

内陆河流域分期生态输水改善下游天然植被生存环境

陈龙 何文华

塔里木河流域水资源调度中心

DOI:10.32629/hwr.v10i7.7053

[摘要] 内陆河流域下游地区普遍面临天然植被退化与生态系统功能衰退的严峻挑战,实施生态输水是应对这一危机的重要举措。本文针对传统输水方式的局限性,系统探讨了分期生态输水这一优化策略。通过分析内陆河下游生态退化的关键症结,阐释分期输水的理论依据与操作模式,并重点论述其在改善土壤水分条件、促进植被生理恢复、优化群落结构与多样性、增强生态系统服务功能以及实现社会经济协同效益等五个方面的具体作用机制与成效。研究表明,基于植被需水规律与水文周期的分期生态输水,能更精准、高效地改善下游天然植被的生存环境,为内陆河流域生态恢复与可持续管理提供科学参考。

[关键词] 内陆河流域; 分期生态输水; 天然植被; 生存环境

中图分类号: P941.77 **文献标识码:** A

Staged ecological water transfer in inland river basins to improve the living environment of downstream natural vegetation

Long Chen Wenhua He

Tarim River Basin Water Resources Dispatch Center

[Abstract] The downstream areas of inland river basins are generally facing severe challenges of natural vegetation degradation and ecosystem function decline. Implementing ecological water supply is an important measure to address this crisis. This article systematically explores the optimization strategy of staged ecological water delivery, addressing the limitations of traditional water delivery methods. By analyzing the key issues of ecological degradation in the lower reaches of inland rivers, this paper elaborates on the theoretical basis and operational mode of staged water transportation, and focuses on discussing its specific mechanisms and effects in improving soil moisture conditions, promoting vegetation physiological recovery, optimizing community structure and diversity, enhancing ecosystem service functions, and achieving socio-economic synergy benefits. Research has shown that staged ecological water transport based on vegetation water demand patterns and hydrological cycles can improve the living environment of downstream natural vegetation more accurately and efficiently, providing scientific references for ecological restoration and sustainable management of inland river basins.

[Key words] inland river basin; Staged ecological water transfer; Natural vegetation; living environment

引言

在全球气候变化和人类活动不断加剧的情况下,内陆河流域的生态环境问题愈加明显,特别是下游地区,由于水资源短缺造成的天然绿洲缩减、植被破坏、土地荒漠化等状况,成了影响区域可持续发展的主要障碍。为了挽救濒危的下游生态系统,生态输水作为主动的修复手段被普遍使用^[1]。但是早期的输水实践大多比较粗放,没有考虑到植被生态需水的时序性、差异性和生态系统的响应过程,从而影响了恢复的效果和水资源的利用效率。因此,寻找更科学的输水方式势在必行。分期生态输水

是根据植被关键需水期、水文自然节律和退化生态系统不同的恢复阶段特点,分阶段、有节奏地进行水资源调配,以达到生态效益最大化的目的。本文主要研究分期生态输水对改善内陆河流域下游天然植被生存环境的理论和现实意义,给类似区域生态保护和水资源精细化管理提供借鉴。

1 内陆河下游生态退化的核心症结与生态输水的必要性

内陆流域下游生态系统退化的原因就是水循环过程的失衡。上游山区是流域的水源形成区,中下游的绿洲和荒漠生态系

统完全依靠河水来维持。近几年来,由于气候变化的影响,山区降水和冰雪融水的不稳定性增大,而流域中上游地区社会经济用水量不断上升,通过修建水库、渠系引水等途径大量挤占了下游的生态用水份额,使得下游径流量急剧减少甚至断流。水资源时空分布发生剧变之后,就完全破坏了下游天然植被生存所需要的水分条件^[2]。以胡杨、柽柳、梭梭等为代表的旱生、超旱生植被,虽然具有一定的耐旱能力,但是萌发、生长、繁殖的各个环节仍然需要依靠定期的洪水漫溢或者浅层地下水补给。长时间的水分胁迫造成植被成片枯萎、衰败,植被盖度降低,群落结构简单化,生物多样性消失。随之而来的就是生态功能的全面衰退,防风固沙的能力降低,土壤盐渍化和风蚀加剧,绿洲屏障的作用消失,最后危及到整个流域的生态安全和人居环境。在此情况下,开展生态输水属于向下游生态系统施行“输血”与“重建水缘”的重要手段,其主要目的就是模仿自然的洪水进程,补充土壤水和地下水,重新激发植被的生命力,遏制生态退化的势头,为生态系统的自我修复赋予条件。

2 分期生态输水的科学内涵与实施模式

分期生态输水不是简单的向下游放水,而是根据生态系统水需求进行精细诊断的一种有计划的、分阶段的水资源调配和管理策略。其主要科学内涵就是“因时制宜”和“按需分配”。第一,遵循植被物候节律。不同的植物种类、同种植物的不同生长发育阶段(萌芽展叶期、快速生长期、开花结实期)对于水分的敏感程度以及需求量也存在着较大的差别。分期输水就是抓住这些关键需水期,在最合适的时机供给水分,从而取得最好的生理响应和生长促进效果。其次,考虑水文自然周期。许多内陆河下游植被(河岸林等)的更新和繁盛过去依靠的是春季融雪性洪水或者夏季暴雨性洪水。分期输水模拟脉冲式、有一定强度和持续时间的洪水事件,以满足植被种子扩散、萌发、群落更新对特定水文条件的要求。另外,它也考虑到生态系统恢复的阶段性和渐进性^[3]。严重退化的生态系统不能承受大量水分的冲击,必须从初步浸润、缓解极端干旱入手,逐渐增加输水频率和水量,使生态系统向预期方向缓慢、稳定地恢复。分期生态输水一般有如下几个步骤,即本底调查和需求评价。利用遥感、地面监测等方式,准确了解下游植被类型、分布、退化程度和土壤、地下水情况。根据植物生理生态学的研究结果,找出不同的植被群落,在不同的季节中需要多少的生态用水以及关键的时段。二是制定分期输水方案。根据来水预测、水库调度能力和生态需求,把全年或者若干年的总生态水量分成若干次输水过程。例如可以设计春季一次小水量的萌芽水来唤醒植被,夏季一次大水量的生长水来支撑植被旺盛生长,秋季一次适量的稳定水来备越冬。每次输水时间、输水时长、水量、峰值流量及水流途径均需仔细规划。三是动态监测和适应性调整。输水过程及之后,对植被响应(叶片光合作用、枝条生长、新生幼苗)、土壤水分、地下水位、水质等指标进行同步监测,根据反馈信息及时调整后续输水计划,形成“监测-评估-调整”闭环管理。不同于“大水漫灌”式的一次性输水,它更加精细、更具弹性,追求生态效益

和水资源高效利用的统一。

3 分期生态输水改善下游天然植被生存环境的作用机制与成效

3.1 直接改善土壤水分条件与地下水补给

土壤水分是联系大气降水、地表水和植物根系吸水的枢纽,也是决定干旱区植被生存的第一要素。分期生态输水对土壤水分条件的改善最直接、最明显。当生态水通过河道下泄或者人工引导漫溢到下游地区的时候,最先湿润的是地表干燥的土壤层。分期有节奏地输水,使水分有足够的时间向下渗透,而不能只停留在表层迅速蒸发。植被关键需水期进行的输水可以保证植物根系主要分布层(0-2米)有较好的湿润峰,直接缓解根系水分胁迫。部分下渗的水分又补充到浅层地下水当中。地下水位的上升对深根系植被(胡杨等)来说非常重要,它能通过深层根系直接从地下水中吸收水分来提高其在干旱期的存活率。分期输水通过多次、连续的补给,可以逐渐使地下水埋深保持在2~4米之间,给植被提供稳定的地下水源。研究表明,在塔里木河下游进行分期生态输水之后,沿河道两侧一定范围内土壤含水量明显增加,地下水位明显上升,在输水后几个月内,影响区域内土壤水分条件得到持续改善,为植被恢复创造了良好的物理条件。对土壤、地下水系统进行协同补给,重建地表水、土壤水、地下水、植被之间良性水力联系。

3.2 促进植被生理状态恢复与个体生长

水分条件改善之后,就会马上传达到植被个体上,产生一系列积极的生理生态反应。最直接的表现就是植物水分状况的改善。长期处在干旱胁迫的植被,其组织水势低,细胞膨压小。当土壤有效水分增多之后,植物的根系吸水就容易了,叶片水势也得到提高,气孔可以保持较长时间的开放状态。这就意味着植被可以更方便地进行光合作用,合成更多的有机物。输水之后胡杨、柽柳等植物的净光合速率、蒸腾速率等生理指标都明显上升。其次植被生长活动被激发。新的枝叶开始萌发生长,植株高度、冠幅增大,生物量增多。对濒死的个体来说,有些休眠芽会重新萌发,出现复活的现象。其次就是营养状况得到改善。水分是养分在土壤中迁移和植物吸收的媒介,水分充足有利于植物对氮、磷等必需元素的吸收和利用,从而改善植物的营养状况,提高植物的抗逆性。分期输水就是在最需要的时候给水分,使生理恢复效应最大。春季输水有利于萌芽、快速生长,夏季输水有利于旺盛光合作用、干物质积累。有针对性的水分供应比一次性输水更有利于将水资源转化为植被的生物量增加、健康状况改善,加快个体尺度上的恢复速度。

3.3 优化植被群落结构并提升生物多样性

天然植被的生存环境改善不只是个体的改变,而且对群落结构、组成有深刻的影响。分期生态输水,尤其是模仿自然洪水脉动的手段,对于植物种子的散布、萌发以及定居有着十分重要的影响。很多河岸植被的种子(胡杨种子等)要依靠水流传播,在湿润的河漫滩土壤里才能萌发。有计划地分期输水,在种子成熟之后创造适宜的浅水淹没或者高湿度环境,促进新幼苗的生

长,对于种群更新、补充幼龄个体来说十分重要。随着一次次的输水,新的幼苗不断补充进来,植被群落得以“年轻化”,年龄结构趋于合理,改变了原来群落以老、衰个体为主的不可持续状态。同时土壤水分条件的异质性(由于输水强度、频率、地形的不同而产生的)会形成多种微生境,给不同水分需求的植物提供生存的机会。一些湿生或者中生性的草本植物、灌木会重新出现在靠近水源或者低洼地的地方,从而提高群落的物种丰富度和多样性。分期输水造成阶段性的湿润期和干旱期交替出现,也可以模拟出某种自然干扰节律,有利于保持群落动态平衡、复杂性。植被盖度、高度、密度等群落结构参数达到最优化状态的时候,生态系统才表现出最佳的稳定性。

3.4增强生态系统服务功能与生态屏障作用

健康的天然植被群落是内陆河下游绿洲生态系统骨架,它所处的生存环境得到改善之后,就会直接产生一系列增强的生态系统服务功能,从而加强区域的生态屏障作用。植被盖度、生物量的提高使防风固沙能力大大增强。茂密植被能减小地表风速,挡住和固着流沙,阻挡沙漠蔓延或者缩小,守护绿洲内的农田、居民点以及交通路线。植被恢复可以改善局部小气候。蒸腾作用增强可以增加空气湿度,降低地表温度,在一定程度上缓解极端干旱气候的影响。第三,植被和土壤的相互作用变强了。植被凋落物回灌到土壤中可以提高土壤有机质含量,改善土壤结构,根系固持土壤,减少水土流失。有利于土壤肥力的保持以及土地生产力的潜在恢复。植被群落恢复给野生动物提供栖息地、食物来源。鸟类、昆虫等小型动物回归后,局部的食物网就会变得复杂起来,生物多样性也得以在更高的营养级上得到体现。

3.5实现生态环境与社会经济的协同增效

分期生态输水的实施,它的意义不单是生态领域的,更是对生态环境和社会经济发展之间关系的一种探索。从直接经济角度来讲,下游生态系统恢复可以削减风沙灾害给农业、畜牧业、基础设施带来的损失,缩减生态治理的长久成本。防护林体系恢复可以保护灌区农田,提高作物产量和稳定性。胡杨林等资源的恢复也会产生一定的抚育性利用(采种、旅游)而获得一定的经济效益。从社会效益来讲,一个水草丰美、生机勃勃的下游环境,可以改善当地居民的生活环境,提高居民生态福祉感以及对家

园的认同感。生态输水工程自身及后续的监测管理工作都会产生就业机会,促进科研、技术服务的发展。更重要的是,分期生态输水体现的是水资源管理理念的进步,即由原来的单纯满足生产生活用水,转向统筹考虑生态需求,实现人水和谐。它依靠科学的调度,在保证基本生态流量的前提下,不干扰或者尽可能少地影响中上游地区合理社会经济发展用水,谋求流域整体上、可持续的水资源共享方案。该种尝试给流域上下游之间的用水矛盾提供了一种新的解决模式,有利于加强社会团结,促进流域的协调发展和长治久安。因此,分期生态输水既是一项生态工程,又是一项涉及社会公平、区域可持续发展综合实践,产生的协同增效是多维的、长期的。

4 结语

内陆河流域下游天然植被的生存危机实质上就是水危机,分期生态输水是针对这种病症所提出的一种精确化、科学化的生态修复方案。本文分析可知,相比于传统的输水方式,分期生态输水符合植被物候节律和生态水文过程,可以更好地改善土壤和地下水状况,激发植被的生理活动,促进群落结构的改善和生物多样性的恢复,从而全面提高生态系统的服务功能和屏障作用,达到生态保护和社会经济发展相协调的目的。分期生态输水成功实施要依靠流域水文生态过程的深刻认识、精细化的监测评价体系和跨区域、跨部门的高效协调管理机制。

参考文献

- [1]陈攀,吴疆,黄蒙.输水隧洞进水口生态围堰设计方案研究[J].云南水力发电,2026,42(4):155-158.
- [2]束龙仓,位书静,澈丽木格,等.西辽河平原生态输水的地下水响应及不确定性量化[J].吉林大学学报(地球科学版),2026,56(2):647-660.
- [3]胡铁民,王增丽,王海基.石羊河流域民勤盆地生态补水25年来地下水变化分析[J].水资源开发与管理,2026,12(1):39-45.

作者简介

陈龙(1986--),男,汉族,甘肃定西人,大学本科,高级工程师,研究方向水资源调度管理、生态输水、工程运行管理等。

何文华(1983--),女,汉族,四川省蓬安县人,大学本科,高级工程师,研究方向水资源管理,水资源管理信息化应用。