

水文水资源管理中的不确定性分析

王向如 王奕翔

黄河水利委员会河南水文水资源局 河南 郑州 450000

摘要：水资源管理过程中面临诸多不确定性因素，如气候变化、降水时空分布差异、水文模型误差等，严重影响管理的科学性与有效性，为降低不确定性带来的风险，需从加强监测预警、完善数据系统、提高模型精度等方面提出应对策略，提升系统的适应性，本文围绕水资源管理中的主要不确定性因素进行分析，并提出相对应策建议，旨在为构建科学、高效、可持续的水资源管理体系提供理论支撑与实践参考，助力实现水资源的合理利用。

关键词：水资源管理；数据采集；数据系统

引言：针对水资源管理，其不确定性在气候变化、水文过程、用水需求、政策实施等诸多环节普遍有体现，对决策的科学有效性形成阻碍，尤其在气候表现出异常、极端天气不断出现的背景条件下，水资源供需方面的不确定性愈发凸显，既往的确定性管理手段，难以适应复杂变化的现实需求格局，采用不确定性分析，其成为增强水资源管理应变性的关键办法，利于提升管理系统的灵动性与韧性，促进水资源长久可利用。

1 水资源管理的不确定性概述

水资源管理中的不确定性，存在于水资源的开发进程、利用阶段、配置时期及保护时段，因自然系统复杂的特性、人类活动多变的表现以及数据有限的情况引发的预测误差与决策风险，这些不确定性多是源于气候变化、水文循环的不稳定现象、水资源需求的动态化调整、社会经济发展趋势的不可预测性，也包含管理政策与制度实施效应的难以预判情形^[1]。水资源系统本身展现出高度的非线性，导致未来水量、水质及水源可靠性等关键要素难以精确估算，管理期间牵扯到多个部门和多个利益主体，目标分歧与信息偏差进一步提升了管理决策的复杂程度，在水资源管理里开展不确定性的识别、量化与应对工作，已然成为强化水资源调控效率及适应能力的关键走向，对达成水资源科学配置及持续管理意义显著。

2 文水资源管理中的不确定性因素分析

2.1 气候变化影响

对全球水资源管理现状而言，气候变化是极重要的不确定性因素之一，其直接效应涵盖降水格局的变动、蒸发量的上扬以及极端气候现象的高发，由此打乱了区域水资源供需的平衡状态，因全球气温持续上扬，水循环程序呈现更复杂及不稳定，引发降水于时空分布上日趋失衡。有部分地区也许会遭遇频率增加、程度加重的

干旱局面，某些其他地区说不定会经历更猛烈的洪涝灾害，该不稳定性让以历史资料为依据的水资源规划丧失有效性，增加了水资源开发利用方面的风险，气候变化也会对雪融水进程、土壤含水量、径流产生等关键水文环节施加影响，进而对水资源系统可预测情况造成干扰^[2]。

2.2 降水时空变异

由于降水的时间与空间变异性，是水资源管理中极难应对的自然不确定方面，降水存在显著的波动，年内与空间分布也极为不均，直接牵扯地表径流的形成以及水资源可利用的情况，某些年份也许面临降水匮乏局面，引起干旱问题与水源吃紧，另有部分因降水过度集中诱发洪涝灾难，该不可预见的波动性，使得按照平均水文条件设定的水资源配置方案在实际运用当中面临较大偏差，往往造成资源的无谓耗费的不充分，局部区域降水的变化趋势，大尺度气候模型难以精准体现，增添了区域水资源规划的复杂性，从空间维度而言，降水的不均属性造成水资源自然分布呈现显著的地域差异格局，进一步激化了水资源供需方面的矛盾^[3]。在部分降水充沛却需求有限的地区，往往呈现水资源充足局面；在人口大量聚集、经济活动繁忙可降水不多的区域，却遭遇水资源极度贫乏情形，该空间的错配情形，不仅让跨区域调水工程变得更为复杂，也造成成本的加剧以及生态相关风险，季节性降水集中情形下，水利基础设施承载能力需达到更高要求，特别是在汛期跟枯水期迅速交替的情况下，调蓄系统需体现出高度的灵活属性，为应对降水时空方面变异所引发的不确定性，应进一步强化高精度气象预报准确性、加强区域水文监测网络的拓展，且对资源配置策略内周全考量极端情况与动态调节机制，由此增进系统整体的适应能力。

2.3 水文模型误差

作为水资源管理中预测、决策所需重要工具的水文

模型，其精确性和适用效能，直接左右管理方案的科学合理性，考虑到水文系统呈现出高度复杂，建模进程中，水文模型不可回避地引入诸多误差，作为水资源管理相关事务中显著的不确定性来源之一。误差主要有模型结构方面的误差、参数估计的误差，还有输入数据误差，模型结构误差源自对自然过程所做的简化与假设，让模型无法完全呈现实际水文情形；参数估计误差是鉴于参数确切测定不易，且在时空尺度间存在明显分异，进而对模拟的成效形成干扰；输入数据（如降水、温度、蒸发等）的误差会进一步流转并加剧模型输出的不可靠性^[4]。各因素协同产生效用，或使模型模拟结果与实际观测值出现偏差，导致预测精准性与实用意义降低，水文模型在各异的流域、气候条件以及地形特征方面，适应性差异较大，难以达成通用化的应用目标，数据量少或历史观测环境较差的区域，模型拟合与校准难度愈发增大，误差更为明显。如突发洪水或者长期干旱这样的极端事件，多超出模型训练与拟合范围，引起预测效果的弱化，鉴于气候变化愈发剧烈，传统按历史规律所建的水文模型，面临更为棘手的挑战，原有参数以及假设条件有效性面临质疑，为降低由水文模型误差产生的不确定性，应从多范畴入手：像借助多模型集成技术强化预测抗干扰性，通过不确定性分析方式判断模拟的可靠水平，借助实时数据开展动态校准以优化模型输出结果，加强针对关键水文过程的钻研以优化模型结构，此类手段对增强模型在水资源管理中的决策支撑能力有益，降低因模型误差诱发的资源调度风险水平。

2.4 数据采集不全

数据采集缺失是水资源管理当中常见的不确定因子，极大干扰对水文进程、用水情形及系统运转状态的精准认识，水资源管理要凭借诸多高质量数据的辅助，囊括降水量、蒸发量、地表径流状态、地下水位水平、水质指标详情以及用水结构等多个范畴，但在现实的工作执行阶段，因监测装置、技术途径、资金投入和管理能力等方面的局限，尤其是偏远或者经济欠发达的地方，数据采集面临空间覆盖不足、时间序列不持续、观测频度少或数据遗失等情况，信息不完备阻碍对水资源系统全面且动态的把握，引发模型输入存在不准确性、风险评估偏差出现以及管理措施响应滞后情形，让决策的稳定性下降，实施效果的可控状态变差^[5]。数据采集标准缺乏一致性、监测体系缺乏协同性，也是造成数据不全的关键因素，各机构数据口径存异、更新周期有别、共享机制欠佳，让数据孤岛现象进一步恶化，让综合分析及交叉验证难以有效落实，当现代水资源管理对数字

化、智能化手段的依赖程度不断加深之际，基础数据匮乏，直接对信息系统构建、模型模拟精准度及预测预警能力提升形成制约。尤其是面对极端气候事件或者突发水资源危机降临，实时与完整数据的匮乏，将极大影响应急反应及风险控制水平，可借助强化水文监测网络搭建、规范数据采集准则、促进多源数据整合与共享平台搭建等办法，加大数据获取的完整性以及即时性力度，为科学决策打造坚实信息后盾，缓解因数据缺失引发的不确定性风险程度。

3 文水资源管理中减少不确定性的对策

3.1 加强监测预警

加强加强监测预警，其是应对水资源管理不确定性的主要手段，可有效强化对水文变化态势、用水动态过程及风险事件的认知能力，给科学决策供给即时、精准的数据支撑，当前水资源系统面对的挑战日益芜杂，若言及气候变化所致的极端水文状况、用水结构的难以确定性以及水质污染的突发情形，造成传统静态管理模式难以贴合实际需求。通过利用创建与改进水文、水质、用水量等多范畴监测网络，可实现对河流、湖泊、地下水水源和主要用水区域的动态跟查，为水资源配置、调控和保护构建全面的信息基础，利用遥感科技、自动化监测设备及物联网传感模块等前沿手段，能明显提高监测的精确水平与响应的快慢，缩减人为干扰所引发的误差及延迟。

3.2 完善数据系统

高质量且成系统的数据，是开展科学预测、合理配置及高效调度不可或缺的前提，在当下水资源管理工作中，面临数据类型不全备、采集不一致性、更新较缓慢等现象，致使信息基础呈现薄弱态势、管理举措无可靠依据，迫切需从全面范畴、精确程度、时效特性三个维度来开展，设立覆盖辽阔、结构妥帖、作用完备的数据系统。数据系统要把降水、蒸发、径流、地下水、水质情况、水库储水规模、用水数量等关键成分整合起来，搭建多维度延展、多层次叠加的数据网络架构，实现自动采集及动态更新状态，减少人为插手而产生的误差现象，健全的数据系统不只是要重视数据采集这一事项，且应着重数据的治理与分享。通过构建一致的数据规范与样式，推动各级水务部门、科研机构与关联单位的数据彼此贯通，消除数据孤岛化倾向，增进数据利用功效，以既有的状态为依托，可将大数据、云计算与人工智能等先进技术相结合，实现对海量水文数据快捷处理、解析与可视化呈现，为水资源的预测衡量、预警回应与策略构建给予智能化辅助，建设数据质量把控体

系，保障数据于采集、存储及传输期间的精确性与安全性，更是数据系统打造的核心内容。

3.3 提高模型精度

水文与水资源模型身为评估、预测及调度的关键工具，模拟结果可靠性对管理措施有效性起直接关联作用，诸多模型在结构设置、参数抉择以及输入数据方面还存在较大出入，引发模拟结果和实际局面出现差错，要从模型结构的优化、参数的校准验证以及高质量输入数据的保障着手，系统地增强模型精度。运用更契合区域水文特征的物理机制模型，半分布式、分布式之类模型，可更真切展现水文过程的非线性与空间差别，引入多样数据源开展模型校准和多阶段验证，能切实提高模型的稳定性以及预测能力水准，新兴技术融合对提升模型精度而言是重要路径。大数据、人工智能、机器学习等方式于水资源建模时开始逐步采用，凭借对以往数据的深度钻研与模式发觉，能填充传统模型于复杂场景当中的空白，增强模型动态应变力与自我适配力，落实多模型聚合方法，采用不同模型互补途径减轻单一模型误差导致的不确定性，同样为提升结果稳固性的有效手段，为更有效助力实际应用开展，要进一步加强模型跟管理系统的集成程度，把模型引入水资源调度平台，实现预测、分析与管控的闭环作业。

3.4 推进信息共享

水资源系统往往涵盖多个部门及利益相关主体，包含水利、环保、气象、农业、城市建设诸领域，各单位在水文监测、用水统计、水质评价等方面，掌控着大量分散且零碎的信息，但因未构建统一共享机制，这些数据大多呈现分隔疏离、标准不一、重复建设等弊端，造成信息整合的阻碍，影响到综合分析及应急响应的实际效率。构建起覆盖不同部门与区域的水资源信息共享平台，助力数据资源实现标准化、网络化及集中化，是达成精细化管理与科学统筹的关键支撑，在实际推进执行阶段，须借助制度塑造、技术途径和协同模式三方一起发力，从制度方面厘清各类信息的归集、交换及应用相关责任，制订信息共享的法令法规及操作规范，维持共

享数据的完整、真实特性与时效水平。依赖大数据跟云计算平台，构建集中式信息管理构架，做到各类监测数据的集中保存、实时变动与可视化展示，向管理者提供规整的数据对接接口及分析手段，采用构建部门间信息联通机制和联合协作机制，实现资源的互通流转、成果的共同分享和预警的联合协作，增进综合治理成效，推进信息共享对于减少数据不一致带来的误判有积极意义，还为区域水资源统筹规划、突发状况联合处置及长远战略谋划给予坚实保障，有力降低管理中的不稳定性与系统性隐患。

4 结语

水资源管理面临着诸多不确定性因子，像气候的演化趋势、降水时空的变异态势、水文模型的误差情形、数据采集存在不足等，这些因素于水资源预测、配置及风险掌控上形成重大挑战，为高效应对这些不确定性状况，应从加强监测预警保障、完善数据系统标准、提升模型精确效能、推进信息全面共享等方面做起，建设兼具科学性、高效性与灵活性特质的管理体系，依靠引进先进科技、优化制度架构及强化协同流程，可提升水资源系统适应能力以及决策的精准能力，助力管理从经验把控转变为数据驱动和智能化掌控。

参考文献

- [1]弓剑,陈辉.水文水资源管理中的不确定性分析[J].Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2024,6(22).
- [2]苟娇娇,缪驰远,徐宗学,等.大尺度水文模型参数不确定性分析的挑战与综合研究框架[J].水科学进展,2022(002):033.
- [3]张景帅,王少千.水资源管理中的水文水资源勘测分析[J].水上安全,2025(2):166-168.
- [4]王鲁北,李本厚,潘毅.水文模型在水资源管理中的应用与优化[J].水上安全,2024(2):46-48.
- [5]张连军.探究水文水资源管理在水利工程中优化运用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(003):000.