

DOI:10.13476/j.cnki.nsbdk.2022.0028

凯丽比努尔·阿卜力孜,贾绍凤,刘文玲,等.疏勒河流域治理规划实施水资源恢复效果评价[J].南水北调与水利科技(中英文),2022,20(2):263-270. ABULIZI K, JIA S F, LIU W L, et al. Evaluation of water resources restoration effect in implementation of Shule River basin governance plan[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2022, 20(2): 263-270. (in Chinese)

# 疏勒河流域治理规划实施水资源恢复效果评价

凯丽比努尔·阿卜力孜<sup>1,2</sup>, 贾绍凤<sup>1</sup>, 刘文玲<sup>1</sup>, 严婷婷<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学中丹学院, 北京 101408; 3. 水利部发展研究中心, 北京 100038)

**摘要:**为了对流域治理规划的实施效果进行评估,以疏勒河流域为例,根据科学性、典型性、综合性和易获性等原则分别建立一致性评价和实质性评价2个维度的综合评价体系,对流域治理规划实施的水资源恢复效果开展评价。一致性评价结果表明,疏勒河流域治理规划的实施较为顺利,规划指标的完成率几乎为100%,但水土保持生态建设工程实施进度滞后;实质性评价结果表明,节水量、水库入库水量、水库下泄河道生态水量均有增加,平原区、敦煌盆地地下水位呈现曲折上升趋势,达到了改善西湖湿地生态现状、恢复提升月牙泉水位等水资源恢复的实际效果。研究表明,基于一致性评价和实质性评价2个维度评价流域综合治理规划后的水资源恢复效果更符合实际。

**关键词:**疏勒河流域;流域治理;评价指标;规划实施效果;水资源恢复效果

中图分类号:TV213 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标志码(OSID):



我国人均水资源占有量仅为世界水平的1/4,水资源时空分布不均匀,尤其是在西北内陆生态环境相对脆弱的干旱与半干旱地区,水资源短缺问题已成为制约当地经济社会发展的最主要因素之一<sup>[1-3]</sup>。随着我国经济社会与城市化水平的迅速发展,水资源供需矛盾日益突出<sup>[4]</sup>。流域的水资源开发利用程度不断提高,流域面临水资源退化、湿地萎缩等生态问题日益严峻。为此,在水资源过度开发的流域制定并实施了相应的流域治理规划,但规划实施后效果究竟如何是各界关心的问题。

规划实施评价是将规划标准和方法模型作为评价的依据和手段,对规划实施的结果进行分析、比较和综合后做出的一种价值判断<sup>[5]</sup>。直到20世纪50年代,才有学者意识到规划实施效果评价研究的重要性,其中:Alfasi等<sup>[6]</sup>认为规划实施评价研究还处

于初级阶段,缺乏充足的理论和合适的方法;Tian等<sup>[7]</sup>将规划实施评价分为规划实施之前的评价、规划实践过程评价、政策实施分析及规划实施效果评价;Alexander等<sup>[8]</sup>推崇强调规划效用的评价标准,认为规划对于将来发展只起到引领作用,即使实施结果与规划方案存在不一致,但只要实施结果体现了规划的目的和主旨,也可认为规划的实施获得了成功;Faludi<sup>[9]</sup>指出战略性规划带有全局性和变化性,而项目性规划由于明确规定了详细的控制目标,必须严格按照实施结果与规划方案进行对比。在规划实施评价类型方面:涂姗等<sup>[10]</sup>按规划实施的流程,将其分为规划实施之前的评价、规划实施过程的评价、规划实施结果的评价;郑新奇等<sup>[11]</sup>将规划实施评价依据时间顺序分为规划编制前评价、规划编制过程评价、规划方案评价、规划实施过程评价和规

收稿日期:2021-03-22 修回日期:2021-08-31 网络出版时间:2021-09-02

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1430.TV.20210902.1621.005.html

基金项目:《敦煌水资源合理利用与生态保护综合规划》实施效果评估项目-水资源系统恢复效果评价专题(DRCYSWT(2019)82)

作者简介:凯丽比努尔·阿卜力孜(1994—),女(维吾尔族),新疆喀什人,主要从事水文-生态-信息学和流域模型研究。E-mail:kailibinuer19@mails.ucas.ac.cn

通信作者:贾绍凤(1964—),男,湖南龙山人,研究员,博士,主要从事水资源管理和可持续发展研究。E-mail:jjiasf@igsrr.ac.cn

划实施效果评价。然而,对流域治理规划的实施效果进行评估,仍然是有待研究和解决的崭新课题。因此,本文以我国干旱区疏勒河流域为例,尝试对实施治理规划后的流域水资源恢复效果评价理论和方法进行研究。

## 1 研究区概况与治理规划概要

### 1.1 自然地理概况

疏勒河流域位于河西走廊的西端,地理位置处于  $92^{\circ}11'E \sim 98^{\circ}30'E$ ,  $38^{\circ}00'E \sim 42^{\circ}48'N$ ,流域面积  $12.923 2$  万  $\text{km}^2$  [12]。疏勒河发源于祁连山脉托来南山与疏勒南山之间,主要水系有昌马河、疏勒河干流,党河、榆林河等支流,见图 1。早在汉唐时期疏勒河

便起到了推动丝绸之路发展的作用,是丝绸之路上的重要产粮区 [13]。疏勒河尾间敦煌西湖国家级自然保护区总面积  $6.6 \times 10^3 \text{ km}^2$ ,主要保护对象为湿地生态系统、荒漠生态系统和珍稀野生动植物及其生境。疏勒河流域是典型的干旱荒漠气候,气候主要特点是冬寒夏热,早晚温差较大。该流域远离海洋,湿润气团难以到达因而降雨少、蒸发量大、气候干燥,主要以雪冰融水与山区降水补给为主 [14]。流域内年平均降水量为  $47 \sim 63 \text{ mm}$ ,年平均蒸散发量为  $2 897 \sim 3 042 \text{ mm}$ 。整个流域内的行政区域中肃北县的年降水量为  $181 \text{ mm}$ ,是其他县市年降水量的  $2 \sim 3$  倍。年蒸发量肃北县最高,为  $2 478 \text{ mm}$ ,其他县市为  $1 760 \sim 1 900 \text{ mm}$  [1]。



图 1 疏勒河流域

Fig. 1 Shule River basin

### 1.2 社会经济概况

疏勒河流域行政区域包括敦煌区域(敦煌市、阿克塞县和肃北县)以及玉门市和瓜州县。根据 2011—2018 年各县市的《统计年鉴》,2018 年流域内总常住人口数量为 53.33 万人,其中,城镇常住居民数量达到 31.24 万人;在当年价格水平下国内生产总值为 348 亿元;流域内产业结构中,第一、第二、第三产业的比例为  $8.29 : 38.70 : 53.01$ 。各个县市中敦煌市、玉门市、瓜州县绿洲区以灌溉农业为主 [1],肃北县和阿克塞县则主要以牧业和采矿业为主。

### 1.3 治理规划概要

随着经济社会的快速发展和全球环境变化,疏勒河流域内出现耕地面积不断增加、水资源开发利

用超过承载能力、地下水位持续下降、生态水量不足、下游西湖湿地萎缩等生态问题。为了使流域内出现的生态问题得到缓解,2011 年,《敦煌水资源合理利用与生态保护综合规划(2011—2020)》(以下简称《规划》)获国务院批准实施。目前《规划》已实施近 10 年,对规划实施后的水资源恢复效果进行科学评价,有利于总结经验教训,为后续规划的制定和实施提供借鉴。

《规划》范围行政区划隶属酒泉市,分为核心区和关联区,核心区包括党河水系(含苏干湖水系)的敦煌、肃北和阿克塞三县市,关联区包括疏勒河中下游的玉门和瓜州两县市。《规划》实施主要工程、河道水系及其空间关系见图 1。按照《规划》确定现状

基准年为 2007 年,近期水平年为 2015 年,远期水平年为 2020 年。《规划》主要项目有灌区节水改造工程(6 个灌区)、月牙泉景观工程、敦煌市地下水源地置换工程、河道恢复与归束工程(疏勒河下游与党河下游)、水土保持生态建设工程(所有县驻地)与桥子湿地生态引水工程,《规划》投资分别是 16.47 亿、0.64 亿、0.96 亿、2.43 亿、0.87 亿、0.29 亿元。《规划》主要目标见表 1。

表 1 《规划》主要目标汇总  
Tab. 1 Summary of key objectives of the Plan

主要指标	2015 年近期目标	2020 年远期目标
党河灌区灌溉水有效利用系数	0.65	0.65
农业用水比重	下降到 80%	进一步下降
万元工业增加值用水量	降到 65 m <sup>3</sup>	降到 55 m <sup>3</sup>
地下水开采量	7 500 万 m <sup>3</sup> 以内	6 800 万 m <sup>3</sup> 以内
党河水库下泄生态水量(平水年)	4 150 万 m <sup>3</sup>	不低于 1.2 亿 m <sup>3</sup>
双塔水库下泄生态水量(平水年)	7 800 万 m <sup>3</sup>	不低于 7 800 万 m <sup>3</sup>
到达双墩子断面水量	2 700 万 m <sup>3</sup>	不低于 3 500 万 m <sup>3</sup>
进入西湖玉门关断面水量	1 300 万 m <sup>3</sup>	稳定在 3 800 万 m <sup>3</sup> 以上
月牙泉水深	维持在 1 m 以上	恢复到 2 m 以上

## 2 研究方法

作为自然界的一个重要的子系统,水资源系统是一个多因素、多层次的复杂系统<sup>[15]</sup>。水资源恢复效果评价应尽可能全面反映评价区域项目实施前后的水资源系统的恢复效果,但由于不同规划所确立的原则、目标、重点和所采取的措施不同,并且各个规划区的具体实际情况也存在差异,因此规划实施评价的内容、指标和方法必然不同,需要在充分借鉴各类评价方法的基础上,建立一套适应本项目的 평가方法体系。规划实施过程中是否能够按照规划方案实施,实施后结果是否达到规划所要求的目标,都需要根据实际完成情况进行评价与分析。

提出基于一致性评价与实质性评价 2 个维度对流域综合治理规划实施后的水资源恢复效果进行评价的方法。一致性评价指规划实施完成指标是否达到规划预期指标的评价。一致性评价中完成度低将会降低实质性评价中的效果,如党河、疏勒河河道恢复与归束工程的实施情况将直接影响党河水库、疏勒河干流下泄生态水量输送和地下水位恢复情况。实质性评价指规划实施后实际效果的评价。实质性评价中,节水量、河道径流恢复情况和地下水位恢复情况会影响流域水资源的恢复效果。本文水资源恢复效果是指节水量、河道径流恢复情况和地下水位

恢复情况,并且主要侧重于河道生态流量恢复和地下水位恢复 2 个方面。

为了方便比较,在确定水资源恢复效果评价指标体系时参考国内外学者<sup>[16-17]</sup>相关的指标体系构建原则,包括科学性原则<sup>[18]</sup>、典型性原则<sup>[19]</sup>、综合性原则<sup>[20]</sup>和易获性原则等<sup>[21]</sup>。

流域水资源恢复规划实施效果评价中一致性指标根据规划所列的指标来选择,针对每个工程项目及相关一致性指标建立从资金到位与投资完成情况、工程量完成情况及规划考核指标完成情况等 4 个方面开展评价,实质性指标则根据当地主要水资源问题和要求来选择并按照全流域尺度进行选取。西北地区的地表水与地下水资源有着密切的联系,研究<sup>[22]</sup>表明,绝大部分的地下水资源是由地表水资源转化形成的,因此在实质性评价时选取了节水量、河道径流恢复情况、地下水位恢复情况等 3 个指标。最终确定的评价指标体系见表 2。

## 3 评价结果与分析

利用资料来源于 2011—2018 年各县市的《统计年鉴》《水资源公报》以及项目法人提供的工程进度报告。这些数据涵盖工程投资、资金到位率、工程量完成指标、有效水利用系数、水库入库径流、水库渠道引水、水库下泄水量、地下水位等。

### 3.1 一致性评价结果与分析

一致性评价主要是评价每个工程项目完成情况是否达到规划中预期要达到的目标。由于数据可获取性有限,只对 2015 年近期目标进行评价。各个工程一致性评价结果见表 3,截至 2018 年,所有项目的资金到位与工程完成率为 79.97%~100%,水土保持生态建设工程玉门封育面积和营造林面积有未完成部分。

截至 2018 年,对于考核指标而言,农业用水比重完成率为 96%;对于万元工业增加值用水量而言,敦煌区域中肃北县完成率为 100%,敦煌市与阿克塞县完成率分别为 95%、88%。党河灌区灌溉水有效利用系数、地下水开采量、党河水库下泄生态水量(平水年)和双塔水库下泄生态水量(平水年)等指标的完成率均为 100%。

一致性评价结果显示,工程项目建设良好,大多达到了《规划》要求。资金到位与投资完成情况按《规划》要求拨付到位,中央投资与地方配套资金全面到位,投资完成率相对较好,完成所有相关《规划》考核指标。但桥子湿地生态引水工程与水土保持生态建设工程在进度上有一定的落后,仍需实施单位制定管理制度,以便更好地运行相关项目。

表 2 流域水资源恢复规划实施效果评价指标体系

Tab. 2 Evaluation index system of implementation effect of basin water resources restoration planning

目标	评价因子	评价指标	影响因子	指标名称	指标定义	计算公式			
流域水资源恢复规划实施效果	一致性评价	资金到位率			实际到达资金与规划中应投资资金的比值				
		投资完成率			完成工程时所花费的资金与实际到达资金的比值				
		工程量完成率			实际完成的工程量与规划中应完成的工程量的比值				
		考核指标完成率			实际完成的考核指标参数与规划中应完成的考核指标参数的比值				
	实质性评价	节水量	灌区节水量	毛节水量	实施节水工程的灌溉面积上因毛灌溉定额减少而减少的毛灌溉用水量		$\Delta Q_{毛} = A \times \Delta I_{毛灌}$ $\Delta I_{毛灌} = I_{2007毛灌} - I_{2018毛灌}$ 式中: $\Delta Q_{毛}$ 为毛节水量; $A$ 为灌溉面积; $\Delta I_{毛灌}$ 为毛灌溉定额减少量		
							净节水量	实施节水工程的灌溉面积上因净灌溉定额减少而减少的净灌溉用水量	$Q_{净} = A \times I_{净}$ $\Delta Q_{净} = Q_{净2007} - Q_{净2018}$ 式中: $Q_{净}$ 为净需水量; $I_{净}$ 为净灌溉定额; $\Delta Q_{净}$ 为净节水量
							水资源节约量	灌区耗水量(渠系耗水与田间耗水之和)的减少量	$\Delta Q_{资源} = Q_{耗2007} - Q_{耗2018}$ $Q_{耗} = Q_{毛灌} \times [\eta_w + (1 - \eta_w) \times (1 - \beta)]$ 式中: $Q_{耗}$ 为耗水量; $Q_{毛灌}$ 为毛灌溉水量; $\Delta Q_{资源}$ 为水资源节约量; $\eta_w$ 为灌溉水有效利用系数; $\beta$ 为损失水回归水体比重(根据数据取 0.7)
	河道径流恢复情况	地下水位恢复情况	平原区敦煌盆地各区域	年总用水量	年总用水量减少量	年工业用水量、年农业用水量、年生活用水量、年生态用水量之和	年总用水量 = 工业用水量 + 农业用水量 + 生活用水量 + 生态用水量		
					水库入库水量变化	水库入库水量	一定时间内流入水库的水量。主要受气候、人工取水等因素影响 <sup>[23]</sup>		
					水库下泄河道生态水量变化	水库下泄河道生态水量	原来灌区把水引走, 导致河道断流、生态受损。现在要减少人类用水占比、退回一部分水给生态, 具体表现是水库直接放水到河道流往下游, 并将此水量称为水库下泄河道生态水量		

注: 在实质性评价中, 毛节水量表示 2018 年与 2007 年相比因毛灌溉定额减少而节约的水量, 净节水量表示 2018 年与 2007 年相比因净灌溉定额减少而节约的水量, 水资源节约量是 2018 年与 2007 年相比灌区耗水量的减少量即灌区的真实节水量。

表 3 工程一致性评价

Tab. 3 Project conformance evaluation form

评价项目	评价结果
灌区节水改造工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到位率 94.5%; 投资完成率 99.83%。②工程量完成情况: 完成率为 100%。③《规划》考核指标完成情况: 党河灌区灌溉水有效利用系数完成率为 100%
月牙泉景观工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到位率 88%; 投资完成率 100%。②工程量完成情况: 《规划》修建各类建筑物完成率 100%。③《规划》考核指标完成情况: 月牙泉水深维持在 1 m 以上完成率 100%
敦煌市地下水源地置换工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到达率 79.97%; 投资完成率 100%。②工程量完成情况: 完成率 100%。③《规划》考核指标完成情况: 地下水开采量完成率 100%
河道恢复与归束工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到位率 100%; 投资完成率 100%。②工程量完成情况: 累计治理河道完成率 100%。③《规划》考核指标完成情况: 党河水库下泄生态水量(平水年)和双塔水库下泄生态水量(平水年)完成率 100%
水土保持生态建设工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到位率 100%; 投资完成率 94%。②工程量完成情况: 治理总面积完成 100%。玉门封育面积完成 24%, 营造林面积完成 53%
桥子湿地生态引水工程	①资金到位与投资完成情况: 资金到位率 77.97%。②工程完成量情况: 工程基本完成建设任务, 准备竣工验收

### 3.2 实质性评价结果与分析

#### 3.2.1 节水量评价

灌区节水量评价。灌区节水改造工程共实现毛节水量 28 276 万 m<sup>3</sup>、净节水量 9 384 万 m<sup>3</sup>、水资源节约量 15 026 万 m<sup>3</sup>，节水效果十分明显，见表 4。由于农业是疏勒河流域内最主要的产业，因此灌区的水资源节约量直接影响河道径流恢复评价中水库下泄水量，会使下泄水量增加。

表 4 疏勒河流域灌区节水量统计

Tab. 4 Statistical table of water-saving amount in Shule River basin irrigated area 单位:万 m<sup>3</sup>

灌区	毛节水量	净节水量	水资源节约量
党河灌区	10 308	4 058	5 933
南湖灌区	1 681	795	1 061
党城湾灌区	432	120	214
红柳湾灌区	140	32	64
双塔灌区	2 664	1 485	1 835
昌马灌区	13 051	2 894	5 919
合计	28 276	9 384	15 026

年毛节水总量评价。年毛节水总量是工业、农业、生活和生态年用水量在流域范围内的减少量。年毛节水总量影响河道径流量。疏勒河流域行政区域分析结果:敦煌区域年总用水量在 2011—2018 年呈下降趋势,用水总量 2011 年为 4.87 亿 m<sup>3</sup>, 2018 年为 3.54 亿 m<sup>3</sup>, 2011 与 2018 年相比节约用水量 1.33 亿 m<sup>3</sup>, 2018 年的用水总量相对于 2011 年下降了约 27%;瓜州县用水量从 2011 年的 4.57 亿 m<sup>3</sup> 下降到 2018 年的 3.93 亿 m<sup>3</sup>, 共节约用水量 0.64 亿 m<sup>3</sup>;玉门市用水量从 2011 年的 4.8 亿 m<sup>3</sup> 下降到 2018 年的 4.1 亿 m<sup>3</sup>, 共节约用水量 0.7 亿 m<sup>3</sup>。见图 2。

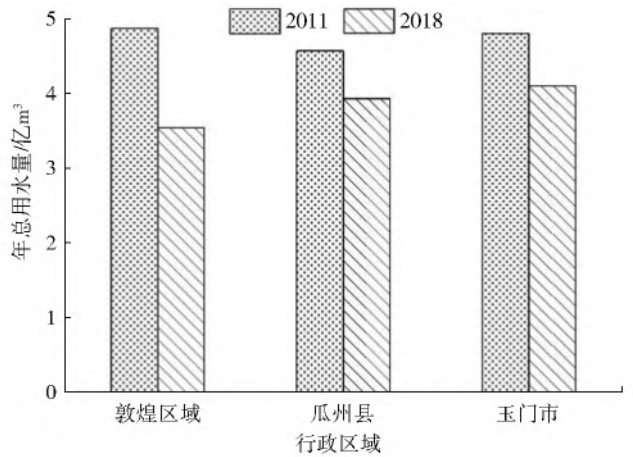


图 2 2011 年与 2018 年总用水量变化

Fig. 2 Schematic diagram of total annual water consumption change in 2011 and 2018

#### 3.2.2 河道径流恢复评价

水资源恢复的综合效果是通过节水工程和综合管理提高分行业水资源利用效率 2 个方面来实现的。其中分行业用水效率的提高会反映到综合用水效率的提升和总用水量的减少,进而表现为河道径流量的恢复。

水库入库水量变化。党河水库入库水量 2018 年比 2011 年多 10 460 万 m<sup>3</sup>,增加了约 26.22%,年均增加 1 307.5 万 m<sup>3</sup>;双塔水库,上游来水量 2011 年到 2018 年增长了 26 770 万 m<sup>3</sup>,增加约 74%。水库入库水量的增加效果显著。

水库下泄河道生态水量变化。生态下泄量为水库下泄量与农业用水量的差值,生态下泄量的增加可以通过分析水库下泄量与农业用水的变化量来进行探讨。将生态下泄量、农业用水量、水库下泄量相对于 2011 年变化量进行分析,得到党河水库下泄水量及其分配量的变化量结果,见图 3。

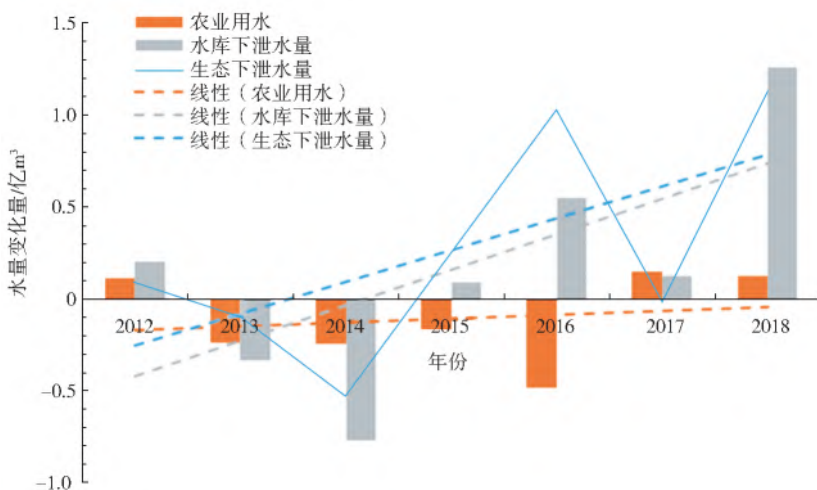


图 3 党河水库下泄水量及其分配量的变化量统计(相对于 2011 年)

Fig. 3 Statistical chart of changes in water discharge and distribution of Danghe reservoir (relative to 2011)

由水库水量平衡方程差值公式( $\Delta W_{\text{泄}} = \Delta W_{\text{入}} - \Delta W_{\text{引}} - \Delta W'_{\text{蓄}}$ )可知,《规划》实施前后水库下泄水量的增加量主要来源于入库水量的增加量、渠道引水量的变化量以及水库蓄水变量的变化量,因此党河水库生态下泄量的增加来源于水库入库水量的增加、渠道引水量的前后变化和水库蓄水变量前后变化。党河水库生态下泄水量 2018 年与 2011 年相比

增幅高达 117.89%。

由图 4 可知,农业用水的变化呈现下降趋势但变化量相对水库下泄量与生态下泄量较小,最大变化率为-8%,因此生态下泄变化量的增加主要由水库下泄变化量的增加所致,此外还有农业用水减少的部分贡献。双塔水库生态下泄水量 2018 年为 2011 年生态下泄水量的 16 倍,增幅达到 1 500%。

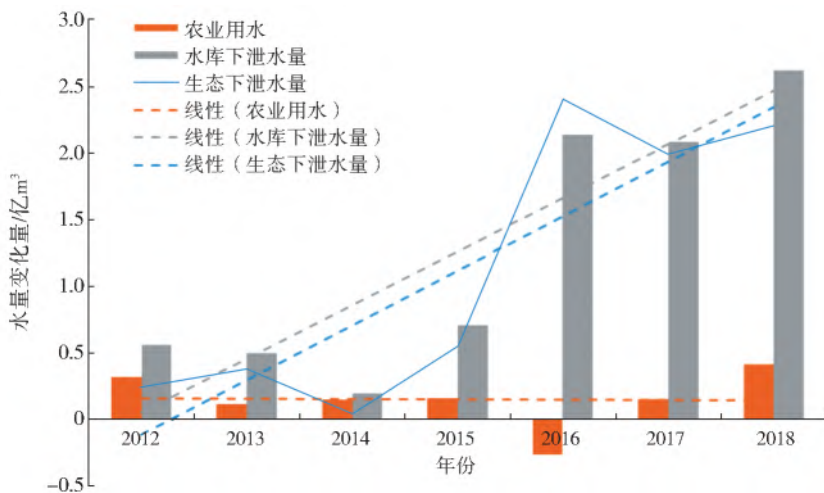


图 4 双塔水库下泄水量及其分配量的变化量统计(相对于 2011 年)

Fig. 4 Statistics of changes in discharge and distribution of Shuangta reservoir (relative to 2011)

### 3.2.3 流域地下水位恢复评价

2011—2018 年敦煌盆地地下水位总体呈现上升趋势,地下水位上升的最大幅度出现在 2012 年到 2013 年,达到 52%,但未达到采补平衡,敦煌市区地下水位年平均上升约 1.3 cm;党河灌区中部地下水位每年平均上升约 60.3 cm;灌区北部地下水位处于上升趋势,从 2011 年到 2018 年地下水位上升约 88.5 cm;西湖国家级自然保护区地下水位缓慢上升,2011 年与 2018 年相比地下水位上升约 123 cm。

对地下水位恢复情况而言,敦煌盆地地下水呈上升趋势但上升趋势有所缓解,其原因一方面是地下水位开采的减少,另一方面是灌区节水改造工程大大增加了灌区节水力度。敦煌盆地中地下水的主要补给来源有河沟水、渠系水和田间入渗水。敦煌盆地为农业区,河水入渗的影响小,人为灌溉及地下水开采是地下水位变化的直接原因。灌区外为细土荒区,河流入渗、人为灌溉及开采的影响较小,潜在的损失主要以蒸发的形式呈现,也是引起地下水位变化的主要原因。如相比于 2011 年,党河灌区 2018 年由于灌溉利用效率的提高,净节水量达到 4 058 万 m<sup>3</sup>,在很大程度上减少了地下水的消耗。西湖地下水位下降可能是由于地下水亏缺较大,虽然有党河、疏勒河河道恢复与归束工程对其地下水的补给作用,但仍然无法达到地下水的平衡。东湖和北湖等国家级自然保护区,主要是由于党河、疏勒

河河道恢复与归束工程的实施,保证了党河水库、疏勒河干流下泄生态水量输送,地下水位逐渐恢复。

实质性评价结果显示,各个地区的节水量与河道径流量都显著增加,流域地下水位呈上升趋势,改善了《规划》中核心区和关联区的生态与旅游状况,提高了当地农作物的产量,改善了西湖湿地生态系统现状。

## 4 结 论

一致性评价结果表明指标完成率几乎为 100%,但水土保持生态建设工程实施进度滞后。

实质性评价结果显示水资源恢复情况达到了改善西湖湿地生态现状、恢复提升月牙泉水位等的实际效果。

通过对疏勒河流域实例分析来看,基于一致性评价与实质性评价 2 个维度评价流域综合治理规划后的水资源恢复效果更符合实际。

### 参考文献(References):

- [1] 孙希科,周立华,陈勇. 疏勒河流域气候变化情景下的适应对策[J]. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1316-1322. (SUN X K, ZHOU L H, CHEN Y. The adaptive countermeasures against climate change in Shulehe River basin[J]. Journal of Desert Research, 2011, 31(5): 1316-1322. (in Chinese)) DOI: <http://ir.casnw.net/handle/362004/10665>.

- [2] 程怀文,李玉文,徐中民. 水资源短缺的社会适应能力理论及实证:以黑河流域为例[J]. 生态学报,2011,31(5):1430-1439. (CHENG H W,LI Y W,XU Z M. Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(5):1430-1439. (in Chinese)) DOI:http://ir.casnw.net/handle/362004/9855.
- [3] 贾绍凤,何希吾,夏军. 中国水资源安全问题及对策[J]. 中国科学院院刊,2004(5):347-351. (JIA S F,HE X W,XIA J. Problems and countermeasures of water resource security of China[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences,2004(5):347-351. (in Chinese)) DOI:10.16418/j.issn.1000-3045.2004.05.007.
- [4] 薛辰影,方红远,吉久伟. 水资源承载力评价指标约简方法研究[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(3):23-30,78. (XUE C Y,FANG H Y,JI J W. An index reduction method for water resources carrying capacity [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2019,17(3):23-30,78. (in Chinese)) DOI:10.13476/j.cnki.nsbdqk.2019.0056.
- [5] 高希瑞,张永福,董煜,等. 新疆阿克苏市土地利用总体规划实施评价[J]. 新疆农业科学,2009,46(1):161-166. (GAO X R,ZHANG Y F,DONG Y,et al. Evaluation of general plan of land use in Akesu City,Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Sciences,2009,46(1):161-166. (in Chinese)) DOI:CNKI;SUN;XJNX.0.2009-01-035.
- [6] ALFASI N,ALMAGOR J,BENENSON I. The actual impact of comprehensive land-use plans: Insights from high resolution observations[J]. Land Use Policy,2012,29(4):862-877. DOI:10.1016/j.landusepol.2012.01.003.
- [7] TIAN L,SHEN T Y. Evaluation of plan implementation in the transitional China: A case of Guangzhou City master plan[J]. Cities,2011,28(1):11-27. DOI:10.1016/j.cities.2010.07.002.
- [8] ALEXANDER E R,FALUDI A. Planning and plan implementation:Notes on evaluation criteria[J]. Environment and Planning B:Planning and Design,1989,16(2):127-140. DOI:10.1068/b160127.
- [9] FALUDI A. The performance of spatial planning. [J]. Planning Practice & Research,2000,15(4):299-318. DOI:10.1080/02697450020018754.
- [10] 涂姗,李江风. 土地利用总体规划实施评价方法研究:以桂林市资源县为例[J]. 国土资源科技管理,2006,23(1):55-59. (TU S,LI J F. A research on implementation evaluation method of general land use planning: With Ziyuan Country as an example[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources,2006,23(1):55-59. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1009-4210.2006.01.013.
- [11] 郑新奇,孙凯,李宁. 土地利用总体规划实施评价类型及方法[J]. 中国土地科学,2006,20(1):21-26. (ZHENG X Q,SUN K,LI N. Study on the types and methods of implementation evaluation of comprehensive land use planning[J]. China Land Science,2006,20(1):21-26. (in Chinese)) DOI:10.13708/j.cnki.cn11-2640.2006.01.005.
- [12] 严宇红,黄维东,吴锦奎,等. 疏勒河流域泥沙分布规律及水沙关系研究[J]. 干旱区地理,2019,42(1):47-55. (YAN Y H,HUANG W D,WU J K,et al. Sediment distribution and runoff-sediment relationship in the Shule River basin [J]. Arid Land Geography,2019,42(1):47-55. (in Chinese)) DOI:10.12118/j.issn.1000-6060.2019.01.06.
- [13] 武兰珍,孙栋元,赵霞,等. 疏勒河流域水资源安全评价研究[J]. 中国农村水利水电,2020(9):84-89,94. (WU L Z,SUN D Y,ZHAO X,et al. Research on water resources safety evaluation of Shule River basin [J]. China Rural Water and Hydropower,2020(9):84-89,94. (in Chinese)) 论文编号:1007-2284(2020)09-0084-06.
- [14] 高前兆. 河西内陆河流域的水循环特征[J]. 干旱气象,2003,21(3):21-28. (GAO Q Z. The features of water cycle in inland river basins in Hexi region[J]. Journal of Arid Meteorology,2003,21(3):21-28. (in Chinese)) DOI:10.3321/j.issn:1001-6791.2004.03.023.
- [15] 李亚伟. 水资源系统模糊决策、评价与预测方法及应用[D]. 大连:大连理工大学,2005. (LI Y W. Research on fuzzy decision making,evaluation & forecast method and application in water resources system [D]. Dalian:Dalian University of Technology,2005. (in Chinese)) DOI:10.7666/d.y865999.
- [16] 刘玉,刘毅. 中国区域可持续发展评价指标体系及态势分析[J]. 中国软科学,2003(7):113-118. (LIU Y,LIU Y. On the index system and situation of China's regional sustainable development[J]. China Soft Science Magazine,2003(7):113-118. (in Chinese)) DOI:10.3969/j.issn.1002-9753.2003.07.021.
- [17] BELL S,MORSE S. Experiences with sustainability indicators and stakeholder participation: A case study relating to a 'Blue Plan' project in Malta[J]. Sustainable Development,2004,12(1):1-14. DOI:10.1002/sd.225.
- [18] 朱永楠,王庆明,任静,等. 南水北调受水区节水指标体系构建及应用[J]. 南水北调与水利科技,2017,15(6):187-195. (ZHU Y N,WANG Q M,REN J,et al. The construction and application of water saving index system in the South-to-North Water Transfer Project[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology,2017,15(6):187-195. (in Chinese)) DOI:10.13476/j.cnki.nsbdqk.2017.06.027.
- [19] 左东启,戴树声,袁汝华,等. 水资源评价指标体系研究[J]. 水科学进展,1996(4):88-95. (ZUO D Q,DAI S S,YUAN R H,et al. Study on the water resources assessment indexes system [J]. Advances in Water

- Science, 1996(4): 88-95. (in Chinese)) DOI: 10. 14042/j. cnki. 32. 1309. 1996. 04. 013.
- [20] 吕彩霞, 仇亚琴, 贾仰文, 等. 海河流域水资源脆弱性及其评价[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(1): 55-59. (LYU C X, QIU Y Q, JIA Y W, et al. Water resources vulnerability and its assessment of Haihe River basin[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(1): 55-59. (in Chinese)) DOI: 1672-1683 (2012) 01-0055-05.
- [21] 姚荣. 基于可持续发展的区域水资源合理配置研究[D]. 南京: 河海大学, 2005. (YAO R. Study on rational allocation of water resources in a region based on the sustainable development[D]. Nanjing: Hohai University, 2005. (in Chinese)) DOI: 10. 7666/d. y819140.
- [22] 谢新民, 颜勇. 浅析西北地区地表水与地下水之间的相互转化关系[J]. 水利水电科技进展, 2003(1): 8-10, 69. (XIE X M, YAN Y. Conversion between surface water and groundwater in northwest area of China[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2003(1): 8-10, 69. (in Chinese)) DOI: 10. 3880/j. issn. 1006-7647. 2003. 01. 003.
- [23] 黄俊雄, 刘兆飞, 张航, 等. 土地利用与气候变化对密云水库来水量变化的影响研究[J]. 水文, 2021, 41(1): 1-6. (HUANG J X, LIU Z F, ZHANG H, et al. Impact of land use and climate change on water inflow variation in the Miyun reservoir[J]. Journal of China Hydrology, 2021, 41(1): 1-6. (in Chinese)) DOI: 10. 19797/j. cnki. 1000-0852. 20190431.

## Evaluation of water resources restoration effect in implementation of Shule River basin governance plan

ABULIZI Kailibinuer<sup>1,2</sup>, JIA Shaofeng<sup>1</sup>, LIU Wenling<sup>1</sup>, YAN Tingting<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China; 3. Development Research Center of the Ministry of Water Resources of P. R. China, Beijing 100038, China)

**Abstract:** With the continuous development of China's economy, society, and utilization of water resources, the contradiction between water supply and demand has become increasingly prominent, especially in arid areas. Many river basins are facing ecological and environmental problems such as over-exploitation, ecological degradation, and wetland shrinking. To realize the sustainable development of water resources and the ecological protection of river basins, over-exploitation of water resources have formulated and implemented river basin rehabilitation and water resources restoration planning. To solve the ecological and environmental problems in the Shule River basin, the 'Dunhuang Comprehensive Plan for Rational Utilization of Water Resources and Ecological Protection (2011-2020)' was approved in 2011 by the State Council. The effect of the implementation of the planning became an issue of concern to all walks of life. Therefore, how to evaluate the implementation effects of river basin rehabilitation planning has become a brand-new subject to be studied and resolved.

Focusing on the assessment of the effect of water resources restoration of basin rehabilitation planning on the Shule River basin and based on the principles of scientificity, typicality, comprehensiveness, and accessibility, the evaluation index system of water resources restoration effect was constructed through two dimensions of consistency evaluation and substantive evaluation. The in-position rate, investment completion rate, project completion rate, and evaluation index completion rate were selected to evaluate the consistency of the planned indicators. Furthermore, the amount of water saving in the basin, the amount of river runoff restoration, and the extent of groundwater level recovery were considered to assess the substantial effect of water resources restoration.

In the consistency evaluation, the project fund in-position rate and completion rate are between 79.97% and 100%. The completion rate of all projects is almost 100%. As of 2018, the proportion of agricultural water used in Dunhuang City has not reached the short-term target, the water consumption per ten thousand yuan of industrial added value did not reach the recent target except for Subei County, and the remaining targets were all completed at 100%. In the substantive evaluation, the amount of water saved in the irrigation area increased and the total annual water consumption decreased. The amount of water in the reservoir increased, and the ecological discharge of the reservoir and the river channel showed an inter-annual tortuous upward trend. Through water saving, the project has improved the efficiency of water use. The groundwater level in the plain area and the Dunhuang basin showed an inter-annual upward trend, mainly due to the increase in the ecological discharge of the Danghe reservoir and the Shuangta reservoir. With the increase of water inflow, the ecology of the West Lake Nature Reserve was improved.

The implementation of the Shule River basin rehabilitation planning was relatively smooth, the completion rate of the planning evaluation index is close to 100%. The effect of water resources restoration such as water saving, water use reduction, restoration of river ecological flow, restoration and raising of the water level of crescent spring is remarkable. However, the lag in the implementation of the water and soil conservation and ecological construction project has a certain impact on the deployment and implementation of the next phase of the project. The results show that it is more realistic to evaluate the effect of water resources restoration based on consistency evaluation and substantive evaluation.

**Key words:** Shule River basin; watershed management; evaluation index; planning and implementation effect; water resource recovery effect