中小型水库日常工程巡检的基础流程优化实践

陈海洋　廖浩仲
永嘉县水利局　浙江　温州　325100

摘　要：我国中小型水库数量多、分布广，多数面临管护薄弱、巡检粗放、闭环缺失等困境，漏检、记录不规范、处置滞后问题突出。本文梳理常规巡检流程短板，从巡查路线、频次标准、现场记录、隐患上报、整改销号五个环节重构流程，融合数字化打卡、无人机辅助与分级预警，构建标准化优化体系。经多座水库实践验证，巡检质量与处置效率显著改善。研究形成低成本、易落地的优化方案，可为同类水库安全运维提供实操参考。

关键词：中小型水库；工程巡检；流程优化；隐患闭环；数字化巡查

引言：我国现有中小型水库超9万座，承担防洪、灌溉、供水核心功能，多数建成年代久远，坝体、溢洪道、启闭设备老化病害多发，日常巡检是防范溃坝险情的第一道防线。为破解“重巡查、轻处置”管理难题，本文立足基层水库管护实际，重构标准化巡检基础流程，引入数字化、空中辅助巡查手段，形成全闭环巡检优化体系，通过工程实践验证优化成效，提升中小型水库常态化安全管控水平。

1 中小型水库传统日常巡检基础流程及现存短板

1.1 传统常规巡检原始流程

传统巡检采用人工随机模式，流程分五步：管护人员无固定路线徒步到达库区；肉眼观察坝体等表面病害并手写记录；巡查后整理纸质台账标注异常；发现险情电话口头上报管理站；管理人员复核后安排维修，无复查销号。巡检内容限于坝体直观病害，坝肩、消力池陡坡、高空启闭机架等难抵区域基本省略。频次按季节粗分，特殊工况未加密。纸质记录易丢、描述模糊、无影像佐证，隐患追溯困难，整套流程难以满足现行安全管理规范。

1.2 巡查路线与点位设置短板

传统巡检未按风险等级划定固定路线，巡查随意性强，高风险区漏巡普遍。主坝下游坡、坝肩绕渗段、溢洪道消能工、涵洞进出口、启闭机房等关键点位无固定打卡；狭长岸线与陡峭护坡长期处于盲区。部分路线仅沿坝顶行走，坝脚排水沟、反滤层等隐蔽部位被省略，副坝、引水渠等未纳入日常范围。路线无标准化分段，凭经验行走易重复或遗漏。汛期高水位与雨后渗流高发期，盲区易滋生管涌、滑塌等隐蔽险情，长期积累形成重大安全隐患[1]。

1.3 巡查频次与工况匹配不足

巡检制度仅分汛期与非汛期两类，未结合水位、降雨、冻融等工况动态调整。非汛期每周一次，连续干旱或低温冻融未增专项检查；汛期每日一巡，暴雨或水位超限时缺少加密至两小时一巡等硬性要求。兼职管护员农忙、节假日缺岗频发；仅汛前、汛后、冻融期开展一次性排查，无阶段性专项巡查。频次与风险不匹配，无法捕捉渗流、裂缝前兆，待病害显现时已发展为中重度险情，大幅增加处置难度。

1.4 现场记录与信息传递缺陷

传统巡检依靠纸质手写记录，存在标准化缺失与留存困难。记录无统一模板，裂缝宽度、渗漏流量等关键量化数据缺失，无影像佐证，不同人员记录口径不一，年度对比分析无法开展。隐患上报仅靠电话口头汇报，位置、规模、等级描述模糊，管理人员难以及时掌握真实险情。纸质台账存放于管理站，现场及督查时无法实时调取，长期存放易受潮丢失，无法形成完整档案，难以满足年度核查与风险评估归档要求。

1.5 隐患处置闭环管理缺失

传统巡检最大短板是无完整闭环流程，呈“巡查—上报”半截式管理。病害发现后仅简单告知，未按风险分级建档；无隐患台账，未明确责任人、时限及措施。一般隐患长期搁置无复查，中重度险情整改后无复核销号，同类问题反复出现。部分水库隐患拖延至汛期爆发；无分级预警机制，重大渗漏、滑塌等高危隐患上报繁琐，延误处置时机，形成“巡查无跟踪、整改无复核”的管理漏洞。

2 中小型巡检流程整体优化设计思路与框架

2.1 流程优化总体原则

本次巡检流程优化遵循四大核心原则：风险分级导向，按坝体、泄洪、输水设施风险高低划分巡查优先级；全闭环管控，构建定点巡查至销号归档的完整链条，消除管理断点；人机协同，以人工巡检为基础，无人机填补陡坡高空盲区；简易落地，适配基层技术水

平，低成本工具即可实施。优化目标实现巡查全覆盖、记录标准化、隐患可追溯、处置全闭环，提升巡检规范化水平，从流程层面降低溃坝漫溢风险。

2.2 优化后完整标准化巡检流程框架

重构后标准化巡检分为六大环节：前置准备，按工况匹配频次并调取隐患台账；固定路线定点打卡，逐点位现场核查；标准化采集，文字照片影像同步录入；隐患分级自动上报，按三级推送对应责任人；差异化整改，一般隐患现场处置，中重度下达工单；复查销号归档，合格后数据自动归档[2]。同步增设应急加密与季度专项两条支线，形成主流程加专项补充的完整体系，解决传统流程碎片化与无闭环问题。

2.3 巡查点位与路线优化重构

按风险分区规划闭环路线，划定主坝主线、溢洪道支线、输水涵洞支线、库区岸线支线四条固定巡线，全线布设打卡标识。主坝设坝顶、防浪墙、上下游坡、坝脚反滤、左右坝肩六个点位；溢洪道覆盖进口至出口全线；输水设施包含进水塔、闸门、启闭机房、放空管道；陡峭岸线增设无人机航线。路线实行单向闭环设计避免折返漏点，小型副坝与拦污栅纳入支线常规巡查，从源头杜绝高风险点位漏巡。

2.4 巡查频次动态分级优化标准

建立常规、专项、应急三级动态频次体系。常规巡检：非汛期每周两次，汛期每日一次；专项巡检：汛前、汛后、冬季冻融各开展一次全面排查；应急加密巡检：暴雨、水位超警、台风、地震后每两小时巡查一次，高水位时段二十四小时驻库值守。小型水库及重点险库常规频次增加百分之五十，启闭设备及渗漏高发点位每月增一次专项检查。频次标准纳入考核，系统自动记录打卡时间，实现不同风险工况下巡查强度精准匹配。

3 各环节精细化流程优化实操方案

3.1 现场数字化记录流程优化

取消纸质台账，采用水利巡查专用APP完成标准化采集。每个打卡点位内置巡查清单，逐项勾选工程状态；裂缝、渗漏、滑塌、设备锈蚀四类病害强制填写长度、宽度、渗漏量等量化数据，同步拍摄近景与全景两张照片，重大险情录制短视频。系统自动标注巡查时间、坐标及人员信息，杜绝人为篡改。数据实时上传云端管理平台，上级部门可随时调取历史记录，自动生成巡检报表。统一记录标准消除文字描述模糊问题，影像资料实现病害逐年对比，为工程病害发展研判提供完整数据支撑。

3.2 隐患分级上报流程优化

建立三级隐患分级上报机制，系统根据病害严重程度自动推送处置任务。一级一般隐患（少量裂缝、轻微锈蚀）推送管护班长，七日内现场清理处置；二级较重隐患（局部渗漏、护坡滑塌、止水破损）推送管理站负责人，十五日内完成维修加固；三级重大隐患（管涌、坝体深裂缝、溢洪道堵塞、启闭失灵）系统短信与电话双推送行政及技术责任人，同步启动临时管控，两小时内到场研判并制定应急方案。上报无需人工转述，系统自动生成标准化工单，明确位置、规模与等级，信息传递准确高效，缩短险情响应时间。

3.3 隐患整改与复查销号闭环流程

优化后新增整改、复查、销号完整闭环步骤。管理站接收工单后下达整改任务，明确内容与时限，整改中上传施工前后对比影像。期满后巡查人员复巡核验，上传复核记录；病害消除且达标则线上销号，整改不到位驳回工单并纳入月度考核。所有隐患自动生成动态台账，按水库、类型分类统计。每季度开展隐患复盘分析，梳理高频病害成因，针对性增加预防性养护，实现“发现—上报—整改—复核—销号”全链条闭环，杜绝隐患长期搁置与反复发生。

3.4 人机协同辅助巡检流程优化

引入无人机空中巡查作为地面流程补充，形成“地面定点细查与空中全域普查”协同模式。常规巡检每周配合无人机沿库区陡坡、坝肩高空、溢洪道上部航线巡航拍摄；暴雨及高水位专项巡检前优先无人机全域排查，快速识别远距离滑塌与大面积渗漏。影像同步上传平台，与地面记录合并归档。针对启闭机顶部、消力池陡坡等人工难攀区域，无人机先行初判，发现异常后人工抵达精细化核查。该流程填补传统视觉盲区，降低高空陡坡作业安全风险，整体巡查覆盖完整度显著提升[3]。

4 流程优化落地配套保障措施

4.1 管护人员标准化培训机制

流程优化落地首要保障是人员能力提升，分两阶段开展专项培训。第一阶段理论培训，讲解新巡检路线、频次标准、APP操作及隐患分级判定标准，明确各类病害识别要点；第二阶段现场实操培训，带领管护人员沿优化路线走巡，演示打卡、拍摄、上报、复核全流程。培训后组织实操考核，合格方可持证上岗；每季度开展复训，针对高频误判与操作问题集中答疑。建立月度考核制度，将打卡完整度、记录规范度、隐患闭环率纳入绩效，倒逼人员严格执行标准化流程。

4.2 数字化工具基础保障

基层水库配置简易数字化硬件，降低落地门槛：为每名巡查员配备专用智能手机并开通APP账号；库区风险

点位粘贴二维码打卡标识；统一配置轻量化消费级无人机满足日常空中巡查需求；管理站依托公有云搭建简易管理平台，无需大型服务器。定期检修无人机电池、镜头及通讯设备，保障户外作业稳定；信号薄弱山区增设信号增强设备，确保数据实时上传。硬件投入成本低、操作简单，适配基层有限运维经费，避免因设备复杂或投入过高导致流程优化流于形式。

4.3 制度与考核配套完善

出台《中小型水库标准化巡检管理细则》，将优化后的路线、频次、记录、闭环流程全部纳入硬性制度，明确各岗位巡检责任。建立三级督查机制：管理站每周抽查记录，水利所每月核查打卡，水利局每季度开展专项督查。设置巡查覆盖率、记录规范率、隐患闭环处置率三大核心考核指标，结果与管护经费、人员薪酬挂钩。对漏巡、虚假打卡、拖延整改等行为扣分追责；对提前识别隐患、快速处置的人员予以奖励，以制度保障优化流程长期稳定执行。

4.4 专项巡检与应急巡检配套机制

日常主流程之外，配套专项与应急两条支线流程。汛前专项重点核查溢洪道清淤、闸门启闭性能及防汛物资；汛后专项全面排查冲刷渗漏病害；冬季冻融专项检查金属设备锈蚀与护坡冻裂。突发暴雨、水位超警时启动应急加密流程，实行二十四小时驻库值守，无人机每四小时全域航拍一次，重大险情同步上报防汛指挥部[4]。配套编制巡检应急处置简易手册，明确各类重大隐患现场临时管控措施，确保巡查人员发现险情后能第一时间采取简易防护手段，避免险情快速扩大。

5 流程优化工程实践成效分析

5.1 实践工程概况

选取区域六座中小型水库开展为期一年流程优化实践，含两座中型、四座小（一）型水库，涵盖均质土坝与砌石坝两种主流坝型，原巡检均采用纸质人工模式，漏检与处置滞后问题突出。实施全套优化方案：重新规划闭环巡线、布设打卡点位、配备APP与无人机、落实分级闭环处置机制，同步完善培训考核制度。连续十二个月采集优化前后数据，对比巡查覆盖完整度、隐患识别数量、闭环周期及工作量四项核心指标，量化评估流程优化成效，验证方案在基层水库的可行性与实用性。

5.2 优化前后指标对比

一年监测数据显示优化成效显著。巡查全覆盖率由优化前六成余提升至百分之百，陡坡及高空盲区全部消除；年度隐患识别数量大幅增加，大量早期细微渗漏与微裂缝被提前发现；隐患平均闭环处置周期明显缩短，重大险情响应时间压缩七成以上；纸质档案整理工作量减少八成，云端自动生成报表减轻台账负担；汛期险情发生率显著下降，多数病害在萌芽阶段完成处置。人机协同、闭环流程与数字化记录协同发力，从源头解决巡检粗放、滞后、无跟踪等短板，安全管控能力得到实质性提升。

5.3 优化方案经济性与推广价值

本次优化无需大规模工程改造，仅投入轻量化手机终端、简易无人机及标识牌等低成本硬件，单座小型水库改造投入为千元级别，中型水库不超万元，后期无高额运维费用，适配基层有限经费。整套流程标准化且操作简易，短期培训即可让兼职人员熟练掌握，无专业技术门槛。方案不局限于单一坝型或区域，全国各类中小型土坝与砌石坝均可直接套用。实践证明，依靠流程优化替代大规模设备改造，能够以极低投入显著提升水库安全巡检水平，具备大范围复制推广价值。

结束语

中小型水库传统人工巡检存在路线随意、频次不匹配、记录不规范、隐患无闭环多重短板，难以适配当下防汛安全管控要求。本文从巡查路线、动态频次、数字化记录、分级上报、整改销号、人机协同六大维度完成巡检全流程优化，配套人员培训、考核、应急保障机制形成完整标准化体系。工程实践表明，优化后巡查全覆盖、隐患识别与处置效率大幅提升，投入成本低廉、落地简单。后续基层水利管理单位可全面推行该套标准化巡检流程，持续夯实中小型水库常态化安全巡查防线，降低溃坝、漫溢等重大安全事故发生概率。

参考文献

[1]赵思曾,康飞,何丽娜,等.小型水库大坝无人机巡检和行人定位方法[J].江苏水利,2024(6):12-18,32.

[2]林漫远.水库工程安全运行的常态化巡检模式优化与智能预警技术研究[J]. 水上安全,2026(8):139-141.

[3]三梅英,赵社强,王战策,等.水库智能巡检系统构建与实现[J].水利技术监督,2025(6):36-39,82.

[4]曹春阳,程麒安.提高潘大水库无人机巡检系统应用水平的思考[J].海河水利,2023(10):94-97,103.