

DOI: 10.3785/j.issn.2096-7195.2021.04.013

【全国病险水库安全评估及除险加固技术前沿研讨会 论文精选】

土石坝白蚁综合防控技术在黄河小浪底水利枢纽中的应用实践

屈章彬¹, 蔡勤学¹, 张树田^{1*}, 石磊², 张金水³, 丁凯³

(1. 黄河水利水电开发集团有限公司, 河南 济源 459017; 2. 上海万宁有害生物控制技术有限公司, 上海 201108;
3. 水利部小浪底水利枢纽管理中心, 河南 郑州 450008)

摘要: 土栖白蚁防治是土石坝安全运行管理的一项重要工作。黄河小浪底水利枢纽在长期的白蚁防治实践过程中, 通过不断探索和总结, 形成了行之有效的土石坝综合防控技术。该技术绿色环保、科学高效、长期持久, 理论上化学药剂使用量降低99%, 防治经费节省86%; 该技术无论在防治理念还是在防治技术方面均具有前瞻性、科学性、可操作性和可复制性, 可在水利工程推广应用, 推动水利行业白蚁防治模式转型升级。

关键词: 有害生物综合治理; 白蚁; 土石坝; 小浪底水利枢纽

中图分类号: TV698.2+36

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2021)04-0355-06

Comprehensive termite prevention and control technology for rockfill dams in Xiaolangdi Multipurpose Dam Project on Yellow River

QU Zhang-bin¹, CAI Qin-xue¹, ZHANG Shu-tian^{1*}, SHI Lei², ZHANG Jin-shui³, DING Kai³

(1. Yellow River Water Conservancy and Hydropower Development Group Co., Ltd., Jiyuan, Henan 459017, China;

2. Shanghai Wanneng Pest Control Technology Co., Ltd., Shanghai 201108, China;

3. Xiaolangdi Project Construction & Management Center, Ministry of Water Resources, Zhengzhou, Henan 450008, China)

Abstract: The prevention and control of subterranean termite is an important task for the safe operation and management of rockfill dams. In the long-term termite prevention and control practice of the Yellow River Xiaolangdi Multipurpose Dam Project, an effective comprehensive prevention and control technology for rockfill dams has been formed through continuous exploration and summary. The technology is green, environmentally friendly, scientific, efficient, and long-lasting. Theoretically, the use of chemical agents can be reduced by 99%, and the prevention and control costs can be saved by 86%. The technology is proactive, scientific, and maneuverable and reproducibility in terms of prevention concepts and prevention technologies. It can be promoted and applied in water conservancy projects to promote the transformation and upgrading of termite control mode in the water conservancy industry.

Key words: integrated pest management; termite; rockfill dams; Xiaolangdi Multipurpose Dam Project

0 引言

“千里之堤, 溃于蚁穴”, 土栖白蚁常在水利堤坝内部营造巢穴、挖筑蚁道, 极易造成渗漏等险情, 严重时甚至垮塌, 是危及水利工程安全的重要隐患。加强和规范白蚁防治已成为一项刻不容缓、关

系水利工程安危的重要工作。但是长期以来, 水利工程白蚁防治主要采用人工挖巢、毒土灌浆、烟剂熏杀等方法, 其中有些会产生较大的负面效应, 如人工挖巢会影响坝体结构, 造成水土流失; 毒土灌浆会造成水体污染, 破坏生态等^[1]。近些年来, 以黄河小浪底水利枢纽为代表的大型土石坝在白蚁

收稿日期: 2021-04-30

基金项目: 中国保护黄河基金会资助项目“黄河小浪底水利枢纽及下游堤坝白蚁防控技术研究”(项目编号: CYRF2018001)。

作者简介: 屈章彬(1962—), 男, 河南南阳人, 正高级工程师, 主要从事水利水电工程建设和运行管理及白蚁防治工作。E-mail: quzhangbin@126.com。

*通讯作者: 张树田(1990—), 男, 硕士, 河南项城人, 工程师, 主要从事水利白蚁防治工作。E-mail: zhangshutian@xiaolangdi.com.cn。

防控实践中突破了传统技术束缚,创新性的引入监测控制技术、灯光诱杀技术、白蚁远程自动监控系统等先进技术手段,防控效果显著,总结提炼形成了土石坝白蚁综合防控技术;该技术绿色环保、科学有效、长期持久,可为国内外土石坝及其它水利工程土栖白蚁防治工作提供参考和借鉴。

1 研究背景

小浪底水利枢纽及西霞院反调节水库位于北纬 34.9°,气候温湿,1月平均气温 $-1^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$,7月平均气温 26°C ,枢纽管理区内山峦起伏,丛林茂密,具备土栖白蚁繁衍的基本条件^[2]。小浪底和西霞院两座大坝依山而建,坝体雄厚,坝肩及边坡与两岸原始山坡相连,大坝周边山高陡峭、居高临下,近坝区蚁源丰富;两座大坝相距 16 km,坝型完全不同;白蚁防控区域总面积达到 338.25 万 m^2 ,其中大坝、副坝等工程核心区域面积 61.59 万 m^2 ,蚁源区防控面积 276.66 万 m^2 ;大坝体量之大,防控范围之广,治理难度之大在全世界都是屈指可数^[3]。

为确保小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库大坝及电力设施免遭白蚁危害,2008 年开始原水利部小浪底水利枢纽建设管理局组织对水库区域内白蚁危害情况进行调查与防治,基于当时国内的白蚁防治技术水平限制,主要采用人工挖槽、药物屏障等传统手段;随着小浪底水利枢纽区环境的改善以及全球气候变暖,白蚁分布边线总体上向北方推进,白蚁群体密度呈发展蔓延态势,2014 年以来飞落到小浪底大坝坝顶上的白蚁数量也有所增加。针对这种情况,2018 年水利部小浪底水利枢纽管理中心及时调整了白蚁防治策略,开始了新一轮白蚁防治工作。

新的防治方案坚持在大坝核心区控制白蚁食物、在大坝周边控制白蚁种群密度和持续治理的整体思路,采取科研与实践相结合的手段,邀请国内专业白蚁研究团队合作,开展了白蚁危害调查与种类鉴定、白蚁分飞条件与分飞距离研究、白蚁巢群人工饲养与习性观察、白蚁取食活动范围研究、白蚁诱杀剂选配试验、白蚁对土工膜危害性试验、新型白蚁诱杀灯研发、新型白蚁自动监控装置研发等课题研究,取得了多项原创性的成果,并成功运用于工程实践中,形成了土石坝白蚁综合防控技术。经过 2018—2020 年三年的综合治理,防控效果显著,通过了专家技术验收,实现了核心区土栖白蚁基本清零的目标。

2 防控方案

土石坝白蚁综合防控技术围绕大坝安全为中心,运用区域控制和综合治理的理念,将白蚁防控区划分为禁止区、严控区和控制区三个区域,并设定相应的防控质量标准;紧抓“查、诱、杀、控”四个关键环节;落实分级管理、普查巡查、光控技术、监控技术和蚁道施药等五大措施(见图1);采取诱杀并举、防控同步、立体防御、对内防护、对外防入侵的防治方法,对大坝核心区实施 24 h 全天候的白蚁自动化监测,利用光控诱杀控制种群分飞,地下监测装置控制危害蔓延;最大程度减少化学药物的使用,有效控制白蚁危害,以获得最佳的社会、环境和经济效益。

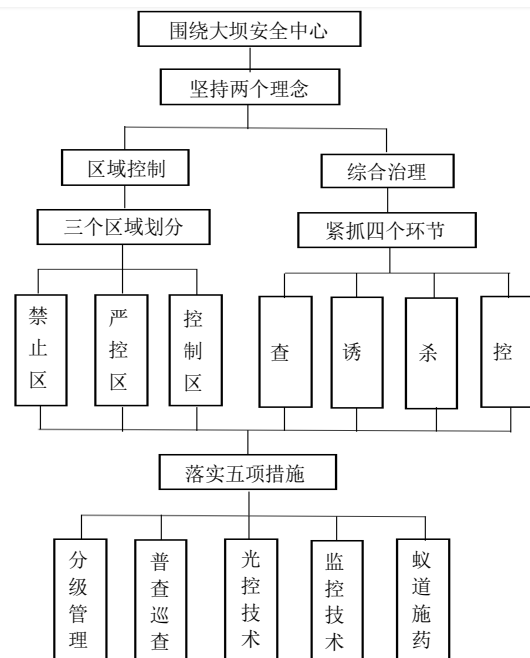


图1 防控技术路线图

Fig. 1 Road map of prevention and control technology

2.1 围绕一个中心

土石坝大坝大多建在河道峡谷中间,坝肩与两岸原始山坡相连,土石坝易受白蚁入侵危害,所以把大坝作为白蚁防控的保护对象,把保证大坝安全作为中心任务。

2.2 运用两个理念

土栖白蚁是以纤维素为食源的社会性昆虫,具有悠久的历史 and 顽强的生命力,通过空中分飞、地表蔓延、人为携带三种途经扩展繁衍,发展种群。传统的单点治理方式难以有效控制白蚁的扩展,必须运用区域控制和综合治理理念,开展对土石坝大坝管理区白蚁防控工作。

(1) 区域控制理念

区域控制是针对某个特定的区域, 综合应用各种措施, 有效控制某一特定区域内白蚁危害。它可以按自然区域、经济区域、社会和文化区域、生态区域、行政区域等来划分, 又可以按建筑、绿地、生态系统为单位来划分, 如一个较大面积的绿地、公园、故建筑群、住宅小区、大型水利枢纽区等。白蚁区域控制理念, 主要有以下几个方面内容:

a) 首先根据当地蚁情, 统筹规划, 明确保护重点、主要任务和防控区域范围及目标; b) 对整个区域进行蚁情调查, 弄清区域内的白蚁种类, 分布位置, 危害程度; c) 选择针对性措施并综合应用, 有效控制区域内白蚁危害; d) 持续做好区域内及周边环境(如灯光等)控制, 保持区域内的防控成果。

(2) 白蚁综合治理理念

白蚁综合治理的理念来源于有害生物综合治理(Integrated Pest Management), 在白蚁防治工作中, 根据白蚁的生物生态学特性, 充分发挥自然因素的控制作用, 因地制宜地协调应用多种措施, 最大程度地减少化学药物的使用, 有效控制白蚁危害, 以获得最佳经济、社会、环境效益。

首先查清蚁种, 据其特性, 协调运用各种措施, 取长补短, 并与自然控制结合; 其次抓关节点, 有的放矢, 尽量选择非化学防治手段, 减少化学品给生态环境和人们健康带来的风险; 最后在防控蚁害的同时, 注重投入产出比分析, 达到了白蚁防控效果与经济、环境效益的和谐统一。

2.3 划分三个区域

土栖白蚁数量庞大、活动隐蔽, 完全消灭实属不易, 代价太大得不偿失。根据土石坝周边能接受白蚁危害程度, 可将土石坝白蚁防控区划分为三个等级: 禁止区、严控区、控制区, 并设定不同的防控质量标准(见图2、图3)。

禁止区: 以大坝安全稳定运行为宗旨, 将土石坝坝顶和上下游坝面列为禁止区, 该区域不允许白蚁存活。

严控区: 结合坝址周围地理环境, 以大坝禁止区边界为起点, 左右岸、上下游各向外延伸 50~500 m 列为严控区, 该区域也称为蚁源区, 要严控白蚁危害。

控制区: 结合坝址周围地理环境, 以大坝严控区边界为起点, 四周向外延伸 500~800 m 的区域为控制区, 若周围有山体树林, 可外延至 1 000 m, 该区域允许有白蚁存活, 但要加强防控。

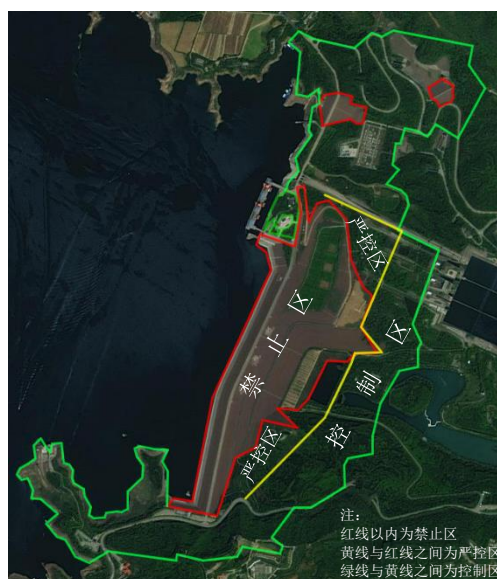


图2 小浪底水利枢纽

Fig. 2 Xiaolangdi Multipurpose Dam Project



图3 西霞院反调节水库

Fig. 3 Xixiyuan Anti-regulation Reservoir

2.4 紧抓四个环节

查、诱、杀、控是白蚁防控工作的四个重要环节, 需要根据实际协调运用。四个环节的具体内容和内在特征有:

查是基础。要做好防控工作, 首先要查清防控区域内的蚁患情况, 才能为后续的灭治工作提供依据, 它是整个防控工作的基础。

诱是方法。运用监测装置、引诱箱、引诱坑等器具,选择当地白蚁喜食的饵料来引诱白蚁,它是整个防控工作关键。

杀是手段。对引诱到的白蚁喷施药粉或饲喂饵料,并让其带回巢穴,杀灭整巢白蚁。

控是目的。系统运用检查、引诱、灭杀等措施,综合分析实施效果,持续改进提高,将白蚁危害控制在安全范围。

2.5 落实五项措施

因地制宜地把分区管理、普查巡查、光控技术、监控技术、蚁道(巢)施药五项技术措施协调应用,最大程度的减少化学药物的使用,有效控制白蚁危害,以获得最佳经济、社会、环境效益,是本技术的一个重要技术特点。

(1) 分区管理

根据突出重点、统筹兼顾的原则,结合项目实际,进行区域划分、分区管理、因区施策。

a) 禁止区(工程核心区)管理措施

①对蚁患必须采取零容忍的原则,禁止活体白蚁在区域内存在,将蚁患率(具体衡量指标后有所指)控制目标定为0;②做到三集四早一不留,在每年的白蚁活动高峰期,集中专家、集中人员、集中仪器,进行两次的地毯式普查,做到早检查、早发现、早报告、早治理,不留后患;③每年4月到7月白蚁分飞季节,关闭坝顶路灯,尽可能防止有翅繁殖蚁、趋光飞落坝顶;④在白蚁分飞季节,不少于八人在大坝巡查,观察有翅繁殖蚁的分飞时间、数量、飞向、风力、风速、风向等情况,待分飞结束后,将飞落坝顶的有翅繁殖蚁灭杀;⑤在距坝脚线150 m处,每隔50 m安装一盏诱蚁灯(具体要按灯的功率确定),有序排列,有机形成一定区间的光屏障,在白蚁分飞季节,利用有翅繁殖蚁的正趋光特性,将其诱杀在距大坝百米之外,并对诱蚁灯定期检查清理和维护,保证其保持良好的运行状况;⑥在诱蚁灯安装线上每隔10~15 m(视现场而定)安装一套监测控制装置,控制遗落在诱蚁灯下成活的有翅繁殖蚁或有翅繁殖蚁产生的新群体,以防严控区内的白蚁群体入侵坝体;⑦在坝脚线外约10~20 m处(视现场而定),间距10 m,安装一排白蚁监测控制装置,将严控区域内入侵的白蚁引入装置。

b) 严控区管理措施

①把蚁患率控制指标定为0.5%;②坚持每年两次白蚁普查,第一次时间为4—6月间,第二次为8—10月间,查清白蚁种类,分布位置,危害程度,治理效果,并及时普查时发现的活体白蚁;③对普

查时发现蚁患处要及时喷粉,并安装监测控制装置,对重点部位和危害严重部位增加安装诱杀箱或挖诱杀坑;④对杂草丛生,食源丰富,环境复杂,地面干燥,不易采用诱杀的危害点,采取蚁道(巢)施药;⑤保障巡查常态化,定期检查监测控制装置、诱杀箱、诱杀坑,如发现白蚁取食并已达一定数量的活体及时进行白喷粉灭杀或投放饵料,发现饵木或饵料发霉进行更换等,保证诱杀效果。

c) 控制区管理措施

①把蚁患率控制指标定为1.0%;②综合治理措施与严控区类同;③在控制区域外围线,每隔50 m安装一台诱蚁灯(具体要按灯的功率确定),自然排列,有机形成一定区间的光屏障,在白蚁分飞季节,利用有翅繁殖蚁的正趋光特性,将其诱杀或落入周边水域。

(2) 普查巡查

普查与巡查相结合能够使防控区内土栖白蚁的种类、分布情况、危害程度等更加清晰,以便制订更加合理的防治策略,及时采取有效防控措施,确保白蚁防控质量。

白蚁普查:在蚁患区和蚁源区采用人工踏勘法,每年两次,分别在春秋白蚁活动高峰期开展,重点排查是否有白蚁活体、活动及危害迹象。

白蚁巡查:基于普查结果,对已发现的蚁患、危害区域、特殊的地点,综合各种因素,可采取无结构访问、监测装置引诱、诱蚁灯观察、追踪调查等措施,作为巡查重点,统计分析蚁患的范围、程度及发生的原因,与周围环境的关系等。

(3) 灯光诱杀技术

灯光诱杀控制技术是指针对昆虫的趋光特性而采取的诱杀控制技术,也是控制白蚁繁殖蚁的主要手段,即在白蚁分飞季节,把能发射特定波长的诱蚁灯安装在保护目标周围,按其照距有机布置,在空中形成光屏障,利用有翅繁殖蚁的趋光特性引诱其扑灯,通过高压电网瞬时触杀或螺旋吸入式风机捕获,从而达到杀灭有翅繁殖蚁,降低其落地配对繁殖几率^[4],减少新建群体基数,控制白蚁危害。同时,在白蚁分飞期间关闭大坝周围的光源,防止有翅繁殖蚁趋光分飞入侵。该技术无毒、无害、不污染环境、诱杀数量大、防治成本低、保持生态良性循环、安装简单、节能低碳。

小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库共安装诱蚁灯386台,诱蚁灯诱捕白蚁繁殖蚁数量是检验防控效果重要指标。

(4) 诱集监测控制技术

常规白蚁诱集监测控制装置: 是结合白蚁生物生态学特性研发, 把巢群所有个体作为靶标的白蚁防治新技术。将白蚁喜食饵料装入特制的监测装置, 然后将其安装在被保护对象的特定部位, 如保护目标周围有白蚁活动特征部位的土壤中。当外出觅食的白蚁工蚁发现后, 发出信号, 诱集大量工蚁进入装置内取食, 此时, 用喷粉球轻轻把适量药粉喷在白蚁身上, 药物随白蚁回巢, 通过白蚁个体间的清洁和食尸行为, 使毒性在巢内扩散, 导致整巢白蚁中毒死亡^[9]。该技术使用药剂量极少, 且能对白蚁活动情况进行长期监控, 具有环境友好和可持续性的优点。

小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库共埋设常规监控装置 2 422 套, 土栖白蚁主要在地下活动, 地表活动时间段且很难全部发现, 在工程实践中创新性的将相应区域内监控装置白蚁入站率作为区域蚁患率的重要参考指标。

入站率=有白蚁活动迹象的监控装置数量÷监控装置总量×100%

远程自动诱集监测控制系统: 为解决常规白蚁诱集监测控制装置人工检查成本高、监测效率低、埋放后较难寻找等问题, 白蚁远程自动诱集监测控制系统应运而生。它在防控区域或堤坝周围部署白蚁监测终端, 结合 GIS 地理信息和物联网技术, 监测全区域白蚁活动情况, 配合人工施药处置, 实现对白蚁的监测(诱集)→控制(灭杀)→监测(诱集)循环, 再利用先进的大数据和云平台技术, 结合专业算法, 及时掌握白蚁活动状态, 科学分析白蚁活动规律, 并对其发展趋势进行预测, 为白蚁防治提供科学依据(见图4)。

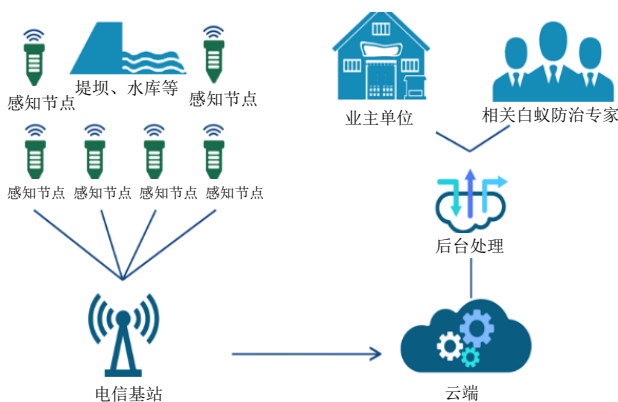


图4 自动监控系统概述

Fig. 4 Overview of automatic monitoring system

远程白蚁自动诱集监测控制系统此前在国内大型水利工程中尚未有运用案例, 小浪底水利枢纽

和西霞院反调节水库结合“智慧小浪底”开发的白蚁防治管理信息系统为国内首次, 共安装自动监控装置 397 台。

(5) 蚁道(巢)施药技术

蚁道(巢)施药方法主要有: 对分飞孔投饵法、对鸡枞菌投饵法、巢顶投饵法、巢顶灌药法、巢区方位灌浆(药)法、分群孔上灌药法、蚁道灌药法等。虽然查找分飞孔和蚁道的难度大、制约因素多、技术要求严、施工难度大, 但是药量使用少、实际见效快、不造成水土流失、不破坏生态环境。可结合防控区域和被保护目标周围的自然环境和土栖白蚁的生物生态特性, 从环保、经济、效率等多方面权衡利弊之后, 选择是否把蚁道(巢)施药技术作为防治选项。

3 效果指标

3.1 防控效果

2020年8—9月白蚁(包括土栖白蚁和散白蚁)防控区域巡查和数据分析结果表明(见表1), 小浪底水利枢纽禁止区入站率为0, 严控区入站率为0, 控制区入站率为0.07%; 西霞院反调节水库禁止区、严控区和控制区入站率均为0; 达到了预设的防控指标。蚁源区未见成年蚁巢, 坝体未见幼龄蚁巢, 满足《土石坝养护修理规程》(SL 210—2015)相关要求。

为准确评价白蚁防治效果, 创新性将诱蚁灯诱捕白蚁繁殖蚁数量、见白蚁活体喷粉点数量、监测装置白蚁入站率作为效果分析指标, 其中白蚁入站率和地表活动迹象同等作为蚁患率重要的参考指标, 并作为防控效果的质量控制考核指标。

3.2 经济指标

根据水利部《水利工程维修养护定额标准(试点)》(2010年修订稿)中白蚁防治的定额标准为 2.19 元/m², 结合小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库白蚁防控项目工程实践测算, 平均每年只需花费 0.31 元/m², 节省了 86% 的费用。

3.3 环保指标

若采用传统的药物屏障防治白蚁, 根据化学药物水平屏障 5 L/m² 的要求, 药液按 1:40 配比, 密度设为 1 kg/L, 防治面积为 338.25 万 m², 项目一年共需用药: 3 382 500×5÷40×1=422 812.5 kg, 而小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库白蚁防控项目三年实际用药量为药剂 198 kg 和粉剂 24.5 kg, 比药物屏障法减少 99% 的用药量。

表1 防控效果数据分析表

Table 1 Data analysis table of prevention and control effect

地点	区域	诱捕有翅繁殖蚁数量/头			喷粉点/处						入站率/%						考核指标
		2018年	2019年	2020年	2018年		2019年		2020年		2018年		2019年		2020年		
					5—6月	8—9月	5—6月	8—9月	5—6月	8—9月	5—6月	8—9月	5—6月	8—9月	5—6月	8—9月	
小浪底	禁止区	—	—	—	136	22	8	0	0	0	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
	严控区	40 313	3 474	1 298	605	92	69	7	4	0	4.55	1.08	3.02	0.22	0.22	0.00	0.5
	控制区	49 664	8 685	4 362	4 610	802	644	62	54	6	9.92	2.10	1.25	0.85	0.20	0.07	1.0
西霞院	禁止区	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
	严控区	347	3 540	629	1 168	173	90	19	11	1	5.64	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.5
	控制区	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0
	合计	90 324	15 669	6 289	6 519	1 089	811	88	69	7	—	—	—	—	—	—	—

3.4 技术特点

(1) 小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库白蚁防控实践中形成的土石坝白蚁综合防控技术,总结了当前国内白蚁防治行业的新技术,地表埋设监控装置诱杀,空中光波诱捕,并辅以蚁道喷粉、灌浆,实现对土石坝白蚁危害的有效控制。

(2) 土石坝白蚁综合防控技术采用白蚁入站率为验收评价指标,科学评判防控效果,具有科学实用的特点;建设了白蚁远程自动监测控制系统,能大大减少工作量、提升防治效率、管理便捷。

(3) 土石坝白蚁综合防控技术绿色环保、科学高效、长期持久;极大地降低了药物的使用量,没有白蚁就不需要使用药物,即使有白蚁危害,也只要喷洒极少量的农药;有效期长,监测装置和光控装置质保期长,可以达到对土石坝的长期监控。

4 结 论

土石坝白蚁综合防控技术通过协调有害生物和自然环境的关系,综合运用物理、化学和生物防治方法,最大限度减少化学药物的使用,绿色科学有效;把互联网技术与人工防治有机融合,在大型水利工程的白蚁防控中建立远程自动监测控制系统,实行全天候白蚁危害监测,做到早发现、早治理;该技术无论在防治理念还是在防治技术方面均具有前瞻性、科学性、可操作性和可复制性,可在水利工程推广应用,推动水利行业白蚁防治模式转型升级。

本文选自“全国病险水库安全评估及除险加固技术前沿研讨会”征集论文,会议旨在探讨病险水库评估方法以及除险加固新技术、新措施,推进病

险水库除险加固工作、提高防灾和供水保障能力,会议于2021年5月26—27日在杭州召开。

本期刊登其中3篇精选论文。

参考文献

- [1] 宋晓刚, 李志强, 葛科. 白蚁防治技术与管理现状: 中国、美国、欧洲、东南亚[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2019.
- [2] 屈章彬, 石磊, 陈立云, 等. 水库大坝白蚁危害调查分析[J]. 河南水利与南水北调, 2019, 48(3): 79-81.
QU Zhang-bin, SHI Lei, CHEN Li-yun, et al. Investigation and analysis of termite damage in dam of reservoir[J]. Water Resources & South to North Water Diversion, 2019, 48(3): 79-81.
- [3] 黄河水利水电开发集团有限公司, 上海万宁有害生物控制技术有限公司. 小浪底水利枢纽和西霞院反调节水库白蚁防控项目总结报告[R]. 2020.
- [4] 屈章彬, 尤相增, 赵建中, 等. 光控技术在小浪底水利枢纽白蚁防控中的应用[C]// 水库大坝高质量建设与绿色发展——中国大坝工程学会 2018 学术年会论文集. 郑州, 2018.
QU Zhang-bin, You Xiang-zeng, ZHAO Jian-zhong, et al. Application of light control technology in Xiaolangdi Dam Termite Control[C]// High-quality Dam Construction and Green Development: Proceedings of the Annual Conference of Chinese Association of Dam Engineering. Zhengzhou, 2018.
- [5] 王明生, 周培, 陆军, 等. 白蚁防治方法及存在问题 and 对策[J]. 林业工程学报, 2011, 25(6): 10-14.
WANG Ming-sheng, ZHOU Pei, LU Jun, et al. Termite control methods, problems and countermeasures[J]. Journal of Forestry Engineering, 2011, 25(6): 10-14.