3)	中 (4-5)	高 (6-7)	极高 (8)
低 (2-3)	I	I	II	II
中 (4-5)	I	II	III	III
高 (6-7)	II	III	III	IV
极高 (8)	II	III	IV	IV

E.7 风险等级解释与对应措施

表 E.9 白蚁风险等级特征描述及对应处置建议表

风险等级	特征描述	建议措施（对应预警等级）
I 级（低风险）	指标正常，无蚁害迹象	常规监测（预警 I 级）
II 级（中风险）	初步迹象，局部异常	加密监测、复核（预警 II 级）
III 级（高风险）	活跃蚁巢或明显危害扩大	专项调查、防治（预警 III 级）

IV级（重大风险）	明显危害工程安全	应急响应、加固（预警IV级）
-----------	----------	----------------

E.8 风险评估操作流程

为规范白蚁风险评估工作，确保评估过程科学有序，建议风险评估操作流程如下：

- a) 数据采集与质控；
- b) 指标归一化与分级；
- c) TPI 计算；
- d) 四因素评分（A、S、C、T）；
- e) 矩阵判定风险等级；
- f) 专家评审；
- g) 出具风险报告并归档；
- h) 根据结果调整监测和防治措施。

E.9 典型案例示例（可直接纳入附录）

案例：堤防背水坡蚁情监测

- a) 监测数据显示：
 - 含水率上升 30%；
 - 电阻率下降 15%；
 - 三个相邻点出现异常；
 - 诱捕器两次连续阳性；
 - $TPI = 0.62$ 。
- b) 四因素评分：
 - $A = 3$ （明确活动）；
 - $S = 3$ （连片异常）；
 - $C = 3$ （关键部位）；
 - $T = 3$ （快速增加）。
- c) 风险概率 = $A + T = 6$
- d) 后果影响 = $S + C = 6$

查矩阵 → 风险等级：III（高风险）

对应建议：开展专项调查 + 局部防治。

E.10 风险评估表格（可直接使用）

表 E.10 白蚁风险评估数据记录表

项目	内容
工程名称	
监测日期	
监测点编号	
单项指标等级（E/P/B/TPI）	
A 活动强度评分	

S 空间影响范围	
C 工程敏感性	
T 趋势	
风险概率 (A+T)	
后果影响 (S+C)	
风险等级判定	
建议措施	
审核人	

征求意见稿

附录 F

(资料性)

预警日志与信息报告样例

F.1 预警日志概述

预警日志是用于记录和追踪白蚁监测中发现的异常情况和预警信息的工具。预警日志应详细记录监测到的异常数据、触发预警的条件、采取的响应措施、预警解除等信息，确保每一条预警信息都有完整的追溯记录。

F.2 预警日志格式

表 F.1 白蚁监测预警日志字段说明表

字段	说明	示例
预警编号	预警的唯一编号，用于标识每个预警事件。	AW-20251112-001
预警日期	预警信息触发的日期。	2025 年 11 月 12 日
触发时间	预警事件的具体发生时间。	10:15
监测点编号	触发预警的监测点编号。	P01-A-01
监测参数	导致预警的主要监测参数。	电阻率、湿度、温度
异常值	触发预警的参数值（如超出正常范围的值）。	电阻率：800Ω，湿度：85%
预警等级	根据监测数据和分析结果，确定的预警等级（如 I 级、II 级、III 级、IV 级）。	II 级（关注）
预警原因	详细说明触发预警的原因或事件。	监测到局部异常，可能影响结构安全
响应措施	针对预警情况采取的初步响应措施。	增加监测频次，现场复核
预警解除情况	预警解除后的处理情况，是否恢复正常。	数据恢复正常，解除预警
责任人员	负责处理此预警的人员姓名。	李四
备注	任何额外的说明或补充信息。	无

F.3 预警日志样本

表 F.2 白蚁监测预警日志记录表（实例）

预警编号	预警日期	触发时间	监测点编号	监测参数	异常值	预警等级	预警原因	响应措施	预警解除情况	责任人员	备注
AW-20251112-001	2025	10:15	P01-A-01	电阻	电阻率：	II 级	监测到	增加监	数据	李	无

	年11月12日			率、湿度、温度	800Ω, 湿度: 85%	(关注)	局部异常, 可能影响结构安全	测频次, 现场复核	恢复正常, 解除预警	四	
AW-20251112-002	2025年11月12日	14:20	P01-A-02	温度、电阻率	温度: 33°C, 电阻率: 600Ω	III级(警示)	电阻率显著超限, 可能导致结构弱点	进行专项调查, 采取局部防治	异常数据修正, 解除预警	张三	无
AW-20251113-001	2025年11月13日	09:10	P02-B-03	湿度、蚁道密度	湿度: 90%, 蚁道密度: 5个/m ²	IV级(严重)	高湿度和高蚁道密度, 威胁工程稳定	启动应急防治方案, 联合多部门	防治方案实施, 继续监控	王五	紧急处理

F.4 预警信息报告

预警信息报告是对预警事件的总结与汇报文件, 包含所有触发预警的背景、监测数据、异常情况、应对措施等内容, 用于内部评估和外部汇报。

F.4.1 报告内容

报告应包含以下内容:

- 工程名称与监测区域: 监测区域名称及白蚁监测的具体地点;
- 预警编号与触发时间: 每个预警事件的编号及触发时间;
- 监测点信息: 具体监测点的编号及其监测位置;
- 异常数据与分析: 引发预警的异常数据及其分析;
- 预警等级与原因: 预警等级及其触发原因;
- 应急响应措施: 针对预警所采取的初步响应措施;
- 预警解除情况: 是否已解除预警, 及解除原因;
- 责任人员与处理情况: 负责处理预警的人员及处理进展;
- 附件与附图: 相关监测数据、图件及现场照片等附件。

F.4.2 报告格式示例

表 F.3 白蚁监测预警信息报告表 (示例)

内容	示例
工程名称	XX水坝
监测区域	XX坝体

预警编号	AW-20251112-001
触发时间	2025年11月12日 10:15
监测点编号	P01-A-01
异常数据	电阻率: 800Ω, 湿度: 85%
预警等级	II级(关注)
预警原因	监测到局部异常, 可能影响结构安全
响应措施	增加监测频次, 现场复核
预警解除情况	数据恢复正常, 解除预警
责任人员	李四
附件	现场照片、监测数据图表

F.5 预警信息发布与通报

预警信息的发布流程、传递渠道及记录管理要求规范如下:

- a) 预警信息发布: 预警信息应按照组织内部流程及时发布。发布的信息应包括预警等级、监测点数据、异常原因和采取的应急措施, 并将信息发送给相关部门和人员;
- b) 信息传递渠道: 信息发布系统应支持 短信、邮件、APP 通知 等多种渠道, 确保预警信息的及时传递;
- c) 信息记录与备份: 所有发布的预警信息应进行记录, 并保留至少 5 年, 便于后期审查和追踪。

附录 G

(资料性)

应急响应程序示例

本附录为白蚁监测过程中当出现Ⅲ级（警示）或Ⅳ级（严重）预警时的应急响应流程示例。实际执行程序应结合工程类型、管理体制和监测系统特点进行适当调整。

G.1 适用范围

本程序适用于以下情况的白蚁应急响应行动：

- a) 监测数据连续异常或综合指数（TPI）达到Ⅲ级及以上；
- b) 现场出现明显白蚁活动迹象（如大量蚁翅、活体通道、新筑泥被等）；
- c) 关键结构部位（涵闸、坝脚、地下廊道等）出现与蚁害相关的渗漏、松动、空洞等风险；
- d) 监测平台或人工巡查认定可能危及工程安全的蚁害风险。

G.2 应急响应组织体系

G.2.1 应设立白蚁应急响应指挥部，由工程管理单位牵头，监测单位、防治技术单位、运行管理单位共同参与。

G.2.2 指挥部职责包括：

- a) 启动和终止应急响应；
- b) 组织现场调查、技术会商和处置决策；
- c) 调配人员、设备、试剂和交通工具；
- d) 对处置任务过程进行监督；
- e) 形成并审查应急报告。

G.2.3 各参与单位职责：

表 G.1 白蚁应急响应各参与单位主要职责分工表

单位	主要职责
工程管理单位	决策指挥、组织协调、报送信息、落实安全措施
监测单位	数据复核、现场核查、技术支持、持续监测
白蚁防治单位	现场处置、防治实施、风险缓解措施
运行维护单位	提供工程状况信息，配合现场安全管理
后勤与物资组	设备、药剂、车辆与安全物资保障
单位	主要职责

G.3 应急响应启动流程

G.3.1 Ⅲ级（警示）预警启动条件

出现以下任一情况即启动Ⅲ级响应：

- a) 至少两项监测参数连续超限；

T/CHI XXX-2026

- b) TPI 值达到 0.5~0.7;
- c) 局部监测点出现明显趋势性异常;
- d) 人工巡查发现可疑蚁巢或白蚁活动。

启动时限：24 h 内启动。

G.3.2 IV级（严重）预警启动条件

出现以下任一情况应立即启动IV级响应：

- a) 多项指标显著超限并空间集中；
- b) $TPI \geq 0.7$ ；
- c) 关键结构部位出现空洞、松动、渗漏等重大隐患；
- d) 发现大规模繁殖蚁群或扩散趋势迅速增强。

启动时限：6 h 内启动。

G.4 应急响应程序

G.4.1 步骤 1：预警确认与信息报告

由监测单位完成：

- a) 对异常数据进行复核；
- b) 核查设备状态，排除仪器故障；
- c) 形成《预警确认单》；
- d) 按要求时限（III级 12 h，IV级 6 h）上报工程管理部门。

G.4.2 步骤 2：组建应急工作组

工程管理部门应在接警后立即：

- a) 通知防治技术单位和相关部门；
- b) 明确现场负责人、技术负责人和信息联络员；
- c) 调配必要仪器、车辆和药剂。

G.4.3 步骤 3：现场复核调查

现场调查应在规定时限内开展：

调查内容：

- a) 监测点实地检视与重复测量；
- b) 蚁巢、泥被、通道、排泄物等典型蚁害迹象；
- c) 地下结构、廊道、涵洞等重点部位的空洞、渗漏检查；
- d) 环境条件（潮湿、植被、腐殖物堆积等）；
- e) 现场影像、坐标数据记录。

成果文件：《现场复核报告》。

G.4.4 步骤 4：风险评估与处置决策

G.4.4.1 由指挥组组织专家会商，基于以下内容开展评估：

- a) 监测数据变化趋势；

- b) 蚁害可能影响范围与传播路径；
- c) 工程结构的重要性与承载状态；
- d) 处置措施的可行性与潜在风险。

G.4.4.2 评估结果应形成《应急处置意见书》。

G.4.5 步骤 5：实施现场应急处置

III级应急处置包括：

- a) 局部试探性防治；
- b) 加密监测布点；
- c) 对疑似区域实施预警围控；
- d) 对蚁巢实施定向消杀（根据专家意见）。

IV级应急处置包括：

- a) 启动全面应急防治；
- b) 必要时开启结构加固、封堵、排水改善等工程措施；
- c) 联合多部门介入（安全、运维、应急管理）；
- d) 开展连续监测与昼夜观察；
- e) 必要时组织人员转移或封闭现场区域。

G.4.6 步骤 6：跟踪监测与效果验证

处置后应连续监测 7~30 天，包括：

- a) 特征参数恢复情况；
- b) 蚁巢活动是否消除；
- c) 扩散路径是否被阻断；
- d) 结构安全状况是否改善。

形成《应急处置效果评估表》。

G.4.7 步骤 7：总结与预警解除

满足以下条件即解除预警：

- a) 关键监测参数连续 3 次恢复正常；
- b) 现场复查未发现新的白蚁活动；
- c) 评估报告确认无继续扩散风险。

应形成《预警解除报告》，并在系统平台同步更新。

G.5 信息记录与档案管理要求

应急过程所有资料应完整归档，包括：

- a) 预警记录与触发数据；
- b) 设备检查与复核记录；
- c) 现场调查资料（图像、坐标、影像）；
- d) 专家会商意见；
- e) 处置过程记录；
- f) 加密监测数据；
- g) 最终评估与解除报告。

档案保存期限不少于 10 年。

G.6 通讯与联动机制（示例）

启动IV级预警时，应立即联动以下单位：

- a) 水利工程运行管理单位；
- b) 白蚁防治专业机构；
- c) 水行政主管部门；
- d) 当地应急管理部门；
- e) 必要时联动生态、林业、病媒控制等机构。

征求意见稿

附录 H

(规范性)

监测设备部署前检查清单

本附录规定了白蚁监测设备在现场部署前应完成的检查项目及合格标准，确保监测设备安装规范、通信稳定、数据准确，为监测系统投入运行提供质量保证。本附录适用于地面监测装置、地下监测装置、传感终端、通信单元及辅助供电系统等设备的现场部署。

H.1 一般要求

H.1.1 监测设备部署前应根据施工图、布点方案及工程特点，完成设备选型确认、校准检测、安装环境检查等准备工作。

H.1.2 对所有监测设备应填写《监测设备部署前检查表》，确保项目、内容、标准和结果清晰可追溯。

H.1.3 检查完成后，应由实施单位技术负责人签字确认，并提交工程管理部门审核。

H.2 外观及结构检查

表 H.1 监测设备部署前外观及结构检查项目表

序号	检查项目	检查内容及技术要求
H.2.1	外观检查	设备外壳完好，无裂纹、变形、腐蚀和渗漏；标识清晰可辨。
H.2.2	防护结构	防水、防潮、防晒、防啮咬结构完好，防护等级满足设计要求（建议 IP65 及以上）。
H.2.3	机械接口	固定件、紧固件齐全牢固；探头、线缆无松动。
H.2.4	密封状况	电气连接端口密封良好，不得有裸露线芯。

H.3 传感器与模块检测

表 H.2 监测设备部署前传感器与功能模块检测表

序号	检查项目	检查内容及技术要求
H.3.1	传感器完整性	温湿度、电阻率、介电常数、振动、声学等传感器完好无损。
H.3.2	模块响应检查	功能正常，通电后无报警、无故障提示。
H.3.3	功能菜单检查	设备界面菜单、通信参数、采样设置等可正常操作。

H.4 设备校准与基线测试

表 H.3 监测设备部署前传感器校准与基线测试表

序号	检查项目	技术要求
H.4.1	传感器校准	按制造商或计量规程进行校准，校准记录齐全，关键指标误差应 $\leq \pm 5\%$ 。
H.4.2	零点/量程核验	零点稳定，量程范围符合设计要求。
H.4.3	基线数据测试	在标准条件下采集至少 10 组基线数据，数值稳定、无异常漂移。

H.4.4	校准记录归档	校准数据、原始记录和证书必须归档。
-------	--------	-------------------

H.5 电源与供电检查

表 H.4 监测设备电源与供电系统检查表

序号	检查项目	技术要求
H.5.1	电源类型检查	市电/太阳能/蓄电池规格符合设计要求。
H.5.2	电压与电流	电压偏差不得超过额定值 $\pm 5\%$ ；运行电流稳定。
H.5.3	续航能力检测	电池满电后可持续供电 ≥ 7 天（依据设计要求可调整）。
H.5.4	供电线缆检查	无破损、无裸露、连接牢固。

H.6 通信与网络检查

表 H.5 监测设备网络布设与通信功能检查表

序号	检查项目	技术要求
H.6.1	通信方式确认	NB-IoT/LoRa/4G/5G/有线通信设置正确。
H.6.2	信号强度	信号强度 ≥ -90 dBm（或满足厂商要求）。
H.6.3	数据上传测试	连续上传 ≥ 3 次数据，数据完整、无丢包。
H.6.4	IP/端口设置	通信地址与平台要求一致，并通过连通测试。

H.7 现场布设条件检查

表 H.6 监测设备现场布设条件检查表

序号	检查项目	技术要求
H.7.1	安装位置检查	与布点方案一致，无障碍物影响；满足代表性与可维护性要求。
H.7.2	探头埋深/方向	埋深、角度、方向符合监测方案及制造商规定。
H.7.3	环境安全性	附近无积水、强腐蚀介质或潜在施工破坏风险。
H.7.4	标识设置	监测点编号、设备编号标识清楚牢固。

H.8 系统集成与平台联调

表 H.7 监测设备系统集成与平台联调检查表

序号	检查项目	技术要求
H.8.1	平台识别状态	平台能识别设备编号、位置、参数类型。
H.8.2	数据实时性	上传延迟 ≤ 30 min（或按设计要求）。
H.8.3	报警功能验证	超限报警可正常触发、接收、记录。
H.8.4	数据一致性	现场显示值与平台显示值误差 $\leq \pm 3\%$ 。

H.9 安装验收与资料归档

表 H.8 监测设备安装验收与资料归档检查表

序号	检查项目	技术要求
H 9.1	影像资料与布点图归档	现场安装照片(含设备编号、方向、环境)与布点图必须归档。
H 9.2	检查清单确认	《部署检查表》填写完整,由实施单位技术负责人签字确认。
H 9.3	平台上线验证	设备在监测平台上显示正常,可稳定上传数据。
H 9.4	设备台账建立	含设备信息、位置坐标、安装日期、校准记录、维护记录等。
H 9.5	验收结论	所有检查合格后方可投入运行,不合格项应整改。

征求意见稿

附录 I

(资料性)

设备校准与维护日志

I.1 设备校准与维护日志概述

设备校准与维护日志是确保白蚁监测设备始终处于良好工作状态的重要工具。通过标准化的校准与维护记录，可以有效避免设备故障、测量误差和数据偏差，提高监测结果的准确性和可靠性。

校准日志记录设备的定期校准情况，维护日志则记录设备的维修、检查和保养情况。定期的校准和维护对于确保设备长期有效运行至关重要。

I.2 设备校准日志格式

表 I.1 白蚁监测设备校准日志字段说明表

字段	说明	示例
设备编号	设备的唯一编号。	DT-01
设备类型	设备的类型，如温湿度传感器、电阻率仪、红外热像仪等。	电阻率仪
校准日期	设备进行校准的具体日期。	2025年11月10日
校准方法	校准所使用的标准方法或设备。	标准电阻源法
校准值与标准值	校准过程中设备的实际测量值与标准参考值的对比。	实际值：800Ω，标准值：800Ω
误差范围	设备测量值与标准值之间的误差。	误差：±2%
校准人员	进行设备校准的人员姓名。	李四
校准结果	校准结果是否合格，若不合格需注明原因。	合格
备注	其他需要特别说明的事项。	设备无故障

I.3 设备校准日志样本

表 I.2 白蚁监测设备校准日志记录表（实例）

设备编号	设备类型	校准日期	校准方法	校准值与标准值	误差范围	校准人员	校准结果	备注
DT-01	电阻率仪	2025年11月10日	标准电阻源法	实际值：800Ω，标准值：800Ω	±2%	李四	合格	无
DT-02	温湿度传感器	2025年11月15日	环境湿度法	实际值：85%，标准值：85%	±3%	张三	合格	无
DT-03	红外热像仪	2025年11月16日	温度标准源法	实际值：28°C，标准值：28°C	±0.5°C	王五	合格	无

I.4 设备维护日志格式

表 I.3 白蚁监测设备维护日志字段说明表

字段	说明	示例
设备编号	设备的唯一编号。	DT-01
设备类型	设备的类型，如温湿度传感器、电阻率仪、红外热像仪等。	电阻率仪
维护日期	设备进行维护的具体日期。	2025年11月12日
维护内容	设备检查、修复、保养等工作内容。	清洁传感器、更换电池
维护人员	进行设备维护的人员姓名。	李四
维护结果	设备维护后检查结果，如是否修复完好。	设备正常
设备故障记录	如设备在维护过程中发现故障，应记录故障情况并注明修复情况。	无故障
备注	其他需要特别说明的事项。	设备已正常运行

I.5 设备维护日志样本

表 I.4 白蚁监测设备维护日志记录表（实例）

设备编号	设备类型	维护日期	维护内容	维护人员	维护结果	设备故障记录	备注
DT-01	电阻率仪	2025年11月12日	清洁传感器、更换电池	李四	设备正常	无故障	设备已正常运行
DT-02	温湿度传感器	2025年11月14日	更换电池	张三	设备正常	无故障	无
DT-03	红外热像仪	2025年11月15日	调整镜头、清洁外壳	王五	设备正常	无故障	无

I.6 校准与维护的频率和要求

I.6.1 设备校准频率

—— 所有监测设备应根据设备类型和使用频率定期进行校准。一般来说，设备应至少每6个月校准一次；

—— 对于自动化监测系统，应进行定期的自动化校准检查，确保系统的长期稳定性。

I.6.2 设备维护频率

—— 设备应每3个月进行一次常规检查和维护，重点检查设备的电池、传感器清洁度、数据传输接口等；

—— 如果设备使用频繁，或出现设备故障的情况下，应增加维护频次，确保设备处于最佳工作状态。

I.6.3 特殊环境下的校准与维护

—— 对于在特殊环境中使用的设备（如高温、高湿或强电磁干扰的环境），应进行更频繁的维护和校准，确保设备在恶劣环境中的稳定性和准确性。

I.7 设备校准与维护的记录管理

为确保白蚁监测设备校准与维护工作可追溯、数据可核查，保障记录完整准确及长期安全，现规范其存档、审核与电子化管理要求如下：

a) 记录存档：校准与维护日志应在每次校准和维护后及时填写并存档。所有记录应至少保存 5 年，便于后续审查与检查；

b) 记录审核：校准和维护记录应定期进行审核，确保记录的准确性和完整性。设备管理人员应确保所有记录符合法规和技术标准；

c) 电子化管理：所有设备的校准与维护记录应进行电子化存档，并采用数据库管理系统进行管理。系统应具备检索、备份、版本控制等功能，确保记录的长期有效性和安全性。

征求意见稿

参 考 文 献

- [1] JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》
-

征求意见稿