

欢迎按以下格式引用:夏晶晶. 长江中游地区资源环境承载力及协调发展研究[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2021, 44(2): 90-98.

长江中游地区资源环境承载力及协调发展研究

夏晶晶

(武汉大学 中国发展战略与规划研究院, 湖北 武汉 430072)

摘要:建立资源环境承载能力监测预警机制,对于增强社会经济发展与国土空间开发过程中的资源环境约束,促进人口、经济和资源环境相协调具有重要意义。论文构建了包含“资源—环境—社会经济”三个维度的资源环境承载力评价指标体系,运用熵值法客观赋权,采用耦合协调度模型和障碍度模型,评价和分析2012~2018年长江中游地区资源环境承载力变化规律和障碍因素。结果显示,2012~2018年长江中游地区资源环境承载力呈平稳增长态势,武汉市、长沙市、南昌市及新余市资源环境承载力处于高等级;长江中游地区资源环境承载力系统耦合协调性呈上升态势,但水平较低,大部分处于中度协调阶段;影响区域资源环境承载力的障碍因素在城市之间存在一定的差异,资源子系统和社会经济子系统分别是影响省会城市和非省会城市资源环境承载力提高的主要障碍因素。

关键词:长江中游地区;资源环境承载力;耦合协调;障碍因素

分类号:X37 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395(2021)02-0090-09

一、引言

十八届三中全会提出,“建立资源环境承载能力监测预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施”,强调“资源环境承载能力评价”及“资源环境承载能力监测预警”的重要作用^[1]。当前,生态环境问题已经成为影响社会可持续发展、经济稳定、民生福祉的关键问题,开展资源环境承载力持续动态评估,建立资源环境承载能力监测预警机制,对于增强社会经济发展与国土空间开发过程中的资源环境约束,促进人口、经济和资源环境相协调具有重要意义。

自20世纪80年代“承载力”的概念被提出以来,国内外学者开始从研究要素、研究方法以及研究区域等方面对其进行深入的研究。从要素研究来看,早期的研究主要以水资源^[2]、土地资源^[3]、森林

资源^[4]以及人口承载力^[5]等单要素研究为主,随着研究的不断深入而演变为将资源环境作为整体,开展综合评价研究。从研究方法来看,包括主成分分析法、状态空间法、层次分析法、熵权法、能值分析法、系统动力学法以及生态足迹法等^[6~9]。这些研究实现了对区域资源环境变化较为准确的计算和分析,推动了资源环境承载力研究的发展。然而,目前已有文献更多关注省域、京津冀、长三角、关中城市群等地区的资源环境承载力变化,鲜有针对长江中游地区的研究。此外,资源环境承载力不仅反映了资源环境对人类经济社会活动的承载能力,而且反映了经济—资源—环境三大系统相互作用又相互制约的关系。因此,资源环境承载力耦合协调水平及区域差异的限制性因素更加值得深入探究^[10,11]。

长江中游地区是我国“中部崛起”和“长江经济带发展”战略实施的叠加区,具有连接东西、承上启

收稿日期:2021-01-11

基金项目:湖北省自然科学基金青年项目“长江经济带产业转型与资源环境承载的动态耦合机理及路径优化研究”(2020CFB292)

作者简介:夏晶晶(1991—),女,湖北咸宁人,助理研究员,博士,主要从事环境经济与可持续发展研究。

下的重要地位。长江中游地区覆盖湖北、湖南、江西三省,地处我国地形阶梯的二、三阶梯过渡带,拥有长江和我国最大的两个淡水湖——洞庭湖和鄱阳湖,资源环境禀赋较好,交通优势明显,发展潜力巨大。论文以长江中游地区为研究区域,构建资源环境承载力评价指标体系,利用熵权法和综合指标评价法对 2012~2018 年长江中游地区资源环境承载力进行测度分析,从地级市、城市群和省域层面探讨其时空格局和演变规律,并结合耦合协调度模型和障碍度模型分析资源环境承载力子系统协调发展水平和发展障碍因素,旨在为长江中游地区的资源环境与

社会经济协调可持续发展提供可靠的科学支撑。

二、研究方法 with 数据来源

(一)指标体系构建

论文从资源环境承载力的“资源—环境—社会经济”内涵出发,遵循科学性、完整性、层次性、可操作性 and 数据可获取性等原则,从资源承载力、环境承载力和经济社会承载力三个方面构建长江中游地区资源环境承载力评价指标体系,包含 3 个一级指标、18 个二级指标,如表 1 所示。

表 1 长江中游地区资源环境承载力评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	单位	属性
长江中游地区 资源环境承载力	资源承载力(A1)	人均水资源量(A11)	立方米/人	正向
		人均供水量(A12)	立方米/人	正向
		单位 GDP 用水量(A13)	立方米/万元	负向
		城市建设用地面积(A14)	平方公里	正向
		森林覆盖率(A15)	%	正向
	环境承载力(A2)	环境空气质量优良率(A21)	%	正向
		单位 GDP 废水排放量(A22)	千克/万元	正向
		单位二氧化硫排放量(A23)	千克/万元	正向
		污水处理厂集中处理率(A24)	%	正向
		一般工业废弃物综合利用率(A25)	%	正向
		生活垃圾无害化处理率(A26)	%	正向
	经济社会承载力(A3)	人均 GDP(A31)	元/人	正向
		第三产业产值占 GDP 比重(A32)	%	正向
		人口密度(A33)	人/平方千米	负向
		城镇化率(A34)	%	负向
		人均财政收入(A35)	元/人	正向
		人均固定资产投资(A36)	元/人	正向
		城市道路面积(A37)	万平方米	正向

(二)数据来源

论文选取湖北省、湖南省、江西省三省地级及以上城市作为长江中游地区资源环境承载力的基本测度单元,其中湖北省包含 12 个地级市(天门、仙桃、潜江 3 市因为数据缺失而被剔除),湖南省包含 13 个地级市、江西省包含 11 个地级市,共计 36 个地级市。

论文的基础数据主要来源于《中国城市统计年鉴》,2012~2018 年湖北省、湖南省和江西省各地级市国民经济与社会发展统计公报,2012~2018 年湖北省、湖南省和江西省水资源公报,2012~2018 年湖北省、湖南省和江西省各地级市生态环境状况公报以及各市统计年鉴(2013~2019)等,对于个别年份的缺失数据采用插值法进行处理。

(三)评价方法

1. 基于熵值法的资源环境承载力评价

论文选用客观赋权法中的熵值法计算各指标的权重,然后采用综合指数法计算长江中游地区资源环境承载力。为消除各指标量纲不同造成的误差,需先对各指标原始数据进行标准化处理,具体处理方法如式(1)、(2)所示:

$$X'_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$
 (适用于正相关指标) (1)

$$X'_{ij} = (X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{\min})$$
 (适用于负相关指标) (2)

计算第 i 个单元第 j 项指标值的比重:

$$Y_{ij} = X'_{ij} / \sum_{i=1}^m X'_{ij}$$
 (3)

计算指标信息熵:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (Y_{ij} \times \ln Y_{ij}), k = 1/\ln 36 \quad (4)$$

计算信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

计算指标权重:

$$w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j \quad (6)$$

采用综合指标评价法将评价指标标准化值与评价指标权重动态加权求和,求得地级市、城市群和省域层面资源环境承载力,计算方法如式(7)所示:

$$R_i = \sum_{j=1}^n x'_{ij} \times w_j \quad (7)$$

其中: R_i 为资源环境承载力; x'_{ij} 为第 j 项的评价指标标准化值; w_j 为第 j 项评价指标权重值。

2. 耦合协调度模型

耦合协调度模型可以反映不同系统之间的相互影响程度和复合系统整体的协调发展水平,计算方法如式(8)~(10)所示:

$$C = 3(U_1 \times U_2 \times U_3)^{\frac{1}{3}} / (U_1 + U_2 + U_3) \quad (8)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 \quad (9)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (10)$$

其中: C 为 3 个子系统间的耦合度; T 是资源环境承载力系统的综合发展水平; D 为耦合协调度,范围在 0~1 之间,值越大表明系统的耦合协调程度越高。 α 、 β 和 γ 为待定权重, $\alpha + \beta + \gamma = 1$, 论文认为三个子系统对资源环境承载力具有相同的重要性,故取 $\alpha = \beta = \gamma = \frac{1}{3}$ 。借鉴相关研究经验^[11], 论文将耦合度和协调度分别划分为 5 个阶段,具体如表 2 所示。

表 2 耦合度和协调度划分标准

耦合度	耦合阶段	协调度	协调阶段
$0 \leq C < 0.2$	磨合耦合	$0 \leq D < 0.2$	初级协调
$0.2 \leq C < 0.4$	初级耦合	$0.2 \leq D < 0.4$	中级协调
$0.4 \leq C < 0.6$	中度耦合	$0.4 \leq D < 0.6$	良好协调
$0.6 \leq C < 0.8$	良好耦合	$0.6 \leq D < 0.8$	高级协调
$0.8 \leq C \leq 1$	高度耦合	$0.8 \leq D \leq 1$	完美协调

3. 障碍度模型

为了对长江中游地区资源环境承载力变化的障碍因素进行进一步探究,论文引入障碍度模型,计算方法如式(11)~(12)所示。首先计算指标的偏离程度 U_{ij} , 即指标标准化值与 100% 之差, 然后计算指标的障碍度:

$$U_{ij} = 1 - x'_{ij} \quad (11)$$

$$O_j = U_{ij} w_j / \sum_{j=1}^n (U_{ij} w_j) \quad (12)$$

三、结果分析

(一) 资源环境承载力评价结果分析

2012~2018 年长江中游地区资源环境承载力测度结果如表 3 所示。2012~2018 年长江中游地区资源环境承载力呈平稳增长态势,由 2012 年的 0.442 平稳上升至 2018 年的 0.546, 平均增速为 3.58%。城市间的资源环境本底及资源环境承载力的变动情况差异较大,但大部分城市处于平稳增长态势,部分城市显示出波动上升的现象。萍乡市、武汉市、襄阳市、鄂州市、黄冈市等地区资源环境承载力波动相对较大,在 2012~2018 年出现了 2 次及以上的短暂下降,呈“W”型变化态势;九江市、上饶市、宜春市、咸宁市、株洲市、益阳市出现 1 次暂时下降,呈“V”型波动增长态势。从年平均增长率来看,2012~2018 年长江中游地区 36 个地级及以上城市资源环境承载力都处于增长阶段,年平均增长率在 1.2%~7.5% 之间。值得注意的是,武汉市和长沙市的年均增长率分别为 1.5% 和 2.3%, 分别位于倒数第二位和倒数第六位。

进一步采用聚类分析法,将长江中游地区地级城市划分为资源环境承载力高、中、低三类,结果如表 4 所示。其中,资源环境承载力等级为高的为南昌市、新余市、武汉市、长沙市,长江中游三省份省会城市资源环境承载力都处于高水平;资源环境承载力等级为中等的有 18 个城市,资源环境承载力等级为低的有 14 个城市。可见,长江中游地区大部分城市资源环境承载力处于中等及以下水平。

从长江中游地区三省份的资源环境承载力来看(表 3),2012~2018 年湖北省、湖南省和江西省资源环境承载力都呈平稳上升态势,湖北省从 2012 年的 0.435 逐年上升至 2018 年的 0.535, 年均增长率为 3.51%;湖南省从 2012 年的 0.430 逐年上升至 2018 年的 0.550, 年均增长率为 4.17%;江西省从 2012 年的 0.462 逐年上升至 2018 年的 0.554, 年均增长率为 3.07%。2012~2014 年,资源环境承载力整体呈现江西省>湖北省>湖南省的格局;2014 年以后,资源环境承载力整体呈现江西省>湖南省>湖北省的格局;而从增长率来看,呈现湖南省>湖北省>江西省的态势。

从长江中游地区三大城市群的资源环境承载力

来看(表3),2012~2018年武汉城市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群资源环境承载力都呈平稳上升态势。武汉城市圈从2012年的0.437逐年上升至2018年的0.537,年均增长率为3.52%;环长株

潭城市群从2012年的0.459逐年上升至2018年的0.564,年均增长率为3.49%;环鄱阳湖城市群从2012年的0.472逐年上升至2018年的0.558,年均增长率为3.49%。2012~2015年,资源环境承载力

表3 长江中游地区资源承载力测度结果

地区	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	增长率(%)
江西省	南昌市	0.549	0.541	0.583	0.606	0.621	0.639	3.39
	九江市	0.432	0.434	0.435	0.454	0.522	0.521	3.03
	上饶市	0.404	0.410	0.428	0.444	0.432	0.451	2.31
	抚州市	0.441	0.455	0.484	0.500	0.514	0.520	3.10
	宜春市	0.437	0.438	0.457	0.448	0.441	0.506	3.35
	吉安市	0.405	0.422	0.476	0.494	0.513	0.507	4.38
	赣州市	0.364	0.364	0.385	0.419	0.479	0.505	5.94
	景德镇市	0.454	0.477	0.490	0.507	0.531	0.565	4.12
	萍乡市	0.531	0.525	0.539	0.531	0.550	0.528	1.22
	新余市	0.557	0.552	0.573	0.575	0.610	0.612	1.71
湖北省	鹰潭市	0.510	0.512	0.527	0.547	0.564	0.564	2.08
	武汉市	0.669	0.643	0.695	0.694	0.674	0.730	1.50
	黄石市	0.451	0.473	0.489	0.490	0.517	0.500	3.08
	十堰市	0.428	0.429	0.451	0.455	0.489	0.526	3.78
	宜昌市	0.458	0.478	0.511	0.497	0.562	0.544	3.80
	襄阳市	0.461	0.488	0.488	0.477	0.485	0.515	3.12
	鄂州市	0.483	0.459	0.511	0.509	0.519	0.561	3.26
	荆门市	0.395	0.422	0.449	0.461	0.483	0.474	4.01
	孝感市	0.363	0.388	0.384	0.400	0.425	0.447	3.81
	荆州市	0.307	0.290	0.310	0.333	0.413	0.416	6.01
湖南省	黄冈市	0.361	0.359	0.406	0.388	0.438	0.431	3.83
	咸宁市	0.420	0.454	0.473	0.468	0.521	0.538	4.52
	随州市	0.423	0.430	0.429	0.446	0.467	0.493	3.14
	长沙市	0.633	0.632	0.640	0.671	0.696	0.713	2.35
	株洲市	0.504	0.483	0.524	0.559	0.582	0.593	2.98
	湘潭市	0.484	0.489	0.484	0.515	0.566	0.581	3.42
	衡阳市	0.399	0.419	0.440	0.467	0.455	0.491	3.99
	邵阳市	0.353	0.363	0.378	0.429	0.456	0.473	4.97
	岳阳市	0.416	0.427	0.447	0.472	0.489	0.525	3.82
	常德市	0.431	0.445	0.471	0.480	0.502	0.535	4.19
	张家界市	0.376	0.384	0.451	0.469	0.531	0.567	7.46
	益阳市	0.420	0.409	0.437	0.437	0.470	0.498	3.49
	娄底市	0.389	0.391	0.425	0.441	0.470	0.493	4.31
	郴州市	0.439	0.450	0.471	0.497	0.535	0.541	3.65
	永州市	0.383	0.435	0.442	0.468	0.497	0.507	5.23
	怀化市	0.371	0.391	0.450	0.433	0.471	0.512	5.91
	湖北省	0.435	0.443	0.466	0.468	0.499	0.515	3.51
	湖南省	0.430	0.439	0.466	0.487	0.517	0.541	4.17
	江西省	0.462	0.466	0.489	0.502	0.525	0.538	3.07
	武汉城市圈	0.437	0.445	0.472	0.472	0.504	0.516	3.52
	环长株潭城市群	0.459	0.462	0.484	0.505	0.529	0.554	3.49
	环鄱阳湖城市群	0.472	0.477	0.499	0.511	0.529	0.541	2.83
	长江中游地区	0.442	0.449	0.474	0.486	0.514	0.546	3.58

表 4 长江中游地区资源环境承载力分类

资源环境承载力	城市	个数
高	南昌市、新余市、武汉市、长沙市	4
中	九江市、抚州市、吉安市、景德镇市、萍乡市、鹰潭市、黄石市、十堰市、宜昌市、襄阳市、鄂州市、咸宁市、株洲市、湘潭市、岳阳市、常德市、张家界市、郴州市	18
低	上饶市、宜春市、赣州市、荆门市、孝感市、荆州市、黄冈市、随州市、衡阳市、邵阳市、益阳市、娄底市、永州市、怀化市	14

整体呈现环鄱阳湖城市群>环长株潭城市群>武汉城市圈的格局;2016 年以后,资源环境承载力整体呈现环长株潭城市群>环鄱阳湖城市群>武汉城市圈的格局;而从增长率来看,呈现武汉城市圈>环长株潭城市群>环鄱阳湖城市群的态势。

(二)资源环境承载力耦合协调特征

为了反映资源环境承载力子系统之间交互耦合的协调程度,论文采用耦合协调度模型对长江中游地区资源环境承载力子系统之间的耦合协调发展水平进行测度,考虑篇幅限制,表 5 以 2012 年、2015 年和 2018 年为例呈现出了相关结果。长江中游地区资源环境承载力子系统之间的耦合度在 0.852~0.901 之间,根据表 2 所示的划分标准,处于高度耦合阶段,可见长江中游地区资源、环境与社会经济发展之间联系紧密,相互影响的程度高。2012~2018 年间长江中游地区资源环境承载力子系统的耦合协调程度总体呈现逐步上升,均值年际变化幅度不大,由 2012 年的 0.355 上升至 0.405,较 2012 年增长幅度为 14.1%,增长幅度较缓,直到 2017 年才到 0.400,进入良好协调阶段。

长江中游地区地级及以上城市资源—环境—社会经济复合系统的耦合度在 0.690~0.958 之间,处

于良好耦合和高度耦合阶段,耦合度较高;系统的协调度在 0.289~0.476 之间,处于中级协调和良好协调阶段。2012 年仅有武汉市、长沙市、南昌市和新余市处于良好协调阶段,其余城市都处于中级协调阶段,到 2018 年共有 17 个城市提升至良好协调阶段,仍有 19 个城市处于中级协调,长江中游地区资源—环境—社会经济系统的协调度需进一步提升,这种特征也反映出当前长江中游地区社会经济发展与生态环境之间的现实矛盾仍然较为突出。

进一步分析长江中游城市群和省份资源环境承载力的耦合协调发展情况,如图 1 所示。城市群和省份间的耦合协调度较为接近,总体上都呈现逐渐上升的态势。2012 年,长江中游城市群和湘、鄂、赣三省资源环境承载力耦合协调发展度在 0.355~0.367 之间,均处于中等协调阶段,从高到低依次为环鄱阳湖城市群、江西省、环长株潭城市群、武汉城市圈、湖北省、湖南省;到 2018 年,三大城市群和三省份的资源环境承载力耦合协调发展度在 0.400~0.412 之间,均达到良好协调阶段,从高到低依次为环长株潭城市群、环鄱阳湖城市群、江西省、湖南省、武汉城市圈、湖北省。城市群的资源环境承载力耦合协调度高于相对应的省份,可见,长江中游城市群

表 5 长江中游地区资源环境承载力和耦合协调发展水平

地区		资源环境承载力			耦合度			综合发展水平			协调耦合度		
		2012	2015	2018	2012	2015	2018	2012	2015	2018	2012	2015	2018
湖北省	武汉市	0.669	0.694	0.731	0.924	0.898	0.895	0.223	0.231	0.244	0.454	0.456	0.467
	黄石市	0.451	0.490	0.541	0.866	0.902	0.907	0.150	0.163	0.180	0.361	0.384	0.404
	十堰市	0.428	0.455	0.534	0.782	0.862	0.866	0.143	0.152	0.178	0.334	0.362	0.393
	宜昌市	0.458	0.497	0.573	0.897	0.958	0.950	0.153	0.166	0.191	0.370	0.398	0.426
	襄阳市	0.461	0.477	0.554	0.815	0.898	0.907	0.154	0.159	0.185	0.354	0.378	0.409
	鄂州市	0.483	0.509	0.586	0.851	0.915	0.899	0.161	0.170	0.195	0.370	0.394	0.419
	荆门市	0.395	0.461	0.500	0.789	0.850	0.896	0.132	0.154	0.167	0.323	0.361	0.386
	孝感市	0.363	0.400	0.454	0.786	0.805	0.809	0.121	0.133	0.151	0.308	0.328	0.350
	荆州市	0.307	0.333	0.435	0.820	0.866	0.844	0.102	0.111	0.145	0.289	0.310	0.350
	黄冈市	0.361	0.388	0.452	0.756	0.829	0.821	0.120	0.129	0.151	0.301	0.327	0.352
	咸宁市	0.420	0.468	0.547	0.813	0.880	0.896	0.140	0.156	0.182	0.337	0.370	0.404
	随州市	0.423	0.446	0.509	0.700	0.812	0.835	0.141	0.149	0.170	0.314	0.347	0.376

续表 5

地区	资源环境承载力			耦合度			综合发展水平			协调耦合度			
	2012	2015	2018	2012	2015	2018	2012	2015	2018	2012	2015	2018	
湖南省	长沙市	0.633	0.671	0.727	0.923	0.940	0.934	0.211	0.224	0.242	0.441	0.458	0.476
	株洲市	0.504	0.559	0.601	0.877	0.909	0.923	0.168	0.186	0.200	0.384	0.412	0.430
	湘潭市	0.484	0.515	0.593	0.863	0.915	0.909	0.161	0.172	0.198	0.373	0.396	0.424
	衡阳市	0.399	0.467	0.504	0.843	0.840	0.879	0.133	0.156	0.168	0.335	0.362	0.384
	邵阳市	0.353	0.429	0.472	0.710	0.791	0.820	0.118	0.143	0.157	0.289	0.336	0.359
	岳阳市	0.416	0.472	0.521	0.862	0.897	0.902	0.139	0.157	0.174	0.346	0.376	0.396
	常德市	0.431	0.480	0.551	0.781	0.849	0.873	0.144	0.160	0.184	0.335	0.369	0.400
	张家界市	0.376	0.469	0.580	0.913	0.899	0.878	0.125	0.156	0.193	0.338	0.375	0.412
	益阳市	0.420	0.437	0.516	0.736	0.832	0.845	0.140	0.146	0.172	0.321	0.348	0.381
	娄底市	0.389	0.441	0.501	0.760	0.819	0.826	0.130	0.147	0.167	0.314	0.347	0.371
	郴州市	0.439	0.497	0.544	0.816	0.871	0.891	0.146	0.166	0.181	0.346	0.380	0.402
	永州市	0.383	0.468	0.520	0.765	0.815	0.855	0.128	0.156	0.173	0.313	0.357	0.385
	怀化市	0.371	0.433	0.523	0.765	0.806	0.831	0.124	0.144	0.174	0.307	0.341	0.381
江西省	南昌市	0.549	0.606	0.670	0.888	0.902	0.892	0.183	0.202	0.223	0.403	0.427	0.446
	九江市	0.432	0.454	0.516	0.844	0.921	0.920	0.144	0.151	0.172	0.348	0.373	0.398
	上饶市	0.404	0.444	0.464	0.763	0.857	0.889	0.135	0.148	0.155	0.321	0.356	0.371
	抚州市	0.441	0.500	0.530	0.699	0.785	0.847	0.147	0.167	0.177	0.321	0.362	0.387
	宜春市	0.437	0.448	0.532	0.712	0.822	0.857	0.146	0.149	0.177	0.322	0.350	0.390
	吉安市	0.405	0.494	0.524	0.720	0.791	0.852	0.135	0.165	0.175	0.312	0.361	0.386
	赣州市	0.364	0.419	0.515	0.794	0.873	0.877	0.121	0.140	0.172	0.310	0.349	0.388
	景德镇市	0.454	0.507	0.579	0.907	0.927	0.916	0.151	0.169	0.193	0.371	0.396	0.420
	萍乡市	0.531	0.531	0.571	0.866	0.913	0.922	0.177	0.177	0.190	0.391	0.402	0.419
	新余市	0.557	0.575	0.617	0.936	0.946	0.932	0.186	0.192	0.206	0.417	0.426	0.438
	鹰潭市	0.510	0.547	0.577	0.834	0.890	0.909	0.170	0.182	0.192	0.377	0.403	0.418
	长江中游地区	0.442	0.486	0.546	0.852	0.896	0.901	0.147	0.162	0.182	0.355	0.381	0.405

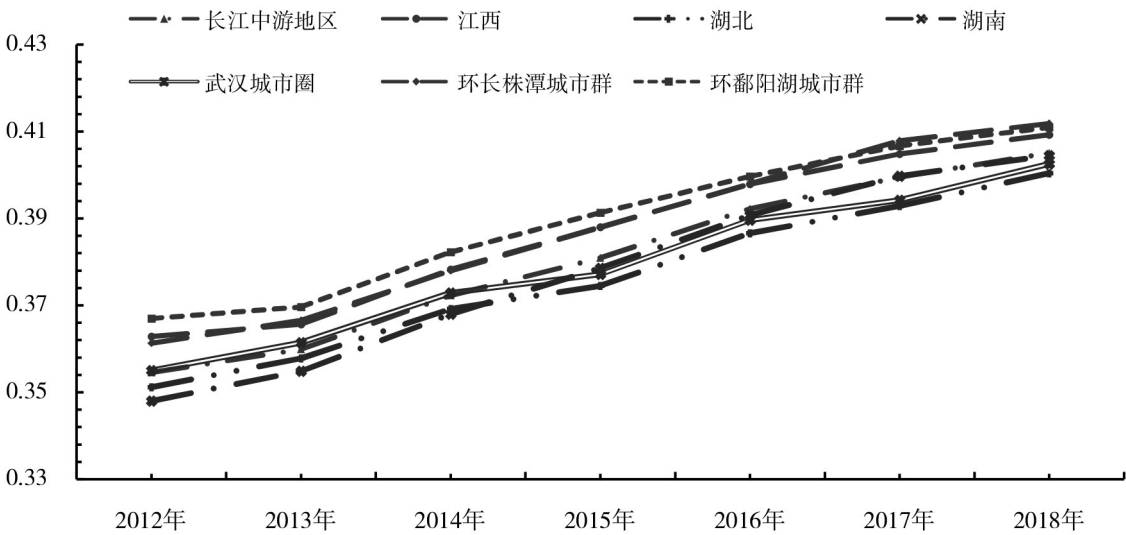


图 1 长江中游地区城市群和省份资源环境承载力耦合协调度年际变化趋势

作为区域新型城镇化的主体,在城市系统发展、协调发展方面初见成效。

从变化幅度来看,湖南省的耦合协调度提升幅

度最大,达 16.23%,其次为湖北省和环长株潭城市群,分别为 14.03%和 14.0%,江西省和环鄱阳湖城市圈在 2012 年的耦合协调度相对较高,但是增长幅

采用障碍度模型计算 2012~2018 年长江中游地区地级以上城市资源环境承载力单项指标障碍度,表 6 展示了 2012 年和 2018 年各城市障碍指标和障碍度,障碍指标以编号展示,具体指标名称见表 1。从表 6 可以看出,长江中游地区资源环境承载力主要单项指标障碍因素中,几乎所有指标都有出现,但湘、鄂、赣三省份在不同年份的障碍因子又有明显差异。

地区		2012 年						2018 年					
		A1		A2		A3		A1		A2		A3	
		指标	障碍度	指标	障碍度	指标	障碍度	指标	障碍度	指标	障碍度	指标	障碍度
湖北省	武汉市	A11	16.25%	A22	3.78%	A36	9.86%	A11	20.32%	A25	15.01%	A32	8.00%
	黄石市	A14	8.53%	A23	5.14%	A32	9.48%	A11	10.72%	A25	4.56%	A32	9.83%
	十堰市	A12	9.12%	A25	5.17%	A33	9.39%	A12	11.88%	A25	2.56%	A33	11.50%
	宜昌市	A12	8.74%	A22	6.27%	A32	10.11%	A12	11.26%	A25	9.16%	A33	11.99%
	襄阳市	A11	9.59%	A22	2.61%	A32	9.91%	A11	11.47%	A21	5.35%	A33	10.53%
	鄂州市	A11	9.60%	A23	3.90%	A32	10.58%	A15	13.64%	A21	4.35%	A37	11.96%
	荆门市	A11	8.58%	A26	3.44%	A32	8.68%	A11	9.57%	A25	8.08%	A33	9.89%
	孝感市	A11	8.47%	A24	7.54%	A35	8.05%	A11	9.78%	A25	3.83%	A35	8.61%
	荆州市	A15	6.99%	A22	7.38%	A35	7.56%	A15	8.58%	A25	7.85%	A35	8.44%
	黄冈市	A14	7.65%	A24	7.29%	A34	8.03%	A14	8.71%	A21	3.54%	A37	9.09%
	咸宁市	A14	8.27%	A25	5.83%	A35	8.94%	A14	10.52%	A21	2.79%	A33	10.72%
	随州市	A11	9.38%	A22	2.61%	A35	8.98%	A11	10.59%	A21	2.97%	A33	10.11%
湖南省	长沙市	A11	12.16%	A21	1.84%	A32	10.89%	A11	19.25%	A21	6.06%	A37	11.42%
	株洲市	A14	9.00%	A24	5.10%	A32	10.08%	A11	10.94%	A21	3.84%	A33	10.96%
	湘潭市	A11	8.93%	A22	3.71%	A32	9.64%	A11	12.74%	A21	4.40%	A37	10.26%
	衡阳市	A14	7.48%	A22	5.73%	A36	8.72%	A11	9.79%	A25	3.41%	A35	10.29%
	邵阳市	A12	7.64%	A24	6.12%	A34	8.65%	A12	9.43%	A24	3.00%	A35	9.71%
	岳阳市	A14	7.24%	A24	7.04%	A36	8.37%	A11	9.89%	A24	3.33%	A37	9.54%
	常德市	A14	8.17%	A22	5.57%	A36	9.15%	A14	10.06%	A21	2.83%	A35	11.01%
	张家界市	A12	8.08%	A26	9.29%	A36	8.73%	A12	12.43%	A21	1.18%	A33	12.57%
	益阳市	A14	7.94%	A23	4.03%	A36	9.23%	A14	9.66%	A22	1.78%	A35	10.27%
	娄底市	A14	7.81%	A24	7.74%	A36	8.55%	A11	9.89%	A21	1.63%	A37	10.08%
	郴州市	A14	7.69%	A25	5.61%	A32	8.85%	A14	10.30%	A25	3.22%	A33	11.05%
	永州市	A14	7.71%	A24	4.59%	A35	8.48%	A14	9.83%	A21	2.86%	A35	10.13%
江西省	怀化市	A12	7.82%	A25	6.82%	A36	8.55%	A12	10.64%	A22	1.40%	A35	10.89%
	南昌市	A15	10.44%	A22	3.35%	A31	9.12%	A11	14.75%	A21	2.29%	A37	10.88%
	九江市	A14	8.02%	A25	5.66%	A32	8.42%	A14	9.08%	A25	6.22%	A33	9.99%
	上饶市	A14	8.10%	A25	8.85%	A35	8.66%	A14	8.67%	A25	10.17%	A33	8.65%
	抚州市	A13	8.62%	A22	4.02%	A31	9.54%	A14	9.71%	A21	1.78%	A33	10.71%
	宜春市	A13	9.29%	A23	4.61%	A31	9.75%	A14	9.84%	A22	1.70%	A33	9.92%
	吉安市	A13	9.67%	A25	5.90%	A31	8.63%	A14	9.99%	A21	2.17%	A33	10.75%
	赣州市	A12	7.76%	A24	7.37%	A35	8.48%	A12	9.96%	A24	2.54%	A33	10.33%
	景德镇市	A14	8.60%	A22	10.57%	A36	8.88%	A14	11.02%	A22	3.84%	A37	11.48%
	萍乡市	A14	10.29%	A22	2.76%	A31	10.52%	A14	11.17%	A23	9.47%	A37	10.91%
	新余市	A14	10.66%	A22	6.07%	A31	11.41%	A14	12.23%	A23	2.90%	A37	12.20%
	鹰潭市	A14	10.04%	A22	4.70%	A31	11.08%	A14	11.40%	A25	2.30%	A37	11.86%

以 2018 年为例,湖北省资源承载力单项指标障碍因素包括人均水资源量、人均供水量、城市建设用地面积、森林覆盖率,12 个城市中人均水资源量出现 6 次,其余指标各出现 2 次;环境承载力单项指标障碍因素包括环境空气质量优良率和一般工业废弃物综合利用率,分别出现 5 次和 7 次;社会经济承载力单项指标障碍因素包括第三产业产值占 GDP 比重、人口密度、人均财政收入、城市道路面积,其中人口密度出现 6 次,其余指标各出现 2 次。

2018 年湖南省资源承载力单项指标障碍因素包括人均水资源量、人均供水量、城市建设用地面积,分别出现 6 次、3 次和 4 次;环境承载力单项指标障碍因素包括环境空气质量优良率、单位 GDP 废水排放量、污水处理厂集中处理率、一般工业废弃物综合利用率,其中空气质量优良率出现 7 次,其余因素各出现 2 次;社会经济承载力单项指标障碍因素包括人口密度、人均财政收入、城市道路面积,分别出现 3 次、6 次和 4 次。

2018 年江西省资源承载力单项指标障碍因素

包括人均水资源量、人均供水量、城市建设用地面积,其中南昌市为人均水资源量,赣州市为人均供水量,其余城市均为城市建设用地面积;环境承载力单项指标障碍因素包括环境空气质量优良率、单位 GDP 废水排放量、单位二氧化硫排放量、污水处理厂集中处理率、一般工业废弃物综合利用率,分别出现 3 次、2 次、2 次、1 次和 3 次;社会经济承载力单项指标障碍因素包括人口密度和城市道路面积,分别出现 6 次和 5 次。

根据单项指标障碍度的计算结果,进一步测算 2012~2018 年长江中游地区资源环境承载力各子系统的障碍度,研究和分析各子系统的障碍情况,表 7 展示了 2012 年、2015 年和 2018 年的测算结果。虽然各城市资源环境承载力各子系统障碍度的具体数值有所不同,但从整体情况来看,社会经济承载力子系统是长江中游地区资源环境承载力的障碍因素,随后依次是资源子系统和环境子系统。除 3 个省会城市外,其余城市在 2012~2018 年间资源环境承载力子系统障碍度排序都遵循社会经济>资源>

表 7 长江中游地区资源环境承载力子系统障碍度

地区	2012 年			2015 年			2018 年			
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	
湖北省	武汉市	47.91%	11.96%	40.23%	56.04%	16.23%	27.74%	61.73%	25.58%	12.68%
	黄石市	33.69%	13.91%	52.43%	34.80%	14.70%	50.42%	37.99%	12.24%	49.79%
	十堰市	30.79%	11.77%	57.48%	29.64%	14.24%	56.05%	34.06%	5.76%	60.10%
	宜昌市	27.43%	17.65%	54.96%	28.22%	21.75%	50.12%	32.66%	15.71%	51.70%
	襄阳市	33.35%	9.34%	57.37%	33.14%	14.85%	52.08%	37.88%	10.57%	51.58%
	鄂州市	37.26%	10.07%	52.60%	35.79%	15.63%	48.69%	42.94%	9.75%	47.31%
	荆门市	32.69%	13.82%	53.45%	34.14%	11.70%	54.25%	36.15%	13.48%	50.31%
	孝感市	33.52%	16.06%	50.47%	36.15%	14.47%	49.36%	38.77%	10.30%	50.93%
	荆州市	30.23%	21.79%	48.03%	31.42%	22.01%	46.53%	35.56%	13.74%	50.66%
	黄冈市	29.82%	16.72%	53.52%	31.55%	16.67%	51.86%	34.63%	10.25%	55.15%
	咸宁市	27.82%	15.64%	56.62%	28.55%	15.12%	56.40%	33.68%	8.20%	58.16%
	随州市	33.76%	7.37%	58.85%	32.42%	10.84%	56.79%	36.54%	5.19%	58.21%
湖南省	长沙市	39.32%	4.05%	56.66%	43.78%	10.29%	46.07%	52.36%	10.89%	36.58%
	株洲市	29.48%	11.39%	59.10%	32.68%	8.75%	58.49%	37.18%	7.51%	55.22%
	湘潭市	33.02%	10.74%	56.16%	34.40%	14.12%	51.40%	40.93%	8.08%	51.07%
	衡阳市	31.06%	16.70%	52.25%	34.23%	10.23%	55.47%	35.51%	10.43%	53.98%
	邵阳市	30.07%	15.96%	53.99%	31.48%	11.73%	56.87%	34.00%	8.34%	57.64%
	岳阳市	28.72%	17.61%	53.71%	31.23%	15.15%	53.54%	35.34%	11.94%	52.79%
	常德市	31.01%	11.34%	57.69%	31.79%	10.31%	57.83%	35.61%	4.50%	59.85%
	张家界市	22.57%	26.58%	50.80%	25.50%	18.16%	56.38%	31.17%	2.90%	66.04%
	益阳市	31.58%	10.25%	58.21%	30.90%	13.42%	55.76%	35.24%	5.51%	59.30%
	娄底市	30.43%	14.38%	55.25%	31.84%	11.90%	56.29%	36.36%	5.42%	58.32%
	郴州市	25.83%	15.66%	58.56%	27.53%	12.68%	59.89%	31.24%	8.37%	60.40%
	永州市	27.24%	17.22%	55.57%	28.73%	10.96%	60.23%	32.59%	6.73%	60.75%
	怀化市	24.15%	20.67%	55.25%	25.49%	15.94%	58.56%	32.30%	4.44%	63.23%

续表 7

地区	2012 年			2015 年			2018 年		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
南昌市	40.53%	9.84%	49.74%	43.96%	8.16%	47.96%	52.69%	4.20%	43.09%
九江市	28.10%	15.94%	56.04%	28.05%	19.58%	52.43%	32.79%	14.52%	52.65%
上饶市	27.87%	15.00%	57.09%	25.85%	17.13%	57.07%	29.56%	15.62%	54.89%
抚州市	26.30%	11.18%	62.49%	27.26%	7.32%	65.38%	32.52%	5.01%	62.53%
宜春市	27.36%	11.12%	61.61%	29.15%	12.82%	58.00%	34.03%	5.16%	60.84%
吉安市	27.31%	14.16%	58.48%	27.98%	7.78%	64.24%	31.92%	6.20%	61.82%
赣州市	23.16%	22.66%	54.17%	24.66%	20.51%	54.82%	30.01%	10.23%	59.83%
景德镇市	26.13%	19.29%	54.51%	26.84%	17.22%	55.91%	33.89%	7.82%	58.28%
萍乡市	33.67%	6.30%	60.06%	33.11%	12.09%	54.71%	37.47%	11.36%	51.20%
新余市	31.19%	13.51%	55.22%	33.03%	14.59%	52.32%	39.47%	10.15%	50.35%
鹰潭市	27.56%	8.71%	63.65%	30.20%	8.26%	61.46%	35.16%	6.84%	57.94%

环境的规律。而武汉市在 2012~2018 年间都呈现资源>社会经济>环境的障碍度排序,长沙市和南昌市在 2012~2015 年障碍度排序为社会经济>资源>环境,在 2015 年以后转为资源>社会经济>环境。由此可知,长江中游地区的环境治理效果显著,资源约束和发展质量是目前提升区域资源环境承载力亟需解决的关键问题。省会城市拥有较好的发展基础和潜力,但承担着集聚人口和经济的重要功能,对经济发展和资源环境系统都产生了较大压力,要注重提高资源的利用效率,同时进一步优化产业结构和持续开展环境治理;非省会城市资源环境承载力受到经济发展质量子系统的制约作用较大,需要进一步提高经济规模并注重发展质量,避免传统粗放式经济发展方式,将环境资源作为社会经济发展的内在要素,率先进行城市绿色转型,提升城市发展质量。

四、研究结论

第一,长江中游地区资源环境承载力呈平稳增长态势,南昌市、新余市、武汉市、长沙市资源环境承载力都处于高水平,其余城市资源环境承载力处于中等及以下水平。2012~2014 年,资源环境承载力整体呈现江西省>湖北省>湖南省的格局;2014 年以后,资源环境承载力整体呈现江西省>湖南省>湖北省的格局;而从增长率来看,呈现湖南省>湖北省>江西省的态势。

第二,长江中游地区资源、环境与社会经济子系统之间联系紧密,相互影响的程度高,处于高度耦合阶段;协调水平虽呈现逐步向好的态势,但协调水平较低,大部分城市处于中度协调等级。区域综合发展水平较低,而且发展不平衡性较大,非省会城市与省会城市的发展质量差距明显,区域社会经济发展

与生态环境之间的现实矛盾仍然较为突出。

第三,长江中游地区各城市资源环境承载力的障碍因素在不同年份各有差异,其中人均水资源量、城市建设用地面积、环境空气质量优良率、一般工业废弃物综合利用率、第三产业产值占 GDP 比重、人口密度、人均财政收入、城市道路面积出现的频次相对较高。随着经济社会发展和生态文明建设的不断深入推进,长江中游地区的环境治理效果显著,资源约束和发展质量是目前提升区域资源环境承载力亟需解决的关键问题。

参考文献:

- [1] 旷开金,郑开焰,康雅婷,等.基于熵权—理想解法的城市复合系统资源环境承载力时空分异研究[J].生态经济,2021(2).
- [2] 丁超,胡永江,王振华,等.虚拟水社会循环视域下的水资源承载力评价[J].自然资源学报,2021(2).
- [3] 何仁伟,谢磊,李立娜.基于人粮关系的土地资源承载力分析——以丹江口库区河南辖区为例[J].生态经济,2020(9).
- [4] 许德福.对森林资源承载力现状的研究与探讨[J].黑龙江科技信息,2008(6).
- [5] 史兴俊,靳贺杰,房鑫,等.基于人粮关系的信阳市耕地资源人口承载力研究[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2020(2).
- [6] 刘芳,王慧芳,张利国.基于主成分分析法的江西资源环境承载力研究[J].鄱阳湖学刊,2015(6).
- [7] 尚勇敏,王振.长江经济带城市资源环境承载力评价及影响因素[J].上海经济研究,2019(7).
- [8] 王亮,刘慧.基于 PS—DR—DP 理论模型的区域资源环境承载力综合评价[J].地理学报,2019(2).
- [9] 王维,张涛,王晓伟,等.长江经济带城市生态承载力时空格局研究[J].长江流域资源与环境,2017(12).
- [10] 任娇,尹诗杰,曹源圆.典型资源型地区山西省经济—资源—环境系统承载力及协调发展研究[J].生态科学,2020(6).
- [11] 化祥雨,金祥荣,吕海萍,等.高质量发展耦合协调时空格局演化及影响因素——以浙江省县域为例[J].地理科学,2021(3).

特约编辑 吴爱军

责任编辑 刘玉成 E-mail:770533213@qq.com