

内陆河流洪水造成碱滩的水资源利用探索 ——以盐池县为例

祁强广

盐池县水务局 宁夏 吴忠 751500

摘要:内陆干旱区水资源极度短缺与季节性洪水灾害并存,构成区域水资源管理的核心矛盾。盐池县地处宁夏中部干旱带,年均蒸发量为降水量的 7 倍以上,同时境内 20 余条季节性沟道在暴雨期间频繁发生洪水过程。碱滩作为干旱区内陆蒸发性盐渍区域的重要地貌单元,地下水多为苦咸水,土壤含盐量高、土地利用率低。本文以盐池县为例,系统分析了内陆河流洪水的水文特征与碱滩的分布状况,探讨了洪水与碱滩之间“致灾—补给—转化”的多重关系,提出了水资源梯级利用、适盐生物产业培育、水盐精准调控三大利用路径。研究表明,将内陆河流洪水由灾害性资源转化为碱滩生态修复与产业发展的水源支撑,是破解干旱区“水多成灾、水少成旱”困境的有效路径,以盐适产、变害为利的技术路线为同类地区提供了可推广的实践范式。

关键词:内陆河流;洪水资源化;碱滩;水盐调控;盐池县

引言

干旱半干旱地区面临水资源短缺与汛期洪灾并存的双重约束。盐池县地处毛乌素沙漠南缘,年均降水量仅 280-303 毫米,蒸发量高达 1500-2100 毫米,缺水是根本制约因素。与此同时,暴雨洪水频发:2010 年王乐井乡 149.3 毫米降雨致 1.5 万亩灌区瘫痪;2018 年大水坑镇 69.33 公顷农田受灾;2023 年施记圈村 1200 余亩基本农田被淹,积水量超 300 万立方米。此外,全县分布着近 1.2-6 万亩盐碱地($\text{pH} > 9$),地下水多为苦咸水,传统“排碱”路径耗水大、成本高,难以持续。近年来,当地探索由“治碱”转“适盐”,成功引种螺旋藻、南美白对虾等适盐生物,为碱滩水资源利用开辟新方向。但现有研究主要利用地下苦咸水养殖,尚未将洪水纳入碱滩水资源配置框架。内陆河流洪水盐分低、携带泥沙有机质,能发挥“淡水洗盐—水分补充—养分输入”的综合效应。如何将洪水从灾害性资源转化为碱滩治理的战略水源,是本文的核心命题。

1 盐池县内陆河流洪水的水文过程与特征

1.1 水系格局与洪水机制

盐池县境内河流水系可分为三大流域。苦水河属黄河一级支流,干流总长 223.8 公里,流域面积 5218 平方公里,流经盐池县惠安堡镇、大水坑镇。马莲河为泾河最大支流,发源于盐池县境内,上游称环江,全长 374.8 公里。此外尚有红山沟、杜窑沟等内陆河,多为间歇性沟道,平时水量较小甚至干涸。洪水形成的根本原因在

于区域内降水集中于汛期、强度大而历时短。盐池县年均降水量约 303 毫米,其中 70% 以上集中在 6 至 9 月。加之属典型的缓坡丘陵地带,冲沟发育,沟道比降大,暴雨来临时地表径流迅速汇集,形成陡涨陡落的洪水过程。在河道比降较陡的沟段,洪水流速快、冲击力强,具有较强的侵蚀和输沙能力。

1.2 洪水事件的时空特征

从已有水文记录来看,盐池县的洪水事件具有多发性和间歇性交替的特征。以 2020 年为例,强降雨引发清水河、苦水河、红柳沟等 12 条沟道发生洪水过程 12 场次,最大洪峰流量出现在苦水河上游红沟窑站,达 362 立方米每秒。2021 年 9 月,盐池县南部局地降暴雨,清水河、红柳沟、大甜水河等再次出现洪水过程,折死沟张湾站洪峰流量 25 立方米每秒^[1]。洪水对农业生产和基础设施的破坏尤为突出。范记圈沟山洪沟呈东西走向,具有典型的盐池内陆河流特征,2023 年洪水导致下游施记圈行政村 1200 余亩基本农田节水灌溉地被淹,最大积水量 300 余万立方米,水利设施全部损毁。上述案例表明,盐池县虽为干旱区,但在极端降雨条件下洪水的致灾风险不容忽视。

1.3 洪水的水质特性与资源价值

与沿海地区洪水不同,内陆干旱区洪水的水质特征值得特别关注。盐池县境内的苦水河、红柳沟等沟道,其命名本身已暗示了水体的高矿化度特征。但洪水期的地表径流水质与地下苦咸水存在显著差异:一是洪水来

源于降水直接径流,矿化度远低于地下深层苦咸水;二是洪水在冲刷过程中携带大量泥沙和有机质,具有改善碱滩土壤结构和增加养分输入的潜在价值。更为重要的是,据测算,范记圈沟治理工程建成后,洪水汇入的碱滩沙地入渗率较大,可容纳 50 万立方米洪水。这一数据揭示了碱滩天然的“蓄洪消能”潜力——碱滩沙质土壤渗透性强,本身就是一个天然的地下水库和洪水缓冲系统。若能在洪水期将洪水有计划地引至碱滩区域,既可消减下游防洪压力,又可实现对碱滩的淡水补给和盐分淋洗。

2 碱滩的分布特征与水盐困境

2.1 碱滩的地貌与土壤特征

“碱滩”是宁夏对盐碱化滩涂地的通称。盐池县碱滩属内陆蒸发盐渍区域,年降水量约 200 毫米,蒸发量超 1500 毫米。县域内盐碱地近 6 万亩, pH 值普遍高于 9,土壤以盐化灰钙土为主,母质为洪冲积物,分布于缓坡丘陵间平地 and 沟谷地。其形成是干旱气候与封闭水文地质共同作用的结果:蒸发强烈使毛细作用将深层盐分输送至地表累积,形成白色盐结皮。地下苦咸水矿化度高、钠离子含量大,无法用于常规灌溉,制约生态发展。

2.2 传统治理手段的局限性

当地曾尝试挖排碱沟、施生态肥、物理水洗排碱等措施,但未根本改变“水分蒸发、盐分滞留”的局面。症结在于传统思路以“排”为核心,需大量淡水作为洗盐载体,与干旱区水资源极度短缺的现实矛盾。加之工程措施治理效果易反复、投资回报率低,难以形成可持续闭环。

2.3 碱滩的潜在资源价值再认识

转换视角可见其资源价值:碱滩地下苦咸水矿化度稳定约 12‰,恰好满足南美白对虾、青蟹甚至三文鱼等水产品养殖的水质要求;充足日照为螺旋藻等光合生物提供理想生长条件;多沙土壤入渗率高,具备蓄水潜力和自然过滤能力。碱滩并非无价值的“荒地”,而是特殊生态资产。从“治碱”到“适盐”的认知转变,是实现科学利用的逻辑起点。

3 洪水与碱滩的双向互馈机制

3.1 洪水引入碱滩的水文效应

内陆河流洪水与碱滩之间并非简单的“灾害”与“受害地”的单向关系。从水文循环视角分析,将洪水有计划地引入碱滩区域,可在四个层面产生正向效应:

第一,淡水淹没对表层盐结皮形成物理性溶解和淋洗,打破盐分积累的连续性;第二,短期集中补水增加了土壤水分含量,抑制了毛细上升作用的强度;第三,洪水携带的泥沙中含有丰富的矿物元素和有机质,可改善碱滩土壤的理化性质,增加养分储备;第四,洪水渗入地下后补给苦咸水含水层,在一定程度上稀释了地下水矿化度。盐池县范记圈沟山洪沟治理工程的规划理念即体现了这一思路。工程拟将洪水汇入宁东镇鸳鸯湖工业园区东侧碱滩,测算显示该碱滩沙地可容纳约 50 万立方米洪水^[2]。这不仅是防洪工程的安全设计,更是对碱滩蓄水功能和调蓄潜力的主动利用。

3.2 从“排碱”到“引洪”的理念转型

洪水引入碱滩的实践导向了水资源管理思路的重要转型。传统的碱滩治理逻辑以“排”为核心——排出积水、排出盐分、排出碱性物质,试图通过物质输出使碱滩“去盐化”。然而,在干旱区持续缺水的条件下,“排”的路径既不可持续也不符合生态规律。将洪水资源化引入碱滩后,治理逻辑转变为“以水调盐”——通过周期性淡水输入调控土壤盐分动态,同时利用水流携带的营养物质改良土壤,使碱滩在动态的水盐平衡中实现生态功能的部分恢复。这一转型呼应了干旱区水资源管理从“与自然对抗”到“与自然共生”的范式转变。洪水不再是需要被迅速排走的“废物”,而是具有水土耦合调控功能的关键变量。正如盐池县在盐碱地综合治理中探索出由“治”到“适”的路子,洪水管理也需完成从“防”到“用”的战略调整。

3.3 水盐动态平衡的系统理解

实现洪水有效利用的关键在于对碱滩水盐动态的科学把握。干旱区碱滩系统的水盐运移具有高度的季节性和非线性的特征。在非汛期,蒸发占绝对主导地位,盐分不断向表层聚集;而在汛期洪水引入后,淋洗作用暂时逆转了这一趋势,盐分向深层迁移或被排出系统。这一脉冲式的水盐交换过程类似于生态系统的“干扰—恢复”循环——适度的洪水扰动能够打破盐分积累的恶性循环,为后续的生态修复创造窗口期。宁夏大学冯克鹏教授团队在灌区水盐调控方面的研究为此提供了理论参考。该团队提出的“灌排协同精准控盐体系”通过暗管排水实时监控、沟排水集中脱盐与资源化利用等手段,实现了节水淋洗、土壤控盐、调控地下水位及农田增效等多重目标^[3]。尽管该技术的应用场景为灌区农田,但其“灌—排—控—用”一体化的系统思维,对碱滩的洪水资源化调控同样具有借鉴意义。

4 基于洪水资源的碱滩水资源利用路径

4.1 水资源的梯级利用

基于碱滩入渗率大的物理特性,洪水资源化利用可构建“引洪入滩—渗灌补给—回用循环”的梯级利用体系。具体来说:第一层级,通过修建导洪渠、分水闸等工程设施,将汛期洪水有计划地引入碱滩低洼区域,利用天然入渗能力实现自然蓄水,减少蒸发损失;第二层级,渗入土壤的水分经长时间滞留和缓慢释放,可在旱季通过毛细作用和侧向补给为周边植被提供有限水源;第三层级,在洪水尾水收集区域设置简易的水质监测和净化设施,将处理后的水体回用于碱滩上已开展的螺旋藻养殖、虾蟹培育等生产活动,形成“引—渗—蓄—用”的闭环水循环。科左后旗的现代化水网建设经验值得参考。该旗面对极端暴雨内涝频发的困境,通过贯通原有五大排干、构建现代化水网体系,将8座水库、115个湖泊连成一体,不仅解决了排水问题,更实现了水资源的统筹调度。盐池县虽不具备同等规模的水系条件,但可在县域尺度上借鉴其“化涝为源”的基本思路,将碱滩视作天然的水资源调蓄节点加以系统规划。

4.2 适盐生物产业的培育

洪水引入碱滩的终极目标并非单纯的生态恢复,而是通过适盐生物产业的培育实现生态价值向经济价值的转化。盐池县在这一领域已积累了可观的实践经验。2012年,螺旋藻养殖率先在花马池镇佟记圈村的盐碱地上落地,建设500亩螺旋藻养殖基地,每年螺旋藻干粉亩产达1吨,藻蓝蛋白深加工产品亩产效益至少17万元。此后,南美白对虾、青蟹、鲈鱼等品种陆续引入。2025年,三文鱼也在盐碱水中成功培育,鱼苗成活率从30%提升至85%。这些适盐生物的养殖水体可以由洪水、地下苦咸水、循环回用水等多水源联合供给^[4]。洪水的引入尤其具有战略意义:一方面在汛期为养殖池补充低成本水源,降低抽取地下水的能耗和成本;另一方面,洪水携带的天然营养物质可部分替代人工饵料中的营养添加成分,降低养殖成本的资源消耗。盐池县已构建起“螺旋藻+虾、蟹、丰年虫及高端饲料”的单品可销售、互相可转化的循环产业链,若将洪水资源系统纳入这一产业循环中,将使系统的水资源自给能力进一步提升。

4.3 水盐调控技术的集成应用

洪水资源化利用需要建立在精准的水盐调控技术体

系之上。当前可重点集成三项技术:一是水盐动态监测技术,在碱滩关键点位布设土壤水分—盐分传感器,实时掌握洪水浸润后的水盐变化;二是智能配水与控盐技术,运用物联网测传控装置,根据监测数据动态调整引洪水量和引洪时间;三是咸淡水水质利用技术,将洪水引致的轻度淡化水体优先用于对水质敏感的养殖单元,将高矿化度水体用于螺旋藻等耐盐性更强的生产环节。西北内陆干旱区咸水资源化利用的相关研究提供了技术支撑。“十四五”国家重点研发计划已在该领域取得突破,探明了灌区水盐时空分布规律,并研发了低能耗苦咸水淡化设备及智能混合装置,实现了有害离子靶向去除与咸淡水高效混合。盐池县碱滩的水盐调控可适当借鉴上述成果。与此同时,盐池县自身也在“光藻渔碳中和循环养殖技术”方面形成了5大核心技术,涵盖青蟹、虾、鱼、贝水质调控和苦咸水高硬度环境下脱壳等技术环节,可与洪水资源化利用的控盐需求形成技术互补。

5 结语

通过对盐池县实践的总结,得出以下结论:内陆河流洪水与碱滩存在“灾害—资源—生态资产”转化通道。有计划引洪入滩,既可削减防洪压力,又能利用洪水淡水淋洗与养分输入效应调控水盐平衡。在此基础上发展适盐生物产业,实现生态与经济双重激活。主要结论:洪水水量集中、盐分低、携带泥沙有机质,具备利用基础;碱滩沙质土壤入渗率大,可作非常规水资源调蓄节点;“引洪入滩—渗灌补给—回用循环”与“以盐适产”相结合是有效路径;水盐精准调控与跨部门协同是关键保障。局限性:缺乏引洪前后系统监测数据,无法量化盐分迁移;长期地下水影响需追踪;经济可行性需测算。展望:构建水盐运移数值模型,研发智能水分调度与低能耗脱盐设备,将碱滩洪水利用纳入国土与流域规划,出台技术规范,推动“以洪泽碱”成为干旱区高质量发展现实路径。

参考文献

- [1] 盐池县水务局. 盐池县河湖治理“五化”模式实践报告 [R]. 盐池: 盐池县水务局, 2024.
- [2] 宁夏盐池县盐碱地科学治理综合利用的可持续绿色嬗变 [EB/OL]. 科创中国, 2024-05-20.
- [3] 冯克鹏等. 低碳灌排智能协同精准控盐技术 [R]. 宁夏大学土木与水利工程学院, 2025.
- [4] 刘浩等. 西北咸水资源化安全高效利用技术研究 [R]. 中国农业科学院农田灌溉研究所, 2025.