

长江经济带水资源与区域高质量发展 发展和谐度评价研究

汪倩^{1,2} 陈军飞^{1,2,3} 邓梦华^{1,2,1}

(1. 河海大学 商学院, 江苏 南京 211100;

2. 江苏长江保护与高质量发展研究基地, 江苏 南京 210098;

3. 河海大学 长江保护与绿色发展研究院, 江苏 南京 210098)

【摘要】: 以新发展理念为指导, 提出长江经济带水资源与区域高质量发展和谐的内涵并阐述其和谐特征, 从创新、协调、绿色、开放、共享五个维度构建了长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度评价指标体系, 采用熵权法和模糊联系度分析法对 2018 年长江经济带沿线 11 省份水资源与区域高质量发展和谐度进行综合评价。结果表明: 长江经济带共享维度和绿色维度和谐度水平较高, 开放、协调及创新维度和谐度水平较低; 就各维度内指标而言, 进出口虚拟水量、外资总额虚拟水量等指标和谐度水平较低, 节水灌溉指数、城乡居民人均虚拟水量之比、人均水资源量、节约用水情况等指标和谐度水平在长江经济带上、中、下游的分布呈现不同空间特征。因此, 需因地制宜、多措并举地提升长江经济带水资源与区域高质量发展的和谐度水平。

【关键词】: 和谐度 高质量发展 水资源 长江经济带 模糊联系度分析

【中图分类号】: X196; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)04-163-07

长江经济带覆盖东、中、西部 11 省份, 面积约 205 万平方千米, 人口和经济总量均超过全国的 40%, 发展潜力巨大, 综合实力强, 区位优势突出, 生态地位重要。习近平总书记指出要将长江经济带建设成为“引领我国经济高质量发展的生力军”。可见, 新形势下找出推进长江经济带高质量发展的路径事关国家发展战略的成败。《长江经济带发展规划纲要》中明确了“生态优先, 绿色发展”的总要求, 这为长江经济带的高质量发展指明了方向。水资源作为长江经济带由高速发展转为高质量发展中不可替代的基础资源, 也是生态环境的重要组成部分, 若其利用与保护现状能达到和谐平衡, 就有助于推动区域高质量发展; 若其利用和保护现状无法达到和谐平衡, 就会对区域高质量发展起阻碍作用^[1]。

当前长江经济带水资源面临诸多问题, 已然制约了其高质量发展。在长江流域规划范围内, 具有监测能力的重要水功能区不足 70%, 且分布不均; 目前部分水源地管理与保护方面依然存在问题; 中上游地区如四川盆地、黔中、赣南等地供水矛盾突出; 下游某些沿江地区和部分湖泊存在水质性缺水问题, 导致地下水资源超采严重; 部分地区水资源利用率低下, 水环境有待优化

作者简介: 汪倩, 博士研究生, 讲师, 研究方向为资源与环境管理、区域可持续发展。E-mail:wangqian5694@163.com; 陈军飞, 博士, 教授, 研究方向为管理科学与系统工程、资源与环境管理。E-mail:chenjunfei@hhu.edu.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目“长江水资源开发保护战略与关键技术研究”(2019YFC0409000); 国家自然科学基金项目“水—能源—粮食—生态纽带关系下区域高质量发展诊断预警及治理策略研究——以长三角城市群为例”(42071278)

等，这些问题都与国家当前推进的高质量发展要求不相适应^[2]。长江经济带作为国家重大发展战略，水资源对其高质量发展产生的约束力比以往更加突出。因此，如何客观评估长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度水平，寻求水资源与区域高质量发展和谐平衡具有重要的意义。这既是长江经济带实现高质量发展、水资源实现可持续利用之关键，也为其他地区推进水资源与区域高质量发展实现和谐平衡提供理论支持，产生示范效应。

1 文献综述

目前，国内外已有部分研究成果探讨水资源和区域高质量发展的关系。刘耀彬等^[3]指出长江经济带高质量发展必须关注水资源产生的资源约束问题。王喜峰和李富强^[4]基于投入产出模型，分析了区域高质量发展与水资源承载力间的关系，提出高质量发展内涵下的产业结构优化调整及技术进步是突破水资源承载力的主要因素。胡甲均和马水山^[2]认为水利是区域高质量发展不可替代的基础支撑，并从水生态保护、完善防洪减灾体系等几个方面提出对策建议。丁绪辉等^[5]通过对长江经济带用水效率空间溢出效应的考察，得出用水效率的提升及水污染排放的降低有助于推进长江经济带高质量发展的结论。还有部分学者在可持续发展的范畴内对水资源和区域高质量发展相关关系进行研究，例如如何实现水污染处理、水资源保护与经济社会可持续发展之间的平衡^[6]，或是从工业^[7]、农业^[8]、生活用水^[9]等角度探讨水资源利用和经济增长、社会发展的动态关系。

水资源和经济社会发展和谐度方面，一些学者做了有益的探索。王济干等^[10]根据水资源配置的目标和原则提出了水资源系统和谐性概念，并对水资源配置的和谐性进行了定量分析。左其亭等^[1]在探讨水资源利用与保护的基础上提出了人水和谐理论。马骏和郑垂勇^[11]提出了水资源与经济社会发展和谐理论，并进行实证研究。

区域高质量发展的研究集中于高质量发展内涵的界定^[12]、高质量发展水平测度研究^[13]以及从自主创新^[14]、对外开放^[15]、区域协调发展^[16]等一维或多维角度进行定性定量分析，探讨如何实现区域高质量发展。作为区域高质量发展的理论先导与发展着力点，“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念集中概括了上述维度特征，故其能否得到贯彻实施从根本上决定了区域高质量发展的成效乃至成败。

通过梳理文献可知，目前关于水资源和区域高质量发展关系方面的研究还在起步阶段。随着近些年生态优先、绿色发展及高质量发展等理念的提出，以及相关理论不断发展，需要从这些新的视角重新审视水资源与区域发展的关系。基于此，本文从水资源与区域高质量发展是否和谐的角度对两者间的关系进行深入探讨，提出长江经济带水资源与区域高质量发展和谐的内涵；基于“创新、协调、绿色、开放、共享”五个维度构建长江经济带 11 省份水资源与区域高质量发展和谐度综合评价指标体系，构建熵权法和模糊联系度分析法相结合的和谐度计算方法，对长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度进行评价研究。

2 长江经济带水资源与区域高质量发展和谐特征

本文以新发展理念为出发点，从创新、协调、绿色、开放、共享五个发展维度探讨如何实现水资源利用与保护二者间的平衡^[17]，谋求水资源与区域高质量发展的和谐状态(图 1)，其和谐特征至少体现为以下五个方面。

首先，水资源与区域高质量发展和谐状态必须是以创新驱动为核心的水资源高效利用的状态。从投入产出角度看，工业、农业用水效率不断提高，万元产值水耗达到世界先进水平。创新维度下水资源与区域高质量发展和谐平衡旨在以用水效率的提高及水资源合理配置代替水资源粗放利用的发展范式。

第二，水资源与区域高质量发展和谐状态必须是城乡用水协调、区域供水协调、公众用水意识与节水意识协调的状态。协调维度下水资源与区域高质量发展的和谐平衡旨在缩小长江经济带城乡之间、区域之间、公众之间在水资源利用与保护方面的差距。

第三，水资源与区域高质量发展和谐状态必须是以绿色发展为基础的水资源可持续利用的状态。应加强水环境治理力度，提高水环境质量，使各项水环境指标趋稳向好。绿色维度下水资源与区域高质量发展的和谐平衡意为将水安全保障、水生态保护放在首位，以水资源可持续利用支撑区域绿色发展。

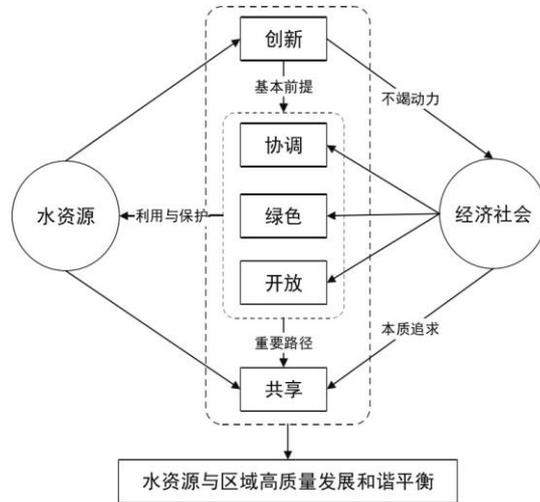


图1 水资源与区域高质量发展和谐状态示意图

第四，水资源与区域高质量发展和谐状态必须是以高水平开放为契机的水资源合理利用的状态。应依托“黄金水道”，深刻领会“一带一路”倡议，发展外向型经济，以带动内地经济发展。开放维度下水资源与区域高质量发展的和谐平衡意为借助水文地理环境之禀赋优势，发挥“黄金水道”绿色发展效能，以实现对外开放新格局下的水资源合理利用和新旧动能转换。

第五，水资源与区域高质量发展和谐状态必须是全社会共享水资源和经济社会发展的成果、水资源管理机制得以共建的状态。就本质而言，发展的最终目的在于发展成果能够公平而有效地分配于经济社会活动的参与者，满足参与者的特定需求。共享维度下水资源与区域高质量发展的和谐平衡是基于协调、绿色、开放等维度的和谐平衡，以满足人对水资源的共享需求为主要目标。

3 和谐度评价指标体系及研究方法

3.1 和谐度评价指标体系

通过建立水资源与区域高质量发展和谐度指标体系，可以量化分析长江经济带水资源与区域高质量发展的和谐程度，故指标的选取既要反映出地区水资源利用与保护的现状，又要体现水资源与区域高质量发展之间的关系。

3.1.1 和谐度评价指标体系构建

基于前文对于长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度内涵及特征的解读，以及遵循科学性、代表性、系统性和可得性等原则，从创新、协调、绿色、开放、共享五个发展维度构建水资源与区域高质量发展和谐度综合评价指标体系。该评价指标体系具有三层结构，目标层为水资源与区域高质量发展和谐度，准则层包括创新、协调、绿色、开放、共享五个维度，指标层共选取22个指标，如图2所示。

3.1.2 和谐度评价指标等级划分

本文将水资源与区域高质量发展和和谐度评价指标分为五个等级，I级为低水平，II级为较低水平，III级为一般水平，IV级为较高水平，V级为高水平。确定指标等级的依据，可采用以下方法^[1,18]：(1)采用目前行业公认的标准；(2)有国家标准或地方标准的，采用规定标准进行等级划分；(3)采用国内外相关组织和研究机构的研究成果，或是寻求专家意见；(4)将国际上较高发展水平的状态值加一定比例定为最高值，将国际上较低发展水平的状态值减一定比例定为最低值。基于上述标准，指标等级划分如表1所示。

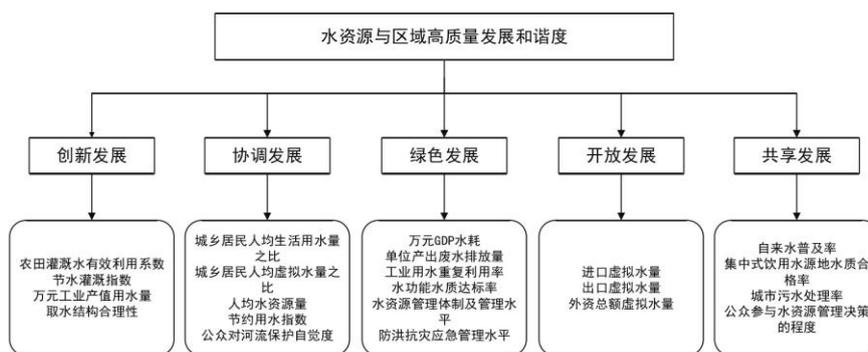


图2 长江经济带水资源与区域高质量发展和和谐度评级指标体系

3.2 研究方法

3.2.1 熵权法

本文采用熵权法确定长江经济带水资源与区域高质量发展和和谐度评价指标权重。因各和谐度评价指标存在单位和量纲上的差异，故对评价指标进行归一化处理，即：

$$y_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (1)$$

式中： x_{ij} 为省份*i*的第*j*项评价指标的样本值。

计算第*j*项评价指标的信息熵 e_j 与熵权 w_j ，即：

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (2)$$

$$w_j = (1 - e_j) / (n - \sum_{j=1}^n e_j) \quad (3)$$

3.2.2 模糊联系度分析法

模糊联系度分析法能够较为细致地区分优劣，在处理问题时较为客观，又能避免对信息处理的片面性^[18,19]。故本文采用模糊

联系度分析法求取和谐度。模糊联系度模型的具体步骤如下。

(1) 分析评价问题，构建研究集对。以长江经济带省份 i 的第 j 项评价指标样本值 x_{ij} 组成评价指标集 $A_j = \{x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}\}$ ，以该指标评价标准等级 g 组成标准集 B_j ，则集合 A_j 、 B_j 构成集对 $H = (A_j, B_j)$ 。

(2) 采用“同异反层次法”建立集对同异反层次结构，确定水资源与区域高质量发展和谐度联系度表达式为^[19]：

$$u_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - s_{1j}}{2(s_{0j} - s_{1j})} + 0.5 + \frac{s_{0j} - x_{ij}}{2(s_{0j} - s_{1j})} I_1 + 0I_2 + \dots + \\ 0I_{G-2} + 0J_1 + 0J_2 & x_{ij} \in \text{I级} \\ 0 + \frac{x_{ij} - s_{2j}}{2(s_{1j} - s_{2j})} + 0.5I_1 + \frac{s_{1j} - x_{ij}}{2(s_{1j} - s_{2j})} I_2 + \dots + \\ 0I_{G-2} + 0J_1 + 0J_2 & x_{ij} \in \text{II级} \\ \dots & \dots \\ 0 + 0 + \dots + \frac{x_{ij} - s_{gj}}{2(s_{(g-1)j} - s_{gj})} I_{g-2} + 0.5I_{g-1} + \\ \frac{s_{(g-1)j} - x_{ij}}{2(s_{(g-1)j} - s_{gj})} I_g + \dots + 0I_{G-2} + 0J_1 + 0J_2 & x_{ij} \in \text{g级} \\ \dots & \dots \\ 0 + 0 + \dots + \frac{x_{ij} - s_{(G-1)j}}{2(s_{(G-2)j} - s_{(G-1)j})} I_{G-3} + 0.5I_{G-2} + \\ \frac{s_{(G-2)j} - x_{ij}}{2(s_{(G-2)j} - s_{(G-1)j})} J_1 + 0J_2 & x_{ij} \in \text{(G-1)级} \\ 0 + 0 + \dots + 0I_{G-3} + \frac{x_{ij} - s_{(G-1)j}}{2(s_{(G-2)j} - s_{(G-1)j})} I_{G-2} + \\ 0.5J_1 + \frac{s_{(G-2)j} - x_{ij}}{2(s_{(G-2)j} - s_{(G-1)j})} J_2 & x_{ij} \in \text{G级} \end{cases} \quad (4)$$

式中： u_{ij} 表示和谐度单指标联系度； x_{ij} 表示省份 i 评价指标 j 的样本值； s_{gj} 表示评价指标 j 的评价等级 g ； I_1, I_2, \dots, I_{G-2} 为差异度系数； J_1, J_2 为对立度系数； G 为和谐度评价指标标准等级数。

(3) 建立长江经济带各省份联系度与和谐度的投影函数，求省份 i 评价指标 j 的和谐度 HD_{ij} 及省份 i 的和谐度 HD_i ，即：

$$HD_{ij} = f(u_{ij})/G = (-2 \times u_{ij} + 3)/G \quad (5)$$

表 1 水资源与区域高质量发展和谐度评价指标分级标准

发展维度	序号	指标	等级					属性
			I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
			低水平	较低水平	一般水平	较高水平	高水平	
创新	C_1	农田灌溉水有效利用系数/%	[0.05, 0.15)	[0.15, 0.25)	[0.25, 0.50)	[0.50, 0.60)	[0.60, 1.00]	+

	C ₂	节水灌溉指数/%	[0.05, 0.15)	[0.15, 0.25)	[0.25, 0.40)	[0.40, 0.60)	[0.60, 1.00]	+
	C ₃	万元工业产值用水量/(吨/万元)	[500, 600)	[250, 500)	[80, 250)	[40, 80)	[0, 40]	—
	C ₄	取水结构合理性/%	[0.01, 0.10)	[0.20, 0.30)	[0.30, 0.40)	[0.40, 0.50)	[0.50, 1.00)	+
协调	C ₅	城乡居民人均生活用水量之比/%	[0.3, 0.4)	[0.4, 0.5)	[0.5, 0.6)	[0.6, 0.7)	[0.7, 1.0]	+
	C ₆	城乡居民人均虚拟水量之比/%	[0.26, 0.35)	[0.35, 0.40)	[0.40, 0.45)	[0.45, 0.50)	[0.50, 1.00]	+
	C ₇	人均水资源量/(m ³ /人)	[100, 1000)	[1000, 1700)	[1700, 2300)	[2300, 3000)	[3000, 17000]	+
	C ₈	节约用水指数/%	[0.0, 2.5)	[2.5, 5.0)	[5.0, 10.0)	[10.0, 20.0)	[20.0, 50.0]	+
	C ₉	公众对河流保护自觉性	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 4)	[4, 5]	+
绿色	C ₁₀	万元 GDP 水耗/(m ³ /万元)	[585, 1600)	[400, 585)	[220, 400)	[37, 220)	[5, 37]	—
	C ₁₁	单位产出废水排放量/(吨/万元)	[55, 100)	[40, 55)	[25, 40)	[10, 25)	[0.5, 10]	—
	C ₁₂	工业用水重复利用率/%	[10, 30)	[30, 50)	[50, 70)	[70, 90)	[90, 100]	+
	C ₁₃	水功能区水质达标率/%	[0, 50)	[50, 70)	[70, 80)	[80, 90)	[90, 80]	+
	C ₁₄	水资源管理体制及管理水平	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 4)	[4, 5]	+
	C ₁₅	防洪抗灾应急管理水平	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 4)	[4, 5]	+
开放	C ₁₆	进口虚拟水量/亿 m ³	[0, 10)	[10, 50)	[50, 100)	[100, 150)	[150, 300]	+
	C ₁₇	出口虚拟水量/亿 m ³	[0, 10)	[10, 20)	[20, 80)	[80, 150)	[150, 350]	+
	C ₁₈	外资总额虚拟水量/亿 m ³	[0, 0.5)	[0.5, 1)	[1, 5)	[5, 10)	[10, 20]	+
共享	C ₁₉	自来水普及率/%	[0, 50)	[50, 70)	[70, 80)	[80, 90)	[90, 100]	+
	C ₂₀	集中式饮用水源地水质合格率/%	[0, 70)	[70, 75)	[75, 85)	[85, 95)	[95, 100]	+
	C ₂₁	城市污水处理率/%	[0, 20)	[20, 40)	[40, 60)	[60, 80)	[80, 100]	+
	C ₂₂	公众参与水资源管理决策的程度	[0, 1)	[1, 2)	[2, 3)	[3, 4)	[4, 5]	+

$$HD_i = \sum_{j=1}^n w_j HD_{ij} \quad (6)$$

式中： w_j 为评价指标 j 的权重，由式(3)确定；和谐度 HD 的取值范围为[0, 1]，取值越高，和谐度越大。具体而言，当 $HD > 0.6$ 时，水资源与区域高质量发展处于和谐状态；当 $HD < 0.6$ 时，水资源与区域高质量发展处于不和谐状态^[19]。

4 评价结果与分析

4.1 数据来源

本文数据主要来源于 2018 年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国水资源公报》及各省份统计年鉴、各省份水资源公报等。公众对河流保护自觉性、水资源管理体制及管理水平、防洪抗灾应急管理水平和公众参与水资源管理决策的程度等 4 个指标为定性指标，由于没有国家或地方标准和相关文献数据可参考，故采用专家打分法获取。

4.2 结果分析

4.2.1 和谐度综合评价分析

长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度指标联系系数及综合评价结果如表 2 所示。由表 2 可知，长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度综合评价结果为 0.631，处于和谐状态。就各维度而言，除开放维度指标 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} (和谐度分别为 0.434、0.483、0.592)、协调维度指标 C_6 和 C_7 (和谐度分别为 0.520、0.597) 以及创新维度指标 C_2 (和谐度为 0.528) 和谐度较低以外，其余大部分指标和谐度处于较高水平 (大于 0.6)。这是因为长江经济带在“共抓大保护，不搞大开发”的核心思想指导下，促进水资源与区域高质量发展目标和行动高度统一的结果。

表 3 为长江经济带 11 省份水资源与区域高质量发展和谐度评价结果。由表 3 可知，上海的水资源与区域高质量发展和谐度较高。江苏、浙江、四川 3 省的水资源与区域高质量发展和谐度分别为 0.784、0.725 和 0.624，处于和谐状态，其中，江苏和浙江的和谐度均高于长江经济带平均水平。四川的和谐度水平虽已达到和谐状态，但略低于长江经济带平均水平。安徽、江西、湖北、湖南、重庆、贵州和云南等省份的水资源与区域高质量发展和谐度普遍较低，处于不和谐状态。

4.2.2 各维度和谐度评价分析

表 2 长江经济带水资源与区域高质量发展和谐度指标联系系数及评价结果

评价指标	联系系数	和谐度	
创新	C_1	$0+0+0I_1+0.33I_2+0.5I_3+0.17J_1+0J_2$	0.768
	C_2	$0+0+0.43I_1+0.5I_2+0.07I_3+0J_1+0J_2$	0.528
	C_3	$0+0+0I_1+0.0901I_2+0.5I_3+0.4099J_1+0J_2$	0.864
	C_4	$0+0+0.11I_1+0.5I_2+0.4I_3+0J_1+0J_2$	0.660
协调	C_5	$0+0+0I_1+0.245I_2+0.5I_3+0.255J_1+0J_2$	0.802
	C_6	$0+0+0.45I_1+0.5I_2+0.05I_3+0J_1+0J_2$	0.520
	C_7	$0+0+0.2564I_1+0.5I_2+0.2436I_3+0J_1+0J_2$	0.597

	C ₈	$0+0+0I_1+0.346I_2+0.5I_3+0.154J_1+0J_2$	0.762
	C ₉	$0+0+0I_1+0.35I_2+0.5I_3+0.15J_1+0.1J_2$	0.760
绿色	C ₁₀	$0+0+0I_1+0.0888I_2+0.5I_3+0.4112J_1+0J_2$	0.864
	C ₁₁	$0+0+0I_1+0I_2+0.4016I_3+0.5J_1+0.0984J_2$	0.920
	C ₁₂	$0+0+0I_1+0.3702I_2+0.5I_3+0.1298J_1+0J_2$	0.752
	C ₁₃	$0+0+0I_1+0.295I_2+0.5I_3+0.205J_1+0J_2$	0.782
	C ₁₄	$0+0+0I_1+0.35I_2+0.5I_3+0.15J_1+0J_2$	0.760
	C ₁₅	$0+0+0I_1+0.45I_2+0.5I_3+0.05J_1+0J_2$	0.720
开放	C ₁₆	$0+0.1653+0.5I_1+0.3347I_2+0I_3+0J_1+0J_2$	0.434
	C ₁₇	$0+0.0426+0.5I_1+0.4574I_2+0I_3+0J_1+0J_2$	0.483
	C ₁₈	$0+0+0.2688I_1+0.5I_2+0.2312I_3+0J_1+0J_2$	0.592
共享	C ₁₉	$0+0+0I_1+0I_2+0.0865I_3+0.5J_1+0.4135J_2$	0.983
	C ₂₀	$0+0+0I_1+0I_2+0.28I_3+0.5J_1+0.22J_2$	0.944
	C ₂₁	$0+0+0I_1+0I_2+0.1285I_3+0.5J_1+0.3715J_2$	0.974
	C ₂₂	$0+0+0I_1+0.45I_2+0.5I_3+0.05J_1+0J_2$	0.720
综合评价		$0+0.0299+0.2563I_1+0.3692I_2+0.2218I_3+0.1005J_1+0.0244J_2$	0.631

表 3 长江经济带 11 省份水资源与区域高质量发展和谐度评价结果

区域	联系数	和谐度
上海	$0.0260+0.0279+0.0373I_1+0.1535I_2+0.3468I_3+0.3171J_1+0.0899J_2$	0.803
江苏	$0.0164+0.0597+0.0675I_1+0.1415I_2+0.3657I_3+0.3379J_1+0.0494J_2$	0.784
浙江	$0+0.0192+0.1580I_1+0.2748I_2+0.2843I_3+0.2060J_1+0.0626J_2$	0.725
安徽	$0+0.1708+0.3192I_1+0.2306I_2+0.1428I_3+0.0985J_1+0.0380J_2$	0.551
江西	$0+0.2071+0.2961I_1+0.2054I_2+0.1731I_3+0.0875J_1+0.0308J_2$	0.540
湖北	$0.0246+0.1691+0.2382I_1+0.1931I_2+0.1990I_3+0.1378J_1+0.0382J_2$	0.585
湖南	$0.0208+0.1825+0.2581I_1+0.2104I_2+0.1853I_3+0.1071J_1+0.0359J_2$	0.561
重庆	$0.0197+0.1585+0.2664I_1+0.1989I_2+0.1953I_3+0.1426J_1+0.0289J_2$	0.583

四川	$0+0.0974+0.2603I_1+0.2487I_2+0.2054I_3+0.1511J_1+0.0344J_2$	0.624
贵州	$0.1304+0.2448+0.1368I_1+0.1574I_2+0.2058I_3+0.1032J_1+0.0270J_2$	0.516
云南	$0.0333+0.2764+0.2588I_1+0.1110I_2+0.1858I_3+0.1126J_1+0.0221J_2$	0.515

表4为长江经济带11省份各维度水资源与区域高质量发展和谐度评价结果。由表4可知，长江经济带共享维度和谐度水平最高(0.901)，表明长江经济带现阶段的水资源共享维度对区域高质量发展具有促进作用。长江经济带开放维度和谐度水平最低(为0.495)，除上海、江苏、浙江以外，其余省份均低于平均水平，表明这些省份的水资源开放维度严重制约了其高质量发展水平。长江经济带水资源绿色维度和谐度为0.803，上海、江苏、浙江、安徽、湖北、四川等省份和谐度较高(大于0.8)，这是因为这些省份在节约用水、水资源高效利用、减少污水排放、建立健全用水权、排污权等方面有所提升的结果。长江经济带创新和协调维度和谐度分别为0.657和0.619，其中除上海、浙江、四川3省的创新、协调维度均高度和谐外，其余省份至少有一个维度处于不和谐状态，可知区域水资源创新和协调维度对长江经济带各省水资源与区域高质量发展和谐度水平的提升产生了不同程度的制约作用。

表4 各维度和谐度综合评价结果

区域	创新	协调	绿色	开放	共享
上海	0.841	0.694	0.898	0.762	0.987
江苏	0.763	0.500	0.865	0.879	0.900
浙江	0.889	0.605	0.888	0.607	0.903
安徽	0.520	0.536	0.817	0.383	0.920
江西	0.519	0.572	0.778	0.351	0.908
湖北	0.511	0.693	0.822	0.381	0.944
湖南	0.465	0.696	0.751	0.375	0.902
重庆	0.566	0.723	0.728	0.393	0.870
四川	0.668	0.784	0.798	0.409	0.819
贵州	0.510	0.671	0.760	0.251	0.900
云南	0.558	0.562	0.745	0.304	0.837
长江经济带	0.657	0.619	0.803	0.495	0.901

4.2.3 各维度内指标评价分析

(1) 创新维度指标和谐度(图3)方面:

安徽、江西、湖北、湖南、重庆、贵州、云南等省份节水灌溉指数和谐度较低，这是由于部分灌区存在不计量、不收水费等现象，导致其农业水消费高居不下，农业产出贡献与水资源消耗量远不相称。由于供给侧结构性改革效果日益凸显，大部分省份工业用水效率和谐度较高。上海、江苏、安徽、江西、湖南等省份的取水结构合理性和和谐度较低，说明三产中水资源的投入产出效率依然不高，水资源配置有待优化。

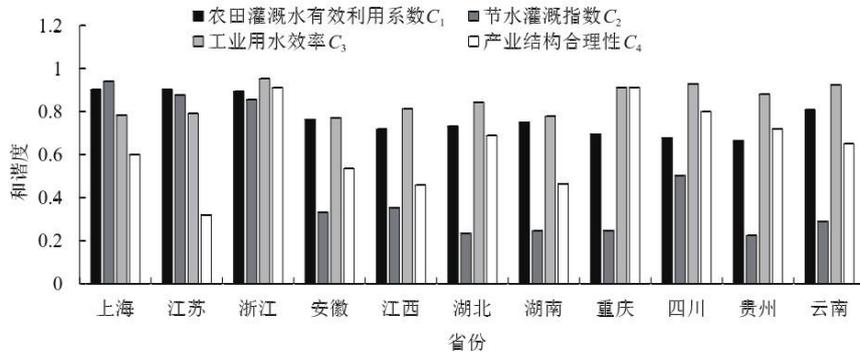


图3 创新维度指标和谐度

(2) 协调维度指标和谐度(图4)方面:

11 省份城乡居民人均生活用水量之比、公众对河流保护自觉度和和谐度普遍较高，可知新型城镇化的推动缩小了城乡居民生活用水质量的差距，环保精神文明的建设增强了公众对水资源、水环境的保护意识。城乡居民人均虚拟水量之比和谐度呈现中下游地区高、上游地区低的趋势。节约用水和谐度则呈现相反的趋势，即中下游地区低、上游地区高，可知长江经济带中下游地区节约用水能力和技术有待提高，上游地区城乡间水资源利用存在问题，城乡差距较大。

(3) 绿色维度指标和谐度(图5)方面:

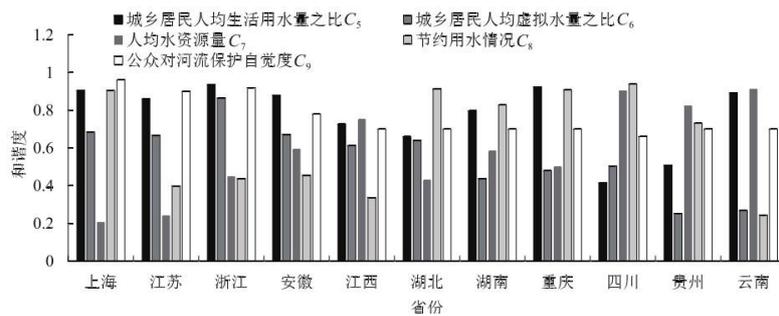


图4 协调维度指标和谐度

长江经济带 11 省份万元 GDP 水耗、单位产出废水排放量、工业用水重复利用率、水资源管理体制及管理水平、防洪抗灾管理水平等 5 项指标大多处于较和谐状态，说明长江经济带各省份不仅在水污染治理、水灾害防治方面初具成效，还运用市场机制，推动水权、水务、水利等市场的建设，使绿色维度下的和谐度明显提升。水功能区水质达标率和和谐度较高，达标率普遍高于全国平均水平(66.4%)，但仍有个别省份未达到国家控制标准(80%)。

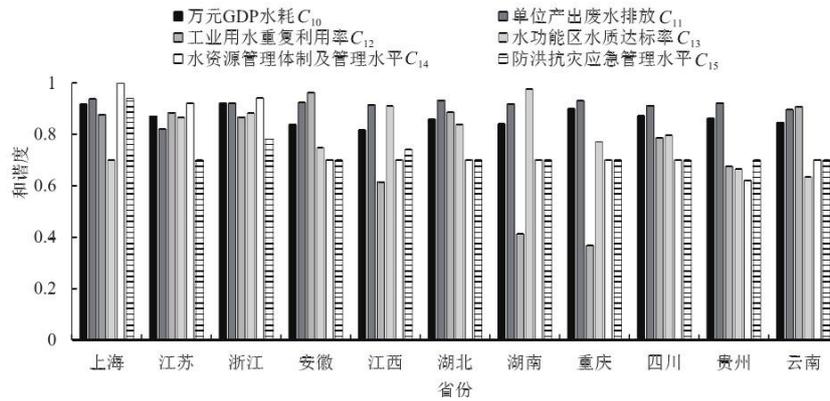


图5 绿色维度指标和谐度

(4) 开放维度指标和谐度(图6)方面:

长江经济带下游省份(上海、江苏、浙江)进出口虚拟水量、外资总额虚拟水量指标和谐度水平较高,而中上游省份(江西、湖北、湖南、贵州等)进出口虚拟水量、外资总额虚拟水量指标和谐度水平普遍低于长江经济带平均水平,可知在开放维度下中上游地区对“黄金水道”依托度还不够,开放经济层次和水平还有较大的提升空间。

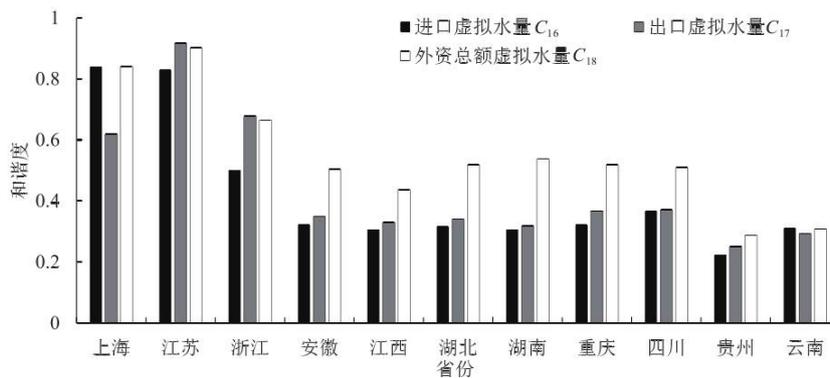


图6 开放维度指标和谐度

(5) 共享维度指标和谐度(图7)方面:

自来水普及率、集中式饮用水源地水质合格率、城市污水处理率和公众参与水资源管理决策的程度等4个指标和谐度都比较高,可知长江经济带各省份基本实现居民饮水和用水安全的目标,逐渐建立了广大人民群众参与水资源保护和管理机制,从水资源共享层面实现了较高水平的水资源与区域高质量发展的和谐平衡。

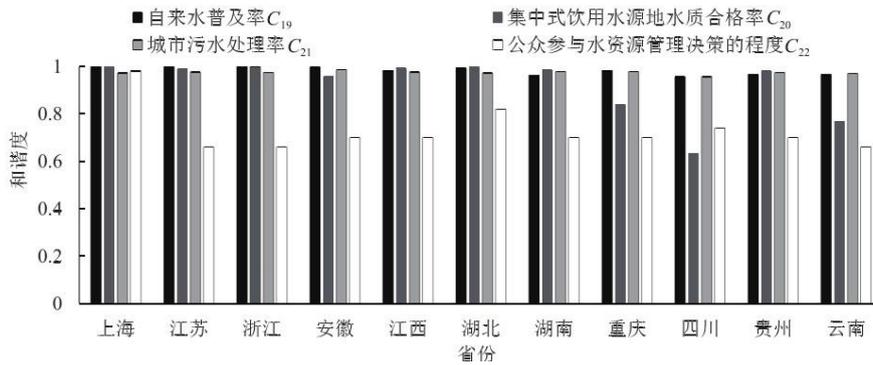


图 7 共享维度指标和谐度

5 结论与政策启示

本文将新发展理念与长江经济带水资源开发、利用、保护等情况嵌套在一起，提出了独具长江经济带特色的水资源与区域高质量发展和谐内涵并构建相应的指标体系，结合模糊联系度分析法对长江经济带沿线 11 省份水资源与区域高质量发展和谐度进行综合评价。主要结论为：

(1) 长江经济带 11 省份共享和绿色维度和谐度水平较高，对实现水资源与区域高质量发展的和谐平衡起到推动作用，开放、协调和创新维度和谐度水平较低，造成水资源与区域高质量发展和谐度提升的瓶颈状态。

(2) 就各维度内指标而言，工业用水效率、万元 GDP 水耗、自来水普及率等指标和谐度较高，进出口虚拟水量、外资总额虚拟水量等指标和谐度较低；而部分指标呈现区域性差异，如节水灌溉指数、城乡居民人均虚拟水量之比等指标和谐度分布为下游地区高、中上游地区低，而人均水资源量、取水结构合理性、节约用水情况等指标和谐度分布呈现相反的空间特征，即下游地区低，中上游地区高。

基于上述结论，现阶段需多措并举地提升长江经济带水资源与区域高质量发展的和谐度，因地制宜，有针对性地开展政策制定及落实工作。建议如下：

(1) 建立适合长江经济带各省份区域特色、既协调又统一的水资源管理体制与机制，以水资源管理“三条红线”为控制目标，将“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念融入长江水资源的开发、利用、治理、节约、保护等各个环节，进一步完善水资源管理制度，力求从体制制度上推动长江经济带水资源与区域高质量发展实现和谐平衡。

(2) 充分发挥长江“黄金水道”的作用，特别是中上游地区相关城市，要充分依托长江沿线丰富的水运资源，依托“一带一路”倡议，积极转移丰富且有竞争力的产能，以提高对外开放水平，形成对外开放新格局，进一步缩小与下游地区的发展差距，促进中上游地区水资源与区域高质量发展和谐度水平的提升。

参考文献:

- [1] 左其亭, 赵衡, 马军霞. 水资源与经济社会和谐平衡研究[J]. 水利学报, 2014(7): 785-792, 800.
- [2] 胡甲均, 马水山. 水利支撑长江经济带高质量发展的举措[J]. 长江技术经济, 2018(3): 10-14

-
- [3]刘耀彬,肖小东,邵翠.长江经济带水土资源约束的动态转换机制及空间异质性分析——基于平滑面板转换模型和趋势面的检验[J].中国人口·资源与环境,2019(3):89-98.
- [4]王喜峰,李富强.经济安全、高质量发展与水资源承载力关系研究[J].价格理论与实践,2019(1):22-26.
- [5]丁绪辉,高素惠,吴凤平.环境规制、FDI集聚与长江经济带用水效率的空间溢出效应研究[J].中国人口·资源与环境,2019(8):148-155.
- [6]Garrick D E,Hanemann M,Hepburn C.Rethinking the economics of water:An assessment[J].Oxford Review of Economic Policy,2020,36(1):1-23.
- [7]常焱,贾玉成.京津冀水资源与经济社会协调度分析[J].人民长江,2020(2):91-96.
- [8]佟金萍,马剑锋,王圣,等.长江流域农业用水效率研究:基于超效率DEA和Tobit模型[J].长江流域资源与环境,2015(4):603-608.
- [9]Lu S B,Zhang X L,Tang Y.Evolutionary analysis on structural characteristics of water resource system in basins of Northern China[J].Sustainable Development,2020,28(4):800-812.
- [10]王济干,张婕,董增川.水资源配置的和谐性分析[J].河海大学学报(自然科学版),2003(6):702-705.
- [11]马骏,郑垂勇.南水北调东中线受水区水资源与社会经济和谐度评价[J].中国人口·资源与环境,2010(11):36-41.
- [12]Feng M,Guo H X.Research on the evaluation of high-quality economic development based on factor analysis[J].Journal of Scientific & Industrial Research,2019,78(12):827-830.
- [13]马茹,罗晖,王宏伟,等.中国区域经济高质量发展评价指标体系及测度研究[J].中国软科学,2019(7):60-67.
- [14]Yang X Z,Zhang Z F,Luo W,et al.The impact of government role on high-quality innovation development in Chinese mainland[J].Sustainability,2019,11(20):1-19.
- [15]田泽,沈雨婷,任芳容.我国对外贸易—经济—环境耦合协调度与空间效应对比研究——基于长江经济带与次区域比较视角[J].工业技术经济,2019(10):137-145.
- [16]李芸,战焱磊.新时代区域高质量协调发展的新格局与新路径——以江苏为例[J].南京社会科学,2018(12):50-57.
- [17]叶伟巍,梅亮,李文.协同创新的动态机制与激励政策——基于复杂系统理论视角[J].管理世界,2014(6):79-91.
- [18]吴开亚,金菊良,潘争.基于三角模糊数截集的联系数模型在城市涝灾影响等级评价中的应用[J].水利学报,2010(6):711-719.
- [19]胡蓓琳,潘争伟,金菊良,等.基于集对分析模型的巢湖流域水资源系统脆弱性评价[J].水电能源科学,2013(10):21-24.