

# 基于深度学习的水利工程安全监测预警模型研究

朱明<sup>1</sup> 李盼<sup>1</sup> 周政权<sup>2</sup>

1. 沭阳县水利局 江苏 宿迁 223600

2. 江苏省沭阳县张圩 江苏 宿迁 223600

**【摘要】**：文章对基于深度学习技术的水利工程安全监控预警模型进行研究，并提出应用深度学习技术进行水利工程安全监控优化的构架和方法。深度学习可以通过图像识别、时间序列预测等方法准确识别水利工程潜在安全隐患并实时预警。利用卷积神经网络（CNN）和长短期记忆网络（LSTM）等技术模型，我们对坝体的结构、流量的变化和气象数据进行了全面的分析，从而实现了数据的多维度融合，进一步提高了监测的准确性和及时性。并对深度学习的数据处理、模型优化和面临的挑战进行讨论，对其今后发展进行展望。研究表明：深度学习将是提高水利工程安全管理效率与应急响应的关键技术。

**【关键词】**：深度学习；水利工程；安全监测；预警模型

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.084

## 引言

水利工程在防洪、灌溉以及供水中发挥着重要的作用，然而随着工程规模的扩大以及风险因素的复杂化，常规安全监测手段已经不能满足需要。深度学习作为先进人工智能技术之一，凭借强大的数据处理能力可以对水利工程安全监控起到至关重要的影响。卷积神经网络（CNN）在处理结构图像数据方面表现出色，而长短期记忆网络（LSTM）则在时序数据分析方面具有优势。利用这些先进技术，可以显著提升水利工程监测的准确度和实时响应能力。文章对深度学习应用于水利工程安全监测进行论述，对其中存在的优势、面临的挑战以及今后的发展进行分析。

## 1 深度学习在水利工程安全监测中的应用

### 1.1 深度学习算法概述

深度学习是建立在人工神经网络基础上的机器学习技术之一，由于具有优秀的自学习与特征提取能力而被广泛地应用在各种复杂数据分析场景中。深度学习可以通过模仿人脑神经元运行原理，从海量数据中自动地抽取出潜在特征，从而对其进行归类或者预测。在水利工程的安全监控领域中，如卷积神经网络（CNN）、长短期记忆网络（LSTM）和自编码器等深度学习技术在图像分析、时间序列预测和多维数据处理等方面得到了广泛的应用。卷积神经网络特别适用于处理结构图像和地理信息数据，能够有效地识别水坝或河道等设施的裂缝、变形等问题，而LSTM则擅长处理具有时间依赖性的水流、气象等数据。自编码器具有降噪、异常检测等优异性能，能够改善监测数据质量。深度学习的运用使水利工程安全监测不依赖于人工经验与传统方法，通过自动化，大数据处理

与高效算法达到准确风险预测与实时预警。

### 1.2 水利工程安全监测需求分析

伴随着气候变化以及极端天气事件频繁发生，水利工程安全风险与日俱增，传统监测方式已经不能适应现代水利工程实时性与精确性要求。以往水利设施安全监测通常依靠人工巡查以及单纯采集传感器数据，该方法不但具有人工成本较高、监测覆盖面受限等特点，对于突发事件反应慢。引入深度学习技术能够实现水利工程较宽范围、较高精度的实时监控，并且能够根据海量历史数据做出预测分析。比如在对水库、坝体等构造进行监测时，利用图像识别技术进行深度学习可以对结构性裂缝进行实时探测并对裂缝扩展趋势进行自动判断，从而对工程管理人员进行及时报警。对水流量、流速、水位等重要参数的预测分析可借助深度学习技术加以优化，使监测系统既可实时地反映现状，又可根据资料的变化趋势对风险做出预测及预防。

### 1.3 深度学习模型在水利工程中的优势

将深度学习模型运用于水利工程安全监测显示出许多优点，一是它能高效地处理大量复杂数据。传统监测方法通常依靠专家经验及简单统计分析，很难在复杂非结构化数据上发现潜在规律。深度学习凭借强大的数据处理能力可以对遥感影像、传感器数据、气象数据以及其他各种来源得到的信息进行关键特征的自动识别与提取，大大提高了监控的准确性与实时性；二是深度学习算法自适应性较强，可以随数据变化而变化，随模型而优化，增强了算法在未知数据下的预测能力。水利工程特别是面临突发水灾和结构性损害紧急情况下，深度学习能够通过学习历史数据迅速判

断当前风险等级，为决策提供参考；三是该深度学习模型可以实现多任务学习，即将多个监测点或者多个监测参数同时解析出来，从而避免传统方法的局限，本发明使监测系统可以同时处理多类型风险，增强监测系统全面性及响应速度。

#### 1.4 深度学习模型的挑战与发展方向

尽管深度学习技术在水利工程安全监测中展现出了广阔的应用前景，但也面临着不少挑战。一是问题的提出深度学习模型对数据依赖性极强，优质、海量的数据集为模型训练提供了依据，然而水利工程领域的数据常常会出现缺失现象、噪声大、不平衡严重等等，这些都直接影响到模型的精度与可靠性；二是深度学习模型具有黑箱特性，限制了该模型在某些情况下的使用。尽管深度学习能够以无监督学习为模式自动进行特征提取，但是决策过程透明度不高，可能造成关键决策场合可解释性不足，进而影响工程实践的普遍认可。面对这些挑战，未来的研究方向可以聚焦于提高数据的质量、增强模型的解释能力以及优化算法等关键领域。如引入强化学习、迁移学习等新算法并与领域知识相结合，在增强模型结果可解释性的同时增强了模型稳定性与适应性以更满足实际应用环境需要。

### 2 水利工程安全监测预警模型设计

(1) 模型框架与结构设计：水利工程安全监测预警模型框架设计应针对不同工程需求定制。健全的监测预警系统应该具有实时数据采集、数据处理、风险评估以及预警决策功能模块。框架设计中首先要考虑的是数据采集层问题，这一层利用传感器和遥感技术实时采集有关水利工程安全的水位，流速和坝体变形的各种数据。在数据处理层利用深度学习算法将采集到的数据经过预处理、清洗、特征提取及降维，从而更好地为后续模型的训练与分析提供数据支持。在模型训练层利用历史数据训练深度学习模型，使得该模型可以学习水利工程在运行时不同异常的特征模式。预警决策层再依据模型输出结果对当前项目进行实时风险等级评估，向风险较高地区或者设施发出信号。系统整体设计应模块化、扩展化，方便各模块按照实际需要进行调整与优化，以保证模型能高效稳定工作。

(2) 数据采集与处理方法：数据采集为水利工程安全监测提供了依据，特别是深度学习技术的运用，其质量与类型直接影响着该模型的性能。水利工程监测的数据来源很广，主要有传感器获取的实时数据，遥感影像、气象数据和历史监测记录。这类数据往往

是复杂多样的，所以对数据进行预处理是非常重要的。一是问题的提出针对传感器数据普遍存在着数据缺失，异常值以及噪声等干扰问题。针对上述问题通常采用数据插补，滤波处理及异常值检测；二是遥感图像与卫星影像被越来越多地应用于水利工程监测，但是图像数据具有高维特性使得如何对图像进行高效预处理成了重点。常用图像预处理方法有去噪，图像增强和归一化。通过上述处理可以给深度学习模型带来优质数据输入；三是深度学习模型面对时序数据可以利用时间序列分析方法提取数据中趋势与周期性特征以实现准确预测。

(3) 预警机制与模型优化：预警机制在水利工程安全监测系统中发挥着举足轻重的作用，其主要目的在于通过实时分析监测数据来及时发现可能存在的安全隐患，从而发出警告。深度学习模型可以通过训练历史数据来确定正常状态和异常状态的区别，根据数据的变化趋势预测风险。比如该模型能根据水位变化速率和流速异常的特点来判断有无洪水风险或者坝体结构破损可能性而提前预警。为提高预警精度，预警机制需具有动态调整功能并能基于实时监测数据更新风险评估结果。优化深度学习模型对预警准确性具有重要意义。通过融合新型的网络架构和优化技术，如卷积神经网络（CNN）与长短期记忆网络（LSTM），能够显著增强模型在复杂场景下的稳健性。模型过拟合问题是一个亟待解决的难题，采用正则化技术与交叉验证方法能有效地避免过拟合现象并增强其泛化能力。

(4) 模型验证与性能评估：模型验证与性能评估，是保证深度学习模型成功运用于水利工程安全监测的关键环节。验证阶段需采用独立测试数据集对模型准确性与可靠性进行评价，以保证模型既能够在训练数据中有很好的性能又能够在实际应用中有很强的预测能力。常用的评估指标有准确率、召回率、F1分数和ROC曲线，它们能综合地反映不同任务下模型的性能。以水利工程安全监测为例，准确率体现模型预测是否正确，召回率注重模型捕捉真实风险事件能力，F1分数兼顾模型精准度和召回率。对该模型进行评价时不应该只考虑预测的单一精度，而应该检验该模型对多个环境的适应性。综合评价模型性能，可以对模型结构及训练方法进行持续优化与调整，以改善模型实际监控效果。

### 3 深度学习在水利安全管理中的实践意义

(1) 提高水利工程安全性：将深度学习应用于水利工程安全管理，显著提高了项目安全性，特别适用

于实时监测与风险预测。水利基础设施,例如水坝、堤坝和河道,在其日常运营过程中经常受到自然灾害、气候变迁和结构性损害等多重因素的干扰,这使得传统的监测手段很难有效地应对突如其来和快速变化的风险。深度学习能够自动处理和分析从多种来源(例如,传感器数据,遥感图像,气象数据等)收集的大量数据,通过模式识别和异常检测,及时发现隐患并发出预警。例如,通过使用卷积神经网络(CNN)处理水坝的结构图像,我们能够实时追踪坝体的裂痕、形变等微小的变动,这大大增强了监测的准确性。像LSTM(长短期记忆网络)这样的基于时间序列的深度学习模型,具有分析水流、降水等时序数据变化趋势的能力,对可能发生的洪水或者灾害风险进行预报,给决策者以强有力的支撑。

(2)降低管理成本与风险:运用深度学习,对于降低水利工程管理成本有着显著优势。传统水利设施安全管理主要依靠人工巡检、定期检查等方式,不仅耗时耗力,而且易发生疏漏或者拖延,特别是对于大范围或者偏远地区设施,监控成本较高、效率较低。深度学习实现了自动化数据采集及分析,可以对多个监测点进行实时监测,大大降低了人工巡检频次及费用。深度学习模型可以高效地处理海量数据,降低冗余信息与人工错误的产生,增强数据准确性与决策效率。通过数据驱动风险预测可以使管理者更早地发现可能存在的风险点,从而采取防范措施以避免因设备故障,结构性损伤或者自然灾害等突发事件而造成的重大损失。模型的持续优化与更新还可以持续增强自身的预测能力,使得管理者可以更加高效地分配资源、合理地安排维护与应急响应、进一步减少管理风险与财务风险。

(3)促进水利工程智能化管理:深度学习的运用,使得水利工程向智能化管理迈进了一步。传统水利工程管理模式多依靠人工经验及传统数据分析方法进行管理,信息滞后、反应迟钝。在深度学习技术不断推

出的背景下,水利工程监测与控制系统可以实现实时数据采集,自动化决策以及动态调整等功能,大大提高系统智能化程度。以深度学习为例,该预警系统能够依据实时数据对坝体安全状态进行自动评价并给出控制措施。智能化管理在提高项目运行效率的同时也实现了动态调度,有利于水资源利用效率的提高。水利工程通过智能化管理系统可以更好的应对复杂多样的环境与要求,促进全行业转型升级。

(4)未来发展趋势与应用前景:今后,深度学习技术应用于水利安全管理还会不断发展,呈现更多元化、智能化发展趋势。在数据采集技术日益进步的今天,特别是物联网,5G等技术得到了广泛的应用,水利工程会得到更丰富的实时监测数据,这也为深度学习模型提供了更综合的训练依据。未来深度学习模型会更关注跨领域数据融合问题,并通过融合气象、地质及水文多维度信息来提升预测精度。随着算法和计算能力的提升,深度学习将在水利工程的全面智能化管理中发挥更大作用,包括无人驾驶巡检、自动化风险评估、智能化应急响应等领域。在未来,深度学习预计将在水利安全管理领域得到更广泛的运用,从而推动整个行业向智能化、自动化和精细化管理方向发展。

#### 4 结论

将深度学习技术运用于水利工程安全监测,已经显示出了很大的潜力。通过数据处理、特征提取以及多任务学习等手段,深度学习可以实现水位、坝体变形、流量等多维度风险因素实时监测与精准预警。尽管我们面对数据的质量和模型的可解释性等问题,但深度学习依然被视为提高水利工程的安全性和管理效能的关键技术手段。未来研究可以着眼于改善数据质量,优化算法以及加强模型可解释性等方面,从而进一步提高水利工程智能化管理水平以及实现更加有效的风险预警与应急响应。

#### 参考文献:

- [1] 鲁玉福.人工智能在水利工程健康监测中的应用研究[J].中国战略新兴产业,2025(24):65-67.
- [2] 卢东艳,刘浩,牛祥华,等.基于深度学习的危化品罐车多模态信息智能监测预警模型研究[J].化工安全与环境,2025,38(9):10-13.
- [3] 李立功,刘晓,赵旭.基于深度学习的地下工程施工人员不安全行为识别研究[J].中国安全生产科学技术,2025,21(5):55-62.
- [4] 何志彪.滑坡灾害监测技术,预测方法与风险评价研究综述[J].水土保持,2025,13(3):21-28.