

# 智能监测预警技术在堤防巡查中的应用

宋 峰<sup>1</sup>, 江如春<sup>2</sup>, 傅 政<sup>1</sup>

(1. 江苏省淮沐新河管理处, 江苏 淮安 223005; 2. 江苏省江都水利工程管理处, 江苏 扬州 225200)

**摘要:** 利用高科技手段精准识别堤防险情, 减少人力巡堤的工作量和强度, 提升巡堤效率, 探索堤防运行的经常性监测, 及时发现和处理堤防的险情隐患, 能有效保障堤防的安全。利用无人机、卫星、雷达等监测手段构建智能监测预警系统, 根据科学的分析对堤防的安全状态进行评价和预报, 可以及早发现险情和维护堤防安全, 为寻堤查险工作提供新的方法与技术。

**关键词:** 智能监测; 预警系统; 堤防巡查

中图分类号: TV871.2

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2023)01-0065-0004

## Application of intelligent monitoring and warning technology in embankment patrol

SONG Feng<sup>1</sup>, JIANG Ruchun<sup>2</sup>, FU Zheng<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Huaishuxin River Management Office, Huai'an 223005, China;

2. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office of Jiangsu Province, Yangzhou 225200, China)

**Abstract:** The use of high-tech means to accurately identify embankment hazards, reduce the workload and intensity of human patrol, improve the efficiency of embankment patrol, explore the regular monitoring of embankment operation, timely detection and treatment of embankment hazards and hidden dangers, can effectively protect the safety of embankments. Using UAV, SATELLITE, RADAR and other monitoring means to construct intelligent monitoring and early warning system, according to the scientific analysis of the safety state of the dike evaluation and forecast, can early find the danger and maintain the safety of the dike. It provides new methods and techniques for dike search and risk inspection.

**Key words:** intelligent monitoring; warning system; embankment patrol

河流、湖泊、水库等的堤防稳定不仅关系到水资源的调度, 也关系到水利工程的安全运行。堤防渗水现象常出现在背水坡, 是巡堤查险的重点对象。在梅雨季节, 江河湖库等受强降雨影响, 水位急速上升, 堤防受长时间高水位浸泡, 不仅需要进行巡堤查险以保障堤防的安全, 还需加大巡堤查险力度和频次, 以防发生渗水、塌方、失稳等险情。

### 1 智能监测预警技术的必要性

(1) 人工巡查耗费大量人力物力。人工巡查效率较低、费时费力且只能小范围内排查, 一些隐秘或者人员不易涉足的区域容易被忽略, 巡查能力有限, 巡查结果易受巡查人员的影响, 且人工巡查出险情往往是在险情发生后, 存在一定的滞后性。

收稿日期: 2022-10-26

作者简介: 宋峰(1989—), 男, 工程师, 本科, 主要从事水闸运行管理、水利工程建设等工作。E-mail: 493560787@qq.com

(2)传统监测手段监测范围小。传统的巡查和测量手段,如水准仪、全站仪等,只能巡查和监测小范围内部分点的变形信息,除存在费时费力易受测量人员影响的问题外,还存在不能全覆盖监测的缺陷。

(3)多监测技术综合应用能力不强。目前的测量新技术越来越多,但一些新技术在堤防巡查和监测方面的应用仍然存在一些问题与挑战,如何将多种测量手段获取的多源数据进行有效整合,以充分利用各类监测成果,是目前迫切需要解决的问题。

(4)缺少可靠的堤防背水坡渗水现象检测与识别技术。目前的测量技术多侧重于堤防变形监测与变化检测,对堤防渗水现象的超前预警与快速识别却少有研究。

无人机、卫星、雷达等监测手段具有非接触式绿色测量优势<sup>[1]</sup>,不会对监测目标造成二次影响与伤害,能最大限度减少对生态环境的影响。全球导航卫星系统测量手段具有效率高、精度高等优点。20世纪90年代,在长江三峡等大型水利水电工程中应用全球定位系统进行变形监测,后续在各类水库、大坝、堤防等变形监测中得到广泛应用<sup>[2]</sup>。合成孔径雷达技术(Synthetic Aperture Radar, SAR)具有全天时、全天候、连续空间覆盖、高度自动化、高精度和低成本等优点,对表层土壤和植被具有一定的穿透能力,能够反演土壤水含量,使堤防渗水预警成为可能。SAR技术能够从面域获取大面积地表沉降信息<sup>[3]</sup>,其理论监测精度可达亚厘米级,已在水库、大坝、堤防等水利工程的变形监测方面得到了广泛应用。无人机技术、高光谱成像仪、GNSS测量手段、SAR技术均无法获取水下的高程及河势变化数据,而多波束全覆盖测量技术实现了水下地形的全覆盖扫测<sup>[4]</sup>,其在水利工程建设、水下地形测量、河势变化监测、水流场模拟等方面已得到了广泛的应用。但以上方法均无法对堤防内部结构进行探测。探地雷达方法具有无损性、连续性、整体性、经济性和快速性<sup>[5]</sup>,以及高分辨能力、较大探测深度和对场地环境有较大适应性等优点,是探测堤防内部结构隐患的最有效的方法之一。

## 2 智能监测预警技术的优势性

随着卫星传感器技术、航空航天技术的发展,遥感技术在各行各业的应用中显示出巨大的潜力<sup>[6]</sup>。目前,卫星遥感、无人机、探地雷达、多波束探测等

手段相结合,构建覆盖全国的智能监测预警一体化水利感知网,成为堤防动态巡查、监测和保护应用的行业共识。

无人机摄影测量技术、高光谱成像仪、GNSS、SAR技术、探地雷达和多波束探测技术均在水利行业得到广泛的应用。无人机倾斜摄影测量技术是国际测绘业近年逐渐发展起来的一项高新技术,它克服了传统航空摄影测量技术仅使用单一角度获取影像的缺点,通过分析多视角影像可制作更直观、更真实的三维数字产品,在水土保持监测、河道巡查与监管、防洪抗旱减灾、水利工程建设与管理等方面已得到广泛的应用。该技术获得的三维数据可以真实地反映地物的本来面貌,客观再现地物的外观、结构以及高度等属性,可为堤防隐患排查提供更加详细的信息。高光谱成像仪能够获取超高分辨率的高光谱影像,在地物识别方面具有独特的优势,如果堤防背水坡发生渗水现象,则可利用渗水区域独特的后向散射特征来提取渗水的位置与范围。如果在无人机上同时安装高清相机和成像光谱仪,则可获取研究区域的高清影像和高光谱影像,因此能够用于堤防渗水现象的检测与识别及其稳定性监测。

探地雷达系统利用天线向被检测物发射宽带高频电磁波,电磁波信号在介质内部传播时遇到介电差异较大的介质界面时,会反射并返回。两种介质的介电常数差异越大时,反射的电磁波能量也越大。反射回的电磁波被与发射天线同步移动的接收天线接收后,由雷达主机精确记录下反射回的电磁波的运动特征,再通过信号技术处理,形成全断面的扫描图,再通过对雷达图像的判读,判断出目标物的实际结构情况<sup>[7]</sup>。探地雷达图通常以脉冲反射波的形式记录,根据回波信号的时延、形状及频谱特性等参数,可解译出目标的深度、介质结构及性质。探地雷达能够检测堤身内是否有裂缝、空洞等问题,能够对堤防失稳的原因进行分析。

多波束测深技术突破了传统单波束测深技术的局限,具有测量快速、精确、范围广等优势,将测深技术从传统的点状、线状延伸到面状,并进一步发展到三维立体图,因此水域地形测量技术发展到了更高的水准,因此其在水下地形的三维形态监测中具有明显优势。该技术能为堤防巡查与监测提供水下地形资料,是对多种测量数据的最好补充。

无人机技术、高光谱成像技术、GNSS测量手

段、SAR技术、探地雷达和多波束探测技术在空间和时间上各具特点与优势,结合各种监测方法的优势来弥补各种方法的缺陷,合理规划各种方法的使用范围和频次来获取堤防的多种监测数据,并将多种监测数据进行有效整合,不但能够保证监测精度、满足行业需求,而且能够极大地节省人力、物力、财力,多种新型监测技术及其合理使用均具有较大的推广价值。

### 3 智能监测预警技术方案分析

依据“宏观(定性)-局部(定量)-细部(查因)”的隐患排查及变化分析原则,根据SAR影像的监测结果进行堤防的全局动态探测,排查可能存在渗水

等安全隐患的危险区域。使用无人机获取的危险区域的三维影像和高光谱影像进行精细安全隐患排查,使用GNSS监测危险区域中部分点的三维形变进行危险区域的定量变形分析,使用探地雷达探测堤防内部结构确定堤防内部是否存在安全隐患。根据多波束探测测量结果确定安全隐患与水下相关的成因,最终可根据全部测量结果确定危险区域的危险指数,分析其形成机理及可能的发展趋势。

利用多维度的监测方案,不仅可以降低寻堤查险的成本,还能快速排查出存在安全隐患的区域并及时进行处理,同时有效地全局把握堤防整体稳定状态。总体技术路线见图1。

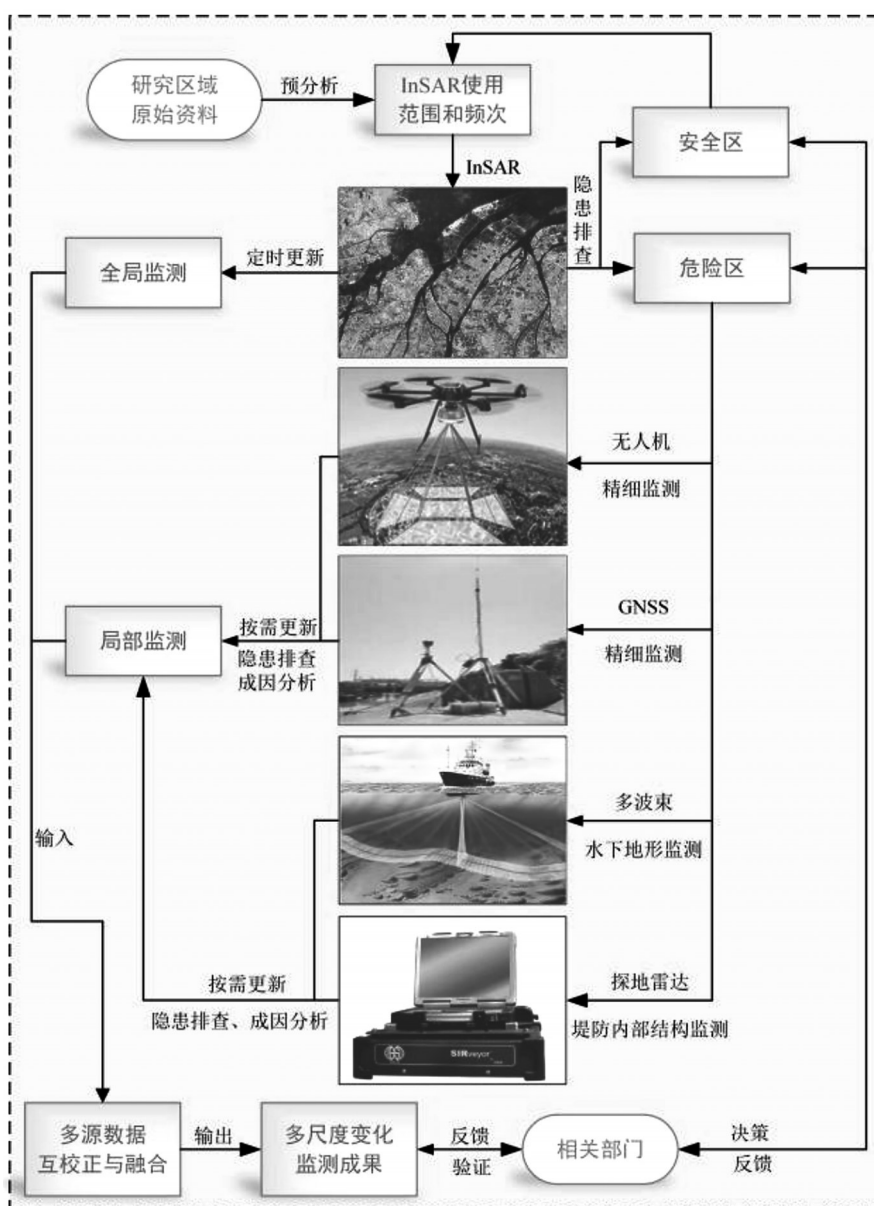


图1 总体技术路线

利用智能监测预警技术开展巡堤查险的主要优势如下:

(1)可使用SAR和高光谱成像仪来检测堤防背水坡渗水现象。使用SAR影像后向散射信息反演堤防土壤水含量,使用无人机载高光谱成像仪获取危险区多光谱影像进而识别渗水现象。SAR影像能够获取大面积堤防土壤水含量信息,能够对堤防的渗水隐患进行全局预先排查,如果土壤含水量有异常现象,说明堤防内部可能已产生裂缝、空洞等,需对该地区重点关注,可利用探地雷达等方法检测堤防内部的结构是否发生变化。对于排查出的危险区,再使用无人机载高光谱成像仪获取的多光谱影像识别出渗水现象,从而达到堤防渗水现象的预警与识别。

(2)可根据多种巡查和监测方法的使用范围及频次进行合理规划。利用常规的监测方案对堤防隐患进行全面排查及稳定性全覆盖监测,需要耗费大量的人力、物力、财力与时间。先使用SAR获取大范围地表土壤水含量和形变信息,预先识别出可能渗水的危险区域,再使用无人机、光谱成像仪、GNSS、探地雷达和多波束对危险区域进行三维监测、高光谱监测、堤身内部结构检测和水下地形测量。对于需加密巡查和监测频次的汛期,不仅可以降低寻堤查险的成本,能够快速排查出存在隐患的区域并及时进行处理,而且还可以有效全面地把握

堤防的整体稳定状态。

## 4 结 语

利用智能监测预警技术,不仅可以实现堤防渗水失稳现象及其稳定性的整体定期排查,快速定位渗水或者失稳区域,比传统巡查和监测方式节省了大量的人力、物力、财力,为堤防的巡查排险、防洪减灾、开发利用、整治保护等工作提供了可靠的技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 黄健,刘爱霞,廖栩,等. 多源遥感技术助力动态土地执法巡查[J]. 中国国土资源经济,2019,30(10):23-26.
- [2] 王俊.“空地潜一体化”技术在巡堤查险中的应用[J]. 江苏水利,2021(8):55-59.
- [3] 薛跃明,郭华东,王长林,等. 基于D-InSAR技术的矿区地表形变监测研究[J]. 遥感应用,2008(5):33-36.
- [4] 郑晖. 多波束与侧扫声呐在水下探测中的应用[J]. 中国新技术新产品,2020(10):34-36.
- [5] 张峰. 水利工程隐患探测中雷达的应用[J]. 珠江水运,2017(7):11-13.
- [6] 马聪丽,薛艳丽,陈骏,等. 航空航天遥感测绘标准建设研究初探[J]. 遥感信息,2017,33(3):17-25.
- [7] 王超,常银生. 探地雷达在混凝土缺陷检测中的应用[J]. 遥感信息,2008,34(28):89-90.