

堤防安全监管与安全监测评价系统建设研究

陈 卓, 梁力元

水利部珠江水利委员会技术咨询(广州)有限公司, 广东 广州

收稿日期: 2025年9月10日; 录用日期: 2025年10月19日; 发布日期: 2025年10月30日

摘 要

为提升堤防工程的安全管理水平, 实现从被动应对到主动预警的转变, 本研究设计并实现了一套集实时监测、巡查监管与安全评价于一体的堤防安全监管与监测评价系统。该系统综合利用传感器网络和物联网技术, 构建了多源数据的自动化采集与传输体系。在此基础上通过构建堤防安全评价指标体系实现了对堤防健康状况的动态诊断, 为堤防工程的科学养护、风险预警和应急决策提供可靠的数据支持和理论依据。

关键词

堤防工程, 安全监测, 巡查巡检, 物联网

Research on the Construction of Dike Safety Supervision and Monitoring Evaluation System

Zhuo Chen, Liyuan Liang

Technical Advisory of Pearl River Water Resources Commission (Guangzhou) Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Received: September 10, 2025; accepted: October 19, 2025; published: October 30, 2025

Abstract

To enhance the safety management of embankment projects and shift from passive response to proactive early warning, this study designs and implements an integrated embankment safety supervision, monitoring, and evaluation system. The system incorporates real-time monitoring, inspection management, and safety assessment functionalities. By leveraging sensor networks and Internet of Things technology, it establishes an automated collection and transmission framework for multi-source data, including displacement, seepage pressure, and water level. Furthermore, a safety evaluation indicator system for embankments is constructed to enable dynamic diagnosis of their structural health. This provides reliable data support and a theoretical basis for scientific maintenance, risk early warning, and emergency decision-making for

作者简介: 陈卓, 助理工程师, 研究方向: 水利信息化。Email: 673273831@qq.com

文章引用: 陈卓, 梁力元. 堤防安全监管与安全监测评价系统建设研究[J]. 水资源研究, 2025, 14(5): 549-554.

DOI: 10.12677/jwrr.2025.145060

embankment engineering.

Keywords

Embankment Engineering, Safety Monitoring, Inspection and Patrol, Internet of Things

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 概述

堤防在防洪、灌溉、城乡供水、航运和旅游等方面发挥了巨大的经济和社会效益，新形势下如何为生态文明建设提供安全保障等问题越来越受到重视和关注。我国堤防工程线长、点多、面广、类型多[1]，且堤防运行的自然环境和经济社会条件差异大，各工程管理水平仍有一定差距，堤防安全管理形势依然严峻。

2022 年水利部出台了《关于推进水利工程标准化管理的指导意见》[2]和《水利工程标准化管理评价方法》(水运管[2022]130 号)[3]，在推进工程管理信息化智慧化方面提出了新的要求。以某堤防工程为例，结合现场实地调研，分析堤防工程管理中存在以下主要问题：① 堤防管理方式主要依赖人工巡视巡查手工记录跟踪发现问题，这些方式不仅费时费力，而且效率低[4]。② 堤防的渗流、变形监测等方面缺少有效的自动化监测手段。③ 堤防工程智能化水平不足，工程安全数据进一步分析与利用程度较低。开展堤防安全监管与安全监测评价系统建设研究，应用物联网、自动化监测等技术[5]-[7]，完善前端监测感知设备、信息化基础支撑环境、构建堤防安全评价业务应用系统，能提升工程标准化[8]、智能化管理水平，为堤防工程的科学养护、风险预警和应急决策提供可靠的数据支持和理论依据。

2. 总体架构

总体架构分为监测感知层、基础支撑层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层等五个层次和信息安全体系、标准规范体系两个体系。详见图 1。

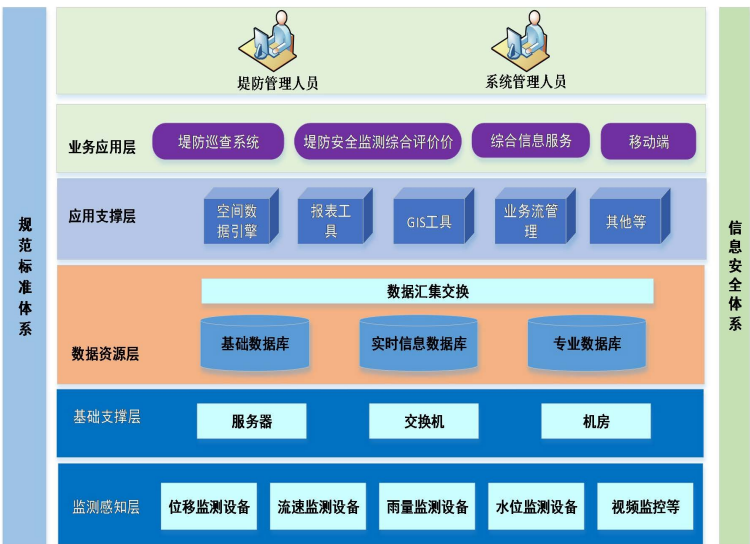


图 1. 总体架构图

业务应用层：堤防安全监测综合评价、综合信息服务、堤防巡检巡查和移动端。

应用支撑层：主要指支撑系统开发及运行所需的应用支撑环境。

数据资源层：包括基础数据库、监测信息库、业务数据库。

基础支撑层：包括支撑系统运行基础硬件设备，机房、服务器、交换机等及运行网络保障。

监测感知层：包括水位监测设备、雨量监测设备、位移监测设备、流速监测设备、视频监控等。

信息安全体系：主要包括网络安全管理体系、技术体系、运营体系和监督检查体系、数据安全等。

标准规范体系：主要包括管理制度、标准规范、运维保障等措施。

3. 建设内容

3.1. 监测感知设备建设

a) 视频监控布置

视频监控应用场景主要包括：排涝泵站泵房及排涝闸室出入口、泵房及闸室周边、防洪堤等区域。

排涝泵站泵房及排涝闸室出入口，出入口室外环境较复杂，人流量大，夜间光照条件相对较差，需要看清出入人员面部特征。因此，排涝泵站泵房及排涝闸室出入口安装 200 万像素人脸识别摄像机进行抓拍。

排涝泵房、排涝闸及大桥排涝闸周边，泵房及闸室周边光线环境亮度变化较大，白天存在光线逆光环境，夜间光线环境较暗，需要全天候看清进出人员的脸部特征；因此，在排涝泵房和排涝闸周边配置 200 万像素红外枪型网络摄像机，在大桥排涝闸临近的灯杆上安装 200 万像素红外枪型网络摄像机。

防洪堤是整个工程的核心，需要 24 小时对整个大堤进行不间断监控，因此，在大堤平均 200 米设置一个监控点，每个监控点安装两台 200 万像素红外枪型网络摄像机，考虑节约投资、工程的美观等因素，摄像机安装在灯杆上。

泵房高压配电室、高压电容器室、低压配电室、泵站安装间，以上各区域是整个排涝泵站的核心区域，是整个泵站安全稳定运行的前提，需要进行 24 小时不间断监控。因此，需要在以上各区域安装 200 万像素红外半球形摄像机。

水泵机组、前池、防洪闸启闭机，在以上各区域的安全是保障排涝泵站、闸门正常运行的前提，需要进行 24 小时不间断监控，因此在以上各区域安装 400 万像素红外枪型网络摄像机。

b) IP 广播系统

IP 广播系统建设四个部分：IP 广播服务器主机、IP 网络广播主控软件、IP 网络广播 GSM 文本转语音终端和 IP 网络广播音柱。

c) 工程安全监测设备是堤防工程安全运行的保障。主要包括位移监测、浸润线监测、降雨量监测、水位监测、温湿度监测等，并通过光纤将数据传输至服务器，由数据预处理系统进行统一汇总、分析，主要功能包括数据综合管理、远程控制、自动报表、权限管理等。

位移监测包括表面位移和内部位移监测，表面水平位移自动监测设备选用全球导航卫星系统(GNSS)。内部位移监测点布设在堤轴线内部，位移监测设备选用串联式固定测斜仪，设备安装后可根据实际需求设置时间区间进行数据采集。浸润线监测设备选择孔隙水压计，设备安装后可根据实际需求设置时间区间进行数据采集。降雨量监测设备选用雨量计，监测点布置在堤坝的地势较高且无遮挡处。堤防上水位监测设备选用高频雷达液位计，自动监测闸室内、外江水位，设备安装后通过光纤网络实现对水位信息的自动采集。温湿度监测需选用当前主流监测设备，设备内置通道保护模块，避免由于误操作时损坏仪器。在堤防上设置雷达流速仪，以自动监测闸室内、外江的流量。

3.2. 基础支撑建设

a) 机房

在排涝泵站办公层建设一个机房,面积 30 m²,建设内容包括机柜、汇聚交换机、空调、温湿度记录仪、机房综合布线以及气体消防系统。机房建成后为堤防工程的网络设备、服务器设备等信息化设施提供运行环境。

b) 通讯网络建设

视频监视系统的视频图像以 H.265 标准进行压缩和传输。在本系统中,采用光纤作为数据传输的主要载体,前端行程间通讯(Inter-Process Communication)信号通过双绞线及其光电转换设备,传输至接入层交换机,经接入交换机转发至磁盘阵列。网络传输部分主要采用二层网络交换机。

监测数据传输方式选用光纤和铜缆结合的组网方式进行监测数据采集。泵房内部监控点位采用六类双绞线传输,防洪堤及泵房周边各监控点采用单模光纤传输。

c) 供电系统

泵房内部设备就近取电,泵房周边及防洪堤设备从泵房内布设电源线路提供稳定电源。

3.3. 系统功能及实现

堤防安全监管与安全监测评价系统主要包括堤防安全监测评价、综合信息服务、堤防巡检巡查和移动端四部分。

3.3.1. 堤防安全监测综合评价

主要包括监测评价概览、数据接收、资料整编、资料分析、综合评价。

- a) 数据接收:接收前端监测设备数据,可查看实时监测数据。同时支持对历史监测数据的查看与统计。
- b) 资料整编:维护桩号、站点信息,对已有数据进行报表打印等。
- c) 资料分析:用于对实际测得的监测数据作进一步的计算及分析处理,主要包括滞后时间分析、建立统计模型、位势分析、浸润性分析、渗压分析等。
- d) 综合评价:主要利用监测数据通过建立模型、指标体系等堤防实测性态进行综合评价,主要包括建立模型、模型结果显示、模型结果保存和结果评价功能。

3.3.2. 综合信息服务

综合展示、概化图、气象信息、台风路径、预报信息、预警管理。

a) 综合展示:基于 GIS (Geographic Information System)一张图,实现各类水情、雨情、工情、视频等信息在统一界面下的一体化综合监视和告警服务。包括水情信息、雨情信息、工程信息、安全监测、实时视频等。当某一监测点具备监控设备,如摄像机还可以显示该监测点的视频影像信息;并能够针对实时暴雨、实时超标(超警戒或超保证)洪水、实时工情等进行自动更新显示和报警。

b) 概化图:展示工程概况、工程位置、重要监测站点信息。

c) 气象信息:能够在电子地图上,以动画的形式展示各时间点采集的卫星云图、气象雷达图,直观了解云层、降雨的变化过程。

d) 台风路径:在电子地图上实时显示历史和最新台风实时路径信息、多家预报台的预报信息,并标注相应台风十级风圈半径、七级风圈半径等;同时结合绘制在电子地图上的 24 小时警戒线、48 小时警戒线,可实现对台风的预警。

e) 预报信息:接收重要天气预报、短时天气预报,来水预报等信息。

f) 预警管理:对水情、雨情预警设置,设置不同的降雨等级和对应的正常、预警、超警的预警状态。显示当前的预警列表清单。

3.3.3. 堤防巡查巡检

堤防巡查巡检模块包括我的工作台、信息服务、上报信息接收、巡查管理,方便堤防管理人员定期对堤防

及重要断面进行日常巡查、安全隐患排查、重要断面检查等，及时发现隐患问题，并提供拍照上传、巡查轨迹跟踪、问题统计分析功能。

a) 我的工作台

我的工作台包含用户信息、密码修改、系统登出、当前任务、检查小组、小组成员信息子功能。用户信息显示用户的个人信息，包括头像、昵称、单位、手机、地址等；密码修改用于修改用户账号的密码；系统登出用于注销用户登录状态。当前任务模块设置当前的检查任务，是发现问题模块的默认任务项。当前任务可在本模块设置，发现问题勾选任务后，亦能自动设置当前任务。检查小组模块展现用户所在现场检查小组和现场检查小组成员的信息。小组成员信息以列表形式展示，点击小组成员可查看其详细信息，包括姓名、单位、职位、联系方式等，可与其他组员一键呼叫，即时沟通。

b) 信息服务

主要包括实时巡查监控、基础信息服务和专题信息服务，实时巡查监控可查询实时监控各巡查队伍、巡查人员的巡查轨迹，并实时接收巡查人员上报的问题；基础信息服务主要提供巡查相关的工程信息、人员队伍信息等；专题信息服务主要利用一张图展示巡查轨迹、巡查问题、巡查问题整改情况等。

c) 上报信息接收

主要包括事件展示、事件上报、处置方案。上报问题接收通过互联网，实现移动端微信小程序填报后 web 端实时接收到外业终端上报的事件信息，包括图片、视频及相关文本信息。提供事件上报预警功能，当有新的事件上报时，系统会进行预警提示，点击该预警信息，可将该事件在地图上叠加显示，同时显示事件详细信息。上报问题处理管理人员可根据上报的具体填报信息、图片信息、视频信息以及其他相关信息进行合理处置。处置方案包括执法处置、养护维修处置、移交相关单位处置。根据权限，单位管理人员可在系统中接收到上级派发的养护、执法信息，管理人员需根据任务详情对其进行处置，处置完毕后将实际的处理完成情况在系统中录入登记，进行流转。

d) 巡查管理

该功能主要是对现场检查原始记录的管理，包括提交问题、处理意见以及整改措施，生成问题记录表等功能。问题记录里包含问题发现点的坐标信息，准确记录堤防巡查人员在巡检中问题发现点的位置，做到巡查问题可记录、可追溯、可跟踪。系统还提供统计功能，根据用户需要进行多维度统计，统计某个范围内安全隐患发生情况。

3.3.4. 移动端

移动端的主要功能包括我的工作台、信息展示、堤防巡查、视频监控、巡查统计等五大子功能。

a) 我的工作台在微信小程序上展现用户所在现场检查小组和现场检查小组成员的信息。小组成员以列表形式展示。点击小组成员可查看其详细信息，包括姓名、单位、职位、联系方式等，可与其他组员一键呼叫，即时沟通。

提供设置当前巡查工程任务和批次的功能，设置当前任务后，在打开发现问题时会默认使用设置为当前任务的工程。展现用户在巡检过程中最新发现的问题记录，显示本用户发现的问题统计信息。

b) 信息展示

提供地图服务和堤防巡查专题服务。直观地显示用户的实时定位信息和周围的水利工程、实时问题发现位置、历史隐患点、出险地点等信息，方便现场检查人员了解整体情况，安排检查路线。

c) 巡查上报

实现现场检查人员的移动检查功能，现场检查人员可随时随地通过文字、语言、图片、视频等方式上传发现的问题和安全隐患信息，保障定位信息真实有效。利用网络地图技术实时定位，选择堤防检查项目，通过文

字、图片、语言、视频等多种方式对检查内容和技术指标进行描述,问题随时上传,增加工作效率,保证信息真实有效、操作简单便捷。领导及相关人员能够在第一时间在 web 端了解掌握出险情况。

d) 巡查记录

该功能主要保存巡查过程中发现的问题记录,主要以列表的形式展示,还提供记录的查看、查询、筛选等功能,主要用于现场检查人员回顾现场检查记录,了解问题情况。

e) 巡查统计

管理员用户可对基层人员上报的问题进行多维度的统计,有利于巡检人员直观了解到某一区域、某一时间段安全隐患发生情况。提供巡查问题的多维度统计功能,可根据时间、区域、巡查类型等进行统计,统计的结果用饼图、柱状图、折线图等形式展现,简洁直观,方便决策人员掌握堤防检查工作的整体情况。

4. 结语

依据堤防工程运行管理总体需求,围绕防洪、保障工程安全运行的主要任务,利用当前的堤防安全监测、物联网等信息化新技术,完善工程安全监测、视频监控等前端感知设备,建设安全评价业务应用系统实现监测数据汇聚展示、数据分析预警、工程安全评价、堤防巡查巡检。可提高工程的工程实时监控、运行管理、预测预警的综合能力,为堤防工程的日常管理及决策提供有效支撑。

参考文献

- [1] 董宏强. 基于水利工程安全下的堤防管理优化措施分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025(24): 193-195.
- [2] 关于推进水利工程标准化管理的指导意见[J]. 水利建设与管理, 2022, 42(4): 1-2+6.
- [3] 水利工程标准化管理评价办法[J]. 水利建设与管理, 2022, 42(5): 1+44.
- [4] 王昱. 堤防工程安全评估自动化监测技术实践与思考[J]. 现代工程科技, 2025, 4(3): 177-180.
- [5] 薛子龙, 万景红, 罗京蕾, 等. 基于 GNSS 的长江堤防位移变形监测与分析[J]. 水利技术监督, 2025(5): 43-47.
- [6] 薛子龙, 万景红, 石蓝星. 长江堤防南京段安全智能化监测应用[J]. 水利建设与管理, 2025, 45(1): 39-43+79.
- [7] 杨俊杰, 杨艳慧, 王梦旭, 等. 堤防渗流自动监测系统在高港枢纽堤防中的应用研究[J]. 治淮, 2024(8): 18-20.
- [8] 许闻婷. 新形势下推进堤防工程标准化管理方法研究[J]. 水上安全, 2025(4): 118-120.