

气候变化背景下流域水资源适应性管理模型构建

杨开烨

方源勘测规划设计有限公司 福建三明

【摘要】在气候变化加剧的背景下，流域水资源面临供需波动、极端事件频发以及生态压力增加等挑战。针对这一问题，本文提出了一种适应性管理模型，通过系统分析流域水文特征、气候因子及人类活动影响，构建决策支持框架，实现水资源的动态调控与优化分配。模型整合了预测、调度与风险评估功能，为流域管理提供科学依据，提高水资源应对不确定性的能力。

【关键词】气候变化；流域管理；水资源优化；适应性模型；决策支持

【收稿日期】2025 年 8 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 9 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.sdr.20250215

Construction of water resource adaptive management model under climate change

Kaiye Yang

Fangyuan survey planning and Design Co., Ltd., Sanming, Fujian

【Abstract】 Against the backdrop of intensifying climate change, river basins face challenges including fluctuating water supply-demand dynamics, frequent extreme events, and increasing ecological pressures. To address these issues, this study proposes an adaptive management model that systematically analyzes hydrological characteristics, climatic factors, and human activities to establish a decision support framework for dynamic regulation and optimized allocation of water resources. The model integrates prediction, scheduling, and risk assessment functions, providing scientific foundations for basin management and enhancing water resource resilience against uncertainties.

【Keywords】 Climate change; Watershed management; Water resources optimization; Adaptive models; Decision support

引言

气候变化引发的降水模式变化和极端气象事件频繁，导致流域水资源供需矛盾加剧，管理难度不断增加。流域水资源的可持续利用不仅受到自然条件的制约，也受到人类活动和社会经济发展的影响。传统管理模式在应对不确定性和风险方面存在局限性，需要借助科学模型实现动态调控和优化决策。通过构建适应性管理模型，可以在分析水文特征和气候变化趋势的基础上，提供灵活的调度策略和应对方案，为水资源管理提供可靠的技术支撑与决策依据。

1 流域水资源面临的气候变化挑战

气候变化对流域水资源的空间分布和时间格局带来深刻影响，降水量和径流量的年际及季节波动呈现明显增强趋势，干旱和洪涝事件频发，水资源可利用性和稳定性面临严峻挑战。高温条件下蒸散

发增加，土壤含水量下降，地表径流和地下水补给受到抑制，水文循环特征发生明显变化，使流域水资源储量和流量的不确定性增强^[1]。这种变化不仅影响供水安全，还对农业灌溉、工业生产及生态维持提出复杂要求。

人类活动与气候变化相互叠加，加剧流域水资源管理的复杂性。土地利用变化、水利工程布局以及用水需求增长导致水资源时空分布与人口及经济活动的矛盾加剧，跨区域水资源调度和优化配置难度增大。极端气候事件引起的水量突发变化，对水库调度、洪水防控及水资源安全保障提出更高要求，传统经验型管理模式难以应对动态水文条件和快速变化的需求。流域生态系统的水量和水质压力显著增强，河流生态流量维持、湿地生态保护及水环境承载能力成为管理重点，生态安全与水资源调控之

间的张力增大。

流域水资源管理面临的挑战具有多源不确定性和系统耦合特征,水文过程、气候因子及人类活动交互作用使水资源供需动态性增强^[2]。降雨径流关系、地下水补给和水利用效率受到持续气候波动影响,管理策略需要依托精细化水文模型和预测系统,实现对流域水资源的实时监测、动态调控和科学调度,以适应未来不稳定的水文环境和多变的用水需求。

2 适应性管理模型的构建思路

适应性管理模型的构建以流域水资源系统的动态性和不确定性为基础,将气候变化、水文过程及人类活动的多重因素纳入分析框架,实现水资源管理的动态调控与优化配置。模型以流域水文特征和气候情景为输入,通过多源数据融合、实时监测及历史数据分析,建立水量、水质及生态需求的耦合关系,为水资源调度提供科学依据^[3]。数据获取包括降水、径流、蒸散发、地下水位和水库调度信息,同时结合土地利用和用水需求数据,形成多维度的决策参数体系,以支撑模型在不确定条件下的高精度模拟与预测。

模型构建过程中,流域水文模拟采用分布式水文模型与水资源动态调度模型相结合的方法,模拟降雨径流过程、地下水补给及水库调控效果,揭示不同气候情景下水资源供需变化规律。适应性机制通过情景分析和风险评估实现水资源管理的灵活调整,对干旱、洪涝及极端事件进行响应策略设计,使调度方案能够适应多变的水文条件。模型还集成了优化算法和多目标决策方法,将水量调控、用水效率和生态流量维持等目标同时考虑,形成协同优化机制,实现社会、经济和生态目标的平衡。

在操作层面,模型设计具备实时监控与动态更新功能,可通过水文数据采集站、遥感监测及智能传感系统获取流域信息,结合气候预测模型和水资源调度规则,对水量分配、用水优先级及生态流量进行动态调整。适应性管理模型强调信息反馈和迭代优化,调度策略可根据实际水文变化和用水情况进行调整,提升应对不确定性事件的能力。模型的可扩展性允许引入新的数据源、管理目标及技术方法,为流域管理提供连续优化和科学决策支持^[4]。通过构建该模型,可以实现流域水资源供需的系统化管理,建立水量调度、风险评估及生态保障的闭环机制。模型能够在多种气候变化背景下,协调社会用水、生态需求和水资源储备的关系,为流域水资

源的动态管理提供技术支撑,并为应对未来不确定性提供量化依据和科学分析工具。

3 模型应用与水资源优化方案

适应性管理模型在流域水资源优化中的应用以提升水资源利用效率和调控灵活性为核心,通过模型与实际流域条件的结合,实现水量分配、风险控制和生态保障的协同优化。模型基于气候预测和水文模拟结果,形成不同情景下的水资源调度方案,能够应对降水异常、干旱持续和洪涝频发等极端事件。通过多源数据整合,包括地表水位、地下水补给、用水需求及水质指标,模型对流域内各子流域的供需状况进行动态分析,为水资源优化提供精准依据。

模型在水量调控方面采用多目标优化算法,将供水安全、用水效率和生态流量维持等目标统一纳入决策框架,实现流域整体资源配置的科学化。调度策略通过实时数据反馈不断调整,能够根据降雨分布、蒸发量变化及用水需求波动,动态调整水库蓄水量、河道调流和地下水抽取计划^[5]。在农业灌溉中,模型能够合理分配灌溉水量,优化灌区水资源利用效率,同时保证生态流量维持河流健康。工业和生活用水通过模型调控实现时空协调,减少用水冲突,提升系统整体运行稳定性。

模型在应对极端事件和风险管理中发挥关键作用。通过情景模拟和不确定性分析,能够提前识别潜在水资源短缺和洪涝风险,制定应急调度策略,提高流域抗风险能力。对于干旱条件下的水量紧缺,模型能够优化水库和地下水联合调度,确保关键用水需求和生态流量维持。对于洪涝高发期,模型可以模拟河道径流过程,合理安排洪水调度和水库泄洪,降低洪涝损失,同时维持下游水生态安全。在水质和生态调控方面,模型能够将污染负荷、水体自净能力及生态保护需求纳入调度策略,实现水质控制与水量管理的耦合。通过对水质指标、湿地蓄水量和河段生态流量进行动态模拟,模型可以调整水资源分配以保障生态系统功能和生物栖息环境^[6]。模型能够分析不同用水方案对水环境承载力的影响,提供科学决策依据,使流域管理兼顾经济、社会和生态效益。

模型应用还涉及跨区域水资源优化,通过整合流域上下游和左右岸调度信息,协调不同区域之间的水量分配,缓解用水矛盾,提高整体系统效率。多目标优化机制和动态调整功能使管理方案具备可操作性和适应性,能够随着气候变化趋势和用水需求

变化持续优化。在模型运行过程中,通过数据可视化和决策支持系统,管理者可以直观掌握水资源运行状况、预测未来变化趋势并制定科学调度措施,实现流域水资源的整体优化和高效管理。

4 管理策略效果评估与改进

管理策略效果评估通过对适应性管理模型运行结果的系统分析,能够全面反映流域水资源调控和优化方案的实施效率及可靠性。评估过程依托多维度指标体系,包括水量供需平衡、用水效率、生态流量维持、水质指标及水库调度安全性等,以量化数据和模型模拟结果为基础,对策略执行过程中出现的偏差和潜在风险进行识别。流域内各子流域的水量分布、地下水位变化及河段径流特征均被纳入动态监测范围,通过时间序列分析和空间分布评估,实现对策略实施效果的全景监控。

策略评估还强调对极端气候事件响应能力的验证,通过对干旱、洪涝及降水异常情景下模型调度的模拟结果进行分析,判断管理方案在不同条件下的适应性和可靠性^[7]。评估过程中对水资源优化方案的实际效果进行对比,包括水量调度的灵活性、供水安全保障能力及生态流量维持水平,确保管理措施能够有效应对气候波动和水文不确定性。水质监测数据与模型预测结果结合,对污染物负荷、流域自净能力及湿地蓄水功能进行动态分析,为调整水资源分配和生态调控策略提供量化依据。策略改进依托评估结果,形成闭环管理机制,将发现的问题和不足反馈至模型调度和管理方案调整中。通过对不同子流域的水量分布和用水需求差异进行再分析,优化水库调度规则、地下水补给计划及河道调流方案,提升系统整体运行效率和调控精度。多目标优化算法在改进过程中发挥重要作用,通过平衡供水安全、用水效率及生态保护目标,生成优化调整策略,实现经济、社会与生态效益的协同提升。

管理策略改进还涉及跨区域协调和动态调整能力建设,通过对上下游及左右岸流域水量、用水需求及生态保护指标进行实时监测和分析,实现区域间水资源分配的优化^[8]。模型迭代更新使策略能够适应气候变化趋势和水文条件的波动,提升对突发事件的响应速度和应对能力。改进过程注重数据反馈和持续优化,将实地监测数据、遥感信息及水文模型输出进行整合,为管理者提供直观的决策支持工具。通过系统评估与策略改进,管理措施能够实

现流域水资源的动态调控、优化配置和风险控制,确保水量调度科学合理,生态流量维持稳定,并提升整体用水效率和系统韧性。策略的迭代优化增强了流域水资源管理的灵活性,使水量供需、生态保护和用水安全在多变水文条件下保持稳定运行,为适应气候变化提供技术支撑和实践基础。

5 结语

流域水资源适应性管理模型通过整合气候变化、水文过程和人类活动因素,实现水量调控、生态保护和用水效率的协同优化。模型在动态调度、极端事件应对及风险管理中表现出较高的适应性和可靠性。策略评估与持续改进确保水资源分配科学合理,生态流量维持稳定,为流域管理提供量化依据和技术支撑,提升系统整体韧性与运行效率,增强流域对不确定性水文条件的应对能力。

参考文献

- [1] 王丽君.气候变化背景下大清河流域水文情报变化趋势研究[J].水上安全,2025,(12):61-63.
- [2] 杜佰林.新水沙环境下泾河流域非点源污染模拟与多尺度最佳管理措施研究[D].西北农林科技大学,2025.
- [3] 樊丽京.气候变化背景下渭河流域农业灌溉对河流流量衰减的风险评估[D].西北农林科技大学,2025.
- [4] 田新民,殷莉,马雨含,等.气候变化对大兴安岭北部马鹿分布的影响及廊道构建研究[J/OL].生态学报,2025,(22):1-14.
- [5] 黄进,邱波,安慧,等.基于CMIP6气候模式的丹江流域未来径流变化研究[J/OL].长江科学院院报,1-13.
- [6] 唐文评,唐慧雅,魏冲,等.气候变化背景下横江流域气象-水文干旱时空演变特征[J/OL].水利水电技术(中英文),1-26.
- [7] 刘嫦,夏琴,孙洪锋.气候适应型城市建设、企业韧性与供应链溢出[J].技术经济与管理研究,2025,(08):31-39.
- [8] 夏雨.气候变化背景下林业病虫害发生规律与防治对策探析[J].当代农机,2025,(08):28-29.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS