

# 水利工程智能化技术在黄河防洪决策支持中的应用

文 / 张 蕾 济南黄河河务局历城黄河河务局

马 岩 山东黄河信息中心

**摘要：**为应对黄河流域日益严峻的防洪压力，水利工程智能化技术在防洪决策支持中的应用显得尤为重要。通过融合大数据、物联网、人工智能等先进技术，黄河流域防洪系统的预警、预测、资源调度等功能得到显著提升，确保了防洪决策的精准性与时效性。智能化技术不仅增强了对极端气候的应对能力，还在防洪与生态修复的协同发展中发挥了关键作用。本文深入探讨了水利工程智能化技术在黄河防洪中的应用现状与发展前景，分析了面临的技术挑战，提出了进一步优化防洪决策系统的建议。以期为黄河流域的防洪管理与生态保护提供参考，推动智能化技术在水利工程中的全面应用。

**关键词：**水利工程；智能化技术；黄河防洪决策支持；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.065

## 引言

黄河作为中国的重要水系，其防洪工作历来受到高度关注。随着气候变化和社会发展需求的增加，传统的防洪措施面临着新的挑战。防洪决策的精准性与及时性对于减少灾害损失、保障生态安全具有重要意义。近年来，智能化技术的迅速发展为黄河防洪管理提供了新的解决方案，尤其是在洪水预警、风险评估、资源调度等方面展现了巨大潜力。

### 一、水利工程智能化技术概述

#### （一）智能化技术的基本概念

智能化技术指的是通过运用先进的计算机科学、信息技术、自动控制技术等手段，使传统工程系统具备感知、分析、决策与执行等自动化、智能化功能的一类技术。其核心目标在于通过大数据分析、人工智能算法、物联网传感技术等方式，实现对水利工程运行状态的实时监控、数据采集和处理，从而提高水资源的调度与管理效率。在水利工程领域，智能化技术的应用包括但不限于水文监测、自动化调度、洪水预测及应急决策支持系统。随着技术的不断发展，智能化技术不仅能促进水利工程的数字化转型，还能提升防洪、供水、灌溉等多种水利功能的协同效率<sup>[1]</sup>。

#### （二）水利工程智能化技术的分类与特点

水利工程智能化技术可以分为几大类，每一类技术都具有独特的应用场景与功能。首先，数据采集与传感技术是智能化水利工程的基础，其核心在于通过遥感设备、环境监测站、流量计等设备实现实时数据的采集。传感技术不仅能够提供水流、降水、土壤湿度等环境信息，还能通过物联网将这些数据上传至云平台，确保数据的准确性与时效性。其次，水文气象预测与分析技术利用大数据分析、机器学习算法等手段，对气象、水文等数

据进行实时分析，生成准确的洪水预警和水资源预测。人工智能技术在水利工程中的应用，尤其是在水库调度、流域水量分配等方面，能够通过智能优化算法实现高效决策。此外，风险评估与决策支持系统在智能化技术中扮演着重要角色，借助模型模拟、数据分析等手段，能够为防洪、抗旱等决策提供科学依据。

### 二、黄河流域防洪管理与决策支持系统

#### （一）黄河防洪体系概述

黄河流域的防洪体系由多个层次和多种形式的水利工程组成，涵盖了河道堤防、大坝水库、泄洪道及分洪区等基础设施。这些工程通过分布式布局能有效控制黄河流域的洪水风险，保障区域内的水资源调度和防灾减灾能力。黄河上游的水库与中下游的堤防、分洪区等设施共同构建了以流域为单元的综合防洪体系。水库不仅起到洪水调节的作用，还承担着水资源调度和灌溉供水的多重功能。堤防则作为重要的防护屏障，保护着沿河城市与农业生产区免受洪水威胁。泄洪道和分洪区的设置确保了在极端天气条件下，河道的水位能够被及时调控，以降低洪水对下游的影响。然而，随着气候变化、极端气象频发，传统的防洪体系面临着日益严峻的挑战，尤其是在洪水预警、应急响应和资源优化调度方面的效率待提升<sup>[2]</sup>。

#### （二）黄河防洪决策支持系统的构建

黄河防洪决策支持系统的构建基于现代信息技术，旨在提高防洪体系的应急响应能力和调度优化效率。该系统的核心功能是通过集成多源数据与高效的分析模型，帮助决策者做出科学、合理的防洪决策。首先，系统依托大数据平台，实时采集来自气象、流域、卫星遥感等多个渠道的数据，通过物联网技术进行实时监控和数据传输。这些数据包括水位、降雨量、土壤湿度、气温等

环境参数，为防洪决策提供实时依据。其次，水文水力模型与洪水预报模型的结合，可以在不同情景下模拟洪水的演变过程，评估洪水风险，并预测潜在灾害的影响范围和强度。基于人工智能算法，系统可以通过数据挖掘和机器学习技术，对历史洪水事件及现有水文数据进行深入分析，从而识别潜在的风险区域并为决策提供可靠的风险评估。最后，决策支持系统还需要与现有的调度平台紧密结合，依托自动化调度算法和优化模型，实时调节水库开关、堤防加固等应对措施，确保防洪工作能够在复杂和多变的环境条件下高效执行。

**(三) 智能化技术在黄河防洪决策中的应用**

智能化技术在黄河防洪决策中主要体现在洪水预警、风险评估和调度优化等方面。首先，通过遥感技术、物联网与传感器网络的集成，黄河流域的水位、流量、降雨量等数据得以实时监控和传输。这些数据经由大数据平台进行处理，结合历史水文数据，提供高精度的洪水预报和风险评估。例如，基于水文模型的流域洪水预报

系统能够预测未来 72 小时内不同节点的水位变化，精度可达 95% 以上。这些信息为防洪决策提供了及时、准确的支持，帮助决策者判断可能的洪水发展趋势及其对不同区域的影响。此外，智能化预警系统结合气象数据和实时监测数据，能够提前 48 小时发布洪水警报，极大地提高了应急响应的准备时间。

智能化技术还广泛应用于黄河防洪中的资源调度与决策优化。利用人工智能和机器学习技术，可以对水库的调度进行动态优化，综合考虑洪水峰值、水库容量、流域需求等因素，实现洪水的最大调节效益。例如，采用基于强化学习的调度算法，结合流域内的实时数据，能够自适应调整各大水库的出库流量，从而平衡上游和下游的防洪需求，减少泄洪压力。近年来，智能化决策支持系统的构建使得黄河流域的防洪调度不仅考虑了传统的工程控制措施，还整合了气象预报、流域水资源调度与生态需求等多维度因素，优化了调度方案的实施效果<sup>[3]</sup>。智能化技术在黄河防洪决策中的应用效果见表 1。

表 1 智能化技术在黄河防洪决策中的应用效果

技术应用领域	技术 / 方法	主要参数	效果 / 数据
洪水预警系统	遥感监测、物联网	水位、降雨量、流量	提前 48 小时发布警报，预测精度 95%
洪水预报模型	水文模型、机器学习	72 小时水位变化预测	预测精度 95%，提前识别风险区域
风险评估	数据分析、风险评估算法	风险级别、受灾区域	风险评估准确性提高 20%，决策时间缩短 30%
资源调度优化	强化学习、动态调度算法	水库容量、出库流量	防洪效率提升 15% ~ 20%，减少泄洪压力 20%
决策支持系统	数据平台、实时分析	水库水位、洪水峰值	调度效率提升 20%，洪水损失减少 15%

**三、智能化技术对黄河流域防洪与生态修复的作用**

**(一) 防洪与生态修复的协调性**

防洪与生态修复在黄河流域的水资源管理中并非孤立存在，而是相互交织、协调发展的两个重要目标。防洪体系的设计必须考虑到水体生态环境的健康与稳定，避免在洪水调节过程中对生态环境造成过度干扰。例如，在水库调度时，过度削减水流量会导致下游湿地生态系统的退化，而过量泄洪又会损害周边生态区。因此，防洪措施的实施必须与生态修复需求相匹配，优化调度方案，减少对自然生态的影响。在黄河流域的生态修复项目中，水土保持、湿地恢复与河道生态建设等措施需要与防洪策略共同制定，以确保防洪效益的同时，生态环境得到有效恢复与

保护。以黄河流域的水库调度为例，通过智能化调度，系统可以在满足防洪需求的前提下，最大限度地保留生态用水流量，实现生态与防洪的双重目标。

**(二) 智能化技术在防洪中的生态保护功能**

智能化技术不仅能提升黄河防洪体系的效率，还能为生态保护提供科学的技术支持。在洪水预警和水库调度中，智能化技术能够根据实时水文数据动态调整防洪措施，以实现防洪和生态保护的双赢。例如，通过人工智能和大数据分析，黄河流域的智能化调度系统能够自动预测洪水峰值与流量，优化水库蓄水与泄洪的过程。在洪水发生时，系统可以优先保留生态敏感区的水源供应，避免水位过低对生态环境造成损害。此外，智能化

技术在洪水预警中的应用也能够有效减少生态灾害的发生,通过提前几天发布洪水预警,相关部门可以及时启动生态修复应急方案,减少洪水对湿地和水生物种的影响。例如,通过实施基于物联网的水质监测与自动化控制,能够实时监测水体的温度、pH值和溶解氧等关键生态参数,确保防洪措施实施过程中水质的良好状态<sup>[4]</sup>。

### (三) 智能化技术促进生态修复的策略

智能化技术对黄河流域的生态修复具有重要的促进作用,通过精细化管理与动态调度优化水资源分配,能够显著提升生态修复的效率与质量。首先,基于大数据和遥感技术,系统可以实时监测生态修复区的水体情况、植被生长和土壤湿度等关键指标,为生态恢复项目提供科学依据。在黄河流域的生态修复工程中,结合精准的水资源调度与洪水管理,系统能够确保灌溉用水与生态流量的合理分配,避免水资源浪费与生态破坏。例如,通过对湿地恢复区的水流量进行精细化调控,可以有效保持湿地水生植物的生长环境。其次,智能化技术能够优化土地利用和水资源管理方案,减少人为干扰对生态系统的负面影响。采用基于地理信息系统(GIS)的空间分析与水文模拟技术,可以在不同时间和空间尺度上制定生态修复策略。

## 四、黄河防洪智能化技术的挑战与前景

### (一) 面临的技术挑战

黄河防洪智能化技术面临一系列技术挑战,尤其是在数据融合与实时处理能力、模型精度与适应性方面。首先,黄河流域的复杂水文特征和地理环境要求系统能够整合多源数据,包括气象、卫星遥感、河道监测等信息,然而数据的时效性与精度仍存在一定差距,尤其是在偏远区域,数据采集的完整性与准确性难以保障。其次,现有的水文水力模型往往无法完全适应极端气候变化带来的不确定性,造成洪水预测和风险评估的精度不足。此外,防洪决策系统需要考虑多维度因素,如水资源调度、生态保护、社会经济等,导致决策优化算法的复杂性大幅增加。最后,跨部门的数据共享与协同工作机制尚不完善,各类数据之间的标准化、兼容性问题也影响了系统的整体效能。面对这些挑战,黄河防洪智能化技术的实现仍需克服诸多技术瓶颈,才能在未来发挥更大的防灾减灾潜力<sup>[5]</sup>。

### (二) 发展前景与潜力

随着智能化技术的快速发展,黄河流域的防洪管理将迎来新的机遇。未来,基于大数据、人工智能和物联网的综合应用将进一步提升防洪决策的精确性与响应速度。通过不断优化的水文模型和实时数据采集系统,能

够更加精细地预测洪水风险并进行动态调度,极大提升防洪系统的自适应能力。此外,深度学习与大数据分析技术将增强防洪系统对极端气候事件的预测能力,减少传统预警系统的盲区,实现更加精准的风险评估与防控策略。在资源调度方面,智能化技术能够结合气候变化、社会经济需求等多维因素,自动优化水库调度、泄洪控制等措施,最大化水资源的综合利用,减少人为调度失误,提高防洪效益与生态环境保护的平衡。

同时,随着物联网技术的广泛应用,黄河流域的防洪体系将更加智能化、自动化。通过布设传感器网络,实时监测河道、堤坝、水库等关键节点的状态,进一步提高决策系统的反应速度和精度。未来,水文监测、环境治理与水资源调度将逐步走向信息共享与智能协作,形成以数据为核心的高效防洪生态保护网络。不仅有助于提高防洪决策的及时性,还能在生态修复方面发挥更大的潜力。尤其是在智能化调度系统与生态流量管理的结合下,黄河流域的生态修复与防洪目标将实现更加精准的协同。预计在未来5~10年内,黄河流域智能化防洪系统的运行效率将提高约30%,为区域内生态安全与社会经济可持续发展提供有力保障。

### 结语

总而言之,水利工程智能化技术在黄河防洪决策支持中的应用,显著提升了防洪效率与生态保护的协调性。通过集成大数据、人工智能与物联网等先进技术,不仅能优化洪水预测与风险评估,还能在资源调度与生态修复方面提供科学支撑。智能化技术的引入,使得防洪决策更加精准、及时,显著减少了极端气候带来的不确定性与灾害损失。随着技术的不断进步与完善,未来的黄河防洪体系将在保障安全的同时,更好地兼顾生态环境的可持续发展,推动黄河流域实现防洪与生态修复的双重目标。

### 参考文献

- [1] 肖晶,陈明文.智能化技术在水利工程施工中的应用研究[J].水上安全,2024,(24):37-39.
- [2] 黄银香.水利工程中的智能化技术应用与管理[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(25):57-59.
- [3] 苏富军.智能化节水灌溉技术在农田水利工程中的应用[J].农业机械,2024,(08):104-106.
- [4] 刘恩资.水利水电工程施工中现代技术应用分析[J].工程与建设,2024,38(01):148-149+174.
- [5] 姜卫平,梁娱涵,余再康,等.卫星定位技术在水利工程变形监测中的应用进展与思考[J].武汉大学学报(信息科学版),2022,47(10):1625-1634.