

水利基础设施在应对极端天气中的 的适应性与风险管理

陈帅

江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223005

DOI:10.61369/WCEST.2025120003

摘 要 : 水利基础设施在应对极端天气事件中扮演着至关重要的角色。针对气候变化引发的极端天气, 评估现有水利设施的适应性及其风险管理策略变得尤为重要。通过分析不同类型水利设施在极端天气下的表现与挑战, 提出了一系列优化措施, 包括加强设施的抗灾能力、完善应急管理预案和提升灾后恢复能力。针对高风险区域, 建议实施智能化监测系统, 以实时掌握水位、流量等关键信息, 增强决策支持能力。通过优化设计和提升管理, 水利设施能够更好地适应极端天气变化, 减少灾害带来的损失, 保障区域水资源安全和生态环境稳定。

关 键 词 : 水利基础设施; 极端天气; 风险管理; 抗灾能力; 智能监测

Adaptability and Risk Management of Water Infrastructure in Response to Extreme Weather

Chen Shuai

Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223005

Abstract : Water infrastructure plays a crucial role in responding to extreme weather events. In light of extreme weather triggered by climate change, evaluating the adaptability of existing water facilities and their risk management strategies has become particularly important. By analyzing the performance and challenges of different types of water facilities under extreme weather conditions, a series of optimization measures are proposed, including enhancing the disaster resilience of facilities, improving emergency management plans, and boosting post-disaster recovery capabilities. For high-risk areas, it is recommended to implement intelligent monitoring systems to obtain real-time information on key indicators such as water levels and flow rates, thereby enhancing decision-making support capabilities. Through optimized design and improved management, water facilities can better adapt to extreme weather changes, reduce losses caused by disasters, and ensure the security of regional water resources and the stability of the ecological environment.

Keywords : water infrastructure; extreme weather; risk management; disaster resilience; intelligent monitoring

引言

极端天气事件的频发对水利基础设施的稳定性和功能提出了严峻挑战。随着气候变化的加剧, 传统的水利设施在应对极端降水、洪水和干旱等灾害时面临着越来越多的不确定性和风险。因此, 提升水利设施的适应性和强化风险管理成为保障区域水资源安全与生态稳定的重要课题。通过优化设施设计、加强智能化监测以及完善应急管理, 可以显著提高水利系统应对极端天气的能力, 减少自然灾害对人类生活和生态环境的影响。

一、极端天气对水利基础设施的影响与挑战

(一) 极端天气对水利基础设施的压力

极端天气事件, 如暴雨、洪水、干旱和高温等, 已经成为全球气候变化的重要表现形式。这些天气变化对水利基础设施构成

了前所未有的挑战, 尤其是水库、堤坝、泵站等核心设施的运作稳定性受到严重威胁。频繁的暴雨和洪水容易导致水位急剧升高, 冲击水利设施的承载能力, 导致设施溃坝或设施功能失效。同时, 极端的干旱天气则会使水库水量减少, 影响水资源的正常供应, 尤其在灌溉、饮用水和发电等领域^[1]。

此外，高温天气也加剧了水体蒸发和水质恶化的风险。长期的高温干旱不仅导致水量的进一步减少，还使得水源污染物浓度增高，增加了水处理的难度和成本。水利设施面对这样的气候变化，传统设计和运维模式已经难以适应，亟需进行技术性更新和管理策略的调整。

（二）水利设施承载能力的局限性

水利设施的设计标准和施工技术在很大程度上基于历史气候数据和经验。然而，随着气候变化的加剧，极端天气的出现频率和强度不断超出以往预测，许多设施已经无法应对突如其来的极端情况。例如，某些水库的防洪能力可能是基于30年一遇的暴雨设计，而现在，暴雨的频率和强度已经大幅超出这一标准，导致水库溢洪，甚至溃坝。堤防和渠道的抗洪标准也无法适应持续变化的天气模式，暴雨后频繁发生溃口和冲毁。

此外，极端天气还增加了基础设施的维护难度，尤其是在干旱和洪涝交替出现的情况下，水利设施的使用频率和工作负荷增加，设施的老化速度加快，维护周期缩短，设施寿命受到影响。传统的风险评估和管理手段也未能充分考虑这些变化，致使水利设施的适应性和灵活性大打折扣^[2]。

（三）系统性风险与多重灾害交织

极端天气事件通常不是孤立发生，而是呈现复合性和连锁反应，形成一系列交织的灾害，如暴雨引发的山洪、滑坡、泥石流等多重灾害的叠加效应。这些灾害的相互作用对水利基础设施构成了系统性风险。例如，洪水与泥石流的交替可能导致水库坝体遭到严重破坏，甚至引发坝体溃坝，严重影响周围生态环境和人类生活。此类灾难性连锁反应使得水利设施的灾后恢复变得更加复杂和困难，传统的单一防灾措施无法应对多重灾害的挑战。

应对这些系统性风险要求水利设施具备从全局角度出发的综合防控策略。设施必须考虑到多种灾害交织时的工作环境，提升其韧性和抗灾能力。在极端天气频发的情况下，水利设施应具备快速响应能力和多层次联动机制，能在灾害发生时及时进行应急调度和协调。通过构建智能化的监测系统和应急管理平台，各级水利管理部门可以在灾害发生前后有效协调资源，快速调动应急力量，确保水资源供应的安全与稳定。这些应急能力的提升将帮助水利设施有效降低多重灾害带来的损失，并保障区域内水资源的持续稳定供应。

二、水利设施适应性提升策略与技术路径

（一）提高设计标准与结构韧性

提升水利设施的适应性，首先需要从设计标准入手，考虑到极端天气可能带来的超常负荷。传统的水利设施设计通常依据常规气候数据和经验值进行，但极端天气的频发和强度增大，要求设计标准必须进行调整。通过引入更为严苛的设计标准，尤其是在防洪、抗旱、抗风等方面，确保设施能够承受未来极端天气带来的压力。例如，在洪水频发地区的堤坝和水库设计中，必须考虑到百年一遇或更高频率的暴雨情况，增加防护设计以应对更强的洪水流量。

同时，在设施的结构韧性方面，需要提升水利建筑的耐久性和抗灾能力。例如，采用更加坚固的材料，结合抗震、抗冲击等多重防护措施，增强设施抵抗极端天气的能力。通过结构优化，确保水利设施能够在极端天气下持续运行并有效减轻灾害带来的破坏。此外，在关键节点设施（如泵站、管道等）增加冗余设计，提高系统整体的韧性和应急能力，防止单一设施故障导致全系统瘫痪。

（二）智能化监测与数据驱动决策

水利设施的适应性提升离不开先进的监测技术和数据分析支持。随着信息技术的发展，智能化监测系统已经成为提升水利设施应对极端天气的重要手段。通过在水库、河流、堤坝等关键设施安装传感器和监测设备，实时采集水位、流量、降水量、土壤湿度等多维度数据，建立实时预警系统，能够提前预测极端天气带来的影响，及时采取应对措施^[3]。

此外，借助大数据分析和人工智能技术，可以对监测数据进行深度分析，挖掘出潜在的风险和规律。这些技术能够实现精准的风险评估和预测，帮助决策者在极端天气来临前采取有效措施，如调节水库蓄水量、调整堤坝防洪标准等，从而提高水利设施在灾害发生时的应变能力。数据驱动的决策不仅提升了水利设施的适应性，也增强了应急管理的科学性和前瞻性。

（三）加强生态工程与绿色基础设施建设

在水利设施的适应性提升过程中，生态工程和绿色基础设施的建设具有重要意义。生态工程能够通过自然系统的修复和重建，增强水利设施的自我调节和自我恢复能力。例如，通过恢复湿地、建设生态水渠、人工湿地等手段，不仅能提升水源的涵养能力，还能有效减少极端天气下对水利设施的压力。湿地作为天然的水分调节器，可以吸收过多的降水并缓慢释放，从而避免洪水对下游水利设施的冲击^[4]。

绿色基础设施的建设也是提升水利设施适应性的关键路径之一。通过屋顶绿化、透水路面等措施，在城市内外增强雨水的自然渗透和蓄水能力，减轻城市排水系统的负担。绿色基础设施不仅能缓解极端降水带来的内涝，还能改善生态环境，提高城市的气候适应力。通过加强生态修复与绿色基础设施建设，水利设施在面对极端天气时能够更加稳固并实现可持续管理。

（四）完善应急管理与灾后恢复能力

应急管理与灾后恢复是水利设施适应性提升的重要组成部分。在面对极端天气的威胁时，完善的应急管理系统能够在灾害发生前、发生中、发生后提供及时有效的支持。首先，建立健全应急响应机制，确保相关部门能够迅速调度资源，进行灾情评估与处置。其次，制定详细的应急预案，明确各方责任，提升突发事件的响应速度和处置效率。

灾后恢复同样至关重要，尤其是在极端天气引发大规模水灾或旱灾后，水利设施的迅速恢复是保障民生和经济稳定的基础。应急管理不仅包括基础设施的修复，还应涵盖水资源的再分配、污染水体的治理等多方面内容。通过灾后恢复计划的完善，能够迅速恢复水利设施的正常功能，降低灾害带来的长远影响，确保经济和社会活动的持续性与稳定性。

三、智能化监测与风险管理在水利基础设施中的应用

（一）智能化监测系统的构建与技术应用

随着信息技术的快速发展，智能化监测系统在水利基础设施中的应用变得尤为重要。通过引入传感器、物联网技术（IoT）和无线通信系统，水利设施可以实现全天候、全方位的实时监测。这些监测设备能够不断采集水位、流量、温度、降水量等关键数据，并通过无线网络将数据传输到集中平台，便于实时处理和分析^[5]。基于这些数据，智能化监测系统不仅能够提供实时警报，还能够根据历史数据和趋势预测未来可能发生的极端天气事件或设备故障。

此外，遥感技术和无人机也被广泛应用于水利设施的监测中。利用遥感影像获取广泛区域的水文信息，结合无人机对高危区域进行巡检，可以及时发现水利设施的潜在问题，如堤坝的裂缝、沉降、腐蚀等问题。通过这些高效的监测技术，水利设施的管理者可以在第一时间内掌握设施状态，做出快速响应，降低人为疏忽带来的风险。智能化监测系统不仅提高了设施管理的精确度和效率，还为水利基础设施的长期稳定运行提供了保障。

（二）大数据分析 with 风险评估模型的应用

智能化监测系统不仅采集大量数据，还可以与大数据分析技术相结合，提升水利基础设施的风险管理能力。通过对历史气象数据、流域水文数据及水利设施运行数据的深度挖掘，能够帮助决策者准确评估各种极端天气对水利设施的潜在风险^[6]。大数据分析技术可以识别数据中的潜在规律和趋势，从而为水利设施的设计、运营和风险预警提供科学依据。

例如，通过建立基于大数据的风险评估模型，能够预测水库在不同降雨量情况下的蓄水风险，评估堤坝的溃坝概率，甚至模拟不同应急措施的效果。结合机器学习算法，这些模型能够自我优化，提高预测的精确度。基于这些预测结果，水利设施的管理者能够在极端天气发生之前采取适当的预防和应对措施，如调整水库的蓄水量、加固堤坝、提前疏通排水系统等，从而有效降低水利设施面临的风险和损失。

（三）智能预警与自动化调度系统

智能化监测与风险管理的另一重要应用是智能预警与自动化调度系统。智能预警系统通过整合天气预报、实时监测数据及大数据分析结果，对极端天气事件进行预测，并及时发出预警通知。通过与地方政府、应急管理部门以及水利设施管理者的联

动，确保各方能够根据预警信息采取相应的行动。例如，在大雨来临前，水库可以提前降低水位，疏通排水系统，防止洪水溢出；而在长时间干旱的情况下，智能系统可以监控水库蓄水情况，并合理分配水资源，确保民生需求和生态保护^[7]。

在自动化调度方面，水利设施的运行可以通过智能化手段进行远程控制和自动化调整。例如，通过智能化控制系统，对水库闸门的开关、泵站的运行状态等进行实时调整，使得水利设施能够根据实时数据自动调整工作状态，从而提高其运行效率和应急响应能力。自动化调度系统不仅能够有效减少人工操作的失误，还能在极端天气发生时实现快速响应，减少因人工操作延误所造成的损失。

（四）系统集成与协同工作平台的建立

为了提升水利设施应对极端天气的能力，智能化监测与风险管理需要通过系统集成实现协同工作。将智能监测系统、大数据分析、预警系统以及自动化调度系统集成成一个统一的平台，可以实现不同系统之间的信息共享和协同工作。通过这一平台，管理者可以同时掌握多个水利设施的实时状态，及时发现潜在风险，制定相应的应急措施，确保资源得到最优配置和调度^[8]。

例如，在发生极端天气时，水库、泵站、排水系统等设施的状态可以在平台上实时显示，管理者可以根据数据对不同设施进行优先级排序，并调度资源进行修复或加固。此外，通过该平台，不同部门和地区可以实现信息共享和协调合作，确保应急响应的高效执行。系统集成和协同工作平台的建设不仅提升了水利设施的应急响应能力，也为长远的水利管理提供了智能化支持。

四、结语

水利基础设施在应对极端天气中的适应性与风险管理是保障水资源安全和生态环境稳定的关键。通过提升设施设计标准、应用智能化监测技术、大数据分析以及绿色基础设施建设，能够有效增强水利系统应对极端天气的能力。同时，完善的应急管理和灾后恢复机制也至关重要，能够在灾害发生时迅速响应并减少损失。未来，随着技术的不断进步，水利设施的适应性将进一步提高，为应对气候变化带来的挑战提供更加坚实的保障。这不仅有助于提升水资源的管理效率，也能为区域社会经济的可持续发展打下坚实基础。

参考文献

- [1] 杨婕. 高密度城市极端天气事件的韧性治理优化路径研究 [D]. 吉林大学, 2024. DOI: 10.27162/d.cnki.gjlin.2024.004863.
- [2] 沈文艳. 大型水利项目风险评估与管理研究 [J]. 水上安全, 2024, (15): 73-75.
- [3] 极端天气事件多发水利部部署当前水旱灾害防御工作 [J]. 中国水利, 2021, (10): 5.
- [4] 黄雯. 长江流域水汽输送特征解析及极端降雨预报研究 [D]. 华中科技大学, 2022. DOI: 10.27157/d.cnki.ghzku.2022.003534.
- [5] 王智轩. 引江河水利工程安全风险管理工作 [D]. 江苏大学, 2020. DOI: 10.27170/d.cnki.gjsuu.2020.001965.
- [6] 杨建成. 气候变化对水利工程质量影响的研究 [J]. 产品可靠性报告, 2024, (03): 146-147.
- [7] 赵建琳, 胡嘉琦, 陈茜. 极端天气, 考验城市应“极”管理能力 [J]. 商学院, 2021, (08): 98-100.
- [8] 周彬. 水利工程中应对极端天气的现场管控方法研究——以某工程项目为例 [J]. 水上安全, 2024, (21): 145-147.