

气候变化背景下水利水电工程水资源调度优化

周发娇

江西永强建设工程有限公司，江西 上饶 334000

摘要：本文聚焦气候变化对水利水电工程水资源调度的影响，探讨调度优化策略。气候变化引发降水时空分布改变、径流变化等问题，给传统调度模式带来挑战。通过分析气候变化下水资源调度面临的水量预测难度增大、供需矛盾加剧等困境，提出构建精准预测模型、优化调度规则、加强多方协同管理等优化路径。研究表明，优化调度可提升水资源利用效率，保障生态安全，对水利水电工程可持续发展意义重大。在全球气候变暖的背景下，水利水电工程作为重要的水资源管理与利用方式，其调度策略的合理性与高效性直接关系到区域水资源的安全与可持续利用。文章分析了当前调度优化面临的四大难题：数据基础薄弱、预测技术局限、调度规则僵化及部门间协调困难等，这些问题严重制约了水资源调度的灵活性和适应性。

关键词：气候变化；水利水电工程；水资源调度；调度优化

气候变化已成为全球关注的重大问题，其引发的降水、气温等气象要素变化，对水资源系统产生深远影响。水利水电工程作为水资源调控的关键基础设施，其水资源调度面临诸多新挑战。传统调度模式基于历史数据和相对稳定的气候条件制定，难以适应气候变化下水资源时空分布的显著变化。因此，研究气候变化背景下水利水电工程水资源调度优化，对于保障水资源合理利用、维护区域生态平衡、促进经济社会可持续发展具有紧迫且重要的现实意义。

一、气候变化对水利水电工程水资源调度的挑战

（一）降水时空分布改变带来的水量预测难题

气候变化导致降水时空分布格局发生显著变化，一些地区降水强度增大、频率增加，而另一些地区则出现降水减少、干旱加剧的情况。这种变化使得传统的基于历史降水数据建立的水量预测模型不再适用。在降水增加的地区，短时间内的强降水可能导致水库来水量急剧增大，超出水库的调蓄能力，引发洪水灾害；

而在降水减少的地区，水库来水量不足，难以满足下游的用水需求。例如，某些山区水库原本依赖稳定的季节性降水进行蓄水，气候变化后降水集中在少数极端暴雨事件中，水库难以有效拦截和储存这些来水，导致汛期弃水严重，而枯水期又面临缺水困境，极大地增加了水量预测的难度和不确定性^[1]。

（二）径流变化引发的供需矛盾加剧

气候变化引起的径流变化使得水资源供需矛盾进一步加剧。径流的年内分配更加不均，枯水期径流减少，导致下游农业灌溉、工业生产和居民生活用水面临短缺风险；而丰水期径流集中，若不能及时合理调度，可能造成水资源浪费和洪涝灾害。同时，随着经济社会的发展，用水需求不断增加，对水资源的依赖程度越来越高。在气候变化背景下，水资源供应的不稳定性与用水需求的刚性增长之间的矛盾日益突出。例如，一些以农业为主的地区，灌溉用水需求量大，但气候变化导致灌溉季节径流减少，农作物因缺水减产甚至绝收，影响了当地农业经济的发展和农民的收入，加剧了水资源供需的紧张局面^[2]。

（三）生态环境变化对调度目标的冲击

气候变化还引发了生态环境的改变，对水利水电工程水资源调度目标产生冲击。河流生态系统对水文过程的变化极为敏感，径流的改变会影响河流的水位、流速、水温等生态因子，进而影响水生生物的生存和繁衍^[3]。传统的水资源调度往往侧重于满足人类经济社会用水需求，对生态用水考虑不足。在气候变化背景下，生态环境的恶化要求调度更加注重生态保护。例如，一些河流因气候变化导致生态流量不足，水生生物栖息地遭到破坏，生物多样性下降。如果继续按照传统调度模式运行，将进一步加剧生态环境的恶化，违背可持续发展的原则，因此需要重新审视和调整水资源调度目标，以实现生态、经济和社会效益的协调统一。

二、气候变化背景下水利水电工程水资源调度优化面临的问题

（一）数据基础薄弱与预测技术局限

气候变化背景下，水资源调度需要更全面、准确的数据支持。然而，目前数据基础存在诸多薄弱环节。一方面，气象、水文监测站点分布不均，部分偏远地区和复杂地形区域监测数据缺失，无法准确反映区域水资源变化情况。另一方面，数据的质量和时效性有待提高，一些监测设备老化、维护不及时，导致数据存在误差，且数据更新速度慢，难以满足实时调度的需求。在预测技术方面，现有的水量预测模型大多基于历史数据构建，对气候变化因素的考虑不够充分，难以准确预测未来水资源的时空变化。例如，一些模型无法有效捕捉极端气候事件对水资源的影响，导致预测结果与实际情况偏差较大，给调度决策带来困难。

（二）调度规则僵化与适应能力不足

传统的水利水电工程水资源调度规则往往基于长期稳定的气候条件制定，具有较强的刚性和固定性。在气候变化背景下，这些规则难以适应水资源供需的动态变化。例如，一些

水库的汛限水位、兴利水位等调度指标设定多年未变，没有充分考虑气候变化导致的来水变化和用水需求调整。当遭遇极端气候事件时，按照传统规则调度可能导致水资源利用效率低下，甚至引发洪涝或干旱灾害。同时，调度规则缺乏对生态用水的有效保障，在满足人类用水需求的同时，往往忽视了河流生态系统的基本需求，使得生态环境的恶化得不到有效遏制，调度规则的适应能力亟待提高^[4]。

（三）部门协调困难与利益冲突凸显

水利水电工程水资源调度涉及多个部门和利益主体，包括水利、气象、环保、农业、工业等部门，以及上下游、左右岸不同地区和行业。在气候变化背景下，各部门和利益主体之间的协调难度进一步加大。不同部门之间存在信息沟通不畅、职责界定不清等问题，导致调度决策难以形成合力。例如，气象部门提供的气象预报信息未能及时、准确地传递给水利部门，影响了水库调度的及时性和准确性。同时，各部门和利益主体之间存在利益冲突，在有限的水资源面前，都希望优先满足自身的用水需求，难以达成统一的调度方案。例如，农业部门希望增加灌溉用水以保证农作物产量，工业部门则要求保障生产用水以维持经济发展，这种利益冲突使得水资源调度面临诸多阻碍^[5]。

（四）公众参与度低与意识淡薄

在水利水电工程水资源调度过程中，公众参与度普遍较低，公众对水资源调度的重要性和自身在其中应承担的责任意识淡薄。一方面，公众对水资源调度的决策过程了解甚少，缺乏表达意见和建议的渠道，导致调度方案难以充分考虑公众的需求和利益。另一方面，公众在日常生活中缺乏节水意识和生态保护意识，水资源浪费现象较为严重。例如，一些地区居民在用水过程中不注意节约，对水资源的珍贵性认识不足，这不仅加剧了水资源的供需矛盾，

也给水资源调度带来更大的压力。此外，公众对气候变化对水资源的影响认识不足，缺乏主动参与水资源保护和调度的积极性，不利于形成全社会共同参与水资源管理的良好氛围。

三、气候变化背景下水利水电工程水资源调度优化策略

（一）强化数据支撑与提升预测能力

为有效应对气候变化给水资源调度带来的严峻挑战，强化数据支撑与提升预测能力是重中之重。当前，气候变化导致水资源时空分布愈发复杂，数据作为调度决策的基础，其重要性不言而喻。加强气象、水文监测网络建设迫在眉睫，需依据区域地理特征和气候变化趋势，优化监测站点布局。在偏远山区、人迹罕至的沙漠边缘以及地形复杂的峡谷地带，增加监测站点数量，以填补数据空白，提高数据采集的覆盖面。同时，严格把控监测设备质量，加大对设备的资金投入，定期开展设备维护与校准工作，确保设备始终处于正常运行状态，及时、准确地更新数据，保障数据的时效性。

在预测技术领域，要着力研发基于气候变化情景的水资源预测模型。充分考虑气候变化对降水模式、径流过程的深远影响，将气温升高导致的冰川融水变化、降水强度与频率改变等因素纳入模型考量范围，以此提高模型的准确性和可靠性。积极引入机器学习、人工智能等前沿技术，利用其强大的数据处理和分析能力，对海量的气象、水文数据进行深度挖掘，探寻数据背后的潜在规律，建立能够实时捕捉水资源变化趋势的预测模型。该模型可根据实时监测数据和最新气象预报信息，快速调整预测结果，为水资源调度提供科学、精准的依据。此外，加强数据共享与整合，打破部门之间的数据壁垒，建立统一的数据管理平台，实现气象、水文、环保等多部门数据的互联互通，为综合分析和预测提供更全面、系统的数据支持。

（二）优化调度规则与增强适应能力

传统调度规则在气候变化背景下已显露出诸多弊端，优化调度规则、增强其对气候变化的适应能力成为当务之急。气候变化使得水资源供需关系动态变化加剧，这就要求根据气候变化趋势和水资源供需变化情况，动态调整水库的调度指标。在汛期，充分考虑气候变化可能引发的极端降水事件，在保证防洪安全的前提下，科学合理地提高汛限水位，充分利用洪水资源，增加水库蓄水量，以应对枯水期的用水需求。在枯水期，依据来水预测和用水需求分析，精细调配水资源，优先保障居民生活用水和重要工业用水，同时兼顾农业灌溉用水，通过优化调度方案，实现水资源的合理分配。

与此同时，将生态用水纳入调度目标体系是维护河流生态系统健康的关键举措。制定科学合理的生态流量保障方案，深入研究不同季节、不同水文条件下河流生态系统的用水需求，确定合理的生态流量下限。在调度过程中，严格遵循生态优先原则，优先保障生态流量，确保河流生态系统的基本生态功能得以维持。例如，在鱼类繁殖季节，适当增加下泄流量，为鱼类提供适宜的产卵和栖息环境。

（三）加强部门协同与化解利益冲突

加强部门协同是优化水利水电工程水资源调度的核心环节，各部门之间的紧密合作与高效沟通是确保调度工作顺利开展的关键。建立健全跨部门协调机制，明确水利、气象、环保、农业、工业等各部门在水资源调度中的具体职责和权限，避免职责不清导致的推诿扯皮现象。通过制定详细的工作流程和协作规范，加强部门之间的信息共享和沟通协作。

在技术合作与交流方面，各部门应充分发挥自身优势，整合资源，共同开展水资源调度相关的科研项目和技术攻关。加强在气象预报、水文模拟、水资源优化配置等领域的合作，共享科研成果和技术经验，提高水资源调度的技术水平。同时，针对气候变化背景下水资源调度面临的利益冲突问题，建立公平合理的水资

源分配机制。综合考虑不同地区、不同行业的用水需求和发展目标,运用科学的方法和模型,制定兼顾各方利益的水资源分配方案。通过经济手段,如实行水权交易制度,允许水资源在不同用户之间进行合理流转,使水资源向高效益领域配置,提高水资源的利用效率;运用行政手段,加强水资源管理的统筹规划和宏观调控,确保水资源分配的公平性和合理性;借助法律手段,完善水资源管理法律法规,加强水资源管理执法力度,对违规用水行为进行严厉打击,保障水资源的合理分配和有效利用,实现经济社会与生态环境的协调发展。

(四) 提高公众参与度与强化意识培养

提高公众参与度对于优化水资源调度具有不可忽视的重要作用,公众的广泛参与和支持是水资源管理工作顺利推进的坚实基础。加强水资源调度宣传教育是提高公众意识的首要任务,通过多种渠道、多种形式向公众普及水资源调度重要性和气候变化对水资源的深刻影响。利用电视、广播、网络等主流媒体,制作生动形象的科普节目和公益广告,广泛传播水资源保护和合理利用的知识;举办水资源

保护主题讲座和展览,邀请专家学者深入社区、学校、企业,为公众进行面对面的讲解和交流,引导公众树立正确的用水观念,增强节水意识和生态保护意识。

建立完善的公众参与机制是保障公众权益的重要举措,拓宽公众表达意见和建议的渠道,让公众真正参与到水资源调度的决策过程中。通过听证会、问卷调查、网络平台留言等形式,广泛征求公众对水资源调度方案的意见和建议,充分考虑公众的需求和利益,使调度方案更加贴近民生、符合实际。

结束语

气候变化给水利水电工程水资源调度带来了诸多挑战,但也为优化调度提供了契机。通过强化数据支撑、优化调度规则、加强部门协同和提高公众参与度等策略,可以有效应对气候变化下的水资源调度问题,实现水资源的合理配置和高效利用。未来,随着气候变化研究的深入和技术的不断进步,水资源调度将更加科学、智能和可持续,为保障区域水安全、促进经济社会发展和维护生态平衡发挥重要作用。

参考文献

- [1]田芳磊. 气候变化对水资源的影响及其应对措施[J]. 水资源保护, 2022, (11): 10-15.
- [2]李媛媛. 气候变化下水利水电工程的风险管理[J]. 水利水电工程, 2023, (03): 28-35.
- [3]高长胜, 胡江. 气候变化对我国水利基础设施安全影响及应对建议[J]. 中国水利, 2024, (24): 60-67.
- [4]张开华. 全球变暖对水资源的影响研究[J]. 环境科学与技术, 2021, (08): 45-52.
- [5]王建国. 水利水电工程水资源调度优化研究[J]. 水资源管理, 2020, (07): 30-38.