

北疆暴雨洪水特性与洪水风险下的资源化调配

李 慧

新疆维吾尔自治区克拉玛依水文勘测中心 新疆 石河子 832000

摘 要: 本文以北疆天山北坡玛纳斯河、塔西河、金沟河为研究载体, 基于近30年水文气象资料, 系统分析区域暴雨洪水核心特征与演变规律。结合区域水资源开发利用现状, 梳理水利工程、调度管理层面现存短板, 挖掘干旱区洪水资源资源化利用潜力, 针对性构建分河差异化利用模式, 可为北疆流域防洪减灾、水资源优化配置及水生态可持续发展提供科学参考与实践支撑。

关键词: 北疆; 暴雨洪水特性; 洪水资源化; 利用模式

引言

北疆属温带大陆性干旱气候, 水资源时空失衡制约绿洲发展。天山北坡诸河汛期径流集中、枯水期缺水, 暴雨融雪复合洪水频发, 加剧防洪压力且造成汛期水资源浪费, 放大枯水期供水缺口。为破解防洪安全与水资源低效利用难题, 本文系统探究暴雨洪水演变特性, 厘清资源化利用瓶颈, 构建可行路径, 对实现洪水趋利避害、保障水资源可持续利用、支撑北疆高质量发展具有实践价值。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区自然地理概况

(1) 区位与地形地貌: 研究区为北疆天山北坡中段玛纳斯河、塔西河、金沟河流域, 地处准噶尔盆地南缘, 地势南高北低, 垂直分异显著。地貌分山区、山前平原与河谷三类: 山区海拔高、起伏大; 山前平原平缓, 宜农宜工; 河谷狭长, 影响水文资源分布与洪水演进。(2) 气候特征: 属温带大陆性气候, 干旱、光照足、温差大、蒸发强。降水集中于高海拔山区, 平原稀少, 呈“山区产流、平原耗水”格局^[1]。夏季短时强降雨频发, 易致暴雨洪水。金沟河流域高差近5000米, 山区年均降水483.2毫米, 平原仅192.7毫米, 垂直差异显著。

(3) 水文水系特征: 以玛纳斯河、塔西河、金沟河三大水系为主, 落差大, 南北向带状分布。玛纳斯河为融雪型核心河流, 水系发育完善^[2]。径流补给为高山冰雪融水和降水, 汛期以暴雨融雪复合型为主。玛纳斯河6—9月径流占全年80%, 7月占29.1%; 金沟河长124 km, 面积2626 km², 年均径流3.211亿m³, 6—8月占70.7%; 塔西河面积2010 km², 石门子站年均径流2.351亿m³。

1.2 流域社会经济与水资源利用概况

(1) 社会经济与用水结构: 绿洲农业发达, 用水以农业灌溉为主, 季节性波动大, 汛期用水旺盛, 枯水期

回落, 用水节律与径流时空分布错配突出。(2) 水利工程现状: 已建成水库、引水枢纽、灌排渠道、防洪堤防等综合体系, 具备基础供水、灌溉、防洪功能。金沟河红山水库总库容5344万m³, 坝高75.8 m, 具灌溉、防洪、供水、发电功能; 玛纳斯河肯斯瓦特水库总库容1.88亿m³, 坝高129.4 m, 总投资15.98亿元, 控制灌溉316.30万亩, 装机100MW, 属大(2)型工程^[3]。肯斯瓦特将中下游防洪标准由5—10年提至50年一遇; 红山水库将金沟河下游由10年提至30年一遇。(3) 水资源供需矛盾: 时空分配不均, 汛期径流集中易致洪涝和闲置, 枯水期供水不足, 难以匹配生产、生活及生态需求, 是区域发展关键瓶颈。塔西河丰水期(6—9月)来水1.833亿m³(占89.5%), 平水期和冰封期(10—5月)仅0.518亿m³(占10.5%); 已建蓄水工程年调节能力0.45亿m³, 多年平均来水条件下仍有1.383亿m³无法调节, 汛期水资源流失问题突出。

2 北疆暴雨洪水时空分布及演变特性

2.1 暴雨洪水时空分布特征

(1) 时间分布: 暴雨洪水时间集聚性强, 主汛期为6月下旬至8月中旬, 汛期径流占全年比重极高。玛纳斯河6—9月径流约占全年80%, 7月约占29.1%; 金沟河6—8月占全年70.7%; 塔西河夏秋季占89.5%, 冬春季仅占10.5%。年际洪水差异显著, 极端事件多集中于丰水年。玛纳斯河自1957年以来平均气温上升, 1993年为最大洪峰流量由降转增的转折点, 1994—2010年洪峰流量高位波动^[4]。(2) 空间分布: 暴雨高值区及洪水高发区集中于中高海拔山区, 产流沿河道下泄影响山前平原绿洲。玛纳斯河流域水系规模大、汇水广, 洪水影响范围广; 塔西河、金沟河影响相对集中于上中游局地。(3) 场次洪水特征: 场次洪水普遍涨洪快、退水缓、历时适中, 短时强降雨触发洪水涨洪短、洪峰突出, 融雪叠加型历

时更长、洪量更大。玛纳斯河最大15日洪量占年径流比例较大,汛期水量集中。2016年8月2日玛纳斯河上游发生最大洪峰 $836\text{m}^3/\text{s}$ 的大洪水,经肯斯瓦特水库调蓄后降至 $551\text{m}^3/\text{s}$ 。

2.2 三河洪水特性对比分析

三河同属天山北坡中段,气候下垫面相近,洪水成因基本一致,但因流域面积、河道形态、水系格局不同,特性差异显著。玛纳斯河流域汇水面积最大、水系最发育,洪峰量级最高、历时最长,复合型洪水占比最高,是区域防洪调控与洪水资源利用核心流域。塔西河流域洪水整体量级偏小、过程平缓,1993—2025年年径流量最大 3.379亿m^3 (1999年),最小 1.987亿m^3 (2014年),平均 2.397亿m^3 。汛期富余水量生态适配性强。金沟河流域暴雨突发性更强、洪水集中度高、局地性显著,中小尺度洪水频发,短期防洪压力大,资源化利用难度较大。

2.3 洪水演变趋势与周期特征

全球气候变化下,新疆极端降水、高温融雪事件频发,北疆洪水整体呈频次增加、极端性增强趋势。近几十年,汛期径流占比持续提升,极端洪水事件增多,洪峰量级波动上升,防洪风险与富余洪水资源量同步增加。玛纳斯河最大洪峰流量呈显著增加趋势,1993年为转折点。同时,受干湿交替周期影响,洪水存在显著年际波动,丰水期洪量充沛,枯水期径流匮乏,干湿周期主导年际差异规律。

3 北疆洪水资源利用现状及存在问题

3.1 洪水资源化内涵与利用条件

(1)核心内涵:转变被动防洪理念,在确保安全第一前提下,通过工程调控、智能调度与生态适配,将汛期富余洪水转化为可调控利用的水资源,缓解区域时空供需矛盾。(2)利用优势:北疆三河汛期径流高度集中,富余水量充沛;流域已建成较完善的库、闸、渠工程体系,具备基础调蓄能力;农业灌溉、生态修复及地下水涵养等用水缺口大,利用需求迫切。(3)约束条件:暴雨洪水突发性强、演进快,精准预判难度大;中小洪水调蓄设施不足,拦蓄能力受限;流域缺乏统一联合调度机制,模式偏保守,精细化水平不足,制约规模化利用。

3.2 三河洪水资源利用现状

当前利用以工程拦蓄和人工引洪为主,初步形成防洪兼顾资源化格局。通过大中型水库调蓄,洪水补充农业灌溉与生态用水;常态化生态补洪滋养湿地和河谷植被。玛纳斯河流域依托9座大中型水库联调联控,精准保障生态用水;塔西河截至2024年10月累计生态输水 9.57亿

立方米,植被覆盖率升至60%以上,2024年补水量达 2886万立方米 。分流域看,玛纳斯河工程配套完善,调蓄能力最强,利用率也最高;塔西河、金沟河受工程与洪水特性制约,利用规模有限,提升空间大。

3.3 洪水资源化利用存在的核心问题

(1)工程体系短板:大中型枢纽完善,但小型调蓄设施缺失,中小洪水拦蓄不足,大量下泄浪费。塔西河已建蓄水工程年可调节能力仅 0.45亿立方米 ,多年平均来水下仍有 1.383亿立方米 无法调节;部分灌排及引洪设施老化,效率偏低。(2)调度机制滞后:以单一流域独立调度为主,缺乏三河跨区域联合调度体系;理念偏重防洪安全,资源化考量不足,未形成分量级、分时段精细化方案,整体利用效率低。(3)技术与管理不完善:暴雨洪水短历时、突发性强,预报预警精准度和预见期有限,难以满足精细化调度需求;缺乏专项管控标准、调度规范与考核机制,常态化管理体系尚未健全。

3.4 洪水资源利用潜力分析

结合径流特征、工程调蓄能力与用水承载力,研究区洪水资源化潜力充足。汛期富余洪水扣除生态基流和安全下泄后,仍可通过工程与智能调控实现资源化,精准对接农业灌溉、生态修复和地下水回补需求,效益显著。肯斯瓦特水库将玛纳斯河南部灌区 75万余亩 耕地供水保证率从 46.2% 提至 75% ;红山水库建成后可控制灌溉 52.99万亩 、改善 8.41万亩 。近三年玛纳斯河中游湿地生态功能退化区内植被覆盖率提升 6.25% ,陆域生物多样性提升 283.33% ,水源涵养功能提升 6.02% 。总体而言,三河洪水资源利用具备较大拓展空间。

4 北疆洪水资源化利用模式与保障对策

4.1 洪水资源化利用总体思路与原则

(1)总体思路:立足北疆三河暴雨洪水演变规律、水资源供需矛盾及工程条件,确立“安全防洪、高效利用、生态优先、分河施策”思路。在严守防洪安全底线前提下,统筹农业灌溉、生态保护、地下水涵养需求,补齐中小洪水调蓄短板,构建工程调控、生态利用、智能调度相结合的复合型利用体系,推动洪水治理由被动排洪向主动资源化调控转变。(2)基本原则:安全可控,始终将防洪安全放在首位,精准规避极端风险;因地制宜,结合各流域地形、洪水特性与用水需求,制定差异化方案;资源高效,最大化消纳汛期富余洪水,减少弃水;生态兼顾,坚持生态优先,实现水资源开发与生态保护协同。

4.2 差异化洪水资源化利用模式构建

(1)玛纳斯河规模化利用模式:依托肯斯瓦特水库

1.88亿立方米库容的调蓄能力,构建“水库精准调控+灌区高效引洪+地下水人工回补”模式。科学优化调度,拦蓄富余洪水补充农业灌溉,缓解季节性缺水,同时回补地下水,缓解超采。水库将南部灌区75万余亩耕地供水保证率由46.2%提升至75%,并稳定为玛纳斯湿地补水。(2)塔西河生态型利用模式:针对洪水过程平缓、量级偏小特点,构建“生态精准补水+小型塘坝蓄洪+河谷生态修复”模式。补齐调蓄短板,拦蓄中小洪水精准补给河道、湿地与河谷林,优先保障生态用水。自2000年累计生态输水7.5亿立方米,河谷植被覆盖率提升至60%以上^[5]。(3)金沟河应急型利用模式:针对暴雨突发性强、洪水集中度高特征,构建“洪水精准预控+短时安全引洪+河道基流维系”模式。依托红山水库5344万立方米库容,配套快速引洪设施,在保障防洪安全前提下抢抓窗口期引蓄洪水,维系生态基流。水库建成后下游防洪标准由10年一遇提至30年一遇,控制灌溉面积52.99万亩。

4.3 多维度综合利用配套模式

(1)工程优化配套:推进老旧灌排渠道、引水枢纽提质改造,新建小型调蓄塘坝、分洪设施,补齐中小洪水调蓄短板,完善全域调蓄网络,提升不同量级洪水的收纳与利用能力。(2)联合调度管控:打破单流域独立调度格局,建立跨区域汛期洪水联合调度机制,制定分汛期、分洪水量级差异化预案,统筹调配三河工程调蓄能力,优化拦蓄、引流、下泄时序,提升调度精细化水平。(3)生态协同利用:将洪水利用与生态修复、地下水涵养深度融合,常态化开展湿地补水、河谷植被灌溉、地下水回补,系统性修复退化生态,改善水文情势,缓解超采、湿地萎缩等问题,实现水资源利用与生态保护双向增效。

4.4 洪水资源化利用保障对策

(1)技术保障:优化暴雨洪水预报预警体系,整合

长序列数据,提升极端洪水预判能力。搭建数字化智能调度平台,实现实时监测与智能优化,为精细化利用提供支撑。(2)工程保障:持续推进水利工程完善与升级,重点布局小型调蓄塘坝、引洪渠道、分洪闸等,构建大中小工程联动网络。强化运维管护,保障设施高效运行。(3)管理保障:建立流域水资源统一调度管理机制,统筹三河利用工作,打破区域壁垒。完善技术标准、调度规范与考核监管体系,规范汛期调度、引洪、补水全流程管理。(4)政策保障:出台专项扶持政策,加大工程、技术、生态补水资金投入。引进先进技术与人才,完善培育机制,为长效高质量发展提供政策、资金与人才支撑。

结束语

本文以天山北坡三大典型流域为对象,厘清了暴雨洪水时空特征、成因及年际规律,剖析了洪水资源化在工程、调度、技术、管理上的瓶颈。结合供需与生态需求,构建分河差异化、全域协同化利用模式及保障对策。成果可提升洪水利用效能,减少弃水,缓解季节性缺水,为流域防洪、配水、生态修复及高质量发展提供科学支撑。

参考文献

- [1]王江华.新疆昌吉州短时强降水时空分布与环境场特征分析[J].气象科技进展,2024,14(6):89-95.
- [2]杨莲梅.新疆短时强降水天气主要流型及环境参量特征分析[J].气象科技,2023,51(4):521-528.
- [3]陈春艳.中国西天山两次短时强降水过程雨滴谱特征研究[J].大气科学,2022,46(5):123-126.
- [4]王勇.北疆夏季极端降水事件时空演变及洪水响应特征[J].干旱区地理,2021,44(3):678-686.
- [5]左其亭.干旱区洪水资源资源化利用模式与调控路径—以新疆北疆为例[J].水利水电技术,2024,55(2):32-41.