

# 黄土高原淤地坝安全运用巡查管理系统的设计与开发

常兴<sup>1,2</sup>, 刘刚<sup>2,3</sup>, 刘亚<sup>2</sup>

(1.天水市水利工程建设质量服务中心, 甘肃 天水 741000; 2.西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 3.中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** [目的] 设计淤地坝巡查管理系统, 借助现代便利的智能手机和信息化手段, 进一步落实“3 个责任人”管护制度, 提升黄土高原淤地坝安全运用管理水平。[方法] 以智能手机为移动终端, 开发“淤地坝安全运用巡查管理系统”微信小程序, 辅助各级淤地坝工程管理人员进行安全巡查工作管理。[结果] 构建了淤地坝工程信息数据库和管理人员数据库, 实现了安全巡查打卡、淤地坝工程安全隐患识别、问题描述、拍照上报, 上级主管部门可及时提出解决方案, 消除隐患, 降低风险。同时为智慧水务应用平台构建了一个应用模块。[结论] 该系统可以提升黄土高原淤地坝工程安全管理信息化水平, 缩短巡查责任人安全问题上报和主管部门处置的反应时间, 帮助各级管理部门随时掌握辖区内工程风险点。

**关键词:** 黄土高原; 淤地坝; 安全巡查; 信息化; 移动终端

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2022)02-0129-07

中图分类号: S157

**文献参数:** 常兴, 刘刚, 刘亚. 黄土高原淤地坝安全运用巡查管理系统的设计与开发[J]. 水土保持通报, 2022, 42(2): 129-135. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.02.018; Chang Xing, Liu Gang, Liu Ya. Design and development of inspection and management system for safe operation of check dams in Loess Plateau [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(2): 129-135.

## Design and Development of Inspection and Management System for Safe Operation of Check Dams in Loess Plateau

Chang Xing<sup>1,2</sup>, Liu Gang<sup>2,3</sup>, Liu Ya<sup>2</sup>

(1. Water Conservancy Project Construction Quality Service Center of Tianshui City, Tianshui, Gansu 741000, China; 2. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** [Objective] An inspection and management system for check dams was designed with the help of modern smart phones and informatization technology in order to further implement “three responsible persons” management system, and to improve safety management for check dams in the Loess Plateau. [Methods] A WeChat application named “Inspection and Management System for Safe Operation of Check Dam” was designed for smart phone used to assist managers at all levels to inspect and manage check dams. [Results] An information database for check dam projects and a personnel management database for managers were established that allowed managers to carry out inspections and clocking in and out as required. The system can identify safety hazards for check dams, remind managers to describe the problems identified, and upload pictures for reminding higher authorities to propose timely solutions to eliminate safety hazards and to reduce risks. Additionally, an application module was constructed for the smart water application platform. [Conclusion] The designed smart phone application could increase the information level for safety management of check dam projects in the Loess Plateau, shorten the response time for reporting safety hazards to responsible departments so that problems can be solved, and assist management departments at all levels to keep abreast of project risk points in their jurisdiction at any time.

**Keywords:** Loess Plateau; check dam; safety inspection; information management; smart phone terminal

收稿日期: 2022-01-11

修回日期: 2022-03-14

资助项目: 国家自然科学基金项目“中国黄土高原和南非典型流域泥沙来源及调控对策”(41761144060)

第一作者: 常兴(1980—), 男(汉族), 河北省行唐县人, 本科, 高级工程师, 主要从事水土保持信息化工作。Email: 34533853@qq.com。

通讯作者: 刘刚(1982—), 男(汉族), 陕西省西安市人, 博士, 研究员, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。Email: gliu@foxmail.com。

黄土高原是世界上水土流失最为严重的地区之一,也是黄河泥沙的主要来源地<sup>[1-2]</sup>。为控制该区的水土流失,诸多学者开展了大规模的实地考察和科学研究工作,取得了举世瞩目的成就。长期实践证明,淤地坝是黄土高原地区控制沟道侵蚀最有效的工程措施之一,它不仅拦截入黄泥沙、保持水土,还能淤地造田、增产粮食,在生态文明建设和农民增产增收等方面发挥着重要的作用<sup>[3-6]</sup>。然而,一方面受资金和技术的限制,早期建设的淤地坝配套设施不完善,许多建成淤地坝未达到工程设计标准<sup>[7-8]</sup>;另一方面随着近年来全球气候变暖和日益频繁的人类活动影响,黄河流域区域极端降雨发生频繁导致溃坝几率加大<sup>[9-10]</sup>。这些存在安全隐患的淤地坝一旦失事,将严重危害下游群众的生命财产安全。因此,加强淤地坝监管显得尤为重要。

黄土高原淤地坝数量多、分布广,截至2019年11月统计,黄土高原地区现有淤地坝58776座,涉及7省(区)200余县,且多集中建设在社会经济比较落后的地区,仅依靠单纯的人力对这些淤地坝进行监管效率低下<sup>[11]</sup>。其次,由于信息不畅通,问题反馈不及时,处置方案不科学,安全隐患最终变成安全事故,不利于淤地坝效益长久发挥。此外由于部分管护人员缺乏淤地坝管护知识,致使管护工作流于形式,对工程安全运行带来不利影响。王敏<sup>[12]</sup>指出强化水土保持监管需要创新监管手段,要采取有效的措施不断提高水土保持监管的信息化水平。通过大数据、互联网等现代化技术对淤地坝进行智慧监管可以大幅提升监管效率,提升淤地坝安全运用管理水平。李想<sup>[13]</sup>基于物联网技术及GPRS数据终端研发了一种淤地坝安全管理系统,实现了对淤地坝汛情的及时了解及远距离监控。王彦武等<sup>[14]</sup>利用低空无人机遥感技术自动、高效获取坝控区域影像数据,为淤地坝的安全管理和汛期预警提供支持。内蒙古自治区鄂尔多斯市于2015年开始建设淤地坝监控预警系统,该系统主要包括野外监控摄像头和雷达水位计及信息管理平台,可以自动上传淤地坝实时图像,既可实现对淤地坝的实时监测也便于后台人员高效管理<sup>[15]</sup>。但以上这些系统的建设需要耗费大量的人力及物力,难以进行推广应用。随着移动互联网和IT业的高速发展,移动办公已经成为继电脑无纸化办公、互联网远程化办公之后的新一代办公模式,可以摆脱空间和时间的束缚,高效迅捷地开展<sup>[16-17]</sup>。此外,智能手机的普及也使得推行基于移动应用的信息化管理成为可能。因此,为了给淤地坝各级监管单位和工作人员提供便捷、智能、直观的业务支撑工具,引入移动通

信、人工智能、大数据分析等技术,以移动终端为载体,开发黄土高原淤地坝安全巡查智慧移动终端应用,实现淤地坝“3个责任人”实时反馈巡查情况,便于各级监管人员随时掌握辖区范围淤地坝防汛安全情况,便捷、高效地开展淤地坝专项管理、隐患问题处置与相关信息统计。

## 1 理论与方法

### 1.1 功能需求与设计目标

1.1.1 管理人员多层次、跨区域、多角色 淤地坝管理人员涉及水利部及黄河水利委员会、黄河上中游管理局等部委管理部门,各相关省、市、县水行政主管部门,工程所在乡镇、村庄的淤地坝工程管理责任主体,管理人员从上至下落实淤地坝监管责任。黄土高原淤地坝工程涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南等7个省(区),几乎遍布整个黄土高原水土流失严重地区,分布范围广泛。管理人员根据责任不同,区分了多种角色,“3个责任人”制度是淤地坝的基层监管人员,担负着淤地坝防汛安全的第一道责任,是淤地坝监管体系中的重要角色。县级水行政主管部门是绝大部分淤地坝工程的建设单位,也是工程信息管理部门,掌握着全县辖区内淤地坝工程的全部信息,负责协调各方力量共同落实辖区内的淤地坝安全运用责任。而上级管理人员主要是负责督促落实淤地坝管护责任,掌握全流域淤地坝工程运行情况。因此,系统应覆盖各级、各地、各部门淤地坝管理人员,依据管理角色和管理级别分配相应任务。

1.1.2 问题反馈需要及时、准确、智能 淤地坝安全运用巡查的主要职责是发现安全隐患、消除隐患,确保工程安全运行。“巡查责任人”是淤地坝监管的最前沿哨兵,是发现问题、反馈问题的关键人,是“技术责任人”提出问题解决方案的前提。当前淤地坝水毁往往是因为隐患发现不及时,积小成大造成。因此需要“巡查责任人”反馈问题及时,对问题描述准确并加以现场图片辅证,反馈问题的方式还要简单易操作,达到智能化或半智能化,降低巡查责任人操作难度。“技术责任人”是处理隐患的关键和核心,需要准确认定发生的隐患,科学制定处置方案,及时反馈到管理系统,有利于各级监管部门做出决策。

1.1.3 数据信息规范、多样、全面 为便于统计分析,所填报的数据信息要有统一规则和统一格式,问题描述要规范。为了提高问题识别度,每一个隐患描述要附图片印证,通过大量图片库,借助机器深度学习,实现图像自动判别工程隐患。淤地坝一般由两大件或三大件组成,结构相对比较简单,安全隐患风险

点相对固定,巡查部位明确,为方便巡查责任人对照检查,应把全部风险点列举出来。

1.1.4 系统架构稳定、开放、安全 系统架构要稳定,应保证多用户同时访问不卡顿,数据查看流畅;系统功能还要具备升级空间,功能模块可以拓展淤地坝信息化管理、智能化监测、防汛预警等功能模块;系统平台需要保证数据存储安全,除硬件安全外,还要保证不会因为意外操作而丢失数据,对用户权限进行严格按需分配。

### 1.2 设计思路与总体框架

1.2.1 设计思路 系统的设计应满足多用户、多角色管理及跨平台使用,还要建立 3 个基础数据库,包

括淤地坝工程概况数据库、淤地坝工程监管机构及监管人员数据库、淤地坝常见安全隐患数据库,以实现定点打卡、巡查反馈、数据统计分析 3 个功能。系统要依据淤地坝安全应用、“3 个责任人”相关制度和规范标准设置巡查规则,满足通讯安全、信息安全、系统安全、数据规范统一,保证整体安全及后期的升级迭代。

1.2.2 总体框架 根据功能需求及设计思路,黄土高原淤地坝安全运用巡查管理系统由一个系统搭建、3 个数据库平台建设,3 个功能模块扩展及 5 个依据标准参考 4 个部分组成。这 4 部分互相关联,共同构成了黄土高原淤地坝安全运用巡查管理系统的主体框架,系统框架如图 1 所示。

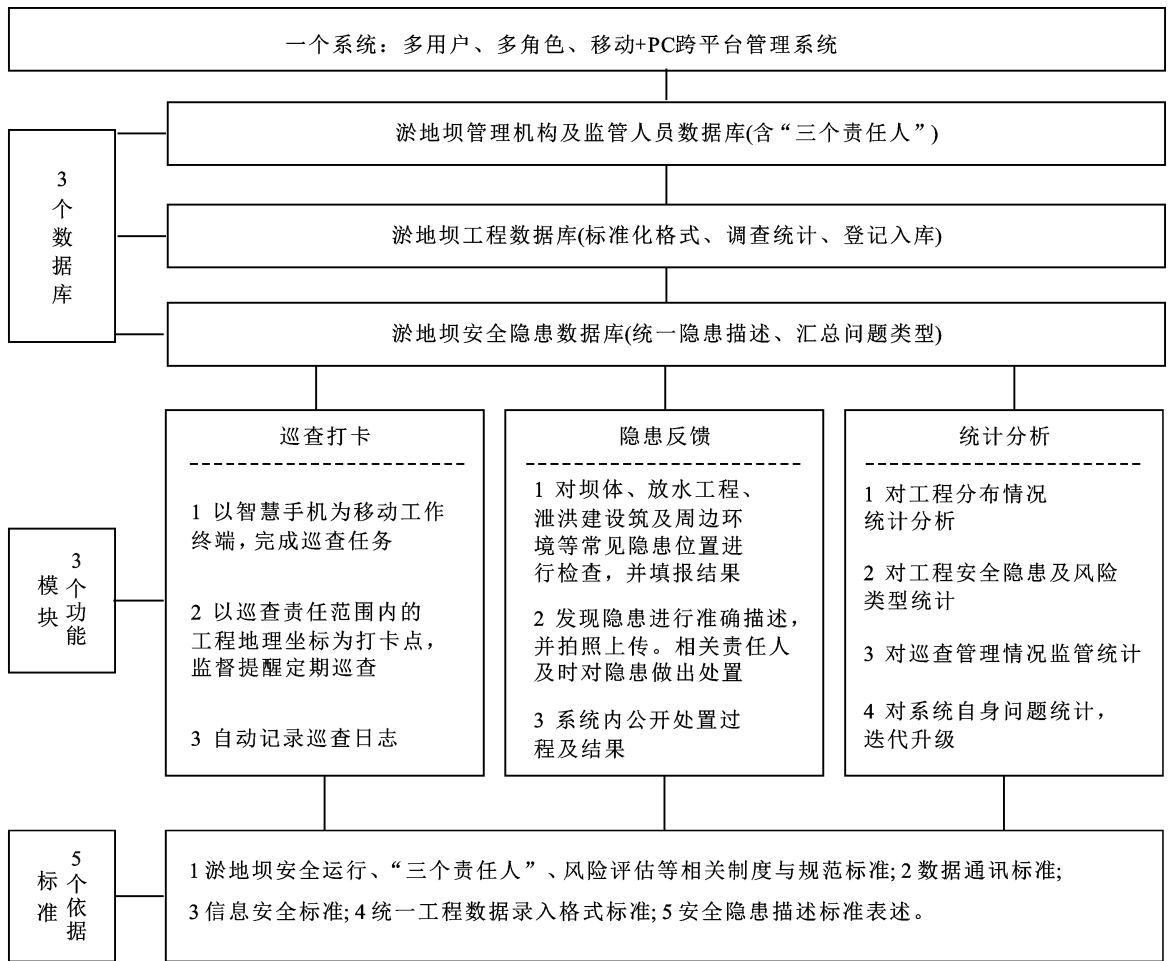


图 1 黄土高原淤地坝安全运用巡查管理系统总体框架

### 1.3 关键技术与实现方法

1.3.1 移动终端+PC 端多平台设计 随着移动互联网的快速发展,智能手机普及率越来越高,已经成为工作生活常用工具。

近年来微信小程序的频繁使用,为移动终端功能开发与推广奠定了基础。该系统于 2021 年 12 月开发完成,硬件服务器支持 php,mysql,web 服务(支持 IE8-IE10 版本、谷歌、火狐等浏览器)。系统包括一款

界面简洁、功能明确、实用易用的微信小程序,辅助淤地坝工程安全运用巡查管理,实现巡查打卡、问题反馈、拍照上传、信息查询等主要功能。配合 PC 端数据管理,完成淤地坝工程信息数据库、各级淤地坝监管体系人员数据库及淤地坝常见安全隐患数据库,可以实现工程信息录入、查询、导出,管理人员账户创建、修改、删除等功能。微信小程序界面及 PC 端操作界面如图 2—3 所示。



图 2 淤地坝巡查管理系统微信小程序操作界面



图 3 淤地坝巡查管理系统 PC 端操作界面

1.3.2 建立基础数据库 ①建立淤地坝工程数据库：主要包括工程名称、地理位置、所属河流、经纬度、工程规模指标及运行状况评价等主要指标，满足淤地坝安全运用巡查数据统计分析。②建立各级管理人员数据库：涵盖全部和淤地坝管理相关的人员姓名、性别、职务(职称)、单位、联系电话、角色分类。可以随时查询各级责任人，方便即时联系。③建立淤地坝常见安全隐患数据库：把淤地坝 3 个重要枢纽组成常见安全隐患情况列举出来，并形成问题描述清单。一方面提示巡查责任人照单查看，另一方面统一问题描述，方便汇总分析问题类型。

1.3.3 智能精准匹配信息 利用手机终端自带定位功能，智能匹配工程坐标，实现巡查责任人定位打卡，督促巡查责任人定期完成巡查任务。各级监管人员检查工程时，通过移动终端定位当前位置，准确查询工程名称和相关信息。对于个别无手机信号覆盖的工程，可以在后台设置离线打卡，或扩大打卡半径。

1.3.4 统一数据格式与规则 为实现大数据统计与云计算，提高淤地坝风险评估水平，对系统收录的工程信息和反馈的隐患问题，统一数据格式与填报规则。使数据信息既符合工程运行管理要求，又符合信息化管理交互规则，提高数据分析成果精准度和大数



据挖掘潜力。

1.3.5 借助稳定云存储平台 由于本系统涉及的部门多、用户多、数据多、用户范围广、地点分散,设计采用云端部署模式,降低运维管理难度,并为对接云计算、大数据分析打下基础。为了确保平台安全稳定运行,账户采用分配制,由管理员创建,访问权限严格控制,只对辖区内工程数据可见,各用户数据在云端有存储,全面进行数据备份,确保数据资料安全。

## 2 系统功能

### 2.1 淤地坝工程信息录入(PC端)

淤地坝工程信息在本系统中需要录入基本概况,主要包括以下指标:工程名称、工程编号(自动编号)、地理位置、所属河流、经纬度、工程规模指标及运行状况等。该部分信息由县级管理员根据淤地坝防汛要求填写,或用标准格式整理数据批量导入(表 1)。

表 1 淤地坝工程信息录入操作示范

行号	项目	格式	单位	内容示例	有关说明
1	序号	数字	—	1	用户端数据记数
2	工程名称	文本	—	梁家河大(1)型淤地坝	名称+规模+淤地坝
3	工程编号	16 位数字	—	6106221031968221	地区码 9+年号 4+枢纽组成 1+规模 1+序号 1*
4	行政权属	文本	—	陕西省延安市延川县文安驿镇梁家河村梁家塌	省(区)、市、县、乡、村+小地名
5	河流水系	文本	—	梁家河沟文安驿河一级清涧河二级黄河三级支流	从最始一级直到黄河干流
6	地理坐标	字符	—	36.830742,110.062676	北纬,东经,地图软件抓取或手机定点获取
7	工程规模	单选	—	大(1)型	根据总库容( $10^4 \text{ m}^3$ )判断,500>大(1)型 $\geq 100$ >大(2)型 $\geq 50$ >中型 $\geq 10$ >小型 $\geq 1$
8	工程等别	单选	—	V	$1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 及以上为 V,以下为 IV
9	枢纽组成	多选	—	坝体(√)放水工程()泄洪工程(√)	默认都有坝体,其余按现状填报
10	控制面积	数字	$\text{km}^2$	5.68	按最新数据
11	总坝高	数字	m	26.00	按最新数据
12	总库容	数字	$10^4 \text{ m}^3$	101.00	按最新数据
13	拦泥库容	数字	$10^4 \text{ m}^3$	45.00	按最新数据
14	滞洪库容	数字	$10^4 \text{ m}^3$	56.00	按最新数据
15	建成年份	数字	年	1968	大于 1569 小于当前年号
16	运行状况	文本	—	安全	危险(大量蓄水、有一定溃坝风险) 正常运行(正常运行、有一定隐患) 安全(无隐患、工程质量完好) 其他(待销号工程)

注:当序号超过 9 座时,用英文 A—Z 顺序递补表示 10 以后数字,共计 35 个序号

### 2.2 用户账号获取与人员信息录入(PC端)

(1) 账号创建。分为各级管理账号、监管人员账号、行政责任人、巡查责任人、技术责任人共五大类。账号采用分配制创建,上级管理员创建相邻下级管理员账号,不能越级创建;各级管理员创建同级监管人员账号;县级管理员创建 3 个责任人账号。账号默认为用户手机号,密码默认为身份证号末 6 位,密码可以修改。

(2) 角色权限分类。角色分类包括 1 至 4 级管理员,对应流域机构、省(区)级、市级、县级四级管理员和同级水行政主管部门淤地坝监管人员及淤地坝工程“3 个责任人”,即行政责任人、巡查责任人、技术责任人,系统账户共有 11 个角色权限分类。各级管理员为相应层级的最高权限,可以登录 PC 端进行数据操作。其余人员只能使用移动终端完成巡查反馈信息,查询淤地坝工程基本信息、安全状况、巡查次数、

隐患问题及处置结果等信息。

(3) 账号层级。根据管理权限按行政层级划分账号层级,管理员层级分为流域机构、省区级、市级、县级共 4 个层级,其中流域机构监管人员包含水利部、黄河水利委员会、黄河上中游管理局等主要淤地坝管理机构的相关工作人员,县级监管人员包括县、乡镇、村三级淤地坝管理人员和 3 个责任人。

(4) 人员信息采集。各级人员信息包括:姓名、性别、职务、单位、联系电话、角色分类。其中职务为所在单位职务,技术负责人需要填职称。

### 2.3 巡查责任人信息填报(移动端)

根据淤地坝巡查要求,巡查责任人在汛期每周至少巡查一次工程,巡查重点部位包括坝体、放水工程、泄洪建筑物、周边环境及附属设施情况,填报内容针对每一个巡查对象常见隐患对照填写,问题描述从标

准内容单选,同一部位超过一个隐患问题分次反馈,每个问题要配相应照片说明(详情见表 2)。

## 2.4 技术责任人信息填报(移动端)

(1) 技术责任人可以从巡查记录列表中打开对应的“待处置”工程,也可以从工程地图展示界面中,点击闪动的浮标打开对应的工程(若巡查责任人对某工程有问题反馈,相应的工程浮标在地图展示界面会闪动提醒),添加处置方案。

(2) 根据巡查责任人反馈的问题描述和照片,提出针对性的处理意见。若无法看清,可到现场进行详查,并做出处置方案,重大问题请相关机构进行技术论证后确定处置方案。

(3) 市、县两级管理员有权审核技术负责人提交的处置方案,并决定是否要退回、审核通过。

(4) 处置方案被退回来后,需要按审核意见重新填报处置方案。

## 2.5 行政责任人处理(移动端)

(1) 进入途径同技术责任人,在技术责任人提出处置方案后,可以按技术方案组织实施。对于小问题,可以直接组织村民实施,把处置结果上报。

(2) 对于暂时处理不了的问题,可以填写具体困难和需求。

(3) 对于巡查责任人反馈的隐患,必须按规定,限期组织处置,并反馈结果。

表 2 巡查责任人巡查部位及隐患描述

巡查部位	隐患描述(单选,对应照片,多个问题多次反馈)										
坝体	运行正常	坝面小冲沟	坝肩冲毁	坝体冲毁	坝体横向裂缝	坝顶纵向裂缝	鼠洞	渗水	管涌	流泥	滑坡
放水工程	运行正常	卧管裂缝	竖井裂缝	卧管压埋	竖井压埋	孔塞丢失	涵洞损坏	明渠淤堵	明渠裂缝	基础损坏	整体毁坏
泄洪工程	运行正常	侧墙裂缝	基础冲掏	进口段损毁	明渠段损毁	淤堵	整体损毁	—	—	—	—
周边环境	运行正常	岸坡滑塌	坝顶交通超载	坝顶有较大汇水	坝坡植被损坏	大量蓄水	交通中断	—	—	—	—
附属设施	运行正常	观测设施故障	警示牌缺失	公示牌需更新	管护道路损毁	—	—	—	—	—	—

## 2.6 工程信息查询功能(PC端+移动端)

工程信息查询与筛选功能分为列表查询与地图查询,既满足单个工程技术指标查询,也可以进行分类统计,可极大地提高淤地坝工程管理效率。

(1) 列表查询可以按行政区域、工程规模、枢纽组成、运行状况等分类指标进行筛选与统计分析,随着淤地坝工程信息数据库逐步完善,各工程所在的河流水系、工程水沙调蓄能力、拦泥淤地效益等信息都可以方便地统计出来,满足科研分析需求,为下一步工程规划布局及除险加固等政府决策提供数据支撑。

(2) 地图查询可以按图标颜色、形状查看工程规模,还能以指定地点为中心设置半径,查询相应范围内的工程分布情况,结合气象部门雨情预报,提供可视化的防汛预警分布图。

(3) 每一个工程有一个信息详表,点击列表或浮标,都可进入详情页面。

(4) 筛选后的工程信息,可以在 PC 端批量导出为 Excel 格式文件。

## 2.7 巡查工作监管

(1) 巡查责任人巡查记录。历次巡查时间与反馈的问题向上级管理部门用户公开。

(2) 技术责任人处理方案。对巡查出来的问题要有明确的、科学的、经济的处置方案,并对处置方案的技术可行性负责。

(3) 行政责任人处置结果。对巡查问题要有处置结果,一是组织村民消除问题与隐患,二是对重大安全问题通过报告形式,向当地水行政主管部门或淤地坝监管部门提出除险加固申请。

(4) 所有工作流程的时限设置。根据淤地坝安全运用相关规定执行,系统可以帮助各级有权限的管理人监督“三个责任人”按要求完成工作。

## 3 系统应用评估

本系统开发完成后,选择甘肃省天水市武山县防汛重点淤地坝工程进行试运行,录入 7 个淤地坝监管机构、5 级系统管理员、15 个系统用户及 13 座重点淤地坝工程,其中大(2)型淤地坝 6 座,中型淤地坝 7 座。试运行期间,系统运行流畅,信息反馈及时,上传图片能够满足安全隐患识别与判断。各级监管机构和工作人员,可以对 3 个责任人工作状态实时查看,对辖区内所有工程运行状况进行查询,按行政区、规模、运行状况等条件进行筛选导出,全面实现了预期目标。该系统全面推广后可极大提高黄土高原淤地坝工程安全运用管理能力。

### 3.1 监管人员全覆盖,巡查信息全公开,压实淤地坝工程防汛责任

本系统涵盖了黄土高原淤地坝工程有关的所有管理机构和工作人员,纵向从部委到省(自治区)市县

乡(村)5个层级,横向包括全部工程所在7省区。系统为每级淤地坝监管人员分配一个账户,每个用户能够看到辖区内的工程信息和人员工作动态,可以随时查询辖区内防汛责任落实情况,及时做出安排部署,调整工作方案,布置防汛工作任务。安全隐患反馈时间可以实现即时反馈,全系统人员各级监管人员均可看到,大大提高工作效率和监管效果。

### 3.2 限时定位打卡,简化数据填报,协助3个责任人履职尽责

本系统开启巡查人员定点打卡功能,根据淤地坝3个责任人巡查管理相关要求,可以动态设置巡查频次,提醒巡查责任人完成巡查任务,技术责任人制定除险方案,行政责任人及时处置,全程接受各级监管人员监督和指导,保证工作科学高效,切实做到对淤地坝安全隐患“及时发现,及时反馈,及时处置”。系统运行后,可以提高淤地坝工程隐患及时清除速度,避免小隐患拖成大问题,每年可以节省或减少除险加固投资超千万元。

### 3.3 规范信息统计,借助大数据云计算,推进淤地坝管理智慧化

本系统可规范巡查要求,实现巡查常态化。统一问题反馈方式,自动记录工作时间、存储文字、照片等资料,实现巡查时间记录、事件上报等功能,支撑淤地坝巡查工作日常管理。借助大数据云计算,实现问题分类统计,数据系统分析,提出淤地坝管理对策,为淤地坝管理智慧化奠定基础。

## 4 结论

本文提出了基于信息化技术和微信小程序平台的“淤地坝工程安全运用巡查管理系统”的设计与开发,从总体架构、功能需求、界面设计及操作方法等方面详细介绍了该系统的总体解决方案与应用效果评价。该系统的应用,可以确切落实淤地坝“3个责任人”管护责任,大幅缩短巡查责任人安全问题上报和主管部门处置反应时间,提升淤地坝工程安全管理信息化水平,对于解决当前淤地坝管理存在的问题具有重大的现实意义。同时,该系统还可嵌入智慧水利体系,完善水利工程监管的信息化水平,为淤地坝工程实现“四预”奠定基础,提供重要的借鉴和应用价值。

通过本系统推广应用,可以快速准确统计淤地坝安全隐患,形成黄土高原淤地坝运行管理大数据平台,结合新一代人工智能技术和持续累积的学习样本

数据,进一步优化扩充隐患图片库,进行淤地坝相关大数据的深度挖掘,提升图像智能判别安全隐患的准确性,全面实现黄土高原淤地坝安全巡查管理智能化、便捷化、高效化,促进黄河流域生态保护和高质量发展。

### [参 考 文 献]

- [1] Zhao Guangju, Mu Xingmin, Wen Zhongming, et al. Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the Loess Plateau of China [J]. Land Degradation & Development, 2013, 24(5): 499-510.
- [2] Shi Hui, Shao Mingan. Soil and water loss from the Loess Plateau in China [J]. Journal of Arid Environments, 2000, 45(1): 9-20.
- [3] 贾兴义,范正印,李林虎.淤地坝运行管理与效益调查分析[J].甘肃水利水电技术, 2013, 49(12): 53-54.
- [4] 郭索彦.加快淤地坝建设为全面实现小康社会提供生态保障[J].水土保持研究, 2003, 10(10): 9-13.
- [5] 曲婵,刘万青,刘春春,等.黄土高原淤地坝研究进展[J].水土保持通报, 2016, 36(6): 339-342.
- [6] 刘晓燕,高云飞,马三保,等.黄土高原淤地坝的减沙作用及其时效性[J].水利学报, 2018, 49(2): 145-155.
- [7] 魏艳红,王志杰,何忠,等.延河流域2013年7月连续暴雨下淤地坝毁坏情况调查与评价[J].水土保持通报, 2015, 35(3): 250-255.
- [8] 李昭淑.黄土高原淤地坝的建设与前景分析[J].水土保持学报, 1995, 9(3): 43-49.
- [9] 江志红,丁裕国,陈威霖.21世纪中国极端降水事件预估[J].气候变化研究进展, 2007, 3(4): 202-207.
- [10] 靳莉君,王春青,王鹏,等.黄河流域极端降水特征分析[J].水资源与水工程学报, 2016, 27(6): 44-48.
- [11] 刘雅丽,王白春.黄土高原地区淤地坝建设战略思考[J].中国水土保持, 2020(9): 48-52.
- [12] 王敏.黄河流域水土保持强监管实践与探索[J].中国水土保持, 2020(9): 53-56.
- [13] 李想.基于物联网的土质淤地坝监测预警系统[D].山西太原:太原理工大学, 2018.
- [14] 王彦武,周波,马涛,等.低空无人机遥感技术在淤地坝水土资源监测中的应用[J].中国水土保持, 2019(10): 64-66.
- [15] 史红艳.黄土高原淤地坝防汛监控预警系统建设展望[J].中国防汛抗旱, 2019, 29(3): 16-19.
- [16] 查治荣.基于移动互联的水文信息服务研究[J].水资源开发与管理, 2019, 17(11): 76-78.
- [17] 慧波,王答相,张涛.关于新时期黄土高原地区淤地坝建设管理的几点思考[J].中国水土保持, 2020(2): 23-26.