

黄珊,冯起,王耀斌,等.石羊河流域集成水管理绩效评价[J].中国沙漠,2021,41(2):67-74.

# 石羊河流域集成水管理绩效评价

黄珊<sup>1,2</sup>,冯起<sup>2</sup>,王耀斌<sup>1</sup>,陆志翔<sup>2</sup>

(1.西北师范大学 旅游学院,甘肃 兰州 730070; 2.中国科学院西北生态环境资源研究院 中国科学院内陆河流域生态水文重点实验室,甘肃 兰州 730000)

**摘要:**集成水管理(IWRM)是解决水资源问题的有效方法。根据IWRM总体框架要求和《石羊河流域重点治理规划》总体目标,构建石羊河流域IWRM绩效评价体系,从调查问卷、水资源公报等获取数据,运用专家打分和层次分析法确定权重,运用多指标加权综合指数法计算石羊河流域IWRM绩效。结果显示:2000、2007、2017年石羊河流域IWRM绩效随时间推移呈上升趋势,从“一般”提升到“良好”。4个评价维度层都呈上升趋势,其中经济效益增加最明显,社会公平次之,接着是水管理组织效能,而生态环境可持续仅增加了1%,整体上实现了《石羊河流域重点治理规划》提高水资源利用效率和效益、促进农民增收和区域经济社会可持续发展的目标,但生态环境问题仍是今后重点关注的内容之一。

**关键词:**集成水管理;绩效评价;石羊河流域

**文章编号:** 1000-694X(2021)02-067-08

**DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00130

**中图分类号:** TV211.1

**文献标志码:** A

## 0 引言

集成水管理(IWRM)是20世纪中后期为解决全球水资源问题而提出的水资源管理理念,2015年被列为实现全球水安全可持续性目标的主要途径<sup>[1]</sup>。IWRM是以公平的、不损害生态系统可持续性的方式,促进水、土及相关资源的协调发展与管理,从而使经济和社会财富最大化的过程<sup>[2]</sup>。Mao等<sup>[3]</sup>认为,IWRM不仅仅是管理地表和地下水的综合尝试,本质上还是国家主导的农村发展计划,利用对水资源使用权的控制来重新配置土地的使用和农业生产模式。

20世纪80年代以前,中国的水资源管理高度分散,制度缺失。1988年的《中华人民共和国水法》确立了水量分配制度,开始了水资源管理制度的探索<sup>[4]</sup>。然而,它在环境保护方面存在不足,也没有解决水环境保护与行政管辖范围的不匹配,导致应对紧急水事件的行动力减弱<sup>[5]</sup>。受IWRM理念的影响,2002年颁布的新《中华人民共和国水法》,在管

理思想上实现从“治水”到“治人”的转变,管理内容集中于水资源分配、权力和许可、流域管理、用水效率 and 环境保护等主题<sup>[6]</sup>。此外,该法还确立了流域管理与行政区域相结合的管理体制。自2002年以来,中国政府采取了一系列重要举措来提高治水能力,为河湖的健康与永续利用提供了制度保障<sup>[7]</sup>。

国内外针对IWRM理论实施框架<sup>[8]</sup>、立法和政策<sup>[9]</sup>、流域组织机构建立类别<sup>[10]</sup>、实施能力评估<sup>[11]</sup>、多流域影响区域IWRM实施涉及的经济问题<sup>[12]</sup>、利益相关者作用及IWRM利弊的探讨<sup>[13]</sup>、实施进度调查与障碍分析<sup>[8,14]</sup>以及实施有效性的定性评估<sup>[15]</sup>等做了很多研究,但对IWRM管理效果的定量评价研究较少。而在水资源管理实践中,评价是其重要环节,通过水资源管理绩效评价,可发现水资源管理中存在的不足,为进一步完善水资源管理、调整水资源管理战略提供重要信息<sup>[16]</sup>。

河西走廊为典型的干旱区,水资源对当地社会经济发展的约束作用显著<sup>[17]</sup>。21世纪初,石羊河流域水资源管理也向集成管理转变,成立流域管理机

收稿日期:2020-10-21; 改回日期:2020-12-27

资助项目:中国科学院内陆河流域生态水文重点实验室开放基金项目(KLEIRB-ZS-20-03);西北师范大学青年教师科研能力提升计划项目(NWNU-LKQN2019-25);国家自然科学基金项目(41601036)

作者简介:黄珊(1987—),女,广西柳州人,讲师,主要从事水资源管理与区域可持续发展研究。E-mail: huangshan@lzb.ac.cn.

通信作者:冯起(E-mail: qifeng@lzb.ac.cn)

构和农民用水者协会,实施《石羊河流域重点治理规划》,2016年提前完成了2020年水量目标任务。然而在《石羊河流域重点治理规划》项目完成时,需回答以下几个问题:IWRM是否适合在石羊河流域实施?石羊河流域IWRM实施效果如何?哪些方面得到了改善?哪些仍需改进和完善?因此,本文以IWRM目标框架和重点治理项目总体目标为依据,选取水资源管理体制改革前(2000年)、《石羊河流域重点治理规划》实施起(2007年)和完成后(2017年)3个时间点,进行IWRM绩效评价,并分析其影响因素,为流域水资源可持续管理提供借鉴。

## 1 理论、方法、数据来源

### 1.1 IWRM

实现IWRM需要在社会不同层面进行水资源管理制度和体制的改革,将水资源管理权力从中央下放到适当的最低水平,这就会涉及到国家、省市等为体制和制度改革提供有利的实施环境,即政策、法律法规、资金等的支持;进而在流域层面进行管理机制改革,重组、调整水资源管理部门及职能;最后通过具体的管理工具,即资源评估、流域规划、经济手段、技术手段等,以实现区域的生态环境、经济和社会效益的协调与平衡(图1)。因此,在衡量IWRM绩效时,应优先从生态环境可持续、经济效益和社会公平这3个方面选取指标,建立评价体系。

### 1.2 数据与方法

构建的IWRM绩效评价指标体系涉及生态环

境可持续、社会公平、经济效益和水管理组织效能4个维度层。根据IWRM总体框架,结合石羊河流域实施IWRM战略目标,参考国内外已有的研究成果<sup>[16,18]</sup>,优先确定生态可持续、社会公平和经济效益3个维度层。IWRM目标的实现,以水管理组织运转效率的提高为前提,因此提高水管理组织效能也是IWRM的重要目标任务<sup>[11]</sup>。指标体系涵盖30个指标,其中生态环境可持续11个指标,经济效益5个指标,社会公平8个指标,水管理组织效能6个指标(表1)。指标权重由被调查对象依据流域治理目标重要程度打分,并结合层次分析法计算获得<sup>[16]</sup>。

数据主要来源于3个方面:①调查问卷:问卷内容包括基本信息以及生态环境可持续、经济效益、社会公平和水管理组织效能4个维度层的相关问题及指标权重打分表,见文献[19]中附件5;问卷涉及的指标多为水资源管理部门工作内容的考核指标,因此有针对性地选取了武威、金昌两市各级水务部门中直接参与流域水资源管理事务,并且对流域整体的水资源状况、水资源管理和改革实践最了解且掌握问卷指标数据的工作人员为调查对象。实际发放问卷53份,收回有效问卷40份。②政府部门公开发布的统计资料:主要有《甘肃省水资源公报》《石羊河流域水资源公报》《武威市统计年鉴》《金昌市统计年鉴》等。③石羊河流域水资源管理相关文献、报道。

此外,选用极大极小值法进行指标数据的标准化。若被标准化指标的数值增加提高IWRM绩效,用式(1)进行标准化,反之用式(2)。为避免0或1

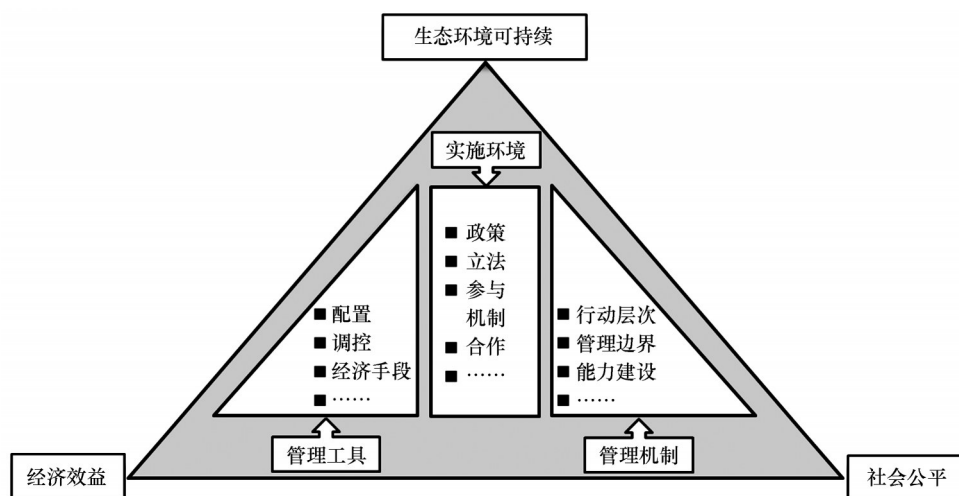


图1 IWRM总体框架<sup>[2]</sup>

Fig. 1 General framework for IWRM<sup>[2]</sup>

表 1 IWRM 绩效评价指标体系

Table 1 The assessment index system of IWRM performance

目标层	维度层	权重	指标层	权重	数据来源
IWRM 绩效	生态环境可持续	0.34	用水紧缺程度 -	0.15	A
			沙尘天气情况 -	0.15	A
			河岸林生长情况 +	0.15	A
			土地退化情况 -	0.11	A
			水库库存紧张程度 -	0.09	A
			地下水污染程度 -	0.13	A
			林草覆盖率 +	0.06	A
			地下水埋深 -	0.03	A
			水资源开发系数 -	0.06	B、C、D
			河流污径比 -	0.05	B、C
			生态用水比例 +	0.03	B、C
	经济效益	0.24	亩(1 亩=667 m <sup>2</sup> )均灌溉用水量 -	0.24	A、B、C
			污水处理回用量 +	0.08	B、C
			农业用水比例 -	0.26	B、C
			工业用水比例 +	0.13	B、C
			单方水 GDP +	0.29	B、C
	社会公平	0.28	自来水入户率 +	0.18	A
			清洁饮用水达标率 +	0.11	A
			普通用户参与率 +	0.08	A
			公众意见被采纳率 +	0.08	A
			女性参与流域决策情况 +	0.08	A
			用水秩序公平合理 +	0.18	A
			流域间水分配公平 +	0.13	A
	水管理组织效能	0.14	水事纠纷发生次数 -	0.17	A
			水费收缴率 +	0.16	A
			水事纠纷处理率 +	0.25	A
			水资源分配的透明度 +	0.22	A
			垂直部门沟通/协调程度 +	0.20	A
			水平部门沟通/协调程度 +	0.18	A
			应对气候突变能力 +	0.10	A

①权重判断矩阵一次性检验结果用 CR 表示,一般当 CR<0.10 时,就认为判断矩阵具有令人满意的一致性。表中维度层和指标层一致性检验结果分别为 0.0226、0.0099、0.0270、0.0453、0.0431,均小于 0.1,表明排序结果具有满意的一致性。②“+”、“-”表示指标对结果影响的正负方向。③数据来源:A 调查问卷,B 甘肃省水资源公报,C 石羊河流域水资源公报,D 文献。

边界值的出现,采用 Heidecke<sup>[20]</sup>的改进方法,将各指标数据系列的最大值乘以 1.05,最小值除以 1.05,改进后的公式为:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}/1.05}{1.05\max x_{ij} - \min x_{ij}/1.05}$$

(1)

$$Y_{ij} = \frac{1.05\max x_{ij} - x_{ij}}{1.05\max x_{ij} - \min x_{ij}/1.05}$$

(2)

由于 IWRM 追求的是区域水资源复合系统的全面协调综合发展,采用多指标加权求和公式计算<sup>[21]</sup>,代入模型:

$$IWRM = \sum_{i=1}^n W_i C_i \quad (3)$$

式中:  $IWRM$ 、 $W_i$ 、 $C_i$  和  $n$  分别表示研究区  $IWRM$  绩效评价结果值、第  $i$  项评价维度的权重、第  $i$  项评价维度的标准化数值和评价维度的数目。

表2 IWRM 绩效等级划分

Table 2 The classification of IWRM performance

评价指数	0.00—0.20	0.21—0.40	0.41—0.60	0.61—0.80	0.81—1.00
等级	1	2	3	4	5
含义	很差	较差	一般	良好	优秀

### 1.3 研究区概况

石羊河流域(36°29'N—39°27'N、101°22'E—104°16'E)位于甘肃省河西走廊东部,乌鞘岭以西,祁连山北麓。流域深居西北内陆,太阳辐射强,降水少,年降水量 50—600 mm,年潜在蒸发量为 1 132.9—1 509.7 mm<sup>[22]</sup>,水资源供需矛盾突出。全流域包括 3 市 8 县(区),具体包括金昌市的永昌县及金川区全部,张掖市肃南裕固族自治县和山丹县的部分地区,武威市的古浪县、凉州区、民勤县及天祝藏族自治县部分地区,流域总人口达 231.45 万,其中武威市人口占总人口的 70% 以上<sup>[23]</sup>。肃南、山丹和天祝仅有部分属于石羊河流域,不好界定管理效果,因此选择武威和金昌两市,即石羊河流域管理局目前实际开展工作的范围进行调查。

为解决严重的水资源短缺和生态退化问题,21 世纪初石羊河流域采用  $IWRM$  理念,分两个阶段实施。第一阶段进行管理体制和制度的改革:先后成立石羊河流域管理局、农民用水者协会,参与水资源管理,提升流域的水资源管理能力;第二阶段实施《石羊河流域重点治理规划》为流域制定管理政策和具体实施措施,包括:制定流域水量分配方案对水资源进行总量控制与定额管理、调整产业结构,健全制度和落实责任等,以“保障生活和基本生态用水,满足工业用水,调整农业用水,提高水资源利用效率和效益,促进农民增收和区域经济社会可持续发展,实现‘决不能让民勤成为第二个罗布泊’的目标”,总投资 47.49 亿元<sup>[24]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 IWRM 综合绩效

从图 2 可看出,2000、2007、2017 年石羊河流域

分别运用极大极小值法和层次分析法进行数据标准化和指标权重赋值,最后用指标加权求和公式计算出  $IWRM$  绩效及各维度层效益。为直观反映绩效效果,将评价指数划分为 5 个等级(表 2)。

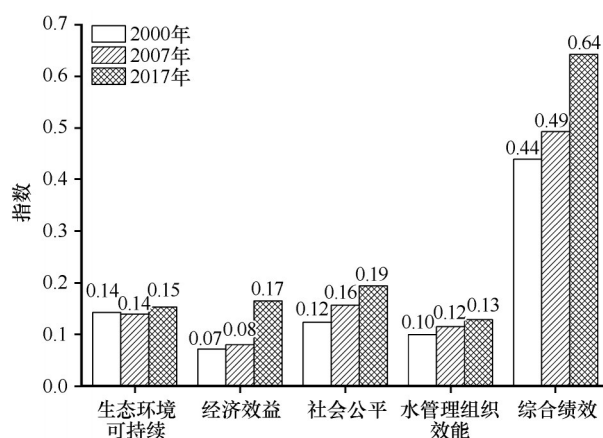


图2 2000、2007、2017年IWRM绩效及维度层效益评价结果

Fig.2 The performance of IWRM and its criterion layers in 2000, 2007 and 2017

$IWRM$  绩效得分分别为 0.44、0.49、0.64, 根据表 2 的绩效等级划分, 分别对应“一般”、“一般”和“良好”。随时间推移,  $IWRM$  绩效呈上升趋势, 2007 年较 2000 年增加了 5%, 2017 年较 2007 年增加了 15%, 2017 年较 2000 年增加了 20%, 表明石羊河流域实施  $IWRM$  以来, 水资源管理绩效有了明显的提高, 且《石羊河流域重点治理规划》的效果优于流域管理体制改革的成果。

组成  $IWRM$  绩效的 4 个维度的值变化有一定的差异。总体看来, 经济效益、社会公平和水管理组织效能三者呈上升趋势, 而生态环境可持续在 2007 年略有下降, 而后上升。2000—2017 年, 经济效益增加最明显, 增加 10%, 社会公平增加 7%, 水管理组织效能增加 3%, 而生态环境可持续仅增加了 1%, 说明研究时段内, 实施流域管理体制改革的和重点治理项目后, 流域经济效益提升得最为明显, 但生态环境并未得到明显改善。



## 2.2 生态环境可持续维度

生态环境可持续维度中,随时间推移各指标变化不一。随时间增长,情况改善的指标有用水紧缺程度、土地退化情况、水库库存紧张程度、林草覆盖率和生态用水比例。

用水紧缺程度得到改善,最主要的原因是全面实施田间节水改造项目,用水效率大幅度提升。截至2016年底,武威市累计改建干支渠道1 084.83 km,配套田间节水面积14万 $\text{hm}^2$ ,其中渠灌9.75万 $\text{hm}^2$ ,管灌1.37万 $\text{hm}^2$ ,温室滴灌0.67万 $\text{hm}^2$ ,大田滴灌2.19万 $\text{hm}^2$ 。同时,普及全膜垄作沟播、小畦灌、免耕免冬灌等高效农田节水技术,面积达16.8万 $\text{hm}^2$ 。金昌市完成干支渠改造26.32 km,改造节水面积0.63万 $\text{hm}^2$ ,其中渠灌0.27万 $\text{hm}^2$ 、低压管灌0.27万 $\text{hm}^2$ 、大田滴灌400 $\text{hm}^2$ 、日光温室138 $\text{hm}^2$ ,养殖暖棚333 $\text{hm}^2$ 。其次,随着生态用水比例的增加,大面积实施“关井压田”(永昌县按人均0.17 $\text{hm}^2$ ,凉州区、金川区、古浪县按人均0.13 $\text{hm}^2$ ,民勤县按人均0.17 $\text{hm}^2$ 或0.13 $\text{hm}^2$ 确定农田灌溉配水面积)减少全流域农田灌溉面积9.03万 $\text{hm}^2$ <sup>[24]</sup>。流域末端的民勤县农业用水量从2000年的4亿 $\text{m}^3$ 减少到2020年的1.7亿 $\text{m}^3$ ,耕地面积减少2.67万 $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>。此外,还实施退耕还林还草项目、大面积治沙压沙工程等,石羊河流域的林草覆盖率由17.5%增加到25%。

情况先恶化后改善的指标有水资源开发系数和河流污径比。图3显示2000—2016年石羊河流域水资源总量呈先下降后上升的趋势,分界点在2007年。供水量先上升后下降。石羊河流域水资源开发系数与控制流域用水总量、关闭机井、严格

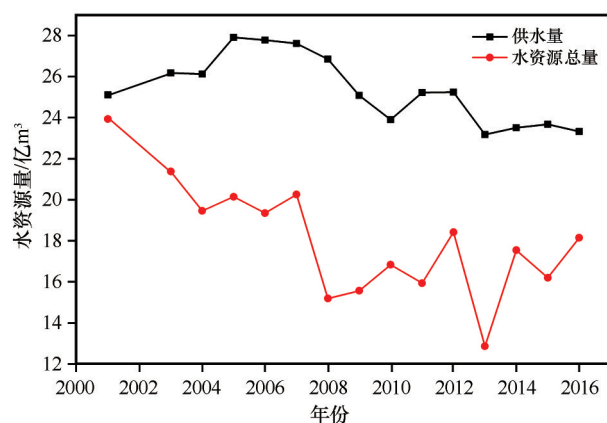


图3 石羊河流域2000—2016年水资源总量与供水量比较

Fig.3 Comparison of water resources and water supply in Shiyang River Basin from 2000 to 2016

控制地下水开采有直接的关系。2007年以后流域实施入河污染物总量控制制度,河流污径比也有所下降。

情况恶化的指标为地下水埋深(本文指电机井出水的最小深度)。石羊河流域从20世纪60年代开始大量开采地下水,尤其是下游的民勤县。1968—1978年,该县电机井数从27眼增加到8 557眼,年增长量为853眼,直至2007年以后电机井数才开始有大幅度的下降<sup>[25]</sup>。石羊河流域2000—2007年、2007—2017年地下水埋深年下降速率分别为3.27 m和0.95 m,表明地下水位埋深下降有所减缓。

## 2.3 经济效益维度

经济效益维度中,各指标都向有利于提高IWRM绩效方向发展。这是因为实施石羊河流域重点治理政策、对流域进行统一规划以来,流域加大产业结构调整步伐,强力推进设施农牧业+特色林果业等一系列措施成效显著。例如,武威市调整优化三次产业结构,比重由2009年的27.7:38.3:34.0调整到2014年的23.3:42.6:34.1;大力调整农业结构,粮食作物面积由2009年的15万 $\text{hm}^2$ 减少到2014年的13.4万 $\text{hm}^2$ ,经济作物面积由8.85万 $\text{hm}^2$ 增加到11.3万 $\text{hm}^2$ ,粮经作物比例由63.7:36.3调整到2014年的54.3:45.7;2016年武威市发展特色林果业达到10万 $\text{hm}^2$ ,产量达1.8万t,产值近10亿元。

## 2.4 社会公平维度

社会公平维度中,随时间推移所有指标都向改善的方向发展。其中自来水入户率的改善最为明显,增加了68.49%。清洁饮用水达标率由44.67%增加到95.52%。普通用户参与水资源管理率和意见被采纳率也提升明显。

流域用水秩序更趋于公平合理化,就地表水灌溉区而言,用水顺序不再是就近优先原则,而是经过农户讨论出的轮灌秩序。在经济和生态兼顾的情况下,武威市政府制定《关于2011年水资源配置和完善水权制度的意见》:枯水年,流域配水优先保证生活用水,其次是重点工业和基本生态用水,最后是农业和其他用水;丰水年份,配水顺序不变、水量不再增加,富余水量沿河道下泄。调查发现,生态环境是流域治理的重点内容,给生态配水,农户能理解,也支持。只是因关井压田、控制水量后,采

取的农户补贴和节水改造措施等产生的效益不能弥补原家中有大量耕地农户的损失,农户希望政府在农民增收方面创造更多有利的条件。

流域间水资源分配更公平。整个流域基本实现按照地区人均耕地和丰、枯水年水资源保证率,在上下游之间、各区县以及各灌区制定明确的年度配水计划。用水秩序和水资源分配公平合理,水事纠纷发生次数也在不断下降。

## 2.5 水管理组织效能维度

水管理组织效能维度中,所有指标随时间的增加都向改善的方向发展。其中,水事纠纷处理率提升得最为明显,由66.67%增加到98.89%,增加了32.22%。受访者表示,主要原因是水务部门越来越重视民生服务,且近年来水事纠纷发生次数也在不断减少。经调研,石羊河流域基本已完成地下水计量设施安装工程,严格控制地下水量开采。对机井实行先充值后取水的措施,多年来坚持节水宣传,农民用水者协会参与到水资源管理中(农民用水者协会任务之一是负责地表水费的收取),使得流域水费收缴率也有显著的提升,增加了16.9%。西营灌区和永昌县水务局工作人员表示,雨水情自动测报系统、水库大坝安全监测系统等的安装,对可能发生的险情能实时监测,提升了水务部门对气候突变的应对能力,气候突变事件由原来少量处理到较多处理的转变。流域实行用水总量控制,各区有明确的水量指标,公示用水台账明细,都增加了水资源分配的透明度。此外,将流域视为一个整体进行水资源管理,流域内各市县(区)上下级和同级部门间的沟通/协调度都有所改善。

## 3 讨论

IWRM已成为地表水和地下水治理的全球范式,并得到了欧盟(EU)、全球水伙伴(Global Water Partnership)和联合国(UN)等国际机构带头推动<sup>[26]</sup>。石羊河流域IWRM综合绩效得分由2000年0.44提升至2017年的0.64,总体提升了20%,可看出IWRM适用于石羊河流域,但目前管理绩效与理想的状态还有一定的差距。IWRM是一个过程,不是一次性的行动,因此想要进一步提高管理的效果,水资源管理部门则要再反馈到IWRM总体框架(图1)的内环中,寻找实施环境、管理工具和管理机

制3个执行支柱在实施过程中存在的差距<sup>[15]</sup>。3个执行支柱的某些项若还没有,就要创造和设立,成功的方面需继续推进,薄弱的环节要加强。石羊河流域在实施IWRM管理3个执行支柱中仍要重点提升的领域有:实施环境中的社会投资、制定投资框架、财政支持和气候变化适应政策;管理机制中的能力更新和履职能力;管理工具中的水资源知识库建立、工业废水循环利用、对高耗水与高污染产品收税以及在水资源管理中考虑水资源的隐形价值<sup>[27]</sup>。尽管已调查分析出石羊河流域在IWRM总体框架内环中存在一些薄弱环节,但在IWRM具体实施过程中,可能有几种机制同时发挥作用<sup>[26,28]</sup>,各种机制是如何相互作用的?是相互消弱还是相互增强?对实施结果有什么影响?科学的研究实施过程与管理结果之间的因果关系是IWRM未来研究的重点内容之一<sup>[5,26]</sup>。

## 4 结论

石羊河流域2000—2017年IWRM绩效从“一般”提升到“良好”,尤其是2007—2017年期间,绩效的增加值是2000—2007年的3倍。2007年以后实施重点治理的效果优于2000年以来实施流域管理体制改革的成果。

研究时段内,组成IWRM绩效的4个维度层都呈上升趋势,其中经济效益增加最明显,社会公平次之,接着是水管理组织效能,生态环境可持续仅增加了1%。实现了《石羊河流域重点治理规划》提高水资源利用效率和效益、促进农民增收和区域经济社会可持续发展的目标,但生态环境问题仍是今后重点关注的内容之一。

## 参考文献:

- [1] 程清平,钟方雷,左小安,等.美丽中国与联合国可持续发展目标(SDGs)结合的黑河流域水资源承载力评价[J].中国沙漠,2020,40(1):204-214.
- [2] GWP. Integrated Water Resources [R]. Stockholm, Sweden: GWP, 2000.
- [3] Mao K R, Zhang Q, Xue Y, et al. Toward a socio-political approach to water management: successes and limitations of IWRM programs in rural northwestern China [J]. Frontiers of Earth Science, 2020: 1-18.
- [4] 李加林,田鹏,史小丽,等.水资源管理研究进展[J].浙江大学学报(理学版),2019,46(2):248-260.
- [5] Fritsch O, Benson D. Mutual learning and policy transfer in integrated water resources management: a research agenda [J]. Wa-

- ter, 2019, 12(1): 72.
- [6] Bockhorst D G J T, Smits T J M, Yu X B, et al. Implementing integrated river basin management in China[J]. *Ecology & Society*, 2010, 15(2): 299–305.
- [7] 黄珊, 冯起, 齐敬辉, 等. 河西走廊疏勒河流域水资源管理问题分析[J]. *冰川冻土*, 2018, 40(4): 846–852.
- [8] GWP. Case Studies for the GWP ToolBox: Guidelines for Case Preparation [EB/OL]. (2017–02–16) [2020–2–20]. [http://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/About\\_IWRM\\_ToolBox/What\\_is\\_the\\_IWRM\\_ToolBox/](http://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/About_IWRM_ToolBox/What_is_the_IWRM_ToolBox/)
- [9] Huitema D, Meijerink S V. The politics of river basin organisations: institutional design choices, coalitions and consequences [M]// *The Politics of River Basin Organisations, Coalitions, Institutional Design Choices and Consequences*, 2014: 1–22.
- [10] Gallego-Ayala J, Juízo D. Performance evaluation of river basin organizations to implement integrated water resources management using composite indexes [J]. *Physics & Chemistry of the Earth Parts A/b/c*, 2012, 50/52(2): 205–216.
- [11] Shah T. Increasing Water Security: The Key to Implementing the Sustainable Development Goals [R]. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership, 2016.
- [12] Teresa T, Martin S. Economic issues in the Integrated management of Water Resource Model (IWRM) and the management unit in a territory affected by several basins: the case of the Spanish Southeast [J]. *International Journal of Environmental Impacts; Management, Mitigation and Recovery*, 2019 (4): 346–355.
- [13] Quevauviller P. European water policy and research on water-related topics: an overview [J]. *Journal of Hydrology*, 2014, 518: 180–185.
- [14] United Nations Environment Programme. Progress on Integrated Water Resources Management. Global Baseline for SDG 6 Indicator 6.5.1: Degree of IWRM Implementation [R]. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2018.
- [15] Duncan A E, de Vries N, Nyarko K B. The effectiveness of water resources management in Pra Basin [J]. *Water Policy*, 2019, 21(4): 787–805.
- [16] 潘护林, 陈惠雄. 可持续水资源综合管理定量评价: 基于IWRM理论的实证研究[J]. *生态经济*, 2014, 30(11): 145–150.
- [17] 王肖波. 甘肃省张掖市甘州区村镇水资源承载力评价[J]. *中国沙漠*, 2020, 40(5): 32–41.
- [18] Wilkinson M J, Magagula T K, Hassan R M. Piloting a method to evaluate the implementation of integrated water resource management in the Inkomati River Basin [J]. *Water S A*, 2015, 41(5): 633–642.
- [19] 黄珊. 河西走廊内陆河流域集成水资源管理实施状态和绩效评价[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [20] Heidecke C. Development and Evaluation of a Regional Water Poverty Index for Benin [R]. Washington, USA: International Food Policy Research Institute, 2006: 1–55.
- [21] 李永格, 李宗省, 冯起, 等. 基于生态红线划定的祁连山生态保护性开发研究[J]. *生态学报*, 2019, 39(7): 2343–2352.
- [22] 李玲萍, 卢泰山, 刘明春, 等. 基于标准化流量指数(SDI)的石羊河流域水文干旱特征[J]. *中国沙漠*, 2020, 40(4): 24–33.
- [23] 杨亮洁, 王晶, 魏伟, 等. 干旱内陆河流域生态安全格局的构建及优化: 以石羊河流域为例[J]. *生态学报*, 2020, 40(17): 5915–5927.
- [24] 甘肃省水利厅, 甘肃省发展和改革委员会. 石羊河流域重点治理规划[Z]. 2007.
- [25] 黄珊, 周立华, 陈勇, 等. 近60年来政策因素对民勤生态环境变化的影响[J]. *干旱区资源与环境*, 2014, 28(7): 73–78.
- [26] Wang K, Davies E G R, Liu J. Integrated water resources management and modelling: a case study of Bow river basin, Canada [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 240: 118242.
- [27] 黄珊, 冯起, 王耀斌, 等. 集成水资源管理实施状态定量评价及影响因素分析: 以石羊河流域为例[J]. *中国沙漠*, 2020, 40(4): 103–112.
- [28] Schröder N J S. IWRM through WFD implementation? drivers for integration in polycentric water governance systems [J]. *Water*, 2019, 11(5): 1063.

## The evaluation of integrated water resource management performance in Shiyang River Basin, China

Huang Shan<sup>1,2</sup>, Feng Qi<sup>2</sup>, Wang Yaobin<sup>1</sup>, Lu Zhixiang<sup>2</sup>

(1.College of Tourism, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2.Key Laboratory of Ecohydrology of Inland River Basin, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** IWRM (integrated water resources management) is considered to be an effective way to solve the problem of water resources. According to the overall framework requirements of IWRM and the overall objectives of Key Management Planning of Shiyang River Basin, this paper constructs the IWRM performance evaluation system of Shiyang River Basin, obtains data from questionnaire and water resources bulletin, uses expert scoring and AHP to determine the weight, and uses multi index weighted comprehensive index method to calculate IWRM performance. The results show that the IWRM performance of the study area showed an upward trend from 2000 to 2017 from "average" to "good". The four evaluation dimensions showed an upward trend, in which the economic benefit increased the most obviously, followed by the social equity, followed by the efficiency of water management organization, while the eco-environmental benefit only increased by 1%. On the whole, the goal of improving water resources utilization efficiency and benefit, increasing farmers' income and promoting the sustainable development of regional economy and society was achieved, but the eco-environmental problem was not solved.

**Key words:** integrated water resources management; performance evaluation; Shiyang River Basin