

DOI:10.13476/j.cnki.nsbtdqk.2020.0068

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):01-07, 38. HAN Y P, XIA F. Evaluation of Xingfu river based on demand level theory[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2020, 18(4):01-07, 38. (in Chinese)

基于需求层次论的幸福河评价

韩宇平,夏帆

(华北水利水电大学 水资源学院, 郑州 450046)

摘要: 基于幸福河的概念, 构建包含流域自然属性、社会经济属性、人水和谐关系等 3 个方面 26 项指标的幸福河评价指标体系, 以幸福河指数来表示幸福河的评价结果, 并根据需求层次论将幸福河指数划分为基本需求层次、发展需求层次、和谐需求层次。以黄河流域为例, 采用模糊综合评价法, 建立黄河幸福河评价模型, 得出黄河的幸福河指数需求层次。结果显示, 黄河上游和中游的幸福河指数达到发展需求层次, 下游的幸福河指数为基本需求层次, 全河尚未达到和谐发展需求层次。幸福河评价指标体系的构建为科学评价幸福河提供了参考, 丰富了幸福河的理论研究。

关键词: 需求层次论; 幸福河; 人水和谐; 幸福河指数; 黄河流域

中图分类号: TV213.4 文献标志码: A 开放科学(资源服务)标志码(OSID):



Evaluation of Xingfu river based on demand level theory

HAN Yuping, XIA Fan

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: The evaluation index system for the Xingfu river is constructed consisting of 26 indicators including the natural attributes of the river basin, social and economic attributes, and the harmonious relationship between people and water. The evaluation result of the Xingfu river is expressed by the Xingfu river index. According to the demand hierarchy theory, the Xingfu river index is divided into the basic level, the development demand level, and the harmonious demand level. Taking the Yellow River basin as an example, the fuzzy comprehensive evaluation method is used to evaluate the Xingfu river index of the Yellow River. The results show that the Xingfu river index in the upstream and middle of the Yellow River reaches the intermediate level of demand and the downstream Xingfu river index is at the basic level of demand. The construction of the evaluation index system of the Xingfu river provides a reference for the scientific evaluation of the Xingfu river and enriches the theoretical research of the Xingfu river.

Key words: demand hierarchy theory; Xingfu river; human water harmony; Xingfu river index; Yellow River basin

河流为人类社会发展提供了丰富的资源, 与人类社会系统相互交融、相互影响、共同发展^[1]。高强度地开发利用河流, 出现了径流减少、水环境恶化、生态系统破坏的现象, 制约了社会经济的健康发展。

为保障河流资源的可持续利用和社会经济的可持续发展, 我国不断完善相关法律法规, 探索创新流域监管制度, 展开多重尺度的流域专项修复行动^[2]。水生态文明建设、全面建立河长制, 以及建设幸福河,

收稿日期: 2020-03-16 修回日期: 2020-04-10 网络出版时间: 2020-04-17

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1430.TV.20200417.1106.002.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51679089; 51709107); 华北水利水电大学博士研究生创新基金

作者简介: 韩宇平(1975—), 男, 宁夏彭阳人, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源系统工程研究。E-mail: hanyup@ncwu.edu.cn

是为了改善河流水环境,让河流可持续为经济社会发展作贡献。

在河流开发利用与管理保护的进程中,人们开展了一系列水量预测、水质评价、水生态健康评价等研究工作,其中讨论最广泛、研究最深入的是“河流健康评价”。20 世纪 80 年代,部分发达国家相继开展了河流健康评价工作,多集中在生态方面的研究^[3-4]。2002 年以“维持河流健康生命”为主题的第二届黄河国际论坛,标志着国内真正开始重视河流健康评价工作^[5]。随后一系列研究提出了适用于不同河流的健康评价关键控制性指标,为区域河流水资源管理提供了支撑^[6-9]。对于幸福河的概念只是近期在中国首次被提出,目前关于幸福河的评价相关研究还比较少,仅有个别学者立足于健康河流、清洁河流、生态河流、美丽河流的角度,对幸福河概念、要义及评价方法等做了探讨^[10-11]。河流健康是建设幸福河的前提,幸福的河流既能够维持其生态系统的自然运行,又能满足社会经济的正常需求,还能为人类提供休闲娱乐的场所和精神、文化上的享受^[12]。

在深刻理解幸福河概念的基础上,从流域生态系统的角度,参照河流健康评价成果,建立幸福河综合评价体系,具有较好的适用性。基于此,本文在河流健康评价的基础上,构建幸福河评价指标体系,运用需求层次论,对幸福河建设需求层次进行探讨,以黄河流域为例,评价黄河的幸福河指数,为丰富幸福河相关理论研究提供支持。

1 基于需求层次论的幸福河理念

1.1 幸福河的内涵

所谓“幸福河”必然是“造福人民的幸福河”,因此“幸福河”的研究对象不仅是河流生态系统,也包括人类社会,更重要的是人水关系。河流的主要功能包括输水、输沙、生物栖息地等自然生态功能,同时也具有为人类社会供水、自净、航运、发电等社会经济功能,河流发挥社会经济功能的过程就是人对河流的改造、利用与保护过程,即人水关系演化过程。人类在开发利用河流时,既要保证人类发展需求,同时也要保证河流生态系统健康,达到人水和谐的目的。正如左其亭等^[10]论述的那样,幸福河就是造福人民的河流,既具有河流的自然属性,又包括其社会属性,简而言之就是生态健康之河、持续供给之河、和谐发展之河。

1.2 需求层次论与幸福河

需求层次论认为人类需求像阶梯一样分为 5 个

层次:生理需求是人类维持自身生存的最基本要求;安全需求是人类各种安全保障;社交需求包括友爱的需求和归属的需求;尊重需求是指人人都希望个人的能力和成就得到社会的承认;自我实现需求是实现个人理想、抱负的最高层次需求。5 种需求像阶梯一样从低到高,按层次逐级递升,一般来说,某一层次的需求相对满足了,就会向高一层次发展,追求更高层次的需求就成为驱使行为的动力^[13]。这些需求得到满足越多,幸福感就会越强。该理论在心理学和管理学方面已获得广泛应用。

需求层次论在水资源研究工作中也有应用。张雷等^[14]将理论中的 5 种需求分别对应水资源开发利用中的工程水利、资源水利、人水和谐水利 3 个阶段,较早的将需求理论应用在水资源领域,认为人水和谐是我国水资源开发利用的最终发展方向。侯保灯等^[15]引入需求层次理论初步建立了基本、发展、和谐层次的水资源需求层次理论,并从生活、生产、生态三方面分别探讨不同层次的真实需水。李华斌等^[16]将治水需求分为基本需求(饮水安全、满足灌溉、防洪减灾等)、中级需求(景观提升、尊重自然、融入地方文化等)和高级需求(保护与开发协调发展、实现绿水青山就是金山银山)等 3 个层次。高飞等^[17]以滇池流域的管理措施作为研究实例,建立层次需求模型,将水资源管理需求分为 5 个阶段,寻求在满足社会需求的基础上实现水资源可持续发展的理想状况。钟华平^[18]提出了水资源管理需求的 5 个层次,包括取水管理、供水管理、需水管理、智水管理和绿水管理。

建设幸福河既要从人类幸福的需求出发,又要考虑河流自身健康,更要考虑人类与河流相互制约支撑以及和谐发展的关系。人类发展需要开发利用河流,河流维持自身的健康也需要一定的水量。从河流的角度看,河流的完整性和连续性是河流的生理需求和安全需求,可以概括为基本需求;具有适宜性的河道生态流量、水质良好、河流生物栖息地功能较好发挥,可以概括为中层次的发展需求;河流生态水量丰富、水质优良、生物多样性丰富、景观优美可以概括为高层次的和谐需求。从人类社会的角度看,满足人类基本用水的供水安全、满足一定防洪标准、水体环境较好是基本需求;经济社会持续发展、具有可靠清洁的供水、保持较为良好的流域水环境等则可概括为发展需求;人类发展指数持续增加、可靠清洁的供水安全、丰富多彩的水文化和水景观、公众积极参与水治理等可以概括为高层次的和谐需求。从人与河流的关系来看,河流生态系统和人类经济社会发展是一对矛盾,随着人类经济社会发展

进程的推进和人类认识的进步,河流生态系统一般都经过基本平衡、退化、恢复的过程,因此幸福河实际上是人与河流相互博弈的过程,建设幸福河是一个从冲突到和谐的过程,人水和谐是实现幸福河最高层次需求的表现。概括而言,结合需求层次理论,幸福河评价可划分为基本需求(生理需求与安全需求)、发展需求(社交需求与尊重需求)、和谐需求(自我实现需求)等3个层次。

2 幸福河评价方法

2.1 评价指标体系选择原则

幸福河评价指标体系需要从实际情况出发,兼顾河流水生态系统的自然属性和社会属性,既能达到全面性,又具有可持续性^[19]。评价指标体系的选择应当遵循以下原则:(1)目标明确,即保护河流生态健康,建设幸福河。(2)具有普适性,能够在较多流域得

到应用。(3)具有可操作性,评价数据和资料容易获取。(4)指标全面、相对独立、指标间不重复。

2.2 评价指标体系

幸福河评价指标体系采用目标层、准则层和指标层等3级体系。首先,通过阅读相关文献,对目前水环境评价、生态评价、河流健康评价所提出的指标体系构建、指标体系量化方法等方面进行分析,从中筛选部分指标;其次,明确幸福河评价应涵盖的主要方面,结合流域生态环境特点和社会经济特征,筛选评价指标,构建评价指标体系;最后,咨询相关专业的专家学者,对构建的指标体系进行适当调整,最终得到幸福河评价指标体系。目标层A即幸福河评价,准则层B包括流域自然属性、社会经济属性、人水和谐关系,其中人水和谐关系从水资源开发利用、用水水平和水环境等3方面考虑,指标层C为具体评价指标,见表1。

表1 幸福河评价指标体系
Tab.1 Evaluation index system of Xingfu river

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 设定依据 | |
|------------|--------------------------|---|---|---|
| 幸福河评价 A | 流域自然属性 B ₁ | 降水深 C ₁ /mm | 水资源开发综合利用评价 ^[35] | |
| | | 产水模数 C ₂ /(万 m ³ ·km ²) | 水资源开发综合利用评价 ^[35] | |
| | | 干旱指数 C ₃ | 水资源开发综合利用评价 ^[35] | |
| | | 流量变异程度 C ₄ | 河流健康评价 ^[5,36] | |
| | | 植被覆盖率 C ₅ /% | 水安全评价 ^[30-31] | |
| | | 水土流失比例 C ₆ /% | 人水和谐评价 ^[27] | |
| | | 河道阻隔状况 C ₇ | 河流健康评价 ^[5,8,36] | |
| | 社会经济属性 B ₂ | 城镇化率 C ₈ /% | 河流健康评价 ^[8] ;水安全评价 ^[30] | |
| | | 人均 GDP C ₉ /万元 | 水安全评价 ^[30-31] | |
| | | 耕地率 C ₁₀ /% | 水资源开发综合利用评价 ^[35] | |
| | | 耕地灌溉率 C ₁₁ /% | 水资源开发综合利用评价 ^[35] | |
| | | 农村自来水普及率 C ₁₂ /% | 河流健康评价 ^[12] ;人水和谐评价 ^[26-27] | |
| | 人水和谐关系 B ₃ | 水资源开发 B ₃₁ | 人口密度 C ₁₃ /(人·km ²) | 河流健康评价 ^[8] ;水安全评价 ^[30] 人水和谐关系 |
| | | | 水资源开发利用率 C ₁₄ /% | 河流健康评价 ^[5,8] |
| | | | 径流调蓄能力 C ₁₅ | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | | 用水水平 B ₃₂ | 防洪安全指数 C ₁₆ | 河流健康评价 ^[36] |
| | | | 水资源调控能力 C ₁₇ | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | | | 人均用水量 C ₁₈ /m ³ | 人水和谐评价 ^[26-27] ;水安全评价 ^[31] |
| | | | 灌溉水利用系数 C ₁₉ | 河流健康评价 ^[8] |
| | | 水环境影响 B ₃₃ | 万元工业增加值用水量 C ₂₀ /m ³ | 人水和谐评价 ^[26-27] |
| | | | 非常规水供水比例 C ₂₁ /% | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | | | 污径比 C ₂₂ /% | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | 水质达标率 C ₂₃ /% | | 水安全评价 ^[31] | |
| | | | 地下水超采面积比率 C ₂₄ /% | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | | | 河道内适宜需水量满足程度 C ₂₅ | 水资源开发综合利用评价 ^[35] |
| | | 城镇人均生态用水量 C ₂₆ /m ³ | 专家咨询 | |

2.3 评价方法

幸福河的评价结果以幸福河指数来表示,目前尚无有关幸福河指数的相关研究。关于河流健康评价方法有很多,总体上划分为指示物种法和指标体系法^[20]。指示物种法根据水体中的指示物种的结构功能和数量变化来表征健康;指标体系法综合物理、化学、生物、水文等方面,具有综合性和全面性^[21]。具体的评价指数有生物完整性指数^[22-24]、综合污染指数^[25]、溪流状况指数^[2]等,也有从协调发展的角度评价河流健康,体现人水和谐程度^[26-27]。Zhang 等^[28]建立人水关系评价模型,对流域人水关系进行综合评价。杨希等^[29]在一些常用的河流健康评价方法中,将博弈论和模糊物元组合建立模型,充分考虑了各单项指标之间具有不相容性的问题,评价结果更为合理。

幸福河评价可借鉴河流健康评价方法,运用组合赋权法和模糊综合评价法建立幸福河评价模型,得出幸福河指数的需求层次。

3 黄河流域幸福指数评价

本文以黄河流域为例,分别对黄河上游、中游、下游的幸福河指数进行评价。

3.1 黄河流域

3.1.1 研究区概况

黄河流域位于东经 $95^{\circ}53' \sim 119^{\circ}05'$,北纬 $32^{\circ}10' \sim 41^{\circ}50'$,见图 1。黄河是中国第二大河,发源于青藏高原巴颜喀拉山,流经青海、甘肃、四川、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等 9 省(区),干流全长 5 464 km,落差 4 480 m,流域面积 79.5 万 km^2 。流域多年平均降水量为 452 mm(1956—2016 年),降水量总趋势是由东向西递减,地表水资源量 584 亿 m^3 (1956—2016 年),降水和水资源分布极不均匀。自河源至内蒙古托克县河口镇是黄河上游,干流河道 3 472 km,其中龙羊峡以上流域是主要来水区;河口镇至河南郑州桃花峪为中游,干流河道长 1 206 km,流经黄土高原生态脆弱区域,水土流失面积占流域总面积的 62%;桃花峪至入海口为下游,河段长 786 km。

黄河流域水资源总量开发利用率达到 72%(含流域外供水),上中下游差别较大。流域内 200 km^2 以上大型灌区 50 处,灌溉面积 3.574 万 km^2 ,其中河套灌区是全国第三大灌区,农业用水需求量极大。

3.1.2 数据来源

本研究所需黄河数据参考水利部黄河水利委员

会黄河年鉴社出版的 2018 年黄河年鉴、黄河水资源公报,数据截至 2017 年底,社会经济统计年鉴也参考 2018 年公布年鉴。



图 1 黄河流域区位图

Fig. 1 Location of the Yellow River basin

3.2 确定评价指标权重

在进行综合评价的过程中权重的确定是很重要的,对最终的结果会起着决定性的影响。主观赋权用得最多的是层次分析法(AHP),客观赋权用得最多的是熵值法。

层次分析法是分析系统中各因子之间的关系,对同一层次的各元素关于上一层次中的某一准则的重要性进行比较,构造判断矩阵,由判断矩阵求解特征值,确定各因子权重,对于所得到的判断矩阵,需检验其一致性,如果不满足一致性,则需要重新构造判断矩阵,直至满意^[30-31]。熵权法就是用指标熵值来确定权重,在信息论中,熵是系统无序程度的度量,可以度量数据所提供的有效信息,信息量越大,系统无序程度和不确定性就越小,熵也越小,反之,熵也越大^[32-33]。主观权重方法简单,但人为因素太强,客观权重又过于依赖样本,这两种方法都存在着信息的损失,引入距离函数^[34],采用组合赋权可以减少信息的损失,使赋权的结果尽可能地与实际结果接近。

以表 1 评价指标体系,结合黄河流域实际情况,对指标层进行比较,建立判断矩阵 R ,并计算 R 的最大特征值及其对应特征向量,进行一致性检验,识别判断矩阵是否具有完全一致性。 R 最大特征值对应的特征向量作为指标体系中的主观权重。

将判断矩阵 R 归一化得到矩阵 T ,定义第 j 个评价指标的熵值为 S_j ,计算公式为

$$S_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \ln \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right) \quad (1)$$

式中: a_{ij} 为矩阵 T 中元素; $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1,$

2, ..., m。

各指标的熵权值计算为

$$\omega_j = \frac{1 - S_j}{m - \sum_{j=1}^m S_j} \quad (2)$$

式中: ω_j 为第 j 项指标的熵权, $j=1, 2, \dots, m$ 。

将每项指标的主观权重 ω_X 与客观权重 ω_Y 相结合, 得到综合权重 W_j 为

$$W_j = \alpha\omega_{Xj} + \beta\omega_{Yj} \quad (3)$$

式中: α 为主观偏好程度系数; β 为客观偏好程度系数。 α 和 β 满足如下关系

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 1 \\ \alpha - \beta = D(\omega_{Xj}, \omega_{Yj}) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $D(\omega_{Xj}, \omega_{Yj})$ 为欧氏距离函数。

根据公式计算得到各指标的综合权重, 见表 2。

表 2 幸福河指数评价指标综合权重

Tab. 2 Comprehensive weight of Xingfu river index

| 指标 | ω_{Xj} | ω_{Yj} | W_j |
|--|---------------|---------------|---------|
| 降水深/mm | 0.069 0 | 0.031 9 | 0.051 4 |
| 产水模数/万(m ³ ·km ²) | 0.046 7 | 0.031 7 | 0.039 6 |
| 干旱指数 | 0.009 4 | 0.032 0 | 0.020 2 |
| 流量变异程度 | 0.017 4 | 0.032 0 | 0.024 3 |
| 植被覆盖率/% | 0.031 4 | 0.032 2 | 0.031 8 |
| 水土流失比例/% | 0.030 4 | 0.031 9 | 0.031 1 |
| 河道阻隔状况/(个·100 km ¹) | 0.046 6 | 0.030 3 | 0.038 8 |
| 城镇化率/% | 0.012 3 | 0.024 3 | 0.024 4 |
| 人均 GDP/万元 | 0.022 5 | 0.029 8 | 0.030 0 |
| 耕地率/% | 0.049 0 | 0.042 8 | 0.043 2 |
| 耕地灌溉率/% | 0.025 6 | 0.030 9 | 0.031 1 |
| 自来水普及率/% | 0.064 6 | 0.051 8 | 0.052 4 |
| 人口密度/(人·km ²) | 0.059 4 | 0.048 4 | 0.049 0 |
| 水资源开发利用率/% | 0.011 7 | 0.044 6 | 0.027 0 |
| 径流调蓄能力 | 0.018 5 | 0.044 6 | 0.030 7 |
| 防洪安全指数 | 0.043 5 | 0.044 1 | 0.043 8 |
| 水资源调控能力 | 0.095 1 | 0.044 1 | 0.071 3 |
| 人均用水量/m ³ | 0.009 3 | 0.044 7 | 0.025 8 |
| 灌溉水综合利用系数 | 0.019 7 | 0.044 5 | 0.031 3 |
| 万元工业增加值用水量/m ³ | 0.044 0 | 0.044 0 | 0.044 0 |
| 非常规水供水比例/% | 0.094 9 | 0.044 0 | 0.071 1 |
| 污径比/% | 0.006 0 | 0.040 8 | 0.022 1 |
| 水质达标率/% | 0.011 4 | 0.040 8 | 0.025 0 |
| 地下水超采面积比率/% | 0.022 5 | 0.040 2 | 0.030 7 |
| 河道内适宜需水量满足程度 | 0.047 0 | 0.039 8 | 0.043 7 |
| 城镇人均生态用水量/m ³ | 0.092 2 | 0.039 9 | 0.067 9 |

3.3 建立评价模型

指标的赋值分级根据表 1 中指标选取的相关研

究成果来确定, 划分 I~V 5 个等级, 见表 3。建立黄河幸福河指数评语集 V , 根据 1.2 中划分, 当达到生理需求或安全需求时为低层次的基本需求, 当达到社交需求或尊重需求时为中层次的发展需求, 当达到自我实现需求时为高层次的和谐需求。根据表 2 的综合权重, 得到指标层 C 的权重向量为 W , 见表 3。参考文献[34]中隶属函数计算, 得到黄河上游、中游、下游各项指标隶属度矩阵 P 。评价结果为

$$V = W \times P \quad (5)$$

式中: P 为评价指标的隶属度矩阵。

3.4 结果与分析

根据计算公式, 分别得到黄河上游、中游、下游的幸福河指数向量分别为

$$V_{\text{上游}} = \{0.157\ 6\ 0.246\ 2\ 0.225\ 0\ 0.254\ 2\ 0.118\ 8\}$$

$$V_{\text{中游}} = \{0.123\ 8\ 0.247\ 2\ 0.309\ 9\ 0.226\ 6\ 0.094\ 2\}$$

$$V_{\text{下游}} = \{0.133\ 0\ 0.247\ 9\ 0.196\ 7\ 0.229\ 5\ 0.212\ 1\}$$

根据隶属度最大原则, 黄河上游和中游的幸福河指数为发展需求层次, 下游幸福河指数为基本需求层次, 全河尚未达到和谐需求层次。

黄河上游是水资源相对集中的地区, 兰州以上河段多年平均径流量占全流域的 60%, 水力资源丰富。上游地形主要以高原山地为主, 水土流失相对较轻, 植被覆盖率低, 干旱指数和流量过程变异程度比中下游大, 流域自然属性和社会经济属性层次需求都不高。对河流影响较大的主要是梯级水库及水电站等水利枢纽, 蕴含丰富的水电能源有力支持了西部经济的发展, 众多水利工程使得上游的防洪能力强, 水资源开发程度高, 但也造成了河流阻隔, 影响河流完整性和鱼类洄游。河道内外生态需水满足程度较高, 水量和水质能够保证, 水环境方面相对于中下游情况要好。上游工业用水量较多, 宁蒙灌区农业用水量大, 耕地灌溉率稍低, 用水水平不高。

黄河中游, 包括内流区广阔的黄土高原, 降水量少而蒸发量大, 暴雨集中, 水土流失十分严重, 是黄河洪水和泥沙的主要来源区, 流域生态系统脆弱, 自然属性较差。半个世纪以来, 尤其是近 20 年, 黄土高原大规模实施退耕还林还草工程, 这一地区的植被覆盖率迅速增加, 生态环境得到很大改善, 有效减少了入黄泥沙量。中游也是重要的能源基地, 经济发展比上游好。中游人口集聚, 耕地资源丰富, 用水需求大, 用水水平不高, 地下水和地表水开发利用率

都比较高,地表水资源有限,大量开采地下水资源形成较高比例的地下水超采面积,工业发展也对水环境产生了不利影响,水质污染也比上游严重。

黄河下游流域范围小,面积小,流域自然属性比上游和中游都好,特殊的地形和河道使下游始终面临洪水灾害的威胁。下游耕地面积少而比例高,农

业用水量大,人口密度大,人均用水量多,水资源开发程度很高,水资源量又十分匮乏,不能满足本流域内用水需求,需要靠外调水来缓解水资源紧张的形势。下游水资源开发利用、用水水平与水环境都面临很大压力,因而人水关系不协调,幸福河指数仅达到基本需求层次。

表 3 黄河幸福河指数评价指标赋值

Tab. 3 The evaluation criterion of Xingfu river index in the Yellow River

| 指标 | 指标赋值标准 | | | | | 指向 | 综合权重 |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|----|---------|
| | I | II | III | IV | V | | |
| 降水深/mm | 200 | 400 | 600 | 800 | 1 000 | 正向 | 0.051 4 |
| 产水模数/(万 m ³ · km ²) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 正向 | 0.039 6 |
| 干旱指数 | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 1.0 | 0.5 | 逆向 | 0.020 2 |
| 流量变异程度 | 5.00 | 3.50 | 0.30 | 0.10 | 0.05 | 逆向 | 0.024 3 |
| 植被覆盖率/% | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 正向 | 0.031 8 |
| 水土流失比例/% | 70 | 50 | 30 | 10 | 5 | 逆向 | 0.031 1 |
| 河道阻隔状况/(个 · 100 km ⁻¹) | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0 | 逆向 | 0.038 8 |
| 城镇化率/% | 10 | 20 | 40 | 50 | 60 | 正向 | 0.024 4 |
| 人均 GDP/万元 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 正向 | 0.030 0 |
| 耕地率/% | 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 正向 | 0.043 2 |
| 耕地灌溉率/% | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 正向 | 0.031 1 |
| 自来水普及率/% | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 正向 | 0.052 4 |
| 人口密度/(人 · km ²) | 30 | 100 | 300 | 1 000 | 2 000 | 正向 | 0.049 0 |
| 水资源开发利用率/% | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 逆向 | 0.027 0 |
| 径流调蓄能力 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 正向 | 0.030 7 |
| 防洪安全指数 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 正向 | 0.043 8 |
| 水资源调控能力 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 正向 | 0.071 3 |
| 人均用水量/m ³ | 2 500 | 2 000 | 1 000 | 450 | 250 | 逆向 | 0.025 8 |
| 灌溉水综合利用系数 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 正向 | 0.031 3 |
| 万元工业增加值用水量/m ³ | 100 | 50 | 30 | 20 | 10 | 逆向 | 0.044 0 |
| 非常规水供水比例/% | 1 | 2 | 6 | 10 | 30 | 正向 | 0.071 1 |
| 污径比/% | 70 | 20 | 10 | 3 | 1 | 逆向 | 0.022 1 |
| 水质达标率/% | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 正向 | 0.025 0 |
| 地下水超采面积比率/% | 70 | 60 | 50 | 30 | 5 | 逆向 | 0.030 7 |
| 河道内适宜需水量满足程度 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 正向 | 0.043 7 |
| 城镇人均生态用水量/mm | 10 | 30 | 60 | 150 | 300 | 正向 | 0.067 9 |

4 结 语

基于幸福河的概念,构建了包含流域自然属性、社会经济属性、人水和谐关系等 3 方面 26 项指标的幸福河评价指标体系,并根据需求层次论将幸福河指数划分为基本需求层次、发展需求层次、和谐需求层次。以黄河流域为例,采用模糊综合评价法,建立黄河幸福河评价模型。评价结果显示,黄河上游和中游的幸福河指数达到发展需求层次,下游的幸福

河指数为基本需求层次,全河尚未达到和谐发展需求层次。黄河水资源与水文情况受人工调控的影响较大。近年来,国家在保护黄河方面出台了相关政策,在上中游继续实施退耕还林工程,开展外流域引调水工程,减少黄河引水量,保证生态基流,加强水利工程统一调度。黄河河道的自然功能和社会功能得到了较大的提升,河道河势总体趋于稳定,尽管下游河床高出地面形成地上悬河,但已基本建成相对完善的防洪体系,自实行水量统一调度后,黄河

下游已经连续 20 年不断流,同时植被覆盖率的增加以及河滩湿地的增加也起到了保护生物多样性、净化水质、发展景观旅游等作用。

幸福河评价的 3 个决定因素为指标、指标权重、指标赋值。因具体指标权重取值受主客观的影响因地而异,所以幸福河评价是一项复杂的工作。随着人类社会的发展,更多的关注生态环境改善,河流也会向着更好的方向发展,幸福河评价也是一项长期、连续的工作,幸福河指数随着时间的变化也在发生改变。不同的方法也可能得到不同的评价结果。目前关于幸福河评价指标的确定及具体评价方法有待进一步丰富。

参考文献:

- [1] 孙然好,魏琳沅,张海萍,等. 河流生态系统健康研究现状与展望[J]. 生态学报, 2020, 40(10): 1-11. DOI: 10. 5846/stxb201903250560.
- [2] 刘苗苗,赵鑫涯,毕军,等. 基于 DPSIR 模型的区域河流健康综合评价指标体系研究[J]. 环境科学学报, 2019, 39(10): 3542-3550. DOI: 10. 13671/j. hjkxxb. 2019. 0267.
- [3] RUARO R, GUBIANI É A. A scientometric assessment of 30 years of the index of biotic integrity in aquatic ecosystems: applications and main flaws[J]. Ecological Indicators, 2013, 29: 105-110. DOI: 10. 1016/j. ecolind. 2012. 12. 016.
- [4] STAPANIAN M A, MICACCHION M, ADAMS J V. Wetland habitat disturbance best predicts metrics of an amphibian index of biotic integrity[J]. Ecological Indicators, 2015, 56: 237-242. DOI: 10. 1016/j. ecolind. 2015. 04. 005.
- [5] 孙博,马涛,李伟. 辽宁省典型河流生态健康评价指标体系研究[J]. 人民黄河, 2015, 37(9): 81-84. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-1379. 2015. 09. 022.
- [6] 王勤花,尉永平,张志强,等. 干旱半干旱地区河流健康评价指标研究分析[J]. 生态科学, 2015, 34(6): 56-63. DOI: 10. 14108/j. cnki. 1008-8873. 2015. 06. 009.
- [7] 徐宗学,顾晓响,刘麟菲. 渭河流域河流健康调查与评价[J]. 水资源保护, 2018, 34(1): 1-7. DOI: 10. 3880/j. issn. 1004-6933. 2018. 01. 01.
- [8] 何兵,高凡,唐小雨,等. 基于协调发展度模型的叶尔羌河健康评价[J]. 干旱区研究, 2018, 35(6): 1262-1270. DOI: 10. 13866/j. azr. 2018. 06. 02.
- [9] 刘春彤,曹升乐,杨裕恒,等. 基于底栖动物完整性指数的小清河健康评价[J]. 人民黄河, 2018, 40(5): 83-88. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-1379. 2018. 05. 018.
- [10] 左其亭,郝明辉,马军霞,等. 幸福河的概念、内涵及判断准则[J]. 人民黄河, 2020, 42(1): 249-253. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-1379. 2020. 01. 001.
- [11] 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. DOI: 10. 13928/j. cnki. wrdr. 2020. 01. 002.
- [12] 邓晓军,许有鹏,翟禄新,等. 城市河流健康评价指标体系构建及其应用[J]. 生态学报, 2014, 34(4): 993-1001. DOI: 10. 5846/stxb201209221339.
- [13] 冯青,张承嫒. 基于需求层次理论的传统特色食品包装设计[J]. 包装工程, 2019, 40(24): 56-64. DOI: 10. 19554/j. cnki. 1001-3563. 2019. 24. 009.
- [14] 张雷,邹进,胡吉敏,等. 马斯洛需求层次理论在水资源开发利用进程中的应用[J]. 水电能源科学, 2011, 29(9): 28-30. DOI: CNKI; SUN; SDNY. 0. 2011-09-009.
- [15] 侯保灯,高而坤,吴永祥,等. 水资源需求层次理论和初步实践[J]. 水科学进展, 2014, 25(6): 132-141. DOI: 10. 14042/j. cnki. 32. 1309. 2014. 06. 019.
- [16] 李华斌,王银龙. 马斯洛需求层次理论在综合治水工作中的应用[J]. 浙江水利科技, 2019, 47(4): 14-16, 20. DOI: 10. 13641/j. cnki. 33-1162/tv. 2019. 04. 004.
- [17] 高飞,何士华. 基于马斯洛需求层次理论协调居民用水需求[J]. 人民长江, 2011, 42(2): 36-38. DOI: 10. 16232/j. cnki. 1001-4179. 2011. s2. 041.
- [18] 钟华平. 基于马斯洛需求层次理论的水资源管理探讨[J]. 中国水利, 2018, 835(1): 35-37. DOI: CNKI; SUN; SLZG. 0. 2018-01-016.
- [19] 尚文绣,王忠静,赵钟楠,等. 水生态红线框架体系和划定方法研究[J]. 水利学报, 2016, 47(7): 934-941. DOI: 10. 13243/j. cnki. slxb. 20150540.
- [20] 敖德成,胡建成,李先福,等. 独龙江河流生态系统健康评价[J]. 生态学杂志, 2020, 39(4): 1281-1287. DOI: 10. 13292/j. 1000-4890. 202004. 005.
- [21] 顾晓响,徐宗学,刘麟菲,等. 北京北运河河流生态系统健康评价[J]. 环境科学, 2018, 39(6): 2576-2587. DOI: 10. 13227/j. hjkx. 201706229.
- [22] JIA Y T, SUI X Y, CHEN Y F. Development of a fish-based index of biotic integrity for wade able streams in southern China[J]. Environmental Management, 2013, 52: 995-1008. DOI: 10. 1007/s00267-013-0129-2.
- [23] 栗晓燕,于鲁冀,吕晓燕,等. 基于 B-IBI 评价淮河流域(河南段)河流生态健康[J]. 生态学杂志, 2018, 37(7): 2213-2220. DOI: 10. 13292/j. 1000-4890. 201807. 018.
- [24] 徐宗学,李艳利. 河流健康评价指标体系构建及其应用:以浑太河流域为例[J]. 南水北调与水利科技, 2016, 14(1): 1-9. DOI: 10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2016. 01001.

(下转第 38 页)

- [14] LIU J P, ZHAO D D, TIAN X Z, et al. Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang plain from 1954 to 2010[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34 (12): 3234-3244 (in Chinese)
- [15] WANG X L. Analysis on demographic factors and land use/land cover change[J]. *Resources Science*, 2000, 22 (3): 39-42 (in Chinese)
- [16] SONG K S, LIU D W, WANG Z M, et al. Land use change in Sanjiang plain and its driving forces analysis since 1954[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63 (1): 93-104 (in Chinese)
- [17] JIAO J Z. Temporal-spatial evolution and simulation of land use and land cover in Minqin oasis [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012 (in Chinese)
- [18] TOGTOHYN C, DENNIS O. Land use change and carbon cycle in arid and semi-arid lands of east and central Asia[J]. *Science in China (Series C: Life Sciences)*, 2002, 45 (S1): 48-54.
- [19] QI H T, LI H Y, SHI X D. Status quo of the ecological environment of coal mines in northern Shaanxi and corresponding solution; A case study in Hongcaogou mine of Fugu County[J]. *Sichuan Environment*, 2012, 31 (6): 64-69 (in Chinese)
- [20] YANG L J. Effect of coal mining to Kuye River runoff change and simulation research [D]. Jiaozuo: Henan Polytechnic University, 2014 (in Chinese)

(上接第 7 页)

- [25] 温家华, 徐征和, 武玮, 等. 大汶河流域水生态系统健康评价研究[J]. *南水北调与水利科技*, 2018, 16(3): 118-121. DOI: 10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2018. 0077.
- [26] 莫崇勋, 莫桂燕, 阮俞理, 等. 基于变权法的南宁市人水和谐度评价[J]. *水电能源科学*, 2018, 36(3): 30-33. DOI: CNKI: SUN; SDNY. 0. 2018-03-008.
- [27] 王大洋, 黄凯, 莫崇勋, 等. 基于综合权重 SMI-P 法的广西人水和谐度量化评价[J]. *节水灌溉*, 2018(7): 107-112. DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-4929. 2018. 07. 023.
- [28] ZHANG J, TANG D, AHMAD I, et al. River-human harmony model to evaluate the relationship between humans and water in river basin[J]. *Current Science*, 2015, 109 (6): 1130-1139. DOI: 10. 18520/v109/i6/1130-1139.
- [29] 杨希, 陈兴伟, 方艺辉, 等. 基于分段一综合评价法的闽江下游河道健康评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2019, 17(6): 148-155. DOI: 10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2020. 0145.
- [30] 陈琳, 邹添丞, 石杰, 等. 基于层次分析法的成都市水安全评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2013, 11(4): 41-45. DOI: 10. 3724/SP. J. 1201. 2013. 04041.
- [31] 汪红洲, 段衍衍, 傅春. 基于层次分析的安徽省水安全综合评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2014, 12(1): 37-41. DOI: 10. 3724/SP. J. 1201. 2014. 01037.
- [32] 王晓玮, 邵景力, 崔亚莉, 等. 基于 DPSIR 和主成分分析的阜康市水资源承载力评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2017, 15(3): 37-42, 48. DOI: 10. 13476/j. cnki. nsbdqk. 2017. 03. 007.
- [33] 山成菊, 董增川, 樊孔明, 等. 组合赋权法在河流健康评价权重计算中的应用[J]. *河海大学学报(自然科学版)*, 2012, 40 (6): 622-628. DOI: 10. 3876/j. issn. 1000-1980. 2012. 06. 005.
- [34] 张铖铖, 杨侃, 刘建林, 等. 基于组合赋权法的多元 SPA-ITFN 模型在再生水评估中的应用研究[J]. *中国农村水利水电*, 2017(10): 45-51. DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-2284. 2017. 10. 009.
- [35] 来海亮, 汪党献, 吴涤非. 水资源及其开发利用综合评价指标体系[J]. *水科学进展*, 2006, 17(1): 95-101. DOI: 10. 3321/j. issn: 1001-6791. 2006. 01. 015.
- [36] 陈歆, 靳甜甜, 苏辉东, 等. 拉萨河河流健康评价指标体系构建及应用[J]. *生态学报*, 2019, 39(3): 799-809. DOI: 10. 5846/stxb201809071919.