

# 河长制下长江经济带水资源承载力研究

白晓旺<sup>1</sup> 赵培培<sup>2</sup> 戴梦圆<sup>2</sup> 沈晓梅<sup>3,4</sup>

(1. 河海大学公共管理学院, 江苏南京 211100;

2. 河海大学商学院, 江苏南京 211100;

3. 盐城工学院长三角绿色发展协同创新研究中心, 江苏盐城 224051;

4. 盐城工学院盐城绿色低碳循环发展研究院, 江苏盐城 224051)

**【摘要】** 基于 DPSIR 模型, 构建纳入河长制政策效力的区域水资源承载力评价指标体系, 对 2012—2019 年长江经济带水资源承载力进行综合评价并分析其时空变化特征。结果表明: 研究期内长江经济带水资源承载力呈持续上升趋势, 以 2016 年为拐点, 增速先慢后快; 区域异质性特征为 2012—2014 年呈现“U”型格局, 2015—2019 年呈现“东强西弱”格局; 区域内发展不平衡, 优化速度呈现“中东快, 西部慢”的态势, 长江三角洲城市群与中游城市群水资源承载力水平高且增长迅速, 与长江上游经济区的差距不断扩大。据此提出相关建议, 以期为促进长江经济带协调可持续发展提供参考。

**【关键词】** 长江经济带 水资源承载力 DPSIR 模型 河长制

**【中图分类号】** F205; X24 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-4407(2022)11-190-08

水资源是保障区域经济社会发展的重要资源。近年来, 伴随城镇化、工业化的推进, 水污染问题逐渐凸显, 水资源供需矛盾不断加深。水资源承载力作为衡量水资源系统对经济社会支撑能力的重要指标, 是指在一定时期下, 具体区域范围内水资源能够支撑经济、社会系统以及生态环境系统可持续发展能力的阈值<sup>[1]</sup>。水资源承载力的相关研究备受关注, 科学评价水资源承载力, 对促进水资源优化配置、保障经济社会可持续发展至关重要<sup>[2]</sup>。

目前, 学界对水资源承载力进行研究所采用的方法一般可分为三种: 评价指标体系法、系统动力学法及多目标决策法。评价指标体系法一般通过设定指标或者指标体系来对水资源承载力进行评价研究, 包括选择单项或多项指标或者构建固定模型的评价指标体系。例如刘佳骏等<sup>[3]</sup>从系统论角度出发, 将系统划分

---

<sup>1</sup>**基金项目** : 江苏省社会科学基金重点项目“江苏沿海经济带绿色高质量发展的动力机制与协同路径研究”(22EYA001); 江苏省社会科学基金项目“河长制下江苏农村水污染协同防治的制度困境与长效机制研究”(19GLB023)

**第一作者简介** : 白晓旺, 硕士研究生, 研究方向为水资源评价和公共管理。E-mail: brandonbaiaa@163.com

**通讯作者简介** : 沈晓梅, 硕士, 教授, 研究方向为宏观经济管理与可持续发展、水资源水环境管理。E-mail: ycitsxm@163.com

为既联系又独立的层次和要素构成的子系统；刘童等<sup>[4]</sup>构建了五元联系系数模型并验证了模型合理性；王大本和冯石岗<sup>[5]</sup>基于“WSR”方法论构建了水资源承载力评价理论体系；赵磊等<sup>[6]</sup>基于 DPSIRM 模型构建水资源承载力评价指标体系。系统动力学法将经济、社会、自然系统等多因子作为一个复杂系统整体研究，通过方程组模拟预测水资源系统变化过程。该方法具有系统的观点但结构复杂，对数据的需求量较大。例如杨光明等<sup>[7]</sup>基于系统动力学模型，分别评价了四种情景的水资源承载力可持续发展能力。多目标决策法是通过建立水资源系统经济发展、人口资源等多目标的约束条件，从而求解出保障目标整体最优的答案。例如吴旭等<sup>[8]</sup>通过构建多目标决策分析模型对邯郸东部平原区水资源承载力进行了评估。相关研究中，对各指标进行赋权的方法包括熵权法、层次分析法、综合赋权法等。王晓玮等<sup>[9]</sup>采用熵权法计算综合指标权重，评估新疆阜康水资源承载力；李少朋等<sup>[10]</sup>采用基于指数标度的层次分析法确定权重并评价江苏水资源承载力；安强等<sup>[11]</sup>采用层次分析法与熵权法相结合的综合赋权法确定权重并评价河南中原城市群各城市的水资源承载力状态。水资源承载力系统受到经济、政治、生态和社会等多方面因素的综合影响，现有研究在考虑经济、社会和生态等因素的基础上，运用不同方法构建水资源承载力评价指标体系，但鲜有学者将政府政策进行量化评估并纳入指标体系。

河长制是近年来我国全面实施的旨在统筹规划水资源管理、改善水环境的一项重大改革举措，其任务和目标涉及水环境整治、水资源管理等多个方面<sup>[12]</sup>，对区域水资源承载力及经济社会可持续发展影响深远。作为我国经济社会发展最具活力的区域之一，长江经济带生态文明建设和经济高质量发展是关系国家发展全局的重大战略。近年，长江经济带率先提出和推行河长制制度，在水污染治理和水资源承载力建设等方面取得显著成效，但现阶段有关长江经济带水资源承载力的评价尚缺乏对河长制等政策因素指标的考量。因此，研究河长制下长江经济带水资源承载力发展水平和时空变化特征具有重要意义。鉴于此，本文基于 DPSIR 模型构建纳入河长制政策效力指标的区域水资源承载力评价体系，对 2012—2019 年长江经济带水资源承载力进行综合评价并分析其时空变化特征，以期较全面地反映政府政策对水资源系统的反馈情况，为长江经济带协调可持续发展提供理论参考与相关建议。

## 1 河长制下水资源承载力评价指标体系构建

### 1.1 DPSIR 模型

1993 年，欧洲环境署结合 DSR（驱动力—状态—响应）和 PSR（压力—状态—响应）两个模型，加入“影响”因素，提出了 DPSIR 模型。该模型最大的优点是从系统分析角度解释处理人与其他环境因素的相互作用<sup>[13-14]</sup>，较为清晰地描述出问题起因与结果的逻辑链条，全面构建各个指标之间的因果关系<sup>[15]</sup>，其综合考虑了生态、经济、社会等因素，被引入水资源承载力评价领域并得到广泛应用。在水资源承载力的 DPSIR 模型中，厘清五大子系统的逻辑关系至关重要。在该系统逻辑链中，驱动力（D）是水资源承载力变化最原始和关键的子系统，地区经济发展、人类活动加剧和人口增长等驱动力因素驱动水资源系统发生变化，对环境和水资源承载力系统产生压力（P）<sup>[16]</sup>。驱动力和压力会造成水资源系统状态（S）的一系列变化，从而产生各种影响（I）。最终，为调整水资源状态、降低恶劣影响，政府会采取一系列政策措施对水资源系统进行响应（R），响应（R）反作用于整个 DPSIR 系统。

### 1.2 基于 DPSIR 模型的指标体系

#### 1.2.1 模型子系统关系

（1）驱动力层面（D）。驱动力指推动区域水资源承载力发展的内源动力，包括经济驱动、社会驱动和科技驱动等方面。本文选用人均 GDP、人均 GDP 增长率、城镇人口占比反映地区经济驱动力；选用人口密

度反映地区人口情况；选用人均专利申请授权数反映地区的科技水平驱动情况。

(2) 压力层面 (P)。压力指标是指推动水资源承载力变化的直接压力因子，相对于驱动力具有“外显化”的特征<sup>[17]</sup>。本文选取农作物耕种面积占比、第一产业 GDP 占比来反映农业水资源系统的压力情况；选取工业废水排放量占总用水量比重来反映工业水资源系统压力情况；选取人均用水量/人均水资源量来反映居民生活带来的水资源压力情况；选取万元 GDP 耗水量反映综合社会发展带来的水资源压力情况。

(3) 状态层面 (S)。状态是指现阶段水资源系统的客观情况，包括自然特征及社会特征。本文选取湿地面积占比和地表水资源量/水资源量两个指标来表征水资源系统自然状态；选取人均水资源量来反映当地水资源系统的社会状态。

(4) 影响层面 (I)。影响是指水资源系统状态变化而产生的影响。本文选取城市绿地面积占比和建成区绿化覆盖率两个指标来反映人类聚集区水资源系统状态变化产生的影响；选用森林覆盖率反映非人类聚集区水资源系统状态变化产生的影响。

(5) 响应层面 (R)。响应是 DPSIR 模型中的终端控制部分，包括了人类社会、政府部门的一系列政策制度和管理措施。本文采用万吨废水治理废水项目投资反映政策资金投入层面的响应情况；采用污水处理率和城市污水日处理能力占日生产能力比重反映政策活动产生的响应情况；采用河长制政策文本效力综合反映相关水

资源系统政策的响应情况。其中，河长制政策文本效力作为响应维度各指标中政策性质最强、反馈最全面的指标，对评价响应力度至关重要。

### 1.2.2 评价指标体系构建

本文基于 DPSIR 模型，根据驱动力、压力、状态、影响、响应五大准则层的内涵，选取 20 个可量化指标，构建了区域水资源承载力评价指标体系。各个指标内容、含义及性质详见表 1。

## 2 研究区域概况、数据来源与处理

### 2.1 研究区域概况

长江经济带横跨我国东中西部 11 省市，面积约 205 万平方千米，人口超 6 亿，GDP 全国占比超 40%，在我国经济社会发展中占据重要地位。同时，其绿色发展受到国家高度重视，习近平总书记先后于 2016 年、2018 年、2020 年在位于长江上游、中游和下游的重庆、武汉、南京主持召开长江经济带发展座谈会，从“推动”到“深入推动”再到“全面推动”，发表了一系列重要讲话，强调坚持生态优先、绿色发展的战略定位。

但目前，长江经济带沿岸重化工业企业高密度布局，污染隐患日趋增多，流域生态环境保护和经济增长的矛盾日益严重，水生态环境形势依然严峻。因此，对长江经济带水资源承载力进行评价分析，有利于科学地进行区域水资源利用开发，促进可持续发展。

### 2.2 数据来源及指标标准化

本文采取 2012—2019 年长江经济带 11 省市相关面板数据。其中，GDP 总量、总人口数等数据来源于

国务院发展研究中心信息网 (<http://data.drcnet.com.cn/dataTable?id=32&structureId=174>); 人均用水量、建成区绿化覆盖率等数据来源于国家统计局国家数据网站 (<https://data.stats.gov.cn/>); 工业废水排放量等数据来源于相应年份的《中国环境年鉴》。同时,为消除通货膨胀、观测值量纲、变异大小等因素影响,GDP总量等经济指标以2012年为基期进行了价格平减,所有指标采用离差标准化方法按照正负向性质进行了归一化处理。

## 2.3 河长制政策文本效力计算

### 2.3.1 政策文本搜集方法

“北大法宝”是目前最成熟、专业、先进的法律信息全方位检索系统[18]。本文以“北大法宝”数据库 (<https://www.pkulaw.com/>) 为目标库,搜集2012—2019年长江经济带11省市的河长制相关政策。为避免“河长制”等关键词的遗漏,故以“河长”为关键词查询,共搜索到政策文本216条,筛去不符合河长制政策范围的文件及已失效的文件6份,最终有效政策文本179条,其中上海11条、江苏54条、浙江15条、安徽23条、江西38条、湖北3条、湖南7条、重庆1条、四川2条、云南7条、贵州18条<sup>①</sup>。

表1 区域水资源承载力综合评价指标体系

目标层	准则层	指标层	选取意义	指标性质
水资源承载力	驱动力(D)	人均GDP/元	经济发展状况对水资源承载力的驱动	正向
		人均GDP增长率/%	经济发展速度对水资源承载力的驱动	正向
		人口密度/(人/平方千米)	人口活动对水资源承载力的驱动	负向
		人均专利申请授权数/(件/万人)	社会科技发展对水资源承载力的驱动	正向
		城镇人口占比/%	城镇化发展对水资源承载力的驱动	正向
	压力(P)	农作物耕种面积占比/%	农业生产对水量的压力	负向
		人均用水量/人均水资源量	居民生活对水量的压力	负向
		万元GDP耗水量/(立方米/万元)	经济社会综合发展对水量的压力	负向
		工业废水排放量占总用水量比重/%	工业排放对水质的压力	负向
		第一产业GDP占比/%	农业生产对水量的压力	负向
	状态(S)	湿地面积占比/%	湿地对水资源承载力的支撑状态	正向
		地表水资源量/水资源量	自然水资源量的供给状态	正向
		人均水资源量/(立方米/人)	人均水资源量的状态	正向
	影响(I)	森林覆盖率/%	水资源承载力对自然生态系统的影响	正向
		城市绿地面积占比/%	水资源承载力对城市生态系统的影响	正向
		建成区绿化覆盖率/%		正向
	响应(R)	万吨废水治理废水项目完成投资/元	废水治理投资响应,间接手段	正向
		污水处理率/%	污水处理情况,直接手段	正向
		城市污水日处理能力占生产能力比重/%	污水处理能力,直接手段	正向
		河长制政策文本效力	河长制政策手段的管理调控,间接手段	正向

### 2.3.2 政策文本量化模型和评估标准

政策文本分析方法中被广泛接受和使用的是“政策力度—政策目标—政策措施”模型[19]。本文在该模型基础上，参考已有的政策测量研究，构建了长江经济带河长制“政策力度—政策目标—政策措施”模型，从政策力度、政策措施、政策目标三个维度对河长制政策进行量化，计算政策文本累计效力。政策力度是描述政策法律效力的指标，按照我国文件权力等级划分为三大类：地方性法规、地方规范性文件 and 地方工作文件<sup>[20]</sup>。政策措施是指为实现既定目标，政府制定和贯彻实施政策时所运用的方法和手段。环境政策工具指的是实现环境政策目标的各种手段。河长制相关政策属于环境保护政策，结合政策特点，将河长制政策措施分为以下三类：科层型、市场型、公众型。政策目标按照量化程度同样分为三类。详细政策效力量化标准赋分标准见表2。

表2 政策效力量化标准赋分表

政策维度		赋分标准	赋值
政策力度		地方性法规	5
		地方规范性文件	3
		地方工作文件	1
政策目标		政策目标明确，有具体的量化指标，如河长制指标考核细则	5
		政策目标比较明确，但没有具体方案和标准	3
		政策目标不明确	1
政策措施	科层型	规定政策执行的具体标准	5
		政策执行明确，无明确具体方案	3
		只涉及大致政策方向	1
	市场型	政策涉及政府扶持和规范的具体措施要求	5
		政策只明确规范要求，无具体方案流程	3
		只涉及大致政策方向	1
	公共型	政策明确规定公共参与方案、流程	5
		政策只涉及公共参与要求，无具体方案	3
		只涉及大致政策方向	1

### 2.3.3 政策效力计算

根据构建的“政策力度—政策目标—政策措施”政策效力评估模型、具体量化标准及赋值，对2012—2019年长江经济带11省市的河长制相关政策文本进行数据化处理。本文中政策效力特指累计政策效力。政策单项效力公式、整体效力公式及平均效力公式如下：

$$PE_y = (pg_y + pm_y) \times pe_y \quad (1)$$

$$TPE_i = \sum_{y=1}^N (pg_y + pm_y) pe_y \quad (2)$$

$$APE_i = \sum_{y=1}^N (pg_y + pm_y) pe_y / N \quad (3)$$

式中：PE<sub>y</sub>为长江经济带某省市y项河长制政策的政策总效力；pg<sub>y</sub>代表第y项政策的政策目标分值；pm<sub>y</sub>代表<sup>②</sup>长江经济带“河长制”相关政策一览表由于篇幅过长，文中不做罗列，如有需要可向作者索要。

<sup>②</sup>①长江经济带“河长制”相关政策一览表由于篇幅过长，文中不做罗列，如有需要可向作者索要。

第  $y$  项政策的政策措施分值； $pey$  代表第  $y$  项政策的政策力度分值； $TPE_i$  为年总政策效力； $APE_i$  为年平均政策效力； $i$  为颁布政策年份； $N$  为该省市有效河长制政策数。

#### 2.3.4 政策效力分析

根据构建的量化标准和政策效力评估模型，计算得出的长江经济带 2012—2019 年“河长制”政策文本分析结果见表 3。其中，政策力度、政策目标和政策措施的满分值均为 5。从各均值来看，政策目标得分最高，政策力度相较于其他两个维度得分偏低。从最大值与最小值来看，四个维度的极差均较大，说明各年河长制政策文本得分波动较大。

表 3 河长制政策文本评价结果统计表

项目	总得分	最大值	最小值	均值
政策力度	300	140	6	1.675978
政策目标	591	268	6	3.301676
政策措施	465	206	4	2.597765
政策效力	1722	886	30	9.620112

河长制政策效力在 2016 年后增速明显加快，尤其是 2016—2017 年，实现突破性飞跃（图 1）。从文件数量上看，长江经济带河长制文件数量在 2016—2017 年由 14 个增至 70 个。2016 年后河长制政策数量和效力的大幅提高，究其原因，一方面是 2016 年中共中央办公厅、国务院办公厅审议通过《关于全面推行河长制的意见》，河长制在全国推行；另一方面是 2017 年党的十九大将“绿水青山就是金山银山”写入党章后，河长制作为新型治水政策得到了各省份的高度重视，成为各省份生态文明建设的重要抓手。从政策力度、政策目标、政策措施三个维度进一步分析，各维度累计得分变化趋势基本相同。由于各维度量纲相同，分析其数值得到，相较于其他两个维度，政策目标得分最高，政策力度得分最低。这说明河长制相关政策文本在政策目标上设定较为清晰，有详细量化与考核方案，而政策的级别相对较低，很少有法律法规的政策文本，符合政策的数量分布规律。

#### 2.4 指标权重和评价结果确定

本研究选择变异系数法进行水资源承载力计算，根据各个指标在所有被评价对象上观测值的变异程度大小来对其赋权。本文中一共有 20 (a) 个评价指标和 88 (b) 个评价对象。 $X$  为原始数据矩阵，其中， $x_{ab}$  为第  $a$  个指标的第  $b$  个指标值（以下同）。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1b} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{a1} & \cdots & x_{ab} \end{bmatrix}$$

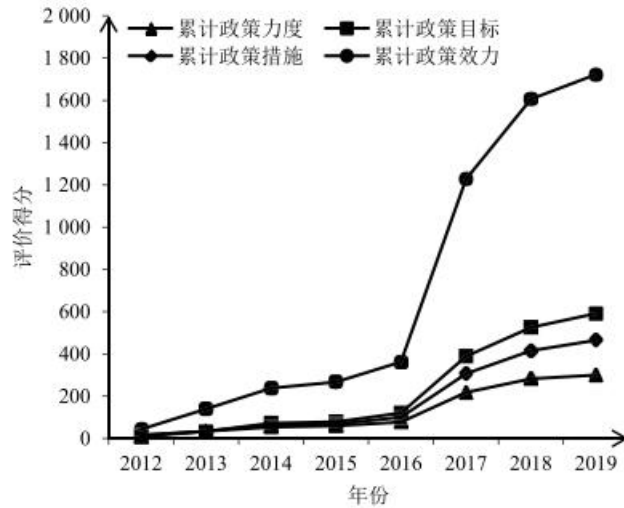


图1 长江经济带河长制政策效力及其子维度累计得分

变异系数法计算步骤如下：

第一步：计算第 a 个指标的标准差  $S_a$ ，反映各指标的绝对变异程度：

$$S_a = \sqrt{\frac{\sum_{ab=1}^b (x_{ab} - \bar{x})^2}{b}} \quad (4)$$

第二步：计算各指标的变异系数，反映各指标的相对变异程度：

$$V_a = \frac{S_a}{\bar{x}} \quad (5)$$

第三步：对各指标的变异系数进行归一化处理，得到各指标的权数：

$$W_a = V_a / \sum_{a=1}^{20} V_a \quad (6)$$

第四步：计算各评价对象总指数得分：

$$F_a = \sum_{b=1}^{20} x_{ab} W_a \quad (7)$$

计算得出的 20 个指标的权重分配见表 4，文中显示权重保留小数点后 4 位，实际计算中使用精确值。

### 3 长江经济带水资源承载力分析

#### 3.1 长江经济带水资源承载力时间维度分析

整体而言,研究期内长江经济带水资源承载力持续提高,承载力水平从2012年的0.295上升到2019年的0.378,平均增长率为3.60%。具体来看,整个变化过程可以分为两个阶段:第一阶段为2012—2016年,该时期内水资源承载力增长相对较慢,平均增长率为2.82%;第二阶段为2016—2019年,水资源承载力增长相对较快,平均增长率为4.65%。深入分析发现,以2016年为拐点,长江经济带水资源承载力增速加快,原因有三点:一是人均GDP为代表的经济驱动力增强。党和政府设立了2020年城乡居民人均收入比2010年翻一番的历史任务,为如期实现此目标,各地全力保障经济发展,经济驱动力有效推动了水资源承载力发展。二是万元GDP耗水量大幅减少,水资源系统压力减小。“十三五”期间,国家发展改革委、水利部、住房城乡建设部联合印发《节水型社会建设“十三五”规划》,明确提出全面推进节水型社会建设,落实最严格水资源管理制度。该规划提出要围绕长江经济带建设及武汉城市圈、长株潭城市群、皖江城市带和鄱阳湖生态经济区等发展要求,以节水促减排。各大城市纷纷响应落实节水型社会建设,有效减少了水资源系统压力。三是河长制相关政策文件密集出台形成的高政策响应。河长制文件数量在2016—2017年由14个增至70个,增幅达400%,从政策响应维度上对整个水资源系统进行了积极的政策反馈,促进了水资源承载力提升。长江经济带水资源承载力见图2,图中趋势线为2012—2019年数据趋势线。

### 3.2 长江经济带水资源承载力空间维度分析

从空间上看,长江经济带水资源承载力空间分布具有阶段性特点:2012—2014年为“U”型格局,长江中游城市群水资源承载力较弱;2015—2019年为“东强西弱”格局。长江经济带三大区域水资源承载力见图3,各省市水资源承载力见图4。

长江三角洲城市群研究期内水资源承载力持续飞速增长且处于领先水平,年平均增长率为4.98%。其中,上海、江苏、浙江3省市经济、科技、社会治理的先发优势是长江三角洲城市群水资源承载力领先的重要原因。具体分析,研究期内长江三角洲城市群水资源承载力增速先降后升再降,拐点为2015年和2018年。2012—2015年平均增长率为5.11%;2015—2018年,各省份纷纷出台响应节水方案,河长制政策爆发式增长,水资源承载力增速升至5.73%。2018—2019年,增速降至2.39%。一方面,新常态下经济驱动力相对减弱,2019年上海、江苏、浙江人均GDP增速首次低于6.00%;另一方面,2018年后该地区河长制政策数量增速迅速下降,政策反馈增速相应减小。分省市看,上海、江苏、浙江水资源承载力水平基本为长江经济带11省市前三,安徽承载力水平较低。上海作为我国经济实力、社会治理水平最先进的地区之一,水资源承载力稳居第一,且优势不断扩大。江苏、浙江两省承载力仅次于上海,在历年最严格水资源管理制度国家考核中多次获得“优秀”,但也存在各自承载力短板。江苏作为人口大省和资源小省,一方面,城市人口密集导致生活用水的水质水量问题突出<sup>[21]</sup>;另一方面,江苏地势低平,水体流动性差,水质受到不良影响,蓄水条件差<sup>[22]</sup>,人均水资源量不高。浙江的主要问题是水资源利用率低,水环境污染较为严重。安徽水资源承载力2012—2016年为长江经济带最低,2017年后稳步上升至中间水平。深入分析发现,2011—2015年,安徽COD与氨氮等污染物排放量大幅增加,水资源系统压力增大,水资源承载力相对落后。随着《安徽省水污染防治工作方案》中规定的全面排查和取缔水污染生产项目等任务的完成,河长制等各项相关水资源政策落实,“引江济淮”等大型水利工程开工,2017年后安徽COD与氨氮污染物排放量逐年减小,水资源承载力排名逐步上升。

表 4 评价指标与权重

评价指标	指标权重（化）
人均 GDP/元	0.053
人均 GDP 增长率/%	0.037
人口密度/（人/平方千米）	0.022
人均专利申请授权数/（件/万人）	0.070
城镇人口占比/%	0.042
农作物耕种面积占比/%	0.034
人均用水量/人均水资源量	0.015
万元 GDP 耗水量/（立方米/万元）	0.026
工业废水排放量占总用水量比重/%	0.028
第一产业 GDP 占比/%	0.043
湿地面积占比/%	0.109
地表水资源量/水资源量	0.022
人均水资源量/（立方米/人）	0.042
森林覆盖率/%	0.164
城市绿地面积占比/%	0.036
建成区绿化覆盖率/%	0.025
万吨废水治理废水项目投资/元	0.056
污水处理率/%	0.025
城市污水日处理能力占生产能力比重/%	0.034
河长制政策文本效力	0.118

长江中游城市群水资源承载力稳步上升，年平均增长率为 4.74%，水资源承载力整体增速较快。具体来看，其增速先慢后快，拐点为 2014 年：2012—2014 年，水资源承载力平均增长率仅为 1.36%，与长江上游经济区增速相当；2014—2019 年，长江中游城市群水资源承载力平均增长率达 5.64%，与长江三角洲城市群增速相近。其水资源承载力水平在 2014 年超过长江上游经济区并逐步扩大差距。分省份看，江西水资源承载力增长最为迅速且水平最高，其 2015 年后一直保持着长江经济带第四的水平，有力推动了中游城市群水资源承载力稳步上升。江西水资源承载力在 2014 年后增长迅速，其优势主要为天然水资源禀赋优异、人口压力小和政策响应强。一方面，江西水资源环境较好，人口压力较小。其境内水系发达，水资源总量和人均量均位于全国前七，并且保持着更高的人均 GDP 增速，形成了高经济驱动力和低水资源系统压力。另一方面，江西政策优势明显。2014 年年底，国家发改委等六部门联合批复《江西省生态文明先行示范区建设实施方案》，江西成为首批国家生态文明试验区，有力促进了江西生态文明建设。同时，江西 2015 年在全国范围内率先建立了五级河长制组织体系。这些政策条件优势一定程度上促进了江西水资源承载力 2014 年后的迅速上升。但是，中游城市群也面临着水资源承载力短板。鄂湘赣地区有武汉城市圈和长株潭城市群两大城市化地区，较为密集的生活人口、高度的重工业化和粗放的水资源利用方式，也给长江中游城市群带来了较大的用水和水污染压力。

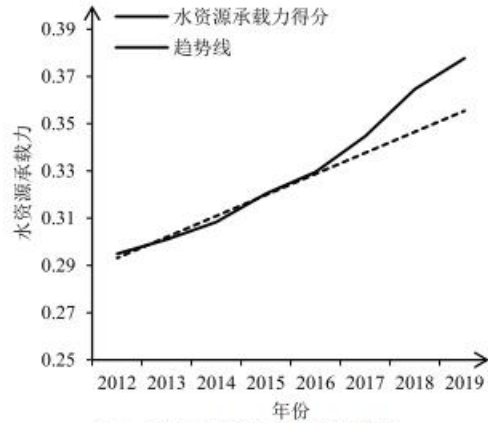


图2 长江经济带水资源承载力

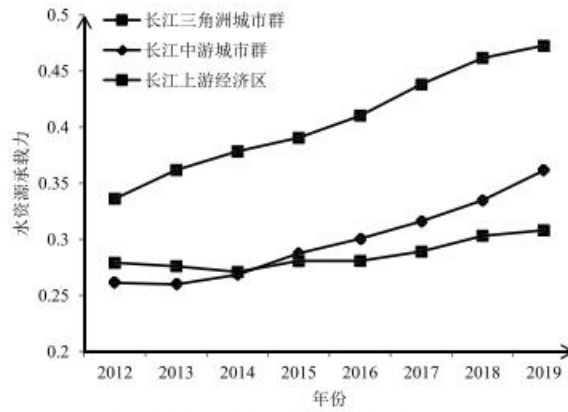


图3 长江经济带各区域水资源承载力

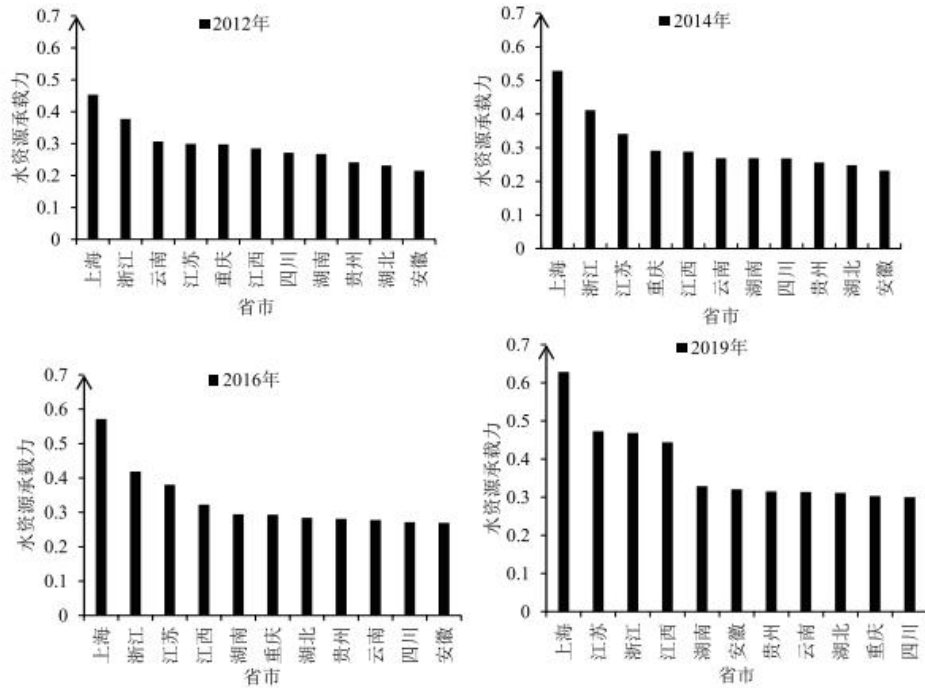


图4 长江经济带各省市水资源承载力

长江上游经济区水资源承载力先降后升，拐点为2014年，承载力水平较低，年平均增长率为1.42%。具体而言，2012—2014年水资源承载力下降，平均下降率为1.47%；2015—2019年缓慢上升，增速仅2.35%，不到长江中、下游地区增速的一半。深入分析发现，2012—2014年，长江上游经济区人均GDP增速和废水治理投资两个指标发生明显下降，原因包括以下两方面：一方面，人口结构变化，劳动力人口占比减少，上游经济区2011年后人均GDP增速逐年下降，经济驱动力减弱；另一方面，上游经济区在快速城镇化、开发水资源的过程中忽视了废水污水治理，对当地水质产生不良影响，导致水资源系统压力增加。2015—2019年，其在“十三五”期间加大了对污水废水的处理力度，但由于相关政策制度建设起步晚、发展慢，区域科技发展水平相对不足，水资源开发利用率较低，其水资源承载力上升缓慢。分省份看，在长江上游经济区4省市中，贵州水资源承载力上升较快，研究期内平均增长率为3.90%，最终成为上游经济区水资源承载力最高的省份。深入分析发现，强经济驱动力、低水资源系统压力和高河长制政策响应是贵州水资源承载力相对较高的原因。一方面，贵州虽处于我国西南地区，但凭借数字经济和大数据产业的全国领先地位，贵州GDP增速和人均GDP增速较高，拥有较强的经济驱动力；另一方面，贵州早在2012年就发布了4份河长制相关政策文件，较早的河长制文件发布和详细的实施方案，形成了有力的政策反馈；2014年又成为我国第二个省级单位的全国生态文明示范区，大力推进生态文明建设工作。同时，由于属于典型的岩溶地区，贵州也面临着水资源利用率低、水资源空间分布不协调这一独特的水资源承载力短板。

## 4 结论和建议

### 4.1 结论

本文得出结论如下：

(1) 从时间维度看，研究期内长江经济带水资源承载力呈持续上升趋势，年平均增长率为3.60%。具体而言，以2016年为拐点增速先慢后快，2012—2016年水资源承载力平均增长率为2.82%；2016—2019年水资源承载力平均增长率为4.65%。

(2) 从空间维度看，长江经济带水资源承载力在2012—2014年表现为自西向东的“U”型格局，2015—2019年转变为“东强西弱”的总体格局；优化速度呈现“中东快，西部慢”的态势。具体表现为长江三角洲城市群水资源承载力水平持续增长并保持领先；长江中游城市群水资源承载力稳步上升，于2014年赶超长江经济带上游经济区；长江上游经济区水资源承载力水平先降后升，目前在长江经济带处于相对落后水平。

(3) 从省际差异看，上海、江苏、浙江、江西4省市水资源承载力水平明显高于其他省市，但水资源承载力优势和短板各不相同。安徽水资源承载力水平在2012—2016年始终位于长江经济带末尾，2017年后逐步上升至长江经济带中间位次。贵州作为全国最早发布河长制相关政策文件的省份之一，水资源承载力水平上升较快，最终成为长江上游经济区水资源承载力水平最高的省份。

### 4.2 建议

基于上述对长江经济带水资源承载力时空变化特征的分析，综合考虑政府政策对水资源系统的反馈情况，对长江经济带水资源承载力建设及经济高质量发展提出如下建议：

(1) 注重长江经济带区域间水资源承载力的协调发展。长江经济带东西部、上下游之间水资源承载力发展不平衡且差距不断扩大。长江经济带横跨我国东中西部，自然资源条件、经济科技发展程度、社会政

策治理水平差异很大，造成了长江经济带区域内水资源承载力不协调的现状。上海、江苏、浙江等水资源承载力相对较高的省市可以建立对口援助，帮助水资源承载力较弱的地区，提供相关节水技术、水污染治理技术和人才方面的支持，以实现长江经济带水资源承载力协调发展。

(2) 对不同地区、省份采取针对性的水资源承载力建设措施。研究结论表明，不同地区、省份的水资源承载力优势和短板各不相同。上海、江苏两省市人均水资源较少，经济科技发展水平较强，应大力发展节水技术，提高水资源利用率以改善水资源承载力；浙江近年环境污染问题较为突出，应加大水质检测和治理；安徽应严格控制 COD 等污染物排放量，保持对水资源系统的高政策响应，并利用区位优势，借鉴江苏等地区的相关经验和技能；贵州多为岩溶地区，要注重提高水资源利用率，缩小省内水资源承载力地区间差异。

(3) 保障经济社会稳定发展，以科技创新推动绿色发展。分析长江经济带水资源承载力评价结果可以得出，上海、江苏等经济和科技较为发达的地区往往水资源承载力较高。区域水资源承载力既有自然属性也有社会属性，社会经济发展、科技水平对当地水资源承载力至关重要。经济方面要克服新冠疫情、中美贸易冲突等众多压力因素，建设绿色工厂，保障经济平稳增长，促进绿色 GDP 发展。科技方面要投入更多资源用于节能节水、水污染治理、绿色科技研发等，同时通过政策工具鼓励企业开展绿色技术产品研发与应用。

(4) 推进和完善河长制等相关水环境保护政策。江西凭借国家生态文明试验区和全国率先全面实行五级河长制等优势，水资源承载力水平仅次于上海、江苏和浙江。安徽 2017 年全面推行河长制后，水资源承载力排名逐年上升。贵州作为全国最先发布河长制政策文件的省份之一，水资源承载力水平处于长江上游经济区领先地位。河长制等政府政策对于区域水资源承载力的积极反馈不容小觑。同时，应注意河长制政策效力增速近两年出现的下降趋势。一方面，要保障政策的长效性，警惕“短而强”的危险，实现河长制向常规性制度的顺利转变，从而持续提高水资源承载力；另一方面，要深化河长制改革，避免制度对行政权力的过度依赖，依靠制度立法使制度渗透到整个水资源系统，确保制度实施质量。

#### 参考文献:

- [1]唐剑武, 郭怀成, 叶文虎. 环境承载力及其在环境规划中的初步应用[J]. 中国环境科学, 1997 (1): 8-11.
- [2]王喜峰, 沈大军, 李玮. 水资源利用与经济增长脱钩机制、模型及应用研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019 (11): 139-147.
- [3]刘佳骏, 董锁成, 李泽红. 中国水资源承载力综合评价研究[J]. 自然资源学报, 2011 (2): 258-269.
- [4]刘童, 杨晓华, 赵克勤, 等. 基于集对分析的水资源承载力动态评价——以四川省为例[J]. 人民长江, 2019 (9): 94-100.
- [5]王大本, 冯石岗. 基于 WSR 方法论和熵值-耦合协调度的水资源承载力综合评价——以河北省水资源承载力研究为例[J]. 节水灌溉, 2018 (3): 49-54.
- [6]赵磊, 王立权, 戴长雷, 等. 基于 DPSIRM 模型的太原市水资源承载力研究[J]. 水资源与水工程学报, 2021 (2): 109-115.

- [7]杨光明,时岩钧,杨航,等.基于系统动力学的水资源承载力可持续发展评估——以重庆市为例[J].人民长江,2019(8):6-13,51.
- [8]吴旭,刘彬,刘杰,等.基于多目标决策分析的水资源承载力研究[J].水电能源科学,2021(1):42-45,9.
- [9]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(3):37-42,48.
- [10]李少朋,赵衡,王富强,等.基于AHP-TOPSIS模型的江苏省水资源承载力评价[J].水资源保护,2021(3):20-25.
- [11]安强,魏传江,贺华翔,等.基于模糊综合评价法的河南省中原城市群水资源承载力评价研究[J].节水灌溉,2019(12):65-71.
- [12]姜明栋,沈晓梅,王彦滢,等.江苏省河长制推行成效评价和时空差异研究[J].南水北调与水利科技,2018(3):201-208.
- [13]邵超峰,鞠美庭.基于DPSIR模型的低碳城市指标体系研究[J].生态经济,2010(10):95-99.
- [14]Westing A H. The environmental component of comprehensive security [J]. Bulletin of Peace Proposals, 1989, 20(2): 129-134.
- [15]曹红军.浅评DPSIR模型[J].环境科学与技术,2005(S1):110-111,126.
- [16]沈晓梅,姜明栋.基于DPSIRM模型的河长制综合评价指标体系研究[J].人民黄河,2018(8):78-84,90.
- [17]陈洋波,陈俊合,李长兴,等.基于DPSIR模型的深圳市水资源承载能力评价指标体系[J].水利学报,2004(7):98-103.
- [18]艾丽娜.长江三角洲地区“河长制”政策效力评估——基于2008—2018年政策文本的量化分析[J].环境保护科学,2020(2):11-17,65.
- [19]张国兴,高秀林,汪应洛,等.中国节能减排政策的测量、协同与演变——基于1978—2013年政策数据的研究[J].中国人口·资源与环境,2014(12):62-73.
- [20]潘丹,陈寰,孔凡斌.1949年以来中国林业政策的演进特征及其规律研究——基于283个涉林规范性文件文本的量化分析[J].中国农村经济,2019(7):89-108.
- [21]杨文举,孙海宁.浅析城市化进程中的生态环境问题[J].生态经济,2002(3):31-34.
- [22]蒋咏,陈静,陈鑫.江苏水资源保护对策措施研究[J].江苏水利,2017(12):37-41.