

重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调分析^{*1}

何太蓉^{1, 2} 钟博星^{*1, 2} 唐倩^{1, 2} 张喆^{1, 2} 任娇娇^{1, 2} 郭跃^{1, 2}

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院, 中国重庆 401331;

2. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 中国重庆 401331)

【摘要】：在测度重庆三峡库区各区县“新四化”发展水平和生态环境质量指数的基础上，运用耦合度指数、协调度指数和相对发展指数，从库区整体和区县两个空间尺度以及2000、2005、2010和2015年4个时间节点对库区的“新四化”与生态环境耦合协调状况进行了研究。结果表明：①2000—2015年，重庆三峡库区“新四化”综合指数和生态环境质量指数整体上提升均比较明显，但“新四化”综合指数和生态环境质量指数高值都集中在主城及周边区县。②2000—2015年，重庆三峡库区整体尺度的“新四化”与生态环境耦合协调水平比较有限，相对发展指数处于“新四化”发展同步于生态环境状态。县域尺度的协调度指数平均值介于0.549~0.818，且库腹区县的波动幅度大于库尾区县；相对发展指数平均值介于0.461~1.174，其波动规律与协调度指数相反，即库尾区县的波动幅度大于库腹区县。③2000—2015年，重庆三峡库区协调度指数和相对发展指数在空间上呈现圈层扩散现象，基本形成了库尾高水平、库腹低水平的片状集聚区。④2000—2015年，重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调发展的阶段和类型都经历了从低层次型向高层次型的蜕变过程。

【关键词】：“新四化”；生态环境；耦合度指数；协调度指数；相对发展指数；重庆三峡库区

【中图分类号】：F291 **【文献标志码】**：A **【文章编号】**：1000 - 8462 (2018) 07 - 0154 - 09

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2018.07.019

党的十九大报告进一步明确了“新四化”建设目标，即“新型城镇化、工业化、信息化和农业现代化”，成为中国特色社会主义进入新时代的主要表征和现代化建设的新取向^[1-2]。绿水青山就是金山银山，“新四化”与生态环境都是中国特色社会主义建设的重要内容，“新四化”与生态环境耦合协调发展更是通往金山银山的新道路。“新四化”与生态环境是一个交互耦合的开放系统^[4]，二者耦合协调状况能体现社会的文明程度^[3]。一方面城镇化、工业化、信息化和农业现代化通过人口增长、资源能源消耗、产品废弃和农田污染对生态环境产生胁迫作用；另一方面，生态环境通过环境选择、人口驱逐、资金争夺和政策干预^[5-6]对城镇化、工业化、信息化和农业现代化发展产生约束效应。因此，“新四化”发展与生态环境建设必须相辅相成，同步发展。如何协调“新四化”发展与生态环境之间的关系，以较小的生态环境损耗获得较大的经济社会效益，成为我国现代化建设中一个重要课题^[7]。科学测度“新四化”与生态环境质量指标，并探讨二者之间的耦合协调发展关系，有利于科学认识我国现代化进程中面临的生态问题，突破资源环境瓶颈制约，促进社会经济可持续发展^[3]。

¹ 收稿时间：2017 - 08 - 29；修回时间：2018 - 01 - 27

基金项目：国家自然科学基金项目（41501104）；重庆师范大学研究生科研创新项目（YKC16005、YKC17008）

作者简介：何太蓉（1973—），女，重庆丰都人，博士，教授。主要研究方向为自然资源与环境。E-mail: 125806808@qq.com。

***通讯作者**：钟博星（1991—），男，安徽无为，人，硕士研究生。主要研究方向为环境灾害与生态保护。E-mail: 651590805@qq.com。

近年来,有的学者从城镇化^[8]、工业化^[9]、信息化^[10]和农业现代化^[11]的单一维度出发进行研究,有的学者定量研究“两化”或者“三化”的耦合或协调关系^[12-15],但“四化”综合研究的并不多;在空间尺度上,多数学者以市域或省域为单元研究全国^[16],少有以县域为研究单元;同时较多文献关注东部发达地区,对中西部欠发达地区^[17-18]的关注还不多。另外现有文献多集中于“单化”与生态环境间关系的研究^[19-21],未见将“新四化”与生态环境进行耦合协调状况的分析。

鉴于此,本文基于“新四化”与生态环境整体的研究思想,构建“新四化”综合指数与生态环境质量指数评价模型,利用耦合度指数、协调度指数和相对发展指数,从重庆三峡库区整体和区县尺度以及2000、2005、2010和2015年4个时间节点对研究区的“新四化”与生态环境耦合协调状况进行研究,以期增进对当前重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调发展水平、空间格局及类型的认识。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

三峡库区指受长江三峡工程淹没并有移民任务的地区。重庆三峡库区(28° 28′ N~31° 44′ N, 105° 49′ E~110° 12′ E)位于整个三峡库区的西段,为三峡工程核心库区,以下简称“库区”,库区面积达46 118km²,占三峡库区总面积的85%。截至2015年底,重庆三峡库区人口密度达到430人/km²,是同类型山地丘陵的4倍以上,所辖区县中云阳、巫山、巫溪和奉节属于秦巴山区全国连片特困区,三峡工程淹没陆地约632 km²,淹没耕园地约260 km²,移民近120万人,大面积土地资源丧失和大规模移民迁建安置加剧了原本紧张的人地关系,产业空心化和社会生态环境脆弱等问题甚至危及到库区的社会稳定^[22]。因此,实现库区居民安稳致富,走“新四化”与生态环境协调发展的特色之路,成为库区亟须解决的问题。

1.2 指标体系构建

研究“新四化”发展与生态环境耦合协调关系,首先要对两者进行定量测度,但目前学术界还未有统一的观点。本文在归纳前人研究成果的基础上^[23-27],充分考虑重庆三峡库区发展实际情况,遵循全面性、科学性、代表性和数据可得性原则,从新型城镇化指数、工业化指数、信息化指数和农业现代化指数构建“新四化”综合指数模型,从生态环境压力、生态环境状态和生态环境响应构建生态环境质量指数模型(表1)。

表1 “新四化”综合指数与生态环境质量指数评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	一级指标	二级指标	三级指标
		城乡二元结构 0.24			人口密度 0.16
	新型城镇化指数	第三产业产值比重 0.13		生态环境压力 E(P)	社会抚养比 0.24
	U(u)			0.28	人口自然增长率
	-0.25	人口城镇化率 0.27			0.26
		城镇社会保障覆盖率			未利用土地面积比例
		0.21			0.16
	工业化指数 I(i)	医卫人员指数 0.15	生态环境		城镇工矿用地面积比
			质量指数		例 0.18
	-0.25	工业产出比重 0.31	U2	生态环境状态 E(S)	农业非点源污染潜力
				0.46	0.31

“新四化”综合 指数 U1		工业产值比重 0.34			人均负荷指数 0.23
		工业能源消费总量 0.35			公里格网植被减少表
					土损失量 0.14
	信息化指数 X(x)	固定电话普及度 0.17	生态环境响应 E(R)	公里网格植被年固碳	
			0.26	价值量 0.09	
	-0.25	移动电话普及度 0.13		物种丰度指数 0.11	
		互联网普及度 0.19		生态服务用地指数	
				0.12	
		人均邮电业务量 0.12		环保投资比 0.24	
	农业现代化指数	每万人专利量 0.20		环境治理指数 0.38	
	A(a)				
	-0.25	教育支出比重 0.19		森林覆盖率 0.20	
	农村居民恩格尔系数		建成区绿地覆盖率		
	0.20		0.18		
	土地产出率 0.25				
	粮食生产率 0.30				
	农业机械化程度 0.25				

1.3 数据来源

本文数据主要涉及两个部分：第一部分为社会经济数据，主要来自 22 个区县 2001—2016 年各区县统计年鉴和相关统计信息网站，少数区县的个别数据缺失，采用相近年份数据估算获得；第二部分为全球变化参数数据和基础地理本底数据，研究区 30 m×30 m 土地利用变化数据、1 km×1 km 归一化植被指数和植被减少表土损失量数据、1：25 万行政区表 1 划图，以上数据主要来自中国科学院资源与环境科学数据中心和国家地球系统科学数据共享平台西南山地数据资源点。

1.4 研究方法

①计算功效系数。区域“新四化”与生态环境系统由“新四化”和生态环境两个子系统构成，每个子系统又由若干个指标组成^[28]。当 x_{ij} 值对系统的功效贡献为正时，称为正指标，数值越大表明系统功效越好；当 x_{ij} 值对系统的功效贡献为负时，称为负指标，数值越小表明系统功能越好。区域经济—环境耦合系统中不同指标的功效系数 Z_{ij} 计算公式为：

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= (x_{ij} - x_{ijmin}) / (x_{ijmax} - x_{ijmin}) \\ Y_{ij} &= (x_{ijmax} - x_{ij}) / (x_{ijmax} - x_{ijmin}) \end{aligned} \quad (1)$$

式中： Y_{ij} 为功效系数， $0 \leq Y_{ij} \leq 1$ ，表示目标完成的效果； x_{ij} 为现实值； x_{ijmax} 为指标中的最大值； x_{ijmin} 指标中的最小值。

②子系统功效综合评价。“新四化”与生态环境子系统的综合功效是各系统内所有指标对该子系统的贡献综合，可通过集成方法来实现^[28]。其计算公式为：

$$U_i = \sum W_{ij} \cdot Y_{ij} \quad (2)$$

$$W_{ij} \geq 0; \sum W_{ij} = 1; i, j = 1, 2, \dots, n$$

式中：U (i i=1, 2) 表示子系统的综合发展水平；W_{ij}为子系统 i 指标 j 的权重。本文采用客观赋权法——均方差法确定各指标权重，从而对各区域“新四化”系统和生态环境系统进行综合评价，具体步骤参见文献^[29]。

③耦合度指数测度。基于物理学中的容量耦合 (Capacitive coupling) 概念，引入李裕瑞等^[23]对多要素之间耦合度的修正改进模型：

$$C = 2\sqrt{U_1 U_2} / (U_1 + U_2) \quad (3)$$

式中：C 为耦合度指数，其值介于 [0, 1]，C 值越接近 1，说明系统间的耦合度越强，反之，则越弱。当 C=1 时，耦合度达到最大，表明系统间处于最佳耦合状态，当 C=0 时，耦合度最小，表明各系统内各要素互不相关，系统向无序发展。

④协调度指数测度。耦合度指数只能说明系统间相互作用、相互影响的程度，无法真实反映“新四化”与生态环境的协调发展水平，为进一步反映二者的协调发展水平，建立协调度指数模型：

$$D = (C \times T)^{1/2}; T = \alpha u_1 + \beta u_2 \quad (4)$$

式中：D 为协调度指数；T 为“新四化”与生态环境综合发展指数；此处权重 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

⑤相对发展指数模型。耦合度指数和协调度指数能够评价“新四化”水平与生态环境质量耦合协调水平，但难以评价二者相对发展状况^[30]。为此引入相对发展指数模型，反映二者的相对发展关系。

$$K = U_1 / U_2 \quad (5)$$

式中：K 为相对发展系数；U₁ 和 U₂ 分别为“新四化”综合指数和生态环境质量指数。

本文借鉴已有研究成果^[3, 30]，结合研究区实际情况，对协调度指数 D 值划分 3 个阶段，综合耦合度指数、协调度指数及相对发展指数的计算结果，对“新四化”与生态环境的耦合协调发展类型进行划分（表 2）。

表 2 “新四化”与生态环境的耦合协调发展阶段与类型的划分

协调度指数	相对发展指数	阶段	类型	类型特征描述
-------	--------	----	----	--------

	$0 < K \leq 0.70$		I	“新四化”滞后于生态环境，二者高度拮抗，系统趋于衰退
$0 \leq D < 0.650$	$0.70 < K \leq 1$	拮抗	II	“新四化”同步于生态环境，二者低度拮抗，系统趋于优化
	$1 < K$		III	“新四化”超前于生态环境，二者高度拮抗，系统趋于衰退
	$0 < K \leq 0.70$		IV	“新四化”滞后于生态环境，二者低度磨合，系统趋于衰退
$0.650 \leq D < 0.700$	$0.70 < K \leq 1$	磨合	V	“新四化”同步于生态环境，二者高度磨合，系统趋于优化
	$1 < K$		VI	“新四化”超前于生态环境，二者低度磨合，系统趋于衰退
	$0 < K \leq 0.70$		VII	“新四化”滞后于生态环境，二者低度协调，系统趋于衰退
$0.700 \leq D \leq 1$	$0.70 < K \leq 1$	协调	VIII	“新四化”同步于生态环境，二者高度协调，系统趋于优化
	$1 < K$		IX	“新四化”超前于生态环境，二者低度协调，系统趋于衰退

2 重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调发展结果与分析

2.1 “新四化”与生态环境发展水平分析

运用公式（1）和公式（2），将表1中指标代入其中，分别求得重庆三峡库区“新四化”发展指数 U_1 和生态环境质量指数 U_2 ，结果见表3。

表3 “新四化”与生态环境质量分指数水平测算结果

区域	“新四化”综合指数 U_1					生态环境质量指数 U_2				
	2000	2005	2010	2015	平均值	2000	2005	2010	2015	平均值
渝中区	0.509	0.741	0.674	0.723	0.662	0.692	0.481	0.516	0.477	0.542
大渡口区	0.752	0.748	0.741	0.677	0.73	0.739	0.918	0.871	0.706	0.799
江北区	0.732	0.643	0.711	0.765	0.713	0.511	0.656	0.487	0.646	0.575
沙坪坝区	0.762	0.767	0.742	0.638	0.727	0.447	0.568	0.594	0.573	0.546
九龙坡区	0.762	0.712	0.738	0.766	0.745	0.424	0.57	0.528	0.492	0.504
南岸区	0.697	0.715	0.765	0.645	0.706	0.42	0.527	0.522	0.515	0.496
北碚区	0.612	0.652	0.746	0.68	0.673	0.423	0.537	0.562	0.554	0.519
渝北区	0.601	0.618	0.727	0.73	0.669	0.34	0.411	0.465	0.409	0.406

巴南区	0.704	0.667	0.693	0.534	0.65	0.415	0.53	0.492	0.506	0.486
长寿区	0.621	0.628	0.671	0.699	0.655	0.289	0.451	0.536	0.575	0.463
江津区	0.656	0.634	0.551	0.636	0.619	0.39	0.443	0.612	0.606	0.513
涪陵区	0.664	0.63	0.658	0.539	0.623	0.443	0.52	0.595	0.613	0.543
万州区	0.504	0.573	0.634	0.705	0.604	0.608	0.685	0.598	0.642	0.633
开州区	0.478	0.529	0.544	0.597	0.537	0.455	0.543	0.586	0.683	0.567
丰都县	0.457	0.51	0.679	0.646	0.573	0.493	0.513	0.471	0.576	0.513
武隆县	0.517	0.554	0.561	0.561	0.548	0.406	0.468	0.465	0.522	0.465
忠县	0.487	0.5	0.532	0.59	0.527	0.487	0.455	0.664	0.551	0.539
云阳县	0.474	0.484	0.535	0.556	0.512	0.39	0.451	0.423	0.592	0.464
奉节县	0.403	0.5	0.497	0.577	0.494	0.467	0.506	0.421	0.556	0.488
巫山县	0.325	0.434	0.52	0.443	0.431	0.412	0.463	0.38	0.462	0.429
巫溪县	0.386	0.422	0.455	0.591	0.464	0.426	0.394	0.503	0.529	0.463
石柱县	0.416	0.462	0.455	0.533	0.467	0.442	0.459	0.568	0.597	0.517
平均值	0.569	0.597	0.629	0.629	0.606	0.46	0.525	0.539	0.563	0.521

从表 3 可以看出, 2000—2015 年, 库区“新四化”综合指数整体提升明显。从 2000 年的 0.569 增长到 2015 年的 0.629, 增长了 10.48%。各区县中增长速度最快的是巫溪从 2000 年的 0.386 增长到 2015 年 0.591, 增长了 53.11%, 其次是奉节增长了 43.18%, 主要是交通条件及基础设施的改善, 促进了库腹地区的发展。2000—2015 年期间有 12 个区县高于库区平均值(0.606), 分别为九龙坡>大渡口>沙坪坝>江北>南岸>北碚>渝北>渝中>长寿>巴南>涪陵>江津, 这些区县多年来就是重庆相对发达的区域。

另外, 2000—2015 年, 库区生态环境质量指数整体增长较快。从 2000 年的 0.460 增长到 2015 年的 0.563, 增长了 22.36%。各区县中增长速度最快的是长寿, 从 2000 年的 0.289 增长到 2015 年的 0.575, 增长了 49.74%, 其次是江津增长了 35.64%。表 2 表 3 2000—2015 年期间仅有 8 个区县高于库区平均值 (0.521), 分别为大渡口>万州>江北>开州>沙坪坝>涪陵>渝中>忠县, 其中仅有忠县位于库腹地区。

2.2 “新四化”与生态环境耦合协调状况分析

根据公式 (3), 计算出各区县“新四化”综合指数与生态环境质量指数的耦合度指数 C 值, 在此基础上, 运用公式 (4)、(5) 分别计算出协调度指数 D 值和相对发展指数 K 值, 库区整体尺度的协调度指数和相对发展指数采用区县均值替代。

2.2.1 库区整体尺度的“新四化”与生态环境耦合协调状况分析

图 1 反映了库区“新四化”与生态环境耦合协调水平的基本状况。由图 1 可知, 2000、2005、2010 和 2015 年库区的协调度指数分别为 0.627、0.662、0.684 和 0.698, 在耦合协调发展阶段上, 2000 年库区处于拮抗阶段, 2005 年库区处于磨合阶段,

2010—2015 年库区处于协调阶段，经历了“拮抗—磨合—协调”的演变过程。

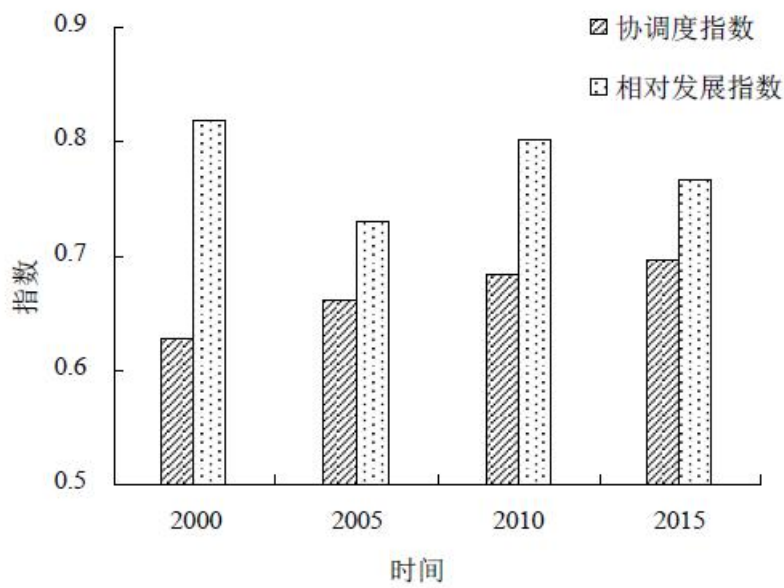


图1 重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调时序演变
Fig.1 The temporal evolution of coupling coordination between “New four modernizations” and eco-environment in the Three Gorges Reservoir area of Chongqing

4 个年份库区的相对发展指数分别为 0.819、0.731、0.802 和 0.766。在相对发展指数状态上，2000—2015 年均处于“新四化”发展同步于生态环 1 境建设状态（以下简称同步状态），但在时序上表现出“下降—上升—下降”的变化特征。主要原因是重庆直辖后，中央政府给予政策上的支持，现代化发展较快，而生态环境建设因周期较长短时间难以见效。当“新四化”发展有超前于生态环境迹象时，政府就会加大生态环境保护力度，当“新四化”有滞后于生态环境迹象时，政府就会加速现代化发展速度，始终保持在同步状态内波动。

表 4 重庆三峡库区各区县“新四化”与生态环境耦合协调测算结果

区县	协调度指数 D				相对发展指数 K			
	平均值	最大值	最小值	变异系数	平均值	最大值	最小值	变异系数
渝中区	0.721	0.741	0.708	0.021	0.969	1.158	0.629	0.305
大渡口区	0.818	0.87	0.76	0.069	0.67	0.779	0.6	0.099
江北区	0.742	0.788	0.707	0.051	0.949	1.161	0.662	0.275
沙坪坝区	0.74	0.766	0.715	0.041	1.033	1.304	0.808	0.264
九龙坡区	0.73	0.741	0.709	0.021	1.149	1.406	0.902	0.285

南岸区	0.708	0.746	0.674	0.051	1.032	1.167	0.824	0.201
北碚区	0.699	0.749	0.632	0.074	0.891	0.999	0.822	0.099
渝北区	0.662	0.715	0.597	0.079	1.174	1.377	1.009	0.204
巴南区	0.702	0.728	0.674	0.033	0.919	1.2	0.607	0.324
长寿区	0.672	0.738	0.583	0.102	1.022	1.386	0.883	0.312
江津区	0.674	0.738	0.646	0.064	0.847	1.149	0.503	0.346
涪陵区	0.687	0.732	0.665	0.047	0.786	1.004	0.521	0.255
万州区	0.7	0.765	0.631	0.082	0.616	0.831	0.429	0.239
开州区	0.644	0.713	0.578	0.085	0.539	0.553	0.517	0.02
丰都县	0.646	0.708	0.568	0.103	0.694	0.755	0.428	0.199
武隆区	0.614	0.643	0.575	0.043	0.662	0.69	0.628	0.033
忠县	0.632	0.669	0.592	0.065	0.561	0.661	0.453	0.119
云阳县	0.594	0.659	0.549	0.07	0.591	0.688	0.537	0.091
奉节县	0.601	0.663	0.551	0.071	0.558	0.648	0.424	0.131
巫山县	0.549	0.576	0.502	0.048	0.513	0.763	0.375	0.22
巫溪县	0.573	0.661	0.522	0.094	0.512	0.683	0.408	0.16
石柱县	0.59	0.649	0.546	0.066	0.461	0.507	0.384	0.072
平均值	0.668	0.698	0.627	0.063	0.78	0.819	0.731	0.193

2.2.2 县域尺度的“新四化”与生态环境耦合协调状况分析

表4反映了库区22个区县的“新四化”与生态环境耦合协调状况。由表4可知，2000—2015年区县协调度指数均值介于0.549~0.818，有10个区县低于库区平均值（0.668），最大值前三位的区县为大渡口区、江北区和沙坪坝区，因受库区蓄水影响小，且公共绿化投入力度大，“新四化”与生态环境协调状况较好。最小值后三位的区县为巫山县、巫溪县和石柱县，因受库区蓄水直接影响，且交通通达性较差，“新四化”与生态环境协调状况欠佳。变异系数最高值为丰都（0.103），是最低值渝中（0.021）的4.9倍，高于变异系数平均值（0.063）的区县有14个，其中有8个区县分布于库腹。可见库区有近半数的区县协调度指数偏低，且区县之间的相对差异比较明显，库腹区县的波动幅度略大于库尾区县。

2000—2015年区县相对发展指数均值介于0.461~1.174，有11个区县低于库区平均值，最大值前三位的区县为渝北区、九龙坡区和沙坪坝区，主要是区位优势明显，工业基础雄厚，人才集中，因而“新四化”发展水平较高。最小值后三位的区县为石柱县、巫溪县和巫山县，主要受自然条件的限制，工农业基础薄弱，农村特贫困人口比例大，产业“空心化”现象严重，因而“新四化”发展水平有限。变异系数最高值为渝中区（0.305），是最低值开州区（0.020）的15.3倍，高于变异系数平均值（0.193）的区县有13个，其中有11个区县分布于库尾。可见有半数的区县相对发展指数偏低，且区县之间的相对差异十分明

显，库尾区县的波动幅度大于库腹区县。

2.3 “新四化”与生态环境耦合协调时空演变分析

本文应用 GIS 软件绘制 2000、2005、2010 年和 2015 年 4 个时间节点库区 22 个区县的协调度指数时空演变图和相对发展指数时空演变图（图 2、图 3）。

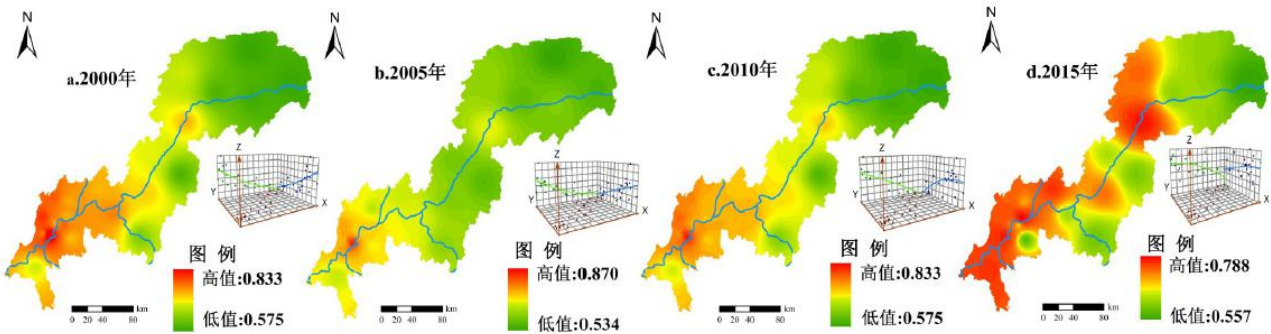


图2 重庆三峡库区“新四化”与生态环境协调度指数时空演变

Fig.2 Spatial-temporal evolution of coupling coordination between “New four modernizations” and eco-environment in the Three Gorges Reservoir area of Chongqing

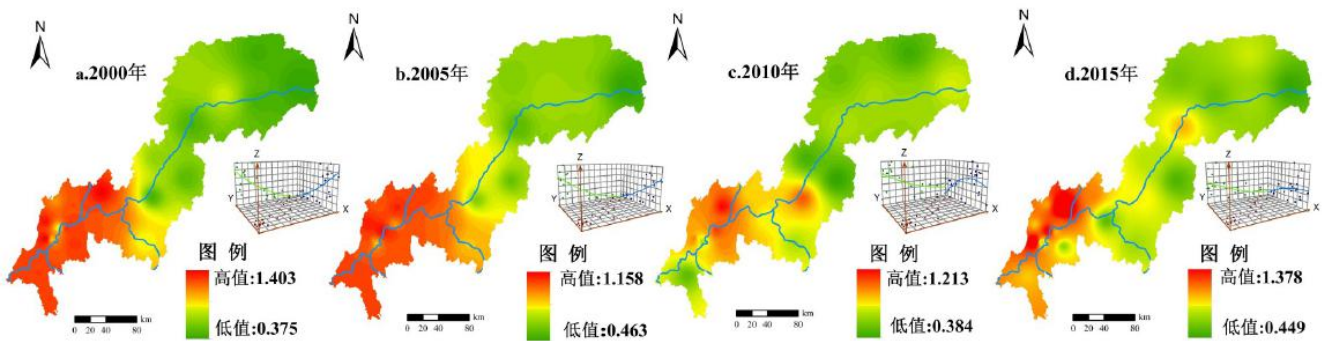


图3 重庆三峡库区“新四化”与生态环境相对发展指数时空演变

Fig.3 Spatial-temporal evolution of coupling coordination between “New four modernizations” and the relative development index in the Three Gorges Reservoir area of Chongqing

由图 2 可见，协调度高值区在 2000 年时分布比较小，2005 年高值区小幅度缩减，2010—2015 年高值区逐渐回升但被低值区阻隔，2000—2015 年高值重心由库尾向库腹转移。协调度低值区在 2000 年集中在渝东北区，2010 年后大幅减少，2015 年库区已形成高低值相间分布的格局。总体上表现为，图 2 图 3 2000—2015 年间，库区“新四化”与生态环境耦合协调水平基本形成了以主城区高水平的片状集聚区，受主城距离的影响，在偏远区形成低水平的片状集聚区。

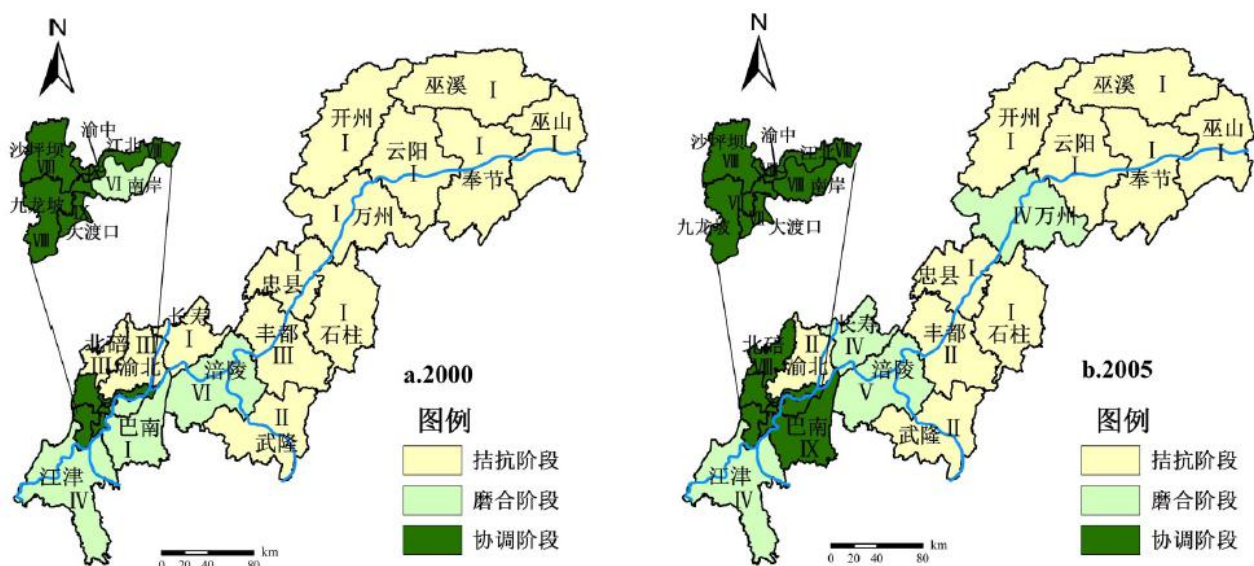
图 3 可知，2000—2015 年间，库尾主城及周边区的相对发展指数较高，并有向库腹延伸的趋势，但相对于库区整体而言，渝东北地区仍是以较低水平的片状或点状集聚为主。这主要是渝东北地区多为库区腹地山地丘陵区且距离中心城市较远，山地面积占比较高、地形复杂、生态较为脆弱，其相对发展指数相对较弱，虽近年来各区县均大力发展交通、改善区位条件，但相对地位没有明显变化。

2.4 “新四化”与生态环境耦合协调阶段与类型分析

将上述结果，参照表 2 耦合协调发展阶段及类型，结合 ArcGIS10.2 软件进行可视化表达（图 4）。

2.4.1 “新四化”与生态环境耦合协调阶段分析

由图 4 可知，2000 年“新四化”与生态环境耦合协调发展阶段处于拮抗阶段的区县最多有 13 个，其次是处于协调阶段有 5 个，最少的是处于磨合阶段的有 4 个分别为南岸、涪陵、巴南和江津。2005 年数量最多的仍是处于拮抗阶段的区县有 10 个，相比 2000 年减少了 3 个区县，其次是协调阶段有 8 个，最少的是磨合阶段有 4 个分别为江津、涪陵、长寿和万州。2010 年处于协调阶段的区县数量最多有 13 个，其次是拮抗阶段有 6 个，最少的是磨合阶段有 3 个分别为江津、忠县和开州。2010 年处于协调阶段的区县数量最多有 11 个，其次是磨合阶段有 8 个，最少的是拮抗阶段有 3 个分别为巴南、武隆和巫山。组成比例上，2000 年拮抗、磨合和协调三个阶段的比例分别为 59.09%、18.18%和 22.73%，呈“正金字塔形”局面；2005 年三个阶段的比例分别为 44.45%、18.18%和 36.36%，呈“葫芦形”局面；2010 年和 2015 年三个阶段的比例分别为 59.09%、13.64%、27.27% 和 50%、36.36%、13.64%，呈“倒金字塔形”局面。



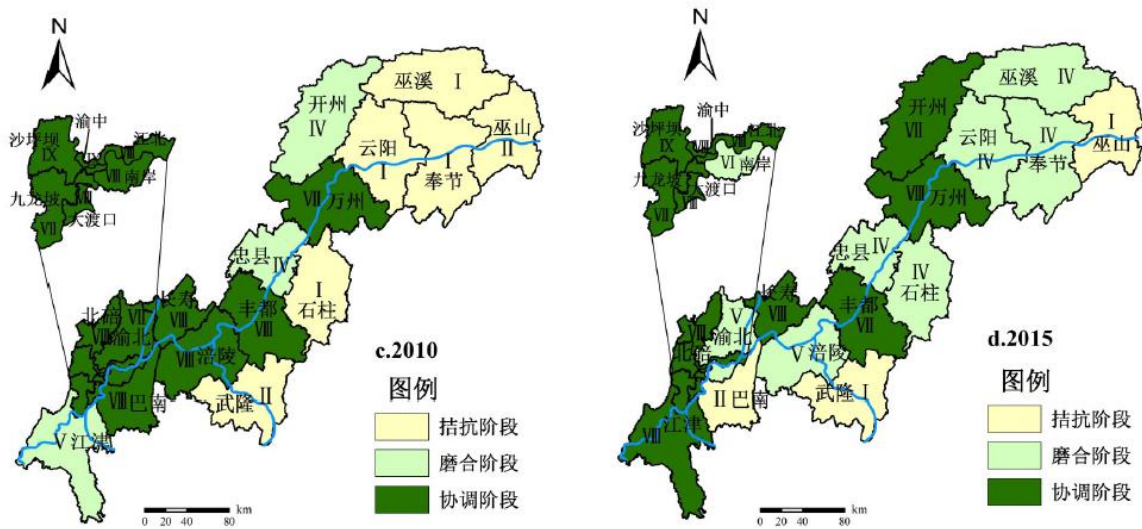


图4 重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调类型空间分布

Fig.4 Spatial distribution of coupling coordination development types between “New four modernizations” and eco-environment in the Three Gorges Reservoir area of Chongqing

2.4.2 “新四化”与生态环境耦合协调类型分析

由图4可知,2000年“新四化”与生态环境耦合协调类型最多的是I型有10个区县,最少的是II和IV型分别为武隆和南岸,没有V和VII型,其余类型均较少。2005年I型仍是最多表现类型有7个,VIII型为次多类型有5个,没有III和VI型,V和IX型为最少类型各1个分别为涪陵和巴南。2010年VIII型为最多类型有8个,I型为次多类型有4个,没有III和VI型,V型为最少类型仅江津。2015年VIII型仍是最多类型有7个,IV型成为次多类型有5个,没有III型,IX型为最少类型为沙坪坝。结构组成上,2000—2015年,相对发展指数处于滞后状态的占比为47.73%,同步状态为38.64%,超前状态为13.64%,呈“金字塔形”局面;年际之间,2000—2005年,相对发展指数处于滞后状态、同步状态和超前状态分别为52.27%、29.55%、18.18%,呈“金字塔形”局面,2010—2015年,相对发展状态占比依次为43.18%、47.73%、9.09%,呈现“水滴形”局面。

3 结论与讨论

①2000—2015年重庆三峡库区“新四化”综合指数与生态环境质量指数整体上提升均比较明显,分别实现了10.48%和22.36%的快速增长。高于库区“新四化”综合指数与生态环境指数两个平均值的区县主要集中在主城及周边。说明库腹地区面临着“新四化”发展和生态环境保护的双重压力,应控制人口数量,完善社会福利和养老服务体系,加强主城及库区中心城市的辐射作用,综合治理库区农业非点源污染和水土流失。

②2000—2015年重庆三峡库区整体尺度的“新四化”与生态环境耦合协调水平比较有限,相对发展指数处于“新四化”发展同步于生态环境状态。县域尺度的协调度指数平均值介于0.549~0.818,库腹区县的波动幅度大于库尾区县,相对发展指数平均值介于0.461~1.174,库尾区县的波动幅度大于库腹区县。因此库区需处理好“新四化”发展与生态环境保护之间的关系,推进“新四化”与生态环境协同发展。

③2000—2015年重庆三峡库区协调度指数和相对发展指数在空间上表现出明显的圈层扩散现象,基本形成了以主城区高水平的片状集聚区,向周边区县扩散,受主城距离的影响,在偏远区形成低水平的片状集聚区。因此,库区应加强落后区县的基础设施建设,培育库区中心城市,带动周边区县的发展。

④2000—2015 年重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调的主要阶段经历了从拮抗向协调的跨越过程，实现了从“正金字塔形”局面向“倒金字塔”局面的转变过程。耦合协调发展类型，经历了从 2010 年前 I 型为主要类型向 2010 年以后的Ⅷ型为主的跳跃过程；结构组成上，实现了从 2000—2005 年相对发展状态呈“金字塔形”局面向 2010—2015 年“水滴形”局面的蜕变过程。表明，库区“新四化”与生态环境耦合协调在阶段演替和类型更替上均实现了跨越式发展，但整体上结构并不合理，尤其缺乏中间区县的链接作用，阻碍了库区“新四化”与生态环境的协调发展。因此，库区应控制发达区县的过快发展，鼓励中间区县的发展。

“新四化”与生态环境耦合协调分析尚处于探索阶段，本文在归纳前人研究成果的基础上，构建了“新四化”综合指数与生态环境质量指数评价指标体系，运用耦合度指数、协调度指数和相对发展指数研究了 2000—2015 年重庆三峡库区“新四化”与生态环境耦合协调状况。但是，“新四化”—生态环境本身就是一个复合系统，涉及指标较多，受各方限制，难以准确把握系统内部的组分与结构，对于“新四化”发展—生态环境效应—体制响应反馈环的机理难免存在认识的不足和缺陷。今后的研究可从系统分析的角度，确定系统边界，探讨不同层次系统之间的耦合影响，对于研究范围较大的区域可以从分区的角度加以研究。

参考文献：

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告 [M]. 北京：人民出版社，2017. 10
- [2] 牛文元. 中国“新四化”研究报告 [M]. 北京：科学出版社，2013.
- [3] 毕国华，杨庆媛，刘苏. 中国省域生态文明建设与城市化的耦合协调发展 [J]. 经济地理，2017，37(1)：50 - 58.
- [4] 王孟本. “生态环境”概念的起源与内涵 [J]. 生态学报，2003，23(9)：1910 - 1914.
- [5] 刘艳艳，王少剑. 珠三角地区城市化与生态环境的交互胁迫关系及耦合协调度 [J]. 人文地理，2015(3)：64 - 71.
- [6] 高新才，杨芳. 西北地区城镇化与生态环境耦合协调度测度 [J]. 城市问题，2016(12)：26 - 33.
- [7] 罗能生，李佳佳，罗富政. 中国城镇化进程与区域生态效率关系的实证研究 [J]. 中国人口·资源与环境，2013，23(11)：53 - 60.
- [8] 陈明星，陆大道，张华. 中国城市化水平的综合测度及其动力因子分析 [J]. 地理学报，2009，64(4)：387 - 398.
- [9] 唐浩. 中国特色新型工业化的新认识 [J]. 中国工业经济，2014(6)：5 - 17.
- [10] 赵昕，茶洪旺. 信息化发展水平与产业结构变迁的相关性分析 [J]. 中国人口·资源与环境，2015，25(7)：84 - 88.
- [11] 龙冬平，李同昇，苗园园，等. 中国农业现代化发展水平空间分异及类型 [J]. 地理学报，2014，69(2)：213 - 226.
- [12] 丁志伟，张改素，王发曾. 中原经济区“三化”协调的内在机理与定量分析 [J]. 地理科学，2013，33(4)：402 - 409.

-
- [13] 李国平. 我国工业化与城镇化的协调关系分析与评估 [J]. 地域研究与开发, 2008, 27(5): 6 - 11.
- [14] 姜会明, 王振华. 吉林省工业化、城镇化与农业现代化关系实证分析 [J]. 地理科学, 2012, 32(5): 591 - 595.
- [15] 王瑜炜, 秦辉. 中国信息化与新型工业化耦合格局及其变化机制分析 [J]. 经济地理, 2014, 34(2): 93 - 100.
- [16] 潘竟虎, 胡艳兴. 中国城市群“四化”协调发展效率测度 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(9): 100 - 107.
- [17] 杨玉珍. 快速城镇化地区生态—环境—经济耦合协同发展研究综述 [J]. 生态环境学报, 2014(3): 541 - 546.
- [18] 丁志伟, 张改素, 王发曾, 等. 中国工业化、城镇化、农业现代化、信息化、绿色化“五化”协调定量评价的进展与反思 [J]. 地理科学进展, 2016, 35(1): 4 - 13.
- [19] 张荣天, 焦华富. 中国省际城镇化与生态环境的耦合协调与优化探讨 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 12 - 17.
- [20] 甄江红, 李灵敏, 何孙鹏, 等. 内蒙古工业化进程中的生态环境影响及其响应研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(11): 86 - 92.
- [21] 宋永永, 米文宝, 杨丽娜, 等. 宁夏农业生态环境与经济耦合协调演化研究 [J]. 南方农业学报, 2015(5): 922 - 928.
- [22] 杨国胜. 重庆市三峡库区城镇化与生态协调性评价探讨 [J]. 农业现代化研究, 2007, 28(4): 454 - 456.
- [23] 李裕瑞, 王婧, 刘彦随, 等. 中国“四化”协调发展的区域格局及其影响因素 [J]. 地理学报, 2014, 69(2): 199 - 212.
- [24] 纪芙蓉, 赵先贵, 朱艳. 西安城市生态环境质量评价体系研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(10): 48 - 51.
- [25] 万本太, 王文杰, 崔书红, 等. 城市生态环境质量评价方法 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1 068 - 1 073.
- [26] 成筠, 徐泮林, 郑丙辉. 基于 GIS 的城市生态环境质量评价系统 [J]. 人民长江, 2004, 35(5): 45 - 47.
- [27] 张引, 杨庆媛, 闵婕. 重庆市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合分析 [J]. 地理学报, 2016, 71(5): 817 - 828.
- [28] 马丽, 金凤君, 刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析 [J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1 299 - 1 307.
- [29] 渠爱雪. 江苏省新型工业化水平综合测度研究 [J]. 经济地理, 2006, 26(1): 55 - 59.
- [30] 刘浩, 张毅, 郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价——以环渤海地区城市为例 [J]. 地理研究, 2011, 30(10): 1 805 - 1 817.