

智慧水利背景下流域水资源优化配置与调度策略研究

张 骏

陇川县发展和改革委员会 云南德宏 678700

摘 要：在智慧水利快速发展的背景下，流域水资源优化配置与调度成为破解水资源供需矛盾、保障水安全的关键。当前我国流域水资源配置精准性不足、调度模式滞后、信息共享不畅、技术支撑薄弱，难以适配智慧水利发展需求。本文结合物联网、大数据、数字孪生等核心技术，分析智慧水利对水资源管理的赋能作用，从精准化配置、智能化调度、一体化信息共享、强化技术支撑、环境资源协同发展五个维度，提出针对性优化策略，旨在破解传统管理短板，实现流域水资源供需精准匹配、高效利用，兼顾经济、社会与生态效益，为智慧水利背景下流域水资源可持续管理提供理论与实践参考。

关键词：智慧水利；流域水资源；优化配置；智能调度；数字孪生

引言

水资源是经济社会发展的基础性资源，也是生态平衡的保障，流域是水资源管理的核心单元，流域水资源优化配置和调度水平直接影响水安全、可持续发展。目前，我国流域水资源管理还存在供需匹配度低、调度效率低、数据壁垒高等问题，严重影响水资源的高效利用。因此，本文基于智慧水利背景下，对流域水资源配置与调度的主要问题进行分析，采用相关核心技术进行探索性的分析，并提出科学可行的解决方法，对于推进流域水资源精细化、智能化管理，保护水生态安全具有重要的现实意义。

一、当前流域水资源优化配置与调度存在的核心问题

根据我国流域水资源管理实践，目前水资源优化配置和调度还存在着很多不足，与智慧水利的发展要求相比存在明显差距，主要表现在四个方面，结合行业共性问题进行论述，避免过度依赖案例。

一是水资源配置缺乏精准性，供需匹配度不足。传统配置模式以静态规划为主，没有考虑到气象、水文、用水需求的动态变化，不能达到“以需定供”“以质配水”的精准匹配，部分区域由于配置模式僵化，在极端天气下不能快速响应，造成生产生活用水紧张，传统灌溉模式普遍存在着过度用水的现象，水资源浪费问题比较严重^[1]。

二是调度模式滞后，响应效率低下。传统调度依托人工监测、电话结合、现场操作，存在信息滞后、调度

流程复杂等状况，调水的反应时间较长，未符合受水区用水需求。同时大多数流域缺少完善的协同调度机制，上下游、左右岸调度脱节，不能进行多水源联合优化调度，水资源调控能力差，不能充分发挥各类水利工程的供水潜力。

三是信息共享不足，存在“数据孤岛”。流域水资源管理牵涉水利、气象、环保、农业等诸多部门，各个部门监测数据标准不一、传输渠道不畅，造成数据不能有效整合利用，水文监测、用水需求等数据脱离，不能为精准调度提供全面数据支持，影响了水资源配置和调度的科学性、精准性。

四是技术支撑薄弱，智能化水平偏低。大部分流域没有建立起完善的智慧监测和调度平台，缺少先进的模拟预演、智能优化算法的支持，调度决策仍然依托经验判断，精确度和科学性不高。传统调度方式不能很快地模拟出水文情势演进的过程，不能及时对调度方案进行优化，也不能实现经济效益、社会效益、生态效益的协同优化，与智慧水利的发展要求有较大差距。

二、智慧水利背景下流域水资源优化配置与调度的核心技术支撑

智慧水利的价值是利用技术手段克服传统管理的不足，为流域水资源优化配置和调度提供准确、高效的技术支持。根据目前技术应用实践情况，核心技术和重点论述的内容主要有四个方面：

物联网技术是数据采集的基础，构建全域感知网络。在流域内设置水位、流量、水质、土壤墒情等各类物联网监测终端，利用卫星遥感、无人机航飞等手段，实现

对水资源全要素的全天候、实时监测,克服传统人工监测的局限性,提高监测数据的实时性、准确性,为水资源配置与调度提供基础数据支撑,同时可有效延长灾害预警预见期,提高防灾减灾能力。

大数据与云计算技术是数据处理的核心,打破“数据孤岛”。构建流域水资源大数据平台,整合水利、气象、农业、工业等部门的数据,制定统一的数据标准,实现资源共享、协同利用。依托云计算技术来达成对海量数据的快速处理和分析,探寻隐藏于数据背后规律和走向,为调度决策赋予科学的数据支撑,改良水资源管理的细致化程度。

数字孪生技术是模拟预演的关键,实现“虚实联动”。利用构建出的与物理流域一一对应的数字孪生模型,对流域水资源运动、用水需求变化、调度方案实施效果做动态模拟和预演,提前预判调度风险,优化调度方案,提高调度决策的科学性、前瞻性,在防洪调度、应急供水等场景中起着重要作用,可有效地提高水资源调控的准确性。

智能优化算法是调度决策的核心,提升配置效率。引入多目标智能优化算法,将流域水资源总量约束加入到水资源的最优分配模型中,建立考虑经济效益、社会效益和生态效益的优化配置模型,从而达到水资源最优分配的目的,解决传统配置模式下供需匹配度低的问题,提高水资源利用效率,实现各类用水的协调平衡^[2]。

三、智慧水利背景下流域水资源优化配置与调度策略

(一) 构建精准化配置体系,提升供需匹配效能

针对水资源配置没有精准性、供需匹配度不高以及生态用水被侵占的问题,依托智慧水利技术构建动态精准的配为系统。首先,搭建动态供需预测体系,融合物联网监测数据,气象预报数据以及用水需求数据,通过大数据分析及时捕捉气象,水文以及用水需求这些动态变化情况,颠覆传统的静态规划方式,“以需定供”,“以质配水”,达成交付精准匹配的目的。其次,强化生态用水刚性保障,将生态用水量纳入水资源调配范围中,借助数字孪生模型模拟生态用水需求,明确流域生态流量底线,杜绝破坏性地占用生态用水的现象出现,建立起生态用水动态监测调控机制来全方位追踪各个生态用水项目的执行状况,从而促进水生态良性循环的发展进程^[3]。再者,优化水资源配置结构,根据流域内不同的区域、不同行业的用水优先级,利用智能优化算法合理分配水资源,优先保障居民生活用水,统筹协调生产生活

用水与生态用水的关系,使水资源向高效利用领域倾斜,提高供需匹配的精准度与合理性,推进水资源的高效集约利用。最后,完善供需监测与管控机制,搭建供需动态监测台账,对各个区域、各个行业的用水情况实施即时统计剖析,及时调整配备方案。就高耗水行业来说,推行阶梯水价和定额用水管理,倒逼用水效率的提升,进而缩小供需差值,达成水资源精细化,科学化的配备目的。

(二) 创新智能化调度模式,提升响应与协同效率

针对调度模式落后、响应速度慢、协调性差的问题,依托智慧技术革新调度方式,提高调度的效率和协调性。一是构建智能化调度核心平台,利用物联网、大数据等技术实现对水利工程建设中的自动化、智能化控制,取代传统的手工监测、现场操作方式,大大减少调水反应的时间,并且提高用水的快速响应能力;建立智能化调度平台,利用平台对各类水利工程运行状态实施实时监控,根据获取的运行数据自动形成调度指令,提升调度操作的准确性和快捷性,降低人工作业的错误率。二是健全跨区域协同调度机制,为破解协同不足的难题,需打造跨区域协同调度机制,冲破上下游、左右岸调度脱节的壁垒,依托统一的大数据平台达成流域内各个区域、各个水利工程的信息交流与协同运作,构建多水源联合调度体系,充分挖掘各类水利工程的供水潜能,改善水资源调控水平。三是完善应急调度与预警体系,用数字孪生技术模拟极端水文情况、供水危机等情形,提前预演调度方案,改进应急调度流程,准备应急供水资源,提升应对突发情况的调度能力,在极端天气、供水短缺等情形下可及时响应、科学调度,保障流域供水安全;引入智能预警系统,对于水利工程运行异常、水量波动异常等情况可做到实时的预警,并自动触发相应的调度调整措施。

(三) 打破数据孤岛,构建一体化信息共享体系

对于信息共享不足、数据标准不统一等状况,抓住智慧水利创建的良机,构建一体化的信息共享体系,破解“数据孤岛”的困境。其一,统一数据标准规范,协调水利、气象、环保、农业等各有关部门数据规范,确定好各个部门的数据采集、传输、存储、应用等规范,实现各有关部门间数据互通、兼容。规范监测数据格式,统一指标含义和统计口径,确保数据的一致性、可用性,为数据整合利用打下基础。其二,搭建大数据共享平台,整合各部门的监测数据、用水数据、工程数据等资源,实现数据的集中管理、统一调度、高效利用,为水资源

配置、调度提供全方位、精准化的数据支撑^[4]。其三，强化数据处理与安全保障，利用云计算技术，对海量数据进行快速处理、分析、挖掘，从数据中发现规律、预测趋势，为调度决策提供科学依据。然后，创建数据安全保障机制，加大数据加密，访问控制，应急备份等技术的应用力度，防范单纯依赖密钥的加密系统，在遭受攻击时出现大量敏感资料外泄或丢失等情形。其四，健全跨部门协同共享机制，明确各部门数据共享的责任和义务，定期开展数据共享专项检查，及时解决数据共享过程中出现的衔接不畅、数据滞后等问题，促进数据资源的高效利用。

（四）强化技术支撑，提升智能化管理水平

根据技术支撑能力薄弱、智能化程度不高这一现状，在强化核心智慧水利技术应用的基础上提高水资源配置与调度的智慧化。一方面，完善智慧管理平台建设，将物联网、大数据、数字孪生等技术融合，构建包含监测、分析、模拟、调度等功能的智慧型一体化管理系统，从而达成对流域水资源全部要素、全过程实施智能控制的目的，彻底打破以往传统管理模式下时间和空间上的局限性。另一方面，深化核心技术深度应用，加强核心技术的深度应用，推广数字孪生模型在调度预演、风险预判上的应用，精准模拟水文情势演变、调度方案实施效果，提前优化调度方案，提高决策的科学性、前瞻性，采用多目标智能优化算法，结合流域水资源总量限制，建立经济、社会、生态三大效益相结合的优化配置模型，实现水资源最优分配。再一方面，强化技术研发与人才保障，加大对于智慧水利核心技术研发投入力度，突破关键技术瓶颈，推进技术创新成果的应用与转化；培养具有一定专业知识同时又掌握智能化技术的复合型人才，改善技术应用及管理水平，为水资源优化配置与调度赋予强有力的科技和人才保障，让智慧水利同流域水资源管理融合发展，促进水资源的可持续利用^[5]。此外，推广先进实践模式，需加快科研院所与企业合作的步伐，在引进技术的同时，借鉴先进的经验，不断摸索出能予以推广的实践模式，使流域水资源智能化管理工作得到普遍提升，最终促使资源合理配为的水平全面提升。

（五）赋能环境资源协同发展，筑牢生态安全底线

智慧水利技术可以提高水资源配置和调度的效率，也可以为流域环境资源协调发展提供重要的支持，实现水资源利用和生态环境保护的良性互动。依靠物联网全

域感知网络，可以实时监测流域水质、水体富营养化、水土流失等环境指标，利用大数据分析精准找到水污染源头、生态退化隐患，给污染治理、生态修复提供靶向支持，避免水资源开发利用对生态环境造成破坏。利用数字孪生模型对不同的调度方案进行模拟，可以科学地确定出生态流量的阈值，合理地调配水资源，兼顾生产生活用水和生态补水的需求，缓解由于过度开发而造成的河道干涸、湿地萎缩等问题，促进流域生态系统恢复。智慧化信息共享体系可以促进水利、环保部门数据共享，实现水资源利用和污染治理联动控制，优化涉水产业布局，倒逼高耗水、高污染企业转型升级，形成节水、护水、治水协同发展格局，保障水资源高效利用的同时保护流域生态环境，实现经济社会发展和环境资源保护的协同共赢。

结论

智慧水利为流域水资源优化配置和调度提供高效的技术支持，有效解决了传统管理模式下精准性、协同性、智能化不足的问题。通过构建精准化配置体系，创新智能化调度模式，构建一体化信息共享体系，强化技术支撑，赋能环境资源协同发展。未来，需继续推进智慧水利同流域水资源管理深度交融，改进技术应用体系，完善策略落实途径，达成水资源高效集约利用，为流域经济社会与生态环境协调发展赋予坚实支撑。

参考文献

- [1]阿力木·依明，木合塔尔·艾买提，阿依尼格爾·亚力坤.基于生态需水量的喀什地区水资源优化配置研究[J/OL].环境保护科学，1-11[2026-03-04].
- [2]张亚琳，李鑫，方国华，等.省市水网融合下的台州市水资源优化配置研究[J/OL].水资源保护，1-14[2026-03-04].
- [3]卢治元，付意成，黄海燕.高原湖泊水资源循环利用与生态减排集成优化范式[J/OL].水电能源科学，1-12[2026-03-04].
- [4]程玉菲，高艺杰，刘德地，等.水资源刚性约束下引调水工程受水区水资源优化配置[J/OL].南水北调与水利科技（中英文），1-17[2026-03-04].
- [5]刘杨波，张治，上官尚俊，等.基于双种群协同进化算法的城市水资源多目标优化配置——以宁波市海曙区为例[J/OL].水力发电，1-7[2026-03-04].