

水利高质量发展的判别准则及评价体系

左其亭^{1,2,3}, 钟涛¹, 张志卓¹, 王骄阳¹

(1. 郑州大学 水利与土木工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学 黄河生态保护与区域协调发展研究院, 河南 郑州 450001; 3. 河南省水循环模拟与水环境保护国际联合实验室, 河南 郑州 450001)

摘要: 水利高质量发展是中国新时代水利现代化的具体体现,对推动国民经济高质量发展具有重要意义。通过对水利高质量发展概念和内涵的解读,从高标准保障水安全、高效支撑经济发展、高度满足人民幸福、高度维护生态健康、高要求弘扬水文化5个方面制定判别准则。基于概念、内涵和判别准则,按“目标-准则-指标”3层结构,构建水利高质量发展评价指标体系,引入“水利高质量发展指数”(HQDI)来定量表征水利高质量发展状态。最后,以中国内地31个省级行政区为例,开展水利高质量发展评价体系的实例应用。结果表明:多数地区的水利高质量发展指数处于较高水平,西北地区的水利高质量发展水平相对落后,沿海地区的水利高质量发展水平整体高于内陆地区。

关键词: 水利高质量发展; 内涵解读; 判别准则; 评价体系; 水利高质量发展指数(HQDI)

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2022)05-0109-09

Discriminant criteria and evaluation system of high-quality development of water conservancy

ZUO Qiting^{1,2,3}, ZHONG Tao¹, ZHANG Zhizhuo¹, WANG Jiaoyang¹

(1. School of Water Conservancy and Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Yellow River Institute for Ecological Protection & Regional Coordination Development, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Henan International Joint Laboratory of Water Cycle Simulation and Environmental Protection, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The high-quality development of water conservancy is the concrete embodiment of the modernization of water conservancy in the new era of China, and it is also of great significance to the promotion of the high-quality development of national economy. According to the interpretation of the concept and connotation of high-quality development of water conservancy, the discriminant criteria are formulated from five aspects: guaranteeing water security with high standards, supporting economic development efficiently, satisfying people's happiness highly, maintaining ecological health highly, and promoting water culture with high requirements. Based on the concept, connotation and criteria, the evaluation index system of high-quality development of water conservancy is constructed according to the three-layer structure of "target-criterion-index", and the "high-quality development index of water conservancy" (HQDI) is introduced to quantitatively characterize the state of high-quality development of water conservancy. Finally, the evaluation system is applied to the study of 31 provincial administrative regions in the mainland of China. The results show that the high-quality development index of water conservancy in most regions is at a high level, whereas that in the northwest areas is relatively underdeveloped, and that in coastal areas is higher than that in inland areas as a whole.

Key words: high-quality development of water conservancy; interpretation of connotation; discriminant criterion; evaluation system; high-quality development index of water conservancy (HQDI)

收稿日期:2022-07-23; 修回日期:2022-09-10

基金项目:国家自然科学基金项目(52279027);国家重点研发计划课题(2021YFC3200201);河南省重大公益性科技专项(201300311500)

作者简介:左其亭(1967-),男,河南固始人,博士,教授,博士生导师,主要从事水文学及水资源研究。

1 研究背景

水利事业是人民群众福祉的重要保障,是涉及国家长治久安的大事,事关国家或民族的长远发展。纵观世界水利发展史,水利事业一直以来都是人类社会文明和经济发展的重要支柱,并随着社会生产力的提高而不断发展。水利事业对人类发展做出的贡献超乎想象,联合国科教文组织于 2021 年的世界水日当天发布了《世界水发展报告 2021》,聚焦水利对环境的价值、水利基础设施的价值、供水设施服务的价值、水文化的价值等多方面的价值评估,重新定义了水利事业的价值和贡献。联合国大会于 2015 年通过了《2030 年可持续发展议程》^[1],要求各成员国共同努力,在 2030 年达成 17 项可持续发展目标(SDGs)。其中,清洁饮水和卫生设施(SDG₆)、可持续城市和社区(SDG₁₁)、负责任消费和生产(SDG₁₂)、气候行动(SDG₁₃)等重要目标的实现都需要高水平的水利发展模式提供支撑。21 世纪以来,中国水利事业进入高速发展阶段,治水思路出现了重大改变,水利设施建设和综合效益取得了突破性进展^[2]。2017 年,中国提出了“高质量发展”的发展模式新表述,为中国未来一段时期的发展提供了明确的定位和指引^[3]。高质量发展不仅是要求经济的高质量发展,而且是要实现多领域、全方位的高质量发展,近年来水利高质量发展已然成为中国水利事业的发展目标和方向^[4]。2019 年,“黄河流域生态保护和高质量发展”上升为重大国家战略,为新时期黄河流域治水工作提供了重要遵循^[5]。以上重要表述和战略思想都为推动实现水利高质量发展提供了科学指南。在这一背景下,明晰水利高质量发展的概念、内涵和判别准则,提出一套完善的评价体系,判断并动态发布各地区水利高质量发展水平,对中国水利事业未来发展具有重要的理论和实践意义。随着高质量发展理念逐步得到国内外各方认同,以及黄河重大国家战略和《推进资源型地区高质量发展“十四五”实施方案》等一系列工作的推进,政府和水利相关领域的科技工作者对水利高质量发展的关注程度也愈发提高。已有不少学者针对水利高质量发展的理论体系^[4,6]、量化方法^[7-8]、具体应用^[9-10]等方面开展了广泛、深入的探讨,涌现出一大批研究成果。理论研究方面,李国英^[4]从防洪工程、国家水网、河湖生态、智慧水利、节水制度、法制管理 6 个方面阐述了推动新阶段水利高质量发展的重要任务;汪安南^[6]深刻解读了“十六字”治水

思路在推进新阶段黄河流域高质量发展中的基本逻辑和科学价值。方法研究方面,韩宇平等^[7]结合熵权法和云模型对全国 31 个省级行政区的水利高质量发展水平进行了量化评价;喻君杰^[8]从水治理、水管理、水保护 3 个方面分析了 10 项工作环节的 32 个水利高质量发展的评价因素。实践应用方面,李琳等^[9]从环境可持续发展、水利工程质量提升、水利设备质量提升等方面分析了水利行业检验检测机构对水利高质量发展的重要支撑作用;张建松^[10]分析了黄河流域水利风景区高质量发展面临的重要机遇和具体路径。整体来看,现有研究成果从不同角度对水利高质量发展命题开展了探讨,为后续深入研究奠定了基础。但目前仍急需系统探讨水利高质量发展的概念、内涵和判别准则,进一步明确水利高质量发展的评价体系和实践途径。

本文立足于新时代水利高质量发展需求和重大国家战略需求,对水利高质量发展的概念和内涵进行界定和解读,提出其判别准则,构建其评价指标体系,定量评价了中国内地 31 个省级行政区的水利高质量发展水平。

2 水利高质量发展的概念、内涵及判别准则

2.1 水利高质量发展的概念定义及内涵解读

不断推进水利事业发展的目的在于更好地开发利用和保护水资源,从而更大程度满足人类经济社会发展和生态环境保护的需要。深入理解水利高质量发展,需要对“高质量发展”的概念和内涵有清晰的认知。高质量发展不同于以往以经济增长为重心的发展,而是一种人与自然和谐共生的发展,具有“资源安全供给、生态健康宜居、经济增长有序、社会和谐稳定”等发展特征^[3]。

我国进入新的高质量发展阶段,对水利事业也提出了新目标、新任务和新要求,可以认为水利高质量发展是我国高质量发展的各项要求在水利行业上的具体体现,是一个多层次、高维度、宽领域的水利事业发展新阶段。水利高质量发展应以人水和谐思想、可持续发展思想、生态文明思想、文化自信思想等为指导思想,以“创新、和谐、绿色、弘扬、共享”为核心理念,以水安全保障为基础,促进经济、社会、生态、文化耦合的系统协同发展。

综上分析,笔者对水利高质量发展给出如下定义:水利高质量发展是一种高标准保障水安全、高效支撑经济发展、高度满足人民幸福、高度维护生态健

康、高要求弘扬水文化的高水平水利发展模式。该发展是以水安全保障为基础,促进经济增长、社会和谐、水资源可持续利用、生态健康、文化先进引领的一种新时代高水平发展,体现“创新、和谐、绿色、弘扬、共享”的理念。基于对“水利高质量发展”概念的理解,笔者从以下几个方面解读水利高质量发展内涵(另参见图 1):

(1)水安全保障体系愈发完善。水安全是关乎国家长治久安的要事,水利高质量发展要不断提升水安全保障能力、完善水安全保障体系,以更高标准统筹安全、发展双促进。

(2)对经济支撑作用显著增强。支撑经济可持续发展是水利事业的重要任务,水利高质量发展要不断提高水资源节约集约利用能力,稳固提升对经济发展的可持续支撑作用。

(3)人民生活幸福度不断提升。水利高质量发展要在水利领域高度满足人民不断增长的对美好生活的向往,提升人民幸福水平,促进社会和谐稳定。

(4)水生态健康水平持续改善。推动水生态功能恢复和水环境质量持续改善,维护河湖健康生命,形成绿色发展方式和生活方式,实现人水和谐共生。

(5)水文化价值观念不断提高。中国源远流长的水文化赋予水利高质量发展丰厚的文化底蕴,保护、传承和弘扬优秀水文化,增强水文化知名度和影响力。

包括设施保障安全和供水保障安全两方面。从设施保障安全来看,高标准保障水安全是提高标准、优化布局,全面提升防洪减灾能力,着力提高水资源的可持续利用能力、提升水旱灾害防御能力和水资源优化配置能力;从供水保障安全方面来看,高标准保障水安全是要满足居民生活、生产的基本用水需求之外,合理调节水资源的供需水量。

(2)高效支撑经济发展:是水利高质量发展的内在条件。水利事业长期以来都是国民经济基础的重要组成部分,在推动国家经济发展方面具有不可替代的作用,水利高质量发展要求新时代水利事业能够高效支撑经济发展。一方面,水利高质量发展要求水利事业能够在工业生产、农业灌溉、居民生活等各类生产性活动中发挥持续性支撑作用,为我国国民经济高质量发展提供资源和技术支撑;另一方面,水利高质量发展要求水利事业能够在防洪排涝、防灾减灾、生态修复、环境保护等方面对国民经济稳定发展做出有效支撑。

(3)高度满足人民幸福:是水利高质量发展的根本目的。水利高质量发展的最终目标就是实现人水和谐发展,促进社会和谐稳定,提高人民幸福水平。水利高质量发展要始终坚持以人民为中心,结合我国国情,在水利领域满足人民不断增长的对美好生活的向往,不仅仅要为人民生命财产安全提供坚实保障,还要高度满足人民对幸福生活的美好追求,让新时代水利事业更好地造福人民。

(4)高度维护生态健康:是水利高质量发展的关键因素。水利高质量发展的重要目标之一就是打造健康水生态、宜居水环境,这也是生态系统服务价值能够得到充分发挥的基本保障。水利高质量发展要求重点河湖保护和综合治理能力大幅提高,关键生态功能区的健康水平得到明显强化,岸绿水清、健康稳定的城市水生态系统结构基本形成,能够为维护生态保护和高质量发展提供水利智慧,为建设美丽中国贡献水利力量。

(5)高要求弘扬水文化:是水利高质量发展的重要保障。水文化建设是水利建设的重要内容,水利的产业支柱也离不开水文化的支撑。大力弘扬优秀的水文化,是经济社会和水利高质量发展的迫切要求。高要求弘扬水文化应是在积极弘扬水文化的基础上,深刻理解水文化的内涵,挖掘并弘扬新时代的水文化价值理念,通过先进的科学信息技术,形成全面、创新、先进的现代化水文化产业链,推动水文化高质量发展。

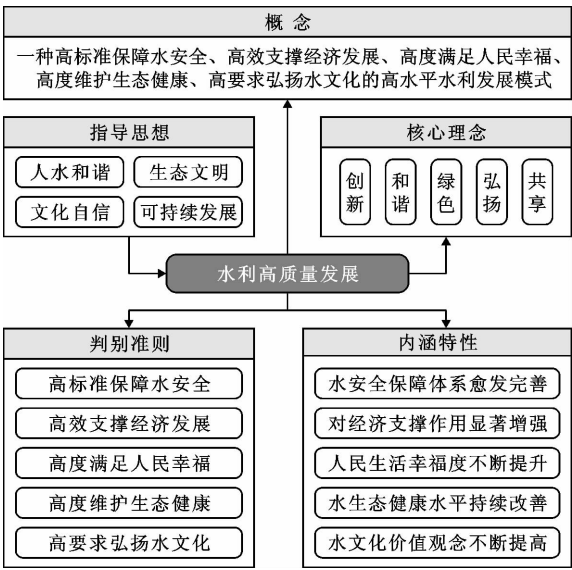


图 1 水利高质量发展的概念解读

2.2 水利高质量发展判别准则

(1)高标准保障水安全:是水利高质量发展的基本要求。水安全是人类社会生存的基础性问题,水利高质量发展要求能够高标准保障水安全,主要

3 水利高质量发展评价体系

3.1 评价体系总体框架

基于对水利高质量发展的概念界定和内涵解读,本文按照“目标-准则-指标”层级关系框架,以高标准保障水安全、高效支撑经济发展、高度满足人民幸福、高度维护生态健康、高要求弘扬水文化共 5 项判别准则为切入点,构建评价指标体系,确定评价标准,选取“保障安全指数 (guarantee security index, *GSI*)、支撑经济指数 (support economy index, *SEI*)、满足幸福指数 (satisfy happiness index, *SHI*)、维护生态指数 (maintain ecology index,

MEI)、弘扬文化指数 (promote culture index, *PCI*)”作为评价量化指标。确定的水利高质量发展评价体系框架如图 2 所示。

3.2 评价指标体系

基于对水利高质量发展概念内涵解读以及 5 项判别准则,通过总结和梳理相关代表性文献、省级行政区的水利相关规划和政策制度,综合采用专家咨询、理论分析、频率统计,并按照科学性、代表性、易获取性、可操作性原则,从保障安全、支撑经济、满足幸福、维护生态和弘扬文化 5 个角度共选取了 30 个评价指标,构建了水利高质量发展评价指标体系,如表 1 所示。

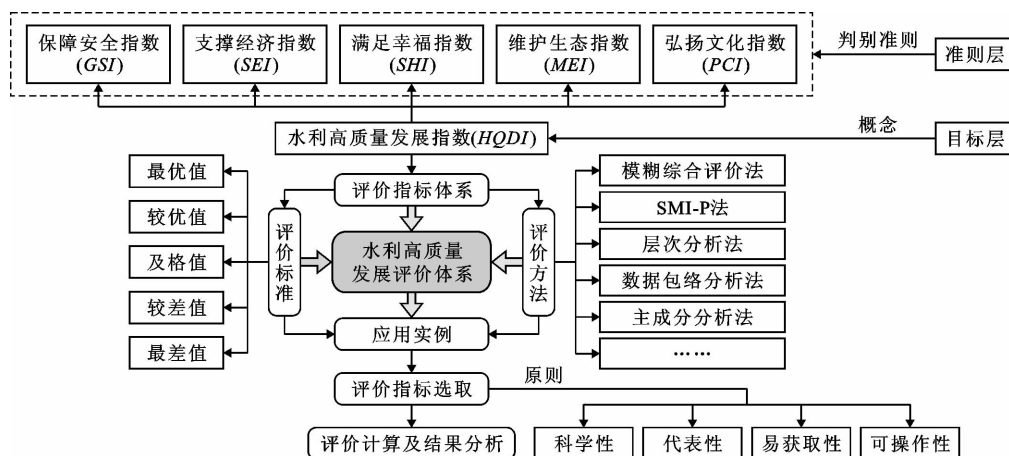


图2 水利高质量发展评价体系总体框架

(1) 保障安全指数(*GSI*):从水利工程的防洪减灾能力、水资源可持续利用能力、水资源优化配置能力和供水保障能力等方面构建“高标准保障水安全”准则下的综合性指数 *GSI*,表征水利高质量发展以人为本和可持续发展的核心思想。

(2) 支撑经济指数(*SEI*):从水利高质量发展在工农业生产和人民生活等各类生产性活动中发挥持续性支撑作用以及未来经济结构发展趋势等方面,构建“高效支撑经济发展”准则下的综合性指数 *SEI*,表征水利高质量发展是以创新为第一要义、以可持续发展为核心的协调发展理念。

(3) 满足幸福指数(*SHI*):从水利高质量发展的人民居住环境及生活满意程度,以及人民对美好生活的向往和对幸福生活的美好追求等方面,构建“高度满足人民幸福”准则下的综合性指数 *SHI*,表征水利高质量发展的最终目的是实现人水和谐共生、促进社会和谐稳定和提高人民幸福水平的理念。

(4) 维护生态指数(*MEI*):从水利高质量发展是一种打造健康水生态、宜居水环境,综合治理能力

大幅提高、提高生态系统服务价值的高水平发展角度出发,构建“高度维护生态健康”准则下的综合性指数 *MEI*,表征水利高质量发展的重要任务是构建岸绿水清、健康稳定的水生态系统结构,实现经济-社会-生态的协调可持续发展。

(5) 弘扬文化指数(*PCI*):从水利高质量发展的水文化存量、人才培养保障程度以及水文化宣传程度等方面,构建“高要求弘扬水文化”准则下的综合性指数 *PCI*,表征水利高质量发展不仅是为了满足物质生活的高标准需求,同样也是一种对文化传承、情感和精神寄托的高水平发展。

3.3 评价方法

水利高质量发展评价是多层次的综合评价,拟采用左其亨等^[23]于 2008 年提出的“单指标量化-多指标综合-多准则集成(SMI-P)”方法,下文只对该方法作简单介绍,详细过程可参见文献[23]。

(1) 单指标量化。由于选择的众多指标量纲不同,基于模糊隶属度思想,计算每个指标的隶属度,并映射至[0,1]区间,从而保证量纲一致。根据相

关规划和指标说明,假设每个指标均存在 5 个代表性数值,即最优值 $a(i)$ 、较优值 $b(j)$ 、及格值 $c(k)$ 、较差值 $d(l)$ 和最差值 $e(m)$ 。各评价指标特征值如表 2 所示。

表 1 水利高质量发展评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标说明	参考文献编号
水利高质量发展指数 (HQDI)	保障安全指数 (GSI)	A_1 防洪堤达标率/%	反映防洪堤防达标长度与现有及规划防洪堤防总长度的比值	[11]
		A_2 防洪排涝达标率/%	反映水利工程的安全泄洪调蓄能力	[3]
		A_3 有效灌溉面积率/%	反映农业生产单位和区域水利化程度的稳定程度	[12]
		A_4 农田灌溉水有效利用系数	反映农田灌溉工程质量、灌溉节水技术、农田灌溉管理水平	[13]
		A_5 水资源开发利用率/%	反映区域水资源开发利用的程度	[15]
		A_6 供水保证率/%	反映供水工程的供水能力和城镇需水量得到满足的情况	[16]
		A_7 水利投资比例/%	反映政府对区域水利工程建设的高度重视程度	[16]
		A_8 主要水利工程安全运行率/%	反映重要水利工程设施的安全运行能力	[17]
	支撑经济指数 (SEI)	B_1 工农业生产需水满足率/%	反映工农业正常生产和水利工程对工农业生产用水的保障程度	[14]
		B_2 万元 GDP 用水量/ m^3	反映经济社会发展过程中的用水效率及节水水平	[13]
		B_3 万元工业增加值用水量/ m^3	反映单位产业增加值的水资源利用效率	[13]
		B_4 单方水粮食生产量/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	反映单方水粮食生产效益	[3]
		B_5 重大水利工程数字化率/%	反映水利工程的现代化程度	[17]
	满足幸福指数 (SHI)	C_1 人均水资源量/ m^3	反映水资源的丰、缺状态和人均占有水资源的程度	[18]
		C_2 只达到基本饮水安全人口占比/%	反映饮用水供水安全程度以及对人体健康状况的影响	[14]
		C_3 水利现代化管理覆盖率/%	反映水利现代化管理水平和公众对社会服务功能的满意程度	[17, 19]
		C_4 自来水普及率/%	反映自来水的普及程度和人民生活文明状况	[15]
		C_5 水资源保障居民生活幸福指数/%	反映水资源的有效保障带给居民生活的幸福程度	[19]
	维护生态指数 (MEI)	D_1 生态环境需水满足率/%	反映生态环境需水的满足程度	[11]
		D_2 重要河湖生态流量达标率/%	反映水利工程对重要河湖生态的保护程度	[20]
		D_3 水土流失治理率/%	反映区域对水土流失的治理程度	[17]
		D_4 污水处理率/%	反映经管网进入污水处理厂处理的污水量占污水排放总量的百分比	[11]
		D_5 万元 GDP 污水排放量/ m^3	反映水资源利用降能减排的技术水平	[13, 21]
	弘扬文化指数 (PCI)	D_6 水功能区水质达标率/%	反映水功能区水质达到其水质目标的数量占水功能区总数的比例	[11]
		E_1 水文化保护传承比例/%	反映区域对水文化的保护和传承程度	[11]
		E_2 最严格水资源管理制度考核等级	反映区域实施最严格水资源管理制度的效果	[22]
		E_3 人才结构达标率/%	反映水利高质量发展人才结构的合理程度	[17]
		E_4 水利高质量发展公众认知度/%	反映区域对水利高质量发展的宣传、教育效果和力度	[17]
		E_5 弘扬水文化公众满意度/%	反映群众对水文化宣传、教育的满意程度	[14]
		E_6 水利科技与教育投入满意度/%	反映群众对水利科技与教育投入的满意程度	[11]

表2 水利高质量发展评价指标特征值

指标编号	最优值	较优值	及格值	较差值	最差值	指标编号	最优值	较优值	及格值	较差值	最差值
A_1	95	80	60	40	20	C_3	100	80	60	40	20
A_2	95	80	70	50	30	C_4	95	85	70	55	40
A_3	80	65	50	30	10	C_5	100	80	60	40	20
A_4	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	D_1	100	85	70	55	40
A_5	30	40	50	60	80	D_2	100	85	70	55	40
A_6	95	85	65	45	25	D_3	95	80	60	40	20
A_7	1.2	1	0.8	0.7	0.6	D_4	90	75	65	45	20
A_8	100	85	70	55	40	D_5	4.5	6.5	8.5	10	12
B_1	95	80	60	40	20	D_6	85	70	55	40	25
B_2	15	30	50	65	80	E_1	90	75	60	45	30
B_3	10	25	40	55	70	E_2	优秀	良好	合格	不合格	
B_4	5	4	3	2	1	E_3	95	80	60	40	20
B_5	95	80	60	40	20	E_4	100	80	60	40	20
C_1	3000	2000	1000	500	100	E_5	100	80	60	40	20
C_2	10	25	40	55	75	E_6	100	80	60	40	20

注:最严格水资源管理制度考核等级根据国务院办公厅发布的等级为准。

(2) 多指标综合。根据单指标量化的计算结果,将得到的每个指标隶属度值通过多指标综合方法计算,从而得到准则层的评价结果。该方法思想是将单指标量化得到的隶属度值通过权重加权计算,计算公式为:

$$F_i = \sum_{i=1}^n w_i H_i \quad (1)$$

式中: w_i 为第 i 个指标在准则层中所占的权重, $\sum_{i=1}^n w_i = 1$; n 为指标的个数; H_i 为第 i 个指标的隶属度; F_i 为 t 准则层指数(代表 GSI 、 SEI 、 SHI 、 MEI 、 PCI 指数)。

(3) 多准则集成。将保障安全指数、支撑经济指数、满足幸福指数、维护生态指数、弘扬文化指数 5 个准则的评价结果按照多准则集成计算方法进行加权计算,得到综合各准则层的水利高质量发展指数($HQDI$) 值,表达式如下:

$$HQDI = \sum_{m=1}^5 w_m F_m \quad (2)$$

式中: w_m 为各准则层权重, $\sum_{m=1}^5 w_m = 1$; m 为准则层个数。

根据计算得到的 $HQDI$ 值的大小进行排序,将水利高质量发展指数分成 7 个等级。其中, $HQDI = 1$ 表示理想状态, $HQDI = 0$ 表示无水平。然后按照 0.2 的间距将介于理想状态与无水平之间的水利高质量

发展指数分为 5 个等级,具体如下:高水平($0.8 \leq HQDI < 1$)、较高水平($0.6 \leq HQDI < 0.8$)、中等水平($0.4 \leq HQDI < 0.6$)、较低水平($0.2 \leq HQDI < 0.4$) 和低水平($0 < HQDI < 0.2$)。

(4) 指标权重。多指标综合和多准则集成计算时需要考虑每个指标和准则层的权重。一般权重的方法大致分为主观赋权法、客观赋权法和等权重赋权法三类,在具体研究中,可根据实际需求选定。本文选用每个指标和准则层按照等权重赋权方法进行权重计算。

4 中国水利高质量发展水平评价结果及分析

4.1 研究区概况及数据来源

中国多年平均水资源总量约为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 总量居世界第 6 位, 占世界水资源总量的 7%, 但我国的水资源人均占有量远低于世界平均水平^[24]。基于此,我国建成了一大批水利基础设施,形成了防洪、排涝、供水、发电等工程体系,在水利工程事业中取得了卓著的成绩,在防御水旱灾害、保障国民经济持续发展、人民生命财产安全和维护社会稳定等方面发挥了重大作用。

本文以中国内地 31 个省级行政区(不包括香港、澳门和台湾)作为研究单元,以 2020 年作为评价

现状年,开展水利高质量发展评价体系的实例应用研究。本文使用的 2020 年数据主要涉及经济、环境、农业、人文等各个领域,其统计数据来源包括《中国统计年鉴》《中国水利统计年鉴》《中国水资源公报》《中国环境统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》和各地区的水资源公报、统计年鉴等。

4.2 评价计算结果

基于构建的水利高质量发展评价体系,采用

“SMI - P”方法对中国内地 31 个省级行政单元的水利高质量发展水平进行量化评估,其结果如表 3 和图 3 所示。

由评价结果来看,福建省、浙江省和山东省的水利高质量发展水平相对较高,其 *HQDI* 值分别为 0.793、0.772 和 0.767; *HQDI* 值位于后 4 位的省份(自治区)分别为广西、内蒙古、宁夏和西藏,其 *HQDI* 值分别为 0.590、0.587、0.569 和 0.541,处于“中等水平”。

表 3 中国内地 31 个省级行政区水利高质量发展水平评价结果

省级 行政区	保障安全指数 (<i>GSI</i>)	支撑经济指数 (<i>SEI</i>)	满足幸福指数 (<i>SHI</i>)	维护生态指数 (<i>MEI</i>)	弘扬文化指数 (<i>PCI</i>)	水利高质量发展指数 (<i>HQDI</i>)	按 <i>HQDI</i> 排名次
北京	0.543	0.667	0.757	0.965	0.767	0.740	8
天津	0.551	0.795	0.751	0.768	0.592	0.691	15
河北	0.551	0.730	0.690	0.738	0.833	0.709	11
山西	0.447	0.728	0.602	0.774	0.855	0.681	17
内蒙古	0.541	0.431	0.541	0.642	0.780	0.587	29
辽宁	0.540	0.667	0.763	0.718	0.808	0.699	14
吉林	0.600	0.549	0.860	0.663	0.838	0.702	13
黑龙江	0.580	0.252	0.820	0.609	0.839	0.620	27
上海	0.795	0.355	0.764	0.941	0.715	0.714	10
江苏	0.702	0.245	0.721	0.778	0.932	0.676	19
浙江	0.892	0.595	0.857	0.838	0.677	0.772	2
安徽	0.761	0.255	0.750	0.844	0.916	0.705	12
福建	0.879	0.489	0.866	0.987	0.741	0.793	1
江西	0.821	0.129	0.805	0.770	0.812	0.667	20
山东	0.707	0.858	0.516	0.831	0.923	0.767	3
河南	0.623	0.845	0.635	0.803	0.857	0.753	4
湖北	0.611	0.287	0.869	0.806	0.812	0.677	18
湖南	0.701	0.254	0.844	0.823	0.824	0.689	16
广东	0.817	0.530	0.832	0.776	0.783	0.748	5
广西	0.652	0.173	0.656	0.773	0.697	0.590	28
海南	0.725	0.253	0.866	0.859	0.626	0.666	21
重庆	0.688	0.810	0.800	0.785	0.651	0.747	6
四川	0.704	0.614	0.770	0.749	0.762	0.720	9
贵州	0.748	0.481	0.572	0.861	0.602	0.653	22
云南	0.735	0.429	0.690	0.767	0.636	0.651	24
西藏	0.602	0.260	0.598	0.741	0.504	0.541	31
陕西	0.797	0.690	0.587	0.796	0.853	0.745	7
甘肃	0.723	0.285	0.711	0.744	0.655	0.623	26
青海	0.644	0.240	0.814	0.640	0.802	0.628	25
宁夏	0.561	0.232	0.598	0.712	0.742	0.569	30
新疆	0.703	0.247	0.849	0.706	0.756	0.652	23



注:该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的标准地图(审图号为GS(2020)4619),底图无修改。

图3 中国内地31个省级行政区水利高质量发展水平分布图

4.3 结果分析

根据4.2节的评价结果(表3),对中国内地31个省级行政区的水利高质量发展指数(HQDI)以及各准则层指数进一步分析如下:

(1) 从评价结果可以发现,除了广西、内蒙古、宁夏和西藏处于“中等水平”外,其余各省级行政区均处于“较高水平”,并且沿海区域的HQDI值相比于内地较高。从准则层指数的计算结果可以看出,上述4个省份(自治区)水利高质量发展水平不足的主要原因是水资源支撑经济水平较差,其中广西的SEI值仅有0.173,其他3个省份(自治区)SEI值也均未超过0.5。HQDI排名前3位的省份,在5个准则层维度均表现良好。其中浙江省的GSI值达到了0.892,在31个省级行政区中得分最高,其SHI值、MEI值也均在0.8以上,良好的水资源基础使得浙江省的水利高质量发展水平在全国排名第2。福建省MEI值甚至得到0.987的分数,说明福建省在水生态、水环境治理进程中取得了优异的成绩。山东省属于黄河流域,拥有丰富的历史底蕴,水文化发展突出,PCI值高达0.923。

(2) 从各准则层指数的计算结果可以发现,SEI在各省级行政区的差异最大,极差为0.729。水

利高质量发展处于“中等水平”的4个省份(自治区)的SEI值均不高,通过分析其指标层,万元GDP用水量、单方水粮食生产量这两个指标对SEI值的影响程度最大。表明在今后的水利高质量发展过程中,需要加快科学技术进步,提高用水效率和单方水粮食生产效益,进一步发挥水利事业对经济发展的支撑作用。GSI的极差为0.445,其中山西、辽宁和内蒙古3个省份(自治区)的GSI值最低,通过分析发现有效灌溉面积率、水利投资比例这两个指标对GSI值的影响程度最大,需要着重提高农田的有效利用面积、加大水利工程建设和管理的投入,提高水安全保障能力。PCI的极差为0.428,其中得分最高的为江苏省,说明江苏省在水利高质量发展的过程中注重水文化的教育和宣传,重视水利文化对人们生活的影响;西藏的PCI值最低,其水利高质量发展各项指标相对于其他省份(自治区)均较低,主要是由于西藏的地理位置、水系特征和经济社会发展水平等多种因素的综合作用。各省份(自治区)SHI值和MEI值的差异比前3个指数的差异相对较小,表明我国内地31个省级行政区在提升人民幸福、维护生态健康等方面取得了较好的成绩,这也是我国进入高质量发展阶段、全面实现小康社会的具体体现。

(3)整体而言,我国的水利高质量发展水平仍有较大的提升空间,尤其是在西北地区,水资源天然补给能力较弱,水安全状况较差,水资源本底不足难以支撑经济社会快速发展,生态健康的相对落后也是该地区水利高质量发展水平落后于全国的主要原因。在未来水利事业发展进程中,应注重水生态功能的保护和修复、注重水利事业对人民幸福的满足程度,因地制宜、各有侧重地发展水利事业。相比于西北地区,华东地区的水利高质量发展水平较高,良好的水系特征和地理位置使其拥有更充足的水资源,较高水资源供给水平进一步促进了地区的经济发展、生态健康和文化遗产等,人民的生活得到改善,幸福感得到满足。在未来水利发展中,应明确自身定位,加快推动水利领域科技创新向先进生产力的转化,着力解决水利发展中存在的重难点问题,树立更高的水利高质量发展目标。

5 结 论

(1)本文在新时代高质量发展的背景和要求下,对水利高质量发展的概念进行了界定,解读了水利高质量发展的内涵,并从多个维度提出了判别准则。基于判别准则构建了水利高质量发展指标体系,采用综合评价方法,对中国内地31个省级行政区的水利高质量发展水平进行了定量评价。

(2)水利高质量发展是一种高标准保障水安全、高效支撑经济发展、高度满足人民幸福、高度维护生态健康、高要求弘扬水文化的高水平水利发展模式,是新时代水利高水平发展的基本遵循。

(3)中国水利高质量发展整体水平仍有较大提升空间,部分省份(自治区)处于“中等水平”。差异性较大准则层指数为 SEI 和 GSI ,主要制约指标是万元GDP用水量和单方水粮食生产量以及有效灌溉面积率和水利投资比例。

(4)本文提出的水利高质量发展评价体系重点在于对其理论和量化方法的探讨,构建的指标体系可以根据地区实际进行动态调整。研究成果能够为我国发布水利高质量发展评价报告、各行政区评价本区域水利高质量发展水平提供理论和技术支撑,也能够为各地区选择水利高质量发展路径提供参考。

参考文献:

[1] ADEEL Z. A renewed focus on water security within the 2030 agenda for sustainable development[J]. Sustainability Science, 2017, 12: 891–894.

- [2] 左其亭. 新时代中国特色水利发展方略初论[J]. 中国水利, 2019(12): 3–6+15.
- [3] 左其亭, 姜龙, 马军霞, 等. 黄河流域高质量发展判断准则及评价体系[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(3): 1–8+22.
- [4] 李国英. 推动新阶段水利高质量发展 全面提升国家水安全保障能力——写在2022年“世界水日”和“中国水周”之际[J]. 中国水利, 2022(6): 2+1.
- [5] 左其亭. 黄河流域生态保护和高质量发展研究框架[J]. 人民黄河, 2019, 41(11): 1–6+16.
- [6] 汪安南. 以“十六字”治水思路为指引 加快推进新阶段黄河流域水利高质量发展[J]. 人民黄河, 2022, 44(3): 1–4.
- [7] 韩宇平, 苏潇雅, 曹润祥, 等. 基于熵-云模型的我国水利高质量发展评价[J]. 水资源保护, 2022, 38(1): 26–33+61.
- [8] 喻君杰. 水利高质量发展评价因素初探[J]. 水利发展研究, 2019, 19(10): 27–32.
- [9] 李琳, 邓湘汉, 霍炜洁, 等. 检验检测服务水利高质量发展分析[J]. 人民黄河, 2021, 43(12): 143–146.
- [10] 张建松. 黄河流域水利风景区高质量发展的原则与路径[J]. 华北水利水电大学学报(社会科学版), 2022, 38(4): 12–17.
- [11] 中华人民共和国水利部. 水生态文明城市建设评价导则 SL/Z 738—2016[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016.
- [12] 高敏雪, 贾俊平. 《中国统计年鉴》数从哪里来[J]. 中国统计, 2010(5): 36–37.
- [13] 左其亭, 罗增良. 水生态文明定量评价方法及应用[J]. 水利水电技术, 2016, 47(5): 94–100.
- [14] 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.
- [15] 水利部水资源司. 全国河流健康评估指标、标准与方法(办资源[2010]484号)[Z]. 北京: 水利部办公厅, 2010.
- [16] 欧建锋, 程吉林. 江苏水利现代化评价指标体系研究[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(5): 12–15.
- [17] YANG Zhe, YANG Kan, SU Lyumen, et al. Two-dimensional grey cloud clustering – fuzzy entropy comprehensive assessment model for river health evaluation[J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2019, 26(3): 1–31.
- [18] SHI Tao, YANG Shenyang, ZHANG Wei, et al. Coupling coordination degree measurement and spatiotemporal heterogeneity between economic development and ecological environment—Empirical evidence from tropical and subtropical regions of China[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 244: 118739.

(下转第123页)

泵装置能量效率参数的预测模型,该预测模型输入变量采用转速、扬程、流量及轴功率,输出变量为泵装置效率。BP-ANN预测模型经试验数据检验表明,预测的泵装置效率绝对偏差在1%以内,该结果可为不同转速时泵装置的能量性能参数换算提供理论参考。

参考文献:

- [1] 阚 阚,郑 源,孙奥冉.不同转速对轴流泵装置水力性能的影响研究[J].水电与抽水蓄能,2020,6(4):46-49.
- [2] HAN Yadong, TAN Lei. Influence of rotating speed on tip leakage vortex in a mixed flow pump as turbine at pump mode[J]. Renewable Energy, 2020, 162: 144-150.
- [3] 孙奥冉.变速工况下轴流泵性能特性研究[J].水泵技术,2019(3):1-5.
- [4] 李福正,黄桥高,潘 光,等.不同转速下前置泵喷推进器性能对比[J].西北工业大学学报,2021,39(5):945-953.
- [5] 张文鹏,汤方平,谢荣盛,等.轴流泵变角与变速的试验分析[J].中国农村水利水电,2016(10):186-188.
- [6] 沙 毅,宋德玉,段福斌,等.轴流泵变转速性能试验及内部流场数值计算[J].机械工程学报,2012,48(6):187-192.
- [7] 徐 磊,刘 超,王芑也,等.平面S型轴伸泵装置变转速水力特性[J].灌溉排水学报,2016,35(11):74-79.
- [8] 杨 帆,高 慧,刘 超,等.转速对贯流泵装置流道水力参数影响的数值分析[J].河海大学学报(自然科学版),2018,46(6):551-557.
- [9] 杨 帆,陈世杰,李 振,等.不同转速时贯流泵装置出水流道水力性能分析[J].水动力学研究于进展(A辑),2017,32(6):779-785.
- [10] 李超群,魏清顺.采用基因表达式编程的潜水泵性能预测[J].水电能源科学,2020,38(4):150-153+180.
- [11] 崔建国,李鹏程,崔 霄,等.基于ARIMA-LSTM的飞机液压泵性能趋势预测方法[J].振动.测试与诊断,2021,41(4):735-740+832.
- [12] 李 君,陈佳文,廖伟丽,等.基于小波神经网络的轴流泵性能预测[J].农业工程学报,2016,32(10):47-53.
- [13] 赖喜德,程 海,叶道星,等.核主泵四象限特性曲线的数值预测[J].排灌机械工程学报,2021,39(5):433-438.
- [14] 李 伟,王 磊,施卫东,等.基于全因子试验碱液循环泵固液两相流数值计算与性能预测[J].排灌机械工程学报,2021,39(9):865-870+916.
- [15] 中华人民共和国水利部.水泵模型及装置模型验收试验规程:SL140—2006[S].北京:电子工业出版社,2007.
- [16] YANG Fan, CHANG Pengcheng, YUAN Yao, et al. Analysis of timing effect on flow field and pulsation in vertical axial flow pump[J]. Journal of Marine Science and Engineering, 2021, 9(12): 1429.
- [17] 刘 超.水泵及水泵站[M].北京:中国水利水电出版社,2009.
- [18] 张 弛,李彦军,蒋红樱,等.肘形进水流道水力优化仿真计算与试验[J].排灌机械工程学报,2016,34(10):860-866.
- [19] 王本宏,王福军,谢丽华,等.斜式轴流泵装置出水流道偏流特性研究[J].水利学报,2021,52(7):829-840.
- [20] 张 帆,张金凤,张 霞,等.基于全流场的泵装置出水流道内流特性分析[J].排灌机械工程学报,2018,36(12):1246-1251.
- [21] RAJAKARUNAKARAN S, VENKUMAR P, DEVARAJ D, et al. Artificial neural network approach for fault detection in rotary system[J]. Application Soft Computing, 2008, 8(1): 740-748.
- [22] 杨 帆,刘 超,汤方平,等.可调后置导叶对泵装置水力特性的影响与预测[J].农业机械学报,2015,46(4):40-46.
- [23] 朱红耕,张仁田,程吉林,等.变速运行混流泵装置性能预测与参数换算[J].水力发电学报,2010,29(6):205-210.
- [24] 袁 尧,许旭东,王小勇,等.基于曲面拟合的水泵性能曲线参数化研究[J].流体机械,2016,44(3):22-24.

(上接第117页)

- [19] BABEL M S, SHINDE V R, SHARMA D, et al. Measuring water security: A vital step for climate change adaptation[J]. Environmental Research, 2020, 185: 109400.
- [20] SADAT M A, GUAN Yiqing, ZHANG Danrong, et al. The associations between river health and water resources management lead to the assessment of river state[J]. Ecological Indicators, 2020, 109: 105814.
- [21] 左其亭,王 丽,高军省.资源节约型社会评价——指标·方法·应用[M].北京:科学出版社,2009.
- [22] 水利部.水利部关于开展2021年度实行最严格水资源管理制度考核工作的通知[J].中华人民共和国水利部公报,2021(4):52.
- [23] 左其亭,张 云,林 平.人水和谐评价指标及量化方法研究[J].水利学报,2008,39(4):440-447.
- [24] 李原园,李云玲,何 君.新发展阶段中国水资源安全保障战略对策[J].水利学报,2021,52(11):1340-1346+1354.