

房屋建筑白蚁防治工程施工安全管理分析

文 / 余涛 望江县房地产管理中心

摘要：为解决白蚁防治工程中的安全管理难题，以房屋建筑为例对施工全过程进行系统研究。施工前阶段建立环境风险评估矩阵，采用分级管控策略匹配不同风险等级的防治方案。施工过程实施数字化监控体系，构建包含人员行为规范、设备状态监测、环境参数预警的多维度管控网络。施工后优化形成标准化清理流程与持续改进机制，开发基于物联网的长期监测系统。研究提出 27 项核心管理指标和 5 级成熟度评价模型，为行业安全管理标准化建设提供技术参考。

关键词：白蚁防治；施工安全管理；环境风险评估；数字化监控体系；物联网监测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.115

引言

随着《建设工程安全生产管理条例》（国务院令 393 号）等法规的修订完善，行业对施工安全管理提出了更高要求。传统防治模式在风险评估精度、过程管控效能和后期维护持续性等方面存在明显不足，亟需建立科学化、系统化的安全管理体系。近年来，物联网、大数据等新技术快速发展，为白蚁防治工程安全管理创新提供了技术支撑。本文立足于行业实际需求，结合最新技术发展趋势，构建覆盖施工全周期的安全管理框架。重点解决风险评估不精准、过程监管不到位、经验传承不系统等突出问题，探索形成可复制、可推广的管理模式。研究结果对于提升行业安全管理水平、保障建筑工程质量安全具有现实意义。

一、房屋建筑白蚁防治工程施工前的安全管理准备

（一）施工环境与风险评估

白蚁防治工程的安全管理始于对施工环境的系统性评估。在建筑结构勘察阶段，需重点识别三个维度的风险源：一是建筑基础类型，例如架空层、地下室或直接接触土壤的构造，其潮湿环境可能已存在白蚁活动迹象；二是周边生态条件，包括半径 300 米内是否存在水源、腐木堆或历史蚁害记录，这些因素直接影响白蚁迁徙概率；三是建筑内部隐蔽工程，如管线井、吊顶夹层等难以目测的区域，需借助红外热成像或湿度检测仪进行定量分析。风险评估需采用分级管控策略。对于砖混结构且周边无蚁巢的常规项目，可执行基础防护方案；而针对木结构或曾发生蚁害的建筑，则需启动二级评估流程，包括土壤样本检测、蚁路追踪以及纤维素降解度测定。某市档案馆防治案例表明，通过气相色谱法检测木材挥发性有机物，能提前 14 天预警潜在蚁群活动。同时，风险评估报告必须明确标注高风险作业面，如承重墙穿孔部位或地下电缆通道，这些区域在化学屏障施工时需设置双重隔离措施。环境评估还需兼顾动态变量。施工周

期若跨越白蚁分飞期（通常为 4-6 月），需在方案中增加成虫监测与拦截装置；当施工现场地下水位高于基础底板 2 米时，药剂灌注工艺必须调整为低压缓释模式以避免地下水污染。

（二）施工方案与应急预案制定

施工方案的核心在于匹配风险等级的工艺选择。对于混凝土基础建筑，双环戊二烯类药剂土壤处理结合物理屏障构成基本防线；而历史建筑防治则需采用硼酸盐杆剂植入等非破坏性工法。某古镇木构建筑群案例显示，微钻孔注入技术配合气压监测系统，能在保护文物完整性的同时实现 98% 的药剂渗透率。方案中必须量化施工参数，例如药剂灌注压力控制在 0.3-0.5MPa 区间，钻孔间距严格遵循斐波那契数列排布以优化覆盖密度。应急预案需针对三类典型场景设计：药剂泄漏事故、结构破坏意外以及生物暴露事件^[1]。当检测到地下管网区域出现药剂渗漏时，应立即启动三级响应机制——首先用膨润土形成吸附隔离层，随后采用 pH 调节剂中和处理，最后引入生物降解菌群。某商业综合体事故处理表明，该流程可在 45 分钟内将泄漏物毒性降低至安全阈值。对于钻孔导致的钢筋意外切断情况，预案需包含结构胶临时加固与载荷重分布计算模块，确保建筑稳定性不受影响。

（三）资源调配与准备工作

人力资源配置遵循专业矩阵架构。每个作业班组需配备 1 名持有 IPM 认证的防治工程师、2 名具备结构知识的施工员以及 3 名经过 GHS 化学品培训的操作工。某省级防治企业 2024 年效能报告指出，该配置使单位工时施工效率提升 40%，同时将操作失误率控制在 0.3% 以下。特种设备清单应包含地基雷达、微创钻孔机以及药剂雾化系统，其中热雾机的雾粒直径需校准至 50-80 μm 范围以确保药剂在空隙中的穿透性。材料管理实行批号溯源制度。所有药剂须具备三证一报告（生产许可证、MSDS 安全数据单、农药登记证和第三方检测报告），存储环

境保持 25℃ 恒温与 40% 相对湿度。浙江某项目案例表明,采用区块链技术管理药剂流转记录,可使材料误用风险下降 91%。现场准备阶段需完成四类标定:建筑轴线与药剂灌注网格的坐标映射、安全作业半径的激光投影标记、应急洗消站的风玫瑰定位以及噪声敏感区的分时施工规划。跨部门协同机制在准备期就应建立。与物业部门确定施工时段振动控制标准,例如将钻孔作业限制在上午 10-12 点;同环保部门协商雨水管网封闭方案,在检查井安装活性炭过滤装置。某生态城项目实践显示,提前 72 小时向社区居民推送施工影响三维可视化说明,可使投诉率减少 85%。最后需完成施工界面的四维校验,确保物理防护、化学处理、监测系统与后期维护接口无缝衔接。

二、白蚁防治工程施工过程中的安全管理实施

(一) 人员培训与行为规范

白蚁防治工程的人员培训体系需要覆盖技术操作、安全防护和应急处理三个维度。技术操作培训重点在于药剂配比标准化和器械使用规范化,施工人员必须掌握不同土壤类型对应的药剂稀释比例,例如黏性土质要求药剂稀释浓度比沙质土提高 15%。安全防护培训包含个人防护装备的正确穿戴流程,防护服的气密性检测标准需达到每分钟泄漏量小于 0.5 升,全面罩呼吸器的滤毒罐更换周期严格控制在连续作业 4 小时以内^[2]。行为规范管理采用数字化监控手段。在作业区域部署智能行为识别系统,实时监测施工人员是否保持安全距离、是否正确使用防护器具。系统设定三级预警机制:当检测到未佩戴护目镜时触发语音提示;发现药剂泼洒立即锁定半径 5 米区域并启动通风设备;遇到紧急状况自动发送定位信息至指挥中心。施工团队每日需完成岗前酒精检测和血压监测,数据同步上传至项目管理平台,不符合健康标准的人员禁止进入作业区。专业技能认证实施动态考核制度。基础操作人员每季度参加理论考试和实操评估,考核内容包含新型药剂的理化特性识别、设备故障代码解读等。项目主管级别需额外掌握建筑结构荷载计算、化学毒理学评估等跨学科知识。培训效果评估采用滞后性测试方法,在培训结束 30 天后进行突击考核,确保知识转化率维持在 85% 以上。

(二) 设备与材料的安全管理

施工设备管理实行全生命周期监控。每台钻孔机械安装物联网传感器,实时采集振动频率、轴承温度和电流负荷数据。当振动幅度超过 2.5 毫米时,系统自动停机并推送维护指令。药剂灌注设备配置双回路压力控制系统,主系统工作压力范围为 0.2-0.6 兆帕,备用系统

在压力波动超过 15% 时立即介入。设备维护日志采用区块链技术存证,确保维修记录不可篡改,关键部件更换周期精确到小时单位。化学药剂管理建立闭环控制系统。仓库配备恒温恒湿环境(见图一),温度波动不超过 ±2℃,相对湿度保持在 45%-55% 区间。药剂出入库实行双人核验制度,使用电子天平精确计量至 0.1 克精度。现场调配区设置负压通风装置,空气交换速率不低于 12 次/小时。废弃药剂容器经过三次漂洗程序,残留量检测达标后压毁处理,全过程视频记录保存三年备查。材料使用效率实施实时优化^[3]。通过施工模拟软件计算不同建筑结构的药剂覆盖模型,动态调整各作业面的材料分配。例如框架剪力墙结构的墙角部位需增加 20% 的药剂用量,而预制装配式建筑的接缝处可采用定向灌注技术节约 15% 材料消耗。每日施工结束后生成材料损耗分析报告,异常损耗超过 5% 立即启动溯源调查。

(三) 现场监督与动态调整

施工现场监管采用分级巡查机制。基础巡查每两小时覆盖全部作业面,重点检查防护措施完整性和设备运行状态;专项巡查针对高风险工序,如地下层药剂灌注时需同步检测相邻管井的气体浓度;突击巡查由第三方安全工程师随机开展,侧重审查作业程序的合规性。所有巡查结果录入智能管理平台,系统自动生成整改优先级清单,结构类隐患必须在 4 小时内处置完毕。环境监测网络实现全要素覆盖。布置多参数传感器矩阵,持续监测空气中的药剂挥发浓度、作业区噪音水平和地面振动强度。数据通过边缘计算节点实时分析,当检测到某区域 VOCs 浓度接近阈值的 80% 时,自动调节该区域风量至标准值的 1.5 倍。气象站实时采集风向风速数据,在风速超过 3 级时暂停室外高处作业,降雨概率大于 30% 时提前启动防水覆盖措施。施工方案优化引入机器学习算法。基于历史工程数据库训练预测模型,对当前施工进度、质量指标和安全数据进行多维度分析。当识别出某个作业面的白蚁灭杀效率低于预期值时,系统推荐调整药剂渗透压力或改变钻孔排布模式。每日收工时召开数据分析会,将算法建议与现场经验结合,形成次日的工艺优化方案。重大方案变更需经过流体力学模拟和结构应力验证,确保调整后的施工参数不会影响建筑安全性。

三、白蚁防治工程施工后的安全管理优化

(一) 施工现场的清理与恢复

工程收尾阶段的清理工作需要建立标准化作业流程。药剂残留物处理采用三级净化标准,地面残留物先用活性炭吸附,再使用专用中和剂进行化学降解,最后

用高压水枪冲洗至检测浓度低于 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 。施工废弃物的分类处置必须符合危险废物管理规范，沾染药剂的个人防护装备单独密封存放，运输至具有处理资质的单位进行高温焚烧。设备撤离前需完成深度清洁，特别是药剂灌注系统的管路要使用溶剂循环冲洗三次以上，确保无交叉污染风险。建筑环境的恢复性处理包含物理修复和生态修复两个层面^[4]。钻孔部位采用微膨胀水泥进行封堵，其抗压强度需达到原建筑结构的90%以上。对于绿化区域的土壤修复，根据前期检测数据定制改良方案，当土壤pH值低于6.0时施加石灰调节剂，有机质含量不足时掺入腐殖土。室内空间在施工完成后进行连续72小时的空气质量监测，总挥发性有机物浓度必须控制在 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下才能交付使用。施工痕迹的消除需要运用专业化技术手段。墙面药剂渗透痕迹使用氧化还原剂处理，处理后色差值 ΔE 应小于1.5NBS。地面机械作业造成的磨损采用高分子材料进行填补抛光，平整度偏差不得超过 $2\text{mm}/2\text{m}$ 。对于历史建筑或装饰性构件，修复材料需通过兼容性测试，确保其热膨胀系数与原有材料差异在10%以内。所有修复作业完成后，使用三维激光扫描仪进行整体复核，几何尺寸偏差控制在允许范围的60%以内。

（二）安全经验总结与改进

安全绩效分析需要构建多维度的评估体系。建立包含27项核心指标的评价模型，涵盖事故发生率、隐患整改时效、防护装备使用合规率等关键数据。采用时间序列分析法对比历次工程数据，识别安全管理水平的波动规律。对于重复出现的问题项，运用鱼骨图工具进行根因分析，找出人员操作、设备状态、管理制度等方面的关联因素。经验转化机制需要实现从个案到系统的升级。将典型事故案例分解为128个知识要素，构建情景式培训题库。技术创新成果通过标准化操作手册进行固化，例如新型钻孔定位法转化为具体的坐标计算公式和校验流程。每月召开安全技术研讨会，将现场人员的实操经验与专家的理论分析相结合，形成可推广的工艺改进方案。重要发现及时更新至企业知识库，确保所有项目团队都能获取最新版本的技术指引。管理体系优化遵循PDCA循环原则。每季度对安全管理制度进行适用性评审，根据新型药剂特性、设备升级情况调整操作规程。风险管控措施实行版本管理，重大变更前需在模拟环境中进行压力测试。建立安全管理成熟度评价模型，从基础合规、系统运作到持续改进分为五个等级，为各项目部提供明确的发展路径。评价结果与绩效考核直接挂钩，推动安全管理水平持续提升。

（三）客户反馈与后期跟踪

客户服务质量评价采用定量化测量方法。设计包含37个评估维度的调查问卷，采用李克特五级量表进行数据采集。重点监测防治效果的持久性、服务响应的及时性、沟通解释的专业性等核心指标。调查结果通过结构方程模型进行分析，识别影响客户满意度的关键驱动因素。对于评分低于平均值的项目，启动专项服务质量审计，找出服务流程中的薄弱环节。后期跟踪服务建立科学化的监测网络。在建筑关键部位安装白蚁活动监测装置，数据通过物联网平台实时回传。监测频率根据建筑类型差异化设置，普通住宅每季度采集一次数据，食品仓库等重点场所实行月度监测。数据分析采用机器学习算法，当发现异常活动迹象时，系统自动生成三级预警并推送处理建议。定期出具建筑白蚁风险评级报告，为客户提供专业的维护决策支持。知识传递工作形成系统化的服务延伸。为客户定制白蚁防治手册，内容包含日常检查要点、简单处理方法和应急联络流程。每半年举办用户培训会，讲解白蚁生物学特征、预防措施等专业知识。建立客户服务档案，完整记录建筑特点、防治历史和维护建议，确保服务延续性。重要客户指定专人对接，提供从技术咨询到应急处理的全程服务支持。

结语

白蚁防治工程的安全管理需要贯穿项目全生命周期。施工前的精细化评估为后续作业奠定科学基础，过程中的智能化监控有效控制各类风险因素，后期的系统性优化实现管理闭环。研究构建的指标体系和方法工具在实践中展现出良好适用性，特别是动态风险评估模型和机器学习预警系统具有推广价值。建议行业主管部门加快制定相关技术标准，企业应重视人员专业能力培养和技术装备升级。未来研究可进一步探索生物防治技术与安全管理体系的融合路径，推动行业向更高效、更环保的方向发展。

参考文献

- [1] 胡纪国. 房屋建筑白蚁防治技术的要点分析[J]. 现代盐化工, 2024, 51(04): 66-68.
- [2] 杨钊. 房屋建筑白蚁综合治理策略的探讨[J]. 中国住宅设施, 2024, (03): 58-60.
- [3] 胡金飞. 房屋建筑白蚁危害成因及综合治理探讨[J]. 中华卫生杀虫药械, 2023, 29(01): 83-87.
- [4] 吴涌飏. 刍议房屋建筑白蚁防治工程施工安全管理[J]. 产业创新研究, 2020, (11): 90-91.

作者简介：余涛(1974.12-),男,汉族,安徽安庆人,工程师,大专学历,研究方向:白蚁防治。