

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2025.02.031; CSTR:32311.14.rswc.2025.02.031.

张建国, 曹雪峰, 李晶晶. 生态输水对台特玛湖生态改善情况分析评价[J]. 水土保持研究, 2025, 32(2): 316-320, 330.

Zhang Jianguo, Cao Xuefeng, Li Jingjing. Analysis and evaluation of the ecological improvement of Taitema Lake by ecological water transport[J].

Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(2): 316-320, 330.

# 生态输水对台特玛湖生态改善情况分析评价

张建国, 曹雪峰, 李晶晶

(黄河水利委员会 黄河上中游管理局, 西安 710021)

**摘要:**[目的]评价台特玛湖生态输水后受影响区域的生态环境改善状况,为区域植被建设、遏制水土流失、修复湖泊生态等提供支撑。[方法]基于全国水土流失动态监测成果,对比分析台特玛湖生态输水前(1998 年)和现状年(2022 年)流域土地利用变化及对应的水土流失变化情况。[结果]与生态输水前相比,台特玛湖受水影响区沙地面积减少 454.79 km<sup>2</sup>,减幅 70.79%;植被面积增加了 304.30 km<sup>2</sup>,增幅 100.24%。植被覆盖度由生态输水前的 14.83%增加到 22.26%;台特玛湖生态输水影响区域水土流失面积减少 437.51 km<sup>2</sup>,为 254.60 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 25.18%,均为轻度侵蚀。水土流失面积减少 437.51 km<sup>2</sup>。[结论]生态输水后,台特玛湖生态环境明显好转,区域的土地利用由以沙地为主的单一结构向多样结构转变,植被覆盖度明显提升。

**关键词:**塔里木河; 台特玛湖; 水土流失; 动态变化; 生态输水

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2025)02-0316-05

## Analysis and evaluation of the ecological improvement of Taitema Lake by ecological water transport

Zhang Jianguo, Cao Xuefeng, Li Jingjing

(Administration of Upper and Middle Reaches of the Yellow River, YRCC, Xi'an 710021, China)

**Abstract:**[Objective] The aims of this study are to evaluate the ecological environment improvement status of the affected area after the ecological water transfer of Lake Taitema, and to provide support for regional vegetation construction, soil erosion control, and lake ecological restoration. [Methods] Based on the dynamic monitoring results of soil erosion nationwide, a comparative analysis was conducted on the changes in land use and corresponding soil erosion in the Taitema Lake Basin before (1998) and in the current year (2022) of ecological water transfer. [Results] Compared with before ecological water transfer, the sandy area in the water affected area of Lake Taitema decreased by 454.79 km<sup>2</sup>, with a decrease rate of 70.79%. The vegetation area increased by 304.30 km<sup>2</sup>, with a growth rate of 100.24%. The vegetation coverage increased from 14.83% before ecological water supply to 22.26%. The area affected by ecological water transportation in Lake Taitema had decreased by 437.51 km<sup>2</sup> to 254.60 km<sup>2</sup>, accounting for 25.18% of the total land area, all of which were mild erosion. The area of soil erosion had decreased by 437.51 km<sup>2</sup>. [Conclusion] After ecological water transfer, the ecological environment of Lake Taitema had significantly improved, and the regional land use had shifted from a single structure dominated by sandy land to a diverse structure, with a significant increase in vegetation coverage.

**Keywords:** Tarim River; Taitema Lake; soil and water Loss; dynamic change; ecological water transport

收稿日期:2024-05-23

修回日期:2024-06-06

接受日期:2024-06-26

资助项目:黄委优秀青年人才科技项目“黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀模型参数本地化研究”(HQQ-202303);水利部财政预算项目“全国水土流失动态监测项目”(12620134000918001)

第一作者:张建国(1986—),男,山东肥城人,博士,主要从事水土保持监测及生态恢复研究。E-mail:zhangjiadezs@163.com

通信作者:李晶晶(1987—),女,山西垣曲人,高级工程师,博士,主要从事水土保持监测、区域水土保持规划研究。E-mail:lijingjing0525@126.com

http://stbcyj.paperonce.org

塔里木河全长 2 486 km,干流全长 1 321 km,是我国最长的内陆河,也是世界著名的内陆河之一,被誉为新疆南疆地区的“生命之河”“母亲河”,是塔里木河流域各族人民的生命线<sup>[1]</sup>。20 世纪 60 年代底开始,塔里木河流域内水资源过度开发利用,导致塔里木河下游出现断流,进而导致台特玛湖面积不断缩小,至 1972 年完全干涸。塔里木河下游近 400 km 的河道断流,大片胡杨林死亡,生态环境日趋恶化<sup>[2]</sup>。

随着国家西部大开发战略的实施,塔里木河流域的生态环境得到了党中央、国务院的高度重视和全国人大、政协的关心。为加快塔里木河的综合治理进程,国家多次组织开展塔里木河实地考察,提出了针对性的建议和意见。流域内相继制定并实施了《塔里木河流域近期综合治理规划》《南疆水资源利用与水利工程规划》等<sup>[3]</sup>,在塔里木河下游开展了大规模的生态输水工程。

以往研究多集中于生态输水后,流域内土地覆盖变化<sup>[4-5]</sup>、植被群落与盖度变化<sup>[6]</sup>、植被演化特征<sup>[7]</sup>、胡杨林生长特征等<sup>[8-9]</sup>方面,少有分析生态输水后区域内水土流失的动态变化。作为江河治理的根本措施,生态文明建设的必然要求,水土保持工作历来受到党中央、国务院高度重视<sup>[10]</sup>,同时水土保持也是西北内陆河生态保护的重要内容。本文通过对比分析生态输水前后塔里木河尾间湖—台特玛湖受输水影响区域的土地利用、植被覆盖、土壤侵蚀等现状年基本情况及水土流失动态变化,了解区域的水土保持效果,进一步分析评价流域内生态环境改善状况,为下一步区域水土流失防治、规划制定,筑牢我国西北重要生态屏障提供支撑。

## 1 基本概况

### 1.1 生态调水情况

1999 年以后,因开都河持续处于丰水年,湖水水位持续上涨,新疆维吾尔自治区决定通过将博斯腾湖的水调往塔里木河下游的输水方式,遏制塔里木河下游恶化的生态环境。截至 2023 年,塔里木河流域已实施生态输水 24 次,累计输水水量达 97.68 亿  $\text{m}^3$ 。随着生态输水的推进,台特玛湖湖泊面积和湖周植被发生了很大变化,生态环境明显改善。

塔里木河下游的生态输水从时间和输水性上可分为 3 个阶段。第一阶段(2000—2005 年):为了缓解塔里木河下游缺水情况向塔里木河下游进行应急性输水,其中前 5 次水头到达台特玛湖,使台特玛湖干涸终结并在 2003 年形成 185.90  $\text{km}^2$  的湖面,结束了塔里木河下游断流的历史。第二阶段(2006—2009 年):塔里木河干流径流量减少,博斯腾湖水位下降,平均输水量为

0.74 亿  $\text{m}^3$ ,水头并未达到台特玛湖,湖面又出现干涸现象。第三阶段(2010—2021 年):年平均输量为 5.43 亿  $\text{m}^3$ ,其中 2010—2013 年平均输水量为 5.93 亿  $\text{m}^3$ ,2019—2021 年平均输水量仅  $3.60 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。该阶段输水的水源主要来自塔里木河干流。

### 1.2 研究区域

台特玛湖位于新疆维吾尔自治区若羌县内。自 2000 年国家启动了塔里木河流域综合治理工程,在塔里木河下游开展了大规模的生态输水工程,塔里木河尾间台特玛湖重现生机。综合考虑湖底与湖周的海拔差异、受输水影响的地表植被与周边沙地的界线、生态输水对河道两岸地下水水位的影响范围局限在 1~2 km<sup>[11]</sup>,确定台特玛湖河湖复苏后的水土保持与生态改善评价范围,总面积为 1 010.93  $\text{km}^2$ 。其中,台特玛湖水域滩涂面积为 108.38  $\text{km}^2$ ,将此区域固定,作为后续台特玛湖水域滩涂范围。鉴于 1999 年卫星影像质量较差,评价基准年取 1998 年。监测范围如图 1 所示。

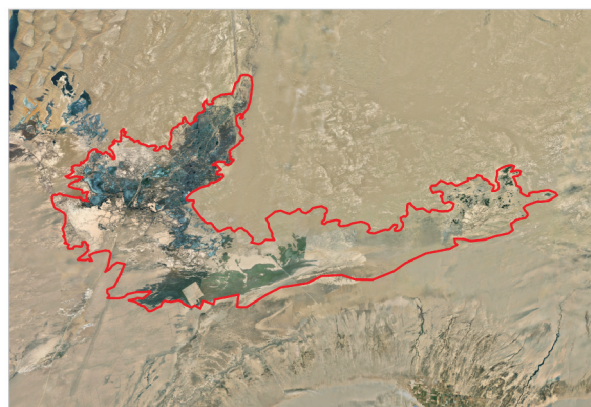


图 1 台特玛湖生态输水影响区域分析评价范围

Fig. 1 Scope of analysis and evaluation of the ecological water transfer impact area in Taitema Lake

### 1.3 数据来源及计算方法

1.3.1 土地利用 采用 1998 年 30 m 空间分辨率 Landsat 卫星影像提取土地利用信息。2022 年土地利用信息提取涉及 2 景影像,数据分别来源于 GF6 卫星和 ZY1E 卫星。为保证遥感解译提取精度,采用人机交互的方式,基于 ArcGIS 软件,以 1998 年和 2022 年遥感影像为基础,结合 2022 年建立的解译标志,解译土地利用类型,并计算各地类面积。

1.3.2 植被覆盖度 采用融合法提取植被覆盖度。利用一期 Landsat 30 m 空间分辨率遥感影像计算的植被覆盖度,与一年 24 个半月 250 m 空间分辨率 MODIS 植被指数产品计算的植被覆盖度,通过融合计算,得到一年 24 个半月 30 m 空间分辨率的植被覆盖度。根据《年度水土流失动态监测技术指南》<sup>[12]</sup>,将植被

覆盖度等级划分为 5 个,分别为高覆盖、中高覆盖、中覆盖、中低覆盖和低覆盖。其中水力侵蚀区园地、林地、草地等的植被覆盖度划分的范围为:高覆盖( $\geq 75\%$ )、中高覆盖( $60\% \sim 75\%$ )、中覆盖( $45\% \sim 60\%$ )、中低覆盖( $30\% \sim 45\%$ )、低覆盖( $< 30\%$ );在风力侵蚀区,园地、林地、草地等的植被覆盖度划分的范围为:高覆盖( $\geq 70\%$ )、中高覆盖( $50\% \sim 70\%$ )、中覆盖( $30\% \sim 50\%$ )、中低覆盖( $10\% \sim 30\%$ )、低覆盖( $< 10\%$ )。

### 1.3.3 土壤侵蚀

(1) 水力侵蚀计算。根据《2022 年度水土流失动态监测技术指南》,基于土地利用数据,水力侵蚀区选用中国土壤流失方程 CSLE 模型计算水力侵蚀土壤侵蚀模数。除植被覆盖度数据更新外,1998 年与 2022 年其他水力、风力侵蚀因子数据保持一致。

(2) 风力侵蚀计算。根据《2022 年度水土流失动态监测技术指南》,基于土地利用类型,选用与之对应的草(灌)地(式 1)、沙地(漠)(式 2)风力侵蚀模型,计算风力侵蚀土壤侵蚀模数。该模型是高尚玉等<sup>[13]</sup>在京津冀风沙源治理工程效益评价中建立的不同地类土壤侵蚀模数估算方法,经邹学勇等<sup>[14]</sup>修订形成了符合我国风蚀特征的耕地、草(灌)地和沙地的风力模型,目前应用于全国水土流失动态监测项目。除植被覆盖度数据更新外,1998 年与 2022 年其他风力侵蚀因子数据保持一致。

草(灌)地风力侵蚀模型基本形式为:

$$Q_{fg} = 0.018(1-W) \sum_{j=1}^{35} T_j \exp \left( 2.4869 - 0.0014V^2 - \frac{61.3935}{U_j} \right) \quad (1)$$

式中: $Q_{fg}$ 为每半个月內草(灌)地风力侵蚀模数 $[\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ ;  $V$ 为植被覆盖度( $\%$ );  $W$ 为每半个月內表土湿度因子,介于  $0 \sim 1$  之间;  $T_j$ 为每半个月內各风速等级的累计时间(min);  $Z_0$ 为地表粗糙度(cm);  $j$ 表示风速等级序号,在  $5 \sim 40 \text{ m/s}$  内按  $1 \text{ m/s}$  为间隔划分为 35 个等级,取值  $1, 2, \dots, 35$ ;  $U_j$ 为第  $j$  个等级的平均风速

(m/s),譬如风速等级为  $5 \sim 6 \text{ m/s}$ ,  $U_1 = 5.5 \text{ m/s}$ 。

沙地(漠)风力侵蚀模型基本形式为:

$$Q_{fs} = 0.018(1-W) \sum_{j=1}^{35} T_j \exp \left\{ 6.1689 - 0.0743V - \frac{27.9613 \ln(0.893U_j)}{0.893U_j} \right\} \quad (2)$$

式中: $Q_{fs}$ 为每半个月內沙地(漠)风力侵蚀模数 $[\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ 。其他参数含义同式(1)。

(3) 土壤侵蚀强度评价和水土流失面积统计分析。依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)等技术标准,评价每个栅格的土壤侵蚀强度。对于发生水力侵蚀和风力侵蚀的评价结果,按照仅保留高强度等级侵蚀类型的原则,确定每个栅格的侵蚀类型及其面积。若侵蚀强度相同,则确定为水力侵蚀强度等级。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用情况

根据 1998 年研究成果,台特玛湖生态输水影响区域土地利用类型以草地和沙地为主,面积分别为  $296.74 \text{ km}^2$ ,  $642.48 \text{ km}^2$ ,分别占土地总面积的  $29.35\%$ ,  $63.55\%$ ,面积占比之和为  $92.92\%$ 。根据 2022 年水土流失动态监测成果,台特玛湖生态输水影响区域土地利用类型以草地、其他土地、水域为主,面积分别为  $599.19 \text{ km}^2$ ,  $251.05 \text{ km}^2$ ,  $133.33 \text{ km}^2$ ,分别占土地总面积的  $59.26\%$ ,  $24.84\%$ ,  $13.19\%$ ,3 类面积占比之和为  $97.29\%$ 。从空间分布特征来看,草地分布在区域中部及东部,其他土地围绕区域边界随机分布,河湖库塘集中分布在区域西北部,台特玛湖土地利用分布图如图 2 所示。

与 1998 年土地利用类型相比,2022 年度台特玛湖生态输水影响区域林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地面积分别增加  $1.85 \text{ km}^2$ ,  $302.45 \text{ km}^2$ ,  $6.83 \text{ km}^2$ ,  $118.77 \text{ km}^2$ ,增幅分别为  $27.05\%$ ,  $101.92\%$ ,  $513.53\%$ ,  $815.73\%$ ;建设用地从  $0 \text{ km}^2$  增加到  $10.51 \text{ km}^2$ ;其他土地面积减少  $440.41 \text{ km}^2$ ,减幅为  $63.69\%$ 。

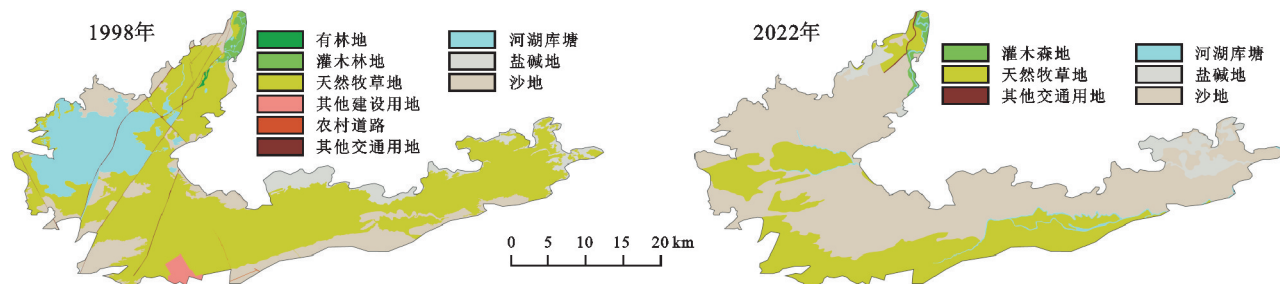


图 2 1998 年和 2022 年台特玛湖生态输水影响区域土地利用分布

Fig. 2 Land use distribution in the ecological water transfer impact area of Taitema Lake in 1998 and 2022

### 2.2 植被覆盖度状况

1998 年台特玛湖生态输水影响区域植被覆盖度整体情况良好,林地和草地总面积为  $303.58 \text{ km}^2$ ,占土

地总面积的  $31.04\%$ 。2022 年台特玛湖生态输水影响区域植被覆盖度整体情况良好,林地和草地总面积为  $607.88 \text{ km}^2$ ,占土地总面积的  $60.13\%$ 。按不同侵蚀



类型区划分,水力侵蚀区和风力侵蚀区植被覆盖面积分别为 599.27 km<sup>2</sup>,8.61 km<sup>2</sup>,分别占植被总面积的 98.58%,1.42%。与 1998 年相比,2022 年度台特玛湖生态输水影响区域植被总面积增加 304.30 km<sup>2</sup>,增幅 100.24%。各覆盖度植被变化情况见图 3。其中,林地面积增加 1.85 km<sup>2</sup>,增幅为 27.05%,草地面积增加 302.45 km<sup>2</sup>,增幅为 101.92%。区域内林草植被面积大幅增加,与王永鹏等<sup>[15]</sup>研究相同。通过分析塔里木河下游生态输水效应,2000—2020 年塔里木河下游林草地面积、覆盖度增长显著,1 亿 m<sup>3</sup>生态水分别对应 5.40 km<sup>2</sup>天然植被面积及 0.14%植被覆盖度增长。

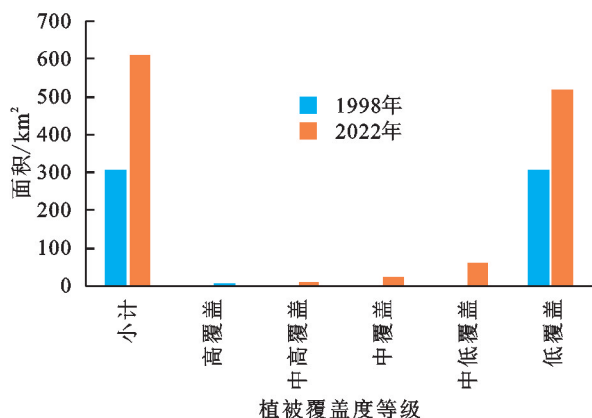


图3 台特玛湖生态输水影响区域植被覆盖面积变化

Fig. 3 Changes in vegetation coverage of ecological water transfer impact area in Taitema Lake

植被覆盖度的变化也得受地下水位变化的影响,同输水前相比,塔河干流下游距主河道 1 km 以内的地下水水位由地面 8~12 m 回升到 2~4 m。根据陈亚宁等<sup>[16]</sup>的研究表明:(1)在距河道 100 m 处,塔里木河下游下段的地下水位埋深由输水前期 2000 年的 7.82 m 抬升至 2020 年的 2.69 m,平均抬升幅度为 5.13 m;在 500 m 处,地下水位埋深分别由输水前的 9.08 m 抬升至 3.82 m。植被绿度增加,塔河四源流和干流上中游各胡杨林保护区以胡杨为主的天然植被生长季各

时段的植被指数上升显著,自然植被长势好转。天然植被退化趋势得到有效遏制。生态环境的改善,导致区域内动植物的数量和种类不断丰富,据报道<sup>[1]</sup>,植物物种数量由 17 种增加到 46 种,灰鹤、水鸟、马鹿、野兔等之前难觅踪迹的野生动物越来越多。

### 2.3 水土流失分布特征

1998 年台特玛湖生态输水影响区域水土流失总面积为 692.11 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 68.46%,均为轻度侵蚀。其中,风力侵蚀和水力侵蚀面积为 691.79 km<sup>2</sup>,0.32 km<sup>2</sup>,分别占水土流失面积的 99.95%和 0.05%。2022 年台特玛湖生态输水影响区域水土流失总面积为 254.60 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 25.18%,均为轻度侵蚀。其中,风力侵蚀和水力侵蚀面积为 254.06 km<sup>2</sup>,0.54 km<sup>2</sup>,分别占水土流失面积的 99.79%和 0.21%。与 1998 年相比,台特玛湖生态输水影响区域水土流失面积减少 437.51 km<sup>2</sup>,减幅为 63.21%,均为轻度侵蚀面积。其中,水力侵蚀面积增加 0.22 km<sup>2</sup>,增幅 68.75%。风力侵蚀面积减少 437.73 km<sup>2</sup>,减幅 63.27%。根据用以判定风力侵蚀强度等级的风力侵蚀模数栅格数据,统计获取两年度的总侵蚀量。相比于生态输水前,台特玛湖受水影响区总侵蚀量减少 45.65 万 t(图 4)。

本研究中,因受项目启动时间等因素影响,在 2022 年台特玛湖生态输水影响区域开展的实地调查偏少,且未针对植被质量和稳定性、水土流失等进行专项调查。后续评价工作中,应全面开展相关调查工作,以便能够较为全面地认知水土流失、生态系统质量和稳定性状况,进而科学评估生态输水成效,为后续水资源科学调配提供参考。此外,在生态环境影响评价分析中,塔里木河的输水时间、输水量、输水区域、地下水位等信息,是开展水土流失及生态改善情况评价的关键数据,需从新疆塔里木河流域管理局等相关单位收集获取,在后续的分析评价工作中,需加强组织协调,以便相关评价工作顺利开展。

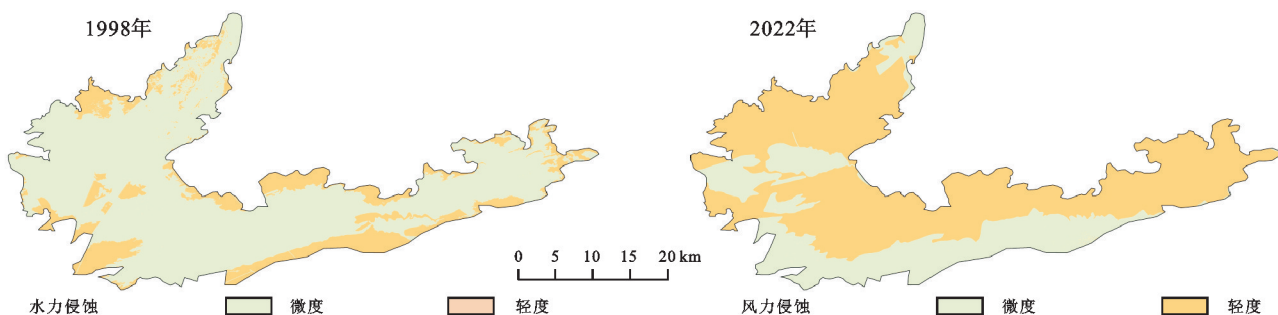


图4 1998年和2022年台特玛湖生态输水影响区域水土流失分布

Fig. 4 Distribution of soil and water loss in the ecological water transfer impact area of Taitema Lake in 1998 and 2022

## 3 结论

(1) 台特玛湖生态输水影响区域内土地利用结构由

单一向多地类转变,由易发生水土流失地类向其他地类转变。与生态输水前相比,2022 年易发生水土流失的沙地面积减少 454.79 km<sup>2</sup>,减幅 70.79%;草地、河湖库塘、其

他交通用地等地类面积分别增加 302.45 km<sup>2</sup>, 118.77 km<sup>2</sup>, 6.41 km<sup>2</sup>, 增幅达 101.92%, 815.73%, 481.95%。

(2) 台特玛湖生态输水影响区域生态环境明显改善, 植被和水域面积及植被覆盖度均明显增加。与生态输水前相比, 2022 年区域内水域面积增加了 118.77 km<sup>2</sup>, 增幅 815.73%, 其中 69.85 km<sup>2</sup> 由沙地转入, 占水域增加面积的 58.81%。植被面积和覆盖度呈现“双增加”, 表现为植被面积增加 304.30 km<sup>2</sup>, 增幅 100.24%; 植被覆盖度由生态输水前的 14.83% 增加到 2022 年的 22.26%, 增加了 7.43 个百分点。

(3) 台特玛湖生态输水影响区域水土流失面积明显减少, 侵蚀量大幅降低。与生态输水前相比, 台特玛湖生态输水影响区域水土流失面积由 1998 年的 692.11 km<sup>2</sup> 减少到 2022 年的 254.60 km<sup>2</sup>, 水土流失面积减少 437.51 km<sup>2</sup>, 减幅为 63.21%。相比于生态输水前, 台特玛湖受水影响区总侵蚀量减少 45.65 万 t。

#### 参考文献 (References):

- [1] 古娜. 沙漠里流淌的生态文明—塔里木河流域 20 年综合治理回顾[N]. 新疆党建网, 2021-1-6.  
Gu N. Ecological Civilization Flowing in the Desert: A Review of 20 Years of Comprehensive Management in the Tarim River Basin [N]. Xinjiang Party Building Network, 2021-1-6
- [2] 魏光辉, 周海鹰, 徐继红. 塔里木河流域生态廊道治理与修复对策[J]. 中国水利, 2023(6): 19-23.  
Wei G H, Zhou H Y, Xu J H. Management and measures for restoration of ecological corridor in the Tarim River Basin[J]. China Water Resources, 2023(6): 19-23.
- [3] 李江, 魏光辉, 郑刚, 等. 塔里木河流域综合治理主要成效及关键对策分析[J]. 人民黄河, 2024, 46(5): 111-116.  
Li J, Wei G H, Zheng G, et al. Analysis of the Main Achievements and Key Countermeasures of Comprehensive Management of the Tarim River Basin [J]. Yellow River, 2024, 46 (5): 111-116.
- [4] 魏光辉, 张环, 徐海量, 等. 新疆塔里木河下游绿色走廊土地覆被变化研究[J]. 水利规划与设计, 2024(4): 90-93, 99.  
Wei G H, Zhang H, Xu H L, et al. Study on land cover change of green corridor in the lower reaches of Tarim River in Xinjiang [J]. Water Resources Planning and Design, 2024(4): 90-93, 99.
- [5] 张帅, 汪洋, 夏婷婷, 等. 塔里木河生态输水条件下土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响[J]. 干旱区地理, 2021, 44(3): 739-749.  
Zhang S, Wang Y, Xia T T, et al. Effects of land use/cover change on ecosystem service value under the ecological water conveyance of Tarim River[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(3): 739-749.
- [6] 高文礼, 陈晓楠, 伊力努尔·艾力, 等. 塔里木河下游生态输水对柽柳种群适应更新影响的研究进展[J]. 生态科学, 2024, 43(1): 229-235.  
Gao W L, Chen X N, Yiliner Aili, et al. Research progress on the influence of ecological water transfer in the lower reaches of Tarim River on the adaptation and regeneration of *Tamarix chinensis* population[J]. Ecological Science, 2024, 43(1): 229-235.
- [7] 李福杰, 韩风, 马斌, 等. 塔里木河下游近 20 年植被演化特征对生态输水的响应[J]. 草业科学, 2022, 39(12): 2578-2588.  
Li F J, Han F, Ma B, et al. Response of vegetation evolution characteristics to ecological water transport in the lower reaches of Tarim River in recent 20 years [J]. Pratacultural Science, 2022, 39(12): 2578-2588.
- [8] 周洪华, 陈亚鹏, 杨玉海, 等. 基于树轮的塔里木河下游生态输水对胡杨生长特征影响研究[J]. 干旱区地理, 2021, 44(3): 643-650.  
Zhou H H, Chen Y P, Yang Y H, et al. Effects of ecological water conveyance on the growth characteristics of *Populus euphratica* in the lower reaches of Tarim River based on tree-rings[J]. Arid Land Geography, 2021, 44 (3): 643-650.
- [9] 张久丹, 李均力, 包安明, 等. 2013—2020 年塔里木河流域胡杨林生态恢复成效评估[J]. 干旱区地理, 2022, 45(6): 1824-1835.  
Zhang J D, Li J L, Bao A M, et al. Effectiveness assessment of ecological restoration of *Populus euphratica* forest in the Tarim River Basin during 2013—2020 [J]. Arid Land Geography, 2022, 45(6): 1824-1835.
- [10] 中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于加强新时代水土保持工作的意见》[R]. 中华人民共和国国务院公报, 2023(2): 5-8.  
The General Office of the Communist Party of China Central Committee and the General Office of the State Council have issued the ‘Opinions on Strengthening Soil and Water Conservation Work in the New Era’ [R]. State Council Bulletin of the People’s Republic of China, 2023(2): 5-8
- [11] 丁培, 申俊, 张鹏, 等. 从塔里木河河岸地下水与植被覆盖看尾间湖维持面积[J]. 中国水利, 2023(7): 63-66.  
Ding P, Shen J, Zhang P, et al. Maintenance area of tail lake from groundwater and vegetation cover of river banks of the Tarim River [J]. China Water Resources, 2023 (7): 63-66.
- [12] 水利部水土保持监测中心. 《2021 年度水土流失动态监测技术指南》. (水保监〔2021〕45 号), [2021-6-28]: 87.  
Soil and Water Conservation Monitoring Center of the Ministry of Water Resources Guidelines for Dynamic Monitoring Technology of Soil and Water Loss in 2021 (Shui Bao Jian [2021] No. 45), [2021-6-28]: 87

- 间形态认知:以杭州市芹川村为例[J].经济地理, 2018,38(10):234-240.
- Chen C, Li B H, Yuan J L, et al. Spatial morphology cognition of traditional village based on space syntax: a case study of Qinchuan Village of Hangzhou [J]. Economic Geography, 2018,38(10):234-240.
- [22] 郑文武,李伯华,刘沛林,等.湖南省传统村落景观群系基因识别与分区[J].经济地理,2021,41(5):204-212.
- Zheng W W, Li B H, Liu P L, et al. Gene identification and zoning of traditional village landscape groups in Hunan Province[J]. Economic Geography, 2021,41(5):204-212.
- [23] 杨立国,龙花楼,刘沛林,等.传统村落保护度评价体系及其实证研究:以湖南省首批中国传统村落为例[J].人文地理,2018,33(3):121-128,151.
- Yang L G, Long H L, Liu P L, et al. The protection and its evaluation system of traditional village: a case study of traditional village in Hunan Province [J]. Human Geography, 2018,33(3):121-128,151.
- [24] 居肖肖,杨灿灿,赵明伟,等.浙皖陕滇四省传统村落空间分布特征及影响因素[J].经济地理,2022,42(2):222-230.
- Ju X X, Yang C C, Zhao M W, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of traditional villages in Zhejiang, Anhui, Shaanxi, Yunnan Provinces[J]. Economic Geography, 2022,42(2):222-230.
- [25] 李裕瑞,卜长利,曹智,等.面向乡村振兴战略的村庄分类方法与实证研究[J].自然资源学报,2020,35(2):243-256.
- Li Y R, Bu C L, Cao Z, et al. Village classification system for rural vitalization strategy: method and empirical study [J]. Journal of Natural Resources, 2020,35(2):243-256.
- [26] 周扬,黄晗,刘彦随.中国村庄空间分布规律及其影响因素[J].地理学报,2020,75(10):2206-2223.
- Zhou Y, Huang H, Liu Y S. The spatial distribution characteristics and influencing factors of Chinese villages [J]. Acta Geographica Sinica, 2020,75(10):2206-2223.
- [27] 宁志中,王婷,杨雪春.2001 年以来中国旅游景区时空格局演变与景区群形成[J].地理研究,2020,39(7):1654-1666.
- Ning Z Z, Wang T, Yang X C. Spatio-temporal evolution of tourist attractions and formation of their clusters in China since 2001 [J]. Geographical Research, 2020,39(7):1654-1666.
- [28] 孔雪松,府梦雪,孙建伟,等.中国森林乡村的多尺度分异特征与分区优化[J].地理研究,2022,41(7):2051-2064.
- Kong X S, Fu M X, Sun J W, et al. Multi-scale differentiation characteristics and optimization zones of forest villages in China [J]. Geographical Research, 2022,41(7):2051-2064.
- [29] 刘亚晶,罗静,孙建伟,等.2018 年湖北省旅游供需的空间结构特征分析:以 A 级景区为例[J].人文地理,2021,36(2):175-183.
- Liu Y J, Luo J, Sun J W, et al. Spatial structure characteristics analysis of tourism supply and demand in Hubei Province in 2018 [J]. Human Geography, 2021,36(2):175-183.
- [30] 王敏,韩美,陈国忠,等.基于地理探测器的 A 级旅游景区空间分布变动及影响因素:以山东省为例[J].中国人口·资源与环境,2021,31(8):166-176.
- Wang M, Han M, Chen G Z, et al. Spatial distribution changes and influencing factors of A-level tourist attractions based on geodetector: a case study of Shandong Province [J]. China Population, Resources and Environment, 2021,31(8):166-176.

(上接第 320 页)

- [13] 高尚玉.京津风沙源治理工程效益[M].2 版.北京:科学出版社,2012.
- Gao S Y. Benefit of Beijing-Tianjin Sandstorm Source Control Project [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2012.
- [14] 邹学勇,程宏,王周龙,等.国务院第一次全国水利普查土壤风力侵蚀强度计算分析与制图成果报告.2013.61-88.
- Zou X Y, Cheng H, Wang Z L, et al. Report on Calculation, Analysis, and Mapping Results of Soil Wind Erosion Intensity in the First National Water Resources Census of the State Council. 2013.61-88
- [15] 王永鹏,阿里木江,周龙,等.塔里木河下游生态输水效应[J].中国沙漠,2023,43(4):231-240.
- Wang Y P, Alimujiang, Zhou L, et al. Ecological water conveyance effect in the lower reaches of Tarim River [J]. Journal of Desert Research, 2023,43(4):231-240.
- [16] 陈亚宁,吾买尔江·吾布力,艾克热木·阿布拉,等.塔里木河下游近 20 a 输水的生态效益监测分析[J].干旱区地理,2021,44(3):605-611.
- Chen Y N, Wumaierjiang W B L, Aikeremu A B L, et al. Monitoring and analysis of ecological benefits of water conveyance in the lower reaches of Tarim River in recent 20 years [J]. Arid Land Geography, 2021,44(3):605-611.