DOI:10.20040/j.cnki.1000-7709.2025.20241067

唯物辩证法视野下幸福汾河建设评价

谢欣龙[1],孙雪岚[1],段京京[1],王 雪[2],杨 鑫[1]

(1. 太原理工大学水利科学与工程学院,山西 太原 030024;2. 山西省水利发展中心,山西 太原 030002)

摘要:近年来,随着人为过度开发和气候水文条件的变化,汾河出现了水资源供需矛盾突出、生态系统退化、河道萎缩等问题。为实现流域人水和谐和永续发展,从唯物辩证法视野下的人与自然和谐共生的河流幸福观出发,构建包含安全畅流、资源优质、生态健康、环境宜居、文化弘扬、发展富民6个维度27个指标的幸福河评价指标体系,选用组合赋权G2-AEW法确定指标权重,建立半偏减法集对势(SSSPP)评价模型,按照各河段功能差异动态赋权,分析2016~2021年间汾河中下游幸福河建设水平并结合障碍度模型识别障碍因子。结果表明,汾河中下游段幸福河建设水平整体均呈上升态势,且中游幸福程度高于下游,其中,人均水资源占有指数、水土流失治理率、水质状况指数指标为影响中游段的主要障碍因子,水系连通性、平滩流量满足率、人均GDP指数指标为影响下游段的主要障碍因子,与汾河各段实际状况基本吻合,可为后续的幸福汾河建设指明方向和路径。

关键词:幸福河;唯物辩证法;半偏减法集对势;动态赋权;汾河流域

中图分类号:TV213.4 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7709(2025)04-0065-05

1 引言

2019年9月,习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上发出了“让黄河成为造福人民的幸福河”的伟大号召,幸福河建设成为新时代河湖治理与发展的主要方向,围绕幸福河展开了一系列研究,主要集中在幸福河内涵、评价指标体系及应用方面。虽然我国河流水系众多,尚未形成统一的幸福河内涵,但基本可概括为河流本身健康、人民幸福、人水关系和谐三方面[1-3],即在河流结构和生态健康的基础上,提升人们的幸福感,强调人与河流和谐共生,并基于幸福河的内涵要义,提出了相应的构建体系原则和框架[2-5]。随着研究的深入,逐渐结合多种理论从不同视角构建幸福河指标体系,分河流类型和地域特征进行实例评价研究[5-7]。评价方法大多采用各种主客观指标赋权法和不同的评价模型相组合的方法,如层次分析-反熵权法和TOPSIS法[6]、层次分析法和模糊综合评判法[7]、序关系-熵权-独立性权法和物元可拓模型[8]等,并结合障碍度模型识别主要影响因素[3,8];也有利用改进的粒子群优化投影寻踪模型[9]进行分析评价,为幸福河评价提供了有效手段。目前,对于类似汾河这类各河段功能差异明显的大中型河流的幸福河综合评价研究较少。从唯物辩证法视野下的人水和谐的河流幸福观出发,认为在人-水生命共同体中,人与河流均为自然界的客观存在,对河流而言,幸福河意味着满足其生存发展的需求;对人类而言,幸福河则是人们对美好生活的向往得以实现。因此,幸福河为河流和人类同享幸福的人水和谐状态。基于上述理念,本文从水安全、水生态、水资源、水环境、水文化、流域高质量发展等6个方面出发构建了评价指标体系,运用半偏减法集对势评价模型与障碍度模型,分析汾河中下游2016~2021年幸福河建设状况,探究关键因素与评价等级之间的因果驱动,为汾河中下游流域的生态治理与修复提供科学参考。

2 研究方法

2.1 评价体系构建

遵循全面综合性、代表性、层次性等基本原

收稿日期:2024-06-10,**修回日期**:2024-07-03

基金项目:国家自然科学基金项目(51004120);山西省水利发展中心水利技术研究与推广项目(2021LS001)

作者简介:谢欣龙(2000-),男,硕士研究生,研究方向为河湖健康评价,E-mail:18103171520@163.com

通讯作者:孙雪岚(1978-),女,博士、讲师,研究方向为河流泥沙及河湖健康,E-mail:tysxlan@sohu.com

则，从幸福河科学内涵和基本特征出发，参考河湖健康、河湖长制及幸福河湖等评价体系研究成果、《南京市幸福河湖评价规范（试行）》、《中国河湖幸福指数报告 2020》等，结合流域实际情况，采用频率统计、内容分析及专家咨询等方法筛选指标，以“目标层－准则层－指标层”为框架，构建了包含安全畅流、生态健康、资源优质、环境宜居、文化弘扬、发展富民 6 个维度 27 个指标在内的幸福河评价指标体系。并依据《幸福河湖建设成效评估工作方案（试行）》等相关技术文件、幸福河湖等相关文献资料，将河流幸福等级划分为Ⅰ～Ⅴ等级，即非常幸福（Ⅰ）、幸福（Ⅱ）、比较幸福（Ⅲ）、基本幸福（Ⅳ）、不幸福（Ⅴ）5 个等级，确定了各指标等级标准相应数值，见表 1。

表 1 幸福河评价指标体系评价及等级标准

Tab. 1 Evaluation index system and grade standard of Happy River

目标层	准则层	指标层	等级划分				
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
幸福指数 A	安全畅流 B_1	水系连通性 C_{11}/%	<20	[20,40)	[40,60)	[60,80)	>80
		水资源调控能力 C_{12}/%	[35,45]	(45,60]	(60,80]	(80,100]	>100
			[35,45]	[25,35)	[15,25)	[10,15)	<10
		平滩流量满足率 C_{13}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		防洪安全指数 C_{14}/%	100	[100,95)	[85,95)	[80,85)	<80
		河流管护指数 C_{15}	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
	资源优质 B_2	水资源开发利用率 C_{21}/%	[35,45]	(45,50]	(50,60]	(60,80)	≥80
			[35,45]	[30,35)	[20,30)	[15,20)	<15
		人均水资源占有指数 C_{22}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		城镇供水保障率 C_{23}/%	≥95	[90,95)	[85,90)	[80,85)	<80
		耕地灌溉保障率 C_{24}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		饮用水水源地水质达标率 C_{25}/%	≥97.5	[95,97.5)	[85,95)	[80,85)	<80
	生态健康 B_3	生态基流保障率 C_{31}/%	≥97.5	[95,97.5)	[85,95)	[80,85)	<80
		水生生物多样性指数 C_{32}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[50,70)	<50
		湿地保护指数 C_{33}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[50,70)	<50
		生态岸线比例 C_{34}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		水土流失治理率 C_{35}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
	环境宜居 B_4	水质状况指数 C_{41}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		水功能区达标率 C_{42}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		景观多样性指数 C_{43}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		亲水休闲指数 C_{44}	≥85	[75,85)	[60,75)	[40,60)	<40
		公众满意度 C_{45}	≥85	[80,85)	[70,80)	[60,70)	<60
	文化弘扬 B_5	水文化遗产保护程度 C_{51}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		水文化开发利用程度 C_{52}	≥90	[80,90)	[60,80)	[40,60)	<40
		水文化宣传程度 C_{53}	≥90	[80,90)	[60,80)	[40,60)	<40
	发展富民 B_6	人均 GDP 指数 C_{61}/%	≥90	[80,90)	[70,80)	[60,70)	<60
		万元 GDP 用水指数 C_{62}/%	≤75	(75,85]	(85,100]	(100,120]	>120
		万元工业增加值用水指数 C_{63}/%	≤75	(75,85]	(85,100]	(100,120]	>120
		农田灌溉水有效利用指数 C_{64}/%	≤90	(90,100]	(100,105]	(105,110]	>110

2.2 基于 G2-AEW 组合赋权法

唯一参照物比较判断法（G2 法）[3] 为一种主观判定各指标重要度的方法，能够改变专家因对指标信息不完整而无法给出确定权重不足的缺陷，具有充分考虑专家的风险意识、简便直观、适用性强等特点；反熵权法（AEW）[10] 作为熵权法改进的一种客观赋权方法，认为指标的差异越大，反熵越大，对应的权重越大，可避免灵敏度过高、容易导致指标失效的问题，能较好反映指标之间差异性。采用最小离差平方和约束条件来优化组合权重系数[11]，即：

$$\min W = \left\{ \sum_{i=1}^{n} [(W_j - w_i)^2 + (W_j - w_j)^2] \right\} \cup 0 \leqslant \alpha < 1 \quad (1)$$

$$W_j = \alpha w_i + (1-\alpha) w_j \quad (2)$$

式中，w_i、w_j 分别为主、客观权重；W_j 为指标 j 的综合权重；α 为权重系数。

当且仅当 α 为 0.5 时，整个系统的离差平方和最小，此时组合权重值为最优解。

2.3 五元半偏减法集对势评价模型

半偏减法集对势是在集对势和偏联系数这两种联系数方法进行分析比较的基础上改进一种新的伴随函数，对集对系统中的不确定性项进行精确、合理分配，可以解决目前已有方法中计算公式尚未统一、适用性尚未验证等问题。具有对指标联系数变化反应灵敏、解释性强、计算简便等特点，可准确判别出集对系统所处等级及识别评价指标的变化趋势[12]。

应用时，首先计算幸福河评价的指标值 x_{ij} 与标准等级 s_{kj} 之间的联系数 u_{ijk}、五元指标值联系数 u_{ij} 及幸福河评价样本的指标值联系数 u_i；

采用级别特征值法确定幸福河评价等级值;最后计算幸福河评价样本与评价指标的半偏减法集对势值 $s(u)$,识别影响幸福河建设的脆弱性指标。根据半偏减法集对势原理,势值 $s(u)$ 为 5 个势态,即反势 $s(u)\in[-1.0,-0.6)$,不幸福;偏反势 $s(u)\in[-0.6,-0.2)$,基本幸福;均势 $s(u)\in[-0.2,0.2]$,比较幸福;偏同势 $s(u)\in(0.2,0.6]$,幸福;同势 $s(u)\in(0.6,1]$,非常幸福。

2.4　障碍度模型

障碍度模型可判断各项评价指标对幸福河建设水平的影响程度,识别诊断出主要障碍因子。若指标障碍度越大,则该指标对幸福河建设的阻碍影响越大。计算公式为:

$$s'(u)=0.5+0.5s(u) \tag{3}$$

$$O_{ij}=W_j[1-s'(u)]\Big/\sum_i^n W_j[1-s'(u)]$$

$$\sum_i^n w_j[1-s'(u)]\neq 0 \tag{4}$$

式中,O_{ij} 为障碍度;W_j 为第 j 个指标的权重,$j=1,2\cdots,n$(n 为指标的个数)。

3　幸福汾河建设评价

3.1　流域概况

汾河为山西省的“母亲河”,黄河第二大支流,干流全长 716 km,流域面积 39 471 km^2,流域范围涉及全省 9 市 51 县。兰村至洪洞石滩为中游河段,属于盆地平原性河流,长 266.9 km,流域面积 20 509 km^2,支流汇入较多,坡度较缓,河道曲折,流域工业发达,水资源需求量大;石滩至入黄口为下游河段,属于平原型河流,长 232 km,流域面积 11 257 km^2,河道蜿蜒曲折,坡度进一步变缓,水流不稳定,泥沙淤积严重,防洪压力大。近年来,随着人为过度开发和气候水文条件的变化,汾河流域面临水资源短缺、生态系统退化及水体污染严重、河道萎缩等一系列问题,严重制约了流域社会经济的可持续发展[13]。其中,优化水资源配置、促进经济发展及防洪保安全为汾河最主要任务。

3.2　数据来源

通过多渠道搜集汾河各指标相关数据。其中,定性指标数据通过相关水利专家、研究学者和管理人员等对指标进行分析评估及对一般公众进行问卷调查、实地走访等途径统计分析得出;定量指标数据资料主要来源于 2016～2021 年《山西省水资源公报》《中国河流泥沙公报》《水利年鉴》等。

3.3　权重确定

由于汾河中下游河段自然特征与主要社会经济功能差异明显,流域居民对幸福河的认知和需求也有所区别,单一的整体赋权评价很难准确反映各个河段的实际情况。因此,对汾河中下游河段采用一套评价指标体系与标准,利用动态赋权的方式进行幸福河评价分析。通过 G2-AEW 法计算各指标的主、客观权重及综合权重,见表 2。

表 2　幸福河评价指标综合权重

Tab. 2　Comprehensive weights of Happy River evaluation indicators

准则层	准则层权重		指标层	组合权重	
	中游	下游		中游	下游
安全畅流 B_1	0.201 5	0.301 2	C_{11}	0.030 3	0.085 5
			C_{12}	0.049 1	0.045 1
			C_{13}	0.042 2	0.062 5
			C_{14}	0.048 5	0.076 5
			C_{15}	0.031 4	0.031 6
资源优质 B_2	0.201 2	0.186 9	C_{21}	0.042 8	0.044 6
			C_{22}	0.054 1	0.033 5
			C_{23}	0.033 3	0.025 8
			C_{24}	0.034 3	0.044 2
			C_{25}	0.036 7	0.038 7
生态健康 B_3	0.133 7	0.118 9	C_{31}	0.025 3	0.035 1
			C_{32}	0.018 7	0.015 1
			C_{33}	0.025 3	0.019 5
			C_{34}	0.025 3	0.019 5
			C_{35}	0.039 1	0.029 7
环境宜居 B_4	0.147 7	0.151 7	C_{41}	0.034 0	0.029 8
			C_{42}	0.022 1	0.019 4
			C_{43}	0.028 6	0.026 0
			C_{44}	0.028 2	0.036 1
			C_{45}	0.034 8	0.040 4
文化弘扬 B_5	0.076 9	0.076 1	C_{51}	0.028 9	0.017 3
			C_{52}	0.026 2	0.030 7
			C_{53}	0.021 7	0.028 1
发展富民 B_6	0.239 0	0.165 2	C_{61}	0.054 1	0.042 7
			C_{62}	0.054 8	0.032 1
			C_{63}	0.075 0	0.028 4
			C_{64}	0.055 2	0.062 0

3.4　评价结果

3.4.1　目标层评价分析

将 2016～2021 年汾河中下游相关指标数值代入五元半偏减法集对势评价模型可计算得到相应的集对势值,结果见表 3。

表 3　幸福河半偏减法集对势和评价等级值

Tab. 3　Potential and evaluation level values of half partial subtraction set for Happy River

流域	年份	联系数分量					半偏减法集对势 $s(u)$	等级值	态势
		a	b_1	b_2	b_3	c			
汾河中游	2016	0.180	0.231	0.326	0.159	0.104	0.150 9	2.777 2	均势
	2017	0.189	0.239	0.327	0.148	0.097	0.185 2	2.724 7	均势
	2018	0.196	0.247	0.321	0.141	0.094	0.207 4	2.689 0	偏同势
	2019	0.218	0.258	0.322	0.126	0.076	0.281 4	2.583 9	偏同势
	2020	0.225	0.257	0.322	0.120	0.075	0.296 6	2.561 3	偏同势
	2021	0.231	0.263	0.326	0.111	0.069	0.322 3	2.522 3	偏同势
汾河下游	2016	0.066	0.120	0.333	0.267	0.213	−0.299 5	3.441 8	偏反势
	2017	0.068	0.117	0.333	0.265	0.217	−0.301 5	3.446 2	偏反势
	2018	0.067	0.125	0.333	0.266	0.208	−0.287 1	3.422 8	偏反势
	2019	0.082	0.140	0.333	0.251	0.193	−0.225 8	3.332 7	偏反势
	2020	0.110	0.180	0.333	0.223	0.154	−0.090 0	3.131 9	均势
	2021	0.134	0.195	0.332	0.200	0.139	−0.010 1	3.014 9	均势

注:a、b_1、b_2、b_3、c 分别为集对的同一度、偏同差异度、不确定性差异度、偏反差异度、对立度,分别表示集对中两集合间符合同一、差异、对立程度的模糊关系,在模型计算过程中,a、b_1、b_2、b_3、c 分别对应五元半偏减法集对势评价模型中的 u_{ij1}、u_{ij2}、u_{ij3}、u_{ij4}、u_{ij5}。

由表 3 可知，汾河中下游流域在 2016～2021 年幸福河建设水平整体上呈上升趋势，而中游幸福河建设水平高于下游。其中，中游在 2016～2017 年处于比较幸福等级，在 2018～2021 年处于幸福等级；下游在 2016～2019 年处于基本幸福等级，在 2020～2021 年处于比较幸福等级。中游段在这 6 年期间的幸福程度波动范围较小；而下游段在这 6 年期间的幸福程度波动范围较大，在 2017 年的评价结果最低，反映出当年下游段河流幸福状况较差。通过近年对汾河流域生态保护与修复治理，流域生态环境得到有效改善，幸福河建设工作取得明显成效。

3.4.2 准则层评价分析

计算 2016～2021 年汾河中下游各准则层相应的集对势值，绘制势值逐年变化趋势见图 1。由图 1 可知，2016～2021 年汾河中下游各准则层总体呈上升趋势，其中中游段准则层大多由比较幸福等级向幸福等级转变，生态健康准则层仍处于基本幸福等级；下游段准则层大多由基本幸福等级向比较幸福等级转变。在安全畅流准则层方面，中游幸福指数明显高于下游。2017、2021 年间受到汛期强降雨的影响，防洪度汛压力大增，准则层指数出现下降趋势；在资源优质准则层方面，下游呈上升趋势，而中游的幸福指数呈波动状态，与流域工业用水现象严重，城镇水资源需求较大有关；生态健康准则层呈上升趋势，但对汾河中下游流域的影响均较为严重，湿地的开发利用和河流两岸生态的破坏，造成中下游流域水土流失严重；环境宜居准则层对中下游流域影响程度较小，总体呈上升趋势，说明近几年流域生态环境得到改善，亲水休闲设施建设得到有效落实；在文化弘扬准则层方面，反映出政府和管理部门对水文化宣传和遗产保护措施的有效落实；在发展富民准则层方面，中游段波动较小，但下游段幸福程度较低，经济发展缓慢。

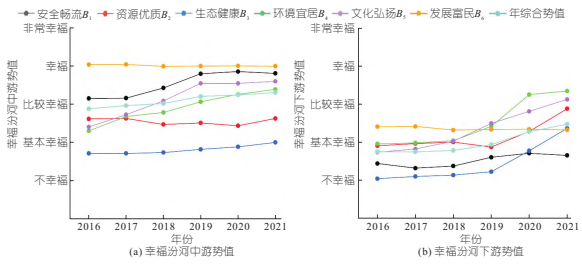


图 1 幸福汾河中下游各准则层半偏减法集对势趋势

Fig. 1 Potential trends of semi partial subtraction method sets for each criterion layer in the Middle and Lower Reaches of Happy Fen River

3.5 障碍因子诊断

将计算的 2016～2021 年汾河中下游各指标的集对势值代入式(3)、(4)可得出指标的障碍度，结果见图 2；统计出各年障碍度排序前 5 位的指标，见表 4。

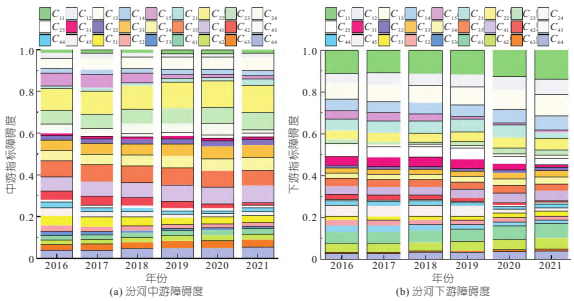


图 2 汾河中下游流域幸福河建设指标障碍度

Fig. 2 Obstacles to construction indicators of Happy River in the Middle and Lower Reaches of Fenhe River Basin

表 4 汾河中下游流域幸福河建设主要障碍因子排序

Tab. 4 Ranking of main obstacle factors for construction of Happy River in the Middle and Lower Reaches of Fenhe River Basin

流域	障碍排序	2016 年		2017 年		2018 年		2019 年		2020 年		2021 年	
		指标层	障碍度	指标层	障碍度	指标层	障碍度	指标层	障碍度	指标层	障碍度	指标层	障碍度
汾河中游	1	C_{22}	0.106	C_{22}	0.111	C_{22}	0.113	C_{22}	0.124	C_{22}	0.126	C_{22}	0.131
	2	C_{35}	0.077	C_{35}	0.080	C_{35}	0.080	C_{35}	0.082	C_{41}	0.079	C_{41}	0.082
	3	C_{41}	0.067	C_{41}	0.070	C_{41}	0.071	C_{41}	0.078	C_{35}	0.079	C_{23}	0.081
	4	C_{23}	0.065	C_{23}	0.068	C_{23}	0.070	C_{23}	0.075	C_{23}	0.078	C_{35}	0.073
	5	C_{15}	0.062	C_{15}	0.064	C_{13}	0.054	C_{13}	0.059	C_{13}	0.060	C_{13}	0.063
汾河下游	1	C_{11}	0.110	C_{11}	0.110	C_{11}	0.111	C_{11}	0.116	C_{11}	0.130	C_{11}	0.140
	2	C_{13}	0.080	C_{13}	0.080	C_{13}	0.081	C_{13}	0.085	C_{13}	0.095	C_{13}	0.102
	3	C_{61}	0.055	C_{21}	0.057	C_{12}	0.058	C_{12}	0.061	C_{61}	0.065	C_{12}	0.074
	4	C_{21}	0.054	C_{12}	0.056	C_{21}	0.058	C_{21}	0.061	C_{12}	0.063	C_{61}	0.070
	5	C_{14}	0.053	C_{61}	0.055	C_{61}	0.055	C_{61}	0.058	C_{14}	0.063	C_{14}	0.068

由图 2、表 4 可看出：①汾河中游段障碍因子主要集中于资源优质、生态健康、环境宜居准则层，障碍因子依次为人均水资源占有指数、水土流失治理率、水质状况、城镇供水保障率、平滩流量满足率。反映出中游流域附近人口众多，水资源总量匮乏，人均水资源量少；城镇供水保障率在中游完成度较低；长期的地表植被破坏，导致流域水土流失严重；工业、生活污水排放，使得水体污染、河道生态环境恶化。从 2018 年开始，C_{13} 指标替换 C_{15} 指标排在第 5 位，说明中游段河湖长制等管护措施得到有效落实，而由于河流水量减少、过度开发水资源等原因导致河段水量供需矛盾比较尖锐。②汾河下游段障碍度因子主要集中于安全畅流、资源优质、发展富民准则层，障碍因子依次为水系连通性、平滩流量满足率、人均 GDP 指数、水资源调控能力、防洪安全指数。反映出下游流域近几年河流水量有所增加，但部分河段还出现断流现象，河槽萎缩现象严重；流域水库、堤防等

工程设施的建设不够完善,水资源调控能力不足,难以有效管理和利用水资源;下游入黄口河道比降最缓,加之受黄河顶托倒灌影响,河床较高、河槽淤积,防汛抗洪能力仍需加强;下游段经济发展缓慢,人均收入较低。而 2020 年 C_{21} 指标状况的改善,说明通过完善水资源管理机制和增强节水意识以及实施调水工程等措施,可促使下游水资源开发利用率得到提升。

针对影响幸福河建设的障碍因素,应遵循"保持优势,发展短板,分段建设"的建设原则,即中游段应优化水资源配置,加强污水截污纳管处理、改善汾河水质,加快水土流失治理、恢复流域生态环境,助力实现一泓清水入黄河;下游段应采取"防洪为主,统筹兼顾,拓宽主槽,清淤固堤"的建设战略,加大河道综合治理,增强防汛行洪能力的同时,统筹兼顾生态保护与开发利用,以水资源可持续利用推动流域社会经济高质量发展。

4　结论

a. 针对大中型河流不同河段功能差异明显的实际情况,以汾河中下游为例,基于同一评价指标体系与标准,按照河流各段功能差异动态赋权,可为类似河流的幸福河评价提供借鉴。由于幸福河评价的时空动态模糊特性,加之评价方法的多样化,尚需对此类河流的评价进行深入研究。

b. 汾河中下游在 2016～2021 年幸福河建设水平整体呈上升态势,与汾河实际建设状况相吻合。为促进汾河流域社会经济的可持续性发展,中游段需优化水资源配置,改善生态环境;下游段需重点关注防洪需求,平衡经济发展与生态环境保护之间的关系。

参考文献:

[1] 陈茂山,王建平,乔根平.关于"幸福河"内涵及评价指标体系的认识与思考[J].水利发展研究,2020,20(1):3-5.

[2] 幸福河研究课题组.幸福河内涵要义及指标体系探析[J].中国水利,2020(23):1-4.

[3] 靳春玲,李燕,贡力,等.基于 UMT 模型的幸福河绩效评价及障碍因子诊断[J].中国环境科学,2022,42(3):1466-1476.

[4] 左其亭,郝明辉,姜龙,等.幸福河评价体系及其应用[J].水科学进展,2021,32(1):45-58.

[5] 韩宇平,夏帆.基于需求层次论的幸福河评价[J].南水北调与水利科技(中英文),2020,18(4):1-7,38.

[6] 王硕,唐德善,杨艳慧.基于 ERG 需求理论的河流幸福度等级评价[J].水电能源科学,2024,42(7):25-29.

[7] 吉凤鸣. 江苏省平原河网地区幸福河评价研究[D].扬州:扬州大学,2023.

[8] 吕凯,司振江,李铁男,等.嘟噜河幸福河湖评价体系及其应用[J].水电能源科学,2024,42(5):47-52.

[9] 贡力,田洁,靳春玲,等.基于 ERG 需求模型的幸福河综合评价[J].水资源保护,2022,38(3):25-33.

[10] 李燕,靳春玲,贡力,等.基于熵理论－可拓云模型的引水隧洞塌方风险评价[J].长江科学院院报,2022,39(2):70-76,81.

[11] 王晓艳,章四龙,刘磊.基于 AHP-熵权法的水环境承载力模糊综合评价[J].环境科学与技术,2021,44(9):206-212.

[12] 金菊良,孔令茹,崔毅,等.基于五元半偏减法集对势的区域农业旱灾脆弱性评价[J].农业机械学报,2022,53(1):340-348.

[13] 申豪勇,李佳,王志恒,等.黄河支流汾河流域水资源开发利用现状及生态环境问题[J].中国地质,2022,49(4):1127-1138.

Evaluation of Construction of Happy Fenhe River from Perspective of Dialectical Materialism

XIE Xin-long[1], SUN Xue-lan[1], DUAN Jing-jing[1], WANG Xue[2], YANG Xin[1]

(1. School of Hydraulic Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;
2. Shanxi Provincial Water Resources Development Center, Taiyuan 030002, China)

Abstract: In recent years, with human overexploitation and changes of climate and hydrological conditions, the Fenhe River has faced problems such as prominent contradictions in water resource supply and demand, ecosystem regression, and river channel shrinkage. In order to achieve harmonious and sustainable development of human and water in the watershed, this article starts from the perspective of dialectical materialism and the concept of river happiness of harmonious coexistence between humans and nature, and constructs a Happy River evaluation index system that includes 27 indicators from 6 dimensions of safety and smooth flow, high-quality resources, ecological health, livable environment, cultural promotion, and development and prosperity of the people. The combination weighting G2-AEW method is used to determine the weight of the indicators, and a semi-partial subtraction set pair potential (SSSPP) evaluation model is established. Taking the middle and lower reaches of the Fenhe River as an example, dynamic weighting is given based on the functional differences of each river section. The construction level of the Happy River from 2016 to 2021 is analyzed, and obstacle factors are identified by using obstacle degree model. The results show that the overall construction level of the Happy River in the middle and lower reaches of the Fenhe River is on the rise, and the happiness level in the middle reaches is higher than that in the lower reaches; The per capita water resource occupancy index, soil erosion control rate, and water quality index are the main obstacle factors affecting the middle reaches, while water system connectivity, flat beach flow satisfaction rate, and per capita GDP index are the main obstacle factors affecting the downstream sections. These indicators are basically consistent with the actual situation of each section of the Fenhe River, which can provide direction and path for the subsequent construction of the happy Fenhe River.

Key words: Happy River; dialectical materialism; semi-partial subtraction set pair potential; dynamic weighting; Fenhe River Basin