

吐鲁番坎儿井水文变化与保护利用策略

艾力夏提·阿地里

新疆维吾尔自治区吐鲁番水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6983

[摘要] 吐鲁番坎儿井作为干旱区独特的地下水利工程,承载着地域文明传承、农业生产支撑以及生态系统维系的多重功能,无需动力能耗即可实现水资源的长距离输送,长期以来为吐鲁番农业灌溉以及居民生活用水提供了关键的保障。然而在全球气候变化的影响下,坎儿井水文系统逐渐呈现出水量衰减、水位下降、水质异变等显著特征,进而引发水利功能弱化以及生态环境退化等一系列的连锁反应。基于此,本文以吐鲁番坎儿井水文系统为研究对象,首先阐述了吐鲁番坎儿井水文变化的表现,随后探讨了吐鲁番坎儿井水文变化与保护利用的策略,以期对吐鲁番坎儿井的永续保护提供有益的参考。

[关键词] 吐鲁番坎儿井; 水文变化; 保护利用

中图分类号: P343.8 **文献标识码:** A

Turpan Karez Well Hydrological Changes and Protection Utilization Strategy

Ailixiati Adili

Xinjiang Uygur Autonomous Region Turpan Hydrological Survey

[Abstract] As a unique underground water conservancy project in arid areas, Turpan Karez Well carries multiple functions of regional civilization inheritance, agricultural production support, and ecosystem maintenance. It can achieve long-distance transportation of water resources without power consumption and has long provided key guarantees for agricultural irrigation and residential water use in Turpan. However, under the influence of global climate change, the hydrological system of Karez gradually exhibits significant characteristics such as water quantity attenuation, water level decline, and water quality variability, which in turn leads to a series of chain reactions such as weakened water conservancy functions and ecological environment degradation. Based on this, this article takes the hydrological system of Turpan Karez as the research object. Firstly, it elaborates on the manifestations of hydrological changes in Turpan Karez, and then explores the strategies for the protection and utilization of hydrological changes in Turpan Karez, in order to provide useful references for the sustainable protection of Turpan Karez.

[Key words] Turpan Karez; Hydrological changes; protection and utilization

引言

吐鲁番盆地深居亚欧大陆腹地,气候极端干旱,年均降水量仅16毫米左右,而年均蒸发量高达3000毫米以上,水资源短缺始终是制约区域生存以及发展的核心瓶颈。进入现代社会,全球气候变化加剧,高山冰川消融速率发生显著的改变,同时区域经济快速发展,使得水资源需求总量大幅攀升。为缓解用水压力,吐鲁番盆地大规模开采地下水,此类人类活动深刻改变了区域地下水补排平衡关系,打破了坎儿井水文系统的稳定状态。因此,构建科学完善的保护利用策略体系对于遏制坎儿井水文系统持续退化以及支撑吐鲁番经济社会可持续发展具有重要的现实意义。

1 吐鲁番坎儿井水文变化的表现

1.1 坎儿井数量锐减与分布萎缩

吐鲁番坎儿井的数量演变呈现“先增后减、急剧衰退”的阶段性特征。随着绿洲农业开发规模逐步扩大,坎儿井建设进入了快速的发展期,此阶段坎儿井数量增长以及耕地面积扩张同步,成为支撑绿洲农业发展的核心水利设施。之后,坎儿井数量开始持续的下滑,衰退速率逐步加快,尽管保护工程逐步推进,但数量衰减趋势仍未停止。从空间分布来看,吐鲁番坎儿井呈现“全域分布向局部聚集、山区向平原萎缩、绿洲核心区向边缘区消退”的特征。历史上,坎儿井广泛分布于吐鲁番盆地北部天山南麓冲积扇平原,涵盖高昌区、托克逊县、鄯善县三大区域,其中高昌区坎儿井数量最多、分布最密集,占盆地总数的一半以上。随着水文环境恶化,坎儿井分布范围逐步收缩,北部靠近山

区的上游区域坎儿井因水源补给减少,大量干涸废弃,分布边界向南部绿洲核心区收缩。目前,现存有水坎儿井主要集中于高昌区恰特喀勒乡、艾丁湖镇,鄯善县鲁克沁镇、达浪坎乡等绿洲核心区,托克逊县北部山区坎儿井几乎完全消失,鄯善县东部戈壁区域坎儿井废弃率较高。空间分布的不均衡性进一步加剧,且多为长度较短、流量较小的小型坎儿井,而历史上发挥核心灌溉作用的大型坎儿井大多已干涸废弃。同时,同一区域内坎儿井分布也呈现碎片化特征,原本连片分布的坎儿井群因部分废弃,形成孤立分布状态,水利连通性大幅减弱^[1]。

1.2 径流量衰减与水文过程失衡

径流量是反映坎儿井水文状态的核心指标,近几十年来吐鲁番坎儿井年径流量呈现断崖式下降趋势。不同规模坎儿井径流量衰减幅度存在差异,大型坎儿井衰减幅度最大,多数已完全断流,剩余大型坎儿井径流量衰减率超85%;中型坎儿井衰减率在60%—70%之间,部分季节性出水;小型坎儿井衰减率相对较低,约40%—50%,但水量稳定性差,枯水期易干涸。除总量衰减外,坎儿井径流过程的稳定性显著降低,表现为年内波动加剧、年际变率增大、断流频次增加。历史上,坎儿井依托浅层地下水稳定补给,径流过程平稳,年内变幅小,可实现全年持续输水。近年来,受地下水位波动、补给水源减少、开采强度加大等因素影响,坎儿井径流稳定性大幅削弱,丰枯差异较为悬殊,仅绿洲核心区少数坎儿井能维持全年的出水^[2]。

1.3 地下水位持续下降与补给失衡

坎儿井的水源核心依赖浅层地下水,地下水位变化直接决定着坎儿井的出水能力以及存续的状态。例如,地下水位下降存在着较为明显的空间差异,北部靠近天山的上游区域,受地表水截流与地下水超采双重影响,水位下降幅度最大,浅层含水层几乎枯竭;中部绿洲区水位下降速率相对较慢;南部艾丁湖周边区域,受地形低洼以及地下水侧向补给影响,水位下降幅度最小,但仍低于坎儿井的暗渠底板高程,无法有效补给坎儿井。自然状态下,吐鲁番盆地浅层地下水补给主要来自天山冰雪融水下渗、大气降水入渗、地表水渗漏三大途径,排泄以坎儿井出流、潜水蒸发、侧向流出为主,补排关系基本平衡,维持地下水位稳定。近几十年来,受自然以及人为因素共同影响,地下水补给量大幅减少、排泄量急剧增加,补排平衡被彻底打破,呈现出“补给锐减、排泄激增、持续亏缺”的失衡状态。如补给端,全球气候变暖导致天山冰川消融速率加快,冰川储量减少,冰雪融水总量呈下降趋势,且融水时间提前。排泄端,大规模机电井开采成为地下水排泄的主导方式,部分年份超采量达1亿立方米,远超地下水可开采量。同时,坎儿井出流虽大幅减少,但仍为重要的排泄途径。整体来看,盆地地下水年均亏缺量较高,长期负均衡导致地下水位持续下降,坎儿井水源补给不足^[3]。

2 吐鲁番坎儿井水文变化与保护利用的策略

2.1 加强源头治理,构建地下水生态修复与补给保障体系

2.1.1 严控地下水超采,遏制水位持续下降

地下水超采作为导致坎儿井水文系统恶化的核心人为因素,

唯有实施最严格的地下水管控措施,才能从根本上扭转地下水位下降趋势,保障坎儿井水源补给。首先,需要完善地下水的管控法规体系,严格落实《吐鲁番市地下水资源保护条例》《吐鲁番市地下水超采综合治理实施方案(2024—2030年)》等政策文件,划定地下水禁采区、限采区与可采区,坎儿井分布核心区全域划为禁采区,严禁新增机电井,现有机电井逐步关停或封填。其次,需严控机电井开采规模,对现有机电井实施总量控制,严禁扩大开采范围。同时要安装智能计量设备,实时监测开采量,实行“总量封顶、超额重罚”制度,将年超采量控制在合理范围内。最后,应建立地下水水位动态监测网络,在坎儿井分布区布设多个以上地下水位监测点,运用自动化监测设备实时跟踪水位变化,定期发布水位预警信息,从而为地下水管控以及坎儿井保护提供相关的数据支撑^[4]。

2.1.2 强化水源涵养,增加地下水天然补给

提升地下水天然补给能力,是恢复坎儿井水文系统的基础保障,需从“高山冰川保护、地表水渗漏补给、降水入渗强化”三个方面协同发力。其一,需要加强天山南麓高山冰川的保护,划定冰川保护区以及生态红线,严禁在保护区内开展砍伐、放牧、采矿等破坏活动。其二,应当优化地表水资源配置,调整水库调度方式,减少上游水库拦蓄水量,合理下放生态流量,增加河道径流量。其三,需推进降水入渗强化工程,在绿洲戈壁区修建集雨设施、渗水井、生态沟渠,收集夏季短时降水以及冬季积雪融水,增加降水入渗补给。另外,还需推广透水铺装、下凹式绿地等生态工程措施,以此来提升绿洲区的降水入渗能力,减少地表径流流失,补充浅层地下水。

2.2 强化系统治理,推进坎儿井工程修复与水文生态协同保护

2.2.1 分类实施坎儿井工程修复,恢复输水功能

针对吐鲁番坎儿井数量多、分布广、破损程度差异大的特点,需要坚持“分类施策、重点修复、循序渐进”的原则,分阶段实施坎儿井工程修复,恢复其输水能力。首先,应当开展全域坎儿井普查建档工作,可以运用现代测绘技术、物探技术与数字化手段,对每一条坎儿井的位置、长度、结构、破损程度、水量水质等信息进行全面的排查,建立“一井一档”的数字化档案,绘制精准分布图,为修复工程提供基础数据支撑。其次,应实施分类分级修复,将坎儿井分为“有水存续型、断流可恢复型、废弃保护型”三类,优先修复有水存续型以及断流可恢复型坎儿井。对有水坎儿井,重点开展暗渠清淤等工程,清除暗渠淤泥杂物,修复坍塌渠段,加固倾斜竖井,修补渗漏明渠,提升输水效率;对断流可恢复型坎儿井,在水源补给保障前提下,实施暗渠贯通等工程,打通输水通道,恢复出水能力;对废弃保护型坎儿井,重点保护其遗址原貌,严禁破坏,作为文化遗产留存。最后,创新修复技术,在保留传统掏捞工艺的基础上,引入现代防渗材料,提升修复工程的耐久性^[5]。

2.2.2 构建坎儿井水文生态保护带,维系系统稳定

坎儿井水文系统与其周边的生态环境紧密关联,唯有构建

完整的水文生态保护带,才能实现坎儿井系统的长期稳定,以此避免修复后再次退化。首先,需划定坎儿井核心保护区,核心保护区为坎儿井暗渠两侧各30米范围,严禁在保护区内修建建筑物、开采地下水、种植高耗水作物、排放污染物,保障暗渠结构安全稳定。其次,应当推进坎儿井周边的生态修复工程,对坎儿井明渠、涝坝周边的退化土地、沙化土地进行治理,实施退耕还草、植树造林工程,恢复湿地植被,提升水源涵养与水土保持能力。最后,应加强水生态环境监测保护,建立坎儿井水质、水生生态动态监测体系,定期监测水质指标、水生生物群落变化,及时发现并处置水质污染、生态破坏问题,实现工业废水达标排放,从而有效保障坎儿井的水质安全。

2.3加强活化利用,推动坎儿井文化遗产与多元价值融合发展

2.3.1深挖文化内涵,推进坎儿井文化遗产活态传承

坎儿井不仅是水利工程,更是承载地域文明、民族智慧、历史记忆的文化遗产,深挖其文化内涵、推进活态传承,是保护利用的核心要义。首先,应加强坎儿井文化研究,组织考古、历史、水利、民俗等领域专家,系统研究坎儿井的起源发展、工程技术、文化内涵、民俗价值,梳理其在干旱区文明发展、民族融合、水利科技史上的重要地位,编撰学术专著、科普读物,丰富坎儿井文化理论体系。其次,应传承坎儿井传统技艺,建立坎儿井传统修缮技艺传承基地,培养非遗传承人,可以采用师徒传承、集中培训、实践演练等方式,传承暗渠掏捞、竖井砌筑、渠道防渗等传统技艺。最后,要加强文化遗产申报,持续推进坎儿井世界灌溉工程遗产申报工作,完善遗产保护规划,健全保护制度。

2.3.2发展特色文旅产业,实现文化价值与经济价值双赢

依托坎儿井独特的水利景观、文化内涵,发展特色文旅产业,是实现活化利用、以用促保的有效路径,可推动坎儿井从静态保护向动态活化转变。首先,需打造坎儿井文化的旅游精品线路,整合坎儿井遗址、民俗村落、绿洲田园、戈壁风光等资源,设计“坎儿井水利探秘+民俗文化体验+绿洲生态观光”主题旅游线路,完善旅游配套设施,以此来提升旅游体验。其次,需建设坎儿井文化旅游景区,重点打造坎儿井博物馆、坎儿井遗址公园、传统村落体验区等核心景区,复原坎儿井修建场景、传统生活场景,设置水利科普、技艺体验、民俗互动等项目。最后,要加强文旅

宣传推广,利用新媒体平台、旅游展会、文化节庆等渠道,宣传坎儿井的文化旅游资源,以此来提升坎儿井文旅品牌的知名度,吸引游客前来观光体验,从而实现文化价值向经济价值转化,为坎儿井保护提供一定的资金支持^[6]。

3 结束语

综上所述,吐鲁番坎儿井作为干旱区水利文明的典范,是自然环境、人类智慧以及历史文化深度融合的结晶,其水文系统的稳定存续,关乎区域水资源安全以及生态平衡。在全球气候变化及人类活动的双重扰动下,坎儿井水文系统经历了数量锐减、水质恶化等一系列深刻的变化,水利功能弱化等问题日益凸显,保护利用工作面临着较为严峻的挑战。在此背景下,正视坎儿井水文变化的严峻现实,破解保护利用中的深层次问题,需坚持“生态优先、系统治理、文化遗产、活化利用”的核心原则,构建“源头治理、系统修复、活化利用”三位一体的保护利用体系。总之,坎儿井保护利用作为一项长期而艰巨的系统工程,不可能一蹴而就,需要多方主体协同发力,才能逐步扭转坎儿井水文系统退化趋势,恢复其水利功能,从而为吐鲁番经济社会高质量发展提供坚实的支撑。

[参考文献]

- [1]王桂友,邓赞松.新疆吐鲁番坎儿井历史文化研究[J].水文化,2025(5):54-58.
- [2]马梅,赵鹏博,徐伟伟,等.吐鲁番坎儿井对区域小气候的调节效应研究[J].人民黄河,2025,47(S1):65-66.
- [3]黄佛君,孟杰,徐伟伟.吐鲁番坎儿井灌溉工程遗产的演变与活化[J].水文化,2025(6):42-46.
- [4]娄苗.文化遗产的历史记忆与文旅空间生产——以吐鲁番坎儿井为例[J].中共伊犁州委党校学报,2025(4):42-48.
- [5]陈泽,吴彬,高凡,等.吐鲁番盆地坎儿井冬闲水回灌适宜性评价及回灌方式研究[J].水电能源科学,2023,41(5):139-143.
- [6]李江,魏光辉.基于新时代坎儿井技术的塔里木河流域灌区节水潜力评估[J].水资源与水工程学报,2025,36(5):205-213.

作者简介:

艾力夏提·阿地里(1993—),男,维吾尔族,新疆吐鲁番人,工程师,研究方向:水文水资源。