

幸福珠江优质水资源评价指标体系研究

——以广东省为例

何梁¹, 王占海¹, 杨辉辉¹, 何艳虎²

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610; 2. 广东工业大学环境生态工程研究院, 广东 广州 510006)

摘要: 为科学评价珠江现状水资源状况, 构建目标层、准则层和指标层3级层次的幸福珠江优质水资源评价指标体系并建立评价模型。通过变异系数法确定指标权重, 利用加权平均法计算优质水资源综合得分, 根据得分评判等级。以珠江流域最具代表性的广东省为例, 对建立的优质水资源评价模型进行验证应用。结果表明: 广东省现状水资源优质状况总体一般, 各地区水资源问题各异, 与地方实际情况相符, 说明所建立的评价模型具有可行性。评价成果及建议对广东省进一步加强优质水资源建设工作具有参考意义。

关键词: 幸福河流; 优质水资源; 评价指标体系; 珠江; 广东省

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2022)03-0033-06

Research of the evaluation index system of high-quality water resources in the Happy Pearl River: Taking Guangdong Province as an example

HE Liang¹, WANG Zhanhai¹, YANG Huihui¹, HE Yanhu²

(1. China Water Resources Pearl River Planning, Surveying & Designing Co., Ltd., Guangzhou 510610, China; 2. Institute of Environmental & Ecological Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: In order to scientifically evaluate the current water resources status of the Pearl River, a three-level evaluation index system of high-quality water resources in the Happy Pearl River is constructed and an evaluation model is established. Each index weight is determined by the coefficient of variation method, and the comprehensive score of high-quality water resources is calculated using the weighted average method, based on which, the grade of the water resources is categorized. Guangdong Province, which is the most representative area in the Pearl River Basin, is taken as an example to verify the application of the proposed high-quality water resources evaluation model. The results show that the current high-quality water resources in Guangdong Province are generally not good, and the water resources problems in different regions varies greatly, which is consistent with the actual local conditions, indicating that the proposed evaluation model is feasible. The evaluation results and suggestions can provide some reference for the further construction of high-quality water resources in Guangdong Province.

Key words: happy river; high-quality water resources; index system; Pearl River; Guangdong Province

1 研究背景

珠江区涉及我国云南、贵州、广西、广东、湖南、江西、福建、海南8个省(自治区)及香港、澳门两个特别行政区。由于水资源时空分布不均、地形条件复杂, 水资源开发利用相对困难, 水资源调控能力较低, 加之治污滞后等原因, 致使流域水质性、工程性、

资源性缺水并存, 水资源供给与保障能力不足的问题尤为突出, 主要表现为局部地区水资源短缺、流域径流调节能力低、咸潮影响与水环境恶化进一步加剧了区域水资源供需矛盾、极端天气引发区域干旱频发等, 严重威胁着人民群众饮水安全和河流健康, 制约着流域经济社会的可持续发展。珠江区是我国经济社会发达、发展前景广阔的地区, 地处下游的广

收稿日期: 2021-09-01; 修回日期: 2022-02-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(51979043); 广东省水利科技创新项目(2021-09)

作者简介: 何梁(1985-), 女, 四川射洪人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为水资源规划与水环境保护。

东省更是拥有毗邻港澳的独特地理优势和资源优势,未来承接粤港澳大湾区的快速发展需要优质水资源作为有力支撑,因此研究幸福珠江优质水资源评价指标体系意义重大。

自 2019 年习近平总书记首次提出建设幸福河^[1]以及水利部明确阐述幸福河内涵^[2]以来,国内相关课题组和许多学者积极响应并开展了大量研究工作,主要是在深刻剖析幸福河内涵的基础上,展开了对建设幸福河的初步探讨,分别有针对性地提出了建设幸福河的对策思路以及应用于实际工作的方案与建议^[3-13]。左其亭等^[14-16]首先系统分析了我国幸福河概念提出的背景及江河治理需求,在梳理幸福河概念内涵的基础上,构建了幸福河评价指标体系,并应用于评价黄河流经的 9 个省(自治区),较好地反映了黄河的客观实际,研究成果比较深入全面;韩宇平等^[17]以黄河流域为例,采用模糊综合评价法,建立了黄河幸福河评价模型,研究了黄河的幸福河指数需求层次;王子悦等^[18]运用熵权物元模型,建立了长三角幸福河层次评价模型,并应用于 2018 年长三角三省一市幸福河层次等级的评价。目前已有研究成果主要从理论分析、模型构建到实际运用等方面初步探索了幸福河的理论要义和评价体系^[19-24],但总体来说,由于幸福河提出时间不长,目前研究还处于起步阶段,相关文献不多且主要以内涵梳理、概念研究为主进行理论探索,应用于实际河流评价的系统研究还主要集中在黄河、长江等流域,其他流域的相关研究比较缺乏,国外相关研究成果更少。针对幸福珠江研究工作几近空白的现状,本文旨在在国内其他河流已有研究成果的基础上,探讨研究幸福珠江优质水资源评价指标体系,一方面给幸福珠江优质水资源评价指标体系构建提供理论参考,另一方面也为珠江河流水资源管理提供相应依据。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

广东省是珠江区主要省级行政区之一,地处珠江流域下游,划分为珠三角、粤东、粤西和粤北 4 个区域,下辖 21 个地级市。其中,省会城市广州市处于珠江三角洲核心地带,为华南地区的政治、军事、经济、文化和科教中心;汕头市、湛江市定位为广东省域副中心城市,将成为广东省新的经济增长点;韶关市是广东省规划建设的区域性中心城市和韶关都市区的核心城市,亦为全国交通枢纽城市之一。上

述 4 大城市均分别代表了珠江三角洲、粤东地区、粤西地区、粤北地区经济社会发展领先水平。本文选取广东省作为珠江区典型区域,对建立的幸福珠江优质水资源评价指标体系分区域进行验证应用,以此分析广东省现状水资源状况。

根据 2018 年广东省经济社会基本情况(表 1),珠江三角洲对广东省经济社会发展贡献最大,是引领全省发展的核心区和主引擎;粤西地区具有丰富的耕地资源和良好的作物生长条件,是全省农业发展的重点区域;粤东地区农业发展水平较好;粤北地区经济社会发展相对滞后。可见,广东省现状发展总体呈现珠江三角洲最强,东西两翼次之,北部山区最弱的格局。

2.2 数据来源

本文所用资料主要有经济社会指标和水质指标两类。经济社会指标数据包括常住人口、供水人口、供水安全人口、集中供水人口、耕地面积、有效灌溉面积、高效节水灌溉面积等,来自于《广东省 2018 年水利统计年鉴》;水质指标数据为集中式饮用水水源地全年水质检测结果,来自于《广东省 2018 年水资源公报》。

2.3 研究方法

2.3.1 评价指标体系的建立 按照目标层、准则层和指标层 3 级层次构建幸福珠江优质水资源评价指标体系,如表 2 所示。目标层即“幸福珠江优质水资源”,准则层对应优质之河,指标层包括 5 个指标,分别为供水安全人口普及率、集中供水人口普及率、有效灌溉面积占比率、高效节水灌溉普及率、集中式饮用水水源地水质达标率。评价指标体系采用百分制,通过变异系数法确定指标权重,利用加权平均法计算优质水资源综合得分,根据得分评判等级,评价结果以幸福珠江优质水资源综合得分及评价等级表示。

2.3.2 各指标权重系数的确定

(1) 数据的标准化

采用倒数法对所有逆指标进行正向化后,对数据进行极差法标准化处理:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (1)$$

($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$)

式中: Y_{ij} 为经过无量纲化处理的第 i 个评价对象的第 j 个评价指标值; $\min X_j$ 和 $\max X_j$ 分别为第 j 个评价指标的最小值与最大值。

(2) 计算各指标的平均值 Y_j 和标准差 S_j

$$Y_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_{ij} \quad (j = 1, 2, \cdots, m) \tag{2}$$

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_{ij} - Y_j)^2} \quad (j = 1, 2, \cdots, m) \tag{3}$$

(3) 计算各指标的变异系数 V_j 和权重 W_j

$$V_j = \frac{S_j}{Y_j} \quad (j = 1, 2, \cdots, m) \tag{4}$$

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad (j = 1, 2, \cdots, m) \tag{5}$$

2.3.3 各评价对象优质水资源综合得分的计算
根据标准化后的数据与权重系数计算各评价对象优质水资源综合得分 F_i :

$$F_i = \sum_{j=1}^m Y_{ij} W_j \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{6}$$

3 结果与分析

根据本次建立的幸福珠江优质水资源评价指标体系,计算得出 2018 年广东省各区域及地市优质水资源评分及等级,如表 3 所示。

表 1 2018 年广东省经济社会基本情况

区域	地级行政区	常住人口/ 10 ⁴	城镇化率/ %	地区生产 总值/10 ⁸ 元	耕地面积/ hm ²	有效灌溉 面积/hm ²	高效节水灌溉 面积/hm ²
珠江三角洲	广州市	1490	86.4	22859	80340	48787	160
	深圳市	1303	99.8	24222	6193	1420	313
	佛山市	791	95.0	9936	36660	21820	4227
	东莞市	839	91.0	8279	13147	8753	587
	中山市	331	88.4	3633	15540	10360	1607
	珠海市	189	90.1	2915	17667	6287	0
	江门市	460	66.5	2900	156387	84680	100
	肇庆市	415	47.8	2202	143087	77840	2520
	惠州市	483	70.8	4103	138120	72787	1020
粤东地区	合计/平均	6301	85.9	81049	607140	332733	10533
	汕头市	564	70.4	2512	50360	27773	2653
	潮州市	266	65.3	1067	35820	23880	4213
	揭阳市	609	51.2	2152	86713	54187	260
	汕尾市	299	55.2	920	94633	48160	6907
粤西地区	合计/平均	1738	60.3	6652	267527	154000	14033
	湛江市	733	43.0	3008	466547	154493	14987
	茂名市	631	43.0	3092	226760	102753	1320
	阳江市	256	52.6	1350	150160	57120	780
	云浮市	253	42.2	849	104180	49047	440
粤北地区	合计/平均	1873	44.2	8300	947647	363413	17527
	韶关市	300	56.5	1344	220040	83593	1893
	清远市	387	52.0	1565	268113	93633	1400
	梅州市	438	50.5	1110	162600	85093	67
	河源市	309	45.3	1006	143827	71007	2647
合计/平均		1434	51.0	5025	794580	333327	6007
全省		11346	70.7	101026	2616893	1183473	48100

表 2 幸福珠江优质水资源评价指标体系

目标层	准则层	指标层	赋分	权重 $W/\%$	综合得分 (F) 及评价等级	备注
幸福珠江 优质 水资源 A	优质之河 B	供水安全人口普及率 C_1		21	$F < 60$:较差	供水安全基本要求
		集中供水人口普及率 C_2		24	$60 \leq F < 70$:尚可	供水安全较高要求
		有效灌溉面积占比率 C_3	指标提高 1%	9	$70 \leq F < 80$:一般	灌溉发展基本水平
		高效节水灌溉普及率 C_4	赋值增加 1 分	16	$80 \leq F < 90$:良好	灌溉发展较高水平
		集中式饮用水水源地 水质达标率 C_5		30	$90 \leq F \leq 100$:优质	供水优质程度

表 3 2018 年广东省优质水资源评价结果

区域	地级行政区	各评价指标得分					综合得分	评价等级
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		
珠江三角洲	广州市	100.0	98.9	60.7	0.3	89.6	77.7	一般
	深圳市	100.0	100.0	22.9	22.1	86.1	76.4	一般
	佛山市	100.0	99.8	59.5	19.4	85.7	79.5	一般
	东莞市	89.3	100.0	66.6	6.7	66.7	70.5	一般
	中山市	100.0	100.0	66.7	15.5	81.7	78.5	一般
	珠海市	100.0	100.0	35.6	0.0	83.3	73.6	一般
	江门市	100.0	94.2	54.1	0.1	83.3	74.0	一般
	肇庆市	100.0	95.3	54.4	3.2	97.2	78.9	一般
	惠州市	100.0	99.2	52.7	1.4	81.7	74.8	一般
	平均	98.6	98.8	54.8	3.2	85.1	75.9	一般
粤东地区	汕头市	100.0	99.8	55.1	9.6	90.7	79.1	一般
	潮州市	100.0	100.0	66.7	17.6	75.0	76.8	一般
	揭阳市	100.0	94.9	62.5	0.5	76.7	73.0	一般
	汕尾市	100.0	97.4	50.9	14.3	87.5	77.9	一般
	平均	100.0	97.8	57.6	9.1	84.5	76.9	一般
	湛江市	100.0	80.8	33.1	9.7	40.0	57.0	较差
粤西地区	茂名市	100.0	66.5	45.3	1.3	85.0	66.9	尚可
	阳江市	100.0	84.1	38.0	1.4	0.0	45.0	较差
	云浮市	100.0	94.2	47.1	0.9	100.0	78.4	一般
	平均	100.0	78.3	38.3	4.8	63.5	63.2	尚可
	韶关市	100.0	94.3	38.0	2.3	95.8	76.5	一般
粤北地区	清远市	100.0	93.1	34.9	1.5	66.7	67.0	尚可
	梅州市	100.0	85.5	52.3	0.1	83.3	71.6	一般
	河源市	100.0	93.9	49.4	3.7	91.7	76.5	一般
	平均	100.0	91.0	42.0	1.8	86.9	73.3	一般
	全省	99.2	93.8	45.2	4.1	81.5	72.9	一般

根据表 3 中的评价结果,对 2018 年广东省水资源优质状况分析如下:

(1)从整体来看,2018年广东省优质水资源平均综合得分为72.9,对应等级为一般,其中粤东地区、珠江三角洲、粤北地区的平均综合得分均高于全省平均值,等级为一般;粤西地区平均综合得分为63.2,等级为尚可。

(2)从区域来看,粤东地区、珠江三角洲各地市水资源状况比较均衡,综合得分介于70.5~79.5之间,差异不大;粤北地区除清远市由于集中式饮用水水源地水质达标率(C_5)得分略低、等级为尚可外,其他3市综合得分均满足一般等级要求;粤西地区集中供水人口普及率(C_2)、有效灌溉面积占比率(C_3)、集中式饮用水水源地水质达标率(C_5)3项指标的平均得分均为最低,特别是湛江市有效灌溉面积占比率(C_3)仅为33.1%、集中式饮用水水源地水质达标率(C_5)仅为40.0%,阳江市集中式饮用水水源地水质达标率(C_5)未得分,导致湛江市和阳江市水资源等级被评定为较差。

(3)从评价指标来看,全省供水安全人口普及率(C_1)平均为99.2%,除珠江三角洲的东莞市外,其他各市均为100%,满足了供水安全的基本要求;集中供水人口普及率(C_2)平均为93.8%,除粤西地区的茂名市外,其他各市均在80%以上,供水安全保障程度较高;有效灌溉面积占比率(C_3)全省平均为45.2%,各地市介于22.9%~66.7%之间,地区间发展不均衡;高效节水灌溉普及率(C_4)平均为4.1%,除珠江三角洲的深圳市、佛山市、中山市和粤东地区的潮州市、汕尾市外,其他各市均未超过10%,高效节水灌溉水平有待提高;集中式饮用水水源地水质达标率(C_5)全省平均为81.5%,最高为云浮市(100%)、最低为阳江市(0)、次低为湛江市(40.0%),全省供水优质程度总体较好,但粤西地区偏低、地市间差异较大。

(4)从代表地市对比来看,珠江三角洲的广州市、粤东地区的汕头市、粤西地区的湛江市、粤北地区的韶关市综合得分分别为77.7、79.1、57.0、76.5,评价等级分别为一般、一般、较差、一般。其中,广州市综合得分低于珠江三角洲的佛山市、中山市、肇庆市,主要是由灌溉发展水平得分较低所致;汕头市综合得分为粤东地区最高;粤西地区的湛江市综合得分仅高于阳江市,主要是由集中式饮用水水源地水质达标率较差所致;韶关市综合得分为粤北地区最高。

4 讨论

(1)得益于脱贫攻坚战的全面胜利和城乡供水

工作的扎实推进,广东省已建立起一体化的城乡供水网络系统,基本实现了城乡供水全覆盖,21个地级市的供水安全人口普及率均较高,但集中供水人口普及率地区差异较大,特别是粤西地区相对较低,这说明经济社会发展水平与集中供水保障程度可能存在相关关系,建议进一步细化研究集中供水人口普及率的内外部影响因素,为全面提高广东省供水安全保障程度提供参考。

(2)受制于水土资源分布不平衡以及灌区续建配套实施相对滞后的现状,广东省目前有效灌溉面积占比率平均不到50%,高效节水灌溉普及率平均仅为4.1%;珠江三角洲的深圳市、佛山市、中山市和粤东地区的潮州市、汕尾市的高效节水灌溉普及率虽然高于广东省所在东南地区的平均水平(9.3%),但仍低于其先进水平(38.7%),而经济较为发达的珠江三角洲的广州市、江门市、珠海市甚至不到1%,表明了广东省灌溉发展水平与经济社会发展程度并无直接联系,造成灌溉发展水平较低的原因可能与地方的思想观念以及对农业的重视程度不够等因素有关。

(3)广东省地处珠江区下游,毗邻港澳,经济社会活动交流频繁,人口密集,工业与服务业发达,水体环境质量承受压力较大,集中式饮用水水源地水质安全存在一定风险,特别是粤西地区阳江市的漠阳江水源地与湛江市的赤坎水库、南渡河、鉴江干流部分河段均存在多个指标不达标的问题,集中式饮用水水源地水质达标率均低于50%,表明粤西地区在承接珠三角产业转移后,水环境保护形势比较严峻,建议重点开展粤西地区饮用水水源地保护和环境整治研究,因地制宜地提出相应工程与非工程措施。

(4)2018年广东省水资源优质程度总体为一般,个别地级市甚至为较差,这与广东省在珠江区经济社会发展中的地位不相匹配,也反映了目前全省水资源条件及其开发、利用和保护方面存在的问题。为了更好地支撑广东省经济社会持续平稳发展,夯实广东省在粤港澳大湾区建设进程中的发展基础,建议后续重点研究全省经济社会与优质水资源的协调发展关系。

5 结论

优质水资源是保障经济社会可持续健康发展的重要支撑,研究幸福珠江优质水资源评价指标体系有助于及时总结和反馈流域经济社会发展进程中对优质水资源的需求与影响。以珠江区广东省为例,

考虑供水安全人口普及率、集中供水人口普及率、有效灌溉面积占比、高效节水灌溉普及率、集中式饮用水水源地水质达标率等 5 个方面的优质水资源评价指标,构建了目标层、准则层和指标层 3 级层次的幸福珠江优质水资源评价指标体系,对 2018 年广东省 21 个地级市的水资源优质状况进行评估,得出的主要结论如下:

(1)广东省现状供水安全保障程度较强,灌溉发展水平有待提高,供水水质保障工作任务艰巨,水资源优质状况一般。由于全省不同地区的水资源禀赋条件、经济发展水平、社会承受能力、群众思想观念等差异较大,各地应因地制宜地提升优质水资源保障能力,加强饮用水水源地水质保护。

(2)该评价指标体系充分考虑了影响水资源优质程度的水量、水质以及相关工程措施等因素,为构建幸福珠江优质水资源评价指标体系提供了新思路。影响和评判水资源状态的因素错综复杂、相互交织,水资源是否处于优质状态具有较大的不确定性和更深层次的演化特征,并且评价方法的选取以及新指标的引入对评价结果也可能产生一定影响,这些将有待后续进一步研究。

参考文献:

- [1] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 水利建设与管理, 2019, 39(11): 1-3+6.
- [2] 鄂竞平. 谱写新时代江河保护治理新篇章[J]. 中国水能及电气化, 2019(12): 1-2.
- [3] 王平, 郝建强. “幸福河”内涵与实践路径思考[J]. 水利规划与设计, 2020(4): 4-7+115.
- [4] 李先明. 幸福河的文化内涵及其启示[J]. 中国水利, 2020(11): 55-59.
- [5] 董文虎, 潘时常. 以泰州为例探讨地区幸福河湖建设的思路[J]. 水资源开发与管理, 2020(11): 76-78.
- [6] 谷树忠. 关于建设幸福河湖的若干思考[J]. 中国水利, 2020(6): 13-14+16.
- [7] 唐克旺. 对“幸福河”概念及评价方法的思考[J]. 中国水利, 2020(6): 15-16.
- [8] 汪艳萍, 郑勇, 李婵, 等. “幸福河”背景下实施流域综合管理的思考与建议[J]. 水利发展研究, 2021, 21(2): 86-89.
- [9] 夏继红, 祖加翼, 沈敏毅, 等. 水利高质量发展背景下南浔区幸福河湖建设探索与创新[J]. 水利发展研究, 2021, 21(4): 69-72.
- [10] 马兆龙, 徐伟. 建设“幸福河”的哲学思考[J]. 水利发展研究, 2021, 21(5): 42-45.
- [11] 安莉莉. 关于“幸福河”的认识[J]. 内蒙古水利, 2021(5): 50-51.
- [12] 艾文章, 马小芳. 建设幸福河的实践探索与启示——以郑州黄河为例[J]. 人民黄河, 2021, 43(S1): 13-15.
- [13] 刘蓓. 对构建幸福河评价指标体系的思考[J]. 水利经济, 2021, 39(6): 31-35+78-79.
- [14] ZUO Qiting, HAO Minghui, ZHANG Zhizhuo, et al. Assessment of the happy river index as an integrated index of river health and human well-being: A case study of the Yellow River, China [J]. Water, 2020, 12(11): 3064.
- [15] 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): 1-5.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 王子悦, 徐慧, 黄丹姿, 等. 基于熵权物元模型的长三角幸福河层次评价[J]. 水资源保护, 2021, 37(4): 69-74.
- [19] 陈卓, 唐德善. 长株潭区域河流幸福度等级评价研究[J]. 水资源与水工程学报, 2021, 32(5): 84-91.
- [20] 黄垣森, 唐德善, 唐彦. 基于云模型的长株潭幸福河评价[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2021, 43(4): 1-6.
- [21] 蔡诸江, 任庆海, 蔡馨怡. 基于河流智慧水环境管理调度系统打造幸福河[J]. 水利信息化, 2021(5): 84-87.
- [22] 柳长顺, 王建华, 蒋云钟, 等. 河湖幸福指数——富民之河评价研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2021, 19(5): 441-448.
- [23] 张金良, 金鑫, 严登明, 等. 幸福河框架下黄河流域社会系统发展特征研究[J]. 人民黄河, 2021, 43(4): 1-5+23.
- [24] 陈敏芬, 马骏, 钱学诚. 杭州幸福河湖评价指标体系构建[J]. 中国水利, 2022(2): 40-42.