

水文水资源防洪问题分析

彭 冲

济源水文水资源勘测报分中心 河南 济源 459000

摘要: 随着全球气候变化加剧与人类活动强度不断提升,水文水资源系统正面临前所未有的挑战,其中防洪问题尤为突出。洪水灾害不仅威胁人民生命财产安全,还对区域经济社会可持续发展构成严重制约。本文从水文水资源系统的视角出发,系统分析当前我国防洪体系中存在的主要问题,包括气候变化对水文过程的影响、流域下垫面变化对产汇流机制的扰动、现有防洪工程体系的结构短板、非工程措施的滞后性以及流域协同治理机制的不足。在此基础上,结合现代水文科学、信息技术与系统工程理念,提出构建“韧性防洪体系”的综合对策,强调“工程+非工程”协同、“流域+区域”统筹、“预报+预警+预演+预案”四预联动以及智慧化管理平台建设的重要性。研究旨在为新时代背景下提升我国水灾害防御能力、保障水安全提供理论支撑与实践路径。

关键词: 水文水资源; 防洪; 气候变化; 下垫面变化; 韧性防洪; 智慧水利

引言

水亦可载舟,亦可覆舟。洪水作为最常见、破坏力最强的自然灾害之一,在全球范围内造成巨大损失。据联合国减灾署(UNDRR)统计,近二十年来,洪水灾害占全球自然灾害总数的40%以上,造成的经济损失高达数千亿美元。我国地处东亚季风区,降水时空分布极不均匀,加之人口密集、经济活动高度集中于大江大河沿岸,使得防洪减灾任务尤为艰巨。传统防洪理念主要依赖堤防、水库等工程措施,“以挡为主、以排为辅”,虽在历史上发挥了重要作用,但面对极端天气事件频发、城市内涝加剧、流域生态退化等新挑战,其局限性日益显现。现代水文学与水资源管理强调系统性、整体性和适应性,要求将防洪置于水文水资源综合管理的框架下,统筹考虑水量、水质、水生态与水灾害的多重目标。

1 水文水资源系统与防洪的内在联系

1.1 水文循环是防洪的自然基础

防洪的核心在于调控洪水过程线,即控制洪峰流量、削减洪量、延缓洪峰到达时间。这一切都依赖于对水文循环过程的深刻理解。降水是洪水的源头,其强度、历时、空间分布直接决定洪水的规模与特性;下垫面条件(如土壤类型、植被覆盖、土地利用)影响产流与汇流效率;河网结构与河道形态决定洪水的传播与调蓄能力。因此,精准的水文模拟与预报是科学防洪的前提。

1.2 水资源管理与防洪的协同性

水资源管理通常关注“缺水”问题,而防洪则应对“水多”问题,二者看似矛盾,实则统一于水文水资源系统的时空平衡之中。水库调度是二者协同的关键节点:汛期需预留库容防洪,非汛期则蓄水兴利。如何在

保障防洪安全的前提下,最大化水资源利用效益,是水库群联合调度的核心难题^[1]。此外,健康的河湖生态系统本身具有天然的调蓄与净化功能,是“绿色基础设施”,对防洪具有不可替代的作用。

2 当前水文水资源防洪面临的主要问题

2.1 气候变化加剧水文极端事件

全球气候变暖正深刻改变着水文循环的基本格局,其最显著的表现之一便是极端降水事件的频率与强度显著增加。随着大气温度升高,饱和水汽压增大,导致大气持水能力增强,从而为强降水事件提供了更充足的水汽条件。IPCC第六次评估报告明确指出,全球大部分地区强降水事件将变得更加频繁和剧烈。在我国,长江、淮河、华北等地区已观测到暴雨日数和最大日降水量呈显著上升趋势。这种“雨强增大、历时缩短”的新特征,使得传统基于历史水文资料设计的防洪标准面临失效风险。许多城市排水系统在面对短历时、高强度的局地暴雨时迅速超载,导致“城市看海”现象频发,暴露出既有防洪排涝体系对新型水文极端事件的脆弱性。

2.2 下垫面剧烈变化重塑产汇流机制

快速城市化与大规模土地开发对流域下垫面造成了前所未有的扰动,从根本上重塑了自然的产汇流机制。城市不透水面积(如道路、屋顶、广场)的急剧扩张,大幅减少了雨水下渗,导致地表径流系数显著增大,汇流时间大大缩短,从而形成“快涨快落”的城市型洪水,其突发性强、破坏力大。与此同时,围湖造田、河道渠化、湿地萎缩等人类活动,严重削弱了流域的天然滞洪、蓄洪能力。以长江中下游地区为例,历史上星罗棋布的湖泊在近百年间因围垦而面积缩减近40%,其作为

天然“海绵”的调蓄功能大幅下降。这直接导致在遭遇同等量级降水时，洪峰流量更高、洪水过程更陡峭，极大地增加了防洪压力。下垫面的变化不仅改变了洪水的“量”，更改变了其“质”与“时”，使得传统的水文模型和防洪策略难以准确应对。

2.3 防洪工程体系存在结构性短板

尽管我国已建成世界规模最大的防洪工程体系，包括数万公里的堤防、数万座水库以及众多蓄滞洪区，但该体系在结构上仍存在明显短板。首先，防洪标准普遍偏低，尤其是在广大中小河流、山洪沟道以及城市排涝系统方面，其设计标准远不能满足当前和未来极端气候条件下的防洪需求。其次，部分早期建设的堤防、水库因年久失修或设计标准过低，存在不同程度的病险隐患，工程安全度汛能力堪忧^[2]。更为关键的是，现有工程体系缺乏系统性和整体性，呈现出“重干流、轻支流”、“重城市、轻乡村”的格局。水库、堤防、分洪区、蓄滞洪区等工程单元之间缺乏高效的联动调度机制，难以在流域尺度上形成合力，导致整体防洪效能未能充分发挥。这种结构性缺陷在应对流域性大洪水时尤为突出。

2.4 非工程措施发展滞后

现代防洪体系是工程措施与非工程措施的有机统一体。然而，相较于庞大的工程体系，我国的非工程措施发展明显滞后。公众对洪水风险的认知普遍不足，灾害防范意识淡薄，往往在灾害发生后才被动应对。许多地方的防洪应急预案虽然形式完备，但缺乏针对性和实战演练，可操作性差，在关键时刻难以有效指导行动。此外，作为风险分担重要工具的洪水保险制度尚未普及，覆盖面窄、赔付率低，未能有效引导社会力量参与风险共担，也未能通过经济杠杆作用约束高风险区的开发建设行为。这种“重硬轻软”的失衡状态，使得整个防洪体系在面对超标准洪水或突发性灾害时显得韧性不足。

2.5 流域协同治理机制不健全

洪水的形成与演进具有天然的流域整体性，但现行的防洪管理体制却存在明显的“条块分割”问题。水利、住建、自然资源、应急管理等多个部门在防洪工作中职责交叉，而流域管理机构的统筹协调权威不足，跨行政区的协调难度极大。这种体制性障碍导致在洪水预报预警、工程联合调度、应急抢险救援等关键环节，信息共享不畅、决策指令不一、行动步调不齐，难以形成高效的防洪合力。例如，在跨省河流发生洪水时，上游水库的调度决策可能未充分考虑下游地区的承受能力，而下游地区也难以及时获取上游的实时信息，极易错失

最佳防御时机。健全的流域协同治理机制是提升整体防洪效能的根本保障，而这一机制的缺失已成为制约我国防洪现代化进程的关键瓶颈。

3 构建韧性防洪体系的综合对策

3.1 强化“四预”能力，提升决策科学性

面对日益复杂的防洪形势，必须将提升“预报、预警、预演、预案”（四预）能力作为核心抓手，推动防洪决策从经验判断向科学精准转变。精准的洪水预报是基础，需要深度融合气象数值预报、雷达卫星遥感、地面水文监测等多源异构数据，大力发展基于人工智能和大数据技术的智能洪水预报模型，以延长预见期、提高预报精度。在此基础上，必须建立一个覆盖全域、直达基层末梢的预警信息发布体系，确保预警信息能够“发得出、收得到、用得上”，打通预警响应的“最后一公里”。更为重要的是，要利用数字孪生流域等先进技术，对不同降雨情景下的洪水演进全过程进行高保真、动态化的模拟预演，为决策者提供直观、可视化的决策支持^[3]。最终，所有的预报、预警和预演成果都应服务于预案的动态优化，使水库调度、分洪运用、人员转移等关键行动方案能够根据实时汛情灵活调整，真正实现从“被动响应”到“主动防控”的根本性转变。

3.2 推进工程与非工程措施深度融合

构建韧性防洪体系，必须摒弃“唯工程论”的思维定式，推动工程与非工程措施的深度融合与优势互补。在工程层面，一方面要对现有堤防、水库等骨干工程进行除险加固和提标改造，消除安全隐患；另一方面，要在城市大力推行海绵城市建设理念，通过透水铺装、下沉式绿地、雨水花园等“源头减排”设施，增强城市对雨水的就地滞蓄、渗透和净化能力，从源头上缓解内涝压力。同时，应科学规划和建设蓄滞洪区，并同步完善其安全设施和合理的补偿机制，确保其在关键时刻“分得进、蓄得住、退得出、人安全”。在非工程层面，则需系统性地构建风险管理体系。全面绘制并强制应用洪水风险图，将其作为国土空间规划和各类建设项目审批的刚性约束，从源头上规避高风险区的无序开发。此外，应大力发展洪水保险，建立政府引导、市场运作、公众参与的巨灾风险分散机制，并通过持续的防洪减灾科普宣传，全面提升全社会的防灾避险意识和自救互救能力。

3.3 实施基于自然的解决方案（NbS）

尊重自然、顺应自然、保护自然是提升流域防洪韧性的根本之道。基于自然的解决方案（Nature-based Solutions, NbS）强调通过保护、可持续管理和修复

自然或人工生态系统,来有效应对社会挑战。在防洪领域,这意味着要将河湖湿地视为宝贵的天然调蓄空间而非待开发的土地。必须严格管控河湖水域岸线,坚决遏制围湖造田、侵占河道等行为,并积极推进退田还湖、退耕还湿等生态修复工程,恢复其天然的洪水调蓄功能。在城乡规划中,应主动预留洪水通道和滞洪空间,构建蓝绿交织的生态网络,让洪水有其自然的出路^[4]。在河道治理中,应推广生态护岸技术,采用植被、石笼等柔性工法替代硬质护岸,在稳固河岸的同时,为水生生物提供栖息地,增强河流的自净能力和生态韧性。这种“与洪水共存”而非“与洪水对抗”的理念,是实现人水和谐共生的必由之路。

3.4 健全流域协同治理机制

防洪的流域整体性决定了必须打破行政区划和部门壁垒,建立健全高效的流域协同治理机制。首要任务是强化流域管理机构的统筹协调权威,赋予其在规划、标准、调度、监管等方面的统一管理职能,真正实现“流域一盘棋”。在此基础上,亟需建立一个跨部门、跨区域的防洪联动平台,整合水利、气象、应急、交通、电力等部门的数据资源与行动力量,构建统一的防洪指挥调度体系,确保信息共享、指令畅通、行动协同。例如,在应对跨省流域洪水时,应建立上下游、左右岸的实时信息共享和联合调度会商机制,确保水库调度决策能够兼顾全流域的整体利益。最后,必须完善相关法律法规体系,修订《防洪法》等核心法规,以法律形式明确各方在流域协同治理中的权责边界,为构建高效、有序的现代防洪治理体系提供坚实的法治保障。

3.5 构建智慧化防洪管理平台

以数字孪生流域为载体,构建智慧化防洪管理平台,是实现防洪现代化的技术核心。该平台应集成物联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术,打造一个集“全域智能感知—实时智能分析—科学智能决策—自动闭环执行”于一体的“智慧防洪大脑”。在感

知层,通过布设水位、雨量、流量、视频等智能感知设备,构建覆盖空、天、地的一体化监测网络,实现对流域水情的全天候、全方位感知。在分析决策层,利用AI算法对海量实时数据进行深度挖掘与智能分析,自动识别潜在风险点,快速生成多套优化调度方案,并通过可视化界面辅助决策者进行研判。在执行层,平台应能将最终决策指令自动下达至闸门、泵站等远程控制单元,并实时反馈执行效果,形成“感知—决策—执行—反馈”的闭环控制,从而实现防洪管理的自动化、精准化和高效化。

4 结语

水文水资源防洪问题是一个复杂的系统工程,其根源深植于自然气候变化与人类活动的双重影响之中。传统的、以工程为主的防洪模式已难以适应新时代的风险挑战。未来防洪工作必须立足于水文水资源系统的整体性和动态性,坚持系统观念、底线思维和创新驱动。构建韧性防洪体系,核心在于实现“四个转变”:从被动防御向主动适应转变,从单一工程向系统治理转变,从注重标准向强调韧性转变,从经验决策向智慧决策转变。这要求我们不仅要持续完善堤防、水库等“灰色基础设施”,更要大力保护和修复河湖湿地等“绿色基础设施”;不仅要提升硬件能力,更要补齐非工程措施和体制机制的短板。唯有如此,才能在气候变化和人类活动的不确定性中,牢牢守住水安全底线,为经济社会高质量发展和人民幸福安康提供坚实保障。

参考文献

- [1]王浩,贾仰文,周祖昊.变化环境下流域水文模拟与水资源调控[M].北京:科学出版社,2018.
- [2]陈敏建,马静,王立群.中国洪水风险管理战略研究[J].水科学进展,2020,31(1):1-10.
- [3]水利部.“十四五”水安全保障规划[Z].2021.
- [4]张建云,王银堂,贺瑞敏.全球变化与水文水资源研究进展与展望[J].水科学进展,2022,33(1):1-12.