

# 基于数字技术的堤防管理与维护措施研究

何 燊

(五河淮河河道管理局, 安徽 蚌埠 233300)

**摘 要** 堤防作为防洪与水资源利用的重要基础设施, 承载着保护人民生命财产安全和推动经济发展的重要任务。然而, 传统的堤防管理与维护面临着许多挑战, 如信息获取不及时、主观判断偏差、维护成本高等问题。而近年来数字技术在土木工程领域中以其高效、准确、智能的特点, 为堤防管理与维护提供了全新的解决方案。基于此, 本文将重点探讨数字技术下的堤防管理与维护, 以期为相关从业人员提供有益参考。

**关键词** 数字技术; 堤防管理; 维护措施; 风险评估; 应急处理

中图分类号: TV8

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0079-03

数字技术的广泛应用使得堤防的状态监测、风险评估、维护决策等环节可以更加全面、科学地进行。例如, 传感器技术可以实时监测堤防的裂缝、沉降、应变等物理状态参数, 提供数据支持给堤防管理决策者。遥感技术如卫星影像和无人机可以提供高分辨率的堤防巡查数据, 帮助快速发现问题并进行预警处理。数据分析与人工智能技术可以利用大数据处理、机器学习、深度学习等方法, 对堤防状态进行预测、故障检测与维护决策的支持。可以发现, 通过引入数字技术, 我们可以实现堤防监测与预警的即时化、精确化, 维护决策的科学化、准确化, 从而提升堤防的安全性。

## 1 堤坝管理维护的重要性

堤坝是我国重要的防洪设施, 其对于河流、湖泊等水体的调控和洪水防范都起着至关重要的作用。通过科学的管理维护, 确保堤坝的完整性和稳定性, 减少洪水对周边地区的破坏, 从而保护人民的生命和财产安全。同时, 堤坝在农业灌溉和城市供水中也起着重要作用。通过科学管理, 可确保堤坝的正常运行和水资源的可持续利用, 从而为农田提供稳定的灌溉水源, 为城市居民提供安全供水。此外, 堤坝管理维护不仅关乎人类利益, 也关系到生态环境的保护。其管理维护可减少水库淤积现象, 保持水质清洁, 维护水生态环境的生物多样性, 从而促进水体的可持续发展。另外, 堤坝是水电站等重要能源和交通基础设施的关键组成部分。通过管理维护, 可以确保水电站的正常发电和交通系统的畅通, 为经济发展和基础设施建设提供可靠支持<sup>[1]</sup>。最后, 堤坝管理维护涉及水利工程、土木工程、环境科学等多个学科知识的应用。通过实践研究, 可不断改进堤坝相关技术, 为学科的发展提

供了实践基础。因此, 合理有效地进行堤坝管理维护, 对于社会生产生活具有不可忽视的重要性。

## 2 传统堤防管理维护常见问题

以笔者所在单位城关管理所为例, 堤段位于淮河中下游淮河左岸五河境内, 管理堤防全长 20.233km, 上与五河头铺段相接, 下与江苏泗洪相连。由于堤防战线长面广, 易受到自然的和人为活动的影响及损坏, 所以堤防的管理既有工程技术层面的管理, 又有社会层面的管理, 相对来讲社会管理难度更大。因而在传统堤防管理维护中有以下常见问题。

### 2.1 数据获取困难

传统堤防管理主要采用人工巡查和主观判断, 数据收集不及时、不全面、不规范, 导致人们无法全面了解堤防的实际状况和风险情况。同时, 传统的数据处理方式较为简单, 无法进行数据挖掘和分析, 导致数据被浪费或被忽视, 进而导致管理决策和措施的不准确和迟缓。一方面, 传统的堤防管理方式主要依赖人工巡查下的主观判断, 这种方式容易导致数据收集不及时、不全面和不规范, 容易造成相关团队无法第一时间了解堤防的实际状况和可能的风险因素。另一方面, 传统堤防管理对于数据处理的处理方式相对简单, 不能进行相关数据的深度挖掘。这就导致了大量的数据被忽视, 无法发挥直观表述潜藏着的堤防重要信息, 很容易造成管理决策的迟缓。

### 2.2 以预防性维护为主

一方面, 传统的堤防管理采用的是以事后维护为主, 即等到出现问题后才采取突击性的修缮措施, 这不仅增加了维修的成本, 还会增加人员现场风险。另一方面, 事后维护方式无法提前发现潜在问题, 导致

安全风险增加。例如,堤防存在泄漏、渗漏、冲刷等问题,如果事后才发现并进行修缮,这些问题已然导致了严重经济损失<sup>[2]</sup>。

### 2.3 应急响应迟缓

传统的堤防管理若遇到突然的灾难或变故,常常不能迅速响应和支持灾后重建,人员安全保障也难以得到保障。例如,对于发生突发事件导致的水位上涨、洪水暴发等情况,传统的堤防管理体系往往缺乏准确预测和足够灵活的应急响应方案,导致维修成本高昂,而且挽回损失的效果不佳。

## 3 堤防管理与维护应用中的数字技术

为解决传统堤防管理的不足,数字技术被广泛应用于堤防管理与维护当中,实现对堤防状态的实时监测、科学管理、合理维护。具体而言,首先,传感器技术可在堤防监测中发挥着重要的作用。例如,裂缝监测是堤防管理中的一个关键环节。传感器可以安装在堤防上,实时监测裂缝的变化情况,通过数据记录并加以分析,可提供裂缝发展趋势,从而完成预警信息。同时,在堤坝管理中应变监测也是一个重要指标,而通过安装应变传感器来实时监测堤防的变形情况,可为堤防的安全性评估提供支持。其次,遥感技术,如卫星影像和无人机技术可提供高分辨率的图像数据,能够迅速获取大范围的堤防信息。获取到的这些数据可用于定期巡查、监测变化、检测潜在问题,并且在地理信息系统(GIS)的支持下,能够实现堤防巡查的智能化、高效化,为堤防管理决策提供可靠的数据依据<sup>[3]</sup>。此外,数据分析、人工智能这类技术也可被广泛应用于堤防管理与维护当中。例如,对历史数据进行统计分析,可揭示堤防固有的问题,并为维护计划提供科学依据。同时,数据分析还可帮助管理者及时识别突发事件,准确捕捉变化动态信息,从而最大限度地提高堤防管理效果。同时,将数据分析、人工智能技术结合材料科学,可实现结构参数的特性评估,利用智能物联网技术,可实现堤防汛期安全运行管理、重点部位安全实时预警等功能,从而提高堤防建设、维护和管理的技术化水平。

## 4 数字技术的堤防管理与维护应用方向

堤防工程是防洪的屏障,堤防的安全与否直接关系到保护区内人民的生命财产安全和经济建设。在新时期,只有通过数字技术、经济、行政、法律等多种手段对堤防进行管理工作,才能有效维护堤防工程完整,确保工程安全,充分发挥地方工程的防洪、排涝、抗风浪和风暴潮的作用,因而将数字技术应用于堤防

管理与维护中有极其重要的现实意义。

### 4.1 基于数字技术的堤防管理系统

该堤防管理系统是针对堤防管理与维护而开发的一种智能化系统,通过运用传感器技术、遥感技术、数据分析与人工智能技术等手段,实现对堤防状态的实时监测、维护决策的科学支持以及故障的预测与检测。管理系统通常由以下几个部分组成:

1. 数据单元:负责接收、存储并处理来自不同传感器和数据源的监测数据。通过使用云计算和大数据技术,系统可以实现高效、可扩展的数据处理,将数据转化为有价值的信息供管理者使用。

2. 智能模型:系统利用数据分析与人工智能技术,对堤防的状态进行预测、维护和平衡分析。大量监测数据可以帮助建立数据模型,并利用机器和深度学习等技术,提供精确的堤防健康状况预测、故障检测与预防性维护等决策服务。

3. 可视化交互:系统提供了堤防状态的可视化与交互工具,让管理者能够快速、直观地了解堤防状态并进行相应的决策。常用的可视化工具包括GIS技术、虚拟现实技术和3D建模等。

其运行流程是系统采用云计算技术,支持高效、大规模、动态的数据存储,然后进行数据预处理(例如数据清洗、转换和融合),并运用数据分析与人工智能技术进行堤防状态的预测和预警。此外,堤防管理系统的可视化与分析工具就是用于解决决策者利用数据进行决策的严重问题。例如,虚拟现实技术可以帮助管理者进行行动方案的演示和风险评估,3D建模技术则可以帮助决策者更好地理解堤防状态。

### 4.2 基于数字技术的堤防维护方案

堤防维护方案是通过运用传感器技术、遥感技术、数据分析与人工智能技术等手段,实现问题预测、主动维护和预防性维护等策略实施的计划。在制定堤防维护方案时需要重点注意以下几个方面:

1. 数据的实时性:方案需实时分析来自堤防监测传感器、遥感设备以及其他数据源的数据,以检测堤防的健康状态,并实现堤防问题的科学预测。

2. 维护决策支持:方案需要合理运用数据分析与人工智能技术,为堤防管理者提供精准的维护支持决策,从而降低维护风险和成本。

3. 主动维护与预防性维护并行:针对可能出现的问题,方案应明确主动维护和预防性维护的具体策略,抢先解决潜在的问题,从而避免更高的维护成本和风险。

该方案是利用大数据和人工智能技术,将传感器

数据、遥感数据和其他相关数据源的信息集成和处理,为决策者提供全面的决策支持。其中的预测模型负责堤防健康状况预测,并结合 GIS 技术,提供地理位置的数据可视化分析,以更好地帮助决策者理解复杂的堤防状况。

#### 4.3 基于数字技术的堤防风险应急处理

堤防风险评估与应急响应是利用传感器技术、遥感技术、数据模型等数字技术手段,对堤防可能出现的风险进行评估,并采取相应的应急响应措施来及时应对风险的一种技术。在堤防风险评估中,通过监测传感器收集到的实时数据,对堤防的健康状态进行监测。同时,利用这些监测数据进行建模分析,推断出堤防的变形、水位异常等潜在的风险。并结合数据模型的应用,量化出风险程度,评估可能出现的影响,进而帮助决策者以科学的方式制定风险管控措施。其次,采用智能预警技术,根据实时监测数据和模型预测结果,及时发出堤防的告警信号,提醒相关人员采取行动。此外,基于传感器数据和模型分析,帮助决策者确定紧急修复方案。例如,通过检测到的变形数据,可确定受损的部位第一时间进行修复,从而降低堤防安全风险。最后,数字化维护记录和维护工具也可以提供更高效、准确和可追溯的维护过程。

### 5 案例研究

#### 5.1 应用案例

近年来,基于数字技术的堤防管理与维护方案已经在全球范围内得到广泛应用,以下是几个成功案例:

1. 兰溪市钱塘江农防加固工程:该工程为富春江水库库区回水堤防,其引入新一代的物联网、移动互联网、决策分析优化、无线宽带等信息技术。依托这些新技术,通过感知化、互联化、智能化的方式,将河道堤防资源中的物理基础设施、信息基础设施、社会基础设施和商业基础设施等连接起来,从而提高河道堤防管理水平与服务效率,使之成为可以指挥决策、实时反应、协调运作的“智慧化系统”<sup>[4]</sup>。

2. 荷兰莱茵河堤防智能监测系统:荷兰莱茵河是重要的区域性维护工程,为了保证堤防安全,该工程利用传感器和遥感设备实时监测堤防状况。监测数据收集后,运用人工智能技术分析,以预测可能出现的问题。

3. 陆家嘴金融城高水位防控系统:该系统采用了传感器、在线监测设备和遥感设备等技术,实时监测堤防健康状态。同时,该系统还采用实时数据监测分析,以及模拟预测未来的水位情况。

#### 5.2 成功经验分析

前述案例中,都展示了数字技术的重要作用。其核心要点是使用变形传感器、压力传感器、位移传感器等多种传感器,监测和评估堤防的状态。并利用数据融合技术,将不同传感器的数据进行整合,从而提高数据的可靠性。其次,通过云计算平台,实现高速数据传输、实时数据处理和数据存储,使得管理者能够及时分析堤防状态。此外,还建设智能训练算法,使系统可自动优化模型,从而进一步提高预测的智能化。

#### 5.3 实际应用挑战分析

在实践中,数字技术的应用过程中也存在一些问题值得关注。如,堤防监测系统过于依赖传感器数据。因此,就要在实际应有过程中定期对传感器进行维护和校准,以确保数据的准确性。同时,传感器有一定的寿命限制。因此,在堤防管理系统中,应建立传感器的寿命评估模型,并根据实际情况进行更换和维修。此外,堤防管理系统的建设和应用阶段,都需要进行详细的规划设计,包括需求分析、系统架构设计、数据采集方案等<sup>[5]</sup>。同时,还需要对各种技术进行选型集成。此外,在系统运营阶段,相关单位应建立管理规范流程,明确责任、权限。同时,还需要制定相关政策,提供必要的人力、资金支持,从而推动堤防管理系统的广泛应用。总之,只有在各个层面的配合下,才能实现堤防管理和维护的可持续发展。

综上所述,数字技术在堤防领域应用中可实时监测各种堤防参数,提供实时预警。特别是通过数据分析和机器学习技术,能够预测损害模式,从而及时采取相应措施,避免损害。而未来,随着传感器技术、数据采集技术、数据分析、人工智能技术、云计算、边缘计算技术等数字技术的不断进步,将会推动堤防管理与维护的进一步发展。

#### 参考文献:

- [1] 郑晓丹,任健.兰溪河道堤防数字化管理实践[J].人民长江,2016,47(S1):181-184.
- [2] 杨榕.基于数字孪生技术的堤防安全监管系统设计[J].水利技术监督,2023(10):55-58,109.
- [3] 李军.基于新一代信息技术的河道堤防“智慧防控网”建设研究[J].电脑知识与技术,2023,19(23):87-89.
- [4] 郑晓丹,任健.兰溪河道堤防数字化管理实践[J].人民长江,2016,47(S1):181-184.
- [5] 曹凌敏,杨步天.新万福河济宁段河道堤防管理数字化平台设计[J].治淮,2022(12):40-42.