

气候变化对水文水资源影响的表现及对策

唐加勒克·托合塔尔汗

阿勒泰水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v10i5.6994

[摘要] 阿勒泰地处我国西北边陲,属典型寒温带大陆性气候,是我国重要的生态屏障和水资源储备区,其水文水资源系统对气候变化极为敏感。本文以该地区为研究背景,基于气象、水文观测数据及相关研究成果,系统分析气候变化对阿勒泰地区水文水资源在降水、径流、冰川积雪及水资源供需等方面的影响表现,结合区域水文水资源特点和气候变化趋势,提出针对性的应对对策,为阿勒泰地区水资源合理开发利用、生态环境保护及应对气候变化提供科学依据和实践参考,助力区域经济社会与生态环境协调发展。

[关键词] 气候变化; 水文水资源; 影响表现; 应对对策

中图分类号: TV213 **文献标识码:** A

Impacts of Climate Change on Hydrology and Water Resources and Countermeasures

Author: Tanggaleike·Tuoheertanhan

Altay Hydrological Survey Center

[Abstract] Altay, located in the northwest border of China, has a typical cold-temperate continental climate. It serves as an important ecological barrier and water resource reserve in China, and its hydrology and water resources system is highly sensitive to climate change. Taking this region as the research background, based on meteorological and hydrological observation data and relevant research findings, this paper systematically analyzes the manifestations of climate change impacts on hydrology and water resources in the Altay region, including aspects such as precipitation, runoff, glaciers and snow cover, and water resource supply-demand balance. Considering the regional hydrological characteristics and climate change trends, targeted countermeasures are proposed. This study provides scientific basis and practical references for the rational development and utilization of water resources, ecological environmental protection, and climate change response in the Altay region, contributing to the coordinated development of the regional economy, society, and ecological environment.

[Key words] Climate change; Hydrology and water resources; Impact manifestations; Countermeasures

引言

气候变化通过改变大气环流、降水模式、气温水平等关键要素,直接影响区域水文循环过程,进而引发水资源时空分布失衡、极端水文事件频发等一系列问题,对区域生态环境、经济社会发展及人类生产生活造成深远影响。新疆阿勒泰地区位于我国新疆维吾尔自治区北部,地处欧亚大陆腹地,远离海洋,属典型的寒温带大陆性气候,冬季严寒漫长,夏季短促凉爽,降水集中且多以降雪形式存在,是我国西北干旱区中的“湿岛”。该地区河流多发源于阿尔泰山,以季节性积雪融水和山地降水补给为主,是额尔齐斯河、乌伦古河等重要河流的发源地,地表水资源量达123.44亿立方米,占全疆地表水资源量的15%,水量仅次于伊犁河,居新疆第2位,是新疆乃至西北内陆地区重要的水资

源储备基地。同时,阿勒泰地区生态环境脆弱,冰川、积雪、湿地等生态系统与水文水资源系统紧密相连,气候变化引发的水文水资源变化,不仅会影响区域水资源供需平衡,还会加剧生态环境退化,制约区域农牧业、工业及民生事业的可持续发展。

1 区域概况

阿勒泰地区位于新疆维吾尔自治区最北部,阿尔泰山中段南麓。地势北高南低,北部为阿尔泰山区,中部为额尔齐斯河与乌伦古河冲积平原,南部为准噶尔盆地北缘荒漠区。气候属大陆性寒温带干旱气候,冬季漫长寒冷,夏季短暂温和,年均气温约2—4℃,年降水量150—400 mm,山区降水多于平原。该地区主要河流为额尔齐斯河与乌伦古河,均发源于阿尔泰山,由北向南经平原区汇入下游湖泊,是区域工农业生产、城镇供水和生态

维持的核心水源。其中, 额尔齐斯河是我国唯一注入北冰洋的国际河流。阿勒泰地区河流径流补给以季节性积雪融水为主, 兼有降水和少量冰川融水补给, 水文过程具有明显的季节性特征, 径流集中于春末夏初融雪季节。这种特殊的水文补给机制使得区域水资源系统对气候变暖高度敏感, 气候变化通过影响积雪积累与消融过程, 直接作用于径流的量级、时机和年内分配。

2 气候变化对水文水资源的影响表现

2.1 降水总量增加, 时空分布更不均衡

气候变化使阿勒泰地区年降水量呈现稳步增加趋势, 但时空分布不均带来的洪旱交替、水资源错配及极端天气风险, 已成为该地区水资源管理与生态保护面临的主要挑战。

在空间分布上, 山区与平原地区的降水差距持续扩大。阿尔泰山山区作为主要降水区, 受气候变化影响, 降水增幅明显高于平原地区。这导致山区水资源储备进一步增加, 径流量上升; 而平原地区降水增加幅度较小, 加之蒸发量相对较大, 水资源短缺问题未能得到有效缓解。由此, 山区与平原之间的水资源供需矛盾更加突出。在时间分配上, 降水的季节格局发生显著变化。冬季降雪量大幅增加, 使山区积雪储量上升, 为春季融雪径流提供了充足补给, 但同时也增加了融雪洪水的发生风险。夏季降水趋于集中且强度增大, 易引发暴雨洪水, 导致短期径流量激增。春季和秋季降水则有所减少, 使得这两个季节的水资源供给不足, 春旱、秋旱的发生频率和严重程度随之加剧。此外, 极端降水事件明显增多, 暴雨、暴雪等天气的出现频率和强度均有显著提高。这不仅干扰了水资源的合理利用, 还对区域水利设施和农牧业生产构成严重威胁。

2.2 径流量波动加剧, 补给模式改变

径流波动加剧与补给模式改变, 不仅影响区域水资源供需平衡, 还对河流生态系统造成不利影响。

一方面, 径流量整体呈现增加趋势, 但波动幅度明显增大。受气温升高和降水增加的共同影响, 阿勒泰地区主要河流(如额尔齐斯河、乌伦古河)的年径流量稳步增加, 其中乌伦古河流域年径流量达 $12.52 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。然而, 由于极端天气气候事件频发, 径流量的年际和年内波动幅度显著增大, 丰水年与枯水年的径流量差距进一步扩大, 给水资源合理调配和利用带来巨大挑战。另一方面, 径流补给模式发生改变, 融雪径流占比上升, 降水径流占比呈阶段性变化。气温升高导致山区积雪消融时间提前、速度加快, 春季融雪径流峰值提前出现且总量增加, 成为河流径流的主要补给来源。同时, 夏季降水强度增大, 降水径流瞬时量增加, 但因夏季气温高、蒸发量大, 有效补给量有限, 使得降水径流占比呈现阶段性波动。气温升高还加快冻土融化, 地下水补给量有所增加, 但稳定性受到影响, 进一步加剧径流波动。

2.3 冰川退缩, 积雪特征发生改变

阿勒泰地区位于北半球中、低纬度多年冻土的南界边缘, 冰雪发育程度极高。这里的冰川和积雪是区域水资源的重要储备, 受气候变化影响尤为显著。

阿勒泰地区冰川退缩趋势明显, 面积与储量持续减少。据《中国冰川目录》II(阿尔泰山区)统计, 乌伦古河原有现代冰川8条、总面积 1.16 km^2 , 其中大青格里河上游有7条; 而第二次冰川目录显示, 该区域仅剩1条冰川, 面积仅 0.15 km^2 。冰川退缩使短期融水补给量增加, 但长期来看, 随着冰川面积不断缩减, 融水补给将逐渐减少, 对区域水资源稳定供给构成严重威胁。与此同时, 积雪方面也发生显著变化: 冬季气温升高导致积雪稳定性下降, 深度呈波动减少趋势, 部分地区积雪期缩短、消融时间提前, 春季融雪径流峰值提前出现且速度加快, 致使融雪洪水的频率和强度明显增加。研究表明, 阿勒泰地区春季致灾融雪洪水多发生于3—5月, 其中3月以混合型为主、多出现在西南部, 4月集中在东南部、以升温型为主, 5月升温型融雪洪水在各市县均有发生, 严重威胁人民群众生命财产安全及农牧业生产。此外, 积雪分布的空间差异进一步扩大: 山区积雪储量增加, 而平原地区减少, 导致平原春季水资源补给不足, 春旱问题加剧。

2.4 水资源供需矛盾加剧, 生态用水保障不足

气候变化引发的水文水资源变化, 直接影响阿勒泰地区的水资源供需平衡, 导致区域水资源供需矛盾进一步加剧, 生态用水保障不足, 对区域经济社会发展和生态环境造成了不利影响。

从供水端来看, 虽然阿勒泰地区年降水量和径流量整体呈现增加趋势, 但水资源的时空分布不均问题进一步加剧, 丰水年与枯水年的径流量差距扩大, 使得水资源的供给稳定性下降。同时, 冰川退缩导致长期水资源供给能力下降, 地下水补给的稳定性受到影响, 进一步加剧了供水的不确定性。此外, 水质受到一定影响, 极端降水事件导致地表径流冲刷强度增大, 土壤侵蚀加剧, 大量泥沙和污染物进入河流, 导致河流水质下降, 进一步降低了可用水资源量。从需水端来看, 气温升高导致农业灌溉用水、工业用水和生活用水需求均有所增加。农业方面, 气温升高使得农作物的生长周期延长, 灌溉期提前, 灌溉用水量增加, 而春季和秋季降水减少, 进一步加剧了农业灌溉用水的短缺; 工业方面, 随着区域工业的快速发展, 工业用水量不断增加, 对水资源的需求持续上升; 生活方面, 气温升高导致居民生活用水(如制冷、洗漱)需求增加, 同时人口增长也进一步加大了生活用水压力。

3 应对气候变化对水文水资源影响的对策

3.1 强化气象水文监测, 提升预测预警能力

完善的气象水文监测体系是应对气候变化、科学管理水资源的基础, 结合阿勒泰地区的地理特点和水文水资源现状, 进一步强化气象水文监测能力, 提升预测预警水平。

一是优化监测站点布局, 在阿尔泰山山区、主要河流域、平原灌区等关键区域, 增设气象、水文监测站点, 重点监测气温、降水、蒸发、径流、积雪深度、冰川变化等关键要素, 实现监测全覆盖。同时, 升级监测设备, 推广使用无人机测流系统、地面三维激光扫描仪、卫星便携通信设备等智能化装备, 提高监测数据的精度和时效性, 确保能够及时捕捉气候变化和水文资源变化的动态。

二是加强数据共享与分析,整合气象、水文、生态等相关部门的监测数据,建立统一的水资源监测数据共享平台,实现数据互联互通。同时,运用大数据、人工智能等先进技术,对监测数据进行深入分析,揭示气候变化对水文水资源的影响规律,预测未来水文水资源的变化趋势,为水资源管理和应对气候变化提供科学依据。

三是完善极端水文事件预警体系,针对融雪洪水、暴雨洪水、干旱等极端水文事件,建立健全预警机制,结合监测数据和预测结果,及时发布预警信息,明确预警等级和应对措施,提高区域应对极端水文事件的能力,减少灾害损失。例如,在暴雨洪水集中来源区、山洪灾害易发区等高风险地区,加密布设测雨雷达,并与气象卫星、天气雷达探测数据耦合应用,提高精准短临预报预警水平。

3.2 优化水资源配置,缓解供需矛盾

针对阿勒泰地区水资源时空分布不均、供需矛盾加剧的问题,坚持“开源节流并重、供需双向调节”的原则,优化水资源配置,提高水资源利用效率,缓解水资源供需矛盾。

一是加强水利工程建设,在主要河流流域修建水库、引水工程等水利设施,提高水资源的调蓄能力,实现丰水期蓄水、枯水期放水,调节径流的季节分配,保障枯水期水资源供给。例如,加强乌伦古河流域水利设施建设,提高流域水资源的调蓄能力,缓解下游用水紧张问题。同时,推进跨区域水资源调配工程,统筹山区与平原、不同流域之间的水资源分配,实现水资源的合理配置。

二是推进节约用水,降低水资源消耗。农业方面,推广节水灌溉技术,优化种植结构,减少高耗水农作物的种植面积,提高农业灌溉用水效率;工业方面,加强工业节水改造,推广循环用水技术,提高工业用水重复利用率,限制高耗水工业项目的发展;生活方面,普及节水器具,加强节水宣传教育,提高居民的节水意识,减少生活用水浪费。

三是合理开发利用非常规水资源,结合阿勒泰地区的降水特点,推广雨水收集利用技术,在城市、农村修建雨水收集设施,将雨水用于绿化灌溉、生活杂用等,提高雨水资源的利用效率。同时,加强地下水的合理开发利用,严格控制地下水开采量,避免过度开采导致地下水水位下降、地面沉降等问题,实现地下水与地表水的统筹利用。

3.3 加强冰川积雪保护,保障水资源长期供给

冰川和积雪是阿勒泰地区水资源的重要储备形式,针对冰川退缩、积雪特征变化等问题,加强冰川积雪保护,减缓冰川退缩速度,保障水资源长期稳定供给。

一是建立冰川积雪保护机制,划定冰川保护区,严格限制冰川周边的人类活动(如过度放牧、矿产开发),减少人类活动对冰川积雪的破坏。同时,加强冰川积雪的监测和研究,深入分析冰川退缩的原因和趋势,制定科学的保护措施。

二是加强山区生态保护,提高山区植被覆盖度,减少土壤侵

蚀,减缓冰川融化速度。通过植树造林、草原修复等生态工程,改善山区生态环境,增加山区降水的截留和含蓄能力,促进积雪的稳定积累,延长积雪期,缓解融雪洪水的发生风险。

三是合理调控融雪径流,通过修建融雪径流调控工程,减缓融雪速度,调节融雪径流的峰值,避免融雪洪水的发生,同时提高融雪径流的利用率,保障春季水资源供给。例如,在山区修建蓄水池,储存春季融雪径流,用于春季灌溉和生态用水。

3.4 强化生态环境保护,促进水文生态平衡

阿勒泰地区生态环境与水文水资源系统紧密相连,强化生态环境保护,促进水文生态平衡,是应对气候变化对水文水资源影响的重要举措。

一是保障生态用水,将生态用水纳入水资源配置体系,明确生态用水的最低保障量,优先保障湿地、草原、森林等生态系统的用水需求,避免生态用水被挤占。例如,通过生态补水措施,恢复乌伦古湖等湿地的水域面积,提升生物多样性指数。

二是加强湿地、草原、森林等生态系统的保护与修复,通过湿地保护、草原禁牧休牧、森林抚育等措施,改善生态环境,提高生态系统的蓄水、保水能力,促进水文循环的稳定。同时,加强土壤侵蚀治理,减少水土流失,避免泥沙进入河流,保护河流水质。

三是严控污染物排放,加强工业废水、生活污水的处理,提高污水处理率,避免污水直接排入河流,保护水资源质量。同时,加强农业面源污染治理,减少化肥、农药的使用,避免农业面源污染对水资源的破坏。

4 结束语

随着全球气候变化的持续推进,新疆阿勒泰地区的水文水资源系统还将面临更为复杂的变化,应对气候变化的任务依然艰巨。未来,需要进一步加强气候变化与水文水资源关系的研究,深入揭示气候变化对水文水资源的影响机制,不断优化应对对策;同时,要加强区域合作,整合各方资源,提升应对气候变化的综合能力;此外,还需要持续推进水资源节约与保护,强化生态环境修复,实现水资源、生态环境与经济社会的协调发展,为阿勒泰地区打造生态安全屏障、实现高质量发展提供有力支撑。

[参考文献]

[1]中国科学院新疆天山冰川国家野外科学观测研究站.气候变化对阿尔泰山乌伦古河流域径流过程的影响[J].冰川冻土,2014,36(3):699-705.

[2]李帅,李祥余,何清,等.阿勒泰地区近40年的气候变化研究[J].干旱区研究,2006,23(4):637-643.

[3]贺斌,王国亚,苏宏超,等.新疆阿尔泰山地区极端水文事件对气候变暖的响应[J].冰川冻土,2012,34(4):916-924.

作者简介:

唐加勒克·托合塔尔汗(1996--),男,哈萨克族,新疆阿勒泰人,大学本科,初级工程师,研究方向为水文勘测。