

气候变化背景下极端水文事件对水利规划的影响与应对

叶笑 邱晓东 陈李明

江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 南京 210029

摘要: 随着全球气候变化的加剧,极端水文事件如暴雨洪水、干旱等发生的频率和强度不断增加,给水利规划带来了前所未有的挑战。本文深入分析了气候变化背景下极端水文事件的主要特征及其对水利规划在防洪、水资源调配、水生态保护等方面的影响,并从完善监测预警体系、优化水利规划理念与方法、加强水利基础设施建设、提升应急管理能力和推动跨部门跨区域合作等多个角度提出了针对性的应对策略,旨在为水利规划适应气候变化、保障水安全提供科学参考。

关键词: 气候变化; 极端水文事件; 水利规划; 影响; 应对策略

1 引言

气候变化是当今全球面临的重大挑战之一,其对自然生态系统和人类社会经济活动产生了广泛而深远的影响。在水资源领域,气候变化导致极端水文事件的发生愈发频繁和剧烈。据世界气象组织(WMO)报告,过去50年里,与天气、气候和水有关的灾害占有所有自然灾害的50%,死亡人数占比45%,经济损失占比74%。这些极端水文事件打破了传统水利规划所依据的水文规律和设计标准,对水利规划的科学性、合理性和有效性提出了严峻考验。水利规划作为保障水资源可持续利用、防洪减灾、水生态保护等的重要基础性工作,如何适应气候变化背景下极端水文事件的新特点,成为当前水利领域亟待解决的关键问题。深入研究极端水文事件对水利规划的影响,并探索有效的应对策略,对于维护国家水安全、促进经济社会的可持续发展具有重要的现实意义。

2 气候变化背景下极端水文事件的主要特征

2.1 暴雨洪水事件的强度和频率增加

全球气候变暖导致大气中水汽含量增加,为暴雨的形成提供了更充足的水汽条件。同时,气候系统的变化也使得大气环流模式发生改变,极端降水事件更容易发生。以我国为例,近年来暴雨洪水事件频发。2021年7月,河南郑州遭遇特大暴雨,3天降雨量达617.1毫米,相当于郑州全年平均降雨量(640.8毫米)的96%。这场暴雨引发了严重的城市内涝和山洪灾害,造成重大人员伤亡和财产损失。据统计,此次灾害共造成302人遇难,50人失踪,直接经济损失高达1142.69亿元。从全球范围来看,过去几十年间,暴雨洪水的强度和频率也呈现出明显的上升趋势。例如,在欧洲,2021年德国、比利时等国遭遇的严重洪水灾害,是当地近60年来最严重的洪水之一,导致数百人死亡,大量基础设施被毁。

2.2 干旱事件的持续时间和影响范围扩大

气候变化使得一些地区的降水分布更加不均匀,干旱早期延长,干旱程度加剧。原本水资源相对丰富的地区也可能出现长期干旱,导致河流断流、湖泊萎缩、地下水位下降等问题。例如,非洲萨赫勒地区长期遭受干旱困扰。自20世纪70年代以来,该地区干旱频繁发生,干旱持续时间不断延长。联合国粮农组织数据显示,萨赫勒地区因干旱导致的粮食减产幅度可达30%-50%,饥荒频发,大量人口面临生存危机。在我国,近年来北方地区干旱问题也日益突出。2022年,长江流域遭遇了1961年以来最严重的夏秋冬连旱,洞庭湖、鄱阳湖水位屡创新低,部分河段甚至出现断流现象。据水利部统计,此次干旱导致长江流域农作物受灾面积达数百万公顷,直接经济损失超百亿元。

2.3 极端水文事件的空间分布发生变化

随着气候变化的加剧,极端水文事件的空间分布也发生了明显变化。一些传统上干旱少雨的地区可能变得更加湿润,而一些原本水资源丰富的地区则可能面临干旱威胁。例如,我国西北地区近年来降水有所增加。据气象部门数据,过去几十年间,西北地区部分地区的年降水量呈上升趋势,一些原本干旱的地区出现了植被恢复、湖泊面积扩大的现象。而华北地区则面临着更加严峻的干旱形势^[1]。华北地区是我国重要的粮食产区和人口密集区,但近年来水资源短缺问题日益突出。由于降水减少和用水需求增加,华北地区的地下水位持续下降,一些河流出现断流现象。例如,海河流域的部分河流在非汛期常常处于干涸状态,对当地的生态环境和经济发展造成了严重影响。

3 极端水文事件对水利规划的影响

3.1 对防洪规划的影响

3.1.1 设计标准面临挑战

传统的防洪工程设计标准是根据历史水文资料制定的，在气候变化背景下，极端洪水事件的强度和频率超出了原有的设计范围。例如，一些水库、堤防等防洪工程的设计洪水标准可能无法满足当前和未来极端洪水的防御要求，存在安全隐患。

3.1.2 防洪体系布局需调整

极端水文事件的空间分布变化使得原有的防洪体系布局不再适应新的形势。一些地区可能需要增加新的防洪工程设施，如修建新的堤防、水库等；而一些地区的防洪工程则可能需要进行优化调整，以提高整体的防洪能力。

3.1.3 城市防洪压力增大

随着城市化进程的加快，城市不透水面积增加，雨水径流系数增大，城市内涝问题日益突出。极端暴雨事件引发的城市内涝不仅影响城市居民的正常生活，还可能对城市的地下管网、交通设施等造成严重破坏。城市防洪规划需要更加注重排水系统的建设和内涝防治措施的完善。

3.2 对水资源调配规划的影响

3.2.1 水资源供需矛盾加剧

干旱事件的频繁发生导致水资源短缺问题更加严重，而暴雨洪水事件则可能造成水资源的浪费和洪涝灾害。水资源供需矛盾的加剧使得水资源调配规划需要更加注重水资源的合理配置和高效利用，提高水资源的保障程度。

3.2.2 跨流域调水工程面临新问题

跨流域调水工程是解决水资源空间分布不均的重要措施，但在气候变化背景下，调出区和调入区的水资源状况都可能发生变化。调出区可能因干旱导致可供调出的水量减少，而调入区可能因极端降水事件对调入水量的需求发生变化。这需要对跨流域调水工程的规模、调水时机等进行重新评估和调整^[2]。

3.2.3 非常规水资源利用需求增加

为了缓解水资源短缺问题，非常规水资源如雨水、再生水、海水淡化水等的利用需求不断增加。水资源调配规划需要充分考虑非常规水资源的开发利用，制定相应的利用策略和技术标准，提高非常规水资源的利用效率。

3.3 对水生态保护规划的影响

3.3.1 生态系统稳定性受到威胁

极端水文事件对水生态系统造成严重破坏，如洪水冲毁湿地、淹没植被，干旱导致河流断流、湖泊干涸等，影响了水生生物的生存环境，降低了生态系统的稳

定性和生物多样性。水生态保护规划需要更加注重生态系统的整体性和连通性，采取措施保护和修复受损的水生态系统。

3.3.2 水生态修复目标调整

气候变化使得水生态系统的修复目标和方法需要相应调整。例如，在干旱地区，水生态修复可能需要更加注重水资源的节约利用和生态需水的保障；在洪水多发地区，则需要考虑如何通过水利工程建设和生态措施相结合，提高水生态系统的抗洪能力。

3.3.3 生态流量保障难度加大

生态流量是维持河流、湖泊等水生态系统健康的基本水量需求。在气候变化背景下，保障生态流量的难度加大。一方面，水资源短缺使得可用于保障生态流量的水量减少；另一方面，极端水文事件的不确定性增加了生态流量调控的复杂性。水生态保护规划需要建立更加科学合理的生态流量保障机制，确保水生态系统的基本生态需求。

4 应对极端水文事件对水利规划影响的策略

4.1 完善极端水文事件监测预警体系

增加对极端水文事件相关要素的监测站点，如降水、水位、流量、水质等，提高监测数据的时空分辨率和准确性。特别是在极端水文事件易发区和重点水利工程区域，要加密监测站点布局，实现对极端水文事件的实时、精准监测。利用先进的气象、水文模型和大数据、人工智能等技术手段，提高对极端水文事件的预测预报能力。建立多模型集成预报系统，综合考虑气候变化、地形地貌、下垫面条件等多种因素，提高预报的精度和时效性。同时，加强预警信息的发布和传播，确保预警信息能够及时、准确地传达给相关部门和公众。基于历史极端水文事件数据和未来气候变化情景预测，开展极端水文事件的风险评估与区划工作。识别不同地区面临的主要极端水文事件风险类型和程度，为水利规划和防灾减灾提供科学依据。根据风险评估结果，制定相应的风险应对策略和措施。

4.2 优化水利规划理念与方法

认识到气候变化背景下极端水文事件的不确定性和动态性，水利规划不能再局限于传统的静态规划模式。要树立动态规划理念，根据气候变化的新情况和极端水文事件的新特点，及时调整和完善水利规划方案。建立水利规划的动态评估和调整机制，定期对规划的实施效果进行评估，根据评估结果对规划进行优化和更新。在水利规划中充分考虑气候变化和极端水文事件的不确定性，采用不确定性分析方法，如情景分析、概率分析、

模糊分析等,对不同的规划方案进行评估和比较^[3]。通过不确定性分析,确定规划方案的可靠性和适应性,选择最优的规划方案。水利规划涉及防洪、水资源调配、水生态保护等多个目标,在气候变化背景下,这些目标之间的矛盾和冲突可能更加突出。要加强多目标协同规划,综合考虑各个目标之间的关系,寻求各目标之间的平衡和协调。建立多目标决策模型,运用优化算法对规划方案进行优化,实现水利规划的综合效益最大化。

4.3 加强水利基础设施建设

根据气候变化背景下极端洪水事件的新特点,对现有防洪工程进行评估和加固,提高其防洪标准。对于新建防洪工程,要充分考虑未来极端洪水事件的可能性,采用更高的设计标准进行建设。加强防洪工程的日常维护和管理,确保其正常运行和防洪功能的发挥。加强水资源调配工程建设,提高水资源的调控能力和配置效率。优化水库、闸坝等水利工程的调度运行方案,根据水资源供需状况和极端水文事件的变化,合理调配水资源。推进跨流域调水工程的建设和完善,加强区域间水资源的联合调配,提高水资源的保障程度。加大对水生态保护与修复工程的投入,建设湿地、河流生态廊道等生态工程,提高水生态系统的稳定性和自我修复能力。加强水土保持工程建设,减少水土流失,改善生态环境。同时,注重水利工程建设与生态保护的有机结合,避免工程建设对生态环境造成破坏。

4.4 提升水利应急管理能力

制定和完善针对极端水文事件的应急预案,明确应急响应程序、职责和措施。应急预案要具有针对性和可操作性,根据不同的极端水文事件类型和等级,制定相应的应急处置方案。定期对应急预案进行修订和完善,确保其适应气候变化和极端水文事件的新情况。建立健全应急物资储备体系,储备足够的防汛抢险物资、抗旱物资和水生态修复物资等。加强对应急物资的管理,定期进行检查和维护,确保物资的质量和数量。建立应急物资调配机制,提高应急物资的调配效率,确保在极端水文事件发生时能够及时、有效地供应物资。定期组织开展针对极端水文事件的应急演练,提高相关部门和人员的应急处置能力和协同配合能力。通过演练,检验应急预案的可行性和有效性,发现的问题并及时进行整改。加强对水利工作人员和社会公众的应急培

训,提高公众的防灾减灾意识和自救互救能力。

4.5 推动跨部门跨区域合作

水利规划涉及多个部门,如气象、环保、农业、交通等。要加强部门间的协同合作,建立信息共享、联合监测、协同预警、联合执法等工作机制。通过部门间的协同合作,形成应对极端水文事件的合力,提高水利规划的科学性和有效性。极端水文事件往往具有跨区域的特点,需要加强区域间的合作与协调。建立区域间的水利规划协调机制,共同制定应对极端水文事件的策略和措施。加强区域间水利工程的联合调度和运行管理,实现水资源的优化配置和防洪减灾的协同效应^[4]。

结语

气候变化导致极端水文事件频发,给水利规划带来防洪、水资源调配及生态保护等多方面挑战,暴露出传统规划在标准、布局和供需平衡上的不足。应对策略包括:完善监测预警体系,优化规划理念与方法,加强基础设施建设,提升应急管理能力,推动跨区域与国际合作。这些措施有助于提升水利规划的科学性与适应性,保障水安全和可持续发展。未来需进一步深化对气候变化和极端事件的研究,持续完善应对策略,增强系统的韧性与抗风险能力。

参考文献

- [1]王光,赵圳宇.气候变化对极端水文事件的影响[C]//河海大学,浙江水利水电学院,河北工程大学,浙江省水利学会.2024(第三届)城市水利与洪涝防治学术研讨会论文集.黄河水利委员会宁蒙水文水资源局;2024:521-527.
- [2]俞磊,李勇.面向气候变化的极端水文事件影响评估与应对策略[C]//河海大学,浙江水利水电学院,河北工程大学,浙江省水利学会.2024(第三届)城市水利与洪涝防治学术研讨会论文集.黄河口水文水资源勘测局;2024:755-759.
- [3]张捷,郭艳军.气候变化对黄河流域极端水文事件的影响与建议分析[C]//河海大学,北京水利学会,北京应急管理学会,天津市水利学会,天津市应急产业联盟.2024首届水旱灾害防御与应急抢险技术论坛论文集.黄河水利委员会河南水文水资源局;2024:507-521.
- [4]耿雪兰.水利工程在应对极端气候事件中的策略与实践[J].水上安全,2024,(06):181-183.